

Le positionnement et les enjeux de la mobilité pour les microsystèmes et les systèmes de micro-robots

Dermas Moffo^{1,2}, Philippe Canalda^{1,2}, François Spies^{1,2}

(1) Université de Bourgogne Franche-Comté

(2) FEMTO-ST Institute/CNRS 25200 Montbéliard, FRANCE

dermas.moffo@femto-st.fr, philipe.canalda@femto-st.fr, francois.spies@femto-st.fr

Mots-clés : Micro-robots, microsystèmes, positionnement, mobilité, distribué, absolu, relatif.

Keywords: Micro-robots, microsystems, positioning, mobility, distributed, absolute, relative.

Résumé.

Les avancées réalisées dans le processus de fabrication de micros éléments, de circuits intégrés ont permis l'émergence de micro systèmes. De nombreux projets sont conduit afin d'intégrer de l'intelligence, de la coordination, de la communication aux micros systèmes permettent d'obtenir des systèmes distribués de micro-robots, comprenant des centaines voir des milliers de micros éléments. Ces microéléments disposent de ressources limités individuelles, mais leur utilisation collective permet d'avoir des systèmes capables de résoudre des problèmes de grande complexité. Leur utilisation repose également sur leur mobilité, qui elle nécessite une détermination de leur position. Dans nos travaux nous proposons des solutions de positionnement pour les microsystèmes et les systèmes de micro-robots, et nous montrons ici son intérêt pour la mobilité.

Enjeux de la mobilité pour les micros systèmes et micro-robots

Les systèmes de robots modulaires auto-reconfigurables sont composés de modules indépendants interconnectés, capables de collaborer et de se coordonner pour atteindre un objectif commun. Ils sont dotés de capacité de traitement internes, et grâce aux communications, à la coordination et à leur mobilité, ils peuvent changer de forme [Naz et All.]. Cette mobilité demande une connaissance continue de la position de chaque robot modulaire.

L'usage de systèmes de micro-robots massivement distribués, auto-reconfigurables, est une partie d'un problème plus grand : la matière programmable. La matière programmable c'est de la matière qui peut changer ses propriétés physiques (forme, densité, la couleur, les propriétés chimiques) en fonction d'un programme, d'une commande externe, ou des données obtenues de ses capteurs. Une fois de plus ces changements de propriétés et de forme sont localisés et dépendent des positions des différents modules qui compose le système. [Golstein et All.]

La mobilité de microsystèmes peut aussi avoir une utilité dans la découverte d'un territoire. Un ou plusieurs groupes de micro robots, dotés de capteurs environnementaux sont dispersés sur un territoire qu'ils vont explorer, et en construire la carte en fonction des observations faite. La mobilité permet à ces robots de parcourir le territoire d'exploration, la coordination leur permet d'éviter d'explorer plusieurs fois la même zone, ou d'explorer une zone déjà parcouru par un autre groupe. Cette construction de carte est une fois de plus liée à la mobilité des éléments mais aussi et surtout de leur position.

Le positionnement au sein d'un système de micro-robots

Le positionnement pour les microsystèmes et les micro-robots est un préalable pour leur usage dans différentes applications. Cette question complexe (en raison des traitements à effectuer et du peu de ressources dont disposent ces micros éléments) et centrale (car préalable a toute mobilité) n'est que très peu traitée jusqu'à présent.

Nos travaux de thèse ont abordé ce problème de positionnement au sein de microsystèmes à forte densité.

Nous proposons une modélisation d'un microélément qui prend en compte sa forme géométrique, ses composants, et ses fonctionnalités. Nous modélisons également les relations possibles entre éléments voisins, et nous basant sur cette modélisation, nous proposons deux algorithmes de positionnement à la fois absolu et relatif. Dans [MoffoIpin16 et All] nous proposons un algorithme séquentiel de positionnement, qui est approfondi et évalué dans [MoffoCit16] sur un système dont la taille atteint 700000 éléments pour un temps de traitement inférieur à 80s. Dans [MoffoIpin17] nous proposons un algorithme distribué, multi-initiateurs tenant compte du voisinage qui qui réduit le temps de positionnement de 700000 éléments à moins de 20s.

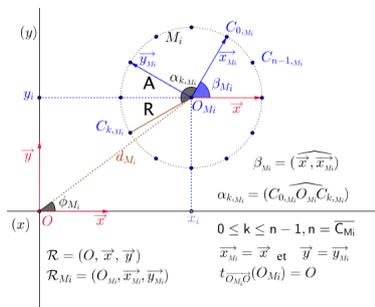


Figure 1 Modélisation d'un Mems de son repère relatif, du repère absolu et de ses composants.

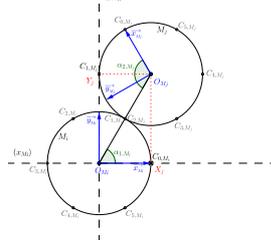


Figure 2 Position relative d'un Mems dans le repère relatif d'un Mems voisin

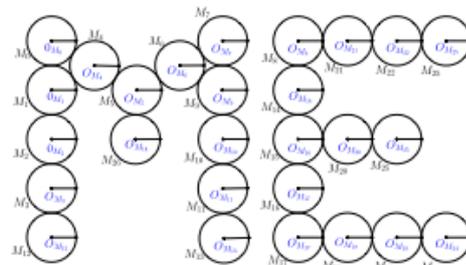


Figure 3 Exemple de forme obtenue par un agencement de Mems circulaires en contact

Remerciements

Ce projet a été réalisé en coopération avec le programme Labex ACTION (contrat ANR-11-LABX-0001-01). Il a également été soutenu par le Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche et de l'Innovation.

Références

Moffo D., Canalda P., Spies F, Distributed Algorithm for Relative and Absolute Positioning of Ultra Dense Mems System, 8th International conference on Indoor Positioning and indoor Navigation 2017, pp 1-8, Japan September 2017, submitted.

Moffo D., Canalda P., Spies F, First evaluation of a system of positioning of Microrobots with ultra-dense distribution, 7th International conference on Indoor Positioning and indoor Navigation 2016, pp 1-4, Madrid, Espagne October 2016.

Moffo D., Canalda P., Spies F, Relative and Absolute Positioning in Ultra Dense Mems System, 16th IEEE International Conference on Computer and Information Technology (CIT 2016), pp. 1-8, Fiji, december 2016.

Naz, A., Piranda, B., Bourgeois, J., & Goldstein, S. C. (2016, October). A distributed self-reconfiguration algorithm for cylindrical lattice-based modular robots. In Network Computing and Applications (NCA), 2016 IEEE 15th International Symposium on (pp. 254-263). IEEE.

Goldstein, S. C., Campbell, J. D., & Mowry, T. C. (2005). Programmable matter. Computer, 38(6), 99-101.