



PROPOSITION DE SUJET DE THÈSE DCSD-2017-04

Titre: Gestion des aléas dans un système multi-robots

Laboratoire d'accueil Onera: branche TIS, département DCSD, unité CD

Adresse: centre de Toulouse, 2, avenue E. Belin, B.P. 74025, 31055 TOULOUSE CEDEX 4

Téléphone: 5.62.25.25.61 - Télécopie: 5.62.25.25.64

Responsable(s) Onera:

Stéphanie Roussel, tel: 5.62.25.22.74, mail: stephanie.roussel@onera.fr

Xavier Pucel, tel: 5.62.25.22.09, mail: xavier.pucel@onera.fr

Formation doctorale: ISAE

Directeur de thèse universitaire envisagé: Louise Travé-Massuyès

Coordonnées: Tél. 05 61 33 63 02, fax , email louise@lass.fr

RÉSUMÉ

Les systèmes multi-robots se multiplient dans notre quotidien, par exemple dans la robotique de service ou dans l'assistance industrielle ou agricole. Pour rendre ces systèmes autonomes et sûrs, il est indispensable d'embarquer des modules pour gérer automatiquement les aléas, c'est-à-dire la détection d'anomalies, l'évaluation des causes possibles et la décision d'une réaction appropriée (réessayer, remplacer l'action, remplacer un composant, etc).

La thèse vise à développer des outils génériques pour construire un module de gestion automatique des pannes, pour analyser ce module et pour valider son comportement. La première ambition est de modéliser le système multi-robots, le raisonnement pour émettre un diagnostic et les propriétés de sûreté requises. Le travail portera ensuite sur les algorithmes pour construire le module de gestion des pannes et l'analyser. Finalement, les outils développés seront validés par l'application à différents scénarios multi-robots réels et simulés.

Présentation détaillée

L'essor de la robotique et la criticité des tâches confiées aux robots s'accompagne d'un besoin croissant de l'autonomie décisionnelle de ces derniers, mais également de leur fiabilité et réactivité. Par exemple, dans des missions telles que l'assistance robotique pour l'agriculture, les robots de différentes natures (drones, terrestres, etc.) sont complètement autonomes (impossibilité d'avoir un opérateur humain qui les contrôle en permanence) et doivent être capable de s'adapter et réagir face à l'imprévu. Dans un tel système, la gestion des pannes (FDIR : Fault Detection Identification and Recovery) doit être totalement automatisée, depuis la détection des symptômes d'un dysfonctionnement, la recherche des causes possibles de ces symptômes, jusqu'à la modification du comportement des robots pour tenir compte des pertes de fonctionnalités ou des dégradations de performances. On s'intéresse à l'automatisation de ce processus au sein un centre de contrôle autonome des robots, pouvant être lui-même embarqué sur un robot superviseur. L'objectif de la thèse est de développer un cadre de raisonnement à base de modèles pour la gestion des fautes dans un système autonome. Ce cadre contiendra différents outils génériques pour permettre à un utilisateur (non-expert des techniques de diagnostic) :

- de spécifier le modèle du système autonome et de l'environnement dans lequel il évolue et permettre la prise en compte d'une éventuelle expertise métier. Le module de gestion des pannes sera alors automatiquement construit à partir de ces spécifications ;
- d'analyser et éventuellement améliorer le module pour qu'il satisfasse un certain nombre de propriétés liées à la sûreté, la robustesse, etc ;
- d'intégrer le diagnostic émis par le module de gestion des pannes avec différents modules de planification classiques.

Un prototype de cadre a été développé à l'ONERA. Il est basé sur des modèles de type automate à états finis, et utilise des logiques temporelles, ainsi que des théories de préférences conditionnelles. A travers cette combinaison, on cherche à obtenir une spécification la plus proche possible du langage naturel et pouvant intégrer l'expertise métier pour expliquer certains comportements du système surveillé. Les modules de gestion des pannes générés par le prototype à partir de ces spécifications permettent de gérer des systèmes complexes pour lesquels les temps de calcul du diagnostic étaient jusqu'à présent rédhibitoires pour l'autonomie mais restent limités en terme d'expressivité et ne présentent encore aucune garantie par rapport à des propriétés de correction, complétude, robustesse, etc.

L'objectif de la thèse est de s'appuyer sur ce premier prototype pour proposer un cadre générique plus expressif et offrant des garanties pour des systèmes autonomes complexes. Les axes de travail envisagés sont :

1. *Spécification des modèles et génération du module de gestion des pannes* : il s'agira d'utiliser et/ou de définir des formalismes expressifs pour s'approcher du langage naturel. Les formalismes définis devront tout d'abord permettre de représenter le modèle du système surveillé : les robots et leurs comportements, leurs pannes, mais aussi l'environnement dans lequel ils évoluent. Ils devront également permettre d'exprimer l'expertise métier sur le système (par exemple, le fait qu'une panne ou perturbation soit plus probable qu'une autre sous certaines conditions). Les encodages et algorithmes permettant de générer automatiquement le module de gestion des pannes devront être développés. Il s'agira alors de trouver le bon compromis entre expressivité du formalisme et efficacité calculatoire des procédures algorithmiques associées.
2. *Analyse du module de gestion des pannes généré* : cette partie de la thèse permettra de vérifier que le module généré automatiquement à partir des spécifications a les propriétés attendues. Dans un premier temps, les propriétés désirables devront être définies (par exemple la correction ou la robustesse). Puis, les algorithmes pour les vérifier seront développés et mis en 'uvre. La vérification des propriétés pourra être utilisée de manière itérative pour améliorer la spécification du modèle et ainsi le module généré.
3. *Application à des scénarios multi-robots* : l'objectif est de valider les outils développés par l'application à différents scénarios multi-robots. Les scénarios pressentis concernent l'assistance en milieu agricole (pour réaliser des observations sur l'état des récoltes et intervenir en conséquence) et l'intervention de robots sur des zones de catastrophes (pour rétablir un réseau de communication et réaliser des observations). Les expérimentations pourront s'appuyer sur les robots disponibles à l'ONERA et sur des robots simulés.

Notons que chacun le travail réalisé dans les axes décrits ci-dessus s'appuiera systématiquement sur un état de l'art des domaines concernés.

Unité d'accueil

Le financement de cette thèse est assuré par la région Occitanie et l'ONERA. L'encadrement de la thèse est assuré par une collaboration entre le laboratoire LAAS du CNRS et le Centre de Toulouse de l'ONERA.

Le doctorant sera accueilli à l'ONERA dans le département DCSD (Département Commande des Systèmes et Dynamique du vol) qui s'intéresse notamment à l'autonomie décisionnelle des systèmes robotiques et multi-robots, sur les volets modélisation et planification d'actions, et à la sécurité et la sûreté des aéronefs. Cette thèse est en lien avec plusieurs projets de recherche internes.

L'équipe impliquée au LAAS-CNRS est l'équipe DISCO (Diagnostic, Supervision et Conduite), spécialiste de méthodes de diagnostic et de supervision issues des domaines de l'Automatique et de l'Intelligence Artificielle. Elle s'intéresse à des approches à base de modèles tout comme à des méthodes basées sur des techniques d'apprentissage. La pluridisciplinarité et le large spectre de systèmes considérés caractérisent l'équipe DISCO qui est reconnue dans les domaines Automatique et IA.

Références

- Marie-Odile Cordier, Philippe Dague, François Lévy, Jacky Montmain, Marcel Staroswiecki, Louise Travé-Massuyès, « Conflicts versus analytical redundancy relations: a comparative analysis of the model based diagnosis approach from the artificial intelligence and automatic control perspectives », IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B (Cybernetics), 2004.
- Cédric Pralet, Xavier Pucel, Stéphanie Roussel, « Diagnosis of Intermittent Faults with Conditional Preferences », Proceedings of the 27th international Workshop on Principles of Diagnosis, 2016.
- Nuno Macedo, Julien Brunel, David Chemouil, Alcino Cunha, Denis Kuperberg, « Lightweight specification and analysis of dynamic systems with rich configurations », Proceedings of the 2016 24th ACM SIGSOFT International Symposium on Foundations of Software Engineering, 2016.
- Pecheur, Charles, Alessandro Cimatti, and Ro Cimatti. "Formal verification of diagnosability via symbolic model checking.» Workshop on Model Checking and Artificial Intelligence (MoChArt-2002), Lyon, France. 2002.

La version électronique du sujet est accessible [ici](#)¹, rubrique TIS-DCSD.

PROFIL DU CANDIDAT
Formation: Ecole d'ingénieur, M2R informatique
Spécificités souhaitées: Systèmes à événement discrets, satisfaction de contraintes, model-checking, optimisation

¹<http://www.onera.fr/formationparlarecherche/liste-tis.php>