

HeMuSe (*Heterogeneous Multi-Swarm Experiment*)

Algorithmique et applications pour les flottes hétérogènes multiniveaux de matériels mobiles communicants autonomes (drones, robots, etc.)

Encadrants : S. Chaumette (serge.chaumette@labri.fr) et O. Ly (olivier.ly@labri.fr)

Financement : bourse de la Région Aquitaine et de la DGA avec un accompagnement Thales

Les travaux de l'équipe MUSE du LaBRI portent sur les flottes sécurisées de terminaux mobiles communicants autonomes. Dans ce domaine, nous avons obtenu des résultats significatifs en termes de modélisation et de caractérisation (Sirocco 2009) des algorithmes et applications mobiles associés. Nous nous sommes basés pour cela sur un modèle à base de ré-étiquetages de graphes, que nous avons étendu pour prendre en compte l'aspect dynamique des environnements auxquels nous nous intéressons (MILCOM 2006 et 2007, thèses DGA et projet ANR Sarah).

Nous avons étendus nos résultats à un domaine original qui est celui des **flottes de drones** (MILCOM 2009 et 2011), domaine peu étudié en France et en Europe. Ces appareils posent des problèmes à l'échelle individuelle (contrôle de trajectoire, gestion d'assiette, endurance, stabilisation, etc.) mais également des problématiques d'algorithmique distribuée lorsqu'on les considère en groupe (communication, gestion d'identités, etc.) et à plus forte raison en situation non favorable (perte possible d'un appareil). Nos travaux se sont déroulés dans le cadre du projet SYMM labélisé par le pôle de compétitivité Aerospace Valley et du projet CARUS (<http://muse.labri.fr/scual/carus/>). Le démonstrateur associé à CARUS a pu être mené à bien grâce à la collaboration des sociétés Fly-n-Sense et Thales, de Bordeaux Technowest et de la Région Aquitaine, dans le cadre du GIS Albatros et avec le soutien du Cluster drones AETOS. Au sein de l'équipe Muse du LaBRI nous avons en particulier travaillé sur l'algorithmique du système, en nous appuyant sur une thèse financée par la DGA. Nous avons ainsi conçu un modèle et des applications pour flottes sécurisées de drones coopérant de manière autonome vis-à-vis du sol. Nous avons en particulier défini un algorithme de reconfiguration des plans de vol qui permet la réorganisation automatique et autonome de la flotte de drones. L'interaction des aspects dynamiques dictés par l'algorithmique avec les plans de vol (initialement statiques) a été au cœur de nos recherches.

Dans la thèse dont il est question ici, nous souhaitons maintenant travailler sur **des flottes hétérogènes**. Nos travaux actuels ont mis en évidence des résultats de possibilités/impossibilités dépendant des caractéristiques de mobilité et des possibilités de contrôle extérieur des nœuds composant les flottes considérées. Par exemple, les flottes de robots terrestres, de téléphones mobiles et de drones posent des problèmes algorithmiques fondamentaux différents et les modèles associés sont aussi de natures différentes. L'objectif de cette thèse est d'étudier les interactions de ces différents modèles dans une flotte hétérogène (i.e. composée de sous flottes de natures différentes) et de dégager un modèle/des résultats fondamentaux sur ces objets. Une mise en œuvre effective (un démonstrateur) sera réalisée.

Sa réalisation permettra de capitaliser les résultats théoriques que nous avons obtenus et l'expérience pratique que nous avons acquise dans nos travaux antérieurs. Elle permettra de franchir un nouveau pas dans l'étude, la compréhension et la mise en œuvre des flottes d'engins autonomes communicants, en faisant interagir des flottes

hétérogènes, de natures différentes, dans le but de concourir à la réalisation d'une mission commune.

Il n'existe pas aujourd'hui à notre connaissance de proposition allant dans ce sens, i.e. à la fois opérationnelle et formellement validée. L'objectif de ce travail est donc :

- de réaliser un état de l'art du domaine
- de proposer des solutions
- de valider formellement ces solutions
- de prototyper les propositions

Dans la mesure du possible des **actions de transfert seront mises en œuvre à destination des entreprises locales** du domaine. Le projet sera articulé autour de l'encadrement par les porteurs de la thèse de doctorat sollicitée. Les équipements demandés sont des postes de développement spécialisés pour terminaux mobiles communicants, des moyens de calculs associés et un ordinateur portable pour procéder à des démonstrations.

Références bibliographiques

Casteigts, J. Albert, S. Chaumette, A. Nayak, I. Stojmenovic, Biconnecting a Network of Mobile Robots using Virtual Angular Forces (to appear in) Computer Communications, Elsevier, 2011

S. Chaumette, R. Laplace, C. Mazel, C. Mirault, A. Dunand, Y. Lecoutre, J.-N. Perbet - "CARUS, an Operational Retasking Application for a Swarm of Autonomous UAVs: First Return on Experience" - In Proceedings of MILCOM 2011, the 30th IEEE Military Communication Conference, Baltimore, 2011.

Matuszewski, M., Kokkonen, E., Mobile P2PSIP - Peer-to-Peer SIP Communication in Mobile Communities, in 5th IEEE Consumer Communications and Networking Conference, 2008.
CCNC 2008. Jan, 2008: Las Vegas.

Arezu Moghadam, Suman Srinivasan, and Henning Schulzrinne. 7DS - A Modular Platform to Develop Mobile Disruption-tolerant Applications. In Second IEEE Conference and Exhibition on Next Generation Mobile Applications, Services, and Technologies (NGMAST 2008), September 2008.

Eleonora Borgia and Franca Delmastro. Effects of unstable links on aodv performance in real testbeds. EURASIP J. Wirel. Commun. Netw., 2007(1) :32–32, 2007.

A. Casteigts. Contribution à l'Algorithmique Distribuée dans les Réseaux Mobiles Ad Hoc - Calculs Locaux et Représentations de Graphes Dynamiques. PhD thesis, University of Bordeaux, 2007.

A. Casteigts, S. Chaumette, and A. Ferreira. Characterizing topological assumptions of distributed algorithms in dynamic networks. In Proc. of 16th Intl. Conference on

Structural Information and Communication Complexity (SIROCCO'09), volume 5869 of Lecture Notes in Computer Science, pages 126–140, Piran, Slovenia, May 2009. Springer-Verlag.

Pierre-Yves Oudeyer, Olivier Ly, and Pierre Rouanet. *Exploring robust, intuitive and emergent physical human-robot interaction with the humanoid robot Acroban*. In 11th IEEE-RAS International Conference on Humanoid Robots ([Humanoid'2011](#)) - 2011 (Bled)

Matthieu Lapeyre, O. Ly and Pierre-Yves Oudeyer. *Maturation constraints for motor learning in high-dimensions: the case of biped walking*. In 11th IEEE-RAS International Conference on Humanoid Robots ([Humanoid'2011](#)) - 2011 (Bled)

Olivier Ly, Matthieu Lapeyre and Pierre-Yves Oudeyer *Bio-Inspired Vertebral Column, Compliance and Semi-Passive Dynamics in a Lightweight Humanoid Robot* In proc. of IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems ([IROS'2011](#)) – 2011 (San Francisco)

Olivier Ly, Pierre-Yves Oudeyer. *Acroban the Humanoid: Playful and Compliant Physical Child-Robot*. SigGraph 2010, Emerging Technologies (Los Angeles 2010)