

TECHNICAL UNIVERSITY OF CRETE

DIPLOMA THESIS

Design and Implementation of a Low Cost Embedded System for Localization of Drones Flying in Swarms

Author:

Christos SPYRIDAKIS

Thesis Committee:

Prof. Apostolos DOLLAS (Supervisor)

Asst. Prof. Eftychios KOUTROULIS

Asst. Prof. Panagiotis PARTSINEVELOS



*A thesis submitted in fulfillment of the requirements
for the diploma of Electrical and Computer Engineer
in the*

School of Electrical and Computer Engineering
Microprocessor and Hardware Laboratory

November 25, 2020

TECHNICAL UNIVERSITY OF CRETE

Abstract

School of Electrical and Computer Engineering

Electrical and Computer Engineer

**Design and Implementation of a Low Cost Embedded System for
Localization of Drones Flying in Swarms**

by Christos SPYRIDAKIS

TODO ...

ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

Περίληψη

Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών

Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών

Σχεδίαση και Υλοποίηση Ενσωματωμένου Συστήματος Χαμηλού
Κόστους για Εύρεση Θέσης μη Επανδρωμένων Αεροσκαφών που
Πετούν σε Σχηματισμό

από τον Χρήστο ΣΠΤΡΙΔΑΚΗ

TODO ...

Acknowledgements

TODO

Contents

Abstract	iii
Abstract	v
Acknowledgements	vii
Contents	ix
List of Figures	xi
List of Tables	xiii
List of Algorithms	xv
Physical Constants	xvii
List of Symbols	xix
List of Abbreviations	xxi
1 Introduction	1
1.1 UAVs and Swarm	2
1.1.1 UAVs	2
1.1.2 Swarming	2
1.2 Motivation	3
1.3 Scientific Goals and Contributions	3
1.4 Thesis Outline	3
2 Theoretical Background	5
3 Related Work	7
3.1 Thesis Approach	7
4 Design Features and Implementation	9
5 Applications and Usage Examples	11

6 Experiments and Results	13
7 Conclusions and Future Work	15
References	17

List of Figures

List of Tables

1.1	Κατηγοριοποίηση των UAV βάση της δομή τους [6].	2
-----	---	---

List of Algorithms

Physical Constants

Speed of Light $c_0 = 2.997\,924\,58 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$ (exact)

List of Symbols

a	distance	m
ω	angular frequency	rad

List of Abbreviations

MCU	Micro Controller Unit
MPU	Micro Processor Unit
UAV	Unmanned Aerial Vehicle
VTOL	V ertically H over, T ake-off, and L and
ESC	E lectronic S peed C ontrol
IMU	I ntertial M easurement U nit
GPS	G lobal P ositioning S ystem
FPV	F irst P erson V iew
WSN	W ireless S ensor N etworks
UGV	U nmanned G round V ehicle
MAV	M icro A erial V ehicle
USV	U nmanned S urface V ehicle
UAS	U nmanned A ircraft S ystem
ISR	I ntelligence, S urveillance, and R econnaissance
UCAV	U nmanned C ombat A erial V ehicle

*Dedicated to those people who have helped me be the
person I am today...*

Chapter 1

Introduction

“Alone we can do so little,
together we can do so much”

Hellen Keller

Τα τελευταία χρόνια η ανάπτυξη της επιστήμης έχει επιφέρει την απόκτηση των τεχνολογικών επιτευγμάτων από το ευρύ κοινό με ένα πολύ οικονομικό αντίτιμο. Αυτό σημαίνει ότι ο καθένας πολύ εύκολα μπορεί να έχει στην κατοχή του ακόμα και προϊόντα τα οποία θεωρούνται state-of-the-art χωρίς να χρειάζεται να δαπανήσει μεγάλα ποσά. Το ίδιο φυσικά, συμβαίνει και με τον κλάδο των drone και την - κατά επέκταση - χρήση αυτών · ακόμα και για ψυχαγωγικό χαρακτήρα.

Κατά το τέλος του έτους 2019 μόνο στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής υπήρχαν πάνω από 990 χιλιάδες εγγεγραμμένοι χειριστές drone με πάνω από 1.32 εκατομμύρια drone ψυχαγωγικού χαρακτήρα να χρησιμοποιούνται [1]. Ενώ μέχρι το 2025 υπολογίζεται ότι το μέγεθος αγοράς των υπηρεσιών drone θα κοστολογείται στα 63.6 εκατομμύρια δολάρια [2].

Εταιρίες όπως η Amazon έχουν αποκτήσει ήδη τα απαραίτητα πιστοποιητικά και εγκρίσεις και σκοπεύουν να χρησιμοποιήσουν drone για παράδοση των δεμάτων [3] αρκετά σύντομα, καθώς προς το παρόν η διαδικασία βρίσκεται σε στάδιο ελέγχων. Συνεπώς είναι εύκολο να κατανοηθεί ότι ο συγκεκριμένος κλάδος πρόκειται να έχει ακόμα μεγαλύτερη άνθιση, με αρκετά μεγάλο ερευνητικό ενδιαφέρον να του αναλογεί.

Με την αύξηση των drone και την αύξηση των εφαρμογών, υπάρχει η ανάγκη συνεργασίας και η δημιουργία drone swarms για την επιτυχή ολοκλήρωση των στόχων που έχουν οριστεί.

1.1 UAVs and Swarm

Αρχικά είναι σημαντικό πριν προχωρήσουμε να έχει γίνει κατανοητό με τον όρο drone σε τι αναφερόμαστε όπως επίσης τότε θεωρείται ότι ένα σμήνος από drone πετάει σε σχηματισμό (drone swarm).

1.1.1 UAVs

Όταν αναφερόμαστε στον όρο Unmanned aerial vehicle (**UAV**) ή απλούστερα drone κάνουμε αναφορά για ένα μη επανδρωμένο ιπτάμενο αεροσκάφος το οποίο ελέγχεται είτε απομακρυσμένα από έναν άνθρωπο, είτε είναι τελείως αυτόνομο. Τα **UAV** μαζί με ένα σταθμό βάσης και την από κοινού επικοινωνίας του σταθμού - drone, δημιουργούν αυτό που ονομάζουμε Unmanned aircraft system (**UAS**). Η πρώτη εμφάνιση των **UAV** έγινε κατά το 1849 στα πλαίσια μάχης, ενώ οι πρώτες καινοτομίες πάνω σε αυτά ξεκίνησαν ήδη από τις αρχές του 20ου αιώνα. Το 2013 τουλάχιστον 50 χώρες χρησιμοποιούσαν **UAVs** για κάποιον σκοπό, με μερικές από αυτές φυσικά να σχεδιάζουν τα δικά τους [4]. Αυτήν την στιγμή υπάρχουν πάνω από 1000 διαφορετικά μοντέλα **UAV** που χρησιμοποιούνται ανά τον κόσμο, με τα περισσότερα από αυτά να μην έχουν ψυχαγωγικό χαρακτήρα [5].

Ανάλογα με τον μηχανολογικό σχεδιασμό του drone μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε διάφορες κατηγορίες

TABLE 1.1: Κατηγοριοποίηση των UAV βάση της δομή τους [6].

Drones	Main features
Fixed-Wing	long endurance and fast flight speed
Fixed-Wing Hybrid	VTOL and long endurance flight
Single Rotor	VTOL, hove, and long endurance flight
Multirotor	VTOL, hover, and short endurance flight

1.1.2 Swarming

[7] [8] [9] □ □ □ □ □ □

1.2 Motivation

□ □ □ □ □ □ □ □

1.3 Scientific Goals and Contributions

1.4 Thesis Outline

- Chapter 2 - Theoretical Background:
- Chapter 3 - Related Work:
- Chapter 4 - Design Features and Implementation:
- Chapter 5 - Applications and Usage Examples:
- Chapter 6 - Experiments and Results:
- Chapter 7 - Conclusions and Future Work:

Chapter 2

Theoretical Background

”Let no one ignorant of
geometry enter”

Plato

Chapter 3

Related Work

“This is where technology is
now, imagine where we can go
in the future”

Timothy Chung

3.1 Thesis Approach

This should be the last section

Chapter 4

Design Features and Implementation

”

Chapter 5

Applications and Usage Examples

Chapter 6

Experiments and Results

Chapter 7

Conclusions and Future Work

References

- [6] Anam Tahir et al. “Swarms of Unmanned Aerial Vehicles — A Survey”. In: *Journal of Industrial Information Integration* 16 (2019), p. 100106. ISSN: 2452-414X. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jii.2019.100106>. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2452414X18300086>.

External Links

- [1] Matt Satell. *Ultimate List of Drone Stats for 2020*. July 2020. URL: <https://www.phillybyair.com/blog/drone-stats/> (visited on 11/2020).
- [2] Business Insider Intelligence. *Drone market outlook: industry growth trends, market stats and forecast*. Mar. 2020. URL: <https://www.businessinsider.com/drone-industry-analysis-market-trends-growth-forecasts> (visited on 11/2020).
- [3] Concepción de León. *Drone Delivery? Amazon Moves Closer With F.A.A. Approval*. Aug. 2020. URL: <https://www.nytimes.com/2020/08/31/business/amazon-drone-delivery.html> (visited on 11/2020).
- [4] *Unmanned aerial vehicle*. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Unmanned_aerial_vehicle (visited on 11/2020).
- [5] *List of unmanned aerial vehicles*. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_unmanned_aerial_vehicles (visited on 11/2020).
- [7] Kargu - *The Kamikaze Drones Getting Ready For The Swarm Operation*. July 2019. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=3d28APIfwSI> (visited on 11/2020).
- [8] *Swarm robotics*. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Swarm_robotics (visited on 11/2020).
- [9] *Drone Swarm performance and applications*. 6. URL: <https://www.embention.com/news/drone-swarm-performance-and-applications/> (visited on 11/2020).