Avis de Soutenance

THESE DE DOCTORAT

Présentée par

Monsieur HASSANI HAMID

Discipline : Génie Electrique
Spécialité : Mécatronique et Systèmes embarquées

Sujet de la thèse

Development of new advanced and robust control laws for quadrotor drones: implementation and experimental validation

Formation Doctorale " Sciences de l'Ingénieur, Sciences Physiques, Mathématiques et Informatique "

Thèse présentée et soutenue **le samedi 22 juillet 2023 à 15h** au centre de conférence à la Faculté des Sciences et Techniques de Fès, devant le jury composé de :

Nom et Prénom	Titre	Etablissement	
Mohammed JORIO	PES	Faculté des Sciences et Techniques de Fès	Président
Adil BROURI	PES	Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers de Meknès	Rapporteur
Ismail BOUMHIDI	PES	Faculté des Sciences Dhar El Mehraz de Fès	Rapporteur
Fatima ERRAHIMI	PES	Faculté des Sciences et Techniques de Fès	Rapporteur
Fouad BENMAJDOUB	PES	Faculté des Sciences et Techniques de Fès	Examinateur
Rachid ELBACHTIRI	PES	Ecole Supérieure de Technologie de Fès	Examinateur
Hassan EL MOUSSAOUI	PES	Faculté des Sciences et Techniques de Fès	Examinateur
Anass MANSOURI	PES	Ecole Nationale des Sciences Appliquées de Fès	Directeur de Thèse
ALI AHAITOUF	PES	Faculté des Sciences et Techniques de Fès	Co-Directeur de Thèse

Laboratoire de recherche : Systèmes Intelligents, Géoressources et Energies Renouvelables
Etablissement : Faculté des Sciences et Techniques de Fès

Centre d'Etudes Doctorales : Sciences et Techniques et Sciences Médicales

Résumé de la thèse

Au cours des dernières années, les quadrirotors à usage civil et militaire ont gagné en popularité. Assurer un suivi de trajectoire précis pour ces aéronefs reste une des tâches les plus difficiles. C'est dans ce cadre que se place notre travail et pour atteindre cet objectif, cette thèse porte sur le développement de stratégies de contrôle robustes pour les véhicules aériens sans pilote quadrirotors en abordant les défis liés aux incertitudes de modélisation, aux dynamiques non modélisées et aux perturbations externes. D'une manière plus précise, les principaux objectifs sont d'étudier, de développer et d'implémenter sur une plateforme expérimentale, développée localement, plusieurs algorithmes de contrôle pour un suivi précis des trajectoires souhaitées. Le système de contrôle doit être capable de piloter automatiquement le véhicule le long d'une variété de trajectoires prédéfinies, de faire face à la sévérité des perturbations aérodynamiques internes et/ou externes, et de réduire l'influence des incertitudes sur les paramètres inertiels du véhicule quadrirotor.

Afin d'atteindre les performances souhaitées, des algorithmes de contrôle robustes basés sur la théorie des modes glissants en temps fini ont été développés. Tout d'abord, une stratégie de contrôle hybride robuste est utilisée pour piloter les mouvements du quadrirotor. Cette stratégie regroupe le contrôle backstepping de mode glissant et le contrôle de mode glissant terminal rapide non singulier pour améliorer le suivi des trajectoires sous l'influence de perturbations inconnues et d'incertitude sur le modèle. Une méthodologie d'adaptation est introduite pour améliorer la robustesse de la stratégie de contrôle développée. Ensuite, une nouvelle commande supertwisting de mode glissant terminal non singulier est développée afin de garantir que les erreurs de suivi disparaissent rapidement. Un observateur de perturbations est incorporé au système de contrôle pour estimer les perturbations externes inconnues et renforcer la robustesse du système. La théorie de Lyapunov est utilisée pour vérifier la stabilité en boucle fermée des contrôleurs synthétisés.

Les stratégies de contrôle proposées sont testées et évaluées selon l'approche "Model-Based Design" afin d'évaluer les performances obtenues. Des tests de simulation, des tests utilisant des processeurs dans la boucle et des tests expérimentaux sur un prototype de quadrirotor développé localement sont réalisés pour mettre en évidence l'efficacité des contrôleurs développés.

Nos résultats ont mis en évidence des hautes performances dans le contrôle et la stabilité des drones, ouvrant la voie vers l'étape suivante, la mise en place de réseaux de drones communicants.

Mots clés : Drones, Quadrirotors ; Supertwisting ; Contrôle hybride ; Méthodologie d'adaptation ; Commande de mode glissant terminal non singulier supertwisting ; Dynamiques non modélisées ; Perturbations inconnues ; Incertitudes ; Observateur de perturbation.