

Systèmes cobotiques temps réel sous contraintes d'énergie

Contexte et Problématique :

La « *cobotique* », ou l'usage de robots collaboratifs, est au cœur des projets de l'Usine du futur, ou industrie 4.0 qui impose aux entreprises de moderniser leurs systèmes productifs afin de répondre à des exigences de flexibilité, d'efficacité énergétique et de connectivité. Cette nouvelle discipline scientifique associe les capacités d'un système robotique (force, automatisation, efficacité, vitesse, précision...) aux compétences spécifiques d'un opérateur (flexibilité, dextérité, savoir-faire, prise de décision...). Le terme « *cobot* » [1], introduit en 1999, redéfinit la place du robot comme travaillant « avec » et non « à la place de » l'opérateur.

L'entreprise E-COBOT [2] est une société de conseil et d'ingénierie spécialisée en cobotique et en performance industrielle. Elle conçoit et intègre des solutions qui s'appuient sur l'intelligence artificielle et la cobotique, dont un cobot intelligent de transport et de manutention de charges, le *Husky* [3]. Celui-ci est capable de porter jusqu'à 400 kg et de tracter jusqu'à 2 tonnes, disposant d'une autonomie de 8h. Les principaux marchés pour cette technologie sont les secteurs de l'industrie manufacturière incluant celle de la construction automobile, le fret portuaire et aéroportuaire (transport de bagages et de marchandises), la grande distribution (aide à la mise en rayon), ou encore l'hôtellerie (transport de bagages et de linge).

Le déploiement avec succès de systèmes cobotiques assurant une ou plusieurs fonctions automatisées, suppose de lever deux verrous technologiques majeurs : d'une part la garantie d'un comportement qui satisfait en toutes circonstances des contraintes de *réactivité temps réel* (évitement d'un obstacle par exemple) et d'autre part la garantie d'une *autonomie énergétique* compatible avec les durées des missions confiées.

Le sujet de thèse proposé ici porte sur la proposition, l'évaluation et l'intégration de solutions innovantes en matière de logiciel système et plus particulièrement d'*ordonnanceur temps réel* [4] dédiées au pilotage d'un cobot via son instrumentation (capteurs, actionneurs, système de sécurité, système de commande...). Deux problématiques seront adressées : (i) la minimisation de la consommation énergétique du cobot dans le but de maximiser l'intervalle de temps entre deux recharges de batterie, et (ii) l'autonomie énergétique du cobot par la technologie du *energy harvesting* grâce à l'énergie ambiante (lumière, chaleur, vibration, etc.).

Description des missions :

La première partie du travail est la réalisation d'un état de l'art d'une part sur la robotique collaborative et ses applications, et d'autre part sur les systèmes temps réel. Un premier volet portera sur la classification des systèmes cobotiques, en se concentrant sur les gammes destinées au domaine industriel et en mettant en lumière les problématiques de sécurité (réactivité temps réel nécessaire dans la collaboration avec l'humain et l'environnement) et d'autonomie du point de vue énergétique. Un second volet se focalisera sur l'ordonnancement pour les systèmes temps réel sous contraintes de qualité de service et/ou d'énergie.

La seconde partie du travail portera sur l'analyse de la consommation d'énergie des systèmes cobotiques en vue de réduire leur consommation d'énergie. Dans un premier temps, le travail consistera à déterminer la consommation d'énergie des différents constituants du système (partie contrôle-commande, partie opérative, etc.). Dans un second temps, il s'agira d'étudier l'impact des propriétés de l'architecture du système (CPUs, GPUs, microcontrôleurs, liaison RF, *energy harvesting*, etc.) sur la consommation énergétique. Enfin, il conviendra d'étudier la consommation d'énergie dans le temps et notamment lorsque le cobot ne produit rien. L'ensemble des résultats devra être synthétisé sous la forme d'un guide des bonnes pratiques pour concevoir un système cobotique basse consommation.

La troisième partie du travail reposera sur un transfert des compétences universitaires en matière d'ordonnancement temps réel sous contraintes de qualité de service et d'énergie via le développement d'une bibliothèque de composants logiciels libres sous Linux temps réel. Le dernier volet du travail reposera sur l'intégration et le test de ces composants sur une plate-forme cobotique de démonstration dotée de la technologie *energy harvesting*. Dans cette phase, on visera à montrer, sur une application réelle, l'aptitude de Linux temps réel muni de ses composants, à satisfaire les spécifications applicatives en termes de temps de réponse, de qualité de service et de consommation énergétique.

Compétences requises :

Connaissances spécifiques : systèmes embarqués et temps réel, architecture matérielle, système d'exploitation, Linux, programmation C.

Formation souhaitée :

Ingénieur ou titulaire d'un Master en informatique et/ou informatique industrielle, si possible titulaire d'un M2 Recherche en informatique embarquée.

Type de financement :

CIFRE E-COBOT, ce qui implique une alternance entre l'entreprise E-COBOT (située à Carquefou) et le Laboratoire LS2N (Laboratoire des Sciences du Numérique de Nantes).

Contacts :

E-COBOT :

Sébastien Ecault – Directeur général / E-COBOT – 02 52 20 09 78 – s.ecaault@e-cobot.com

Alexandre Ambiehl – Responsable Innovation / E-COBOT – 02 52 20 09 78 – a.ambiehl@e-cobot.com

LS2N :

Audrey Queudet LS2N / Systèmes Temps Réel – 02 51 12 58 23 – audrey.queudet@univ-nantes.fr

Maryline Chetto – LS2N / Systèmes Temps Réel – 02 28 09 21 09 – maryline.chetto@univ-nantes.fr

Références

[1] M. Peshkin, J. Colgate, *Cobots*, Industrial Robot: An International Journal, Vol. 26 (5), pp. 335-341, 1999.

[2] <https://www.e-cobot.com>

[3] <http://cobot-husky.com>

[4] M. Chetto, A. Queudet, *Systèmes temps réel autonomes en énergie*, série "Gestion de l'énergie dans les systèmes embarqués", éditions ISTE Press Ltd, 140 pages, 2017.