

Approche décentralisée pour la commande adaptative à structure variable: Application à un Quadrotor

F. Khenfri¹ et F. Boudjema²

¹Laboratoire Contrôle et Commande, E.M.P. Bordj El-Bahri

²Laboratoire de Commande des Processus, E.N.P. El-Harrach
Khenfri_fd@yahoo.fr, fboudjema@yahoo.fr

Résumé—Une approche décentralisée pour une commande adaptative à structure variable est proposée pour une classe de système non linéaire interconnecté en utilisant la technique du mode glissant. La commande est synthétisée pour chaque sous-système en tenant compte des informations disponibles localement. Cependant, la synthèse de loi de commande ne nécessite pas la connaissance exacte du modèle et n'utilise que l'information locale au niveau de chaque sous-système. Une analyse de stabilité est faite par la méthode directe de Lyapunov. Les performances et la robustesse de cette commande appliquée sur un hélicoptère de type quadrotor sont examinées en simulation.

Mots clés— Commande décentralisée, Structure variable, Commande adaptative, Quadrotor.

I. INTRODUCTION

La complexité de l'analyse de stabilité d'un système dynamique non linéaire croît rapidement lorsque l'ordre du système augmente. Cette situation nous incite à chercher des moyens pour simplifier l'analyse. Si le système peut être modélisé comme une interconnexion de sous-systèmes d'ordre inférieur, alors nous pouvons analyser la stabilité en deux étapes. Dans la première étape, nous décomposons le système en petits sous-systèmes isolés en ignorant les interconnexions, puis analyser la stabilité de chaque sous-système. Dans la deuxième étape, nous combinons nos conclusions de la première étape avec l'information sur les interconnexions afin de tirer des conclusions quant à la stabilité du système interconnecté. La commande qui base sur cette étude, il s'appelle commande décentralisée [1][2].

La commande décentralisée présente un certain nombre d'avantages [3][4], à savoir : la minimisation du nombre d'information traitées par les unités de commande, la simplicité des lois de commande élaborées par rapport au cas centralisé ainsi que l'amélioration de la fiabilité de transfert de données en n'utilisant que l'information locale. L'intérêt majeur de la décentralisation est la simplification de la synthèse et de l'implémentation des régulateurs. Chaque sous-système est commandé par une station de commande locale. Cette dernière n'utilise pas les informations des autres sous-systèmes [5].

Dans un contexte non adaptatif, la mauvaise identifiabilité des systèmes couplés, causée principalement par leur complexité, explique, en partie, le manque de résultats constaté. C'est pourquoi, l'approche adaptative présente, pour ces systèmes, une solution particulièrement attrayante. Avec une telle méthode, les interactions, mal connues, sont automatiquement prises en compte [6].

La commande à structure variable (CSV) a été largement utilisée dans la littérature. Ce succès est dû à sa simplicité de mise en œuvre et à sa robustesse vis-à-vis des variations paramétriques et des perturbations externes. Il s'agit de

définir d'abord une surface dite de glissement qui représente la dynamique désirée, puis synthétiser une loi de commande qui doit agir sur le système en deux phases. Dans la première, on force le système à rejoindre cette surface, et dans la seconde phase on doit assurer le maintien et le glissement le long de cette surface pour atteindre l'origine du plan de phase [7].

Dans cet article, nous combinerons la commande décentralisée, la technique du mode glissant et l'approche adaptative pour profiter l'avantage de chacune des notions, pour commander une classe de système non linéaire interconnecté. Pour cela, nous commencerons à présenter la classe du système non linéaire étudié dans ce travail dans la section II. Nous aborderons ensuite la synthèse de la loi de commande dans la section III. La section IV sera consacrée à la présentation des résultats de simulation de la commande proposée appliquée au Quadrotor.

II. CLASSE DE SYSTEMES INTERCONNECTES

Dans cet article, notre objectif principal est la synthèse d'une loi de commande adaptative décentralisée stabilisantes et robustes pour un système de n degré de liberté (ddl) décrit sur la forme suivante :

$$M(q)\ddot{q} + C(q, \dot{q})\dot{q} + G(q) = u + u_p(1)$$

Avec :

$q \in \mathbb{R}^n$: Vecteur des positions ;

$\dot{q} \in \mathbb{R}^n$: Vecteur des vitesses ;

$\ddot{q} \in \mathbb{R}^n$: Vecteur des accélérations ;

$u \in \mathbb{R}^n$: Vecteur de commandes (forces ou couples) ;

$u_p \in \mathbb{R}^n$: Vecteur de perturbation externe ;

$M(q) \in \mathbb{R}^{n \times n}$: Matrice bornée définie positive ;

$C(q, \dot{q}) \in \mathbb{R}^{n \times n}$: Matrice de forces et/ou couples dus aux accélérations de Coriolis, gyroscopique et/ou centrifuge ;

$G(q) \in \mathbb{R}^n$: Vecteur de forces et/ou couples dus aux forces de gravitation.

Le modèle dynamique (1) contient de fortes interconnexions entre les sous-systèmes. Les matrices M , C et G sont des fonctions non-linéaires compliquées qui dépendent des coordonnées généralisées et ses vitesses.

III. SYNTHÈSE DE LA COMMANDE

Pour synthétiser la commande adaptative décentralisée pour le modèle dynamique (1), nous considérons chaque degré de liberté comme un sous-système non linéaire