

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ ΚΑΙ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ

Υπολογισμός Τροχιάς και Πλοήγηση Τετράπτερου σε
Εσωτερικό Χώρο

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

του

ΛΟΙΖΟΥ Α. ΧΑΤΖΗΛΟΙΖΟΥ

Επιβλέπων : Δρ. Κυριάκος Δεληπαράσχος
Ειδικό Εκπαιδευτικό Προσωπικό

Λεμεσός, Ιούνιος 2021



Cyprus University of Technology
Department of Electrical Engineering and Computer Engineering and
Informatics
Faculty of Engineering and Technology

Indoor Path Planning and Navigation Of Quadrotors

BACHELOR THESIS

of

LOIZOS A. HADJILOIZOU

Supervisor: Dr. Kyriakos Deliparaschos
Special Teaching Staff

Approved by the examination committee on 7th June 2021.

(Signature)

(Signature)

(Signature)

.....

Dr. Kyriakos
Deliparaschos
Special Teaching Staff

.....

Dr. Themistoklis
Charalampous
Associate Professor

.....

Limassol, June 2021



Cyprus University of Technology
Department of Electrical Engineering and Computer Engineering and
Informatics
Faculty of Engineering and Technology

Copyright © –All rights reserved Loizos A. Hadjiloizou, 2021.

It is prohibited to copy, store and distribute this work, in whole or in part, for commercial purposes. Reprinting, storing and distributing for non-profit, educational or research purposes is permitted, provided the source is acknowledged and the present message retained.

The content of this work does not necessarily reflect the views of the Department, the Supervisor, or the committee that approved it.

Affirmation

I affirm that I am the author of this dissertation, and that any kind of help I had for its preparation is fully acknowledged and reported in the dissertation. I have also mentioned any sources from which I used data, ideas or words, whether they are exact or paraphrased. Also, I certify that this dissertation was prepared by me personally specifically for requirements of the curriculum of the School of Electrical Engineering, Computer Engineering and Informatics.

(Signature)

.....

Loizos A. Hadjiloizou

Περίληψη

Στην παρούσα διατριβή μελετάμε το πρόβλημα της πλοήγησης ενός τετράπτερου μη επανδρωμένου αεροσκάφους σε περιβάλλον εσωτερικού χώρου. Συγκεκριμένα εστιάζουμε στη σχεδίαση ενός βέλτιστου ελεγκτή και ενός βέλτιστου εκτιμητή κατάστασης. Στη συνέχεια κάνουμε μια επίδειξη ενός αυτόνομου τετράπτερου αεροσκάφους που περιηγείται σε στατικό περιβάλλον. Ο ελεγκτής που υλοποιούμε είναι ένας γραμμικός τετραγωνικός ελεγκτής, Linear Quadratic Regulator (LQR) που έχει επεκταθεί ούτως ώστε να επιλύει το Servo-Problem. Η εκτίμηση της θέσης και της κατάστασης επιτυγχάνεται συνδυάζοντας μέσω ενός Kalman Filter, τις μετρήσεις μίας αδρανειακής μονάδας, Inertial Measurement Unit (IMU), ενός συστήματος εντοπισμού Ultra-WideBand (UWB) και ενός αλγορίθμου μηχανικής μάθησης για τον εντοπισμό αντικειμένων με δεδομένα που λαμβάνει από μια κάμερα. Απ' όσο γνωρίζουμε, αυτή είναι η πρώτη εργασία που συνδυάζει αυτές τις τρεις τεχνολογίες για την υλοποίηση ενός συστήματος επεξεργασίας σε πραγματικό χρόνο με δυνατότητα τοποθέτησης πάνω στο μη επανδρωμένο αεροσκάφος. Η υλοποίηση επιτυγχάνεται με μια τεχνική προσομοίωσης Hardware-in-the-loop (HIL), όπου το δυναμικό μοντέλο του τετράπτερου προσομοιώνεται σε έναν προσομοιωτή τρισδιάστατων ρομποτικών εφαρμογών ανοιχτού κώδικα και το σύστημα πλοήγησης υλοποιείται σε ένα ενσωματωμένο σύστημα υπολογιστή βελτιστοποιημένο για εφαρμογές τεχνητής νοημοσύνης.

Λέξεις Κλειδιά: Πλοήγηση τετράπτερου, εντοπισμός θέσης σε εσωτερικό χώρο, συγχώνευση αισθητήρων, εκτίμηση κατάστασης.

Abstract

In this thesis we study the problem of indoor quadrotor navigation. Specifically we focus on the design of an optimal controller, and an optimal state estimator. We then provide a working example of an autonomous quadrotor navigating through a static environment. The implemented controller is a Linear Quadratic Regulator (LQR) augmented in such a way to solve the Servo-Problem. The state estimation is achieved by coalescing via a Kalman Filter, the measurements from an Inertial Measurement Unit (IMU), an Ultra-WideBand localization system, and a monocular camera-based object detection algorithm. To the best of the author's knowledge, this is the first work that combines these three technologies for an onboard real-time implementation of a localization mechanism. The implementation is achieved with a Hardware-in-the-loop (HIL) simulation technique, where the dynamic model of the quadrotor is simulated in an open-source 3D robotics simulator, and the navigation system is implemented on an Artificial Intelligence embedded computer. Our results show that the camera-based solution is a viable option capable of further improving the performance of the purely UWB approach.

Keywords: Quadrotor navigation, indoor Localization, sensor Fusion, state Estimation.