

# Diploma Thesis Proposal

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

Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών  
Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά 28/5/2021

Σπυριδάκης Χρήστος AM:2014030022

**Abstract**— Η συγκεκριμένη διπλωματική εργασία έχει στόχο την επίτευξη υπολογισμού της θέσης - στον τρισδιάστατο χώρο - ενός πρότυπου αντικειμένου, από ένα σμήνος drone με όσο δυνατόν χαμηλότερο κόστος υλικού ανά node του συστήματος. Ιδανικά θα γίνει προσπάθεια να γίνει multi sensor data fusion και να αξιοποιηθούν πληροφορίες τόσο με βάση image-based τεχνικών υπολογισμού, όπως επίσης και RF-based.

**Index Terms**— Drone, UAV, Swarm, OpenCV, Robot Operating System, Camera, Ultra-Wideband

### I. INTRODUCTION

Τα τελευταία χρόνια ο χώρος των αεροχημάτων παρουσιάζει αρκετά μεγάλο ερευνητικό ενδιαφέρον, με αποτέλεσμα την εμφάνιση σμηνών από drone σε ένα μεγάλο πλήθος εφαρμογών.

Σε αυτού του τύπου τις εφαρμογές είναι πολύ σημαντική η γνώση της θέσης του κάθε μεμονωμένου Unmanned Aerial Vehicle (UAV) είτε σχετικά με τα γειτονικά nodes του συστήματος, είτε σε συνδυασμό αυτού και κατά απόλυτο τρόπο σύμφωνα με ένα καθορισμένο σύστημα αξόνων.

Παρόλο, την πολλά υποσχόμενη, εξέλιξη της ακρίβειας από ~5m [1] σε ~30cm [2] - για μη στρατιωτική χρήση - των Global Navigation Satellite System (GNSS) - όπου όμως ούτε αυτή δεν είναι αρκετή για τις ανάγκες ορισμένων εφαρμογών, πολλές φορές οδηγούμαστε ή να κινηθούμε σε αρκετά ακριβείς λύσεις - όπως τα RTK GPS [3], που μπορούν να προσφέρουν ακρίβεια 1-2cm σε ακτίνες ~20km - ή να αναζητήσουμε άλλους τρόπους υπολογισμού της θέσης των drone σε ένα swarm.

Στην υφιστάμενη βιβλιογραφία, μπορεί κανείς εύκολα να βρει μεθόδους ανεύρεση της θέσης των drones με τεχνικές (Remote Frequency) RF, όπως μέτρηση απόστασης με χρήση Ultra-Wideband (UWB) [4], με χρήση Infrared and Ultrasonic [5], είτε ακόμα και με την βοήθεια καμερών [6]. Ενώ επίσης, πολλές φορές είναι εξίσου σημαντικό εκτός από τον υπολογισμό της θέσης των ίδιων των drone να βρούμε και την θέση επιπλέον αντικειμένων τα οποία σχετίζονται με την εκάστοτε εφαρμογή.

### II. THESIS STATEMENT

Όταν αναφερόμαστε σε motion capturing systems [7], όπως το Vicon [8] ή το Optitrack [9], μιλάμε κυρίως για στατικά, εσωτερικών χώρων συστήματα τα οποία είναι υπεύθυνα να ανιχνεύουν και να συλλαμβάνουν την κίνηση σωμάτων.

Στην συγκεκριμένη διπλωματική εργασία θα γίνει μία πρώτη προσπάθεια επίλυσης του προβλήματος υπολογισμού της θέσης ενός μεμονωμένου - γνωστών διαστάσεων - αντικειμένου με χρήση drones swarm που πραγματοποιεί close formation flight, όπως παρουσιάζεται στο Figure 1 με σκοπό μελλοντικά να χρησιμοποιηθούν ως feature points και να είμαστε πιο κοντά σε ένα real time tracking σύστημα αντικειμένων για εξωτερικούς χώρους και δυναμικά περιβάλλοντα.

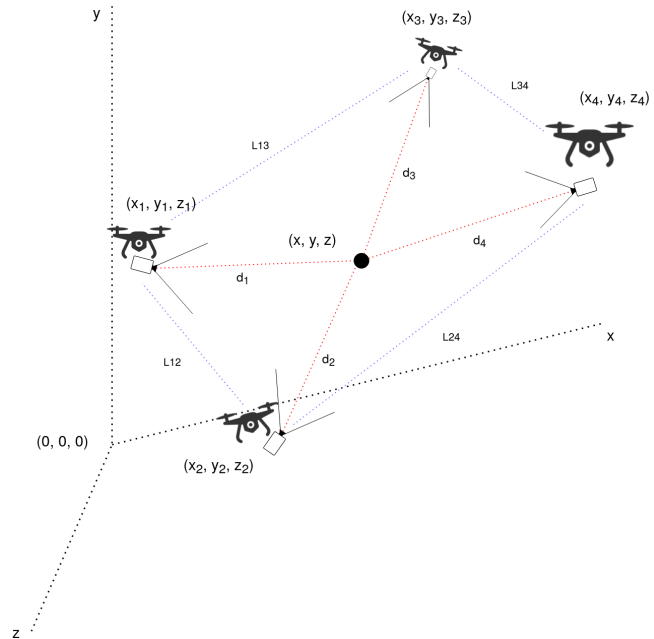


Fig. 1. Drones track object in 3D space

### III. APPROACH

Ο τρόπος με τον οποίο θα γίνει προσπάθεια να λυθεί το συγκεκριμένο πρόβλημα, είναι αρχικά με χρήση monocular vision να εντοπιστεί το αντικείμενο στο χώρο, να απομονωθεί μόνο χρήσιμη πληροφορία για αυτό - όπως φαίνεται στο Figure 2 - και στην συνέχεια με βάση την γνώση των ακριβών του διαστάσεων, καθώς επίσης και το πλήθος των pixel που καταλαμβάνει στην κάμερα να υπολογιστεί η απόσταση που έχει το αντικείμενο από αυτήν.

Στην συνέχεια, για κάθε drone να ληφθούν πληροφορίες της θέσης του - μέσω GPS, IMU, κλπ αισθητήρων - και αφού έχει γίνει το κατάλληλο φιλτράρισμα των πληροφοριών, να ομαδοποιηθούν όλες οι πληροφορίες και να αποσταλούν στα γειτονικά drones του συστήματος.

Αφού πλέον το κάθε drone λάβει από τα γειτονικά τις θέσεις των υπόλοιπων καθώς και την απόσταση του αντικειμένου από αυτά, μπορεί να γίνει χρήση κατάλληλου cooperative and range based localization algorithm προκειμένου να υπολογιστούν οι συντεταγμένες του αντικειμένου. Κύριο σημείο ενδιαφέροντος είναι αρχικά να επιτευχθεί relative positioning του αντικειμένου με real time onboard sensing and computing χωρίς

αναγκαστικά την ύπαρξη ενός εξωτερικού infrastructure.

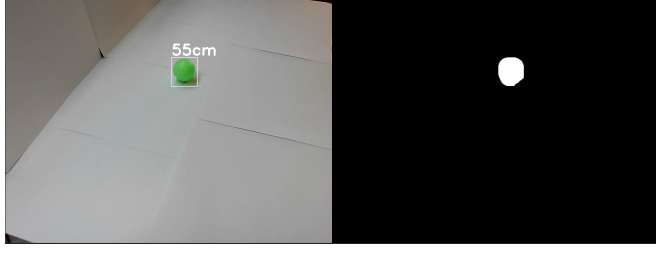


Fig. 2. Blob detection - σύμφωνα με το σχήμα/χρώμα - της μπάλας και υπολογισμός της απόστασης της από την κάμερα

#### IV. HARDWARE SETUP AND IMPLEMENTATION

Σκοπός είναι όλη η επεξεργασία να πραγματοποιηθεί σε κάποιο Embedded Linux System. Λόγω των αρχικών περιορισμών επίσκεψης του εργαστηρίου MHL (που σχετίζονται σχετικά με την πανδημία COVID-19) η αρχική ανάπτυξη του συστήματος ξεκίνησε πάνω σε Raspberry pi 4 - Table I - ενώ στην συνέχεια αν κριθεί απαραίτητο θα γίνει migration ενός ή περισσότερων nodes του συστήματος σε κάποια πλακέτα Jetson - δίνεται για παράδειγμα στο Table II ένα από τα συστήματα της οικογένειας Jetson - τα οποία μπορούν να προσφέρουν μεγαλύτερες ικανότητες επεξεργασίας εικόνας.

Σημαντικό είναι ακόμα, η χρήση 1080p κάμερας για καλύτερα αποτελέσματα λόγω ανάλυσης, αλλά παρόλα αυτά εάν χρειαστεί να υπάρχουν επίσης δυνατότητες downscaling.

Τέλος, θα χρησιμοποιηθούν drone του εργαστηρίου Sense-lab εάν χρειαστεί να πραγματοποιηθούν πραγματικές πτήσεις με drone στο στάδιο του testing, βάση των οποίων θα γίνει και ο σχεδιασμός των περιορισμών του συστήματος (μέγιστο payload και ισχύ που μπορούν να προσφέρουν).

Σχετικά με το κομμάτι του software, η υλοποίηση θα περιλαμβάνει κυρίως κώδικες σε C++, πιθανόν Python και Bash scripting.

TABLE I  
RASPBERRY PI 4 MODEL B SPECIFICATIONS

Feature	Value
Processor	Broadcom BCM2711, Quad core Cortex-A72 (ARM v8) 64-bit SoC @ 1.5GHz
Memory	8GB LPDDR4-3200 SDRAM
Storage	External Micro-SD
Power	5V DC (maximum 3A), 5-15Watt
Cost	~100 €
Weight	46 grams (without case), 99 grams (with case)
Peripherals	GPIO, I2C, SPI, UART

TABLE II  
JETSON NANO DEVELOPER KIT SPECIFICATIONS

Feature	Value
CPU	Quad-core ARM Cortex-A57 MPCore processor
GPU	NVIDIA Maxwell architecture with 128 NVIDIA CUDA® cores
Memory	4 GB 64-bit LPDDR4; 25.6 gigabytes/second
Storage	External Micro-SD
Power	5V DC, 5-10Watt
Cost	~120€
Weight	250 grams (without case)
Peripherals	GPIO, I2C, I2S, SPI, UART

#### V. WORK PLAN

Σε πρώτο επίπεδο θα αποκτηθούν γνώσεις σχετικά με την βιβλιοθήκη OpenCV [10], μέσω της οποίας με οπτικό τρόπο θα εντοπιστεί το αντικείμενο για τον υπολογισμό της απόστασης του από την κάμερα.

Στην συνέχεια θα αποκτηθούν γνώσεις σχετικά με το framework Robot Operating System (ROS) [11] το οποίο περιλαμβάνει ένα εκτενές σύνολο εργαλείων, βιβλιοθηκών και συμβάσεων. Τα πακέτα του οποίου θα χρησιμοποιηθούν για την λήψη και φιλτράρισμα από τους αισθητήρες των πληροφοριών, επικοινωνία μεταξύ των drone όπως τέλος και όποια τρισδιάστατη απεικόνιση χρειαστεί.

Αφού έχουν συλλεχθεί οι πληροφορίες, έμφαση θα δοθεί στην επιλογή κατάλληλου cooperative and range based localization algorithm.

Τέλος, σε περίπτωση όπου επιτραπεί χρονικά θα γίνει προσπάθεια βελτίωσης των σφαλμάτων του GPS με την βοήθεια κάποιου RF-based μεθόδου (π.χ. με χρήση UWB και του προτύπου IEEE 802.15.4-2011 όπου υπόσχεται ακρίβεια εκτίμησης απόστασης <10cm [12]).

#### REFERENCES

- [1] *Gps accuracy*. [Online]. Available: <https://www.gps.gov/systems/gps/performance/accuracy/> (visited on 05/2020).
- [2] S. K. Moore, "Superaccurate gps chips coming to smartphones in 2018," *IEEE Spectrum*, Sep. 2017. [Online]. Available: <https://spectrum.ieee.org/tech-talk/semiconductors/design/superaccurate-gps-chips-coming-to-smartphones-in-2018>.
- [3] *Real-time kinematic positioning*. [Online]. Available: [https://en.wikipedia.org/wiki/Real-time\\_kinematic\\_positioning](https://en.wikipedia.org/wiki/Real-time_kinematic_positioning) (visited on 05/2020).
- [4] Q. Yang, Y. Zhong, and Z. Shi, "Cooperative 3-d relative localization for uav swarm by fusing uwb with imu and gps," *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1642, p. 012028, Sep. 2020. DOI: 10.1088/1742-6596/1642/1/012028.
- [5] M. Bahiki, N. Talib, and S. Azrad, "Relative positioning-based system with tau control for collision avoidance in swarming application," *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 152, p. 012025, Oct. 2016. DOI: 10.1088/1757-899X/152/1/012025.
- [6] C. Ruiz, X. Chen, L. Zhang, and P. Zhang, "Collaborative localization and navigation in heterogeneous uav swarms: Demo abstract," Nov. 2016, pp. 324-325. DOI: 10.114v5/2994551.2996544.
- [7] *Motion capture*. [Online]. Available: [https://en.wikipedia.org/wiki/Motion\\_capture](https://en.wikipedia.org/wiki/Motion_capture) (visited on 05/2020).
- [8] *Vicon*. [Online]. Available: <https://www.vicon.com/about-us/what-is-motion-capture/> (visited on 05/2020).
- [9] *Optitrack*. [Online]. Available: <https://optitrack.com/> (visited on 05/2020).
- [10] *About opencv*. [Online]. Available: <https://opencv.org/about/> (visited on 05/2020).
- [11] *About ros*. [Online]. Available: <https://www.ros.org/about-ros/> (visited on 05/2020).
- [12] M. Malajner, P. Planinšič, and D. Gleich, "Uwb ranging accuracy," in *2015 International Conference on Systems, Signals and Image Processing (IWSSIP)*, 2015, pp. 61-64. DOI: 10.1109/IWSSIP.2015.7314177.