République Tunisienne
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université de Tunis El Manar
Ecole Nationale d'Ingénieurs de Tunis
Laboratoire d'Analyse, de Conception et de Commande des Systèmes

Ecole Doctorale ENIT
27 MAI 2021
ARRIVÉE

Tunis, le: 24/05/2021

Programme détaillé de recherche pour un chercheur post-doctorant

Intitulé du projet: Implémentation sur un automate programmable d'algorithmes de commande avancée.

1- Contexte scientifique

Les automates programmables sont très utilisés pour commander les systèmes industriels. En effet, les automates programmables sont conçus pour supporter les contraintes sévères du milieu industriel (variation de la température, présence des champs magnétiques, présence de la poussière, …). Les algorithmes de contrôle et de la supervision du fonctionnement des procédés industriels sont très développés alors que seulement le régulateur à actions proportionnelle, intégrale et dérivée (PID) qui est le plus utilisé. Cet algorithme n'utilise pas le modèle du système et par conséquent il demande un temps de calcul en ligne très faible. Cependant, la régulation PID est parfois inefficace puisque les performances assurées du système asservi seront différentes des performances souhaitées.

Les algorithmes de commande avancée telles que la commande prédictive avec contraintes sur les signaux d'entrées/sorties, la commande des systèmes à ordre fractionnaire ou encore la commande robuste peuvent conduire à des performances meilleures que celles assurées par le régulateur PID. Cependant, ces algorithmes ne sont pas implémentés sur des systèmes miniaturisés ou bien sur des automates programmables industriels. En effet, ces approches de commandes avancée sont, généralement, basées sur le modèle du système et elles nécessitent un temps de calcul en ligne élevé. Néanmoins, actuellement avec l'avancement technologique dans le domaine de la microélectronique, de nouvelles solutions performantes telles que les FPGA (Field Programmable Logic Array) et les microcontrôleurs sont disponibles et peuvent être utilisées comme cibles numériques pour l'implémentation des algorithmes de commande. La capacité de calcul accrue des systèmes sur puce ainsi que le parallélisme inhérent de ces nouvelles solutions accompagné d'une panoplie de périphériques de communication, de conversion et de comptage, etc, disponibles sur la puce, font que les délais de temps de calcul sont négligeables en dépit de la complexité des algorithmes à implémenter, mise à part leurs prix compétitifs. Ces solutions matérielles permettent de répondre aux nouvelles exigences de contrôle moderne. Cependant, si l'implémentation sur des cibles logicielles est abondamment documentée, que ce soit dans des travaux scientifiques ou des notes d'application de constructeurs, l'implémentation matérielle l'est beaucoup moins.

En constatant le nombre réduit de travaux proposant une implémentation efficace des algorithmes de commande avancée sur des automates programmables ou bien sur des systèmes miniaturisés permettant son utilisation pour des procédés

industriels rapides et par la suite profiter de leurs meilleures performances et rendre ces méthodes plus attractives pour les industriels, nous justifie le choix de cet axe dans le cadre de ce projet de recherche.

2- Problématique et objectifs du travail

Les techniques de commande avancée peuvent être utilisées dans tous les domaines industriels, notamment avec les systèmes où la régulation PID n'est pas efficace. Cependant, le temps de calcul élevé des algorithmes en ligne justifie le nombre réduit de travaux proposant une implémentation efficace sur les automates industriels ou bien sur des cartes miniaturisées permettant leurs exploitations au milieu industriel.

Pour profiter de tous les avantages assurés par les nouvelles approches de commande dans les applications industrielles, à savoir l'intégration explicite des contraintes sur les variables d'entrées sorties du système, la robustesse en présence des erreurs paramétriques du modèle, l'action d'anticipation notamment dans le cas où la consigne est connue à l'avance, on envisage implémenter l'algorithme de la commande prédictive pour les systèmes monovariables et multivariables, sur une carte à base d'un microcontrôleur. Dans ce travail, nous allons profiter des avancées toutes récentes dans le secteur de la micro-électronique et plus particulièrement des systèmes sur puce dans le déploiement de la méthode la plus étudiée dans la littérature.

Dans le but de comparer les performances du système en boucle fermée, on propose l'implémentation des méthodes de commande suivantes: le régulateur PID antiwindup, la commande prédictive avec et sans contraintes pour les systèmes multivariables.

3- Approche méthodologique et plan de travail

Période 1:

- Une étude bibliographique sur les algorithmes (PID antiwindup, commande prédictive avec et sans contraintes).
- Implémentation de ces algorithmes dans l'environnement Matlab afin de tester leurs performances et la complexité de développement.
- Rédaction d'un rapport qui résume les activités de la première période.

Période 2:

- Une étude bibliographique sur les automates programmables industriels.
- Implémentation de l'algorithme de commande PID classique sur l'automate programmable industriel.
- Implémentation de l'algorithme du régulateur PID antiwindup sur l'automate programmable.
- Rédaction d'un rapport qui présente les activités de la deuxième période.

Période 3:

- Implémentation de l'algorithme de commande prédictive sans contraintes sur l'automate programmable industriel.
- Rédaction d'un rapport qui résume les activités de la troisième période.

Période 4:

- Implémentation de l'algorithme de la commande prédictive avec contraintes sur l'automate programmable.
- Rédaction du rapport final qui présente tous les résultats du projet réalisé.

Lors de l'implémentation des algorithmes de commande, il est judicieux de se baser sur une approche méthodologique et rigoureuse qui permet de résoudre l'adéquation entre l'algorithme de commande à implémenter et les ressources disponibles (espace mémoire, fréquence d'échantillonnage, temps de calcul) en vue d'effectuer une implémentation optimisée en termes de ressources consommées et de temps de calcul, tout en réduisant le temps de développement.

Profil du candidat

Le candidat doit avoir un diplôme de doctorat en **Génie Electrique** avec une bonne maîtrise de la commande des systèmes linéaires échantillonnés et des automates programmables industrielles.

Signatures

Responsable scientifique
Mme Yosra Hammi
Membre du Laboratoire d'Analyse, de Conception et de Commande des Systèmes
Maître assistante à l'ENIG

Responsable du Laboratoire d'Analyse, de Conception et de Commande des Systèmes
M. Faouzi Bouani
Professeur à l'ENIT