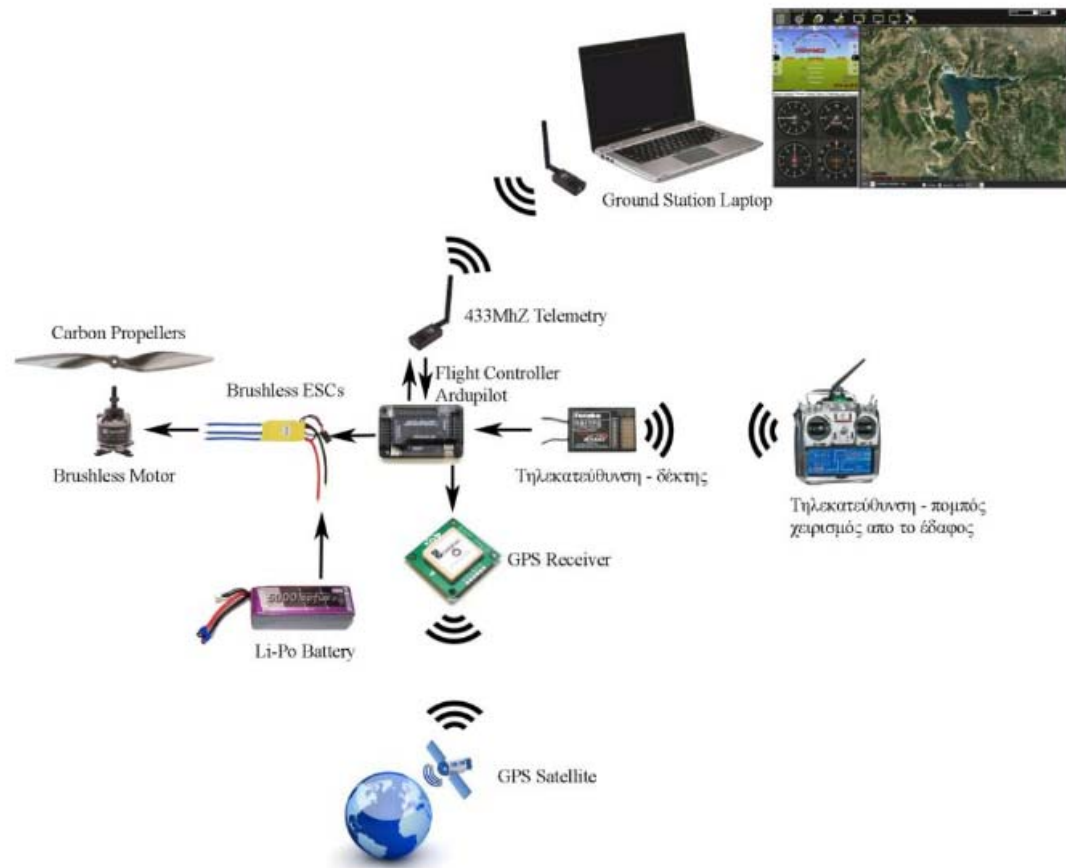


Συνεργασία σμήνους μη  
επανδρωμένων οχημάτων  
(UAVs) σε αποστολές  
αποτύπωσης

# Εννοιολογικά στάδια

- \* Κατασκευή UAVs
- \* Επικοινωνία μεταξύ των μελών
- \* Ανάλυση καταγεγραμμένων γεγονότων

# Αρχιτεκτονική Αρχηγού Σμήνους



# Στόχοι

- **κύριος στόχος :** διερεύνηση και υλοποίηση καινοτόμων προσεγγίσεων σχετικών με την επικοινωνία και αυτονομία πρωτότυπων, χαμηλού κόστους, μη επανδρωμένων ιπτάμενων οχημάτων (UAV) με σκοπό την ελαχιστοποίηση της εξάρτησης ενός UAV από το χρήστη
  - Ενσωμάτωση, στο όχημα, του σταθμού βάσης
  - Απομακρυσμένο έλεγχος του οχήματος χωρίς να απαιτείται οπτική επαφή ή καθοδήγηση μέσω ραδιοπομπού
  - Δυνατότητα ανταλλαγής κρίσιμων πληροφοριών ανάμεσα στα μέλη ενός σμήνους UAV

# UAVs : Εισαγωγή

- Πολλές ιδέες προς υλοποίηση από τον 17<sup>ο</sup> αιώνα
- Οι πρώτες υλοποιήσεις έγιναν μετά από στρατιωτική έρευνα κατά την διάρκεια του 1<sup>ου</sup> παγκοσμίου πολέμου, παρόλα αυτά τα μη επανδρωμένα αεροσκάφη χρησιμοποιούνται πλέον σε μια πληθώρα εφαρμογών (π.χ. έρευνα και διάσωση, μεταφορά φορτίων, ανίχνευση πυρκαγιών)
- Θέμα έρευνας το οποίο παρουσιάζει μεγάλους ρυθμούς ανάπτυξης, καθώς νέες ιδέες εμφανίζονται καθημερινά



# UAVs : Κατασκευή

## ➤ Όχημα ή Πλατφόρμα

- Το πλαίσιο του οχήματος
- Το σύστημα προώθησης
- Ο υπολογιστής ελέγχου πτήσης (πιλότος)
- Το σύστημα ακρίβειας πλοήγησης
- Συστήματα αισθητήρων ελέγχου και αποφυγής



# UAVs : Κατασκευή

## ➤ Ωφέλιμο Φορτίο

- Ηλεκτρο-οπτικά συστήματα αισθητήρων και σαρωτές
- Υπέρυθρα συστήματα
- Ραντάρ
- Αναλώσιμο φορτίο
- Αισθητήρες περιβάλλοντος

# UAVs : Κατασκευή

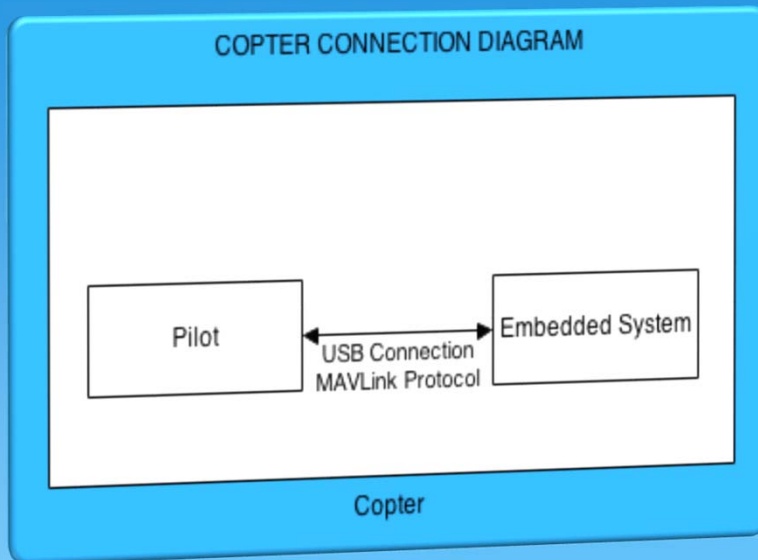
- **Σταθμός ελέγχου εδάφους (Ground Control Station GCS)**
  - Ενδείξεις σχετικά με την κατάσταση της πτήσης του αεροσκάφους (avionics)
  - Συστήματα Πλοήγησης
  - Ενδείξεις σχετικές με την υγεία του συστήματος και σχετικά προγνωστικά
  - Εικόνες και γραφική απεικόνιση της θέσης στον χάρτη
  - Συστήματα ασφαλούς επικοινωνίας
  - Συστήματα επεξεργασίας δεδομένων



# Αρχιτεκτονική Σμήνους Συστήματος

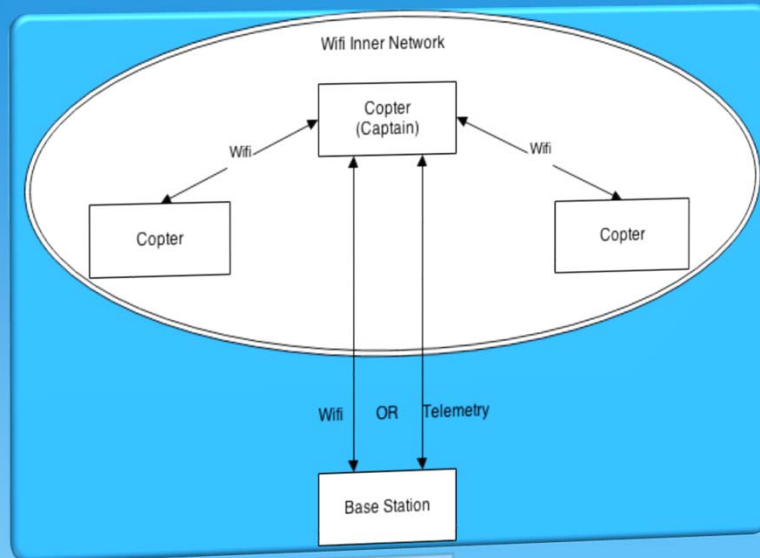
Η προτεινόμενη αρχιτεκτονική αποτελείται από 3 υποσυστήματα:

- Υποσύστημα Πιλότου-Συντονιστή
- Υποσύστημα Συντονιστή-Βάσης
- Υποσύστημα επικοινωνίας Συντονιστών



## Υποσύστημα Πιλότου-Συντονιστή

Αυτό το υποσύστημα αποτελεί τον πυρήνα της προτεινόμενης αρχιτεκτονικής. Μέσω αυτού του συστήματος επιτυγχάνεται η αυτόνομη πλοήγηση του αεροσκάφους, καθώς και η απόκτηση πληροφοριών από όλα τα επιμέρους μέρη του σκάφους.



## Υποσύστημα Συντονιστή-Βάσης

και

## Υποσύστημα Επικοινωνίας Συντονιστών

Το υποσύστημα συντονιστή-βάσης χρησιμοποιείται σε περίπτωση που κάποια οδηγία από τον χρήστη χρειάζεται να προωθηθεί στο αεροσκάφος. Η συγκεκριμένη επικοινωνία χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο ssh, το πρωτόκολλο MAVLink και ασύρματη ζεύξη.

Το υποσύστημα επικοινωνίας συντονιστών, χρησιμοποιείται για την επικοινωνία και την ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ των μελών του σμήνους. Τα δεδομένα αυτά, χρησιμοποιούνται για τον συντονισμό του σμήνους, και την ενημέρωση των μελών σχετικά με την πρόοδο ή τυχόν αλλαγές στην τρέχουσα αποστολή.

# Σενάριο Πτήσης

- Χειρισμός των αλλαγών του σχεδίου πτήσης από τον συντονιστή
- Ο πιλότος, σχεδιάζει την διαδρομή με βάση το σχέδιο που έχει δεχθεί από τον συντονιστή
- Πρωτόκολλο ανάνηψης σε περίπτωση βλάβης (π.χ. απουσία σήματος GPS, χαμηλή στάθμη στις μπαταρίες, απώλεια επαφής με τον ενσωματωμένο σταθμό βάσης)

# Ανασκόπηση

- \* Κατασκευή πρωτότυπων UAVs
- \* Δημιουργία πρωτοκόλλου επικοινωνίας μεταξύ των σκαφών
- \* Δημιουργία πρωτοκόλλου επικοινωνίας αρχηγού στόλου – βάσης
- \* Συλλογή δεδομένων από αέρα, με δυνατότητα επεξεργασίας κατά την πτήση
- \* Κατ'επιλογή επεξεργασία δεδομένων πίσω στον σταθμό βάσης
- \* Πρωτόκολλα ανάνηψης (π.χ. Crash landing, Battery alert, GPS signal lost)

# Παρουσίαση σε διεθνές συνέδριο

## On-board computational efficiency in real time UAV embedded terrain reconstruction

Paḡgiotīs Paḡsinevelos<sup>1</sup>, Ioānñi Agōdikos<sup>1</sup>, Vasīlii Athanasiou<sup>1</sup>, Ioānñi Paḡsibatioti<sup>1</sup>, Stylianos Metritsis<sup>1</sup>, Soterīs Kyriakīs<sup>1</sup>, Achillei Tripolioti<sup>1</sup>, Paḡgiotīs Zevelos<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>School of Mineral Resources Engineering, Technical University of Crete, Chania, Greece, Email: paḡsinevelos@isc.tuc.gr  
<sup>2</sup>School of Electronics & Computer Engineering, Technical University of Crete, Chania, Greece

### Introduction

In the last few years there is a surge in unmanned aerial vehicle (UAV) related applications adding recognition, interpretation and mapping. Their specifications are highly diverse with contradictory characteristics including cost-efficiency, carrying weight, flight time, mapping precision, real time processing capabilities, etc.

In this study, a hexacopter system is employed for near real time terrain mapping. The main challenge addressed is to retain a low cost system with real time processing capabilities. The weight limitation affecting the overall flight time, makes the selection of processing components particularly critical. On the other hand, surface reconstruction is a computationally demanding task as for a highly demanding processing unit. To merge these two contradicting aspects along with cost and displacement, a system on a chip (SoC) system is proposed as a low-power, low-cost processor which natively supports camera sensors and GPS systems.

Modern SoCs such as OMAP3530 or Zynq, are classified as heterogeneous systems and provide a versatile platform allowing a case to both general purpose processors such as the ARM11, and specialized processors such as digital signal processor and floating field-programmable gate array. A UAV equipped with the proposed embedded platform, allows on-board terrain reconstruction using stereo vision in near real time. Furthermore, according to the frame rate required, additional image processing may concurrently take place, such as image rectification and object detection.

### Flight system



UAV Custom made hexacopter with gross payload of 2 kilos and flight time of 15 minutes.

### Equipment

ARM 2.6 (Arduino Embedded) system as a Hardware Component  
 Over a Gumstix with DSP enabled configuration  
 2x Logitech USB webcams

### Software and firmware:

Mission planner 2.0 (compiled for linux)  
 ArduCopter 3.0.1 (ARM 2.6 custom firmware)  
 Custom GumstixOS image  
 video4linux  
 C algorithm for Calibration, Depth Map and 3D Reconstruction, OpenCV Library



### Processing

#### A. Single Camera Calibration

Calibrate each camera in order to generate its intrinsic parameters (focal length, principal point), Calculate the camera matrix, distortion coefficients and the fundamental matrix.



#### B. Match points and compute homography

Feature template point matching between image pairs. Accept matches that fall onto the corresponding epipolar lines. In order to check this condition, the fundamental matrix must be known, and initial "good" matches are required to estimate the matrix.

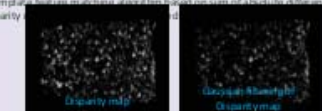


#### C. Rectification

Rectification takes into account the calibration information of the individual cameras and aligning of two images and extracts rotation matrix and reprojection matrix, that is disparity-to-depth mapping matrix.

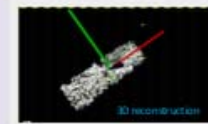
#### D. Disparity computation

A template feature matching between images and a depth map is computed as the disparity.



### E. Depth map generation

Given the disparity and the Q reprojection function generated on rectification step, we calculate the 3d coordinates. The Depth Map gives us the distance of each point from the pinhole camera.



### Real time performance discussion

- ↪ Disparity was computed in real time through the use of the computational efficiency of SoC systems with parallel processing capabilities.
- ↪ In order to achieve real time performance on non-specialized hardware, such as FPGAs or ASICs, we need to exploit the fact that each pixel on a grayscale image is a 2<sup>8</sup> value. On some modern systems such as the selected OMAP3530 it is possible to utilize on the DSP subsystems up to 16 operations per cycle for short integers up to 2<sup>8</sup> bits. By exploiting this subsystems capability and the fact that this co-processor runs without an Operating System we can achieve real time performance when calculating the correspondence window. Each operation is independently executed to each element, thus taking full advantage of the DSP subsystem capabilities.
- ↪ Furthermore, by limiting the maximum disparity to a maximum value allows us to limit the search space greatly. For instance on a VGA image setting the maximum disparity value of 64, cuts the search space on each line by a factor of 10 (each line has 640 pixels and we only consider 64 as potential matches).
- ↪ Since the whole application runs on the DSP subsystem, the main processor is free to perform additional operations such as feature detection or float operations rising the efficiency of the entire system.

### Conclusions & future work

- ↪ Through this preliminary study, it is shown that the proposed system provides partially real time efficiency.
- ↪ Real time refers to disparity map generation (fraction of a second). The acquisition rate was about a second per image.
- ↪ Calibration is performed once per camera, and thus is not required to be performed in real time.
- ↪ Image loading, rectification, and 3D reconstruction need about 2-3 seconds for an image pair. In the future, by using SoC parallel processing these operations will be performed in real time.
- ↪ The image quality affects greatly the final 3-D map. Our results suffered in precision and resolution mainly due to the low resolution, unstable USB web cameras used.
- ↪ Nevertheless, there is much potential in on-board computational efficiency under time constraints, and further experimentation will take place.
- ↪ For applications such as those encountered in GIS systems, by utilizing known control points, we will be able to better decide between potential

# Παρουσίαση σε διεθνές συνέδριο

Second International Conference on Remote Sensing and Geoinformation of Environment

## UAV POSITIONAL SYNERGY USING WI-FI RSSI

**Panagiotis Partisinelos<sup>a</sup>, Ioannis Agadakos<sup>b</sup>, Nikolas Agadakos<sup>b</sup>, Sarantis Kyritsis<sup>b</sup>, Panagiotis Zervos<sup>a</sup>, Vasilis Athanasiou<sup>b</sup>**  
<sup>a</sup>Technical University of Crete, School of Mineral Resources Engineering, 73100, Chania, Greece, tel: +030 2821037676, Email: [ppartisinelos@isc.tuc.gr](mailto:ppartisinelos@isc.tuc.gr)  
<sup>b</sup>School of Electronics & Computer Engineering, Technical University of Crete, Chania, Greece

### INTRODUCTION

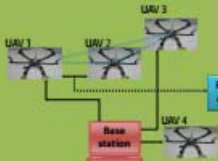
A plethora of geospatial applications for data collection are nowadays aided by the use of Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) under various types and configurations.

Possible collaborative tasks under which, a swarm of UAVs communicate to perform combined missions include different sensor combinations or stereoscopic baseline optimization. Thus, relative positioning becomes crucial in order to avoid collisions, since standard single GPS systems fail to provide the required precision. Towards this requirement, several potential solutions have been addressed including various sensors such as sonars, GPS, altimeters, etc.

Our proposed distance estimator exploits a natural signal byproduct, that is, the Received Signal Strength Indication estimation of the Wi-Fi communication. Preliminary results and experiments in static, controlled and dynamic environments are presented.

### OVERALL ARCHITECTURE

The system scenario comprises of several UAVs that need to cooperate in order to conform to a given mission. Intercommunication along with communication to the base and remote stations is maintained through Wi-Fi, 3G and Bluetooth standards.



The basic idea is to take advantage of the functioning communication feeds that are already present to the system and achieve collision avoidance and relative positioning.

### RECEIVED SIGNAL STRENGTH INDICATOR

The Received Signal Strength Indicator (RSSI) is an aggregate measure of the amplitude of the received signal in a wireless system. It is referred to as an indicator due to the many factors affecting it: thermal noise, channel fading, attenuation, etc.

The emitted radiation pattern of a specific antenna is governed by its structure. A dipole antenna, was used in the scope of this work. The common dipole has a radiation pattern of a sphere around its length, uniformly distributing its power. As radiation is distributed towards all directions, these signals have multiple paths to reach the receiver.

### CASE SCENARIO


The quadcopter approaches the targeted Wi-Fi transmitter with a pre-defined step while the RSSI is estimated. When the RSSI reaches a specific energy threshold, our quadcopter is ordered to back away from the transmitter, assuming that it has approached the target and needs to step back to avoid collision.

### Equipment


- RPM 2.6(Arduino Embedded system as a Hardware Component),
- Raspberry pi (Embedded microprocessor for navigation and rssi measurements),
- USB wifi module,
- 3DR uBox GPS with Compass.

### Development

- Creation of C code for measuring rssi strength in real time,
- Cross-compilation of the above code for R-pi,
- Mavproxy tests for navigation purposes.(Mostly pitch-elevator and throttle),
- Bash script connecting the rssi measurements and Mavlink navigation.




### Controlled - Indoor testing (video sequence)



Indoor signal strength was subject to noise from the environment (other signals, bulk items, etc.)

### Outdoor testing (video sequence)



Outdoor UAV navigation was subject to strong wind and thus its recursive direction was tilted

### DISCUSSION & RESULTS

The physical space between the transmitter and the receiver (channel) can be heavily influenced by any electromagnetic signal propagation.

The transmitted signal's power is a function of many factors, that all act in conjunction to form the receiver's view of the signal. The receiver has no trivial way of knowing which factor affected the signal and to what extent; extensive and complex processing must be performed for any accurate estimation.

There are numerous techniques to estimate the effect of the wireless channel such as transmitting training symbol patterns but the nature of RSSI as aggregate information results in the absence of an established way to weight the interference sources.

The height difference between a transmitter and a receiver can lead to severe attenuation at the received signal's power (M-ray model):

- The RSSI in general varied significantly, yet,
- The overall strength was relative to the position,
- Indoor testing was subject to ground and occlusion interference,
- Outdoor testing was subject to wind and solar interference,
- Results are promising, since proximity reached a threshold of less than 1 meter under all tests.

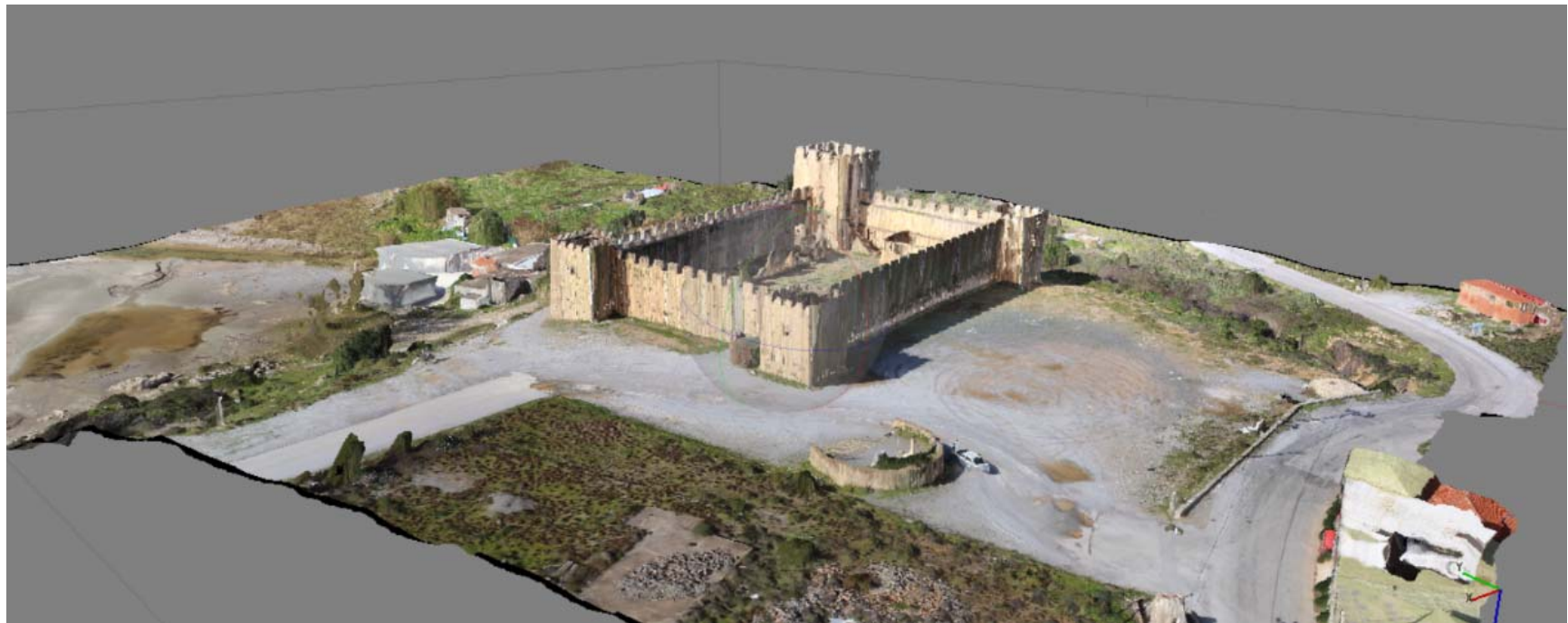
### REFERENCES

D. G. Adenari, E. Djazari, and A. M. Kuster, "RSSI based indoor and outdoor distance estimation for localization in ISM," in Industrial Technology (ITCI), 2013 IEEE International Conference on, 2013, pp. 1524-1528.

A. Bernes, M. Fields, and K. Velasco, "Swarm formation control utilizing elliptical surfaces and limiting functions," IEEE transactions on systems, man, and cybernetics, Part B, Cybernetics, vol. 39, no. 6, pp. 1424-43, 2009.

D. The and Pramod Vihwarath, Fundamentals of Wireless Communication, Cambridge University Press, 2005.

# Εφαρμογή Αποτύπωσης





# Σας ευχαριστώ για την προσοχή σας.

Ομάδα Φοιτητών:

**Σαράντης Κυρίτσης**, Φοιτητής της Σχολής Ηλεκτρονικών Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Π.Κ.

**Παναγιώτης Ζερβός**, Φοιτητής της Σχολής Μηχανικών Ορυκτών Πόρων Π.Κ.

**Βασίλης Αθανασίου**, Φοιτητής της Σχολής Ηλεκτρονικών Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Π.Κ.

Καθοδηγητές:

**Παναγιώτης Παρτσινέβελος**, Σχολή Μηχανικών Ορυκτών Πόρων του Π.Κ.

**Ιωάννης Παπαευσταθίου**, Σχολή Ηλεκτρονικών Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Π.Κ.

Συνεργάτες (Ιωάννης Αγαδάκος MSc, Αχιλλέας Τριπολιτσιώτης MSc, Καθ. Στυλιανός Μερτίκας)