الجمهورية الشعبية الديمقراطية الجزائرية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة العليا للإعلام الآلي - 08 ماي 1945 – بسيدي بلعباس
Ecole Supérieure en Informatique
-08 Mai 1945- Sidi Bel Abbes

Mémoire de Fin d'étude

En vue de l'obtention du diplôme de **Master**

Filière : **Informatique**

Spécialité : **Ingénierie des Systèmes Informatiques (ISI)**

Thème

Modélisation, commande et planification de trajectoire d'un drone quadrirotor

---

Présenté par **:**

- Mlle DAHMANI Sara
- Mr BENNOUR Marouane

Soutenu le : **01/10/2020** Devant le jury composé de :

-	Dr. KHALDI Belkacem	Président
-	Pr. BELABBES Baghdad	Examinateur
-	Pr. BENSLIMANE Sidi Mohamed	Encadreur
-	Pr. ELAJRAMI Mohamed	Co-Encadreur

Année Universitaire : 2019 / 2020

Résumé

Les drones, qu'on appelle aussi UAVs (Unmanned Aerial Vehicles), sont des avions sans pilote. Ils sont adoptés par des organisations militaires et civiles pour accomplir des tâches difficiles dans des environnements très hostiles, sans aucun risque pour l'humain. Dans notre étude nous nous intéressons au drone quadricopter.

Les progrès réalisés dans les technologies de contrôle, de détection et de calcul ont permis à ces véhicules de réaliser des missions indépendantes du contrôle direct de l'opérateur.

La trajectoire peut être planifiée à l'avance de la mission et le drone peut alors l'exécuter automatiquement. La planification de cette trajectoire d'une manière efficace implique la détermination de solutions permettant d'atteindre un certain un objectif avec précision, comme par exemple éviter les obstacles ou de trouver le plus court chemin en termes de temps de déplacement, ou encore la minimisation du coût de la mission.

Ce mémoire aborde la modélisation, la commande et la planification de la trajectoire du drone quadcoptère, c'est dans ce sens on s'intéresse à deux étapes clés permettant de réaliser une navigation autonome : la planification des trajectoires, et le développement des lois de commande qui assureront, en temps réel, un suivi de la trajectoire.

Nous avons commencé par la modélisation qui consiste à rassembler toute les méthodes et des techniques permettant de disposer d'une présentation mathématique décrivant le mouvement du système afin de pouvoir établir un modèle dynamique en utilisant le formalisme de Newton-Euler, ensuite nous présentons une architecture de contrôle basée sur la régulation PID pour le contrôle des différents mouvements.

Finalement, nous avons dressé un état de l'art des principales méthodes de planification d'une trajectoire en expliquant brièvement leur principe ainsi que leurs avantages et leurs inconvénients. Une étude comparative sur les algorithmes de planification d'une trajectoire selon plusieurs critères, nous a permis de choisir le meilleur algorithme pour la modélisation, la conception et réalisation d'un Drone Quadricoptère.

Mots clés : *Drone Quadricoptère, Commande Des Mouvements, Pilotage Automatique, Robotique, GPS, Système Embarque.*

Abstract

Drones, also called UAVs (Unmanned Aerial Vehicles), are unmanned aircraft. They are adopted by military and civilian organizations to perform difficult tasks in very hostile environments, without any risk to humans. In our study we are interested in the quadricopter drone.

Advances in control, detection and calculation technologies have enabled these vehicles to perform missions independent of direct operator control. The trajectory can be planned in advance of the mission and the drone can then execute it automatically. Planning this trajectory in an efficient manner involves determining solutions to achieve a certain objective with precision, such as avoiding obstacles or finding the shortest path in terms of travel time, or even minimization the cost of the mission.

This thesis deals with the modeling, the control and the planning of the trajectory of the quadcopter drone, it is in this sense we are interested in two key stages allowing to realize an autonomous navigation : the planning of the trajectories, and the development of the laws of command which will monitor the trajectory in real time.

We started with the modeling which consists in gathering all the methods and techniques allowing to have a mathematical presentation describing the movement of the system in order to be able to establish a dynamic model using the Newton-Euler formalism, then we present a control architecture based on PID controller for the control of the different movements.

Finally, a state of the art of the main trajectory planning methods was presented, briefly explaining their principle and their advantages and disadvantages. A comparative study of trajectory planning algorithms according to several criteria allowed us to choose the best algorithm for the modeling, design and realization of a Quadricopter Drone.

Key Words : *Quadcopter Drone, Movement Control, Automatic Piloting, Robotics, GPS, Embedded System.*

ملخص

الطائرات بدون طيار ، المعروفة أيضاًا باسم الطائرات بدون طيار (UAVs) ، هي طائرات بدون طيار. يتم تبنيها من قبل المنظمات العسكرية والمدنية لأداء مهام صعبة في بيئات معادية للغاية دون أي خطر على البشر. في دراستنا ، نحن مهتمون بالطائرة بدون طيار رباعية المروحية. وقد مكّن التقدم في تقنيات التحكم والكشف والحساب هذه المركبات من أداء مهام مستقلة عن التحكم المباشر للمشغل. ويمكن تخطيط المسار مسبقاًا المهمة والطائرة بدون طيار يمكن بعد ذلك تنفيذها تلقائياً. يتضمن التخطيط لهذا المسار بطريقة فعالة تحديد الحلول لتحقيق هدف معين بدقة ، مثل تجنب العقبات أو إيجاد أقصر طريق من حيث وقت السفر ، أو التقليل تكلفة المهمة: تتناول هذه الأطروحة النمذجة والتحكم والتخطيط لمسار الطائرة بدون طيار كوادكوبتر ، ومن هذا المنطلق فإننا مهتمون بمرحلتين رئيسيتين تسمحان بتحقيق التنقل المستقل: تخطيط المسار ، وتطوير قوانين التحكم التي ستضمن ، في الوقت الحقيقي ، تتبع المسار. بدأنا بالنمذجة التي تتكون من جمع جميع الأساليب والتقنيات التي تسمح بالحصول على عرض رياضي يصف حركة النظام من أجل لتكون قادرًا على إنشاء نموذج ديناميكي باستخدام شكليات Newton-Euler، فإننا نقدم بنية تحكم تعتمد على تنظيم صيد للتحكم في الحركات المختلفة: أخيرًا ، وضعنا حالة من الفن للطرق الرئيسية لتخطيط المسار من خلال شرح موجز لمبدأها بالإضافة إلى مزاياها وعيوبها. سمحت لنا دراسة مقارنة حول خوارزميات تخطيط المسار وفقاًا لعدة معايير باختيار أفضل خوارزمية لنمذجة وتصميم وتنفيذ طائرة بدون طيار كوادكوبتر.

الكلمات المفتاحية

كوادكوبتر بدون طيار ، التحكم في الحركة ، التوجيه الآلي ، الروبوتات ، نظام تحديد المواقع العالمي ، نظام مدمج.