Année 2015-2016

Proposition de sujet de stage M2

MODÈLES FORMELS POUR LES ESSAIMS DE ROBOTS, COMPORTEMENTS PROBABILISTES

LIEU : LRI/PCRI et Cédric, CNAM & ENSIIE
Bât 650, Université Paris Sud 292 rue Saint-Martin
91405 Orsay Cedex France 75003 Paris

PERSONNES ENCADRANT LE STAGE :

	Xavier Urbain,	Pierre Courtieu,	Sébastien Tixeuil
Tél. :	01 69 36 73 38,	01 40 27 24 13,	01 44 27 87 62
Email :	xavier.urbain@ensiie.fr,	pierre.courtieu@cnam.fr,	sebastien.tixeuil@lip6.fr

CONTEXTE ET OBJECTIFS SCIENTIFIQUES

L'algorithmique distribuée fait partie des domaines où le raisonnement informel n'est pas une option, en particulier lorsque des erreurs dites byzantines peuvent survenir. Elle est également caractérisée par une grande diversité de modèles dont les modulations subtiles impliquent des propriétés radicalement différentes. On considère dans ce travail les « réseaux de robots » : nuages d'entités *autonomes* devant accomplir une tâche *en coopération*. Dans ce cadre émergent, les modèles sont distingués par les capacités des robots, la topologie de l'espace dans lequel ils évoluent, le degré de synchronisme (modélisé par les propriétés du démon d'activation), les caractéristiques des erreurs pouvant survenir, etc.

On s'intéresse à l'obtention, à l'aide de l'assistant à la preuve Coq, de garanties mécaniques formelles de propriétés de certains protocoles distribués. Un modèle Coq [1] pour les réseaux de robots récemment présenté capture assez naturellement de nombreuses variantes de ces réseaux, notamment en ce qui concerne la topologie ou les propriétés des démons. Ce modèle est bien sûr à l'ordre supérieur et s'appuie sur des types coinductifs. Il permet de démontrer en Coq à la fois des propriétés positives : le programme embarqué dans chacun des robots permet de réaliser la tâche *quelle que soit* la configuration de départ [3], comme des propriétés négatives : il *n'existe aucun* programme embarqué permettant de réaliser la tâche [4, 2].

Le stage consiste à introduire au sein du framework formel des composantes *probabilistes* pour le comportement des robots. En effet, un algorithme randomisé est bien pratique pour briser des symmétries rendant inopérants des protocoles complètement déterministes ; une bonne illustration en est donnée par exemple dans un récent article de Yamauchi & Yamashita [5]. La bibliothèque Coq `alea` [1] pourra être utile dans ce cadre.

CONTEXT AND SCIENTIFIC GOALS

Distributed computing is one of the domains where informal reasoning is not an option, in particular when Byzantine failures are involved. What characterises also Distributed Computing is its diversity of models subtle modifications of which induce radical change in the system behaviour. We consider Robot Networks, that is swarms of *autonomous* mobile entities that have to accomplish some task in *cooperation*. In this emerging framework, models can be distinguished by the capabilities of robots, the topology of the considered space, the level of synchrony (that is the properties of a demon), the type of the failures likely to occur, etc.

We are interested in obtaining formal and moreover mechanical guarantees of properties for certain protocols, using the Coq proof assistant. A Coq framework [1] for robot networks recently proposed can express quite a few variants of models for such networks, in particular regarding topology or demon properties. This framework is higher order and based on coinductive types. It allows to prove in Coq positive results (the task will be fulfilled using the algorithm embedded in all robots *for all* initial configuration) [3] as well as negative results (*there cannot be any* embedded algorithm that will work for this task for all initial configuration) [4, 2].

An objective of this proposal is to extend the formal framework so as to express and allow one to work on robot behaviours that are *probabilistic*. As a matter of fact, randomised algorithms are most

1. `http://pactole.lri.fr`

convenient to handle situations where symmetricity makes any deterministic protocol useless. See for instance the recent article by Yamauchi & Yamashita [5]. The Coq library `alea` [1] will be an interesting starting point to this goal.

COMPÉTENCES :

— Assistant à la preuve Coq.

Références

[1] Philippe Audebaud and Christine Paulin-Mohring. Proofs of Randomized Algorithms in Coq. *Science of Computer Programming*, 74(8) :568–589, 2009.

[2] Cédric Auger, Zohir Bouzid, Pierre Courtieu, Sébastien Tixeuil, and Xavier Urbain. Certified Impossibility Results for Byzantine-Tolerant Mobile Robots. In Teruo Higashino, Yoshiaki Katayama, Toshimitsu Masuzawa, Maria Potop-Butucaru, and Masafumi Yamashita, editors, *Stabilization, Safety, and Security of Distributed Systems - 15th International Symposium (SSS 2013)*, volume 8255 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 178–186, Osaka, Japan, November 2013. Springer-Verlag.

[3] Pierre Courtieu, Lionel Rieg, Sébastien Tixeuil, and Xavier Urbain. A Certified Universal Gathering Algorithm for Oblivious Mobile Robots. *CoRR*, abs/1506.01603, 2015.

[4] Pierre Courtieu, Lionel Rieg, Sébastien Tixeuil, and Xavier Urbain. Impossibility of Gathering, a Certification. *Information Processing Letters*, 115 :447–452, 2015.

[5] Yukiko Yamauchi and Masafumi Yamashita. Randomized Pattern Formation Algorithm for Asynchronous Oblivious Mobile Robots. In Fabian Kuhn, editor, *Distributed Computing - 28th International Symposium, (DISC 2014)*, volume 8784 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 137–151, Austin, USA, October 2014. Springer-Verlag.