

Avis de Soutenance

Systemes embarqués et Automatique

Caroline PONZONI CARVALHO

Soutiendra publiquement ses travaux de thèse intitulés

Planification de perception et de mission en environnement incertain : Application à la détection et à la reconnaissance de cibles par un hélicoptère autonome

Soutenance prévue le **vendredi 12 avril 2013** à 14h00

ISAE - Institut Supérieur de l'Aéronautique et de l'Espace 10, avenue Édouard-Belin BP 54032 - 31055 Toulouse
CEDEX 4 Tél : 33 (0)5 61 33 80 80 Télécopie : 33 (0)5 61 33 83 30 (salle de thèses)

Composition du jury proposé

M. François CHARPILLET	INRIA - LORIA	Rapporteur
M. Abdel-Ilhah MOUADDIB	Professeur	Rapporteur
M. Olivier BUFFET	INRIA - LORIA	Examineur
M. Malik GHALLAB	LAAS - CNRS	Examineur
M. Florent TEICHTEIL-KÖNIGSBUCH	ONERA	CoDirecteur de thèse
M. Patrick FABIANI	ONERA	Directeur de thèse

Mots-clés POMDP,perception active,robotique autonome,planification en ligne,apprentissage statistique de modèle d'observation

Résumé :

Les applications de l'Intelligence Artificielle à des agents en interaction physique avec le monde réel sont confrontées au besoin de planifier des actions avec information incomplète par rapport à l'état du monde. Les applications visées dans nos travaux sont des missions de robotique aérienne en environnement incertain. Dans ces problèmes, la perception est un moyen d'acquérir de l'information sur l'environnement afin de mieux agir pour atteindre le but de la mission, mais elle nécessite aussi des décisions et actions spécifiques de perception dans le but de recueillir l'information. Il s'agit donc de décider pour percevoir et de percevoir pour décider. Dans ce contexte, cette thèse s'attache à proposer un cadre de modélisation et de résolution de problèmes de planification de perception et de mission pour un drone hélicoptère qui évolue dans un environnement incertain et partiellement observé. Nous tenons compte de la représentation des actions et de leurs conséquences incertaines, des incertitudes d'observation, des contraintes impératives de sécurité sur les actions du drone et des contraintes d'exécution en temps réels, même pendant le calcul de la stratégie d'action. Dans un premier temps, nous proposons un cadre formel de modélisation de problèmes de décision séquentielle dans l'incertain unifiant la représentation des fonctions de perception de l'environnement et celle des actions pour l'accomplissement de la mission. Nous avons fondé notre travail sur le cadre des Processus Décisionnels Markoviens Partiellement Observables (POMDP), car il propose un schéma général applicable à cette problématique, et optimal pour les tâches de perception et de décision à long terme. Nous confrontons ce cadre aux données réelles obtenues en vol sur un scénario de détection et de reconnaissance de

cibles : une attention spéciale est portée à la modélisation des sorties symboliques et incertaines de l'algorithme de traitement d'image en tant que fonction d'observation probabiliste du modèle POMDP obtenues par apprentissage (statistique hors ligne), et à la modélisation de la fonction de récompense qui représente les conséquences numériques et symboliques des actions du robot aérien. Nous proposons une analyse critique de la mise en œuvre en pratique du modèle POMDP et du critère d'optimisation associé, à la lumière d'une étude bibliographique sur les approches de décision pour la perception d'une part, et de perception pour la décision d'autre part. Une étude sur le compromis entre la prise d'information et la décision nous permet de proposer et analyser un critère d'optimisation mixte, qui peut favoriser la prise d'information afin de mieux valider les possibles décisions qui doivent être prises en ligne. Afin de respecter les contraintes de sécurité et les limitations physiques de nos robots aériens, nous proposons ensuite une approche pour tenir compte explicitement des préconditions sur les actions dans chaque état de croyance : le modèle AC-POMDP, qui sépare l'information concernant la vérification des propriétés du modèle (les préconditions), de celle qui renseigne sur le gain des récompenses ou sur l'observation des objets de l'environnement. Les équations d'optimisation proposées pour ce modèle permettent de ne sélectionner que des actions faisables avec certitude, lors de la mise à jour de la valeur de l'état de croyance. La structure du modèle AC-POMDP permet de plus d'optimiser la fonction de valeur paramétrée par des alpha-vecteurs définis sur des différents sous-espaces d'états réduits, contrairement au modèle POMDP classique qui optimise la fonction de valeur paramétrée par des alpha-vecteurs définis sur l'espace entier d'états. Enfin, nous présentons une étude sur l'optimisation et l'exécution en parallèle de politiques POMDP en ligne et en temps contraint, permettant d'embarquer les algorithmes résultants sur nos robots aériens. Ceci comprend une implémentation des algorithmes de résolution en ligne de POMDP, ainsi qu'un cadre d'optimisation et d'exécution en parallèle de politiques POMDP basé sur une anticipation partielle probabilisée des états futurs du système. Nous avons embarqué ce cadre algorithmique sur les hélicoptères autonomes de l'Onera, et l'avons testé en vol et en environnement réel sur une mission de détection et reconnaissance de cibles.