

Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου

Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών

Μεταπτυχιακή Διατριβή στα Πληροφοριακά Συστήματα



**Εντοπισμός Ασύρματων Χρηστών σε Εσωτερικούς Χώρους με τη
Χρήση Περιστρεφόμενου Μηχανισμού με Αντένες και Χρήση
Μεθόδων Γωνίωσης**

Νεοκλέους Νεοκλής

**Επιβλέπων Καθηγητής
Δρ Σταύρος Σταύρος**

Ιούνιος 2012

Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου

Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών

**Εντοπισμός Ασύρματων Χρηστών σε Εσωτερικούς Χώρους με τη
Χρήση Περιστρεφόμενου Μηχανισμού με Αντένες και Χρήση
Μεθόδων Γωνίωσης**

Νεοκλέους Νεοκλής

**Επιβλέπων Καθηγητής
Δρ Σταύρος Σταύρος**

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή υποβλήθηκε
προς μερική εκπλήρωση των απαιτήσεων για απόκτηση

μεταπτυχιακού τίτλου σπουδών
στα Πληροφοριακά Συστήματα

από τη Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών
του Ανοικτού Πανεπιστημίου Κύπρου

Ιούνιος 2012

Περίληψη

Ο στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η μελέτη και η υλοποίηση συστήματος εντοπισμού μίας ασύρματης συσκευής και τοποθέτησή της σε εσωτερικούς φυσικούς χώρους (Indoor Localization). Ο εντοπισμός θα γίνεται με τη μέθοδο της εύρεσης της γωνίας άφιξης του σήματος (Angle of Arrival – AoA). Η εφαρμογή θα διαχειρίζεται την πλατφόρμα μετακίνησης των αντενών και με τριγωνίωση θα βρίσκει την πιθανή θέση της συσκευής. Ο εντοπισμός αυτός θα γίνεται χωρίς τη συγκατάθεση και συνεργασία της συσκευής. Επίσης δεν είναι απαραίτητο η συσκευή να είναι ενωμένη σε ασύρματο δίκτυο άλλα να μπορεί να εντοπιστεί και μόνο από τα βασικά σήματα που εκπέμπει.

Οι πλείστες μελέτες χρησιμοποιούν την υφιστάμενη υποδομή και συνεργασία μεταξύ των συσκευών για την εύρεση της θέσης τους χρησιμοποιώντας μεθόδους χρήσης αποτυπωμάτων. Κατά την διάρκεια της έρευνας θα δοκιμασθεί σύστημα που είναι παθητικό ή αλλιώς μη συμμετοχικό, δηλαδή, δε θα έχει προηγούμενη γνώση του χώρου και των μηχανημάτων εκπομπής. Η μελέτη θα καλύψει το κενό που υπάρχει στην εύρεση της θέσης συγκεκριμένης συσκευής για σκοπούς πάταξης εγκλήματος, εύρεσης συσκευών που παράνομα ενεργοποιούνται σε έναν οργανισμό ο οποίος απαγορεύει τη χρήση τους και γενικά τον κρυφό εντοπισμό της θέσης των συσκευών. Η έρευνα θα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για πειραματικούς σκοπούς αλλά και για ανάπτυξη άλλων εφαρμογών με βάση την αρχή λειτουργίας του συστήματος όπως Outdoor Localizations, 3-D localization , moving robotics, Network forensics κ.α.

Το σύστημα αποτελείται από πέντε κύρια στοιχεία τα οποία είναι:

- Το σύστημα περιστροφής αντενών PhantomX Roboturet.
- Τρεις κατευθυντικές αντένες. Μια patch, μια κυκλικής πόλωσης και μία τύπου Yagi.
- Το σύστημα σάρωσης που χρησιμοποιεί τον Linksys WRT-54GL με το πειραγμένο firmware DD-WRT standard. [5]
- Το σύστημα συλλογής των δεδομένων με το Wiviz 2.0 και το WINSCP.
- Το σύστημα υπολογισμού σε VB 2010 express [8].

Λέξεις-κλειδιά: Εντοπισμός θέσης, ασύρματα δίκτυα, περιστρεφόμενη αντένα, ασφάλεια δικτύου, ένταση σήματος, εύρεση θέσης, γωνία λαμβανόμενου σήματος.

Summary

The purpose of this thesis is the study and the development of a wifi localization system for locating a wifi device in an indoor environment. The locating of the devices will be implemented using the Angle of Arrival (AoA) method. The system will use a rotating system with directional antennas for locating the target using angulation methods. The finding of the location of a device will be carried out without the consent and the cooperation of the device. Furthermore, the system will be able to find a device by using only the basic wireless signals and without the need of the device to be connected to a network.

Most of the recent localization studies use the existing infrastructure and rely on the cooperation of the central localization system and the targeting device using fingerprinting methods. This study will investigate a passive system, or non-cooperative, meaning that the system will not have any previous knowledge of the environment and the target device specification. This study will cover the gap that exists for finding the physical position of a device for forensic purpose, network security, in general for locating a device used illegally and for electronic crime fighting.

This study can be used for experimental purpose for the development of systems and applications for Outdoor Localizations, 3-D localization, autonomous robotics and Network forensics.

The system consists of five main parts:

- The antenna rotating system - PhantomX Roboture by Trossen Robotics
- Two directional antennas. One patch and one with circular polarization
- The scan system using the Linksys WRT-54GL with DD-WRT standard firmware
- The data collection system using Wiviz 2.0 and WINSXP
- The monitoring and calculation system developed in VB 2010 express

Key Words: Wi-Fi Localization, wireless networks, rotating antenna, network security, Location based services, Angle of Arrival

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον κ. Σταύρου Σταύρο, καθηγητή του ΑΠΚΥ, για τη συμπαράσταση και συνδρομή του στην εκπόνηση αυτής της εργασίας.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω τους γονείς μου για τη συμπαράσταση και τις θυσίες που έχουν κάνει ούτως ώστε να μπορέσω να σπουδάσω και να πάρω το πτυχίο μου και να βρίσκομαι τώρα στη θέση να υποβάλλω και μεταπτυχιακή διατριβή.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για τη στήριξη και υπομονή τους κατά διάρκεια των μεταπτυχιακών σπουδών μου και ιδιαίτερα κατά το χρόνο της εκπόνηση της Διατριβής μου.

Περιεχόμενα

1	Εισαγωγή.....	1
1.1	Σκοπός.....	4
1.2	Κίνητρα.....	4
1.3	Στόχοι και Προκλήσεις.....	5
1.4	Περιγραφή Συστήματος.....	6
1.5	Οργάνωση Διπλωματικής.....	7
2	Βασικές Αρχές.....	9
2.1	Ηλεκτρομαγνητικό Φάσμα.....	9
2.2	Φάσμα Ασύρματων Σημάτων.....	11
2.3	Εύρεση Θέσης (Positioning).....	14
2.4	Ιχνηλατήση (Tracking).....	14
2.5	Αποτυπώματα (pattern recognition).....	14
2.6	Εύρεση Θέσης Σε Εσωτερικούς Χώρους (Indoor Localization).....	15
2.7	Εύρεση Θέσης Σε Εξωτερικούς Χώρους (Outdoor Localization).....	15
2.8	WarDriving [14][24].....	15
2.9	LBS Standardization [15].....	16
3	Μέθοδοι Εντοπισμού Θέσης [1][16][20-23].....	17
3.1	Χρήση πληροφοριών Κελιού (Cell-ID Method).....	19
3.2	Με βάση την απόσταση (Lateration).....	20
3.2.1	Χρήση Χρόνου Επιστροφής (Time of Arrival - TOA).....	20
3.2.2	Χρήση Διαφοράς Χρόνου Άφιξης (Time Difference of Arrival-TDOA).....	22
3.3	Μέθοδος Χρήσης Ισχύς Λαμβανόμενου Σήματος (Received Signal Strength-RSS) 25	
3.4	Τεχνικές Γωνίωσης (Angulation).....	28
3.5	Χρήση Αποτυπωμάτων (Pattern Recognition) [16].....	32
3.5.2	Φάση λειτουργίας.....	34
3.5.3	Αλγόριθμοι Μεθόδου Χρήσης Αποτυπωμάτων.....	35
3.5.4	Αξιολόγηση Μεθόδου με Χρήση Αποτυπωμάτων.....	35
3.6	Χρήση Συνδυασμών Μεθόδων.....	36
4	Υπάρχουσες Τεχνικές και Συστήματα Εντοπισμού Θέσης.....	37
4.1	Συστήματα Βασισμένα σε Δορυφορικό Δίκτυο.....	37
4.1.1	GPS [17][18].....	38

4.1.2	Galileo [19][20].....	40
4.1.3	Beidou [21].....	40
4.1.4	GLONASS [22].....	42
4.1.5	IRNS.....	42
4.2	Τεχνικές Βασισμένες σε Επίγειο Δίκτυο.....	42
4.2.1	Κινητή Τηλεφωνία [23][24]	43
4.2.2	VOR (VHF Omnidirectional range) [1][25]	45
4.2.3	Υπέρυθρες (Laser) και Bluetooth.....	46
4.2.4	RFID.....	46
4.2.5	Ασύρματα Δίκτυα 802.11 (WiFi).....	46
4.3	Υφιστάμενες Εφαρμογές για Δίκτυα WiFi και GSM	49
4.3.1	Placelab [29]	49
4.3.2	Skyhook [30].....	50
4.3.3	Wigle.net [31]	52
4.3.4	Verizon Wireless WIFI Location Service API [32].....	53
4.3.5	Apple iPhone WiFi Location Service API [33].....	54
4.3.6	Google WiFi Location Service API [34].....	54
4.3.7	CISCO Devices [35]	55
4.3.8	Ekahau [36]	57
4.3.9	Aeroscout [37].....	59
5	Θέματα που Αφορούν τις Ιδιότητες του Συστήματος και Παράγοντες που επηρεάζουν τις Επιδόσεις του Συστήματος	63
5.1	Ιδιότητες Συστήματος	64
5.1.1	Ακρίβεια (Accuracy)	64
5.1.2	Αποδοτικότητα (Efficiency).....	64
5.1.3	Μεταφερισμότητα (Mobility)	64
5.1.4	Μυστικότητα (Secrecy)	64
5.1.5	Ευχρηστία (Usability)	64
5.2	Παράγοντες που Επηρεάζουν τα Ασύρματα Σήματα.....	65
5.2.1	Διάθλαση (Diffraction)	65
5.2.2	Περίθλαση (Refraction).....	66
5.2.3	Αντανάκλαση (Reflection).....	66
5.2.4	Διασπορά Σήματος (Scattering).....	67
5.2.5	Παρέμβαση Άλλου Σήματος (Interference).....	67

5.2.6	Πολλαπλών Διαδρομών (Multipath fading)	67
5.2.7	Χρονική καθυστέρηση (Time Delay).....	69
5.2.8	Φαινόμενο Doppler (Dopler Effect).....	69
6	Αντένες [40]	70
6.1	Αντένες WLAN	71
6.2	Βασικοί ορισμοί.....	72
6.3	Κοινές Κεραίες και τα πρότυπά τους.....	75
6.3.1	Πολυκατευθυντική Κεραία (Omnidirectional).....	75
6.3.2	Κατευθυντική Κεραία (directional).....	78
7	Αρχιτεκτονική Συστήματος NeoRadar	85
7.1	Σύστημα Περιστροφής.....	87
7.1.1	Μηχανισμός PhantomX Robot Turret [9].....	87
7.1.2	Μοτέρ Dynamixel AX-12A [41].....	88
7.2	Αντένες	93
7.2.1	Patch Antena IN24-10 10dBi Directional	93
7.2.2	Circular Polarized High Gain Antenna CP24-12.....	95
7.2.3	Yagi Antena IN24-1201 12dBi Directional.....	97
7.3	Σύστημα Σάρωσης.....	99
7.3.1	Linksys WRT-54GL v1.1	99
7.3.2	DD-WRT Firmware for Linksys WRT-54GL.....	100
7.4	Σύστημα Συλλογής των Δεδομένων και Μεταφοράς στα Πλατφόρμα Windows 102	
7.4.1	WIVIZ 2.0.....	102
7.4.2	WINSKP	105
7.5	Εφαρμογή Διαχείρισης Συστήματος και Ανάλυσης Αποτελεσμάτων.....	107
7.5.1	Περιστροφή Μηχανισμού	108
7.5.2	Συλλογή και Επεξεργασία Δεδομένων.....	111
7.5.3	Αλλά Συστήματα	113
7.5.4	Σύστημα Υπολογισμού Εύρεσης Θέσης	115
7.6	Λειτουργίες και Δυνατότητες Συστήματος.....	116
7.7	Κόστος Συστήματος	117
8	Πειραματική Αξιοποίηση.....	118
8.1	Επίδραση από Είδος Στόχου και Κατάστασης Σύνδεσης.....	122
8.1.1	Αποτελέσματα.....	124

8.2	Επίδραση από ύψος Στόχου.....	126
8.2.1	Αποτελέσματα.....	127
8.3	Επίδραση Μέσου.....	128
8.3.1	Αποτελέσματα.....	130
8.4	Μετρήσεις και Εύρεση θέσης.....	133
8.4.1	Αποτελέσματα.....	134
8.4.2	Υπολογισμός Θέσης Στόχου.....	135
8.5	Χρόνος Επεξεργασίας	138
8.6	Σύνοψη Αποτελεσμάτων	139
9	Συμπεράσματα.....	140
9.1	Πλεονεκτήματα	140
9.2	Μειονεκτήματα	141
9.3	Μελλοντικές Επεκτάσεις	141
9.3.1	Λειτουργία με Μπαταρίες.....	141
9.3.2	Σύνδεση με Ψηφιακή Πυξίδα	142
9.3.3	Σύνδεση με GPS και Google Earth.....	142
9.3.4	Μηχανισμός Μετακίνησης Αντενών.....	143
9.4	Μεταφερσιμότητα σε άλλα συστήματα.....	144
9.5	Κλιμάκωση του Συστήματος με Δύο ή Περισσότερους σταθμούς Σάρωσης.....	144
9.6	Συμπεράσματα	144
	Βιβλιογραφία	146
A	Υλισμικό (Hardware)	A-1
A.1	AX12-X μοτέρ	A-2
A.2	Arbotics card Manual	A-16
A.3	IN24-10 10dBi Directional Indoor Antenna.....	A-20
A.4	CP24-12 Antena manual	A-22
A.5	ANT24-1201 Yagi Antena Manual	A-24
A.6	Linksys WRT54GL V1.1 Datasheet	A-25
B	Λογισμικό (Software)	B-1
B.1	Σχεσιακή Βάση Δεδομένων του NeoRadar	B-2
B.2	NeoRadar VB2010 expres Code	B-3

Γ	Αποτελέσματα Πειραμάτων	Γ-1
Δ	Άλλες Πληροφορίες	Δ-1
Δ.1	Επαγγελματικοί μηχανισμοί Pan/Tilt από την εταιρεία FLIR	Δ-1

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή

Με τη ραγδαία ανάπτυξη των ασύρματων επικοινωνιών και των κινητών μηχανημάτων (κινητά τηλέφωνα, φορητοί υπολογιστές κ.α.), έχει καταστεί η ανάγκη για τη δημιουργία λογισμικού ή συνδυασμού συστημάτων υλησμικού-λογισμικού το οποίο θα προσφέρει υπηρεσίες εντοπισμού θέσης των πιο πάνω ασύρματων χρηστών. Η περιοχή εύρεσης της θέσης των ασύρματων χρηστών και μηχανημάτων έχει γίνει αντικείμενο έρευνας τα τελευταία χρόνια σε ευρεία κλίμακα.

Ο κόσμος είναι γεμάτος με ένα αόρατο τοπίο των δικτύων που γίνεται συνυφασμένο μέρος της καθημερινής μας ζωής. Τα WiFi δίκτυα είναι παντού και όλο και πιο εξελιγμένες συσκευές κινητών επηρεάζουν το καθημερινό μας κόσμο.

Από τα πρώτα χρόνια του ανθρώπινου είδους στη γη, εμφανίστηκε και η ανάγκη εύρεσης θέσης (Localization Services). Με την αλματώδη εξέλιξη της τεχνολογίας τους τελευταίους αιώνες, οι μέθοδοι και τα συστήματα εντοπισμού θέσης έχουν καταστεί αναγκαία και πλέον ο άνθρωπος δεν μπορεί να ζήσει χωρίς τη χρήση τους. Για παράδειγμα, όλα τα αεροπλάνα χρησιμοποιούν συστήματα εντοπισμού θέσης που βασίζονται τόσο σε δορυφορικά συστήματα εντοπισμού θέσης (Global Navigation Satellite Systems) όσο και σε επίγεια συστήματα ραδιοφάρων (VHF

Omni-directional Radio Ranges - VORs). Μέχρι πριν λίγα χρόνια τα συστήματα εντοπισμού θέσης χρησιμοποιούνταν για εμπορικούς και στρατιωτικούς σκοπούς μόνο. Με την αλματώδη εγκατάσταση, σε ευρεία κλίμακα, συστημάτων όπως δορυφορικών συστημάτων εντοπισμού θέσης (GPS, GALILEO, GLONASS), ασύρματων δικτύων (WiFi, Vmax, RFID, GSM κ.α.) και άλλων παρόμοιων τεχνολογιών τα συστήματα εντοπισμού θέσης είναι προσιτά για όλους. Με τη μεγάλη υπολογιστική ισχύ και το μειωμένο κόστος των Η/Υ, κινητών τηλεφώνων και άλλων συσκευών τα συστήματα εντοπισμού θέσης είναι πλέον παντού.

Τα συστήματα εντοπισμού θέσης μας έχουν κάνει τη ζωή πιο εύκολη και έχουν ανοίξει ορίζοντες και προοπτικές για εφαρμογή τους σε κάθε βήμα της ζωής μας, από το ψώνισμα στην υπεραγορά, τη χαρτογράφηση κάθε σημείου της γης, της θάλασσα και του ουρανού, μέχρι και τον εντοπισμό, με ακρίβεια μέτρων, οποιουδήποτε χρησιμοποιεί ασύρματη τεχνολογία.

Οι πλείστες μελέτες εντοπισμού θέσης σε ασύρματα δίκτυα ασχολήθηκαν με τον εντοπισμό μιας συσκευής ή την εύρεση της θέσης της ίδιας συσκευής με τη χρήση των υφιστάμενων πομπών ασύρματων σημάτων (Access Points). Σε αυτά τα συστήματα προϋπόθεση είναι η ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ των συσκευών (Η/Υ, κινητά τηλέφωνα, GPS tracking systems, WiFi Access Points) και των συστημάτων (Δορυφορικών συστημάτων, βάσεων δεδομένων, ηλεκτρονικών χαρτών, ηλεκτρονικών φωτογραφιών της γης, ασύρματων πομπών κ.α.). Παραδείγματα εφαρμογών τέτοιων μελετών είναι τα εξής:

- Εύρεση της θέσης μιας συσκευής στο χώρο ενός μουσείου και εμφάνιση των εκθεμάτων που βρίσκονται εκεί με περιγραφή, λεπτομέρειες, ήχο και βίντεο
- Εύρεση της διαδρομής από ένα αυτόνομο ρομπότ σε ένα εσωτερικό χώρο
- Εντοπισμός θέσης ενός μηχανήματος στο χώρο μιας επιχείρησης πχ που βρίσκεται ο εκτυπωτής HP Laserjet 4050 με σειριακό αριθμό A
- Εντοπισμός ασθενών, γιατρών και μηχανημάτων σε νοσοκομεία με χρήσης μηχανημάτων εκπομπής ραδιοκυμάτων (WiFi tags, beacons), για καλύτερο συντονισμό και ασφάλεια
- Εύρεση και καθοδήγηση σε οποιοδήποτε προορισμό με βάση τον εντοπισμό της θέσης μας και απεικόνιση της σε χάρτες και σε γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών (GIS)

Όπως σε κάθε τεχνολογική ή άλλη ανακάλυψη, υπάρχει και εδώ η χρήση των τεχνολογιών εύρεσης θέσης για καλό αλλά και για κακόβουλο σκοπό. Η ασφάλεια είναι πλέον ένας παράγοντας που πρέπει να μας προβληματίσει. Ο εντοπισμός και τοποθέτηση στο χώρο ενός κακόβουλου ασύρματου χρήστη /μηχανήματος θα πρέπει να ερευνηθούν διεξοδικά τα επόμενα

χρόνια. Σε περίπτωση της χρήσης τεχνολογιών ασύρματης δικτύωσης για καλόβουλο σκοπό, όπως παιδική πορνογραφία, σύνδεση σε δίκτυα κοινωνικής δικτύωσης εν ώρα εργασίας, τρομοκρατία, παράνομη παρακολούθηση, υποκλοπή δεδομένων κ.α., υπάρχει η ανάγκη εντοπισμού της θέσης του δράστη με τα πιο κάτω χαρακτηριστικά:

- Χωρίς να γίνει αντιληπτό από τον ίδιο
- Χωρίς την αναγκαιότητα ύπαρξης ειδικής υποδομής
- Ο εντοπισμός να γίνεται γρήγορα
- Το σύστημα να μπορεί να μεταφέρεται γρήγορα
- Να μην χρειάζονται εξειδικευμένες γνώσεις και εκπαίδευση για τη χρήση του
- Να παράγει αποτελέσματα με ακρίβεια και συνέπεια

Από τις αρχές της δεκαετίας του '90 το ενδιαφέρον για υπηρεσίες εύρεσης θέσης (Location Base Services - LBS) έχει αυξηθεί. Αυτό αρχικά σχετιζόταν με τον εντοπισμό της θέσης στο πλαίσιο της οδηγίας για την κλήση εκτάκτου ανάγκης, ονομαζόμενη ως κλήση 911 [46], από την Ομοσπονδιακή Κυβέρνηση της Αμερικής, και σε συνέχεια της Επιτροπής Τηλεπικοινωνιών (FCC) και αναπτύχθηκε περαιτέρω στην επόμενη γενιά δικτύων κινητής τηλεφωνίας. Όλο και περισσότερες εταιρείες αναγνωρίζουν ότι οι πληροφορίες για τη θέση των χρηστών μπορούν να αυξήσουν τα έσοδα ανά χρήστη. Οι πληροφορίες θέσης παίζουν επίσης μεγάλο ρόλο στον κόσμο των μεταφορών και της εφοδιαστικής αλυσίδας. Υπάρχουν διαθέσιμες πολλές τεχνικές εύρεσης θέσης. Μερικά γνωστά παραδείγματα είναι το GPS, VOR και Placelab. Αλλά ποια τεχνική προσφέρει την καλύτερη λύση για ένα συγκεκριμένο πρόβλημα; Ο αριθμός των τεχνικών εύρεσης θέσης είναι τόσο μεγάλος και διαφορετικός και η έρευνα των τεχνικών αυτών προσπαθεί να συγκεκριμενοποιήσει σε πιο τομέα είναι καλύτερη η χρήση της κάθε μεθόδου ή με πιο συνδυασμό μεθόδων επιτυγχάνονται τα καλύτερα αποτελέσματα. Η επιλογή συγκεκριμένης τεχνικής είναι συχνά πλέον εύκολη λόγω των διεξοδικών μελετών που έχουν γίνει τα τελευταία χρόνια και λόγω των λύσεων που παρέχονται από υλισμικό και λογισμικό. Αυτό δε σημαίνει ότι η επιλεγείσα τεχνική είναι η πιο κατάλληλη τεχνική για το συγκεκριμένο πρόβλημα, και πρέπει να σταθμιστούν πολλοί παράγοντες όπως θέματα αξιοπιστίας, ακρίβειας, αποτελεσματικότητας, συνέπειας, οικονομικά, τεχνικά θέματα καθώς και θέματα μεταφορσιμότητας, κινητικότητας κ.α.

1.1 Σκοπός

Ο στόχος του συστήματος είναι ο εντοπισμός μιας ασύρματης συσκευής και τοποθέτησή της στο φυσικό χώρο σε εσωτερικούς χώρους (Indoor Localization). Ο εντοπισμός αυτός θα πρέπει να γίνεται με ή και χωρίς τη συγκατάθεση και συνεργασία της συσκευής. Επίσης δε θα πρέπει, κατά ανάγκη, η συσκευή να είναι ενωμένη σε ασύρματο δίκτυο άλλα να μπορεί να εντοπιστεί και μόνο από τα βασικά σήματα που εκπέμπει. Η εφαρμογή θα διαχειρίζεται την πλατφόρμα μετακίνησης των αντενών και με γωνίωση θα βρίσκει την πιθανή θέση της συσκευής.

Σε περίπτωση της χρήσης τεχνολογιών ασύρματης δικτύωσης για κακόβουλο σκοπό όπως σύνδεση σε δίκτυα κοινωνικής δικτύωσης εν ώρα εργασίας, τρομοκρατία, παράνομη παρακολούθηση, υποκλοπή δεδομένων κ.α., υπάρχει η ανάγκη εντοπισμού της θέσης του δράστη σε εσωτερικούς χώρους με τα πιο κάτω χαρακτηριστικά:

- Χωρίς να γίνει αντιληπτό από τον ίδιο
- Χωρίς την αναγκαιότητα ύπαρξης ειδικής υποδομής
- Ο εντοπισμός να γίνεται γρήγορα
- Το σύστημα να μπορεί να μεταφέρεται γρήγορα
- Η χρήση του να μην χρειάζεται εξειδικευμένες γνώσεις
- Να δίνει αποτελέσματα με ακρίβεια

1.2 Κίνητρα

Η εύρεση χρηστών / συσκευών παίζει κύριο ρόλο στην καταπολέμηση εγκλήματος και κακόβουλων επιθέσεων σε ασύρματα δίκτυα. Οι πιο πάνω χρήστες εκμεταλλεύονται την ευκολία σύνδεσης σε ασύρματα δίκτυα, την ευκολία ανωνυμίας και γρήγορης αλλαγής τοποθεσίας αποφεύγοντας έτσι τον εντοπισμό τους. Μία από τις πιο δύσκολες διαδικασίες είναι ο εντοπισμός τους και η εύρεση της φυσικής τοποθεσίας που βρίσκονται.

Οι πλείστες μελέτες χρησιμοποιούν τη υφιστάμενη υποδομή και συνεργασία μεταξύ των συσκευών για την εύρεση της θέσης τους χρησιμοποιώντας τη μέθοδο αποτυπωμάτων. Κατά τη διάρκεια της έρευνα θα δοκιμαστεί σύστημα που θα είναι παθητικό ή μη συμμετοχικό, δηλαδή, δε θα έχει προηγούμενη γνώση του χώρου και των μηχανημάτων εκπομπής. Η μελέτη θα καλύψει το κενό που υπάρχει στην εύρεση της θέσης συγκεκριμένης συσκευής για σκοπούς

πάταξης εγκλήματος, εύρεση συσκευών που παράνομα ενεργοποιούνται σε ένα οργανισμό ο οποίος απαγορεύει τη χρήση τους, και γενικά τον κρυφό εντοπισμό της θέσης των συσκευών. Η έρευνα θα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για πειραματικούς σκοπούς αλλά και για ανάπτυξη άλλων εφαρμογών με βάση την αρχή λειτουργία του συστήματος όπως εντοπισμός σε εξωτερικούς χώρους (Outdoor Localizations), εύρεση θέσης σε τρισδιάστατο επίπεδο (3-D localization) , αυτόνομα ρομπότ (moving autonomous robotics), πάταξη ηλεκτρονικού εγκλήματος (Network forensics), ασφάλεια ασύρματων δικτύων (Wireless Network Security) κ.α

1.3 Στόχοι και Προκλήσεις

Ο στόχος του συστήματος είναι ο εντοπισμός μίας ασύρματης συσκευής και την τοποθέτηση της στο φυσικό χώρο σε εσωτερικούς χώρους (Indoor Localization). Ο εντοπισμός αυτός θα πρέπει να γίνεται με ή και χωρίς τη συγκατάθεση και συνεργασία της συσκευής. Επίσης δεν θα πρέπει, κατά ανάγκη, η συσκευή να είναι ενωμένη σε ασύρματο δίκτυο άλλα να μπορεί να εντοπιστεί και μόνο από τα βασικά σήματα που εκπέμπει. Οι υφιστάμενες τεχνικές δεν μπορούν προς το παρόν να μας δώσουν γρήγορα και αξιόπιστα αποτελέσματα. Τα κύρια χαρακτηριστικά για το ιδανικό σύστημα είναι:

- Θα πρέπει να είναι εντελώς αυτόνομη και να μην βασίζεται σε υφιστάμενης υποδομής (πχ AP Access Points, Databases)
- Τα αποτελέσματα να είναι γρήγορα και ακριβές και να μην χρειάζεται εξειδικευμένη εκπαίδευση των χρηστών του ούτως ώστε να αποφεύγονται τα ανθρώπινα λάθη
- Να είναι μεταφερόμενο (Portable) ούτως ώστε να μπορεί να εγκατασταθεί γρήγορα και απλά σε οποιαδήποτε χώρο
- Να μπορεί να εγκατασταθεί και να λειτουργήσει από δύο μόνο άτομα χωρίς να χρειαστεί μεγάλος κόπος και με απλή συνεργασία μεταξύ τους
- Ο εντοπισμός της θέσης εκπομπής του σήματος θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη όλους τους πιθανούς παράγοντες αλλοίωσης του σήματος (Διάθλαση, Αντανάκλαση, Διασπορά Σήματος, Παρέμβαση Άλλου Σήματος, επίδραση λόγω πολλαπλών διαδρομών Multipath effect, Doppler effect)
- Να είναι ακριβές και αξιόπιστο

1.4 Περιγραφή Συστήματος

Το σύστημα αποτελείται από τα εξής πέντε κύρια στοιχεία:

1. Το σύστημα περιστροφής αντενών.

Αποτελείται από μηχανισμό pan/till της Trossen Robotics [9] με δύο μοτέρ Dynamixel AX-12A Robot Actuator. Η μετακίνηση των μοτέρ γίνεται από τον ArbotiX RoboController [10] με USB σύνδεση με τον Η/Υ και με δυνατότητα σύνδεσης με ασύρματο πρωτόκολλο XBEE. Στο σύστημα είναι συνδεδεμένες τρεις κατευθυντικές αντένες, δύο με οριζόντια [12] και μία με κυκλική πόλωση [11]. Η δυνατότητα Tilt δε θα δοκιμαστεί λόγω του γεγονός ότι ο υφιστάμενος μηχανισμός Pan/Till, αν και έχει δοκιμαστεί, δεν μπορεί να μετακινήσει τις αντένες σε κατακόρυφο επίπεδο λόγω του μεγάλου βάρους τους. Όλες οι μετρήσεις θα περιοριστούν σε δύο άξονες X-Y.

2. Αντένες

Θα χρησιμοποιηθούν τρεις κατευθυντικές αντένες για τη δοκιμαστική πειραματική αξιοποίηση του συστήματος, μία patch με οριζόντια πόλωση [12] (IN24-10 10dBi Directional Indoor Antenna), μια με κυκλική πόλωση [11] (CP24-12 12dBi Circular Polarized Antenna) και μία τύπου Yagi (IN24-1201 outdoor Directional Yagi Antena)

3. Το σύστημα σάρωσης

Βασίζεται στον router Linksys WRT-54GL με την εγκατάσταση του firmware DD-WRT standard. [5]

4. Σύστημα Συλλογής Δεδομένων

Θα γίνεται από το Wi-Viz 2.0 και τα δεδομένα θα τοποθετούνται σε αρχείο στο LINKSYS WRT54GL router[6], ο οποίος τρέχει σε περιβάλλον Linux. Τα στοιχεία θα μεταφέρονται στην πλατφόρμα του Microsoft Windows με τη χρήση του WINSCP με κλήση από την Visual Basic 2010 express.

5. Το σύστημα υπολογισμού θέσης

Αποτελείται από λογισμικό γραμμένο σε Microsoft Visual Basic 2010 express [8] για τον έλεγχο του συστήματος περιστροφής, της συλλογής των δεδομένων και την τελική ανάλυση και εξαγωγή του αποτελέσματος.

1.5 Οργάνωση Διπλωματικής

Η διατριβή έχει οργανωθεί σε δύο κύριες κατηγορίες, τη θεωρητική ανάλυση των μεθόδων εντοπισμού θέσης (κεφάλαια 1-7) και της πειραματικής ανάλυσης (κεφάλαια 8-9) .

Στο κεφάλαιο 1 δίνεται η περίληψη, τα κίνητρα, οι στόχοι και προκλήσεις της διπλωματικής καθώς και περίληψη του συστήματος.

Στο κεφάλαιο 2 γίνεται αναφορά στις βασικές αρχές εντοπισμού θέσης όπως τι είναι το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα, η εύρεση θέσης, η ιχνηλάτηση, η εύρεσης θέσης σε εξωτερικούς χώρους, η εύρεση θέσης σε εσωτερικούς χώρους, κ.α

Στο κεφάλαιο 3 γίνεται αναφορά στις βασικές μεθόδους εντοπισμού θέσης όπως [1]:

- Χρήση πληροφοριών Κελιού (Cell-ID Method)
- Με βάση την απόσταση (Lateration),
- Χρήση χρόνου επιστροφής (Time of Arrival - TOA),
- Χρήση διαφοράς χρόνου Άφιξης (Time Difference of Arrival - TDOA).
- Μέθοδος Χρήσης Ισχύς Λαμβανόμενου σήματος (Received Signal Strength - RSS)
- Τεχνικές Γωνίωσης (Angulation)
- Χρήση Αποτυπωμάτων (Pattern Recognition)

Στο κεφάλαιο 4 γίνεται αναφορά στα υπάρχουσα συστήματα εντοπισμού θέσης και κατάταξής τους σε τέσσερις κατηγορίες :

1. Βασισμένα σε δορυφορικά συστήματα (Global Navigation Satellite Systems - GNSS)
2. Επίγεια συστήματα (GSM, WiFi, Bluetooth κ.α)
3. Υφιστάμενες εφαρμογές ανοικτού κώδικά (Placelab, Skyhook, Wignet.com)
4. Εμπορικές εφαρμογές (CISCO, Akahau, Navisor, Aeroscout)

Στο κεφάλαιο 5 γίνεται αναφορά στις ιδιότητες (Ακρίβεια, αποδοτικότητα, μεταφερσιμότητα, μυστικότητα, ευχρηστιά) και στους παράγοντες που επηρεάζουν ένα σύστημα εύρεσης θέσης (Διάθλαση, Αντανάκλαση, Διασπορά, παρέμβαση άλλου σήματος κ.α).

Στο κεφάλαιο 6 γίνεται επεξήγηση των ιδιοτήτων των αντενών. Επεξηγούνται οι βασικοί ορισμοί καθώς και οι κατηγορίες και τα πρότυπα εκπομπής (Διάγραμμα Ακτινοβολίας) της κάθε

κατηγορίας ξεχωριστά. Οι αντένες χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες τις Πολύ-κατευθυντικές (Δίπολο, Collinear Omni) και τις κατευθυντικές (patch, Array patch, Yagi, Sector)

Στο κεφάλαιο 7 γίνεται ανάλυση και επεξήγηση της αρχιτεκτονικής του συστήματος (Σύστημα περιστροφής αντενών, επιλογή αντενών, σύστημα λήψης στοιχείων και λογισμικό).

Στο κεφάλαιο 8 γίνεται ανάλυση και επεξήγηση της πειραματικής αξιοποίησης του συστήματος και ανάλυση των αποτελεσμάτων.

Στο κεφάλαιο 9 γίνεται ανάλυση των συμπερασμάτων και ανάλυση μελλοντικών επεκτάσεων

Κεφάλαιο 2

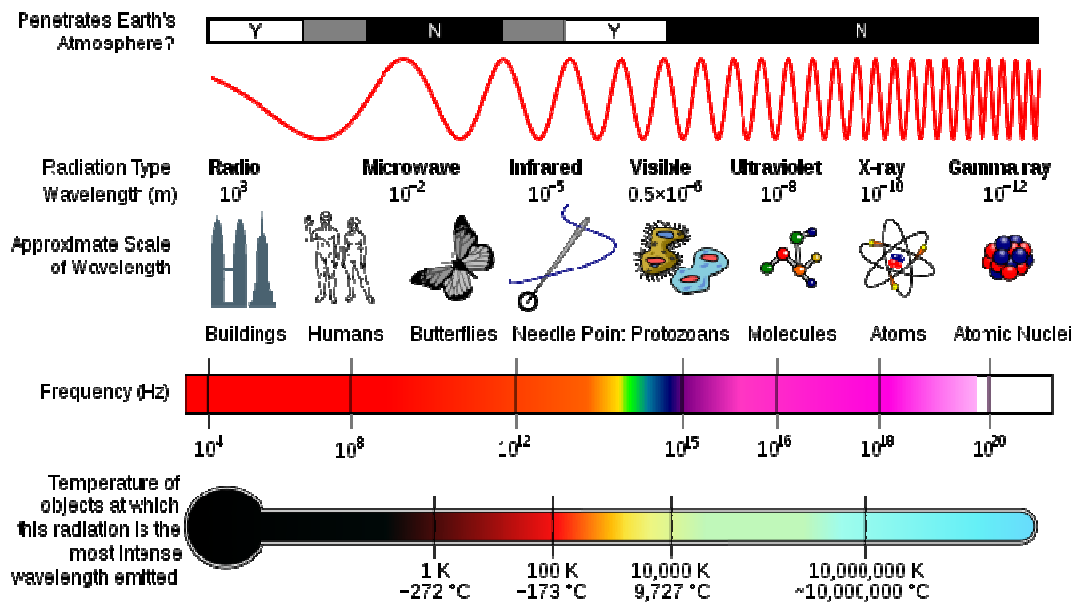
Βασικές Αρχές

Οι υπηρεσίες και συστήματα εντοπισμού θέσης (Location Based Services) παρουσιάστηκαν λόγω της ανάγκης εντοπισμού της θέσης ενός χρήστη, ενός μηχανήματος, ενός οχήματος, μίας υπηρεσίας ή ακόμη και τη δυνατότητα εντοπισμού της διαδρομής μίας συσκευής. Προτού εξετάσουμε τις μεθόδους εντοπισμού θέσης πρέπει να κατανοήσουμε τις βασικές αρχές και έννοιες όσο αφορά τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα.

2.1 Ηλεκτρομαγνητικό Φάσμα

Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα είναι το φάσμα όλων των δυνατών συχνοτήτων της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας όπως φαίνεται στο Σχήμα 1. Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα εκτείνεται από τις χαμηλές συχνότητες, που χρησιμοποιούνται για το σύγχρονο ραδιόφωνο,

μέχρι την ακτινοβολία γάμμα με πολύ ψηλές συχνότητες. Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα καλύπτει μήκη κύματος από χιλιάδες χιλιόμετρα μέχρι και σε ένα κλάσμα του μεγέθους ενός ατόμου.



Σχήμα 1: Ηλεκτρομαγνητικό Φάσμα [13]

Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα έχουν τις ακόλουθες τρεις φυσικές ιδιότητες: τη συχνότητα f , το μήκος κύματος λ και την ενέργεια E . Το μήκος κύματος είναι αντιστρόφως ανάλογο με τη συχνότητα των κυμάτων, πχ οι ακτίνες γάμμα έχουν πολύ μικρό μήκος κύματος που είναι κλάσματα του μεγέθους των ατόμων, ενώ η συχνότητα τους είναι 1020 κύκλους / δευτερόλεπτο. Η ενέργεια είναι ευθέως ανάλογη προς τη συχνότητα κυμάτων, έτσι ώστε οι ακτίνες γάμμα έχουν την υψηλότερη και τα ραδιοφωνικά ραδιοκύματα έχουν πολύ χαμηλής ενέργεια. Οι σχέσεις αυτές φαίνεται και από τις ακόλουθες εξισώσεις:

$$f = \frac{c}{\lambda}, \quad \text{or} \quad f = \frac{E}{h}, \quad \text{or} \quad E = \frac{hc}{\lambda}, \quad (1)$$

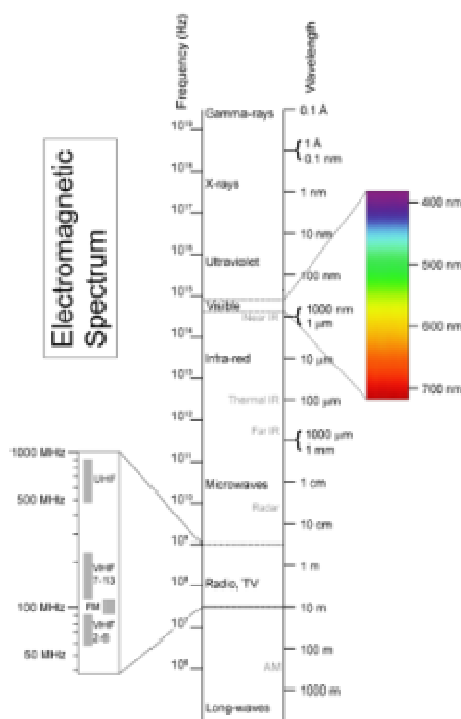
όπου:

$c = 299.792.458 \text{ m / s}$ είναι η ταχύτητα του φωτός στο κενό και

$h = 6.626 \text{ 0 68 9 6 (33)} \times 10^{-34} \text{ J}$

$s = 4.135 \text{ 6 67 3 3 (10)} \times 10^{-15} \text{ eV}$ (s είναι η σταθερά του Planck)

Σε γενικές γραμμές, η ακτινοβολία χαρακτηρίζεται από το μήκος κύματος σε κατηγορίες όπως τα ραδιοκύματα, τα μικροκύματα, τις υπέρυθρες, την ορατή περιοχή που αντιλαμβανόμαστε ως φως, τις υπεριώδεις, τις ακτίνες X και τις ακτίνες γάμμα όπως φαίνονται στο Σχήμα 2 πιο κάτω.



Σχήμα 2: Ηλεκτρομαγνητικό Φάσμα [13]

2.2 Φάσμα Ασύρματων Σημάτων

Στις περισσότερες χώρες, η χρήση των ζωνών συχνοτήτων ραδιοφώνου του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος ρυθμίζεται από τις κυβερνήσεις. Η διαχείριση του ραδιοφάσματος, διαδικασία γνωστή ως κατανομή των συχνοτήτων ή κατανομή του ραδιοφάσματος, δε σταματά στα εθνικά σύνορα αλλά ρυθμίζεται και από διεθνείς οργανισμούς. Λόγω τεχνικών αλλά και οικονομικών λόγων, οι κυβερνήσεις έχουν προσπαθήσει να τυποποιήσουν την κατανομή των ραδιοσυχνοτήτων σε δίκτυα και περιοχές βάσει τη χρήσης τους.

Μια σειρά από φόρουμ και οργανισμών τυποποίησης εργάζονται σχετικά με τα πρότυπα για την κατανομή των συχνοτήτων, συμπεριλαμβανομένων:

- Διεθνής Ένωση Τηλεπικοινωνιών (ITU)
- Ευρωπαϊκή Διάσκεψη Ταχυδρομικών και Τηλεπικοινωνιακών Οργανισμών (CEPT)
- Ευρωπαϊκό Ινστιτούτο Τηλεπικοινωνιακών Προτύπων (ETSI)

Καθημερινά, οι χρήστες βασίζονται στην κατανομή των συχνοτήτων για την αποδοτική χρήση συσκευών, όπως:

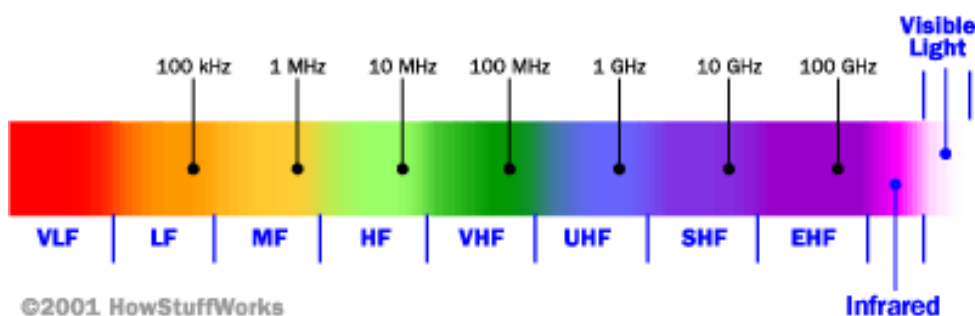
- κινητό τηλέφωνο
- ασύρματο τηλέφωνο
- τηλεχειριστήριο του γκαράζ για το άνοιγμα της πόρτας
- τηλεχειριστήριο αυτοκίνητου
- τηλεοπτική μετάδοση εικόνας και ήχου
- ραντάρ εναέριας κυκλοφορίας, ραντάρ καιρού
- κινητή τηλεφωνία
- Παγκόσμιο Σύστημα Εντοπισμού Θέσης
- δορυφορική λήψη τηλεοπτικών εκπομπών
- Φούρνος μικροκυμάτων
- Bluetooth
- Wi-Fi
- Zigbee
- RFID συσκευές όπως τα διαβατήρια.
- Διόδια σε δρόμους και οχήματα για έλεγχο της πληρωμής
- ραδιόφωνο
- τηλεκατευθυνόμενα μοντέλα όπως αεροσκάφη και οχήματα
- ασύρματα μικρόφωνα και μουσικά όργανα

Κάθε περιοχή συχνοτήτων διαθέτει την δική της μπάντα και συμπεριφέρεται διαφορετικά στο να εκτελεί διαφορετικές λειτουργίες. Το φάσμα των συχνοτήτων μοιράζεται μεταξύ όλων των εθνών σύμφωνα με την Διεθνή Ένωση Τηλεπικοινωνιών (ΔΕΤ). Για σκοπούς επικοινωνίας, το ωφέλιμο φάσμα συχνοτήτων εκτείνεται τώρα από περίπου 3 Hz σε περίπου 300 GHz. Αυτή η σειρά από 3 Hz έως 300GHz έχει χωριστεί σε περιοχές. Οι συχνότητες αυτές έχουν καθιερωθεί και χρησιμοποιούνται ανάλογα με την κατηγορία που ανήκουν για συγκεκριμένη κατηγορία χρήσης. Δε θα ήταν δυνατή η χρήση τηλεφώνου από μία χώρα σε άλλη, λειτουργίας του ίδιου ραδιοφώνου σε όλες τις χώρες, η λειτουργία της ίδιας συσκευής τηλεόρασης σε όλες τις χώρες κ.λπ. Φυσικά υπάρχουν πάντα μικρές διαφοροποιήσεις στη χρήση των συχνοτήτων από χώρα σε χώρα αλλά υπάρχει και η αδήριτη ανάγκη για συμβατότητα των συσκευών ανά το παγκόσμιο. Για παράδειγμα στις ΗΠΑ υπάρχει διαφοροποίηση στην κατηγοριοποίηση των συχνοτήτων που χρησιμοποιούνται για εσωτερική χρήση (πχ ραδιόφωνο) αλλά υπάρχει η χρήση των καθιερωμένων συχνοτήτων για μηχανήματα και εφαρμογές που θα

χρησιμοποιηθούν ανά το παγκόσμιο. Για παράδειγμα στις ΗΠΑ υπάρχει αναλυτική κατανομή των συχνοτήτων όπως φαίνονται στο μωσαϊκό του πίνακα που υπάρχει στην ιστοσελίδα <http://www.ntia.doc.gov/osmhome/allochrt.pdf>. Επίσης, όπως και κάθε χώρα, η Αγγλία έχει δικές της εσωτερικές κατηγορίες και υπάρχει πάρα πολύ μεγαλύτερος τεμαχισμός και κατηγοριοποίηση των συχνοτήτων όπως φαίνεται στην ιστοσελίδα:

<http://stakeholders.ofcom.org.uk/binaries/spectrum/spectrum-policy-area/spectrum-management/ukfat2010.pdf>.

Η παγκοσμιοποίηση και η αλματώδης ανάπτυξη της τεχνολογία έχει καταστήσει την ανάγκη οι συσκευές να μπορούν να λειτουργήσουν ανά το παγκόσμιο και να προσαρμόζονται αυτόματα στην παροχή ρεύματος, χρήση συχνότητας και αλλαγή τεχνολογίας (πχ PAL και SECAM για τηλεοπτικούς δέκτες) Η τυπική κατηγοριοποίηση συχνοτήτων ρυθμίζεται από τη Διεθνή Ένωση Τηλεπικοινωνιών. Οι κύριες κατηγορίες είναι αυτές που περιγράφονται στον πίνακα 1 πιο κάτω και φαίνονται στο σχήμα 3.



Σχήμα 3: Συχνότητες Ηλεκτρομαγνητικού Φάσματος

Designation	Frequency	Wavelength
ELF	extremely low frequency	3Hz to 30Hz
SLF	superlow frequency	30Hz to 300Hz
ULF	ultralow frequency	300Hz to 3000Hz
VLF	very low frequency	3kHz to 30kHz
LF	low frequency	30kHz to 300kHz
MF	medium frequency	300kHz to 3000kHz
HF	high frequency	3MHz to 30MHz
VHF	very high frequency	30MHz to 300MHz
UHF	ultrahigh frequency	300MHz to 3000MHz
SHF	superhigh frequency	3GHz to 30GHz
EHF	extremely high frequency	30GHz to 300GHz

Πίνακας 1: Κατηγοριοποίηση Συχνοτήτων

2.3 Εύρεση Θέσης (Positioning)

Η εύρεση θέσης καθορίζεται ως ο τρόπος και οι τεχνικές εύρεσης της θέσης μίας συσκευής κάποια χρονική στιγμή. Θεωρούμε ότι έχουμε μηδενική ιστορική γνώση για προηγούμενες θέσεις της συσκευής και εξετάζουμε το πρόβλημα χωρίς την ύπαρξη κάποιου ιστορικού πλαισίου ως προς τη θέση και την περιοχή κίνησης του χρήστη.

2.4 Ιχνηλατήση (Tracking)

Η ιχνηλατήση καθορίζεται ως ο τρόπος και οι τεχνικές εύρεσης της τροχιάς μίας συσκευής σε κάποιο χρονικό διάστημα. Ο προσδιορισμός και η προσέγγιση της τροχιάς που διαγράφει ή έχει διαγράψει η συσκευή αποτελείται από την επιμέρους εύρεση της θέσης του κινούμενου αντικειμένου, όπως έχει επεξηγηθεί πιο πάνω. Στην περίπτωση της ιχνηλάτησης υπεισέρχονται και άλλοι παράγοντες που συνθέτουν ένα πολυπλοκότερο και πιο σύνθετο πρόβλημα. Θα πρέπει να διατηρούμε ιστορικό των θέσεων ενός χρήστη ώστε να είμαστε σε θέση να προσδιορίσουμε την προσπάθειά μας σε μία ορισμένη περιοχή.

2.5 Αποτυπώματα (pattern recognition)

Η τεχνική των αποτυπωμάτων αναφέρεται σε τεχνική δειγματοληψίας και καταγραφής των πρότυπων συμπεριφοράς των σημάτων σε συγκεκριμένο περιβάλλον. Η τεχνική αποτυπωμάτων δεν χρειάζεται εξειδικευμένο υλισμικό και η ανάλυση και εξαγωγή των αποτελεσμάτων γίνεται κεντρικά ή στη συσκευή αλλά πάντοτε με τη χρήση των δεδομένων που έχουν καταγραφεί και αποθηκευτεί για χρήση από τις συσκευές. Με απλά λόγια η συσκευή υπολογίζει τη θέση της συγκρίνοντας τις παρούσες μετρήσεις με τη βάση δεδομένων και γίνεται προσπάθεια για το καλύτερο τάϊριασμα το οποίο πιθανόν να δώσει και τη μεγαλύτερη ακρίβεια. Αυτή η μέθοδος προϋποθέτει ένα σχετικά σταθερό περιβάλλον, σταθερούς και γνωστούς σταθμούς εκπομπής / λήψης καθώς και κεντρικό σύστημα αποθήκευσης των δεδομένων τα οποία θα πρέπει να είναι προσβάσιμα από τις συσκευές. Σε περίπτωση αλλαγών, θα πρέπει να γίνεται ξανά η συλλογή των αποτυπωμάτων και ενημέρωση της κεντρικής βάσης δεδομένων.

2.6 Εύρεση Θέσης Σε Εσωτερικούς Χώρους (Indoor Localization)

Η εύρεση θέσης σε εσωτερικούς χώρους είναι η τεχνική όπου ο χώρος που εφαρμόζεται η εύρεση θέσης είναι μέσα σε κτήρια και γενικά σε εσωτερικούς χώρους. Η τεχνική αυτή είναι πιο δύσκολη λόγω των διαφόρων παραγόντων που επηρεάζουν τα ηλεκτρομαγνητικά σήματα όπως Διάθλαση (Diffraction), Αντανάκλαση (Reflection), Διασπορά Σήματος (Scattering) και Παρέμβαση Άλλου Σήματος (Interference). Επίσης οι αλλαγές στους εσωτερικούς χώρους, όπως η κίνηση ανθρώπων, επηρεάζουν τις μετρήσεις και επιφέρουν αλλαγές στην ακρίβεια των αποτελεσμάτων.

2.7 Εύρεση Θέσης Σε Εξωτερικούς Χώρους (Outdoor Localization)

Εύρεση θέση σε εξωτερικούς χώρους είναι η τεχνική όπου ο χώρος που εφαρμόζεται η εύρεση είναι σε εξωτερικό χώρο (open space) . Η τεχνική αυτή είναι σχετικά πιο εύκολη από την εύρεση σε εσωτερικό χώρο αλλά απαιτείται πολύπλοκος και πολυδάπανος εξοπλισμός. Το πιο διαδεδομένο σύστημα της τεχνικής αυτής είναι το Παγκόσμιο Δορυφορικό Σύστημα Πλοήγησης (Global Navigation Satellite System – GNSS) το οποίο προσφέρει δυνατότητα εύρεσης της θέσης ανά το Παγκόσμιο με απόκλιση μικρότερη από μερικά μέτρα.

2.8 WarDriving [14][24]

Wardriving είναι η διαδικασία εύρεσης ασύρματων σημείων πρόσβασης (access points) και γίνεται με το ψάξιμο για Wi-Fi ασύρματων δικτύων από ένα πρόσωπο σε κινούμενο όχημα, με τη χρήση φορητού Υπολογιστή, smartphone ή PDA. Οι Wardrivers χρησιμοποιούν συσκευή Wifi εξοπλισμένη με GPS συσκευή για την καταγραφή της τοποθεσίας των ασύρματων δικτύων. Τα αποτελέσματα μπορούν στη συνέχεια να φορτωθούν σε ιστοσελίδες όπως WiGLE, openBmap ή Geomona, όπου τα δεδομένα υποβάλλονται σε επεξεργασία υπό μορφή χαρτών της γειτονιάς του δικτύου. Οι χάρτες των γνωστών δικτύων μπορούν στη συνέχεια να χρησιμοποιηθούν ως παγκόσμιο σύστημα εντοπισμού θέσης, μια εναλλακτική λύση για GPS, με τριγωνισμό από μία συσκευή χρησιμοποιώντας στοιχεία που έχουν συλλεχθεί. Τα παραδείγματα περιλαμβάνουν

το PlaceLab από την Intel, το Skyhook, το Navizon, το SeekerLocate από Wireless Seeker, το openBmap και Geomana. Από τεχνική άποψη, πολλά σημεία πρόσβασης μεταδίδουν στοιχεία ταυτότητας προσιτά σε όλους και το αποτέλεσμα θα μπορούσε να συγκριθεί με έναν χάρτη γειτονιάς, με ονομασία δρόμου και αριθμό σπιτιών.

Δεν υπάρχουν νόμοι που απαγορεύουν ρητά ή επιτρέπουν wardriving, αν και πολλές χώρες έχουν νόμους που απαγορεύουν τη μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση των δικτύων υπολογιστών και την προστασία της ιδιωτικής ζωής. Παθητικά wardriving προγράμματα (πχ Wiviz, Kismet) δεν επικοινωνούν καθόλου με τα δίκτυα αλλά απλά καταγράφουν τα βασικά σήματα εκπομπής. Αυτό μπορεί να παρομοιαστεί με την ακρόαση ενός ραδιοφωνικού σταθμού που τυχαίνει να μεταδίδει σε μία περιοχή.

2.9 LBS Standardization [15]

Το Open Geospatial Consortium (OGC) είναι ένας διεθνής οργανισμός τυποποίησης που ξεκίνησε το 1994. Στο OGC, πάνω από 400 εμπορικοί, κυβερνητικοί, μη κερδοσκοπικοί και ερευνητικοί οργανισμοί σε όλο τον κόσμο συνεργάζονται σε μια διαδικασία ενθάρρυνσης της ανάπτυξης και εφαρμογής των ανοικτών προτύπων γεωχωρικού περιεχομένου υπηρεσιών και των υπηρεσιών GIS, επεξεργασίας δεδομένων και ανταλλαγής δεδομένων.

Κεφάλαιο 3

Μέθοδοι Εντοπισμού Θέσης

[1][16][20-23]

Υπάρχει πληθώρα τεχνικών εντοπισμού θέσης διαθέσιμη στο ευρύ κοινό. Οι τεχνικές χωρίζονται σε κατηγορίες ανάλογα με το τρόπο που προσδιορίζουν τη θέση του χρήστη όπως:

- Τεχνικές που βασίζονται σε δορυφόρους
- Τεχνικές που βασίζονται σε επίγειο δίκτυο
- Συνδυασμός των πιο πάνω τεχνικών
- Αδρανειακές ή μη συμμετοχικές

Όλες οι τεχνικές, πλην των αδρανειακών, βασίζονται σε φάρους, οι οποίοι είναι τοποθετημένοι είτε στην επιφάνεια της γης, είτε σε τροχιά γύρω από αυτήν και εκπέμπουν κάποιο είδος αναγνωριστικού σήματος. Απαραίτητη προϋπόθεση για τον εντοπισμό της θέσης της συσκευής,

είναι η γνώση της θέσης ή κάποιων χαρακτηριστικών των φάρων με εξαιρετικά μεγάλη ακρίβεια. Γνωρίζοντας την απόσταση ή τη γωνία μεταξύ των φάρων και της συσκευής υπάρχει η δυνατότητα, από την ίδια τη συσκευή ή από κεντρικό σύστημα, υπολογισμού της θέσης της συσκευής στο χώρο, δισδιάστατο ή ακόμη και τρισδιάστατο. Για περισσότερη ακρίβεια, γίνεται χρήση στους υπολογισμούς μας δεδομένων από περισσότερους φάρους.

Οι αδρανειακές μέθοδοι πλοήγησης είναι πλήρως αυτόνομες αφού δεν απαιτούν κανενός είδος φάρου. Η χρήση τέτοιων μεθόδων δεν χρησιμοποιείται συχνά αφού είναι λιγότερη ακριβείς από τις υπόλοιπες μεθόδους και η υλοποίησή τους είναι δυσκολότερη. Υπάρχουν περιπτώσεις που η μόνη λύση σε μερικές περιπτώσεις είναι η αδρανειακή μέθοδος όπως και στην παρούσα μελέτη.

Ο εντοπισμός της θέσης και ιχνιάτησης μίας συσκευής μπορεί να χαρακτηριστεί από τις μεθόδους μέτρησης που εφαρμόζονται για τον καθορισμό της θέσης της συσκευής (Localization). Τυπικές μέθοδοι για συστήματα εντοπισμού θέσης σε πραγματικό χρόνο (Real Time Location Systems – RTLS) είναι οι ακόλουθες:

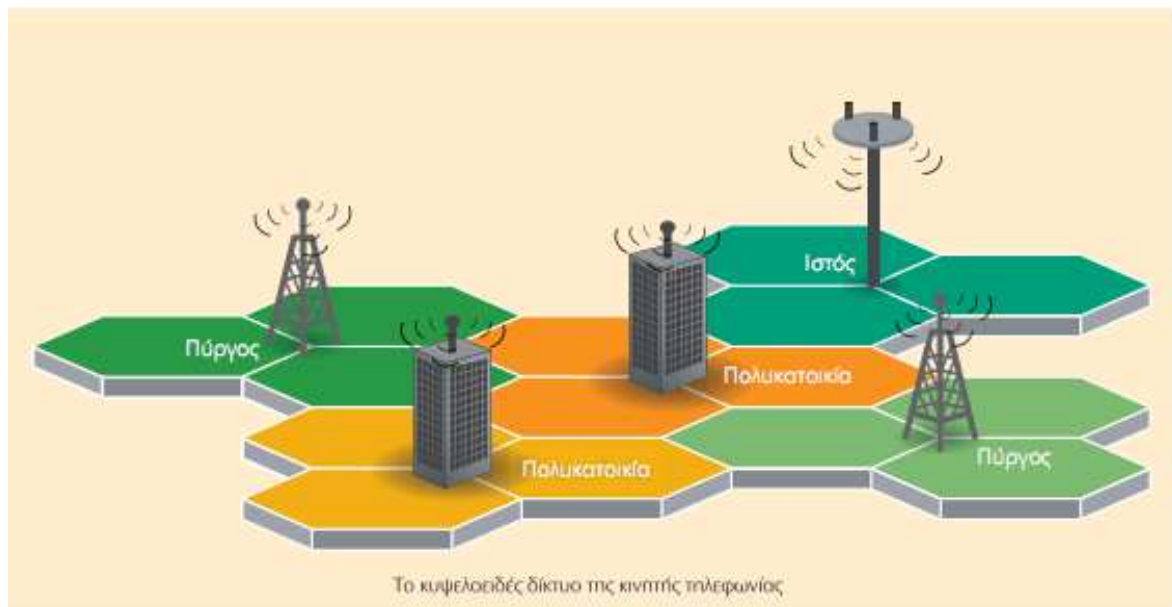
- Πλησιέστερου Κύτταρου (Cell of origin – Nearest Cell)
- Απόστασης (Lateration)
- Γωνίωσης (Angulation)
- Χρήση Αποτυπωμάτων (Pattern Recognition)

Η απόφαση για την επιλογή και εφαρμογή της κατάλληλης μεθόδου πρέπει να λαμβάνει ένα αριθμό παραμέτρων όπως είναι το κόστος, η ακρίβεια, η περιοχή κάλυψης, η ανάγκη ή όχι εξειδικευμένου υλισμικού/λογισμικού, η πολυπλοκότητα κ.α. Υπάρχει και η πιθανότητα να σχεδιαστεί σύστημα το οποίο να χρησιμοποιεί δύο ή και περισσότερες μεθόδους για μεγαλύτερη ακρίβεια και μεγαλύτερη κάλυψη.

Όλες οι προαναφερόμενες μέθοδοι είναι προσεγγιστικές αφού δεν υπολογίζουν με απόλυτη ακρίβεια τη θέση, αλλά προσδιορίζουν ένα διάστημα στο οποίο βρίσκεται η συσκευή. Το μέγεθος αυτού του διαστήματος, και συνεπώς η ακρίβεια της υπολογιζόμενης θέσης, εξαρτάται άμεσα από την εκάστοτε τεχνική. Οι τεχνικές που βασίζονται σε δορυφόρους προσφέρουν τη μεγαλύτερη ακρίβεια.

3.1 Χρήση πληροφοριών Κελιού (Cell-ID Method)

Είναι ένα από τα απλούστερα και αρχικά συστήματα το οποίο έχει την καταγωγή του από τα δίκτυα κινητής τηλεφωνία. Μέχρι και σήμερα τα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας χρησιμοποιούν αυτή την τεχνική για εύρεση του κοντινότερου κελιού και χρήση των πληροφοριών που υπάρχουν για το κελί. (GERAN, GSM, UMTS).



Σχήμα 4: Κυψελοειδές δίκτυο κινητής τηλεφωνίας

http://www.cyta.com.cy/PortalInfo/cyta_htmlPages/kiniti_tilefonia_sti_zoi_mas/Kiniti_Tilefonia1_el.pdf

Στην απλούστερη της μορφή, η τεχνική αυτή δεν κάνει καμία ρητή προσπάθεια να επιλύσει τη θέση της κινητής συσκευής πέρα από το κελί που βρίσκεται / έχει συνδεθεί. Σε συστήματα Wi-Fi η τεχνική αυτή βρίσκει το κελί το οποίο η συσκευή έχει συνδεθεί. Ο κάθε σταθμός κινητής τηλεφωνία μπορεί να καλύπτει ένα ή και περισσότερα κελιά. Για οικονομικούς λόγους, συνήθων, κάθε σταθμός καλύπτει τρία κελιά όπως φαίνεται στο Σχήμα 4 πιο πάνω. Το σημαντικότερο πλεονέκτημα της μεθόδου αυτής είναι η ευκολία υλοποίησης γιατί δεν απαιτείται η εφαρμογή πολύπλοκων αλγορίθμων και η εύρεση της θέσης είναι πολύ γρήγορη. Σχεδόν όλα τα WLANS και RF δίκτυα μπορούν εύκολα και οικονομικά να παρέχουν τη δυνατότητα εντοπισμού του κελιού σύνδεση άλλα η τοποθέτηση προέλευσης έχει χαμηλή διακριτικότητα. Για διάφορους λόγους οι συσκευές συνδέονται με κελιά που δεν είναι σε κοντινή φυσική τοποθεσία παρά το γεγονός ότι υπάρχουν κελιά σε κοντινότερη απόσταση. Σε δίκτυα κινητής τηλεφωνίας η επιλογή σταθμού σύνδεσης από ένα κινητό τηλέφωνο γίνεται με αυτή τη μέθοδο χωρίς πρόβλημα, γιατί σημασία έχει κατά πόσο το κινητό τηλέφωνο είναι συνδεδεμένο με κάποιο σταθμό χωρίς κατ' ανάγκη να είναι ο πλησιέστερος από χωρομετρικής άποψης.

Στις ΗΠΑ υπάρχει νομοθεσία που υποχρεώνει τις εταιρίες κινητής τηλεφωνίας να είναι σε θέση να εντοπίζουν ένα κινητό τηλέφωνο, με ακρίβεια 50-100 μέτρων, όταν αυτό πραγματοποιεί επείγουσα κλήση προς τον αριθμό 911. Η δυνατότητα αυτή είναι γνωστή ως e-911 [27]

Για την καλύτερη επιλογή κελιού, μπορεί να γίνει χρήση της ισχύος του λαμβανόμενου σήματος (Receive Signal Strength Indication – RSSI). Η επιλογή του κελιού με το ισχυρότερο σήμα πιθανόν να δώσει καλύτερα αποτελέσματα αλλά πάντοτε με το κίνδυνο να πάρουμε λάθος κελί. Άλλες μέθοδοι που χρησιμοποιούν απόσταση (Lateration), γωνιώση (Angulation) και χρήση αποτυπωμάτων (Pattern Recognition) θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν σε συνδυασμό με την παρούσα μέθοδο, όπου χρειάζεται μεγαλύτερη ακρίβεια όπως θα δούμε πιο κάτω

3.2 Με βάση την απόσταση (Lateration)

Οι μέθοδοι αυτοί βασίζονται αρχικά στο ότι η απόσταση μεταξύ δύο σημείων μπορεί να μετρηθεί με ακρίβεια. Για τη μέτρηση της απόστασης μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τις φυσικές ιδιότητες των σημάτων με βάση το χρόνο μετάδοσης ή με την χρήση της ισχύος του λαμβανόμενου σήματος.

3.2.1 Χρήση Χρόνου Επιστροφής (Time of Arrival - TOA)

Λαμβάνεται υπ' όψιν η ακριβής μέτρηση του χρόνου άφιξης του σήματος από τη συσκευή από διάφορους σταθμούς εκπομπής και η χρονική καθυστέρηση στην λήψη του σήματος που εξέπεμψε η συσκευή. Δεδομένου ότι τα σήματα ταξιδεύουν με γνωστή ταχύτητα (περίπου η ταχύτητα του φωτός (c) ή ~ 300.000 μέτρα ανά s), η απόσταση μεταξύ της κινητής συσκευής και κάθε αισθητήρα μπορεί να προσδιοριστεί από το χρονικό διάστημα που πέρασε για την διάδοση του σήματος μεταξύ τους. Η τεχνική TOA απαιτεί ακριβέστατη γνώση της ώρας έναρξης μετάδοσης (s) και πρέπει να διασφαλίσει ότι όλοι οι σταθμοί που λαμβάνουν μέρος, καθώς και η κινητή συσκευή, είναι με ακρίβεια συγχρονισμένοι με μια ακριβή προέλευση χρόνου.

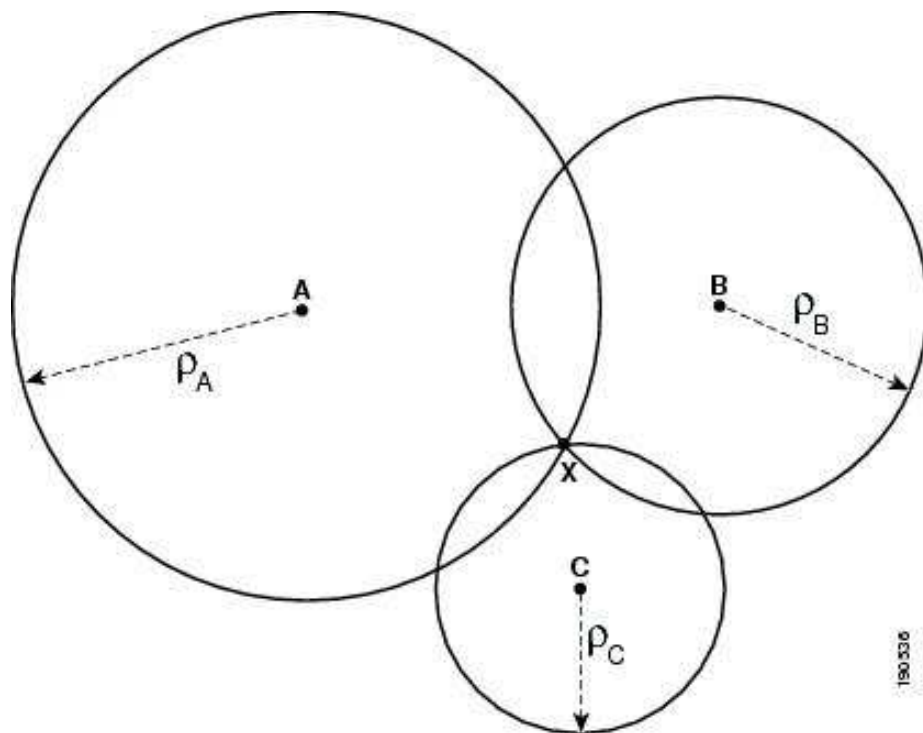
Από τη γνώση και των δύο, ταχύτητας διάδοσης και το χρόνο που μετρούμε, είναι δυνατόν να υπολογιστεί η απόσταση (D) μεταξύ της κινητής συσκευής και του σταθμού μετάδοσης:

$$D=c(t) \quad (2)$$

όπου:

- D = απόσταση (μέτρα)
- c = ταχύτητα διάδοσης των ~ 300.000 μέτρα / δευτερόλεπτο
- t = χρόνος σε δευτερόλεπτα

Με την απόσταση που βρέθηκε (D) σχεδιάζεται ένας κύκλος με κέντρο το σταθμό εκπομπής. Η θέση της συσκευής βρίσκεται στην περίμετρο του κύκλου σε οποιαδήποτε θέση. Με τον υπολογισμό της απόστασης από δεύτερο και τρίτο ή ακόμη και περισσότερους σταθμούς σχεδιάζονται και άλλοι κύκλοι οπότε η ακριβής θέση της συσκευής περιορίζεται στο κοινό μέρος των κύκλων (Intersection). Σε περίπτωση τρισδιάστατων μετρήσεων στη θέση των κύκλων σχεδιάζουμε σφαίρες όπως ακριβώς γίνεται στο Παγκόσμιο Δορυφορικό Σύστημα Πλοήγησης (GPS, GALILEO κ.α)



Σχήμα 5: TOA tri-lateration [16]

Στο Σχήμα 5 απεικονίζεται η έννοια TOA tri-lateration. Ο χρόνος που απαιτείται για ένα μήνυμα που μεταδίδεται από το σταθμό X να καταλήξει στους αισθητήρες A, B, και C μετρείται ως t_A , t_B , και t_C . Λαμβάνοντας υπόψη μια γνωστή ταχύτητα διάδοσης (αναφέρεται ως c), η κινητή συσκευή υπολογίζει την απόσταση από κάθε ένα από τους τρεις αισθητήρες ως ΔA , ΔB ,

και ΔΓ, αντίστοιχα. Κάθε υπολογιζόμενη τιμή της απόστασης χρησιμοποιείται για την κατασκευή ενός κύκλου γύρω από τον αντίστοιχο σταθμό. Το σημείο τομής των τριών κύκλων μας δίνει την πιθανή θέση του σταθμού X όπως φαίνεται στο Σχήμα 5. Για περισσότερη ακρίβεια μπορούν να χρησιμοποιηθούν μετρήσεις από περισσότερους σταθμούς (TOA multiple lateration).

Το μειονέκτημα αυτής της τεχνικής είναι η ανάγκη για ακριβή συγχρονισμό όλων των σταθμών και της συσκευής κάτι που στις συσκευές Wi-Fi πιθανόν να είναι τεράστια πρόκληση. Λαμβάνοντας υπόψη τις υψηλές ταχύτητες μετάδοσης, πολύ μικρές διαφορές στο συγχρονισμό του χρόνου μπορούν να οδηγήσουν σε πολύ μεγάλα λάθη στην ακρίβεια της θέσης. Σε περιπτώσεις όπου η απόσταση μεταξύ του σταθμού και της συσκευής είναι σχετικά μικρή (πχ εύρεση θέσης σε εσωτερικούς χώρους) υπάρχει πιθανότητα για μεγάλα λάθη στην ακρίβεια της θέσης. Επίσης σε περιβάλλον όπου υπάρχει περίπτωση τα σήματα να επηρεαστούν από διασπορά σήματος (Scattering) και παρέμβαση άλλου σήματος (Interference) θα υπάρχει αλλοίωση των αποτελεσμάτων.

Το Παγκόσμιο Δορυφορικό Σύστημα Πλοήγησης GNPS, πχ GPS και GALILEO, βασίζεται στην μέθοδο αυτή και ο συγχρονισμός των συσκευών γίνεται με ατομικά ρολόγια (Atomic clocks)

3.2.2 Χρήση Διαφοράς Χρόνου Άφιξης (Time Difference of Arrival-TDOA)

Στη μέθοδο Διαφορά Ώρα Άφιξης Τεχνικής (TDoA) γίνεται χρήση σχετική μέτρησης του χρόνου σε κάθε αισθητήρα στη θέση της απόλυτης μέτρησης του χρόνου που χρησιμοποιείται στη μέθοδο Χρήση Χρόνου Επιστροφής. Εξαιτίας αυτού, η μέθοδος TDoA δεν απαιτεί τη χρήση συγχρονισμένου χρόνου όλων των εμπλεκόμενων συστημάτων (δηλαδή την κινητή συσκευή και των φάρων) για την επίλυση timestamps και τον καθορισμό της θέσης. Με το TDoA, μια μετάδοση με άγνωστη ώρα έναρξης από ένα σημείο και συλλογή του σήματος από αριθμό συσκευών απαιτεί συγχρονισμό μόνο αυτών των συσκευών.

Το TDoA βασίζεται σε μια μαθηματική έννοια που είναι γνωστή ως hyperbolic lateration. Στη προσέγγιση αυτή, απαιτούνται τουλάχιστον τρεις συσκευές οι οποίες να είναι συγχρονισμένες. Στο Σχήμα 6, ας υποθέσουμε ότι όταν ο σταθμός X μεταδίδει ένα μήνυμα, το μήνυμα αυτό φτάνει στη συσκευή A σε χρόνο T_A και στη συσκευή B σε χρόνο T_B . Η διαφορά της ώρας άφιξης για το μήνυμα αυτό υπολογίζεται μεταξύ των θέσεων των συσκευών B και A, ως μια θετική σταθερά k , τέτοια ώστε:

$$TDoA_{B-A} = |T_B - T_A| = k \quad (3)$$

Η τιμή του $TDoA_{B-A}$ μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή μίας υπερβολής με βάση τις θέσεις των δύο συσκευών A και B. Αυτή η υπερβολή αποτελεί την τοποθέτηση όλων των σημείων στο επίπεδο X-Y, η διαφορά των αποστάσεων των δύο συσκευών είναι ίση σε $k(c)$ μέτρα. Από μαθηματική άποψη, αυτό αντιπροσωπεύει όλες τις πιθανές τοποθεσίες της κινητής συσκευής X ώστε:

$$|D_{XB} - D_{XA}| = k(c) \quad (4)$$

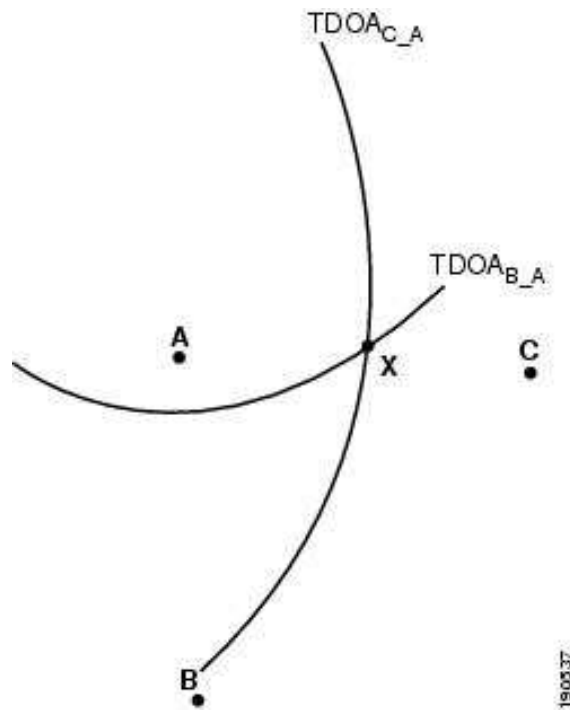
Η πιθανή θέση της συσκευής X μπορεί στη συνέχεια να εκπροσωπείται από ένα σημείο κατά μήκος αυτής της υπερβολής. Για την περαιτέρω επίλυση της θέσης του σταθμού X, μια τρίτη συσκευή που βρίσκεται στη θέση C χρησιμοποιείται για να υπολογίσει τη διαφορά του χρόνου άφιξης μεταξύ των αισθητήρων C και A, ή:

$$TDoA_{C-A} = |T_C - T_A| = k_1 \quad (5)$$

Η γνώση της σταθερής k_1 επιτρέπει την κατασκευή δεύτερης υπερβολής που αντιπροσωπεύει την πιθανή θέση του σημείου X στο επίπεδο X-Y, στην οποία η διαφορά των αποστάσεων από τις δύο συσκευές (δηλαδή, της A και C) είναι ίση με $k_1(c)$ μέτρα. Μαθηματικά, αυτό μπορεί να θεωρηθεί ότι αντιπροσωπεύει όλες τις πιθανές τοποθεσίες της κινητής συσκευής X ώστε:

$$|D_{XC} - D_{XA}| = k_1(c) \quad (6)$$

Το σχήμα 6 απεικονίζει το σημείο τομής των δύο υπερβολών $TDoA_{C-A}$ και $TDoA_{B-A}$ που χρησιμοποιούνται για την εύρεση της θέσης του σταθμού X.



Σχήμα 6: Διαφορά Ώρα Άφιξης (TDoA) [16]

Για καλύτερα αποτελέσματα, μία τέταρτη συσκευή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να σχεδιαστεί μία τρίτη υπερβολή (TDoA hyperbolic multi-lateration). Αυτό μπορεί να είναι απαραίτητο για την επίλυση της θέσης της συσκευής X για τις περιπτώσεις όπου μαθηματικά μπορεί να υπάρχουν περισσότερες από μία λύση, όταν χρησιμοποιούνται μόνο τρεις υπερβολές (TDoA hyperbolic tri-lateration).

Σύγχρονα συστήματα TDoA έχουν βρει μεθόδους αντιμετώπισης των προβλημάτων ακριβούς συγχρονισμού των συσκευών που έχουν ως στόχο να αποφευχθεί η αυστηρή απαίτηση για συγχρονισμό χρόνου ακρίβειας στις συσκευές που χρησιμοποιούν TDoA. Για παράδειγμα, η ρύθμιση του χρόνου μπορεί να υπολογίζεται περιοδικά σε σχέση με μια πηγή αναφοράς και στη συνέχεια οι προσαρμογές αυτές να χρησιμοποιηθούν για τη διόρθωση και συγχρονισμό άλλων συσκευών σε άλλα σημεία του συστήματος. Στην περίπτωση συσκευών που έχουν την δυνατότητα να στείλουν και να παραλάβουν πακέτων συγχρονισμού με/από άλλες συσκευές (πχ δυνατότητας του σημείου πρόσβασης 802.11 WLAN - Access Point) γίνεται περιοδική ανταλλαγή πακέτων "χρόνου" μεταξύ των συσκευών. Σε αυτήν τη προσέγγιση, η διαφορά του χρόνου ανάμεσα σε κάθε συσκευή και μία "συσκευή αναφοράς" μπορεί να διορθωθεί ανάλογα από την κάθε συσκευή στο πλαίσιο του όλου συστήματος.

Συστήματα που χρησιμοποιούνται σε αεροδρόμια έχουν την αρχή τους σε TDoA. Στον κόσμο της κινητής τηλεφωνίας, το TDoA αναφέρεται επίσης ως ενισχυμένη παρατηρούμενη διαφορά ώρας

(E-OTD), και στη συγκεκριμένη εφαρμογή προσφέρει μία εξωτερική ακρίβεια περίπου 200 μέτρων στις αγροτικές περιοχές και 60 μέτρων στις πόλεις.

Τα TOA και TDoA έχουν αρκετές ομοιότητες. Και οι δύο μέθοδοι έχουν αποδειχθεί ότι είναι ιδιαίτερα κατάλληλες για μεγάλης κλίμακας εξωτερικά συστήματα εντοπισμού θέσης. Επιπλέον, πολύ καλά αποτελέσματα έχουν ληφθεί από TOA και TDoA συστήματα σε ημι-υπαίθρια περιβάλλοντα. Σε συστήματα εύρεση θέσης σε εσωτερικούς χώρους, το TDoA παρουσιάζει καλύτερες επιδόσεις στα κτίρια με μεγάλους ανοικτούς χώρους, στους οποίους δεν υπάρχει μεγάλος επηρεασμός του σήματος από φυσικά εμπόδια.

3.3 Μέθοδος Χρήσης Ισχύς Λαμβανόμενου Σήματος (Received Signal Strength-RSS)

Μέχρι στιγμής έχουμε συζητήσει δύο τεχνικές lateration (TOA και TDoA) που χρησιμοποιούν το χρόνο που πέρασε για τη μέτρηση της απόστασης. Μπορεί να γίνει χρήση της ισχύς του λαμβανόμενου σήματος (RSS), σε αντικατάσταση του χρόνου. Με τη προσέγγιση αυτή, το RSS μετριέται είτε από την κινητή συσκευή ή/και τον κεντρικό σταθμό. Η γνώση της ισχύος εξόδου του σταθμού εκπομπής, οι απώλειες καλωδίου, και τα κέρδη της κεραίας καθώς και το κατάλληλο μοντέλο απώλειας διαδρομής μας επιτρέπει να υπολογίσουμε την απόσταση μεταξύ των δύο συσκευών.

Ακολουθεί παράδειγμα ενός κοινού μοντέλου για την απώλεια διαδρομής που χρησιμοποιείται για εσωτερικούς χώρους:

$$PL = PL_{1\text{meter}} + 10 \log(D^n) + S \quad (7)$$

Σε αυτό το μοντέλο:

- **PL** αντιπροσωπεύει τη συνολική απώλεια μεταξύ του παραλήπτη και τον αποστολέα σε dB. Αυτό θα είναι τυπικά μια τιμή μεγαλύτερη ή ίση με το μηδέν.
- **PL_{1meter}** αντιπροσωπεύει την απώλεια σε dB όταν η απόσταση δέκτης-πομπού είναι 1 μέτρο. Αυτό πρέπει να προσδιορίζεται ως μια τιμή μεγαλύτερη ή ίση με το μηδέν.

- **D** αντιπροσωπεύει την απόσταση μεταξύ του πομπού και του δέκτη σε μέτρα.
- **n** αντιπροσωπεύει μια σταθερά για το συγκεκριμένο περιβάλλον.
- **S** αντιπροσωπεύει την τυπική απόκλιση που συνδέεται με το βαθμό shadow fading στο περιβάλλον, σε dB. Αυτό πρέπει να προσδιορίζεται ως μια τιμή μεγαλύτερη ή ίση με το μηδέν.

Απώλεια διαδρομής (PL) είναι η διαφορά μεταξύ του επιπέδου του εκπεμπόμενου σήματος, το οποίο μετρείται στο πρόσωπο της κεραίας εκπομπής, και το επίπεδο του λαμβανόμενου σήματος, που μετράται στο πρόσωπο της κεραίας λήψης. Η απώλεια διαδρομής δε λαμβάνει υπόψη κέρδη κεραίας ή απώλειες καλωδίου. Η απώλεια διαδρομής αντιπροσωπεύει το επίπεδο εξασθένισης του σήματος στο περιβάλλον, λόγω των επιπτώσεων της ελεύθερης διάδοσης χώρο, ανάκλαση, περίθλαση, απορρόφηση και διασπορά.

Ο εκθέτης απώλεια διαδρομής (n) δείχνει το ρυθμό με τον οποίο η απώλεια διαδρομής αυξάνεται με την απόσταση. Η τιμή του εκθέτη απώλεια διαδρομής εξαρτάται από τη συχνότητα και το περιβάλλον. Επίσης εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το βαθμό της απόφραξης (ή "ακαταστασία") που υπάρχει στο περιβάλλον. Κοινοί εκθέτες απώλειας διαδρομής κυμαίνονται με τιμή από 2 για ανοιχτό ελεύθερο χώρο και με τιμές μεγαλύτερες από 2 σε περιβάλλοντα όπου υπάρχουν εμπόδια. Ένα αντιπροσωπευτικό παράδειγμα απώλειας διαδρομής για ένα εσωτερικό περιβάλλον γραφείου μπορεί να είναι 3.5, ένα πυκνό εμπορικό ή βιομηχανικό περιβάλλον 3,7 - 4,0 και ένα πυκνό περιβάλλον στο σπίτι μπορεί να είναι τόσο υψηλό όπως 4.5.

Η τυπική απόκλιση shadow fading (s) αποτελεί ένα μέτρο της μεταβλητότητας της ισχύς του σήματος, (μερικές φορές αναφέρεται ως "θόρυβος") από πηγές που δεν αντιστοιχούσαν στη προαναφερθείσα εξίσωση ως απώλεια διαδρομής. Αυτό περιλαμβάνει παράγοντες όπως η εξασθένιση λόγω του αριθμού των εμποδίων, οι διαφορές μεταξύ προσανατολισμού της κεραίας του δέκτη και της κεραίας της συσκευής, αντανάκλασεις λόγω πολλαπλών διαδρομών, και ούτω καθεξής

Η γενικά αποδεκτή μέθοδος για τον υπολογισμό του RSS με γνώση την ισχύς μετάδοσης, απώλεια διαδρομής, κέρδος κεραίας, και απώλειες των καλωδίων είναι η εξής:

$$RX\ PWR = TX\ PWR - Loss_{TX} + Gain_{TX} - PL + Gain_{RX} - Loss_{RX} \quad (8)$$

Μπορεί να αντικατασταθεί άμεσα η εξίσωση μας για την απώλεια πορείας στην πιο πάνω εξίσωση. Αυτό μας επιτρέπει να επιλύσουμε για απόσταση d ως εξής:

$$d = 10^{\frac{TX_{PWR} - RX_{PWR} - Loss_{TX} + Gain_{TX} - PL_{1meter} + s - Loss_{RX}}{10n}} \quad (9)$$

όπου η έννοια των όρων στην ανωτέρω εξίσωση είναι:

- **Rx_{PWR}** αντιπροσωπεύει την ισχύ του λαμβανόμενου σήματος σε dB
- **Tx_{PWR}** αντιπροσωπεύει τη ισχύ εξόδου του πομπού σε dB
- **Loss_{TX}** αντιπροσωπεύει το άθροισμα όλων των απωλειών λόγω καλωδίων και συνδέσμων του πομπού σε dB
- **Gain_{TX}** αντιπροσωπεύει το κέρδος της κεραίας του πομπού σε dBi
- **Loss_{RX}** αντιπροσωπεύει το άθροισμα όλων των απωλειών λόγω καλωδίων και συνδέσμων του δέκτη σε dB
- **Gain_{RX}** αντιπροσωπεύει το κέρδος της κεραίας του δέκτη σε dBi

Όλα τα πιο πάνω πρέπει να προσδιορίζονται ως θετικές τιμές.

Η εύρεση του RSS μεταξύ του δέκτη και της κινητής συσκευή, επιτρέπει το σχεδιασμό ενός κύκλου γύρω από τη πιθανή θέση του δέκτη, με την απόσταση d ως την ακτίνα. Η θέση της κινητής συσκευής πιστεύεται ότι βρίσκεται κάπου στην περίμετρο του κύκλου. Όπως και σε άλλες τεχνικές, στοιχεία από άλλους δέκτες σε άλλα κύτταρα (σε αυτήν την περίπτωση, πληροφορίες για την ισχύ του σήματος ή RSS) μπορεί να χρησιμοποιηθούν για την εκτέλεση RSS tri-lateration ή RSS πολλαπλών lateration και να βελτιώσουν περαιτέρω την ακρίβεια εντοπισμού της θέσης μιας συσκευής.

Οι πληροφορίες για την ισχύ του σήματος που χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της θέση μπορεί να ληφθεί από δύο πηγές:

- Η συσκευή υποδομής του δικτύου βρίσκει την ισχύ του λαμβανόμενου σήματος RSS που λαμβάνεται από την κινητή συσκευή (Network-site)
- Η κινητή βρίσκει την ισχύ του λαμβανόμενου σήματος RSS που λαμβάνει από την συσκευή υποδομής του δικτύου ("client-side")

Στα 802.11 WLANs, το RSSI που μετρείται συνήθως, διαφέρει από μια κινητή συσκευή σε άλλη. Στη πραγματικότητα, οι συσκευές 802.11 που παράγονται από διαφορετικούς

κατασκευαστές δίνουν διαφορετικές μετρήσεις της λαμβανόμενης ισχύς συγκεκριμένου σήματος. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε υποβάθμιση και ασυνεπής απόδοση του εντοπισμού θέσης. Για την επίλυση του πιο πάνω προβλήματος γίνεται χρήση της μέτρησης του RSSI από τους σταθμούς του δικτύου (Access Points), και όλες οι μετρήσεις του RSSI γίνονται στην υποδομή του δικτύου, και όχι σε φορητή συσκευή. Αυτή είναι μια απλή προσέγγιση και χρησιμοποιείται συχνά σε εφαρμογές εύρεσης θέσης με τη χρήση του RSS. Σε αυτή την προσέγγιση υπάρχει υψηλός βαθμός ελέγχου επί της συνέπειας στην υποδομή του δικτύου σε σχέση με την κινητή συσκευή.

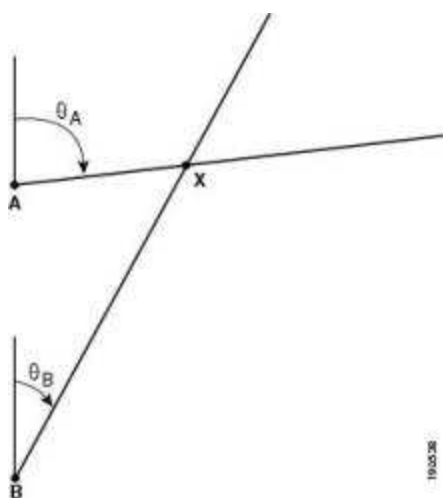
Μέχρι σήμερα, οι εφαρμογές που χρησιμοποιούν RSS lateration έχουν το πλεονέκτημα χαμηλού κόστους λόγω του γεγονός ότι δεν απαιτούν εξειδικευμένο hardware στις κινητές συσκευές (Devices) ή στην υποδομή του δικτύου (Access Points). Το γεγονός αυτό καθιστά τη μέθοδο με βάση την ισχύ του σήματος πολύ ελκυστική από την άποψη της σχέσης κόστους-απόδοσης για τους σχεδιαστές σε συστήματα WLAN 802.11 και προσφέρει ολοκληρωμένες λύσεις lateration. Ωστόσο, ένα γνωστό μειονέκτημα για την lateration RSS είναι ότι οι ανωμαλίες στη διάδοση σε διαφορετικές συνθήκες στο περιβάλλον μπορούν να υποβαθμίσουν σημαντικά την ακρίβεια. Αυτό οφείλεται στο ότι στην πραγματικότητα, η διάδοση του σήματος επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από το περιβάλλον και ξεφεύγει από την ιδανική εξίσωση εύρεσης την ισχύς του σήματος σε ένα περιβάλλον στο οποίο υπάρχουν εμπόδια, αλλαγές, συνεχής κίνησης ανθρώπων, θέματα απωλειών σήματος και άλλων αστάθμητων παραγόντων.

Στο απλό RSS με βάση τις τεχνικές lateration στις οποίες δεν λαμβάνονται πρόσθετα μέτρα, όπως η εξασθένηση πολλαπλών διαδρομών στο περιβάλλον, σπάνια παράγονται αποδεκτά αποτελέσματα, εκτός από πολύ ελεγχόμενες καταστάσεις. Αυτό περιλαμβάνει τις ελεγχόμενες καταστάσεις όπου υπάρχει πάντα ξεκάθαρη οπτική επαφή μεταξύ της κινητής συσκευής και της υποδομή του δικτύου (Access Points), με μικρή εξασθένηση του σήματος λόγω μικρών επιπτώσεων από multipath.

3.4 Τεχνικές Γωνίωσης (Angulation)

Οι τεχνικές με χρήση τη γωνία άφιξης του σήματος (Angle of Arrival – AoA), που αναφέρονται και ως διεύθυνση άφιξης (Direction of Arrival – DoA), βρίσκουν τη θέση της συσκευής εκπομπής προσδιορίζοντας τη γωνία πρόπτωσης κατά την οποία τα σήματα φθάνουν στη συσκευή λήψης. Με τη χρήση της γεωμετρίας μπορεί να εκτιμηθεί η θέση της συσκευής εκπομπής από το

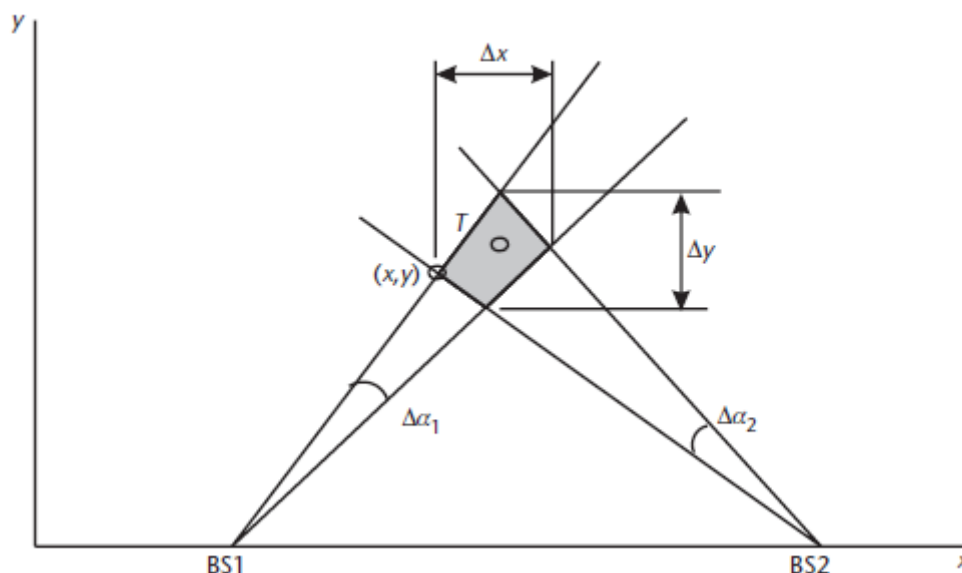
σημείο τομής των δύο γραμμών που σχηματίζονται από δύο ξεχωριστά σημεία με άμεση οπτική επαφή (line-of-Sight) με γωνία που υπολογίζεται σε κάθε σημείο, όπως φαίνεται στο Σχήμα 7 πιο κάτω . Σε ένα δισδιάστατο επίπεδο, απαιτούνται τουλάχιστον δύο συσκευές ή θέσεις, για την εκτίμηση της θέσης, και τουλάχιστον τρεις για βελτιωμένη ακρίβεια. Με χρήση περισσότερων σημείων μπορεί να υπάρξει περισσότερη ακρίβεια. Στην τεχνική μπορούν να χρησιμοποιηθούν περισσότερες από μία συσκευή ή να γίνονται μετρήσεις από μία μόνο συσκευή εντοπισμού μετακινώντας την σε άλλη θέση. Σε κάθε περίπτωση θα πρέπει πάντοτε να υπάρχει γνώση της θέσης της συσκευής σε σχέση με το χώρο άλλα και σε σχέση με τις άλλες συσκευές ή τις νέες θέσεις που θα ληφθούν οι μετρήσεις.



Σχήμα 7: Γωνία άφιξης (AoA Angulation)

Στην πιο απλή της μορφή, δηλαδή, όταν υπάρχει άμεση οπτική επαφή (line-of-Sight) μεταξύ της συσκευής X και των συσκευών A και B, κατευθυντικές κεραίες τοποθετούνται σε μηχανισμούς μετακίνησης τους σε δισδιάστατο ή ακόμη και σε τρισδιάστατο άξονα. Η γωνία λήψης του ισχυρότερου σήματος καθορίζει και τη γωνία από την συσκευή εκπομπή X και την συσκευή λήψης A και B. Με απλή μέτρηση των δύο γωνιών και με γνωστή τη θέση του σημείου A από το B, μπορεί να υπολογιστούν οι αποστάσεις A-X και B-X με χρήση τριγωνομετρίας. Τα σημεία A, B και X σχηματίζουν ένα τρίγωνο και με το μαθηματικό νόμο των ημίτονων βρίσκουμε εύκολα την θέση του σημείου X, σε σχέση πάντα από τα σημεία A και B. Για σκοπούς ευκολίας συνήθως τα σημεία A και B βρίσκονται στην ίδια ευθεία και με μερικά μέτρα απόσταση το ένα από το άλλο σε εσωτερικούς χώρους και σε δεκάδες μέτρα σε εξωτερικούς χώρους. Σε περίπτωση χρήσης μίας μόνο συσκευής για τη λήψη του σήματος θα πρέπει οι μετρήσεις και οι μετακινήσεις από θέση σε θέση να γίνονται γρήγορα για να αποφευχθούν λάθος αποτελέσματα λόγω μετακίνησης της συσκευής εκπομπής. Το εύρος δέσμης (bandwidth) μιας αντένας, το οποίο δεν μπορεί να γίνει εξαιρετικά μικρό πχ 1 μοίρα , κυμαίνεται στις κατευθυντικές αντένες από μερικές μοίρες μέχρι

και μερικές δεκάδες μοίρες . Λόγω του πιο πάνω γεγονός υπάρχει πάντα λάθος στις μετρήσεις μας σε μία περιοχή που δημιουργείται από τις δύο προβολές του εύρους δέσμης των αντενών όπως φαίνεται στο σχήμα 8.

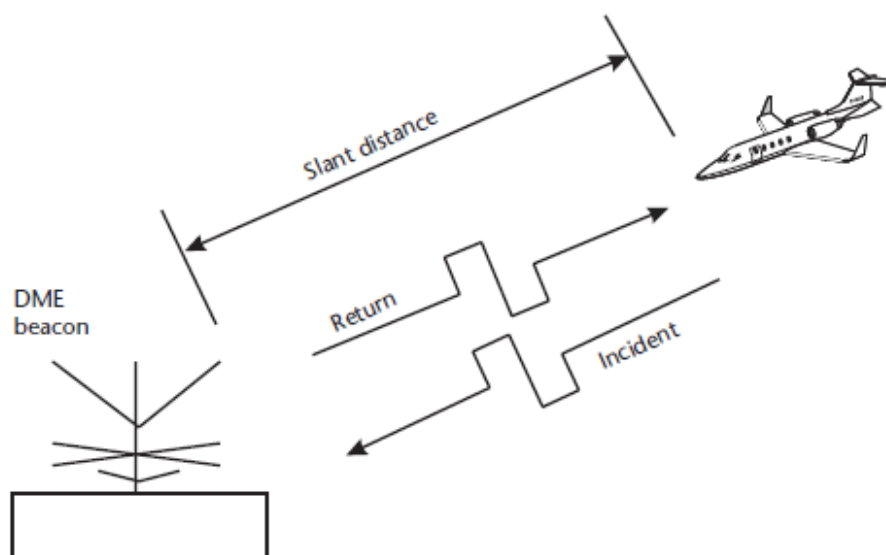


Σχήμα 8: Υπολογισμοί AoA Angulation με Υπολογισμό Λάθους [1]

Στη πράξη, σε εμπορικές και στρατιωτικές εφαρμογές του AoA, γίνεται χρήση πολλαπλών αντενών σε συστοιχίες κεραιών για τη λήψη του σήματος, εξαλείφοντας έτσι την ανάγκη για πιο σύνθετες κατασκευές και συντήρηση μηχανικών συστημάτων κεραιών. Ηλεκτρονική εναλλαγή μπορεί να πραγματοποιηθεί μεταξύ συστοιχιών και των επιμέρους αντενών. Με απλούς μικροεπεξεργαστές γίνονται οι μαθηματικοί υπολογισμοί και γίνεται εξαγωγή των γωνιών πρόσπτωσης. Η τεχνική αυτή συνίσταται, στη πραγματικότητα, στον υπολογισμό TDoA μεταξύ των αντενών της συστοιχίας, μετρώντας την διαφορά φάσης σε κάθε αντένα. Σε μια ορθά κατασκευασμένη συστοιχία αντενών, υπάρχει μια μικρή αλλά αισθητή διαφορά στο χρόνο άφιξης και διαφοράς φάσης του σήματος.

Ένα πολύ γνωστό σύστημα του AoA είναι το VOR (VHF Omnidirectional Range) σύστημα που χρησιμοποιείται για τη πλοήγηση των αεροσκαφών σε συχνότητες 108,1 - 117,95 MHz. Αριθμός VOR beacons εκπέμπουν VHF σήμα με κάθε σήμα σε διαφορετικό "radials" το οποίο προέρχεται από διαφορετική γωνία πρόσπτωσης. Ο δέκτης VOR σε ένα αεροσκάφος μπορεί να καθορίσει τη ακτίνα "radials" στην οποία βρίσκεται το αεροσκάφος, δεδομένου ότι πλησιάζει το VOR φάρο και ως εκ τούτου υπολογίζει την γωνία σε σχέση με το φάρο. Χρησιμοποιώντας τουλάχιστον δύο

VOR beacons, το σύστημα στο αεροσκάφος είναι σε θέση για τη διεξαγωγή γωνίωσης (ή τριγωνίωση χρησιμοποιώντας τρεις VOR beacons) και με ακρίβεια προσδιορίζει τη θέση του αεροσκάφους όπως φαίνεται στο σχήμα 9.



Σχήμα 9: VOR System [1]

Οι AoA τεχνικές έχουν επίσης εφαρμοστεί στη βιομηχανία κινητής τηλεφωνίας αρχικά στην προσπάθεια για την παροχή υπηρεσιών εντοπισμού θέσης για τους χρήστες κινητών τηλεφώνων. Αυτό κατά κύριο λόγο προοριζόταν για τη συμμόρφωση με τους κανονισμούς που απαιτούν για την αναφορά της τοποθεσία του χρήστη σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης κλήση (911) από τις Αμερικανικές αρχές [18]. Με την χρήση πολλαπλών δεκτών κινητής τηλεφωνίας υπολογίζεται η γωνία εκπομπής της συσκευής και εκτελείται τριγωνίωση. Οι πληροφορίες αυτές διαβιβάζονται σε κεντρικό σύστημα που υπολογίζει την θέση του χρήστη και μετατρέπει τα δεδομένα σε συντεταγμένες γεωγραφικού στίγματος.

Το βασικό μειονέκτημα της μεθόδου AoA, το οποίο είδαμε και σε άλλες τεχνικές, είναι η ευαισθησία των σημάτων σε πολλαπλές διαδρομές και διασποράς (multipath and Scattering). Όπως προαναφέρθηκε, το AoA λειτουργεί καλά σε καταστάσεις με άμεση οπτική επαφή (Line-of-Sight), αλλά υποφέρει από μειωμένη ορθότητα και ακρίβεια όταν υπεισέρχονται θέματα με τις αντανάκλασεις του σήματος από τα γύρω αντικείμενα. Δυστυχώς, σε πυκνοκατοικημένες αστικές περιοχές και σε εσωτερικούς χώρους, το AoA εφαρμόζεται δύσκολα γιατί απαιτείται οπτική επαφή με δύο ή περισσότερες συσκευές λήψης.

3.5 Χρήση Αποτυπωμάτων (Pattern Recognition) [16]

Η μέθοδος με τη Χρήση Αποτυπωμάτων αναφέρεται σε μια τεχνική που βασίζεται στη δειγματοληψία και τη καταγραφή των προτύπων συμπεριφοράς των ηλεκτρομαγνητικών σημάτων σε συγκεκριμένο περιβάλλον. Από τεχνική άποψη, η λύση με τη χρήση αποτυπωμάτων δεν απαιτεί εξειδικευμένα μηχανήματα είτε στην κινητή συσκευή ή στους πομπούς. Όλοι οι υπολογισμοί μεταφέρονται σε απλή ανάκτηση της ισχύς του σήματος της συσκευής και με τη χρήση λογισμικού, το οποίο μπορεί να μειώσει σημαντικά την πολυπλοκότητα και το κόστος σε σχέση με τη μέθοδο της γωνίωσης ή συστημάτων που βασίζονται σε lateration.

Στη μέθοδος Χρήση Αποτυπωμάτων υπάρχουν οι εξής προϋποθέσεις:

- Κάθε συσκευή που είναι μέρος του συστήματος διαθέτει μηχανισμό ή τεχνολογία όπου η εκπομπή του σήματος συμπεριλαμβάνει αποστολή μοναδικού κωδικού για το καθορισμό της συσκευής. Η κάθε συσκευή θα πρέπει να έχει την δική της μοναδική ηλεκτρονική υπογραφή (πχ RFID ID, WiFi SSID, MAC Address)
- Σε κάθε σημείο του χώρου όπου θα αναπτυχθεί η μέθοδος δεν πρέπει να υπάρχουν δύο σημεία (πχ γραφεία, όροφοι, κτήρια, εξωτερικοί χώροι) με ακριβώς τις ίδιες μετρήσεις σήματος. Λόγω των διαφορών στους χώρους, είναι σχεδόν σίγουρο ότι δεν θα υπάρχουν σημεία όπου οι τιμές θα είναι πραγματικά ίδιες από την σκοπιά της μεθόδου με την χρήση αποτυπωμάτων.

Αν και τα περισσότερα εμπορικά συστήματα που χρησιμοποιούν τη μέθοδο χρήσης αποτυπωμάτων συνήθως βασίζονται εν λόγω υπογραφές στην ισχύ του λαμβανόμενου σήματος (RSSI), η αναγνώριση προτύπων μπορεί να επεκταθεί για να συμπεριλάβει ToA, ή TDoA.

Η εγκατάσταση των συστημάτων αυτών μπορεί τυπικά να χωριστεί σε δύο φάσεις:

- Φάση βαθμονόμησης
- Φάση λειτουργίας

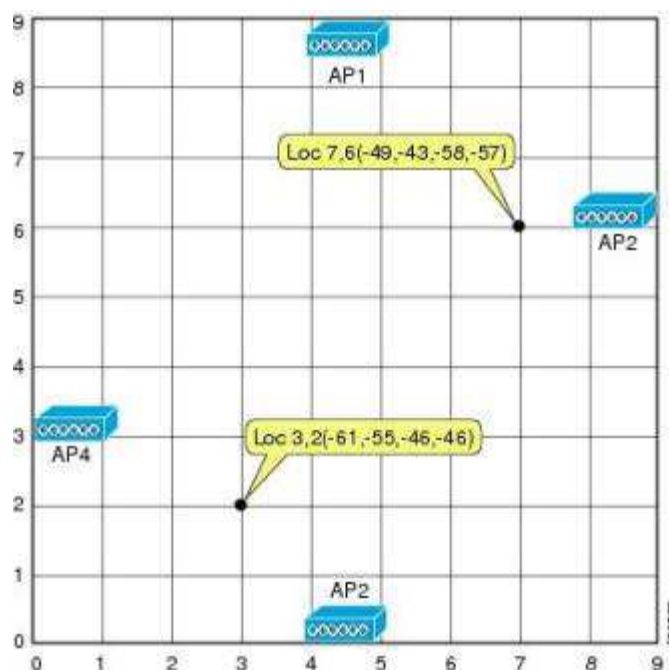
Κατά τη φάση λειτουργίας τέτοιων λύσεων, η βασική λειτουργία είναι η ικανότητα να "ταιριάζει" την αναφερόμενη RF υπογραφή της συσκευής με τη βάση δεδομένων με τις RF υπογραφές που έχουν καταγραφεί κατά τη φάση της βαθμονόμησης. Επειδή στη βάση δεδομένων που καταγράφονται υπογραφές RF λαμβάνεται υπόψη το περιβάλλον, όπως η εξασθένιση από τους

τοιχους και άλλα αντικείμενα, μπορεί να δώσει πολύ καλά αποτελέσματα αν κατά τη φάση της βαθμονόμησης έγιναν οι ορθές μετρήσεις και ο απαραίτητος αριθμός και κατανομή των μετρήσεων στο χώρο.

3.5.1 Φάση βαθμονόμησης

Κατά τη διάρκεια της φάσης βαθμονόμησης, τα δεδομένα συσσωρεύονται από την εκτέλεση μιας βόλτας στο περιβάλλον με μια κινητή συσκευή και επιτρέπει πολλαπλούς δέκτες (σημεία πρόσβασης στην περίπτωση του 802.11 WLANs) να μετρήσουν την ισχύ του σήματος της κινητής συσκευής (αυτό αναφέρεται σε ένα "network-side" εφαρμογή αυτής της μεθόδου).

Μια γραφική αναπαράσταση της περιοχής που πρέπει να βαθμονομηθεί αποτελείται συνήθως από ένα σύνολο σημείων (grid points) του δικτύου σε χάρτη της περιοχής. Θα πρέπει να υπάρχει ακριβής καταγραφή της θέσης σε κάθε μέτρηση για να επιτρέπει αργότερα τον ορθό υπολογισμό της θέσης. Σε κάθε θέση του δείγματος, η συσκευή βαθμονόμησης καταγράφεται στη βάση δεδομένων, ένα αριθμό μετρήσεων από τα διάφορα access points που δίνει την ισχύ του λαμβανόμενου σήματος (RSSI). Για παράδειγμα στο σημείο $X=23, Y=67$ οι μετρήσεις από 4 access points είναι $\{-43, -87, -54, -52\}$. Στο Σχήμα 10 υπάρχει ένα απλοποιημένο παράδειγμα αυτής της προσέγγισης, που δείχνει δύο σημεία δειγματοληψίας και πώς θα σχηματίζονται οι ομάδες των μετρήσεων σε κάθε σημείο με την ισχύ του σήματος RSSI.



Σχήμα 10: βαθμονόμησης Τοποθεσίας [16]

Σε περιπτώσεις που υπάρχουν σημαντικές αλλαγές στο περιβάλλον όπως κτίσιμο/ γκρέμισμα κτηρίων /τοίχων, μετακινήσεις μηχανημάτων , μέχρι και κόψιμο δέντρων , θα πρέπει να γίνεται ξανά η διαδικασία βαθμονόμησης. Λόγω της πιο πάνω ανάγκης και του γεγονός ότι το περιβάλλον που θα εφαρμοστεί η μέθοδος πρέπει να είναι γνωστό, να έχει χαρτογραφηθεί και να γίνουν πάρα πολλές μετρήσεις η μέθοδο αυτή δεν είναι ευέλικτη.

3.5.2 Φάση Λειτουργίας

Στην επιχειρησιακή φάση, υπάρχουν δύο τρόποι εύρεσης της θέσης της συσκευής και εξαρτάται από το ποιος κάνει τους υπολογισμούς , η συσκευή ή το κεντρικό σύστημα. Και στις δύο περιπτώσεις γίνεται χρήση του κεντρικού συστήματος που περιέχει τη βάση των δεδομένων που δημιουργήθηκε κατά τη διαδικασία της βαθμονόμησης.

Στην περίπτωση που οι υπολογισμοί γίνονται από τη συσκευή, τότε η συσκευή συνδέεται με το κεντρικό σύστημα και με βάση τι διαβάζουν τα access points στην παρούσα στιγμή γίνεται το καλύτερο δυνατό "ταίριασμα" και αναφέρεται πίσω στη συσκευή η παρούσα θέση σε σχέση με το περιβάλλον πχ μπροστά στην είσοδο της βιβλιοθήκης. Η εύρεση της θέσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για παροχή πληροφοριών στη συσκευή σχετικά με την παρούσα θέση, πχ σε ένα μουσείο να επεξηγεί τί βρίσκεται μπροστά από το χρήστη.

Στην περίπτωση που οι υπολογισμοί γίνονται από το κεντρικό σύστημα , τότε η συσκευή πιθανόν να μην έχει καμία ενεργή συμμετοχή στη διαδικασία. Το κεντρικό σύστημα λαμβάνει την ομάδα σημάτων την παρούσα στιγμή για τη συγκεκριμένη συσκευή και γίνεται το καλύτερο δυνατό "ταίριασμα" με τη βάση των δεδομένων που δημιουργήθηκε κατά την διαδικασία της βαθμονόμησης. Με βάση το αποτέλεσμα το κεντρικό σύστημα υπολογίζει την παρούσα θέση της συσκευής σε σχέση με το περιβάλλον πχ μπροστά στην είσοδο της βιβλιοθήκης. Η εύρεσης της θέσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον εντοπισμό των συσκευών στο χώρο πχ χαρτογράφηση της θέσης όλων των ασύρματων εκτυπωτών σε ένα πανεπιστήμιο ή νοσοκομείο. Υπάρχουν εμπορικές εφαρμογές που χρησιμοποιούνται σε νοσοκομεία για τον εντοπισμό / παρακολούθηση ασθενών και ιατρών για καλύτερο συντονισμό και θέματα ασφαλείας όπως το Ekahau [36] και το AeroScout [37] .

3.5.3 Αλγόριθμοι Μεθόδου Χρήσης Αποτυπωμάτων

Οι αλγόριθμοι που χρησιμοποιούνται συνήθων σε συστήματα με την Μέθοδο Χρήσης Αποτυπωμάτων μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε τρεις κατηγορίες:

- **Deterministic Algorithms.** Προσπαθούν να βρουν την ελάχιστη στατιστική απόσταση μεταξύ μίας τοποθεσίας RSSI και των μετρήσεων διαφόρων σημείων του δείγματος βαθμονόμησης. Αυτό μπορεί να είναι ίσο με την γεωγραφική απόσταση μεταξύ της πραγματικής φυσική τοποθεσία και της καταγραμμένης θέσης του δείγματος βαθμονόμησης. Το σημείο δειγματοληψίας με την ελάχιστη στατιστική απόσταση μεταξύ του ιδίου και του σήματος στην παρούσα θέση θεωρείται γενικά ως η καλύτερη προσεγγιστική εκτίμηση της τοποθεσίας που περιέχεται στη βάση δεδομένων βαθμονόμησης. Οι Deterministic Algorithms βασίζονται στις αρχές υπολογισμού της απόστασης όπως τα θεωρήματα Euclidean, Manhattan και Mahalanobis.
- **Probabilistic Algorithm.** Οι αλγόριθμοι χρησιμοποιούν μεθόδους χρήσης πιθανοτήτων για να προσδιοριστεί η θέση σε μια συγκεκριμένη τοποθεσία. Η ίδια η βάση βαθμονόμησης θεωρεί πως οι μετρήσεις της περιλαμβάνουν πιθανές θέσεις. Παράδειγμα τέτοιας προσέγγισης είναι ή χρήση Bayesian αλγόριθμο.
- **Άλλες τεχνικές.** Υπάρχει και αριθμός άλλων τεχνικών που χρησιμοποιούνται μέθοδοι ανάλυσης που δεν βασίζονται σε μαθηματικούς υπολογισμούς αλλά απαιτείται η εφαρμογή των μη γραμμικών συναρτήσεων για την ταξινόμηση όπως νευρωνικά δίκτυα (neural networks). Μια άλλη τεχνική, γνωστή ως μοντελοποίηση φορέα υποστήριξης ή SVM, βασίζεται στην ελαχιστοποίηση του κινδύνου και συνδυάζει τις στατιστικές, μηχανική μάθηση, καθώς και τις αρχές των νευρωνικών δικτύων.

3.5.4 Αξιολόγηση Μεθόδου με Χρήση Αποτυπωμάτων

Όπως και στο RSS lateration τα συστήματα εντοπισμού θέσης που χρησιμοποιούν μεθόδου χρήσης αποτυπωμάτων επιτρέπουν να γίνεται καλή χρήση των υφιστάμενων ασύρματων υποδομών. Αυτό μπορεί συχνά να είναι ένα πλεονέκτημα σε σχέση με AoA, TOA, και TDoA προσεγγίσεις, ανάλογα με τη συγκεκριμένη εφαρμογή. Τέτοιες λύσεις είναι σε θέση να προσφέρουν πολύ καλές επιδόσεις σε εσωτερικούς χώρους, με τουλάχιστον τρεις συσκευές λήψης να βρίσκονται σε ακτίνα σύνδεσης της κινητής συσκευής ανά πάσα στιγμή. Αυξημένη

ακρίβεια μπορεί να επιτευχθεί (συχνά πολύ μεγαλύτερη ακρίβεια από 5 μέτρα) όταν 6 έως 10 δέκτες είναι σε ακτίνα σύνδεσης της κινητής συσκευής.

Εφαρμογές που βασίζονται στην εν λόγω τεχνική αποδίδουν καλά όταν υπάρχουν επαρκείς μετρήσεις ώστε να επιτρέπουν τον καθορισμό της παρούσας θέσης σαν μοναδική θέση στην βάση των πληροφοριών βαθμονόμησης. Υψηλά επίπεδα απόδοσης συνήθως απαιτούν όχι μόνο μεγαλύτερη αύξηση των δεκτών (ή σημεία πρόσβασης για 802.11), αλλά και πολύ μικρότερα διαστήματα μετρήσεων (πυκνότερο grid). Σε μεγάλες περιοχές όπου είναι δυνατό για τους πελάτες να μετακινηθούν σχεδόν παντού, οι χρόνοι βαθμονόμησης μπορεί να είναι αρκετά μεγάλοι. Για να υπάρχει καλύτερος χρόνος ανταπόκρισης των συστημάτων υπάρχει η τεχνική να γίνει διαχωρισμός του χώρου σε επιμέρους χώρους και να γίνονται οι υπολογισμοί με μικρότερο αριθμό δεδομένων.

Με την αλματώδη εγκατάσταση ασύρματων Internet Access Points σε κάθε γωνιά στις κατοικημένες περιοχές έχει καταστεί η χρήση μιας τέτοια τεχνικής αναγκαίο. Το Wardriving [14][37] είναι η διαδικασία όπου γίνεται ψάξιμο για Wi-Fi ασύρματων δικτύων από ένα πρόσωπο με κινούμενο όχημα, με χρήση φορητού Υπολογιστή, smartphone ή PDA. Τα αποτελέσματα μπορούν στη συνέχεια να φορτωθούν σε ιστοσελίδες όπως WiGLE, openBmap ή Geomona, όπου τα δεδομένα υποβάλλονται σε επεξεργασία σε μορφή χαρτών της γειτονιάς του δικτύου. Το skyhook [30], είναι ένα παράδειγμα τέτοιας εφαρμογής και δίνει αποτελέσματα με ακρίβεια 200-1000 μέτρα.

3.6 Χρήση Συνδυασμών Μεθόδων

Για περαιτέρω βελτίωση της εκτίμησης της θέσης μιας συσκευή μπορεί να γίνει συνδυασμός τεχνικών και μεθόδων. Για παράδειγμα στο Differential GPS υπάρχουν επίγειοι σταθμοί οι οποίοι γνωρίζουν με ακρίβεια την θέση τους. Αυτοί οι σταθμοί υπολογίζουν το σφάλμα μεταξύ της πραγματικής θέσης και της εκτίμησης GPS και το εκπέμπουν έτσι ώστε να βελτιώσουν τις εκτιμήσεις τους σε όλες τις εντός εμβέλειας συσκευές.

Κεφάλαιο 4

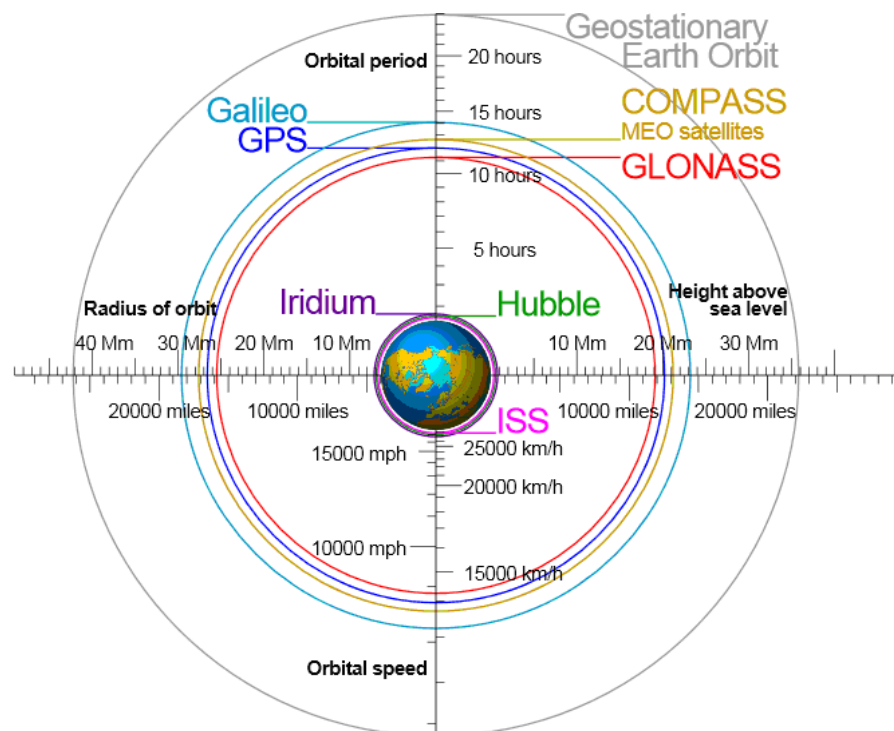
Υπάρχουσες Τεχνικές και Συστήματα Εντοπισμού Θέσης

Υπάρχει πληθώρα τεχνικών εντοπισμού θέσης όπως αναφέραμε πιο πάνω. Στο πραγματικό κόσμο η απόφαση για πια μέθοδο και τεχνική θα χρησιμοποιηθεί κάθε φορά εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως οικονομικούς, τεχνικούς, επιθυμητής ακρίβειας κ.α. Πιο κάτω θα επεξηγούμε αριθμό εμπορικών και μη συστημάτων/ εφαρμογών που χρησιμοποιούνται ευρέως.

4.1 Συστήματα Βασισμένα σε Δορυφορικό Δίκτυο

Το Παγκόσμιο Δορυφορικό Σύστημα Πλοήγησης (Global Navigation Satellite System - GNSS) αποτελεί το γενικότερο όρο για δορυφορικά συστήματα πλοήγησης που παρέχουν αυτόνομο γεωγραφικό εντοπισμό θέσης σε παγκόσμια κλίμακα. Η επιτρεπτή απόκλιση είναι μερικά μέτρα. Για τον προσδιορισμό της θέσης μίας συσκευής χρησιμοποιείται αριθμός δορυφόρων από

διαθέσιμο αστερισμό δορυφόρων του κάθε συστήματος. Ο δέκτης λαμβάνει σήματα που εκπέμπουν οι ορατοί σε αυτόν δορυφόροι και υπολογίζει την χρονική καθυστέρηση του σήματος. Με την χρήση της τεχνικής του Χρόνου Επιστροφής (Time of Arrival - TOA), πού αναλύθηκε στο κεφάλαιο 3.2.1 πιο πάνω, γίνεται ο υπολογισμός της φυσικής θέσης της συσκευής. Για την εύρεση της τρισδιάστατης θέσης απαιτούνται τουλάχιστον 4 δορυφόροι. Πιο κάτω επεξηγούνται αριθμός εμπορικών συστημάτων GNSS. Διάφορα συστήματα έχουν ήδη μπει σε εφαρμογή (GPS, Galileo, GLONASS) όπως φαίνεται στο σχήμα 11 πιο κάτω. Πολλές χώρες σχεδιάζουν να εγκαταστήσουν τέτοια συστήματα στο άμεσο μέλλον όπως η Ινδία, η Κίνα και Γαλλία

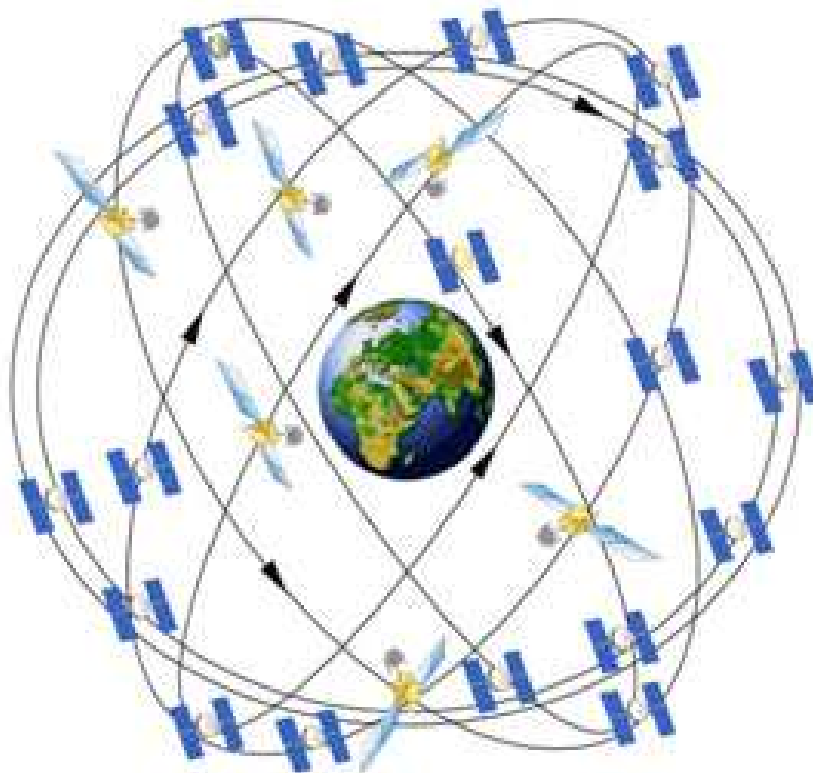


Σχήμα 11: Συστήματα GNSS

4.1.1 GPS [17][18]

Το GPS είναι ένα αμερικανικής ιδιοκτησίας παγκόσμιο σύστημα εντοπισμού θέσης που παρέχει υπηρεσίες εύρεσης θέσης και πλοήγησης. Το σύστημα αυτό αποτελείται από το διαστημικό τμήμα, το τμήμα ελέγχου και το τμήμα των χρηστών. Η Πολεμική Αεροπορία των ΗΠΑ αναπτύσσει, συντηρεί και λειτουργεί τα τμήματα ελέγχου. Επίσης διαχειρίζεται τους δορυφόρους και εξασφαλίζει τη διαθεσιμότητα από τουλάχιστον 24 δορυφόρους GPS, κατά το 95% του χρόνου. Τα τελευταία χρόνια, η Πολεμική Αεροπορία έχει 31 επιχειρησιακούς δορυφόρους GPS, καθώς και 3-4 εκτός λειτουργίας ("υπολείμματα") που μπορεί να

ενεργοποιηθούν εκ νέου αν χρειαστεί. Το GPS βασίζεται σε Δορυφόρους που πετούν σε μεσαίου ύψους γήινη τροχιά (ΜΕΟ) σε ύψος περίπου 20.200 χιλιομέτρων. Κάθε δορυφόρος κάνει δύο φορές κύκλο της Γης κάθε ημέρα. Το σύστημα εξασφαλίζει ότι υπάρχουν τουλάχιστον τέσσερις δορυφόροι ορατοί από οποιοδήποτε σημείο στον πλανήτη.



Σχήμα 12: : Σύστημα GPS

Το GPS χρηματοδοτείται από κοινού από τα Τμήματα της Εθνικής Άμυνας και Μεταφορών των ΗΠΑ. Το πρώτο βήμα για τον εκσυγχρονισμό του GPS πραγματοποιήθηκε το Μάιο του 2000, όταν ο πρόεδρος Μπιλ Κλίντον έδωσε εντολή στο Υπουργείο Άμυνας για να απενεργοποιηθεί η δυνατότητα Επιλεκτικής Διαθεσιμότητας του συστήματος (Ε.Δ. - SA). Η Ε.Δ. ήταν μια εσκεμμένη υποβάθμιση της ακρίβειας του GPS, που μπορούσε να εφαρμοστεί σε παγκόσμια βάση μέσω των δορυφόρων GPS. Κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1990, η αλλοίωση των μετρήσεων του GPS θα μπορούσε να δώσει λάθος όσο ένα γήπεδο ποδοσφαίρου (100 μέτρα). Σήμερα η Ε.Δ. έχει απενεργοποιηθεί, και έχει βελτιωθεί κατά δέκα φορές η ακρίβεια, προς όφελος των πολιτών και τους εμπορικούς χρήστες σε όλο τον κόσμο. Με την κατασκευή του GPS III η επιλεκτική διαθεσιμότητα δεν θα είναι πλέον εφικτή.

4.1.2 Galileo [19][20]

Το Galileo είναι μια κοινή πρωτοβουλία της Ευρωπαϊκής Επιτροπής (EC) και της Ευρωπαϊκής Υπηρεσίας Διαστήματος (ESA). Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή είναι υπεύθυνη για την πολιτική διάσταση, τις απαιτήσεις του συστήματος καθώς και για τη συνολική δομή, τα οικονομικά οφέλη και τις ανάγκες των χρηστών. Η πλήρης επιχειρησιακή φάση του προγράμματος Galileo ρυθμίζεται και χρηματοδοτείται πλήρως από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή. Το σύστημα Galileo παρέχει υψηλής ακρίβειας υπηρεσίες με την εγγύηση της παγκόσμιας υπηρεσίας εντοπισμού θέσης κάτω από πολιτικό έλεγχο. Είναι σύστημα παρόμοιο με το GPS.

Με την προσφορά διπλών συχνοτήτων ως πρότυπο, το Galileo θα παρέχει σε πραγματικό χρόνο ακρίβεια εντοπισμού με ακρίβεια μερικών μέτρων (8 μέτρα για όλους τους χρήστες και 1 μέτρο για τους συνδρομητές). Θα παρέχει διαθεσιμότητα της υπηρεσίας στις πιο ακραίες συνθήκες και θα ενημερώνει τους χρήστες μέσα σε λίγα δευτερόλεπτα από οποιονδήποτε δορυφόρο, καθιστώντας το κατάλληλο για την ασφάλεια κρίσιμων εφαρμογών, όπως τη καθοδήγηση των αυτοκινήτων, την κυκλοφορία των αμαξοστοιχιών και προσγείωση των αεροσκαφών.

Οι πρώτοι δύο δορυφόροι του συστήματος, GIOVE-A και-B, ξεκίνησαν το 2005 και το 2008 αντίστοιχα, χρησιμοποιώντας ραδιοσυχνότητες που προορίζονται για το Galileo, από τη Διεθνή Ένωση Τηλεπικοινωνιών, και κατέστησαν δυνατές τις δοκιμές των βασικών τεχνολογιών του Galileo. Στη συνέχεια, τέσσερις επιχειρησιακοί δορυφόροι θα εγκατασταθούν μέχρι το τέλος του 2012 για την αρχή της έννοιας του συστήματος. Η έναρξη λειτουργίας των δορυφόρων του Galileo θα οδηγήσει στην παροχή αρχικών υπηρεσιών δορυφορικής πλοήγησης το 2014 και με διαδοχικές εκτοξεύσεις θα ολοκληρωθεί ο αστερισμός το 2019.

Η ανάπτυξη του πλήρως συστήματος του Galileo θα αποτελείται από 30 δορυφόρους (27 λειτουργικούς + 3 ενεργούς / εναλλακτικούς), τοποθετημένους σε τρία επίπεδα σε κυκλική τροχιά μεσαίου ύψους (MEO) στα 23.222 χλμ. πάνω από τη Γη, και σε μια κλίση 56 μοιρών από τον ισημερινό.

4.1.3 Beidou [21]

Το Beidou Navigation System ή Beidou (Compass) είναι ένα αυτόνομο σύστημα δορυφορικής πλοήγησης που αναπτύσσει η Κίνα. Το πρώτο σύστημα Beidou, που επίσημα ονομάζεται Beidou-1, αποτελείται από 3 δορυφόρους και έχει περιορισμένη κάλυψη και εφαρμογές.

Προσφέρει υπηρεσίες αεροναυτιλίας, κυρίως, για τους πελάτες στην Κίνα και τις γειτονικές περιοχές από το 2000.

Η δεύτερη γενιά του συστήματος, γνωστό ως πυξίδα (Compass) ή Beidou-2, το οποίο θα είναι ένα παγκόσμιο σύστημα δορυφορικής πλοήγησης και θα αποτελείται από 35 δορυφόρους, είναι ακόμα υπό κατασκευή. Είναι προγραμματισμένο να προσφέρει υπηρεσίες σε πελάτες στην Ασία -Ειρηνικό από το 2012 και το παγκόσμιο σύστημα προγραμματίζεται να ολοκληρωθεί το 2020. Έχουν εκτοξευτεί το Απρίλιο του 2012 οι δορυφόροι 11 και 12.

Σε αντίθεση με το αμερικανικό GPS, το ρωσικό GLONASS, και το ευρωπαϊκό Galileo, τα οποία χρησιμοποιούν μεσαίου ύψους γήινη τροχιά (MEO), το Beidou-1 χρησιμοποιεί δορυφόρους σε γεωστατική τροχιά (GEO). Αυτό σημαίνει ότι το σύστημα δεν απαιτεί μεγάλη ομάδα δορυφόρων, αλλά περιορίζει την κάλυψη του σε περιοχές στη Γη όπου οι δορυφόροι είναι ορατοί. Η περιοχή που μπορεί να εξυπηρετήσει είναι από γεωγραφικό μήκος 70 ° E έως 140 ° E, και από το γεωγραφικό πλάτος 5 ° B έως 55 ° B.



Σχήμα 13 : Δορυφόρος Συστήματος Beidou

4.1.4 GLONASS [22]

Το GLONASS είναι ένα Ρωσικό παγκόσμιο σύστημα δορυφορικής πλοήγησης, παρέχοντας σε πραγματικό χρόνο προσδιορισμό θέσης και ταχύτητας για πολιτικούς και στρατιωτικούς φορείς. Οι δορυφόροι βρίσκονται σε μέση κυκλική τροχιά σε ύψος 19.100 km με κλίση 64,8 βαθμών. Η τροχιά του GLONASS το καθιστά ιδιαίτερα κατάλληλο για χρήση σε υψηλά γεωγραφικά σημεία (βόρεια ή νότια), όπου ένα GPS σήμα μπορεί να είναι προβληματικό. Ο αστερισμός λειτουργεί σε τρία επίπεδα τροχιάς, με 8 ισο-καταναμημένους δορυφόρους σε κάθε επίπεδο. Για ένα πλήρως λειτουργικό αστερισμό με παγκόσμια κάλυψη απαιτούνται 24 δορυφόροι, ενώ 18 δορυφόροι είναι απαραίτητοι για την κάλυψη του εδάφους της Ρωσίας.

Η Ανάπτυξη του GLONASS άρχισε στην Σοβιετική Ένωση το 1976. Ξεκινώντας στις 12 Οκτωβρίου 1982, πολλές εκτοξεύσεις πυραύλων πρόσθεσαν δορυφόρους στο σύστημα με ολοκλήρωση του το 1995. Το GLONASS είναι σήμερα το ακριβότερο πρόγραμμα της Ρωσικής Ομοσπονδιακής Υπηρεσίας Διαστήματος, που κατανάλωσε το ένα τρίτο του προϋπολογισμού της για το 2010.

4.1.5 IRNS

Το IRNS, είναι ένα αυτόνομο δορυφορικό σύστημα πλοήγησης το οποίο αναπτύσσει η Ινδία. Η απαίτηση ενός τέτοιου συστήματος πλοήγησης, καθοδηγείται από το γεγονός ότι η πρόσβαση στα παγκόσμια συστήματα δορυφορικής πλοήγησης δεν είναι εγγυημένη σε εχθρικές καταστάσεις. Ο πρώτος δορυφόρος αναμένεται να ξεκινήσει κατά τη διάρκεια του 2012-2013, ενώ η πλήρης συστοιχία έχει προγραμματιστεί να ολοκληρωθεί γύρω στο 2014.

Το προτεινόμενο σύστημα θα αποτελείται από έναν αστερισμό επτά δορυφόρων και ένα επίγειο τμήμα υποστήριξης. Τρεις από τους δορυφόρους του αστερισμού θα τοποθετηθούν σε γεωστατική τροχιά.

4.2 Τεχνικές Βασισμένες σε Επίγειο Δίκτυο

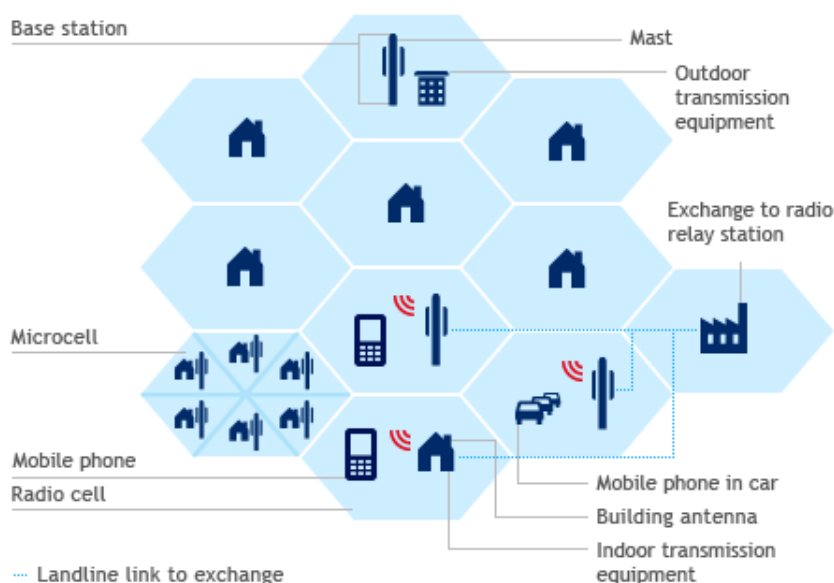
Οι τεχνικές βασισμένες σε επίγειο δίκτυο βασίζονται σε υποδομές που βρίσκονται στο έδαφος και αποτελούνται από τα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας και αριθμό άλλων ασύρματων δικτύων όπως το WiFi.

4.2.1 Κινητή Τηλεφωνία [23][24]

Το σύστημα επικοινωνιών αποτελείται από δύο βασικά μέρη, τους σταθμούς βάσης και τα φορητά τερματικά. Κάθε σταθμός βάσης εκπέμπει στην περιοχή εμβέλειας του σήμα για να είναι συνεχώς ορατός από τα κινητά τερματικά. Η περιοχή εμβέλειας του σταθμού βάσης ονομάζεται κυψέλη και το σύμπλεγμα όλων των κυψελών κυψελοειδές δίκτυο. Σε κάθε κυψέλη αντιστοιχεί ένα μοναδικό αναγνωριστικό, το Παγκόσμιο Αναγνωριστικό Κυψέλης (CGI – Cell Global Identifier) και αποτελείται από τα πιο κάτω τέσσερα πεδία και εκπέμπεται συνεχώς:

- Mobile Country Code – MCC – Κωδικός Χώρας
- Mobile Network Code – MNC - Κωδικός Παροχέα
- Location Area Code – LAC – Κωδικός Περιοχής
- Cell ID. – Υποσύνολο του Cell Global Identifier

Το κινητό τηλέφωνο, όσο βρίσκεται σε κατάσταση αναμονής, συνδέεται με την κυψέλη από την οποία λαμβάνει το ισχυρότερο σήμα και είναι σε θέση να γνωρίζει τον κωδικό της συνδεδεμένης κυψέλης. Κάθε φορά που μειώνεται η ισχύς του λαμβανόμενου σήματος κάτω από ένα όριο, τότε η συσκευή αναζητά άλλο πομπό με υψηλότερο σήμα σε άλλη κυψέλη. Συνήθως οι πάροχοι, για οικονομικούς λόγους, συγχωνεύουν τρεις κυψέλες σε ένα σταθμό βάσης. Το μέγεθος της κυψέλης κυμαίνεται από μερικές εκατοντάδες μέτρα μέχρι και 10 χιλιόμετρα και εξαρτάται από τον αριθμό των σταθμών ανά περιοχή. Σε απομακρυσμένες περιοχές ή αγροτικές περιοχές οι κυψέλες είναι κατά πολύ μεγαλύτερες σε σχέση με τις αστικές περιοχές. Τυπικό διάγραμμα της βασικής διάταξη ενός δικτύου κινητής τηλεφωνίας φαίνεται στο σχήμα 14 πιο κάτω.



Σχήμα 14: Κυψέλες Κινητής Τηλεφωνίας [23][24]

Η εκτίμηση της θέσης μίας κινητής συσκευής μπορεί να γίνει από τον παροχέα της υπηρεσίας ή από την ίδια την συσκευή. Στις ΗΠΑ υπάρχει νομοθεσία που καθορίζει ότι όλοι οι πάροχοι πρέπει να μπορούν να εντοπίσουν μία κινητή συσκευή με ακρίβεια 100-300 μέτρα όταν πραγματοποιείται κλήση προς την γραμμή επείγουσας ανάγκης 911 [27]

Η εκτίμηση θέσης από την πλευρά του παροχέα μπορεί να γίνει με ένα από τους ακόλουθους τρόπους:

- **Time (Difference) of Arrival (ToA).** Λαμβάνεται υπόψη η χρονική καθυστέρηση στην λήψη του σήματος που εξέπεμψε το κινητό από τις γειτονικές κυψέλες. Όπως και στα Δορυφορικά Συστήματα Εντοπισμού θέσης, υπολογίζεται η απόσταση μεταξύ του κινητού και των κεραιών και από εκεί υπολογίζεται κατά προσέγγιση η θέση της συσκευής.
- **Angle of Arrival (AoA)** . Αντίστοιχα με το ToA, υπολογίζεται η γωνία άφιξης του σήματος από τις κυψέλες. Η γωνία προκύπτει από την χρονική καθυστέρηση ανάμεσα στα διαδοχικά στοιχεία της στοιχο-κεραίας της κυψέλης. Με βάση των δύο γωνιών υπολογίζεται κατά προσέγγιση η θέση της συσκευής.

Στην περίπτωση της εκτίμησης θέσης από την ίδια την συσκευή δεν χρειάζεται οποιοδήποτε εξειδικευμένο λογισμικό και υλισμικό. Η κινητή συσκευή μπορεί να υπολογίζει την θέση της με μία από τις ακόλουθες μεθόδους:

Enhanced Observed Time Difference (E-OTD). Πρόκειται για μια απλή επίγεια υλοποίηση του GPS. Οι σταθμοί βάσης συγχρονίζονται και εκπέμπουν ταυτόχρονα της θέση τους και με χρόνο-σφραγίδα στην κάθε εκπομπή τους. Η κινητή συσκευή λαμβάνει το σήμα από τις κοντινότερες σε αυτό κεραιές και υπολογίζει τη απόσταση από την κάθε κεραιά και σε συνέχεια την δική της θέση.

Cell of Origin (COO). Σε αντίθετη περίπτωση με την E-OTD, το κινητό λαμβάνει υπόψη μόνο την κυψέλη με την οποία είναι συνδεδεμένο καθώς και τη λαμβανόμενη ισχύ από αυτήν την κυψέλη και επιχειρεί να εκτιμήσει την θέση του στο χώρο. Η εύρεση της κυψέλης, ή των τριών κυψέλων, είναι απλή και δίνεται από τον κωδικό CGI – Cell Global Identifier. Με βάση την ισχύ του σήματος θα υπολογιστεί σε ποια ακτίνα από την βάση βρίσκεται η συσκευή.

4.2.2 VOR (VHF Omnidirectional range) [1][25]

Το VHF Omnidirectional Range σύστημα πλοήγησης, VOR, ήταν ίσως η πιο σημαντική εφεύρεση στην αεροπορία, πλην του κινητήρα τζετ. Με αυτό, ο χειριστής μπορεί απλά και με ακρίβεια να πετάξει από το σημείο Α στο σημείο Β.

Η γενίκευση της VORs ξεκίνησε στις αρχές της δεκαετίας του 1950 και 60 χρόνια αργότερα εξακολουθεί να είναι το κύριο σύστημα πλοήγησης, στη συντριπτική πλειονότητα των αεροσκαφών.

Η βασική αρχή της λειτουργίας του VOR είναι πολύ απλή. Ο επίγειος σταθμός VOR εκπέμπει δύο σήματα ταυτόχρονα. Το ένα είναι σταθερό σε όλες τις κατευθύνσεις, ενώ το άλλο είναι περιστρεφόμενο γύρω από το σταθμό. Ο εναέριος εξοπλισμός που λαμβάνει και τα δύο σήματα, βρίσκει (ηλεκτρονικά) τη διαφορά μεταξύ των δύο σημάτων, και ερμηνεύει το αποτέλεσμα ως μία συγκεκριμένη γωνιά από το σταθμό.

Αυτό το εκτεταμένο σύστημα αποτελείται από αρκετές εκατοντάδες επίγειους σταθμούς, συνήθως εγκατεστημένους σε αεροδρόμια, που μεταδίδουν σήματα πλοήγησης και καθοδήγησης που χρησιμοποιούνται από τα αεροσκάφη κατά την πτήση. Τα σήματα VOR μεταδίδονται με άμεση οπτική επαφή (line-of-sight). Τυχόν εμπόδια (κτίρια, βουνά ή άλλα χαρακτηριστικά του εδάφους, όπως η καμπυλότητα της γης) μπλοκάρουν τα σήματα VOR και περιορίζουν την απόσταση στην οποία λαμβάνονται. Στο σχήμα 15 φαίνεται μια διάταξη VOR.



Σχήμα 15: VOR Base station [23]

4.2.3 Υπέρυθρες (Laser) και Bluetooth

Η χρήση δικτύου από πομπούς και δέκτες υπέρυθρων/ bluetooth αποτελεί τις πρώτες υλοποιήσεις συστημάτων εντοπισμού θέσης σε εσωτερικούς χώρους. Η εμβέλεια τους είναι πολύ περιορισμένη λόγω των μικρών αποστάσεων εκπομπής και του γεγονότος ότι χρειάζεται οπτική επαφή μεταξύ των συστημάτων. Για τέτοια συστήματα εγκαθίστανται σε γνωστά σταθερά σημεία πομποί ή λήπτες σήματος ανάλογα με την περίπτωση. Τα άτομα ή οι συσκευές φέρουν σε εμφανές μέρος ένα πομπό/δέκτη και ανάλογα με σε πιο χώρο βρίσκονται ο ανάλογος δέκτης αναφέρει την θέση τους στο κεντρικό σύστημα.

4.2.4 RFID

Η χρήση δικτύου από πομπούς και δέκτες RFID αποτελεί ένα μεγάλο πεδίο μελέτης και εφαρμογής στις μέρες μας. Η εμβέλεια τους είναι πολύ περιορισμένη λόγω των μικρών αποστάσεων εκπομπής αλλά αυτό το μειονέκτημα μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σαν πλεονέκτημα σε εφαρμογές όπου θέλουμε να εγκαταστήσουμε χιλιάδες RFID tags πχ πολυκαταστήματα. Για τέτοια συστήματα εγκαθίστανται σε γνωστά σταθερά σημεία δέκτες σήματος. Τα άτομα ή οι συσκευές φέρουν σε εμφανές μέρος ένα πομπό/δέκτη και ανάλογα σε πιο χώρο βρίσκονται ο ανάλογος δέκτης αναφέρει την θέση τους στο κεντρικό σύστημα.

4.2.5 Ασύρματα Δίκτυα 802.11 (WiFi)

Όλα τα δίκτυα υπολογιστών υπάγονται στα πρότυπα που έχουν καθοριστεί από διεθνείς οργανισμούς (IEEE 802.1). Καταλαμβάνουν το φάσμα των συχνοτήτων 2.4 GHz και 5GHz. Η ευκολία δημιουργίας των ασύρματων δικτύων καθώς και το χαμηλό τους κόστος έδωσε μεγάλη ώθηση στην εγκατάσταση δικτύων σε εταιρείες, πανεπιστήμια, σπίτια και γενικά σε κάθε χώρο όπου ζει και κινείται ο άνθρωπος.

Το έργο Light painting WiFi [26] διερευνά το αόρατο πεδίο των WiFi δικτύων σε αστικούς χώρους μεταφέροντας την ισχύ του σήματος σε φως με την ζωγραφική σε μεγάλη έκθεση φωτογραφιών. Μια ψηλή ράβδος μέτρησης με 80 σημεία φωτός (LED) αποκαλύπτει τα σήματα WiFi σε ένα περιβάλλον με την μετακίνηση της ράβδους σε συνεχή σημεία και την λήψη των φωτογραφιών σε κάθε σημείο. Με μια νέα τεχνική όλες οι φωτογραφίες ενσωματώνονται σε μία όπως στο Σχήμα 16 πιο κάτω.

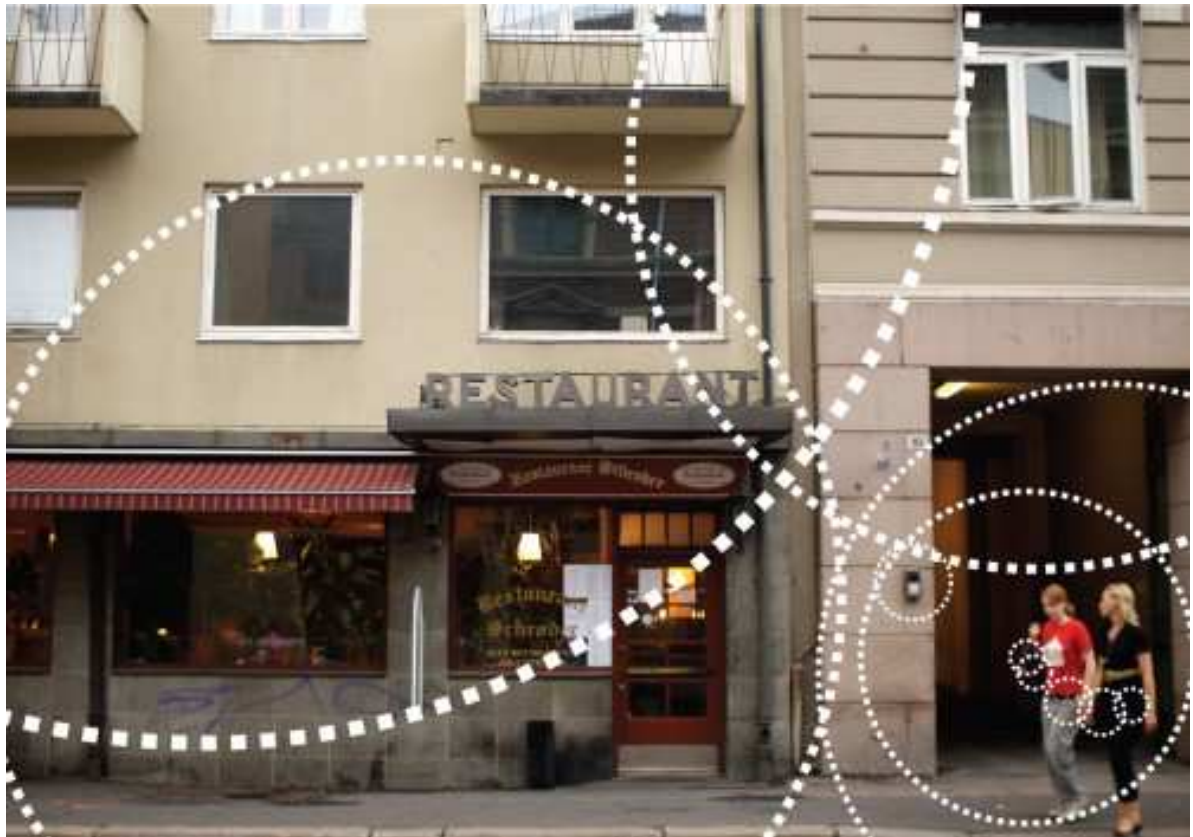


Σχήμα 16: Light painting WiFi Project

Στην ταινία *Wireless στον κόσμο 2* [27], φαίνεται πως η τεχνολογία WiFi έχει εξαπλωθεί παντού επικαλύπτονται αστικούς χώρους. Η ταινία έχει γίνει ως συνέχεια σε πείραμα και έχει σχεδιαστεί ειδικά για την έκθεση σε HABITAR at LABoral Centro de Artye Creación Industrial.

Εδώ είναι ένα απόσπασμα από την περιγραφή της έκθεσης:

“Utopian and radical architects in the 1960s predicted that cities in the future would not only be made of brick and mortar, but also defined by bits and flows of information. The urban dweller would become a nomad who inhabits a space in constant flux, mutating in real time. Their vision has taken on new meaning in an age when information networks rule over many of the city’s functions, and define our experiences as much as the physical infrastructures, while mobile technologies transform our sense of time and of space.”



Σχήμα 17: Wireless στον κόσμο 2 [27]

Ας εξετάσουμε ενδελεχώς το τρόπο λειτουργίας του WIFI ώστε να μπορέσουμε να κατανοήσουμε για πιο λόγο μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε την τεχνολογία αυτή για την εύρεση θέσης μια συσκευής. Τα βασικά μηχανήματα είναι τα σημεία σύνδεσης (access point) τα οποία συνδεόμαστε στο δίκτυο μας (LAN) και οι αντένες που εκπέμπουν και λαμβάνουν ραδιοκύματα στην συχνότητες 2.4MHz και/ή 5MHz. Οι κινητές συσκευές μπορούν να επικοινωνήσουν με τις συσκευές αυτές και να ανταλλάξουν πακέτα δεδομένων τα οποία περιέχουν σημαντικά στοιχεία όπως η ισχύ του σήματος (rssi), ο τύπος του ασύρματου δικτύου (type), η ασφάλεια του δικτύου (encryption) , ο κωδικός αναγνώρισης της συσκευής (ssid), η διεύθυνση MAC (mac) και άλλα. Το βεληνεκές του σήματος φτάνει περίπου 100 μέτρα για να μην υπάρχουν πιθανά προβλήματα υγείας στους ανθρώπους με την αύξηση περισσότερο της ισχύς του σήματος.

Κάθε συσκευή που βρίσκεται εντός της περιοχής κάλυψης του σημείου σύνδεσης (Access Point) λαμβάνει πακέτα και μπορεί να γνωστοποιήσει την ύπαρξη της και την ισχύ σήματος με την οποία παρέλαβε το πακέτο. Όπως είναι προφανές, όσο πιο κοντά είναι οι δύο συσκευές τόσο ισχυρότερο θα είναι και το σήμα.

4.3 Υφιστάμενες Εφαρμογές για Δίκτυα WiFi και GSM

4.3.1 Placelab [29]

Οι περισσότερες μέθοδοι εντοπισμού θέσης είναι περίπλοκες και απαιτείται μεγάλη δαπάνη παρά το μικρό συγκριτικά κόστος των κινητών συσκευών. Το PlaceLab έχει αναπτυχθεί για να προσφέρει χαμηλό κόστος και ευκολία στην εγκατάσταση και λειτουργία του. Το Place Lab χρησιμοποιεί πομπούς ραδιοκυμάτων όπως 802.11, GSM και Bluetooth beacons για να εκτιμήσει την θέση μιας συσκευής. Η αρχή αυτού του έργου βασίστηκε στην χρήση της έτοιμης υποδομής από σταθμούς αλλά και με βάση τις δυνατότητες των σημερινών συσκευών οι οποίες έχουν ενσωματωμένες αυτές τις τεχνολογίες.

Για να χρησιμοποιήσει κανείς το PlaceLab, δεν χρειάζεται να αγοράσει άλλες συσκευές αλλά μπορεί να κάνει χρήση των κινητών τηλεφώνων, των PDA και κάθε είδους Η/Υ . Επειδή το PlaceLab ήταν μία νέα τεχνική η οποία άρχισε το 2003 από την Intel Research Laboratory στο Seattle, πήρε καιρό για να γίνει γνωστή και στις μέρες μας έχει πλήρως σταματήσει κάθε προσπάθεια για επένδυση στην εξέλιξη και στην προώθησή της. Το PlaceLab δίνει την δυνατότητα εύρεσης της θέσης σε εσωτερικούς και εξωτερικούς χώρους. Οι PlaceLab χρήστες μπορούν να βρουν την θέση τους με την λήψη και ανάλυση ενεργών σημάτων από διάφορες πηγές χωρίς να χρειάζεται οποιαδήποτε ανταλλαγή σημάτων ή συνεχής σύνδεση. Αυτές οι πηγές είναι τα 802.11 access points, πύργοι εκπομπής κινητής τηλεφωνίας, και σταθερές συσκευές . Όλες οι συσκευές που εκπέμπουν έχουν κάποιο διακριτό κωδικό (πχ CGI – Cell Global Identifier, το MAC Address) , ο οποίος χρησιμοποιείται από τις κινητές συσκευές για το υπολογισμό της θέσης τους. Η κάθε συσκευή εντοπίζει την θέση της χρησιμοποιώντας μια τοπικά αποθηκευμένη βάση όπου περιέχονται τα στοιχεία που αφορούν την θέση των γύρω σταθμών.

Το PlaceLab περιέχει εργαλεία ούτως ώστε ο καθένας να δημιουργεί τους δικούς του χάρτες και να το χρησιμοποιεί στην δική του περιοχή. Περιλαμβάνει προγράμματα για κινητές συσκευές κινητής τηλεφωνία με λειτουργικό σύστημα S60 αλλά και για όλα τα διαθέσιμα λειτουργικά συστήματα.

Το 2006 τα ερευνητικά εργαστήρια της INTEL σταμάτησαν την ενεργή ανάπτυξη του PlaceLab και την περαιτέρω έρευνα και παραγωγή κώδικα. Δυστυχώς αφαιρέθηκε και μεγάλο κομμάτι

της λειτουργικότητας του PlaceLab, που ως τότε αποτελούσε ανοικτό κώδικα, που πλέον το καθιστά μη λειτουργικό.

4.3.2 Skyhook [30]

Το GNSS παρέχει εξαιρετικά ακριβή αποτελέσματα θέσης στο "ανοικτό ουρανό", όπως αγροτικές περιοχές και στις εθνικές οδούς. Ωστόσο, στις αστικές περιοχές, σε εσωτερικούς χώρους και σε ψηλά κτίρια μπλοκάρεται η θέα στους δορυφόρους του GNSS, με αποτέλεσμα σοβαρές ελλείψεις σε απόδοση, ακρίβεια και διαθεσιμότητα. Η χρήση των κυψέλων των δικτύων Κινητής τηλεφωνίας, με μέθοδο τριγωνισμού, παρέχει αποτελέσματα με ακρίβεια μόνο 200 - 1000 μέτρων.

Το Skyhook είναι ένα λογισμικό σύστημα που βρίσκει γρήγορα τη θέση της συσκευής με ακρίβεια 10 έως 20 μέτρα. Για να υπολογιστεί γρήγορα και αξιόπιστα το αποτέλεσμα, το Skyhook συλλέγει δεδομένα από σημεία πρόσβασης Wi-Fi, δορυφόρους GPS και τους πύργους κυττάρων με χρήση προηγμένων αλγόριθμων εντοπισμού θέσης. Αξιοποιώντας τα πλεονεκτήματά του, λόγω της χρήσης περισσότερης από μίας τεχνολογίας, το Skyhook παρέχει τον καλύτερο δυνατό τρόπο εντοπισμού μιας συσκευής σε οποιοδήποτε περιβάλλον.

Μια φορητή συσκευή με Skyhook συλλέγει δεδομένα από καθεμία από τις διάφορες πηγές και στη συνέχεια στέλνει αυτά τα δεδομένα στο κεντρικό σύστημα και του επιστρέφεται η εκτίμηση της τοποθεσίας του. Η συμπεριφορά αυτή ελαχιστοποιεί το κόστος των δεδομένων του χρήστη, ενώ ταυτόχρονα μεγιστοποιεί την διάρκεια ζωής της μπαταρίας της συσκευής του.

Το Skyhook του αξιοποιεί:

- Μια τεράστια βάση δεδομένων αναφοράς της Wi-Fi
- Σημεία πρόσβασης των Δικτύων Κινητής Τηλεφωνίας
- Πατενταρισμένους πρωτοποριακούς αλγόριθμους εύρεσης θέσης
- Ανεπεξέργαστα δεδομένα θέσης από κάθε πηγή

Το Skyhook είναι ενσωματωμένο στο MapQuest Android app και προσφέρει μια βελτιωμένη εμπειρία πλοήγησης για κινητά με λειτουργικό Android. Αυτή είναι η πρώτη εφαρμογή με πλήρη ανάπτυξη του συστήματος Skyhook η οποία μπορεί να συνδυαστεί με άλλες πηγές αναφορά όπως το Google Maps. Η GadgetTrak Inc, παρέχει καινοτόμες αντικλεπτικές λύσεις προστασίας δεδομένων για κινητές συσκευές για τον εντοπισμό των συσκευών σε περίπτωση κλοπής τους. Η

εφαρμογή χρησιμοποιεί την τεχνολογία Skyhook για να εντοπίσει τη θέση, και στην συνέχεια την εφαρμογή Flickr για να φωτογραφήσει τους κλέφτες. Η εταιρεία έχει 95% ποσοστό ανάκτησης για όλες τις συσκευές που τρέχουν GadgetTrak.

Το Skyhook χρησιμοποιεί ένα τεράστιο δίκτυο αναφοράς και αποτελείται από γνωστές θέσεις πάνω από 250 εκατομμυρίων Wi-Fi σημείων πρόσβασης και πύργους κινητής τηλεφωνίας. Για την ανάπτυξη αυτής της βάσης δεδομένων, το Skyhook έχει μισθώσει οδηγούς και έχουν ερευνήσει κάθε δρόμο, αυτοκινητόδρομο, και σοκάκι σε δεκάδες χιλιάδες μικρές και μεγάλες πόλεις σε όλο τον κόσμο, με την σάρωση για σημεία πρόσβασης Wi-Fi και πύργων κυττάρων κινητής τηλεφωνίας αποτυπώνοντας τις ακριβείς γεωγραφικές θέσεις τους. Εκτεταμένη περιοχή κάλυψης του Skyhook περιλαμβάνει τις περισσότερες από τις μεγάλες μητροπολιτικές περιοχές στη Βόρεια Αμερική, την Ευρώπη, την Ασία και την Αυστραλία.

Οποιοσδήποτε μπορεί να βοηθήσει το Skyhook, για περαιτέρω βελτίωση της κάλυψής του με σημεία πρόσβασης Wi-Fi, με την υποβολή ενός σημείου πρόσβασης στην βάση δεδομένων Wi-Fi. Η βάση δεδομένων του Skyhook, όσο αφορά σημεία πρόσβασης Wi-Fi και πύργων κυττάρων κινητής τηλεφωνίας, είναι η μεγαλύτερη και σημαντικότερη στον κόσμο. Το Skyhook διατηρεί την ακρίβεια αυτής της βάσης δεδομένων μέσω μιας συνεχούς και διαρκούς διαδικασίας παρακολούθησης των δεδομένων, ανάλυση τους και συνεχή συλλογή νέων δεδομένων. Τα τρία κύρια στοιχεία είναι τα εξής:

- Το Skyhook αναπτύσσει ένα στόλο από οχήματα συλλογής δεδομένων και προβαίνουν σε λεπτομερή έρευνα των περιοχών κάλυψης
- Καθώς όλο και περισσότεροι χρήστες ενημερώνουν από τις κινητές συσκευές την βάση δεδομένων γίνεται ανάλυση και ανανέωση των στοιχείων (Self-Healing Network)
- Γίνεται περιοδική επανα-σάρωση των περιοχών για εμπλουτισμό, ενημέρωση και διόρθωση των στοιχείων

Η ακρίβεια και ταχύτητα του Skyhook είναι συγκριτικά καλύτερη από το GPS και A-GPS (Assisted GPS) όπως φαίνεται στο Πίνακα 2 πιο κάτω.

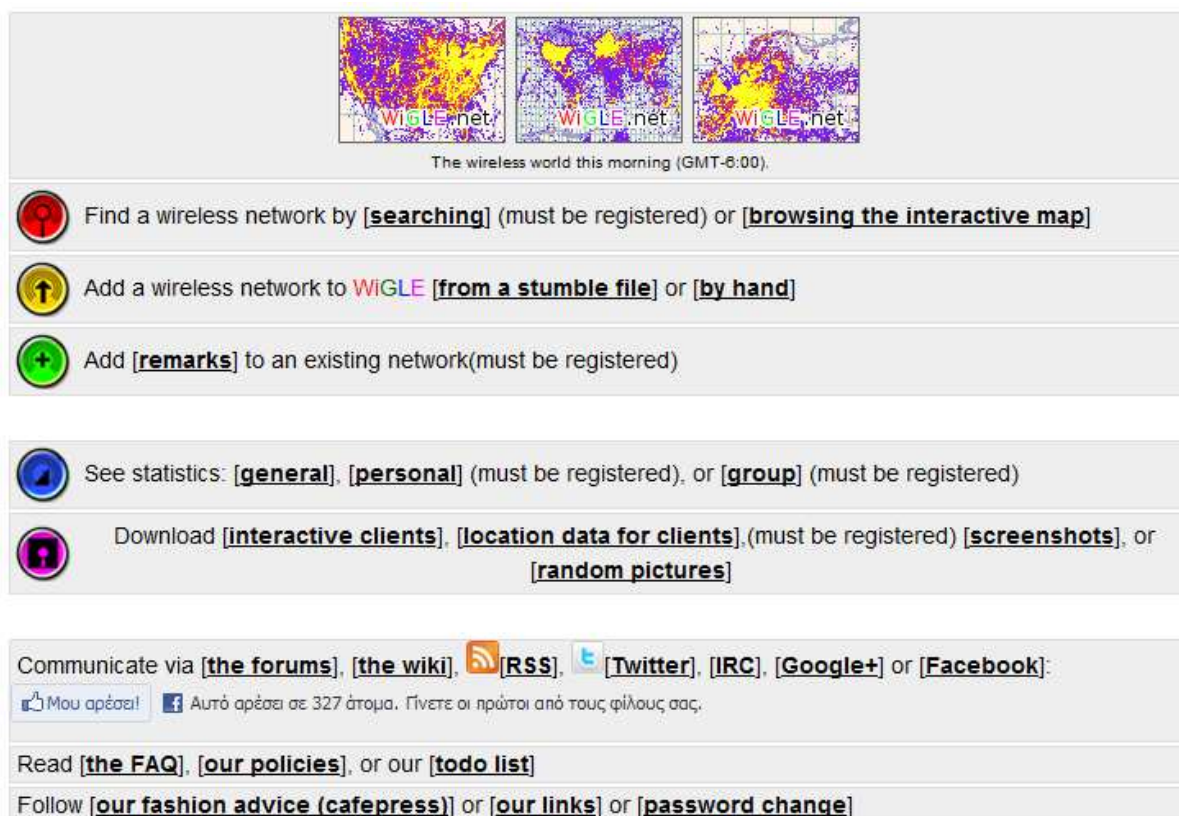
	Skyhook	GPS	A-GPS
Accuracy	10 meters	10 meters	30 meters
Availability	99.8%	80.0%	95%
Time-To-First-Fix	1 sec	65 sec	30 sec

Πίνακας 2: Σύγκριση Skyhook, GPS και A-GPS

Το Skyhook προσφέρει καλύτερη πρόσβαση σε συγκεκριμένες πληροφορίες, για εύρεση κλεμμένων συσκευών, τη βελτίωση της πλοήγησης και τα ταξίδια και για πιο ουσιαστική επικοινωνία. Ωστόσο, ο καθορισμός της ακριβή φυσικής τοποθεσία του καθενός είναι προσωπικά στοιχεία και θα πρέπει να χρησιμοποιείται μόνο σε πολύ περιορισμένο τρόπο στην οποία ο χρήστης να έχει τον έλεγχο.

4.3.3 Wigle.net [31]

Το Wigle.net είναι μια παγκόσμια βάση δεδομένων που έχει ως στόχο την συνεχή χαρτογράφηση περιοχών και των αντίστοιχων ασύρματων δικτύων, ώστε να είναι σε θέση να παρέχει τις πληροφορίες αυτές σε όποιον τις ζητήσει. Η χαρτογράφηση γίνεται από το κοινό που ενδιαφέρεται για το στόχο αυτό, και υποβάλει τα δεδομένα που συνέλεξε ούτως ώστε να εμπλουτίσει την βάση δεδομένων. Στο Σχήμα 18 πιο κάτω φαίνεται η εφαρμογή εύρεσης των σημείων και ο χάρτης μικρής περιοχής κοντά στο παλιό λιμάνι Λεμεσού. Σε κοντινότερο πλάνο ξεχωρίζουμε και τα βασικά στοιχεία των σημείων πρόσβασης όπως Mac address, ονομασία κ.α.



The wireless world this morning (GMT-6:00)

Find a wireless network by [\[searching\]](#) (must be registered) or [\[browsing the interactive map\]](#)

Add a wireless network to WIGLE [\[from a stumble file\]](#) or [\[by hand\]](#)

Add [\[remarks\]](#) to an existing network (must be registered)

See statistics: [\[general\]](#), [\[personal\]](#) (must be registered), or [\[group\]](#) (must be registered)

Download [\[interactive clients\]](#), [\[location data for clients\]](#), (must be registered) [\[screenshots\]](#), or [\[random pictures\]](#)

Communicate via [\[the forums\]](#), [\[the wiki\]](#), [\[RSS\]](#), [\[Twitter\]](#), [\[IRC\]](#), [\[Google+\]](#) or [\[Facebook\]](#):

Μου αρέσει! Αυτό αρέσει σε 327 άτομα. Γίνετε οι πρώτοι από τους φίλους σας.

Read [\[the FAQ\]](#), [\[our policies\]](#), or our [\[todo list\]](#)

Follow [\[our fashion advice \(cafepress\)\]](#) or [\[our links\]](#) or [\[password change\]](#)

Σχήμα 18: Επιλογές του Wigle.net



[Link to this map](#)

Latitude:

Longitude:

U.S. Geocoding:

Street Address:

City:

State: Zip:

Filter By:

SSID:

BSSID:

Start Year:

End Year:

Possible FreeNet

Possible Commercial Net

First Discovered By Me

Wifi Net

GSM Cellular Net

CDMA Cellular Net

Σχήμα 19: Χάρτης WIGLE.net

4.3.4 Verizon Wireless WiFi Location Service API [32]

Η Verizon Wireless WiFi Υπηρεσία ξεκίνησε το 2010. Η υπηρεσία WiFi είναι μέρος της Verizon NavBuilder (NBI) SDK LBS που περιλαμβάνει ένα Location Kit API που παρέχει μια ενιαία βιβλιοθήκη για διάφορες πλατφόρμες και συσκευές (Android, BB, BREW, Windows) που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να ζητήσει πληροφορίες για τη θέση της συσκευής. Η Verizon υποστηρίζει τρεις διαφορετικές μεθόδους για την απόκτηση πληροφοριών για τον εντοπισμό:

- WiFi . Χρησιμοποιεί τα ορατά δίκτυα Wi-Fi όταν η συσκευή μπορεί να υπολογίσει τη θέση της με περισσότερη ακρίβεια από ότι με την χρήση των σταθμών κινητής τηλεφωνίας σε περιοχές όπου η κάλυψη WiFi είναι διαθέσιμη (δηλαδή αστική).
- ID κυψέλων κινητής τηλεφωνίας. Χρησιμοποιεί την δική της βάση δεδομένων κινητής τηλεφωνίας για πιο ακριβή τοποθέτηση έτσι ώστε να γνωρίζει επακριβώς όλα τα στοιχεία όπως ταυτότητας κυψέλης, ID τομέα, κυψέλες, τοποθεσία πύργου, και γι' αυτό παρέχει καλύτερη ακρίβεια και την ενημέρωση σε σύγκριση μόνο με τα στοιχεία των κυψέλων.

- GPS. Χρησιμοποιεί το chipset GPS σε συσκευές που μπορούν να λάβουν πληροφορίες GPS χωρίς τη βοήθεια του δικτύου.

Οι πιο πάνω υπηρεσίες έχουν πολύ διαφορετικά χαρακτηριστικά, και ειδικοί αλγόριθμοι αποφασίζουν πώς να χρησιμοποιούν αποτελεσματικά τα διάφορα στοιχεία και παρέχουν την καλύτερη δυνατή ακρίβεια στο χρήστη. Δεν υπάρχει κόστος για τους προγραμματιστές. Η πηγή πληροφοριών είναι Wi-Fi, GPS και πύργοι κινητής τηλεφωνίας. Υποστηρίζει συσκευές με λειτουργικά Android, RIM Blackberry, BREW και Windows Mobile.

4.3.5 Apple iPhone WiFi Location Service API [33]

Ξεκινώντας από τον Απρίλιο του 2010, με το iPhone με έκδοση του λειτουργικού συστήματος 3.2, η Apple άρχισε να χρησιμοποιεί τη δική της βάση δεδομένων για σημεία πρόσβασης WiFi για να υπάρχει η δυνατότητα προσδιορισμού της τοποθεσία μιας κινητής συσκευής. Δεν χρησιμοποιεί πλέον το Skyhook ούτε το Google για τις νέες εκδόσεις των συσκευών της. Δεν υπάρχει κόστος για τους προγραμματιστές και η υπηρεσία βασίζεται σε Wi-Fi και GPS. Υποστηρίζει πλατφόρμες iPhone και iPod. Υπάρχει αριθμός εταιριών που έχουν χρησιμοποιήσει την προαναφερόμενη υπηρεσία από την Apple και δημιουργήσουν εφαρμογές για το iPhone όπως τα BuddyBeacon, EarthComber, Navizon, Fire Eagle, Lightpole κ.α. Όλο και νέες υπηρεσίες εμφανίζονται καθημερινά για τα iPhone και Ipad's λόγω της μεγάλης διάδοσης τους. Για παράδειγμα η υπηρεσία Vidappe [53], υπενθυμίζει στους χρήστες του δωρεάν εκπτώσεις, σε πραγματικό χρόνο, κάθε φορά που είναι κοντά σε κατάστημα που παρέχει έκπτωση στην αγορά των προϊόντων και υπηρεσιών του.

4.3.6 Google WiFi Location Service API [34]

Ξεκίνησε το 2008 και πρόσθεσε πληροφορίες WiFi σε βάση δεδομένων του δικτύου για το Gears Geolocation API. Το Google Gears είναι ένα plugin ή add-on για αρκετά προγράμματα περιήγησης, και ένα ενσωματωμένο Chrome της Google beta, που επιτρέπει στις εφαρμογές Web, για να συνεχίζουν τη λειτουργία όταν η συσκευή είναι offline. Το API Geolocation προσθέτει αρκετές κλήσεις που σχετίζονται με τη θέση. Προηγουμένως, η Google επικεντρώθηκε σε κινητές συσκευές, χρησιμοποιώντας τις πληροφορίες από σταθμούς βάσης κυψέλης, που συγκεντρώνουν τα τηλέφωνα για να διατηρήσουν απρόσκοπτη φωνητική υπηρεσία,

ενημερώνοντας μια βάση δεδομένων της Google. Κινητές πλατφόρμες με συσκευές που υποστηρίζονται από Android μπορούν να χρησιμοποιήσουν το πιο πάνω σύστημα.

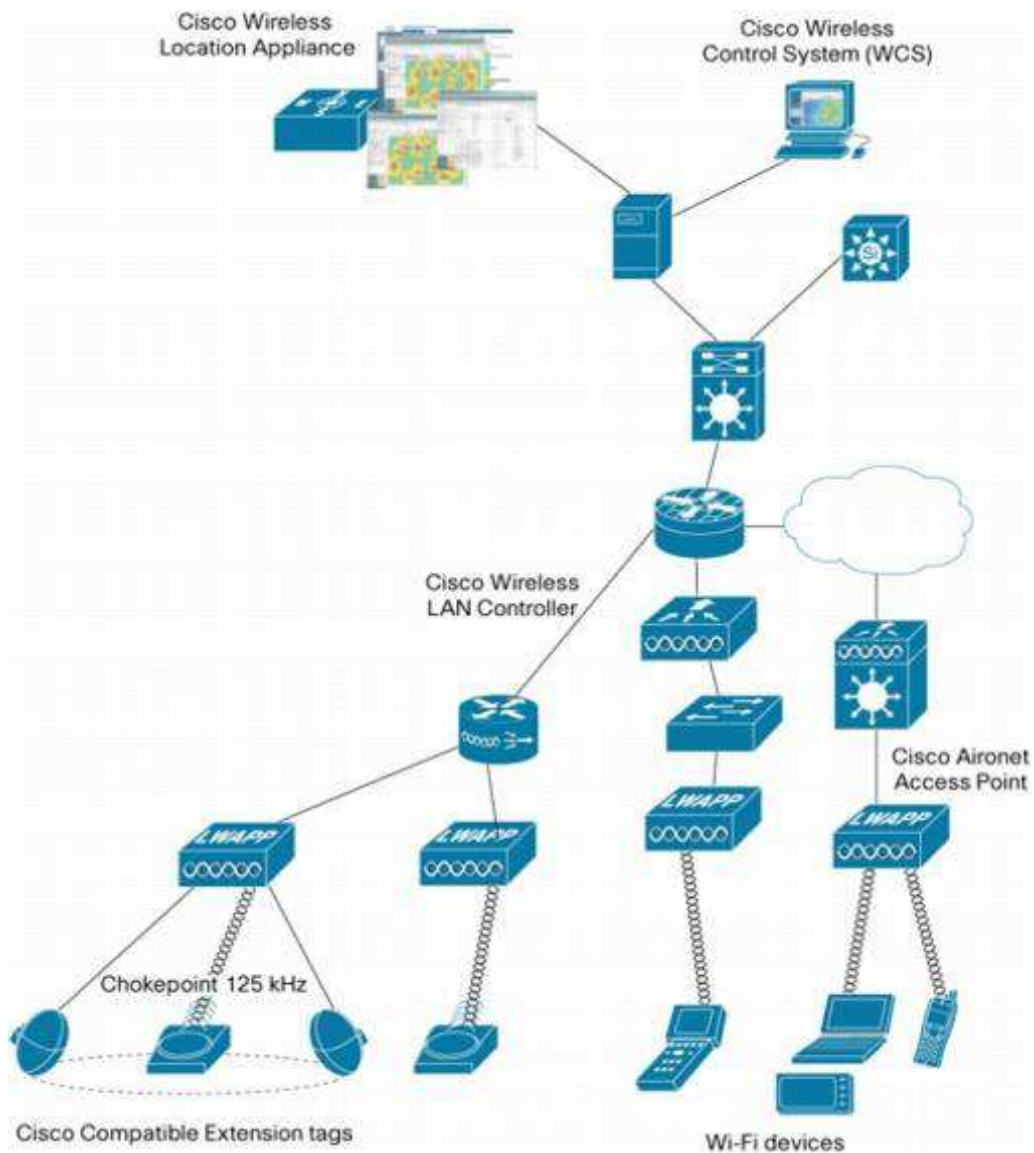
4.3.7 CISCO Devices [35]

Η CISCO, η μεγαλύτερη εταιρία στον κόσμο παροχής λύσεων δικτυακών υποδομών, έχει δημιουργήσει μία γκάμα προϊόντων (software και hardware) στην τεχνολογία εύρεση θέσης. Η λύση Cisco® Wireless Location Appliance είναι η πρώτη λύση που επιτρέπει την ταυτόχρονη εύρεση χιλιάδων 802.1 ασύρματων συσκευών απευθείας από το WLAN , μεγιστοποιώντας την εύρεση συσκευών και διαχείριση των συσκευών σε περιβάλλον RF. Επίσης μπορεί να στείλει αυτόματα ειδοποιήσεις για τις θέσεις των συσκευών βάση κανόνων (πχ εάν μία συσκευή βγει εκτός καθορισμένης περιοχής) και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για υπηρεσίες όπως Enhanced 911 (E911) [16], διαχείρισης υλισμικού (asset management) και συστημάτων αυτοματοποίησης ενεργειών (Workflow automation). Οι λύσεις αυτές μπορούν να εφαρμοστούν σε όλες τους τομείς όπως υγείας, κατασκευές, βιομηχανία, λιανικό εμπόριο, οικονομίας κ.α. Το Σχήμα 20 δείχνει το Cisco 2700 Series Wireless Location Appliance.



Σχήμα 20: Cisco 2700 Series Wireless Location Appliance [35]

Η λύση της CISCO περιλαμβάνει τα Cisco Wireless Location Appliances σε συνεργασία με το Cisco Wireless Control System (WCS), το Cisco LAN Controllers, και το Cisco Aironet Access Points όπως φαίνεται στο σχήμα 21

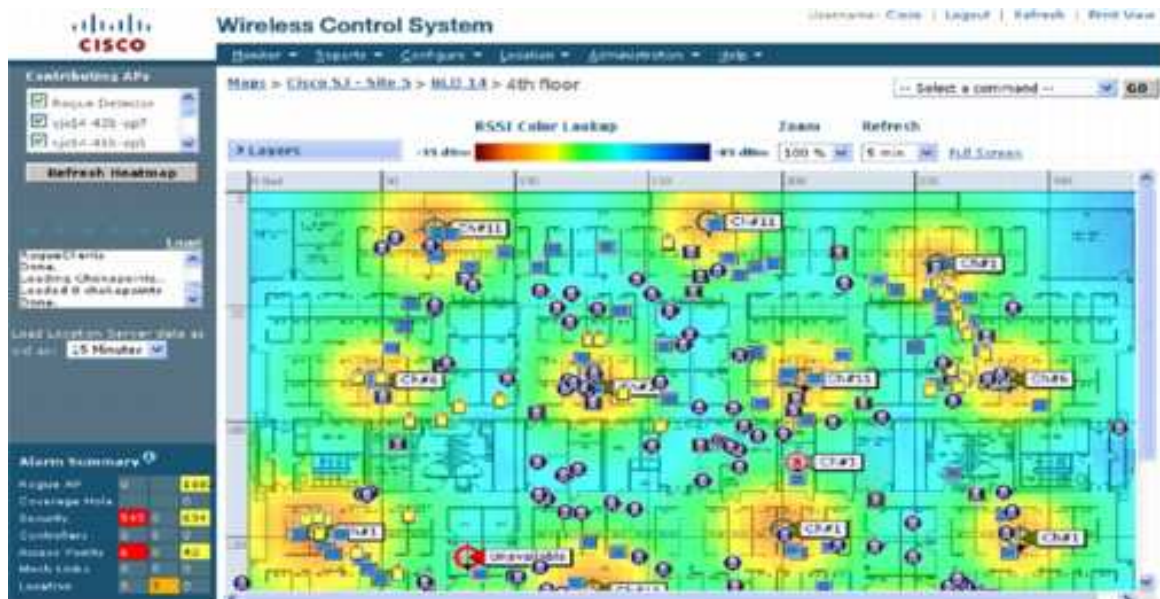


Σχήμα 21: Λύση της CISCO για LBS [35]

Η CISCO δίνει λύσεις σε μεγάλο εύρος εφαρμογών και περιοχών εφαρμογής προσφέροντας υπηρεσίες:

- Εύρεσης θέσης με χρήση συσκευών εκπομπής RF (Chokepoint) και WI-FI tags και εντοπίζοντας τα tags με ακρίβεια μερικών μέτρων / εκατοστών σε εσωτερικούς χώρους
- Παρακολούθηση πορείας μιας συσκευής και παρουσίαση της σε γεωγραφικό ή τοπογραφικό χάρτη
- Υπηρεσίες που έχουν να κάνουν με την ασφάλεια πληροφοριών και επιτρέπουν στο προσωπικό ασφαλείας ενός οργανισμού να εντοπίσει σημεία που υπάρχει απειλή για την ασφάλεια της εταιρία πχ σημεία πρόσβασης (Access Points) που έχουν εγκατασταθεί παράνομα

Το σχήμα 22 δείχνει ένα χάρτη του συστήματος της CISCO με όλα τα σημεία πρόσβασης (Access points).



Σχήμα 22: Cisco Wireless Control system – Access Points map [35]

Η λύση της Cisco δίνει μεγάλο αριθμό πλεονεκτημάτων για τις εταιρίες όπως :

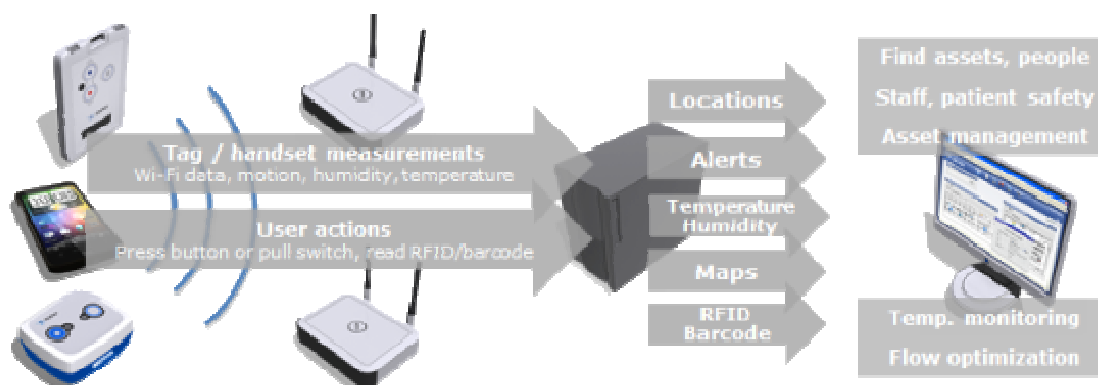
- Εύρεση θέσης με μεγάλη ακρίβεια
- Δημιουργία αυτόματων ειδοποιήσεων διάφορων χαρακτηριστικών όπως αλλαγή θέσης συσκευής, συσκευή εκτός ορίων, όριο μπαταρίας συσκευής Tag Wi-Fi.
- Υπάρχει ευκολία αναβάθμισης και επέκτασης των Υπηρεσιών
- Το συνολικό κόστος λειτουργίας (TCO) είναι χαμηλό
- Η εφαρμογή είναι εύκολή και συνδέεται εύκολα με την υφιστάμενη υποδομή.
- Παρέχει ευελιξία με τον εντοπισμό όλων των συσκευών 802.11 όπως κινητά τηλέφωνα, φορητοί Η/Υ, PDA, RFID Devices, RF tags

Πιο κάτω θα δούμε πως αριθμός εταιριών χρησιμοποιεί τις συσκευές υποδομής της Cisco και με δικά τους μηχανήματα και λογισμικό προσφέρουν λύσεις σε μεγάλο εύρος υπηρεσιών και τομέων.

4.3.8 Ekahau [36]

Η Ekahau προσφέρει σύστημα εντοπισμού θέσης με την χρήση οποιασδήποτε συσκευή Wi-Fi 802.11, με την χρήση Wi-Fi tags, και οποιοδήποτε access point. Το σύστημα αποτελείται από το

Ekahau Vision, το Ekahau RTLS Controller (ERC) και διάφορα Wi-Fi Tags και Location Beacons για επιπρόσθετη κάλυψη και ακρίβεια. Στο Σχήμα 23 φαίνεται η αρχιτεκτονική του συστήματος καθώς και ο τρόπος λειτουργίας τους σε συνδυασμό με την υφιστάμενη υποδομή.



Wi-Fi tags & handsets Worn / carried by people. Attached to assets. Locate, communicate.	Wi-Fi network Any standard Wi-Fi network can be used for Ekahau RTLS.	Ekahau RTLS Controller The brains of the system. Locates devices. Manages tags. Integration API.	Ekahau Vision Delivers business value: Maps, alerts, reports. Business intelligence.
--	---	---	--

Σχήμα 23: Αρχιτεκτονική Ekahau RTLS

Με το συνδυασμό των πιο πάνω, η Ekahau προσφέρει λύσεις εύρεσης θέσης και διαχείρισης συσκευών προσωπικού και επισκεπτών σε πολλούς τομείς, με βασικό τον τομέα παροχής ιατρικών υπηρεσιών. Το Ekahau RTLS είναι ένα από τα πρωτοπόρα συστήματα στην αγορά το οποίο λειτουργά με όλα τα μηχανήματα 802.11, ανεξαρτήτως κατασκευαστή, χωρίς την χρήση περίπλοκων και ακριβών μηχανημάτων, chokepoints, εξειδικευμένων αντενών και συγκεκριμένων Wi-Fi Tags. Επίσης υπάρχει η δυνατότητα σύνδεση του συστήματος με συστήματα barcodes και RFID για πληρέστερο και καλύτερο τρόπο διαχείρισης των μηχανημάτων και ανθρώπων. Στο σχήμα 24 φαίνονται οι διάφορες συσκευές Ekahau και διάγραμμα με τα διάφορα στοιχεία του συστήματος (tags, controllers και beacons). Επιπρόσθετα με την θέση της συσκευή το σύστημα μπορεί να δώσει και μετρήσεις για κάθε θέση όπως θερμοκρασίας και υγρασίας. Το σύστημα μπορεί να παράγει χάρτες, ειδοποιήσεις, καταστάσεις και δυνατότητα έξυπνης διαχείρισης και ασφάλειας των πόρων (όπως συσκευών, προσωπικού, ασθενών, εργατών, μηχανημάτων, προϊόντων)



Σχήμα 24: Συσκευές Ekahau

4.3.9 Aeroscout [37]

Η Aeroscout προσφέρει σύστημα εντοπισμού θέσης με την χρήση της υφιστάμενης υποδομής Wi-Fi 802.11, με την χρήση Wi-Fi tags, και οποιοδήποτε σημείων πρόσβασης (access point). Το σύστημα Aeroscout μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο σε εσωτερικούς όσο και εξωτερικούς χώρους και με την δυνατότητα προσαρμογή σε κάθε τομέα με έμφαση, όπως και το Ekahau, τον τομέα παροχής ιατρικών υπηρεσιών. Η Aeroscout προσφέρει το hardware (AeroScout Exciters, AeroScout Location Points, AeroScout Location Receivers, AeroScout Tags) όπως φαίνονται στο σχήμα 25.



Σχήμα 25: Συσκευές AeroScout [37]

Το λογισμικό το οποίο βασίζεται στα πρότυπα Wi-Fi μπορεί να συνδυαστεί με οποιαδήποτε τεχνολογία RTLS και αισθητήρων (tags). Υπάρχει μεγάλος αριθμός λογισμικού που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ανάλογα με τον τομέα και της ανάγκες της κάθε περίπτωσης. Τα βασικά λογισμικά είναι τα πιο κάτω :

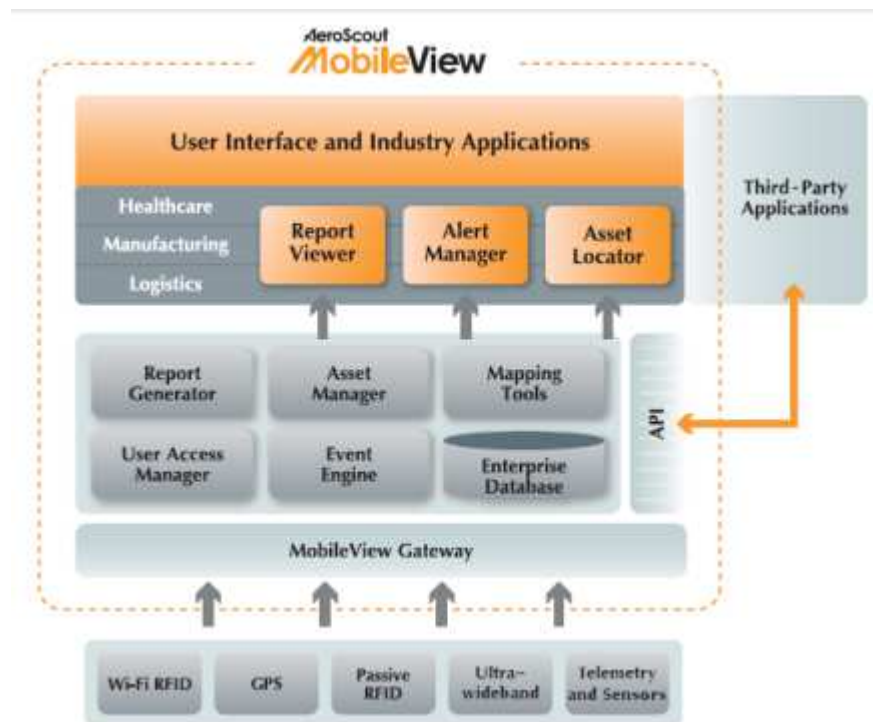
- AeroScout CMMS Integration
- AeroScout Engine
- AeroScout Instant Notifier
- AeroScout MobileView
- AeroScout MobileView for Cisco Phones

Το σύστημα λειτουργεί με τον πιο κάτω τρόπο όπως φαίνεται και στο Σχήμα 26:

- Οι Wi-Fi RFID συσκευές ή οποιαδήποτε Wi-Fi συσκευή στέλνει ένα μικρό σε διάρκεια σήμα σε τακτά διαστήματα στο κεντρικό σύστημα ενημερώνοντας τη κεντρική βάση με τη παρούσα θέση και άλλες πληροφορίες.
- Το πιο πάνω σήμα παραλαμβάνεται από την υφιστάμενη απλή υποδομή Wi-Fi και αποστέλλεται στην κεντρική μηχανή διαχείρισης του συστήματος.
- Η μηχανή εντοπισμού θέσης χρησιμοποιεί αλγόριθμους βασισμένους στην Ισχύ Λαμβανόμενου Σήματος (Received Signal Strength Indication - RSSI) και / ή την Διαφορά

Χρόνου Άφιξης (Time of Diference – TDoA) για να υπολογίσει την θέση της συσκευής και ενημερώνει το Aeroscout MobileView.

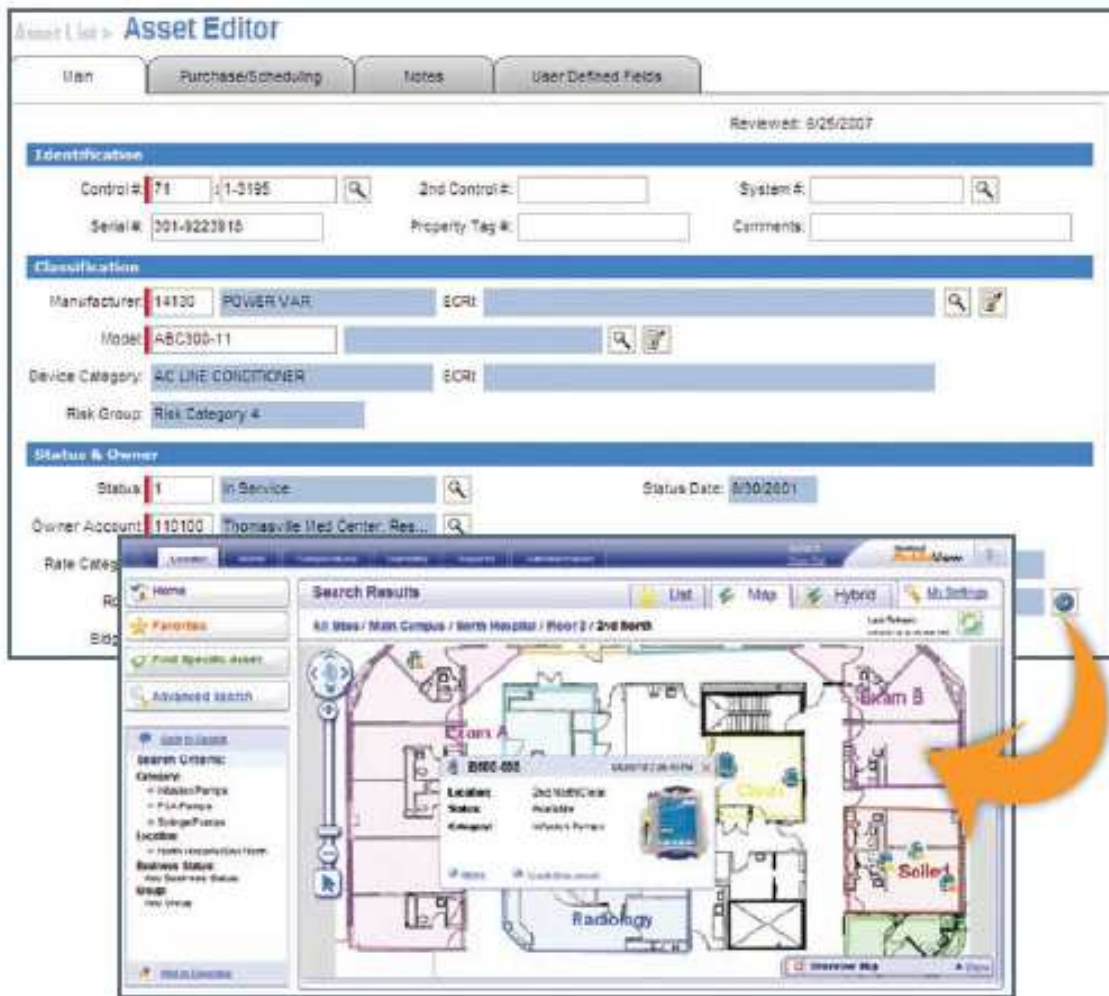
- Το MobileView παρέχει την μόνη πλατφόρμα, για όλες τις πληροφορίες , δημιουργίας χαρτών, ερευνών, αυτοματοποιημένων ειδοποιήσεων (alerts), διαχείρισης περιουσιακών στοιχείων, διαχείριση προσωπικού και σύνδεσης με άλλες εφαρμογές (πχ σύστημα διαχείρισης περιουσιακών στοιχείων – Fixed Assets register)



Σχήμα 26: Αρχιτεκτονική AeroScout [37]

Η Aeroscout έχει ενσωματώσει στο σύστημα τις τεχνολογίες Wi-Fi RFID, GPS, Low Frequency systems, Ultrasound, Passive RFID και sensors & Telemetry (πχ Θερμοκρασία, υγρασία, εντοπισμός υγραερίου, κίνηση)

Η χρήση τεχνολογιών βασισμένων στην Ισχύ Λαμβανόμενου Σήματος (Received Signal Strength Indication - RSSI) και / ή την Διαφορά Χρόνου Άφιξης (Time of Diference – TDoA) προσφέρει ακριβής υπηρεσία σε όλους τους χώρους και σε ασταθή και δύσκολο περιβάλλον όπως βιομηχανίες. Η δημιουργία χαρτών, όπως φαίνεται στο Σχήμα 27, και σύνδεση με άλλα συστήματα δίνει την δυνατότητα για χρήση του συστήματος πέραν του απλού εντοπισμού θέσης μιας συσκευής.



Users Can View Asset Location on Map with a Single Click

Σχήμα 27: AeroScout Asset Editor [37]

Κεφάλαιο 5

Θέματα που Αφορούν τις Ιδιότητες του Συστήματος και Παράγοντες που επηρεάζουν τις Επιδόσεις του Συστήματος

Η συμπεριφορά του συστήματος καθορίζεται όπως θα δούμε πιο κάτω από αριθμό ιδιοτήτων που εξαρτώνται από διάφορους παράγοντες όπως το περιβάλλον, το μήκος κύματος, οικονομικά θέματα, θέματα σε σχέση με χρόνους κ.α. Στα ραδιοκύματα 802.11, που η συχνότητα σήματος είναι 2.437GHz ή 5 GHz, το μήκος κύματος υπολογίζεται σε $\lambda = 1/f$ και θα είναι 12εκ και 6εκ ανάλογα. Το μήκος κύματος έχει σημαντικό ρόλο στις ιδιότητες και επηρεασμό του σήματος.

5.1 Ιδιότητες Συστήματος

5.1.1 Ακρίβεια (Accuracy)

Μπορεί να καθοριστεί ως η διαφορά της πραγματικής θέσης της συσκευής και της θέσης που θα υπολογιστεί από το σύστημα εντοπισμού.

5.1.2 Αποδοτικότητα (Efficiency)

Μπορεί να καθοριστεί ως ο χρόνος που χρειάζεται το σύστημα εντοπισμού για να δώσει την θέση της συσκευής. Πιθανόν η συσκευή να μετακινείται όποτε η αποδοτικότητα του συστήματος πρέπει να είναι αρκετά καλή.

5.1.3 Μεταφερισμότητα (Mobility)

Μπορεί να καθοριστεί ως η ευκολία της φυσικής μεταφοράς και ενεργοποίησης του συστήματος εντοπισμού. Η εξάρτηση από πηγή ενέργειας εμποδίζει την μεταφερισμότητα του ενώ ή σύνδεση του με μπαταρίες αυξάνει την μεταφερισμότητα αλλά σε βάρος του μέγιστου χρόνου λειτουργίας του. Επίσης η χρησιμοποίηση σύνθετων, ογκώδεις και βαριών μηχανημάτων θα μειώσει το βαθμό μεταφερισμότητας.

5.1.4 Μυστικότητα (Secrecy)

Η συσκευή προς εντοπισμό δεν πρέπει να γνωρίζει ή να υπάρχει τρόπος να αντιληφθεί ότι υπόκειται σε διαδικασία εντοπισμού της. Η χρήση των βασικών σημάτων εκπομπής μίας συσκευής μπορεί να χρησιμοποιηθεί χωρίς να χρειαστεί να υπάρξει επικοινωνία με το σύστημα εντοπισμού.

5.1.5 Ευχρηστία (Usability)

Μπορεί να καθοριστεί ως η ευκολία χρήσης του συστήματος εντοπισμού. Η μεταφορά, στήσιμο και λειτουργία πρέπει να είναι εύκολη και να αποκλείει λάθη λόγω ανθρώπινου παράγοντα.

5.2 Παράγοντες που Επηρεάζουν τα Ασύρματα Σήματα

Η κίνηση των σημάτων RF, μέσω ενός μέσου επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες. Θεωρητικά το πιο απλό θα ήταν αν ένα σήμα ταξιδεύει κατευθείαν από τον πομπό στο δέκτη. Υπό πραγματικές συνθήκες, τα σήματα RF δεν προέρχονται ως ένα ενιαίο κύμα, αλλά ως ένα διευρυνόμενο μέτωπο του κύματος παρόμοια με κυματισμούς σε μια λίμνη. Η Απώλεια διαδρομής είναι η μείωση της πυκνότητας ισχύος (εξασθένησης) του ηλεκτρομαγνητικού κύματος, καθώς διαδίδεται μέσα στο χώρο. Απώλεια διαδρομής είναι ένα σημαντικό συστατικό στην ανάλυση και το σχεδιασμό του προϋπολογισμού της σύνδεση ενός συστήματος τηλεπικοινωνιών. Η απώλεια διαδρομής μπορεί να οφείλεται σε πολλούς λόγους όπως απώλεια ελεύθερου χώρου, διάθλαση καθώς και απορρόφηση. Η απώλεια διαδρομής εξαρτάται επίσης και από το έδαφος, το περιβάλλον (αστικό ή αγροτικό, βλάστηση και φύλλα), το μέσο μετάδοσης (ξηρό ή υγρό αέρα), την απόσταση μεταξύ του πομπού και του δέκτη, το ύψος, τον τύπο και τη θέση των κεραιών.

Αρχικά ένα ενιαίο μέτωπο του κύματος RF ξεκινά από την κεραία εκπομπής. Δεδομένου ότι αυτό διασχίζει το χώρο, μπορεί να συναντήσει εμπόδια που αλλοιώνουν το αρχικό μέτωπο του κύματος ή να δημιουργήσει νέα σήματα RF. Ένα ή περισσότερα συστατικά του αρχικού κύματος RF μπορούν να συνεχίσουν σε ευθεία πορεία με την κεραία λήψης, και άλλα συστατικά μπορεί να διαθλαστούν, να διασπαρθούν, ή να ανταναικλασθούν μακριά από εμπόδια.

5.2.1 Διάθλαση (Diffraction)

Όταν ένα σήμα κτυπά σε ανώμαλη επιφάνεια παρεκκλίνει από την απευθείας πορεία του δημιουργώντας ένα νέο μέτωπο του κύματος. Η έννοια των κυμάτων που διαθλάται είναι πολύ καλά γνωστή, δεδομένου ότι μπορεί εύκολα να αποδειχθεί με την τοποθέτηση ενός μέρους της αντένας στο νερό και αφήνοντας το υπόλοιπο τμήμα στον αέρα. Η κατεύθυνση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων αλλάζει καθώς κινείται από μια περιοχή ενός δείκτη διάθλασης σε ένα άλλο. Η γωνία πρόσπτωσης και η γωνία διάθλασης είναι συνδεδεμένα με το νόμο του Snell που αναφέρει:

$$n_1 * \sin(\theta_1) = n_2 * \sin(\theta_2) \quad (8)$$

Όπου

n1	Δείκτης διάθλασης στο μέσο 1
theta1	Γωνία πρόσπτωσης
n2	Δείκτης διάθλασης στο μέσο 2
theta2	Νέα Γωνία

Για τα RF ραδιοκύματα υπάρχουν συγκριτικά λίγες περιπτώσεις όπου τα σήματα κινούνται απότομα από μια περιοχή με ένα δείκτη διάθλασης, σε μια περιοχή με μια άλλη. Είναι πολύ πιο συχνό να υπάρξει συγκριτικά βαθμιαία αλλαγή στην πορεία του σήματος λόγω διάθλασης. Αυτό προκαλεί την κατεύθυνση του σήματος να κάμψει, αντί να υπόκειται σε άμεση αλλαγή κατεύθυνσης.

5.2.2 Περίθλαση (Refraction)

Τα ραδιοκύματα μπορούν επίσης να υποβληθούν περίθλασης. Όταν ένα ραδιοκύμα κτυπά σε ανώμαλη επιφάνεια και παρεκκλίνει από την απευθείας πορεία του δημιουργεί ένα νέο μέτωπο κύματος. Έχει βρεθεί ότι όταν τα σήματα συναντούν ένα εμπόδιο έχουν την τάση να ταξιδεύουν γύρω του. Αυτό μπορεί να σημαίνει ότι ένα σήμα μπορεί να είναι "σκιά" του αρχικού σήματος λόγω μεγάλου αντικείμενου μεταξύ πομπού δέκτη. Για να καταλάβουμε πώς συμβαίνει αυτό, είναι αναγκαίο να εξετάσουμε αρχή του Huygen. Αυτό δηλώνει ότι κάθε σημείο σε ένα σφαιρικό μέτωπο του κύματος μπορεί να θεωρηθεί ως πηγή ενός δευτερεύον μετώπου του κύματος. Ακόμα κι αν θα υπάρξει μια ζώνη σκιάς αμέσως πίσω από το εμπόδιο, το σήμα θα διαθλασθεί γύρω από το εμπόδιο και θα αρχίσει να καλύπτει το κενό. Έχει βρεθεί ότι η περίθλαση είναι πιο έντονη όταν το εμπόδιο έχει αιχμηρή άκρη.

5.2.3 Αντανάκλαση (Reflection)

Όταν ένα σήμα κτυπά σε εμπόδιο του οποίου το μέγεθος είναι μεγαλύτερο από το μήκος κύματος του σήματος (Συχνότητα σήματος 2.437GHz. Μήκος κύματος $\lambda = 1/f = 12\text{cm}$) παρεκκλίνει από την απευθείας πορεία του. Το σήμα χάνει ισχύ όταν περνά μέσα από το αντικείμενο και εκπέμπει πίσω σήματα τα οποία ακολουθούν διαφορετική διαδρομή.

Αντανάκλαση του φωτός είναι ένα καθημερινό φαινόμενο και οι καθρέφτες είναι σύνηθες φαινόμενο υπάρχουν παντού όπως και επίσης βιτρίνες που παρέχουν επίσης μια άλλη εικόνα για

το φαινόμενο αυτό. Στα ραδιοκύματα ομοίως αντικατοπτρίζεται από πολλές επιφάνειες. Όταν η αντανάκλαση συμβεί, τότε η γωνία πρόσπτωσης είναι ίση με τη γωνία ανάκλασης για μια αγωγή επιφάνεια, όπως θα αναμενόταν για το φως. Όταν ένα σήμα αντανακλάται υπάρχει συνήθως κάποια απώλεια του σήματος, είτε με απορρόφηση, ή ως αποτέλεσμα τη διέλευση του σήματος στο μέσο.

Μεγάλη ποικιλία από επιφάνειες αντανακλά ραδιοκύματα. Για μεγάλες αποστάσεις η θάλασσα παρέχει ένα από τα καλύτερα αντανακλαστικά μέσα για τα ραδιοκύματα. Άλλες υγρές περιοχές παρέχουν καλή αντανάκλαση των ραδιοκύματα. Ένα περιβάλλον γραφείου περιέχει πολλές επιφάνειες που αντανακλούν πάρα πολύ τα ραδιοκύματα.

5.2.4 Διασπορά Σήματος (Scattering)

Όταν ένα σήμα κτυπά σε εμπόδιο του οποίου το μέγεθος είναι μικρότερο από το μήκος κύματος του σήματος και δημιουργούνται σήματα τα οποία ακολουθούν διαφορετική διαδρομή.

5.2.5 Παρέμβαση Άλλου Σήματος (Interference)

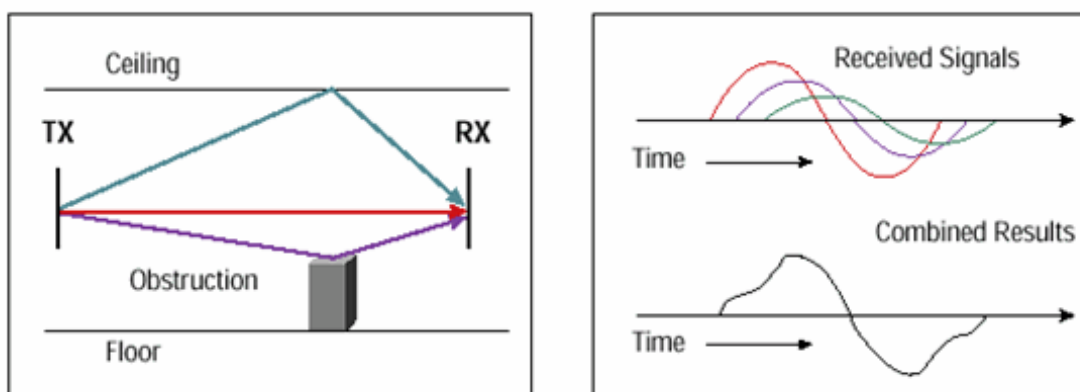
Όταν ένα άλλο σήμα εκπέμπει στην ίδια συχνότητα αλλοιώνει το αρχικό σήμα. Για αποφυγή του προβλήματος υπάρχει η διαδικασία αλλαγής καναλιού από τις συσκευές.

5.2.6 Πολλαπλών Διαδρομών (Multipath fading)

Είναι ένα φαινόμενο που συνδέεται με την διάδοσης κυμάτων και εμφανίζεται όταν ο παραλήπτης βλέπει τα σήματα πολλαπλών αντιγράφων του εκπεμπόμενου σήματος, κάθε ένα διερχόμενο από μια διαφορετική πορεία. Τα αποτελέσματα μπορεί να προκαλέσουν είτε εποικοδομητική (ενισχυμένη) ή καταστρεπτική (εξασθενημένο) παρεμβολή στο δέκτη.

Η ασύρματη σύνδεση μπορεί να πραγματοποιηθεί με αντανάκλαση, διάθλαση ή περίθλασης σε ένα συγκεκριμένο περιβάλλον. Περίθλαση είναι η κάμψη των κυμάτων γύρω από τις γωνίες. Τα RF κύματα μπορούν να πάρουν πολλαπλές διαδρομές μεταξύ του πομπού και του δέκτη. Ένα σήμα πολλαπλών διαδρομών είναι ένας συνδυασμός ενός πρωτογενούς σήματος και αντανάκλασης, διάθλασης ή διασποράς του σήματος. Έτσι, από την πλευρά του δέκτη, η ανάκλαση των σημάτων σε συνδυασμό με το άμεσο σήμα μπορεί να καταστρέψει το σήμα ή να

αυξήσει το πλάτος του σήματος, η οποία εξαρτάται από τις φάσεις των εν λόγω σημάτων. Επειδή η απόσταση που διανύεται από το άμεσο σήμα είναι μικρότερη από αυτά από άλλες διαδρομές, η διαφορά του χρόνου δημιουργεί δύο σήματα στο δέκτη. Τα σήματα αυτά επικαλύπτονται και συνδυάζονται σε ένα μονό όπως φαίνεται στο σχήμα 28 πιο κάτω. Στην πραγματική ζωή, ο χρόνος μεταξύ της λήψης του πρώτου και το τελευταίου σήματος ονομάζεται εξάπλωση καθυστέρησης (delay spread). Η εξάπλωση καθυστέρησης είναι η παράμετρος που χρησιμοποιείται για να δηλώσει επίδραση λόγω πολλαπλών διαδρομών (multipath). Η καθυστέρηση των σημάτων μετριέται σε νάνο-δευτερόλεπτα. Το ποσό της εξάπλωσης καθυστέρησης εξαρτάται από τα εμπόδια ή την υφιστάμενη υποδομή μεταξύ του πομπού και του δέκτη. Η απώλεια λόγω πολλαπλών διαδρομών περιορίζει το ρυθμό μετάδοσης δεδομένων και μειώνει την απόδοση των συστημάτων.



Σχήμα 28: Φαινόμενο Πολλαπλών Διαδρομών. Αντιδράσεις στο εσωτερικό περιβάλλον [39]

Η RF διάδοση σε εσωτερικούς χώρους δεν είναι το ίδιο όπως είναι σε εξωτερικούς χώρους. Αυτό οφείλεται στην παρουσία των στερεών εμποδίων, τις οροφές και τα πατώματα που συμβάλλουν στην εξασθένηση και δημιουργούν απώλειες σήματος λόγω Πολλαπλών Διαδρομών (multipath). Ως εκ τούτου η εξάπλωση και η καθυστέρηση είναι μεγαλύτερη σε εσωτερικούς χώρους. Η διάδοσης κυμάτων μέσω των υλικών επηρεάζεται επίσης από το οικοδομικό υλικό. Η πυκνότητα των υλικών που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή ενός κτιρίου καθορίζει την απόσταση που το σήμα μπορεί διαδοθεί και να εξακολουθεί να διατηρεί επαρκή κάλυψη. Οι ξύλινοι τοίχοι έχουν μικρή επίδραση στη διείσδυση του σήματος. Συμπαγείς τοίχοι, δάπεδα και τοίχοι από σκυρόδεμα περιορίζουν την διείσδυση του σήματος. Με βάση την πυκνότητα του οπλισμού χάλυβα στο σκυρόδεμα μπορεί να περιοριστεί η διείσδυση του σήματος σε τρεις ή τέσσερις τοίχους. Το ξύλο και η γυψοσανίδα επιτρέπει συνήθως την επαρκή διείσδυση σε πέντε ή έξι τοίχους. Ένα παχύς μεταλλικός τοίχος προκαλεί σήματα που αντανακλούνται και οδηγεί σε

πάρα πολύ χαμηλή διείσδυση. Το σπλισμένο σκυρόδεμα σε δάπεδα περιορίζει την κάλυψη των δαπέδων για ίσως ένα ή δύο ορόφους.

Όσο υψηλότερη είναι η συχνότητα, τόσο μικρότερο το μήκος κύματος είναι. Μικρότερα μήκη κύματος έχουν περισσότερες πιθανότητες να απορροφηθούν και να στρεβλώνονται από ένα δομικό υλικό. Ως εκ τούτου, το 802.11a, το οποίο λειτουργεί σε υψηλότερη ζώνη συχνοτήτων, είναι πιο επιρρεπής στην επίδραση των οικοδομικών υλικών

5.2.7 Χρονική καθυστέρηση (Time Delay)

Η χρονική καθυστέρηση είναι μια ανωμαλία που συνδέεται με την εξασθένηση πολλαπλών διαδρομών. Η χρονική καθυστέρηση είναι το ποσό της μεταβολής χρονισμού μεταξύ των διαφόρων σημάτων RF. Η χρονική καθυστέρηση μπορεί να επηρεάσει τη φάση και την πόλωση καθώς και την δημιουργία πολλαπλών διαδρομών στο σήμα. Σε αντίθεση με την εξασθένηση λόγω πολλαπλών διαδρομών, το οποίο επηρεάζει πλάτος του σήματος, η χρονική καθυστέρηση επηρεάζει αρνητικά την ικανότητα του δέκτη για να αποκωδικοποιήσει τα σήματα λόγω της στρέβλωσης.

5.2.8 Φαινόμενο Doppler (Doppler Effect)

Το φαινόμενο Doppler δημιουργείται με δύο διαφορετικούς τρόπους, με σχετική κίνηση μεταξύ του πομπού και του δέκτη ή με συνθήκες όπου δεν υπάρχει οπτική επαφή πομπού-δέκτη (Non-Line of Sight - NLoS). Και οι δύο τρόποι επηρεάζουν ιδιαίτερα τα δίκτυα 802.11.

Κεφάλαιο 6

Αντένες [40]

Η κεραία δεν είναι τίποτα άλλο παρά ένα μεταλλικό συνήθως αντικείμενο σε μια διάταξη τέτοια που επιτρέπει αποστολή ή/και λήψη ραδιοκυμάτων βάση του φαινομένου της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής. Η κεραία έχει μεγάλη ποικιλομορφία σε μεγέθη και σχήματα και μπορεί να είναι απλά ένας κύλινδρος, ένα χωνί, μια επίπεδη πλακέτα, μια σειρά-συστοιχία από κεραίες, ή ακόμα και ένα κομμάτι από καλώδιο.

Στο παρόν κεφάλαιο θα ασχοληθούμε μόνο με τις κεραίες που εξυπηρετούν συνδέσεις WLAN. Φαινομενικά η κεραία αποτελεί ένα από τα πιο απλά μέρη ενός ασύρματου δικτύου. Παρόλα αυτά, όπως θα φανεί πιο κάτω, ο ρόλος της για μία εφαρμογή είναι μεγάλος και θα πρέπει να κάνουμε την επιλογή μας με ιδιαίτερη προσοχή. Πριν ψάξουμε για τον τύπο και τα χαρακτηριστικά της κεραίας, θα πρέπει να γνωρίζουμε την μορφολογία και τις αποστάσεις της περιοχής που θέλουμε να καλύψουμε.

Μια κεραία έχει κάποια απολαβή (κέρδος) όταν εκπέμπει ή λαμβάνει κάποια ηλεκτρομαγνητική ενέργεια προς / από κάποια κατεύθυνση. Η μονάδα μέτρησης ενίσχυσης απολαβής (κέρδους) της κεραίας μετριέται σε dB. Καθορίζεται από την απολαβή που έχει σε σχέση με μια ιδανική κεραία η οποία έχει μηδενική απολαβή και λέγεται ιστροπική διπολική κεραία (δεν υπάρχει και δεν μπορεί να κατασκευαστεί, αλλά είναι χρήσιμη ως σημείο αναφοράς στους υπολογισμούς). Με άλλα λόγια η κεραία λειτουργεί σαν μια πηγή φωτός όταν στέλνει και ως ένας μεγεθυντικός φακός όταν λαμβάνει.

Οι κεραίες είναι τριών πολώσεων. Η πόλωση έχει σχέση με το πως μεταφέρονται τα ραδιοκύματα. Έτσι έχουμε κυκλική, οριζόντια και κάθετη πόλωση. Τα ραδιοκύματα είναι ευκολότερο να τα σχεδιάζουμε και να τα σκεφτόμαστε σε επίπεδα δύο διαστάσεων. Όταν το κύμα φεύγει από την κεραία κάθετα τότε η κεραία είναι πολωμένη κάθετα, αντίστοιχα συμβαίνει όταν είναι οριζόντια. Αν γυρίσουμε την ίδια κεραία (κάθετης ή οριζόντιας πόλωσης) πλάγια κατά 90 μοίρες τότε αλλάζουμε και την πόλωση της. Όταν δύο κεραίες μίας ζεύξης έχουν διαφορετική πόλωση τότε έχουμε σημαντικές απώλειες (αυτό κοστίζει περίπου 20 dB χαμμένη ισχύ). Αυτή η ιδιότητα αποτελεί και πλεονέκτημα αφού επιτρέπει σε περισσότερα ράδιο-συστήματα να μοιράζονται τον ίδιο εναέριο χώρο. Άλλος ένας σημαντικός παράγοντας επιλογής της πόλωσης είναι η μείωση αντανάκλασεων που δημιουργούν το φαινόμενο πολλαπλών διαδρομών (multipath).

Εκτός της εκπομπής και λήψης ραδιοκυμάτων μια κεραία σε ένα ασύρματο δίκτυο, ανάλογα με τον τύπο της, λειτουργεί και ως κατευθυντήρας. Έτσι μπορούμε με την επιλογή ενός τύπου κεραίας να τονίσουμε την εκπομπή προς μία κατεύθυνση και να μειώσουμε την εκπομπή προς άλλες ενώ αντίθετα με κάποιον άλλο τύπο κεραίας να έχουμε μια ισομερή εκπομπή προς όλες τις κατευθύνσεις. Ο τρόπος εκπομπής της κεραίας ονομάζεται πρότυπο εκπομπής (pattern) και μας βοηθάει να επιλέξουμε το σωστό τύπο έτσι ώστε να έχουμε βέλτιστη εκπομπή αλλά και λήψη. Δυο είναι τα βασικά είδη κεραίων ανάλογα με το πρότυπο εκπομπής τους τις Κατευθυντικές Κεραίες (directional) και τις Πολυκατευθυντικές Κεραίες (omnidirectional, omni) όπως επεξηγούνται πιο κάτω.

6.1 Αντένες WLAN

Σε ένα σύστημα WLAN χρησιμοποιούνται συνήθως οι κεραίες δίπολα, που είναι πολύ-κατευθυντικές κεραίες, κεραίες Yagi και patch. Αυτές οι κεραίες φαίνεται στο Σχήμα 29. Αν και

αυτές οι κεραιές μπορεί να διαφέρουν κάπως από έναν κατασκευαστή σε έναν άλλο, αποτελούν τα τυπικά σχήματα για αυτά τα είδη των κεραιών. Η λειτουργία του καθενός από αυτούς τους τύπους κεραιών εξηγείται αναλυτικά πιο κάτω.



Σχήμα 29: Κεραιές που Χρησιμοποιούνται σε WLAN συστήματα [40]

Ιστορική Σημείωση: Η κεραιά τύπου που συνήθως αναφέρεται ως ένα Yagi αναπτύχθηκε για πρώτη φορά στα τέλη της δεκαετίας του 1920 από δύο καθηγητές, το Shintaro Uda και Hidetsugu Yagi στο Πανεπιστήμιο Tohoku της Ιαπωνίας. Παρόλο που η κεραιά αναπτύχθηκε κυρίως από Uda, Καθηγητής Yagi διέδωσε την κεραιά του σχεδιασμού στις ΗΠΑ και αλλού, μέσα από διάφορες παρουσιάσεις σε συνέδρια. Το Yagi όνομα έχει συνδεθεί με την κεραιά αυτού του τύπου από την εποχή εκείνη και είναι η βασική αντένα για τα τηλεοπτικά σήματα.

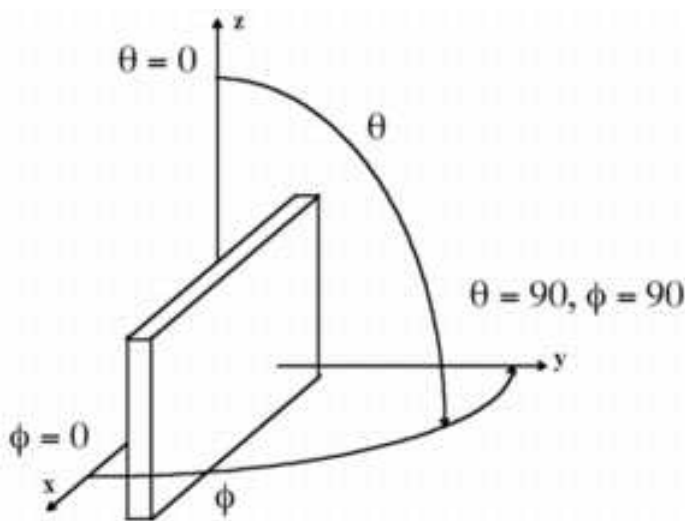
6.2 Βασικοί ορισμοί

Ορίζουμε συχνά την ορολογία από την άποψη της κεραιάς εκπομπής, αλλά όλοι οι ορισμοί ισχύουν και για τη κεραιά λήψης. Στην πραγματικότητα, οι ιδιότητες μιας κεραιάς είναι το ίδιο σε κάθε τρόπο λειτουργίας πομπού ή δέκτη. Μια κεραιά είναι ένα αισθητήριο ανάμεσα σε ένα καθοδηγούμενο κύμα και ένα ακτινοβολούμενο κύμα, ή το αντίστροφο. Η δομή που «καθοδηγεί» την ενέργεια της κεραιάς είναι πλέον εμφανής ως ένα ομοαξονικό καλώδιο που συνδέεται με την

κεραία. Το ποσό της εκλυόμενης ενέργειας χαρακτηρίζεται από το μοτίβο ακτινοβολίας της κεραίας.

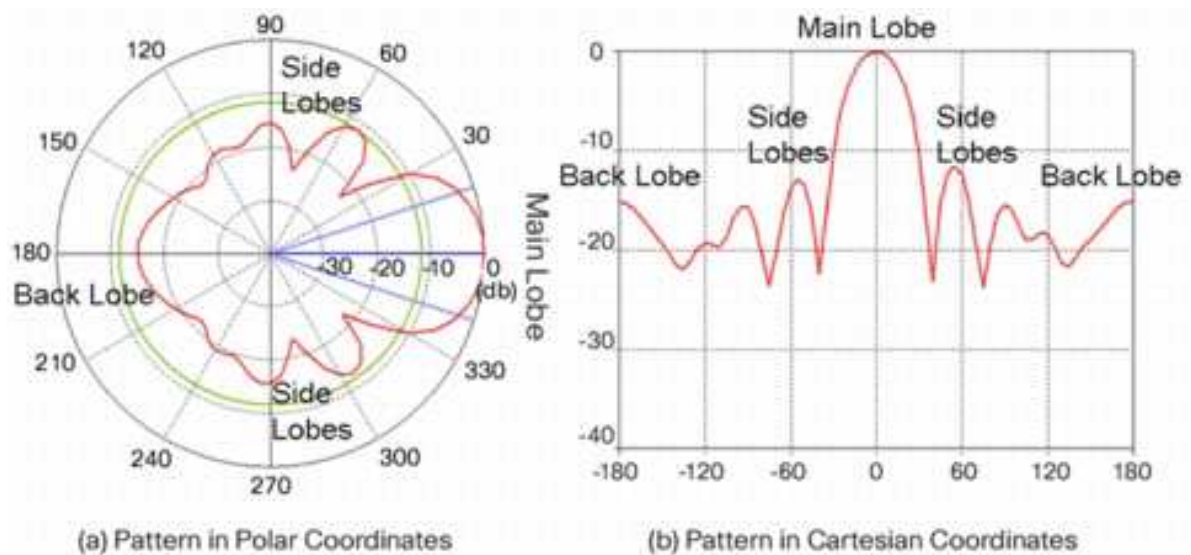
Το διάγραμμα ακτινοβολίας ή μοτίβο της κεραίας είναι η γραφική παράσταση των ιδιοτήτων ακτινοβολίας της κεραίας ως συνάρτηση του χώρου. Δηλαδή, πρότυπο της κεραίας περιγράφει τον τρόπο με τον οποίο η κεραία ακτινοβολεί ενέργεια στο διάστημα (ή πώς λαμβάνει ενέργεια). Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι μια κεραία ακτινοβολεί ενέργεια προς όλες τις κατευθύνσεις, τουλάχιστον σε κάποιο βαθμό, έτσι ώστε η εκπομπή σήματος είναι πραγματικά τρισδιάστατη. Είναι σύνηθες ωστόσο, για να μπορεί να περιγραφεί αυτό το τρισδιάστατο μοντέλο, να δημιουργούνται δυο μοτίβα που ονομάζεται κύρια μοτίβα (οριζόντιο και κατακόρυφο). Αυτά τα κύρια μοτίβα μπορούν να επιτευχθούν κάνοντας δύο φέτες μέσα από το τρισδιάστατο μοντέλο με άμεση μέτρηση.

Το Σχήμα 30 δείχνει ένα πιθανό σύστημα συντεταγμένων που χρησιμοποιείται για την μέτρηση των μοτίβων μιας κεραίας.



Σχήμα 30: Σύστημα Μέτρηση Μοτίβων Κεραίας [40]

Όλα τα μοτίβα κεραιών έχουν τμήματα που ονομάζονται λοβοί. Ένας "λοβός" μπορεί να είναι ένας κύριος λοβός, ένας λοβός πλευράς ή πίσω λοβός και αυτές οι περιγραφές αναφέρονται σε εκείνο το τμήμα του προτύπου στα οποία εμφανίζεται ο λοβός. Σε γενικές γραμμές, ένας λοβός είναι κάθε τμήμα της διάταξης που περιβάλλεται από περιοχές της σχετικά μικρότερη ακτινοβολία. Έτσι, ο λοβός είναι κάθε τμήμα της διάταξης που «προεξέχει», και τα ονόματα των διαφόρων τύπων των λοβών είναι αυτονόητα. Το Σχήμα 31 παρέχει μια προβολή ενός μοτίβου ακτινοβολία, με λοβούς επισήμανση σε κάθε τύπο στο χώρο.



Σχήμα 31: Διαγράμματα Ακτινοβολίας σε Πολικές και Καρτεσιανές Συντεταγμένες με Εμφάνιση Λοβών [40]

Η πόλωση ή η κατάσταση πόλωσης μιας κεραίας είναι κάπως δύσκολη και εμπλεκόμενη έννοια. Μια κεραία θα δημιουργήσει ένα ηλεκτρομαγνητικό κύμα που κυμαίνεται στο χρόνο καθώς ταξιδεύει μέσα στο χώρο. Σε περίπτωση που ένα κύμα ταξιδεύει "προς τα έξω" ποικίλλει "πάνω-κάτω" στο χρόνο με το ηλεκτρικό πεδίο πάντα σε ένα επίπεδο. Το κύμα (ή η κεραία) λέγεται ότι είναι γραμμικά πολωμένο (κάθετα πολωμένο από την τροποποίηση είναι πάνω-κάτω και όχι από πλευρά στην πλευρά). Αν αυτό κύμα περιστρέφεται ή "γυρίζει" στο χρόνο καθώς ταξιδεύει μέσα στο χώρο, το κύμα (ή η κεραία) λέγεται ότι είναι ελλειπτικά πολωμένο. Μια ειδική περίπτωση, είναι όταν το κύμα είναι σε κυκλική τροχιά και ονομάζεται κυκλικά πολωμένο. Αυτό σημαίνει ότι ορισμένες κεραίες είναι ευαίσθητες σε ορισμένα είδη των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων.

Εάν μια κεραία γραμμικής πόλωσης, ξεκινά ένα γραμμικά πολωμένο ηλεκτρομαγνητικό το κύμα ταξιδεύει "πάνω-κάτω" ή κατακόρυφα, με τον καλύτερο δυνατό δέκτη του να είναι μια άλλη κεραία που είναι εξίσου γραμμικά πολωμένη (κάθετα πολωμένη). Η γραμμική πόλωση περιλαμβάνει επίσης τη δυνατότητα τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα να ταξιδεύουν "δεξιά προς τα αριστερά" (οριζόντια). Συχνά οι κεραίες μπορούν απλά να περιστραφούν ώστε να είναι οριζόντια ή κάθετα πολωμένες, αν και αυτό δεν είναι πάντα η καλύτερη επιλογή.

Κυκλικά πολωμένες κεραίες μπορούν να εκπέμπουν ηλεκτρομαγνητικά κύματα που περιστρέφονται δεξιόστροφα ή αριστερόστροφα ανάλογα με τη δομή. Έτσι, μια παρόμοια πολωμένη κεραία θα πρέπει να χρησιμοποιείται για τη λήψη αυτών των σημάτων. Αυτή η

κατεύθυνση περιστροφής είναι συνήθως χαρακτηρίζεται από την αριστερή κυκλική πόλωση (LCP) ή δεξιά κυκλική πόλωση (RCP).

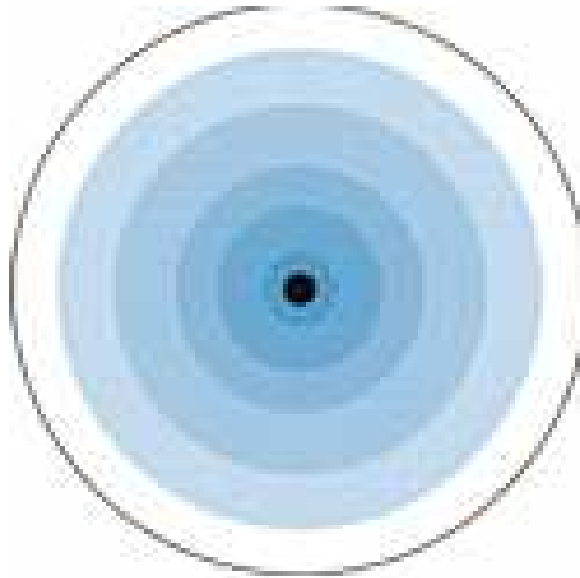
Η πόλωση της κεραίας δεν σημαίνει πάντα κάτι για το μέγεθος ή το σχήμα της κεραίας και δεν έχει κατ' ανάγκη σχέση με το φυσικό σχήμα της κεραίας.

6.3 Κοινές Κεραίες και τα πρότυπά τους

Σε αυτό το τμήμα, περιγράφονται μαζί με λεπτομέρειες κοινές κεραίες και τα τυπικά μοτίβα που μπορεί να αναμένονται από αυτές. Τα μοτίβα από κάθε κεραία φαίνονται και επεξηγούνται λεπτομερώς πιο κάτω, συμπεριλαμβανομένης ενός τρισδιάστατου διαγράμματος ακτινοβολίας. Η έμφαση δίνεται στην περιγραφή των προτύπων και των παραμέτρων που προέρχονται από αυτά τα πρότυπα.

6.3.1 Πολύ-κατευθυντική Κεραία (Omnidirectional)

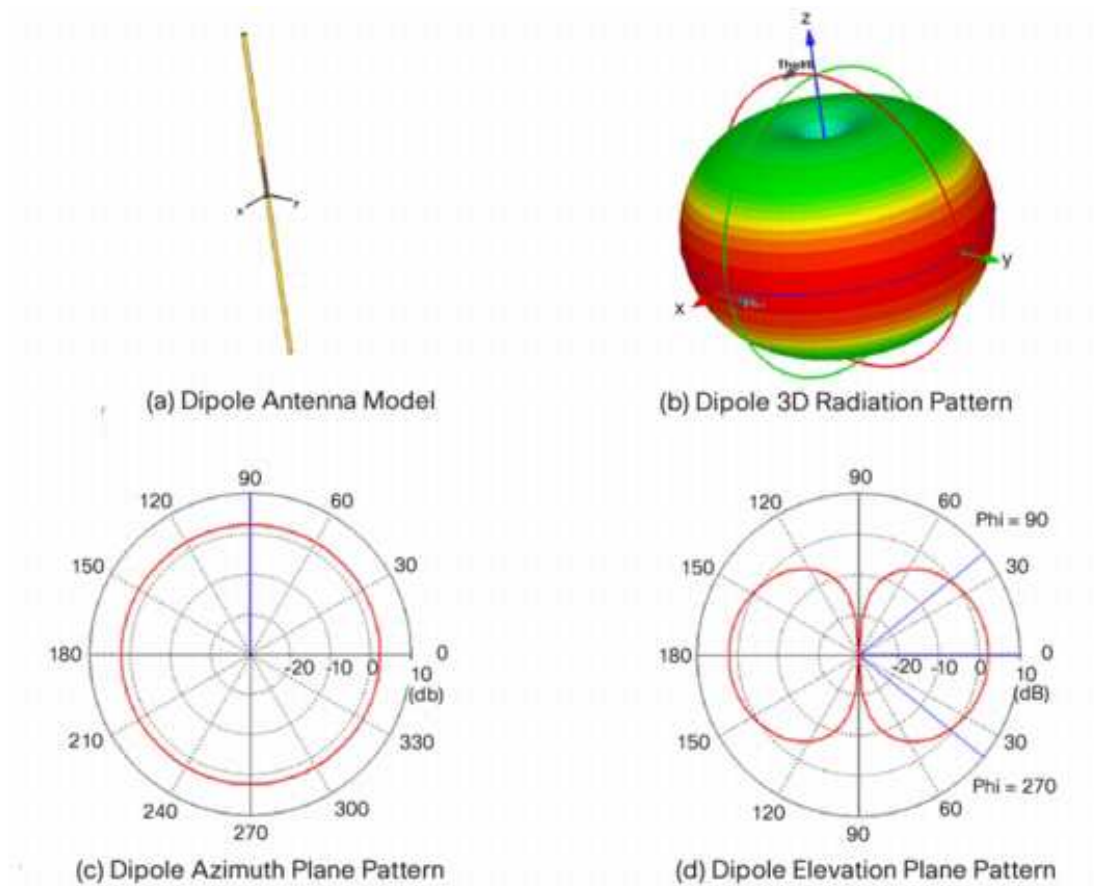
Πρόκειται για κεραίες που, χοντρικά, έχουν την ίδια ενίσχυση (gain) προς κάθε κατεύθυνση όπως φαίνεται στο Σχήμα 32. Στην πράξη, το πρότυπο εκπομπής τους είναι τέτοιο, ώστε να δημιουργούν γύρω τους ένα πεδίο που μοιάζει με "ιπτάμενο δίσκο" ή donut, με αποτέλεσμα να έχουν μικρότερη ενίσχυση στον κατακόρυφο άξονα και μεγαλύτερη στον οριζόντιο. Το πόσο επίπεδος θα είναι αυτός ο "ιπτάμενο δίσκος" και τη έκταση θα έχει, καθορίζεται από τα επιμέρους χαρακτηριστικά της κεραίας, και την ενίσχυση της σε dB. Η ιδανική περίπτωση χρήσης τους είναι η σύνδεση πολλών συσκευών (Point-to-Multipoint) με την χρήση ενός σημείου σύνδεσης (Access Point). Σε αρκετές περιπτώσεις είναι καλύτερα να χρησιμοποιούνται πολλές κατευθυντικές κεραίες παρά μια πολύ-κατευθυντική αντένα. Τέτοιες περιπτώσεις είναι όταν χρησιμοποιούμε πολλαπλά APs σε έναν πύργο, όταν οι σταθμοί (clients) βρίσκονται όλοι προς μια πλευρά, όταν έχουμε ένα μεγάλο εμπόδιο που εμποδίζει το οπτικό μας πεδίο προς την μια πλευρά (π.χ. ένα ύψωμα) και όταν θέλουμε να καλύψουμε μεγαλύτερες αποστάσεις. Συνήθως οι πολύ-κατευθυντικές κεραίες έχουν κάθετη πόλωση. Συχνά, μια πολύ-κατευθυντικές αναφέρεται σε κεραία που είναι κάτι περισσότερο από ένα δίπολο. Ωστόσο, ένα δίπολο είναι μια πολύ-κατευθυντική κεραία.



Σχήμα 32: Πρότυπο Εκπομπής Πολύ-κατευθυντική Κεραίας (Omnidirectional) [40]

Δίπολο Κεραίες

Μια διπολική κεραία αναφέρεται σε μισό μήκος κύματος ($\lambda / 2$) δίπολο. Η φυσική κεραία είναι κατασκευασμένη από αγωγικά στοιχεία των οποίων το συνολικό μήκος είναι περίπου το μισό του μήκους κύματος της προβλεπόμενης συχνότητας λειτουργίας της. Αυτή είναι μια απλή κεραία που ακτινοβολεί την ενέργεια του μέχρι να ακουμπήσει τον ορίζοντα (κάθετα προς την κεραία). Τα σχέδια που φαίνονται στο Σχήμα 33 είναι αυτά που προκύπτουν από ένα τέλειο δίπολο που σχηματίζεται με δύο λεπτά καλώδια προσανατολισμένα κάθετα κατά μήκος του z-άξονα. Το μοντέλο που προκύπτει μοιάζει κάτι σαν ένα κουλούρι (donut) με την κεραία κάθετα στην τρύπα και να ακτινοβολεί ενέργεια προς τα έξω. Η ενέργεια εκπέμπεται προς τα έξω, κάθετα προς την κεραία στο επίπεδο XY. Το κέρδος του δίπολου είναι περίπου 2,2 dBi.

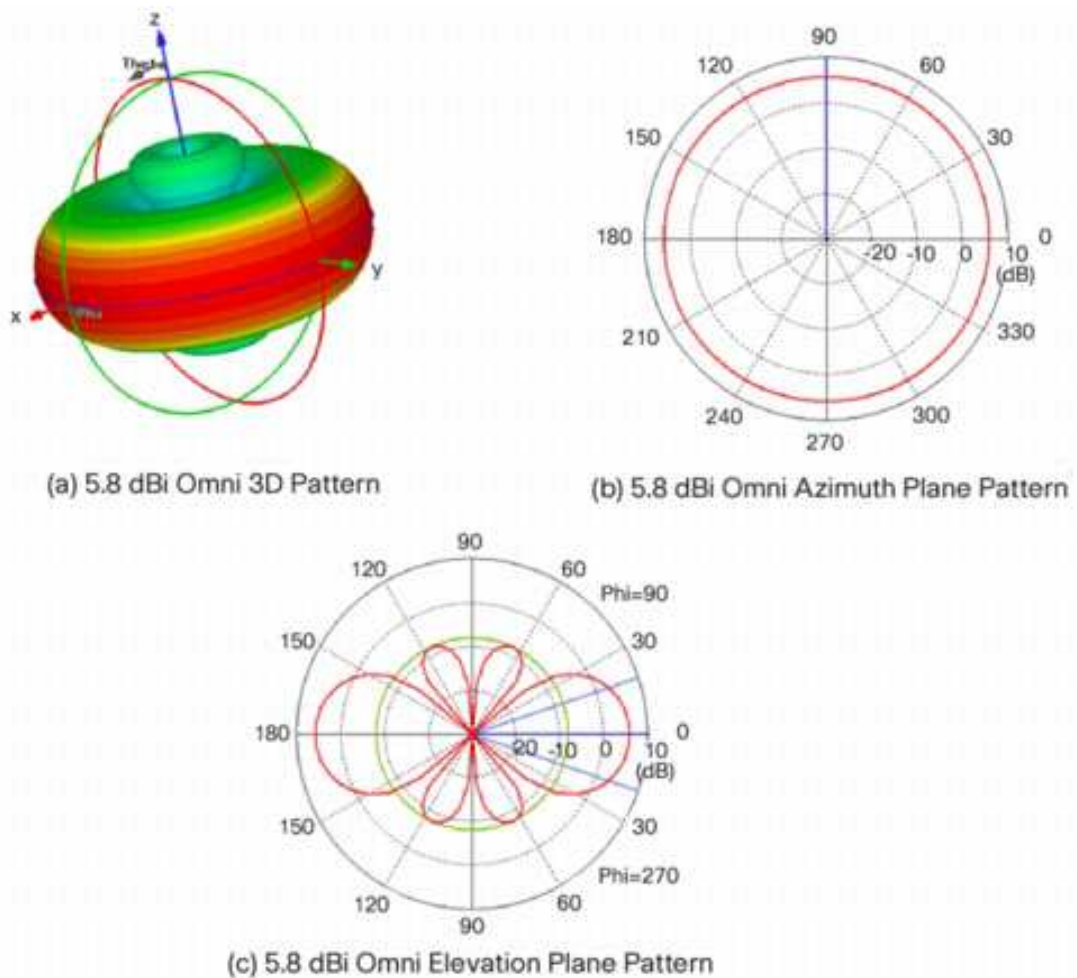


Σχήμα 33: Διπολική Κεραία και Διάγραμμα Ακτινοβολίας [40]

Collinear Omni Κεραίες

Για να δημιουργηθεί μια πολύ-κατευθυντική κεραία με υψηλότερο κέρδος, πολλαπλές δομές μπορούν να οργανωθούν σε μια σειρά για να διατηρήσει το ίδιο μοτίβο σε συγκεκριμένο επίπεδο που έχει στη συνέχεια υψηλότερο κέρδος. Μεγαλύτερο κέρδος δεν σημαίνει ότι η κεραία δημιουργεί περισσότερη δύναμη αλλά ότι η ίδια ποσότητα ενέργειας εκπέμπεται με ένα πιο εστιασμένο τρόπο.

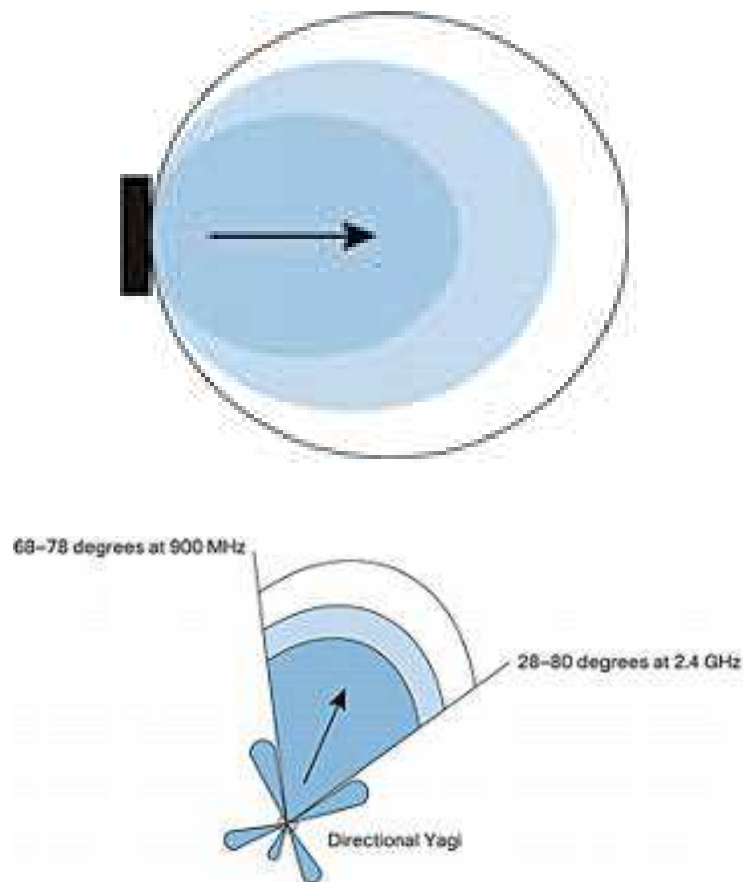
Ένα τυπικό μοτίβο πολύ-κατευθυντικής κεραίας φαίνεται στο Σχήμα 34. Η κεραία που φαίνεται στην εικόνα διαμορφώθηκε από μια σειρά τριών δίπολων, με προσανατολισμό κατά μήκος του z-άξονα. Τώρα το τρισδιάστατο μοντέλο εμφανίζεται στην εικόνα 34a μοιάζει πιο επίπεδο "κουλούρι" με ένα μικρό "κूपελλο" κολληθεί πάνω και κάτω μέρος. Το αποτέλεσμα είναι κέρδος περίπου 5,8 dBi με εύρος δέσμης περίπου 38 μοίρες, όπως φαίνεται και πάλι από τις μπλε γραμμές όπως φαίνεται στο Σχήμα 34c



Σχήμα 34: 3D Διάγραμμα Ακτινοβολίας από 5,8 dBi omnidirectional Κεραία [40]

6.3.2 Κατευθυντική Κεραία (directional)

Το χαρακτηριστικό πρότυπο εκπομπής της είναι έντονα ενισχυμένο προς μια κατεύθυνση. Η κατευθυντική Κεραία (directional), εκπέμπει προς συγκεκριμένη κατεύθυνση όπως φαίνεται στο Σχήμα 35. Υπάρχουν οι κεραίες τομέα (Sector Antennas) με γωνία οριζόντιας κάλυψης από 40 έως 180 μοίρες και οι επίπεδες (Flat Panel) κεραίες οι οποίες είναι πιο ενδιάμεσες λύσεις. Οι παραβολικές αντένες πλέγματος (Grid Parabolic) και τα δορυφορικά κάτοπτρα είναι κατευθυντικές αντένες. Το πρότυπο εκπομπής τους είναι τέτοιο, ώστε να δημιουργεί μια σχετικά στενή δέσμη που όμως μπορεί να φτάσει σε μεγαλύτερη απόσταση. Το πλεονέκτημά τους είναι ότι, εκτός από τη μεγάλη απόσταση λόγω της στενής δέσμης, δεν είναι εύκολο να έχουν παρεμβολές και παράσιτα και έτσι η σύνδεση να είναι καθαρή. Ιδανικές περιπτώσεις για την χρήση τους είναι η σύνδεση σημείου με σημείο (Point-to-Point) ειδικά για μεγάλες αποστάσεις, αλλά και η σύνδεση ενός σημείου σύνδεσης (Access Point), με ένα άλλο σημείο σύνδεσης το οποίο χρησιμοποιεί πολύ κατευθυντική κεραία.



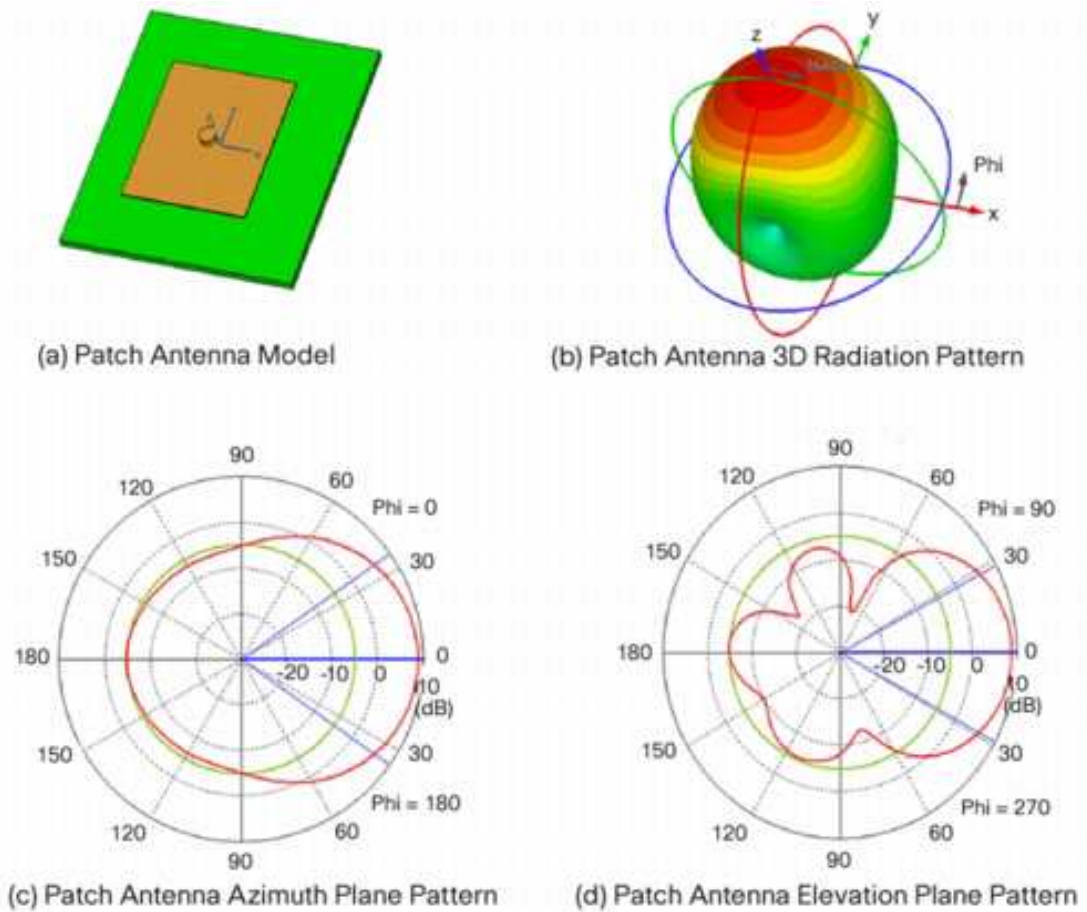
Σχήμα 35: Directional Antennas pattern [40]

Κεραίες Patch

Μια κεραία patch, στην απλούστερη μορφή της, είναι μία ορθογώνια (ή κυκλική) αγωγίμη πλάκα που απέχει πάνω από το επίπεδο του εδάφους. Οι κεραίες Patch είναι ελκυστικές λόγω του χαμηλού προφίλ τους και της ευκολίας στην κατασκευής τους.

Το διάγραμμα ακτινοβολίας τους χαρακτηρίζεται από ένα και μόνο κύριο λοβό μέτριου εύρους δέσμης. Μία τέτοια κεραία θα έχει ένα μέγιστο κέρδος της τάξης του 9 dBi ή λίγο λιγότερο.

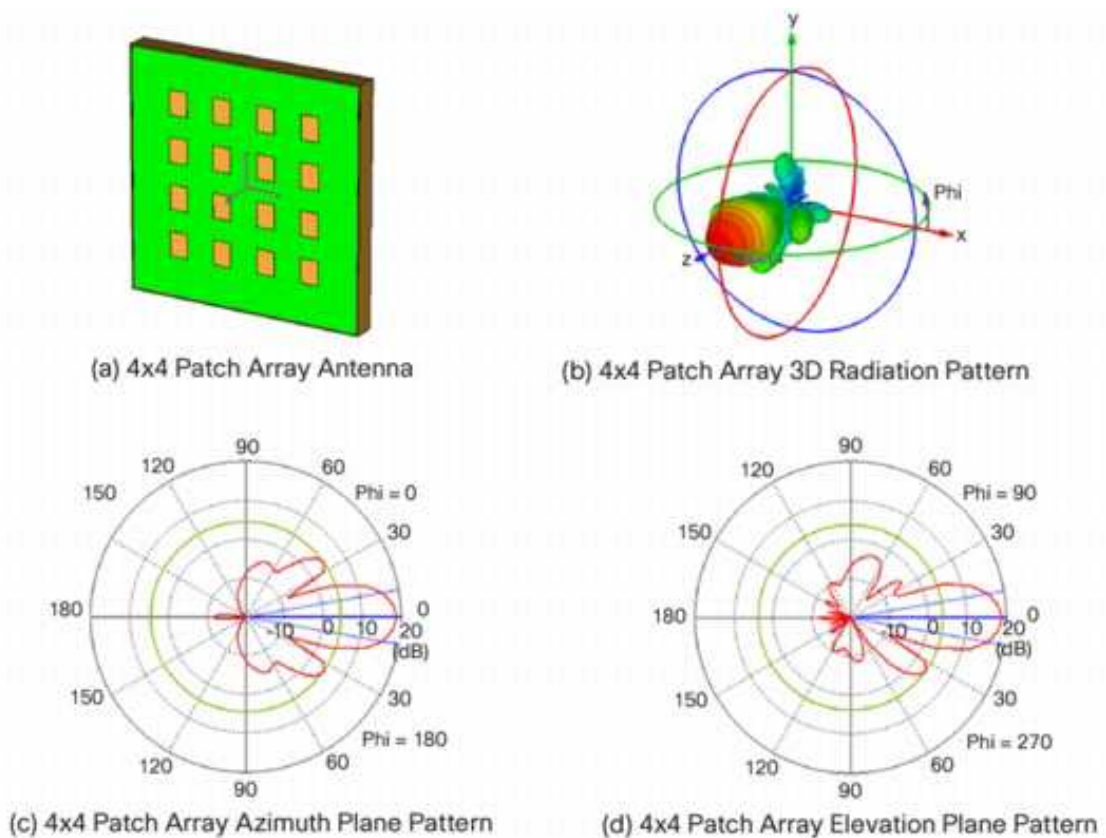
Η κεραία patch, στο Σχήμα 36, δείχνει πόσο απλές μπορεί να είναι αυτές οι κεραίες. Αυτό είναι ένα απλό ορθογώνιο καλώδιο στερεωμένο πάνω σε ένα ορθογώνιο επίπεδο γείωσης. Τα διαγράμματα ακτινοβολίας παρουσιάζουν τα τυπικά χαρακτηριστικά των κεραιών patch. Υπάρχει μόνο ένας κύριος λοβός με ένα αρκετά μεγάλο εύρος δέσμης με ρηχούς λοβούς προς τα πάνω και κάτω από την κεραία. Το κέρδος είναι περίπου 8,8 dBi με ένα εύρος δέσμης οριζόντια στους 70 βαθμούς και ένα εύρος δέσμης κάθετα στους 57 βαθμούς.



Σχήμα 36: Κεραία patch και διάγραμμα ακτινοβολίας [40]

Κεραίες Array Patch

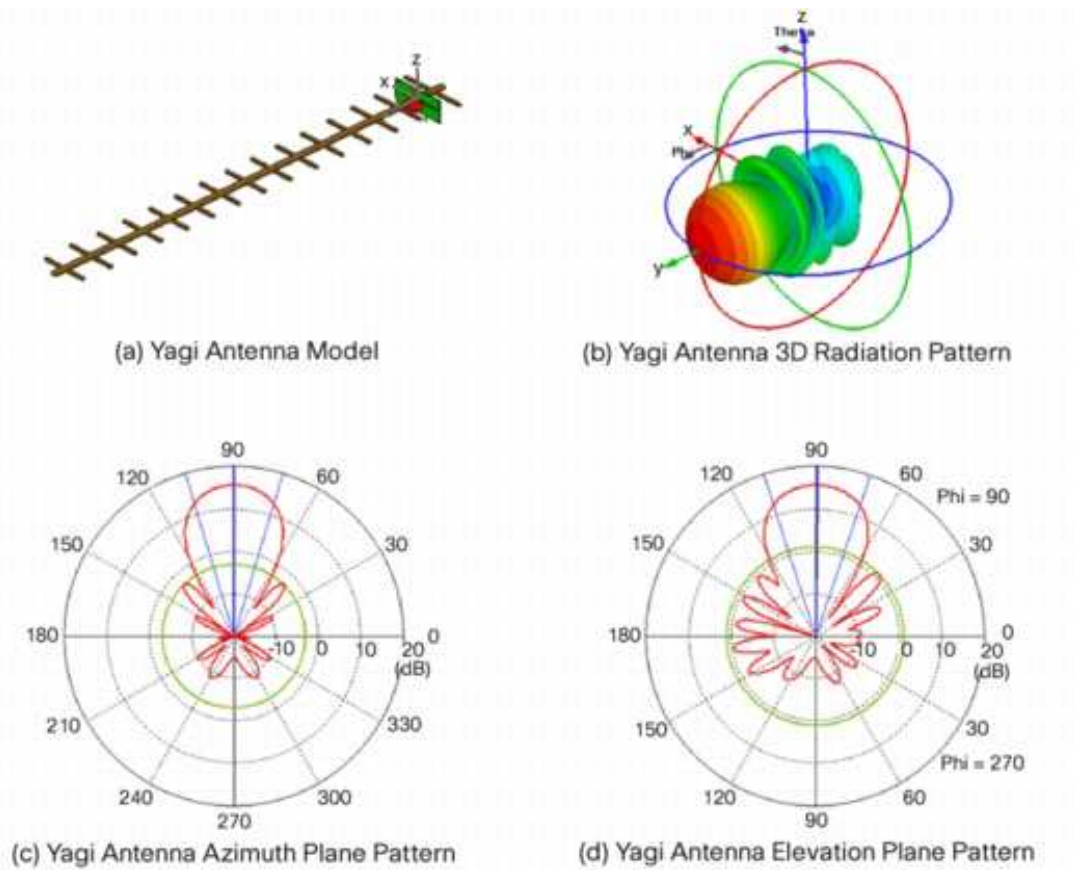
Η κεραία αυτή αποτελείται από κάποια διάταξη πολλαπλών patch κεραίων. Συχνά, η ρύθμιση αυτή αποτελείται από patch αντένες που οργανώνονται σε διάταξη όπως φαίνεται στο Σχήμα 37. Ο λόγος για αυτά τα είδη των διατάξεων είναι το υψηλότερο κέρδος. Υψηλότερο κέρδος συνεπάγεται συνήθως μια στενότερης σε εύρος δέσμης όπως επιτυγχάνεται και στην πραγματικότητα με συστοιχίες patch. Η κεραίες αυτές έχουν ένα κέρδος περίπου 18 dBi με οριζόντιο και κάθετο εύρος δέσμης περίπου 20 μοίρες. Σημειώστε ότι οι πίσω λοβοί είναι πολύ μικροί και ότι η front-to-back αναλογία είναι περίπου 30 dB. Το πρώτο sidelobes είναι κάτω από την κορυφή και στα περίπου 14 dB.



Σχήμα 37: Ένα Patch 4x4 Antenna Array με 3D διάγραμμα ακτινοβολίας [40]

Yagi κεραίες

Μια κεραία Yagi σχηματίζεται από μια απλή κεραία με χρήση κατευθυντήρων. Είναι συνήθως ένα δίπολο και μία σειρά από στοιχεία των οποίων το μήκος και η απόσταση ελέγχονται αυστηρά. Η αντένα Yagi φαίνεται που στο Σχήμα 38 είναι χτισμένη με ένα ανακλαστήρα (η γραμμή πίσω από τον οδηγείται κεραία) και 14 στοιχεία (το μπαρ μπροστά). Αυτή η ρύθμιση παράγει ένα κέρδος της τάξης του 15 dBi με οριζόντια και κατακόρυφη δέσμη περίπου 36 βαθμούς. Αυτό είναι ένα κοινό χαρακτηριστικό των Yagi κεραιών. Πολλές φορές αυτές οι κεραίες έχουν σχεδιαστεί έτσι ώστε να μπορούν να περιστραφούν για οριζόντια ή κάθετη πόλωση, οπότε έχουν το ίδιο dB εύρος δέσμης σε κάθε επίπεδο είναι ένα καλό χαρακτηριστικό γνώρισμα σε αυτές τις περιπτώσεις.

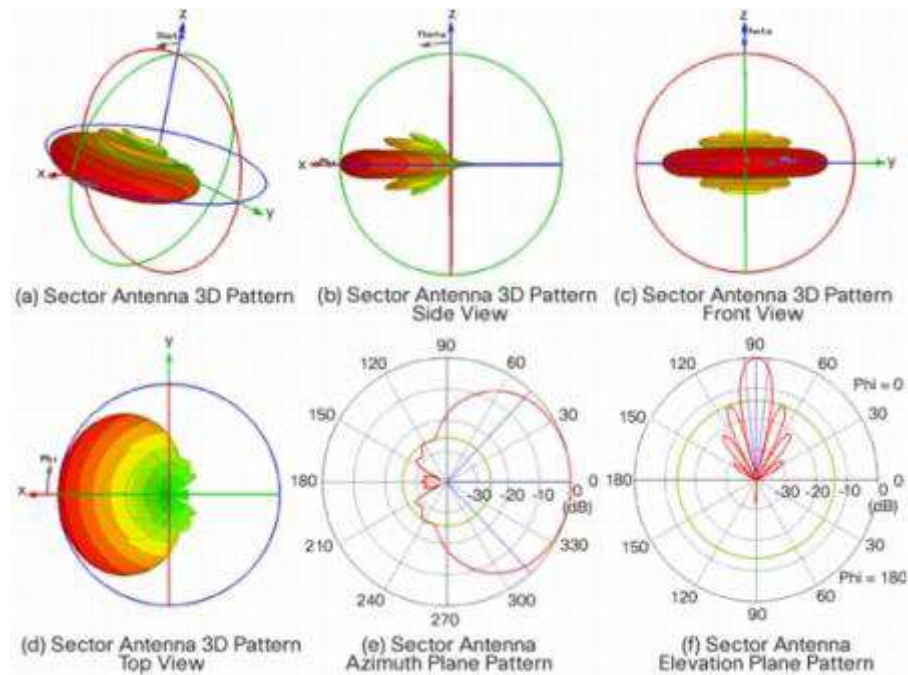


Σχήμα 38: Yagi Antenna Μοντέλο με 3D διάγραμμα ακτινοβολίας [40]

Πολύ συχνά, αυτές οι κεραιές είναι μέσα σε έναν σωλήνα, με αποτέλεσμα ο χρήστης να μην μπορεί να δει όλα τα στοιχεία της κεραιάς.

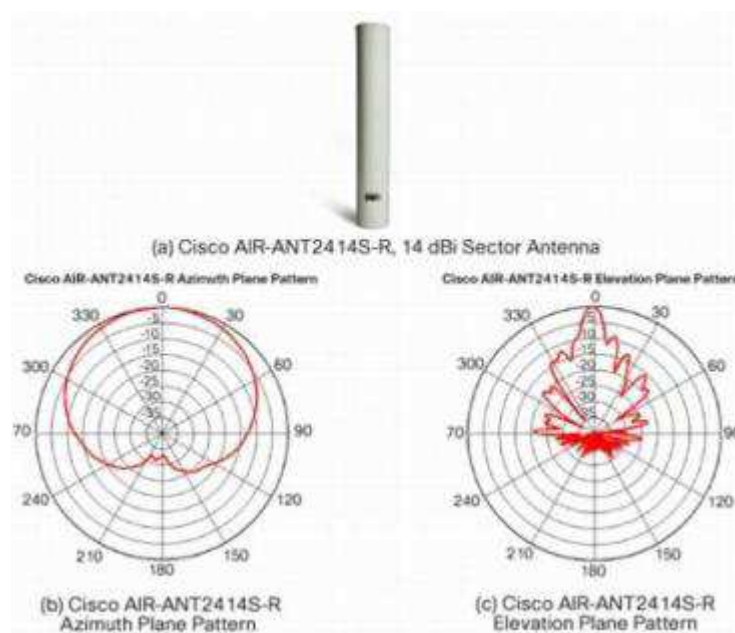
Κεραιές Τομέα (Sector Antennas)

Μια κεραιά τομέα είναι μια κάπως εξειδικευμένη κεραιά, συχνά για εξωτερικά συστήματα, όπου είναι επιθυμητή η κάλυψη ευρείας περιοχής. Τα διάγραμμα ακτινοβολίας μια τέτοιας κεραιάς φαίνονται στο Σχήμα 39.



Σχήμα 39: Τυπικά Διαγράμματα Ακτινοβολίας Κεραίας Τομέα 90 μοιρών [40]

Πολύ συχνά, μία κεραία τομέα είναι χτισμένη από μια σειρά από δίπολα τοποθετημένα μπροστά από ένα σχήμα ανακλαστήρα. Το μέγεθος και το σχήμα του ανακλαστήρα καθορίζει σε μεγάλο βαθμό την απόδοση αυτών των κεραιών. Πολλές από αυτές τις κεραιές έχουν σχήματα κάτοπτρου που είναι κάπως επίπεδα. Μια κεραία τομέα κατηγοριοποιείται από την κατευθυντικότητα της σε dB εύρους δέσμης. Συνήθως είναι διαθέσιμες σε 60, 90, και 120 μοίρες. Στο σχήμα 40 φαίνεται μία εμπορική αντένα της Cisco των 90 μοιρών με τα διαγράμματα ακτινοβολίας της.



Σχήμα 40: Μία Cisco 90 μοιρών Κεραία [40]

Στο σχήμα 41 φαίνονται εικόνες των διάφορων αντενών τύπου κατόπτρου. Οι αντένες πιάτου (Dish) έχουν καθιερωθεί ως δορυφορικά πιάτα λόγω της ευρείας χρήσης τους σε δορυφορικές συνδέσεις και ως επίσης αντένες σύνδεσης από πύργο σε πύργο από εταιρίες κινητής τηλεφωνίας. Οι αντένες πιάτου πλέγματος (Grid) χρησιμοποιούνται για τον ίδιο σκοπό άλλα προσφέρουν μειωμένο βάρος και καλύτερη αντοχή σε καιρικές συνθήκες (αέρα). Και οι δύο αντένες, συνήθως, είναι εγκατεστημένες σε εξωτερικούς χώρους και καλύπτουν μεγάλες περιοχές από δεκάδες μέχρι και εκατοντάδες μέτρα.

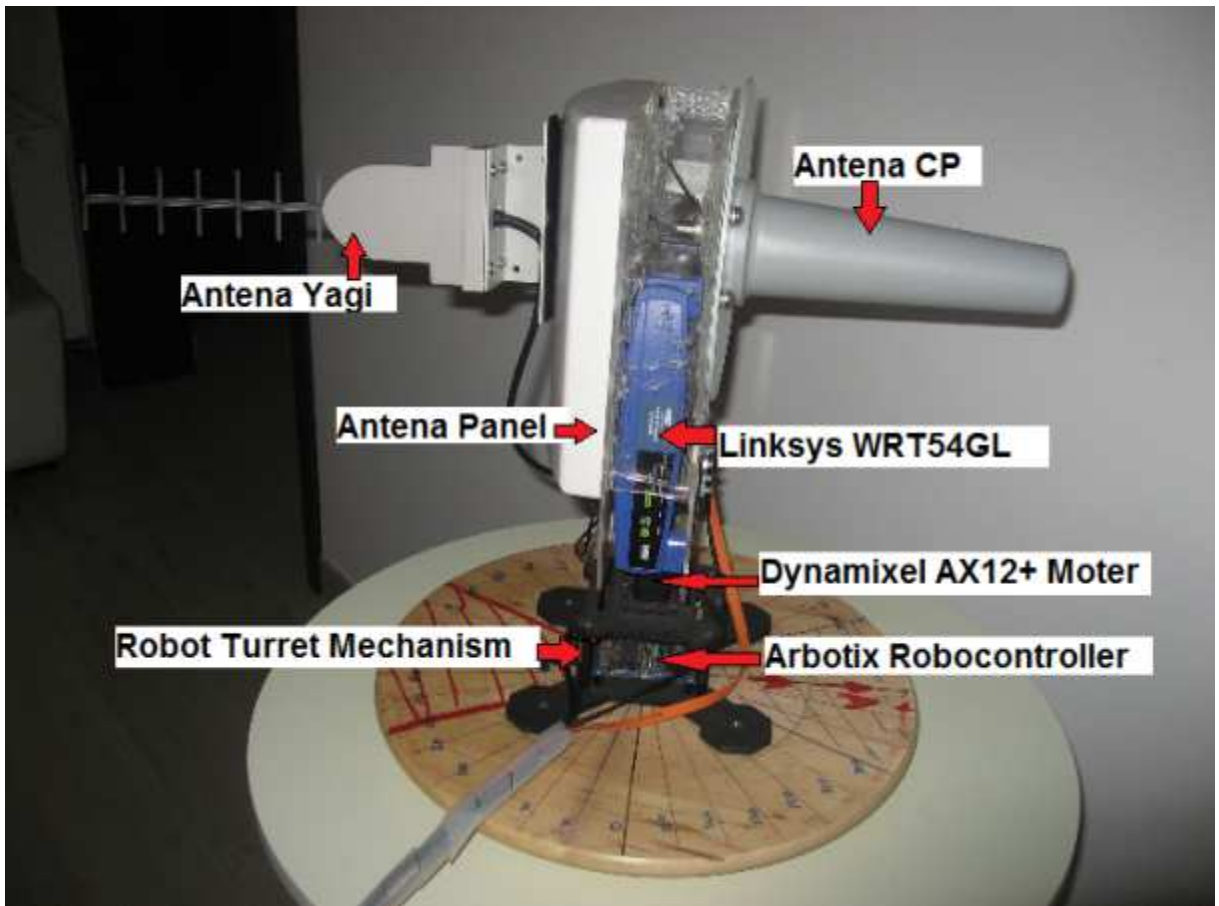


Σχήμα 41: WIFI Grid and Dish Sector Antenas [40]

Κεφάλαιο 7

Αρχιτεκτονική Συστήματος NeoRadar

Το σύστημα αποτελείται από πέντε κύρια στοιχεία τα οποία είναι το σύστημα περιστροφής αντενών, οι αντένες, το σύστημα σάρωσης, το σύστημα συλλογής των μετρήσεων και μεταφοράς σε πλατφόρμα Windows και την εφαρμογή διαχείρισης συστήματος και ανάλυσης αποτελεσμάτων. Φωτογραφία του συστήματος φαίνεται πιο κάτω στο Σχήμα 42. Τα επιμέρους συστήματα περιγράφονται αναλυτικά πιο κάτω.



Σχήμα 42: Φωτογραφία Συστήματος και Πειραματικής Διάταξης

7.1 Σύστημα Περιστροφής

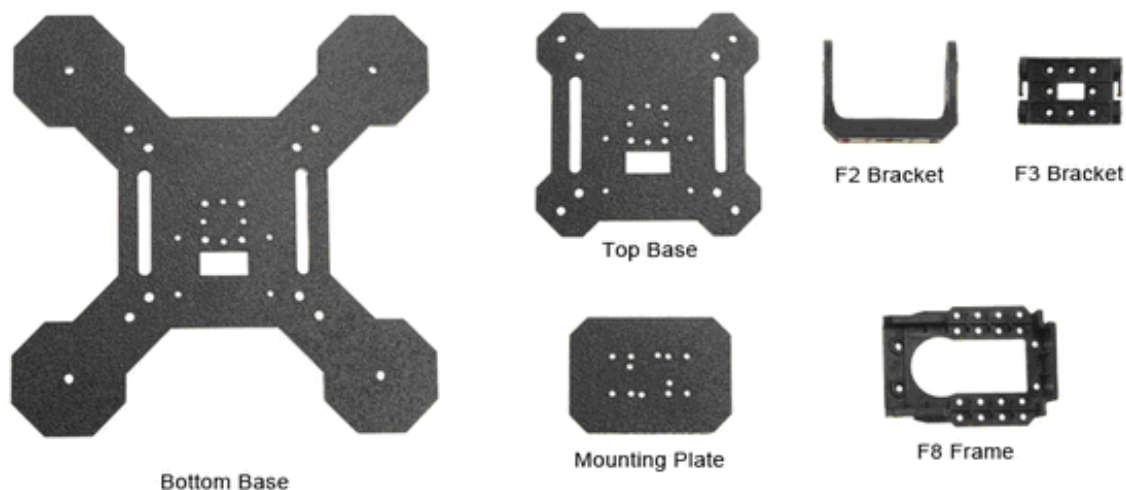
Το σύστημα περιστροφής αντενών αποτελείται από μηχανισμό pan/till PhantomX Robot Turret της Trossen Robotics [9], με δύο μοτέρ Dynamixel AX-12A και τον ArbotiX RoboController [10] όπως φαίνεται στο Σχήμα 43 πιο κάτω.



Σχήμα 43: Σύστημα Μετακίνησης Αντενών

7.1.1 Μηχανισμός PhantomX Robot Turret [9]

Ο μηχανισμός είναι μικρός και πολύ ελαφρύς αλλά προσφέρει σταθερότητα και καλή απόδοση σε σχέση με το κόστος του. Ο μηχανισμός αποτελείται από αριθμό επιμέρους εξαρτημάτων, όπως φαίνονται στο Σχήμα 44, τα οποία με το συνδυασμό μοτέρ, καρτών ελέγχου και με την προσθήκη βάσης για τις αντένες προσφέρει εύκολη και οικονομική λύση για συστήματα μετακίνησης και στους δύο άξονες (Pan/till).



Σχήμα 44: PhantomX Robot Turret parts

Ο Μηχανισμός έχει τα πιο κάτω χαρακτηριστικά:

- Συμπεριλαμβάνει θέση για τον ArbotiX Robocontroller
- 300 degrees of motion on each axis
- Μπορεί να χρησιμοποιήσει Dynamixel Smart Actuators AX-12+ και AX-18F
- Rigid ABS Base
- Rubber Grip Feet

7.1.2 Μοτέρ Dynamixel AX-12A [41]

Τα μοτέρ Dynamixel AX-12+ servo actuators από την εταιρία Robotis και είναι από τα πιο προηγμένα στην αγορά, με αυτή την τιμή, και έχουν καταστεί ο αριθμός ένα μοτέρ για χρήση σε οικονομικά ρομπότ. Τα AX-12+ μοτέρ έχουν την δυνατότητα να ελέγχουν την ταχύτητα, θερμοκρασία, θέση του άξονα, τάση τροφοδοσίας και φορτίου. Επιπρόσθετα, ο αλγόριθμος που χρησιμοποιούν για να διατηρούν την θέση του άξονα μπορεί να ρυθμιστεί διαφορετικά σε κάθε μοτέρ, δίνοντας την δυνατότητα του ελέγχου της ταχύτητας και της ανταπόκρισης του κάθε μοτέρ ξεχωριστά. Όλη η διαχείριση των αισθητήρων και της θέσης του μοτέρ ρυθμίζεται από τον ενσωματωμένο μικροϋπολογιστή του μοτέρ. Αυτή η προσέγγιση δίνει την δυνατότητα στον εξωτερικό ελεγκτή να μπορεί να κάνει άλλες εργασίες την ίδια ώρα. Τα AX-12+ είναι έξυπνά, συμπεριλαμβάνουν γρανάζια μείωσης ταχύτητας, περιλαμβάνουν ένα ακριβές μοτέρ συνεχόμενου ρεύματος (DC Motor) με ενσωματωμένο μικροϋπολογιστή και δυνατότητα σύνδεσης σε δίκτυα. Πάρα το μικρό του μέγεθος, μπορεί να δώσει μεγάλη ροπή και είναι

κατασκευασμένο με υψηλής ποιότητας υλικά για να μπορεί να έχει την απαραίτητη δύναμη να κρατήσει την δομή της κατασκευής του αλλά και να αντέξει μεγάλες εξωτερικές δυνάμεις.

Το AX-12+ προσφέρει ακριβές έλεγχο με ακρίβεια 1024 βημάτων (για 300 μοίρες μετακίνησης), μπορεί να ανατροφοδοτήσει την παρούσα θέση, την ταχύτητα, το φορτίο και την ροπή για κάθε στιγμή. Υπάρχει δυνατότητα προειδοποιήσεων εάν υπάρχει παρέκκλιση από τιμές που έχουμε δώσει για διάφορες καταστάσεις όπως θερμοκρασία, ροπή, τάση τροφοδοσία κ.α. Επίσης το μοτέρ μπορεί να διαχειριστεί αυτόματα διάφορα προβλήματα όπως μη ύπαρξη ροπής. Η καλωδίωση είναι απλή με την χρήση καλώδιο-σε-καλώδιο (daisy chain) τεχνικής και μπορεί να παρέχει ταχύτητες μέχρι και 1Mbps. Ο έλεγχος της θέσης, ταχύτητας και ροπής μπορεί να ελεγχθεί με τη αποστολή ενός και μόνο πακέτου δεδομένων και έτσι υπάρχει η δυνατότητα γρήγορου και ανεξάρτητου ελέγχου πολλών μοτέρ ταυτόχρονα. Υπάρχει λαμπάκι LED το οποίο δίνει οπτικό σήμα σχετικά με προβλήματα και την κατάσταση του μοτέρ.

Στο σχήμα 45 φαίνεται φωτογραφία των δυο όψεων του μηχανισμού φαίνεται στο Σχήμα 45. Από την μία πλευρά υπάρχει ο άξονας με το μηχανισμό σύνδεσης του πλαστικού υποδοχέα για μετάδοση της κίνησης σε βάσεις οι οποίες στη συνέχεια θα συνδεθούν με την οποιαδήποτε κατασκευή, όπως στην περίπτωση μας την κατασκευή από πλαστικές πλάκες για την τοποθέτηση των αντενών. Επίσης στη ίδια πλευρά υπάρχει αριθμός υποδοχών για την σύνδεση με το μηχανισμό PhantomX Robot Turret με την χρήση βιδών και μπαλονιών όπως και στην άλλη πλευρά. Στην άλλη πλευρά υπάρχουν δυο υποδοχές για την σύνδεση με το μηχανισμό PhantomX Robot Turret με την χρήση βιδών και μπαλονιών. Υπάρχουν δύο υποδοχές για την σύνδεση των καλωδίων επικοινωνίας με daisy-chain όπου από την κάρτα διαχείρισης συνδεόμαστε στην μία υποδοχή και από την άλλη υποδοχή συνδέουμε άλλο μοτέρ, στην περίπτωση μας την ArbotiX Robocontroller. Λόγω την σύνδεση όλων των μοτέρ σε παράλληλο διάδρομο, υπάρχει η δυνατότητα να δώσουμε σε κάθε μοτέρ ένα ξεχωριστό και μοναδικό αριθμό ούτως ώστε να μπορούμε να διαχειριζόμαστε μεγάλο αριθμό μοτέρ σε παράλληλη σύνδεση. Ο αριθμός αυτός, το ID, μπορεί να αναγραφεί στο χώρο που υπάρχει, όπως φαίνεται στο Σχήμα 45, για καλύτερη διαχείριση και οπτικό έλεγχο των μοτέρ.



Σχήμα 45: Φωτογραφίες AX-12X+

Ο μηχανισμός PhantomX Robot Turret συνδέεται εύκολα με τα δύο AX-12+ μοτέρ, εφόσον έχει σχεδιαστεί ειδικά με αυτά όπως φαίνεται στο Σχήμα 46 πιο κάτω.



Σχήμα 46: Σύνδεση PhantomX Robot Turret με δύο AX-12X+

Αναλυτικές προδιαγραφές του AX-12X+ φαίνονται στον Πίνακα 3, πιο κάτω, και στο Παράρτημα Α1.

AX-12X Stats		
Operating Voltage	12V	7V
Holding Torque	16.5 kg·cm 229 oz·in	12 kg·cm 167 oz·in
No-load Speed	0.196sec/60°	0.269sec/60°
Weight	55g	
Size	50 x 32 x 38 mm	
Resolution	0.35°	
Reduction Ratio	1/254	
Operating Angle	300° or Continuous Turn	
Max Current	900 mA	
Standby Current	50 mA	
Operating Temp	-5°C ~ 85°C	
Protocol	TTL Half Duplex Async Serial	
Module Limit	254 valid addresses	
Com Speed	7343bps ~ 1Mbps	
Position Feedback	Yes	
Temp Feedback	Yes	
Load Voltage Feedback	Yes	
Input Voltage Feedback	Yes	
Compliance/PID	Yes	
Material	Plastic Gears and Body	
Motor	Cored Motor	
Controller List	CM-5 , Arbotix	

Πίνακας 3: Προδιαγραφές Μοτέρ AX – 12+

7.1.3 Κάρτα Ελέγχου ArbotiX Robocontroller

Η κάρτα ελέγχου ArbotiX Robocontroller, θα συνδεθεί με το PhantomX Robot Turret και με τα δύο AX-12X+ και θα ολοκληρώσει το μηχανισμό μετακίνησης των αντενών. Η κάρτα φαίνεται στο Σχήμα 47 και εγκατεστημένη στο μηχανισμό μετακίνησης στο Σχήμα 48.

Η κάρτα ArbotiX robocontroller είναι μία εξελιγμένη κάρτα για οδήγηση μοτέρ όπως τα AX-12+ servo/Bioloid συστήματα καθώς και κάθε άλλου είδους μικρά προς μεσαία ρομπότ. Είναι βασισμένη στον ισχυρό AVR microcontroller ATMEGA644p, και προσφαιρεί δυνατότητα XBEE wireless radio, διπλό οδηγό μοτέρ, 3-pin servo-style headers για IO και αριθμό εισόδων / εξόδων αναλογικών και ψηφιακών σημάτων. Περισσότερες πληροφορίες φαίνονται στο εγχειρίδιο της κάρτας στο Παράρτημα A2. Η κάρτα μπορεί να χρησιμοποιήσει τον ανοικτό κώδικα Arduino IDE. Επίσης υπάρχουν και άλλα προγράμματα τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν όπως:

- **BioloidController** – Είναι μια βιβλιοθήκη κώδικα βασισμένη σε Bioloid bus για χρήση με το Arduino/Sanguino περιβάλλον. Επιτρέπει εύκολο έλεγχο των AX-12 servos.
- **PyPose** – είναι ένα πρόγραμμα μετακίνησης και καταγραφής. Είναι γραμμένο σε Python, και χρησιμοποιεί το pySerial για την επικοινωνία του με το ArbotiX board το οποίο τρέχει pyrose sketch. Με την ολοκλήρωση όλων των κινήσεων από το PyPose δημιουργείται αυτόματα κώδικας σε C header έτοιμος να χρησιμοποιήσει την βιβλιοθήκη Bioloid
- **Other Libraries** – Υπάρχουν και άλλες βιβλιοθήκες κώδικα ούτως ώστε να υπάρχει η εύκολος έλεγχος των μοτέρ από οποιαδήποτε πλατφόρμα



Σχήμα 47: Κάρτα Ελέγχου ArbotiX Robocontroller

Η κάρτα ελέγχου ArbotiX Robocontroller έχει τα πιο κάτω χαρακτηριστικά:

- 16MHz AVR microcontroller (ATMEGA644p).
- serial ports, 1 dedicated to Bioloid servo controller, the other to the XBEE radio
- Bioloid AX-12+ style ports onboard, plug your AX-12+ Servos directly in!
- 32 I/O, 8 of which can function as analog inputs
- Servo style 3-pin headers (gnd, vcc, signal) on all 8 analog inputs, and 8 of the digital IO
- Dual 1A motor drivers, with combined motor/encoder header.
- XBEE radios sold separately. A typical setup will require 2 XBEE radios and an XBEE explorer w/ USB Cable to be able to wirelessly control your robot from your computer.
- 2.8"x2.8" with mounting holes designed to match many Bioloid configurations
- I2C Interface
- ISP available for custom programming



Σχήμα 48: Κάρτα Ελέγχου ArbotiX Robocontroller Τοποθετημένη στο PhantomX Robot Turret

7.2 Αντένες

Θα χρησιμοποιηθούν τρεις κατευθυντικές αντένες για την δοκιμαστική πειραματική αξιοποίηση του συστήματος , μία patch με οριζόντια (IN24-10 10dBi Directional Indoor Antenna [12]), μια κυκλική πόλωση (CP24-12 12dBi Circular Polarized Antenna [11]) και μια τύπου Yagi (IN24-1201 12dBi).

7.2.1 Patch Antena IN24-10 10dBi Directional

Η αντένα είναι ειδικά φτιαγμένη για εσωτερικό περιβάλλον από άσπρο πλαστικό UL94-V0 ABS όπως φαίνεται στο Σχήμα 49. Το χαμηλό την προφίλ και η εμφάνιση της την καταστούν ιδανική για χρήση σε σπίτια και επιχειρήσεις . Η στερέωση της γίνεται εύκολα με 4 απλές βίδες και κλιπ τοίχου όπως ένα πίνακα. Η αντένα έχει ένα N Female βύσμα για σύνδεση με τον router. Ο Πίνακας 4 παρουσιάζει τα χαρακτηριστικά της αντένας και περισσότερες πληροφορίες υπάρχουν στο εγχειρίδιο της αντένας στο Παράρτημα Α3.



Σχήμα 49: IN24-10 10dBi Directional Indoor Antenna

Τα χαρακτηριστικά της είναι τα ακόλουθα :

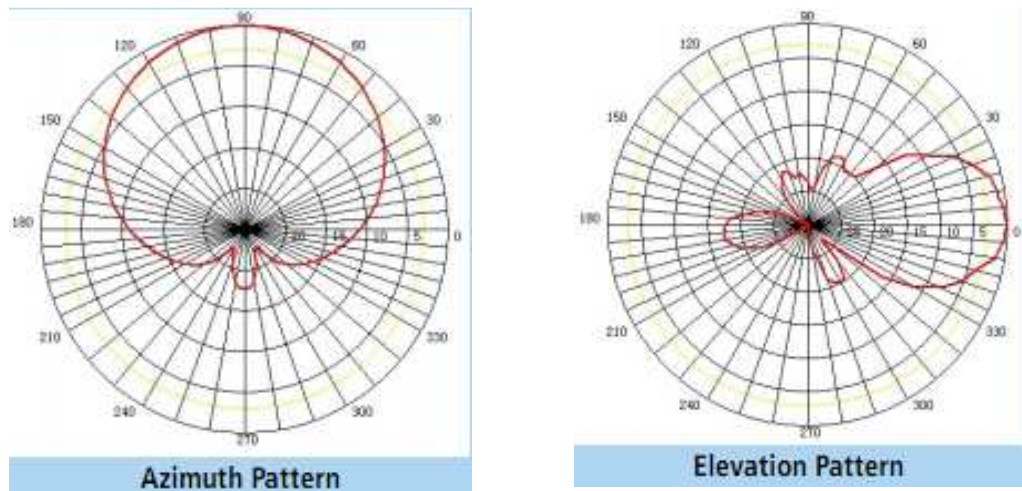
- Directional indoor antenna
- 10 dBi antenna Gain
- Attractive housing
- UL listed materials
- Surface mount on wall
- Vertical polarization
- N female connector
- 2.4 GHz Wireless Lan Applications

Parameter	Model	Min	Typ	Max	Units
Frequency Range	IN24-10	2400		2483	MHz
Gain			10		dBi
Horizontal Beam Angle			110		degrees
Vertical Beam Angle			30		degrees
Input Return Loss (S ₁₁)			-14		dB
VSWR			1.5:1		
Impedance			50 Ω		OHM
Input Power			100		W
Operating Temperature		-10 (14°F)		+70 (+158°F)	Deg C
Weight		2.1 (.8)			Lb (Kg)
Dimension (Dia x Height)		8.5" x 7.5" x 1.77" (216mm x 190mm x 45mm)			In (mm)

Πίνακας 4: Χαρακτηριστικά Αντένας Panel IN24-10

Τα διαγράμματα ακτινοβολίας της αντένας φαίνονται στο Σχήμα 50 πιο κάτω. Όπως βλέπουμε υπάρχει καλή κατευθυντικότητα στο κατακόρυφο άξονα, γύρω στις 30 μοίρες και στον

οριζόντιο στις 110 μοίρες που επιτρέπει καλά αποτελέσματα. Επίσης οι διάφοροι λοβοί έχουν μικρή τιμή και δεν θα υπάρχουν προβλήματα στη εύρεση της ορθής θέσης των συσκευών.



Σχήμα 50: Διάγραμμα Ακτινοβολίας IN24-10 10dBi Directional Indoor Antenna

7.2.2 Circular Polarized High Gain Antenna CP24-12

Η Circular Polarized (CP) Antenna CP24-12 είναι φτιαγμένη από κράμα αλουμινίου με πλαστική UV θήκη για το μπροστινό μέρος της αντένας όπως φαίνεται στο Σχήμα 51. Ο Πίνακας 5 παρουσιάζει τα χαρακτηριστικά της αντένας και περισσότερες πληροφορίες υπάρχουν στο εγχειρίδιο της αντένας στο Παράρτημα A4. Η πόλωση είναι δεξιόστροφή (right hand circular polarized - RHCP) για να επικοινωνεί με μία μεγάλη γκάμα από polarized base station antennas διαθέσιμες στην αγορά. Λόγω του υψηλού κέρδους που διαθέτει την καθιστά ιδανική για σύνδεση από σημείο σε σημείο (point to point). Η πόλωση Circular polarization είναι πολύ αποτελεσματική στην μείωση του προβλήματος πολλαπλών διαδρομών (multi path effect) και έχει επίσης αποδειχθεί ότι παρέχει καλύτερα αποτελέσματα σε περίπτωση που υπάρχουν εμπόδια όπως δέντρα.



Σχήμα 51: Circular Polarized (CP) Antenna CP24-12

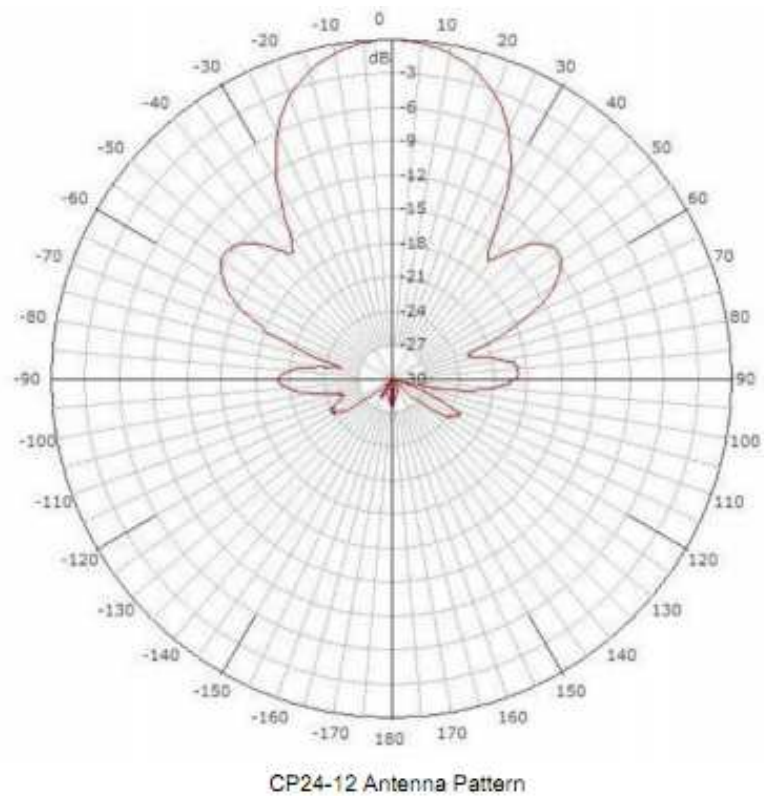
Τα χαρακτηριστικά της είναι τα ακόλουθα :

- High Gain
- RH Circular Polarization
- Adjustable Tilt Stainless Steel Bracket
- Type N Female Connector
- DC Grounded for lightning protection
- Rugged, Lightweight and Waterproof
- 802.11b/g Applications
- Client Antennas
- CP Point to Point Links
- Building to Building High Speed Links

Parameter	Min	Typ	Max	Units
<i>Frequency Range</i>	2400		2485	MHz
<i>Gain</i>	12			dBi
<i>Polarization</i>		Circular (RHCP)		
<i>VSWR</i>		1.5:1		
<i>3db Beamwidth</i>		37		Deg
<i>Front to Back</i>	20			dB
<i>Axial Ratio</i>			2	dB
<i>Impedance</i>		50		OHM
<i>Input Power</i>			100	W
<i>Pole Diameter (OD)</i>	1 (25)		2 (50)	Inch (mm)
<i>Operating Temperature</i>	-40		+70	Deg C
<i>Rated Wind Velocity</i>			125	mph
<i>Weight</i>		1.1 (0.5)		lbs (kg)
<i>Dimensions (L x Dia)</i>		8.5" x 8" (216 x 203)		Inch (mm)

Πίνακας 5: Χαρακτηριστικά Αντένας CP24-12

Το διάγραμμα ακτινοβολίας της αντένας φαίνεται στο Σχήμα 52 πιο κάτω και φαίνεται καλή κατευθυντικότητα και στους δύο άξονες γύρω στις 37 μοίρες. Δεν υπάρχει διαφορετική κατευθυντικότητα σε οριζόντιο και κατακόρυφο άξονα λόγω του είδους της αντένας που είναι κυκλικής κατεύθυνσης.



Σχήμα 52: Διάγραμμα Ακτινοβολίας Circular Polarized (CP) Antenna CP24-12

7.2.3 Yagi Antena IN24-1201 12dBi Directional

Η αντένα είναι για εξωτερικό περιβάλλον και φτιαγμένη από αλουμίνιο όπως φαίνεται στο Σχήμα 50. Το μικρό της βάρος την καταστούν ιδανική για χρήση σε σπίτια και επιχειρήσεις σε εξωτερικούς χώρους. Η στερέωση της γίνεται εύκολα σε σωλήνα ή και αευθεία σε τοίχο. Η αντένα έχει ένα N Female βύσμα για σύνδεση με τον router. Ο Πίνακας 6 παρουσιάζει τα χαρακτηριστικά της αντένας και περισσότερες πληροφορίες υπάρχουν στο εγχειρίδιο της αντένας στο Παράρτημα Α5.



Σχήμα 53: IN24-1201 12dBi Directional Outdoor Yagi Antenna

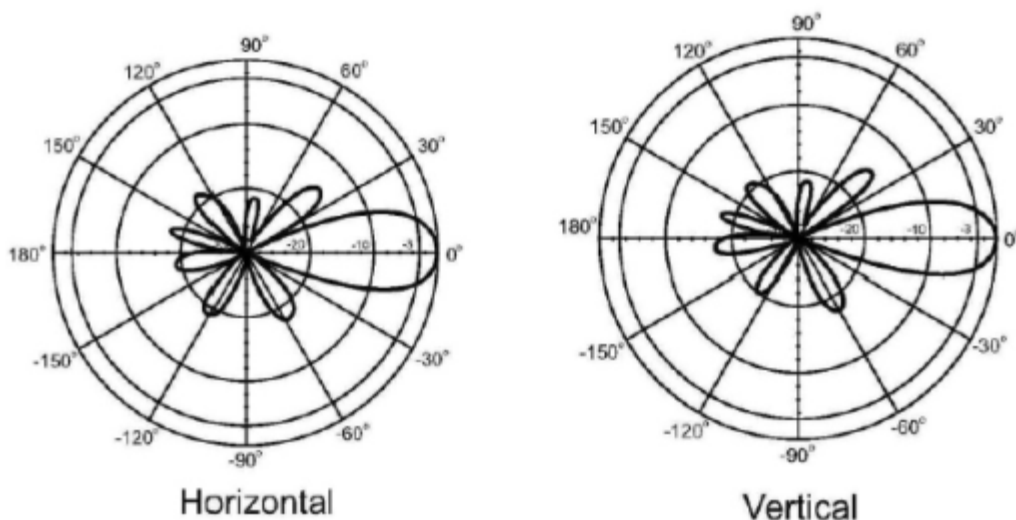
Τα χαρακτηριστικά της είναι τα ακόλουθα :

- Directional indoor antenna
- 12 dBi antenna Gain
- Surface mount on wall or on a pole
- Vertical polarization
- N female connector
- 2.4 GHz Wireless Lan Applications

TECHNICAL SPECIFICATIONS		
Electrical Specifications		
• Frequency Range	• Front to Back Ratio: 15dB	• -40°C to 80°C
– 2400 MHz-2500 MHz	• Downtilt: 0°	• Humidity: 100% to 25°C
• Gain: 12 dBi	• Power handling: 50W (cw)	• Lightning protection: DC ground
• VSWR 1.5:1 Max	• Impedance: 50 Ohms Nominal	• Radome color: Gray-White
• Polarization: Linear, Vertical	• Connector	• Radome Material
• HPBW	– N Female or SMA Female	– ABS, UV resistant
– Horizontal - 50°	• Cable UL198; 32cm	– Fire Retardant
– Vertical- 50°	Environmental & Mechanical Characteristics	• Weight: 0.3 kgw
	• Survival wind speed: 216 km/hr	• Dimensions
	• Operating Temperature	– 280 x 87 x 48 mm

Πίνακας 6: Χαρακτηριστικά Αντένας IN24-1201

Τα διαγράμματα ακτινοβολίας της αντένας φαίνονται στο Σχήμα 51 πιο κάτω. Όπως βλέπουμε υπάρχει καλή κατευθυντικότητα στο κατακόρυφο άξονα, γύρω στις 50 μοίρες και στον κατακόρυφο στις 50 μοίρες που επιτρέπει καλά αποτελέσματα. Επίσης οι διάφοροι λοβοί έχουν μικρή τιμή και δεν θα υπάρχουν προβλήματα στη εύρεση της ορθής θέσης των συσκευών. Ο μεγάλος αριθμός των λοβών μπορεί να προκαλέσει προβλήματα όταν ο στόχος είναι πολύ κοντά στην αντένα.



Σχήμα 54: Διάγραμμα Ακτινοβολίας IN24-1201 12dBi Directional Yagi Antenna

7.3 Σύστημα Σάρωσης

Το σύστημα σάρωσης βασίζεται στον router Linksys WRT-54GL V1.1 με την εγκατάσταση του firmware DD-WRT standard. [5].

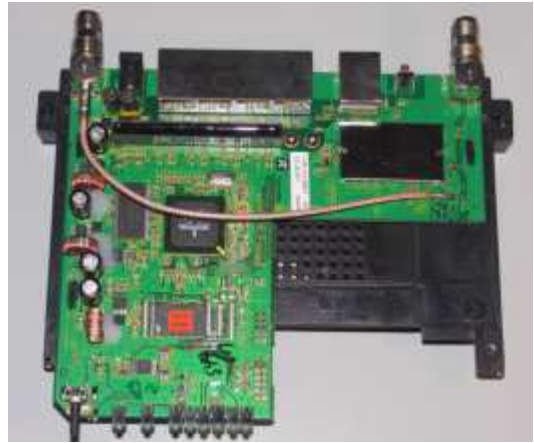
7.3.1 Linksys WRT-54GL v1.1

Ο WRT-54GL είναι Linux-based router τύπου G Linux και χρησιμοποιείται πάρα πολύ για αυτόνομα συστήματα, όπως ρομπότ όπως φαίνεται στο Σχήμα 55, και για αναβαθμίσεις δικτύων, διεύρυνση της εμβέλειας ασύρματων δικτύων και χρήση σε συστήματα διείσδυσης σε ασύρματα δίκτυα (hacking). Έχει χρησιμοποιηθεί πάρα πολύ και υπάρχουν αρκετές πληροφορίες για την χρήση του, αλλαγές και αναβαθμίσεις του λογισμικού και του υλισμικού του router. Το βιβλίο του Paul Asadoorian και Lary Pesce με τίτλο “Linksys WRT54G Ultimate Hacking” που εκδόθηκε από την Syngress Publishing Inc το 2007 είναι ένα ολοκληρωμένο και πάρα πολύ καλό βιβλίο αναφορικά με το τι μπορεί να κάνει κανείς με τον πιο πάνω router.



Σχήμα 55: Linksys WRT-54GL V1.1 router σε Αυτόνομο Ρομπότ

Στο Σχήμα 56 φαίνεται φωτογραφία του router και φωτογραφία της κεντρικής του κάρτας (main board).



Σχήμα 56: Linksys WRT-54GL V1.1 router

Τα χαρακτηριστικά του είναι τα ακόλουθα και αναλυτικά χαρακτηριστικά υπάρχουν στο Παράρτημα Z:

- Standards IEEE 802.3, IEEE 802.3u, IEEE 802.11g, IEEE 802.11b
- Ports Internet: One 10/100 RJ-45 Port
- Ethernet: Four 10/100 RJ-45 Switched Ports
- One Power Port
- Buttons One Reset Button
- LEDs Power, DMZ, WLAN, Ethernet (1, 2, 3, 4), Internet
- Cabling Type CAT 5
- RF Power (EIRP) in dBm 18
- UPnP able/cert Able
- Security Features Stateful Packet Inspection (SPI) Firewall, Internet Policy
- Wireless Security Wi-Fi Protected Access™ 2 (WPA2), WEP, Wireless MAC Filtering

7.3.2 DD-WRT Firmware for Linksys WRT-54GL

Το DD-WRT firmware για routers όπως τον Linksys WRT54GL αντικαθιστά την αρχική έκδοση του Linux κώδικα που υπάρχει στον WRT54GL με καινούργια “πειραγμένη” έκδοση, dd-wrt.v24_std_generic.bin, η οποία του δίνει αμέτρητες δυνατότητες. Στον πίνακα 7 πιο κάτω υπάρχει λίστα με διάφορες εφαρμογές που υποστηρίζει το νέο firmware. Το DD-WRT έχει δημιουργηθεί κάτω από τους κανόνες του GPL για μεγάλο αριθμό ieee 802.11a/b/g/h/n ασύρματων routers βασισμένων σε Broadcom ή Atheros τσιπς.

Κώδικας	Περιγραφή
BWlog	Bandwidth Log - realtime bandwidth graphing.
Kismet Server/Drone	using a windows box to display results
No-IP.com Client	
OpenNTPD	Turn your router into a time server
Asterisk	open source PBX VoIP system
VNCRepeater	connect to multiple vnc servers behind a NAT firewall and only have to forward one port
wrt54g kismet with linux server	using a linux box to display results
Wiviz	DHTML interface to scan for networks and see signal strength and effects of antenna adjustment in real time
vsftpd	FTP server
ProFTPd	Howto install ProFTPd and start it via xin

Πίνακας 7: Έτοιμος Κώδικας για DD-WRT

Οι αρχικές ρυθμίσεις του WRT54GL, λόγω του γεγονός ότι συμπεριλαμβάνει δύο πολυκατευθυντικές αντένες (Omnidirectional), χρησιμοποιούν το diversity mode. Στο diversity mode ο router χρησιμοποιεί και τις δύο αντένες την ίδια ώρα για να διορθώσει ανωμαλίες λόγω του φαινομένου πολλαπλών διαδρομών (multipath). Σε περίπτωση που θα χρησιμοποιηθούν κατευθυντικές αντένες είναι καλό να απενεργοποιείται το diversity mode για να μην υπάρχει λάθος υπολογισμός από το Wireless radio chipset του router. Η απενεργοποίηση γίνεται με την αποστολή αλλαγών στην NVRAM του router ως εξής:

```
#nvram set w10_antdiv= X
#nvram commit
```

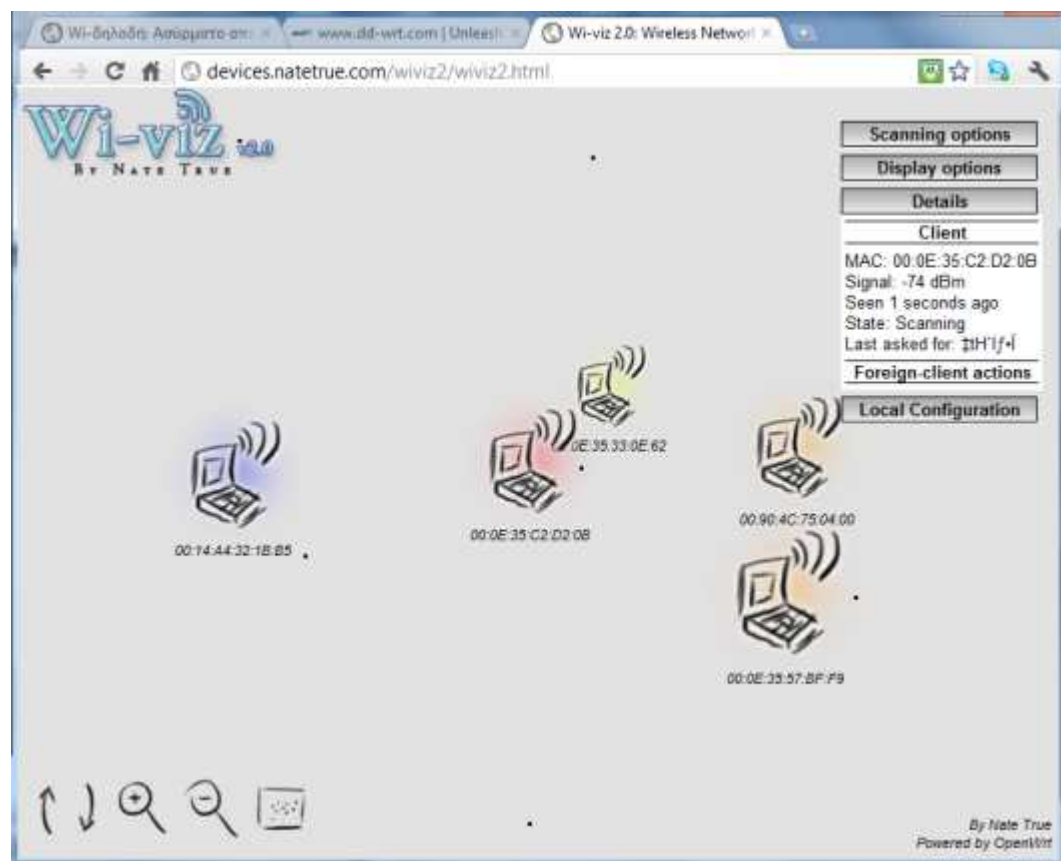
Όπου X είναι ο αριθμός της κεραίας : 0 για την κύρια και 1 για την βοηθητική αντένα. Η κύρια αντένα είναι αυτή που είναι κοντά στην παροχή τροφοδοσίας.

7.4 Σύστημα Συλλογής των Δεδομένων και Μεταφοράς στην Πλατφόρμα Windows

Η συλλογή των δεδομένων θα γίνεται από το WiViz 2.0 και τα δεδομένα θα τοποθετούνται σε αρχείο στο LINKSYS WRT54GL router [6], ο οποίος τρέχει σε περιβάλλον Linux. Τα στοιχεία μεταφέρονται στην πλατφόρμα του Microsoft Windows με την χρήση του WINSOCP με κλήση από την Visual Basic 2010 express.

7.4.1 WIVIZ 2.0

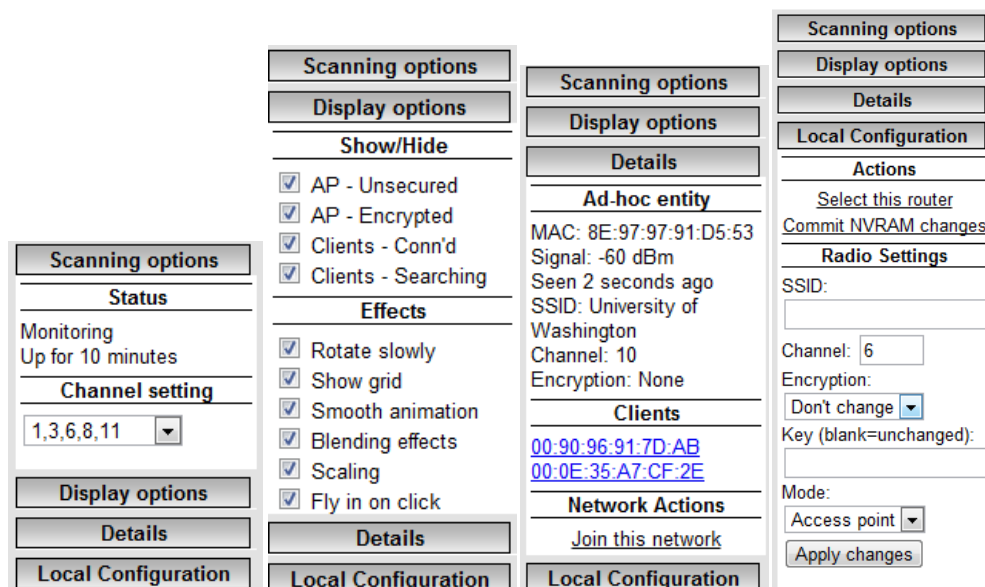
Το Wiviz, είναι κώδικας open Source GPL, που εγκαθίσταται σε πλατφόρμα DD-WRT και δίνει την δυνατότητα της συλλογής πληροφοριών για κάθε ασύρματο δίκτυο που είναι στην εμβέλεια του router. Χρησιμοποιώντας μια δυναμική Javascript-based interface που σαρώνει για δίκτυα και στη συνέχεια δείχνει πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο. Η δεύτερη γενιά wiviz2 έχει πρόσφατα κυκλοφορήσει και έχει ενσωματωθεί στην έκδοση του DD-WRT από την έκδοση V23SP3 και μετά.



Σχήμα 57: Wiviz 2.0

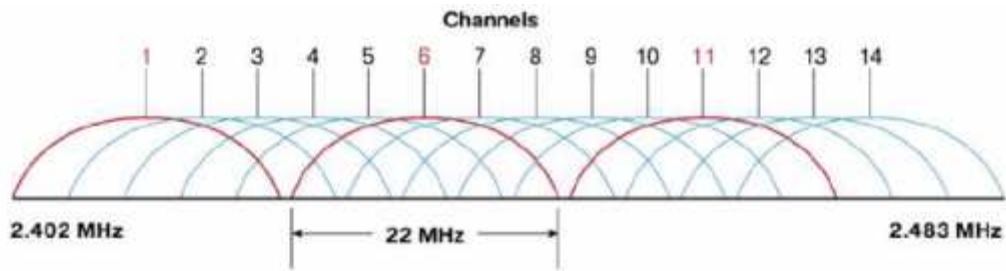
Το Wiviz τρέχει σε Linksys WRT54G ή συμβατά router και τροφοδοτείται από την εξαιρετική Linux firmware DD-WRT. Το Wiviz θέτει τον router σε ειδική λειτουργία και μετά, χωρίς οποιαδήποτε ενεργή επικοινωνία, εξετάζει όλα τα ασύρματα πακέτα που υπάρχουν στο περιβάλλον και εξάγει πολύτιμες πληροφορίες για τη γύρω υποδομή των ασύρματων δικτύων και συσκευών. Οι πληροφορίες αυτές εμφανίζονται σε εύκολη στην χρήση ιστοσελίδα με Dynamic HTML πρωτόκολλο. Όπως φαίνεται στο Σχήμα 57 πιο πάνω το Wiviz θα ξεκινήσει αυτόματα την παρακολούθηση του ασύρματου περιβάλλον και τη δημιουργία της αυτό-αναδιάταξη του χάρτη με όλες τις συσκευές (access points και clients)

Υπάρχει η δυνατότητα να αλλάξουμε διάφορες επιλογές σχετικά με τα κανάλια, τι θα εμφανίζεται και πώς στην ιστοσελίδα, να δούμε πληροφορίες συσκευής που θα επιλέξουμε και τα στοιχεία της δικής μας συσκευή όπως φαίνονται στο Σχήμα 58.



Σχήμα 58: Ρυθμίσεις Wiviz 2.0

Ο αναλυτής πακέτων του Wiviz έχει δύο μέρη. Το μικρότερο μέρος είναι το σύστημα εναλλαγής καναλιών (channel-hopper), το οποίο με την χρήση της εντολής fork και με την αλλαγή των ioctl αλλάζει το κανάλι της ασύρματης κάρτας, περιμένει το χρόνο που έχει τεθεί και μετά αλλάζει ξανά κανάλι. Τα διαθέσιμα κανάλια, για την μπάντα των 2.4GHz, φαίνονται στο σχήμα 59. Το δεύτερο μέρος είναι το κύριο μέρος του αναλυτή πακέτων και ξεκινά με την τοποθέτηση μίας κλήσης ioctl (undocumented) στον οδηγό Broadcom που προκαλεί τον οδηγό να πάει σε μια ειδική λειτουργία. Τα πακέτα που προορίζονται για το router επεξεργάζονται ως συνήθως, αλλά κάθε φορά που ένα πακέτο θα απορριφθεί από Media Access Control Layer, γίνεται ειδική επεξεργασία και αποστολή του πακέτου στην συσκευή δικτύου rism0.



Σχήμα 59: Κανάλια Wi-Fi 2.402 Ghz - 2.483Ghz

Ο αναλυτής πακέτων χρησιμοποιεί libpcap να αναλύσει αυτά τα πακέτα και να εντοπίσει την MAC διεύθυνση καθώς και το BSSID. Beacon και probe-request frames χρησιμοποιούνται για τη συλλογή δεδομένων σχετικά με τα σημεία πρόσβασης και τις ενεργές συνδέσεις τους και ενημερώνει ένα πίνακα με όλα τα διαθέσιμα στοιχεία.

Όταν ο δαίμονας του Wiviz λαμβάνει ένα SIGUSR1, τότε τα στοιχεία του τρέχον πίνακα φυλάσσονται από την Javascript στο folder /tmp/wiviz-pipe του router για χρήση σε άλλα συστήματα. Αυτό το αρχείο είναι που χρησιμοποιεί η δική μας εφαρμογή για την συλλογή και ανάκτηση των στοιχείων των ασύρματων δικτύων. Δείγμα του αρχείου φαίνεται στο Σχήμα 60

```

150.txt - Notepad
File Edit Format View Help
top.hosts = new Array();
var hnum = 0;
var h;
h = new Object();
h.mac = '98:FC:11:6B:E6:E9';
h.rssi = -0;
h.type = 'ap';
h.self = true;
h.channel = 10;
h.ssid = '';
h.encrypted = 'unknown';
h.age = 0;
top.hosts[hnum] = h; hnum++;
h = new Object();
h.mac = '00:24:17:31:F5:3D';
h.rssi = -91;
h.type = 'ap';
h.self = false;
h.channel = 1;
h.ssid = '&#0067;&#0089;&#0084;&#0065;&#0049;&#0065;&#0065;&#0070;&#0055;&#0050;';
h.encrypted = 'yes'; h.enctype = 'wpa';
h.age = 48;
top.hosts[hnum] = h; hnum++;
h = new Object();
h.mac = '00:14:7F:AD:54:BD';
h.rssi = -92;
h.type = 'ap';
h.self = false;
h.channel = 11;
h.ssid = '&#0083;&#0112;&#0101;&#0101;&#0100;&#0084;&#0111;&#0117;&#0099;&#0104;';
h.encrypted = 'yes'; h.enctype = 'wep';
h.age = 2;
top.hosts[hnum] = h; hnum++;
h = new Object();

```

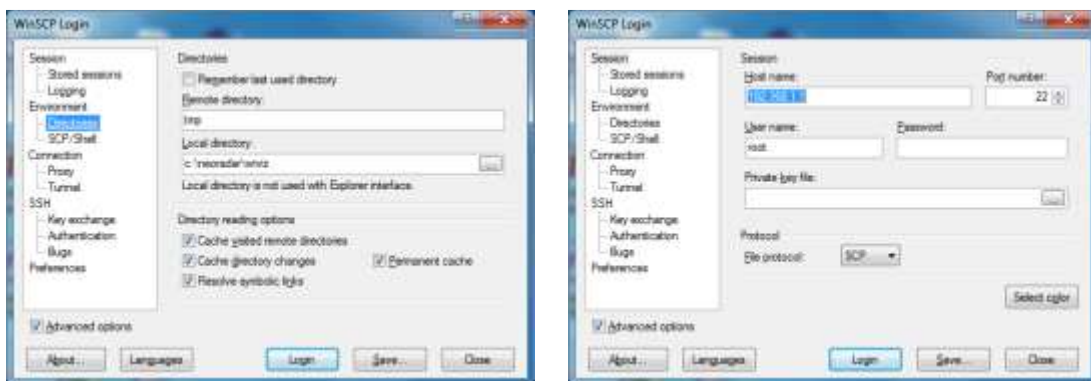
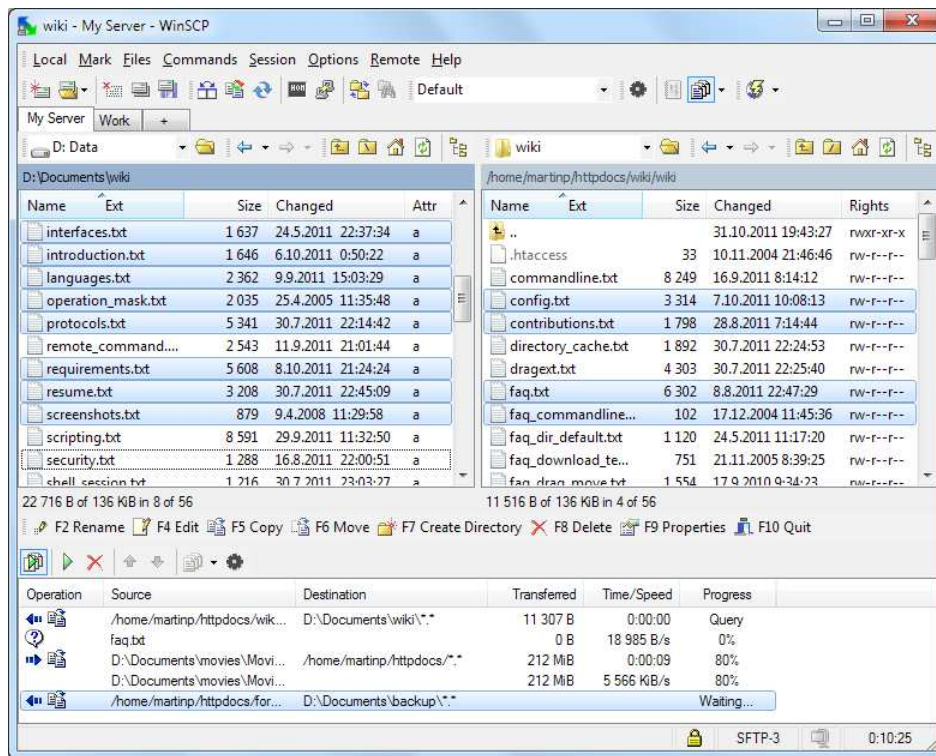
Σχήμα 60: Αρχείο με τις Μετρήσεις του Wiviz στο /tmp/wiviz-pipe

7.4.2 WINSCP

Το WinSCP είναι μία εφαρμογή ανοικτού κώδικα που προσφέρει υπηρεσίες όπως SFTP client, SCP client, FTPS client and FTP client for Windows. Ο κύριος σκοπός που δημιουργήθηκε είναι η μεταφορά αρχείων από τοπικά σε απομακρυσμένα συστήματα ανεξαρτήτων λειτουργικού εφόσον υποστηρίζουν μία από της προαναφερόμενες υπηρεσίες. Πέρα από τις βασικές λειτουργίες και το γραφικό περιβάλλον, το WinSCP προσφέρει δυνατότητα scripting και βασικών λειτουργιών διαχείρισης αρχείων. Βασικές οθόνες του WinSCP φαίνονται στο Σχήμα 61.

Τα βασικά χαρακτηριστικά του WinSCP είναι :

- Graphical user interface
- Translated into several languages
- Integration with Windows (drag&drop, URL, shortcut icons)
- All common operations with files
- Support for SFTP and SCP protocols over SSH-1 and SSH-2 and plain
- Batch file scripting and command-line interface
- Directory synchronization in several semi or fully automatic ways
- Integrated text editor
- Support for SSH password, keyboard-interactive, public key and Kerberos (GSS) authentication
- Integrates with Pageant (PuTTY authentication agent) for full support of public key authentication with SSH
- Explorer and Commander interfaces
- Optionally stores session information
- Optionally supports portable operation using a configuration file in place of registry entries, suitable for operation from removable media



Σχήμα 61: Οθόνες Ρύθμισης WinSCP και Γραφικό Περιβάλλον

Για το σύστημα μας το WinSCP καλείται από την εφαρμογή κάτω από Visual basic Express 2010 όπως φαίνεται ο κώδικας στο Σχήμα 62 . Η VB ρουτίνα `getdatawiviz(mytheta, myfpath, myfname)` εκτελεί την πιο κάτω διαδικασία κάθε φορά που καλείται:

- Σύνδεση με τον router

```
winscp.StandardInput.WriteLine("open root:12349@192.168.1.1")
```

- Αλλαγή του StandardInput της VB και αποστολή της εντολής "cd /tmp" στον router.

```
winscp.StandardInput.WriteLine("cd /tmp")
```

- Αντιγραφή του αρχείου /tmp/wiviz2-dump από τον router στον τοπικό Η/Υ στο με τη ονομασία του αρχείου fpath1 & fname1 & ".txt" όπου το fpath1 και fname1 δίνονται ως τιμές στην ρουτίνα getdatawiviz.

```
winscp.StandardInput.WriteLine("get -preservetime -resume wiviz2-dump " & fpath1 &
fname1 & ".txt")
```

- Κλείσιμο σύνδεσης

```
winscp.StandardInput.Close()
```

```

689 Private Sub getdatawiviz(ByVal t1 As Integer, ByVal fpath1 As String, ByVal fname1 As String)
690     Const logname As String = "log.xml"
691     ' Run hidden WinSCP process
692     Dim winscp As Process = New Process()
693     winscp.StartInfo.FileName = "winscp.com"
694     winscp.StartInfo.Arguments = "/log=" + logname
695     winscp.StartInfo.UseShellExecute = False
696     winscp.StartInfo.RedirectStandardInput = True
697     winscp.StartInfo.RedirectStandardOutput = True
698     winscp.StartInfo.CreateNoWindow = True
699     winscp.Start()
700     ' Feed in the scripting commands
701     winscp.StandardInput.WriteLine("option batch abort")
702     winscp.StandardInput.WriteLine("option confirm off")
703     winscp.StandardInput.WriteLine("open root:12349@192.168.1.1")
704     winscp.StandardInput.WriteLine("cd /tmp")
705     winscp.StandardInput.WriteLine("get -preservetime -resume wiviz2-dump " & fpath1 & fname1 & ".txt")
706     winscp.StandardInput.Close()
707
708 End Sub

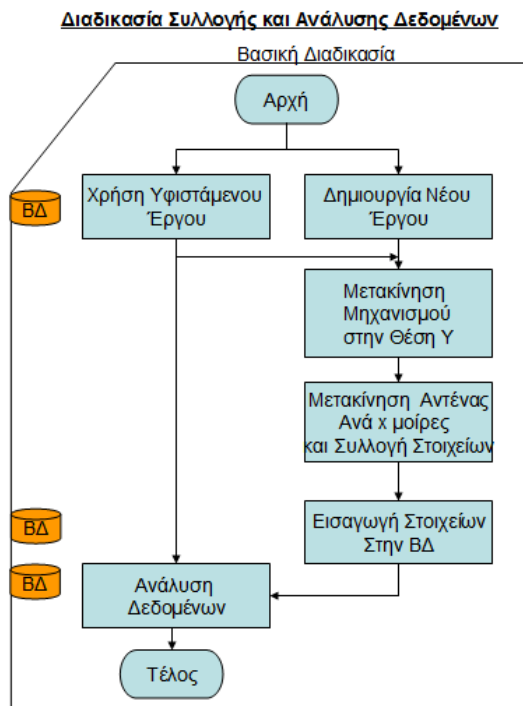
```

Σχήμα 62: Κώδικας Μεταφοράς Αρχείου Μετρήσεων του Wiviz στο Τοπικό Σύστημα

7.5 Εφαρμογή Διαχείρισης Συστήματος και Ανάλυσης Αποτελεσμάτων

Το σύστημα υπολογισμού θέσης αποτελείται από λογισμικό γραμμένο σε Microsoft Visual Basic 2010 express [8] για τον έλεγχο του συστήματος, περιστροφής, της συλλογής των δεδομένων και την τελική ανάλυση και εξαγωγή του αποτελέσματος.

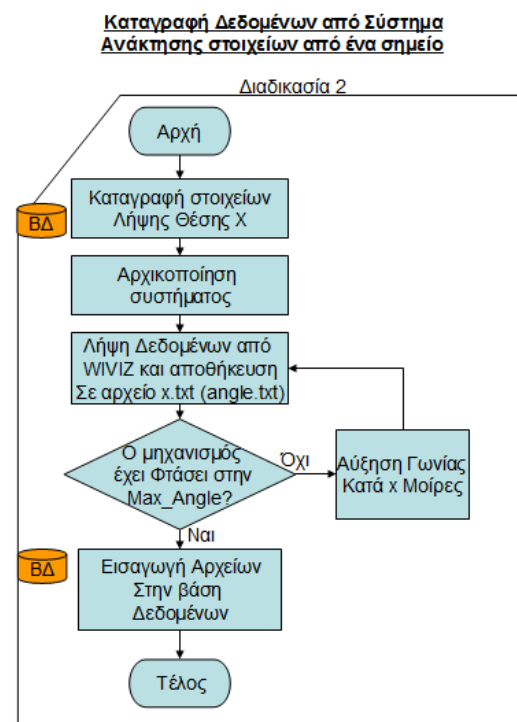
Το σύστημα διαχειρίζεται την κίνηση των αντενών, την συλλογή των αρχείων από τον WRT-54GL router με κλήση από WINSCP και την εισαγωγή των δεδομένων σε SQL Database. Μετά υπάρχει κωδικός επεξεργασίας των δεδομένων. Η κίνηση των αντενών απεικονίζεται γραφικά στην οθόνη και υπάρχει έλεγχος για την γωνία εκκίνησης, γωνία τερματισμού, βηματισμό ανά μοίρες και την διάρκεια που θα σταματά σε κάθε στάση. Για κάθε στάση συλλέγεται και ένα αρχείο με τις μετρήσεις. Η διαδικασία συλλογής και ανάλυσης των δεδομένων απεικονίζεται σχηματικά στο Σχήμα 63 πιο κάτω.



Σχήμα 63: Neoradar - Διαδικασία Συλλογής και Ανάλυσης των Δεδομένων

7.5.1 Περιστροφή Μηχανισμού

Η περιστροφή του μηχανισμού γίνεται μέσω της εφαρμογής με την σύνδεσης με USB port με την κάρτα ArbotiX Robocontroller και την αποστολή πακέτου περιστροφής όπως φαίνεται στο Σχήμα 64.



Σχήμα 64: Neoradar - Διαδικασία Μετακίνησης Μηχανισμού και Συλλογή Στοιχείων.

Η περιστροφή του μηχανισμού γίνεται μέσω της εφαρμογής με την σύνδεσης με USB port με την κάρτα ArbotiX Robocontroller με FTDI καλώδιο. Υπάρχει επίσης η δυνατότητα εγκατάστασης κάρτας xbee για ασύρματο έλεγχο, κάτι που δεν θα αναλύσουμε στο παρούσα μελέτη. Στο σύστημα έχει φορτωθεί το firmware comm_EXT, το οποίο επιτρέπει πλήρες έλεγχο των μοτέρ με την χρήση σειριακού πρωτοκόλλου και σειράς οδηγιών (Instruction set). Το πρωτόκολλο αυτό έχει σχεδιαστεί για επικοινωνία του Η/Υ και με 1024 στάδια σε μία γωνία των 300 μοιρών. Με βάση τα πιο πάνω ο ρομποτικός μηχανισμός επιτρέπει πλήρης περιστροφή σε 1024 στάδια των 0,293 μοιρών. Η μετακίνηση του μοτέρ για οριζόντια κίνηση (pan) αποτελείται από 0-1023 στάδια τα οποία χωρίζονται σε τέσσερις ομάδες των 256 σταδίων και με 0-3 την ονομασία κάθε ομάδας. Το πακέτο περιστροφής αποτελείται από 8 bytes, και η δομή του φαίνεται στον Πίνακα 8 πιο κάτω. Ένα Byte μπορεί να χωρέσει μόνο 256 αριθμούς και για αυτό υπάρχει ένα byte για PanH (0-3) και ένα byte για PanL (0-254). Το byte ext είναι πάντα 0x08 για να είναι ο μηχανισμός σε extended mode και να διατηρεί πλήρες έλεγχο της περιστροφής σε 1024 στάδια. Το button values byte είναι πάντα 0 γιατί τα ψηφιακά σήματα IO ελέγχονται από ext byte.

Byte	Name	Value
1	Header	0xFF (255)
2	Tilt H	0x0-0x3 (0-3)
3	Tilt L	0x00-0xFF (0-255)
4	Pan H	0x0-0x3 = (0-3)
5	Pan L	0x00-0xFF (0-255)
6	Button Values	D7-D0=00000000(leave default 0x00 for Commander Ext)
7	Ext Instruction	See Table Below, default is 0x08
8	Checksum	= (255 - (byte2+byte3+byte4+byte5+byte6+byte7) Mod 256)

Πίνακας 8: Δομή Πακέτου Περιστροφής

Η εφαρμογή σε VB με την χρήση μίας συνάρτησης για περιστροφή (Private Sub rotateangle(ByVal t As Integer)) μετακινεί το μηχανισμό σε συγκεκριμένη γωνία(0-270 και 300-360 μοίρες). Η πιο πάνω συνάρτηση καλεί την συνάρτηση που μετατρέπει την γωνία σε πακέτο περιστροφής (Private Sub convertangletohl(ByVal a As Integer)) και μετά το στέλνει στην κάρτα περιστροφής όπως φαίνεται στο Σχήμα 65 και 66.

```

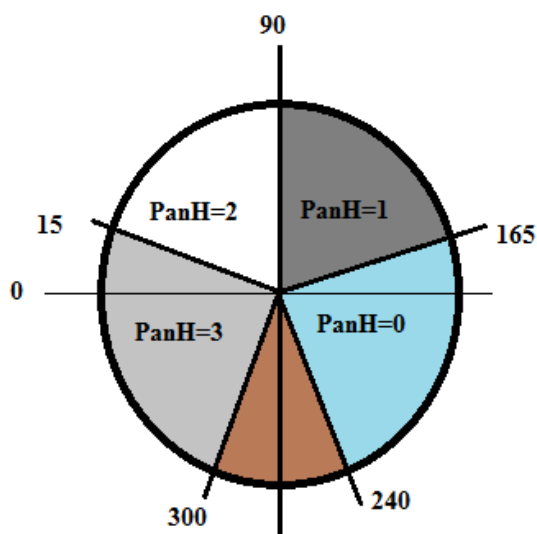
797
798 'Rotate Robot to angle t
799 Private Sub rotateangle(ByVal t As Integer)
800     bytepacketsend("header_byte") = CByte(255)
801     bytepacketsend("tiltH") = CByte(1)
802     bytepacketsend("tiltL") = CByte(254)
803     bytepacketsend("buttons") = CByte(0)
804     bytepacketsend("ext_instructions") = CByte(8)
805     convertangletohl(t) ' convert angle to HL
806     bytepacketsend("panH") = CByte(hval)
807     bytepacketsend("panL") = CByte(lval)
808
809
810 'Do our checksum at the last moment to make sure it is up to date
811     bytepacketsend("checksum") = CByte((255 - (CInt(bytepacketsend("panL")) _
812         + CInt(bytepacketsend("panH")) _
813         + CInt(bytepacketsend("tiltL")) _
814         + CInt(bytepacketsend("tiltH")) _
815         + CInt(bytepacketsend("buttons")) _
816         + CInt(bytepacketsend("ext_instructions")) Mod 256))
817
818     If port.IsOpen Then
819         Try
820             port.Write(bytepacketsend.Values.ToArray(), 0, bytepacketsend.Count())
821         Catch ex As Exception
822             Console.WriteLine("Error updating values: " + ex.Message)
823             MsgBox("Port not opened")
824         End Try
825     End If
826 End Sub

```

Σχήμα 65: Neoradar - Συνάρτηση rotateangle(ByVal t As Integer)

Υπολογισμός Τιμών

Γωνία	PanH	PanL
300-14	3	0-254
15-89	2	0-254
90-164	1	0-254
165-239	0	0-254



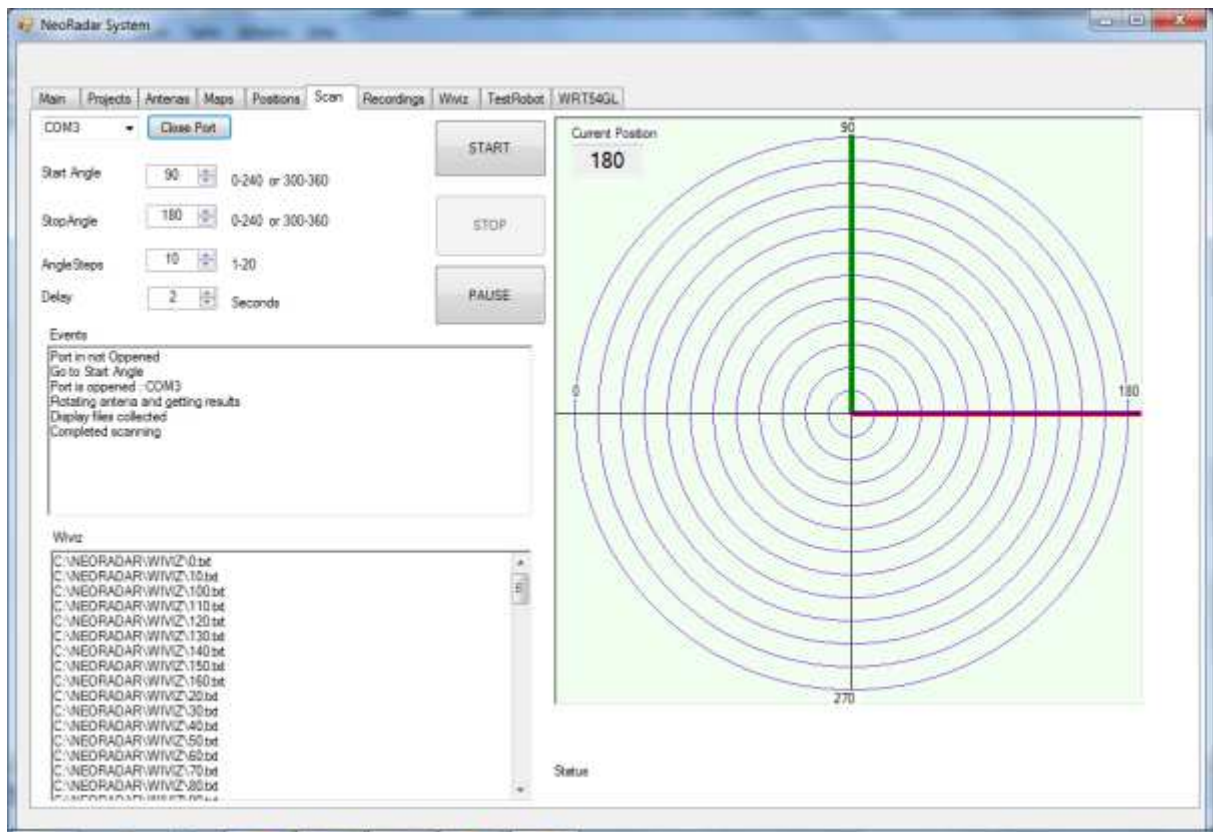
```

817 ' Save hval and lval values giving an angle
818 Private Sub convertangletohl(ByVal a As Integer)
819
820     If a >= 300 And a < 360 Then
821         hval = 3
822         lval = 254 - (a - 300) / 60 * 203
823     End If
824
825     If a >= 0 And a < 15 Then
826         hval = 3
827         lval = 50 - (a / 15) * 50
828     End If
829
830     If a >= 15 And a < 90 Then
831         hval = 2
832         lval = 254 - 254 * ((a - 15) / 75)
833     End If
834
835     If a >= 90 And a < 165 Then
836         hval = 1
837         lval = 254 - 254 * ((a - 90) / 75)
838     End If
839
840     If a >= 165 And a < 240 Then
841         hval = 0
842         lval = 254 - 254 * ((a - 165) / 75)
843     End If
844 End Sub

```

Σχήμα 66: Neoradar - Συνάρτηση convertangletohl(ByVal a As Integer)

Στην καρτέλα Scan υπάρχουν όλες οι εντολές και μεταβλητές για να γίνει μετακίνηση της αντένας και συλλογή των στοιχείων. Πρώτα πρέπει να επιλεγθεί η σειριακή πόρτα που είναι συνδεδεμένη η κάρτα ελέγχου (πχ COM3). Υπάρχει η δυνατότητα καθορισμού της γωνίας έναρξης, της γωνίας τερματισμού, του μεγέθους των βημάτων καθώς και της αναμονής σε κάθε βήμα. Η όλη μετακίνηση της αντένας εμφανίζεται και σε γραφική μορφή στην αν λόγω καρτέλα. Επίσης υπάρχει ανατροφοδότηση με τα διάφορα μηνύματα (events) και τα αρχεία που συλλέγονται μέσω WinViz και WinSCP.



Σχήμα 67: Neoradar - Καρτέλα Μετακίνησης και Συλλογής Δεδομένων

7.5.2 Συλλογή και Επεξεργασία Δεδομένων

Σε κάθε θέση ο μηχανισμός περιστρέφει την αντένα σε αριθμό θέσεων και συλλέγει για κάθε θέση πληροφορίες για όλες τις ασύρματες συσκευές που εντοπίζει. Τα αρχεία που συλλέγονται φυλάσσονται σε τοπικό ντοσιέ στα Windows στο C:\NEORADAR\WIVIZ όπως φαίνονται και στο Σχήμα 67 πιο πάνω. Στο Σχήμα 60 πιο πάνω φαίνεται το περιεχόμενο ενός αρχείου. Τα αρχεία περιέχουν πληροφορίες για κάθε συσκευή και πρέπει να γίνει ανάλυση και ορθή μεταφορά τους σε βάση δεδομένων. Η διαδικασία αυτή γίνεται στην καρτέλα Recordings και μεταφέρει όλα τα δεδομένα από τα αρχεία σε ένα πίνακα με όλες τις πληροφορίες. Το h.ssid που

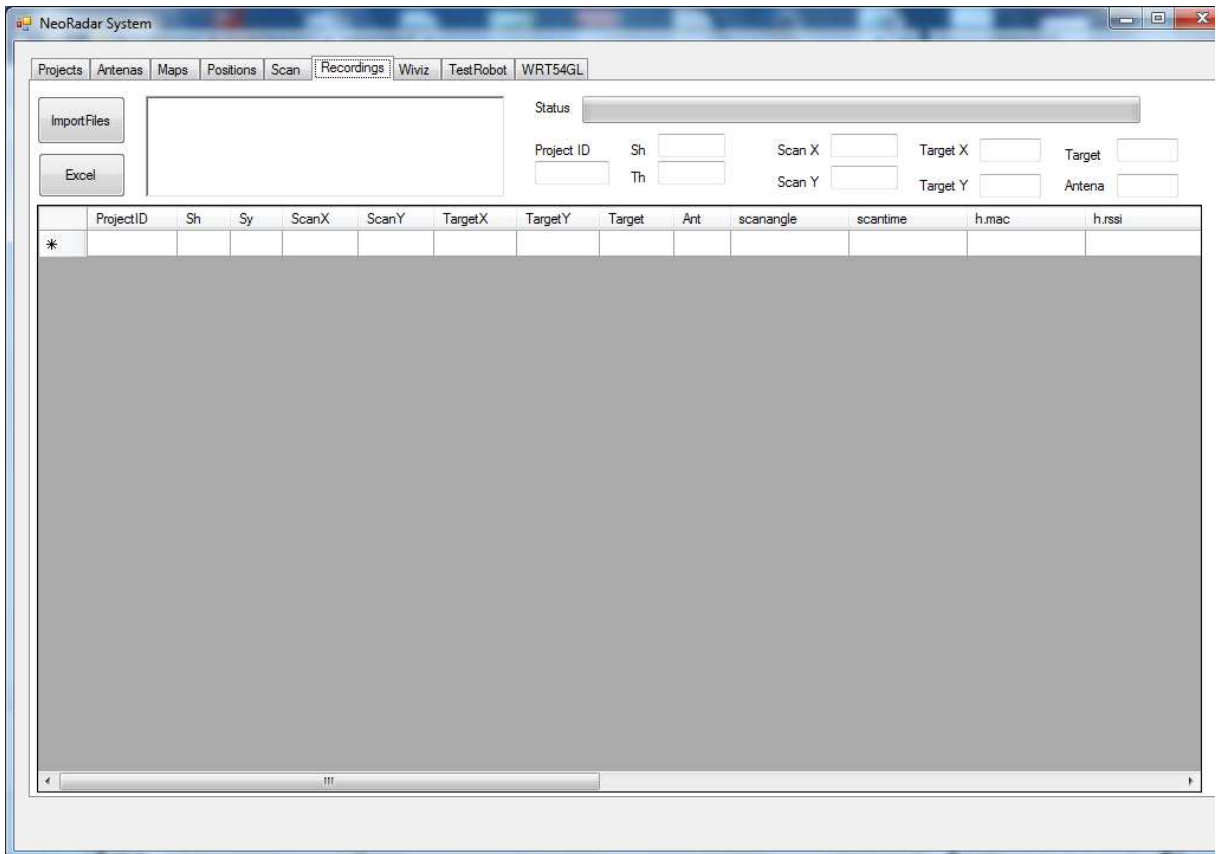
συλλέγεται είναι σε σειρά από ASCII αριθμούς το οποίο μετατρέπεται στους ανάλογους ASCII χαρακτήρες. Στον πίνακα 9 πιο κάτω το h.ssid μετατρέπεται από την μορφή που διαβάζει το wiviz, με την χρήση της συνάρτησης myImportFiles_Click_1 σε κανονική ονομασία με ASCII χαρακτήρες. Η συνάρτηση έχει την εξής μορφή:

```
Private Sub myImportFiles_Click_1(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles myImportFiles.Click
```

Πληροφορίες στο Αρχείο του Wiviz για το h.ssid	h.ssid σε απλά Αγγλικά
(((((C ityCell WiFi)))))';	((((((CityCell WiFi)))))

Πίνακας 9: Δομή ssid όπως Συλλέγεται από το Σύστημα και Μετατροπή του σε Κανονική Μορφή

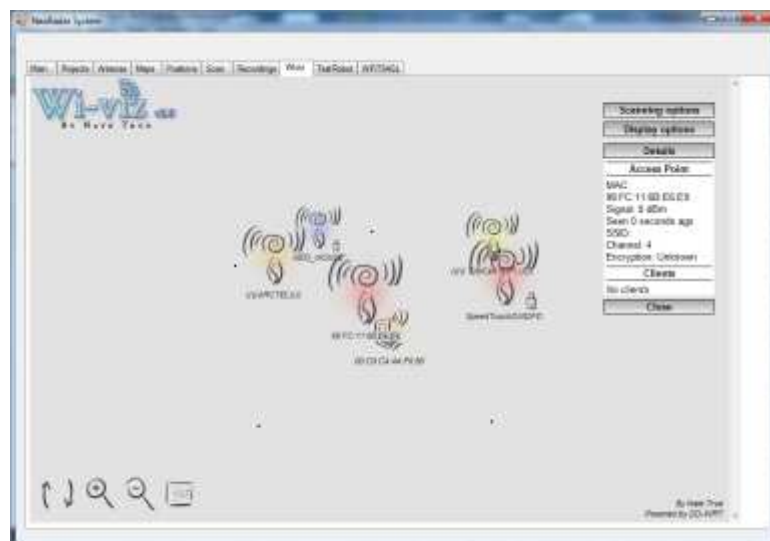
Με την ολοκλήρωση της εισαγωγής όλων των αρχείων για συγκεκριμένη θέση σάρωσης (Scan Position) και για συγκεκριμένη θέση στόχου (target Position), τα αρχεία μεταφέρονται αυτόματα σε άλλο ντοσιέ όπου φυλάσσονται όλα τα αρχεία για σκοπούς ελέγχου και διατήρησης των αρχικών πληροφοριών. Για κάθε ομάδα δημιουργείται στο ντοσιέ C:\NEORADAR\WIVIZ\BACKUPS άλλο ντοσιέ με την εξής μορφή χρόνος_μήνας_ημέρα_ώρα_λεπτό_δευτερόλεπτο πχ 2012_1_8_10_1_49. Τα δεδομένα τότε ενημερώνουν τη βάση δεδομένων και είναι έτοιμα για ανάλυση. Η καρτέλα της διαδικασίας Συλλογής και Επεξεργασίας Δεδομένων φαίνεται στο Σχήμα 68 πιο κάτω.



Σχήμα 68: Neoradar - Καρτέλα Συλλογής και Επεξεργασίας Δεδομένων

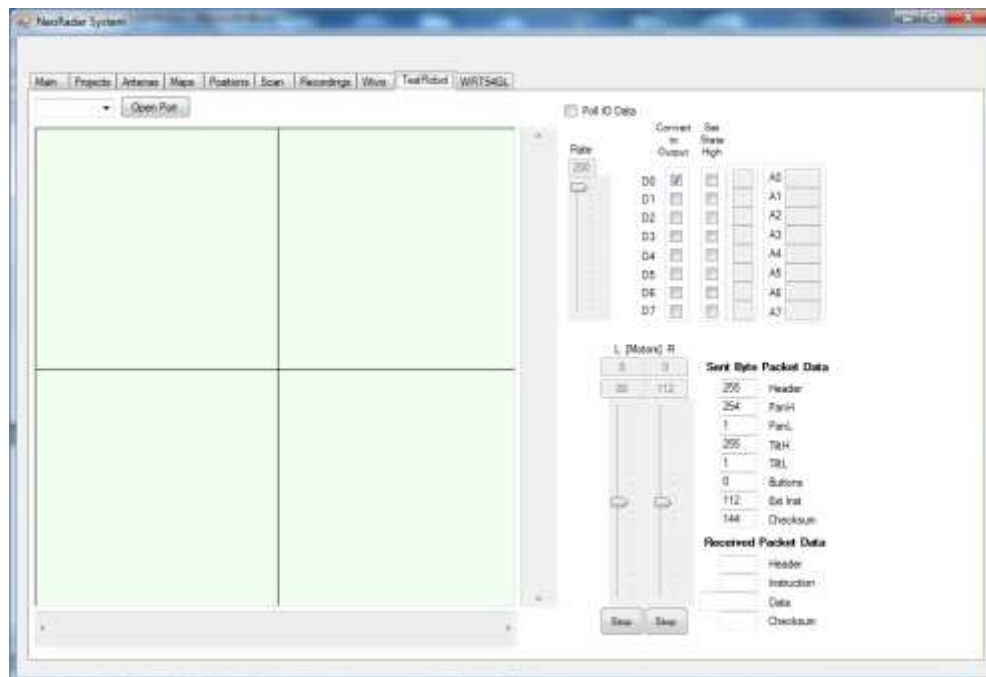
7.5.3 Αλλά Συστήματα

Για σκοπούς ελέγχου και αλλαγών υπάρχουν ακόμη τρεις καρτέλες, η Wiviz, TestRobot και WRT54GL. Η καρτέλα Wiviz, όπως φαίνεται στο Σχήμα 69, μας συνδέει με το ιστοσελίδα του Wiviz v2.0 για να γίνονται οι ανάλογες ρυθμίσεις για το Wiviz και για να ξεκινά η διαδικασία συλλογής δεδομένων από το σύστημα χωρίς την ανάγκη να σταλεί κλήση SIGUSR1.



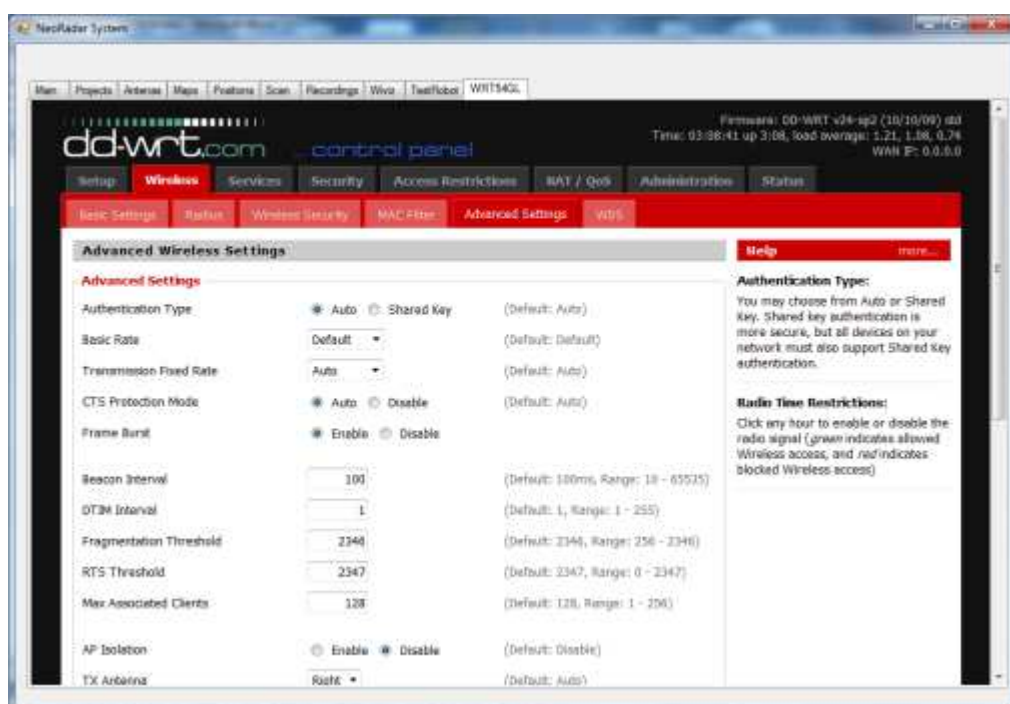
Σχήμα 69: Neoradar - Καρτέλα Wiviz

Η καρτέλα TestRobot όπως φαίνεται στο Σχήμα 70, μας επιτρέπει πλήρη έλεγχο του μηχανισμού μετακίνησης για έλεγχο του συστήματος και για μετρήσει σε οποιαδήποτε γωνία.



Σχήμα 70: Neoradar - Καρτέλα TestRobot

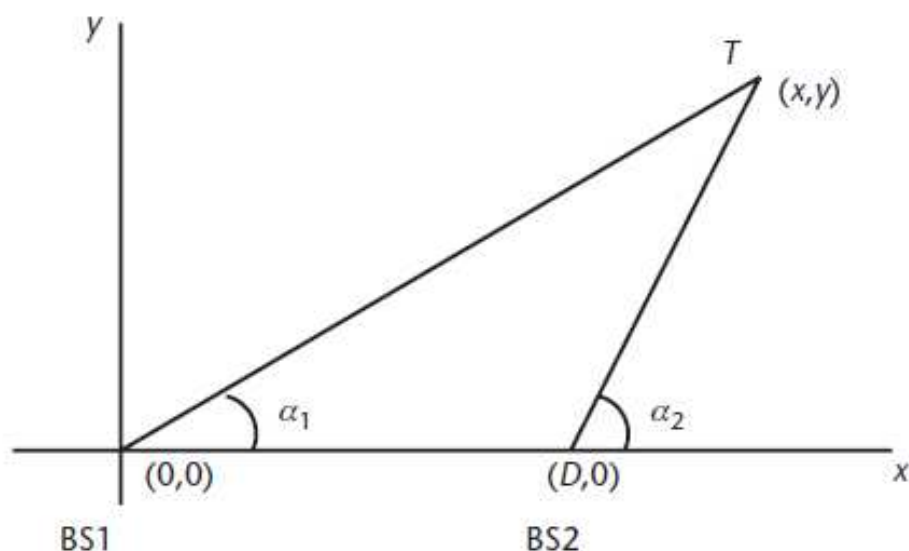
Η καρτέλα WRT54GL όπως φαίνεται στο Σχήμα 71, μας επιτρέπει πλήρη έλεγχο του WRT54GL μέσω του DD-WRT. Από εδώ μέσω του γραφικού περιβάλλον μπορούμε να κάνουμε κάθε αλλαγή στο router μας όπως η αλλαγή την αντένας συλλογής των στοιχείων.



Σχήμα 71: Neoradar - Καρτέλα TestRobot

7.5.4 Σύστημα Υπολογισμού Εύρεσης Θέσης

Το σύστημα υπολογισμού θέσης κάνει χρήση τριγωνομετρίας για την εύρεση της θέσης του στόχου. Η θέση και η απόσταση του στόχου βρίσκεται με χρήση μεθόδων γωνίωσης με την εύρεση των γωνιών άφιξης του σήματος σε κάθε θέση. Στο Σχήμα 72 υπάρχει παράδειγμα της μεθόδου.

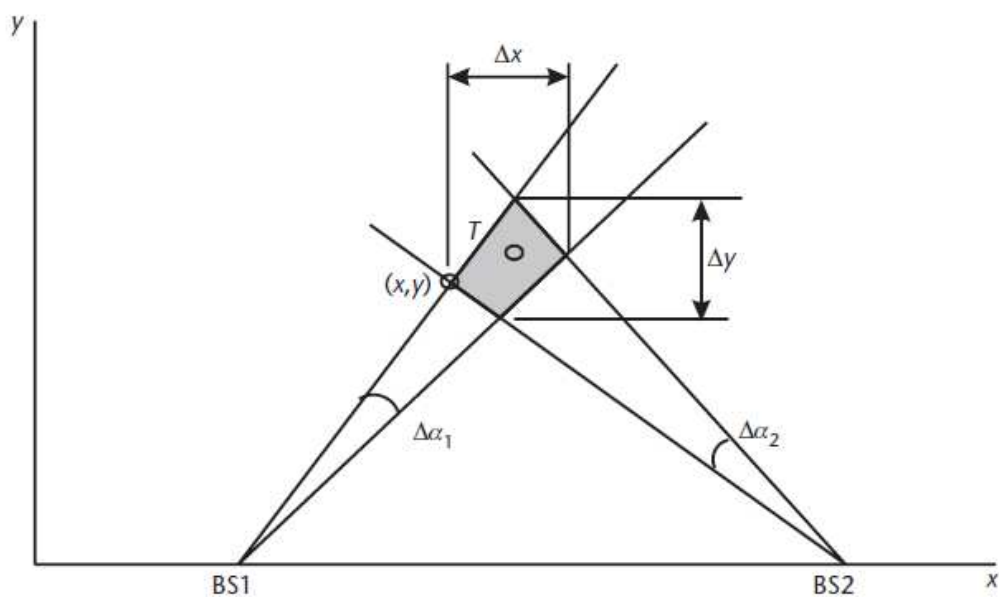


Σχήμα 72 : Υπολογισμοί Εύρεσης Θέσης

Αν θεωρήσουμε ότι γίνονται δύο μετρήσεις από τα σημεία BS1 (0,0) και BS2 (D,0) τα οποία βρίσκονται στο άξονα x σε απόσταση D μεταξύ τους. Οι γωνίες που φτάνει το σήμα από την συσκευή T στους σταθμούς είναι η α_1 και α_2 ανάλογα. Με την χρήση τριγωνομετρίας υπολογίζουμε τις συντεταγμένες του σημείου T (x,y) όπως φαίνεται στους πιο κάτω υπολογισμούς:

$$x = \frac{D \tan(\alpha_2)}{\tan(\alpha_2) - \tan(\alpha_1)} \quad y = \frac{D \tan(\alpha_1) \tan(\alpha_2)}{\tan(\alpha_2) - \tan(\alpha_1)} \quad (10)$$

Η γωνία που λαμβάνεται το σήμα δεν μπορεί να μετρηθεί με ακρίβεια. Στο Σχήμα 73 υπάρχει η γραφική απεικόνιση ενός παραδείγματος.



Σχήμα 73: Υπολογισμοί Εύρεσης Θέσης και Εύρεση Λάθους

Το εύρος λάθους των γωνιών α_1 και α_2 το θεωρούμε $\Delta\alpha_1$ και $\Delta\alpha_2$ ανάλογα. Η θέση της συσκευή περιορίζεται στο σκιαγραφημένο με γκριζό χρώμα στο Σχήμα 73. Το λάθος που πολύ πιθανόν να υπάρξει μπορεί να υπολογιστεί από την διαφορά της πραγματικής θέσης $T(x,y)$ και την θέσης που έχει υπολογιστεί από το σύστημα $T(x_c,y_c)$ όπως φαίνεται πιο κάτω :

$$error = \sqrt{(x - x_c)^2 + (y - y_c)^2} \quad (11)$$

7.6 Λειτουργίες και Δυνατότητες Συστήματος

Το σύστημα, το οποίο ονόμαζεται NeoRadar, έχει την δυνατότητα μετακίνησης αντενών σε γωνίες μέχρι 300 μοίρες σε 1024 στάδια των 0,293 μοιρών το κάθε ένα. Επίσης επιτρέπει το καθορισμό της αρχικής, τελικής γωνίας σάρωσης, της τιμής των σταδίων σε μοίρες και την τιμή της παύσης για κάθε σταθμό σε δευτερόλεπτα. Τα στοιχεία που συλλέγονται αναλύονται και ενημερώνουν κεντρική βάση δεδομένων από όπου μετά μπορούν να γίνουν οι αναλύσεις για εύρεση της θέσης όπως θα δούμε στο κεφάλαιο για την πειραματική αξιοποίηση του συστήματος. Η παρούσα μελέτη έχει σκοπό την δημιουργία μηχανισμού εύρεσης θέσης για χρήση σε πειράματα και ως εκ τούτου δεν έχει γίνει εις βάθος σε συγκεκριμένη ανάλυση ενδελεχούς πειράματος.

7.7 Κόστος Συστήματος

Το συνολικό κόστος του συστήματος ήταν σχετικά χαμηλό λόγω του γεγονός ότι είναι πειραματική διάταξη. Υπάρχουν στη αγορά πολύ πιο ακριβά μηχανήματα τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε εμπορική εφαρμογή ενός συστήματος όπως το Neoradar. Πιο κάτω, στον πίνακα 10, γίνεται ανάλυση του συνολικού κόστους της όλης διάταξης.

Κατηγορία	Περιγραφή	Κόστος €
Υλισμικό	Σύστημα περιστροφής Interbotix Robot Turret	250
Υλισμικό	Router Linksys WRT-54GL	60
Υλισμικό	Αντένα Κυκλικής Πόλωσης IN24-10	120
Υλισμικό	Αντένα τύπου πάνελ CP24-12	80
Υλισμικό	Αντένα τύπου Yagi	70
Υλισμικό	Εξαρτήματα σύνδεσης αντενών με τον μηχανισμό περιστροφής	30
Λογισμικό	Microsoft SQL server 2008 R2 free edition	0
Λογισμικό	Microsoft Visual Basic 2010 Express	0
Λογισμικό	Winscp	0
	Σύνολο	610

Πίνακας 10: Ανάλυση Συνολικού Κόστους

Κεφάλαιο 8

Πειραματική Αξιοποίηση

Το σύστημα δοκιμάστηκε σε εσωτερικό χώρο, σε οικία. Το σύστημα τοποθετήθηκε σε αριθμό θέσεων και μία ασύρματη συσκευή, κινητό με wifi, χρησιμοποιήθηκε σαν στόχος. Για κάθε θέση του στόχου πάρθηκαν μετρήσεις μετακινώντας της συσκευή σε πολλά σημεία του σπιτιού, με και χωρίς οπτική επαφή με το στόχο. Οι δοκιμές έγιναν σε σπίτι του οποίου η κάτοψη φαίνεται στο σχήμα 74 πιο κάτω. Για όλα τα πειράματα ανακτήθηκαν από το μηχανισμό 27210 μετρήσεις από τις οποίες οι 1470 αφορούσαν τις συσκευές που χρησιμοποιήθηκαν σαν στόχο όπως φαίνονται στον πίνακα πιο κάτω.

Έχουν γίνει μετρήσεις με δύο διαφορετικές συσκευές σαν στόχο, ένα κινητό τηλέφωνο Nokia C3-01 και μία συσκευή πρόσβασης Dlink DI-524 (access Router). Τα χαρακτηριστικά των συσκευών φαίνονται στον πίνακα 11 πιο κάτω.

Κωδικός Συσκευής	Network Name	MAC Address	Device
R	NeoTargetR	00:19:5b:bc:9e:37	Dlink router DI-524
M	NeoTargetM	94:3a:f0:1c:58:02	Nokia C3-01 Mobile

Πίνακας 11: Συσκευές που Χρησιμοποιήθηκαν ως Στόχος

*Nokia The MACADDRESS of a WLAN device can be retrieved by the code *#MAC0WLAN# on the standby screen (that's same as *#62209526#).*

Έχουν χρησιμοποιηθεί τρεις διαφορετικές αντένες όπως φαίνονται στο πίνακα 12 πιο κάτω.

Κωδικός Αντένας	Μοντέλο	Τύπος Αντένας	Gai	VSW	3db
P	IN24-10	Panel	10	1.5 : 1	H : 110 V : 30
C	CP24-12	RH Circular	12	1.5 : 1	Circular : 37
Y	ANT24-1201	Yagi	12	1.5 : 1	H : 50 V : 50

Πίνακας 12: Αντένες που χρησιμοποιήθηκαν στα πειράματα

Έχει εξεταστεί ο επηρεασμός των αποτελεσμάτων από το ύψος της συσκευής προς ανίχνευση που δοκιμάστηκε στα 60, 120 και 180 εκατοστά από το πάτωμα.

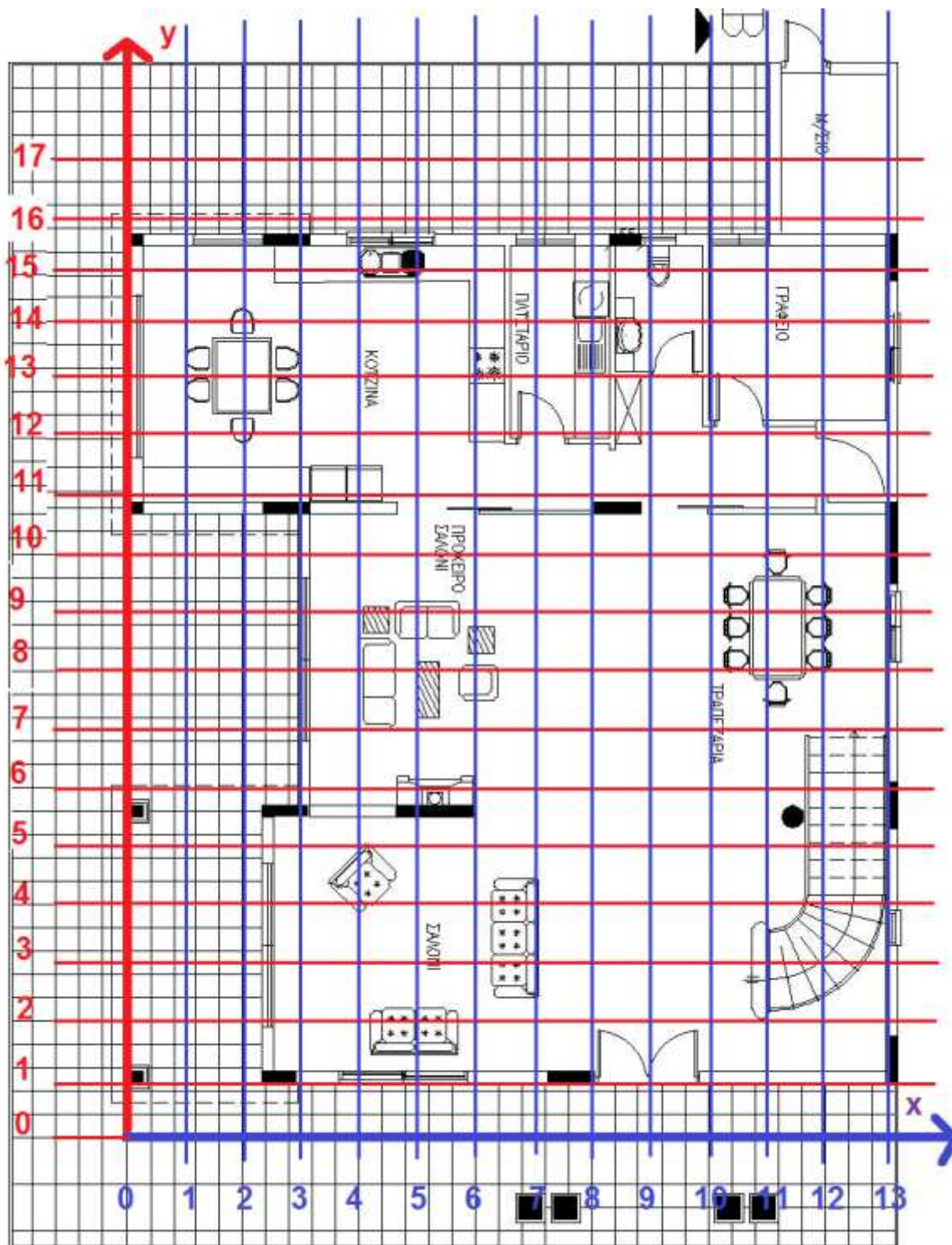
Έχει εξεταστεί η επίδραση διαφόρων μέσω στο σήμα με την παρεμβολή τους μεταξύ του NeoRadar και της συσκευής ως ακολούθως :

- 22 εκ τοιχοποιία από τούβλο 20εκ και σοβά στις δύο πλευρές 2εκ
- 29 εκ κολόνα με 25εκ μπετόν με ενίσχυση από πλέγμα σιδήρου (Rebar) και σοβά στις δύο πλευρές 2εκ
- Πόρτα από σκελετό με ξύλο και κενά από γυαλί
- Πόρτα με ξύλο 5εκ που αποτελείται από δύο φύλλα 1εκ και διάκενο 3εκ
- Πόρτα ολόκληρη από αλουμίνιο
- Ανθρώπινο Σώμα

Επίσης, έχουν διεξαχθούν μετρήσεις για εύρεσης της θέσης συσκευής σε πέντε διαφορετικά σημεία από 3 σημεία σάρωσης. Έγινε χρήση δύο διαφορετικών αντενών (panel και Circular Polirized)

Όλα τα πειράματα συνοψίζονται στον πίνακα 13. Σε κάθε γραμμή υπάρχουν πληροφορίες για τον αριθμό του πειράματος, το ύψος του Neoradar, το ύψος του στόχου, οι καρτεσιανές

συντεταγμένες του Neoradar και του στόχου, το είδος του στόχου και ο κωδικός της αντένας τα οποία δίνονται για το κάθε πείραμα.



Σχήμα 74: Κάτοψη χώρου δοκιμών

P_ID	Sh	Th	Sx	Sy	Tx	Ty	Target	ANT
1	120	120	9	3	9	10	M	P
2	120	120	9	3	9	10	M	P
3	120	120	9	3	9	10	R	P
4	120	120	9	3	9	10	M	C
5	120	120	9	3	9	10	M	C
6	120	120	9	3	9	10	R	C
7	120	120	9	3	9	10	M	Y
8	120	120	9	3	9	10	M	Y
9	120	120	9	3	9	10	R	Y
10	120	60	9	3	9	10	M	P
11	120	120	9	3	9	10	M	P
12	120	160	9	3	9	10	M	P
13	120	60	9	3	9	10	R	P
14	120	120	9	3	9	10	R	P
15	120	160	9	3	9	10	R	P
16	120	60	9	3	9	10	M	C
17	120	120	9	3	9	10	M	C
18	120	160	9	3	9	10	M	C
19	120	60	9	3	9	10	R	C
20	120	120	9	3	9	10	R	C
21	120	160	9	3	9	10	R	C
22	120	120	11	4	11	11	R	P
23	120	120	11	4	11	11	R	C
24	120	120	8,5	4	8,5	11	R	P
25	120	120	8,5	4	8,5	11	R	C
26	120	120	9,5	4	9,5	11	R	P
27	120	120	9,5	4	9,5	11	R	C
28	120	120	9,5	7	9,5	14	R	P
29	120	120	9,5	7	9,5	14	R	C
30	120	120	9	7	9	0	R	P
31	120	120	9	7	9	0	R	C
32	120	120	9	3	9	10	R	P
33	120	120	9	3	9	10	R	C
34	120	120	9	3	9	10	R	P
35	120	120	9	3	9	10	R	C
36	120	120	3	2	4	10	R	P
37	120	120	3	2	7	10	R	P
38	120	120	3	2	12	10	R	P
39	120	120	3	2	1	14	R	P
40	120	120	7	2	4	10	R	P
41	120	120	7	2	8	10	R	P
42	120	120	7	2	12	10	R	P
43	120	120	7	2	1	14	R	P
44	120	120	10	2	4	10	R	P

Πίνακας 13: Στοιχεία πειραμάτων

P_ID	Sh	Th	Sx	Sy	Tx	Ty	Target	ANT
45	120	120	10	2	8	10	R	P
46	120	120	10	2	12	10	R	P
47	120	120	10	2	1	14	R	P
48	120	120	3	2	4	10	R	C
49	120	120	3	2	7	10	R	C
50	120	120	3	2	12	10	R	C
51	120	120	3	2	1	14	R	C
52	120	120	7	2	4	10	R	C
53	120	120	7	2	7	10	R	C
54	120	120	7	2	12	10	R	C
55	120	120	7	2	1	14	R	C
56	120	120	10	2	4	10	R	C
57	120	120	10	2	7	10	R	C
58	120	120	10	2	12	10	R	C
59	120	120	10	2	1	14	R	C

Πίνακας 13: Στοιχεία πειραμάτων (Συνέχεια)

8.1 Επίδραση από Είδος Στόχου και Κατάστασης Σύνδεσης

Έχουν γίνει μετρήσεις με την συσκευή με διαφορετικό στόχο κάθε φορά:

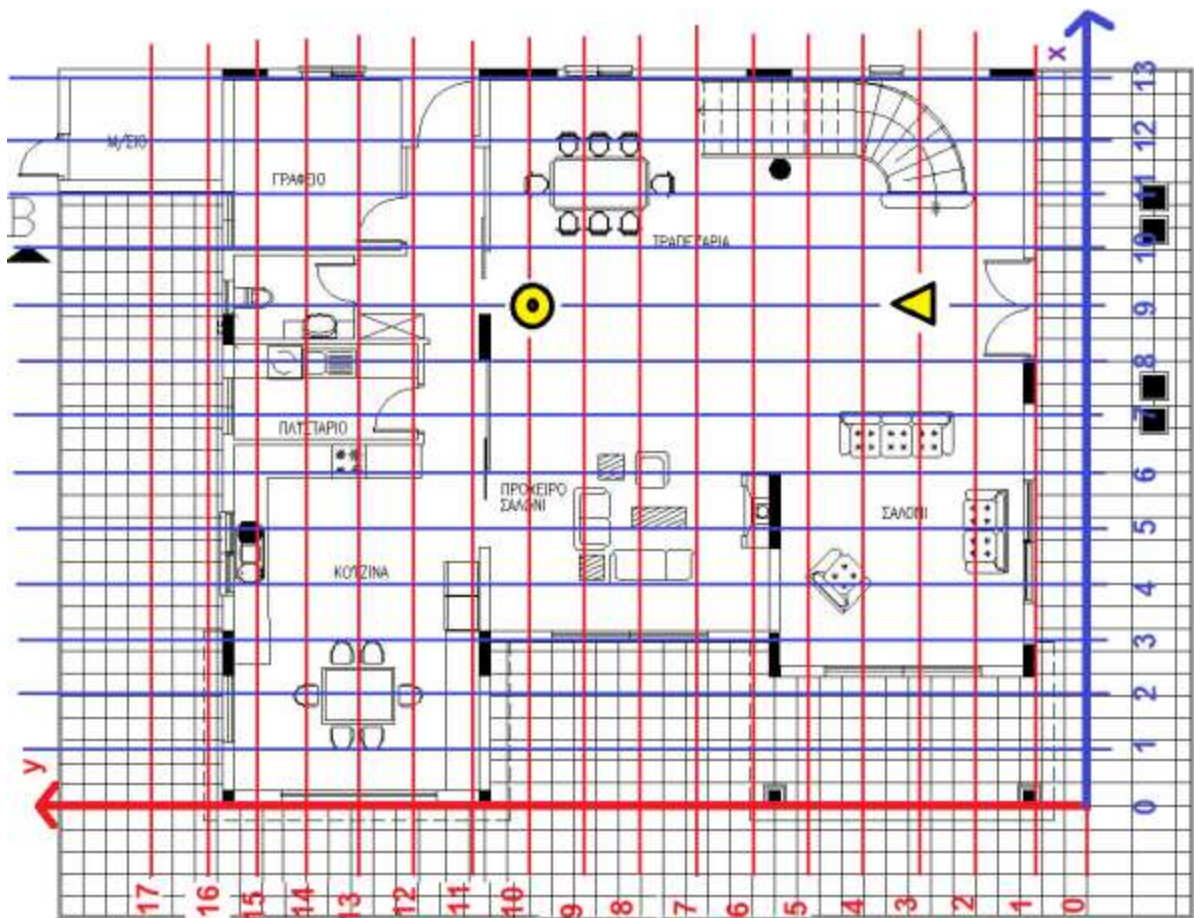
1. Nokia C3-01 Mobile Telephone το οποίο δεν ήταν συνδεδεμένο με άλλο δίκτυο.
2. Nokia C3-01 Mobile Telephone το οποίο ήταν συνδεδεμένο στο διαδίκτυο μέσω Wireless router
3. Dlink router DI-524

Οι αποστάσεις και οι παράμετροι του συστήματος σάρωσης καθώς και του στόχου παρέμειναν τα ίδια για όλα τα μέσα παρεμβολής:

- Συσκευή σάρωσης Neoradar και στόχος στα 120εκ ύψος
- Συσκευή Dlink router DI-524 και Nokia C3-01 Mobile Telephone.
- Απόσταση στόχου από μηχανισμό σάρωσης 7 μέτρα.
- Σάρωση από 45^ο μέχρι τις 135^ο με στάδια της 5^ο και με χρονική καθυστέρηση ανά γωνία τα 20 δευτερόλεπτα.
- Αντένες panel Circular και yagi

Project No	Μηχανισμός και κατάσταση	Antena
1	Nokia C3-01 Mobile Telephone το οποίο δεν ήταν συνδεδεμένο με άλλο δίκτυο.	Panel
2	Nokia C3-01 Mobile Telephone το οποίο ήταν συνδεδεμένο με άλλο δίκτυο.	Panel
3	Dlink router DI-524	Panel
4	Nokia C3-01 Mobile Telephone το οποίο δεν ήταν συνδεδεμένο με άλλο δίκτυο.	Circular
5	Nokia C3-01 Mobile Telephone το οποίο ήταν συνδεδεμένο με άλλο δίκτυο.	Circular
6	Dlink router DI-524	Circular
7	Nokia C3-01 Mobile Telephone το οποίο δεν ήταν συνδεδεμένο με άλλο δίκτυο.	Yagi
8	Nokia C3-01 Mobile Telephone το οποίο ήταν συνδεδεμένο με άλλο δίκτυο.	Yagi
9	Dlink router DI-524	Yagi

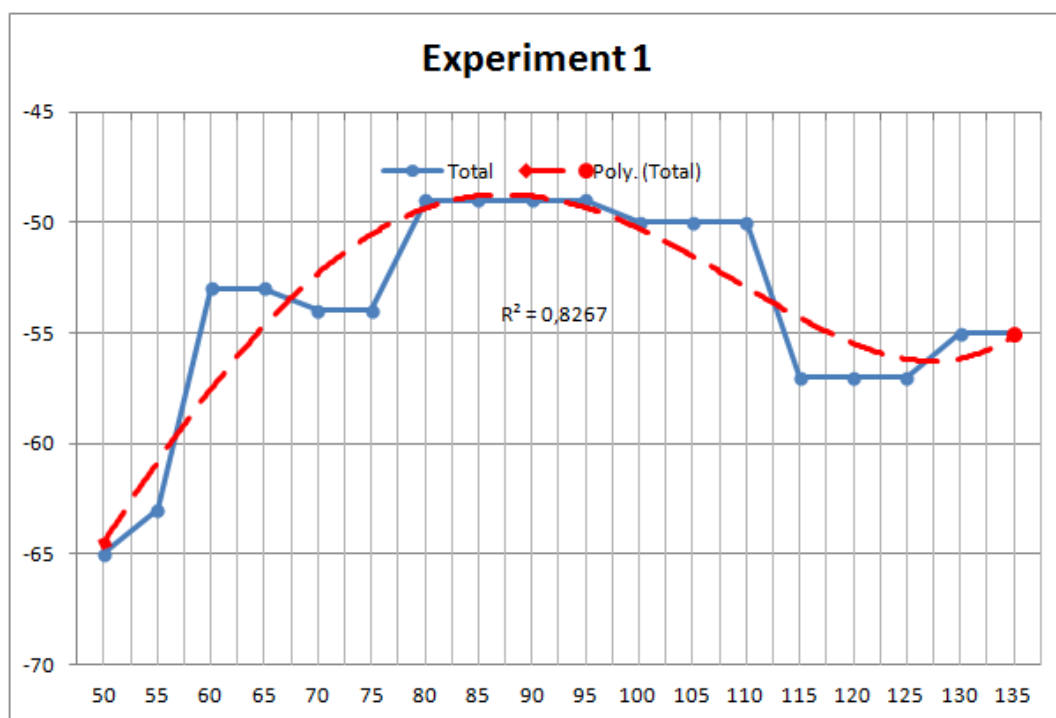
Πίνακας 14: Στοιχεία Πειραμάτων 1-9



Σχήμα 75: Κάτοψη χώρου δοκιμών πειραμάτων 1-21

8.1.1 Αποτελέσματα

Η ανάλυση έγινε με αλγόριθμό Polynomia με order 4 που διαθέτει η Microsoft Excel 2007 και τα αποτελέσματα έχουν την μορφή όπως φαίνεται στο σχήμα 76 πιο κάτω για το πείραμα αριθμός 1. Όλα τα γραφήματα υπάρχουν στο παράρτημα Γ.



Σχήμα 76: Γράφημα πειράματος 1, Polynomial Trendline

Στον πιο κάτω πίνακα συνοψίζονται όλα τα αποτελέσματα για τα πειράματα 1-9.

Πείραμα	Αντένα	Συσκευή	Υπολογ. Γωνία	Διαφορά από την πραγματική Γωνία	% Λάθους
1	Panel	Mobile	87	3	3
2	Panel	Mobile Connected	82	8	9
3	Panel	Router	95	5	6
4	Circular	Mobile	110	20	22
5	Circular	Mobile Connected	80	10	11
6	Circular	Router	88	2	2
7	Yagi	Mobile	95	5	6
8	Yagi	Mobile Connected	125	35	39
9	Yagi	Router	90	0	0

Πίνακας 15: Αποτελέσματα Πειραμάτων 1-9

Σε περίπτωση που ο στόχος είναι κινητό τηλέφωνο τότε υπάρχει ο κίνδυνος να μην παίρνουμε συχνές μετρήσεις λόγω του γεγονός ότι οι συσκευές αυτές όταν δεν είναι συνδεδεμένες στο δίκτυο υπάρχει μεγάλο χρονικό διάστημα μεταξύ την εκπομπής των βασικών σημάτων. Στο πείραμα μας αυτό μπορεί να παρατηρηθεί από τα δεδομένα που συλλέγονται και ειδικά από την μέτρηση του “age”. Αυτή η μέτρηση μας δίνει το χρόνο σε δευτερόλεπτα από την τελευταία φορά που υπήρχε επικοινωνία με την συγκεκριμένη συσκευή. Στον πιο κάτω πίνακα στα δεξιά είναι οι μετρήσεις για ένα κινητό τηλέφωνο και αριστερά από ένα router οι οποίες λήφθηκαν στην ίδια σάρωση. Βλέπουμε ότι στο κινητό ο χρόνος από την τελευταία φορά που ανιχνεύτηκε σε κάθε φορά ξεκινά από 0 μέχρι 79 δευτερόλεπτα. Λόγω του γεγονός ότι η σάρωση έγινε με διαστήματα 10 δευτερολέπτων ανά γωνία παρατηρούμε ότι πολλές μετρήσεις rssi είναι ίδιες λόγω του γεγονός ότι δεν υπήρχε νέα επικοινωνία με την συσκευή. Από την άλλη στην περίπτωση του router ο χρόνος είναι κάτω από 5 δευτερόλεπτα όπως και σε όλα τα πειράματα που έγιναν.

Angle	rssi	type	ssid	age
95	-49	sta	NeoTargetM	79
90	-49	sta	NeoTargetM	60
85	-49	sta	NeoTargetM	39
80	-49	sta	NeoTargetM	19
75	-54	sta	NeoTargetM	29
70	-54	sta	NeoTargetM	8
65	-53	sta	NeoTargetM	49
60	-53	sta	NeoTargetM	24
55	-63	sta	NeoTargetM	0
50	-65	sta	NeoTargetM	13
135	-55	sta	NeoTargetM	31
130	-55	sta	NeoTargetM	11
125	-57	sta	NeoTargetM	50
120	-57	sta	NeoTargetM	30
115	-57	sta	NeoTargetM	10
110	-50	sta	NeoTargetM	50
105	-50	sta	NeoTargetM	30
100	-50	sta	NeoTargetM	10

Angle	rssi	type	ssid	age
95	-52	ap	NeoTargetR	0
90	-54	ap	NeoTargetR	1
85	-42	ap	NeoTargetR	0
80	-49	ap	NeoTargetR	0
75	-42	ap	NeoTargetR	0
70	-49	ap	NeoTargetR	0
65	-50	ap	NeoTargetR	0
60	-48	ap	NeoTargetR	2
55	-55	ap	NeoTargetR	0
50	-47	ap	NeoTargetR	0
135	-48	ap	NeoTargetR	0
130	-45	ap	NeoTargetR	0
125	-45	ap	NeoTargetR	0
120	-43	ap	NeoTargetR	0
115	-46	ap	NeoTargetR	0
110	-41	ap	NeoTargetR	0
105	-40	ap	NeoTargetR	1
100	-40	ap	NeoTargetR	0

Πίνακας 16: Μετρήσεις για κινητή συσκευή και router

Ανάλογα με ο είδος της αντένας είχαμε διαφορετικό αριθμό μηχανημάτων που βρέθηκαν με ακριβώς τις ίδιες συνθήκες και τοποθεσία σάρωσης. Η κάθε αντένα λόγω του διαφορετικού εύρους που έχει επηρεάζει το μέγεθος της περιοχής που καλύπτει. Η panel αντένα βρήκε τις

περισσότερες συσκευές, η Circular Polirization 29% λιγότερες και η yagi μόλις 6-7 συσκευές που αποτελούν το 14% σε σύγκριση με την panel όπως φαίνονται στο πιο κάτω πίνακα.

Τύπος Αντένας	Beam Angle	Αριθμός συσκευών που βρέθηκαν στα πειράματα 1,4,7	Αριθμός συσκευών που βρέθηκαν στα πειράματα 3,6,9
Panel 10DBi	H : 110 V :30	43	39
RH Circular Pol 12 Dbi	Circular : 37	31	31
Yagi 12Dbi	H : 50 V:50	7	6

Πίνακας 17: Αριθμός Διαφορετικών Συσκευών που βρέθηκαν ανά Αντένα

8.2 Επίδραση από ύψος Στόχου

Έχουν γίνει μετρήσει με την συσκευή με διαφορετικό ύψος στόχου κάθε φορά από 60εκ, 120εκ και 160εκ. Η θέση των μηχανημάτων φαίνεται στο σχήμα 75 πιο πάνω.

Οι αποστάσεις και οι παράμετροι του συστήματος σάρωσης καθώς και του στόχου παρέμεινα τα ίδια για όλα τα ύψη του στόχου :

- Συσκευή σάρωσης Neoradar στα 120εκ ύψος
- Συσκευή Dlink router DI-524 και Nokia C3-01 Mobile Telephone.
- Απόσταση στόχου από μηχανισμό σάρωσης 7 μέτρα.
- Σάρωση από 20^ο μέχρι τις 160^ο με στάδια της 10^ο και με χρονική καθυστέρηση ανά γωνία τα 10 δευτερόλεπτα.
- Αντένες panel και Circular

Project No	Απόσταση στόχου από το δάπεδο	Αντένα	Συσκευή
10	60 εκατοστά	Panel	Nokia C3-01
11	120 εκατοστά	Panel	Nokia C3-01
12	160 εκατοστά	Panel	Nokia C3-01
13	60 εκατοστά	Panel	router DI-524
14	120 εκατοστά	Panel	router DI-524

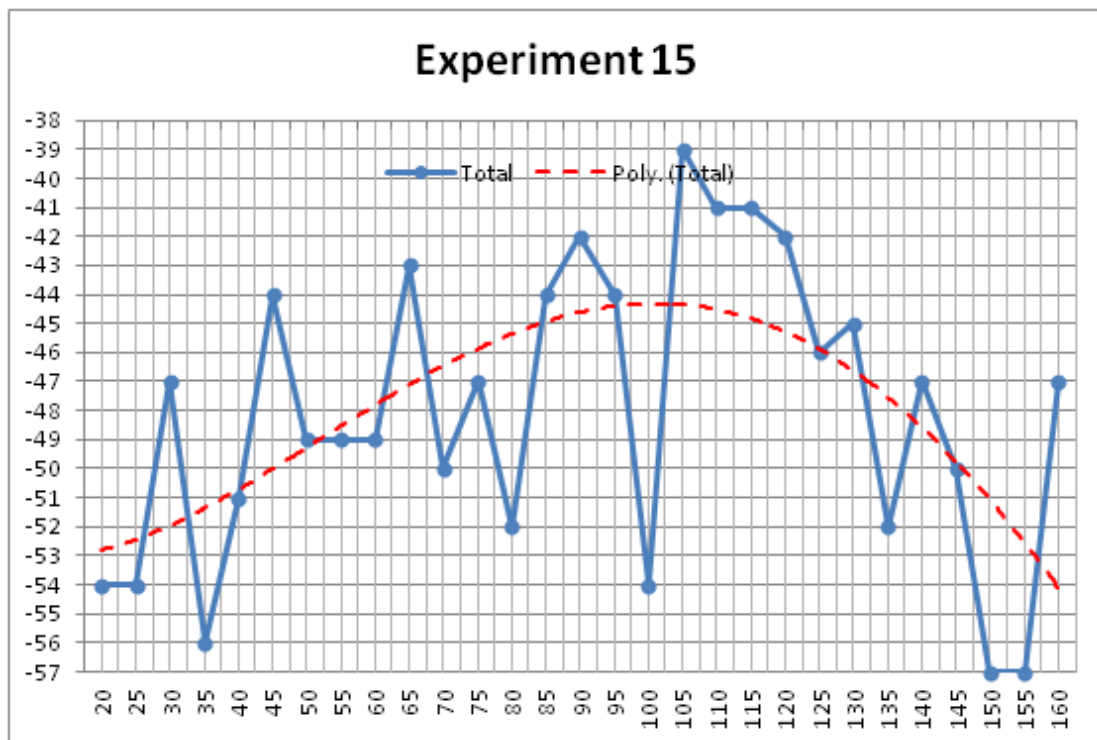
Πίνακας 18: Στοιχεία Πειραμάτων 10-21

Project No	Απόσταση στόχου από το δάπεδο	Αντένα	Συσκευή
15	160 εκατοστά	Panel	router DI-524
16	60 εκατοστά	Circular	Nokia C3-01
17	120 εκατοστά	Circular	Nokia C3-01
18	160 εκατοστά	Circular	Nokia C3-01
19	60 εκατοστά	Circular	router DI-524
20	120 εκατοστά	Circular	router DI-524
21	160 εκατοστά	Circular	router DI-524

Πίνακας 18: Στοιχεία Πειραμάτων 10-21 (Συνέχεια)

8.2.1 Αποτελέσματα

Η ανάλυση έγινε με αλγόριθμο Polynomia με order 4 που διαθέτει η Microsoft Excel 2007 και τα αποτελέσματα έχουν την μορφή όπως φαίνεται στο σχήμα 77 πιο κάτω για το πείραμα αριθμός 15. Όλα τα γραφήματα υπάρχουν στο παράρτημα Γ.



Σχήμα 76: Γράφημα πειράματος 1, Polynomial Trendline

Στον πιο κάτω πίνακα συνοψίζονται όλα τα αποτελέσματα για τα πειράματα 10-21

Πείραμα	Ύψος από δάπεδο	Αντένα	Συσκευή	Υπολογιζόμενη Γωνία	Rssi (dBm)	% Λάθους (90)
10	60 εκατοστά	Panel	Nokia C3-01	Οι μετρήσεις ήταν όλες ίδιες	-55	--
11	120	Panel	Nokia C3-01	130	-44	44
12	160	Panel	Nokia C3-01	135	-40	50
13	60	Panel	router DI-	98	-46	9
14	120	Panel	router DI-	105	-45	17
15	160	Panel	router DI-	100	-46	11
16	60 εκατοστά	Circular	Nokia C3-01	Οι μετρήσεις ήταν όλες ίδιες	-60	--
17	120	Circular	Nokia C3-01	88	-46	2
18	160	Circular	Nokia C3-01	95	-45	6
19	60	Circular	router DI-	92	-52	2
20	120	Circular	router DI-	90	-41	0
21	160	Circular	router DI-	94	-39	4

Πίνακας 19: Αποτελέσματα Πειραμάτων 10-21

Το ύψος του στόχου δεν φαίνεται να επηρεάζει σημαντικά τα αποτελέσματα.

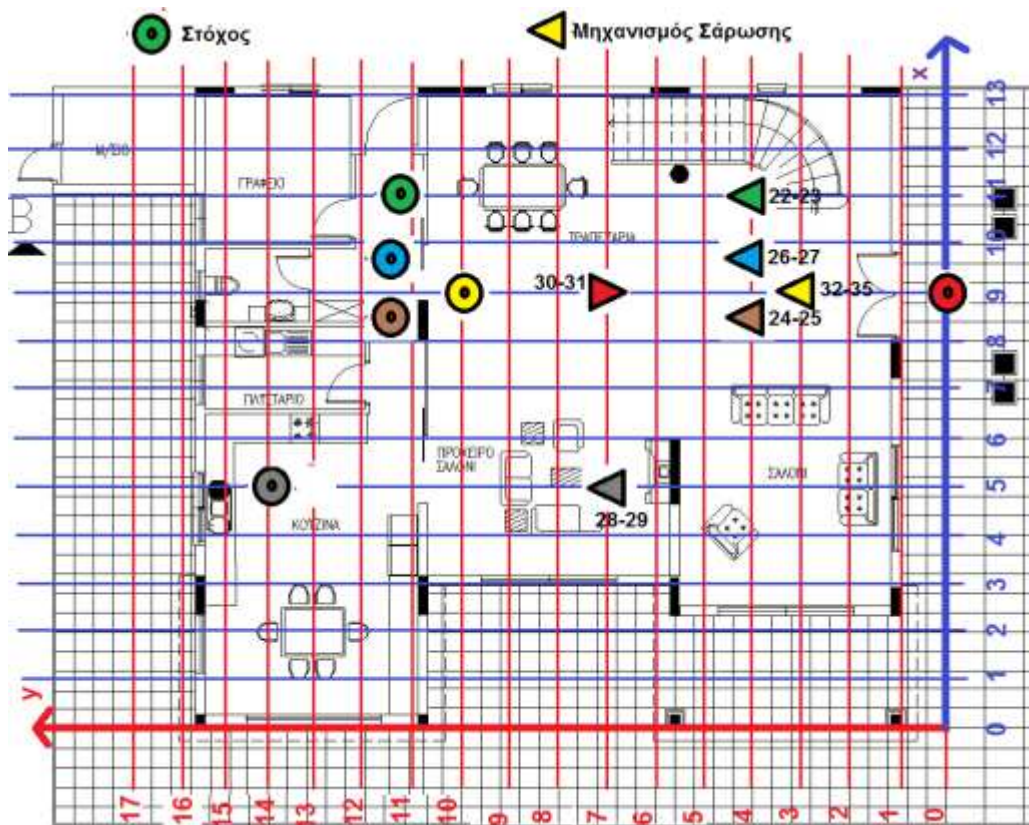
8.3 Επίδραση Μέσου

Έχουν γίνει μετρήσεις με την παρεμβολή διαφορετικού μέσου κάθε φορά μεταξύ συσκευής σάρωσης και στόχου. Οι αποστάσεις και οι παράμετροι του συστήματος σάρωσης καθώς και του στόχου παρέμειναν τα ίδια για όλα τα μέσα παρεμβολής. Για καλύτερα αποτελέσματα έχουν παρθεί αριθμός μετρήσεων (περίπου δέκα) και βγει ο μέσος όρος. Η θέση των μηχανημάτων φαίνεται στο σχήμα 77 πιο κάτω:

- Συσκευή σάρωσης Neoradar και στόχος στα 120εκ ύψος
- Συσκευή Dlink router DI-524 και Αντένες panel και Circular
- Απόσταση στόχου από μηχανισμό σάρωσης 7 μέτρα.
- Σάρωση από 85⁰ μέχρι τις 95⁰ με στάδια της 1⁰ και με χρονική καθυστέρηση ανά γωνία τα 10 δευτερόλεπτα.

Project	Μέσω μεταξύ Μηχανισμού σάρωσης και στόχου	Antenna
22	22 εκ τοιχοποιία από τούβλο 20εκ και σοβά στις δύο πλευρές 2εκ	panel
23	22 εκ τοιχοποιία από τούβλο 20εκ και σοβά στις δύο πλευρές 2εκ	Circular
24	29 εκ κολόνα με 25εκ μπετόν με ενίσχυση από πλέγμα σιδήρου (Rebar)	panel
25	29 εκ κολόνα με 25εκ μπετόν με ενίσχυση από πλέγμα σιδήρου (Rebar)	Circular
26	Πόρτα από σκελετό με ξύλο και κενά από γυαλί	panel
27	Πόρτα από σκελετό με ξύλο και κενά από γυαλί	Circular
28	Πόρτα με ξύλο 5εκ που αποτελείται από δύο φύλλα 1εκ και διάκενο 3εκ	panel
29	Πόρτα με ξύλο 5εκ που αποτελείται από δύο φύλλα 1εκ και διάκενο 3εκ	Circular
30	Πόρτα με αλουμίνιο	panel
31	Πόρτα με αλουμίνιο	Circular
32	Χωρίς οτιδήποτε ενδιάμεσα	panel
33	Χωρίς οτιδήποτε ενδιάμεσα	Circular
34	Με ανθρώπινο σώμα μπροστά στο στόχο	panel
35	Με ανθρώπινο σώμα μπροστά στο στόχο	Circular

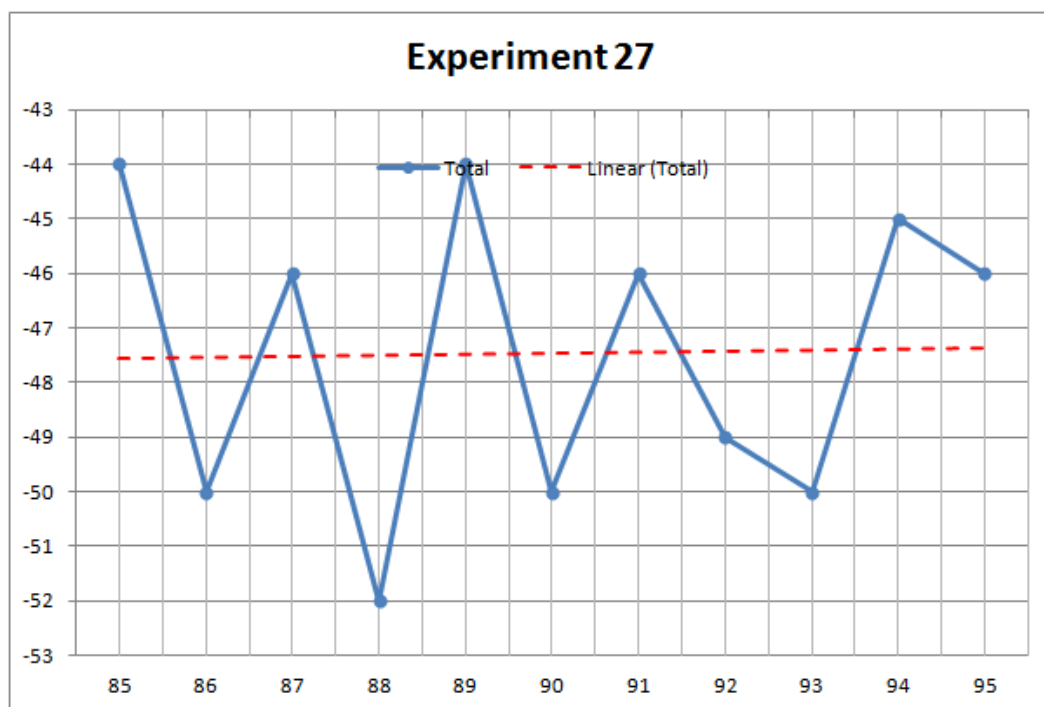
Πίνακας 20: Στοιχεία Πειραμάτων 22-35



Σχήμα 77 : Κάτοψη χώρου δοκιμών πειραμάτων 22-35

8.3.1 Αποτελέσματα

Έγινε αριθμός μετρήσεων για κάθε μέσο, περίπου δέκα μετρήσεις, και βγήκε ο μέσος όρος για κάθε μέσο. Η ανάλυση έγινε με αλγόριθμό Linear που διαθέτει η Microsoft Excel 2007 και τα αποτελέσματα έχουν την μορφή όπως φαίνεται στο σχήμα 78 πιο κάτω για το πείραμα αριθμός 27. Όλα τα γραφήματα υπάρχουν στο παράρτημα Γ.



Σχήμα 78: Γράφημα πειράματος 1,

Στον πίνακα 21 συνοψίζονται όλα τα αποτελέσματα για τα πειράματα 10-21

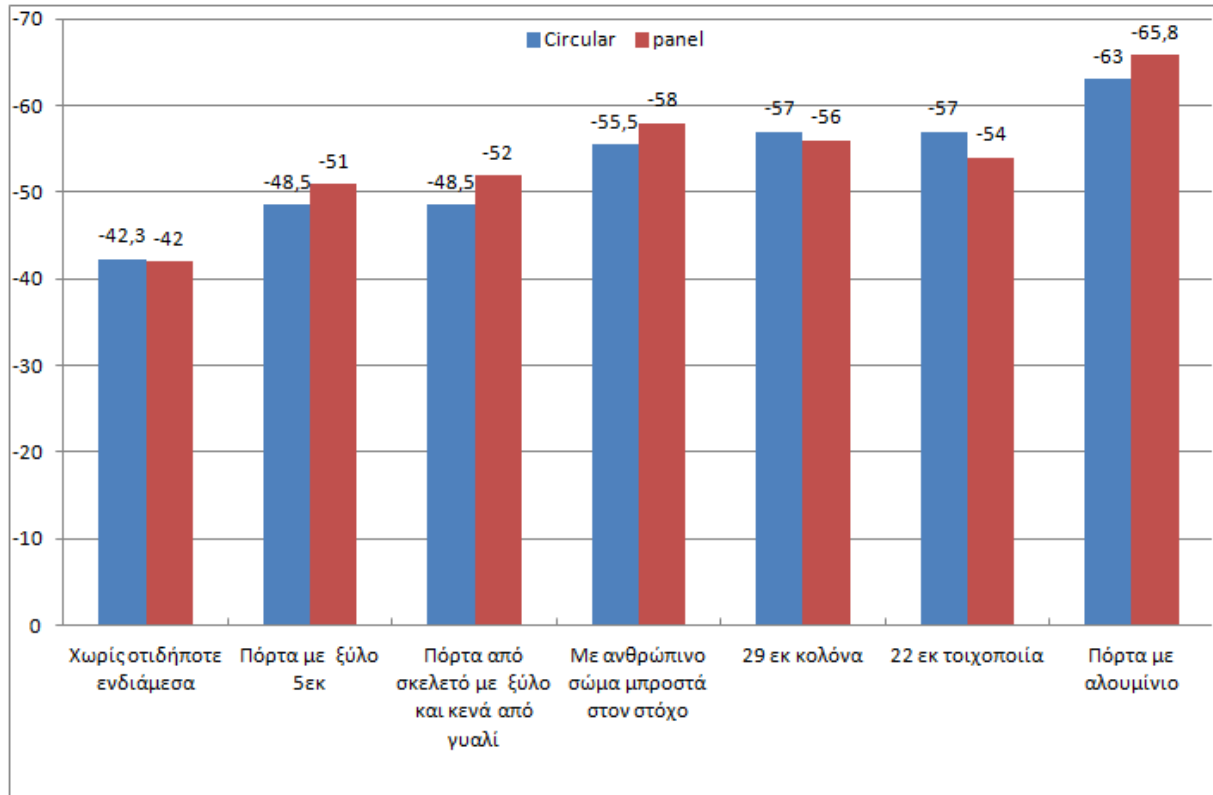
Πείραμα	Μέσο Μηχανισμού σάρωσης και στόχου	Αντένα	Rssi
22	22 εκ τοιχοποιία	panel	54
23	22 εκ τοιχοποιία	Circular	57
24	29 εκ κολόνα	panel	56
25	29 εκ κολόνα	Circular	57
26	Πόρτα από σκελετό με ξύλο και κενά από γυαλί	panel	52
27	Πόρτα από σκελετό με ξύλο και κενά από γυαλί	Circular	48,5
28	Πόρτα με ξύλο 5εκ	panel	51

Πίνακας 21: Αποτελέσματα Πειραμάτων 22-35

Πείραμα	Μέσο Μηχανισμού σάρωσης και στόχου	Αντένα	Rssi
29	Πόρτα με ξύλο 5εκ	Circular	48,5
30	Πόρτα με αλουμίνιο	panel	65,8
31	Πόρτα με αλουμίνιο	Circular	63
32	Χωρίς στιδήποτε ενδιάμεσα	panel	42
33	Χωρίς στιδήποτε ενδιάμεσα	Circular	42,3
34	Με ανθρώπινο σώμα μπροστά στο στόχο	panel	58
35	Με ανθρώπινο σώμα μπροστά στο στόχο	Circular	55,5

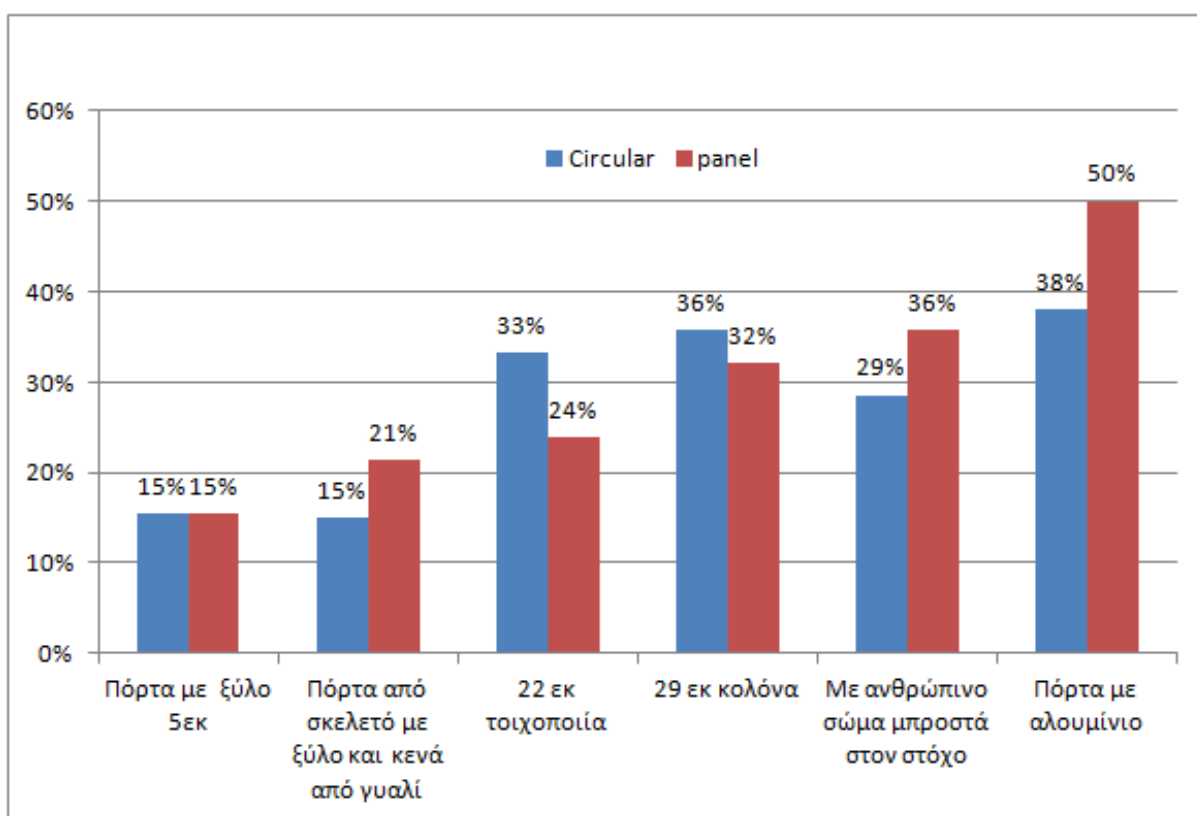
Πίνακας 21: Αποτελέσματα Πειραμάτων 22-35 (Συνέχεια)

Στο πιο κάτω σχήμα 79 φαίνεται καθαρά ότι τα διάφορα εμπόδια μεταξύ του μηχανισμού σάρωσης και του στόχου επηρεάζουν την ισχύ του σήματος. Χωρίς εμπόδιο το σήμα είχε ισχύ κοντά στα -40 dB ενώ με διάφορα εμπόδια η ισχύς πήρε τιμές από -50 μέχρι και -60 dB.



Σχήμα 79 : Επηρεασμός ισχύς λαμβανόμενου σήματος λόγω εμποδίων

Στο πιο κάτω σχήμα 80 πιο κάτω φαίνεται καθαρά ότι υλικά με μεγάλο συντελεστή απορρόφησης του σήματος, όπως η πόρτα αλουμινίου, επηρεάζουν την ισχύ του σήματος μέχρι και 50%. Επίσης το ανθρώπινο σώμα μειώνει την ισχύ του σήματος από 26-36%. Στα ίδια ποσοστά με το ανθρώπινο σώμα κυμαίνεται και η απλή τοιχοποιία, οι κολόνες από μπετόν και οι ξύλινες εσωτερικές πόρτες. Εμπόδια όπως γυάλινες πόρτες επηρεάζουν αλλά σε χαμηλότερα επίπεδα που είναι γύρω στο 15-21%. Λόγω του μικρού μεγέθους των εμποδίων, στο πείραμα μας, πιθανόν ο επηρεασμός από κολόνα από μπετόν να ήταν μεγαλύτερος αν υπήρχε μεγάλη κολόνα, πέραν των 100εκ, από αυτή που δοκιμάσαμε στα πειράματα. Επίσης στα πειράματα αυτά υπάρχει στα σίγουρα λάθος λόγω των διάφορων παραγόντων που επηρεάζουν τα σήματα όπως η επίδραση λόγω πολλαπλών διαδρομών, η διάθλασή και άλλοι παράγοντες όπως αναλύονται στο κεφάλαιο 5.2 πιο πάνω. Καλύτερες μετρήσεις θα μπορούσαν να παρθούν σε ειδικό χώρο που θα διαρρυθμιστεί ανάλογα για το συγκεκριμένο πείραμα σε πλήρες ελεγχόμενο περιβάλλον.



Σχήμα 80 : Επηρεασμός ισχύς λαμβανόμενου σήματος σε σύγκριση με χωρίς κανένα εμπόδιο

8.4 Μετρήσεις και Εύρεση θέσης

Έγινε πειραματική αξιοποίηση της διάταξης για την εύρεση θέσης σε εσωτερικούς χώρους με την χρήση δύο διαφορετικών αντενών. Στο σχήμα 81 πιο κάτω φαίνεται η κάτοψη του χώρου των πειραμάτων εύρεσης θέσης καθώς και τα σημεία σάρωσης και στόχου.

Σημείο Σάρωσης	x	y
1	3	2
2	7	2
3	10	2

Σημείο Στόχου	x	y
1	4	10
2	8	10
3	12	10
4	1	14

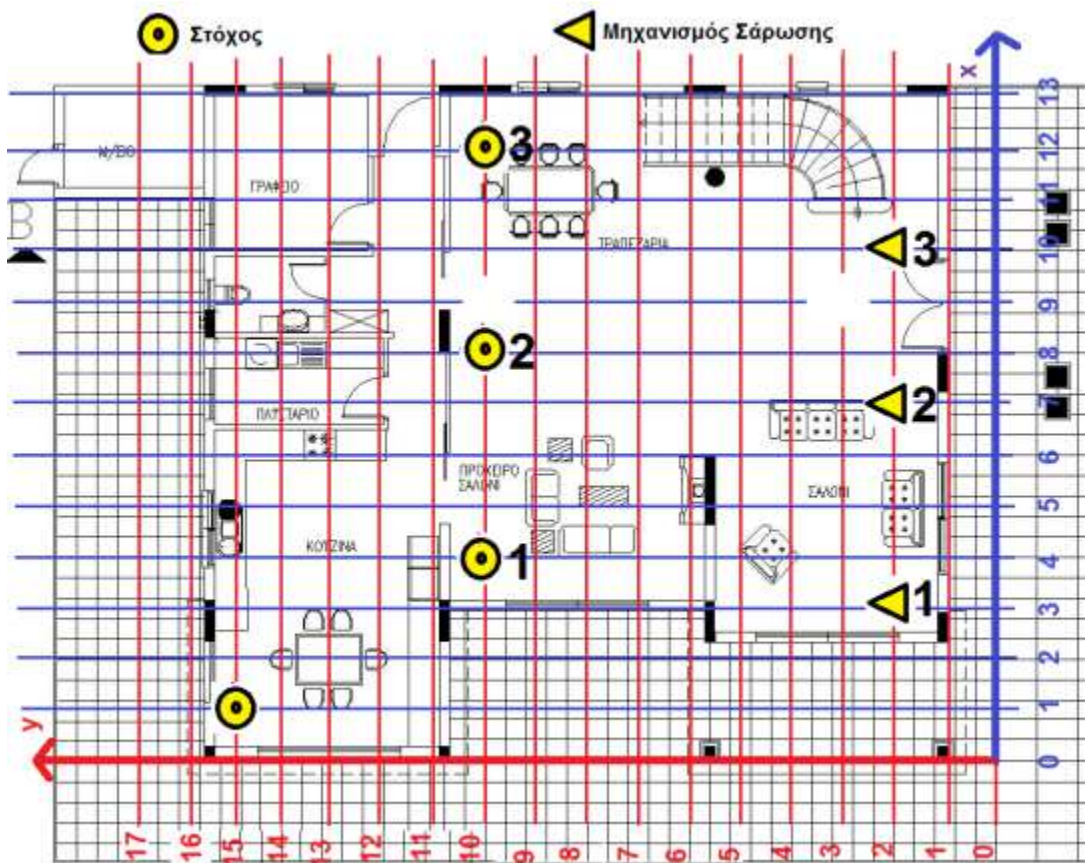
Πίνακας 22: Καρτεσιανές Συντεταγμένες Σημείων Σάρωσης και Στόχων

Η πραγματική γωνία από την συσκευή σάρωσης από το σημείο (x_1, y_1) και του στόχου στο σημείο (x_2, y_2) έχει υπολογιστεί με την χρήση του τύπου αρ 12 πιο κάτω. Τα αποτελέσματα των υπολογισμών φαίνονται στον πίνακα 23.

$$\theta = \frac{a \tan 2(x_2 - x_1; y_2 - y_1) * 180}{PI} \quad (12)$$

Σημείο Σάρωσης	Στόχος			
	1	2	3	4
1	97	117	138	81
2	69	97	122	63
3	53	76	104	53

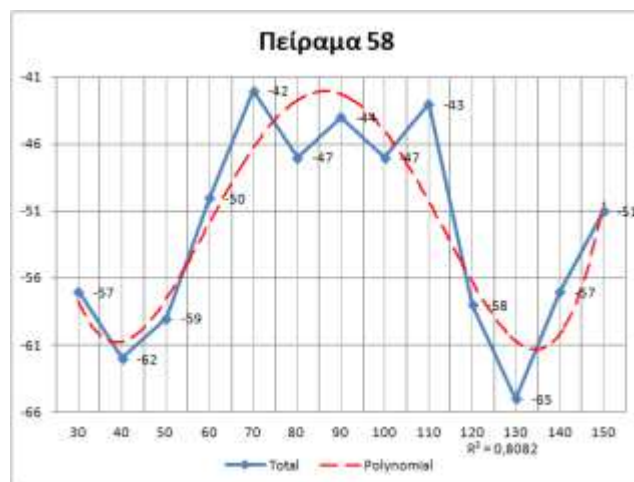
Πίνακας 23: Υπολογισμός Πραγματικών Γωνιών



Σχήμα 81 : Κάτοψη χώρου δοκιμών πειραμάτων εύρεσης θέσης 36-59

8.4.1 Αποτελέσματα

Η ανάλυση έγινε με αλγόριθμό Polynomial με order 4 που διαθέτει η Microsoft Excel 2007 και τα αποτελέσματα έχουν την μορφή όπως φαίνεται στο σχήμα 82 πιο κάτω για το πείραμα αριθμός 58. Όλα τα γραφήματα υπάρχουν στο παράρτημα Γ.



Σχήμα 82 : Ανάλυση Πειράματος 58

Τα συνοπτικά αποτελέσματα φαίνονται στους πίνακες 24 και 25 πιο κάτω. Οι γωνίες που υπολογίστηκαν θα χρησιμοποιηθούν για να υπολογιστεί το σημείο του στόχου με χρήση δύο σημείων σάρωσης κάθε φορά.

P_ID	Sh	Th	Sx	Sy	Tx	Ty	Target	ANT	angle found	real angle
36	120	120	3	2	4	10	R	P	70	97
37	120	120	3	2	7	10	R	P	126	117
38	120	120	3	2	12	10	R	P	155	138
39	120	120	3	2	1	14	R	P	130	81
40	120	120	7	2	4	10	R	P	65	69
41	120	120	7	2	8	10	R	P	120	97
42	120	120	7	2	12	10	R	P	130	122
43	120	120	7	2	1	14	R	P	60	63
44	120	120	10	2	4	10	R	P	60	53
45	120	120	10	2	8	10	R	P	80	76
46	120	120	10	2	12	10	R	P	115	104
47	120	120	10	2	1	14	R	P	50	53

Πίνακας 24: Αποτελέσματα για Αντένα Panel

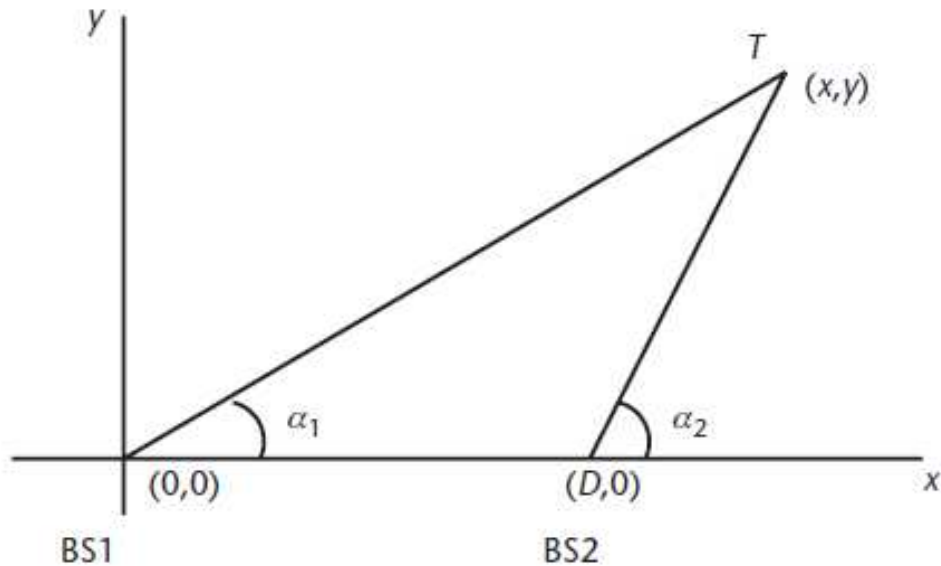
P_ID	Sh	Th	Sx	Sy	Tx	Ty	Target	ANT	angle	Real Angle
48	120	120	3	2	4	10	R	C	145	97
49	120	120	3	2	7	10	R	C	165	117
50	120	120	3	2	12	10	R	C	115	138
51	120	120	3	2	1	14	R	C	155	81
52	120	120	7	2	4	10	R	C	55	69
53	120	120	7	2	8	10	R	C	87	97
54	120	120	7	2	12	10	R	C	108	122
55	120	120	7	2	1	14	R	C	58	63
56	120	120	10	2	4	10	R	C	47	53
57	120	120	10	2	8	10	R	C	62	76
58	120	120	10	2	12	10	R	C	87	104
59	120	120	10	2	1	14	R	C	77	53

Πίνακας 25: Αποτελέσματα για Αντένα CP

8.4.2 Υπολογισμός Θέσης Στόχου

Ο υπολογισμός του καρτεσιανού σημείου του στόχου υπολογίστηκε με την χρήση των στοιχείων των πινάκων 24 και 25. Έγινε χρήση του τύπου 13 για τον υπολογισμό της θέσης (x,y) του στόχου.

$$x = \frac{D \tan(a_2)}{\tan(a_2) - \tan(a_1)} \quad y = \frac{D \tan(a_1) \tan(a_2)}{\tan(a_2) - \tan(a_1)} \quad (13)$$



Σχήμα 83 : Υπολογισμοί Εύρεσης Θέσης

Στον πίνακα 23 φαίνονται οι τιμές που υπολογίζονται με τις πραγματικές γωνίες για το στόχο 1. Η πραγματική συντεταγμένη του στόχου είναι (4,10). Το ίδιο ακριβώς μοντέλο θα χρησιμοποιηθεί αλλά με τις υπολογιζόμενες γωνίες για όλους τους συνδυασμούς ζευγαριών θέσεων σάρωσης και στόχων. Τα αποτελέσματα των υπολογισμών φαίνονται στον πίνακα 24 και 25.

	α_1	α_2	D	x	y
1-2	83	111	4	4,0	9,9
1-3	83	127	7	4,0	10,0
2-3	111	127	3	3,9	10,1

Πίνακας 26: Υπολογισμοί με τις πραγματικές γωνίες για Θέσεις Σάρωσης 1 και 2 και

Στόχο 1

Στόχος 1 (4-10)					
	α1	α2	D	x	y
1-2	110,0	115,0	4,0	-11,2	41,1
1-3	110,0	120,0	7,0	-8,9	34,8
2-3	115,0	120,0	3,0	-5,6	29,0
Στόχος 2 (8-10)					
	α1	α2	D	x	y
1-2	63,0	83,0	4,0	8,3	12,3
1-3	63,0	104,0	7,0	7,7	11,2
2-3	83,0	104,0	3,0	8,0	10,1
Στόχος 3 (12,10)					
	α1	α2	D	x	y
1-2	25,0	50,0	4,0	9,6	5,1
1-3	25,0	65,0	7,0	11,9	6,2
2-3	50,0	65,0	3,0	13,8	10,0
Στόχος 4 (1-14)					
	α1	α2	D	x	y
1-2	50,0	120,0	4,0	5,4	4,8
1-3	50,0	130,0	7,0	6,5	6,2
2-3	120,0	130,0	3,0	0,4	13,5

Πίνακας 27: Αποτελέσματα Εύρεσης Θέσης Στόχου με Panel αντένα

1 (4-10)					
	α1	α2	D	x	y
1-2	35,0	125,0	4,0	5,7	3,9
1-3	35,0	133,0	7,0	7,2	5,0
2-3	125,0	133,0	3,0	-2,0	14,9
2 (8-10)					
	α1	α2	D	x	y
1-2	15,0	93,0	4,0	6,9	3,1
1-3	15,0	118,0	7,0	9,1	3,6
2-3	93,0	118,0	3,0	6,7	8,3
3 (12,10)					
	α1	α2	D	x	y
1-2	65,0	72,0	4,0	16,2	30,3
1-3	65,0	93,0	7,0	9,3	15,5
2-3	72,0	93,0	3,0	9,6	10,0
4 (1-14)					
	α1	α2	D	x	y
1-2	99,0	117,0	4,0	1,2	13,4
1-3	25,0	103,0	7,0	9,3	4,9
2-3	122,0	103,0	3,0	11,8	-5,6

Πίνακας 28: Αποτελέσματα Εύρεσης Θέσης Στόχου με CP αντένα

Από τα αποτελέσματα μπορούμε να δούμε ότι σε πολλές περιπτώσεις τα αποτελέσματα ήταν πολύ κοντά στις πραγματικές τιμές αλλά σε άλλα εντελώς λανθασμένες. Στην περίπτωση που δεν υπάρχει οπτική επαφή του στόχου από το σημείο σάρωσης τότε υπάρχει μεγάλο λάθος στα αποτελέσματα όπως φαίνονται στα αποτελέσματα από σημείο σάρωσης 1 με 2 ή 3 και στόχο το 1 ή 4. Επίσης όταν οι σταθμοί σάρωσης είναι κοντά ο ένας από τον άλλο (πχ 2 και 3) τότε έχουμε μεγαλύτερο σφάλμα λόγω του γεγονός ότι μικρή διαφορά στον υπολογισμό της γωνίας οδηγεί σε μεγάλο σφάλμα. Τα αποτελέσματα από την αντένα με κυκλική πόλωση φαίνονται να είναι πιο κοντά στις πραγματικές τιμές σε σύγκριση με την αντένα panel.

8.5 Χρόνος Επεξεργασίας

Ο χρόνος που χρειάζεται η διάταξη για τον εντοπισμό ενός στόχου αποτελείται από τους πιο κάτω επιμέρους χρόνους :

Ενέργεια	Ονομασία	Χρόνος (Δευτερόλεπτα)
Χρόνος ετοιμασίας διάταξης	$T_{prepare}$	60
Χρόνος Σάρωσης	T_{scan}	$((\text{Stop angle} - \text{start angle}) / \text{stepping factor}) * \text{delay factor}$
Χρόνος επεξεργασίας μίας θέσης και υπολογισμός γωνίας στόχου	T_{angle}	60
Χρόνος μετακίνησης σε νέα θέση	$T_{relocate}$	120
Χρόνος ετοιμασίας διάταξης	$T_{prepare}$	60
Χρόνος Σάρωσης	T_{scan}	$((\text{Stop angle} - \text{start angle}) / \text{stepping factor}) * \text{delay factor}$
Χρόνος επεξεργασίας μίας θέσης και υπολογισμός γωνίας στόχου	T_{angle}	60
Υπολογισμός θέσης στόχου	$T_{position}$	60

Πίνακας 29: Χρόνος Επεξεργασίας Δεδομένων

Ο χρόνος σάρωση T_{scan} εξαρτάται από το εύρος της γωνίας που θα σαρώσουμε και το χρόνο παύσης σε κάθε θέση. Για μία τυπική σάρωση για 180° με στάδια ανά δέκα μοίρες και παύση σε κάθε θέση 10 δευτερόλεπτα ο χρόνος που απαιτείται είναι 180 δευτερόλεπτα.

Ο συνολικός χρόνος εύρεσης θα είναι 13 λεπτά ο οποίος είναι σχετικά μεγάλος λόγω της ανάγκης μετακινήσεως του μηχανισμού. Επίσης η εφαρμογή δεν έχει φτιαχτεί για να δίνει γρήγορα αποτελέσματα λόγω της φύσεων της ως πειραματικής διάταξης.

8.6 Σύνοψη Αποτελεσμάτων

Μπορούμε να πούμε με βεβαιότητα ότι η πειραματική αυτή διάταξη μας έδωσε την δυνατότητα διεξαγωγής αριθμού πειραμάτων και εξαγωγής συμπερασμάτων. Ο υπολογισμός της θέσης μια συσκευή Wifi δεν είναι εύκολη και ιδιαίτερα σε εσωτερικούς χώρους όπου υπάρχουν πολλοί παράγοντες που επηρεάζουν τα ραδιοκύματα. Η ακρίβεια στον υπολογισμό της θέσης της συσκευής είναι άρρητα συνδεδεμένη με την ακρίβεια εντοπισμού της γωνίας που βρίσκεται ο στόχος. Τα διάφορα αντικείμενα και η κατασκευή ενός χώρου επηρεάζουν σημαντικά την ικανότητα του συστήματος να εντοπίσει με ακρίβεια την θέση του στόχου. Το NeoRadar μπορεί να χρησιμοποιηθεί ούτως ώστε να δημιουργηθεί ένας αλγόριθμος υπολογισμού της θέσης λαμβάνοντας υπόψη τα υλικά κατασκευής και την όλη διαρρύθμιση του χώρου.

Κεφάλαιο 9

Συμπεράσματα

Το NeoRadar είναι ένα πρωτότυπο σύστημα με χρήση μετακινούμενων αντενών και υπολογισμού της γωνίας του σήματος. Μπορούμε να πούμε με βεβαιότητα ότι η πειραματική αυτή διάταξη μας δίνει την δυνατότητα να εκτελέσουμε πειράματα και να εξάγουμε συμπεράσματα για την συμπεριφορά των ασύρματων σημάτων σε εσωτερικούς χώρους. Επίσης μας δίνει την δυνατότητα χρήσης διαφορετικών τύπων αντενών με αποτέλεσμα να είναι δυνατή η σύγκριση τους στα θέματα εντοπισμού θέσης.

9.1 Πλεονεκτήματα

Η πειραματικής διάταξη είναι απλή και εύχρηστη. Ο όγκος και το βάρος είναι μικρός και μπορεί να μεταφερθεί εύκολα. Η κατανάλωση ενέργειας είναι μικρή και μπορεί να λειτουργήσει με μπαταρίες κάτι που την κάνει εύκολη στην μεταφορά της.

9.2 Μειονεκτήματα

Δεν καταστεί δυνατή η χρήση του μηχανισμού Till για εύρεση θέσης σε τρισδιάστατο επίπεδο λόγω τεχνικών δυσκολιών. Η μηχανισμός Till δεν ήταν ικανός να μετακινήσει και να κρατήσει σε σταθερή θέση τις αντένες οπότε και δεν χρησιμοποιήθηκε.

Λόγω του γεγονός ότι ο σκοπός ήταν να δημιουργηθεί μια διάταξη για πειραματική αξιοποίηση δεν δόθηκε καθόλου σημασία σε μελέτη για εμπορική ή άλλη χρήση.

9.3 Μελλοντικές Επεκτάσεις

Η παρούσα Μεταπτυχιακή Διατριβή είχε σκοπό την δημιουργία μιας πειραματικής διάταξης για πειράματα εύρεσης θέσης σε εσωτερικούς χώρους. Υπάρχουν πολλά πράγματα που μπορούν να βελτιωθούν και να γίνουν πολλές επεκτάσεις για να καλύψουν ευρύτερο τομέα πειραμάτων και αξιοποίησης του μηχανισμού.

9.3.1 Λειτουργία με Μπαταρίες

Η κατανάλωση ενέργειας είναι μικρή από το όλο σύστημα και διάταξη μπορεί να λειτουργήσει με 12 βολτ με μπαταρίες διαφόρων τύπων ανάλογα με το χρόνο χρήσης του. Επίσης λόγω του γεγονός ότι ο μηχανισμός τροφοδοτείται από 12 βολτ μπορεί να συνδεθεί στην μπαταρία του αυτοκινήτου. Αυτή η επέκταση θα δώσει μεταφερσιμότητα και ευελιξία στην διάταξη. Για παράδειγμα με μπαταρία 12 βολτ που χρησιμοποιείται σε συστήματα συναγερμού (12v,9AH) το σύστημα μπορεί να τροφοδοτείται για περισσότερο από 40 λεπτά.

Μηχανισμός	Κατανάλωση (W)
RoboTurret	12
Linksys Router WRT-54GL	12
Σύνολο	24

Πίνακας 30: Κατανάλωση Ενέργειας

9.3.2 Σύνδεση με Ψηφιακή Πυξίδα

Στο σύστημα μπορεί να συνδεθεί ψηφιακή πυξίδα ούτως ώστε σε κάθε θέση σάρωσης να καταγράφεται και η σχετική θέση. Υπάρχουν στην αγορά διάφορες λύσεις. Μια τέτοια πυξίδα είναι αυτή της Αμερικανικής Ocean Server (<http://www.ocean-server.com/compass.html>) όπως φαίνεται στο σχήμα 84 πιο κάτω



Σχήμα 84: Ψηφιακή Πυξίδα

9.3.3 Σύνδεση με GPS και Google Earth

Στο σύστημα μπορεί να συνδεθεί GPS module ούτως ώστε να καταγράφεται η θέση σάρωσης να υπολογίζεται και η θέση του στόχου. Υπάρχουν στην αγορά διάφορες λύσεις. Μια τέτοια λύση είναι η Holux GR-213 USB SiRF Star III Waterproof GPS της CanadaGps στα \$54 (<http://www.canadagps.com/mousegpsgr213usb.html>)



Σχήμα 85: Holux GR-213 USB SiRF Star III Waterproof GPS

Με τη προσθήκη του GPS module θα μπορεί να γίνει σύνδεση με διάφορα συστήματα απεικόνισης θέσης σε χάρτες όπως το Google Map.

9.3.4 Μηχανισμός Μετακίνησης Αντενών

Ο υφιστάμενος μηχανισμός δεν μπόρεσε να χρησιμοποιηθεί για μετακίνηση των αντενών με till κίνηση λόγω του γεγονός ότι δεν είχε την απαραίτητη δύναμη. Υπάρχουν μηχανισμοί οι οποίοι έχουν τέτοια δυνατότητα όπως τα προϊόντα την Flir Motion Control Systems. Υπάρχουν μηχανισμοί οι οποίοι μπορούν να μετακινήσουν τις αντένες τρισδιάστατα και σε όλα τα περιβάλλον. Οι πιο πάνω μηχανισμοί είναι αρκετά ακριβοί (μερικές χιλιάδες ευρώ), χρησιμοποιούνται για στρατιωτικούς σκοπούς και μπορούν να πωληθούν μόνο με άδεια του Αμερικάνικου Υπουργείου Άμυνας. Στο σχήμα 86 φαίνεται ο μηχανισμός Pan-Tilt Unit-D100E της Flir καθώς και οι βασικές του ιδιότητες. Πληροφορίες για όλη η γκάμα των προϊόντων της Flir υπάρχει στο παράρτημα Ε καθώς και από την ιστοσελίδα τους στην διεύθυνση <http://www.flir.com/mcs>.



Max Payload Weight (nominal)	25 lbs (side mount)
Position Resolution (°)*	0.0075°
Min Pan Speed	0.0075° / Sec.
Max Pan Speed	120° / Sec.
Min Tilt Speed	0.0075 ° / Sec.
Max Tilt Speed	120° / Sec.
Pan Range	Nx360-continuous (with optional slip-ring)
Tilt Range	-30°/+90°
Weight	20.2 lbs
Height	13.63" (with top bracket)
Operating Voltage	12-30VDC
Environmental	IP67
Operating Temperature	-30°C to +70°C

Σχήμα 86 : Flir Pan-Tilt Unit-D100E

9.4 Μεταφερσιμότητα σε άλλα συστήματα

Η εφαρμογή έχει αναπτυχθεί σε Visual Basic Express 2010, αλλά οι ρουτίνες μπορούν να αναπτυχθούν και σε άλλες γλώσσες και πλατφόρμες όπως Web application C. Επίσης μπορεί να αναπτυχθεί κώδικας για άλλα λειτουργικά συστήματα όπως LINUX, android κ.α. Ο μόνος περιορισμός είναι ότι πρέπει να δυνατότητα αποστολής πακέτων δεδομένων σε USB port με κάποιο τρόπο να μπορούν να συνδεθούν με τον Linux firmware του Router.

9.5 Κλιμάκωση του Συστήματος με Δύο ή Περισσότερους σταθμούς Σάρωσης

Το σύστημα μπορεί να αναβαθμιστεί και να συμπεριλάβει δυνατότητα δύο σταθμοί να σαρώνουν την ίδια στιγμή και να ανταλλάσσουν πληροφορίες. Ο υπολογισμός την θέσης του στόχου θα μπορεί να γίνει και από τα δύο συστήματα ανεξάρτητα με την χρήση των μετρήσεων και από τα δύο συστήματα. Αυτή η δυνατότητα θα είναι χρήσιμη σε περίπτωση που η διάταξη θα χρησιμοποιηθεί για εύρεση θέση σε εξωτερικούς χώρους.

9.6 Συμπεράσματα

Κάθε εργασία κρίνεται εκ του αποτελέσματος το οποίο παράγει. Έχοντας ολοκληρώσει την όλη Διατριβή από το σχεδιασμό, την υλοποίηση της κατασκευής, την δημιουργία του κώδικα, την πειραματική αξιοποίηση και την εξαγωγή των αποτελεσμάτων μπορούμε να είμαστε ευχαριστημένοι από το όλο εγχείρημα. Η εργασία αποπερατώθηκε επιτυχώς καθώς επιτευχτεί ο στόχος αλλά και εξαχθήκαν ενθαρρυντικά αποτελέσματα τα οποία μπορούν να διερευνηθούν περαιτέρω σε απόμενες διατριβές.

Σχεδόν σε όλες τις διατριβές των τελευταίων χρόνων στον τομέα της εύρεσης θέσης σε εσωτερικούς χώρους ακολουθείται η ίδια μέθοδος, η μέθοδος των αποτυπωμάτων. Η μέθοδος αυτή έχει διεξοδικά εξεταστεί και υπάρχει από καιρό εμπορική αξιοποίηση της όπως τα συστήματα που αναλύονται στο κεφάλαιο 4. Η μέθοδος αυτή είναι συμμετοχική και απαιτεί την προηγούμενη γνώση του περιβάλλον και προϋποθέτει προετοιμασία και συνεχή ανανέωση των στοιχείων. Στην περίπτωση της παρούσας διατριβής μελετήσαμε ένα μη συμμετοχικό σύστημα, δηλαδή χωρίς καμία απόλυτο συνεργασίας μεταξύ του και της συσκευής προς εύρεση.

Μελετώντας τις διαθέσιμες εναλλακτικές μεθόδους εντοπισμού θέσης καταλήξαμε πως θα ήταν καλό να γίνουν μελέτες για εντοπισμό θέσης σε εσωτερικούς χώρους και με μεθόδους γωνίωσης. Μέσω της διαδικασίας της υλοποίησης αντιμετωπίσαμε προβλήματα τα οποία μας υπέδειξαν πως το εγχείρημα δεν ήταν καθόλα εύκολο και η επιλογή κάθε επιμέρους τεχνολογίας και συσκευής επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό το τελικό αποτέλεσμα. Στην δική μας περίπτωση αυτό ήταν επιθυμητό λόγω του γεγονός ότι ο σκοπός ήταν η δημιουργία πειραματικής διάταξης η οποία να χρησιμοποιηθεί για περαιτέρω έρευνες.

Προχωρήσαμε μελετώντας παραμέτρους που βελτιώνουν την ακρίβεια των αποτελεσμάτων αλλά και παραμέτρους που συμβάλουν ώστε να είμαστε σε θέση να χαρακτηρίσουμε κάποια μέθοδο ως σταθερή και ανεκτική στις αλλαγές στο περιβάλλον. Με την εκτέλεση αριθμού πειραμάτων καταφέραμε να δείξουμε την δυνατότητα της πειραματικής διάταξης και να βρούμε περιοχές που χρειάζονται να εξεταστούν διεξοδικά στο μέλλον.

Οι ιδέες για μετέπειτα αξιοποίηση σίγουρα είναι πολλές και πλέον έχουμε ένα νέο φάσμα δυνατοτήτων και υπηρεσιών που μπορούν βασιστούν στα αποτελέσματα της παρούσας διατριβής. Ο τομέας της ασφάλειας των ασύρματων δικτύων, θέματα πάταξης του εγκλήματος και εύρεσης της θέσης εγκληματιών είναι ένας τομέας που χρήζει περισσότερης προσοχής.

Με τη ραγδαία εξάπλωση των ασύρματων δικτύων και την ολοένα χρήση συσκευών που χρησιμοποιούν τα ασύρματα δίκτυα η μελέτη τέτοιων συστημάτων είναι πλέον επιβεβλημένη. Στα επόμενα χρόνια θα είναι πρόκληση για τους ανθρώπους του νόμου να βρίσκουν την φυσική θέση εγκληματιών οι οποίοι θα χρησιμοποιούν την νέα τάξη πραγμάτων προς όφελος τους.

Βιβλιογραφία

- [1] Alan Bensik, 'Wireless Positioning Technologies and Applications', (Arttech House Inc, Norwood MA, 2008)
- [2] Paul Asadoorian, Lary Pesce. Linksys WRT54G Ultimate Hacking. (Syngress Publishing Inc, Burlington MA, 2007)
- [3] Klaus Löffelmann, Sarika Calla Purohit, Microsoft® Visual Basic® 2010 Developer's Handbook (Microsoft Press, 2011)
- [4] Evangelos Petroustos, Mastering Microsoft Visual Basic 2010 (Sybex, 2010)
- [5] Cisco-Linksys Support page for WRT-54GL Router
<http://homesupport.cisco.com/en-eu/support/routers/WRT54GL>
http://www.dd-wrt.com/wiki/index.php/Linksys_WRT54GL
- [6] Nate True, Wi-viz: Wireless Network Visualization
<http://devices.natetrue.com/wiviz/>
<http://devices.natetrue.com/wiviz2/wiviz2.html>
- [7] WinSCPFree SFTP, SCP and FTP client for Windows
<http://winscp.net/eng/docs/start>
- [8] Microsoft VISUAL BASIC 2010 EXPRESS
<http://www.microsoft.com/visualstudio/en-us/products/2010-editions/visual-basic-express>
- [9] Trossen Robotics, The PhantomX Robot Turret robot
<http://www.trossenrobotics.com/p/phantomX-robot-turret.aspx>
- [10] ArbotiX RoboController
<http://code.google.com/p/arbotix/>
- [11] CP24-12 12dBi 2400MHz to 2485MHz Circular Polarized Antenna
http://www.streakwave.com/mmSWAVE1/Video/CP24-12_datasheet.pdf
- [12] IN24-10 10dBi Directional Indoor Antenna
<http://www.fab-corp.com/pdf/pawin10.pdf>
- [13] Electromagnetic spectrum
http://en.wikipedia.org/wiki/Electromagnetic_spectrum
- [14] Wikipedia, Wardriving
<http://en.wikipedia.org/wiki/Wardriving>
- [15] LBS Standardization
http://en.wikipedia.org/wiki/Open_Geospatial_Consortium

- [16] CISCO Location Tracking Approaches
<http://www.cisco.com/en/US/docs/solutions/Enterprise/Mobility/wifich2.html>
- [17] GPS Official U.S. Government information
www.gps.gov
- [18] Wikipedia, GPS System
http://el.wikipedia.org/wiki/Global_Positioning_System
- [19] European Space Agency, Galileo
http://www.esa.int/esaNA/GGG28850NDC_galileo_0.html
- [20] Wikipedia, Galileo System
http://download.esa.int/docs/Galileo_IOV_Launch/Galileo_factsheet_20110801.pdf
- [21] Wikipedia, Beidou System
<http://en.wikipedia.org/wiki/Beidou>
- [22] Wikipedia, GLONASS System
<http://en.wikipedia.org/wiki/GLONASS>
- [23] Wikipedia, Cellular_network
http://en.wikipedia.org/wiki/Cellular_network
- [24] Swiscom, how does mobile telephony work
<http://www.swisscom.ch/en/ghq/responsibility/sustainable-living-and-working/radiation-and-health/how-does-mobile-telephony-work.html>
- [25] Wikipedia, VHF_omnidirectional_range
http://en.wikipedia.org/wiki/VHF_omnidirectional_range
- [26] Wikipedia, VHF_omnidirectional_range
<http://video.com/20412632>
- [27] Immaterials: light painting WiFi
<http://www.nearfield.org/2011/02/wifi-light-painting>
- [28] Wireless in the world project 2
<http://www.nearfield.org/2009/03/wireless-in-the-world>
- [29] PlaceLab
<http://ils.intel-research.net/place-lab>
- [30] Skyhook
<http://www.skyhookwireless.com/howitworks/>

- [31] Wigle.net
<http://wigle.net/gps/gps/main>
- [32] Verizon Wireless WIFI Location Service API
<http://www.verizonwireless.com/b2c/index.html>
- [33] Apple iPhone WiFi Location Service API
<http://www.switchonthecode.com/tutorials/getting-your-location-in-an-iphone-application>
<http://www.locationlabs.com/news/blog/location-labs-geofence-library-for-iphone/>
- [34] Google WiFi Location Service API
<http://code.google.com/p/gears/wiki/GeolocationAPI>
- [35] CISCO Devices
<http://www.cisco.com/en/US/products/ps6398/>
http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/wireless/ps5755/ps6301/ps6386/prod_qas0900aecd8029371a.html
http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/wireless/ps5755/ps6301/ps6386/product_data_sheet0900aecd80293728.html
- [36] Ekahau
<http://www.ekahau.com/>
- [37] Aer Scout
<http://www.aer scout.com/content/solutions>
- [38] Παράγοντες που Επηρεάζουν τα Ασύρματα Σήματα
<http://www.techrepublic.com/blog/wireless/wi-fi-101-multipath-environments-and-how-they-affect-wi-fi-propagation/143>
- [39] Παράγοντες που Επηρεάζουν τα Ασύρματα Σήματα – CISCO
http://www.cisco.com/en/US/tech/tk722/tk809/technologies_tech_note09186a00807f34d3.shtml
http://www.cisco.com/en/US/tech/tk722/tk809/technologies_tech_note09186a008019f646.shtml
- [40] Antennas Wi-Fi
http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/wireless/ps7183/ps469/prod_white_paper0900aec806a1a3e.html
- [41] Dynamixel AX-12A Robot Actuator
<http://www.trossenrobotics.com/dynamixel-ax-12-robot-actuator.aspx>
- [42] Antenas basics

http://www.mhprofessional.com/downloads/products/0071612882/0071612882_chap01.pdf

- [43] Linksys information
<http://www.linksysinfo.org/index.php>
- [44] DD-WRT site
<http://www.dd-wrt.com/site/index>
http://www.dd-wrt.com/wiki/index.php/Main_Page
- [45] Jizhi Wang, Yinjie Chen, Xinwen Fu, Jie Wang, 3DLoc: Three Dimensional Wireless Localization Toolkit
http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs_all.jsp?arnumber=5541708
- [46] Federal Communications Commission, "Enhanced 911 - services wireless"
<http://www.fcc.gov/911/enhanced>
- [47] Brian J. Roberts, SITE-SPECIFIC RSS SIGNATURE MODELING FOR WIFI LOCALIZATION.
<http://www.wpi.edu/Pubs/ETD/Available/etd-050109-20008/unrestricted/broberts.pdf>
- [48] ΙΩΑΝΝΗΣ Χ. ΤΖΑΝΟΣ, ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΣ ΧΡΗΣΤΩΝ ΣΕ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΑΣΥΡΜΑΤΩΝ ΤΟΠΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ CISCO UNIFIED WIRELESS NETWORK
http://artemis.cslab.ntua.gr/el_thesis/artemis.ntua.ece/DT2008-0116/DT2008-116.pdf
- [49] Πλάτων Α. Σίψας, ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ, Συγκριτική μελέτη μεθόδων εντοπισμού χρήστη σε εσωτερικούς χώρους βασισμένων σε δίκτυα WLAN
http://artemis.cslab.ntua.gr/el_thesis/artemis.ntua.ece/DT2008-0088/DT2008-088.pdf
- [50] Υπολογισμός θέσης με τριγωνομετρία
http://en.wikipedia.org/wiki/Law_of_sines
<http://en.wikipedia.org/wiki/Triangulation>
- [51] ΘΕΟΔΩΡΟΥ Δ. ΣΤΡΙΓΚΟ , Εναλλακτικές Τεχνικές Εντοπισμού Θέσης
<http://www.dblab.ntua.gr/pubs/uploads/DIPL-2006-16.pdf>
- [52] How Stuff Works, How Location Tracking Works
<http://electronics.howstuffworks.com/everyday-tech/location-tracking1.htm>
- [53] Dik Lun Lee and Qiuxia Chen, A Model-Based WiFi Localization Method
<http://www.cs.ust.hk/~dlee/Papers/mobile/infoscale07-where-am-i.pdf>
- [54] iPhone App Vidappe
<http://vidappe.com/>
<http://www.prweb.com/releases/2011/6/prweb8543995.htm>

- [55] M. Ocaña, L. M. Bergasa, M.A. Sotelo, J. Nuevo, R. Flores. Indoor Robot Localization System Using WiFi Signal Measure and Minimizing Calibration Effort
<http://www.robosafe.com/personal/sotelo/ISIEWifi2005.pdf>
- [56] Ahmed Ali Sabbour , WiGuide: Indoor System for LBS
http://sabbour.files.wordpress.com/2008/10/indoor_localization_using_wireless_lan_in_frastructure.pdf
- [57] Brian J. Roberts, SITE SPECIFIC RSS SIGNATURE MODELING FOR WIFI LOCALIZATION
<http://www.wpi.edu/Pubs/ETD/Available/etd-050109-0008/unrestricted/broberts.pdf>
- [58] Μαρίνος Παπαδόπουλος, Wardriving, Warchalking & Wireless Hacking
<http://www.marinos.com.gr/bbpdf/pdfs/msg51.pdf>
- [59] Jeremy Martin, The Art of casual WiFi hacking,
<http://surya31-dreamland.blogspot.com/2010/08/art-of-casual-wifi-hacking.html>
- [60] Γερακάκης Γεώργιος, Εντοπισμός και Παρακολούθηση Θέσης Μέσω Ασύρματων Δικτυών.
<http://www.dblab.ntua.gr/pubs/uploads/DIPL-2008-10.pdf>
- [61] Σωκράτης Πανουσίος, ΠΡΑΚΤΙΚΟΣ ΟΔΗΓΟΣ ΚΕΡΑΙΩΝ WiFi
- [62] ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΕΙΡΑΙΑ , ΚΕΡΑΙΕΣ – ΡΑΔΙΟΖΕΥΞΕΙΣ - RADAR (ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ)
http://www.electronics.teipir.gr/PersonalPages/Mytilinaios/KERAIES_FYLLADIO_1.pdf
- [63] Ioannis G. Papageorgiou , Mobile Receiver Localization with An Enhanced Received Signal Level Method
<http://www.eng.ucy.ac.cy/chadcha/3.pdf>
- [64] Dr. H. Storme , Positioning with Place Lab
[http://diuf.unifr.ch/main/is/sites/diuf.unifr.ch.main.is/files/file/studentprojects/reports/mBusiness_HS07_Positioning_with_Place_Lab_\(AnjaMeier_StefanJakob\).pdf](http://diuf.unifr.ch/main/is/sites/diuf.unifr.ch.main.is/files/file/studentprojects/reports/mBusiness_HS07_Positioning_with_Place_Lab_(AnjaMeier_StefanJakob).pdf)
- [65] Kin-Yeung Wong and Yiu-Man Choi , A Simple Location-Based Service on Urban Area
<http://www.naun.org/journals/computers/ijcomputers-47.pdf>
- [66] Arvin Wen Tsui, Wei-Cheng Lin, Wei-Ju Chen, Polly Huang, Hao-Hua Chu. Accuracy Performance Analysis between War Driving and War Walking in Metropolitan WiFi Localization
http://nslab.ee.ntu.edu.tw/publication/journal/tomc_v1.pdf
- [67] Indoor LBS , Consulting Company for LBS, Micro Location, Venue Maps, RTLS tracking, NFC
<http://www.indoorlbs.com/>

Παράρτημα Α

Υλισμικό (Hardware)



A.1 AX12-X μοτέρ

[http://www.trossenrobotics.com/images/productdownloads/AX-12\(English\).pdf](http://www.trossenrobotics.com/images/productdownloads/AX-12(English).pdf)



1-2. Main Specifications

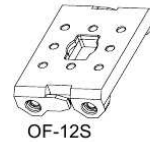
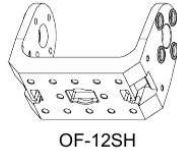
	AX-12	
Weight (g)	55	
Gear Reduction Ratio	1/254	
Input Voltage (V)	at 7V	at 10V
Final Max Holding Torque(kgf.cm)	12	16.5
Sec/60degree	0.269	0.196

Resolution	0.35°
Operating Angle	300°, Endless Turn
Voltage	7V~10V (Recommended voltage: 9.6V)
Max. Current	900mA
Operate Temperature	-5℃ ~ +85℃
Command Signal	Digital Packet
Protocol Type	Half duplex Asynchronous Serial Communication (8bit,1stop,No Parity)
Link (Physical)	TTL Level Multi Drop (daisy chain type Connector)
ID	254 ID (0~253)
Communication Speed	7343bps ~ 1 Mbps
Feedback	Position, Temperature, Load, Input Voltage, etc.
Material	Engineering Plastic

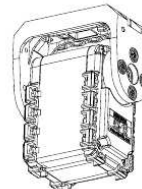
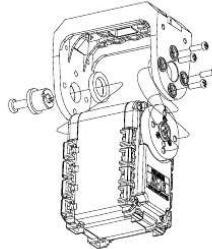
2. Dynamixel Operation

2-1. Mechanical Assembly

Frames Provided The two frames provided with AX-12 are shown below.

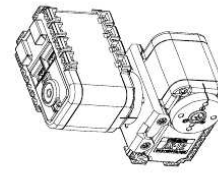
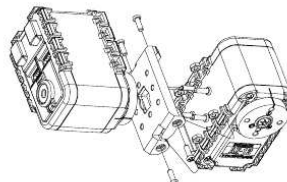


OF-12SH Installation The OF-12SH (hinge frame) can be installed on the AX-12 as the following.

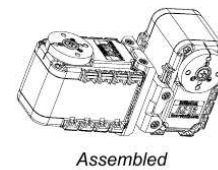
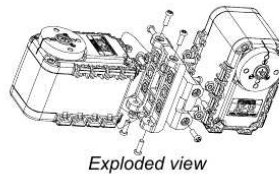


OF-12S Installation The OF-12S (side mount frame) can be installed on the AX-12 as the following. The OF-12S can be mounted on any of the three faces (left, right, or under side) of the AX-12 body as needed.

Horn2Body

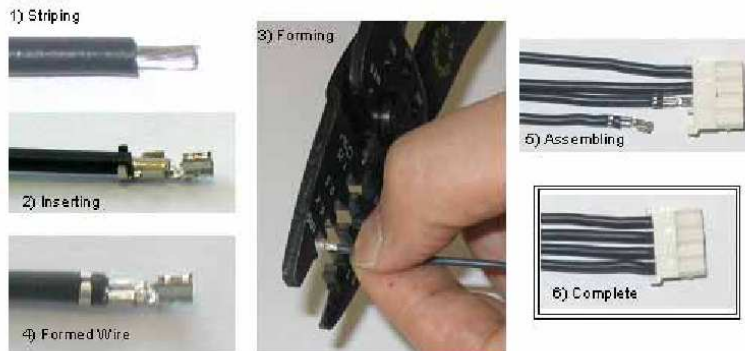


Body2Body



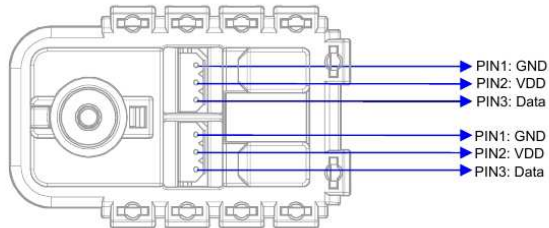
2-2 . Connector Assembly

Assemble the connectors as shown below. Attach the wires to the terminals using the correct crimping tool. If you do not have access to a crimping tool, solder the terminals to the wires to ensure that they do not become loose during operation.

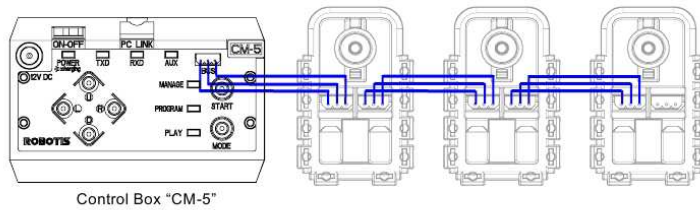


2-3. Dynamixel Wiring

Pin Assignment The connector pin assignments are as the following. The two connectors on the Dynamixel are connected pin to pin, thus the AX-12 can be operated with only one connector attached.

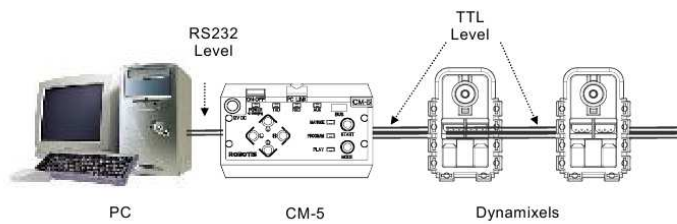


Wiring Connect the AX-2 actuators pin to pin as shown below. Many AX-12 actuators can be controlled with a single bus in this manner.



Main Controller To operate the Dynamixel actuators, the main controller must support TTL level half duplex UART. A proprietary controller can be used, but the use of the Dynamixel controller CM-5 is recommended.

PC LINK A PC can be used to control the Dynamixel via the CM-5 controller.



bioloid

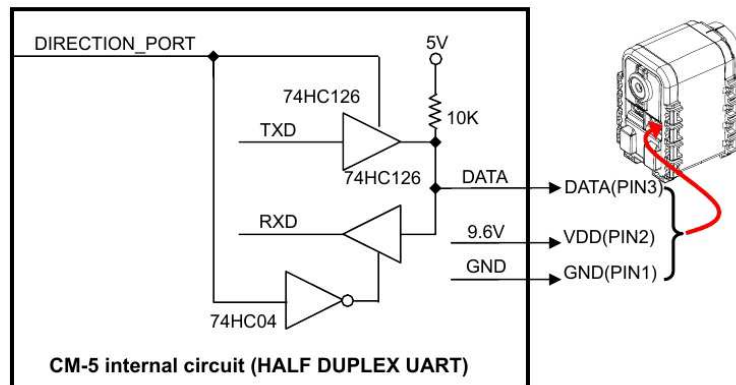
A robot can be built using only the CM-5 controller and a number of AX-12 actuators. An edutainment robotic kit named "Bioloid" is available which is based on the CM-5 controller and the AX-12 actuators.



An example of a robot built with Bioloid

For details, please refer to the Bioloid manual.

Connection to UART To control the Dynamixel actuators, the main controller needs to convert its UART signals to the half duplex type. The recommended circuit diagram for this is shown below.



The power is supplied to the Dynamixel actuator from the main controller through Pin 1 and Pin 2 of the Molex3P connector. (The circuit shown above is presented only to explain the use of half duplex UART. The CM-5 controller already has the above circuitry built in, thus the Dynamixel actuators can be directly connected to it)

The direction of data signals on the TTL level TxD and RxD depends on the DIRECTION_PORT level as the following.

A.2 Arbotics card Manual

<http://www.vanadiumlabs.com/arbotix.html>



arbotiX robocontroller
V0.9 for Rev A Boards
User Manual

Introduction

The arbotiX robocontroller is a high-end AVR-based robot controller. This manual is an introduction to the physical board, and how to connect devices to it. For documentation on software setup and the arbotiX libraries, see <http://arbotix.googlecode.com>.

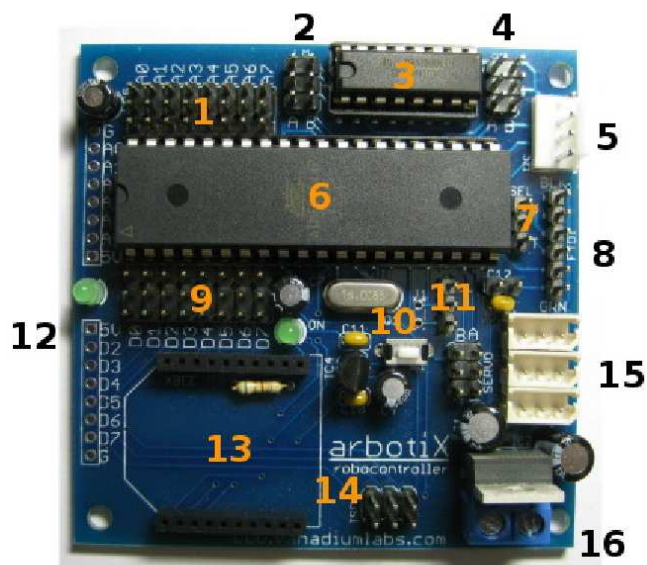
Required Accessories:

- FTDI serial cable or In-System Programmer to load code onto your arbotiX.
- A power supply.

Optional accessories:

- XBEE Radios
- Headers for prototyping area

General overview of components and connections:

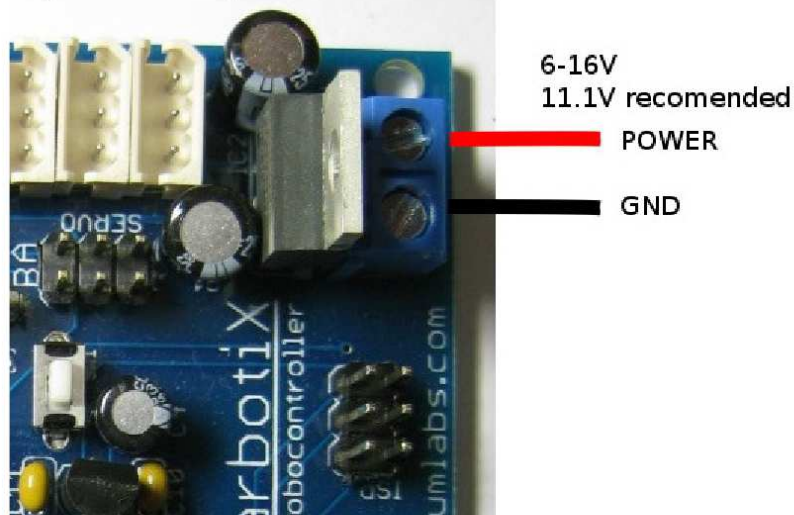


- 1 - Analog port headers
- 2 - Left motor/encoder headers
- 3 - Dual motor driver, max current 1A
- 4 - Right motor/encoder headers
- 5 - I2C header
- 6 - ATMEGA644P
- 7 - Power selection header
- 8 - FTDI serial0/programming
- 9 - Digital port headers
- 10 - Reset Switch
- 11 - Serial1 header (also J1)
- 12 - Prototyping headers and user led
- 13 - XBEE socket
- 14 - In-system programming (ISP)
- 15 - 3 Bioloid headers
- 16 - Power terminals

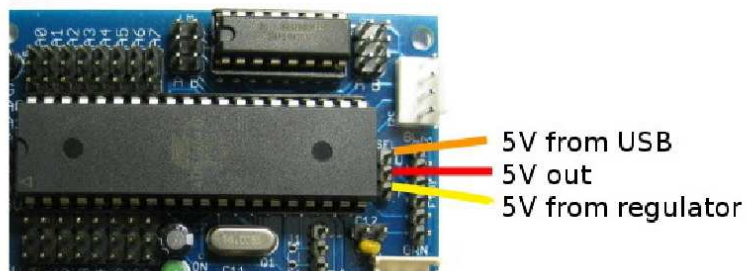
Applying Power

The arbotiX robocontroller requires a power supply of 6-16V, however other devices may have more stringent requirements. Power applied to the terminal blocks is denoted V_{IN} :

1. The Bioloid bus is tied directly to VIN, if using Bioloid servos, VIN must be 7-12V, we recommend 11.1V LiPO batteries if using Bioloid servos with your arbotiX.
2. The two hobby servo headers are powered directly from VIN, considerations should be made not to over-volt any connected servos.
3. Motor supply is tied directly to VIN, care should be taken to have a safe combination of input voltage and PWM levels, so as not to over-volt attached motors.



Alternatively, the onboard logic can be powered by the FTDI USB cable, if one is attached. You can select the 5V source using the jumper near the end of the AVR chip. The middle pin is attached to 5V output to the AVR. The upper pin selects 5V in from the FTDI USB cable, the lower pin selects the 5V output from the regulator that brings VIN down to 5V. If using the FTDI port to provide 5V power, the XBEE and AVR will work, however Bioloid and hobby servos, as well as the motor controller will not function.

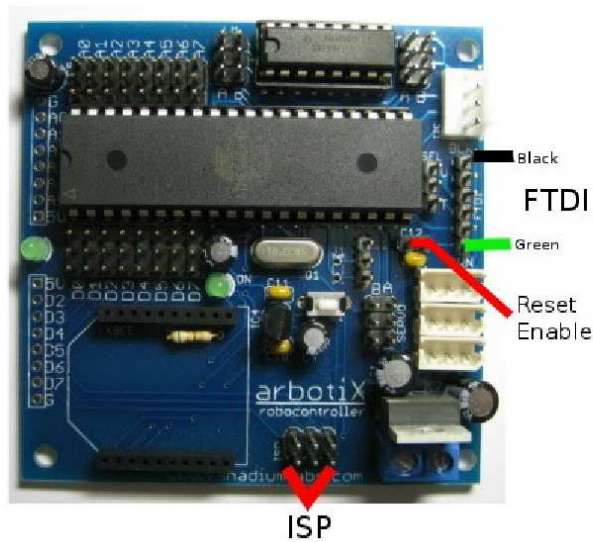


Loading Code

The arbotiX has two ways to load programs:

- with an FTDI cable, using the FTDI header. Note: We recommend the Sparkfun FTDI Basic Breakout (P/N: DEV-09115) over the regular FTDI cable because it uses DTR rather than RTS for the reset circuit.
- with an In-System Programmer, using the ISP header

The ISP header is located near the power terminals, the FTDI header is located near the AVR chip, above the Bioloid headers:



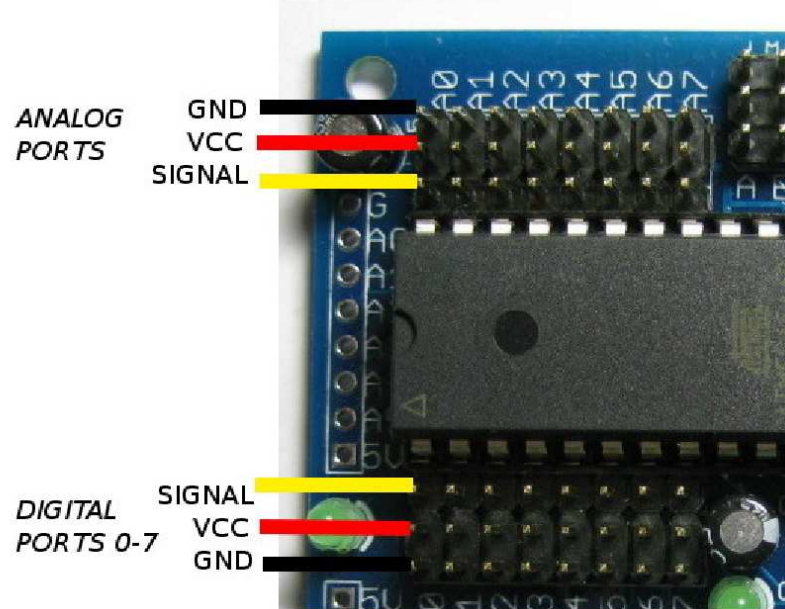
The arbotiX ships with the Sanguino bootloader installed, so that you could use the FTDI port. However, we recommend using an ISP for better reliability, and ease of use when using an XBEE radio. The arbotiX also ships with the PyPose sketch loaded, so you can get started right away doing pose and capture.

When using the FTDI port you will likely want to set the *FTDI Reset Enable* jumper above the Bioloid headers. This allows the USB port to reset the AVR when downloading sketches. The arbotiX ships with the *reset enable* jumper set.

More information, and updated links, can be found on at <http://www.vanadiumlabs.com>

Digital/Analog Headers

There are a total of 16 servo-style I/O headers on the robocontroller, 8 of which can be used as analog inputs. Each three pin header provides a signal, ground, and regulated 5V power pin. This makes it very easy to connect sensors and other electronic devices to your arbotiX.



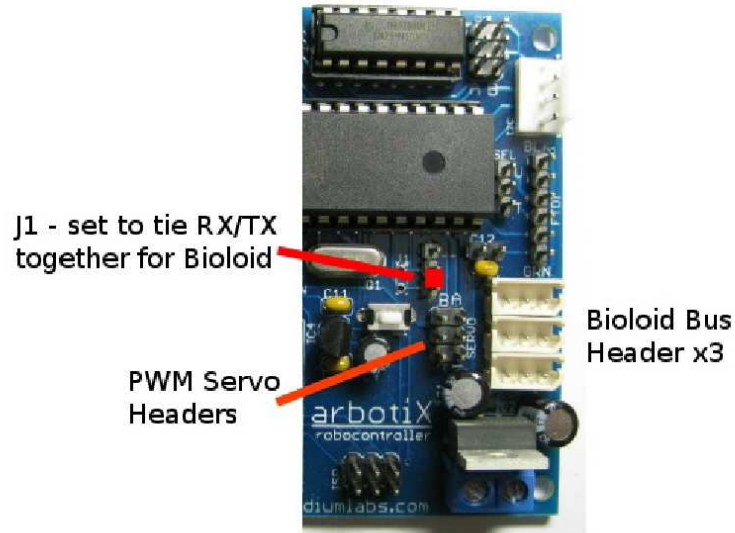
I2C and Serial Headers

Communication with external devices is very important for a robot. The arbotiX has 2 serial ports, and an I2C port. Serial0 is connected to both the FTDI header and the XBEE port. This is one of the major reasons we recommend using an ISP, since you will have to remove the XBEE radio each time you want to use the FTDI header, or the devices will fight each other. The second serial port is used for the Bioloid bus.

The I2C header has power, ground, SDA, and SCL pins. Note that there are no pull-up resistors, you'll have to mount them elsewhere.

Connecting Bioloid/Dynamixel Servos

There are three connectors for bioloid servos (AX-12+). Since the AX-12 servos are half-duplex, we have to tie the RX and TX signals together. We can do this by putting a jumper on the RX and TX pins of the Serial11 header:



The robocontroller also includes two hobby servo connections, which can be used with traditional PWM servos. *Note: the servo signal pin is the upper pin in the picture above.*

Motor/Encoder Headers

The robocontroller has a two-channel motor driver. This will most often be used when the arbotiX is on a 2-wheel rover, as such, the motors are named Left and Right. Each motor output is capable of driving up to 1A.

The motor and encoder outputs are brought out to a 6-pin header. The outermost pins are the motor outputs. The next pair of pins are VCC and ground pins for powering encoders. The innermost pair of pins is the encoder A and B input channels. The *motors2* library can be used to drive these motors forward or backward, with up to 256 speeds in each direction. Documentation for the library can be found at <http://arbotix.googlecode.com>

XBEE Connection

The arbotiX supports a wireless connection via an XBEE serial connection. The on-board 3V regulator can only power regular XBEE models, *it cannot power an XBEE PRO module*.

A connection to your computer requires 2 XBEE radios, one on the arbotiX and one connected to your PC, and an XBEE Explorer to connect the XBEE to your PC, P/N from Trossen Robotics are:

- XBEE Radio: C-200-WLXBEE
- XBEE Explorer: C-200-WRL-08687

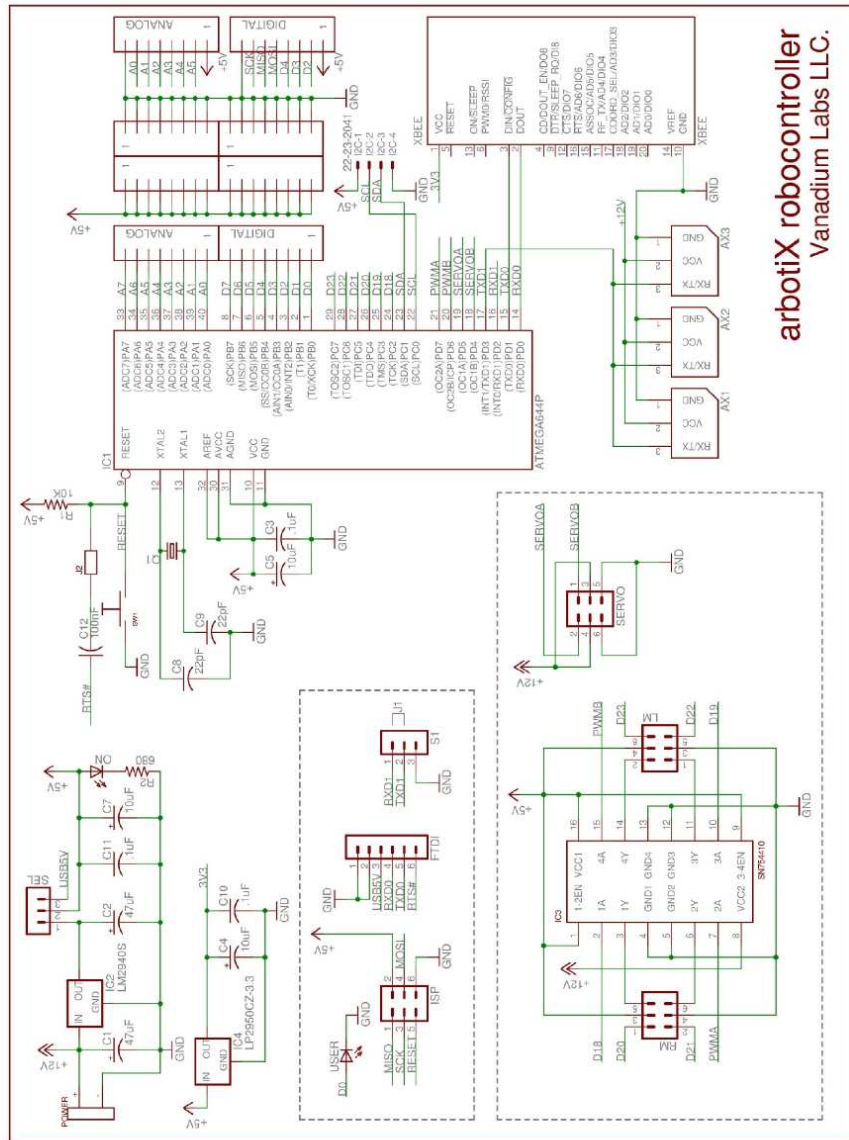
Prototyping Headers

Along the edge of the robocontroller there is space for several prototyping headers that are not installed. These can be plugged as either female headers, for use beside a breadboard, or as male headers, for plugging directly into a breadboard. Both configurations are shown below. Neither type of header is included with the robocontroller, however possible parts from both Jameco or Digikey are:

- Female Headers: ###
- Male Headers: ###

Software

Please visit <http://arbotix.googlecode.com> for instructions on downloading and setting up the arbotiX software.



arbotiX robocontroller
Vanadium Labs LLC.

arbotiX schematic, rev. B

A.3 Interbotix Robot Turret Manual

http://www.trossenrobotics.com/productdocs/Interbotix_Robot_Turret_Manual.pdf



Interbotix Labs Robot Turret Manual



Introduction

The Interbotix Robot Turrets are a line of high performance Pan/Tilt units powered by the Arbotix Robocontroller. These units ship with a default Comm_EXT firmware preloaded which has a basic serial communication protocol & Instruction Set for controlling the Dynamixels, the DC motor controller, and various I/O. The design intent is that the Robot Turret is to be operated via USB FTDI Cable or Xbee Wireless tether to a PC, and are capable of sending sensory data back to said PC. A USB or Wifi Camera can also be used to transmit video data back to the PC for machine vision applications. A Roborealm software module has been designed to help facilitate this and communicates directly with the Comm_EXT firmware instruction set. There is a GUI within Roborealm for controlling the Robot Turret, as well as .NET based VB & C# demo applications available.

Advanced users may also create their own custom firmware for autonomous operation or other applications. Documentation on custom programming the Arbotix is available on Vanadium Labs' website. Please refer to our assembly guides for instructions on how to build particular model of Robot Turret. Links to all documentation can be found on the Product Page.

Serial Port Communication

The Robot Turret Kit come with an FTDI Cable which is used for both USB Communication with a PC as well as optional custom programming of the Arbotix. Please note that if you are using the FTDI Cable to program your ArbotiX, you must enable the "Set RTS On Close" option in your *Device Manager* >> *USB Serial Port Properties* >> *Port Settings Tab* >> *Advanced menu*. The ArbotiX also supports the use of Xbee radios for wireless communication; more information on setting these up can be found in the Arbotix Documentation.

Comm_EXT Firmware

The Comm_EXT firmware allows full access to all of the features of the Robot Turret using a simple serial protocol and instruction set. This firmware that comes preloaded on Arbotix's that ship with Robot Turret. You do not need to reprogram your Arbotix unless you intend to modify or design your own firmware.

The firmware has two modes of operation built in: Commander Standard mode and Commander Extended mode.

The Commander Standard protocol is built to be plug-n-play compatible with the Arbotix Commander v2.0 Gamepad Controller. It uses the Right Joystick on the Arbotix Commander Gamepad to control the Pan/Tilt and the buttons (R1, R2, R3, L4, L5, L6, RT, LT) are tied directly to digital outputs (d0-d7) on the Robot Turret's Arbotix. Please note that the standard protocol is 'output only', there is no method for reading the I/Os as input. It also has a lower servo resolution (0-255) than the Commander Extended protocol. There is an alternate firmware available for use in this mode, Comm_EXT Proportional which allows for proportional control of the pan/tilt- this is much better for 'aiming' as the joystick will not auto-center and does not directly control the pan/tilt's position. For a full explanation of the Commander Standard protocol, please refer to the Arbotix Commander GamePad Controller Manual.

The Commander Extended protocol is intended to be the preferred PC communication protocol and the default protocol for the Robot Turret. It allows for full resolution (0-1023) control of your pan & tilt servos, access/polling of digital & analog I/O, and DC motor speed & directional control.

The Packet Structure consists of 8 bytes sent to the Arbotix via serial connection. Please refer to the tables below for a breakdown of the Commander Extended protocol.

Commander Extended Packet Structure:

Byte	Name	Value
1	Header	0xFF (255)
2	Tilt H	0x0-0x3 (0-3)
3	Tilt L	0x00-0xFF (0-255)
4	Pan H	0x0-0x3 = (0-3)
5	Pan L	0x00-0xFF (0-255)
6	Button Values	D7-D0=00000000(leave default 0x00 for Commander Ext)
7	Ext Instruction	See Table Below, default is 0x08
8	Checksum	= (255 - (byte2+byte3+byte4+byte5+byte6+byte7) Mod 256)

The Pan and Tilt servos use 0-1023 for positional commands; this value cannot be contained in a single byte so it is spread over a Low and High Byte. The Ext Instruction Byte should default to 0x08, this will keep the Arbotix in "Extended Mode" and retain full resolution of the Pan/Tilt. The Button Values Byte (byte 6) should default to 0, as digital IO is handled by the Ext Instruction Byte while in Extended Mode.

Ext Instruction Byte:

OpCode	Instruction
0x00	Cancel Extended Instruction Mode
0x08	No Action
0x10	Read Analog0 as 8-bit value
0x11	Read Analog1 as 8-bit value
0x1K	Read AnalogK as 8-bit value
0x1B	Read Digital0 through Digital7 as a Byte
0x40	Motors Off
0x50-K	Left Motor Reverse, (K*10)/100% of Speed
0x50	Left Motor Off
0x50+K	Left Motor Forward, (K*10)/100% of Speed
0x70-K	Right Motor Reverse, (K*10)/100% of Speed
0x70	Right Motor Off
0x70+K	Right Motor Forward, (K*10)/100% of Speed
0x80	Set Digital0 as low and input
0x81	Set Digital0 as high and input (pullup enabled)
0x82	Set Digital0 as low and output
0x83	Set Digital0 as high and output
0x84	Set Digital1 as low and input (and so on)
0x90	Set Digital5 as low and input (and so on)

Return Packet Structure:

Anytime the Ext Instruction Byte is used to read an input (analog or digital), a return packet is sent from the Arbotix to the PC.

Byte	Name	Value
1	Header	0xFF (255)
2	Ext Byte	Ext Instruction that was processed (0x11, 0x1B, etc)
3	Ext Byte Value	Value of the Ext Instruction that was requested.
4	Checksum	= (255 - (byte2+byte3) Mod 256)

A.4 IN24-10 10dBi Directional Indoor Antenna

<http://www.fab-corp.com/pdf/pawin10.pdf>



New Product

**CP24
DATA SHEET**



Circular Polarized High Gain Antenna 2.4GHz Operation

Features

- High Gain
- RH Circular Polarization
- Adjustable Tilt Stainless Steel Bracket
- Type N Female Connector
- DC Grounded for lightning protection
- Rugged, Lightweight and Waterproof

Applications

- 802.11b/g Applications
- Client Antennas
- CP Point to Point Links
- Building to Building High Speed Links



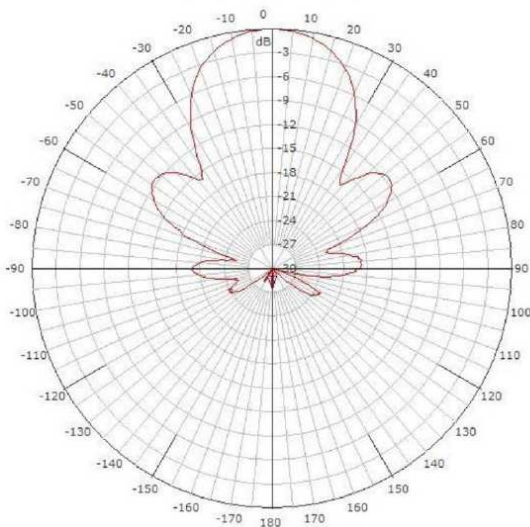
Description

The Circular Polarized (CP) Antenna systems offered by Pacific Wireless are constructed of an aluminum alloy backplate with UV protected plastic radome. The antenna is right hand circular polarized (RHCP) to communicate with a wide variety of popular circularly polarized base station antennas available on the market. Because of the antenna's high gain, it is also useful as a point to point antenna. Circular polarization is effective in minimizing multipath and also has been proven effective at improving signal through obstructions such as trees.

Specifications

Parameter	Min	Typ	Max	Units
<i>Frequency Range</i>	2400		2485	MHz
<i>Gain</i>	12			dBi
<i>Polarization</i>		Circular (RHCP)		
<i>VSWR</i>		1.5:1		
<i>3db Beamwidth</i>		37		Deg
<i>Front to Back</i>	20			dB
<i>Axial Ratio</i>			2	dB
<i>Impedance</i>		50		OHM
<i>Input Power</i>			100	W
<i>Pole Diameter (OD)</i>	1 (25)		2 (50)	Inch (mm)
<i>Operating Temperature</i>	-40		+70	Deg C
<i>Rated Wind Velocity</i>			125	mph
<i>Weight</i>		1.1 (0.5)		lbs (kg)
<i>Dimensions (L x Dia)</i>		8.5" x 8" (216 x 203)		Inch (mm)

Antenna Pattern @ 2.442GHz



CP24-12 Antenna Pattern



Wind Loading				
Model	Sq. In	100MPH	125MPH	100MPH with 1/2" radial ice
CP24-12	56	14 lbs	22 lbs	14 lbs

Notes:

- All shipments F.O.B. Bluffdale, UT 84065
- All antennas carry a 2 Year Warranty

System Ordering:

CP24-12 12dBi 2400MHz to 2485MHz Circular Polarized Antenna

For further information contact:



Pacific Wireless
 14575 South Center Point Way
 Bluffdale, UT 84065
 TEL (801) 572-3024
 FAX (801) 572-3025
 www.pacwireless.com

Specifications Subject to Change Without Notice

CP24 Spec Rev 1 27-Nov-06

A.5 CP24-12 Antena manual

http://www.streakwave.com/mmSWAVE1/Video/CP24-12_datasheet.pdf

**IN24-10**



global solutions :
local support™

InWave Series Wall Mount Antenna
2400 to 2483 MHz Operation

The InWave Series® of indoor antenna systems offered by Laird Technologies are constructed of UL94-V0 white ABS plastic. The low profile attractive styling blends well in almost any office or home environment. Wall mounting is simple with 4 supplied screws and drywall anchors. The antenna comes with an N Female connector standard.

Features and Benefits:

- Directional indoor antenna
- 10 dBi antenna Gain
- Attractive housing
- UL listed materials
- Surface mount on wall
- Vertical polarization
- Type N female connector

Applications

- 2.4 GHz Wireless Lan Applications
- In-Building Wireless Access Points

For sales information:
Telephone 801-572-3024
E-Mail sales@pacwireless.com

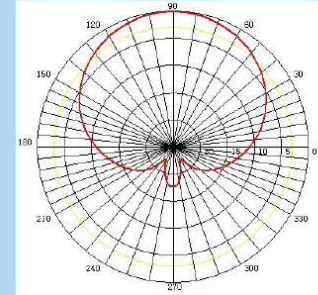
or visit: www.pacwireless.com

www.pacwireless.com

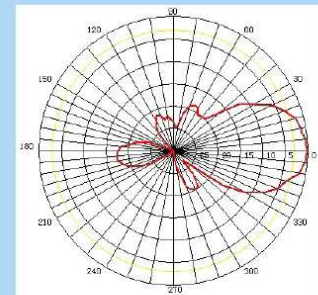
Specifications

Parameter	Model	Min	Typ	Max	Units
Frequency Range	IN24-10	2400		2483	MHz
Gain			10		dBi
Horizontal Beam Angle			110		degrees
Vertical Beam Angle			30		degrees
Input Return Loss (S_{11})			-14		dB
VSWR			1.5:1		
Impedance			50 Ω		OHM
Input Power			100		W
Operating Temperature		-10 (14°F)		+70 (+158°F)	Deg C
Weight		2.1 (.8)			Lb (Kg)
Dimension (Dia x Height)		8.5" x 7.5" x 1.77" (216mm x 190mm x 45mm)			In (mm)

Antenna Patterns



Azimuth Pattern



Elevation Pattern

System Ordering:

IN24-10 10dBi Directional Indoor Antenna – Wall Mount

Notes:

- All shipments F.O.B. Schaumburg, IL 60173
- All antennas carry a 2 Year Warranty

Any information furnished by Laird Technologies and its agents is believed to be accurate and reliable. Responsibility for the use and application of Laird Technologies materials rests with the end user since Laird Technologies and its agents cannot be aware of all potential uses. Laird Technologies makes no warranties as to the fitness, merchantability, or suitability of any Laird Technologies materials or products for any specific or general uses. Laird Technologies shall not be liable for incidental or consequential damages of any kind. All Laird Technologies products are sold pursuant to the Laird Technologies domestic terms and conditions of sale in effect from time to time, a copy of which will be furnished upon request.

Specifications subject to change without notice.



global solutions :
local support™

A.6 ANT24-1201 Yagi Antenna



ANT24-1201



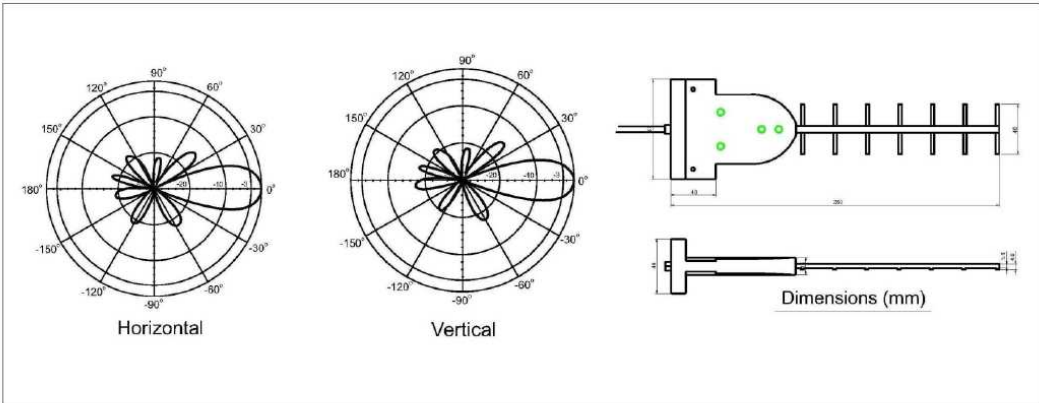
KEY FEATURES

- 2.4GHz Frequency Range
- Swivel Mount for Directional Orientation
- Weatherproof & Corrosion Resistant

Outdoor 8dBi Gain Omni-Directional Antenna

The D-Link ANT24-1201 Directional Yagi High Gain Outdoor Antenna with surge arrestor and N to SMA pigtail 0.5m is ideal for point-to-point environment.

TECHNICAL SPECIFICATIONS		
Electrical Specifications		
<ul style="list-style-type: none"> • Frequency Range <ul style="list-style-type: none"> - 2400 MHz-2500 MHz • Gain: 12 dBi • VSWR 1.5:1 Max • Polarization: Linear, Vertical • HPBW <ul style="list-style-type: none"> - Horizontal - 50° - Vertical- 50° 	<ul style="list-style-type: none"> • Front to Back Ratio: 15dB • Downtilt: 0° • Power handling: 50W (cw) • Impedance: 50 Ohms Nominal • Connector <ul style="list-style-type: none"> - N Female or SMA Female • Cable UL198; 32cm 	<ul style="list-style-type: none"> - -40°C to 80°C • Humidity: 100% to 25°C • Lightning protection: DC ground • Radome color: Gray-White • Radome Material <ul style="list-style-type: none"> - ABS, UV resistant - Fire Retardant • Weight: 0.3 kgw • Dimensions <ul style="list-style-type: none"> - 280 x 87 x 48 mm
Environmental & Mechanical Characteristics		
<ul style="list-style-type: none"> • Survival wind speed: 216 km/hr • Operating Temperature 		



ANTENNA

©2007 D-Link India Ltd. All rights reserved.
 Users agree to indemnify, defend and hold D-Link harmless from and against all losses, expenses, damages, including reasonable costs and fees, arising out of or relating to any misuse by the Users of the Product or of the information or content provided in this document.
 Call us at: 1-800-222-002, 91-22-2844 7600
 E-mail: sales@dlink.co.in
 www.dlink.co.in

Ordering Information:
ANT24-1201
 2400 ~ 2500 MHz Frequency range,
 N & SMA Female Connector, 50 Ohm
 nominal Impedance



F1-135-0-1.2-0703

A.4 Linksys WRT54GL V1.1 Datasheet

http://homedownloads.cisco.com/downloads/WRT54GL_V11_DS_NC-WEB,0.pdf

LINKSYS® by Cisco



Linux Wireless

The Linux-based Wireless-G Linux Broadband Router was created specially for hobbyists and wireless aficionados. Add wireless capability to your wired network and enjoy the convenience that comes when you eliminate cables. Add wireless devices to your network. With less wiring, you'll do much more.

Wireless Convenience

You've got the network—now enhance it with Wireless-G access up to 54 Mbps. Now it's easy to grow your network by adding computers, printers and other wireless devices, without stringing cables. Also compatible with Wireless-B devices. Reliable connectivity allows you to move your laptops, or set up your devices all around your home or office. Or add Access Points to two separate networks and create "cable-less cable" connectivity between them.

Easy Configuration

Device and security configuration is a snap with the Browser-based configuration utility.

Complete Security

Work with confidence. Industrial-strength encryption helps keep your communications protected and private. Access filter lets you control who can get on your wireless network.

DATASHEET

Give your wired network wireless connectivity

Easy setup and configuration

128-bit security encryption, access filtering



Wireless-G Linux Broadband Router

Model: WRT54GL

Features

- Complies with 802.11g and 802.11b (2.4 GHz) Standards
- Unsurpassed Wireless Security with Wi-Fi Protected Access™ 2 (WPA2)
- Enhanced Internet Security Management Functions including Internet Access Policies with Time Schedules
- All LAN Ports Support Auto-Crossover (MDI/MDI-X) — No Need for Crossover Cables



Cisco Consumer Business Group
121 Theory
Irvine, CA 92617 USA

www.linksysbycisco.com

Linksys, Cisco and the Cisco Logo are registered trademarks or trademarks of Cisco Systems, Inc. and/or its affiliates in the U.S. and certain other countries. Other brands and product names are trademarks or registered trademarks of their respective holders. Copyright © 2009 Cisco Systems, Inc. All rights reserved.

Specifications

Model	WRT54GL
Standards	IEEE 802.3, IEEE 802.3u, IEEE 802.11g, IEEE 802.11b
Ports	Internet: One 10/100 RJ-45 Port Ethernet: Four 10/100 RJ-45 Switched Ports One Power Port
Buttons	One Reset Button
LEDs	Power, DMZ, WLAN, Ethernet (1, 2, 3, 4), Internet
Cabling Type	CAT 5
RF Power (EIRP) in dBm	18
UPnP able/cert	Able
Security Features	Stateful Packet Inspection (SPI) Firewall, Internet Policy
Wireless Security	Wi-Fi Protected Access™ 2 (WPA2), WEP, Wireless MAC Filtering

Environmental

Dimensions	7.32" x 1.89" x 7.87" (186 x 48 x 200 mm)
Weight	17.0 oz (482 g)
Power	12VDC, 1A
Certification	FCC, ICES-003, CE, Wi-Fi (802.11b, 802.11g), WPA2, WMM
Operating Temp.	32 to 104°F (0 to 40°C)
Storage Temp.	-4 to 158°F (-20 to 70°C)
Operating Humidity	10 to 85% Noncondensing
Storage Humidity	5 to 90% Noncondensing

Package Contents

- Wireless-G Linux Broadband Router
- Setup Software and User Guide on CD-ROM
- Power Adapter
- Network Cable

Minimum Requirements

- Internet Explorer 6 or Firefox 2 or Higher for Browser-based configuration
- CD-ROM Drive
- Windows XP, Vista, or Vista 64-bit Edition with Latest Updates
- Wired or Wireless Network Adapter.

The maximum performance for wireless is derived from IEEE Standard 802.11 specifications. Actual performance can vary, including lower wireless network capacity, data throughput rate, range and coverage. Performance depends on many factors, conditions and variables, including distance from the access point, volume of network traffic, building materials and construction, operating system used, mix of wireless products used, interference and other adverse conditions.

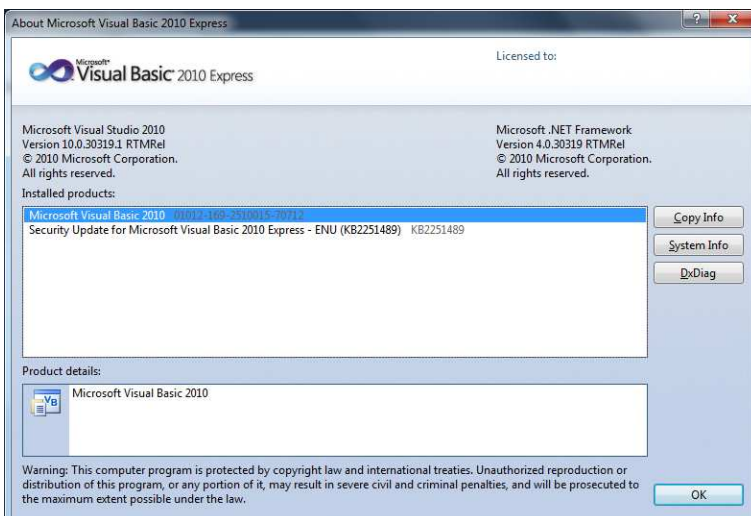
Specifications are subject to change without notice.

09021911NC-AI
3415-01458

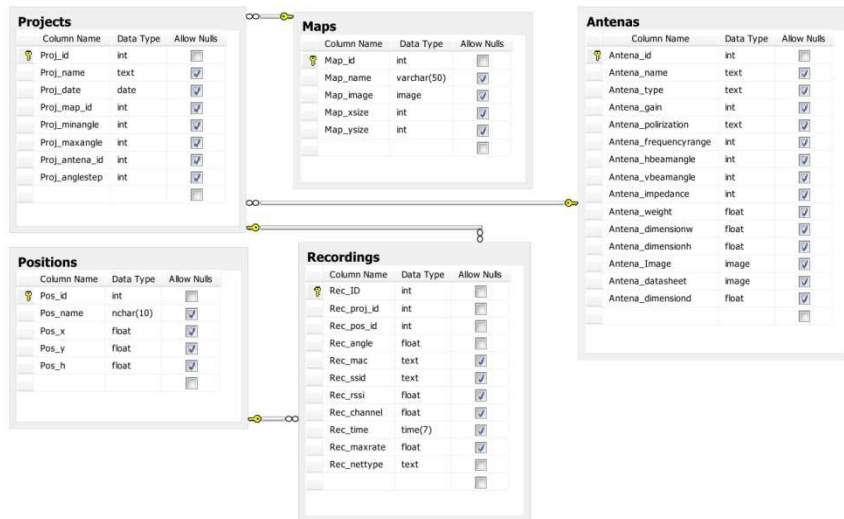
Model: WRT54GL

Παράρτημα Β

Λογισμικό (Software)



B.1 NeoRadar – Database Diagrams



B.2 NeoRadar VB2010 express Code

```
Imports System
Imports System.Diagnostics
Imports System.Xml
Imports System.Xml.XPath
Imports System.IO
Imports System.Text
Imports System.String
```

```
Public Class main
#Region "Main Variables"
    Dim port As New System.IO.Ports.SerialPort
    Dim bytepacketsend As New Dictionary(Of String, Byte)
    Dim pantilt1023 As New Dictionary(Of String, Integer)
    'create indexes for our digital and analog textboxes & checkboxes
    Dim hlCheckboxesSorted As IEnumerable(Of CheckBox)
    Dim ioCheckboxesSorted As IEnumerable(Of CheckBox)
    Dim analogTextboxSorted As IEnumerable(Of TextBox)
    Dim digitalTextboxSorted As IEnumerable(Of TextBox)
    Dim intTempCNT As Integer 'for debugging
    Dim logDirectoryProperties As System.IO.DirectoryInfo
    Dim mytheta As Single ' Current angle
    Dim starttheta As Single ' start angle
    Dim stoptheta As Single ' stop angle
    Dim hval As Integer ' robot high value 0-3
    Dim lval As Integer ' robot low value 0-254
    Dim myerrors As String ' errors container
    Dim myfpath As String ' path for storing files from wiviz out
    Dim flist(100) As String
#End Region
```

```
Public Structure scans
    Dim hmac As String
    Dim hrssi As Double
    Dim htype As String
    Dim hself As Boolean
    Dim hchannel As Integer
    Dim hssid As String
    Dim hencrypted As String
    Dim hencrypted As String
    Dim hage As Integer
    Dim hsta_state As String
    Dim hsta_bssid As String
    Dim hsta_lastssid As String
End Structure
```

```
' Thread safe delegate. Helps avoid cross thread exceptions when communicating
with SerialPort objects.
```

```
Delegate Sub tsdUpdateStates(ByVal Header As Byte, ByVal Instruction As Byte,
ByVal ReturnedData As Byte, ByVal CheckSum As Byte)
```

```
#Region "Form Open & Close"
```

```
Private Sub Form1_Load(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs)
Handles MyBase.Load
    'TODO: This line of code loads data into the 'NeoradarDataSet.Recordings'
table. You can move, or remove it, as needed.
```

```

Me.RecordingsTableAdapter.Fill(Me.NeoradarDataSet.Recordings)
'TODO: This line of code loads data into the 'NeoradarDataSet.Positions'
table. You can move, or remove it, as needed.
Me.PositionsTableAdapter.Fill(Me.NeoradarDataSet.Positions)
'TODO: This line of code loads data into the 'NeoradarDataSet.Maps' table. You
can move, or remove it, as needed.
Me.MapsTableAdapter.Fill(Me.NeoradarDataSet.Maps)
'TODO: This line of code loads data into the 'NeoradarDataSet.Antenas' table.
You can move, or remove it, as needed.
Me.AntenasTableAdapter.Fill(Me.NeoradarDataSet.Antenas)
'TODO: This line of code loads data into the 'NeoradarDataSet.Antenas' table.
You can move, or remove it, as needed.
Me.AntenasTableAdapter.Fill(Me.NeoradarDataSet.Antenas)
'TODO: This line of code loads data into the 'NeoradarDataSet.Projects' table.
You can move, or remove it, as needed.
Me.ProjectsTableAdapter.Fill(Me.NeoradarDataSet.Projects)
' Me.ProjectsTableAdapter.Update(Me.NeoradarDataSet.Projects)
'Populate the com port drop down
For Each port As String In System.IO.Ports.SerialPort.GetPortNames()
    cmbPorts.Items.Add(port)
    cmbPorts.Text = port
    cmbPorts1.Items.Add(port)
    cmbPorts1.Text = port
Next

'sort the created indexes for our digital and analog textboxes & checkboxes
hlCheckboxesSorted = From checkbox In GB_IOPullHigh.Controls.OfType(Of
CheckBox)() Order By checkbox.Name
ioCheckboxesSorted = From checkbox In gbIO.Controls.OfType(Of CheckBox)()
Order By checkbox.Name
analogTextboxSorted = From textbox In gbAnalogValues.Controls.OfType(Of
TextBox)() Order By textbox.Name
digitalTextboxSorted = From textbox In gbDIO.Controls.OfType(Of TextBox)()
Order By textbox.Name

'sending byte packet
bytepacketsend.Add("header_byte", CByte(255)) ' always begin packet with 255
header byte - static, leave alone
bytepacketsend.Add("panL", CByte(1))
bytepacketsend.Add("panH", CByte(254))
bytepacketsend.Add("tiltL", CByte(1))
bytepacketsend.Add("tiltH", CByte(255))
bytepacketsend.Add("buttons", CByte(0))
bytepacketsend.Add("ext_instructions", CByte(8))
bytepacketsend.Add("checksum", CByte((255 - (CInt(bytepacketsend("panL")) +
CInt(bytepacketsend("panH")) + CInt(bytepacketsend("tiltL")) +
CInt(bytepacketsend("tiltH")) + CInt(bytepacketsend("buttons")) +
CInt(bytepacketsend("ext_instructions")) Mod 256)))

'we use these to store a 0 to 1023 value from the scrollbars to make life easy
when drawing the crosshairs in pbAim_Paint
pantilt1023.Add("pan", 512)
pantilt1023.Add("tilt", 512)

'check D0 because it is reserved as an output for the onboard LED on the
arbotiX
'the checkbox is also not enabled since we can't us D0 as an input with an LED
on it.
chkIO0.Checked = True

'It is nice to have this here to easily change the default setting
tbReceive_Rate.Value = 200
txtReceive_Rate.Text = tbReceive_Rate.Value
tmrRequestData.Interval = tbReceive_Rate.Value

```



```

Private Sub UpdateValues()

    TextBox_Byte_1.Text = bytepacketsend("header_byte").ToString
    TextBox_Byte_2.Text = bytepacketsend("panH").ToString
    TextBox_Byte_3.Text = bytepacketsend("panL").ToString
    TextBox_Byte_4.Text = bytepacketsend("tiltH").ToString
    TextBox_Byte_5.Text = bytepacketsend("tiltL").ToString
    TextBox_Byte_6.Text = bytepacketsend("buttons").ToString
    TextBox_Byte_7.Text = bytepacketsend("ext_instructions").ToString

    'Do our checksum at the last moment to make sure it is up to date
    bytepacketsend("checksum") = CByte((255 - (CInt(bytepacketsend("panH")) _
        + CInt(bytepacketsend("panL")) _
        + CInt(bytepacketsend("tiltH")) _
        + CInt(bytepacketsend("tiltL")) _
        + CInt(bytepacketsend("buttons"))) _
        +
    CInt(bytepacketsend("ext_instructions"))) Mod 256))

    TextBox_Byte_8.Text = bytepacketsend("checksum").ToString

    ' Is called whenever updated values are sent to the SerialPort.
    If port.IsOpen Then

        Try
            port.Write(bytepacketsend.Values.ToArray(), 0, bytepacketsend.Count())
        Catch ex As Exception
            Console.WriteLine("Error updating values: " + ex.Message)
        End Try
    End If

End Sub

Private Sub btnSetPort_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles btnSetPort.Click

    Try
        If Not port.IsOpen Then
            ' Setup SerialPort
            port.PortName = cmbPorts.Text
            port.BaudRate = 38400
            port.DataBits = 8
            port.StopBits = System.IO.Ports.StopBits.One
            port.Parity = System.IO.Ports.Parity.None
            port.Open()
            AddHandler port.DataReceived, AddressOf port_DataReceived
            AddHandler port.ErrorReceived, AddressOf port_ErrorReceived
            hsbPan.Enabled = True
            vsbTilt.Enabled = True
            btnSetPort.Text = "Close Port"
            UpdateValues()
        Else
            Call resetDefaults()
            port.Close()
            RemoveHandler port.DataReceived, AddressOf port_DataReceived
            RemoveHandler port.ErrorReceived, AddressOf port_ErrorReceived
            hsbPan.Enabled = False
            vsbTilt.Enabled = False
            btnSetPort.Text = "Open Port"
        End If
    Catch ex As Exception
        MessageBox.Show("Communications Error: " + ex.Message)
    End Try

```

End Sub

```
Public Sub port_DataReceived(ByVal sender As Object, ByVal e As System.EventArgs)
    ' Reads the data coming in from the serial port and calls the thread safe
    delegate to update the values on the form.

    'Sometimes .NET gets too excited and tries to grab data early.
    'When this happens we simply exit the sub without reading and come
    'back around the next time to get a clean grab of all 4 bytes.
    Dim intToRead As Integer = port.BytesToRead
    If intToRead < 4 Then
        Console.WriteLine("XXXXXX LESS THAN 4 BYTES (" & intToRead & ") - TAKE A
PASS")
        Exit Sub
    End If

    'read the packet
    Dim aryIODataReceived As Byte() = New Byte(3) {}

    Try
        'we hard code "4" because we know we should be getting 4 bytes.
        'DO NOT try to use port.BytesToRead because port.BytesToRead can under
report causing packet clipping.
        port.Read(aryIODataReceived, 0, 4)
    Catch ex As Exception
        Console.WriteLine("Error reading port: " + ex.Message)
    End Try

    ' ***** USE FOR DEBUGGING
    *****
    intTempCNT = intTempCNT + 1
    Console.WriteLine("----- PACKET # " & intTempCNT & " -----")
    Console.WriteLine("RPT: " & intToRead) 'reports how many bytes are waiting to
be read, you don't want to see this grow over 4
    Console.WriteLine("CNT: " & aryIODataReceived.Length) 'how many bytes did we
get? Should always be 4 due to our line above: "If intToRead < 4 Then"
    Console.WriteLine("1) " & Convert.ToString(CInt(aryIODataReceived(0)))) 'write
byte 1, should always be 255
    Console.WriteLine("2) " & Convert.ToString(CInt(aryIODataReceived(1)))) 'write
byte 2, should be echoing our last extended instruction back to us
    'did we request analog or digital data???'
    If CInt(aryIODataReceived(1)) < 25 Then 'analog
        Console.WriteLine("3) " & CInt(aryIODataReceived(2))) 'write the analog
value
    Else 'digital (break out into binary string)
        Console.WriteLine("3) " & Convert.ToString(CInt(aryIODataReceived(2)),
2).PadLeft(8, "0")) 'convert & write the byte into a string of 1s and 0s
    End If

    Console.WriteLine("4) " & Convert.ToString(CInt(aryIODataReceived(3)))) 'write
the sent checksum
    Console.WriteLine("")
    Console.WriteLine("checksum " & CByte(254 - (CInt(aryIODataReceived(0)) +
CInt(aryIODataReceived(1)) + CInt(aryIODataReceived(2))) Mod 256)) 'write our internal
calculated checksum
    Console.WriteLine("")

    ' *****
    *****

    'confirm the checksums to insure they match before trusting data
```

```

        If CInt(aryIODataReceived(3)) = CByte(255 - (CInt(aryIODataReceived(1)) +
CInt(aryIODataReceived(2))) Mod 256) Then
            tsUpdateStates(aryIODataReceived(0), aryIODataReceived(1),
aryIODataReceived(2), aryIODataReceived(3))
        Else
            'we have a problem houston
            Console.WriteLine("checksum mismatch: " & CInt(aryIODataReceived(3)) & " /
" & CByte(255 - (CInt(aryIODataReceived(0)) + CInt(aryIODataReceived(1)) +
CInt(aryIODataReceived(2))) Mod 256))
        End If

    End Sub

    Private Sub tsUpdateStates(ByVal Header As Byte, ByVal Instruction As Byte, ByVal
ReturnedData As Byte, ByVal CheckSum As Byte)

        'this is a thread safe delegate to avoid cross threading exceptions
        If Me.InvokeRequired Then
            Dim evtCallBack As New tsdUpdateStates(AddressOf tsUpdateStates)
            Me.Invoke(evtCallBack, New Object() {Header, Instruction, ReturnedData,
CheckSum})
            evtCallBack = Nothing
        Else
            'write the data to the form

            txtDataReceived1.Text = Header
            txtDataReceived2.Text = Instruction

            If CInt(Instruction) < 25 Then 'we requested analog data, write to the
appropriate textbox
                txtDataReceived3.Text = ReturnedData
                analogTextboxSorted(CInt(Instruction - 16)).Text =
Convert.ToString(CInt(ReturnedData))
            Else 'we requested the digital IO data, break out into binary string and
write each digit to the appropriate textbox
                txtDataReceived3.Text = Convert.ToString(CInt(ReturnedData),
2).PadLeft(8, "0")
                For i = 0 To 7
                    digitalTextboxSorted(i).Text =
Convert.ToString(CInt(ReturnedData), 2).PadLeft(8, "0")(7 - i)
                Next
            End If

            txtDataReceived4.Text = CheckSum

        End If

    End Sub

    Public Sub port_ErrorReceived(ByVal sender As Object, ByVal e As System.EventArgs)
        Console.WriteLine(e)
    End Sub

#End Region

#Region "Pan & Tilt Controls"

    Private Sub ScrollBars(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.Windows.Forms.ScrollEventArgs) Handles vsbTilt.Scroll, hsbPan.Scroll
        fncCalculateBytes(1023 - hsbPan.Value, 1023 - vsbTilt.Value)
        pbAim.Refresh()
        UpdateValues()
    End Sub

```



```

        gfx.DrawLine(myPen, New Point((1023 - pantilt1023("pan")) / 2, 0), New
Point((1023 - pantilt1023("pan")) / 2, pbAim.Height)) 'Draw verticle line
        gfx.DrawLine(myPen, New Point(0, (1023 - pantilt1023("tilt")) / 2), New
Point(pbAim.Width, (1023 - pantilt1023("tilt")) / 2)) 'Draw horizontal line
    End Sub

#End Region

#Region "Motors"

    Private Sub tbLMotor_Scroll(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles tbLMotor.Scroll
        motorupdate(tbLMotor, txtLMotorPerc, txtLMotorByte)
    End Sub

    Private Sub tbRMotor_Scroll(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles tbRMotor.Scroll
        motorupdate(tbRMotor, txtRMotorPerc, txtRMotorByte)
    End Sub

    Private Sub btnLStop_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles btnLStop.Click
        tbLMotor.Value = 11
        motorupdate(tbLMotor, txtLMotorPerc, txtLMotorByte)
    End Sub

    Private Sub btnRStop_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles btnRStop.Click
        tbRMotor.Value = 11
        motorupdate(tbRMotor, txtRMotorPerc, txtRMotorByte)
    End Sub

    Private Sub motorupdate(ByVal tbMotor As TrackBar, ByVal txtPerc As TextBox, ByVal
txtMotorByte As TextBox)

        If tbMotor.Name = "tbLMotor" Then
            txtMotorByte.Text = 69 + tbMotor.Value
        Else
            txtMotorByte.Text = 101 + tbMotor.Value
        End If

        If tbMotor.Value = 11 Then
            txtPerc.Text = "0"
        ElseIf tbMotor.Value < 11 Then
            txtPerc.Text = (11 - tbMotor.Value) * 10 & "% R"
        Else
            txtPerc.Text = (tbMotor.Value - 11) * 10 & "% F"
        End If

        If tbMotor.Name = "tbLMotor" Then
            bytepacketsend("ext_instructions") = CByte(69 + tbMotor.Value)
        Else
            bytepacketsend("ext_instructions") = CByte(101 + tbMotor.Value)
        End If
        UpdateValues()
        bytepacketsend("ext_instructions") = CByte(8)

    End Sub

#End Region

```

```

#Region "IO"

Private Sub chkIO_CheckedChanged(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles chkIO0.CheckedChanged, chkIO1.CheckedChanged,
chkIO2.CheckedChanged, chkIO3.CheckedChanged, chkIO4.CheckedChanged,
chkIO5.CheckedChanged, chkIO6.CheckedChanged, chkIO7.CheckedChanged
IOStateChange()
End Sub

Private Sub chkIOPullHigh0_CheckedChanged(ByVal sender As System.Object, ByVal e
As System.EventArgs) Handles chkIOPullHigh0.CheckedChanged,
chkIOPullHigh1.CheckedChanged, chkIOPullHigh2.CheckedChanged,
chkIOPullHigh3.CheckedChanged, chkIOPullHigh4.CheckedChanged,
chkIOPullHigh5.CheckedChanged, chkIOPullHigh6.CheckedChanged,
chkIOPullHigh7.CheckedChanged
IOStateChange()
End Sub

Private Sub IOStateChange()

'NOTE: when an IO is set as an input and you change it from high to low
without anything on it to drain the load it can float
'or take a few seconds to drop to 0. This is normal IO behavior on
microcontrollers and looks like a bug to programmers. It isn't.
'Please read up on microcontroller IO if this is a new area to you.

Dim IOCnt As Integer
Dim InputorOutput As Integer
Dim HighorLow As Integer

For i = 0 To 7
If ioCheckboxesSorted(i).Checked Then InputorOutput = 2 Else InputorOutput
= 0
If hlCheckboxesSorted(i).Checked Then HighorLow = 1 Else HighorLow = 0
bytepacketsend("ext_instructions") = CByte(128 + IOCnt + InputorOutput +
HighorLow)
UpdateValues()
IOCnt = IOCnt + 4
Next

'send a 27 to request updated data
bytepacketsend("ext_instructions") = CByte(27)
UpdateValues()
'set extended instruction back to 8 "No Action"
bytepacketsend("ext_instructions") = CByte(8)

End Sub

Private Sub chkPollIO_CheckedChanged(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles chkPollIO.CheckedChanged
tmrRequestData.Enabled = chkPollIO.Checked
End Sub

Private Sub tbReceive_Rate_Scroll(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles tbReceive_Rate.Scroll
txtReceive_Rate.Text = tbReceive_Rate.Value
tmrRequestData.Interval = tbReceive_Rate.Value
End Sub

Dim intPollDataLoopCount As Integer

Private Sub tmrRequestData_Tick(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles tmrRequestData.Tick

```

```

'NOTE: Analog inputs on a microcontroller will float when not connected to a
sensor. Floating means they will
'report random floating values. They will also often change with other pins
that do have sensors on them.
'This is normal IO behavior for a microcontroller and looks like a bug to
programmers. It isn't. Please read up on
'microcontroller IO if this is a new area to you.

```

```

If intPollDataLoopCount = 8 Then
    'done with analog, poll the digital IO
    bytepacketsend("ext_instructions") = CByte(27)
    UpdateValues()
    bytepacketsend("ext_instructions") = CByte(8)
    intPollDataLoopCount = 0 'start over!
Else
    'Poll the next IO
    bytepacketsend("ext_instructions") = CByte(16 + intPollDataLoopCount)
    UpdateValues()
    bytepacketsend("ext_instructions") = CByte(8) 'As soon as you send toggle
back to (8) "No Action" to avoid flooding
    intPollDataLoopCount = intPollDataLoopCount + 1
End If

End Sub

```

```

#End Region

```

```

Private Sub TabPage5_Leave(ByVal sender As Object, ByVal e As System.EventArgs)
Handles TabTestRobot.Leave
    If port.IsOpen Then
        Try
            resetDefaults()
            port.Close()
        Catch ex As Exception
            Console.WriteLine("Error updating values: " + ex.Message)
        End Try
    End If
End Sub

```

```

#Region "Neoradar Routines"

```

```

Private Sub openerialp_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles openerialp.Click
    Try
        If Not port.IsOpen Then
            ' Setup SerialPort
            port.PortName = cmbPorts.Text
            port.BaudRate = 38400
            port.DataBits = 8
            port.StopBits = System.IO.Ports.StopBits.One
            port.Parity = System.IO.Ports.Parity.None
            port.Open()
            AddHandler port.DataReceived, AddressOf port_DataReceived
            AddHandler port.ErrorReceived, AddressOf port_ErrorReceived
            openerialp.Text = "Close Port"
            myevents.AppendText("Port is opened : " & port.PortName & vbCrLf)

            ' UpdateValues()
        Else
            Call resetDefaults()
            port.Close()
            RemoveHandler port.DataReceived, AddressOf port_DataReceived
            RemoveHandler port.ErrorReceived, AddressOf port_ErrorReceived
            openerialp.Text = "Open Port"
        End If
    End Try
End Sub

```

```

        End If
    Catch ex As Exception
        myevents.AppendText("Communications Error: " + ex.Message & vbCrLf)
        myevents.AppendText("Communications Error: " + ex.Message & vbCrLf)
        MessageBox.Show("Communications Error: " + ex.Message)
        myerrors = "Communications Error: " + ex.Message
    End Try
End Sub

Private Sub bstart_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles bstart.Click
    Dim myfname As String
    Dim mydate As Date = Date.Now
    Dim s1 As String = mydate.Year & mydate.Month & mydate.Day & "_" & mydate.Hour
    & "_" & mydate.Minute & "_" & mydate.Second
    StartAngle.Enabled = False
    StopAngle.Enabled = False
    IntervalsAngle.Enabled = False
    DelayAngle.Enabled = False
    bstart.Enabled = False
    bstop.Enabled = True

    'rotateangle(90)
    myevents.Clear()
    myflist1.Clear()
    Array.Resize(flist, 0)
    Array.Resize(flist, 100)
    starttheta = StartAngle.Value
    stoptheta = StopAngle.Value

    myfpath = "C:\neoradar\wiviz\"
    If port.IsOpen Then
        myevents.AppendText("Port is oppened" & vbCrLf)
        bstart.Enabled = True
    Else
        myevents.AppendText("Port in not Oppened" & vbCrLf)
        bstart.Enabled = False
        ' Exit Sub
    End If
    ' If mytheta > 240 And mytheta < 300 Then
    'mytheta = 300
    ' End If

    myevents.AppendText("Go to Start Angle" & vbCrLf)

    gotostart(starttheta, 0.01)
    Delay(3)

    myevents.AppendText("Rotating antena and getting results " & vbCrLf)
    If starttheta >= 300 And stoptheta <= 0 Then
        For i As Integer = starttheta To stoptheta Step IntervalsAngle.Value
            mytheta = i
            If i = 360 Then
                rotateangle(0)
            Else
                rotateangle(mytheta)
            End If
            ' myfname = "Time_" & s1 & "Angle" & i
            myfname = mytheta
            cpos.Text = mytheta
            picradar1.Refresh()
            Delay(DelayAngle.Value)
            getdatawiviz(mytheta, myfpath, myfname)
        Next i
    End If
End Sub

```

```

        If bstop.Enabled = False Then
            bstart.Enabled = True
            Exit Sub
        End If
    Next i
End If

If starttheta >= 300 And stoptheta > 0 Then
    mytheta = starttheta
    For i As Integer = starttheta To 360 + stoptheta Step IntervalsAngle.Value
        If i = 360 Then
            mytheta = 0
        End If
        If i >= 360 Then
            mytheta = i - 360
        Else
            mytheta = i
        End If
        ' myfname = "Time_" & s1 & "Angle" & i
        rotateangle(mytheta)
        myfname = mytheta
        cpos.Text = mytheta
        picradar1.Refresh()
        Delay(DelayAngle.Value)
        getdatawiviz(mytheta, myfpath, myfname)
        If bstop.Enabled = False Then
            bstart.Enabled = True
            Exit Sub
        End If
    Next i
End If

If starttheta >= 0 And stoptheta <= 240 Then
    For i As Integer = starttheta To stoptheta Step IntervalsAngle.Value
        mytheta = i
        rotateangle(mytheta)
        ' myfname = "Time_" & s1 & "Angle" & i
        myfname = mytheta
        cpos.Text = mytheta
        picradar1.Refresh()
        Delay(DelayAngle.Value)
        getdatawiviz(mytheta, myfpath, myfname)
        If bstop.Enabled = False Then
            bstart.Enabled = True
            Exit Sub
        End If
    Next i
End If

myevents.AppendText("Display files collected" & vbCrLf)
readf("C:\NEORADAR\WIVIZ")

If flist.Length > 0 Then
    For i As Integer = 0 To flist.Length - 1 Step 1
        myflist1.AppendText(flist(i) & vbCrLf)
    Next
End If

gotostart(starttheta, 0.01)
Delay(3)
' movef("C:\NEORADAR\WIVIZ", "C:\NEORADAR\WIVIZ\BACKUPS")
StartAngle.Enabled = True
StopAngle.Enabled = True

```

```

IntervalsAngle.Enabled = True
DelayAngle.Enabled = True
bstart.Enabled = True
bstop.Enabled = False

' gotostart(90, 0.01)
myevents.AppendText("Completed scanning " & vbCrLf)
End Sub
Private Sub getdatawiviz(ByVal t1 As Integer, ByVal fpath1 As String, ByVal fname1
As String)
Const logname As String = "log.xml"
' Run hidden WinSCP process
Dim winscp As Process = New Process()
winscp.StartInfo.FileName = "winscp.com"
winscp.StartInfo.Arguments = "/log=" + logname
winscp.StartInfo.UseShellExecute = False
winscp.StartInfo.RedirectStandardInput = True
winscp.StartInfo.RedirectStandardOutput = True
winscp.StartInfo.CreateNoWindow = True
winscp.Start()
' Feed in the scripting commands
' winscp.StandardInput.WriteLine("option batch abort")
winscp.StandardInput.WriteLine("option confirm off")
winscp.StandardInput.WriteLine("open root:12349@192.168.1.1")
winscp.StandardInput.WriteLine("cd /tmp")
winscp.StandardInput.WriteLine("get -preservetime -resume wiviz2-dump " &
fpath1 & fname1 & ".txt")
winscp.StandardInput.Close()

End Sub
'Draw the radar drawing
Private Sub picradar1_Paint(ByVal sender As Object, ByVal e As
System.Windows.Forms.PaintEventArgs) Handles picradar1.Paint
Dim gfx As Graphics = e.Graphics
Dim myPen As New Pen(Color.Blue, 2)
Dim myPen1 As New Pen(Color.Green, 5)
Dim myPen2 As New Pen(Color.Red, 5)
Dim blueBrush As New Drawing.SolidBrush(Color.Blue)
' gfx.FillRectangle(blueBrush, 20, 30, 100, 100)
gfx.Clear(picradar1.BackColor)

gfx.DrawLine(Pens.Black, New Point(256, 0), New Point(256, 512)) 'Draw
verticle line
gfx.DrawLine(Pens.Black, New Point(0, 256), New Point(512, 256)) 'Draw
horizontal line

' Draw radius circles.
For r As Single = 0 To 256 Step 20
    gfx.DrawEllipse(Pens.BlueViolet, 256 - r, 256 - r, 2 * r, 2 * r)
Next r

' Draw a start Line
If starttheta >= 0 And starttheta < 45 Then
    gfx.DrawLine(myPen1, 256, 256, 0, 256 - (starttheta * 256 / 45))
End If
If starttheta >= 45 And starttheta < 135 Then
    gfx.DrawLine(myPen1, 256, 256, (starttheta - 45) * 512 / 90, 0)
End If
If starttheta >= 135 And starttheta < 225 Then
    gfx.DrawLine(myPen1, 256, 256, 512, (starttheta - 135) * 512 / 90)
End If
If starttheta >= 225 And starttheta < 315 Then
    gfx.DrawLine(myPen1, 256, 256, 512 - (starttheta - 225) * 512 / 90, 512)
End If
If starttheta >= 315 And starttheta < 360 Then

```

```

        gfx.DrawLine(myPen1, 256, 256, 0, 512 - (256 * (starttheta - 315) / 45))
    End If

    ' Draw a stop line
    If stoptheta >= 0 And stoptheta < 45 Then
        gfx.DrawLine(myPen2, 256, 256, 0, 256 - (stoptheta * 256 / 45))
    End If
    If stoptheta >= 45 And stoptheta < 135 Then
        gfx.DrawLine(myPen2, 256, 256, (stoptheta - 45) * 512 / 90, 0)
    End If
    If stoptheta >= 135 And stoptheta < 225 Then
        gfx.DrawLine(myPen2, 256, 256, 512, (stoptheta - 135) * 512 / 90)
    End If
    If stoptheta >= 225 And stoptheta < 315 Then
        gfx.DrawLine(myPen2, 256, 256, 512 - (stoptheta - 225) * 512 / 90, 512)
    End If
    If stoptheta >= 315 And stoptheta < 360 Then
        gfx.DrawLine(myPen2, 256, 256, 0, 512 - (256 * (stoptheta - 315) / 45))
    End If

    ' Draw a Line at theta
    If mytheta >= 0 And mytheta < 45 Then
        gfx.DrawLine(myPen, 256, 256, 0, 256 - (mytheta * 256 / 45))
    End If
    If mytheta >= 45 And mytheta < 135 Then
        gfx.DrawLine(myPen, 256, 256, (mytheta - 45) * 512 / 90, 0)
    End If
    If mytheta >= 135 And mytheta < 225 Then
        gfx.DrawLine(myPen, 256, 256, 512, (mytheta - 135) * 512 / 90)
    End If
    If mytheta >= 225 And mytheta < 315 Then
        gfx.DrawLine(myPen, 256, 256, 512 - (mytheta - 225) * 512 / 90, 512)
    End If
    If mytheta >= 315 And mytheta < 360 Then
        gfx.DrawLine(myPen, 256, 256, 0, 512 - (256 * (mytheta - 315) / 45))
    End If

End Sub
' Delay dblsecs seconds
Sub Delay(ByVal dblSecs As Double)
    Try
        Const OneSec As Double = 1.0# / (1440.0# * 60.0#)
        Dim dblWaitTil As Date
        Now.AddSeconds(OneSec)
        dblWaitTil = Now.AddSeconds(OneSec).AddSeconds(dblSecs)
        Do Until Now > dblWaitTil
            Application.DoEvents() ' Allow windows messages to be processed
        Loop
    Catch ex As Exception
    End Try
End Sub

'Rotate Robot to angle t
Private Sub rotateangle(ByVal t As Integer)
    bytepacketsend("header_byte") = CByte(255)
    bytepacketsend("tiltH") = CByte(1)
    bytepacketsend("tiltL") = CByte(254)
    bytepacketsend("buttons") = CByte(0)
    bytepacketsend("ext_instructions") = CByte(8)
    convertangletohl(t) ' convert angle to HL

```

```

bytepacketsend("panH") = CByte(hval)
bytepacketsend("panL") = CByte(lval)

'Do our checksum at the last moment to make sure it is up to date
bytepacketsend("checksum") = CByte(((255 - (CInt(bytepacketsend("panL")) _
+ CInt(bytepacketsend("panH")) _
+ CInt(bytepacketsend("tiltL")) _
+ CInt(bytepacketsend("tiltH")) _
+ CInt(bytepacketsend("buttons")) _
+
CInt(bytepacketsend("ext_instructions")))) Mod 256))
If port.IsOpen Then
    Try
        port.Write(bytepacketsend.Values.ToArray(), 0, bytepacketsend.Count())
    Catch ex As Exception
        Console.WriteLine("Error updating values: " + ex.Message)
        MsgBox("Port not opened")
    End Try
End If
End Sub

'
bytepacketsend("checksum") = CByte(((255 - (CInt(bytepacketsend("panL")) +
CInt(bytepacketsend("panH")) + CInt(bytepacketsend("tiltL")) +
CInt(bytepacketsend("tiltH")) + CInt(bytepacketsend("buttons")) +
CInt(bytepacketsend("ext_instructions")))) Mod 256))

' Save hval and lval values giving an angle
Private Sub convertangletohl(ByVal a As Integer)

    If a >= 300 And a < 360 Then
        hval = 3
        lval = 254 - (a - 300) / 60 * 203
    End If

    If a >= 0 And a < 15 Then
        hval = 3
        lval = 50 - (a / 15) * 50
    End If

    If a >= 15 And a < 90 Then
        hval = 2
        lval = 254 - 254 * ((a - 15) / 75)
    End If

    If a >= 90 And a < 165 Then
        hval = 1
        lval = 254 - 254 * ((a - 90) / 75)
    End If

    If a >= 165 And a < 240 Then
        hval = 0
        lval = 254 - 254 * ((a - 165) / 75)
    End If
End Sub

' Save hval and lval values giving an angle
Private Sub gotostart(ByVal sa As Integer, ByVal delay1 As Double)
    Dim cnt1 As Integer
    cnt1 = mytheta
    If sa > 90 And sa < 240 Then
        While cnt1 < sa
            rotateangle(cnt1)
            Delay(delay1)
        End While
    End If
End Sub

```

```

        cnt1 = cnt1 + 1
    End While
End If

If sa >= 0 And sa < 90 Then
    While cnt1 > sa
        rotateangle(cnt1)
        Delay(delay1)
        cnt1 = cnt1 - 1
    End While
End If

If sa >= 300 And sa < 359 Then
    While cnt1 > 0
        rotateangle(cnt1)
        Delay(delay1)
        cnt1 = cnt1 - 1
    End While

    cnt1 = 359
    While cnt1 > sa
        rotateangle(cnt1)
        Delay(delay1)
        cnt1 = cnt1 - 1
    End While
End If

End Sub

Private Sub winscp_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs)
    ' Dim apps1 As String = "C:\Program Files (x86)\WinSCP\WinSCP.exe"
    ' Process.Start(apps1)
    Dim t1 As Integer = 90
    Const logname As String = "log.xml"

    ' MsgBox("getting data for angle " & t1)
    ' Run hidden WinSCP process
    Dim winscp As Process = New Process()
    winscp.StartInfo.FileName = "winscp.com"
    winscp.StartInfo.Arguments = "/log=" + logname
    winscp.StartInfo.UseShellExecute = False
    winscp.StartInfo.RedirectStandardInput = True
    winscp.StartInfo.RedirectStandardOutput = True
    winscp.StartInfo.CreateNoWindow = True
    winscp.Start()

    ' Feed in the scripting commands
    ' winscp.StandardInput.WriteLine("option batch abort")
    winscp.StandardInput.WriteLine("option confirm off")
    ' winscp.StandardInput.WriteLine("open neoradar")
    winscp.StandardInput.WriteLine("open root:12349@192.168.1.1")
    winscp.StandardInput.WriteLine("cd /tmp")

    Dim mydate As Date = Date.Now
    Dim s1 As String = mydate.Year & mydate.Month & mydate.Day & "_" & mydate.Hour
    & "_" & mydate.Minute & "_" & mydate.Second
    ' MsgBox(s1)

    If Not Directory.Exists("c:\neoradar\wiviz") Then
        Directory.CreateDirectory("c:\neoradar\wiviz")
    End If
    winscp.StandardInput.WriteLine("get -preservetime -resume wiviz2-dump
c:\neoradar\wiviz\" & s1 & "_angle_" & t1 & ".txt")

```

```

winscp.StandardInput.Close()

' MsgBox("Completed")
End Sub

Private Sub ProjectsBindingNavigatorSaveItem_Click(ByVal sender As System.Object,
ByVal e As System.EventArgs) Handles ProjectsBindingNavigatorSaveItem.Click
Me.Validate()
Me.ProjectsBindingSource.EndEdit()
Me.TableAdapterManager.UpdateAll(Me.NeoradarDataSet)

End Sub

'Read directory dpath and returns a list of the files
Private Sub readf(ByVal dpath As String)
Dim ListOfFiles() As FileInfo
Dim DataFolder As DirectoryInfo
Dim i As Integer
Dim sname As String
DataFolder = New DirectoryInfo(dpath)
ListOfFiles = DataFolder.GetFiles("*.txt", SearchOption.TopDirectoryOnly)
For Each file As FileInfo In ListOfFiles
' If file.Name = Filename Then
flist(i) = file.FullName
i = i + 1
sname = Microsoft.VisualBasic.Left(file.Name.ToString, Len(file.Name) - 4)
'dateva()
'myflist.AppendText(DateValue(file.CreationTime) & "/" &
TimeValue(file.CreationTime) & "/" & sname & " " & vbCrLf)
myflist.AppendText(file.FullName)

' End If"
Next
End Sub
'Move all .txt files from one folder to the other overwriting existing files
Private Sub movef(ByVal spath As String, ByVal dpath As String)
Dim ListOfFiles() As FileInfo
' Dim fname As FileInfo
Dim DataFolder As DirectoryInfo
DataFolder = New DirectoryInfo(spath)
ListOfFiles = DataFolder.GetFiles("*.txt", SearchOption.TopDirectoryOnly)
For Each file As FileInfo In ListOfFiles
' fname = My.Computer.FileSystem.GetFileInfo(file.FullName)
If file.Exists = True Then
If (File.Exists(dpath & "\" & file.Name)) Then
File.Delete(dpath & "\" & file.Name)
End If
file.MoveTo(dpath & "\" & file.Name)
End If
Next
End Sub

'test button
Private Sub Button3_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles Button3.Click
readf("C:\NEORADAR\WIVIZ")
' movef("C:\NEORADAR\WIVIZ", "C:\NEORADAR\WIVIZ\bck")

End Sub

Private Sub bstop_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles bstop.Click
movef("C:\NEORADAR\WIVIZ", "C:\NEORADAR\WIVIZ\BACKUPS")

```

```

StartAngle.Enabled = True
StopAngle.Enabled = True
IntervalsAngle.Enabled = True
DelayAngle.Enabled = True
bstart.Enabled = True
bstart.Enabled = True
bstop.Enabled = False
End Sub
#End Region

Private Sub myImportFiles_Click_1(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles myImportFiles.Click
Try
    'If File.Exists(Path) Then
    'File.Delete(Path)
    ' End If
Dim sr As StreamReader
Dim i, j, k As Integer
Dim mylines(500) As String
Dim n, nn As Integer
Dim test1 As String
Dim test2 As String
Dim test3 As String
Dim test4 As String
Dim cline As String
' Dim sname As String
Dim sangle As Integer
Dim stime As DateTime
Dim sdate As DateTime
Dim myscans(100) As scans
Dim cnt1, myint As Integer
Dim ListOfFiles() As FileInfo
Dim DataFolder As DirectoryInfo
Dim sname As String
Dim ii As Integer

Dim bckpath = "C:\NEORADAR\WIVIZ\BACKUPS\" & Now.Year & "_" & Now.Month &
 "_" & Now.Day & "_" & Now.Hour & "_" & Now.Minute & "_" & Now.Second
My.Computer.FileSystem.CreateDirectory(bckpath)

ii = 0
DataFolder = New DirectoryInfo("C:\NEORADAR\WIVIZ")
ListOfFiles = DataFolder.GetFiles("*.txt", SearchOption.TopDirectoryOnly)
ProgressBar1.Minimum = 0

rstatus.AppendText("Starting Reading file : " & ListOfFiles.Count &
vbCrLf)
For Each file As FileInfo In ListOfFiles
    ' MsgBox(file.FullName)
    ' If file.Name = Filename Then
    ' flist(i) = file.FullName

sname = Microsoft.VisualBasic.Left(file.Name.ToString, Len(file.Name) -
4)

sdate = DateValue(file.CreationTime)
ProgressBar1.Maximum = ListOfFiles.Count
rstatus.AppendText("Parsing file " & file.FullName & vbCrLf)

' MsgBox(sname & " " & sdate & " " & stime)
' myflist.AppendText(DateValue(file.CreationTime) & "/" &
TimeValue(file.CreationTime) & "/" & sname & " " & vbCrLf

' End If"

```

```

sr = New StreamReader(file.FullName)

i = 0
j = 0
k = 0
cnt1 = -1
test2 = ""
test3 = ""

Do While sr.Peek() >= 0
    test3 = ""
    cline = sr.ReadLine()
    TextBox1.Text = cline
    mylines(i) = TextBox1.Text
    ' Delay(0.1)
    i = i + 1
    mylines1.Text = i

    ' Split data per device
    If StrComp(cline, "h = new Object();") = 0 Then
        cnt1 = cnt1 + 1
        ' mysb1.AppendText(vbCrLf & vbCrLf & "New Device : " & cnt1
& vbCrLf)

    End If

n = InStr(1, cline, "=")
If n > 0 Then
    myfllist.AppendText(n & " " & cline & vbCrLf)
    test1 = Mid(cline, 1, n - 2)
    Select Case test1
        Case "h.mac"
            test2 = Mid(cline, n + 3, cline.Length - n - 4)
            myscans(cnt1).hmac = test2
        Case "h.rssi"
            test2 = Mid(cline, n + 1, cline.Length - n - 1)
            myscans(cnt1).hrssi = test2
        Case "h.type"
            test2 = Mid(cline, n + 3, cline.Length - n - 4)
            myscans(cnt1).htype = test2
        Case "h.self"
            test2 = Mid(cline, n + 2, cline.Length - n - 2)
            myscans(cnt1).hself = test2
        Case "h.channel"
            test2 = Mid(cline, n + 2, cline.Length - n - 2)
            myscans(cnt1).hchannel = test2
        Case "h.ssid"
            If InStr(1, cline, "'&#") > 0 Then
                test2 = Mid(cline, n + 3, cline.Length - n - 4)
                test4 = ""
                For j = 1 To Len(test2) Step 7
                    myint = Convert.ToInt32(Mid(test2, j + 2, 4))
                    test4 = test4 & Convert.ToChar(myint)
                Next
                test2 = test4
            Else
                test2 = Mid(cline, n + 3, cline.Length - n - 4)
            End If
            myscans(cnt1).hssid = test2
        Case "h.encrypted"
            If InStr(1, cline, "h.enctype") Then
                nn = InStr(1, cline, "h.enctype")

```

14)

```
        test2 = Mid(cline, n + 3, nn - n - 6)
        myscans(cnt1).hencrypted = test2
        test3 = Mid(cline, nn + 13, cline.Length - nn -

    myscans(cnt1).henctype = test3
    Else
        test2 = Mid(cline, n + 3, cline.Length - n - 4)
        myscans(cnt1).hencrypted = test2
    End If
    Case "h.age"
        test2 = Mid(cline, n + 2, cline.Length - n - 2)
        myscans(cnt1).hage = test2
    Case "h.sta_stat"
        test2 = Mid(cline, n + 2, cline.Length - n - 3)
        myscans(cnt1).hsta_state = test2
    Case "h.sta_bssi"
        test2 = Mid(cline, n + 2, cline.Length - n - 3)
        myscans(cnt1).hsta_bssid = test2
    Case "h.sta_lastssid"
        test2 = Mid(cline, n + 2, cline.Length - n - 4)
        myscans(cnt1).hsta_lastssid = test2
    Case Else
    End Select
End If

Loop
sr.Close()
mygrid1.Rows.Insert(0, cnt1)
' mysb1.AppendText(cnt1 & vbCrLf)
For k = 0 To cnt1
    mygrid1.Item(0, k).Value = myprojectid.Text
    mygrid1.Item(1, k).Value = myscanx.Text
    mygrid1.Item(2, k).Value = myscany.Text
    mygrid1.Item(3, k).Value = mytargetx.Text
    mygrid1.Item(4, k).Value = mytargety.Text
    mygrid1.Item(5, k).Value =
Microsoft.VisualBasic.Left(fle.Name.ToString, Len(fle.Name) - 4)
    mygrid1.Item(6, k).Value = fle.CreationTime.Hour & "_" &
fle.CreationTime.Minute & "_" & fle.CreationTime.Second
    mygrid1.Item(7, k).Value = myscans(k).hmac
    mygrid1.Item(8, k).Value = myscans(k).hrssi
    mygrid1.Item(9, k).Value = myscans(k).hstype
    mygrid1.Item(10, k).Value = myscans(k).hself
    mygrid1.Item(11, k).Value = myscans(k).hchannel
    mygrid1.Item(12, k).Value = myscans(k).hssid
    mygrid1.Item(13, k).Value = myscans(k).hencrypted
    mygrid1.Item(14, k).Value = myscans(k).henctype
    mygrid1.Item(15, k).Value = myscans(k).hage
    mygrid1.Item(16, k).Value = myscans(k).hsta_state
    mygrid1.Item(17, k).Value = myscans(k).hsta_bssid
    mygrid1.Item(18, k).Value = myscans(k).hsta_lastssid
Next
ii = ii + 1 ' status bar indication
ProgressBar1.Value = ii
Next

For Each fle As FileInfo In ListOfFiles
    fle.MoveTo(bckpath & "\" & fle.Name) ' move file to backups
Next

rstatus.AppendText("Completed")

' mygrid1.SelectAll()
```

```
mygrid1.AutoSizeColumns()
```

```
Catch ex As Exception
```

```
    TextBox1.Text = "The process failed: {0}" & ex.ToString()
```

```
    MsgBox("The process failed: {0}" & ex.ToString())
```

```
    rstatus.AppendText("The process failed: {0}" & ex.ToString())
```

```
    ' Console.WriteLine
```

```
End Try
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Button2_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As  
System.EventArgs) Handles Button2.Click
```

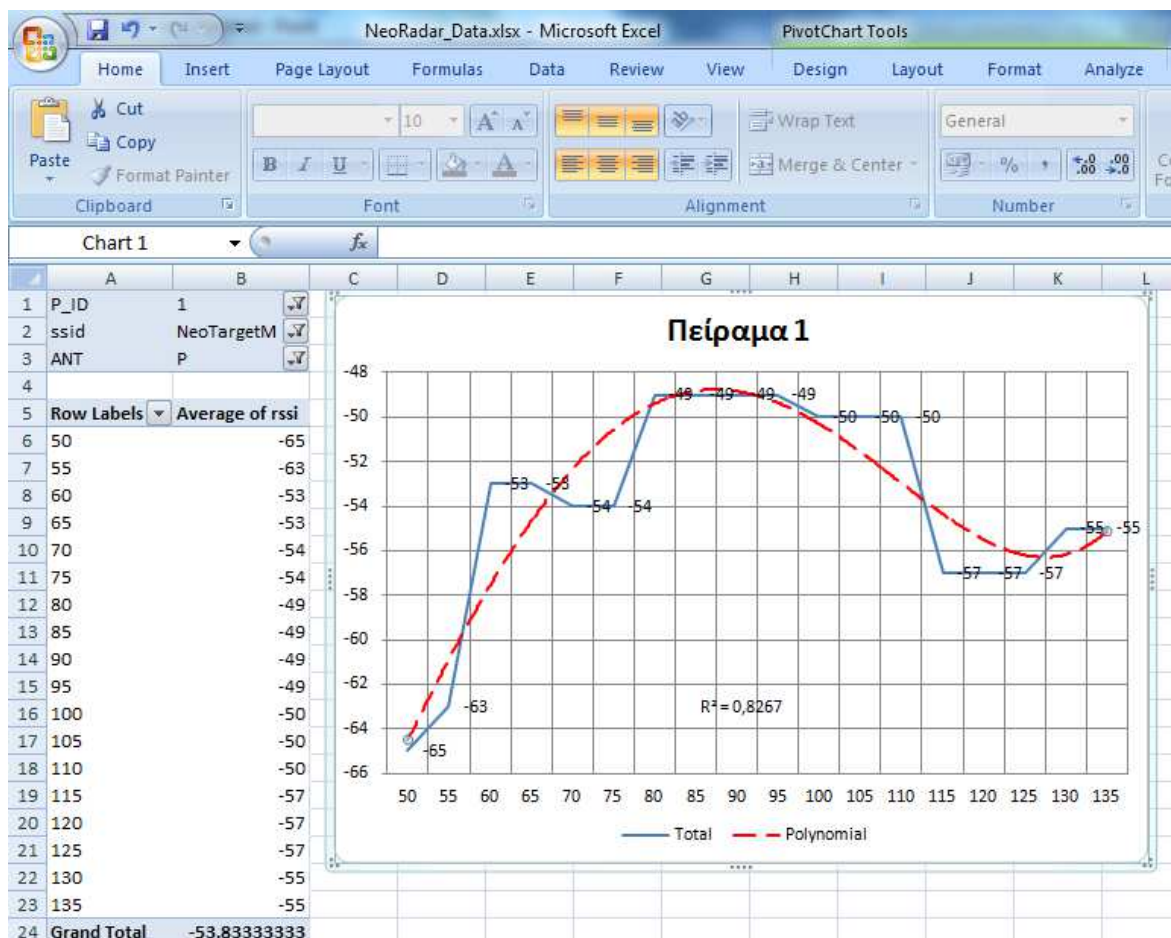
```
    TextBox2.Text = Now.Year & "_" & Now.Month & "_" & Now.Day & "_" & Now.Hour &  
    "_" & Now.Minute & "_" & Now.Second
```

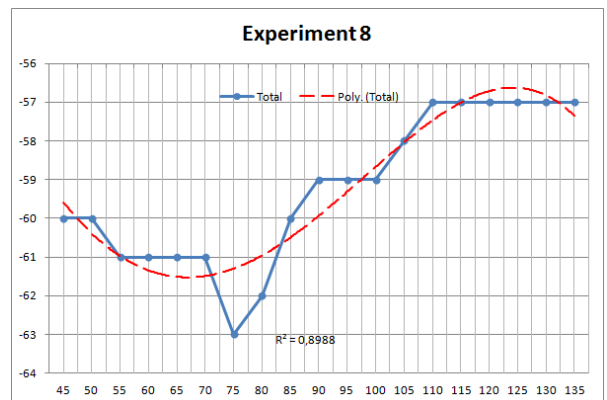
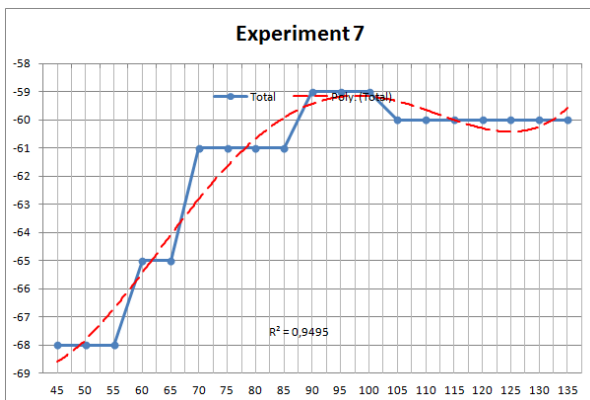
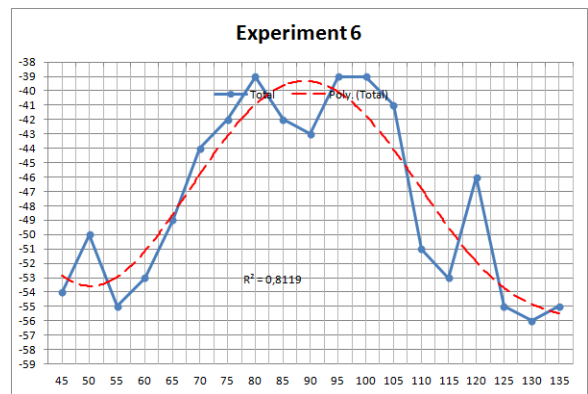
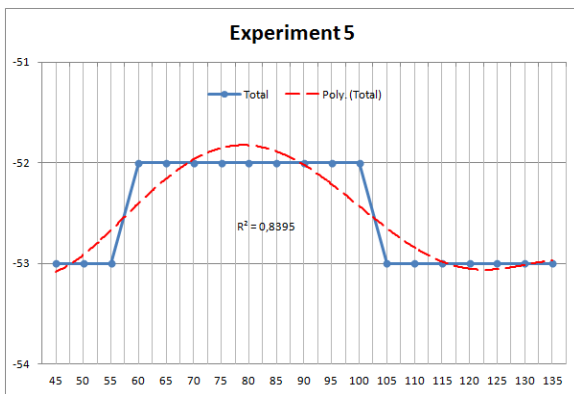
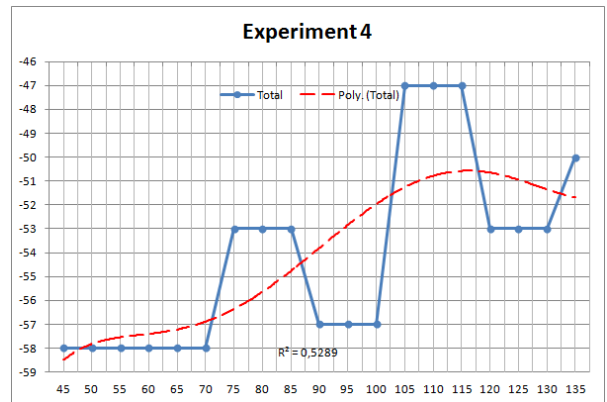
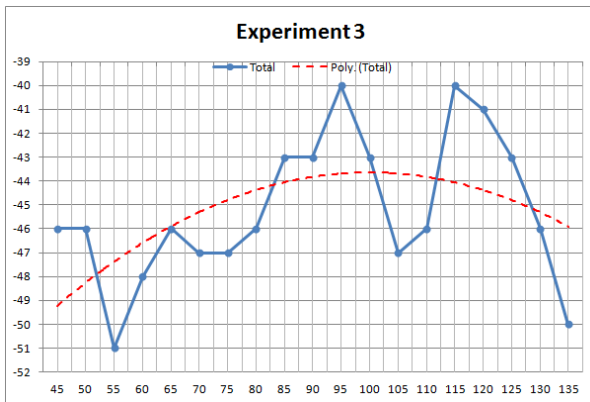
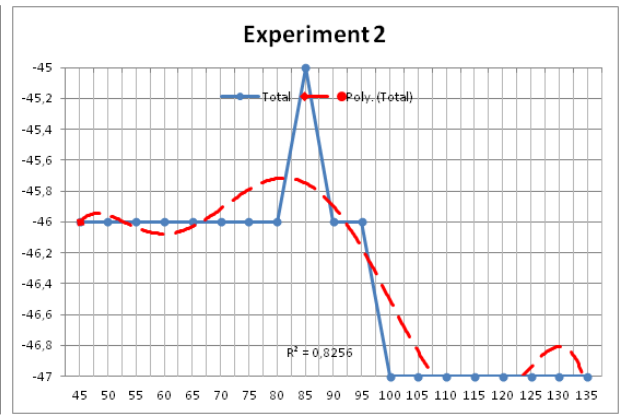
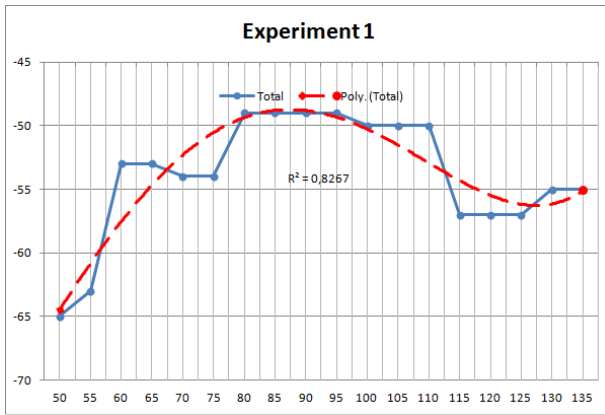
```
End Sub
```

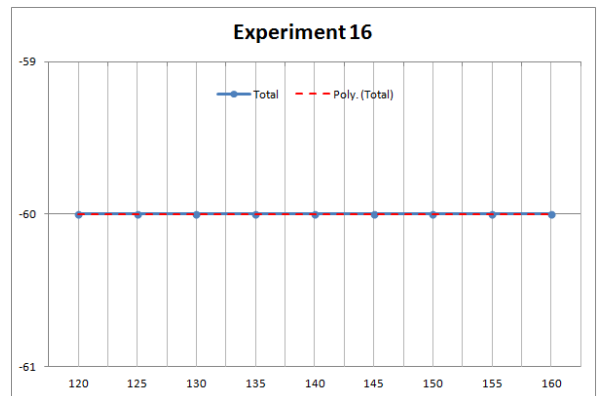
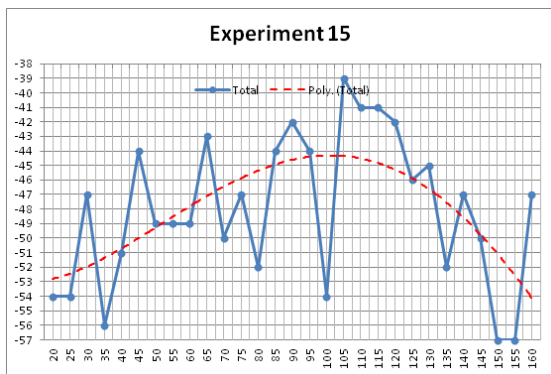
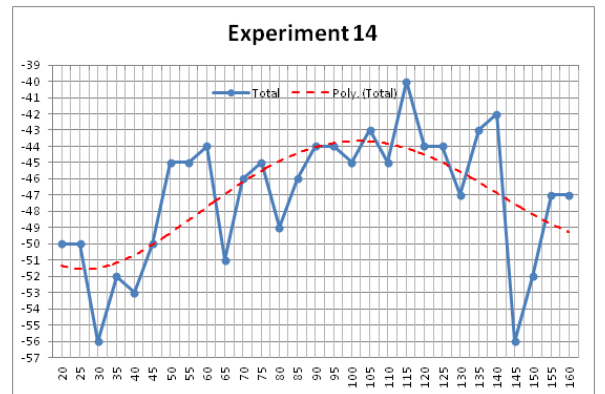
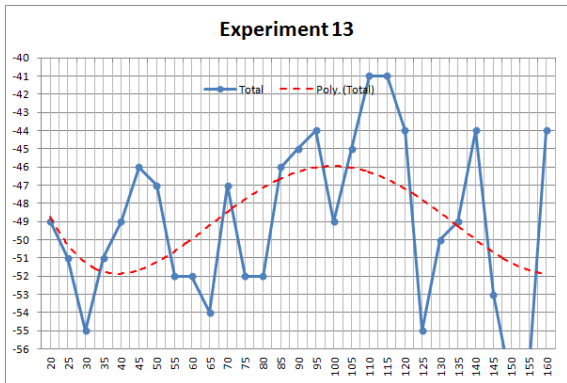
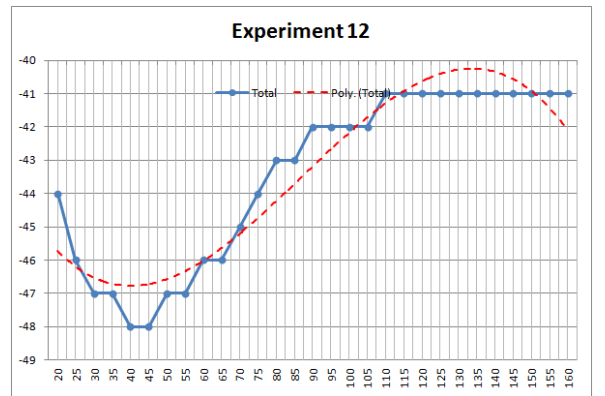
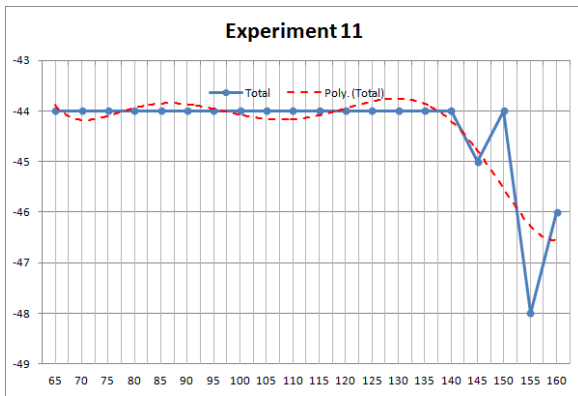
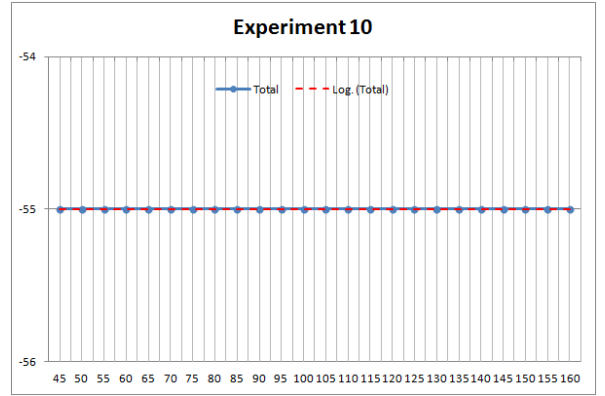
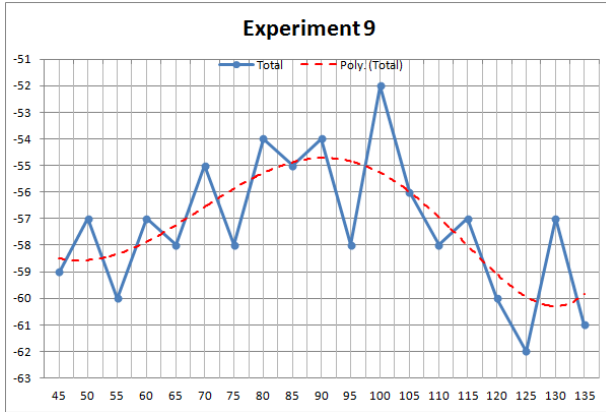
```
End Class
```

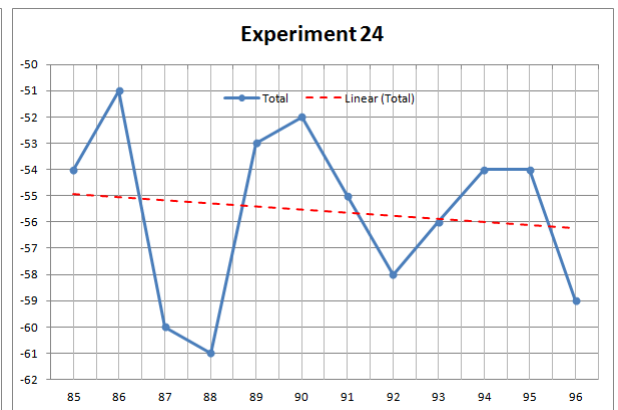
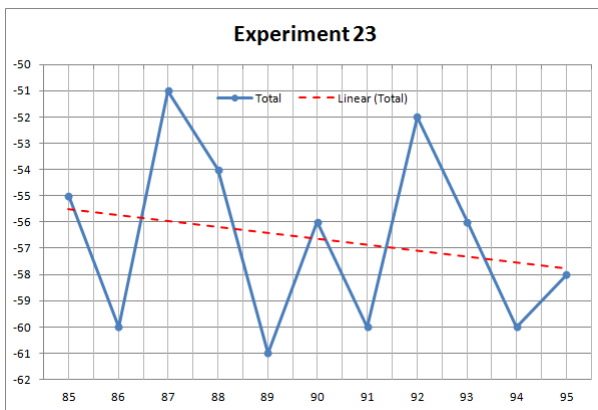
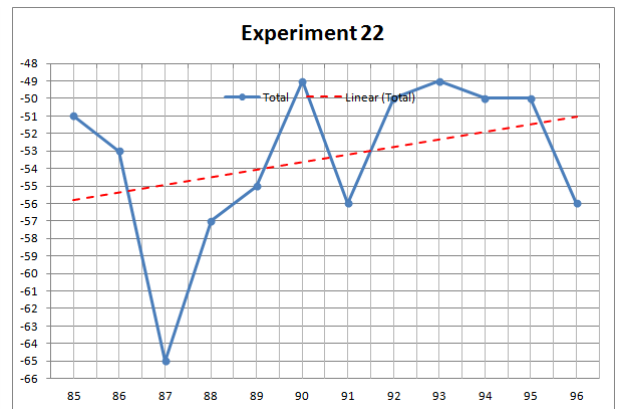
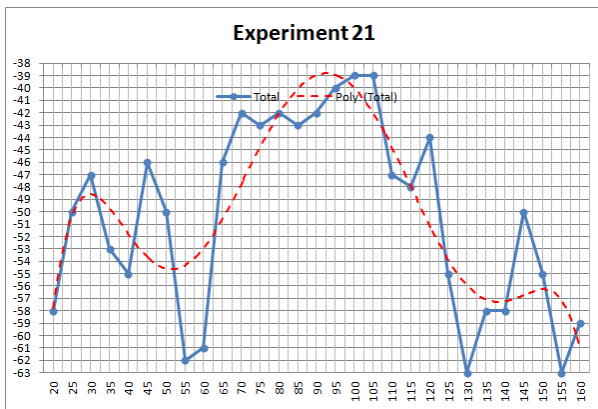
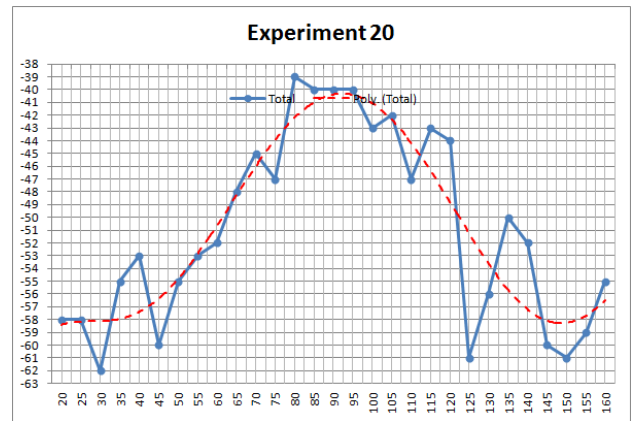
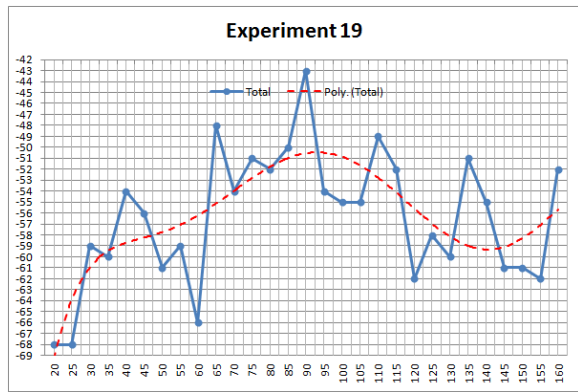
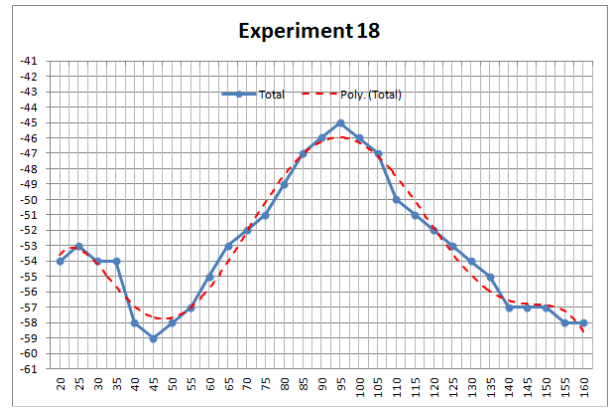
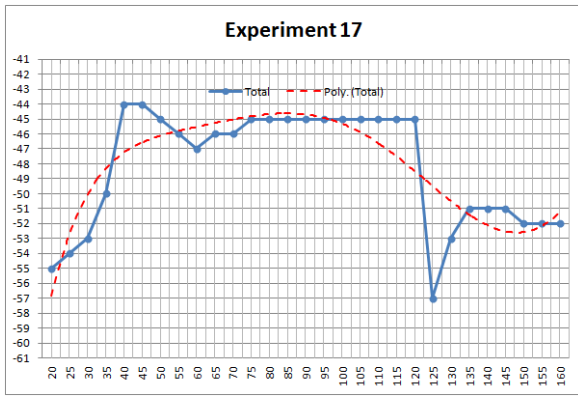
Παράρτημα Γ

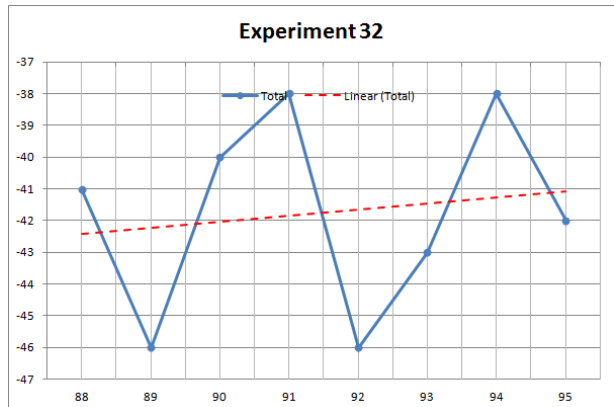
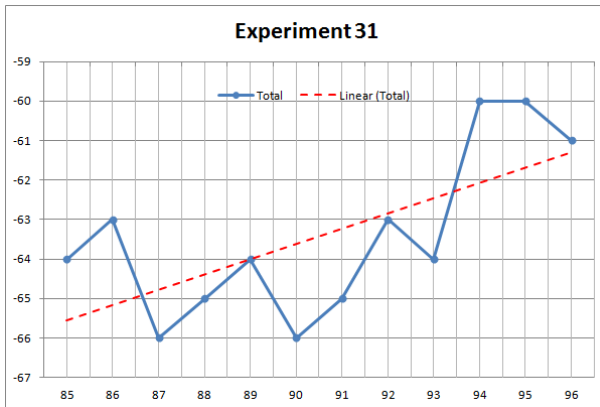
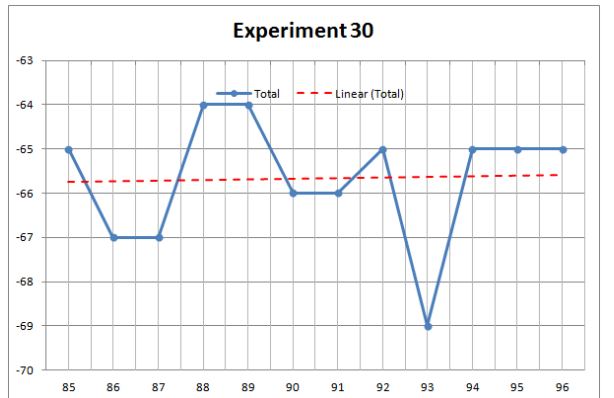
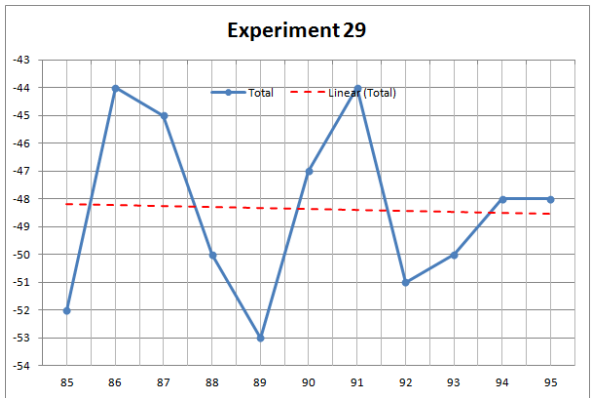
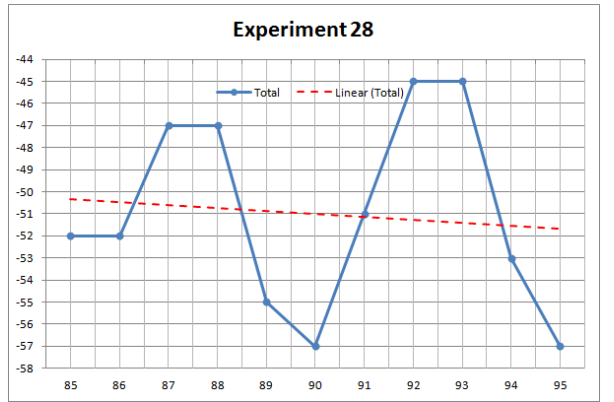
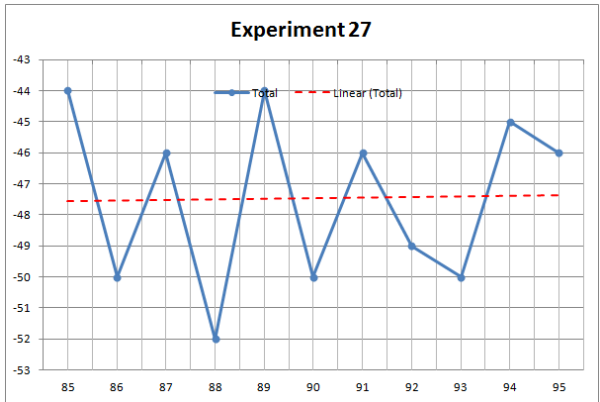
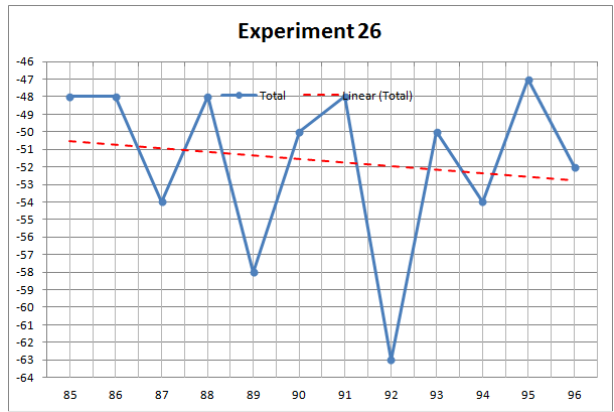
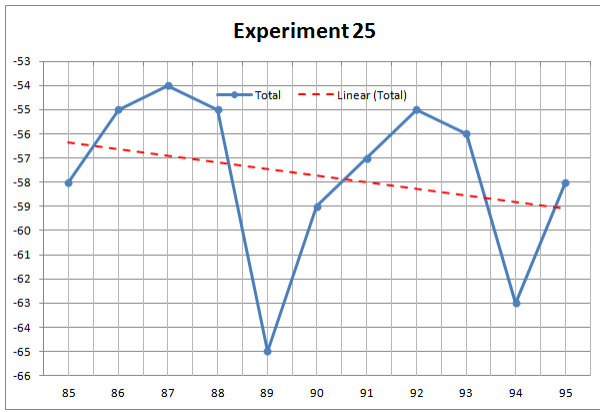
Αποτελέσματα Πειραμάτων

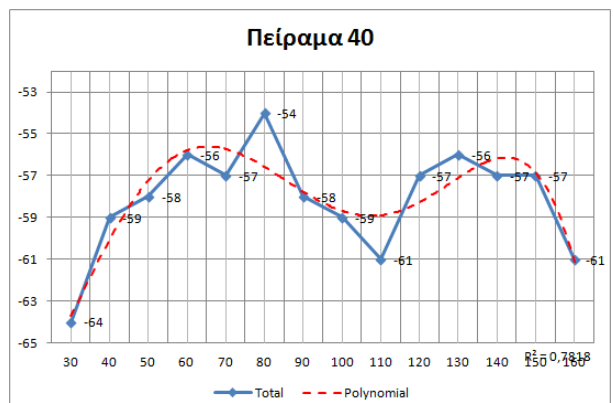
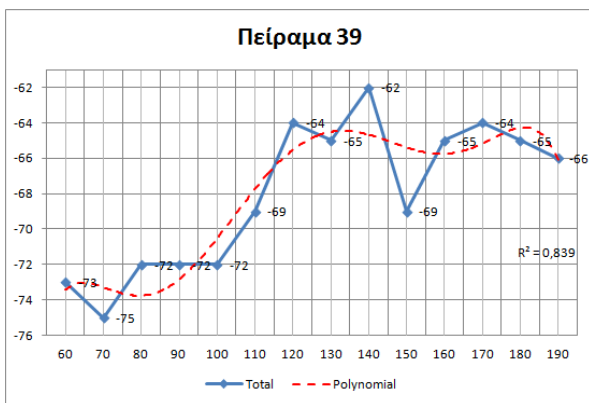
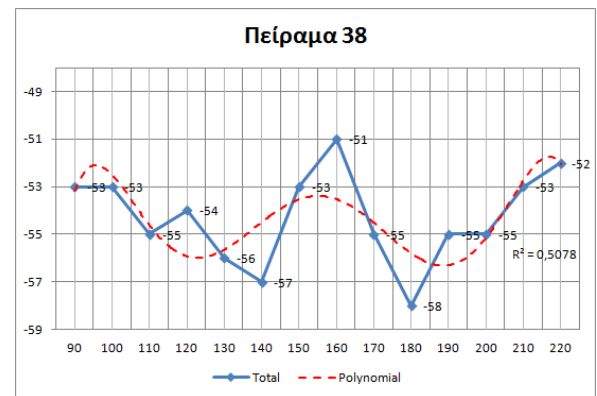
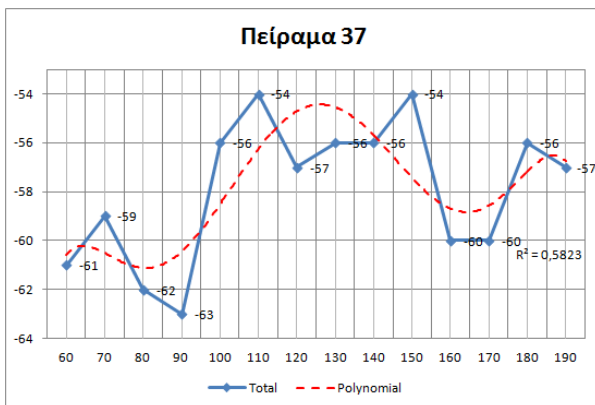
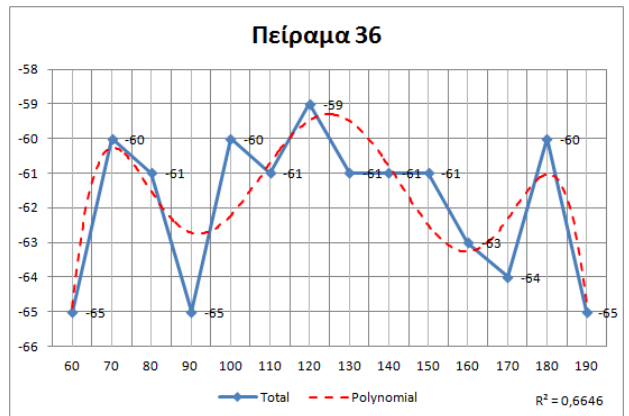
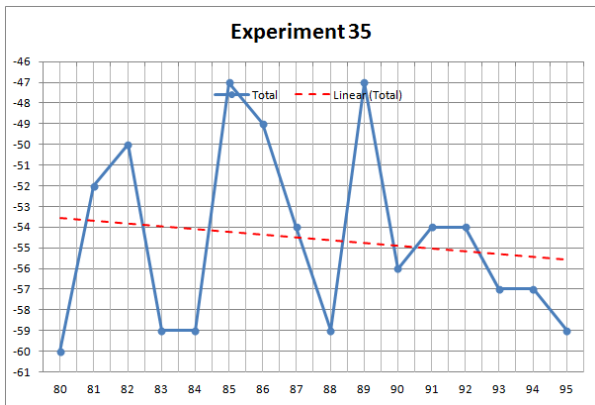
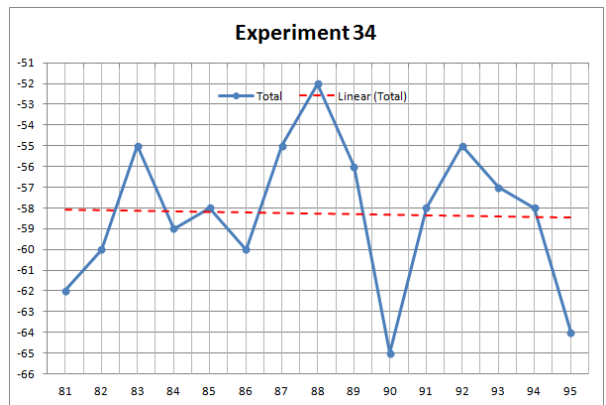
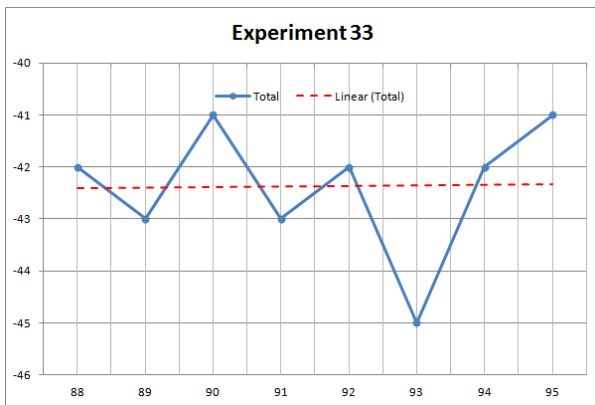


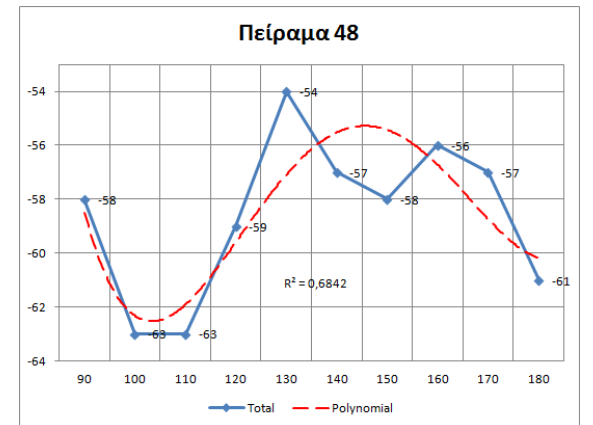
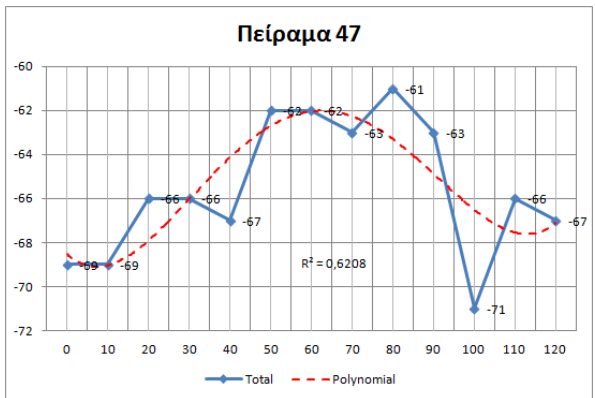
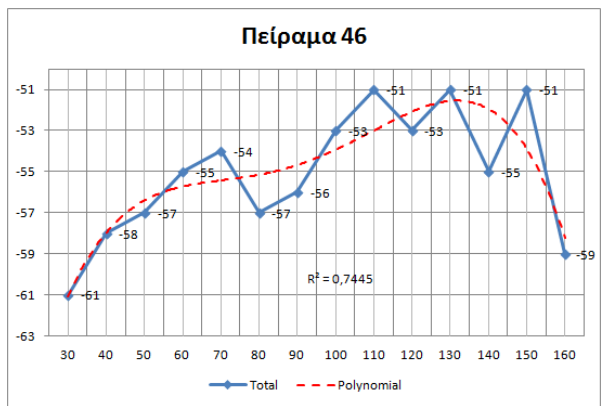
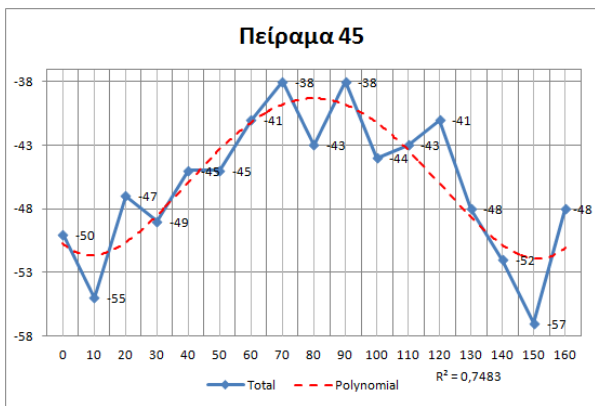
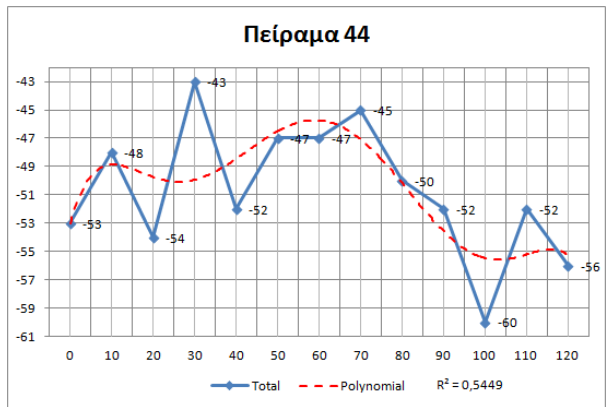
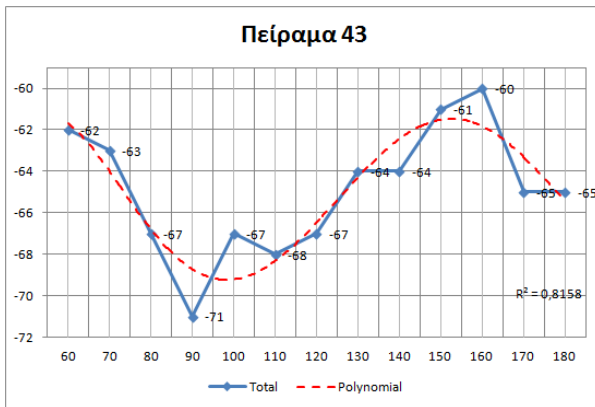
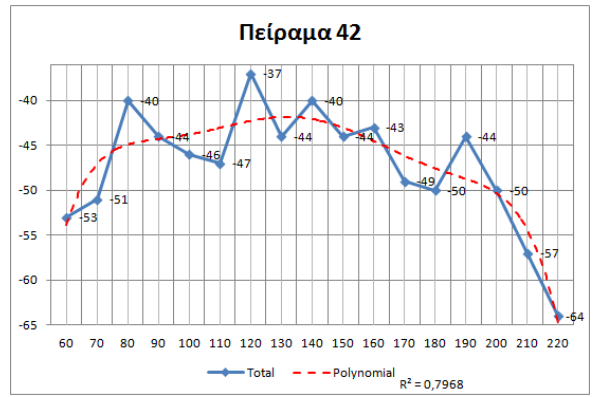
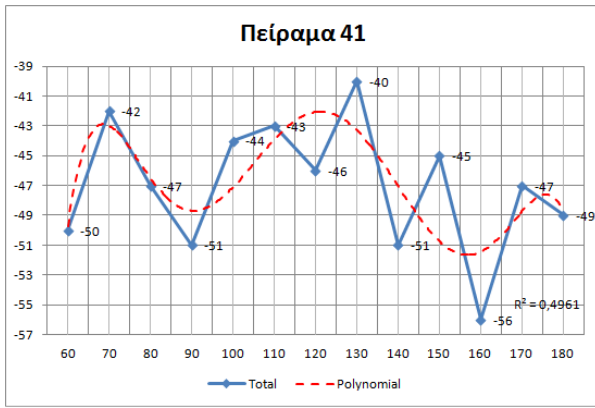


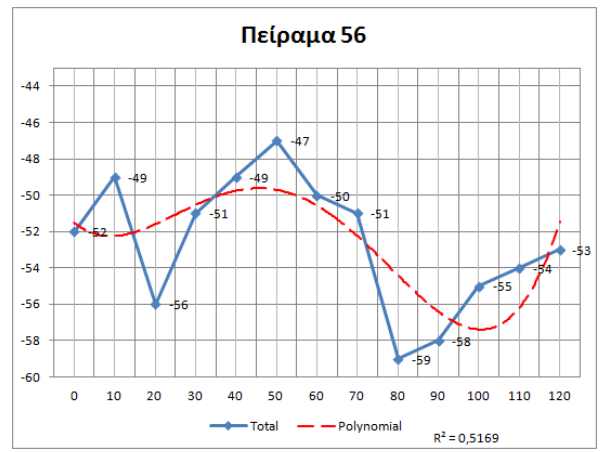
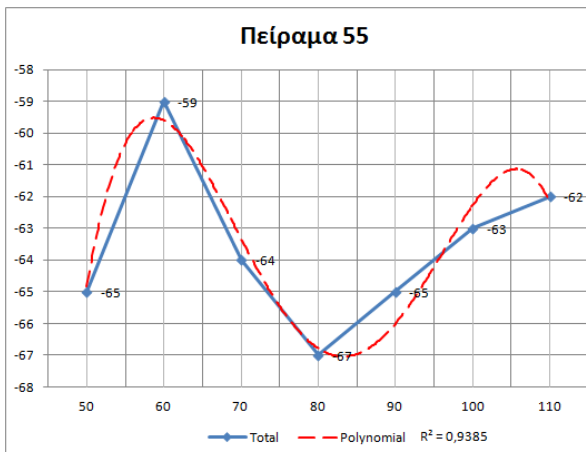
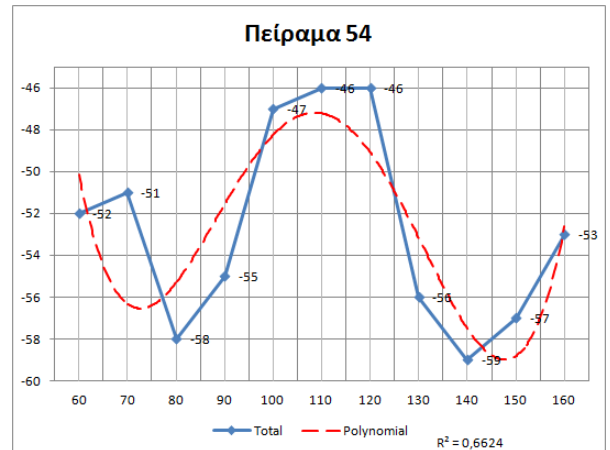
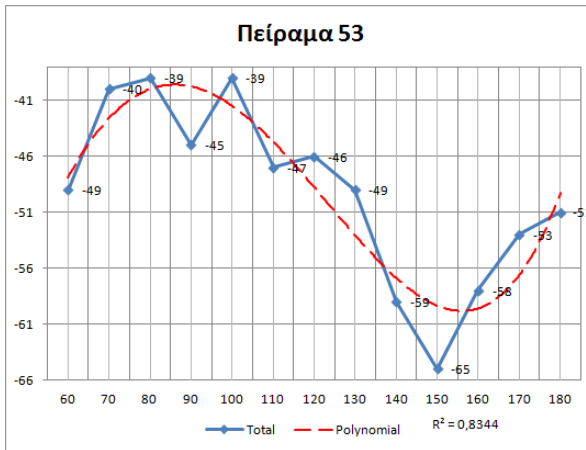
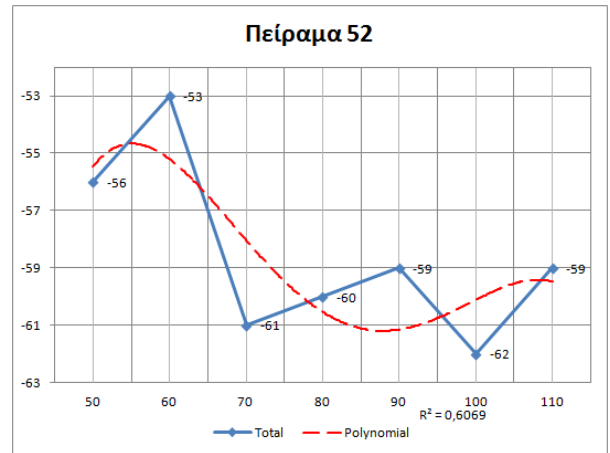
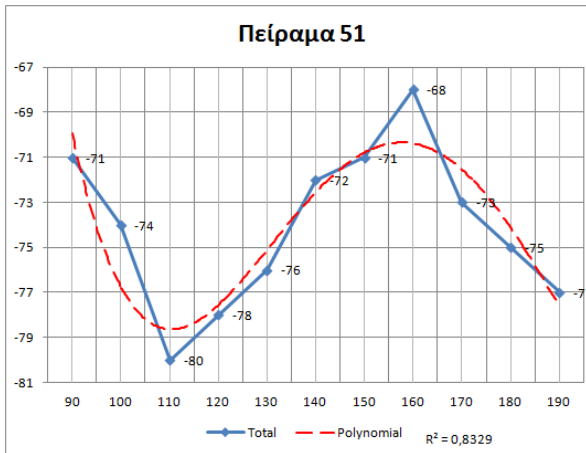
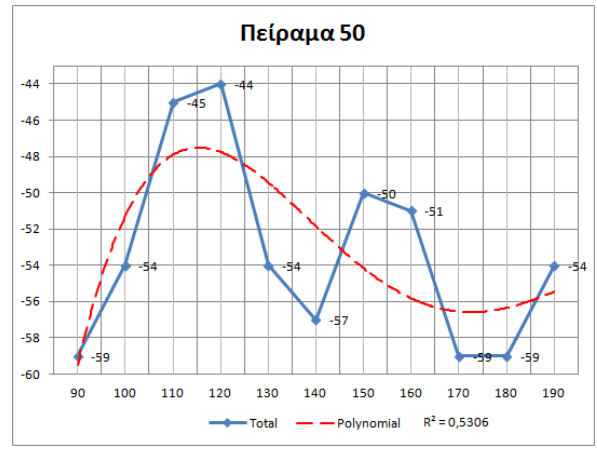
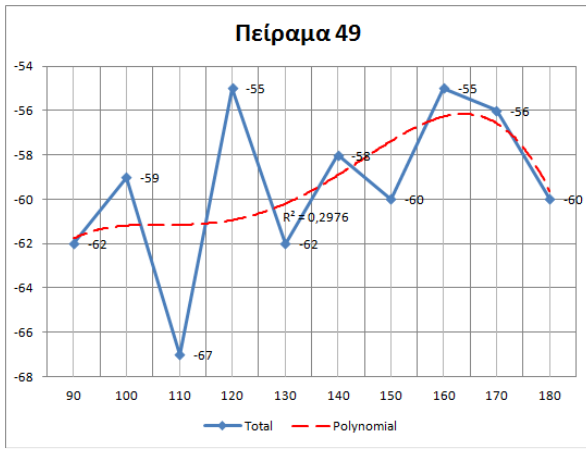


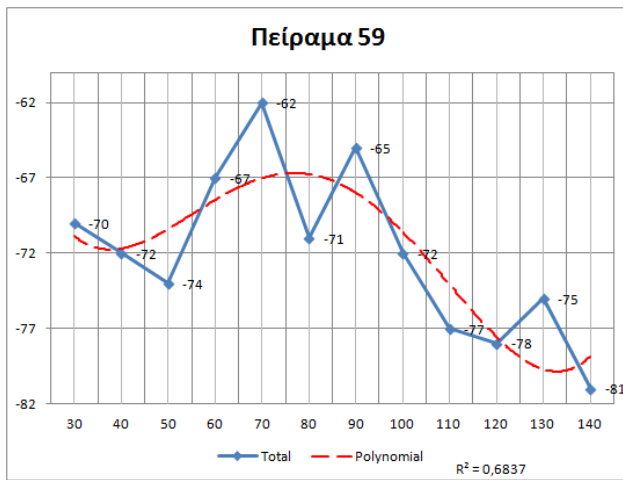
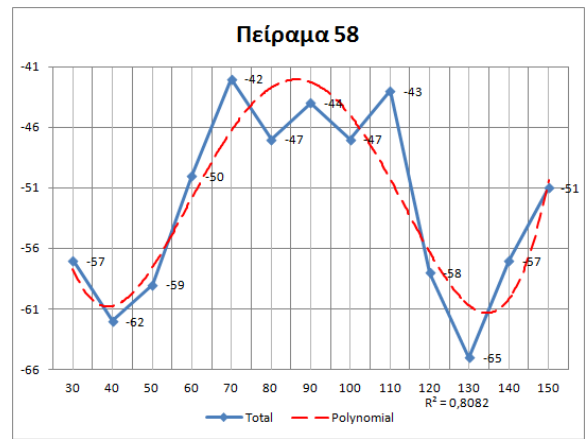
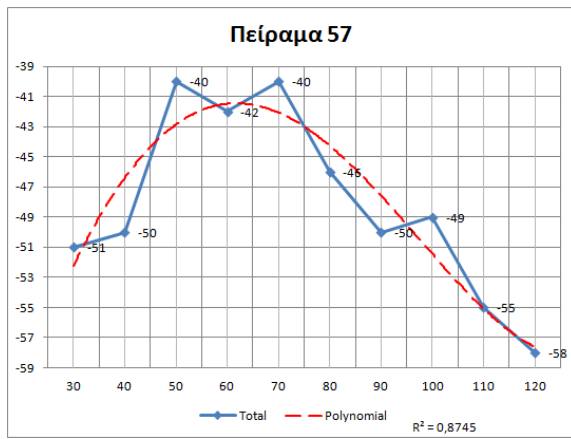








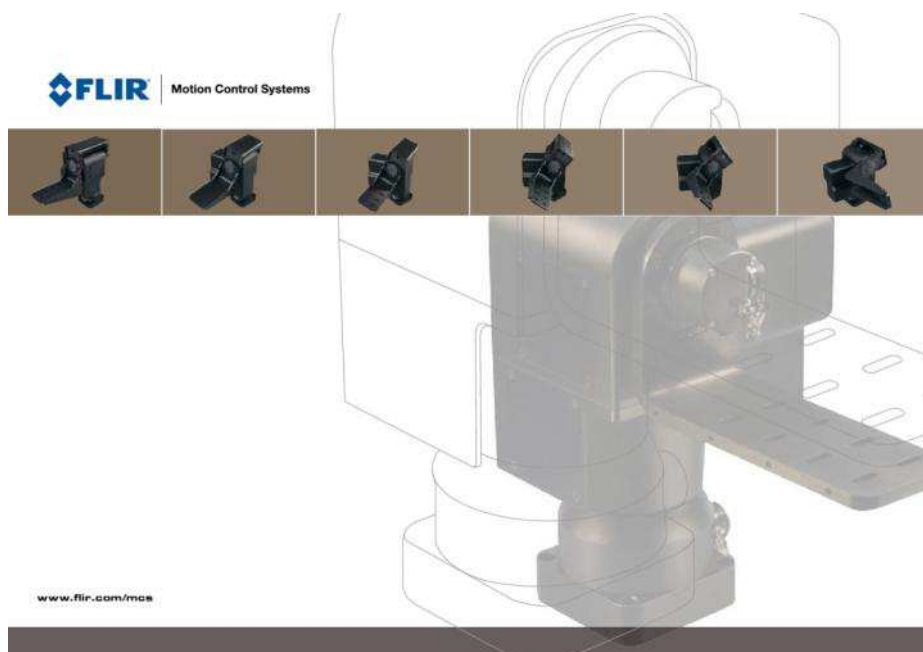




Παράρτημα Δ

Άλλες Πληροφορίες

Δ.1 Επαγγελματικοί μηχανισμοί Pan/Tilt από την ετερεία FLIR



High-Performance Pan/Tilts

Precise real-time pointing of any payload

FLIR Motion Control Systems, Inc. (MCS) offers a complete line of high-performance pan/tilt devices for real-time, computer-controlled positioning of virtually any payload including thermal cameras, video cameras, IP cameras, laser rangefinders, and microwave antennas. Whatever your motion control device needs, MCS's innovative technology and years of application experience can help you create the optimal solution.

Four primary MCS product families are continually evolving to meet your specific needs:

- **PTU-D300 Family:** A versatile group of highly adaptable pan/tilt devices designed to carry very heavy, multi-part payloads including multi-sensor camera systems and antennas as well as payloads on the move.
- **PTU-D100 Family:** Mid-range pan/tilt models for payloads up to 25 pounds featuring compact size and multiple mounting options for fixed and mobile applications.
- **PTU-48 Family:** Compact, lightweight, rugged pan/tilt for payloads up to 15 pounds, ideal for mast-mounted and mobile applications.
- **PTU-D46/47 Family:** Miniature, computer-controlled pan/tilts offer off-the-shelf solutions for positioning of any type of small sensor or other payload up to 12 pounds in an extremely small, lightweight package.

FLIR Motion Control Systems pan/tilt units help lower your development risk and increase your first-time application success through innovation, adaptability, quality, and durability.

Customized solutions to meet a wide range of requirements

The MCS engineering staff will work with you to define an optimal solution whether it is a small modification to one of our standard products, a completely new design, or an integration with other system components. The MCS team has broad expertise in electro-mechanical design, embedded and enterprise software design and development, communications, computer vision, robotics and control systems, and more. The MCS high-volume manufacturing process assures that you will receive high-quality products delivered when needed.



Border Security

McQ, an industry leader in remote surveillance, security, and environmental monitoring products, needed a pan/tilt platform with efficient battery power, small form factor, light weight, and durability in harsh environments to position the camera in one of their advanced systems. FLIR MCS's PTU-D46 computer-controlled pan/tilt family was an ideal match, providing an off-the-shelf platform with high quality, flexibility, and reliability. More information at:

http://www.FLIR.com/mcs/pdf/McQ_CustomerStory.pdf

Automated Threat Detection

Gineq selected the PTU-D300 as the core of their SPD-7R, a passive millimeter wave detection sensor for threat detection in airports. More information at:

http://www.FLIR.com/mcs/pdf/TSA_CustomerStory.pdf

Automated Test in Military, Aerospace, and Industrial Markets

The U.S. Army's Yuma Test Center (YTC) needed to streamline aging, disparate systems into a single system that integrated commercially-available hardware with a new software application in order to provide automated electronic data acquisition, calibration, and computer control of velocimeter antennas and IR flash detectors. Multiple FLIR MCS's PTU-D300s, with their flexible payload mounting, rugged design, and built-in computers, were networked to provide coordinated, single-point control during test procedures. More information at:

http://www.FLIR.com/mcs/pdf/Yuma_CustomerStory.pdf



The PTU-D300 is a key component in Gineq's stand-off detection system for the TSA.



The U.S. Army needed a rugged positioner that could be deployed adjacent to weapons at the Yuma Test Center.

For additional case history success stories visit the FLIR MCS website at <http://www.FLIR.com/mcs/pdf/application>.

Precision. Speed. Reliability.

A high-performance pan/tilt device for your application

High speed, precision, durability, and small form factors are integral in the design and performance of every MSC product. All MCS devices feature:

- Dynamic Rigidity, Precise Geometry: Aluminum pan/tilt body construction that provides very rigid, repeatable positioning
- 100% duty-cycle design: Stepper motors with an asymmetrical worm-gear design for maximal performance
- Wide range of pan speeds (< 0.006°/sec to 300°/sec)
- Wide temperature specs, all-weather
- Flexible mounting of any payload
- Real-time computer control interface
- Rich command set (ASCII and binary) providing fine-grained, real-time control of position (absolute and relative), velocity, acceleration, and other unit functions
- Geo-pointing and gyro inertial stabilization
- DC power operation
- Low power consumption for battery applications



PTU-D300 Family

Extreme-duty pan/tilt for large payloads with advanced options including RF pass-through, stabilization, stainless gearing, and more. Suited for fixed and mobile, antenna, camera, and other large and multi-part payloads.



PTU-D100 Family

Mid-range, high-performance rugged pan/tilt supports multi-part payloads and internal wiring/slip-ring. Suited for fixed and mobile applications.



PTU-D48 Family

Small, rugged outdoor units for single and multi-part payloads with an integrated controller and continuous-pan options.



PTU-D47 and the PTU-D46 Families

Extremely small, light, and supporting payloads up to 12 pounds, the D46/D47 family is ideal for a wide range of indoor and outdoor applications.



	PTU-D300 Family	PTU-D100 Family	PTU-D48 Family	PTU-D47 and the PTU-D46 Families
Max. Payload	up to 90+ lb	up to 25 lb	up to 15 lb	up to 12 lb
Resolution	up to 0.006°	up to 0.0075°	up to 0.008°	up to 0.003°
Speed	up to 100°/sec	up to 120°/sec	up to 100°/sec	up to 300°/sec
Weight	~26-28 lb	~17 lb	~10 lb	~3-5 lb

*For detailed specifications, see the DVD in the back of this brochure.



SAC chose the PTU-D300 for BLAST, their advanced intrusion detection system.



The PTU-D300 provides precise pointing for TSA security applications.

PTU-D300 – Tough, Flexible, and Powerful

The **PTU-D300 Family** of full-sized computer-controlled pan/tilts are designed for a wide range of outdoor fixed and mobile applications. They are compact, rugged, and offer an off-the-shelf solution for positioning of any type of sensor or other payload. The D300 family has been proven in harsh environments in a wide variety of fixed, ground vehicle, air, and sea applications.

All PTU-D300 models include the following features:

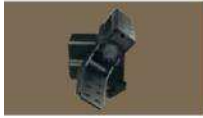
- Vibration-tolerance for vehicle-mounted applications
- Oil-filled gear train for superior long-term performance
- Extremely precise positioning that translates object positions to global coordinates accurately
- Single weatherized mil-style connector provides power, pan/tilt, and payload signals
- Precise control of position, speed, and acceleration
- Simple control from host computer via RS-232/-485
- Fully sealed for outdoor/marine applications (IP67)
- Fully integrated controller
- Built-in serial (RS-232/-422/-485) and Ethernet (E-Series models)

The **PTU-D300 Standard Model** is a computer-controlled pan/tilt unit designed for fast, accurate positioning of heavy payloads. It provides high torque for payloads up to 70 pounds while maintaining speed, precision, and a small form-factor. Its rigid design is designed for demanding applications that require up to 100% duty cycles and long life in harsh, all-weather environments.

The **PTU-D300-RF Model** provides fast, accurate positioning of antennas and other payloads. It features a DC-18GHz RF rotary joint and slip-ring to provide continuous pan rotation. Real-time control capabilities make the D300-RF ideal for tracking applications. The durability of the D300-RF makes it suitable for demanding harsh, all-weather environments such as air, ground, or sea vehicles, and for applications that require high duty-cycles. The D300-RF features 360° continuous-pan including pass-through for DC-18 GHz RF, power, and serial/control lines.

The **PTU-D300-ISM Low-Cost Stabilized Pan/Tilt** provides stabilized pointing for virtually any type of payload. The integrated MEMs sensor is used to measure platform motion in real-time and the pan/tilt is dynamically controlled to compensate for unwanted motion. It provides line-of-sight stabilization of any type of payload aboard boats, ground vehicles, and aircraft. The D300-ISM provides real-time control while stabilized, enabling applications such as tracking, radar slew-to-cue, and joystick operation.

The **PTU-D300-EX** builds on the PTU-D300 family and utilizes a higher ratio, all-stainless gear drive to provide increased torque and durability. The result is increased payload capacity, and extremely low-wear over high duty cycles. The PTU-D300-EX is available in most of the PTU-D300 configurations, making it an ideal OEM platform for a wide range of applications.



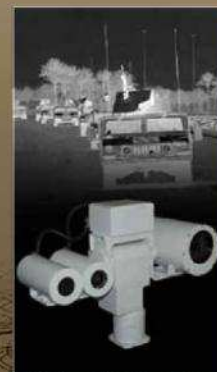
	PTU-D300	PTU-D300-RF	PTU-D300-ISM	PTU-D300-EX
Max Payload (lb)	35/70 (top/side)	35/70 (top/side)	20/35 (top/side)	50/90 (top/side)
Position Resolution (")	0.006	0.006	0.006	0.006
Max Pan Speed (°/sec)	50, 100	50, 100	90	22
Weight (lb)	26	29	28	26
Stabilization	No	Option	Yes	No
Payload Bracket	Top+Side, Top+Dual-side	Top+Side, Top+Dual-side	Top+Side, Top+Dual-side	Top+Dual-side
Payload Pass-throughs	8-12	RF (DC-18GHz) plus 8	8	8-12



SET Corporation selected the MCS D300 pan/tilt for its precision, reliability, and flexibility in payload mounting.



Naval uses the PTU-D300-ISM in their compact overcage for communication between naval vessels.



FLIR MCS pan/tilt featuring our ISM module provide excellent stabilization for thermal imaging applications.



PTU-D100 – Fully integrated, advanced positioners for mid-size payloads

The **PTU-D100 Family** is comprised of compact, lightweight, rugged modular computer-controlled pan/tilt units designed for high-speed, accurate positioning and control of camera, laser, antenna, or other payloads up to 25 pounds or more. They withstand high duty-cycles and offer long life in harsh all-weather environments for fixed and mobile applications. All D100 models include the following features:

- Small form-factor and light weight
- Position resolution down to 0.0075°
- Wide range of pan speeds (< 0.0075°/sec to over 120°/sec)
- Wide range DC voltage input
- Low power consumption for battery applications
- 360° continuous-pan including pass-through for multiple cameras and other payload types [Video, IR, Laser]
- Flexible payload mounting (top, side, or dual-side)
- Fully sealed for outdoor/marine applications (IP67)
- Built-in serial (RS-232/-422/-485) and Ethernet (E-Series models)

The **PTU-D100 Standard Model** features smooth, repeatable motion and a rigid design that provides steady images and accurate visual tracking in windy environments and vehicle-mounted applications. A powerful command set supports real-time detection and tracking applications: absolute angle, relative angle, velocity control, and geo-pointing with the GPM option.

The **PTU-D100-ISM** integrates a powerful, low-cost MEMs gyro to provide active inertial stabilization of any type of payload. Stabilization improves images while on the move and allows communications links to be maintained from air, ground, or sea platforms. The PTU-D100-ISM is an ideal OEM platform for a wide range of applications including slew-to-cue, video tracking, antenna tracking, and more.



	PTU-D100 Standard	PTU-D100-ISM
Max Payload (lb)	25	20
Position Resolution (°)	0.0075	0.0075
Max Speed (°/sec)	120	120
Weight (lb)	18.5	19.5
Stabilization	No	Yes



Above and below: Both D100 and D300 units are integrated into Vumii's advanced night vision surveillance systems.



The D100 used as a pan/tilt platform for a thermal imager.



250 meters



1,400 meters



2,700 meters





PTU-D48 — Rugged, Compact, Precise

The **PTU-D48 Family** of compact pan/tilt units provide accurate real-time positioning of cameras, lasers, antenna, or other payloads up to 15 pounds. The PTU-D48 models are fully weatherized, offer integrated controller and internal wiring for payload signals, and are designed for harsh environments in fixed and mobile applications.

All D48 models include the following features:

- Low-cost, off-the-shelf solutions readily available
- Positions any payload: IP cameras, antennas, lasers
- Powerful command set supports real-time detection and tracking applications: absolute angle, relative angle, velocity control, geo-pointing (lat/long) with GPM option, continuous velocity control
- Built-in serial (RS-232/-422/-485) and Ethernet (E-Series models)
- Single connector for all video, control, power
- Integrated controller - no other electronics box required
- Slip-ring for 360°-continuous pan (optional)

The **PTU-D48** is designed for high-speed, accurate positioning of camera, laser, antenna, or other payloads up to 15 pounds. It is a fully integrated design with a single weatherized connection for power, control, and camera/payload signals. Its compact size and light weight make it ideal for mast/pole mount and vehicle applications. The PTU-D48 withstands high duty-cycles and offers long life in harsh, all-weather environments (IP67).

The **PTU-D48-DVE** is an integrated electric pan/tilt with a full digital interface designed as a drop-in solution that is fully compliant with the Driver's Vision Enhancer Family of Systems (DVE-FDS) and Forward Activity Detection System (FADS) requirements for tactical wheeled vehicles. The PTU-D48-DVE's advanced speed/acceleration control and absolute positioning meet current DVE/FADS requirements as well as future applications and offer precise, slew-to-cue functionality.



	PTU-D48	PTU-D48DVE
Max Payload (lb)	15/10 (side/top)	10
Position Resolution (°)	0.003/0.006	0.003/0.006
Max Speed (°/sec)	100/50	100/50
Wiring	Internal Option; Slip-ring option	Internal Option; Slip-ring option
Weight (lb)	< 10	< 10
Acceleration/Deceleration	On-the-fly speed and position changes.	Continuous, absolute speed command. Supports non-linear variable speed control requirement.
Stabilization	Option	Option

PTU-D47 and PTU-D46 — Miniature, Precise, Fast

The **PTU-D47** compact, lightweight, computer-controlled pan/tilt is versatile and field-proven across 100's of applications. It offers a low-cost, off-the-shelf solution for positioning of camera, laser, antenna, or other payloads up to 12 pounds. It features a fully integrated mil-style controller for power and pan/tilt control, as well as payload signal management (optional) in outdoor fixed and mobile applications. The side-mount bracket allows positioning payloads for a lower center-of-gravity, and for mounting multiple payloads (top and side).

The **PTU-D46 Family** of miniature pan/tilt units provide fast, precise positioning in an extremely small and lightweight package. They are fully computer-controlled and offer programmability of speed, acceleration, power, and other parameters. The included controller handles precise kinematic motion control according to user set parameters. The controller includes built-in RS-232 and RS-485 interfaces and the units can be networked. They accept ASCII and binary—high-speed, real-time command formats for demanding applications such as laser scanning and video tracking. The D46 family offers the following key features:

- Base with multiple mount points including 1/4 20 threaded hole for tripod mount
- Separate controller (4" x 3" x 1") can be located up to 56' away from the head
- RS-232 and RS-485 interfaces are provided on the controller (RS-485 interface supports multi-drop networking of up to 127 devices)
- Optional Geo-Pointing Module provides an Ethernet/IP control interface
- Extended I/O option allows a trackball to be connected directly to the pan/tilt unit for direct control without a computer
- Single DC power input suited for battery operation



McQ, a leader in surveillance, security, and environmental monitoring products, uses the D-46 as an off-the-shelf pan/tilt platform with a great deal of versatility for their OmniSense PT2® remote intrusion sensor system.

	PTU-D46-17	PTU-D46-70	PTU-D46-17P70T	PTU-D47
Max Payload (lb)	6	9	9	12
Position Resolution (°) (pan/tilt)	0.01	0.003	0.01/0.003	0.01/0.003
Max Speed (°/sec)	300	60	300/60	300/60
Weight (lb)	3	3	3	5.4

About FLIR Motion Control Systems



Founded with a mission to be a leading manufacturer of innovative devices and software for the intelligent control of sensors and sensor processing, FLIR Motion Control Systems, Inc. (formerly Directed Perception) created one of the first miniature computer-controlled pan/tilt tracking mounts in 1992. FLIR MCS continues to lead the field in innovation, applied design, and service with patented products in use in a wide range of industries including Security & Surveillance, Industrial Automation, Robotics, Communications, Military/Aerospace, Law Enforcement, Education, R&D, Webcams, and Teleconferencing/Distance Learning applications. Our pan/tilt devices provide precise control of sensors like video cameras, thermal imagers, laser rangefinders, microwave antennas, and many more. MCS maintains engineering capabilities in mechanical design, electronics, and embedded and network software development. Find out more at www.FLIR.com/mcs.

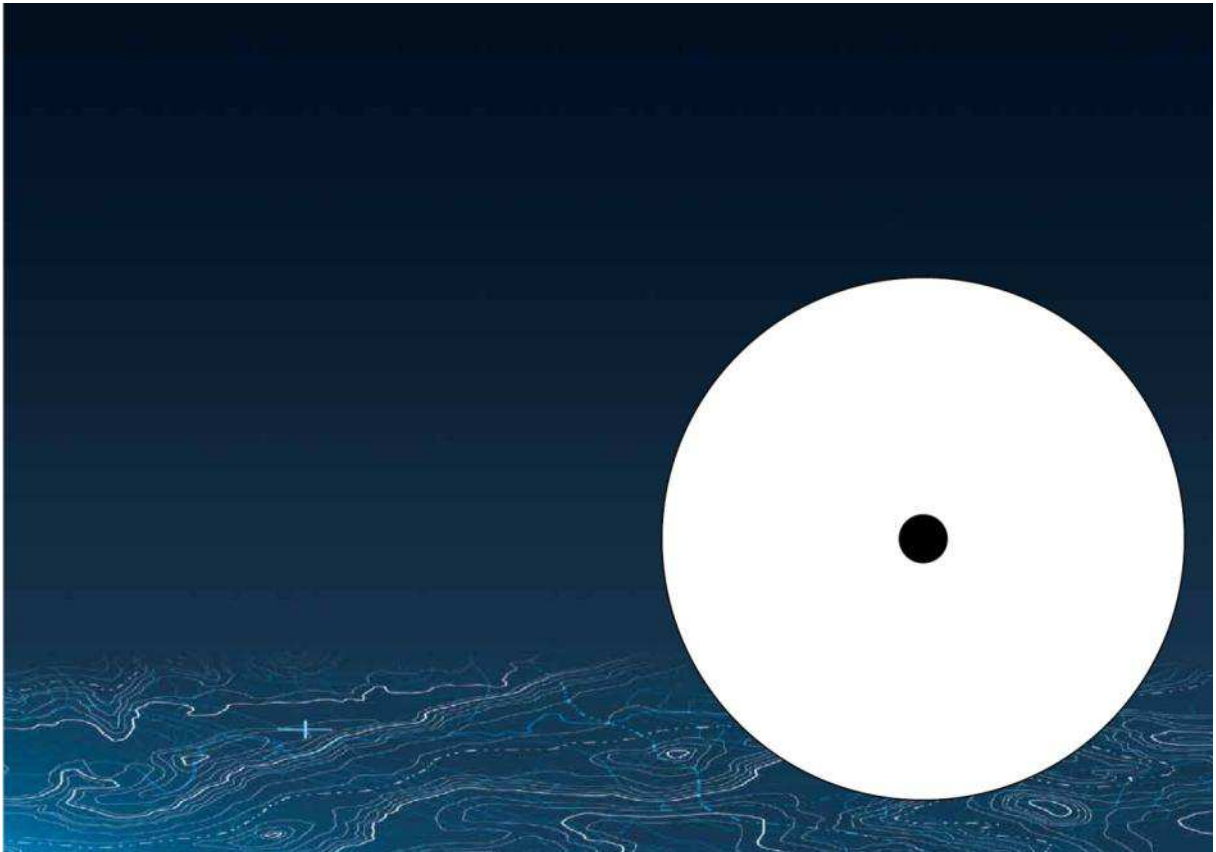
About FLIR

As the world's largest commercial infrared company, FLIR Systems has fielded more high quality thermal night vision systems than anyone in the world. Our rugged, stabilized imagers are on thousands of civil and military platforms – surface and airborne – in the US and around the world. That's more than every other manufacturer combined.

With thousands of our thermal cameras on the job in military, scientific, law enforcement, and security applications, FLIR brings an unmatched level of experience and dedication to the creation of cutting edge thermal night vision systems.

We design and manufacture all of the critical technologies inside our products, including detectors, electronics, special lenses, pan/tilt motion control systems, and we assemble it all right here in the US.

For additional technical information, or to see a demonstration of these revolutionary thermal night vision systems, contact a FLIR representative today. You can also visit www.FLIR.com to watch product videos and see how thermal imaging can keep you on the water, night and day.





SAN FRANCISCO

FLIR Systems, Inc.
8900 Cowan Rd.
Burlingame, CA 94010
USA
PH: + 1 650.692.3900 (Sales)
FX: + 1 650.692.3930
www.FLIR.com/MCS
mcs@flir.com

**PORTLAND
CORPORATE HEADQUARTERS**

FLIR Systems, Inc.
27700 SW Parkway Ave.
Wilsonville, OR 97070
USA
PH: + 1 650.692.3900 (Sales)

SANTA BARBARA

FLIR Systems, Inc.
70 Castilian Dr.
Goleta, CA 93117
USA
PH: + 1 650.692.3900 (Sales)

THE NETHERLANDS

FLIR Systems BV
Charles Petitweg 21
4847 NW Tebanning - Bréda
The Netherlands
PH: +31 (0) 765.794194

www.flir.com/mcs

Equipment described herein may require US Government authorization for export purposes. Diversion contrary to US law is prohibited. Specifications are subject to change without notice.
©2010 FLIR Systems, Inc. All rights reserved. 1001 001

