



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ  
ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΛΙΚΩΝ

## Ανάκτηση web περιεχομένου σε συνθήκες ανίχνευσης περιβάλλοντος

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Ιωάννης Χ. Κακαβάς

Επιβλέπων : Νικόλαος Μήτρου  
Καθηγητής

Αθήνα, Ιούλιος 2009





ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ  
ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΛΙΚΩΝ

## Ανάκτηση web περιεχομένου σε συνθήκες ανίχνευσης περιβάλλοντος

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Ιωάννης Χ. Κακαβάς

**Επιβλέπων :** Νικόλαος Μήτρου  
Καθηγητής

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 15<sup>η</sup> Ιουλίου 2009.

.....  
Νικόλαος Μήτρου  
Καθηγητής ΕΜΠ

.....  
Συμεών Παπαβασιλείου  
Επ. Καθηγητής ΕΜΠ

.....  
Μιχαήλ Θεολόγου  
Καθηγητής ΕΜΠ

Αθήνα, Ιούλιος 2009

.....  
Ιωάννης Χ. Κακαβάς 2009

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Copyright © Ιωάννης Κακαβάς 2009.

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

## *Περίληψη*

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι αφενός να πραγματοποιηθεί μια συγκριτική μελέτη των τεχνολογιών που χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό της θέσης, όσον αφορά την χρησιμοποίησή τους σε υπηρεσίες που παρέχονται με βάση τη θέση. Οι κύριοι άξονες πάνω στους οποίους επιχειρείται η σύγκριση αυτή είναι η διαθεσιμότητα της υπηρεσίας, η ακρίβεια της όσον αφορά τον εντοπισμό της θέσης, καθώς και το κόστος και η ευκολία υλοποίησης.

Αφετέρου υλοποιείται μια υπηρεσία ξενάγησης σε εξωτερικούς και εσωτερικούς χώρους, χρησιμοποιώντας GPS και Bluetooth αντιστοίχως ως τεχνολογίες εντοπισμού θέσης, και γίνεται έλεγχος της λειτουργικότητας και της χρηστικότητας της συγκεκριμένης υπηρεσίας μέσα από μια σειρά πειραματικών διατάξεων και μετρήσεων.

Η αρχιτεκτονική με την οποία υλοποιήθηκε η εν λόγω υπηρεσία, έγινε όσο το δυνατόν πιο σπονδυλωτή, χρησιμοποιώντας μη ιδιοταγή πρότυπα ώστε να είναι εύκολα επεκτάσιμη και να μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν βάση για περαιτέρω ανάπτυξη της υπηρεσίας.

**Λέξεις Κλειδιά :** Ανάκτηση web περιεχομένου, υπηρεσίες που παρέχονται με βάση τη θέση, συγκριτική μελέτη τεχνολογιών εντοπισμού θέσης, υπηρεσίες ξενάγησης.



## *Abstract*

The purpose of this diploma thesis is at one hand the realization of a comparative study of the technologies currently used for position tracking, in the scope of their use in location based services. The main axis of this comparison is the availability of the technologies, the precision of the location tracking, and the cost and ease of deployment.

On the other hand, a service is deployed providing tour guidance in external and internal environments, utilizing GPS and Bluetooth as location tracking technologies, respectively. The functionality and the usability of the service are tested through a series of experiments and measurements.

The architecture upon which the service is based is designed to be as modular as possible, using non-proprietary standards making it easily extendable and potentially allowing for further deployment.

**Keywords:** Web content retrieval, location based services, comparative study of technologies for position tracking, tour guidance services





## Ευχαριστίες

Θέλω να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα της εργασίας μου Καθηγητή κ. Μήτρου Νικόλαο για το ενδιαφέρον του , τη βοήθεια του και την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ με ένα τόσο ενδιαφέρον θέμα για την εκπόνηση της διπλωματικής μου εργασίας. Ακόμα, τον υποψήφιο διδάκτορα Ε.Μ.Π. Ζαφειρόπουλο Αναστάσιο για την πολύ καλή συνεργασία που είχαμε, για όλες τις φορές που ασχολήθηκε πραγματικά με προβλήματα που συνάντησα προσφέροντας λύσεις και νέες ιδέες, για την συνολική του καθοδήγηση για την ολοκλήρωση της εργασίας και τέλος για την κατανόηση ή «αυστηρότητα» που επέδειξε όπου χρειαζόταν καθ' όλη τη διάρκεια.

Δε θα μπορούσα να μην ευχαριστήσω τη Στέλλα για όλη την ηθική και ψυχολογική υποστήριξη και τους φίλους και συμφοιτητές μου Μάριο, Μιχάλη και Μάνο που με την ακαδημαϊκή τους πορεία έθεσαν ένα παράδειγμα προς μίμηση βάζοντας τον πήχη αρκετά ψηλά.

Τέλος τους γονείς μου Χρήστο και Μαρίνα, καθώς και τις αδερφές μου Δέσποινα , Νεκταρία και Εύα για την αγάπη, την υποστήριξη και την υπομονή τους.



# Πίνακας περιεχομένων

Κεφάλαιο 1 : Εισαγωγή .....	13
Κεφάλαιο 2 : Τεχνολογίες Εντοπισμού Θέσης.....	14
2.1 Bluetooth.....	14
2.2 GPS .....	15
2.2.1 Γενικά.....	15
2.2.2 Εισαγωγή στη διαδικασία εντοπισμού θέσης .....	17
2.2.3 Πηγές σφαλμάτων.....	21
2.3 Assisted GPS.....	22
2.4 RFID .....	24
2.4.1 Παθητικοί RFID Πομποδέκτες .....	25
2.4.2 Ενεργοί RFID πομποδέκτες .....	26
2.4.3 Ημιπαθητικοί RFID Πομποδέκτες.....	26
2.5 GSM.....	28
2.5.1 Εκτίμηση της θέσης από τον Πάροχο Τηλεπικοινωνιακών Υπηρεσιών .....	29
2.5.2 Εκτίμηση της θέσης του κινητού τηλεφώνου από την ίδια την συσκευή.....	30
2.6 Ultra-wideband .....	31
2.7 ZigBee.....	32
Κεφάλαιο 3 : Συγκριτική Μελέτη Τεχνολογιών Εντοπισμού Θέσης για τη χρησιμοποίηση τους σε Υπηρεσίες που παρέχονται με βάση τη θέση. ....	34
3.1 Γενικά.....	34
3.2 GPS .....	35
3.3 Assisted GPS.....	35
3.4 Bluetooth.....	36
3.5 RFID .....	36
3.6 GSM.....	37
3.7 UWB .....	37
3.8 Zigbee .....	37
Κεφάλαιο 4 : Υπηρεσίες που παρέχονται με βάση τη θέση (Location Based Services) ...	38
4.1 Περιγραφή των υπηρεσιών που παρέχονται με βάση τη θέση. ....	38
4.2 Χρησιμότητα των υπηρεσιών που παρέχονται με βάση τη θέση .....	41
4.3 Κατηγοριοποίηση των υπηρεσιών που παρέχονται με βάση τη θέση. ....	41
4.4 Κατηγοριοποίηση με βάση την χρησιμότητα και το περιεχόμενο.....	42
Κεφάλαιο 5 : Προτεινόμενη Αρχιτεκτονική.....	45
5.1 Γενικά.....	45
5.1.1 J2ME .....	45
5.1.2 CLDC και CDC .....	46
5.1.3 MIDP.....	46
5.1.4 Midlets .....	47
5.1.5 Java Application Descriptors ( Αρχεία JAD ).....	48
5.1.6 Δημιουργία ενός midlet .....	48
5.2 Προτεινόμενη Αρχιτεκτονική .....	49
5.2.1 Κύρια στοιχεία της Αρχιτεκτονικής του συστήματος.....	50
5.2.3 Σενάριο Χρήσης Εφαρμογής .....	51
Κεφάλαιο 6 : Υλοποίηση Συστήματος .....	52
6.1 Λογισμικό Φορητής Συσκευής - Τερματική Εφαρμογή.....	52

6.2	Εξυπηρετητής Προσδιορισμού Θέσης – Εξυπηρετητής διαχείρισης περιεχομένου	54
6.3	Περιγραφική Λογική Εφαρμογής .....	54
	Κεφάλαιο 7 : Πειραματικές Μετρήσεις .....	55
7.1	Διαθέσιμος Εξοπλισμός .....	55
7.2	Πειραματικές Μετρήσεις Bluetooth .....	56
7.2.1	Μέτρηση Εμβέλειας των Tag ανάλογα με το επίπεδο ισχύος της εκπομπής ...	56
7.2.2	Αλληλεπίδραση Wi-Fi και Bluetooth .....	58
7.2.3	Πειραματικές μετρήσεις με 2 tags .....	60
7.2.4	Πειραματικές Μετρήσεις με 3 Tags.....	64
7.2.5	Περιήγηση σε εσωτερικό χώρο.....	71
7.2.6	Γενικά Συμπεράσματα από τις πειραματικές μετρήσεις σε εσωτερικούς χώρους .....	71
7.2.7	Πειραματικές Μετρήσεις σε Εξωτερικό Χώρο.....	73
7.3	Πειραματικές Μετρήσεις GPS .....	79
7.3.1	Εισαγωγή.....	79
7.3.2	Περιήγηση με Χρήση Non-Assisted GPS.....	83
7.3.3	Περιήγηση με χρήση A-GPS .....	84
7.3.4	Σύγκριση Assisted GPS – Non Assisted GPS .....	86
7.3.5	Μαθηματική Εισαγωγή στον Τρόπο εύρεσης της απόστασης μεταξύ 2 σημείων στην επιφάνεια της γης .....	87
7.3.6	Συμπεριφορά του λογισμικού στην πλευρά του εξυπηρετητή.....	88
	Κεφάλαιο 8 : Επίλογος.....	91
8.1	Σύνοψη – Συμπεράσματα .....	91
8.2	Μελλοντικές επεκτάσεις και βελτιώσεις .....	92
	Κεφάλαιο 9 : Βιβλιογραφία .....	92

## ***Κεφάλαιο 1 : Εισαγωγή***

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι κατά πρώτον η συγκριτική μελέτη των τεχνολογιών που χρησιμοποιούνται ή μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον εντοπισμό θέσης όσον αφορά την χρησιμοποίησή τους σε υπηρεσίες που παρέχονται με βάση τη θέση. Κατ' αρχάς λοιπόν, στο κεφάλαιο 2 παρουσιάζονται οι προς σύγκριση τεχνολογίες και γίνεται αναφορά στα κυριότερα χαρακτηριστικά τους καθώς και τους τομείς και τις υπηρεσίες στους οποίους χρησιμοποιούνται ήδη.

Στο κεφάλαιο 3 παρουσιάζεται η σύγκριση τους όσον αφορά τα ακόλουθα χαρακτηριστικά τους : κάλυψη, ακρίβεια, καθυστέρηση, διαθεσιμότητα, κόστος. Στη συνέχεια και στο κεφάλαιο 4, γίνεται αναφορά στις υπηρεσίες που παρέχονται με βάση τη θέση. Παρουσιάζονται διάφορα παραδείγματα υπηρεσιών και τονίζεται η χρησιμότητά τους, ενώ επιχειρείται και μια κατηγοριοποίηση σε σχέση με διακριτά χαρακτηριστικά τους.

Στο κεφάλαιο 5 περιγράφεται η αρχιτεκτονική του υλοποιημένου συστήματος, ξεκινώντας από μια γενική αναφορά στην πλατφόρμα J2ME και καταλήγοντας σε λεπτομερή περιγραφή των δομικών υπομονάδων της εφαρμογής και ενός σεναρίου χρήσης της. Στο 6<sup>ο</sup> κεφάλαιο της παρούσας εργασίας περιγράφεται η υλοποίηση του συστήματος, ο τρόπος με τον οποίον αλληλεπιδρούν τα διάφορα μέρη του και αναλύεται λεπτομερέστερα η λειτουργία του κατά τη διάρκεια μιας τυπικής χρήσης.

Τέλος στο 7<sup>ο</sup> κεφάλαιο, παρουσιάζονται οι πειραματικές μετρήσεις που έγιναν και αφορούσαν τόσο στη λειτουργικότητα και χρηστικότητα της εφαρμογής, αλλά και σε μια πιο θεωρητική εξέταση των δυνατοτήτων που παρέχει το Bluetooth στην χρησιμοποίησή του σε υπηρεσίες εντοπισμού θέσης.

## ***Κεφάλαιο 2 : Τεχνολογίες Εντοπισμού Θέσης***

### ***2.1 Bluetooth***

Το Bluetooth είναι ένας βιομηχανικός ορισμός για ασύρματα προσωπικά δίκτυα ( wireless Private Area Networks – PANs ). Παρέχει δυνατότητες σύνδεσης και ανταλλαγής πληροφοριών ανάμεσα σε ένα μεγάλο πλήθος συσκευών, όπως κινητά τηλέφωνα, υπολογιστές χειρός, δέκτες GPS, κονσόλες παιχνιδιών. Οι συσκευές Bluetooth μπορούν να συνδέονται ταυτόχρονα με έως 7 άλλες συσκευές δημιουργώντας δίκτυα, που ονομάζονται piconets. Η ευελιξία αυτή τους παρέχει την δυνατότητα να μπορούν να είναι ταυτόχρονα μέλη πολλών piconets σχηματίζοντας έτσι scatternets. Το Bluetooth επιτρέπει την ταυτόχρονη μετάδοση ομιλίας και δεδομένων καθιστώντας το ικανό να υποστηρίξει πλήθος υπηρεσιών, όπως hands-free ακουστικά για κινητά τηλέφωνα, διασύνδεση κινητών τηλεφώνων με υπολογιστές, καθώς και υπηρεσίες που παρέχονται με βάση τη θέση.

Το πρωτόκολλο του Bluetooth σχεδιάστηκε για να παρέχει υπηρεσίες διασύνδεσης και μεταφοράς δεδομένων σε μικρές αποστάσεις, εξασφαλίζοντας χαμηλή κατανάλωση ισχύος βασιζόμενο σε χαμηλού κόστους πομποδέκτες που υπάρχουν σε κάθε συσκευή. Λειτουργεί στο μη δεσμευμένο, ISM( Industrial, Scientific and Medical), φάσμα των 2,4 GHz που του παρέχει παγκόσμια διαθεσιμότητα και συμβατότητα. Το γεγονός αυτό, ωστόσο, δημιουργεί προβλήματα παρεμβολών, καθώς το φάσμα αυτό χρησιμοποιείται και από άλλα συστήματα, όπως συναγερούς αυτοκινήτων και άλλες ασύρματες συσκευές, και είναι ευαίσθητο σε πηγές θορύβου, πχ φούρνους μικροκυμάτων. Το Bluetooth ξεπερνά τα προβλήματα αυτά χρησιμοποιώντας μια μέθοδο που ονομάζεται AFH (Adaptive Frequency Hopping). Το φάσμα των 2.4-2.4835 GHz χωρίζεται σε 79 κανάλια εύρους 1 MHz τα οποία χρησιμοποιούνται βάση ενός αλγορίθμου επιλογής και εναλλάσσονται 1600 φορές ανά δευτερόλεπτο. Έτσι, εξασφαλίζει συμβατότητα με τους περιορισμούς στην ποσότητα μετάδοσης ανά συχνότητα του ISM, αντοχή στις παρεμβολές καθώς κάθε παρεμβολή θα ενεργεί για πολύ μικρό χρονικό διάστημα, και τέλος ένα επίπεδο ασφάλειας αφού η αλληλουχία των καναλιών που θα χρησιμοποιηθούν σε μια μετάδοση είναι πολύ δύσκολο να προβλεφθεί. Η τωρινή έκδοση του πρωτοκόλλου (v2.1) εξασφαλίζει ταχύτητες μεταφοράς δεδομένων έως και 3 Mbps. Η κατανάλωση ισχύος, καθώς και το εύρος ζώνης του Bluetooth εξαρτάται από την κλάση ισχύος στην οποία ανήκει η συσκευή που χρησιμοποιούμε. Υπάρχουν 3 διαθέσιμες κλάσεις, οι οποίες περιγράφονται συνοπτικά στον ακόλουθο πίνακα

Κλάση Συσκευής	Ισχύς	Μέγιστη Εξόδου (mW)	Ισχύς	Μέγιστη Εξόδου (dBm)	Ισχύς	Αναμενόμενη Ακτίνα Κάλυψης(m)
Κλάση 1		100		20		100
Κλάση 2		2,5		4		10
Κλάση 3		1		0		0,1

**Πίνακας 2.1 – Κλάσεις Ισχύος Συσκευών Bluetooth**

Κάθε συσκευή Bluetooth , εφόσον της ζητηθεί από κάποια άλλη συσκευή, μπορεί ανά πάσα στιγμή να εκπέμψει τις ακόλουθες πληροφορίες : Το όνομα της, την κλάση ισχύος στη οποία ανήκει, τις διαθέσιμες υπηρεσίες της καθώς και μια σειρά από τεχνικές λεπτομέρειες που μπορεί να περιλαμβάνουν τον κατασκευαστή, τα χαρακτηριστικά της, την έκδοση του πρωτοκόλλου που χρησιμοποιεί .

Κάθε συσκευή μπορεί να “ερευνήσει” τον χώρο για άλλες Bluetooth συσκευές στις οποίες μπορεί να συνδεθεί , και να απαντήσει σε αντίστοιχες “έρευνες” άλλων συσκευών . Αν η διεύθυνση της συσκευής που επιδιώκεται να γίνει η σύνδεση είναι γνωστή, τότε θα απαντήσει σε αιτήματα σύνδεσης παρουσιάζοντας την λίστα με τις λεπτομέρειες που αναφέρθηκαν προηγουμένως. Οι συσκευές έχουν μια mac διεύθυνση 48 bits η οποία ωστόσο δεν χρησιμοποιείται , και αντ' αυτής χρησιμοποιείται το όνομα της συσκευής για την αναγνώριση και της αιτήσεις σύνδεσης προς αυτήν.

Την ιδιότητα αυτή των Bluetooth συσκευών να μπορούν να ερευνήσουν τον χώρο για άλλες συσκευές και να απαντούν σε αντίστοιχα “ερωτήματα” άλλων συσκευών , εκμεταλλευόμαστε στη χρησιμοποίηση του Bluetooth για την ανάπτυξη υπηρεσιών που παρέχονται με βάση τη θέση. Χρησιμοποιώντας μια συσκευή που υποστηρίζει το Bluetooth πρωτόκολλο , όπως π.χ. ένα κινητό τηλέφωνο η ένα PDA και ερευνώντας τον χώρο που βρισκόμαστε για άλλες Bluetooth συσκευές μπορούμε να εκτιμήσουμε τη σχετική θέση της συσκευής μας στον χώρο , ανάλογα με το ποιες συσκευές είναι διαθέσιμες προς σύνδεση.

## **2.2 GPS**

### **2.2.1 Γενικά**

Το GPS ( Global Positioning System ) είναι ένα σύστημα παγκόσμιας δορυφορικής πλοήγησης που αναπτύχθηκε, διαχειρίζεται και συντηρείται από το Υπουργείο Αμύνης των Η.Π.Α. Το GPS χρησιμοποιεί ένα πλέγμα τουλάχιστον 24 δορυφόρων μέσης τροχιάς οι οποίοι εκπέμπουν ακριβή

μικροκυματικά σήματα, και επιτρέπει σε GPS δέκτες επικοινωνώντας με τους δορυφόρους αυτούς να είναι σε θέση να προσδιορίσουν με σχετική ακρίβεια, τη θέση, την ταχύτητα, και την κατεύθυνση τους, καθώς και την ώρα.

Το GPS αποτελείται από 3 βασικά τμήματα. Το Διαστημικό Τμήμα ( Space Segment – SS ), το Τμήμα Ελέγχου ( Control Segment – CS ) και το Τμήμα Χρήστη ( User Segment – US ).

Το Διαστημικό Τμήμα αποτελείται από τους δορυφόρους ή διαστημικά οχήματα στη διάλεκτο του GPS. Οι δορυφόροι αυτοί περιφέρονται γύρω από τη γη, με ακτίνα περιστροφής 26.600 χλμ , και ολοκληρώνουν δύο περιφορές σε μια αστρική ημέρα. Αρχικά τοποθετήθηκαν ανά τέσσερις σε έξι τροχιές γύρω από τη γη και οι τροχιές αυτές σχεδιάστηκαν έτσι ώστε να εξασφαλίζεται το γεγονός ότι κάθε στιγμή , από κάθε σχεδόν σημείο του πλανήτη θα υπάρχουν τουλάχιστον 6 ορατοί δορυφόροι. Από το Σεπτέμβριο του 2007, υπάρχουν σε τροχιά 31 δορυφόροι . Οι επιπλέον δορυφόροι, εξασφαλίζουν μεγαλύτερη ακρίβεια προσφέροντας επιπλέον μετρήσεις στους δέκτες. Ακόμα παρατηρήθηκε ότι η ανομοιογένεια αυτή, σε σχέση με την ομοιογένεια των τεσσάρων δορυφόρων σε κάθε τροχιά προσφέρει μεγαλύτερη αξιοπιστία και διαθεσιμότητα στο GPS σε περιπτώσεις πολλαπλών σφαλμάτων.

Το τμήμα ελέγχου αποτελείται από 4 μέρη. Τον πρωτεύοντα σταθμό ελέγχου , στη βάση Schriever της Αμερικάνικης Αεροπορίας στο Colorado, τον δευτερεύοντα σταθμό ελέγχου, 4 επίγειες κεραίες, και 6 σταθμούς παρακολούθησης. Ο πρωτεύον σταθμός ελέγχου είναι υπεύθυνος για την παρακολούθηση των δορυφόρων, την συντήρησή τους, τις διεργασίες μεταφόρτωσης δεδομένων πλοήγησης προς τους δορυφόρους, και την αντιμετώπιση των δυσλειτουργιών του συστήματος. Οι 4 επίγειες κεραίες αποτελούν μια διεπαφή τηλεμετρίας , εντοπισμού και ελέγχου σε σχεδόν πραγματικό χρόνο μεταξύ του σταθμού ελέγχου και του συμπλέγματος των δορυφόρων. Οι σταθμοί παρακολούθησης προσφέρουν ένα ποσοστό παγκόσμιας κάλυψης 95%.

Το τμήμα χρήστη του GPS , είναι οι διάφοροι GPS δέκτες που χρησιμοποιούνται σε συσκευές όπως κινητά τηλέφωνα και συσκευές πλοήγησης. Ένας τυπικός GPS δέκτης αποτελείται από μια κεραία συντονισμένη στην συχνότητα στην οποία εκπέμπουν οι δορυφόροι του GPS, έναν επεξεργαστή για την επεξεργασία των λαμβανόμενων σημάτων, ένα πολύ σταθερό ρολόι, συνήθως κρυσταλλικό ταλαντωτή, και μια οθόνη ή/και μια διεπαφή για την παρουσίαση των αποτελεσμάτων στον χρήστη.

Κάθε δορυφόρος , μεταδίδει συνεχώς ένα μήνυμα πλοήγησης το οποίο αποτελείται από 3 μέρη και μεταδίδεται με ρυθμό 50 bps. Το μήνυμα μεταδίδεται σε πακέτα των 1500 bits που με τον ρυθμό μετάδοσης των 50 bps χρειάζεται 30 δευτερόλεπτα για να μεταδοθούν. Τα πρώτα 6 δευτερόλεπτα μεταφέρεται το πρώτο μέρος του μηνύματος, τα επόμενα 12 το δεύτερο μέρος, και τα τελευταία 12 δευτερόλεπτα το 3ο μέρος του μηνύματος. Το πρώτο μέρος περιέχει πληροφορίες για την ώρα, τον αριθμό εβδομάδας του GPS , και την κατάσταση του ίδιου του δορυφόρου. Το δεύτερο κομμάτι του μηνύματος περιέχει την ephemeris με πληροφορίες που αφορούν την τροχιά



του δορυφόρου. Η ephemeris ανανεώνεται κάθε 2 ώρες ενώ μπορεί να θεωρείται ακριβής μέχρι και 4 ώρες μετά τη στιγμή που λαμβάνεται. Το τελευταίο κομμάτι του μηνύματος είναι ένα ημερολόγιο (almanac). Το ημερολόγιο περιέχει πληροφορίες για τις τροχιές και την κατάσταση όλων των δορυφόρων του GPS, ένα ιονοσφαιρικό μοντέλο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τους δέκτες για απαλοιφή σφαλμάτων, καθώς και πληροφορίες για την μετατροπή της σχετικής ώρας του GPS στα διεθνή πρότυπα του UTC. Κάθε πακέτο του μηνύματος πλοήγησης περιέχει το 1 / 25 ημερολογίου, δηλαδή χρειάζονται 12,5 λεπτά για την λήψη ολόκληρου του ημερολογίου από έναν δορυφόρο.

Πριν την εκπομπή στο μήνυμα πλοήγησης προστίθενται 2 PNR ακολουθίες που ονομάζονται Coarse/Acquisition code (C/A) και Precise Code (P), ο δορυφόρος διαμορφώνει το παραγόμενο μήνυμα με ένα L-Band φέρων σήμα συχνότητας 1575.42 Mhz δημιουργώντας ένα σήμα διευρυμένου φάσματος το οποίο και εκπέμπεται. Ο κάθε C/A κωδικός είναι μοναδικός και υλοποιεί τον μηχανισμό που επιτρέπει την αναγνώριση του κάθε δορυφόρου. Ο P κωδικός είναι συνήθως κρυπτογραφημένος και χρησιμοποιείται από στρατιωτικές υπηρεσίες μόνο.

Ο εντοπισμός της θέσης και της ώρας από τους GPS δέκτες γίνεται ως εξής. Αρχικά ο δέκτης αποφασίζει για ποιους κωδικούς C/A θα ακούει, βασιζόμενος στο ημερολόγιο (almanac) που έχει ήδη λάβει. Στη συνέχεια υπολογίζει τον χρόνο λήψης του σήματος για κάθε δορυφόρο. Τέλος, γνωρίζοντας την ακριβή τροχιά του από τις πληροφορίες που περιέχονται στην ephemeris, και ότι το σήμα ταξιδεύει με την ταχύτητα του φωτός, υπολογίζει την απόσταση από τον δορυφόρο, η οποία ονομάζεται ψευδοακτίνα (pseudorange). Μόλις υπολογιστεί η απόσταση από 4 δορυφόρους, μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφορες αριθμητικοί μέθοδοι για την επίλυση ουσιαστικά ενός συστήματος με αγνώστους τις συντεταγμένες σε άξονες x, y, z καθώς και τον χρόνο t. Καθώς ο δέκτης συνεχίζει να λαμβάνει σήματα και από επιπλέον δορυφόρους, μπορεί να εκτελέσει νέους υπολογισμούς, ώστε να υπολογίσει την ώρα και τις συντεταγμένες με μεγαλύτερη ακρίβεια. Μόλις ολοκληρωθεί η διαδικασία, οι συντεταγμένες μετατρέπονται σε ένα συγκεκριμένο σύστημα, συνήθως γεωγραφικό πλάτος και μήκος, και παρουσιάζονται στον χρήστη.

## **2.2.2 Εισαγωγή στη διαδικασία εντοπισμού θέσης**

### **2.2.2.1 Γενικά**

Στην παρούσα φάση θα επιχειρηθεί μια εισαγωγική περιγραφή του τρόπου λειτουργίας ενός GPS δέκτη. Για τον σκοπό αυτό θα αμεληθούν τα σφάλματα και οι πηγές τους που θα παρουσιαστούν αναλυτικότερα στη συνέχεια. Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως ένας δέκτης GPS χρησιμοποιώντας τα μηνύματα που λαμβάνει από τέσσερις τουλάχιστον δορυφόρους του πλέγματος είναι σε θέση να προσδιορίσει την ακριβή θέση των δορυφόρων και τον χρονική

στιγμή στην οποία στάλθηκε το μήνυμα. Οι συντεταγμένες  $x, y, z$ , της θέσης καθώς και ο χρόνος συμβολίζονται ως

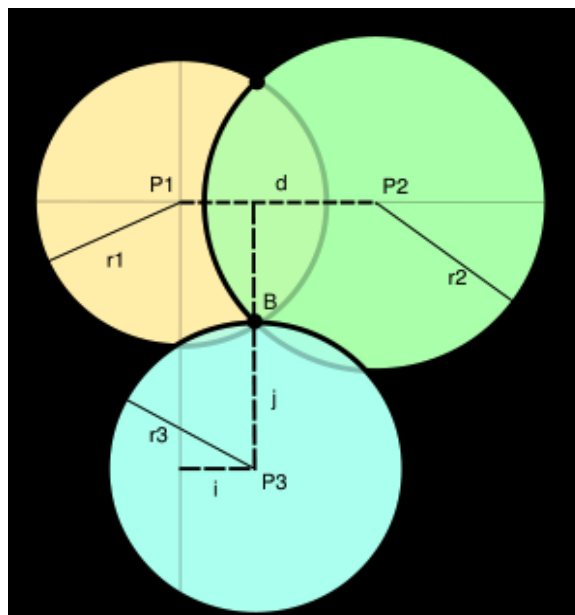
$[x_i, y_i, z_i, t_i]$  όπου το  $i$  προσδιορίζει τον αύξοντα αριθμό του δορυφόρου, παίρνοντας τιμές 1, 2, 3, 4 κλπ. Γνωρίζοντας επίσης την χρονική στιγμή στην οποία το μήνυμα ελήφθη  $t_i$ , μπορεί να προσδιορίσει το χρόνο μεταφοράς του μηνύματος ως τη διαφορά  $(tr_i - t_i)$

Δεχόμενοι ότι το μήνυμα ταξιδεύει με την ταχύτητα του φωτός,  $c$  ( $\sim 3 \times 10^8$  m/s), η απόσταση που διένυσε  $P_i$  θα είναι ίση με  $(tr_i - t_i)c$ . Το ότι είναι γνωστή η ακριβής θέση του δορυφόρου, αλλά και η απόσταση μεταξύ του δορυφόρου και του GPS δέκτη, τοποθετεί τον GPS δέκτη στην επιφάνεια μιας σφαίρας με κέντρο την θέση του δορυφόρου και ακτίνα ίση με  $P_i$ . Είναι αναγκαία τώρα η εύρεση του σημείου τομής των τεσσάρων σφαιρών, που θα προσδιορίζει και την ακριβή θέση του δέκτη. Ο υπολογισμός της θέσης γίνεται ως εξής :

### 2.2.2.2 Trilateration

Η μαθηματική μέθοδος αυτή εφαρμόζεται ως εξής : Χρησιμοποιώντας τα στοιχεία που έχουμε γνωστά, καταστρώνονται οι εξισώσεις τριών σφαιρών σε ένα νέο σύστημα συντεταγμένων ( $x', y', z'$ ) στο οποίο τα κέντρα των σφαιρών ικανοποιούν τους ακόλουθους περιορισμούς.

- Τα κέντρα και των τριών σφαιρών βρίσκονται στο επίπεδο  $z' = 0$ .
- Μια εκ των σφαιρών έχει κέντρο στην αρχή των αξόνων
- Μια άλλη εκ των σφαιρών έχει κέντρο πάνω στον άξονα  $x'$



Καταστρώνουμε λοιπόν τις εξισώσεις των 3 σφαιρών και έχουμε

$$r_1^2 = x'^2 + y'^2 + z'^2 \quad (1)$$

$$r_2^2 = (x' - d)^2 + y'^2 + z'^2 \quad (2)$$

$$r_3^2 = (x' - i)^2 + (y' - j)^2 + z'^2 \quad (3)$$

Πρέπει να βρούμε το σημείο  $(x', y', z')$  το οποίο ικανοποιεί και τις 3 παραπάνω εξισώσεις.

Αφαιρώντας από την (2), την (1) και λύνοντας ως προς  $x'$ , έχουμε

$$x' = \frac{r_1^2 - r_2^2 + d^2}{2 \cdot d}$$

Αντικαθιστώντας τώρα το  $x'$  στην πρώτη εξίσωση, παίρνουμε μια εξίσωση κύκλου η οποία αναπαριστά την τομή των δυο πρώτων σφαιρών.

$$y'^2 + z'^2 = r_1^2 - \frac{(r_1^2 - r_2^2 + d^2)^2}{4 \cdot d^2}$$

Τέλος αντικαθιστούμε την ποσότητα  $y'^2 + z'^2$  με  $r_1^2 - x'^2$  στην εξίσωση της τρίτης σφαίρας και λύνοντας ως προς  $y'$ , έχουμε

$$y' = \frac{r_1^2 - r_3^2 - x'^2 + (x' - i)^2 + j^2}{2j} = \frac{r_1^2 - r_3^2 + i^2 + j^2}{2j} - \frac{i}{j} \cdot x'$$

Γνωρίζοντας τις 2 συντεταγμένες του σημείου τομής των τριών σφαιρών, μπορούμε απλά να υπολογίσουμε την τρίτη ως εξής

$$z' = \pm \sqrt{r_1^2 - x'^2 - y'^2}$$

Μετασχηματίζουμε αντιστρόφως τις λύσεις ως το κανονικό σύστημα συντεταγμένων  $(x, y, z)$  που είχαμε αρχικά και έχουμε τη ζητούμενη λύση. Καθώς όμως το  $z'$  μπορεί να πάρει μια, δύο, η καμία τιμή χρειάζεται ιδιαίτερο χειρισμό. Αν έχουμε δυο λύσεις, σωστή λαμβάνεται εκείνη που είναι πιο κοντά στην επιφάνεια της τέταρτης σφαίρας αφού μετασχηματίσουμε τη λύση ως προς το αρχικό σύστημα συντεταγμένων. Αν δεν υπάρχει καμία λύση, η κοντινότερη λύση θεωρείται η  $z' = 0$ .

### 2.2.2.3 Εύρεση ακριβής λύσης λαμβάνοντας υπ' όψη τα σφάλματα.

Αν θεωρήσουμε  $b$  το σφάλμα χρόνου, ο GPS δέκτης έχει τώρα να υπολογίσει 4 αγνώστους  $(x, y, z, b)$ . Σύμφωνα με τον συμβολισμό που χρησιμοποιήθηκε και στην εισαγωγική παράγραφο, οι εξισώσεις των τεσσάρων σφαιρών δίνονται από τον τύπο

$$(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2 + (z - z_i)^2 = \left( (t_{r_i} + b - t_i) c \right)^2, \quad i = 1, 2, 3, 4.$$

Ορίσαμε προηγουμένως ως  $p_i = (t_r - t_i) \cdot c$  την ακτίνα των σφαιρών με κέντρο τους δορυφόρους . Οι ακτίνες αυτές ονομάζονται και ψευδοακτίνες (pseudoranges) γιατί χρησιμοποιούμε το ρολόι του GPS δέκτη χωρίς να διορθώσουμε το χρονικό σφάλμα. Χρησιμοποιώντας λοιπόν τις ψευδοακτίνες η εξίσωση των σφαιρών γίνεται

$$p_i = \sqrt{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2 + (z - z_i)^2} - bc \quad i = 1,2,3,4.$$

Οι δύο κυριότερες μέθοδοι εύρεσης της θέσης του GPS δέκτη και του σφάλματος του ρολογιού είναι οι ακόλουθες :

Trilateration , ακολουθούμενη από τον υπολογισμό της τετραγωνικής ρίζας  $\sqrt{r_1^2 - x^2 - y^2}$  για τον υπολογισμό της τρίτης συντεταγμένης , όπως δείξαμε στην εισαγωγική παράγραφο. Όπως έγινε προφανές , η προσπάθεια εύρεσης του κοινού σημείου τριών σφαιρών μπορεί να μας δώσει 0, 1 ή 2 λύσεις. Στη συνηθισμένη περίπτωση όπου έχουμε 2 λύσεις , σωστή θεωρείται η λύση η οποία μας δίνει σημείο που είναι πιο κοντά στην επιφάνεια της τέταρτης σφαίρας.

Σε κάποιες περιπτώσεις μπορεί να χρησιμοποιηθεί η επιφάνεια της γης σαν σημείο αναφοράς για την επιλογή της ορθότερης λύσης θεωρώντας ότι το πιθανότερο είναι ο δέκτης να βρίσκεται πάνω στην επιφάνεια, η σε χαμηλό υψόμετρο . Το σφάλμα του ρολογιού  $b$  , στη συνέχεια υπολογίζεται με βάση την απόσταση της λύσης που βρέθηκε από την επιφάνεια της τέταρτης σφαίρας που αντιστοιχεί στον τέταρτο δορυφόρο. Χρησιμοποιώντας τώρα το διορθωμένο χρόνο, καταστρώνονται καινούργιες εξισώσεις για τις τρεις πρώτες σφαίρες και η διαδικασία επαναλαμβάνεται. Το πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι ότι απαιτείται ο υπολογισμός μόνο μιας τετραγωνικής ρίζας σε αντίθεση με τον υπολογισμό πολυβάθμιων ριζών της μεθόδου Newton – Raphson.

Χρησιμοποίηση της επαναληπτικής μεθόδου Newton – Raphson. Γίνεται γραμμικοποίηση γύρω από μια μερική λύση , έστω  $x^{(k)}, y^{(k)}, z^{(k)}, b^{(k)}$  που προκύπτει από την  $k$  επανάληψη της μεθόδου και στη συνέχεια επίλυση των τεσσάρων γραμμικών εξισώσεων που προκύπτουν από τις παραπάνω τετραγωνικές εξισώσεις για να προκύψουν οι  $x^{(k+1)}, y^{(k+1)}, z^{(k+1)}, b^{(k+1)}$  . Οι ακτίνες των σφαιρών είναι αρκετά μεγάλες ώστε οι επιφάνειες τους να μπορούν να θεωρηθούν σχεδόν επίπεδες. Η ιδιότητα αυτή είναι πολύ πιθανόν να προκαλέσει πολύ γρήγορη σύγκλιση της επαναληπτικής μεθόδου όταν το σφάλμα  $b$  του ρολογιού είναι αρκετά μικρό και οι κυριότερες μεταβολές στις επαναλήψεις γίνονται μόνο στις μεταβλητές  $x, y, z$  , καθώς έτσι το πρόβλημα εκφυλίζεται στην εύρεση του σημείου τομής τριών σχεδόν επιπέδων επιφανειών , προσεγγίζοντας ένα γραμμικό πρόβλημα. Το βασικό μειονέκτημα της μεθόδου αυτής είναι το πλήθος των υπολογισμών που πρέπει να γίνουν και οι συνέπειες που έχει το γεγονός αυτό στις απαιτήσεις για επεξεργαστική ισχύ του δέκτη.

### 2.2.3 Πηγές σφαλμάτων

Η διαδικασία προσδιορισμού της θέσης ενός GPS δέκτη προϋποθέτει τη γνώση της ακριβούς ώρας, την θέση των δορυφόρων και την μετρούμενη καθυστέρηση του ληφθέντος σήματος. Η ακρίβεια εξαρτάται κυρίως από τη θέση του δορυφόρου και την καθυστέρηση του σήματος. Για τον υπολογισμό της καθυστέρησης, ο δέκτης συγκρίνει την ακολουθία των bit που λαμβάνει από τον δορυφόρο με μια ακολουθία που παράγει ο ίδιος. Συγκρίνοντας τη διαφορά μεταξύ των παλμών στην ακολουθία των bit, οι σύγχρονες συσκευές μπορούν να υπολογίσουν τη μετατόπιση του σήματος σε επίπεδα 1% του χρόνου ενός bit, το οποίο για τον κώδικα C/A αντιστοιχεί σε περίπου 10 ns. Δεχόμενοι ότι το σήμα ταξιδεύει με την ταχύτητα του φωτός, έχουμε ένα σφάλμα στη θέση περίπου 3 m.

Εκτός από αυτό όμως, υπάρχουν πολλαπλοί παράγοντες που επηρεάζουν την ακρίβεια ενός GPS δέκτη, οι κυριότεροι από τους οποίους αναφέρονται στη συνέχεια

- Ατμοσφαιρικές παρεμβολές : Μεταβολές στην ταχύτητα των μικροκυματικών σημάτων λόγω των φορτισμένων σωματιδίων που υπάρχουν στην ιονόσφαιρα.. Προκαλούν αποκλίσεις της τάξης των +- 5 μέτρων. Μπορούν να αντιμετωπιστούν σε ένα βαθμό με τη χρήση ιονοσφαιρικών μοντέλων για τον καθορισμό της προβλεπόμενης καθυστέρησης, και την απαλοιφή της από τους υπολογισμούς.
- Μεταβολές της ταχύτητας των σημάτων εξαιτίας της υγρασίας στην τροπόσφαιρα. Συνεισφέρουν στην απόκλιση από την πραγματική θέση κατά +- 0,5 μέτρα.
- Multipath (Πολυδιαδρομική διάδοση) : Σφάλματα εισάγονται στους υπολογισμούς από σήματα τα οποία ανακλώνται σε κοντινές επιφάνειες (κτίρια, τοίχους, έδαφος) και φτάνουν στην κεραία του δέκτη προκαλώντας παρεμβολές. Προκαλούν αποκλίσεις της τάξης του 1 μέτρου.
- Σφάλματα ατομικού ρολογιού και ephemeris: Τα ατομικά ρολόγια των δορυφόρων είναι πολύ ακριβή αλλά μπορούν να παρουσιάσουν σφάλματα λόγω θορύβου, και λόγω σχετικότητας. Ακόμα η ephemeris αναμεταδίδεται κάθε 30 δευτερόλεπτα, αλλά μπορεί να παρέχει πληροφορίες που λήφθηκαν από τον δορυφόρο σχετικά με την τροχιά του, ώρες πριν. Πληροφορίες νεότερες από 4 ώρες θεωρούνται επαρκώς ακριβείς για να συμπεριληφθούν στους υπολογισμούς αλλά υπάρχει η πιθανότητα να μην δίνουν την ακριβή τροχιά του δορυφόρου. Τα σφάλματα ρολογιού και της ephemeris συνεισφέρουν 4,5 μέτρα στην απόκλιση από την πραγματική θέση.

Η συνολική επίδραση των σφαλμάτων στην ακρίβεια των συμβατικών GPS δεκτών είναι περίπου 15 m.

Η πολύ καλή ακρίβεια που παρέχει το GPS σε συνδυασμό με την παγκόσμια διαθεσιμότητα του αλλά και το πλέον πολύ μικρό κόστος των GPS δεκτών το καθιστούν μια πολύ ελκυστική τεχνολογία για την ανάπτυξη εφαρμογών που παρέχονται με βάση τη θέση. Η πληθώρα των εφαρμογών και υπηρεσιών που είναι ήδη διαθέσιμες ( υπηρεσίες πλοήγησης για οχήματα, υπηρεσίες για παροχή βοήθειας σε καταστάσεις εκτάκτου ανάγκης ) επιβεβαιώνουν την αποδοχή και τη χρησιμοποίηση που απολαμβάνει. Παρ' όλα αυτά υπάρχουν κάποια μειονεκτήματα που δε θα πρέπει να παραβλεφθούν. Σημαντικότερο εξ' αυτών είναι η αδυναμία του GPS να χρησιμοποιηθεί σε κλειστούς χώρους, στο εσωτερικό κτιρίων , ή ακόμα και σε χώρους που βρίσκονται κοντά σε ψηλά κτίρια . Το πρόβλημα αυτό γίνεται εντονότερο αν αναλογιστεί κανείς ότι οι χώροι στους οποίους το GPS δεν έχει καλή απόδοση είναι οι χώροι στους οποίους ένας μέσος άνθρωπος περνά το μεγαλύτερο μέρος της ημέρας του. Έτσι , αν και οι ιδιότητες του το καθιστούν ιδανικό για την υλοποίηση ενός μεγάλου μέρους των Υπηρεσιών που παρέχονται με βάση τη θέση , η αδυναμία του να αποδώσει καλά σε καθημερινές συνθήκες , όπως αναφέρθηκε προηγουμένως δίνει χώρο για την χρησιμοποίηση άλλων τεχνολογιών στις οποίες θα αναφερθούμε στη συνέχεια.

## **2.3 Assisted GPS**

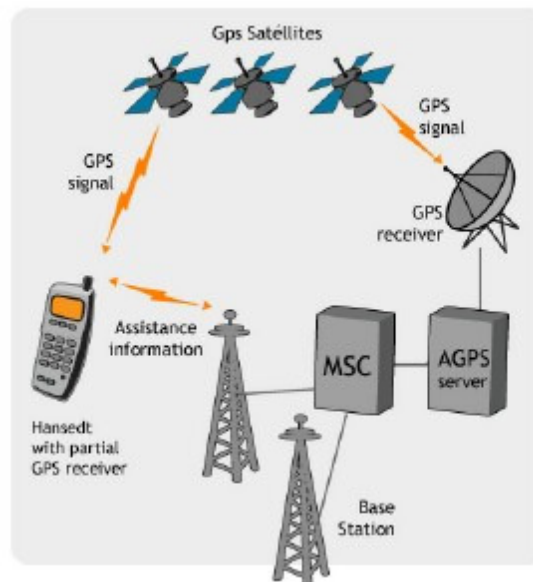
Το υποβοηθούμενο (assisted) GPS, το οποίο συνήθως συναντούμε με την συντόμευση A-GPS, είναι μια τεχνολογία ή οποία βελτιστοποιεί την λειτουργία του συμβατικού GPS χρησιμοποιώντας το δίκτυο κινητής τηλεφωνίας. Αναπτύχθηκε πρωτίστως με βάση την εντολή E911 της Ομοσπονδιακής Επιτροπής Τηλεπικοινωνιών των Ηνωμένων Πολιτειών που απαιτούσε να είναι πάντα διαθέσιμη η θέση ενός χρήστη όταν καλεί την υπηρεσία εκτάκτου ανάγκης ( 911 ). Για τον λόγο αυτό το βλέπουμε να χρησιμοποιείται κατά κύριο λόγο σε κινητά τηλέφωνα τα οποία έχουν ενσωματωμένο GPS δεκτή.

Οι αδυναμίες του συμβατικού GPS που έρχεται να καλύψει το A-GPS παρουσιάστηκαν στην προηγούμενη παράγραφο και συνοπτικά είναι οι ακόλουθες

- Αδυναμία λήψης σήματος σε εσωτερικούς χώρους
- Δυσκολία λήψης σήματος σε εξωτερικούς χώρους, όταν υπάρχουν εμπόδια όπως ψηλά κτίρια ή δέντρα.

Ακόμα λόγω του τρόπου λειτουργίας για τον υπολογισμό της θέσης των συνηθισμένων GPS δεκτών , αν ο δέκτης αρχίσει τη λειτουργία του σε συνθήκες χαμηλής ποιότητας σήματος μπορεί να μην είναι σε θέση να μεταφορτώσει τις πληροφορίες για το ημερολόγιο (almanac) και την ephemeris , καθιστώντας το έτσι αδύνατον να λειτουργήσει μέχρις ότου αποκτήσει καλό σήμα για μια χρονική περίοδο περίπου ενός λεπτού.

Το A-GPS έρχεται να καλύψει τις αδυναμίες αυτές του συμβατικού GPS χρησιμοποιώντας έναν υποβοηθητικό εξυπηρετητή (assistance server) . Ο εξυπηρετητής αυτός βρίσκεται συνήθως σε κάποιους σταθμούς βάσης του δικτύου κινητής τηλεφωνίας, έχει πολύ καλή ποιότητα λήψης σήματος από τους δορυφόρους του γεωστατικού πλέγματος του GPS, και αρκετά μεγάλη υπολογιστική ισχύ.



Ένας δέκτης A-GPS μπορεί να χρησιμοποιήσει τη δυνατότητα επικοινωνίας με τον υποβοηθητικό εξυπηρετητή για να διευκολύνει τη διαδικασία εντοπισμού θέσης με τους ακόλουθους τρόπους

- Ο δέκτης A-GPS μπορεί να λάβει μια αρχική , έστω και όχι τόσο συγκεκριμένη , εκτίμηση για την θέση του από τον υποβοηθητικό εξυπηρετητή, αξιοποιώντας την πληροφορία του σε σταθμό βάσης του δικτύου κινητής τηλεφωνίας ,συνδέεται.
- Ο υποβοηθητικός εξυπηρετητής όπως αναφέραμε προηγουμένως, έχει πολύ καλή ποιότητα λήψης σήματος, και μεγάλη υπολογιστική ισχύ. Έτσι είναι σε θέση να συγκρίνει αποσπασματικά κομμάτια σήματος που λαμβάνει ο GPS δέκτης ενός κινητού τηλεφώνου

λόγω κακής ποιότητας σήματος, με το σήμα που λαμβάνει ο ίδιος από τους δορυφόρους , και να υπολογίζει έτσι την ακριβή θέση της συσκευής ενημερώνοντας τον χρήστη.

- Ο υποβοηθητικός εξυπηρετητής μπορεί να παρέχει τις αρχικές πληροφορίες που χρειάζεται ο GPS δέκτης ( ephemeris, almanac ) , όταν εκείνος δεν έχει αρκετά καλή ποιότητα σήματος ώστε να τις λάβει μόνος του καθιστώντας τον ικανό στη συνέχεια να επεξεργαστεί τα δεδομένα από τους τέσσερις δορυφόρους που χρειάζεται για να υπολογίσει τη θέση του , ακόμα και κάτω από αυτές τις συνθήκες.
- Έχοντας τις ακριβείς συντεταγμένες για κάθε σταθμό βάσης του δικτύου κινητής τηλεφωνίας , ο υποβοηθητικός εξυπηρετητής είναι σε θέση να παρέχει στον GPS δέκτη του κινητού τηλεφώνου πληροφορίες που αφορούν τη συγκεκριμένη περιοχή και μπορούν να προκαλέσουν σφάλματα στον προσδιορισμό της θέσης (ιονοσφαιρικά μοντέλα, υγρασία ) . Χρησιμοποιώντας τις πληροφορίες αυτές , ο δέκτης είναι σε θέση να αξιοποιήσει κατάλληλα τους διάφορους αλγόριθμους απαλοιφής σφαλμάτων αυξάνοντας έτσι την ακρίβεια του εντοπισμού.
- Τέλος ένας δέκτης A-GPS μπορεί να εκμεταλλευτεί τη διαθεσιμότητα του υποβοηθητικού εξυπηρετητή για τον υπολογισμό της θέσης του. Χρησιμοποιώντας το δίκτυο κινητής τηλεφωνίας ή κάποιο διαθέσιμο ασύρματο δίκτυο , η συσκευή αποστέλλει τις πληροφορίες που λαμβάνει από τον δορυφόρο στον υποβοηθητικό εξυπηρετητή , ο οποίος τις επεξεργάζεται και αποστέλλει πίσω στη συσκευή τις απαραίτητες πληροφορίες για τη θέση του. Με τον τρόπο αυτό , μειώνονται οι απαιτήσεις για επεξεργαστική ισχύ των συσκευών , καθώς και η κατανάλωση ισχύος με σημαντικά οφέλη στον χρόνο διάρκειας μιας τυπικής μπαταρίας κινητού τηλεφώνου.

## **2.4 RFID**

Το RFID ( Radio Frequency Identification) – Ταυτοποίηση μέσω ραδιοσυχνοτήτων είναι μια μέθοδος αυτόματης αναγνώρισης που στηρίζεται στην απομακρυσμένη αποθήκευση και ανάκληση πληροφοριών από συσκευές που ονομάζονται RFID Tags η RFID Transponders (πομποδέκτες) . Οι πομποδέκτες αυτοί μπορούν να ενσωματωθούν σε διάφορα αντικείμενα, όπως κάρτες , ρουχισμό κλπ ή ακόμα και να εμφυτευθούν σε ζώα ή ανθρώπους με σκοπό την αναγνώριση ή των εντοπισμό τους χρησιμοποιώντας ραδιοκύματα. Οι περισσότεροι αποτελούνται από 2 τμήματα : ο πρώτο τμήμα είναι ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα που



χρησιμοποιείται για την αποθήκευση και την επεξεργασία δεδομένων , την διαμόρφωση και αποδιαμόρφωση των ραδιοκυμάτων και άλλες συγκεκριμένες λειτουργίες. Το δεύτερο μέρος αποτελείται από μια κεραία που χρησιμοποιείται για την αποστολή και τη λήψη του σήματος. Εκτός από τους πομποδέκτες χρησιμοποιούνται και συσκευές που ονομάζονται RFID readers οι οποίες χρησιμοποιούνται για να “προκαλέσουν” απαντήσεις από τα RFID tags αποστέλλοντας συγκεκριμένα RF σήματα και λαμβάνοντας τις αποκρίσεις.

Οι RFID πομποδέκτες χωρίζονται σε τρεις κύριες κατηγορίες με βάση την πηγή ενέργειας τους. Χωρίζονται σε passive (παθητικοί) , active (ενεργοί) και semi-passive ή semi-active (ημι-ενεργοί ή ημι-παθητικοί) . Η βασική τους διαφορά είναι ότι οι παθητικοί RFID πομποδέκτες δεν απαιτούν κάποια πηγή ενέργειας καθώς χρειάζεται να λειτουργούν μόνο όταν κάποιος RFID αναγνώστης είναι κοντά τους για να τους τροφοδοτήσει , ενώ οι ενεργοί και ημι-παθητικοί πομποδέκτες απαιτούν κάποιου είδους πηγή ενέργειας, συνήθως μια μικρή Μπαταρία.

Στη συνέχεια γίνεται αναφορά στα 3 είδη των RFID πομποδεκτών.

#### **2.4.1 Παθητικοί RFID Πομποδέκτες**

Οι παθητικοί RFID πομποδέκτες όπως αναφέρθηκε, δεν έχουν καμία εσωτερική πηγή ενέργειας. Αντιθέτως χρησιμοποιούν το ρεύμα που επάγεται στην κεραία τους από το εισερχόμενο RF σήμα , για να τροφοδοτήσουν το ολοκληρωμένο κύκλωμα που περιέχουν με την απαιτούμενη ενέργεια ώστε να επεξεργαστεί το σήμα και να εκπέμψει την απαιτούμενη απάντηση. Αυτό προϋποθέτει ειδική σχεδίαση της κεραίας ώστε να είναι δυνατή και η επαγωγή ρεύματος από το εισερχόμενο σήμα , αλλά και η εκπομπή του εξερχόμενου. Η πληροφορία που μπορεί να χρειαστεί να εκπέμψει ένα παθητικός RFID πομποδέκτης μπορεί να είναι απλά το αναγνωριστικό του ID ή κάποια άλλη πληροφορία που είναι αποθηκευμένη στη EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read Only Memory) μνήμη του.

Οι παθητικοί πομποδέκτες έχουν μια εμβέλεια που εξαρτώμενη από το πρότυπο, ξεκινά από τα 11 cm ( ISO 14443 ) και μπορεί να φτάσει έως τα 10 m ( ISO 18000-6 ) . Η ικανότητα για εγγραφή και ανάγνωση από τη μνήμη ενός παθητικού πομποδέκτη εξαρτάται κυρίως από την επιλεγόμενη ραδιοσυχνότητα που χρησιμοποιείται και τον τύπο της κεραίας που ενσωματώνει. Το βασικό πλεονέκτημα τους είναι η ευκολία και απλότητα κατασκευής καθώς και το γεγονός του ότι δεν απαιτούν πηγή ενέργειας, το οποίο επιτρέπει μεγέθη κατασκευής της τάξεως των mm ( χιλιοστίμετρων ).

### **2.4.2 Ενεργοί RFID πομποδέκτες**

Οι ενεργοί RFID πομποδέκτες , έχουν μια ενσωματωμένη πηγή ενέργειας , συνήθως μια μικρή μπαταρία , η οποία χρησιμοποιείται για την τροφοδότηση του ολοκληρωμένου κυκλώματος τους, καθώς και για την εκπομπή των σημάτων από την ενσωματωμένη κεραία τους. Η επικοινωνία μεταξύ ενεργών πομποδεκτών και RFID αναγνωστών είναι κατά τεκμήριο πιο αξιόπιστη και με λιγότερα σφάλματα , απ' ό τι η αντίστοιχη μεταξύ παθητικών πομποδεκτών και αναγνωστών. Αυτό οφείλεται κυρίως στην ενεργειακή αυτονομία των ενεργών πομποδεκτών που τους επιτρέπει να συνάψουν μια αμφίδρομη επικοινωνία με τον αναγνώστη μέσω επαναλαμβανόμενων μηνυμάτων.

Χάρη στην ενεργειακή τους αυτονομία , οι ενεργοί RFID πομποδέκτες είναι ικανοί να εκπέμπουν σε μεγαλύτερα επίπεδα ισχύος από ότι οι παθητικοί και να είναι πιο αποδοτικοί σε περιβάλλοντα όπου υπάρχουν παράγοντες που προκαλούν παρεμβολές και σφάλματα , όπως υγρασία, μεταλλικά αντικείμενα που προκαλούν ανακλάσεις κ.α. Ακόμα εκπέμποντας σε υψηλότερες ισχύεις , έχουν και γενικά μεγαλύτερη ακτίνα εμβέλειας από ότι οι παθητικοί πομποδέκτες, η οποία μπορεί να φτάσει και τα 100 μέτρα.

Στα μειονεκτήματα των ενεργών πομποδεκτών αξίζει να αναφερθεί το συγκριτικά μεγαλύτερο μέγεθος και κόστος κατασκευής τους έναντι των παθητικών , τα οποία οφείλονται κατά κύριο λόγο στην μπαταρία την οποία περιέχουν.

### **2.4.3 Ημιπαθητικοί RFID Πομποδέκτες**

Οι ημιπαθητικοί RFID πομποδέκτες μοιάζουν αρκετά με τους ενεργούς , καθώς περιλαμβάνουν και αυτοί ενσωματωμένη πηγή ενέργειας ( μπαταρία ) . Η διαφορά είναι ότι οι ημιπαθητικοί πομποδέκτες χρησιμοποιούν την ενέργεια αυτή μόνο για να τροφοδοτήσουν το ολοκληρωμένο κύκλωμα τους και τη μνήμη τους και όχι για την εκπομπή του σήματος. Η εκπομπή συνήθως τροφοδοτείται μέσω ανάκλασης του φέροντος σήματος από την κεραία, όπως συμβαίνει και με τους παθητικούς πομποδέκτες. Αν η ενέργεια από το εισερχόμενο σήμα μετασχηματίζεται και αποθηκεύεται στην μπαταρία του πομποδέκτη για μελλοντική χρήση, τότε συμπεριφέρεται σαν ενεργός πομποδέκτης

Οι ημιπαθητικοί πομποδέκτες έχουν τρία κύρια πλεονεκτήματα

- Μεγαλύτερη ευαισθησία και ακτίνα εμβέλειας από ότι οι παθητικοί
- Μεγαλύτερο κύκλο ζωής μπαταρίας από ότι οι ενεργοί.
- Μπορούν να εκτελούν λειτουργίες αυτοτροφοδοτούμενοι, χωρίς να είναι απαραίτητη η ύπαρξη κάποιου RFID αναγνώστη κοντά τους.

Τα πλεονεκτήματα της χρήσης RFID για υλοποίηση υπηρεσιών που παρέχονται με βάση τη θέση είναι προφανή . Μικρό κόστος κατασκευής αλλά και λειτουργίας, εξαιρετικά μικρό μέγεθος, μεγάλο σχετικά χρόνος ζωής. Τα πλεονεκτήματα γίνονται ακόμα πιο εμφανή αν αναλογιστούμε την αποδοχή που έχει η μέθοδος αυτή ήδη στις Υπηρεσίες που παρέχονται με βάση τη θέση .

Ενδεικτικά

- Ηλεκτρονικά διαβατήρια ( e-passports) . Πολλές χώρες (Βέλγιο , Ολλανδία, Η.Π.Α) έχουν ενσωματώσει RFID πομποδέκτες στα διαβατήρια των πολιτών τους, οι οποίοι περιλαμβάνουν πληροφορίες για τα ταξίδια που έχουν κάνει, καθώς και μια φωτογραφία για οπτική αναγνώριση.
- Σταθμοί Διοδίων . Πολλές εταιρείες που διαχειρίζονται σταθμούς διοδίων έχουν προχωρήσει στην προμήθεια των χρηστών με RFID πομποδέκτες που τους επιτρέπουν τη διέλευση από τους σταθμούς με αυτόματο τρόπο.
- Βιβλιοθήκες. RFID πομποδέκτες τείνουν να αντικαταστήσουν τα barcodes που υπήρχαν πάνω στα βιβλία. Οι πομποδέκτες περιλαμβάνουν στην εσωτερική τους μνήμη πληροφορίες για τον τύπο και το είδος του βιβλίου, τον συγγραφέα κ.α

Η ευρεία αποδοχή αυτή ωστόσο , δημιουργεί και προβλήματα . Το μεγάλο πλήθος των RFID πομποδεκτών που χρησιμοποιούνται για τις διαφορές υπηρεσίες δημιουργεί ένα “ανταγωνιστικό” περιβάλλον για τους RFID αναγνώστες. Ο “ανταγωνισμός” αυτός απαιτεί τη σχεδίαση και υλοποίηση καλύτερων τεχνικών για την αναγνώριση συγκεκριμένων πομποδεκτών και απαλοιφή των σφαλμάτων που προκαλούνται από την αλληλεπίδραση μεταξύ κοντινών , αλλά κατά τα άλλα μη σχετικών πομποδεκτών (π.χ. RFID πομποδέκτης για τη διέλευση από σταθμό διοδίων και RFID πομποδέκτης που βρίσκεται πάνω σε ένα δέμα υπηρεσίας ταχυμεταφορών για εντοπισμό, που βρίσκονται στο ίδιο όχημα.)

## 2.5 GSM

Το σύστημα κινητών επικοινωνιών ( GSM ) είναι ένα κυψελοειδές σύστημα κινητής τηλεφωνίας δευτέρας γενιάς (2g) . Αποτελείται από 2 διακριτά μέρη : Τους σταθμούς βάσης και τα φορητά τερματικά . Κάθε σταθμός βάσης προσδιορίζεται από την περιοχή εμβέλειας του στην οποία εκπέμπει συνεχώς σήμα για να είναι συνεχώς ορατός από τα κινητά τηλέφωνα. Η κάθε περιοχή εμβέλειας του σταθμού βάσης ονομάζεται κυψέλη και και το σύμπλεγμα των κυψελών ονομάζεται κυψελοειδές δίκτυο . Κάθε κυψέλη προσδιορίζεται από το Παγκόσμιο Αναγνωριστικό Κυψέλης ( CGI – Cell Global Identifier ) το οποίο εκπέμπεται συνεχώς και αποτελείται από τα ακόλουθα 4 πεδία

1. Mobile Country Code (MCC) – Κωδικός Χώρας
2. Mobile Network Code (MNC) – Κωδικός Παρόχου
3. Location Area Code (LAC) – Κωδικός Περιοχής
4. Cell ID – Υποσύνολο του CGI

Το κινητό τηλέφωνο , βρισκόμενο σε κατάσταση αναμονής συνδέεται κάθε φορά στην κυψέλη εκείνη από την οποία λαμβάνει σήμα μεγαλύτερης ισχύος, και είναι σε θέση να γνωρίζει τον κωδικό της κυψέλης που είναι συνδεδεμένη , καθώς και την ισχύ του λαμβανόμενου σήματος σε dBm. Όταν η ισχύς του σήματος μειωθεί κάτω από κάποιο συγκεκριμένο όριο , γίνεται νέα αναζήτηση και το κινητό τηλέφωνο συνδέεται εκ νέου στην κυψέλη με το δυνατότερο σήμα. Στην περίπτωση που τη στιγμή εκείνη υπάρχει κάποια κλήση σε εξέλιξη, τότε γίνεται διαπομπή της κλήσης σε νέα κυψέλη .

Το μέγεθος των κυψελών κυμαίνεται από μερικές εκατοντάδες μέτρα σε πυκνοκατοικημένες περιοχές ( μικροκυψέλες ) , έως και μεγαλύτερο από 10 χιλιόμετρα σε αραιοκατοικημένες περιοχές( μακροκυψέλες). Η απόφαση για το μέγεθος των κυψελών παίρνεται από τον εκάστοτε πάροχο τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών , ο οποίος θα πρέπει να συνυπολογίσει τις αντικρουόμενες ανάγκες για μικρές κυψέλες ( ώστε να γίνεται αναχρησιμοποίηση του φάσματος ) και μεγάλες κυψέλες ( ώστε να περιορίζεται το κόστος δημιουργίας και συντήρησης του δικτύου.

Η εκτίμηση της θέσης του κινητού τηλεφώνου, μπορεί να γίνει είτε από τον πάροχο τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών είτε από την ίδια την συσκευή.

### **2.5.1 Εκτίμηση της θέσης από τον Πάροχο Τηλεπικοινωνιακών Υπηρεσιών**

Η διαδικασία ανάπτυξης μεθόδων για τον εντοπισμό της θέσης από τους παρόχους, επιταχύνθηκε τα τελευταία χρόνια λόγω της εντολής E911 της Ομοσπονδιακής Επιτροπής Τηλεπικοινωνιών των Ηνωμένων Πολιτειών που απαιτούσε να είναι πάντα διαθέσιμη η θέση ενός χρήστη όταν καλεί την υπηρεσία εκτάκτου ανάγκης ( 911 ), όπως αντίστοιχα έγινε και με το A-GPS. Οι δυο κυριότερες μέθοδοι που έχουν υλοποιηθεί είναι οι ακόλουθες :

1. Time ( difference ) of Arrival – Χρόνος άφιξης. Χρησιμοποιείται η καθυστέρηση στη λήψη του σήματος που εκπέμφθηκε από το κινητό τηλέφωνο, από τις γειτονικές κυψέλες. Έτσι υπολογίζεται η απόσταση της συσκευής από τις γειτονικές τις κυψέλες και στη συνέχεια η ίδια η θέση της συσκευής με τρόπο παρόμοιο με το GPS.
2. Angle of Arrival – Γωνία Άφιξης. Αντίστοιχα με τον χρόνο άφιξης υπολογίζεται και η γωνία άφιξης του σήματος στις κυψέλες με βάση τη καθυστέρηση στον χρόνο άφιξης ανάμεσα στα διαδοχικά στοιχεία της στοιχειοκεραίας της κυψέλης.

Για μεγαλύτερη ακρίβεια είναι δυνατή η ταυτόχρονη χρησιμοποίηση και των δυο παραπάνω διαθέσιμων μεθόδων.

Οι παραπάνω μέθοδοι όμως παρουσιάζουν σημαντικά προβλήματα που καθυστερούν αρκετά την εφαρμογή τους.

- Είναι οικονομικά ασύμφοροι, καθώς απαιτείται αλλαγή ή αναβάθμιση τόσο του λογισμικού όσο και του υλικού των σταθμών βάσης, με απαγορευτικό κόστος για τους παρόχους.
- Απαιτούν εκπομπή σήματος από το κινητό τηλέφωνο για να είναι δυνατός ο εντοπισμός του, σπαταλώντας το εύρος ζώνης.
- Δημιουργούνται ζητήματα προστασίας της ιδιωτικότητας των χρηστών, καθώς ο πάροχος θα πρέπει να παράσχει τις απαραίτητες εγγυήσεις για το σε ποιον και το πότε θα δίνεται πρόσβαση στα ευαίσθητα προσωπικά δεδομένα των χρηστών. Από την στιγμή που ο πάροχος θα αποκτήσει την δυνατότητα να εντοπίζει την θέση των τερματικών στο δίκτυό του, ο χρήστης δεν θα έχει τρόπο να απαγορέψει

άμεσα την οποιαδήποτε προσπάθεια εντοπισμού του, και θα πρέπει να εμπιστευθεί τον πάροχο για την ορθή χρήση των δεδομένων αυτών.

- Τέλος προβλήματα τεχνικής φύσεως δημιουργούν η έλλειψη οπτικής επαφής με τον πομπό, καθώς και το φαινόμενο της πολυδιαδρομικής λήψης (multipath propagation), τα οποία υποβαθμίζουν την ποιότητα των μετρήσεων.

### **2.5.2 Εκτίμηση της θέσης του κινητού τηλεφώνου από την ίδια την συσκευή.**

Η εκτίμηση της θέσης του κινητού τηλεφώνου είναι δυνατόν να γίνει και από την ίδια τη συσκευή. Σε αντίθεση με τις μεθόδους εκτίμησης θέσης από τον πάροχο, απαιτούνται ασήμαντες ή και καθόλου αλλαγές στην υποδομή του δικτύου, κάνοντας τέτοιου είδους λύσεις αρκετά πιο ελκυστικές από τις προηγούμενες. Επιπροσθέτως προάγεται ο σεβασμός της προσωπικότητας, αφού ο χρήστης έχει άμεσο έλεγχο πάνω στα ευαίσθητα προσωπικά δεδομένα που τον αφορούν.

Οι δυο κυριότερες μέθοδοι που χρησιμοποιούνται είναι οι ακόλουθες

1. Enhanced Observed Time Difference ( E-OTD) . Πρόκειται για μία επίγεια υλοποίηση του GPS. Οι σταθμοί βάσης συγχρονίζονται και εκπέμπουν ταυτόχρονα, όπως και στο GPS, την θέση τους στον χώρο, και την χρονοσφραγίδα εκπομπής. Το κινητό τηλέφωνο, λαμβάνοντας το σήμα από τις κοντινές σε αυτό κεραιές, υπολογίζει την χρονική καθυστέρηση του σήματος την οποία ανάγει σε απόσταση. Με βάση την απόσταση από τους σταθμούς βάσεις, εξάγει την δική του θέση στο χώρο.
2. Cell Of Origin ( COO ). Σε αντίθεση με την E-OTD, το κινητό λαμβάνει υπ' όψιν μόνο την κυψέλη με την οποία είναι συνδεδεμένο καθώς και την λαμβανόμενη ισχύ από αυτήν την κυψέλη, και επιχειρεί να εκτιμήσει την θέση του στον χώρο.

Παρόλο που οι μέθοδοι αυτοί παρουσιάζουν σημαντικά πλεονεκτήματα σε σχέση με τις μεθόδους για εντοπισμό της θέσης του κινητού από τον πάροχο τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών, υπάρχουν αρκετά σημαντικά μειονεκτήματα που εμποδίζουν την ευρεία αποδοχή και χρησιμοποίησή τους .

- Δεν υποστηρίζονται από την συντριπτική πλειονότητα των φορητών συσκευών, και συνεπώς απαιτούν αντικατάσταση του υλικού από την μεριά του χρήστη.

- Όπως όλες οι ασύρματες ζεύξεις, έτσι και η ζεύξη σταθμού βάσης – κινητού τηλεφώνου υποφέρει από φαινόμενα διαλείψεως και πολυδιαδρομικής λήψης, τα οποία εισάγουν σημαντική καθυστέρηση στο λαμβανόμενο σήμα. Επιπλέον η καθυστέρηση αυτή δεν είναι σταθερή, αλλά εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την τοπολογία της περιοχής. Συνεπώς ενδέχεται σε κάθε σήμα που λαμβάνει το κινητό τηλέφωνο από τις κοντινές κεραίες, να έχει εισαχθεί διαφορετική καθυστέρηση από την ασύρματη ζεύξη, αλλοιώνοντας έτσι την εκτίμηση.
- Σημαντικό μειονέκτημα αποτελεί τέλος η έλλειψη επεξεργαστικής ισχύος από το κινητό, το οποίο, σε αντίθεση με τους σταθμούς βάσης, έχει εξαιρετικά περιορισμένους πόρους τόσο σε θέματα επεξεργαστή, όσο και σε θέματα μνήμης και χώρου αποθήκευσης γενικότερα. Επιβάλλεται δε οι αλγόριθμοι να είναι αρκετά απλούστεροι, ώστε να είναι υλοποιήσιμοι σε τέτοιου είδους συσκευές περιορισμένων δυνατοτήτων. Άμεση συνέπεια του τελευταίου είναι η, συνήθως, υποδεέστερη ποιότητα της εκτίμησης.

## ***2.6 Ultra-wideband***

Η ασύρματη επικοινωνία υπέρ ευρείας ζώνης - Ultra-Wideband (UWB) είναι μια ασύρματη τεχνολογία που μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε πολύ χαμηλά επίπεδα ισχύος για μικρής εμβέλειας, αλλά μεγάλου εύρους ζώνης επικοινωνίες. Στην UWB χρησιμοποιούνται παλμοί πολύ μικρής διάρκειας (της τάξης των nanosecond), οι οποίοι έχουν μεγάλο φασματικό εύρος. Λόγω των πολύ στενών παλμών που χρησιμοποιούνται, αυτού του είδους η επικοινωνία ονομάζεται Impulse radio (IR)

Στη συνηθισμένη ασύρματη τεχνολογία η αποστολή πληροφορίας πραγματοποιείται με τη διαμόρφωση ημιτονικών κυμάτων, όπου η αύξηση του εύρους ζώνης πρέπει να συνοδεύεται και με αύξηση της συχνότητας του φέροντος σήματος. Το UWB μπορεί να θεωρηθεί σαν μια τεχνική απλωμένου φάσματος που χρησιμοποιεί πολύ ευρύ φάσμα ακόμη και με την απουσία διαμόρφωσης. Έτσι η ενέργεια του σήματος είναι πολύ απλωμένη και το φάσμα του UWB θυμίζει πολύ αυτό του θορύβου.

Τα σήματα UWB μπορούν να οριστούν ως σήματα που έχουν εύρος ζώνης μεγαλύτερο από το 25% της κεντρικής τους συχνότητας, ή αλλιώς σήματα που έχουν συνολικό bandwidth μεγαλύτερο από 1,5 GHz. Οι συσκευές UWB συχνά εκπέμπουν σε συχνότητες μεταξύ 1,5 και 4 GHz.

Τα πλεονεκτήματα του UWB σε σχέση με άλλες τεχνολογίες ασύρματης επικοινωνίας είναι τα εξής

- Προσφέρει μεγάλους ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων λόγω του μεγάλου εύρους ζώνης
- Παρέχει καλύτερη διεισδυτική ικανότητα λόγω της χαμηλής συχνότητας.
- Εξασφαλίζει χαμηλές πιθανότητες ανίχνευσης και παρεμπόδισης ( LPD , Low Probability of Detection και LPI , Low Probability of Interception αντίστοιχα ) καθώς απλώνει την ενέργεια του σε ένα αρκετά μεγάλο φάσμα.
- Χαμηλό κόστος υλοποίησης πομποδεκτών με την τεχνολογία CMOS (Complementary Oxide Semiconductor)

Το UWB έχει αρχίσει ήδη να χρησιμοποιείται σε υπηρεσίες που παρέχονται με βάση τη θέση , κυρίως σε υπηρεσίες εντοπισμού θέσης σε πραγματικό χρόνο. Η ακρίβεια που μπορεί να παρέχει σε συνδυασμό με τα πολύ χαμηλά επίπεδα ισχύος το καθιστά ιδανική τεχνολογία για τη χρησιμοποίηση σε περιβάλλοντα όπου δεν είναι επιθυμητή η ύπαρξη τεχνολογιών ασύρματης επικοινωνίας υψηλής ισχύος , όπως π.χ. σε νοσοκομεία και κλινικές , για τον φόβο παρεμβολών με τα ιατρικά μηχανήματα. Ακόμα , ο πολύ μικρός χρόνος εκπομπής του UWB αφήνει περιθώρια στην υλοποίηση εφαρμογών που θα μπορούν να χρησιμοποιούν πολύ περισσότερους πομποδέκτες στην ίδια μονάδα χώρου, από τις συμβατικές τεχνολογίες, χωρίς να υπάρχουν σημαντικές παρεμβολές.

## **2.7 ZigBee**

Το ZigBee αποτελεί προδιαγραφή για μια σουίτα επικοινωνιακών πρωτοκόλλων που χρησιμοποιεί μικρού μεγέθους, κόστους και ισχύος ασύρματους πομποδέκτες . Βασίζεται στο πρότυπο IEEE 802.15.4-2006 για ασύρματα προσωπικά δίκτυα ( Wireless Personal Area Networks – WPAN ). Τα πρωτόκολλα του ZigBee προορίζονται για χρήση σε ενσωματωμένες εφαρμογές που απαιτούν χαμηλούς ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων και χαμηλή κατανάλωση ισχύος, δημιουργώντας δίκτυα διασυνδεδεμένων κόμβων ( mesh networks ) . Το χαμηλό κόστος επιτρέπει ευρεία διάδοση της τεχνολογίας για ανάπτυξη εφαρμογών απομακρυσμένου ελέγχου και παρακολούθησης, η χαμηλή κατανάλωση ισχύος επιτρέπει μεγαλύτερη διάρκεια ζωής και μικρότερες μπαταρίες και το δίκτυο διασυνδεδεμένων κόμβων εξασφαλίζει αφενός μεγάλη εμβέλεια, αφετέρου σημαντική αξιοπιστία.



Άλλα κύρια πλεονεκτήματα της προτυποποίησης ZigBee είναι ότι εξασφαλίζει χαμηλή καθυστέρηση στην επικοινωνία , επιτρέπει την ανάπτυξη δικτύων διαφόρων ειδών (στατικά, δυναμικά, τοπολογίας αστέρα, mesh κ.α) που μπορούν να αποτελούνται από έως και 65000 κόμβους. Ακόμα υποστηρίζοντας κρυπτογράφηση AES ( Advanced Encryption Standard ) των 128 bit , εξασφαλίζει ασφαλή επικοινωνία μεταξύ των κόμβων . Τέλος έχουν προβλεφθεί μηχανισμοί για αποφυγή συγκρούσεων πακέτων, ένδειξη ποιότητας σύνδεσης κ.α

Οι συσκευές ZigBee χωρίζονται στις τρεις ακόλουθες κύριες κατηγορίες

- ZigBee Coordinator ( ZC ) . Η συσκευή με τις περισσότερες λειτουργίες , οι ZC αποτελούν τον κορμό του δικτύου διασυνδεδεμένων κόμβων και μπορούν να επιτελούν τον ρόλο γεφυρών (bridges) για την σύνδεση με άλλα δίκτυα. Σε κάθε mesh δίκτυο υπάρχει μόνο ένας ZC , και είναι η συσκευή που αρχικά ξεκίνησε το σχηματισμό του δικτύου. Μπορεί να αποθηκεύει πληροφορίες για το δίκτυο όπως τοπολογία, κλειδιά ασφαλείας κ.α
- ZigBee Router ( ZR ) . Ο ZR εκτός από το να εκτελεί συγκεκριμένες λειτουργίες για την εφαρμογή επιτελεί και τον ρόλο του ενδιάμεσου δρομολογητή μεταβιβάζοντας πληροφορίες από και προς τις υπόλοιπες zigBee συσκευές του mesh δικτύου.
- ZigBee End Device ( ZED ) . Η μόνη λειτουργία που επιτελεί είναι να μεταφέρει δεδομένα στον γονικό κόμβο του ( ZC ή ZR ), χωρίς να μπορεί να αλληλεπιδρά με τις υπόλοιπες ZED συσκευές. Ο τρόπος λειτουργίας αυτός επιτρέπει σε αυτού του είδους τις συσκευές να είναι σε “sleep mode” το περισσότερο διάστημα ( όσο δηλαδή δε χρειάζεται να αποστείλει δεδομένα στον γονικό κόμβο ) και να επιτυγχάνουν μεγάλη διάρκεια ζωής για τις μπαταρίες.

Σκοπός του ZigBee Alliance, το οποίο είναι μια ομάδα εταιρειών που είναι υπεύθυνες για την ανάπτυξη του προτύπου, είναι να δημιουργηθεί μια σουίτα πρωτοκόλλων , βάση της οποίας θα γίνεται δυνατή η δημιουργία φθηνών, γενικής χρήσης mesh δικτύων που θα μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη βιομηχανία , στους αυτοματισμούς σπιτιών (“Εξυπνο Σπίτι”) κ.α με κύριο χαρακτηριστικό τους γνώρισμα , τη χαμηλή κατανάλωση ισχύος. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το γεγονός ότι, για να πάρει μια συσκευή την πιστοποίηση ZigBee , απαιτείται να έχει χρόνο ζωής μπαταρίας μεγαλύτερο από 2 χρόνια.

Οι κυριότεροι τομείς όπου βρίσκει χρήση το ZigBee είναι οι ακόλουθοι :

- Οικιακή ψυχαγωγία και απομακρυσμένος έλεγχος : Ασύρματος έλεγχος φωτισμού, συσκευών αναπαραγωγής πολυμέσων κ.α
- Οικιακή ασφάλεια : Ανιχνευτές καπνού και φωτιάς , αισθητήρες κίνησης κ.α
- Κινητές Υπηρεσίες : Απομακρυσμένη παρακολούθηση και έλεγχος, Τήλε-ιατρική κ.α
- Εμπορικά Κτίρια : Ενεργειακός έλεγχος, έλεγχος πρόσβασης, έλεγχος κλίματος ( HVAC control – Heating, Ventilating, AirConditioning Control ) κ.α
- Βιομηχανία : Περιβαλλοντολογικός έλεγχος, έλεγχος πρόσβασης , παρακολούθηση γραμμής παραγωγής κ.α

## ***Κεφάλαιο 3 : Συγκριτική Μελέτη Τεχνολογιών Εντοπισμού Θέσης για τη χρησιμοποίηση τους σε Υπηρεσίες που παρέχονται με βάση τη θέση.***

### ***3.1 Γενικά.***

Στο παρόν κομμάτι της εργασίας θα επιχειρηθεί μια συγκριτική μελέτη των τεχνολογιών εντοπισμού θέσης που περιγράφηκαν προηγουμένως, όσον αφορά τη χρησιμοποίησή τους για την υλοποίηση υπηρεσιών που παρέχονται με βάση τη θέση με βάση τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους και τις απαιτήσεις που προϋποθέτει η χρησιμοποίησή τους.

Αδιαμφισβήτητα , κυρίαρχη θέση στις Υπηρεσίες που παρέχονται με βάση τη θέση κατέχει το GPS. Η παγκόσμια ελεύθερη διαθεσιμότητα της συγκεκριμένης τεχνολογίας σε συνδυασμό με την σχεδόν αποκλειστική χρησιμοποίησή της στις κυριότερα διαδεδομένες LBS (πλοήγηση, υπηρεσίες έκτακτης ανάγκης) εξηγούν σε μεγάλο βαθμό το σημαντικό μερίδιο του GPS . Τέλος, η μειωμένη πλέον τιμή των GPS δεκτών και η ενσωμάτωσή τους σε σχεδόν όλες τις συσκευές κινητής τηλεφωνίας νέας γενιάς , ισχυροποιούν την ήδη επικρατούσα θέση της συγκεκριμένης τεχνολογίας.

Τα τελευταία χρόνια ωστόσο , η ολοένα και μεγαλύτερη γκάμα αναπτυσσόμενων εφαρμογών που σχετίζονται με υπηρεσίες που παρέχονται με βάση τη θέση και το εμπορικό ενδιαφέρον που αυτές παρουσιάζουν οδήγησαν στην χρησιμοποίηση και άλλων τεχνολογιών εντοπισμού θέσης για να καλυφθούν οι ανάγκες των εφαρμογών/υπηρεσιών αυτών τόσο σε περιβάλλοντα εξωτερικού όσο και εσωτερικού χώρου. Οι κύριοι άξονες της επιχειρούμενης σύγκρισης των τεχνολογιών αυτών θα είναι η κάλυψη, η ακρίβεια που παρέχουν, η καθυστέρηση που εισάγουν , η διαθεσιμότητα, και τέλος το κόστος υλοποίησης.

### **3.2 GPS**

- **Κάλυψη:** Το GPS παρέχει παγκόσμια κάλυψη , η οποία γενικά δεν εξαρτάται από τον τόπο ανάπτυξης της υπηρεσίας. Ωστόσο χρησιμοποιείται κυρίως σε εξωτερικούς χώρους , καθώς μέσα σε κτίρια, η μη διαθεσιμότητα του δορυφορικού σήματος δημιουργεί σημαντικά προβλήματα.
- **Ακρίβεια :** Παρέχεται ακρίβεια της τάξης των 10-15 μέτρων υπό κανονικές συνθήκες. Η ακρίβεια αυτή είναι αποδεκτή για υπηρεσίες πλοήγησης και υπηρεσίες εκτάκτου ανάγκης.
- **Καθυστέρηση :** Η σημαντικότερη καθυστέρηση που εισάγεται στο GPS είναι το λεγόμενο TTFF ( Time to First Fix ) και αντιπροσωπεύει τον χρόνο από την εκκίνηση της αναζήτησης της θέσης από τον δέκτη έως την ολοκλήρωση της. Εξαρτάται από τον δέκτη και τις συνθήκες στις οποίες χρησιμοποιείται και μπορεί να κυμαίνεται από 30 s έως 2 min.
- **Διαθεσιμότητα :** Οι GPS δέκτες είναι πλέον ευρέως διαδεδομένοι , είτε σαν αυτόνομες συσκευές , είτε ενσωματωμένοι σε συσκευές πλοήγησης , η κινητά τηλέφωνα.
- **Κόστος :** Υπάρχουν διαθέσιμα GPS chips με κόστος μικρότερο των 5 euro.

### **3.3 Assisted GPS**

- **Κάλυψη:** Το assisted GPS βελτιώνει την κάλυψη του non-assisted GPS επιτρέποντας ακόμα και την χρησιμοποίηση του σε εσωτερικούς χώρους ή χώρους με κακή δυνατότητα λήψης του δορυφορικού σήματος
- **Ακρίβεια :** Βελτιώνει την ακρίβεια του GPS σε περιπτώσεις όπου η διαδικασία του προσδιορισμού της θέσης γίνεται στον σταθμό βάσης , όπου λόγω μεγαλύτερης υπολογιστικής ισχύος έχουμε καλύτερη ακρίβεια αποτελεσμάτων.

- Καθυστερήση : Η σημαντικότερη βελτίωση στο assisted GPS είναι όσον αφορά το TTFF ( Time to First Fix ) καθώς με τη βοήθεια των πληροφοριών που μπορεί να παρέχει ο σταθμός βάσης μειώνεται κάτω από τα 30 s.
- Διαθεσιμότητα : Οι περισσότερες συσκευές κινητής τηλεφωνίας με ενσωματωμένο δέκτη GPS παρέχουν υποστήριξη για assisted GPS
- Κόστος : Δεν υπάρχει κάποια επιπλέον χρέωση από τους παρόχους κινητής τηλεφωνίας για την υποστήριξη του assisted GPS

### **3.4 Bluetooth**

- Κάλυψη : Με την τεχνολογία Bluetooth μπορούμε να επιτύχουμε ένα εύρος κάλυψης που κυμαίνεται από 30 έως 100 μέτρα , ανάλογα με την κλάση ισχύος της συσκευής Bluetooth που χρησιμοποιείται.
- Ακρίβεια : Ο εντοπισμός της θέσης με τη χρήση της τεχνολογίας Bluetooth, γίνεται μέσω εγγύτητας με ακρίβεια που κυμαίνεται από 2 έως 10 m
- Καθυστερήση : Η διαδικασία αναζήτησης συσκευών Bluetooth , ώστε να γίνει ο εντοπισμός της θέσης είναι σχετικά μικρός, εξαρτάται από τον πομποδέκτη Bluetooth που χρησιμοποιούμε και την απόσταση μεταξύ των συσκευών , αλλά είναι συνήθως μικρότερος των 10 sec.
- Διαθεσιμότητα : Τα Bluetooth chips είναι και αυτά εύκολα διαθέσιμα, και ενσωματωμένα στις περισσότερες συσκευές κινητής τηλεφωνίας, PDA's και λοιπές φορητές συσκευές.
- Κόστος : Το κόστος των Bluetooth chips είναι της τάξεως των 2 euro.

### **3.5 RFID**

- Κάλυψη : Από 11cm έως 100 m , ανάλογα με το αν θα χρησιμοποιήσουμε παθητικό η ενεργό πομποδέκτη, και ποιο πρότυπο θα ακολουθεί αυτός.
- Ακρίβεια : Ο εντοπισμός θέσης , βασιζόμενοι σε RFID πομποδέκτες γίνεται μέσω εγγύτητας , και η ακρίβεια εξαρτάται από το είδος του πομποδέκτη ( παθητικός ενεργητικός ) και κυμαίνεται από 5cm έως 5 m.
- Καθυστερήση : Δεν εισάγεται κάποια σημαντική καθυστέρηση στην διαδικασία εντοπισμού θέσης από την χρήση της συγκεκριμένης τεχνολογίας.
- Διαθεσιμότητα : Οι RFID πομποδέκτες είναι διαθέσιμοι στα περισσότερα καταστήματα ηλεκτρονικών.
- Κόστος : Το κόστος των RFID πομποδεκτών κυμαίνεται από 0,15 έως 0,25 cents .

### **3.6 GSM**

- Κάλυψη : Σχεδόν καθολική, οι ανά τόπους πάροχοι κινητής τηλεφωνίας ισχυρίζονται ένα ποσοστό κάλυψης μεγαλύτερο από 95 % .Αντίθετα με το GPS , πολύ καλή κάλυψη και σε εσωτερικούς χώρους.
- Ακρίβεια : Ο εντοπισμός της θέσης , όπως είδαμε στο αντίστοιχο κεφάλαιο , γίνεται με δυο μεθόδους . Η EOTD (Enhanced Observed Time Difference) δίνει ακρίβεια 50 με 150 m, ενώ η COO ( Cell of Origin ) 100m έως 35 km.
- Καθυστέρηση : Εισάγεται καθυστέρηση της τάξης των μερικών δευτερολέπτων στην διαδικασία αναζήτησης θέσης,
- Διαθεσιμότητα. : Περίπου το 60 % των ανθρώπων , διαθέτουν κινητό τηλέφωνο σύμφωνα με στοιχεία της ITU ( International Telecommunications Union)
- Κόστος : Το κόστος των συσκευών κινητής τηλεφωνίας αρχίζει πλέον από 30 – 40 euro.

### **3.7 UWB**

- Κάλυψη : Η μέγιστη εμβέλεια της τεχνολογίας αυτής είναι τα 10 m
- Ακρίβεια : Ο εντοπισμός της θέσης χρησιμοποιώντας UWB γίνεται είτε με τριγωνομέτρηση, είτε με μέτρηση του TOF ( Time Of Flight ) και παρέχει ακρίβεια 6 έως 10 cm
- Καθυστέρηση : Δεν εισάγεται σημαντική καθυστέρηση στην διαδικασία εντοπισμού θέσης από τη χρήση της συγκεκριμένης τεχνολογίας.
- Διαθεσιμότητα : Τα πέντε τελευταία χρόνια η τεχνολογία UWB παρουσιάζει ραγδαία ανάπτυξη και υπάρχουν πλέον διαθέσιμα αρκετά UWB chipsets.
- Κόστος : Το κόστος των UWB chipsets είναι περίπου 7 euro.

### **3.8 Zigbee**

- Κάλυψη : Η συγκεκριμένη τεχνολογία έχει ένα εύρος κάλυψης που κυμαίνεται από 10 έως 100 m.
- Ακρίβεια : N/A
- Καθυστέρηση : Δεν εισάγει σημαντική καθυστέρηση στην διαδικασία εντοπισμού θέσης
- Διαθεσιμότητα : Η κατάρτιση του προτύπου για το zigbee το 2004 και η μεγάλη ανταπόκριση που εξασφάλισαν τα πολλά προσδοκώμενα χαρακτηριστικά του , οδήγησαν πολλές εταιρείες στην κατασκευή και διάθεση στην αγορά zigbee chips. Πλέον υπάρχουν πολλές διαθέσιμες λύσεις από πολλούς κατασκευαστές.

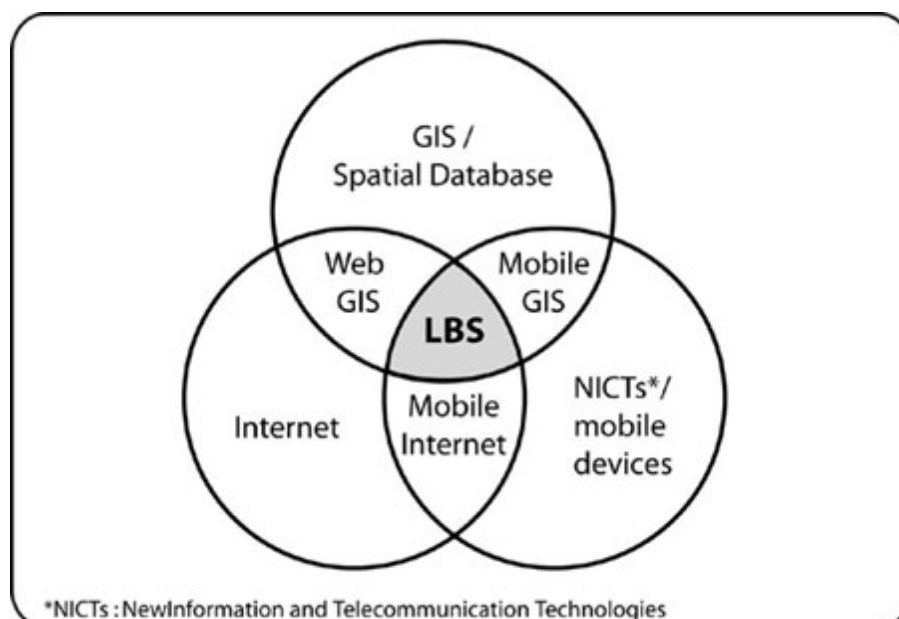
- Κόστος : Το κόστος των zigbee chips κυμαίνεται γύρω από τα 2 euro.

## ***Κεφάλαιο 4 : Υπηρεσίες που παρέχονται με βάση τη θέση (Location Based Services)***

### ***4.1 Περιγραφή των υπηρεσιών που παρέχονται με βάση τη θέση.***

Ο όρος “υπηρεσίες που παρέχονται με βάση τη θέση” ( Location Based Services – LBS ) αναφέρεται σε υπηρεσίες , εμπορικές, ψυχαγωγικές κ.α , που παρέχονται στους χρήστες με αφετηρία τη γεωγραφική τους θέση, χρησιμοποιώντας φορητές συσκευές όπως κινητά τηλέφωνα και PDA's.

Όπως φαίνεται και από τον ορισμό που δίνεται , οι LBS αποτελούν την τομή τριών επιμέρους τεχνολογιών . Αποτελείται από τεχνολογίες πληροφορίας και τηλεπικοινωνιών (NICTs – New Information Communication Technologies) όπως τα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας και οι φορητές συσκευές, από το διαδίκτυο, και από συστήματα γεωγραφικών πληροφοριών ( GIS – Geographic Information Systems ).

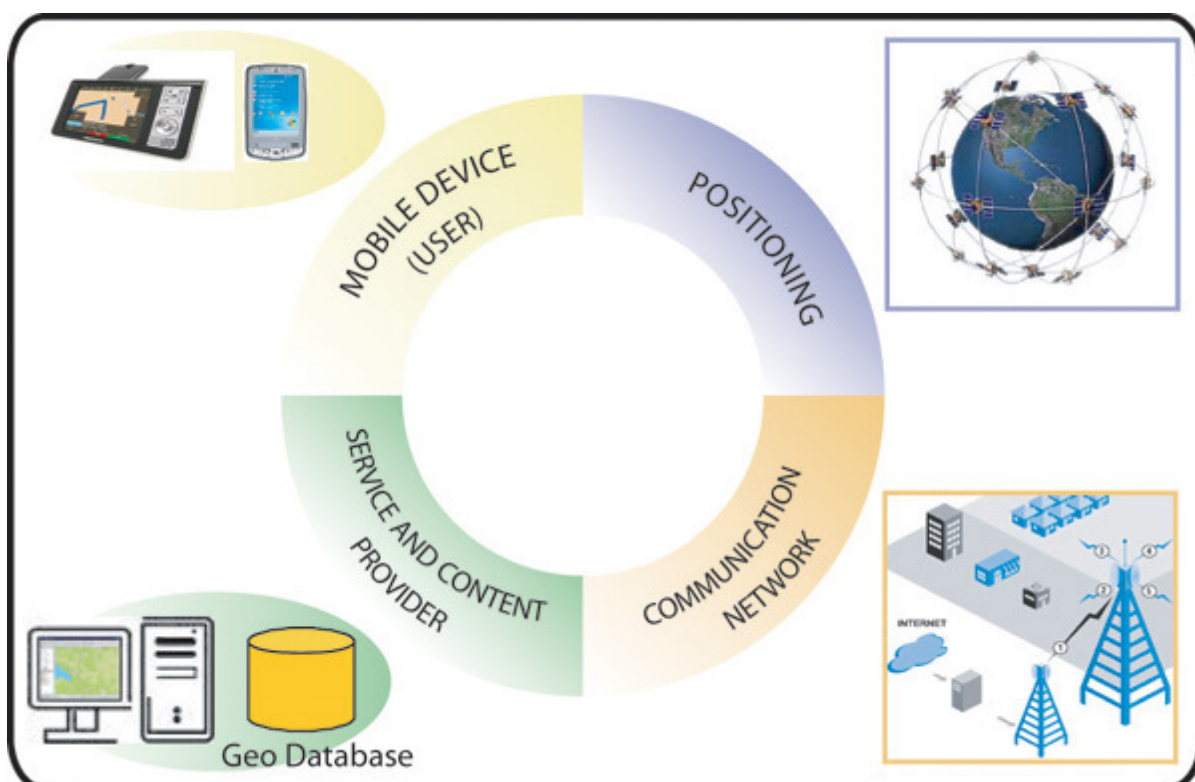


Οι υπηρεσίες αυτές παρέχουν στους χρήστες την δυνατότητα να βρουν άλλους χρήστες, συσκευές, οχήματα, αλλά και υπηρεσίες που σχετίζονται με την συγκεκριμένη θέση τους, όπως επίσης και την δυνατότητα να εντοπίσουν την ακριβή θέση τους . Η αναζήτηση για τον εντοπισμό της θέσης μπορεί να ξεκινήσει είτε από τον ίδιο τον χρήστη, μέσω κάποιας εφαρμογής της φορητής συσκευής του, είτε από κάποια διαδικτυακή υπηρεσία , ή ακόμα από κάποια υπηρεσία του φορέα κινητής τηλεφωνίας στον οποίον είναι εγγεγραμμένος. Σε καθεμία από τις περιπτώσεις αυτές , ο χρήστης θα πρέπει να συναινέσει για τον εντοπισμό του. Οι περισσότερες υπηρεσίες που παρέχονται με βάση τη θέση , εμπεριέχουν δυο θεμελιώδη βήματα :

1. Εντοπισμός της θέσης του χρήστη / συσκευής
2. Χρησιμοποίηση της πληροφορίας αυτής για την παροχή της ζητούμενης υπηρεσίας ή πληροφορίας.

Οι υπηρεσίες αυτές μπορεί να ενεργοποιούνται αυτόματα, π.χ. Όταν ο χρήστης εισέρχεται σε μια περιοχή όπου υπάρχει διαφορετικός τιμοκατάλογος από την εταιρεία κινητής τηλεφωνίας , ή μετά από αίτηση του χρήστη όταν π.χ. Επιθυμεί να αναζητήσει πληροφορίες για την γύρω περιοχή , ή να αναζητήσει κάποιον άλλο χρήστη.

Για την οποιαδήποτε χρήση ωστόσο των υπηρεσιών που παρέχονται με βάση τη θέση , υπάρχουν συγκεκριμένα δομικά στοιχεία που είναι αναγκαία. Τα στοιχεία αυτά, καθώς επίσης και η μεταξύ τους σχέση και αλληλεπίδραση, φαίνονται στο ακόλουθο σχήμα



- **Φορητές Συσκευές :** Το βασικό εργαλείο του χρήστη για να ζητήσει τις πληροφορίες που αναζητά. Τα αποτελέσματα μπορούν να του δοθούν με τη μορφή ομιλίας, κειμένου, εικόνων κ.α . Ως παραδείγματα φορητών συσκευών μπορούμε να αναφέρουμε PDA's, φορητούς υπολογιστές, κινητά τηλέφωνα αλλά ακόμα και το σύστημα πλοήγησης ενός αυτοκινήτου.
- **Τηλεπικοινωνιακό Δίκτυο :** Το δεύτερο δομικό στοιχείο είναι το τηλεπικοινωνιακό δίκτυο (συνήθως δίκτυο κινητής τηλεφωνίας αλλά και/ή κάποιο ασύρματο τοπικό δίκτυο ) που αναλαμβάνει να διεκπεραιώσει τη μεταφορά του αιτήματος του χρήστη προς τον παροχέα της υπηρεσίας και την μεταφορά της απάντησης πίσω στον χρήστη
- **Σύστημα Εντοπισμού Θέσης :** Για την παροχή μιας υπηρεσίας , η θέση του χρήστη θα πρέπει να είναι γνωστή. Ο εντοπισμός της θέσης του μπορεί να γίνει χρησιμοποιώντας το παγκόσμιο σύστημα εντοπισμού θέσης ( GPS – Global Positioning System ) , ή το δίκτυο κινητής τηλεφωνίας αξιοποιώντας την πληροφορία του ποια κυψέλη του δικτύου εξυπηρετεί την συγκεκριμένη στιγμή τον χρήστη. Ακόμα , μπορούν να χρησιμοποιηθούν ασύρματα τοπικά δίκτυα, Bluetooth beacons, συσκευές εκπομπής υπέρυθρης ακτινοβολίας κ.α
- **Πάροχος Υπηρεσιών και Εφαρμογών :** Ο πάροχος δίνει μια πληθώρα διαθέσιμων υπηρεσιών και εφαρμογών στο χρήστη και είναι υπεύθυνος για τη διεκπεραίωση των αιτημάτων του σχετικά με οποιαδήποτε από τις υπηρεσίες αυτές. Οι υπηρεσίες και οι εφαρμογές αυτές μπορούν να είναι ο υπολογισμός της ακριβής θέσης του χρήστη και η τοποθέτηση του πάνω σε ένα χάρτη, με βάση τις συντεταγμένες που θα στείλει ο χρήστης από τη φορητή συσκευή του, η αναζήτηση της βέλτιστης διαδρομής από την τωρινή θέση του έως κάποιο σημείο ενδιαφέροντος, ή ακόμα η αναζήτηση διαθέσιμων υπηρεσιών όπως φαρμακεία η νοσοκομεία που βρίσκονται κοντά του.
- **Πάροχος δεδομένων και περιεχομένου :** Συνήθως οι πάροχοι υπηρεσιών λειτουργούν ως “μεσάζοντες” για την πληροφορία , καθώς δεν έχουν όφελος η την δυνατότητα να έχουν αποθηκευμένες και άμεσα διαθέσιμες όλες τις πληροφορίες που πιθανόν να ζητήσει κάποιος χρήστης. Έτσι καταφεύγουν στους παρόχους δεδομένων και περιεχομένου , όπως για παράδειγμα κρατικούς φορείς ή άλλες εταιρείες που μπορούν να τους παρέχουν τις απαιτούμενες πληροφορίες ( π.χ. Χάρτες, καταλόγους κατά τόπου επιχειρήσεων, νοσοκομείων, ξενοδοχείων κ.α) ώστε να μπορέσουν να ανταπεξέλθουν επιτυχώς στις απαιτήσεις των πελατών τους.



## ***4.2 Χρησιμότητα των υπηρεσιών που παρέχονται με βάση τη θέση***

*Που είμαι ; Που είναι τα άτομα που με ενδιαφέρουν; Τι υπάρχει γύρω μου; Που μπορώ να βρω αυτό που χρειάζομαι;*

Η αρχική ιδέα που οδήγησε στην ανάπτυξη και υλοποίηση τέτοιων υπηρεσιών ήταν το να είναι δυνατόν να απαντηθούν αυτά ,άλλα και παρόμοια ερωτήματα του κάθε χρήστη. Κάθε εταιρεία, φορέας, ή επιχείρηση που σχεδιάζει και υλοποιεί υπηρεσίες που παρέχονται με βάση τη θέση πρέπει να είναι σε θέση να ανταποκριθεί επιτυχώς στις ανάγκες του χρήστη για πληροφόρηση , ώστε να κάνει το προϊόν – υπηρεσία της ολοκληρωμένο και επιτυχημένο.

Όταν ένα άτομο βρίσκεται σε κάποια περιοχή με την οποία δεν είναι εξοικειωμένος οι ανάγκες του είναι σε ένα μεγάλο βαθμό προβλέψιμες, είτε βρίσκεται στην χώρα του ή στο εξωτερικό, είτε κινείται πεζός ή χρησιμοποιώντας κάποιο όχημα. Θα χρειαστεί να βρει εστιατόρια για φαγητό, φαρμακεία ή νοσοκομεία – κλινικές κοντά του σε περίπτωση ανάγκης, τράπεζες ή μηχανήματα αυτόματης ανάληψης για χρήματα, ή ακόμα την δυνατότητα να μπορεί να τοποθετήσει την ακριβή του θέση πάνω σε ένα χάρτη της περιοχής για να αποκτήσει καλύτερη εποπτεία του χώρου και να προσανατολιστεί. Αν βρίσκεται στο εξωτερικό , θα έχει κάποιους επιπλέον ανάγκες , όπως την εύρεση τουριστικών αξιοθέατων, τον εντοπισμό του ξενοδοχείου του ή της πρεσβείας της χώρας του όπως επίσης αν οδηγεί θα χρειαστεί επιπλέον να μπορεί να μάθει τις βέλτιστες διαδρομές για τα σημεία που τον ενδιαφέρουν, πληροφορίες για πρατήρια καυσίμων και οδική βοήθεια κ.α.

## ***4.3 Κατηγοριοποίηση των υπηρεσιών που παρέχονται με βάση τη θέση.***

Η κατηγοριοποίηση των LBS γίνεται πρωτίστως με βάση τον διαχωρισμό του αν η υπηρεσία ενεργοποιείται με άμεση εντολή του χρήστη. Έτσι μπορούμε να τις διακρίνουμε σε

- Pull Services : Υπηρεσίες που ζητούνται από τον χρήστη σε κάποια συγκεκριμένη χρονική στιγμή και απαιτούν κάποια ενέργεια από μέρος του. Μπορούν να διακριθούν περαιτέρω σε
  - Διαδικαστικές (functional) υπηρεσίες, όπως το να καλέσει ο χρήστης ένα ταξί, η ένα ασθενοφόρο με το πάτημα ενός πλήκτρου της φορητής συσκευής του
  - Πληροφοριακές Υπηρεσίες, όπως η αναζήτηση για κάποιο εστιατόριο, φαρμακείο κλπ στην περιοχή που βρίσκεται.

- **Push Services** : Υπηρεσίες που δεν ζητούνται ή ζητούνται με έμμεσο τρόπο από τον χρήστη. Τέτοιες υπηρεσίες θα πρέπει να ενεργοποιούνται από κάποιο γεγονός, είτε αυτό είναι η έλευση του χρήστη σε κάποια συγκεκριμένη περιοχή, ή ακόμα και ο μηδενισμός ενός μετρητή. Ένα παράδειγμα έμμεσα αιτούμενων υπηρεσιών θα ήταν ένα ενημερωτικό – διαφημιστικό μήνυμα στον χρήστη όταν εισέρχεται σε κάποιο πολυκατάστημα για τυχόν υπάρχουσες προσφορές, ή ένα προειδοποιητικό μήνυμα που θα εμφανίζεται στη συσκευή πλοήγησης του αυτοκινήτου του, που θα τον ενημέρωνε για δυσμενείς καιρικές συνθήκες που θα αντιμετωπίσει στη συνέχεια του ταξιδιού του. Οι υπηρεσίες push, εφόσον δεν ενεργοποιούνται από κάποια ενέργεια του ίδιου του χρήστη, και πιθανότατα δεν υπάρχει οποιαδήποτε προηγούμενη αλληλεπίδραση μεταξύ χρήστη και υπηρεσίας, είναι πολύ πιο σύνθετες και δύσκολα υλοποιήσιμες. Για να προσφέρουν κάτι πραγματικά χρήσιμο στον κάθε χρήστη θα πρέπει είτε να έχουν γενική και κοινώς αποδεκτή χρησιμότητα, όπως η ενημέρωση για ακραία καιρικά φαινόμενα σε κάποια περιοχή, ή να μπορούν να αντλήσουν πληροφορίες για τις προτιμήσεις και τις ανάγκες κάποιου χρήστη, π.χ. Χρησιμοποιώντας το δημόσιο προφίλ του σε κάποια άλλη υπηρεσία του ίδιου παρόχου.

#### ***4.4 Κατηγοριοποίηση με βάση την χρησιμότητα και το περιεχόμενο***

Οι Υπηρεσίες που παρέχονται με βάση τη θέση δεν είναι μια καινούργια έννοια. Έχουν αρχίσει να εμφανίζονται σχεδόν παράλληλα με την ανάπτυξη των φορητών συσκευών και του δικτύου κινητής τηλεφωνίας. Στο χρόνο που μεσολάβησε έχει αναπτυχθεί μια πληθώρα εφαρμογών και υπηρεσιών που καλύπτουν πλέον βασικές ανάγκες και έχουν γίνει αναπόσπαστο κομμάτι της καθημερινότητας.

Θα προσπαθήσουμε να δώσουμε μια γενική εικόνα των υπηρεσιών που παρέχονται με βάση τη θέση, ανάλογα με τη χρησιμότητα και το περιεχόμενό τους, δίνοντας και από ένα παράδειγμα για κάθε περίπτωση

- Υπηρεσίες Έκτακτης Ανάγκης.

Μια από τις πιο προφανείς χρήσεις των τεχνολογιών εντοπισμού θέσης είναι η δυνατότητα εντοπισμού ενός ατόμου, το οποίο είτε δεν ξέρει την ακριβή του θέση ή δεν είναι σε θέση να την προσδιορίσει και να επικοινωνήσει με δική του πρωτοβουλία για να ενημερώσει λόγω του ότι

βιώνει μια κατάσταση εκτάκτου ανάγκης ( δυστύχημα, εγκληματική ενέργεια, τραυματισμό ) . Για παράδειγμα, ένας αυτοκινητιστής που αντιμετωπίζει μια μηχανική βλάβη στο όχημα του κάνοντας ένα δρομολόγιο σε μια άγνωστη για αυτόν περιοχή, ή οι ναυαγοί ενός πλοίου που δεν έχουν την δυνατότητα , ούτε να προσδιορίσουν την ακριβή τους θέση αλλά ούτε και να επικοινωνήσουν με κάποιο τρόπο με τα σωστικά συνεργεία για να τους ενημερώσουν για την κατάσταση τους. Αν υπήρχε η δυνατότητα και στις δύο περιπτώσεις, οι συντεταγμένες της ακριβούς τοποθεσίας των ατόμων να είναι αυτόματα διαθέσιμες στην οδική βοήθεια μέσω του συστήματος πλοήγησης του οχήματος και χρησιμοποιώντας το δίκτυο κινητής τηλεφωνίας , ή στα σωστικά συνεργεία μέσω ενός δέκτη GPS και ενός ραδιοπομπού στη σωστική λέμβο των ναυαγών αντίστοιχα, η βοήθεια θα μπορούσε να είναι άμεση και αποτελεσματική. Στην κατηγορία των υπηρεσιών έκτακτης ανάγκης συμπεριλαμβάνονται δημόσιες αλλά και ιδιωτικές υπηρεσίες. Οι πιο διαδεδομένες αλλά και χρησιμοποιούμενες υπηρεσίες , είναι εκείνες που είναι ανεπτυγμένες κυρίως από δημόσιους φορείς, όπως για παράδειγμα ο αριθμός εκτάκτου ανάγκης ( 112 ) που μπορεί να χρησιμοποιηθεί πανευρωπαϊκά , αλλά υπάρχει μεγάλο κομμάτι των υπηρεσιών ( πχ υπηρεσίες οδικής βοήθειας ) με αρκετές δυνατότητες για ανάπτυξη και εμπορική εκμετάλλευση.

Ως παράδειγμα υπηρεσίας εκτάκτου ανάγκης θα αναφερθεί το SAR (Search And Rescue ) , μια από τις παλαιότερες υπηρεσίες τέτοιου τύπου. Η υπηρεσία αυτή υλοποιείται διαφορετικά από κάθε κρατικό φορέα που την αναλαμβάνει και μπορεί να υλοποιείται από μικρούς πομπούς σε σωσίβιες λέμβους σκαφών για να γίνεται η εύρεση τους από τα σωστικά συνεργεία ευκολότερη , μέχρι ραδιοπομπούς μεγάλης εμβέλειας σε συνδυασμό με GPS δεκτές που είναι σε θέση να μεταδώσουν πληροφορίες για την ακριβή θέση των ατόμων σε κίνδυνο , μέσω δορυφόρου , στα αρχηγεία των σωστικών συνεργείων.

- Υπηρεσίες πλοήγησης

Οι υπηρεσίες πλοήγησης βασίζονται στη δυνατότητα που υπάρχει πλέον σχεδόν κάθε φορητή συσκευή να μπορεί να εντοπίζει τη θέση της χρησιμοποιώντας το δίκτυο κινητής τηλεφωνίας ή έναν δέκτη GPS. Εκμεταλλεζόμενοι την δυνατότητα αυτή , οι χρήστες μπορούν να ζητούν πληροφορίες που αφορούν τη συγκεκριμένη γεωγραφική τους θέση, προκαθορισμένες , προτεινόμενες και βέλτιστες διαδρομές είτε οδηγούν κάποιο όχημα είτε είναι πεζοί. Το πλεονέκτημα των υπηρεσιών αυτών σε σχέση με πιο “παραδοσιακούς” τρόπους πλοήγησης όπως τυπωμένους χάρτες είναι η ευελιξία που παρέχουν , στην περίπτωση για παράδειγμα εύρεσης

νέας βέλτιστης διαδρομής μετά από μια λάθος κίνηση του χρήστη, καθώς και η δυνατότητα συνεχούς διαδρασης χρήστη-υπηρεσίας που δίνει έναν δυναμικό χαρακτήρα στην υπηρεσία.

Ως παράδειγμα υπηρεσίας πλοήγησης αναφέρεται ένα τυπικό σύστημα πλοήγησης για αυτοκίνητα. Μια συσκευή εγκαθίσταται στο όχημα του χρήστη και αποτελείται από έναν δέκτη GPS, λογισμικό για τον υπολογισμό της θέσης του οχήματος με βάση τις συντεταγμένες του και παρουσίαση του αποτελέσματος πάνω σε ένα χάρτη, και τέλος μια οθόνη ως μέσο διάδρασης με τον χρήστη. Δίνει την δυνατότητα στον χρήστη να επιλέγει τον προορισμό του, και να έχει άμεσα διαθέσιμες μια ή περισσότερες διαδρομές

από την τωρινή θέση του, προεπισκόπηση της κάθε διαδρομής, επιλογή κριτηρίων, όπως την διέλευση ή όχι από σταθμούς διοδίων, καθώς και δυνατότητα σε πραγματικό χρόνο διαφοροποίησης της διαδρομής με βάση κριτήρια και πληροφορίες που δεν ήταν πριν διαθέσιμες στον χρήστη ή στο σύστημα, όπως για παράδειγμα, αυξημένη κίνηση σε κάποιο κομμάτι της διαδρομής.

- Πληροφοριακές Υπηρεσίες

Οι υπηρεσίες αυτές αφορούν την ψηφιακή μετάδοση περιεχομένου στον χρήστη λαμβάνοντας υπ' όψιν τη συγκεκριμένη θέση και συμπεριφορά του κάθε συγκεκριμένη χρονική στιγμή. Οι υπηρεσίες αυτές μπορεί να είναι ενημερωτικές, όπως για παράδειγμα η πρόβλεψη του καιρού των επόμενων ωρών στη περιοχή του χρήστη, ή τα διανυκτερεύοντα φαρμακεία, ψυχαγωγικές, όπως ενημέρωση για συναυλίες ή άλλα πολιτιστικά δρώμενα στην περιοχή τη συγκεκριμένη ώρα κ.α.

Ως παράδειγμα θα αναφερθεί μια υπηρεσία ηλεκτρονικής ξενάγησης σε ένα μουσείο. Ο κάθε χρήστης εφοδιασμένος μόνο με μια φορητή συσκευή και λογισμικό που του παρέχεται ελεύθερα περιηγείται σε ένα μουσείο και χωρίς καμιά άλλη ενέργεια εκ μέρους του, λαμβάνει πληροφορίες για το έκθεμα στο οποίο είναι πλησιέστερα κάθε φορά.

- Υπηρεσίες εντοπισμού και διαχείρισης.

Η δυνατότητα εντοπισμού ατόμων, οχημάτων, πραγμάτων βρίσκει πολλαπλές εφαρμογές σε υπηρεσίες που αφορούν και εξυπηρετούν εταιρικούς, αλλά και απλούς τελικούς χρήστες. Για παράδειγμα γίνεται δυνατή η συνεχής παρακολούθηση ενός δέματος και η ενημέρωση του χρήστη της ταχυδρομικής υπηρεσίας που το περιμένει εξασφαλίζοντας του ένα αίσθημα ασφάλειας και δυναμικής εποπτείας της υπηρεσίας που του παρέχεται. Ακόμα, νοσοκομεία και κλινικές μπορούν να έχουν μια συνεχή εποπτεία της τοποθεσίας του στόλου των ασθενοφόρων τους ώστε να μπορούν να ανταπεξέλθουν γρήγορα και αποτελεσματικά σε κλήσεις για βοήθεια, αποστέλλοντας το όχημα που βρίσκεται πλησιέστερα.

## Κεφάλαιο 5 : Προτεινόμενη Αρχιτεκτονική

### 5.1 Γενικά

#### 5.1.1 J2ME

Η πλατφόρμα *Java 2 Micro Edition (J2ME)* κατασκευάστηκε από την Sun Microsystems για την υποστήριξη εφαρμογών που απευθύνονται σε μη συμβατικές συσκευές, όπως τα κινητά τηλέφωνα και τα PDAs. Οι συσκευές αυτές είναι φορητές, έχουν περιορισμένη μνήμη και υπολογιστική ισχύ, τροφοδοτούνται από μπαταρίες, έχουν μικρές οθόνες και περιορισμένους τρόπους εισαγωγής και εξαγωγής δεδομένων. Σχεδόν πάντα είναι συνδεδεμένες σε κάποιο δίκτυο. Ωστόσο, η πλατφόρμα J2ME δεν απευθύνεται μόνο σε μικρές συσκευές. Ανάλογα με τους περιορισμούς που εισάγει το μέγεθος της μνήμης της συσκευής, μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε η αρχιτεκτονική *CLDC (Connected Limited Device Configuration)* είτε η αρχιτεκτονική *CDC (Connected Device Configuration)*. Γενικά, όμως, η πλατφόρμα J2ME έχει συνδυαστεί με την ανάπτυξη εφαρμογών για μικρές συσκευές με περιορισμένη μνήμη και υπολογιστική ισχύ.

Η πλατφόρμα J2ME έχει μια διαστρωματωμένη αρχιτεκτονική. Κάθε στρώμα προσθέτει επιπλέον λειτουργικότητες. Στο κατώτατο στρώμα βρίσκεται η Java Virtual Machine ενώ στο ανώτερο στρώμα συναντάμε ένα προφίλ. Ανάλογα με τις ανάγκες της εφαρμογής και τις δυνατότητες της συσκευής στην οποία απευθύνεται η εφαρμογή, το προφίλ αλλάζει. Επίσης, είναι δυνατός ο συνδυασμός προφίλ μεταξύ τους, όχι όμως με αυθαίρετο τρόπο, δηλαδή δεν μπορούν να συνεργαστούν όλα τα προφίλ μεταξύ τους. Παράδειγμα ενός τέτοιου προφίλ είναι το *Mobile Information Device Profile (MIDP)* που είναι και το πιο δημοφιλές και για το οποίο γίνεται λόγος παρακάτω.

<b>Profiles</b>	
<b>CDC</b>	<b>CLDC</b>
<b>Java Language</b>	
<b>Java Virtual Machine</b>	

### 5.1.2 CLDC και CDC

Το πρότυπο *CLDC* σχεδιάστηκε για να υποστηρίζει εφαρμογές για συσκευές με πολύ περιορισμένες δυνατότητες όπως τα κινητά τηλέφωνα και τα PDAs. Η Java Virtual Machine που χρησιμοποιεί είναι πολύ μικρή σε μέγεθος με αποτέλεσμα αρκετά από τα χαρακτηριστικά της γλώσσας Java να μην υποστηρίζονται, να απουσιάζουν πάρα πολλές βιβλιοθήκες και όσες υπάρχουν να έχουν συρρικνωθεί σε πολύ μεγάλο βαθμό. Για παράδειγμα, δεν υποστηρίζονται οι τύποι δεδομένων `float` και `long` ενώ η βιβλιοθήκη `java.util` περιέχει μόνο τις κλάσεις `Vector`, `Random`, `Date` και `Calendar`.

Από την άλλη μεριά, το πρότυπο *CDC* σχεδιάστηκε για να υποστηρίζει εφαρμογές για συσκευές που έχουν περισσότερες δυνατότητες από τις συσκευές τις οποίες εξυπηρετεί το πρότυπο *CLDC*. Το πρότυπο *CDC* απευθύνεται σε συσκευές που διαθέτουν επεξεργαστή των 32-bit και μέγεθος μνήμης μεγαλύτερο των 2MB. Όλα τα χαρακτηριστικά καθώς και οι βιβλιοθήκες της γλώσσας Java που απουσιάζουν από το *CDC* πρότυπο, εδώ υποστηρίζονται. Αυτό έχει ως συνέπεια, οι εφαρμογές που κτίζονται πάνω στο πρότυπο *CDC* να είναι πολύ πιο λειτουργικές από αυτές που κτίζονται πάνω στο πρότυπο *CLDC*. Επίσης, το πρότυπο *CDC* προσφέρει καλύτερη δικτυακή υποστήριξη και πιο ευλύγιστους μηχανισμούς ασφάλειας.

### 5.1.3 MIDP

Τόσο το πρότυπο *CLDC* όσο και το πρότυπο *CDC* έχουν πολύ περιορισμένη λειτουργικότητα. Για παράδειγμα, δεν προσφέρουν την δυνατότητα δημιουργίας γραφικού περιβάλλοντος για τον χρήστη. Για την δημιουργία μιας ολοκληρωμένης εφαρμογής, είναι απαραίτητη η χρησιμοποίηση ενός προφίλ πάνω από αυτά τα πρότυπα. Το μόνο προφίλ που είναι διαθέσιμο προς το παρόν είναι το *Mobile Information Device Profile* ή αλλιώς *MIDP*.

Το *MIDP* συνδυάζεται με το πρότυπο *CLDC* και αξιοποιεί με τον καλύτερο τρόπο τις περιορισμένες δυνατότητες του τελευταίου, παρέχοντας εργαλεία για την δημιουργία γραφικού περιβάλλοντος για τον χρήστη. Οι εφαρμογές σε *MIDP* ονομάζονται *MIDlets* και έχουν πολλά κοινά με τα Java applets. Ένα *MIDlet* έχει τρεις καταστάσεις: *active*, *paused* και *destroyed*. Επίσης, τα *MIDlets* δίνουν την δυνατότητα της αποθήκευσης δεδομένων.

Εκτός από τις κλάσεις που παρέχει το πρότυπο *CLDC*, το προφίλ *MIDP* εισάγει τα εξής πακέτα:

- *javax.microedition.midlet*: Περιέχει μια και μοναδική κλάση με το όνομα *MIDlet*, η οποία, περιέχει μεταξύ άλλων, τις μεθόδους για την δημιουργία, την απενεργοποίηση και την καταστροφή των *MIDlets*.

- *javax.microedition.lcdui*: Το πακέτο αυτό περιέχει μεθόδους για την κατασκευή γραφικού περιβάλλοντος.
- *javax.microedition.rms*: Αυτό το πακέτο παρέχει την δυνατότητα για την αποθήκευση δεδομένων με την βοήθεια των μεθόδων της κλάσης *RecordStore*. Επιπλέον, περιέχει διεπαφές για τη σύγκριση, το φιλτράρισμα και άλλες λειτουργίες.

Εκτός από το προφίλ MIDP υπάρχει και το *Foundation Profile* το οποίο συνδυάζεται με το πρότυπο CDC. Ουσιαστικά, το Foundation Profile επεκτείνει την λειτουργικότητα του συγκεκριμένου προτύπου, εξισώνοντας την με αυτήν που παρέχει η Java 2 Standard Edition. Το Foundation Profile, σε αντίθεση με το MIDP, δεν περιέχει πακέτο για την δημιουργία γραφικού περιβάλλοντος χρήστη. Είναι εντυπωσιακό το γεγονός ότι η χρήση του είναι υποχρεωτική. Με άλλα λόγια, ακόμα και αν ο στόχος είναι η εργασία με κάποιο άλλο προφίλ, η παρουσία του Foundation Profile είναι υποχρεωτική. Παίζει το ρόλο του μεσολαβητή ανάμεσα στο πρότυπο CDC και το προς χρήση πρότυπο.

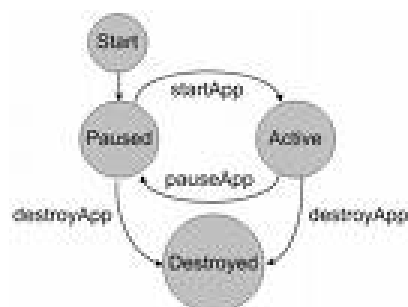
#### 5.1.4 Midlets

Οι εφαρμογές οι οποίες εκτελούνται σε MIDP συσκευές, ονομάζονται midlets. Τα midlets αποτελούνται από μία ή περισσότερες Java κλάσεις των οποίων τα αντικείμενα συμπίεζονται σε μια αρχειοθήκη JAR. Όπως και τα Java applets έτσι και οι MIDP εφαρμογές έχουν ένα συγκεκριμένο κύκλο ζωής εφαρμογής όταν εκτελούνται σε μια κινητή συσκευή.

Συγκεκριμένα, ένα midlet μπορεί να βρίσκεται σε μια από τις ακόλουθες τρεις καταστάσεις:

- Paused : Το midlet βρίσκεται σε αυτή την κατάσταση όταν ξεκινάμε την εφαρμογή, και μπορεί να επιστρέψει στην κατάσταση αυτή οποιαδήποτε στιγμή από το MIDP σύστημα
- Active : Το midlet εκτελείται και ο χρήστης μπορεί να αλληλεπιδράσει μαζί του.
- Destroyed : Το midlet επιστρέφει όλους τους πόρους που χρησιμοποιεί τη στιγμή εκείνη στο σύστημα

Οι επιτρεπτές μεταβάσεις μεταξύ των τριών αυτών καταστάσεων στον κύκλο ζωής ενός midlet, παρουσιάζονται σχηματικά στο ακόλουθο διάγραμμα καταστάσεων



### **5.1.5 Java Application Descriptors ( Αρχεία JAD )**

Ένα αρχείο JAD είναι ένα αρχείο κειμένου το οποίο περιέχει μια σειρά χαρακτηριστικών που περιγράφουν ένα midlet suite. Το midlet suite δεν είναι τίποτα άλλο παρά περισσότερα από ένα midlets τα οποία είναι “συσκευασμένα” στην ίδια αρχειοθήκη JAR και το καθένα από τα οποία μπορεί να χρησιμοποιεί όλες τις κλάσεις και τους πόρους που περιέχονται στο JAR αρχείο , όπως και κάθε άλλη Java εφαρμογή η οποία μπορεί να χρησιμοποιεί τις κλάσεις που φορτώνονται από τον ίδιο class loader.

Τα JAD αρχεία είναι σε πολλά σημεία παρόμοια με τα αρχεία manifest που περιέχονται στα JAR αρχεία και χρησιμοποιούνται από το λογισμικό διαχείρισης εφαρμογών για την εγκατάσταση της εφαρμογής. Η βασική τους διαφορά είναι ότι το JAD αρχείο δεν εμπεριέχεται στην αρχειοθήκη JAR ,αλλά είναι ξεχωριστό αρχείο. Η προτυποποίηση MIDP καθόρισε το JAD , κατά κύριο λόγο για να επιτυγχάνεται ένας έλεγχος δυνατότητας εγκατάστασης κάποιας αρχειοθήκης JAR χωρίς να απαιτείται η εξαρχής μεταφόρτωση της στη συσκευή, χρησιμοποιώντας τις πληροφορίες που παρέχει το Java Application Descriptor.

### **5.1.6 Δημιουργία ενός midlet**

Στην παρούσα παράγραφο θα περιγράψουμε συνοπτικά τη διαδικασία δημιουργίας ενός midlet. Μπορούμε να πούμε ότι αποτελείται από 5 Κύρια βήματα

1. Γράψιμο του κώδικα Java για το midlet
2. Μεταγλώττιση του πηγαίου κώδικα
3. Προεπαλήθευση του αρχείου κλάσης του MIDlet. Σε μια κανονική Java Virtual Machine του J2SE υπάρχει ο λεγόμενος class verifier , ο οποίος επιφορτίζεται με τον έλεγχο για την απόρριψη μη αποδεκτών κλάσεων κατά τη διάρκεια της λειτουργίας. Ωστόσο στην KVM του J2ME η χρησιμοποίηση ενός class verifier θα οδηγούσε σε παραβίαση των ορίων χρησιμοποίησης μνήμης. Έτσι αποφασίστηκε η διαδικασία αυτή να γίνεται κατά τη διάρκεια δημιουργίας του MIDlet.
4. “Συσκευασία” της εφαρμογής σε μια αρχειοθήκη JAR.
5. Δημιουργία του αρχείου JAD. Αν μια συσκευή δεν είναι σε θέση να εκτελέσει μια εφαρμογή , δεν υπάρχει κανένας λόγος να την μεταφορτώσει. Ο έλεγχος αυτός επιτυγχάνεται μέσω του Java Application Descriptor , όπου περιέχονται πληροφορίες όπως απαιτήσεις για μνήμη της εφαρμογής.



Η παραπάνω είναι η τυποποιημένη διαδικασία για τη δημιουργία ενός midlet και μπορεί να εκτελεστεί και μέσω γραμμής εντολών. Ωστόσο αποτελεί μια εναλλακτική λύση και δεν υπάρχει λόγος να ακολουθείται εκτός και αν θέλουμε μια εις βάθος εποπτεία του κύκλου ζωής ανάπτυξης ενός MIDlet. Χρησιμοποιώντας ένα ολοκληρωμένο περιβάλλον ανάπτυξης ( Integrated development Environment – IDE ) όπως το Net Beans μπορούμε να απλοποιήσουμε κατά πολύ τη διαδικασία ανάπτυξης μιας MIDP εφαρμογής.

## **5.2 Προτεινόμενη Αρχιτεκτονική**

Στο κεφάλαιο αυτό θα αναλύσουμε την προτεινόμενη προσέγγιση για την ανάκτηση πολυμεσικού περιεχομένου από ιστοσελίδες μέσω συσκευών που υποστηρίζουν java εφαρμογές. Για να αποφευχθεί εξάρτηση από εταιρικά ιδιοταγή πρότυπα και να μειωθεί το κόστος ανάπτυξης της εφαρμογής, προσπαθήσαμε να χρησιμοποιήσουμε πρότυπα και εργαλεία ανοικτού κώδικα , όπου αυτό ήταν δυνατόν. Επίσης η ανάπτυξη έγινε χρησιμοποιώντας διαδεδομένες και γενικές προσεγγίσεις , ώστε η εφαρμογή να είναι ανεξάρτητη από το υλικό και το λογισμικό των συσκευών. Η μόνη απαίτηση είναι η συσκευή (κινητό τηλέφωνο, PDA κλπ. ) να υποστηρίζει java εφαρμογές και συγκεκριμένα το προφίλ MIDP 2.0 της πλατφόρμας Java 2 Micro Edition (J2ME).

Για το υπόλοιπο κεφάλαιο, θα χρησιμοποιηθεί ο όρος “σημείο ενδιαφέροντος” , ο οποίος αναφέρεται σε κάθε σημείο που ενεργοποιεί την εφαρμογή ώστε να ζητήσει κάποιο περιεχόμενο και να το παρουσιάσει στον χρήστη.

Το κύριο χαρακτηριστικό της προτεινόμενης προσέγγισης είναι ότι τα διαφορετικά κομμάτια της έχουν σχεδιαστεί και υλοποιηθεί με σπονδυλωτό τρόπο έτσι ώστε να αποφευχθεί η εξάρτηση της εφαρμογής από κάποια συγκεκριμένη τεχνολογία εντοπισμού θέσης και να είναι δυνατή η περαιτέρω ανάπτυξη και εξέλιξη της. Ο σπονδυλωτός τρόπος υλοποίησης αφορά :

- Τον διαχωρισμό της διαδικασίας εντοπισμού θέσης και της τεχνολογίας που χρησιμοποιείται από τον μηχανισμό ανάκτησης του web περιεχομένου.
- Την επιλογή του μηχανισμού εντοπισμού θέσης ανάλογα με το περιβάλλον στο οποίο θα χρησιμοποιηθεί η εφαρμογή

- Την επιλογή της τερματικής συσκευής. Η μόνη απαίτηση είναι να υποστηρίζει java εφαρμογές , κάτι που είναι πλέον σύνηθες στα περισσότερα κινητά νέας γενιάς , καθώς και σε PDAs. Το περιεχόμενο που ανακτάται παρουσιάζεται στον χρήστη διαμέσου οποιουδήποτε , έστω και υποτυπώδους web πλοηγού.
- Ανεξαρτησία από τις υποκείμενες υποδομές υλικού. Η εφαρμογή στηρίζεται εξ' ολοκλήρου σε web τεχνολογίες που μπορούν εύκολα να αναπτυχθούν σε οποιονδήποτε εξυπηρετητή.
- Ανεξαρτησία από το περιεχόμενο που είναι διαθέσιμο στον χρήστη . Το περιεχόμενο γίνεται διαθέσιμο μέσω του εξυπηρετητή περιεχομένου και μπορεί να ανανεώνεται δυναμικά χωρίς καμία άλλη αλλαγή στο υπόλοιπο σύστημα.

Τέλος, ολόκληρη η διαδικασία ανάκτησης περιεχομένου είναι “διαφανής” από τη σκοπιά του τελικού χρήστη. Το μόνο που θα χρειαστεί να κάνει είναι να εκτελέσει την εφαρμογή στην τερματική του συσκευή και στη συνέχεια χωρίς να είναι απαραίτητη καμία επιπλέον ενέργεια εκ μέρους του θα λαμβάνει το απαραίτητο περιεχόμενο ανάλογα με τη σχετική του θέση μέσα στον χώρο στον οποίον θα είναι διαθέσιμη η υπηρεσία.

### **5.2.1 Κύρια στοιχεία της Αρχιτεκτονικής του συστήματος**

Στο κεφάλαιο αυτό θα αναλυθούν τα βασικά στοιχεία της προτεινόμενης αρχιτεκτονικής. Τα διάφορα συστατικά της προσέγγισης που επιχειρήθηκε είναι τα τερματικά τελικού χρήστη, η υποδομή στην πλευρά του εξυπηρετητή , και η υποδομή επικοινωνίας

Τα κύρια χαρακτηριστικά των παραπάνω συστατικών είναι τα ακόλουθα

- Τεχνολογίες εντοπισμού θέσης, όπως Bluetooth ή GPS. Μπορούν να είναι ενσωματωμένες στη συσκευή του χρήστη ή να προσφέρονται σαν ξεχωριστές συσκευές που συνεργάζονται με κινητά τηλέφωνα ή PDAs.
- Το δίκτυο επικοινωνίας, το οποίο μπορεί να είναι ένα οποιοδήποτε δίκτυο που υποστηρίζει το πρωτόκολλο IP , πχ ένα ασύρματο τοπικό δίκτυο ( WLAN ) ή ένα 3G ή GPRS δίκτυο.
- Η τερματική εφαρμογή, η οποία εκτελείται στην συσκευή του χρήστη. Πρόκειται για ένα J2ME midlet το οποίο υλοποιεί την διαδικασία προσδιορισμού της θέσης ,χρησιμοποιώντας μια από τις διαθέσιμες τεχνολογίες . Επίσης επικοινωνεί με την υποδομή στην πλευρά του εξυπηρετητή για την ανάκτηση του περιεχομένου και τέλος προσφέρει το απαραίτητο γραφικό περιβάλλον για τον χρήστη (GUI) .

- Ο εξυπηρετητής προσδιορισμού θέσης ( localization server ) , ο οποίος προσφέρει την δυναμική αντιστοιχία μεταξύ της θέσης όπως αυτή του αναφέρεται από την τερματική εφαρμογή του χρήστη και ένα συγκεκριμένο “σημείο ενδιαφέροντος”. Η διαδικασία του προσδιορισμού της θέσης γίνεται ανεξάρτητα από την τεχνολογία εντοπισμού της που χρησιμοποιείται από την τερματική εφαρμογή και επιτυγχάνεται προσδιορίζοντας έναν συγκεκριμένο τύπο URI που “ζητά” κάθε φορά η τερματική εφαρμογή από τον εξυπηρετητή. Στο URI περιλαμβάνεται η θέση του τερματικού σε συγκεκριμένη μορφή και ο εξυπηρετητής προσδιορισμού θέσης αναλαμβάνει να επιλέξει το κατάλληλο “σημείο ενδιαφέροντος” που αντιστοιχεί στη θέση αυτή.
- Ο εξυπηρετητής διαχείρισης περιεχομένου. Άμεσα συνδεδεμένος με τον εξυπηρετητή προσδιορισμού θέσης , περιέχει όλο το πολυμεσικό περιεχόμενο (φωτογραφίες, κείμενο, video ) που είναι διαθέσιμο προς τους χρήστες για κάθε σημείο ενδιαφέροντος

### **5.2.3 Σενάριο Χρήσης Εφαρμογής**

Στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιαστούν συνοπτικά τα απλά βήματα που θα πρέπει να ακολουθήσει ένας χρήστης για να χρησιμοποιήσει την εφαρμογή , καθώς και η συνεπακόλουθη διάδραση μεταξύ των διαφόρων στοιχείων της αρχιτεκτονικής .

1. Ο χρήστης μεταφορτώνει το midlet της εφαρμογής διαμέσου του IP δικτύου , χρησιμοποιώντας ένα web interface , και το εγκαθιστά στην φορητή του συσκευή.
2. Η εφαρμογή τίθεται σε λειτουργία και αναζητά “σημεία ενδιαφέροντος” ανά καθορισμένα τακτά χρονικά διαστήματα μέσω της τεχνολογίας εντοπισμού θέσης που έχει επιλεγεί για την συγκεκριμένη υλοποίηση.
3. Μόλις εντοπιστεί ένα καινούργιο σημείο ενδιαφέροντος, η εφαρμογή ανοίγει το πρόγραμμα περιήγησης της συσκευής και μέσω ενός μηνύματος HTTP GET ενημερώνει τον εξυπηρετητή προσδιορισμού θέσης για τα νέα δεδομένα.
4. Ο εξυπηρετητής επικοινωνεί με τη σειρά του με τον εξυπηρετητή διαχείρισης περιεχομένου, ανακτά τα απαραίτητα πολυμεσικά στοιχεία για το συγκεκριμένο “σημείο ενδιαφέροντος” , και τα παρουσιάζει στον χρήστη μέσα στην ίδια web σελίδα που είχε προηγουμένως προσπελάσει.

5. Κάθε φορά που ο χρήστης βρεθεί κοντά σε κάποιο “σημείο ενδιαφέροντος” επαναλαμβάνονται τα βήματα 3 και 4 , και παρουσιάζεται στον χρήστη το αντίστοιχο περιεχόμενο.

## ***Κεφάλαιο 6 : Υλοποίηση Συστήματος***

### ***6.1 Λογισμικό Φορητής Συσκευής - Τερματική Εφαρμογή***

Όπως περιγράφηκε και νωρίτερα, για να γίνει δυνατή η αναζήτηση και επιλογή του καταλλήλου σημείου εφαρμογής από την φορητή συσκευή, αναπτύχθηκαν δυο java midlets τα οποία περιέχονται στη midlet suite e-tourguide .Το πρώτο , βασισμένο στο πρότυπο JSR172 Χρησιμοποιεί Bluetooth και χρησιμοποιείται για εσωτερικούς χώρους, ενώ το δεύτερο midlet χρησιμοποιεί GPS και αφορά περιήγηση σε εξωτερικούς χώρους. Η σουίτα αυτή μπορεί εύκολα να εγκατασταθεί σε οποιαδήποτε φορητή συσκευή υποστηρίζει το πρότυπο CLDC (Connected Limited Device Configuration ) και το προφίλ MIDP ( Mobile Information Device Profile ) της πλατφόρμας J2ME.

Ξεκινώντας την εφαρμογή, δίνεται η δυνατότητα στον χρήστη να επιλέξει ποιο από τα 2 midlet θα χρησιμοποιήσει , ανάλογα με το αν βρίσκεται σε εσωτερικό η εξωτερικό χώρο.

Στην περίπτωση ξενάγησης σε εσωτερικό χώρο, εκκινείται το αντίστοιχο midlet και ξεκινά τη διαδικασία αναζήτησης “σημείων ενδιαφέροντος” , εν προκειμένω των Bluetooth tags που το καθένα αντιστοιχεί και σε ένα σημείο ενδιαφέροντος. Μόλις βρεθεί το πρώτο tag η διαδικασία της αναζήτησης τερματίζεται. Θεωρούμε ότι το πρώτο tag που θα εντοπίσει είναι και αυτό που βρίσκεται πιο κοντά του , κάτι που επιβεβαιώθηκε και από τις πειραματικές μετρήσεις που διεξήχθησαν. Αυτόματα, το midlet εκκινεί το πρόγραμμα περιήγησης της φορητής συσκευής και το κατευθύνει στο αντίστοιχο URI περνώντας ως παραμέτρους τη mac διεύθυνση του tag που εντόπισε και έναν αριθμό που αντιστοιχεί στο session id και χρησιμοποιείται από το σύστημα ως μοναδικό αναγνωριστικό της συσκευής.

Το php script που εκτελείται στον εξυπηρετητή προσδιορισμού θέσης αναλαμβάνει να αντιστοιχήσει τις πληροφορίες που του παρέχει το midlet μέσω του HTTP GET μηνύματος και να εμφανίσει τις πληροφορίες (φωτογραφία και ένα σύντομο κείμενο ) για το σημείο ενδιαφέροντος που αντιστοιχεί στο συγκεκριμένο tag.

Ταυτόχρονα, το thread του midlet έχει ήδη επανεκκινηθεί και μια νέα αναζήτηση έχει ξεκινήσει. Στην περίπτωση που εντοπιστεί το ίδιο tag, δεν γίνεται καμία περαιτέρω ενέργεια, ενώ αν εντοπιστεί ένα νέο tag επαναλαμβάνεται η προηγούμενη διαδικασία. Το session id παραμένει το ίδιο, ενώ η μόνη μεταβλητή που αλλάζει είναι η mac διεύθυνση του tag που έχει εντοπιστεί.

Στην περίπτωση που ο χρήστης επιλέξει ξενάγηση σε εξωτερικό χώρο, επιλέγει και εκκινεί το αντίστοιχο midlet. Εμφανίζεται ένα μήνυμα που καλωσορίζει τον χρήστη στην εφαρμογή και ξεκινά η διαδικασία εντοπισμού της θέσης της φορητής συσκευής. Αν για οποιοδήποτε λόγο (καιρικές συνθήκες, τοποθεσία, αστοχία υλικού), είναι αδύνατος ο εντοπισμός της θέσης, ενημερώνεται ο χρήστης μέσω ενός μηνύματος στην οθόνη και το thread του midlet περιμένει 20 δευτερόλεπτα πριν ξεκινήσει νέα διαδικασία εντοπισμού.

Μόλις εντοπιστεί το στίγμα της θέσης, το midlet εκκινεί το πρόγραμμα περιήγησης της φορητής συσκευής και “ζητά” ένα προκαθορισμένο URI περνώντας σαν παραμέτρους το γεωγραφικό πλάτος και μήκος και το session id που επιτελεί την ίδια λειτουργία όπως και προηγουμένως. Το αντίστοιχο php script στον εξυπηρετητή εντοπισμού θέσης, αναλαμβάνει να υπολογίσει την απόσταση της φορητής συσκευής από τα σημεία ενδιαφέροντος για την συγκεκριμένη εφαρμογή, που είναι αποθηκευμένα σε μια βάση δεδομένων, και να βρει το κοντινότερο του. Στη συνέχεια παρουσιάζει τα δεδομένα που αφορούν το συγκεκριμένο σημείο ενδιαφέροντος (Φωτογραφία και ένα σύντομο κείμενο).

Το midlet, επαναλαμβάνει τη διαδικασία εντοπισμού της θέσης του ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Ο χρόνος αυτός εξαρτάται από την τοπολογία που θα εξυπηρετήσει η εφαρμογή και προσδιορίζεται ως εξής: Υπολογίζουμε την ελάχιστη απόσταση μεταξύ δυο διαδοχικών τοπικά σημείων ενδιαφέροντος, έστω  $D_{min}$ . Υποθέτουμε ότι ο χρήστης της εφαρμογής κινείται με μια μέση ταχύτητα 1 m/s, που είναι η μέση ταχύτητα βαδίσματος. Έτσι ο χρόνος μεταξύ δυο διαδοχικών αναζητήσεων θέσης  $t_{int}$ , υπολογίζεται ως

$$t_{int} = \frac{D_{min}}{U_m}. \text{ Έτσι εξασφαλίζουμε ότι δε έχουμε αχρείαστες εκκινήσεις του midlet που θα}$$

επιφέρουν κατανάλωση μπαταρίας της φορητής συσκευής, χωρίς να κάνουμε παραχωρήσεις στην ακρίβεια της εφαρμογής. Κάθε φορά που γίνεται εντοπισμός της θέσης επαναλαμβάνεται η ίδια διαδικασία, και σε αντίθεση με την εφαρμογή για εσωτερικούς χώρους, ο εξυπηρετητής αναζήτησης είναι υπεύθυνος για την αλλαγή ή όχι του περιεχομένου που θα βλέπει ο χρήστης στον περιηγητή της συσκευής του. Επιλέχθηκε αυτή η προσέγγιση γιατί θα ήταν πολύ χρονοβόρο και ενεργοβόρο να γίνεται η σύγκριση από το midlet, και η ταχύτητα αλλά κυρίως η εξοικονόμησης ενέργειας (μεγαλύτερος χρόνος ζωής για τη μπαταρία της συσκευής) είναι πολύ σημαντικός παράγοντας σε αυτού του είδους τις εφαρμογές. Σε κάθε επανάληψη της διαδικασίας, ο εξυπηρετητής προσδιορισμού θέσης καταγράφει τα στοιχεία που του αποστέλλονται και τα καταχωρεί σε μια βάση δεδομένων. Έτσι σε έναν πίνακα αποθηκεύονται επισκέψεις σε σημεία ενδιαφέροντος και οι εγγραφές περιλαμβάνουν τα ακόλουθα στοιχεία:

- session id
- id σημείου ενδιαφέροντος
- χρόνος επίσκεψης

Τα στοιχεία αυτά μπορούν να επεξεργαστούν περαιτέρω για την εξαγωγή στατιστικών στοιχείων , δημιουργία χαρτών πορείας χρηστών, διατήρηση ιστορικού , εξαγωγή συμπερασμάτων για την επισκεψιμότητα κάθε “σημείου ενδιαφέροντος”.

## ***6.2 Εξυπηρετητής Προσδιορισμού Θέσης – Εξυπηρετητής διαχείρισης περιεχομένου***

Ο εξυπηρετητής προσδιορισμού θέσης εξυπηρετεί πολλαπλές λειτουργίες. Η βάση δεδομένων υλοποιημένη σε mysql βρίσκεται στον εξυπηρετητή αυτόν. Στη βάση είναι αποθηκευμένες πληροφορίες( τα πολυμεσικά δεδομένα που παρουσιάζονται στον χρήστη) για τα σημεία ενδιαφέροντος , οι πίνακες αντιστοιχίας των σημείων ενδιαφέροντος με τα Bluetooth tags στην υλοποίηση μέσω Bluetooth, καθώς και τα στατιστικά στοιχεία που συλλέγουμε κατά τη διάρκεια της ξενάγησης των χρηστών. Στον εξυπηρετητή αυτόν επίσης , εκτελούνται τα php scripts που αναφερθήκαν προηγουμένως και εκτελούν λειτουργίες αντιστοίχισης των Bluetooth tags που ανιχνεύονται ή των συντεταγμένων του χρήστη , με τα σημεία ενδιαφέροντος και παρουσίασης των αντιστοίχων πληροφοριών στον χρήστη.

## ***6.3 Περιγραφική Λογική Εφαρμογής***

Η εφαρμογή μας χρησιμοποιεί την είσοδο που παίρνει από όλες τις τερματικές συσκευές που την χρησιμοποιούν διαμέσου του midlet που “τρέχει” σε κάθε μια από αυτές , ανανεώνει την βάση δεδομένων με τα νέα στοιχεία που λαμβάνει , “ρωτά” την βάση για το κατάλληλο περιεχόμενο για το νέο σημείο ενδιαφέροντος με βάση τη θέση του χρήστη, και “απαντά” στον χρήστη παρουσιάζοντας τα πολυμεσικά δεδομένα για το σημείο αυτό. Κάθε ξεχωριστό σημείο ενδιαφέροντος, αντιστοιχεί σε ένα διαφορετικό URI στον εξυπηρετητή διαχείρισης περιεχομένου που περιέχει κάποιο στατικό ή δυναμικά δημιουργούμενο περιεχόμενο. Η εφαρμογή μας βασίζεται σχεδόν εξ ολοκλήρου σε διεργασίες που γίνονται στον εξυπηρετητή , κάτι που την κάνει πολύ εύχρηστη για τους χρήστες και μας δίνει μια μεγάλη ευχέρεια για την διενέργεια μετατροπών , βελτιώσεων, και δυναμικών αλλαγών , ακόμα και σε πραγματικό χρόνο , χωρίς να επηρεάζεται η λειτουργικότητα της.

## ***Κεφάλαιο 7 : Πειραματικές Μετρήσεις***

### ***7.1 Διαθέσιμος Εξοπλισμός***

Στις πειραματικές μετρήσεις που διεξήχθησαν , χρησιμοποιήθηκαν πέντε Bluetooth Tags BT – 002 της εταιρείας Blueleon.

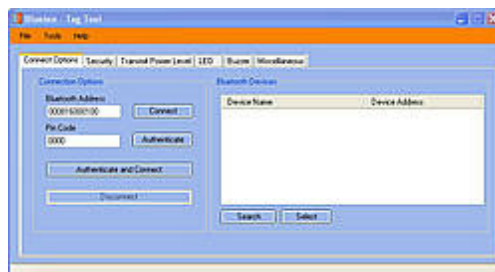


Συνοπτικά τα τεχνικά χαρακτηριστικά των tags , όπως αυτά δίνονται από την κατασκευάστρια εταιρεία :

Προδιαγραφές Bluetooth :

- Ακολουθούν το πρότυπο Bluetooth v1.2 τόσο όσον αφορά το λογισμικό, όσο και το υλικό.
- Ράδιο πομποδέκτης κλάσης 2, με ρυθμιζόμενη εμβέλεια έως 50 μέτρα
- Ολοκληρωμένο κύκλωμα Bluetooth , BlueCore-02 της εταιρείας CSR.
- Εσωτερική κεραία.

Ακόμα για την ρύθμιση της ισχύος των tags, χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα TagLab Utility της ίδιας εταιρείας



το οποίο παρείχε ακόμα την δυνατότητα για έλεγχο της στάθμης της μπαταρίας του κάθε tag και της ορθής του λειτουργίας.

Τέλος για την πραγματοποίηση των διαφόρων μετρήσεων και τον εντοπισμό των Bluetooth Tags χρησιμοποιήθηκε το κινητό SGH-E840 της εταιρείας Samsung ενώ για τις πειραματικές μετρήσεις που αφορούσαν την υλοποίηση με GPS χρησιμοποιήθηκε το smartphone Nokia E61 σε συνεργασία με ένα GPS module της εταιρείας καθώς και το smartphone Nokia N95 με υποστήριξη για assisted-GPS.

## **7.2 Πειραματικές Μετρήσεις Bluetooth**

### **7.2.1 Μέτρηση Εμβέλειας των Tag ανάλογα με το επίπεδο ισχύος της εκπομπής**

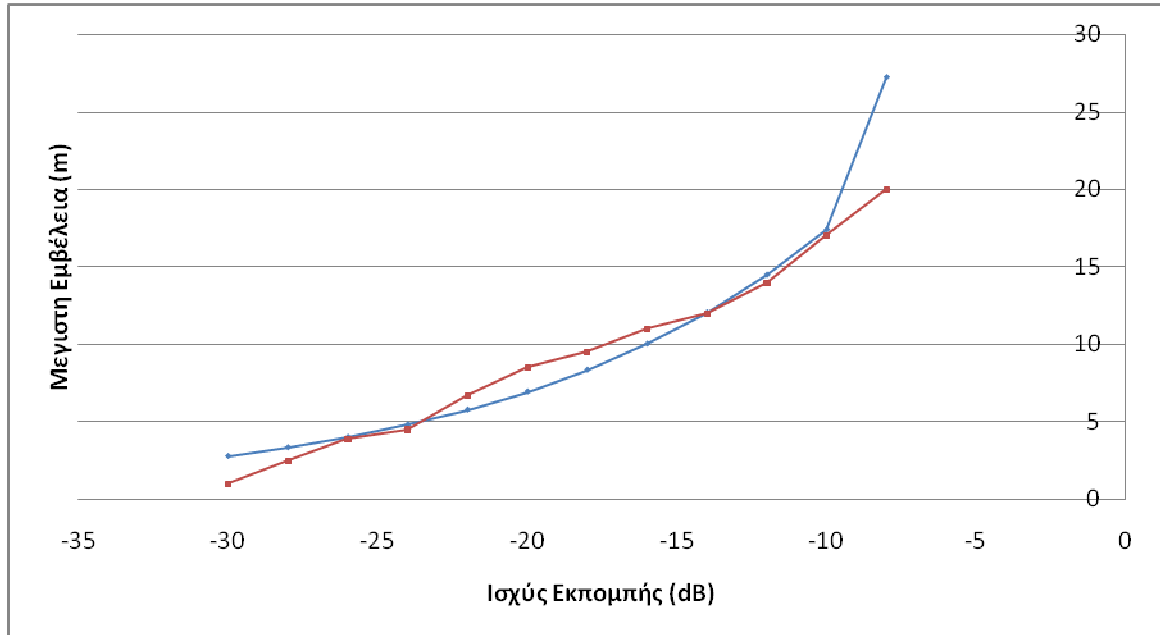
Το πρώτο πείραμα που διεξήχθη αφορούσε τον πειραματικό προσδιορισμό της μέγιστης εμβέλειας των Bluetooth Tags για διάφορα επίπεδα ισχύος εκπομπής και η σύγκριση της με τις θεωρητικά αναμενόμενες τιμές.

Οι μετρήσεις για τα πειραματικά αποτελέσματα έγιναν για ισχείς από -30dB έως και -8 dB με βήματα των 2 dB . Τα αποτελέσματα φαίνονται συνοπτικά στον ακόλουθο πίνακα . Στον ίδιο πίνακα σημειώνεται επίσης και η αναμενόμενη θεωρητικά τιμή, καθώς και η απόκλιση μεταξύ τους για κάθε επίπεδο ενέργειας.



Επίπεδο Ενέργειας (dB)	Θεωρητική Τιμή (m)	Πειραματική Μέτρηση (m)	Απόκλιση (%)
-30	2,75	1	63,63636364
-28	3,31	2,5	24,47129909
-26	3,98	3,9	2,010050251
-24	4,79	4,5	6,054279749
-22	5,75	6,7	-16,52173913
-20	6,92	8,5	-22,83236994
-18	8,32	9,5	-14,18269231
-16	10	11	-10
-14	12,02	12	0,166389351
-12	14,45	14	3,114186851
-10	17,38	17	2,186421174
-8	27,21	20	26,49761117

Επίσης οι θεωρητικές και οι πειραματικές τιμές της μέγιστης εμβέλειας, παρουσιάζονται μαζί στο ακόλουθο διάγραμμα

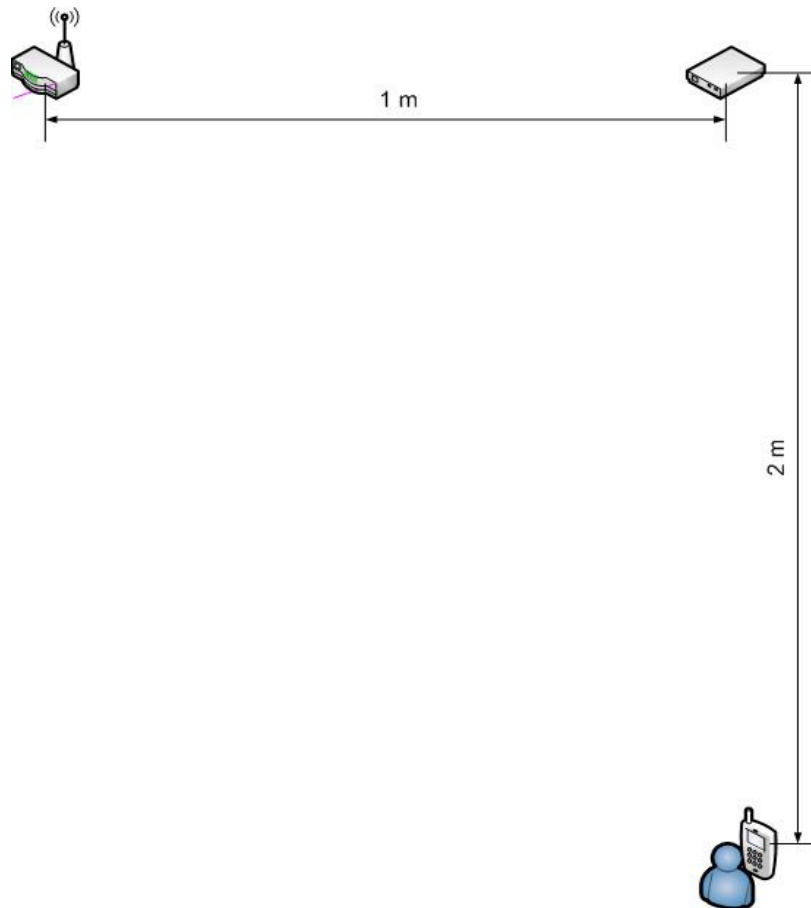


### **7.2.2 Αλληλεπίδραση Wi-Fi και Bluetooth**

Επίδραση ύπαρξης Ασύρματου Τοπικού Δικτύου (WLAN) στον χρόνο εντοπισμού των tags.

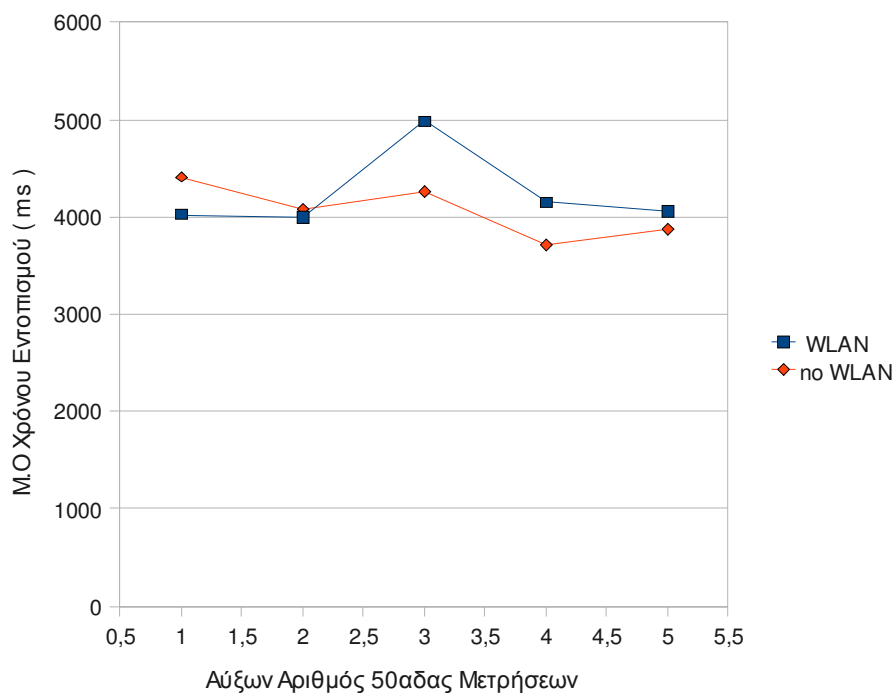
Όπως είναι γνωστό το Wi – Fi ( πρωτόκολλο 802.11b/g ) αλλά και το Bluetooth χρησιμοποιούν το ίδιο φάσμα ραδιοσυχνότητας και συγκεκριμένα το εύρος μεταξύ 2.4 και 2.48 GHz . Το Wi-Fi το χωρίζει σε 12 επικαλυπτόμενα κανάλια των 22 MHz έκαστο ενώ το Bluetooth το χωρίζει σε 79 κανάλια εύρους 1 MHz και χρησιμοποιεί μια τεχνική που ονομάζεται frequency hopping έτσι ώστε να αλλάζει συνεχώς το χρησιμοποιούμενο κανάλι. Είναι προφανές ότι ακόμα και με αυτή την τεχνική, όποιο και από τα 12 κανάλια του Wi-Fi να χρησιμοποιείται υπάρχει η πιθανότητα κάποια στιγμή σε έναν χώρο όπου συνυπάρχουν οι 2 ασύρματες τεχνολογίες επικοινωνίας αυτές , να υπάρξουν παρεμβολές. Οι παρεμβολές αυτές μπορεί να προκαλέσουν μικρότερο throughput και ταχύτερες μετάδοσης δεδομένων, η ακόμα δυσκολία εντοπισμού συσκευών όσον αφορά το Bluetooth.

Στο πείραμα αυτό επιχειρήθηκε να προσδιοριστεί αν και με ποιο τρόπο επηρεάζεται ο χρόνος εντοπισμού των tags από μια συσκευή (κινητό τηλέφωνο) , από την ύπαρξη Ασύρματου Τοπικού Δικτύου στην ίδια περιοχή. Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκε ένα εκ των Bluetooth tags και το κινητό τηλέφωνο Samsung E-840 με μια τροποποιημένη μορφή του j2me midlet που αναπτύχθηκε για την υπηρεσία περιήγησης. Στην έκδοση του αυτή το midlet, ξεκινά αναζήτηση για συσκευές Bluetooth, τυπώνει στην οθόνη την mac διεύθυνση της πρώτης συσκευής που θα αναγνωρίσει και τον χρόνο από την έναρξη της αναζήτησης και στην συνέχεια τερματίζει την αναζήτηση και ξεκινά μια νέα. Τέλος ως access point του υποτιθέμενου ασύρματου τοπικού δικτύου χρησιμοποιήθηκε ένα τυπικό ασύρματο modem/router της εταιρείας Linksys ( WAG200G ) . Η τοπολογία φαίνεται στο ακόλουθο σχήμα



Το επίπεδο ισχύος εκπομπής του Bluetooth tag ρυθμίστηκε στα -22 dB και έγιναν 250 μετρήσεις με τον ασύρματο δρομολογητή ανοιχτό και 250 μετρήσεις με τον ασύρματο δρομολογητή κλειστό . Για να εξασφαλιστεί καλύτερη ομοιογένεια στα αποτελέσματα και να απαλειφθούν τυχαία λάθη , οι μετρήσεις χωρίστηκαν σε ομάδες των 50, εναλλάσσοντας την παρουσία η μή Wi-Fi στον χώρο.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων με τη μορφή διαγράμματος όπου φαίνεται ο μέσος όρος του χρόνου εντοπισμού για κάθε 50-αδα μετρήσεων



Όπως φαίνεται από τα αποτελέσματα η επίδραση της ύπαρξης ασύρματου τοπικού δικτύου στον χρόνο εντοπισμού του Bluetooth tag από κάποια φορητή συσκευή είναι πολύ μικρή. Αν εξαιρέσουμε την τρίτη ομάδα μετρήσεων όπου η διαφορά είναι σχεδόν 0,8 δευτερόλεπτα, δεν μπορούμε να συμπεράνουμε ότι η ύπαρξη ασύρματου τοπικού δικτύου έχει αρνητική επίδραση. Παρατηρούμε ότι ο χρόνος εντοπισμού κυμαίνεται στην περιοχή των 4,5 με 5 δευτερολέπτων, κάτι που επιβεβαιώθηκε και στην πλειονότητα των μετρήσεων που έγιναν για τους σκοπούς άλλων πειραματικών μετρήσεων.

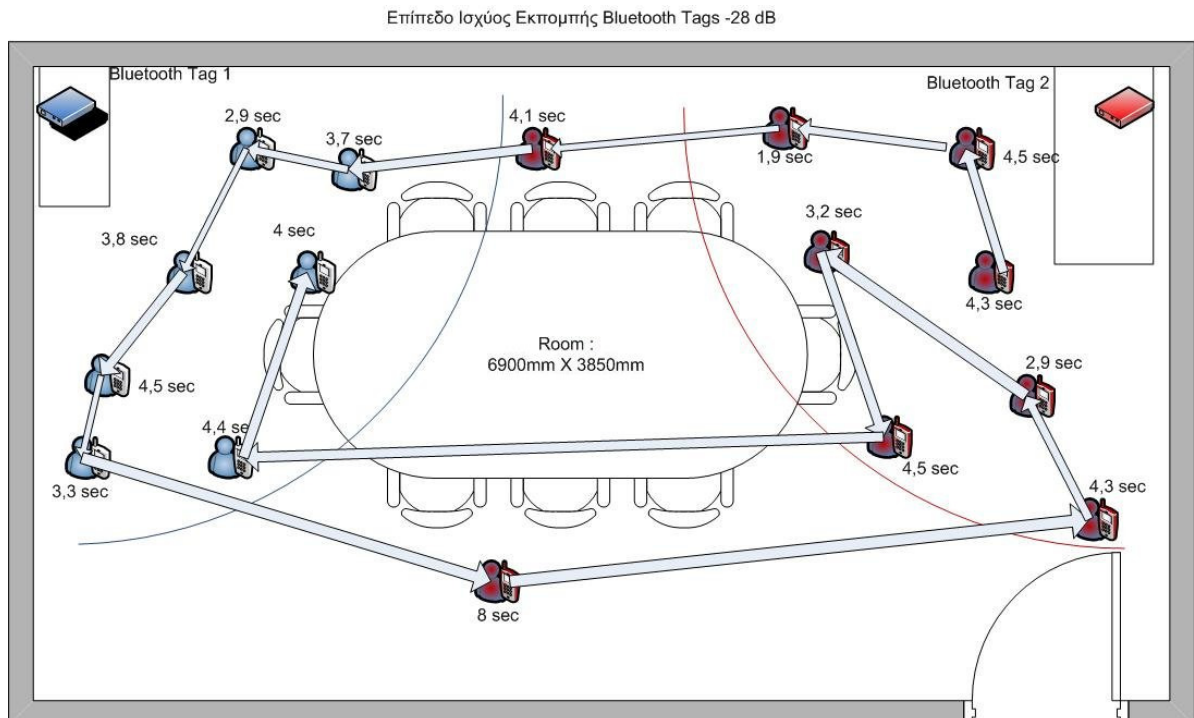
### 7.2.3 Πειραματικές μετρήσεις με 2 tags

Αρχικά πραγματοποιήσαμε 2 πειραματικές μετρήσεις, χρησιμοποιώντας 2 από τα Bluetooth tags που είχαμε στην κατοχή μας. Σκοπός των μετρήσεων αυτών ήταν η επιβεβαίωση των αποτελεσμάτων για την εμβέλεια που λάβαμε σε προηγούμενα πειράματα, καθώς και μια πρώτη ένδειξη για τη συμπεριφορά του midlet που αναπτύξαμε σε συνθήκες όπου θα πρέπει μέσα στον ίδιο κύκλο λειτουργίας να εντοπίσει περισσότερα του ενός Bluetooth tags. Για τις ακόλουθες μετρήσεις χρησιμοποιήθηκε η τροποποιημένη έκδοση του midlet που χρησιμοποιήθηκε και στις μετρήσεις για την εμβέλεια. Το midlet αυτό ξεκινά μια αναζήτηση την οποία και τερματίζει αφού βρει το πρώτο Bluetooth tag αφού πρώτα εμφανίσει την mac διεύθυνση του καθώς και το χρόνο που έκανε για να το εντοπίσει, στην οθόνη του χρήστη. Στη συνέχεια επανεκκινείται και ξεκινά

μια νέα αναζήτηση για συσκευές Bluetooth. Οι μετρήσεις έγιναν όλες μέσα στον ίδιο χώρο η τοπολογία του οποίου θα φανεί στα ακόλουθα σχήματα.

### 7.2.3.1 Μετρήσεις με δύο tags σε επίπεδο ισχύος εκπομπής -28 dB

Σε αυτό το επίπεδο εκπομπής θελήσαμε να εξασφαλίσουμε ότι δεν θα υπάρχουν ζώνες παρεμβολής στον χώρο μας, δηλαδή περιοχές όπου το κινητό τηλέφωνο που χρησιμοποιήσαμε θα μπορούσε να εντοπίσει και τα 2 tags που χρησιμοποιήσαμε. Ακολουθήθηκε η διαδρομή που φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα, όπου και σημειώνονται το πιο tag εντοπιζόταν σε κάθε θέση καθώς και ο χρόνος που χρειάστηκε το midlet να εντοπίσει το κάθε tag. Σημειώνεται ότι ο χρόνος αυτός αντιπροσωπεύει σε κάθε θέση τη χρονική διάρκεια από την εκκίνηση του midlet μέχρι τον εντοπισμό του tag και όχι την χρονική διάρκεια από τη στιγμή που μεταβήκαμε εμείς στο σημείο εκείνο μέχρι τον εντοπισμό του tag.



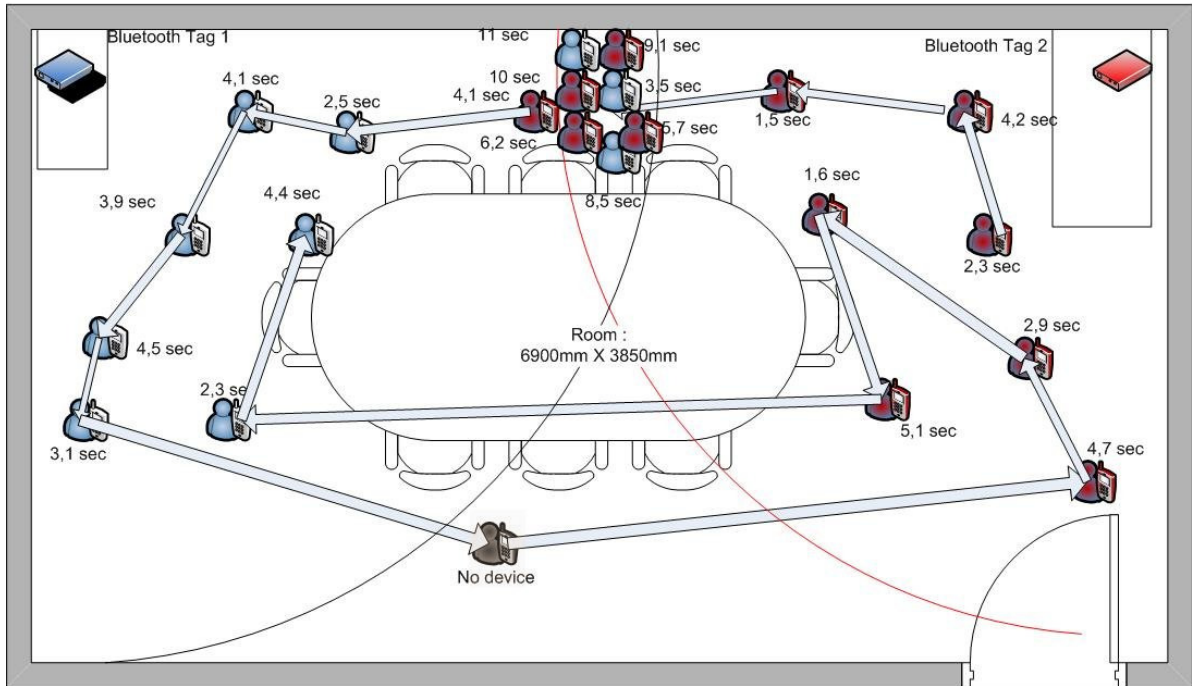
Όπως φαίνεται και στο σχήμα τα 2 tags τοποθετήθηκαν στις απέναντι άκρες του δωματίου που έχει μήκος 6,9 μέτρα και στο ίδιο ύψος από το έδαφος. Στο σχήμα επίσης παρουσιάζονται η εμβέλειες που περιμέναμε να έχουν τα δυο tags σύμφωνα με τα προηγούμενα πειράματα που διεξήχθησαν (μπλε τόξο για το tag 1 , κόκκινο τόξο για το tag 2) και με το αντίστοιχο χρώμα σε κάθε θέση ανάλογα με το ποιο από τα 2 tags εντοπιζόταν.

Με την πειραματική διάταξη αυτή οδηγηθήκαμε στα ακόλουθα συμπεράσματα:

1. Οι ανιχνεύσεις των tags φαίνεται να είναι σύμφωνες με το μοντέλο για την εμβέλεια στο οποίο έχουμε καταλήξει. Μοναδική εξαίρεση αποτελεί η ανίχνευση του 2ου tag σε έναν χώρο όπου θα περιμέναμε να μην είναι ανιχνεύσιμο κανένα εκ των 2 tags. Στην πρώτη περίπτωση σε περιοχή κοντά στη ζώνη εμβέλειας του και καθώς απομακρυνόμασταν από αυτή, φαινόμενο που παρατηρήθηκε αρκετά συχνά καθ ' όλη τη διάρκεια των πειραματικών μετρήσεων. Η πρώτη δηλαδή ανίχνευση αμέσως αφότου εξερχόμαστε από τη ζώνη εμβέλειας ενός tag πολύ συχνά έδινε το tag εκείνο ακόμα και αν αναμέναμε ότι δε θα ήταν πλέον ανιχνεύσιμο. Μια πιθανή εξήγηση της “ανωμαλίας” αυτής είναι ότι η συσκευή (κινητό τηλέφωνο) που χρησιμοποιήθηκε αύξανε προσωρινά τα δικά της επίπεδα ισχύος ώστε να διατηρήσει την “σύνδεση” με τη συσκευή που είχε εντοπίσει τελευταία. Η δεύτερη εκτός ζώνης ανίχνευση του tag 2 φαίνεται να ήταν τυχαία , καθώς δεν μπορέσαμε να την αναπαράγουμε στη συνέχεια.
2. Οι χρόνοι εντοπισμού των 2 tags κυμάνθηκαν από 1,9 έως 4,5 δευτερόλεπτα με το μεγαλύτερο πλήθος να είναι συγκεντρωμένο γύρω από την περιοχή των 4 δευτερολέπτων.

### *7.2.3.2 Μετρήσεις με δύο tags σε επίπεδο ισχύος εκπομπής -26 dB*

Στο επίπεδο εκπομπής των -26 dB δημιουργήσαμε μια ζώνη παρεμβολής ανάμεσα στα 2 tags και προσπαθήσαμε να παρατηρήσουμε τη συμπεριφορά του midlet όσον αφορά τις ανιχνεύσεις μέσα στη ζώνη παρεμβολής αυτή κατά κύριο λόγο, καθώς και στον υπόλοιπο χώρο για να την συγκρίνουμε με εκείνη στα -28 dB.



Ακολουθήσαμε την ίδια διαδρομή μέσα στο χώρο και καταγράψαμε και αυτή τη φορά πιο από τα 2 tags ανιχνεύεται σε κάθε θέση (ακολουθήθηκε η ίδια σύμβαση στο σχήμα – μπλε για το Bluetooth tag 1 και κόκκινο για το tag 2) καθώς και τον χρόνο τον οποίον χρειαζόταν σε κάθε θέση το midlet μας για να ανιχνεύσει το εκάστοτε tag. Συμπεράσματα από τα αποτελέσματα :

1. Στις περιοχές εντός των ζωνών εμβέλειας κάθε tag και κοντά σε κάθε tag παρατηρήσαμε σχετικά όμοια με προηγούμενος συμπεριφορά. Συγκεκριμένα κάθε tag ανιχνευόταν μέσα στη ζώνη της δικής του εμβέλειας και μόνο , και σε χρόνους που ακολουθούν την κατανομή που περιγράψαμε και προηγούμενος : 1,5 έως 5,1 sec με τις περισσότερες μετρήσεις γύρω στα 4 δευτερόλεπτα. Αξίζει να σημειωθεί ότι έγινε προσπάθεια να αναπαραχθούν οι συνθήκες στις οποίες παρατηρήσαμε την ανίχνευση του 2ου tag εκτός της ζώνης εμβέλειας του( ακολουθήθηκε η ίδια ακριβώς διαδρομή και παραμείναμε στο σημείο εκείνο για αρκετή ώρα) χωρίς επιτυχία, κάτι που ενισχύει την άποψη περί τυχαιότητας της συγκεκριμένης παρατήρησης.
2. Στην ζώνη παρεμβολής των 2 tags παρατηρήθηκε μια απρόβλεπτη συμπεριφορά . Οι ανιχνεύσεις δεν ακολουθούσαν κάποιο συγκεκριμένο μοτίβο και φαινόταν να εναλλάσσονται με έναν τυχαίο τρόπο ανάμεσα στα 2 tags , κάποιες φορές μετά από μια ανίχνευση, άλλες μετά από διαδοχικές ανιχνεύσεις του ίδιου tag. Το σημαντικό συμπέρασμα είναι ότι όπως φάνηκε η αλληλεπίδραση των 2 tags είχε σημαντικό αντίκτυπο στους χρόνους εύρεσης. Παρατηρήθηκαν χρόνοι μέχρι και 11 δευτερόλεπτα για την ανίχνευση ενός από τα 2 tags. Παρόλα αυτά δεν μπορούμε να αποφανθούμε ότι

το εύρος της χρονικής διάρκειας μετατοπίστηκε εξ ολοκλήρου στην περιοχή αυτή , καθώς είχαμε και αρκετές μετρήσεις που κυμαίνονταν στα επίπεδα των 4-5 sec . Σίγουρα πάντως, η συμπεριφορά της εφαρμογής στη ζώνη παρεμβολής ήταν χειρότερη από ότι στις καθαρές ζώνες όσον αφορά την ακρίβεια εντοπισμού (η μετακίνηση προς κάποιο tag, παραμένοντας πάντα μέσα στη ζώνη παρεμβολής δεν οδηγούσε στην -έστω με μεγαλύτερη πιθανότητα - ανίχνευση του συγκεκριμένου tag από το midlet) αλλά και στον χρόνο εντοπισμού.

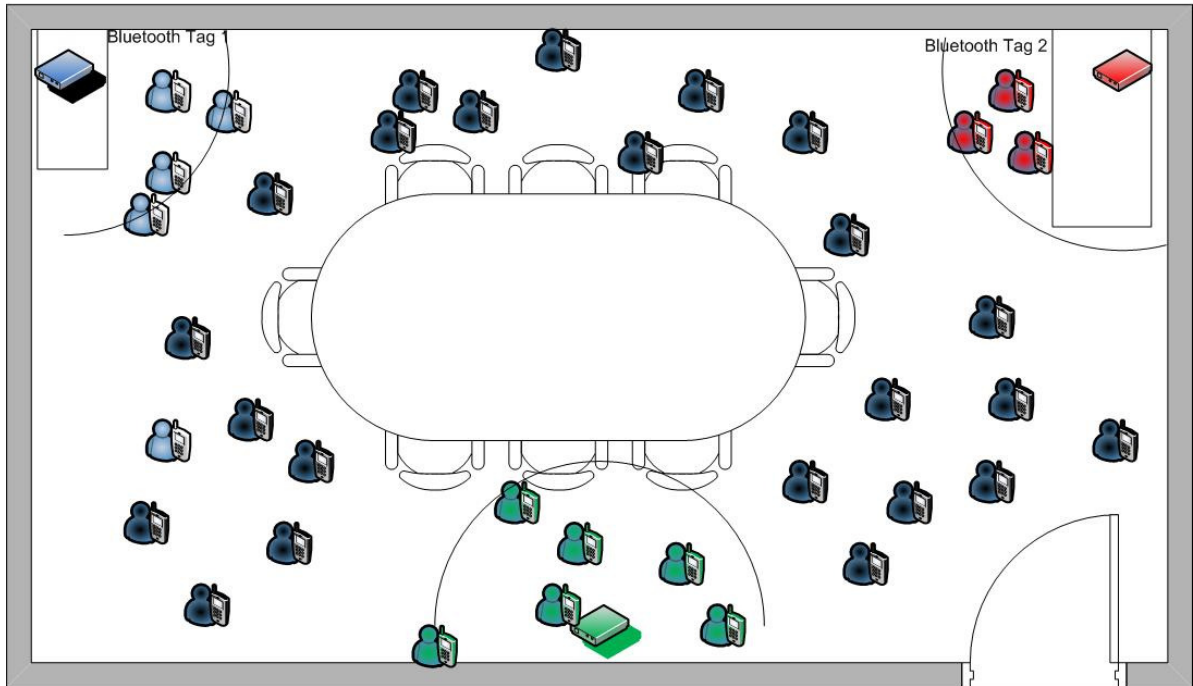
#### **7.2.4 Πειραματικές Μετρήσεις με 3 Tags**

Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε μια σειρά μετρήσεων όπου χρησιμοποιήσαμε 3 tags μέσα στον ίδιο με προηγουμένως χώρο. Δοκιμάζοντας διαφορά επίπεδα ισχύος εκπομπής για τα tags δημιουργήσαμε τοπολογίες με μικρές και μεγαλύτερες ζώνες παρεμβολών .Δόθηκε έτσι η δυνατότητα να παρατηρήσουμε τη συμπεριφορά της εφαρμογής σε “ανταγωνιστικά” περιβάλλοντα και να βγάλουμε χρήσιμα συμπεράσματα για τη συμπεριφορά του Bluetooth σε μικρούς χώρους με μεγάλη επικάλυψη.

##### **7.2.4.1 Μετρήσεις με 3 tags σε επίπεδο εκπομπής ισχύος -30 dB**

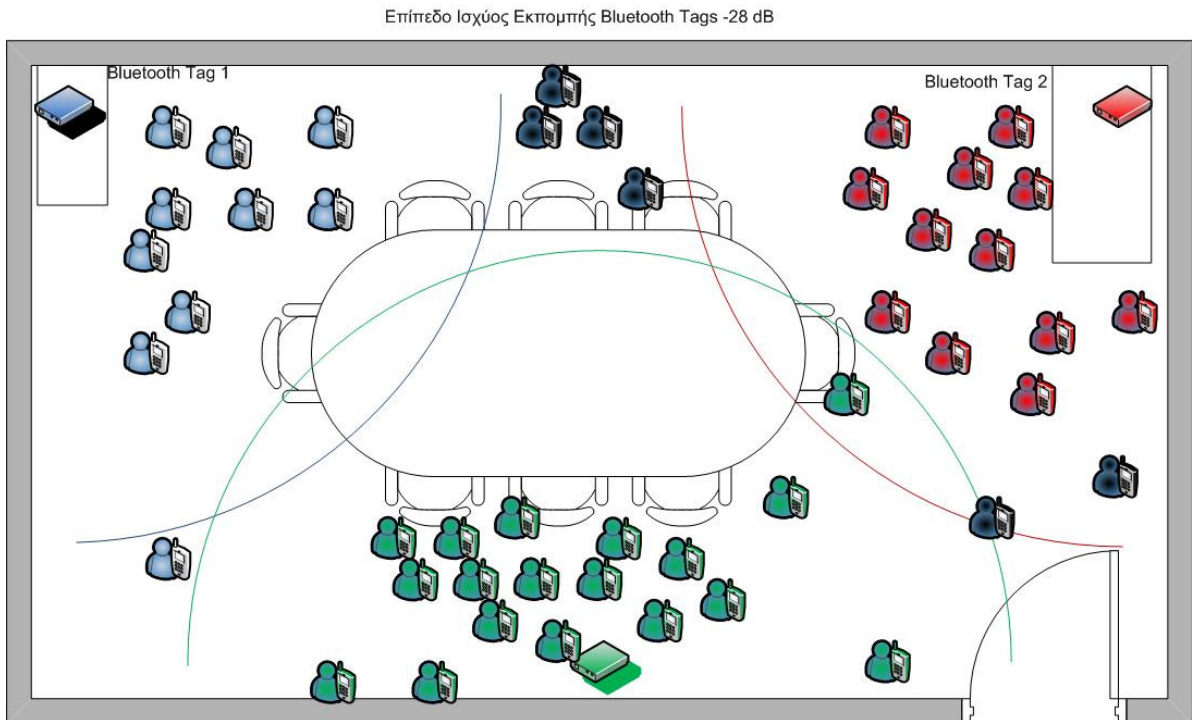
Στα -30dB έχουμε βρει αναμενόμενη ακτίνα ανίχνευσης στο 1 m. Τοποθετήσαμε το τρίτο tag στη θέση που φαίνεται στο σχήμα και στο ίδιο ύψος από το έδαφος όπως και τα άλλα 2 tags. Πήραμε μια σειρά μετρήσεων μέσα στον χώρο , αυτή τη φορά χωρίς να ακολουθήσουμε κάποια συγκεκριμένη διαδρομή , αλλά προσπαθώντας να καλυφθεί όσο μεγαλύτερο κομμάτι του χώρου είναι δυνατόν. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο παρακάτω σχήμα





Όπως φαίνεται στο σχήμα, η τοπολογία αυτή με τις συγκεκριμένες ισχύεις εκπομπής δεν προσέφερε κάποιο καινούργιο συμπέρασμα, καθώς παρατηρούμε την ίδια συμπεριφορά με προηγουμένως. Μέσα στις ζώνες ανίχνευσης του κάθε tag έχουμε τα αναμενόμενα αποτελέσματα, ενώ εκτός των ζωνών αυτών η συσκευή μας αδυνατεί να ανιχνεύσει κάποιο από τα tags. Οι χρόνοι ανίχνευσης, δεν αναγράφονται στο σχήμα χάριν ευκρίνειας (όπως και στα υπόλοιπα σχήματα από εδώ και στο εξής), κυμαίνονται και τώρα από 1,9 έως 5 sec. Το μοναδικό παράδοξο που παρατηρήθηκε ήταν μια ανίχνευση του tag 1 σε ένα χώρο εκτός της ζώνης εμβέλειας του, φαινόμενο που και πάλι παρατηρήθηκε μοναχά μια φορά και δεν ήταν δυνατή η αναπαραγωγή του κατά τη διάρκεια του πειράματος.

#### 7.2.4.2 Μετρήσεις με 3 tags σε επίπεδο εκπομπής ισχύος -28 dB

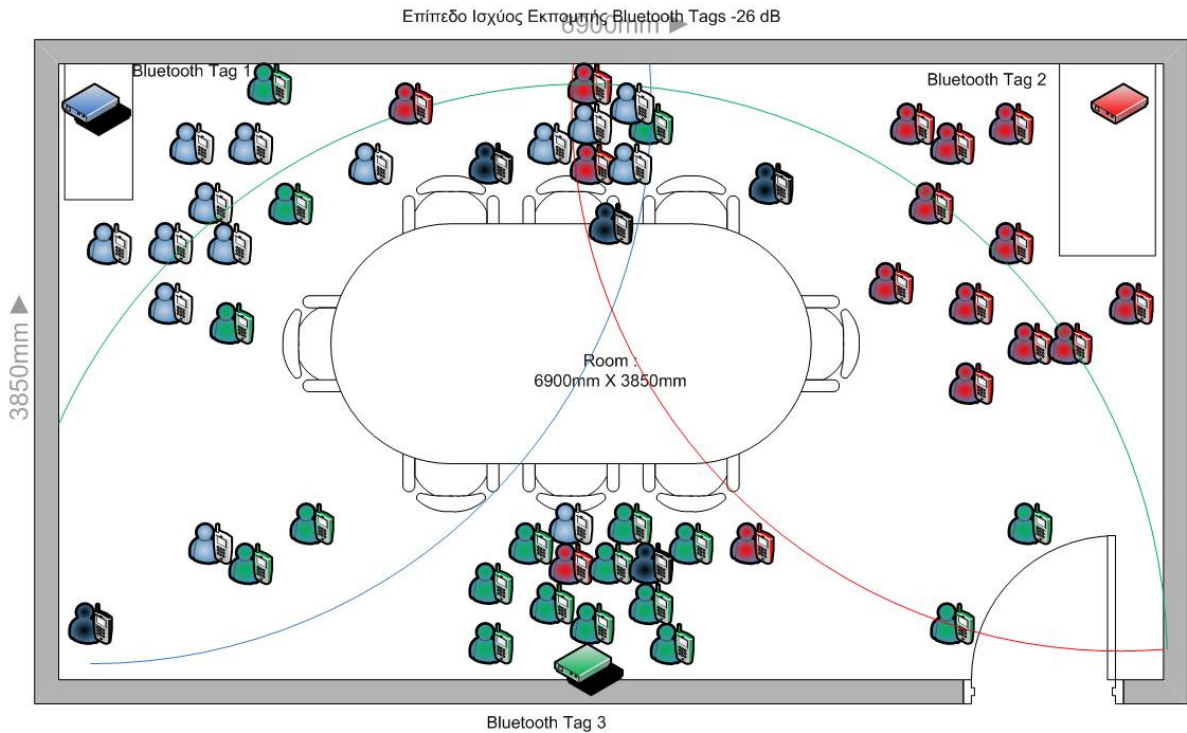


Παρόμοια συμπεριφορά και αυτό το επίπεδο ισχύος. Οι χρόνοι , και εδώ δεν αναγράφονται καθώς ακολουθούν με μεγάλη ακρίβεια την κατανομή που παρουσιάστηκε προηγουμένως. Οι ζώνες παρεμβολής που δημιουργούνται είναι πολύ μικρές και η τοπολογία του χώρου δεν επέτρεψε να πάρουμε σημαντικό πλήθος μετρήσεων μέσα σε αυτές ώστε να οδηγηθούμε σε κάποιο συμπέρασμα για τη συμπεριφορά. Οι παράδοξες μετρήσεις που παρατηρήθηκαν , όπως η ανίχνευση του tag1 σε χώρο εκτός (ωστόσο πολύ κοντά ) της ζώνης εμβέλειας του και η μη ανίχνευση του tag 2 μέσα στη δική του ζώνη εμβέλειας , αποτελούν πολύ μικρό ποσοστό των υπολοίπων μετρήσεων , ώστε να μοντελοποιηθούν σε κάποιο συγκεκριμένο μοντέλο “ανωμαλίας”.

#### 7.2.4.3 Μετρήσεις με 3 tags σε επίπεδο εκπομπής ισχύος -26 dB

Στα -26 dB δημιουργήσαμε πολύ μεγαλύτερες ζώνες παρεμβολής ( πρακτικά, ένα μικρό μονό κομμάτι του χώρου “ανήκει” αποκλειστικά σε ένα tag ) και τα αποτελέσματα που παρατηρήσαμε είχαν πολύ μεγαλύτερο ενδιαφέρον από τις δυο προηγούμενες πειραματικές διατάξεις. Στο ακόλουθο σχήμα φαίνονται τα αποτελέσματα ( κατά τα γνωστά με μπλε χρώμα οι ανιχνεύσεις

του tag1 , με κόκκινο του tag 2 , με πράσινο του tag 3 ενώ με μαύρο σημειώνονται οι περιπτώσεις όπου το midlet δεν ανίχνευσε κανένα από τα 3 tags.)

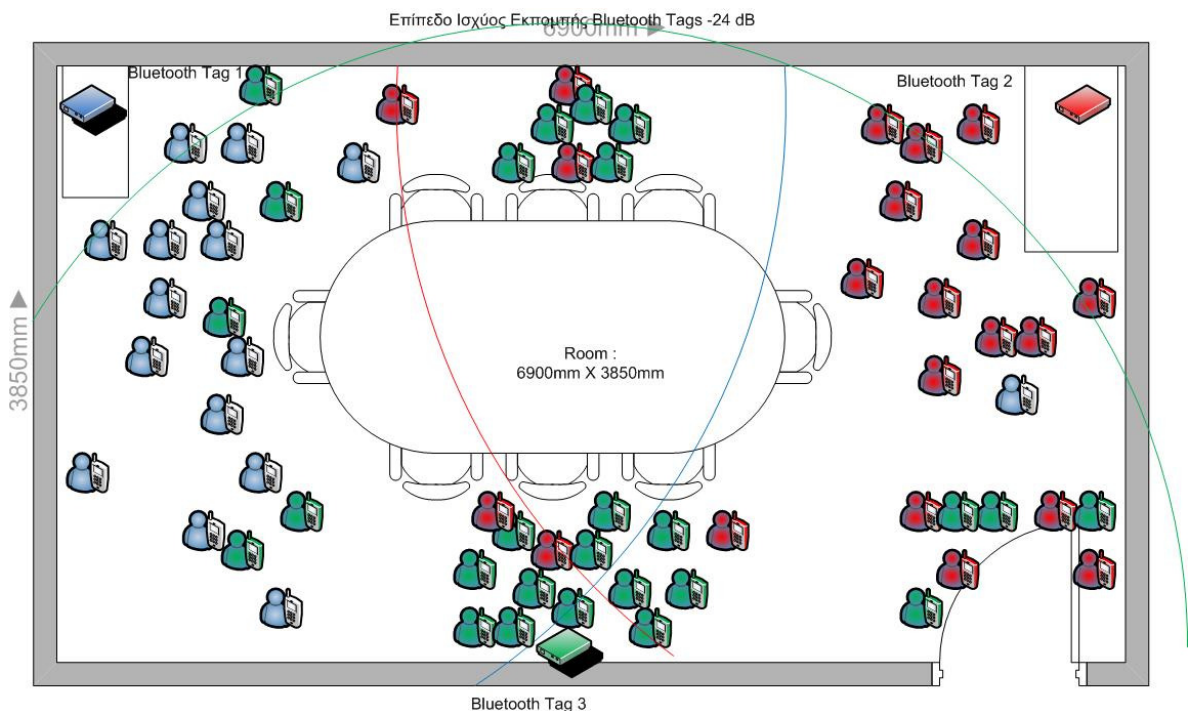


Τα συμπεράσματα από την διάταξη αυτή συνοψίζονται στα ακόλουθα σημεία :

1. Κοντά σε κάθε tag , και εκτός των ζωνών παρεμβολής παρατηρούμε μια σχετικά αναμενόμενη συμπεριφορά. Ανίχνευση του εκάστοτε tag σε χρόνους που ακολουθούν την συνήθη κατανομή με μέσο στα 4 sec. Ωστόσο οι παράδοξες μετρήσεις είναι πολύ περισσότερες σε σχέση με τις προηγούμενες διατάξεις. Ειδικότερα κοντά στο Tag 3 είχαμε αρκετές ανιχνεύσεις των tags 1 και 2 ενώ βρισκόμαστε εκτός των ζωνών εμβέλειας τους σε χρόνους κατά κανόνα μεγαλύτερους κατά 1-2 sec από τους συνήθεις. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι περισσότερες από τις ανιχνεύσεις αυτές έγιναν καθώς ερχόμασταν από τη ζώνη εμβέλειας τους προς την ζώνη εμβέλειας του tag 3.
2. Στις ζώνες παρεμβολής 2 tag , που είναι αρκετά μεγάλες , παρατηρούμε μια σχεδόν ομοιόμορφα κατανομή μετρήσεων ανάμεσα στα 2 tags , όπου φαίνεται ότι παίζει σημαντικό ρόλο η σχετική απόσταση από τα tags στην πιθανότητα εύρεσης του. Στη ζώνη παρεμβολής των tags 1 και 3 παραδείγματος χάριν, οι ανιχνεύσεις του tag 1 είναι περισσότερες όσο πιο κοντά του είμαστε. Όσον αφορά τους χρόνους ανίχνευσης τώρα, είχαμε λίγο μεγαλύτερους χρόνους από 4 sec σε κάποιες περιπτώσεις, χωρίς ωστόσο να ξεφεύγουμε κατά πολύ από τη συνηθισμένη κατανομή.

3. Στην ζώνη παρεμβολής και των 3 tags καθώς και στην περιοχή κοντά σε αυτήν είχαμε ανιχνεύσεις και των τριών tags σε τυχαία σειρά με τους χρόνους ανίχνευσης να κυμαίνονται από 3 έως 11 sec. Δεν στάθηκε δυνατή και εδώ η διαμόρφωση κάποιου μοντέλου για τη συμπεριφορά της εφαρμογής καθώς τα αποτελέσματα των μετρήσεων και για τις ανιχνεύσεις αλλά και για τον χρόνο φάνηκαν να είναι τυχαία.
4. Συγκεντρωτικά μπορούμε να αναφέρουμε ότι η εφαρμογή είχε μια σχετικά καλή συμπεριφορά μέσα στο ανταγωνιστικό αυτό περιβάλλον . Πέρα από τις παράδοξες μετρήσεις και την τυχειότητα σε συγκεκριμένες περιοχές του χώρου, η πιθανότητα να ανιχνευτεί το κοντινότερο tag σε κάθε σημείο , ήταν αρκετά μεγάλη.

#### 7.2.4.4 Μετρήσεις με 3 tags σε επίπεδο εκπομπής ισχύος -24 dB



Στο επίπεδο εκπομπής ισχύος αυτό πρακτικά όλος ο χώρος μας είναι ζώνη παρεμβολών . Μπορούμε να διαχωρίσουμε τις παρατηρήσεις μας μεταξύ 2 περιοχών

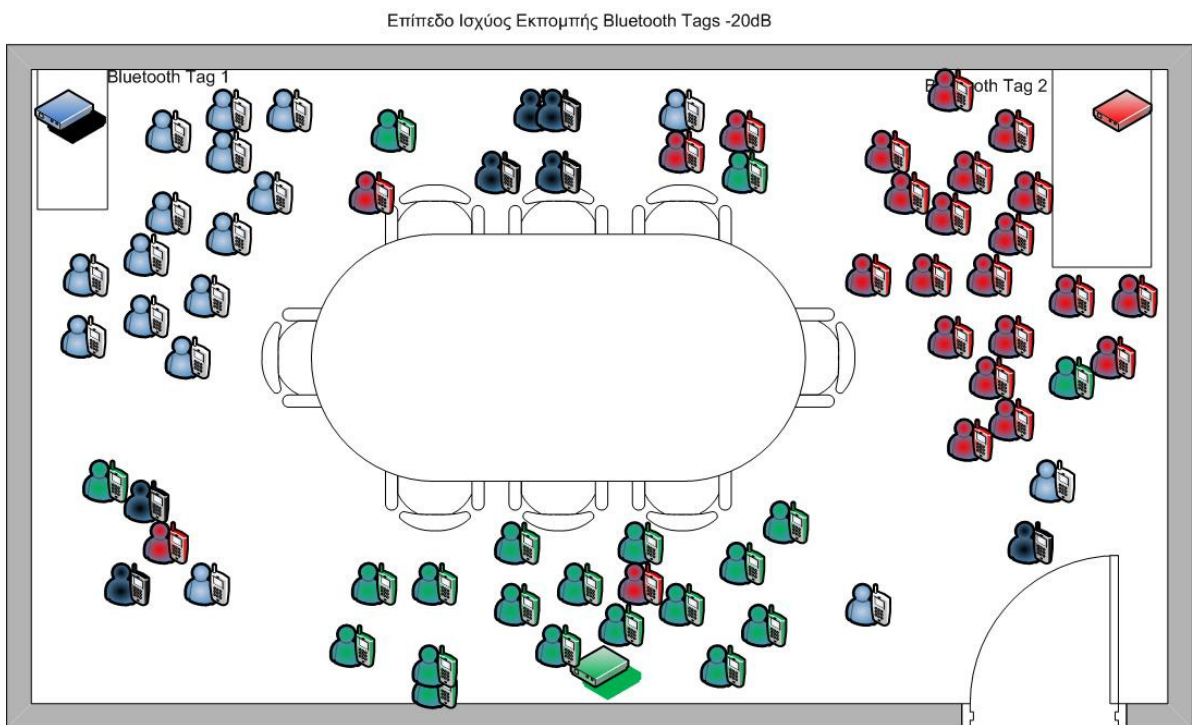
1. Ζώνη παρεμβολών 2 tags .Είναι το αριστερό και το δεξιό κομμάτι του σχήματος όπου αντίστοιχα έχουμε τις ζώνες παρεμβολών 1ου και 3ου, και 2ου και 3ου tag. Στις ζώνες αυτές παρατηρούμε μια σχετικά καλή συμπεριφορά, δηλαδή το κάθε tag ανιχνεύεται με μεγαλύτερη πιθανότητα όσο πιο κοντά βρισκόμαστε σε αυτό και οι χρόνοι κυμαίνονται στα αναμενόμενα επίπεδα των 4 sec κατά μέσο όρο. Αξίζει να σημειωθεί εδώ ότι πολύ

κοντά σε κάθε tag , παρατηρούμε αρκετές ανιχνεύσεις σε πολύ μικρούς χρόνους της τάξης του 1, 9 με 3,5 sec .

2. Ζώνη παρεμβολής και των 3 tags . Είναι το κεντρικό κομμάτι του σχήματος , όπου αυτό που φαίνεται εύκολα είναι ότι έχουμε απουσία του tag 1 . Οι ανιχνεύσεις των άλλων 2 tags δεν ακολούθησαν κάποιο συγκεκριμένο μοντέλο στην περιοχή αυτή και οι χρόνοι κυμαίνονται και εδώ γύρω στα 4 sec χωρίς μεγάλο αριθμό παρατηρήσεων πολύ μικρότερων η πολύ μεγαλύτερων χρόνων.

Παρατηρούμε ότι σε σύγκριση με τα -26 dB , δεν έχουμε περιπτώσεις όπου δεν ανιχνεύθηκε κάποιο tag , και έχουμε πολύ καλύτερη ακρίβεια σε περιοχές κοντά σε κάθε tag.

#### 7.2.4.5 Μετρήσεις με 3 tags σε επίπεδο εκπομπής ισχύος -20 dB



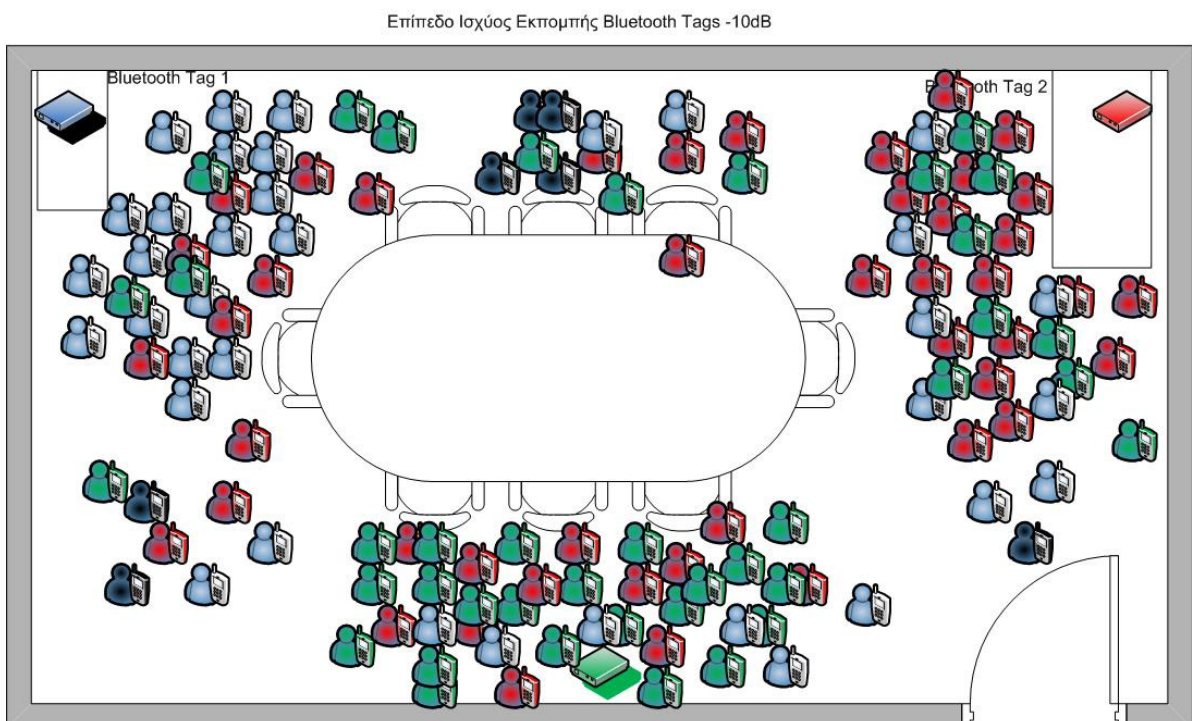
Στα -20 dB δεν έχει νόημα να σχεδιαστούν οι ζώνες εμβέλειας του κάθε tag , αφού η αναμενόμενη εμβέλεια του καθενός φτάνει τα 8,5 m και καλύπτει όλο το χώρο. Έχουμε λοιπόν μια ενιαία ζώνη παρεμβολής και των 3 tag.

Αυτό που παρατηρήθηκε εύκολα από τα αποτελέσματα των μετρήσεων είναι ότι σε αυτό το επίπεδο ισχύος έχουμε μια πολύ καλή συμπεριφορά, όπου επιτυγχάνεται πολύ μεγάλη ακρίβεια στις ανιχνεύσεις και σε πολύ καλούς χρόνους. Συγκεκριμένα η πιθανότητα να μην ανιχνευτεί κάποιο tag στην πολύ κοντινή του περιοχή , και να ανιχνευτεί στη θέση του ένα εκ των άλλων 2,



η να μην ανιχνευθεί κανένα είναι σχεδόν μηδαμινή. Οι χρόνοι ανίχνευσης κυμαίνονται σε φυσιολογικά επίπεδα σε όλο τον χώρο , και παρατηρούμε και εδώ κάποιους πολύ μικρούς χρόνους (1,5 – 3 sec ) όσο βρισκόμαστε πολύ κοντά σε κάποιο tag. Υπάρχουν μερικά σημεία όπου δεν έγινε ανίχνευση κανενός tag, αλλά συγκριτικά με όλες τις προηγούμενες διατάξεις όπου είχαμε ζώνες παρεμβολών των tags, μπορούμε καταφατικά να αναφέρουμε ότι εδώ παρατηρούμε την καλύτερη συμπεριφορά της εφαρμογής, όσον αφορά και την ακρίβεια αλλά και τον χρόνο .

#### 7.2.4.6 Μετρήσεις με 3 tags σε επίπεδο εκπομπής ισχύος -10 dB



Όπως φαίνεται και στο παραπάνω σχήμα , όπου είναι αποτυπωμένες οι μετρήσεις που πήραμε γι' αυτό το επίπεδο ισχύος , δεν στάθηκε δυνατόν να εξάγουμε κάποιο συμπέρασμα από την τοπολογία αυτή . Καθώς η ζώνη εμβέλειας των tags έχει φτάσει τα 17 m , οι ανιχνεύσεις τους τείνουν να ακολουθούν μια εντελώς τυχαία κατανομή μέσα στον χώρο. Συνεχίζει να ισχύει βέβαια ότι είναι πιο πιθανόν να ανιχνεύσουμε ένα tag όσο πιο κοντά είμαστε σε αυτό, αλλά η πιθανότητα αυτή δεν είναι πολύ μεγαλύτερη από την πιθανότητα να ανιχνευθεί κάποιο εκ των άλλων 2 tags. Οι χρόνοι , κυμάνθηκαν σε όλο το εύρος ανάμεσα στα 3 και στα 11 sec χωρίς να είναι δυνατή μια περαιτέρω χωρική ταξινόμηση τους. Τέλος παρατηρήθηκαν πολλές περιπτώσεις όπου η εφαρμογή δεν ήταν σε θέση να ανιχνεύσει κανένα εκ των 3 tags, πιθανότατα λόγω των παρεμβολών.

### 7.2.5 Περιήγηση σε εσωτερικό χώρο



Με την τοπολογία αυτή επιδιώχθηκε να παρατηρηθεί η συμπεριφορά της εφαρμογής σε ένα πιο ρεαλιστικό περιβάλλον περιήγησης . Τοποθετήσαμε τα 6 tags μέσα σε έναν πολύ μεγαλύτερο χώρο και ρυθμίσαμε την ισχύ εκπομπής στα -26 dB ώστε να μην έχουμε ζώνες παρεμβολής. Στη συνέχεια περιηγηθήκαμε μέσα σε αυτό τον χώρο, σταματώντας κάθε φορά κοντά στο tag και περιμένοντας αν η εφαρμογή μας θα ανιχνεύσει το σωστό tag. Στο παραπάνω σχήμα φαίνονται οι θέσεις στις οποίες σταματήσαμε κάθε φορά, καθώς και ο χρόνος από την εκκίνηση της εφαρμογής . Παρατηρήσαμε ότι η εφαρμογή συμπεριφέρεται πολύ καλά σε ένα τέτοιο “ιδανικό περιβάλλον” , καθώς οι ανιχνεύσεις του εκάστοτε tag έγιναν όλες σωστά και σε πολύ καλούς χρόνους κάθε φορά.

### 7.2.6 Γενικά Συμπεράσματα από τις πειραματικές μετρήσεις σε εσωτερικούς χώρους

- Παρατηρήσαμε σε όλες τις διατάξεις και για όλα τα επίπεδα ισχύος εκπομπής ότι ο χρόνος ανίχνευσης του εκάστοτε tag κυμαίνεται στο εύρος 1,5 με 5 sec με τις περισσότερες να είναι γύρω από τα 4 sec. Υπήρχαν ελάχιστες εξαιρέσεις κυρίως σε περιπτώσεις , όπου

ήμασταν πολύ κοντά στα tags σε μεγάλα επίπεδα ισχύος και παρατηρούσαμε πολύ μικρούς χρόνους σε μεγαλύτερο ποσοστό , και μέσα σε ζώνες παρεμβολών όπου παρατηρούσαμε αρκετά μεγαλύτερους χρόνους πολύ πιο συχνά.

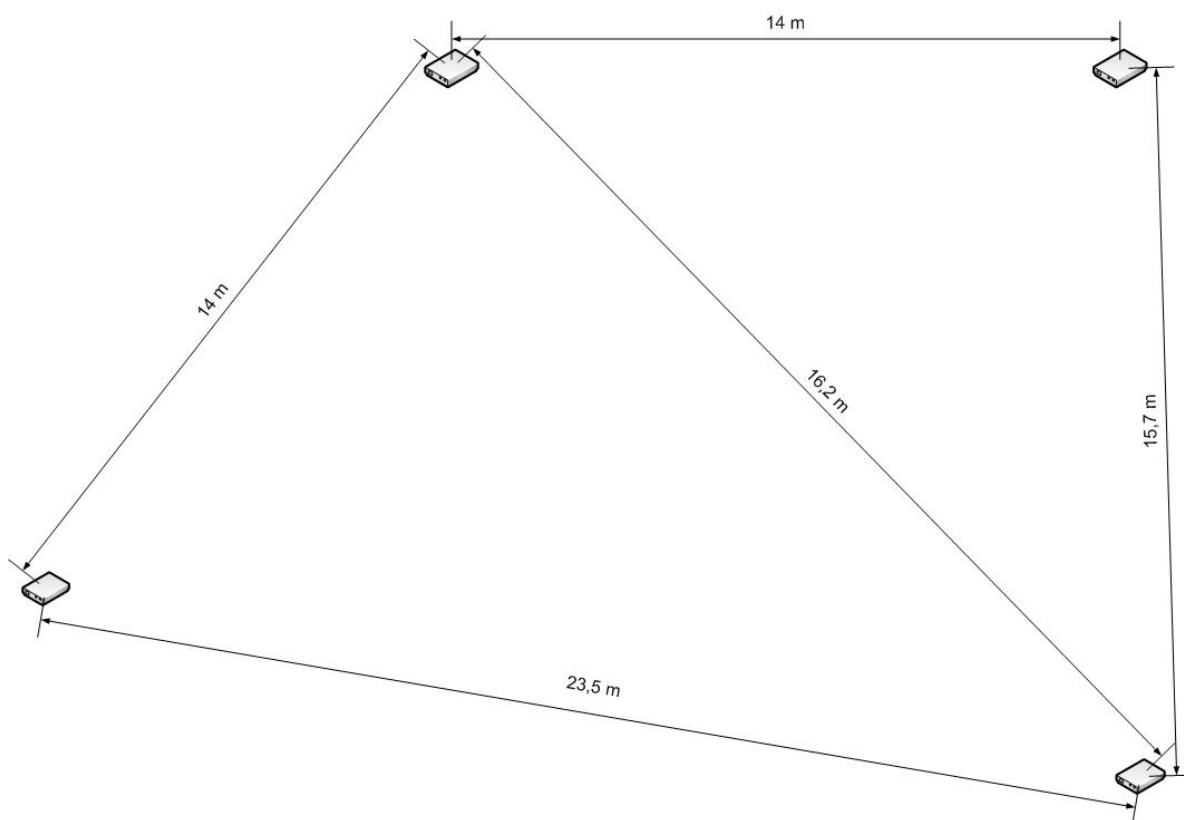
- Σε ζώνες παρεμβολής σε μεσαίες και σε πολύ μεγάλες ισχύεις εκπομπής παρατηρήθηκε τυχειότητα στα αποτελέσματα, όσον αφορά την ακρίβεια αλλά και τον χρόνο ανίχνευσης. Τα αποτελέσματα στις περιπτώσεις αυτές δεν φανήκαν να ακολουθούν κάποιο συγκεκριμένο μοτίβο που θα έχρηζε περαιτέρω ανάλυσης καθώς ήταν τελείως διαφορετικά σε διαδοχικά πανομοιότυπα πειράματα.
- Βρήκαμε ότι για την παραδοχή που έχει γίνει για την εφαρμογή μας, δηλαδή ότι το tag που θα ανιχνευτεί πρώτο είναι και το πιο κοντινό , υπάρχουν 2 περιοχές ισχύος που εξασφαλίζουν καλή λειτουργία.
  1. Μια περιοχή χαμηλής ισχύος ( για τα χωρικά δεδομένα των συγκεκριμένων μετρήσεων στα -28 dB ) όπου δεν έχουμε ζώνες παρεμβολής και κάθε tag εντοπίζεται στην κοντινή του περιοχή. Εξασφαλίζεται καλή λειτουργία για μια εφαρμογή περιήγησης καθώς δε θα έχουμε περιπτώσεις όπου ο χρήστης θα λαμβάνει πληροφορίες που θα αφορούν κάποιο άλλο σημείο ενδιαφέροντος εκτός από αυτό που είναι πλησιέστερα σε αυτόν. Πιθανά προβλήματα σε αυτή την ρύθμιση ισχύος θα είχαμε σε θέσεις ανάμεσα σε σημεία ενδιαφέροντος , όπου η εφαρμογή δε θα είναι σε θέση να ανιχνεύσει κανένα tag.
  2. Μια περιοχή υψηλής ισχύος ( εν προκειμένω στα -20 dB ) , όπου παρατηρούμε ότι με πολύ μεγάλη πιθανότητα η εφαρμογή θα ανιχνεύσει πρώτα το tag που είναι πλησιέστερα , και έτσι ο χρήστης θα λάβει πληροφορίες για το σημείο ενδιαφέροντος που τον αφορά. Στα μειονεκτήματα της ρύθμισης ισχύος αυτής μπορούμε να συμπεριλάβουμε την έστω και μικρή πιθανότητα να ανιχνευτεί κάποιο tag που δε θα έπρεπε και θα προκαλέσει την παρουσίαση λάθος δεδομένων στον χρήστη. Τα μειονεκτήματα αυτά μπορούν σε ένα βαθμό να αντισταθμιστούν από το γεγονός ότι παρατηρήσαμε πολύ μικρούς γενικά χρόνους σε περιοχές κοντά στα tags. Κρίνεται ωστόσο σκόπιμη η περαιτέρω μελέτη ως προς το ποια από τις δυο προσεγγίσεις είναι προτιμότερη , σε εξάρτηση και με την τοπολογία του κάθε χώρου όπου θα αναπτυχθεί η εφαρμογή περιήγησης.



### 7.2.7 Πειραματικές Μετρήσεις σε Εξωτερικό Χώρο.

Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκαν πειραματικές μετρήσεις σε διατάξεις εξωτερικού χώρου χρησιμοποιώντας 4 Bluetooth tags. Αρχικά εξετάσαμε τη συμπεριφορά της εφαρμογής σε 2 περιπτώσεις , με και χωρίς ζώνες παρεμβολών ενώ στη συνέχεια επιχειρήθηκε μια σύγκριση μεταξύ της προσέγγισης που χρησιμοποιήσαμε στην εφαρμογή ( Το πρώτο tag που εντοπίζεται είναι και το κοντινότερο ) και του αλγόριθμου που προτείνεται από τους Patil, Kim και Ni.[ PKN06].

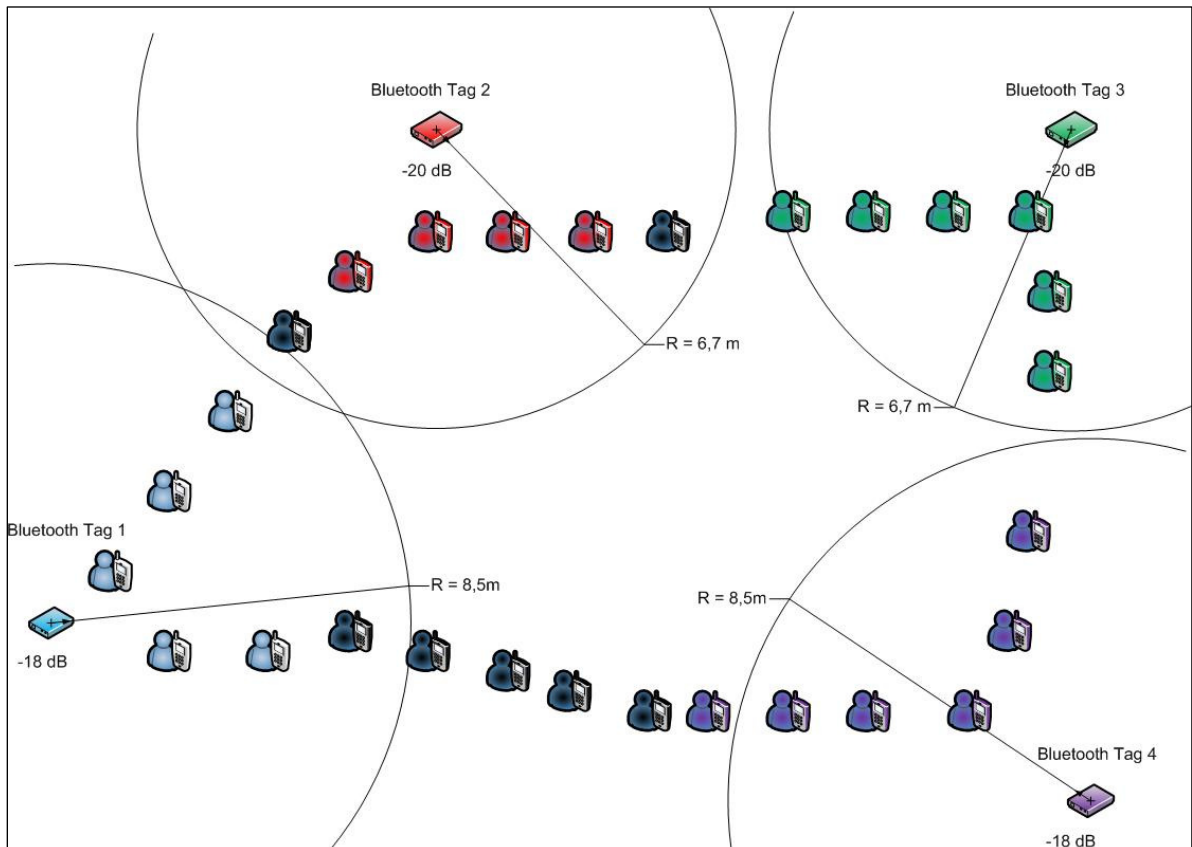
Η τοπολογία των tags μας είναι όπως φαίνεται στο ακόλουθο σχήμα ( Ο χώρος που παρουσιάζεται στο σχέδιο είναι το εξωτερικό του κυλικείου των γενικών εδρών στο Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.)



#### 7.2.7.1 Συμπεριφορά Εφαρμογής Χωρίς ζώνες Παρεμβολής.

Ρυθμίσαμε τα επίπεδα ισχύος στα tag κατάλληλα ( τα tags 1 και 4 στα -18 dB και τα tags 2 και 3 στα -20dB ) έτσι ώστε να μην υπάρχουν ζώνες παρεμβολών στον χώρο μας και ακολουθήσαμε

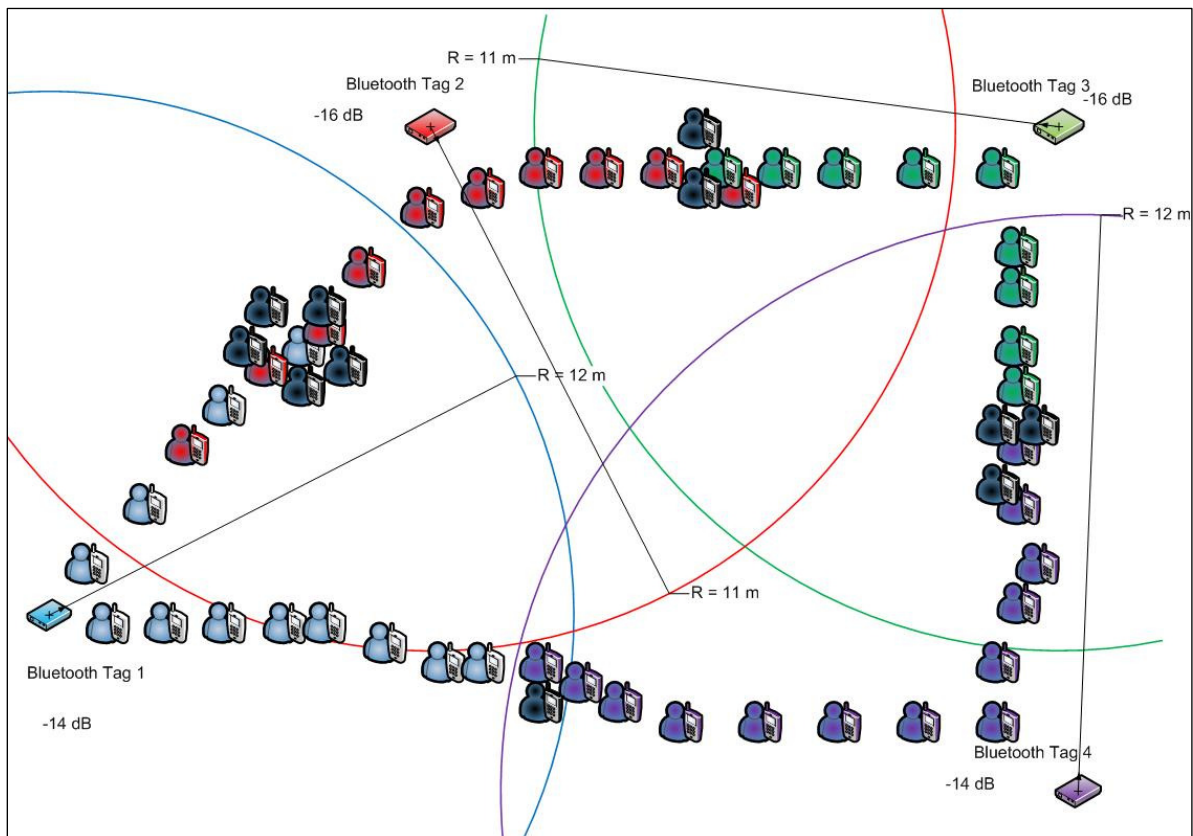
μια σχεδόν κυκλική πορεία ξεκινώντας από το tag 1 , περνώντας από τα tags 2, 3, 4 και επιστρέφοντας στο 1 , καταγράφοντας σε διάφορες θέσεις κατά μήκος της διαδρομής το tag το οποίο ανιχνευόταν κάθε φορά , καθώς και το χρόνο που χρειαζόταν το midlet για την εύρεση του εκάστοτε tag. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο ακόλουθο σχέδιο , όπου φαίνονται και οι ζώνες εμβέλειας κάθε tag



Παρατηρήσαμε και εδώ μια απόλυτα αναμενόμενη συμπεριφορά από την εφαρμογή. Με την εξαίρεση της περιοχής εμβέλειας του tag 2 , όπου είχαμε 2 περιπτώσεις στα άκρα της περιοχής που η εφαρμογή δεν εντόπισε κανένα tag , στις υπόλοιπες περιοχές του χώρου η εφαρμογή εντόπιζε το πιο κοντινό της tag , ευρισκόμενη μέσα στη ζώνη εμβέλειας κάποιου από αυτά, ενώ δεν εντόπιζε κανένα όταν βρισκόταν εκτός των ζωνών. Οι χρόνοι και σε αυτό το σχήμα δεν έχουν σημειωθεί χάριν ευκρίνειας , καθώς ακολουθούν την κατανομή την οποία σχολίασαμε και προηγουμένως , συγκεντρωμένοι γύρω από τα 4 sec. Η συμπεριφορά της εφαρμογής σε αυτήν την τοπολογία και στα συγκεκριμένα επίπεδα ισχύος θα εξασφάλιζε μια πολύ καλή λειτουργία περιήγησης καθώς παρατηρούμε πως δεν υπάρχουν λανθασμένες ενδείξεις , ούτε και πολλές περιπτώσεις μη ανίχνευσης των tag μέσα στις περιοχές εμβέλειας τους.

### 7.2.7.2 Συμπεριφορά Εφαρμογής με παρουσία ζωνών Παρεμβολής

Στη συνέχεια ρυθμίσαμε τα επίπεδα ισχύος εκπομπής των tags (στα -14 dB για τα tags 1 και 3 και στα -16dB για τα 2,3) εξασφαλίζοντας ότι θα έχουμε ζώνες παρεμβολής 2 η και περισσότερων tag μέσα στον υπό εξέταση χώρο και ακολουθήσαμε την ίδια ακριβώς διαδρομή καταγράφοντας τα ίδια με πριν στοιχεία. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο ακόλουθο σχήμα



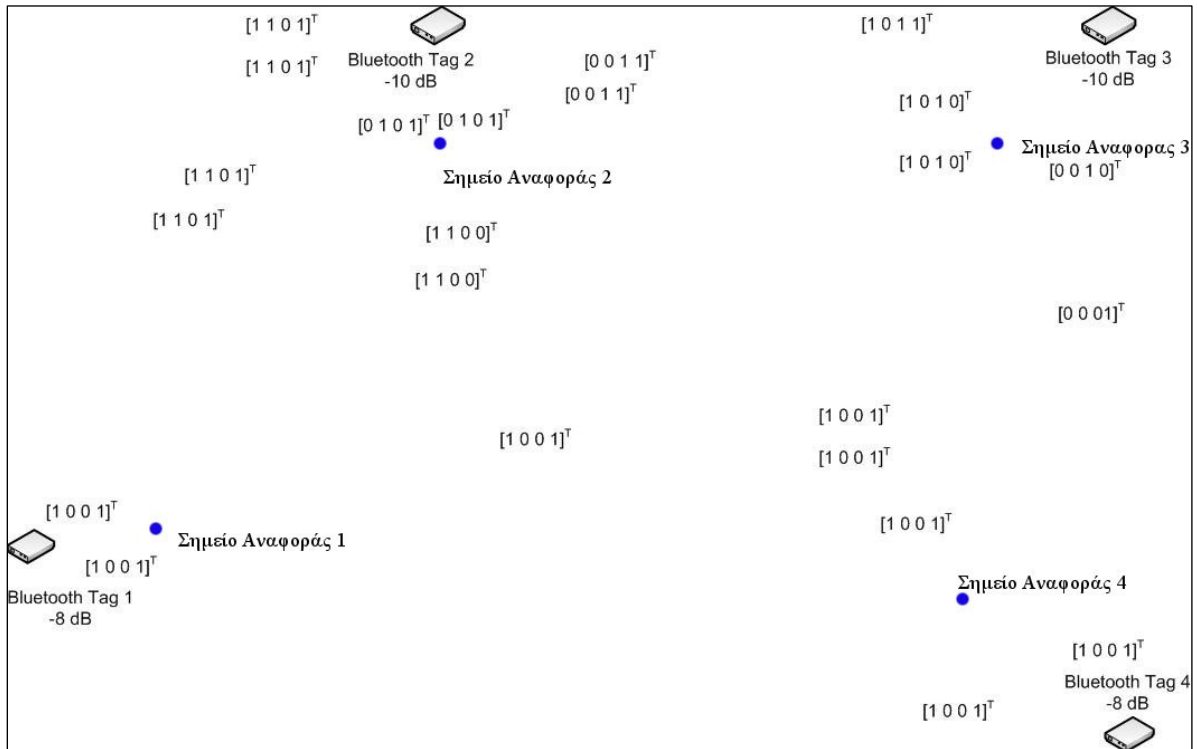
Όπως φαίνεται και στο σχήμα , η εφαρμογή συνέχισε να έχει σχετικά καλή συμπεριφορά όσον αφορά την ακρίβεια των ανιχνεύσεων. Οι προβληματικές περιοχές σε αυτά τα επίπεδα ισχύος παρουσιάζονται στο μέσο σχεδόν της απόστασης 2 διαδοχικών tags , όπου και θα αναμενόταν η μετάβαση από το ένα tag στο άλλο. Ως πιο προβληματική περιοχή εμφανίζεται η περιοχή ανάμεσα στα tags 1 και 2 όπου εκτός από τις περιπτώσεις όπου δεν ανιχνεύεται κανένα tag , παρατηρείται μια εναλλαγή ανάμεσα στην ανίχνευση του tag 1 και 2 από την εφαρμογή, με το tag 2 να ανιχνεύεται ακόμα και πολύ κοντά στο tag1. Στις υπόλοιπες περιοχές παρεμβολής τα προβλήματα περιορίζονται στην περιστασιακή μη ανίχνευση κάποιου tag κατά την μετάβαση από την ζώνη ισχυρής εμβέλειας ενός tag στην ζώνη του επόμενου. Ακόμη παρατηρήθηκε και μεγαλύτερη διακύμανση στους χρόνους ανίχνευσης , καθώς είχαμε χρόνους ακόμα και 8 sec όχι μόνο στις περιοχές παρεμβολών αλλά και πολύ κοντά στα tags.

### 7.2.7.3 Σύγκριση προσεγγίσεων για τον προσδιορισμό της θέσης.

Η προσέγγιση που χρησιμοποιήθηκε κατά την δημιουργία της εφαρμογής είναι ότι το πρώτο tag που θα ανιχνευθεί, θα είναι και το πιο κοντινό στην συσκευή. Η προσέγγιση αυτή φάνηκε να λειτουργεί ικανοποιητικά κάτω από ορισμένες συνθήκες (τοπολογία, επίπεδα εκπομπής των tags), σύμφωνα με τα αποτελέσματα που πήραμε από τις προηγούμενες πειραματικές μετρήσεις. Στο παρόν κομμάτι θα δοκιμάσουμε μια διαφορετική προσέγγιση και θα συγκρίνουμε την συμπεριφορά της εφαρμογής όσον αφορά την ακρίβεια στον προσδιορισμό της θέσης, μεταξύ των 2 προσεγγίσεων.

Σύμφωνα με την προσέγγιση αυτή λοιπόν που προτάθηκε από τους Patil, Kim και Ni, δεδομένης μιας τοπολογίας σχηματίζουμε έναν πίνακα όπου οι στήλες του θα είναι όλα τα tags που έχουμε στην τοπολογία μας, ενώ κάθε γραμμή του θα συμπληρώνεται από μετρήσεις που θα διεξάγονται σε προκαθορισμένες θέσεις αναφοράς ως εξής: Αν από τη θέση αναφοράς  $x$  το tag  $y$  είναι ανιχνεύσιμο, το στοιχείο  $i_{xy}$  του πίνακα θα είναι 1, αλλιώς θα είναι 0. Χρησιμοποιώντας τα δεδομένα αυτά που θα είναι εξ αρχής διαθέσιμα, θα μπορούμε να συγκρίνουμε την γραμμή που θα δημιουργηθεί από την μέτρηση σε ένα τυχαίο σημείο με τις γραμμές του πίνακα, να επιλέξουμε εκείνη με την οποία έχει τα περισσότερα κοινά στοιχεία, και έτσι να καταλήξουμε στο συμπέρασμα ότι το τυχαίο σημείο αυτό βρίσκεται πλησιέστερα στο συγκεκριμένο σημείο αναφοράς.

Για την τοπολογία που είχαμε προηγουμένως σχηματίζουμε τον πίνακα σημείων αναφοράς – tags, όπου τα σημεία αναφοράς φαίνονται στο ακόλουθο σχήμα



	Bluetooth Tag 1	Bluetooth Tag 2	Bluetooth Tag 3	Bluetooth Tag 4
Σ.Α 1	1	0	0	1
Σ.Α 2	1	1	0	1
Σ.Α 3	1	0	1	1
Σ.Α 4	1	0	0	1

Ένα πρόβλημα της προσέγγισης αυτής που γίνεται εμφανές με την πρώτη ματιά είναι ότι είναι πιθανό, σημεία αναφοράς που απέχουν πολύ μεταξύ τους, να έχουν την ίδια γραμμή στον πίνακα. Έτσι, εν προκειμένω όταν σε μια τυχαία θέση θα έχουμε  $[1\ 0\ 0\ 1]$  δε θα μπορούμε να διευκρινίσουμε αν είναι κοντά στο Σ.Α 1 ή στο Σ.Α 4. Ακόμα σε τοπολογίες με μεγάλη επικάλυψη των ζωνών εμβέλειας των tags, μια τέτοια προσέγγιση δε θα είχε κανένα νόημα, καθώς όλα τα tags θα ήταν ανιχνεύσιμα από παντού, και έτσι ο πίνακας μας θα είχε μόνο 1, αδυνατώντας να μας παρέχει κάποια ουσιαστική πληροφορία.

Στην συγκεκριμένη περίπτωση, εκτός από τη γραμμή  $[1\ 0\ 0\ 1]$  που όπως αναφέρθηκε μας τοποθετεί κάπου στο χώρο ανάμεσα στα tags 1 και 4, έχουμε τις ακόλουθες περιπτώσεις:

$[1\ 1\ 0\ 1]$  : Αντιστοιχεί στο Σ.Α 2. Επιτυχημένη αντιστοίχιση.

[ 1 1 0 0 ] : Αντιστοιχεί στο Σ.Α 2 .Επιτυχημένη αντιστοίχιση.

[ 0 1 0 1 ] : Αντιστοιχεί στο Σ.Α 2 .Επιτυχημένη αντιστοίχιση.

[ 0 0 1 1 ] : Αντιστοιχεί στο Σ.Α 3. Μη επιτυχημένη αντιστοίχιση. Οι θέσεις είναι πλησιέστερα στο Σ.Α 2

[ 1 0 1 1 ] : Αντιστοιχεί στο Σ.Α 3. Επιτυχημένη αντιστοίχιση.

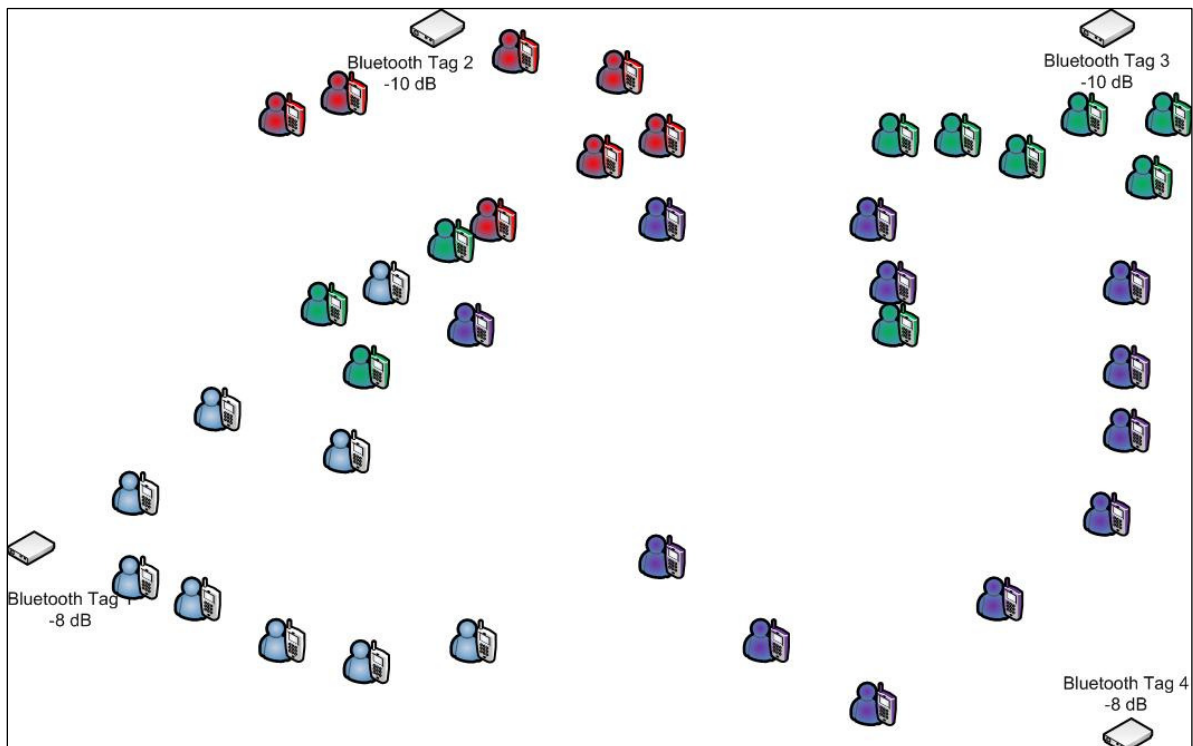
[ 1 0 1 0 ] : Αντιστοιχεί στο Σ.Α 3. Επιτυχημένη αντιστοίχιση.

[ 0 0 1 0 ] : Αντιστοιχεί στο Σ.Α 3. Επιτυχημένη αντιστοίχιση.

[ 0 0 0 1 ] : Αντιστοιχεί με την ίδια πιθανότητα στο Σ.Α1 και στο Σ. Α 4 .Μη επιτυχημένη αντιστοίχιση.

Παρατηρούμε ότι αν εξαιρέσουμε το μεγάλο πρόβλημα που υπάρχει με την γραμμή [1 0 0 1] η προσέγγιση αυτή επιτυγχάνει να προσδιορίσει την σωστή θέση στις περισσότερες από τις υπόλοιπες περιπτώσεις.

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων με βάση την αρχική προσέγγιση παρουσιάζονται στο ακόλουθο σχήμα.



Παρατηρούμε ότι κοντά στα tags , η ακρίβεια κινείται σε πολύ ικανοποιητικά επίπεδα. Το μεγαλύτερο πρόβλημα παρουσιάζεται στην περιοχή ανάμεσα στα tags 1 και 2 , όπου και έχουμε

ανιχνεύσεις όλων των tags ενώ είμαστε πλησιέστερα στο tag 1 η στο tag 2. Στις υπόλοιπες περιπτώσεις η προσέγγιση ότι το πρώτο tag που θα ανιχνευθεί είναι και το πλησιέστερο οδηγεί σε σωστό αποτέλεσμα.

Ενώ καμία από τις 2 προσεγγίσεις δεν οδηγεί σε αλάνθαστα αποτελέσματα, καθεμία έχει τα πλεονεκτήματά της. Η προσέγγιση που χρησιμοποιήσαμε στην εφαρμογή, όπως είδαμε και στις προηγούμενες διατάξεις παρέχει αξιόπιστα αποτελέσματα σε περιοχές κοντά στα tags ενώ είναι απρόβλεπτη σε περιοχές ανάμεσα στα tags. Η προσέγγιση με τον πίνακα εγγύτητας πάλι, ενώ λειτουργεί πολύ καλά σχεδόν σε όλες τις περιοχές, κοντά σε tags και στις περιοχές ανάμεσα τους, μπορεί να έχει μια απρόβλεπτη συμπεριφορά σε κάποιο τυχαίο σημείο της τοπολογίας που να μειώνει δραματικά την αξιοπιστία της εφαρμογής. Προτείνεται η μελέτη και των δυο προσεγγίσεων για κάθε ξεχωριστή τοπολογία όπου θα αναπτυχθεί η εφαρμογή, καθώς η επιτυχία κάθε μιας εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την συγκεκριμένη τοπολογία και τις ισχύεις εκπομπής των tags.

## ***7.3 Πειραματικές Μετρήσεις GPS .***

### ***7.3.1 Εισαγωγή***

Στο κομμάτι αυτό θα παρουσιαστούν τα αποτελέσματα των μετρήσεων που διεξήγαμε ώστε να ελεγχθεί η λειτουργικότητα της εφαρμογής περιήγησης χρησιμοποιώντας το GPS ως τεχνολογία εντοπισμού θέσης. Παράλληλα επιχειρήθηκε μια σύγκριση μεταξύ GPS και Assisted GPS όσον αφορά την ακρίβεια που παρέχουν. Για τις μετρήσεις αυτές χρησιμοποιήθηκε μια τροποποιημένη έκδοση του midlet που έχουμε αναπτύξει για την περιήγηση. Αυτό έγινε επειδή ο χώρος όπου έγιναν οι μετρήσεις (ο περιβάλλον χώρος του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου) δεν παρέχει καθολική κάλυψη wifi ώστε να γίνει η μεταφορά των δεδομένων για τα σημεία ενδιαφέροντος στον χρήστη. Έτσι η τροποποιημένη έκδοση αυτή παρουσιάζει στην οθόνη του χρήστη τις συντεταγμένες της θέσης του, τις οποίες στην συνέχεια χρησιμοποιήσαμε για να προσομοιώσουμε τις συνθήκες περιήγησης σε περιβάλλον εργαστηρίου δοκιμάζοντας έτσι την συμπεριφορά της υποδομής του εξυπηρετητή.

Στην πειραματική διάταξη αυτή επιχειρήθηκε να προσομοιωθεί ένα σενάριο χρησιμοποίησης της εφαρμογής μας για περιήγηση σε έναν εξωτερικό χώρο. Συγκεκριμένα, το σενάριο προβλέπει την παροχή μιας υπηρεσίας περιήγησης από το Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, στον χώρο της

πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου. Για τον σκοπό αυτό εισήγαμε στη βάση δεδομένων του εξυπηρετητή προσδιορισμού θέσης , για κάποια συγκεκριμένα κτίρια της πολυτεχνειούπολης, τις συντεταγμένες της θέσης τους και κάποια ενημερωτικά στοιχεία (μια φωτογραφία του κτιρίου και κάποια στοιχεία). Στη συνέχεια περιηγηθήκαμε στον χώρο της πολυτεχνειούπολης και σημειώσαμε τις συντεταγμένες της θέσης μας σε διάφορα ( οκτώ για την ακρίβεια ) σημεία. Η περιήγηση έγινε 2 φορές, την πρώτη χρησιμοποιήσαμε το smart phone Nokia E61 με ένα εξωτερικό GPS δέκτη, ενώ την δεύτερη χρησιμοποιήσαμε το smart phone Nokia N95 με τον ενσωματωμένο του GPS δέκτη που υποστηρίζει και A-GPS. Έπειτα, και σε συνθήκες εργαστηρίου, ελέγξαμε τα αποτελέσματα που θα είχαμε χρησιμοποιώντας την εφαρμογή. Συγκεκριμένα , “ζητήθηκε” από τον browser σε προσωπικό υπολογιστή , το URI που θα ζητούνταν σε κάθε θέση από την εφαρμογή μας , και επιβεβαιώθηκε η ακρίβεια της όσον αφορά τον προσδιορισμό του κοντινότερου “σημείου ενδιαφέροντος” , όσο και η διαθεσιμότητα και σωστή μεταφορά του αντίστοιχου περιεχομένου (φωτογραφίες, κείμενο).

Τα κτίρια που επιλέχθηκαν είναι τα ακόλουθα

1. Θωμαΐδιο Κτίριο
2. Κτίριο Κεντρικής Βιβλιοθήκης
3. Κτίριο Πρυτανείας
4. Νέο Κτίριο Σ.Ε.Μ.Φ.Ε
5. Παλαιά Κτίρια Σ.Η.Μ.Μ.Υ
6. Κτίριο Γενικών Εδρών
7. Κτίριο Φοιτητικής Λέσχης Ε.Μ.Π

Η θέση τους , καθώς και οι συντεταγμένες της θέσης φαίνονται στον ακόλουθο χάρτη. Χρησιμοποιήθηκε η υπηρεσία Google Maps της εταιρείας Google για την απεικόνιση των σημείων και την εύρεση των συντεταγμένων των σημείων





και οι συντεταγμένες τους σημειώνονται στον ακόλουθο πίνακα

Κτίριο	Γεωγραφικό Πλάτος (μοίρες)	Γεωγραφικό Μήκος (μοίρες)
<i>Θωμαΐδιο Κτίριο</i>	37.979179	23.782235
<i>Κτίριο Κεντρικής Βιβλιοθήκης</i>	37.978274	23.782048
<i>Κτίριο Πρυτανείας</i>	37.977319	23.781940
<i>Νέο Κτίριο Σ.Ε.Μ.Φ.Ε</i>	37.975526	23.782412
<i>Παλαιά Κτίρια Σ.Η.Μ.Μ.Υ</i>	37.975387	23.784816
<i>Κτίριο Γενικών Εδρών</i>	37.976495	23.784075
<i>Κτίριο Φοιτητικής Λέσχης Ε.Μ.Π</i>	37.977814	23.784354



Στη συνέχεια κάναμε μια περιήγηση μέσα στο χώρο της πολυτεχνειούπολης σημειώνοντας τα σημεία όπου θα γίνονταν οι μετρήσεις και με την βοήθεια της ιστοσελίδας <http://maps.google.com> βρήκαμε τις πραγματικές συντεταγμένες των σημείων αυτών . Τα σημεία στα οποία διεξήχθησαν οι μετρήσεις σημειώνονται στον ακόλουθο χάρτη , ενώ οι συντεταγμένες των σημείων αναγράφονται στον πίνακα που ακολουθεί :



<b>Σημείο Μέτρησης</b>	<b>Γεωγραφικό Πλάτος</b>	<b>Γεωγραφικό Μήκος</b>
Σημείο 1	37,97904	23,781881
Σημείο 2	37,978025	23,782171
Σημείο 3	37,977067	23,782037
Σημείο 4	37,976065	23,782316
Σημείο 5	37,975775	23,784462
Σημείο 6	37,976447	23,784395
Σημείο 7	37,977686	23,783829

### 7.3.2 Περιήγηση με Χρήση Non-Assisted GPS

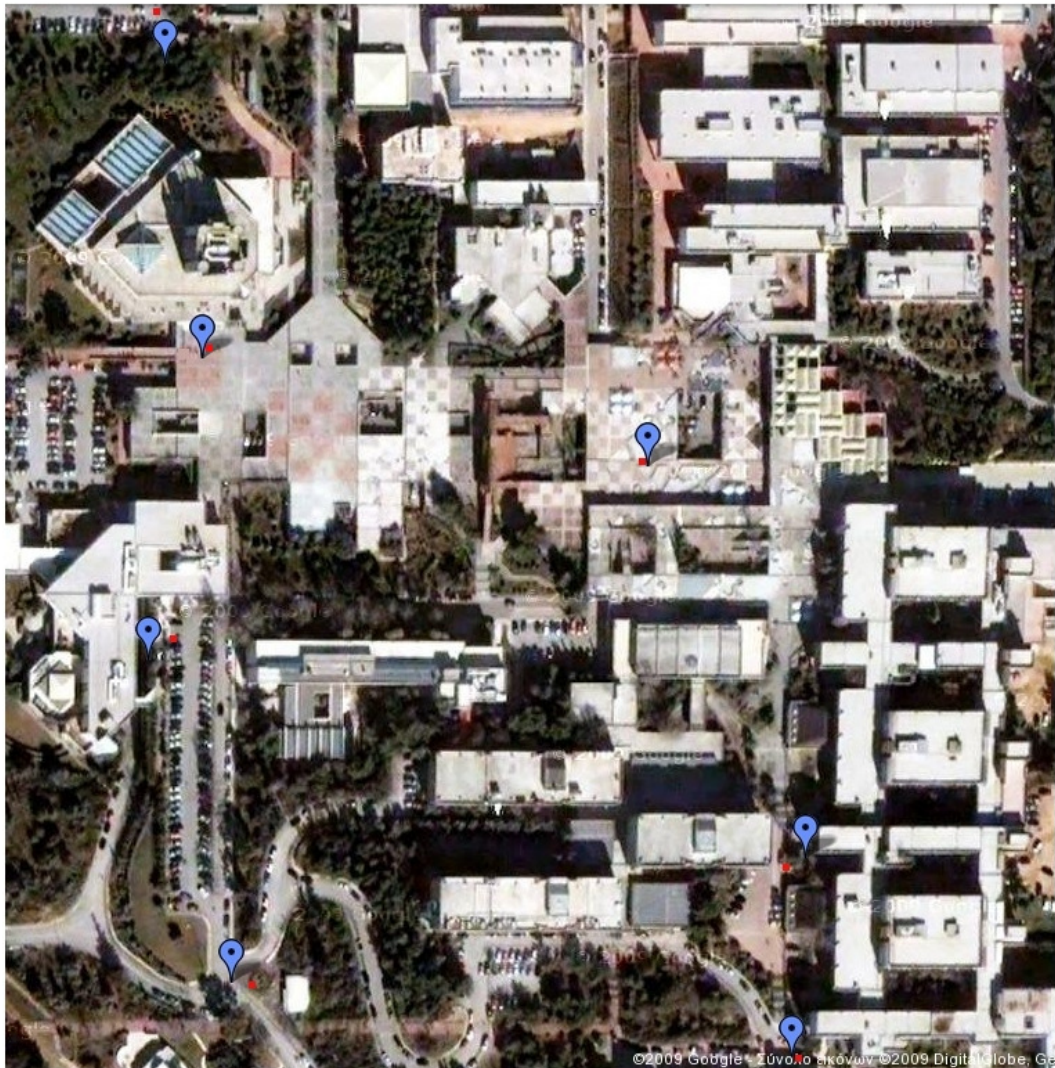
Στην πρώτη περιήγηση όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως χρησιμοποιήσαμε το smart phone Nokia E61 με έναν εξωτερικό δέκτη GPS . Πραγματοποιήσαμε 7 μετρήσεις στα σημεία της πολυτεχνειούπολης που φαίνονται στον χάρτη της προηγούμενης παραγράφου και καταγράψαμε το γεωγραφικό στίγμα μας , από τις πληροφορίες που μας παρείχε η τροποποιημένη έκδοση του midlet που χρησιμοποιήσαμε.

Στον επόμενο πίνακα φαίνονται οι μετρήσεις που πήραμε , καθώς και η απόκλιση σε σχέση με την πραγματική μας θέση

<i>Σημείο</i>	<b>Πραγματικές Τιμές</b>		<b>Μετρούμενες Τιμές</b>		<i>Απόσταση(m)</i>
	<i>Γεωγραφικό Πλάτος</i>	<i>Γεωγραφικό Μήκος</i>	<i>Γεωγραφικό Πλάτος</i>	<i>Γεωγραφικό Μήκος</i>	
<i>1</i>	37,97904	23,781881	37,97888	23,78196	<b>19,11457612</b>
<i>2</i>	37,978025	23,782171	37,977979	23,782108	<b>7,536093648</b>
<i>3</i>	37,977067	23,782037	37,977058	23,781899	<b>12,11972199</b>
<i>4</i>	37,976065	23,782316	37,976101	23,782221	<b>9,234195923</b>
<i>5</i>	37,975775	23,784462	37,975841	23,784393	<b>9,398572716</b>
<i>6</i>	37,976447	23,784395	37,976437	23,784432	<b>3,461233196</b>
<i>7</i>	37,977686	23,783829	37,977651	23,783832	<b>3,978562173</b>



και στον επόμενο χάρτη φαίνονται ταυτόχρονα σημειωμένες οι πραγματικές θέσεις (κόκκινο στίγμα) και οι θέσεις οι οποίες προκύπτουν από τις μετρούμενες συντεταγμένες



### ***7.3.3 Περιήγηση με χρήση A-GPS***

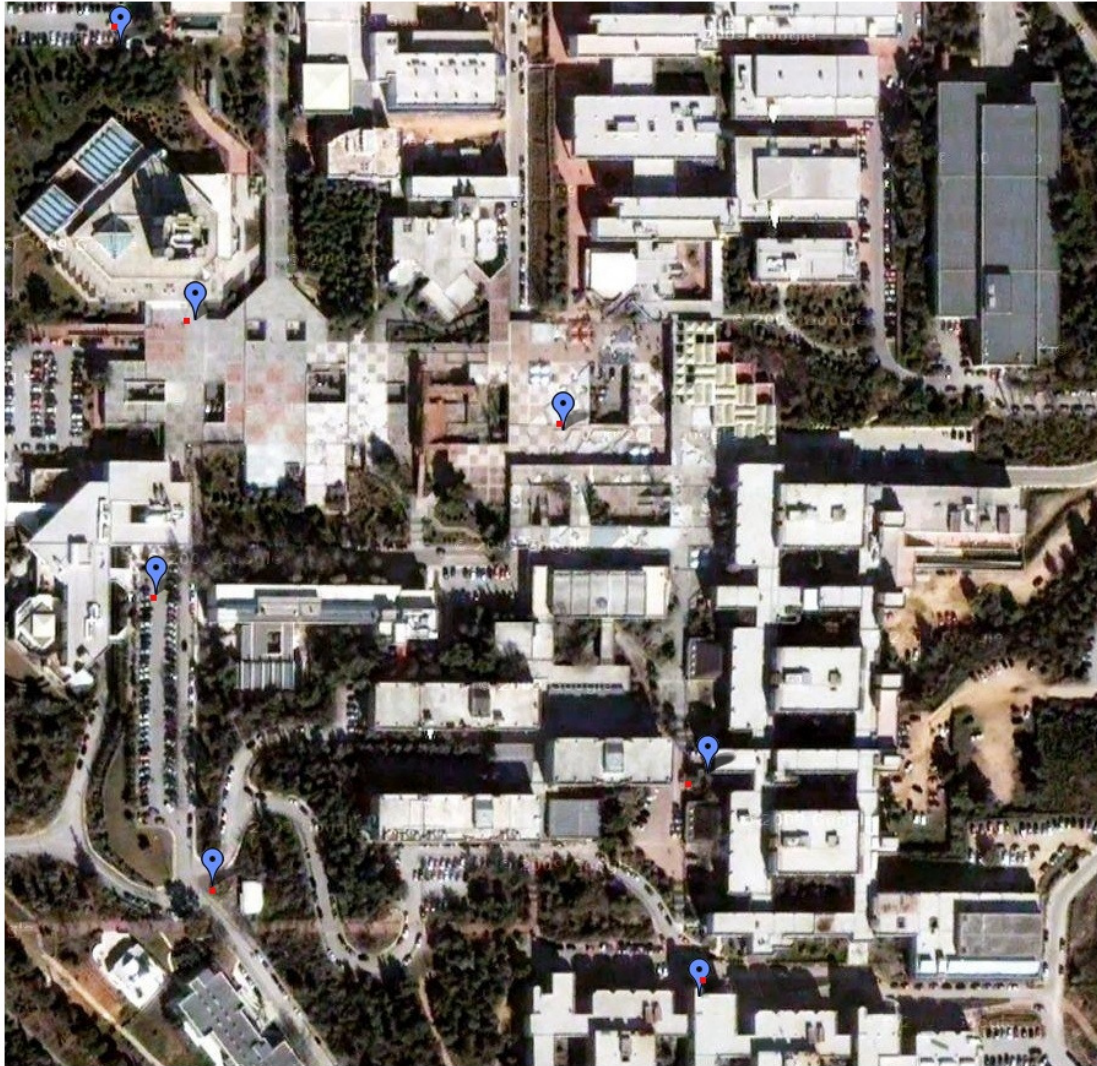
Για τους σκοπούς της περιήγησης με τη χρήση Assisted GPS χρησιμοποιήθηκε το κινητό τηλέφωνο Nokia N91 το οποίο έχει ενσωματωμένο GPS δέκτη που υποστηρίζει την τεχνολογία

A-GPS. Οι μετρήσεις έγιναν στα ίδια ακριβώς 7 σημεία που είχαμε ορίσει προηγουμένως ενώ τα αποτελέσματα των μετρήσεων αυτών συνοψίζονται στον παρακάτω πίνακα

Σημείο	Πραγματικές Τιμές		Μετρούμενες Τιμές		Απόσταση(m)
	Γεωγραφικό Πλάτος	Γεωγραφικό Μήκος	Γεωγραφικό Πλάτος	Γεωγραφικό Μήκος	
1	37,97904	23,781881	37,978979	23,781897	<b>6,977066973</b>
2	37,978025	23,782171	37,978023	23,782223	<b>4,54163318</b>
3	37,977067	23,782037	37,977080	23,782055	<b>2,121161665</b>
4	37,976065	23,782316	37,976075	23,782300	<b>1,793428625</b>
5	37,975775	23,784462	37,975694	23,784431	<b>9,418738259</b>
6	37,976447	23,784395	37,976465	23,784469	<b>6,835123519</b>
7	37,977686	23,783829	37,977686	23,783894	<b>5,703091621</b>

και στον επόμενο χάρτη έχουμε μια εποπτική παρουσίαση των μετρήσεων που κάναμε, όπου σημειώνονται πάνω στον ίδιο χάρτη οι θέσεις που προκύπτουν από τις γεωγραφικές συντεταγμένες που μας παρέχει η εφαρμογή (σημειώνονται με μπλε κύκλους) και οι πραγματικές θέσεις (κόκκινα στίγματα) .





### 7.3.4 Σύγκριση Assisted GPS – Non Assisted GPS

Οι παρατηρήσεις μας μπορούν να συνοψιστούν στα ακόλουθα σημεία

- Όπως παρατηρούμε και από τα πειραματικά δεδομένα, η ακρίβεια που μας παρέχει το A-GPS είναι καλύτερη απ' ό,τι εκείνη του GPS. Συγκεκριμένα για το πλήθος των μετρήσεων που κάναμε, η μέση τιμή της απόκλισης είναι  $\bar{d}x_{GPS} = 9,263m$  για το GPS, ενώ για το A-GPS έχουμε  $\bar{d}x_{A-GPS} = 5,341m$ . Αξίζει ωστόσο να σημειωθεί ότι για έναν χώρο σαν την πολυτεχνειούπολη, και με τόσο μεγάλη διασπορά των “Σημείων ενδιαφέροντος” στον

χώρο , και η ακρίβεια του GPS είναι άκρως ικανοποιητική για την εύρυθμη λειτουργία της εφαρμογής.

- Όσον αφορά τον χρόνο που χρειάζεται για την εύρεση των συντεταγμένων από το midlet , χρησιμοποιώντας τις 2 διαφορετικές τεχνολογίες, τα αποτελέσματα ήταν τα αναμενόμενα. Παρατηρήθηκε σημαντική μείωση του TTF (Time To First Fix ) , δηλαδή του χρόνου που χρειάζεται ο δέκτης για να εντοπίσει την θέση του, την πρώτη φορά που θέτουμε την εφαρμογή σε λειτουργία . Χρησιμοποιώντας τη συσκευή E61 με τον εξωτερικό δέκτη GPS παρατηρήσαμε TTF της τάξης των 35-40 δευτερολέπτων, ενώ με τη χρήση του Nokia N91 που υποστηρίζει A-GPS είχαμε χρόνους της τάξης των 20-25 δευτερολέπτων για να βρεθεί το στίγμα την πρώτη περίοδο λειτουργίας του midlet. Στη συνέχεια της χρησιμοποίησης της εφαρμογής δεν παρατηρήθηκε σημαντική διαφορά στον χρόνο ανανέωσης του στίγματος μεταξύ των δυο τεχνολογιών.

### **7.3.5 Μαθηματική Εισαγωγή στον Τρόπο εύρεσης της απόστασης μεταξύ 2 σημείων στην επιφάνεια της γης**

Στο κομμάτι αυτό θα γίνει μια περιγραφή του τρόπου που χρησιμοποιεί η εφαρμογή μας στον εξυπηρετητή για να υπολογίσει την απόσταση μεταξύ του σημείου που βρίσκεται ο χρήστης και των διαφόρων σημείων ενδιαφέροντος, επιλέγοντας κάθε φορά το κοντινότερο σημείο για να παρουσιάσει τα στοιχεία του στον χρήστη.

Θα χρησιμοποιήσουμε σφαιρική γεωμετρία. Θεωρούμε τη γη σαν τέλεια σφαίρα. Έστω ότι έχουμε 2 σημεία , το σημείο A με γεωγραφικό πλάτος  $lat_1$  και γεωγραφικό μήκος  $lon_1$  , και το σημείο B με γεωγραφικό πλάτος  $lat_2$  και γεωγραφικό μήκος  $lon_2$  . Τα σημεία αυτά μαζί με το κέντρο της γης ορίζουν ένα επίπεδο που τέμνει την σφαίρα. Το σύνολο των σημείων τομής της επιφάνειας της σφαίρας και του επιπέδου σχηματίζουν έναν κύκλο που ονομάζεται μέγιστος κύκλος. Για να βρούμε την απόσταση μεταξύ των δυο αυτών σημείων , αρκεί να υπολογίσουμε την γωνιά των διανυσμάτων με αρχή το κέντρο του κύκλου και τέλος τα σημεία αυτά. Το γινόμενο της γωνίας σε rad επί την ακτίνα του κύκλου ισούται με το τόξο του κύκλου που ενώνει τα 2 μας σημεία. Ξεκινάμε μετασχηματίζοντας τις σφαιρικές συντεταγμένες σε καρτεσιανές, και θεωρώντας κέντρο των αξόνων το κέντρο της γης. Έτσι οι συντεταγμένες των 2 σημείων θα είναι οι ακόλουθες

$$\begin{aligned} x_A &= r \cdot \cos(\varphi_1) \cdot \cos(\lambda_1) & x_B &= r \cdot \cos(\varphi_2) \cdot \cos(\lambda_2) \\ y_A &= r \cdot \cos(\varphi_1) \cdot \sin(\lambda_1) & y_B &= r \cdot \cos(\varphi_2) \cdot \sin(\lambda_2) \\ z_A &= r \cdot \sin(\varphi_1) & z_B &= r \cdot \sin(\varphi_2) \end{aligned} ,$$

Θεωρώντας τα διανύσματα  $\vec{OA}, \vec{OB}$ , που έχουν αρχή την αρχή των αξόνων και πέρας τα σημεία A,

B αντίστοιχα θα υπολογίσουμε την γωνία μεταξύ τους. Θα χρησιμοποιήσουμε το εσωτερικό γινόμενο των διανυσμάτων. Έχουμε

$$\vec{OA} \cdot \vec{OB} = (OA) \cdot (OB) \cdot \cos\varphi, \text{ με } \varphi \text{ τη γωνία των διανυσμάτων.}$$

$$\begin{aligned} \vec{OA} \cdot \vec{OB} &= (OA) \cdot (OB) \cdot \cos\varphi \Rightarrow \\ (r \cdot \cos\varphi_1 \cdot \cos\lambda_1, r \cdot \cos\varphi_1 \cdot \sin\lambda_1, r \cdot \sin\varphi_1) \cdot (r \cdot \cos\varphi_2 \cdot \cos\lambda_2, r \cdot \cos\varphi_2 \cdot \sin\lambda_2, r \cdot \sin\varphi_2) &= r^2 \cdot \cos\varphi \Rightarrow \\ \cos\varphi_1 \cdot \cos\lambda_1 \cos\varphi_2 \cdot \cos\lambda_2 + \cos\varphi_1 \cdot \sin\lambda_1 \cdot \cos\varphi_2 \cdot \sin\lambda_2 + \sin\varphi_1 \cdot \sin\varphi_2 &= \cos\varphi \Rightarrow \\ \cos\varphi_1 \cdot \cos\varphi_2 (\cos\lambda_1 \cdot \cos\lambda_2 + \sin\lambda_1 \cdot \sin\lambda_2) + \sin\varphi_1 \cdot \sin\varphi_2 &= \cos\varphi \Rightarrow \\ \cos\varphi_1 \cdot \cos\varphi_2 (\cos(\lambda_1 - \lambda_2)) + \sin\varphi_1 \cdot \sin\varphi_2 &= \cos\varphi \Rightarrow \end{aligned}$$

$$\text{Άρα } \varphi = \arccos(\cos\varphi_1 \cdot \cos\varphi_2 (\cos(\lambda_1 - \lambda_2)) + \sin\varphi_1 \cdot \sin\varphi_2)$$

και τελικά, για την απόσταση d μεταξύ των 2 σημείων θα ισχύει

$$d = 6378800 \cdot \arccos(\cos\varphi_1 \cdot \cos\varphi_2 (\cos(\lambda_1 - \lambda_2)) + \sin\varphi_1 \cdot \sin\varphi_2) \text{ m, όπου}$$

η ακτίνα της γης θεωρήθηκε ίση με 6378800 m και οι γεωγραφικές συντεταγμένες είναι εκφρασμένες σε ακτίνια.

Η τελευταία σχέση χρησιμοποιήθηκε τόσο για τον προσδιορισμό της απόκλισης μεταξύ πραγματικής και μετρούμενης τιμής στον πίνακα, αλλά και από την εφαρμογή μας στην πλευρά του εξυπηρετητή για τον υπολογισμό της απόστασης της θέσης του χρήστη από τα σημεία ενδιαφέροντος.

### 7.3.6 Συμπεριφορά του λογισμικού στην πλευρά του εξυπηρετητή.

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως ο έλεγχος της συμπεριφοράς του λογισμικού στην πλευρά του εξυπηρετητή προσδιορισμού θέσης έγινε σε συνθήκες εργαστηρίου, καθώς δεν υπήρχε διαθέσιμη ασύρματη σύνδεση για τη συσκευή μας σε όλο το χώρο της πολυτεχνειούπολης κατά τη



διεξαγωγή του πειράματος. Για τον σκοπό της προσομοίωσης σχηματίσαμε για κάθε σημείο μέτρησης το URI που θα ζητούσε η εφαρμογή μας από το πρόγραμμα περιήγησης της συσκευής και το οποίο γενικά έχει την ακόλουθη μορφή

<http://147.102.134.98/diploma/GPS.php?ui=x&sid=y&lat=φ&lon=λ>

οπου

- ui είναι το αναγνωριστικό χρήστη (user id ) είναι μια συμβολοακολουθία που δημιουργείται αυτόματα από το midlet για σκοπούς αναγνώρισης του χρήστη,
- sid (session id) είναι μια συμβολοακολουθία που δημιουργείται από το midlet και αποσκοπεί στην καταγραφή της δραστηριότητας του χρήστη στη συγκεκριμένη συνεδρία περιήγησης,
- lat (latitude) , είναι το γεωγραφικό πλάτος της θέσης του χρήστη, και
- lon(longitude) , είναι το γεωγραφικό μήκος της θέσης του.

Και αποτελούν τις μεταβλητές που παρέχουμε στον εξυπηρετητή μέσω του GET request.

Ο εξυπηρετητής, κάθε φορά που εμείς “ζητάμε” ένα URI της προηγούμενης μορφής , χρησιμοποιώντας τα στοιχεία που του παρέχονται , υπολογίζει την απόσταση όλων των σημείων ενδιαφέροντος από την τρέχουσα θέση του χρήστη, παρουσιάζει τα πολυμεσικά στοιχεία που αφορούν το κοντινότερο από αυτά και καταγράφει την δραστηριότητα στην βάση δεδομένων που διατηρεί.

Η συμπεριφορά της εφαρμογής κρίνεται άκρως ικανοποιητική καθώς και στις δύο περιπτώσεις (non assisted GPS και A-GPS ) υπολόγισε σωστά το κοντινότερο στη θέση μας σημείο και παρουσίασε στην οθόνη του προγράμματος περιήγησης τα στοιχεία που αφορούσαν το αντίστοιχο κτίριο. Οι αντιστοιχίες σημείων μέτρησης και σημείων ενδιαφέροντος ,όπως έγινε από την εφαρμογή ,φαίνεται στον ακόλουθο πίνακα

<i>Σημείο Μέτρησης</i>	<i>Σημείο Ενδιαφέροντος</i>
Σημείο 1	Θωμαΐδιο Κτίριο
Σημείο 2	Κεντρική Βιβλιοθήκη
Σημείο 3	Κτίριο Πρυτανείας
Σημείο 4	Κτίριο ΣΕΜΦΕ
Σημείο 5	Παλαιό Κτίρια ΣΗΜΜΥ
Σημείο 6	Κτίρια Γενικών Εδρών
Σημείο 7	Φοιτητική Λεσχη ΕΜΠ

Που όπως εύκολα μπορούμε να συμπεράνουμε στον ακόλουθο χάρτη είναι και η σωστή , βάση απόστασης, αντιστοίχιση



## ***Κεφάλαιο 8 : Επίλογος***

### ***8.1 Σύνοψη – Συμπεράσματα***

Στην παρούσα διπλωματική εργασία παρουσιάστηκε μια αναφορά στις υπηρεσίες που χρησιμοποιούνται ή δύναται να χρησιμοποιηθούν για εντοπισμό θέσης και αποπειράθηκε μια συγκριτική μελέτη τους όσον αφορά τη χρησιμοποίησή τους σε υπηρεσίες που παρέχονται με βάση τη θέση. Κύριοι άξονες της σύγκρισης ήταν η κάλυψη που παρέχουν ( τοπική – παγκόσμια, εξωτερικούς – εσωτερικούς χώρους ), η ακρίβεια με την οποία μας δίνουν την θέση του υπό εξέταση αντικειμένου, η καθυστέρηση που εισάγουν στη διαδικασία προσδιορισμού της θέσης, η διαθεσιμότητα της κάθε τεχνολογίας για την υλοποίηση κάποιας υπηρεσίας βασισμένη σε αυτές και τέλος το κόστος της κάθε μιας. Τα στοιχεία αυτά είναι χρήσιμα στη διαδικασία επιλογής μιας εκ των τεχνολογιών αυτών για την υλοποίηση μιας υπηρεσίας που παρέχεται με βάση τη θέση και θα μπορούσαν έως ένα βαθμό να εξασφαλίσουν την λειτουργικότητα και οικονομική βιωσιμότητα μιας τέτοιας υπηρεσίας.

Στη συνέχεια παρουσιάστηκε η διαδικασία ανάπτυξης μιας τέτοιας υπηρεσίας , που αφορά συγκεκριμένα στην υλοποίηση μιας υπηρεσίας ξενάγησης σε εσωτερικούς και εξωτερικούς χώρους, χρησιμοποιώντας Bluetooth και GPS για τον εντοπισμό της θέσης αντίστοιχα. Έγιναν διάφορες μετρήσεις σε διαφορετικές πειραματικές διατάξεις για να ελεγχθεί η λειτουργικότητα , η ευκολία στη χρήση , καθώς και η αποδοτικότητα της υπηρεσίας. Από τις μετρήσεις αυτές εξήχθησαν τα ακόλουθα συμπεράσματα τα οποία παρουσιάζονται ακολούθως : Στο κομμάτι της υπηρεσίας που αφορά την ξενάγηση σε εσωτερικούς χώρους χρησιμοποιώντας Bluetooth παρατηρήθηκε μια πολύ καλή συμπεριφορά της εφαρμογής , εφόσον είχαμε πειραματικά προσδιορίσει τις βέλτιστες ισχύεις εκπομπής των Bluetooth tags που χρησιμοποιήθηκαν σε κάθε τοπολογία. Δείξαμε δηλαδή ότι με σωστή επιλογή των ισχύων μπορούμε να επιτύχουμε συνθήκες οι οποίες θα επιτρέπουν τη λειτουργικότητα της εφαρμογής τόσο σε εσωτερικούς όσο και σε μικρούς εξωτερικούς χώρους. Στο κομμάτι που αφορά την ξενάγηση σε εξωτερικούς χώρους με χρήση GPS η εφαρμογή συμπεριφέρθηκε άψογα καθώς η περιοχή στην οποία δοκιμάστηκε ήταν «αραιή» όσον αφορά τα σημεία ενδιαφέροντος που εξετάσαμε. Η συμπεριφορά αυτή ήταν και η αναμενόμενη και καθώς το GPS είναι η τεχνολογία που έχει το μεγαλύτερο μερίδιο χρησιμοποίησης σε υπηρεσίες που παρέχονται με βάση τη θέση , και αποτελεί , πια, σίγουρη και δοκιμασμένη λύση.

## **8.2 Μελλοντικές επεκτάσεις και βελτιώσεις**

Σκοπός της εργασίας όσον αφορά την ανάπτυξη της υπηρεσίας ήταν κυρίως να αποδειχθεί η δυνατότητα χρησιμοποίησης του Bluetooth σε υπηρεσίες που παρέχονται με βάση τη θέση, καθώς και η ανάπτυξη μιας ενοποιημένης σπονδυλωτής αρχιτεκτονικής που θα μπορεί να λειτουργεί χρησιμοποιώντας διάφορες τεχνολογίες για τον εντοπισμό της θέσης . Έτσι μια ενδιαφέρουσα επέκταση της θα ήταν η υλοποίηση της υπηρεσίας και για κάποιες από τις υπόλοιπες τεχνολογίες εντοπισμού θέσης έτσι ώστε να μπορεί να λειτουργεί σε διάφορα περιβάλλοντα με διαφανή τρόπο ως προς την τεχνολογία εντοπισμού θέσης, ανάλογα με το τι είναι διαθέσιμο σε κάθε περίπτωση.

Όσον αφορά την ήδη υλοποιημένη εφαρμογή για την ξενάγηση σε εσωτερικούς χώρους, θα μπορούσε να βελτιωθεί ώστε να λειτουργεί πιο αξιόπιστα σε «ανταγωνιστικά» περιβάλλοντα όπου πολλές συσκευές θα την χρησιμοποιούν στον ίδιο χώρο. Στην παρούσα της μορφή δημιουργούνται προβλήματα όταν μια συσκευή στην προσπάθεια ανίχνευσης , βρίσκει άλλες γειτονικές συσκευές που χρησιμοποιούν την ίδια εφαρμογή , και όχι κάποιο από τα Bluetooth tags που χρησιμοποιούμε για την αναγνώριση των σημείων ενδιαφέροντος. Αυτό θα μπορούσε να παρακαμφθεί για παράδειγμα προσδιορίζοντας από την αρχή στον κώδικα της εφαρμογής ποιες mac διευθύνσεις αντιστοιχούν σε tags και να μη λαμβάνονται υπ' όψιν οι υπόλοιπες. Τέλος μια ακόμα χρήσιμη προσθήκη , θα ήταν η βελτίωση της διεπαφής με τον χρήστη χρησιμοποιώντας γραφικά και ένα μενού για εύκολη παραμετροποίηση και πλοήγηση στην εφαρμογή.

## **Κεφάλαιο 9 : Βιβλιογραφία**

- [TO03] Bluetooth Enables In-door Mobile Location Services
- [PJL03] Pandya D., Jain R., Lupu e., “Indoor location estimation using multiple wireless technologies” , The 14th IEEE 2003 International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communication Proceedings, 2003
- [FFR+05] Di Flora C., Ficco M., Russo S. and Vecchio V., “Indoor and outdoor location based services for portable wireless devices”, 25th IEEE International Conference on Distributed Computing Systems Workshops (ICDCSW’05)

- [FFR06] Di Flora C., Ficco M., Russo S. , “An Architecture for Providing Java Applications with Indoor and Outdoor Hybrid Location Sensing” , Fourth IEEE Workshop on Software Technologies for Future Embedded and Ubiquitous Systems and Second International Workshop on Collaborative Computing, Integration, and Assurance (SEUS-WCCIA’06)
- [PKN06] Patil A., Kim D., Ni L., “A study of frequency interference and indoor location sensing with 802.11b and Bluetooth technologies” , Int. J. Mobile Communications, Vol. 4, No. 6, 2006
- [OVL+] Otsason V., Varshavsky A., LaMarca A., de Lara E., “Accurate GSM Indoor Localization”
- [Jun05] Junglas A., “An Experimental Investigation of Location-Based Services”, 38th Hawaii International Conference on System Sciences – 2005
- [GG02] Gonzalez-Castaiio F., Garcia-Reinoso J., “Bluetooth Location Networks”
- [KHL+03] Kotanen A., Hannikainen M., Leppakoski H., Hamalainen T., “Experiments on Local Positioning with Bluetooth”, International Conference on Information Technology: Computers and Communications (ITCC.03)
- [Wei04] Weissman Z., “Indoor Location”
- [GG05] Gustafsson F., Gunnarsson F., “Mobile Positioning Using Wireless Networks”, IEEE SIGNAL PROCESSING MAGAZINE [41] JULY 2005
- [PBK06] Peterson B., Baldwin R., Kharoufeh J., “Bluetooth Inquiry Time Characterization and Selection”, IEEE TRANSACTIONS ON MOBILE COMPUTING, VOL. 5, NO. 9, SEPTEMBER 2006
- [LMM+06] De Luca D., Mazzenga F., Monti C., Vari M., “Performance Evaluation of Indoor Localization Techniques Based on RF Power Measurements from Active or Passive Devices” , EURASIP Journal on Applied Signal Processing Volume 2006
- [OK08] Odijk D., Kleijer F., “Can GPS Be Used for Location Based Services at Schiphol Airport, the Netherlands?” , 5th WORKSHOP ON POSITIONING, NAVIGATION AND COMMUNICATION 2008 (WPNC’08)
- [LVY08] Liapis D., Vassilaras S., Yovanof G., “Implementing a Low-Cost, Personalized and Location Based Service for Delivering Advertisements to Mobile Users”, ISWPC 2008
- [BDJ07] Barahim Z., Doomun R., Joomun N., “Low-Cost Bluetooth Mobile Positioning for Location-based Application”
- [CTH+08] Challamel R., Tomé P., Harmer P., Beauregard S., “Performance Assessment of Indoor Location Technologies”

Wikipedia	<a href="http://www.wikipedia.com">http://www.wikipedia.com</a>
J2ME	<a href="http://java.sun.com/j2me">http://java.sun.com/j2me</a>
J2ME and Location Based Services	<a href="http://developers.sun.com/mobility/apis/articles/location/">http://developers.sun.com/mobility/apis/articles/location/</a>
Mobile Information Device Protocol	<a href="http://java.sun.com/products/midp/">http://java.sun.com/products/midp/</a>
Location API for J2ME specification	<a href="http://www.jcp.org/en/jsr/detail?id=179">http://www.jcp.org/en/jsr/detail?id=179</a>
Zigbee Aliance	<a href="http://www.zigbee.org/">http://www.zigbee.org/</a>
Location Based Services	<a href="http://www.lbszone.com/">http://www.lbszone.com/</a> <a href="http://www.ibm.com/developerworks/ibm/library/i-lbs/">http://www.ibm.com/developerworks/ibm/library/i-lbs/</a>