



## Πανεπιστήμιο Πειραιώς – Τμήμα Πληροφορικής

### Μεταπτυχιακή Εργασία

Τίτλος Διατριβής	<b>Location Based Services in Smartphones</b>
Όνοματεπώνυμο Φοιτητή	<b>Ματσιούλας Κωνσταντίνος</b>
Πατρώνυμο	<b>Χρήστος</b>
Αριθμός Μητρώου	<b>ΜΠΣΠ/11039</b>
Επιβλέπων	<b>Ευθύμιος Αλέπης, Λέκτορας</b>

Ημερομηνία Παράδοσης **Απρίλιος 2015**

---



---

**Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή**

(υπογραφή)

(υπογραφή)

(υπογραφή)

Ευθύμιος Αλέπης  
Λέκτορας

Μαρία Βίβου  
Καθηγητής

Γεώργιος Τσιχριντζής  
Καθηγητής

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η κινητή υπολογιστική εξελίσσεται συνεχώς και με ταχύ ρυθμό. Κάθε μέρα εισάγονται νέες κινητές συσκευές, τεχνολογίες, μέθοδοι, και εφαρμογές. Πρόσφατα, μία από τις κινητές εφαρμογές, η υπηρεσία αξιοποίησης της γεωγραφικής θέσης (Location-Based Service – LBS), έχει τραβήξει έντονα την προσοχή. Μία τέτοια υπηρεσία βασίζεται στην γεωγραφική θέση μίας κινητής συσκευής χειρός (π.χ. ένα κινητό τηλέφωνο και συγκεκριμένα ένα έξυπνο τηλέφωνο – smartphone). Αν και οι υπηρεσίες LBS είναι πολύ δημοφιλείς, οι περισσότεροι προγραμματιστές δεν γνωρίζουν το σχεδιασμό και την εφαρμογή τους.

Οι υπηρεσίες LBS επικρατούν στην καθημερινή ζωή. Η πλοήγηση, η διαχείριση υλικού, τα σημεία ενδιαφέροντος POI, και άλλα, αποτελούν όλα τύπους των υπηρεσιών εντοπισμού της γεωγραφικής θέσης. Οι υπηρεσίες LBS είναι τόσο χρήσιμες που θα έπρεπε να είναι διαθέσιμες παντού, συμπεριλαμβάνοντας τους εσωτερικούς χώρους των κτιρίων, τους σταθμούς του μετρό, τα υπόγεια εμπορικά κέντρα, και τα κέντρα των μεγάλων πόλεων. Τέτοιες υπηρεσίες LBS, οι οποίες παρέχονται σε εσωτερικούς χώρους, ονομάζονται υπηρεσίες αξιοποίησης της γεωγραφικής θέσης σε κλειστούς χώρους ή αλλιώς ILBS (Indoor LBS).

Η παρούσα εργασία ασχολείται με την κατανόηση των υπηρεσιών αξιοποίησης της γεωγραφικής θέσης και διαιρείται σε τέσσερα κεφάλαια. Στο πρώτο, γίνεται μία εισαγωγή στις υπηρεσίες LBS (όσον αφορά στα χαρακτηριστικά, τη δομή, τις αρχιτεκτονικές τους, κλπ.) και αναφέρεται η σχέση τους με τα συστήματα γεωγραφικών πληροφοριών (Geographic Information Systems - GIS). Στο δεύτερο κεφάλαιο περιγράφονται οι τεχνολογίες και οι εφαρμογές των υπηρεσιών LBS και παρέχονται πληροφορίες σχετικά με την ασφάλεια των προσωπικών δεδομένων των χρηστών. Συνεχίζοντας στη δομή της μελέτης, γίνεται μία αναφορά στα εσωτερικά και εξωτερικά συστήματα LBS. Τέλος, παρατίθενται πρόσφατες έρευνες που αφορούν στις διάφορες τεχνολογίες και στους αλγόριθμους που έχουν χρησιμοποιηθεί κατά καιρούς για την βελτίωση των υπηρεσιών αξιοποίησης της γεωγραφικής θέσης.

**Λέξεις κλειδιά:** Έξυπνο τηλέφωνο, υπηρεσίες υπολογιστικού νέφους, GPS, δακτυλικά αποτυπώματα Wi-Fi, αισθητήρας, υπηρεσίες αξιοποίησης της γεωγραφικής θέσης σε κλειστούς χώρους.

## **ABSTRACT**

Mobile computing evolves constantly and quickly. Every day, new mobile devices, technologies, methods and applications are introduced. Recently, location-based service (LBS), a mobile application, became the centre of attention. Such a service is based on the geographical position of a mobile device (for example, a mobile phone and particularly a smartphone). Even though location-based services are quite popular, most developers don't seem to be familiar with its design and implementation.

LBS services prevail in the everyday life of people. Navigation, logistics, points of interest (POI), and others, are all types of LBS services. These services should be available in every place, even in indoor areas, such as buildings, subway stations, underground shopping malls, centres of big cities, etc. LBS services which are located inside of buildings are usually called Indoor Location Based Services or ILBS.

This dissertation deals with the comprehension of LBS services and is divided into four chapters. In the first chapter, there is an introduction to LBS services (about their characteristics, structure, architectures, etc.) and there is a reference of their relationship with Geographic Information Systems (GIS). The second chapter describes the technologies and applications of LBS services and gives information about the security of user's personal data. Continuing the structure of the research, there is a reference to indoor and outdoor systems of LBS. Finally, there is a presentation of recent researches which are based on the different technologies and algorithms used for the improvement of Location Based Services.

**Key words:** Smartphone, Cloud Computing services, GPS, Wi-Fi fingerprinting, sensor, Indoor location based services.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ii</b>
<b>ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ</b> .....	<b>1</b>
<b>ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ</b> .....	<b>4</b>
<b>ΛΙΣΤΑ ΠΙΝΑΚΩΝ</b> .....	<b>7</b>
<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b> .....	<b>8</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ</b> .....	<b>10</b>
<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΙΣ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ LBS ΚΑΙ Η ΣΧΕΣΗ ΤΟΥΣ ΜΕ ΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ GIS</b> .....	<b>10</b>
1.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ LBS .....	10
1.1.1 ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ .....	11
1.1.2 ΚΑΤΑΝΟΗΣΗ ΤΩΝ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ LBS.....	12
1.2 ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΩΝ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ LBS .....	14
1.2.1 ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΜΙΑΣ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ LBS .....	15
1.3 ΤΥΠΟΙ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ LBS.....	15
1.4 ΤΥΠΟΙ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ.....	16
1.5 ΠΡΟΤΥΠΑ ΕΝΔΙΑΜΕΣΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ LBS .....	17
1.6 ΩΦΕΛΗ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ LBS.....	19
1.7 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΕΠΙΤΥΧΙΑΣ ΚΑΙ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΕΣ ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ .....	19
1.8 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ GIS.....	20
1.8.1 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ GIS .....	21
1.8.2 ΣΧΕΣΗ ΜΕΤΑΞΥ GIS ΚΑΙ LBS.....	22

<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ</b> .....	<b>23</b>
<b>ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ / ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΚΑΙ ΙΔΙΩΤΙΚΟΤΗΤΑ LBS</b> .....	<b>23</b>
2.1 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΥ .....	23
2.2 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ LBS .....	24
2.3 ΕΡΕΥΝΑ ΣΤΙΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ LBS.....	25
2.4 ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗΝ ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ ΚΑΙ ΤΩΝ ΓΕΩΚΟΙΝΩΝΙΚΩΝ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΙΔΙΟΚΤΗΤΩΝ SMARTPHONES .....	27
2.4.1 Υπηρεσίες αξιοποίησης της γεωγραφικής θέσης.....	27
2.4.2 γεωκοινωνικές Υπηρεσίες .....	28
2.5 ΖΗΤΗΜΑΤΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΙΔΙΩΤΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	29
2.6 Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΗΣ ΙΔΙΩΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΓΙΑ ΤΙΣ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ LBS.....	30
2.6.1 ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΤΗΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΤΗΣ ΙΔΙΩΤΙΚΟΤΗΤΑΣ .....	31
2.6.2 ΝΟΜΙΚΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ.....	32
2.7 ΛΥΣΕΙΣ ΟΣΟΝ ΑΦΟΡΑ ΣΤΗΝ ΙΔΙΩΤΙΚΟΤΗΤΑ.....	33
2.8 ΕΡΕΥΝΕΣ.....	36
2.8.1 ΕΠΙΥΕΥΞΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΗΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΤΩΝ ΠΡΟΣΩΠΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΓΙΑ ΤΙΣ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ lbs.....	36
2.8.1.1 ΤΕΧΝΙΚΕΣ PIR .....	37
2.8.1.2 ΥΒΡΙΔΙΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ.....	39
2.8.2 ΑΥΘΕΝΤΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΕΞΟΥΣΙΟΔΟΤΗΣΗ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟΝ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟ ΤΗΣ ΘΕΣΗΣ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΩΝΤΑΣ SMARTPHONES .....	40
2.8.3 ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗΣ ΤΟΠΟΘΕΣΙΑΣ ΩΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΣ ΑΥΘΕΝΤΙΚΟΠΟΙΗΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ M-COMMERCE ΣΤΑ SMARTPHONES .....	41
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ</b> .....	<b>44</b>
<b>ΕΣΩΤΕΡΙΚΑ ΚΑΙ ΕΞΩΤΕΡΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ LBS</b> .....	<b>44</b>
3.1 ΕΣΩΤΕΡΙΚΑ ΚΑΙ ΕΞΩΤΕΡΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ .....	44
3.2 ΥΠΟΚΕΙΜΕΝΕΣ ΠΟΛΥΠΛΟΚΟΤΗΤΕΣ .....	45
3.3 ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΕΙΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ .....	46
3.4 ΕΡΕΥΝΕΣ.....	48
3.4.1 ΑΚΡΙΒΗΣ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ ΧΩΡΟΥ ΜΕ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ «ΕΞΥΠΝΩΝ ΚΙΝΗΤΩΝ» .....	48



3.4.2 ΛΥΣΗ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΥ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ ΧΩΡΟΥ ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ SMARTPHONE ΓΙΑ ΚΙΝΗΤΕΣ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ.....	49
3.4.3 ΜΕΘΟΔΟΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΥ SMARTPHONE .....	52
3.4.4 ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΥ ΠΟΥ ΥΙΟΘΕΤΟΥΝΤΑΙ ΣΤΑ ΔΙΚΤΥΑ wlan .....	54
3.4.5 νέα μεθοδος βελτιωσης της ακριβειας εντοπισμου εσωτερικου χωρου με βαση το δικτυο WiFi .....	56
3.4.6 υπηρεσια σταθμευσης στα «εξυπνα κινητα» .....	58
3.4.7 ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΑΘΟΔΗΓΗΣΗΣ ΕΞΥΠΝΟΥ ΚΙΝΗΤΟΥ ΜΕ ΒΑΣΗ rfid .....	61
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ .....</b>	<b>64</b>
<b>ΠΡΟΣΦΑΤΕΣ ΕΡΕΥΝΕΣ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΚΑΙ ΑΛΓΟΡΙΘΜΩΝ .....</b>	<b>64</b>
4.1 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΟΥ ΔΙΑΚΡΙΤΟΥ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΥ GPS ΣΤΑ SMARTPHONES.....	64
4.2 ΣΥΣΤΗΜΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΗΣ ΤΟΠΟΘΕΣΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΤΟΥ ΠΡΟΟΡΙΣΜΟΥ ΑΠΟ ΤΟΥΣ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΤΩΝ SMARTPHONES.....	66
4.3 ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΟΥ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΥ GPS ΣΤΑ ΕΞΥΠΝΑ ΚΙΝΗΤΑ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΕΝΣΩΜΑΤΩΜΕΝΩΝ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ .....	68
4.4 ΑΚΡΙΒΕΙΑ ΘΕΣΗΣ ΣΤΑ SMARTPHONES ΚΑΙ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΤΙΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ LBS.....	71
4.5 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΗΣ ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗΣ ΤΗΣ ΤΟΠΟΘΕΣΙΑΣ ΣΤΑ ΕΞΥΠΝΑ ΚΙΝΗΤΑ ΕΝΣΩΜΑΤΩΝΟΝΤΑΣ LBS ΠΟΥ ΒΑΣΙΖΟΝΤΑΙ ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ CLOUD.....	72
4.6 ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ ΑΥΤΟΜΑΤΗΣ ΕΝΑΛΛΑΓΗΣ ΜΕΤΑΞΥ WIFI ΚΑΙ GPS ΓΙΑ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟ ΣΕ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥΣ ΚΑΙ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥΣ ΧΩΡΟΥΣ .....	75
4.7 ΠΟΛΥΤΡΟΠΙΚΟΣ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ ΠΟΥ ΒΑΣΙΖΕΤΑΙ ΣΕ ΦΙΛΤΡΟ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ ΓΙΑ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟ ΜΕ ΕΞΥΠΝΑ ΚΙΝΗΤΑ.....	78
<b>ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ - ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ.....</b>	<b>83</b>
<b>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....</b>	<b>89</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....</b>	<b>91</b>

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

Εικόνα 1.1 – Η υπηρεσία LBS ως διασταύρωση τεχνολογιών.....	11
Εικόνα 1.2 – Εφαρμογές υπηρεσιών αξιοποίησης της γεωγραφικής θέσης. ....	13
Εικόνα 1.3 – Δομή συστήματος LBS. ....	14
Εικόνα 1.4 – Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS). ....	21

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

Εικόνα 2.1 – Δεδομένα για το 2011, n=2,277 ενήλικες ηλικίας 18 και πάνω. Για το 2012, n=2,253 ενήλικες. Για το 2013, n=2,252 ενήλικες. ....	27
Εικόνα 2.2 – Χρησιμοποίησατε ποτέ το κινητό σας για να λάβετε κατευθυντήριες οδηγίες ή άλλες πληροφορίες σχετικά με τη θέση στην οποία έχει τύχει να βρίσκεστε; Για το 2011, n=2,277 ενήλικες ηλικίας 18 και πάνω. Για το 2012, n=2,253 ενήλικες. Για το 2013, n=2,252 ενήλικες. ....	28
Εικόνα 2.3 – Χρησιμοποιείτε ποτέ το κινητό σας τηλέφωνο για να κάνετε χρήση μίας υπηρεσίας όπως είναι η Foursquare για να μεταβείτε σε συγκεκριμένες τοποθεσίες ή να μοιραστείτε την θέση σας με φίλους? .....	29
Εικόνα 2.4 – Το αστέρι αναπαριστά την τοποθεσία του χρήστη, η οποία μπορεί να αναφέρεται ως το κόκκινο τετράγωνο (21, 12) όταν απαιτείται μεγαλύτερη ακρίβεια, ή το πράσινο τετράγωνο (2, 1) αν χρειάζεται μόνο χαμηλή ακρίβεια. ....	35
Εικόνα 2.5 – Αρχιτεκτονική της αυθεντικοποίησης και εξουσιοδότησης που βασίζεται στον εντοπισμό της θέσης. ....	41

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

Εικόνα 3.1 – Τρεις πηγές τοποθεσίας για τις «έξυπνες συσκευές»: GPS, τριγωνοποίηση, και Wi-Fi.....	44
Εικόνα 3.2 – Η βασική διεπιφάνεια της εφαρμογής εντοπισμού της θέσης σε τηλέφωνα Droid (αριστερά) και GI (δεξιά). ....	49
Εικόνα 3.3 – Το πλαίσιο του smartphone που καθορίζεται για το Nokia N8 αποτελείται από τρεις άξονες και έξι κατευθύνσεις, και χρησιμοποιεί το Καρτεσιανό σύστημα συντεταγμένων.....	51
Εικόνα 3.4 – Τα μοτίβα επιτάχυνσης ενός πεζού σε καταστάσεις στάσης και βαδίσματος. ....	51
Εικόνα 3.5 – Μηχανή πεπερασμένης κατάστασης για το μέτρημα των βημάτων. ....	53
Εικόνα 3.6 – Διάγραμμα ροής που περιγράφει την διαδικασία του συστήματος. ....	54
Εικόνα 3.7 – Μηχανή πεπερασμένης κατάστασης για την μέτρηση των βημάτων. ....	55
Εικόνα 3.8 – Γενική διαδικασία της νέας μεθόδου.....	57

Εικόνα 3.9 – Σύγκριση των αποτελεσμάτων ακρίβειας για το σύστημα Ekaheu RTLS, τον αλγόριθμο NN, και τη νέα μέθοδο. ....	57
Εικόνα 3.10 – Η αρχιτεκτονική της υπηρεσίας iParking. ....	59
Εικόνα 3.11 – Το γραφικό περιβάλλον του χρήστη και το βασικό μενού του προγράμματος πελάτη iParking, το οποίο εκτελείται σε ένα smartphone και εμφανίζει την τρέχουσα θέση του χρήστη με την σημαία πάνω στον χάρτη. ....	60
Εικόνα 3.12 – Επίδειξη της υπηρεσίας iParking στο πραγματικό περιβάλλον του χώρου στάθμευσης ενός εμπορικού κέντρου. Τα μπλε βέλη δηλώνουν τη ροή των λειτουργιών. ....	61
Εικόνα 3.13 – Αρχιτεκτονική του συστήματος SVG. ....	62
Εικόνα 3.14 – Ο μηχανισμός ασφαλούς επίσκεψης. a) ο A θέλει να επισκεφτεί τον B, b) ο B πιστοποιεί τον A μέσω ενός διακομιστή υποστήριξης, c) ο A λαμβάνει έγκριση. ....	63
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ</b>	
Εικόνα 4.1 – Συσκευές και πλατφόρμες που χρησιμοποιούνται για την έρευνα. ....	65
Εικόνα 4.2 – Συνέχεια/ Ακεραιότητα: Απόκλιση έως 180m σε μία δεδομένη στιγμή, που οπτικοποιείται με το Google Earth. ....	65
Εικόνα 4.3 – Επισκόπηση του συστήματος. ....	67
Εικόνα 4.4 – Παράδειγμα εξαγωγής της θέσης. ....	67
Εικόνα 4.5 – Αξιολόγηση απόδοσης της πρόβλεψης του προορισμού. ....	68
Εικόνα 4.6 – Κινούμενο μονοπάτι και απόσταση. ....	69
Εικόνα 4.7 – Υπολογισμός απόστασης της κίνησης. ....	69
Εικόνα 4.8 – Περιβάλλον πειράματος. ....	70
Εικόνα 4.9 – Πειραματικό αποτέλεσμα στην περιοχή παρεμβολής του GPS. ....	70
Εικόνα 4.10 – Πειραματικό αποτέλεσμα σε ανοιχτό χώρο. ....	71
Εικόνα 4.11 – Αρχιτεκτονική του συστήματος για εντοπισμό της θέσης σε εσωτερικούς χώρους. ....	72
Εικόνα 4.12 – Διάγραμμα ροής της λειτουργίας εκπαίδευσης. ....	73
Εικόνα 4.13 – Βασικό διάγραμμα ροής GCM. ....	74
Εικόνα 4.14 – Αρχικές σελίδες των εφαρμογών εντοπισμού θέσης σε εσωτερικούς και εξωτερικούς χώρους. ....	74
Εικόνα 4.15 – Αναγνώσεις RSSI των σημείων πρόσβασης από το κινητό σε εντοπισμό της θέσης σε εσωτερικό χώρο. ....	75
Εικόνα 4.16 – Τα τρία μονοπάτια που ερευνήθηκαν για τον στατιστικό έλεγχο. ....	76
Εικόνα 4.17 – Μετάβαση από εξωτερικό σε εσωτερικό χώρο. Η πράσινη γραμμή είναι το πραγματικό μονοπάτι που ακολουθείται. Το σύμβολο του αστεριού αντιπροσωπεύει τη θέση του χρήστη όταν έγινε εναλλαγή του λογισμικού. Οι κίτρινες τελείες με ένα «ο» αντιπροσωπεύουν τις θέσεις που έχουν ληφθεί με το GPS. Οι τελείες με «i», με το Wi-Fi. ....	77

Εικόνα 4.18 - Μετάβαση από εσωτερικό σε εξωτερικό χώρο. Η πράσινη γραμμή είναι το πραγματικό μονοπάτι που ακολουθείται. Το σύμβολο του αστεριού αντιπροσωπεύει τη θέση του χρήστη όταν έγινε εναλλαγή του λογισμικού. Οι κίτρινες τελείες με ένα «ο» αντιπροσωπεύουν τις θέσεις που έχουν ληφθεί με το GPS. Οι τελείες με «i», με το Wi-Fi. ....	78
Εικόνα 4.19 – Η γενική αρχιτεκτονική του συστήματος. ....	79
Εικόνα 4.20 - Μοτίβο κίνησης. ....	80
Εικόνα 4.21 – Από πάνω προς τα κάτω: Ταχύτητα της συσκευής, αναγνώσεις γυροσκοπίου, αναγνώσεις επιταχυνσιόμετρου. ....	81

## ΛΙΣΤΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

Πίνακας 3.1 – Σύγκριση της ακρίβειας των διαφορετικών προσεγγίσεων υπό τη μορφή επιτυχίας στην εκτίμηση του εντοπισμού της θέσης. .... 49

Πίνακας 3.2 – Διαφορετικά σενάρια χρησιμοποιώντας ποικίλους συνδυασμούς δυναμικού κινήσεων MDI. .... 52

Πίνακας 3.3 – Σύγκριση των τεσσάρων μοντέλων μέτρησης. .... 56

Πίνακας 3.4 – Σύγκριση των τριών συνηθέστερων μεθόδων που χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση του εντοπισμού. .... 56

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

Πίνακας 4.1 – Πιθανότητα εναλλαγής για διαφορετικά μονοπάτια και ταχύτητες. .... 76

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Μία υπηρεσία αξιοποίησης της γεωγραφικής θέσης (LBS) είναι μία υπηρεσία πληροφορίας, που εξαρτάται από τη θέση της κινητής συσκευής, όπως είναι τα κινητά τηλέφωνα, τα tablets κλπ., που παρέχει την αναγνώριση της γεωγραφικής θέσης (τοποθεσίας) των ανθρώπων και των αντικειμένων. Οι εφαρμογές των υπηρεσιών LBS δύνανται επίσης να συμπεριλαμβάνουν και υπηρεσίες εντοπισμού δεμάτων και οχημάτων, για κρίσιμες εφαρμογές που δεσμεύονται από τον παράγοντα χρόνο.<sup>1</sup>

Το κίνητρο για κάθε σύστημα LBS είναι: «η παροχή βοήθειας με τη χρήση της ακριβούς πληροφορίας, στο σωστό τόπο και σε πραγματικό χρόνο, με εξατομικευμένες ρυθμίσεις και με υψηλή ευαισθησία εντοπισμού». Στην ηλεκτρονική εποχή, διατίθενται πολλές μικροσκοπικές συσκευές με ενσωματωμένα χαρακτηριστικά, οι οποίες πρόκειται να αντικαταστήσουν τις ογκώδεις συσκευές, ακόμη και τους σταθερούς υπολογιστές, για τους υπολογιστικούς σκοπούς. Υπάρχει τεράστιος αριθμός εφαρμογών και χρήσεων, για την περίπτωση ακόμη και ενός ατόμου που κάθεται σε ένα καφενείο στην άκρη του δρόμου και επιθυμεί να λάβει σχετικά δεδομένα και πληροφορίες. Τέτοιες ανάγκες μπορούν να καλυφθούν μόνο με τη βοήθεια των υπηρεσιών LBS.

Η επιτυχία του υπολογιστικού νέφους (Cloud Computing – CC) προσφέρει επιπλέον ευκαιρίες για τις υπηρεσίες LBS, οι οποίες μπορούν να αξιοποιηθούν από το νέφος και να προσδώσουν νέο ξεκίνημα στις υπηρεσίες LBS. Οι εφαρμογές που αναπτύσσονται είναι προσβάσιμες από πολλές συσκευές πελάτη (client) μέσω των διεπαφών πελάτη, όπως είναι οι περιηγητές του ιστού και/ή οι διεπιφάνειες προγράμματος.<sup>2</sup> Η πλήρης και αποδοτική χρησιμοποίηση των υπηρεσιών LBS, είναι αυστηρά συνδεδεμένη με την εξέλιξη της υπολογιστικής νέφους, τα smartphones, τα συστήματα GPS/HPS, τα σημεία πρόσβασης Wi-Fi, την πλατφόρμα και την υποδομή του νέφους. Όλα αποτελούν εργαλεία που χρησιμοποιούνται από τις εφαρμογές των υπηρεσιών LBS.<sup>3</sup>

Ο αριθμός των smartphones που υπάρχουν σε ολόκληρο τον κόσμο έχει ξεπεράσει τον αριθμό των η/υ και των διακομιστών που υπήρχαν το 2011, και το κενό μεταξύ τους αναμένεται να γίνει μεγαλύτερο. Τα αναδυόμενα smartphones έχουν δημιουργήσει πολλά είδη εφαρμογών που δεν μπορούν να εγκατασταθούν σε προσωπικούς υπολογιστές, ακόμη και σε φορητούς.<sup>4</sup>

Οι υπηρεσίες αξιοποίησης της γεωγραφικής θέσης βασίζονται σε μεγάλο βαθμό στη θέση του κινούμενου χρήστη, ώστε να παρέχουν την υπηρεσία που είναι προσαρμοσμένη στην τοποθεσία εκείνη. Η τοποθεσία αυτή υπολογίζεται διαφορετικά ανάλογα με τη τεχνολογία που είναι διαθέσιμη στην κινητή συσκευή που χρησιμοποιείται. Ανεξάρτητα με την τεχνολογία που χρησιμοποιείται, η τοποθεσία δεν υπολογίζεται/εκτιμάται ποτέ με απόλυτη ακρίβεια. Πάντοτε θα

---

<sup>1</sup> Hansen, J.: "Cloud to Device Push Messaging on Android". Advanced Information Networking and Applications Workshops (WAINA), 2012 26th International Conference, 26-29 March 2012.

<sup>2</sup> M. Rabinowitz and J. J. Spilker, Jr, "A new positioning system using television synchronization signals," IEEE Trans. Broadcasting, vol. 51, no. 1, pp. 51–61, Mar. 2005.

<sup>3</sup> Kiran V S and Savitha Sthawarmath (2014). State-of-the ART Location Recognition Development Over Smartphones by Integrating Cloud Based LBS's. International Journal of Innovative Research in Computer and Communication Engineering (An ISO 3297: 2007 Certified Organization) Vol. 2, Issue 4.

<sup>4</sup> Wen-Chen Hu, Naima Kaabouch, Hung-Jen Yang, Ather Sharif (2013). Location-Based Services Design and Implementation Using Android Platforms.

υπάρχει ένα περιθώριο σφάλματος που θα παράγεται κατά τη διάρκεια της συλλογής και του υπολογισμού. Το σφάλμα αυτό εκτιμάται και αναφέρεται ως «ακρίβεια εντοπισμού».<sup>5</sup>

Οι υπηρεσίες LBS έχουν επίσης εισαχθεί στις εφαρμογές των επιχειρήσεων, χάρη στην άνοδο της ιδιοκτησίας στα smartphones και στην πρωτοφανή άνοδο των ιστοσελίδων των κοινωνικών μέσων, όπως είναι το Facebook, το Foursquare και η Google+. Η αξιοσημείωτη ανάπτυξη στον αριθμό των χρηστών των κοινωνικών μέσων που συμπεριλαμβάνουν την τοποθεσία τους στις ανακοινώσεις τους, έχει κάνει τις τεχνολογικές εταιρίες να παρέχουν κινητές εφαρμογές, οι οποίες ενημερώνουν τους ανθρώπους για το ποιος και τι βρίσκεται κοντά τους. Ωστόσο, όπως οι περισσότεροι ιδιοκτήτες smartphone χρησιμοποιούν τις δυνατότητες των κινητών τους τηλεφώνων για να λάβουν πληροφορίες σχετικά με τον εντοπισμό της γεωγραφικής θέσης, τα δεδομένα των ερευνών δείχνουν επίσης πως οι κινητοί χρήστες όλων των ηλικιακών ομάδων, λένε πως έχουν απενεργοποιήσει τα χαρακτηριστικά εντοπισμού της θέσης, όπως είναι τα συστήματα GPS, Wi-Fi, και Bluetooth, λόγω της αποφόρτισης της μπαταρίας και της ανησυχίας για την ασφάλεια της ιδιωτικής ζωής.

---

<sup>5</sup> Wassim Katerji, Miguel Ángel Manso Callejo, and Ramón Alcarria Garrido (2014). Positional Accuracy in Smart-Phones and its Effect on LBS Applications.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

### ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΙΣ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ LBS ΚΑΙ Η ΣΧΕΣΗ ΤΟΥΣ ΜΕ ΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ GIS

#### 1.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ LBS

Τα κινητά τηλέφωνα και το διαδίκτυο αποτέλεσαν επανάσταση στην επικοινωνία και στον τρόπο ζωής των ανθρώπων. Ο αυξανόμενος αριθμός των κινητών τηλεφώνων και οι προσωπικοί ψηφιακοί βοηθοί (Personal Digital Assistants – PDAs) επιτρέπουν στα άτομα να έχουν πρόσβαση στο διαδίκτυο όπου και όποτε επιθυμούν. Από το διαδίκτυο μπορούν να αποκτήσουν τόσο πληροφορίες σχετικές με εκδηλώσεις (π.χ. σινεμά, κονσέρτα, πάρτι, κλπ), όσο και πληροφορίες που αφορούν τοποθεσίες (π.χ. χάρτες πόλεων, εστιατόρια, μουσεία, νοσοκομεία, κλπ).<sup>1</sup>

Για διαδικτυακές έρευνες που βασίζονται στο μέρος (τοποθεσία) και στον πραγματικό χρόνο χρησιμοποιούνται οι Υπηρεσίες Αξιοποίησης της Γεωγραφικής Θέσης (Local Based Services – LBS). Οι υπηρεσίες αυτές μπορούν να οριστούν ως εξής:

Πρώτος ορισμός: Τα LBSs είναι υπηρεσίες πληροφορίας προσβάσιμες από τις κινητές συσκευές μέσω του κινητού δικτύου, χρησιμοποιώντας την ικανότητα που έχουν να κάνουν χρήση της τοποθεσίας της κινητής συσκευής.

Ένας παρόμοιος ορισμός για τις υπηρεσίες LBS έχει δοθεί από την Διεθνή Γεωχωρική Κοινοπραξία (International OpenGeospatial Consortium – OGC)<sup>2</sup>:

Δεύτερος ορισμός: Μία ασύρματη υπηρεσία IP που χρησιμοποιεί γεωγραφικές πληροφορίες για την εξυπηρέτηση ενός χρήστη. Κάθε υπηρεσία εφαρμογής που εκμεταλλεύεται τη θέση ενός κινητού τερματικού.

Οι ορισμοί αυτοί περιγράφουν το LBS ως μία διασταύρωση τριών τεχνολογιών (Εικόνα 1.1). Δημιουργήθηκε από τις Νέες Τεχνολογίες Πληροφορίας και Επικοινωνίας (New Information and Communication Technologies – NICTS) όπως το σύστημα κινητής τηλεπικοινωνίας και τις συσκευές χειρός, από το Διαδίκτυο και από τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (Geographic Information Systems – GIS) με χωρικές βάσεις δεδομένων.<sup>3</sup>

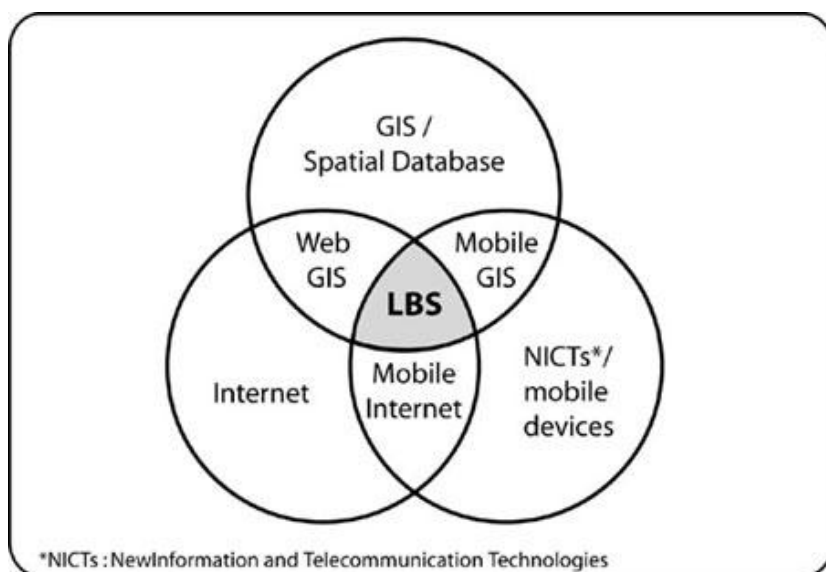
<sup>1</sup> Stefan Steiniger, Moritz Neun, Alistair Edwardes (2006). Foundations of Location Based Services. Department of Geography, University of Zurich.

<sup>2</sup> Open Geospatial Consortium (OGC), 2005. *Open Location Services 1.1*.

<sup>3</sup> Shiode, N., Li, C., Batty, M., Longley, P., Maguire, D., 2004. The impact and penetration of Location Based Services. In: Karimi, H. A., Hammad, A., ed. *Telegeoinformatics*. CRC Press, 349-366.



Από ιστορικής απόψεως, οι υπηρεσίες LBS δεν αποτελούν κάτι καινούργιο το οποίο εμφανίστηκε με την ανακάλυψη των κινητών τηλεφώνων. Οι Espinoza et al. (2001)<sup>4</sup> τονίζουν ότι οι πληροφορίες συγκεκριμένης θέσης μεταφέρονται αφενός σε μία επικοινωνία πρόσωπο με πρόσωπο μέσω σημειώσεων post-it και γκράφιτι. Αφετέρου, οι μέθοδοι που πληροφορούν τοπικά ένα μαζικό κοινό είναι αφίσες (π.χ. από κονσέρτα της πόλης) ή απλές οδικές πινακίδες, οι οποίες καταθέτουν πληροφορίες πλοήγησης. Αυτές οι μορφές επικοινωνίας είναι συνήθως μονόπλευρες επικοινωνίες. Οι υπηρεσίες αξιοποίησης της γεωγραφικής θέσης παρέχουν τη δυνατότητα αμφίδρομης επικοινωνίας και αλληλεπίδρασης. Συνεπώς, ο χρήστης δίνει στον πάροχο της υπηρεσίας το είδος της πληροφορίας που χρειάζεται, τις προτιμήσεις του και την θέση του. Αυτό, βοηθά τον πάροχο τέτοιων υπηρεσιών τοποθεσίας να διανέμει πληροφορίες που είναι στα μέτρα των αναγκών του χρήστη.<sup>5</sup>



Εικόνα 1.1 – Η υπηρεσία LBS ως διασταύρωση τεχνολογιών.<sup>6</sup>

### 1.1.1 ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

Η άνοδος των λεγόμενων «Έξυπνων κινητών» (Smartphones), έφερε δεδομένα τοποθεσίας πραγματικού χρόνου σε πολλές πτυχές της ζωής των ανθρώπων. Μερικές κινητές συσκευές χρησιμοποιούν την τοποθεσία του smartphone για να προσφέρουν στον χρήστη κατευθυντήριες οδηγίες, στοχευόμενες συστάσεις, ή άλλες πληροφορίες συγκεκριμένης θέσης. Άλλες υπηρεσίες συγχωνεύουν ένα «επίπεδο» τοποθεσίας μέσα σε λειτουργίες άλλων τύπων, ενώ άλλες υπάρχουν για να μοιράζονται την θέση του χρήστη με φίλους ή γενικά με το κοινό.

<sup>4</sup> Espinoza, F., Persson, P., Sandin, A., Nyström, H., Cacciatore, E. and Bylund, M., 2001. GeoNotes: Social and Navigational Aspects of Location-Based Information Systems. In: Abowd, Brumitt and Shafer, ed. *UbiComp 2001: Ubiquitous Computing.*, International Conference, September 30 – October 2, Atlanta, Georgia. Berlin: Springer, 2-17. (Download)

<sup>5</sup> Stefan Steiniger, Moritz Neun, Alistair Edwardes (2006). Foundations of Location Based Services. Department of Geography, University of Zurich.

<sup>6</sup> Brimicombe, A. J., 2002. GIS - Where are the frontiers now?. In: *Proceedings GIS 2002.*, Bahrain, 33- 45.

Μέχρι πρόσφατα, οι έρευνες έχουν εντοπίσει δύο τύπους υπηρεσιών αξιοποίησης της γεωγραφικής θέσης:

1. Εκείνες που χρησιμοποιούν τα μέρη που πιθανό να βρίσκονται οι άνθρωποι, ώστε να παρέχουν πληροφορίες στοχευόμενης θέσης, όπως είναι οι οδηγίες ή οι συστάσεις.
2. Γεωκοινωνικές υπηρεσίες, που αφήνουν τους χρήστες να ελέγχουν συγκεκριμένες τοποθεσίες ή να μοιράζονται την θέση τους με φίλους.<sup>7</sup>

Ωστόσο, γίνεται αυξανόμενα δύσκολη η οριοθέτηση αυτών των δύο κατηγοριών, όσο οι υπηρεσίες κοινωνικής δικτύωσης ενσωματώνουν την τοποθεσία ως στοιχείο της δραστηριότητας του χρήστη, και όσο οι χώρο-κεντρικές υπηρεσίες αγκαλιάζουν ποικίλους βαθμούς της κοινωνικής λειτουργικότητας.

Μία γεωκοινωνική υπηρεσία που αρχικά εστίαζε στον διαμοιρασμό της θέσης και στους πόντους που κερδίζονταν μέσω του ελέγχου μετάβασης στις τοποθεσίες, τώρα αρχίζει να εξασθενεί.

Εντωμεταξύ, οι υπηρεσίες κοινωνικής δικτύωσης όπως είναι το Facebook, το Instagram, και το Twitter έχουν προσθέσει ένα προαιρετικό επίπεδο τοποθεσίας (θέσης), έτσι ώστε οι χρήστες να μπορούν να δείχνουν το πού βρίσκονται όταν ανεβάζουν υλικό στους ιστότοπους. Και πολλές υπηρεσίες που εστιάζουν στην πληροφορία, από εφαρμογές εντοπισμού δραστηριότητας έως ιστότοπους όπως είναι το Yelp, ενσωματώνουν διαμοιρασμό της θέσης και άλλες ακόμη ενέργειες.

Από το Μάιο του 2013:

- ⇒ Το 74% των ενηλίκων ιδιοκτητών smartphone λαμβάνουν κατευθυντήριες οδηγίες ή άλλες πληροφορίες με βάση την τρέχουσα γεωγραφική τους θέση.
- ⇒ Το 12% των ιδιοκτητών smartphone χρησιμοποιεί μία γεωκοινωνική υπηρεσία όπως είναι το Foursquare για τον έλεγχο/εισαγωγή σε συγκεκριμένες τοποθεσίες ή για τον διαμοιρασμό της γεωγραφικής τους θέσης με φίλους.<sup>8</sup>

### 1.1.2 ΚΑΤΑΝΟΗΣΗ ΤΩΝ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ LBS

Η γεωγραφική θέση είναι απαραίτητη για τον τρόπο που οι άνθρωποι σχετίζονται και οργανώνουν τον κόσμο τους. Σύμφωνα με τον Schiller J.<sup>9</sup>, οι υπηρεσίες αξιοποίησης της γεωγραφικής θέσης μπορούν να οριστούν ως «υπηρεσίες που αναβαθμίζουν την γεωγραφική θέση μίας κινητής συσκευής με άλλες πληροφορίες, ώστε να παρέχουν προστιθέμενη αξία σε έναν χρήστη». Έτσι, η πληροφορία του να γνωρίζει κάποιος την τοποθεσία του ή το πόσο μακριά βρίσκεται από μία συγκεκριμένη γεωγραφική θέση, δεν θα ήταν πολύτιμη από μόνη της. Μόνο αν μπορεί να συσχετιστεί με άλλη τοποθεσία η οποία της προσδίνει νόημα και αξία. Για παράδειγμα, είναι καλό να γνωρίζει κάποιος πως βρίσκεται 3 χιλιόμετρα μακριά από το Πανεπιστήμιο της Μελβούρνης, αλλά η εξασφάλιση μία διαδρομής προς το Πανεπιστήμιο θα μπορούσε να θεωρηθεί ως αξία. Η ανάκτηση πληροφοριών που αφορούν εστιατόρια και καφετέριες που συναντώνται κατά μήκος της διαδρομής, θα ενισχύσει περισσότερο την αξία. Η

---

<sup>7</sup> Kathryn Zickuhr (2013). Location-Based Services. Pew Research Center's Internet & American Life Project.

<sup>8</sup> Kathryn Zickuhr (2013). Location-Based Services. Pew Research Center's Internet & American Life Project.

<sup>9</sup> Schiller J. and Voisard A. (eds. 2004), Location-Based Services Hardcover: 255 pages Dimensions (in inches): 9.34x7.74x.81 ISBN: 1558609296 Publisher: Morgan Kaufmann Publishers

ικανότητα τροποποίησης της διαδρομής σε περίπτωση πιθανών καθυστερήσεων στο επιλεγμένο μονοπάτι προσθέτει ένα ακόμη επίπεδο αξίας. Επιπλέον, η γνώση της γεωγραφικής θέσης ενός ατόμου ή αντικειμένου σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή θα προσέθετε μία καινούργια ισχυρή διάσταση στις υπηρεσίες πληροφορίας. Για παράδειγμα, θα ήταν πιθανή η χρήση κίτρινων σελίδων για να ληφθούν πληροφορίες κατεύθυνσης που αφορούν στην τοποθεσία ενός καταστήματος ώστε να δοθεί διαδρομή ανάλογα με τη θέση που βρίσκεται εκείνη τη στιγμή ο χρήστης.<sup>10</sup>



**Εικόνα 1. 2 – Εφαρμογές υπηρεσιών αξιοποίησης της γεωγραφικής θέσης.<sup>11</sup>**

Οι υπηρεσίες LBS έχουν μία ποικιλία εφαρμογών που μπορούν να προσφερθούν σε οργανισμούς όπως είναι η Κυβέρνηση, οι υπηρεσίες επείγουσών περιστατικών, οι εμπορικοί και βιομηχανικοί οργανισμοί, όπως είναι οι έκτακτες ειδήσεις, οι πληροφορίες οδικής κίνησης, ο εντοπισμός και η εύρεση της διαδρομής (Εικόνα 1.2).

Ο αριθμός των υπηρεσιών δεν έχει όρια. Ωστόσο, ο οργανισμός χρειάζεται να αξιολογήσει τις υπηρεσίες και να λάβει υπόψη το ποιες υπηρεσίες προσφέρουν τα βέλτιστα οφέλη στην επιχείρηση.

Οι υπηρεσίες LBS ξεχωρίζουν και χαρακτηρίζονται από την ικανότητα να υποστηρίζουν τους ακόλουθους παράγοντες:

- ⇒ Περιοδεύουσες: να μπορούν να προσφέρουν υπηρεσίες σε έναν κινούμενο χρήστη όπως είναι οι οδηγοί αυτοκινήτων, οι πεζοί και οι ποδηλάτες.
- ⇒ Κατανεμημένες: ένας τρόπος παροχής μίας πηγής πέρα από ένα δίκτυο υπολογιστών που επιτρέπει περισσότερες από μία μηχανές να προωθήσουν μία υπηρεσία, μέσω της χρήσης των πρότυπων πρωτοκόλλων και των συμβάσεων που είναι γνωστά στον χρήστη.
- ⇒ Πανταχού παρούσες: προσφέρουν την ίδια λειτουργικότητα ή τις υπηρεσίες σε κάθε τοποθεσία μέσα στο δίκτυο.

Οι υπηρεσίες LBS έχουν τρία διαφορετικά επίπεδα. Όλα αυτά τα επίπεδα τονίζουν την γεωγραφική θέση και τον χρόνο, για παράδειγμα, το επίπεδο της θέσης απαιτεί την τρέχουσα θέση του χρήστη. Το επίπεδο εντοπισμού απαιτεί την τρέχουσα και την προηγούμενη θέση του

<sup>10</sup> Thamer Abulleif, Abdulwahab Al-Dossary (2008). Location Based Services (LBS). Surveying Services Division, Saudi Aramco Dhahran, Saudi Arabia.

<sup>11</sup> Thamer Abulleif, Abdulwahab Al-Dossary (2008). Location Based Services (LBS). Surveying Services Division, Saudi Aramco Dhahran, Saudi Arabia.

χρήστη. Το επίπεδο σχεδιασμού απαιτεί την τρέχουσα, προηγούμενη και μελλοντική θέση του χρήστη.<sup>12</sup>

## 1.2 ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΩΝ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ LBS

Μία υπηρεσία LBS είναι μία υπηρεσία που βασίζεται στην γεωγραφική θέση μίας φορητής συσκευής.<sup>13</sup> Δύο παραδείγματα LBS μπορεί να αφορούν στην:

1. εύρεση ενός κοντινού ethnic εστιατορίου και
2. στον εντοπισμό ενός κοντινού καταστήματος με την καλύτερη τιμή ενός προϊόντος.

Μία δομή συστήματος των υπηρεσιών LBS, φαίνεται στην Εικόνα 1.3, και συμπεριλαμβάνει πέντε βασικά στοιχεία<sup>14</sup>:

- I. Φορητές συσκευές κινητών τηλεφώνων, οι οποίες είναι μικροί υπολογιστές που μπορούν να κρατηθούν στο ένα χέρι. Στις περισσότερες περιπτώσεις είναι «έξυπνα κινητά».
- II. Σύστημα γεωγραφικής θέσης, που είναι ένα σύστημα πλοήγησης μέσω δορυφόρου, το οποίο παρέχει πληροφορίες σχετικές με την γεωγραφική θέση και το χρόνο σε οποιοδήποτε διαθέτει έναν δέκτη.
- III. Κινητά και ασύρματα δίκτυα, τα οποία μεταδίδουν το ερώτημα και τις πληροφορίες τοποθεσίας από τις συσκευές στους παρόχους υπηρεσιών.
- IV. Πάροχοι υπηρεσιών, οι οποίοι παρέχουν τις υπηρεσίες LBS.
- V. Πάροχοι γεωγραφικών δεδομένων, που είναι βάσεις δεδομένων που αποθηκεύουν μία τεράστια ποσότητα γεωγραφικών δεδομένων, όπως είναι οι πληροφορίες που αφορούν σε εστιατόρια και βενζινάδικα.<sup>15</sup>



Εικόνα 1. 3 – Δομή συστήματος LBS.<sup>16</sup>

<sup>12</sup> ό.π.

<sup>13</sup> Kolodziej, K. & Hjelm, J. (2006). *Local Positioning Systems: LBS Applications and Services*, CRC Taylor & Francis.

<sup>14</sup> Steiniger, S., Neun, M., & Edwardes, A. (2006). *Foundations of Location-Based Services*. Retrieved January 13, 2012, from [http://www.geo.unizh.ch/publications/cartouche/lbs\\_lecturenotes\\_steinigeretal2006.pdf](http://www.geo.unizh.ch/publications/cartouche/lbs_lecturenotes_steinigeretal2006.pdf)

<sup>15</sup> Wen-Chen Hu, Naima Kaabouch, Hung-Jen Yang, Ather Sharif (2013). *Location-Based Services Design and Implementation Using Android Platforms*.

<sup>16</sup> ό.π.

### 1.2.1 ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΜΙΑΣ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ LBS

Προερχόμενες από τις ανάγκες του χρήστη, πολλές είναι οι απαιτήσεις που αναδύονται όσον αφορά στην αρχιτεκτονική ενός συστήματος LBS. Οι εταιρίες προσφέρουν πολλούς διαφορετικούς τύπους υπηρεσιών προκειμένου να ικανοποιήσουν τις ανάγκες.

Σε αντίθεση με τα συστήματα γεωγραφικών πληροφοριών (GIS), τα οποία συνήθως είναι επιτραπέζιες εφαρμογές ή εφαρμογές διακομιστή πρόσβασης με περιορισμένο αριθμό χρηστών, οι υπηρεσίες LBS παρέχουν πρόσβαση και πληροφορίες σε δεκάδες χρηστών. Ο Lopez (2004)<sup>17</sup> συγκεντρώνει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά των υπηρεσιών LBS που συνήθως δεν υπερβαίνουν τις γενικές απαιτήσεις της στατικής χρήσης των GIS:

- ⇒ Υψηλή απόδοση: Διανομή απαντήσεων σε κλάσματα δευτερολέπτου, αναζητώντας πληροφορίες από το διαδίκτυο και τις βάσεις δεδομένων.
- ⇒ Κλιμακωτή αρχιτεκτονική: Υποστήριξη χιλιάδων ταυτόχρονων χρηστών και terabytes δεδομένων.
- ⇒ Αξιοπιστία: Απόδοση μέχρι και 99.999 τοις εκατό.
- ⇒ Τρέχουσα υπηρεσία: Υποστήριξη της διανομής σε πραγματικό χρόνο, δυναμική πληροφορία.
- ⇒ Φορητότητα: Διαθεσιμότητα από οποιαδήποτε συσκευή και από οποιαδήποτε τοποθεσία.
- ⇒ Ανοιχτή υπηρεσία: Υποστήριξη κοινών προτύπων και πρωτοκόλλων (HTTP, WAP, WML, XML, MML).
- ⇒ Ασφάλεια: Διαχείριση του κλειδώματος της υποκείμενης βάσης δεδομένων και των υπηρεσιών ασφάλειας.
- ⇒ Διαλειτουργικότητα: Αναβαθμισμένες με εφαρμογές e-Business όπως Διαχείριση Πελατειακής σχέσης, χρέωση, εξατομίκευση κλπ.

Οι απαιτήσεις αυτές οδηγούν σε μία περίπλοκη αρχιτεκτονική LBS εμπλέκοντας έναν αριθμό παιχτών. Οι παίχτες αυτοί συμπεριλαμβάνουν τους πωλητές εξοπλισμού και λογισμικού, τους παρόχους περιεχομένου και των online υπηρεσιών και τους επώνυμους ιστοτόπους. Μόνο τα κοινά τεχνικά χαρακτηριστικά και οι συμφωνίες μεταξύ τέτοιων παιχτών εξασφαλίζουν στον χρήστη ικανοποιητικές υπηρεσίες προσφοράς και ανάπτυξης.<sup>18</sup>

### 1.3 ΤΥΠΟΙ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ LBS

Παρακάτω παρατίθενται κοινοί τύποι των υπηρεσιών LBS για τους καταναλωτές και τις επιχειρήσεις. Σήμερα, πολλές υπηρεσίες LBS συνδυάζουν έννοιες από πολλούς από τους ακόλουθους τύπους. Τα παρακάτω παραδείγματα περιγράφονται όσον αφορά στην λειτουργικότητα. Πολλά από αυτά θα μπορούσαν, στην πραγματικότητα, να πραγματοποιηθούν μέσω μίας ποικιλίας από κινητά μέσα συμπεριλαμβάνοντας τις εφαρμογές που μπορούν να γίνουν download, τις κινητές ιστοσελίδες, την ανταλλαγή μηνυμάτων, ή την διαδραστική απάντηση φωνής (Interactive Voice Response – IVR).

---

<sup>17</sup> Lopez, X., 2004. Location-Based Services. In: Karimi, H. A., Hammad, A., ed. *Telegeoinformatics*. CRC Press, 171-188.

<sup>18</sup> Stefan Steiniger, Moritz Neun, Alistair Edwardes (2006). *Foundations of Location Based Services*. Department of Geography, University of Zurich.

1. Πλοήγηση: Παρέχει πληροφορίες για οδηγούς, πεζούς, ή άλλες κατευθυντήριες οδηγίες. Συχνά «στροφή προς στροφή». Παραδείγματα εφαρμογών είναι τα Google Maps, Nokia's Ovi Map.
2. Υπηρεσίες Γεω-φραγμού:
  - a. Ανιχνευτής φίλου/οικογένειας: Ικανότητα εντοπισμού άλλων χρηστών εμπιστοσύνης σε πραγματικό χρόνο (π.χ. φίλους ή οικογένεια, κατόπιν συναίνεσης), ή εύρεση του που είχαν παρευρεθεί τελευταία φορά, ειδοποίηση όταν βρίσκονται κάπου κοντά, λήψη περιοδικών ειδοποιήσεων ή ειδοποιήσεις που βασίζονται στην γεωγραφική θέση (π.χ. γεω-φραγμός). Παραδείγματα: Loop™, MyFriendsGPS™, AT&T FamilyMap™ RunKeeper, και Trail Tracker, Asset tracking.
  - b. Εντοπισμός στις επιχειρήσεις: Επιτρέπει στις επιχειρήσεις να χρησιμοποιούν την τοποθεσία των υπαλλήλων και/ή τοποθεσίες των χρηματικών πόρων για σκοπούς της εταιρίας (π.χ. πιστοποίηση πως οι οικονομικοί πόροι βρίσκονται στην κατάλληλη θέση). Παράδειγμα: Telenav™.
3. Χαρτογράφηση, Ταξίδι και σημείο ενδιαφέροντος: Θεώρηση της τρέχουσας θέσης σε έναν χάρτη με βάση τα σημεία ενδιαφέροντος. Παραδείγματα: WHERE™, Snocator™, MapQuest™.
4. Γεω-ετικέτες: Χρησιμοποίηση της γεωγραφικής θέσης για την παροχή επιπρόσθετου περιεχομένου σε μία εικόνα ή ένα μήνυμα.
5. Διαμοιρασμός τοποθεσίας: Σύμβαση με κοντινούς χρήστες που έχουν επιλέξει να εκθέσουν τη δημοσιότητα του προφίλ τους. Προφίλ έρευνας άλλων χρηστών που βασίζονται σε προτιμήσεις (π.χ. απόσταση, ηλικία, φύλο, ενδιαφέρον, κλπ). Παραδείγματα: Foursquare, Facebook Connect.
6. Τοπική έρευνα: Το χαρακτηριστικό καθορισμού της αποδοτικής κινητής τοπικής αναζήτησης είναι η ικανότητα ταιριάσματος της τοποθεσίας με την πρόθεση του χρήστη, βοηθώντας τον χρήστη να ερευνήσει και να ανακαλύψει το τι βρίσκεται κοντά. Παραδείγματα: Roynr, WHERE™, Yelp™.
7. Τοπικό/υπέρ-τοπικό περιεχόμενο: Για κινητή τοπική έρευνα, τα πιο σημαντικά στοιχεία είναι η θέση του χρήστη και στην καθορισμένη πρόθεση. Παραδείγματα: Τοπικές καιρικές καταστάσεις, τοπικά αποτελέσματα αγώνων.<sup>19</sup>

## 1.4 ΤΥΠΟΙ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ

Οι τύποι πρόσβασης των υπηρεσιών LBS μπορούν να χωριστούν σε δύο κατηγορίες, με βάση το τερματικό και με βάση το δίκτυο.

1. Εντοπισμός τοποθεσίας που βασίζεται στο τερματικό: Πολλά «έξυπνα κινητά» (smartphones) έχουν έναν δέκτη GPS για να τους βοηθά να καθορίσουν την τοποθεσία τους. Η χρήση του δέκτη GPS αποτελεί μία μορφή τερματικού σταθμού με βάση την τοποθεσία. Έχει το πλεονέκτημα πως μπορεί να αναπτυχθεί εύκολα σε εφαρμογές τηλεφωνικών εφαρμογών. Για τους τελικούς χρήστες, έχει το μειονέκτημα του αυξημένου χρόνου επεξεργασίας και της περισσότερης διαρροής ρεύματος της

---

<sup>19</sup> Mobile Marketing Association (2011). Mobile location based services marketing whitepaper.

μπαταρίας. Για τις επιχειρήσεις, η προσπάθεια προσέγγισης κοινού ευρείας κλίμακας, η γεωγραφική θέση που προέρχεται από τη συσκευή είναι περιορισμένη στα έξυπνα τηλέφωνα με ενσωματωμένες δυνατότητες εντοπισμού. Αυτό σημαίνει ότι οι τηλεφωνικές συσκευές που βασίζονται στον εντοπισμό τοποθεσίας είναι διαθέσιμες μόνο στα έξυπνα τηλέφωνα. Δεύτερον, για να υπάρξει πρόσβαση σε μία τηλεφωνική συσκευή που βασίζεται στην τοποθεσία, ο τελικός χρήστης πρέπει να κατεβάσει μία εφαρμογή ή να έχει πρόσβαση σε μία φορτωμένη από πριν εφαρμογή, που μπορεί να εξασφαλίσει ένα σταθερό GPS χρησιμοποιώντας τις δυνατότητες της συσκευής. Αυτό περιορίζει την εμβέλεια των εφαρμογών που χρησιμοποιούν αυτή τη μέθοδο.<sup>20</sup>

2. Εντοπισμός τοποθεσίας με βάση το δίκτυο: Ο εντοπισμός της θέσης με βάση το δίκτυο έχει πρόσβαση στις πιο ευρείες μορφές εντοπισμού και στις πιο ευρέως χρησιμοποιούμενες συσκευές. Οι μέθοδοι εντοπισμού δικτύου λειτουργούν με ή χωρίς συνδεσιμότητα δεδομένων κινητής τηλεφωνίας, χωρίς καμία απαίτηση για κατέβαση κάποιας εφαρμογής ή χωρίς κάποια εξάρτηση για ενσωματωμένο GPS πάνω στην πλακέτα. Τέλος, για να εξοικονομηθεί η ισχύς της μπαταρίας, ο εντοπισμός της θέσης με βάση το δίκτυο μπορεί να ξεκινήσει από μία υπηρεσία του ιστού χωρίς να είναι ενεργοποιημένες οι υπηρεσίες εντοπισμού της τοποθεσίας της συσκευής. Είναι δυνατόν να προσδιοριστεί η θέση του τηλεφώνου, ακόμη κι αν οι τοπικές ρυθμίσεις WiFi ή GPS είναι απενεργοποιημένες.<sup>21</sup>

## 1.5 ΠΡΟΤΥΠΑ ΕΝΔΙΑΜΕΣΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ LBS

Όπως συμβαίνει με όλες τις τεχνολογίες, έτσι και οι υπηρεσίες LBS κινούνται τώρα προς τα κοινά πρότυπα, επιτρέποντας σε αυτούς που αναπτύσσουν τις εφαρμογές να εστιάσουν περισσότερο πάνω στις εφαρμογές τους παρά στα βασικά στοιχεία των LBS. η Ανοιχτή Γεωχωρική Κοινοπραξία (OGC) είναι μία μεγάλη ομάδα που αναπτύσσει πρότυπα στον χώρο των LBS. Έχει έναν αριθμό αξιόλογων μελών όπως είναι οι ESRI, Oracle, Google, IBM και πολλοί Αμερικάνικοι και Ευρωπαϊκοί οργανισμοί. Παρακάτω αναλύονται τρία σημαντικά πρότυπα, που είναι τα OpenLS, GML και KML).<sup>22</sup>

- ⇒ OpenLS. Τα πρότυπα OpenLS προτείνουν ένα γενικό σύστημα αρχιτεκτονικής για τα LBS και προδιαγραφές διεπαφής για ποικίλα στοιχεία. Πιο συγκεκριμένα, η αρχιτεκτονική του συστήματος διαχωρίζει 1) τις υπηρεσίες συλλογής της τοποθεσίας (π.χ. τα συστήματα που μπορούν να βρουν τις τοποθεσίες συγκεκριμένων κινητών συσκευών), 2) τους παρόχους εφαρμογών LBS και 3) έναν διακομιστή «Γεωκινητικότητας» (GeoMobility).

Ο διακομιστής Γεωκινητικότητας αναπαριστά ένα τμήμα ενδιάμεσου λογισμικού που ενεργοποιείται από υπηρεσίες του ιστού, το οποίο χειρίζεται την κοινή λειτουργικότητα των υπηρεσιών LBS. Παρέχει έξι υπηρεσίες που αναφέρονται παρακάτω όπως ορίζονται από το πρότυπο OpenLS. Οι έξι πρώτες θεωρούνται βασικής λειτουργικότητας:<sup>23</sup>

20 W-locate (2013). Location based services for enterprise.

21 ό.π.

22 Sidney Shek (2010). Next generation location based services for mobile devices. Leading Edge Forum. CSC Grants.

23 Sidney Shek (2010). Next generation location based services for mobile devices. Leading Edge Forum. CSC Grants.

1. Υπηρεσία καταλόγου: Αναπαριστά τον τρόπο λειτουργίας των «κίτρινων σελίδων» και υποστηρίζει ένα αίτημα όπως «εντόπισε την τράπεζα με το όνομα x» ή «βρες μου την πιο κοντινή τράπεζα».
  2. Υπηρεσία πύλης/εισόδου: Υποστηρίζει μία τυπική διεπαφή για τις εφαρμογές LBS για να καθοριστεί η τοποθεσία της συσκευής που εκτελείται. Αυτό είναι ιδιαίτερα χρήσιμο όπου η συλλογή εντοπισμού της θέσης εμπλέκει τους παρόχους κινητού δικτύου.
  3. Υπηρεσία γενικής χρήσης της τοποθεσίας: Αυτή υποστηρίζει την μετατροπή των συντεταγμένων σε διευθύνσεις και το αντίθετο.
  4. Υπηρεσία παρουσίασης: Αυτό υποστηρίζει την λειτουργικότητα οπτικοποίησης του χάρτη, όπως είναι η εμφάνιση των χαρτών και η παροχή δυνατότητας πανοραμικής λήψης και εστίασης.
  5. Υπηρεσία δρομολόγησης: Αυτό υποστηρίζει την εύρεση ριζών μεταξύ μίας αρχής και ενός προορισμού, όπως είναι τα συστήματα πλοήγησης στροφή-προς-στροφή. Υπάρχουν προτάσεις εμπλουτισμού αυτής της υπηρεσίας έτσι ώστε οι διαδρομές να μπορούν να καθορίζονται σωστά περίπου σε πραγματικό χρόνο, όταν χρειάζεται να μπλοκάρονται συγκεκριμένα μονοπάτια ή περιοχές (π.χ. λόγω προσωρινών εργασιών σε κάποιους δρόμους ή λόγω τροχαίων ατυχημάτων).
  6. Υπηρεσία εντοπισμού: Παρέχει την λειτουργία εγγραφής των ιχνών της θέσης των χρηστών, και επιτρέπει στα άλλα στοιχεία LBS να ειδοποιούνται όταν ένας χρήστης κινείται. Η υπηρεσία αυτή αναπαριστά μία μεγάλη λειτουργικότητα που θα μπορούσε να είναι χρήσιμη για τα LBS επόμενης γενιάς.
- ⇒ XML (GML, KML): Δύο ακόμη σημαντικά πρότυπα είναι τα ακόλουθα:
1. Γεωγραφική Γλώσσα Σήμανσης (Geography Markup Language – GML): Είναι μία γλώσσα που βασίζεται στο πρότυπο XML για την αναπαράσταση ποικίλων γεωγραφικών δεδομένων όπως είναι τα σημεία ενδιαφέροντος. Χρησιμοποιείται εκτενώς στην μεταφορά γεωγραφικών δεδομένων. Μία συμπιεσμένη μορφή που είναι καταλληλότερη για συσκευές χαμηλότερης ισχύος, όπως είναι οι κινητές συσκευές, παρουσιάζεται από τους Zhang και Xu (2009)<sup>24</sup>.
  2. Γλώσσα Σήμανσης Κλειδαρότρυπας (Keyhole Markup Language – KML): Αυτή συμπληρώνει την γλώσσα GML παρέχοντας πληροφορίες σχολιασμών και σημειώσεων πάνω στους χάρτες (οπτικοποίηση). Αρχικά δημιουργήθηκε από την Google και χρησιμοποιήθηκε στην εφαρμογή Google Maps API. Η Google αποτελεί τώρα μέρος του OGC και έχει προτείνει την KLM ως πρότυπο.<sup>25</sup>

---

24 Zhang, A., & Xu, Q. (2009). The Strategy Design of Compression and Transmission of cGML Spatial Data and Its Application in LBS. 5th International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing. Beijing: IEEE.

25 Sidney Shek (2010). Next generation location based services for mobile devices. Leading Edge Forum. CSC Grants.



## 1.6 ΩΦΕΛΗ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ LBS

Οι υπηρεσίες αξιοποίησης της γεωγραφικής θέσης, και ειδικά οι υπηρεσίες LBS επόμενης γενιάς, παρέχουν πολλά οφέλη για τους χρήστες και τους παρόχους υπηρεσιών συμπεριλαμβάνοντας τα ακόλουθα:<sup>26</sup>

1. Βοηθούν στο να φιλτράρεται ο τεράστιος όγκος του διαθέσιμου υλικού που υπάρχει στο διαδίκτυο και να διατηρούνται μόνο οι πληροφορίες που είναι σχετικές με το τρέχον περιβάλλον του χρήστη. Οι χρήστες μπορούν να δουν σημαντικές πληροφορίες, ενεργοποιώντας τις, ώστε να προβαίνουν επί τόπου σε ενημερωμένες αποφάσεις, ακόμη και απλές, όπως το να επιλέξουν το καλύτερο εστιατόριο στην περιοχή.
2. Σπρώχνοντας σχετικές πληροφορίες στους χρήστες, δεν υποστηρίζεται μόνο η χρονική παρουσίαση των δεδομένων, ώστε να λαμβάνονται οι αποφάσεις και οι γίνονται ο δραστηριότητες ταχύτερα, αλλά ακόμη θα μπορούσαν να τονιστούν οι πληροφορίες για τις οποίες οι χρήστες δεν θα μπορούσαν αλλιώς να είναι ενήμεροι. Για παράδειγμα, μια εφαρμογή θα μπορούσε να προειδοποιήσει τους ανθρώπους πριν εκείνοι να συναντήσουν έναν προσωρινά κλειστό δρόμο ή ένα περιστατικό οδικής κίνησης.
3. Μειώνουν την ποσότητα των χειροκίνητων δεδομένων εισόδου που απαιτούνται από τους χρήστες για να έχουν πρόσβαση σε μία υπηρεσία. Οι υπηρεσίες LBS μπορούν αυτόματα να αποκτήσουν πληροφορίες εντοπισμού της θέσης και άλλα δεδομένα από αισθητήρες σε συσκευές όπως είναι τα «έξυπνα κινητά».
4. Με την κοινή χρήση των πληροφοριών ετικέτας της τοποθεσίας, περισσότερο ενημερωμένες πληροφορίες καθίστανται διαθέσιμες στους χρήστες.
5. Η κίνηση των χρηστών (π.χ. το ίχνος της θέσης τους) σε συνδυασμό με την ετικετοποιημένη πληροφορία αναπαριστούν επίσης μία μεγάλη πηγή δεδομένων για τους παρόχους υπηρεσιών, ώστε να κατασκευάσουν μοντέλα για την βελτίωση της υπηρεσίας. Για παράδειγμα, οι ερευνητές στο κέντρο UCLA έχουν αναπτύξει συστήματα για την αιχμαλώτιση των κινήσεων των χρηστών, καθώς και τρόπους μεταφοράς, επιτρέποντας την οπτικοποίηση του αποτυπώματος άνθρακα από τον χρήστη και από την περιοχή.<sup>27</sup>

## 1.7 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΕΠΙΤΥΧΙΑΣ ΚΑΙ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΕΣ ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ

Παρά την ελκυστική ιδέα της χρησιμοποίησης των πληροφοριών για τον εντοπισμό του χρήστη, για την παροχή εξατομικευμένων και έξυπνων υπηρεσιών, υπάρχουν ορισμένες προκλήσεις που πρέπει να αντιμετωπιστούν προκειμένου οι υπηρεσίες LBS να είναι επιτυχημένες. Δύναται να διαιρεθούν αυτές οι προκλήσεις σε τρεις κατηγορίες: στις τεχνολογικές προκλήσεις, στις ηθικές προκλήσεις και στις επιχειρηματικές προκλήσεις.

Η κύρια τεχνολογική πρόκληση για τις υπηρεσίες LBS είναι η ικανότητα να δημιουργούν εύκολες στη χρήση και ικανοποιητικές υπηρεσίες. Υπάρχει πολλή συζήτηση που αφορά στο ποια θα ήταν η πιο κατάλληλη διεπιφάνεια του χρήστη και ο πιο κατάλληλος τύπος υπηρεσίας

---

26 Sidney Shek (2010). Next generation location based services for mobile devices. Leading Edge Forum. CSC Grants.

27 Estrin, D. (2009, October 16). Participatory Sensing: from ecosystems to human systems. Retrieved March 1, 2010, from [http://senseable.mit.edu/engagingdata/presentations/ED\\_Plenary\\_Estrin.pdf](http://senseable.mit.edu/engagingdata/presentations/ED_Plenary_Estrin.pdf)

(push ή pull) για την ικανοποίηση του χρήστη. Οι περιορισμοί αυτοί μαζί με τα απρόβλεπτα κινητά περιβάλλοντα, πρέπει να ληφθούν υπόψη πολύ προσεκτικά κατά το σχεδιασμό ενός συστήματος LBS. Μερικές από τις απαιτήσεις, όπως έχουν αναγνωριστεί από την Arhrodite Tsalgatidou et al. (2003) είναι:<sup>28</sup>

- ⇒ Όχι πολύ εντατική χρήση του κινητού δικτύου και ελάχιστος όγκος των μεταδιδόμενων δεδομένων.
- ⇒ Δυνατότητα λειτουργίας εκτός σύνδεσης (Offline).
- ⇒ Απλές και φιλικές προς το χρήστη διεπιφάνειες και περιορισμένη και καλά προσδιορισμένη ποσότητα του παρουσιαζόμενου περιεχομένου πληροφορίας.

Επομένως, γίνεται προφανές ότι τα συστήματα LBS δεν θα επιτύχουν στο να προσεγγίζουν χρήστες χωρίς την εφαρμογή εξεζητημένων τεχνικών που βασίζονται σε προσεκτικά σχεδιασμένες διεπιφάνειες και/ή λεπτομερή γνώση των προφίλ των πελατών, τις ανάγκες και τις προτιμήσεις.

Όσον αφορά στην προοπτική της βάσης δεδομένων, οι υπηρεσίες LBS παρουσιάζουν κρίσιμες προκλήσεις, όπως είναι η χωρική και χρονική επεξεργασία των ερωτημάτων, και επειδή η συνεχής κίνηση των χρηστών ή των αντικειμένων οδηγεί στην ανάγκη για γρήγορες και συνεχείς αναβαθμίσεις των βάσεων δεδομένων. Σύμφωνα με τους Christian S. (2001) και Saltenis (2002), μερικές από τις πιο σημαντικές προκλήσεις στην έρευνα των βάσεων δεδομένων που ήρθαν στην επιφάνεια από τα LBS είναι:

- ⇒ Υποστήριξη για ιεραρχίες μη τυποποιημένης διάστασης.
- ⇒ Υποστήριξη ανακρίβειας και μεταβαλλόμενης ακρίβειας.
- ⇒ Υποστήριξη περιορισμών κίνησης και δικτύων μεταφοράς.
- ⇒ Υποστήριξη εξόρυξης γνώσης από χωρικά δεδομένα στην κίνηση του οχήματος.
- ⇒ Υποστήριξη για τη διαρκή αλλαγή τοποθεσίας στις τεχνικές επεξεργασίας ερωτημάτων.<sup>29</sup>

## 1.8 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ GIS

Τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών αφορούν σε μια συλλογή υπολογιστικού εξοπλισμού ή αλλιώς «hardware» και λογισμικών συστημάτων τα γνωστά «software», χωρικών δεδομένων και ανθρώπινου δυναμικού, έχοντας ως στόχο τη συλλογή, καταχώρηση, ενημέρωση, διαχείριση και ανάλυση, κάθε πληροφορίας που αφορά στο γεωγραφικό περιβάλλον.<sup>30</sup> Ένα σύστημα GIS πρέπει να παρέχει δυνατότητες ταυτόχρονης χρήσης, ελέγχου των λειτουργιών, επικοινωνίας των χρηστών, ανασύστασης και ελέγχου των δεδομένων. Τα GIS διαφέρουν από τα λοιπά πληροφοριακά συστήματα, στο ότι διαχειρίζονται σύνθετες πληροφορίες και στοχεύουν κυρίως στον χωρικό σχεδιασμό.

Τα Συστήματα Χωρικών Πληροφοριών αποτελούν μια ειδική περίπτωση πληροφοριακού συστήματος, στα οποία η βάση των πληροφοριών αποτελείται από

<sup>28</sup> Christopher Ververidis, George C. Polyzos. (2006). Location Based Services in the Mobile Communications Industry. Department of Computer Science. Athens University of Economics and Business.

<sup>29</sup> Christopher Ververidis, George C. Polyzos. (2006). Location Based Services in the Mobile Communications Industry. Department of Computer Science. Athens University of Economics and Business.

<sup>30</sup> Κάβουρας Μ. (1998) - "Αρχές γεωπληροφορικής και Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών", Αθήνα, Σεπτέμβριος

παρατηρήσεις για χωρικά καταμελημένα χαρακτηριστικά, για γεγονότα που εντοπίζονται και οριοθετούνται στο χώρο υπό τη μορφή σημείων, γραμμών ή ακόμη και επιφανειών.<sup>31</sup>

Στις μέρες μας, όλες οι ψηφιακές τεχνολογίες που ασχολούνται με τον γεωγραφικό χώρο και με την πληροφορική, συγκλίνουν ολοένα και περισσότερο δημιουργώντας ένα νέο επιστημονικό πεδίο, που ονομάζεται «Γεωπληροφορική». Η επιστήμη αυτή είναι ουσιαστικά ο επιστημονικός και τεχνολογικός τομέας που ασχολείται με την συστηματοποίηση της κατανόησης του γεωγραφικού χώρου, με τη συλλογή, επεξεργασία, ανάλυση και διαχείριση των στοιχείων του, αποτελώντας τη βάση ανάπτυξης των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών.<sup>32</sup>

Τα Συστήματα GIS μπορούν να αποθηκεύουν, να διαχειρίζονται και να ενσωματώνουν μεγάλο όγκο χωρικών στοιχείων. Ακόμη, αποτελούν το πιο κατάλληλο εργαλείο χωρικής ανάλυσης, και αντιπροσωπεύουν ένα πολύ αποτελεσματικό μηχανισμό επίλυσης των χωρικών προβλημάτων.<sup>33</sup>



Εικόνα 1. 4 – Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS).<sup>34</sup>

### 1.8.1 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ GIS

Η απαίτηση εξειδικευμένης χαρτογράφησης, όπως και οι ανάγκες για έγκυρη και έγκαιρη πληροφόρηση των κυβερνητικών και ακαδημαϊκών φορέων, προώθησαν τον ερχομό του λογισμικού GIS στα τέλη της δεκαετίας του 1960. Το λογισμικό που αναπτύχθηκε, αρχικά

<sup>31</sup> Κουτσόπουλος Κ. (1999) - "Εφαρμογές Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών" - Σημειώσεις μαθήματος, Αθήνα

<sup>32</sup> Κάβουρας Μ. (1998) - "Αρχές γεωπληροφορικής και Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών", Αθήνα, Σεπτέμβριος

<sup>33</sup> Γεωργίου Ευθυμία (2003). Υπηρεσίες αξιοποίησης της γεωγραφικής θέσης. Location Based Services. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών.

<sup>34</sup> ό.π.

χρησιμοποιήθηκε εγκατεστημένο σε κεντρική μονάδα mainframe αλλά και σε μικροϋπολογιστές, δημιουργώντας το λογισμικό συστήματος GIS σε μορφή εμπορικού πακέτου.<sup>35</sup>

Η αγορά του συστήματος GIS προσφέρει από τότε προγράμματα διαχείρισης και κατανόησης της πληροφορίας ώστε να λαμβάνεται η βέλτιστη απόφαση. Η σύγχρονη αγορά προσφέρει προγράμματα που, εκτός από τις αναβαθμισμένες τους δυνατότητες, παρέχουν και ένα πιο εύχρηστο τρόπο λειτουργίας από την πλευρά των χρηστών. Με την πρόοδο της τεχνολογίας των υπολογιστών και την εξέλιξη των λειτουργικών συστημάτων, οι προσωπικοί Η/Υ μπορούν να υποστηρίξουν ταχύτερα, πιο εύχρηστα και οικονομικότερα τις απαιτήσεις των χρηστών. Σήμερα, η αγορά συνδυάζοντας ένα ισχυροποιημένο σύστημα εξοπλισμού, σε συνδυασμό με τις εκτεταμένες ανάγκες των χρηστών έχει να επιδείξει προγράμματα για τις παρακάτω πέντε κατηγορίες.

1. Οδική πλοήγηση.
2. Χαρτογραφικά εργαλεία Spreadsheet.
3. Desktop GIS.
4. GIS Viewers.
5. GIS πλήρους λειτουργίας.<sup>36</sup>

## 1.8.2 ΣΧΕΣΗ ΜΕΤΑΞΥ GIS ΚΑΙ LBS

Τα συστήματα LBS και GIS έχουν κάποιες συγκριμένες ομοιότητες. Τέτοια κοινά χαρακτηριστικά είναι ο χειρισμός των δεδομένων με αναφορά θέσης και συναρτήσεις χωρικής ανάλυσης (υπηρεσίες LBS) οι οποίες δίνουν απάντηση σε ερωτήσεις όπως:

- ⇒ «Που βρίσκομαι;»
- ⇒ «Τι υπάρχει κοντά;»
- ⇒ «Πώς μπορώ να πάνω στο...;»

Όπως έχει περιγραφεί από τους Virrantaus et al. (2001), τα LBS και GIS έχουν διαφορετικά σημεία έναρξης και διαφορετικές ομάδες χρήστη. Αυτοί ανάλυσαν πως τα συστήματα GIS έχουν αναπτυχθεί κατά τη διάρκεια πολλών δεκαετιών στην βάση των επαγγελματικών εφαρμογών γεωγραφικών πληροφοριών. Ενώ τα LBS γεννήθηκαν πιο πρόσφατα από την επανάσταση των δημόσιων κινητών υπηρεσιών. Όσον αφορά στις ομάδες των χρηστών, τα GIS μπορεί να φανούν ως τα παραδοσιακά επαγγελματικά συστήματα που προορίστηκαν για έμπειρους χρήστες με ευρεία συλλογή λειτουργικότητας. Επιπλέον, τα συστήματα GIS απαιτούν εκτεταμένους υπολογιστικούς πόρους. Αντίθετα, τα LBS αναπτύχθηκαν ως περιορισμένες υπηρεσίες για μεγάλες ομάδες χρηστών που δεν ήταν επαγγελματίες. Τέτοιες εφαρμογές λειτουργούν με τους περιορισμούς του κινητού υπολογιστικού περιβάλλοντος, όπως είναι η χαμηλή υπολογιστική ισχύς, οι μικρές οθόνες ή ο χρόνος λειτουργίας της μπαταρίας της κινητής συσκευής.<sup>37</sup>

---

<sup>35</sup> Ζεντέλης Π. (2001) - "Κτηματολόγιο και ΣΠΓ", Σημειώσεις, Αθήνα.

<sup>36</sup> Γεωργίου Ευθυμία (2003). Υπηρεσίες αξιοποίησης της γεωγραφικής θέσης. Location Based Services. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών.

<sup>37</sup> Stefan Steiniger, Moritz Neun, Alistair Edwardes (2006). Foundations of Location Based Services. Department of Geography, University of Zurich.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

### ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ / ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΚΑΙ ΙΔΙΩΤΙΚΟΤΗΤΑ LBS

---

#### 2.1 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΥ

Παρακάτω περιγράφονται συνοπτικά οι συνηθέστερες τεχνολογίες εντοπισμού:

- ⇒ Παγκόσμιο Δορυφορικό Σύστημα Πλοήγησης (Global Navigation Satellite System – GNSS): Οι δέκτες του συστήματος GNSS χρησιμοποιούνται σε πολλές εφαρμογές για να εξασφαλίσουν πληροφορίες εντοπισμού μιας θέσης, χρησιμοποιώντας τα συστήματα GPS, GLONASS, Galileo ή Beidou. Ένας τέτοιος δέκτης καθορίζει τη γεωγραφική του θέση από τα σήματα που λαμβάνει από πολλούς δορυφόρους στην τροχιά της γης. Ο δέκτης GNSS, για να εξασφαλίσει τον εντοπισμό μιας συσκευής απαιτεί καθαρή όψη του ουρανού, κάνοντας εύκολη την αποδοτική πλοήγηση. Το GNSS είναι μία μορφή τεχνολογίας εντοπισμού που βασίζεται στο τερματικό, καθώς ο υπολογισμός της θέσης γίνεται χρησιμοποιώντας τον επεξεργαστή πάνω στην τηλεφωνική συσκευή μέσω μίας εφαρμογής. Έτσι, ο χρήστης χρειάζεται να κατεβάσει μία εφαρμογή και να κρατήσει τον δέκτη ενεργό προκειμένου να λάβει σταθεροποίηση του εντοπισμού. Το GPS δύναται να λάβει γρήγορα την σταθεροποίηση της θέσης, αμέσως μόλις δεχθεί τα σήματα του δορυφόρου.
- ⇒ Κωδικός Ταυτότητας Κυψέλης (Cell ID): Εντοπίζει μία κινητή συσκευή αναγνωρίζοντας τους Σταθμούς Πομποδεκτών Βάσης (BTS), στους οποίους συνδέεται η συσκευή. Ο Χειριστής του Κινητού Δικτύου (MNO) μπορεί τότε να επιστρέψει την θέση ή τον τομέα της συσκευής χρησιμοποιώντας τις γνωστές φυσικές τοποθεσίες του συνδυασμού κυψέλης/τομέα. Οι πληροφορίες συγχρονισμού γίνονται διαθέσιμες στις Πληροφορίες Μέτρησης του Δικτύου. Αυτό βελτιώνει περαιτέρω την ακρίβεια εντοπισμού μίας κυψέλης/τομέα. Ο χειριστής του δικτύου MNO μπορεί να αναφέρει την ταυτότητα της κυψέλης στην οποία βασίζεται η θέση κάθε συσκευής που είναι συνδεδεμένη στο δίκτυό του. Ο κωδικός ταυτότητας της κυψέλης μπορεί να εντοπίζει συσκευές μέσα σε κτίρια και σε αστικά φαράγγια, ενώ η σταθεροποίηση της θέσης διαρκεί μόνο μερικά δευτερόλεπτα. Η ταυτότητα της κυψέλης δεν απαιτεί την πρόσβαση σε κινητά δεδομένα. Ο διαχειριστής του δικτύου MNO κρατά το κλειδί της επιτυχημένης τεχνολογίας εντοπισμού θέσης με βάση την ταυτότητα της κυψέλης, αφού εκείνος έχει την γενική ιδιοκτησία και τη γνώση για τον εντοπισμό των σταθμών BTS, όπως και τις πληροφορίες του τομέα.
- ⇒ Σύστημα Εγγύτητας Εντοπισμού Θέσης (Proximity Positioning System): Τα συστήματα εγγύτητας εντοπισμού της θέσης δουλεύουν αξιοποιώντας τις πληροφορίες μετάδοσης των σημείων πρόσβασης WiFi (BSS ID), εκμεταλλευόμενα την γρήγορη ανάπτυξη των ασύρματων σημείων πρόσβασης. Η τεχνική εντοπισμού που χρησιμοποιήθηκε για τον

εντοπισμό της θέσης με σημεία πρόσβασης WiFi, μετρά την λαμβανόμενη ισχύ του σήματος και χωρίζει σε τρία μέρη την θέση αξιοποιώντας την πολλαπλότητα των σημείων πρόσβασης BSS ID. Η ακρίβεια εξαρτάται από τον αριθμό των θέσεων που έχουν ληφθεί, αλλά συνήθως η ακρίβεια εντοπισμού της θέσης κυμαίνεται στα 10 – 20 μέτρα. Ο εντοπισμός της θέσης με σημεία πρόσβασης WiFi αναπτύσσεται και αλλάζει γρήγορα, έτσι είναι σημαντικό να υπάρχει πρόσβαση με μία ενημερωμένη πηγή. Με τον διαχωρισμό της πολυπλοκότητας σε τρία μέρη επιτυγχάνεται διατήρηση της ακεραιότητας και της αξιοπιστίας.<sup>1</sup>

## 2.2 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ LBS

Μία λογική χρήση της εφαρμογής ενός έξυπνου τηλεφώνου που διαθέτει υπηρεσίες LBS είναι κυρίως σε περιοχές με υψηλή πυκνότητα διαφορετικών πιθανών χρηστών-ενεργειών και/ή σε περιπτώσεις που το ενδιαφέρον εστιάζεται μέσα σε περιορισμένους χώρους. Τυπικές περιοχές τέτοιου είδους είναι τα εμπορικά κέντρα, τα μουσεία κλπ.

Οι εφαρμογές LBS πρέπει να ενημερώνουν τους χρήστες τους για τα πράγματα που αξίζει να σημειωθούν γύρω από την περιοχή που βρίσκονται. Ίδανικά, βοηθούν στην διευκόλυνση των αναγκών των χρηστών που ήδη υπάρχουν π.χ. στην εύρεση προϊόντων, δωματίων κλπ. Συνεπώς, μία βάση λειτουργικότητας των εφαρμογών LBS αποτελεί μία απεικόνιση του πλαισίου που βρίσκεται γύρω από τον χρήστη, π.χ. ο ηλεκτρονικός χάρτης. Αυτό βοηθά τον χρήστη, όσο θα τον βοηθούσε και ένας συμβατικός χάρτης.

Επιπρόσθετα με τους συμβατικούς χάρτες, μία εφαρμογή LBS μπορεί να βελτιώσει τον προσανατολισμό σημειώνοντας τη θέση του χρήστη μέσα στον χάρτη. Αυτό αποτελεί πρόκληση γιατί γίνεται αυτόματα και με ακρίβεια, χωρίς κόστος και με μεγάλη ευκολία. Η αξιοπιστία της ασφάλειας είναι πολύ σημαντική όσον αφορά στο ζήτημα του προσανατολισμού, αφού μία «εσφαλμένη» ένδειξη της θέσης του χρήστη μπορεί να είναι χειρότερη από την παντελή ύπαρξη ένδειξης.

Οι περεταίρω λειτουργικότητες των εφαρμογών LBS σχετίζονται με τον εμπλουτισμό του πλαισίου εντοπισμού της θέσης με χρήσιμες πληροφορίες. Αυτές οι κλασσικές υπηρεσίες που βασίζονται στην τοποθεσία, στην ουσία ψάχνουν και υποδεικνύουν σημεία πληροφορίας (POI) για τον χρήστη σπτικοποιώντας μία διαδρομή.

Το «πως» ή το «γιατί» ένα σημείο πληροφορίας (POI) είναι σημαντικό εξαρτάται από το χρήστη. Από τη μία πλευρά, τα ενδιαφερόμενα μέρη αφορούν στους χρήστες, που καταναλώνουν ή δοκιμάζουν «προϊόντα». Από την άλλη, οι προμηθευτές ή οι δημιουργοί προσπαθούν να βελτιώσουν την εμπειρία των χρηστών χρησιμοποιώντας εφαρμογές LBS. Όλες οι πλευρές έχουν τους δικούς τους στόχους, που εξαρτώνται από τη συνεργασία της αντίθετης πλευράς. Έτσι, κάθε LBS πρέπει αρχικά να δημιουργήσει, με κάποιον τρόπο, μία κατάσταση παροχής κέρδους-κέρδους.

Γενικά, τα σημεία POI είναι τοποθεσίες που κάποιος θα μπορούσε και θα ήθελε να επισκεφθεί. Μία εφαρμογή LBS παρέχει περεταίρω πληροφορίες στον χρήστη σχετικά με αυτά

---

<sup>1</sup> W-locate (2013). Location based services for enterprise. Διαθέσιμο από: [http://www.gsma.com/membership/wp-content/uploads/2012/03/W-Locate-Location-Whitepaper\\_final.pdf](http://www.gsma.com/membership/wp-content/uploads/2012/03/W-Locate-Location-Whitepaper_final.pdf)

τα σημεία (κείμενο, εικόνα, βίντεο, ήχος, υπερσύνδεση, κλπ.) και επιτρέπει να λαμβάνονται ενέργειες πάνω σε αυτά (δρομολόγηση σε, επικοινωνία με, αγορά, κλπ).<sup>2</sup>

## 2.3 ΕΡΕΥΝΑ ΣΤΙΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ LBS

Ο όρος «Υπηρεσίες Αξιοποίησης της Γεωγραφικής Θέσης» αναφέρεται σε ένα σύνολο εφαρμογών, οι οποίες μπορούν να αναγνωρίσουν την θέση μίας κινητής συσκευής και να προσφέρουν προστιθέμενη αξία στο κινητό του χρήστη με βάση την θέση του. Οι υπηρεσίες προστιθέμενης αξίας συμπεριλαμβάνουν υπηρεσίες έκτακτης ανάγκης, υπηρεσίες πλοήγησης, διασκέδασης, κλπ, και οι υπηρεσίες αυτές αναβαθμίζονται αυξανόμενα σε ποικίλους συνδυασμούς, και σε ποικίλες εκτάσεις, ώστε να ικανοποιηθούν οι απαιτήσεις των χρηστών και των ρυθμιστικών παραγόντων σε μία ποικιλία από λειτουργικά περιβάλλοντα. Οι προαναφερόμενες εφαρμογές ενεργούν με δύο τρόπους με τον συνδρομητή. Ο πρώτος είναι ο τρόπος «push» όπου οι υπηρεσίες σπρώχνονται προς το χρήστη αυτόματα, χωρίς την άδειά του. Το προφανές παράδειγμα του τρόπου αυτού είναι η διαφημιστική εφαρμογή. Αντίθετα, στον τρόπο «pull», ο χρήστης έχει την ελευθερία να επιλέξει τις διανεμόμενες υπηρεσίες, από τις υπηρεσίες παροχής LBS, με βάση τις ανάγκες του.<sup>3</sup> Στον δεύτερο αυτό τρόπο, χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν οι τουριστικές εφαρμογές.

Οι υπηρεσίες LBS αποτελούν το σημείο τομής τριών τεχνολογιών. Βασίζονται στην νέα τεχνολογία της πληροφορίας και της επικοινωνίας (NICTS), και στα συστήματα γεωγραφικής πληροφορίας (GIS) διαθέτοντας ειδικές βάσεις δεδομένων.<sup>4</sup>

Για να χρησιμοποιηθεί η υπηρεσία LBS απαιτούνται πέντε βασικά στοιχεία. Το πρώτο είναι μία κινητή συσκευή, που αποτελεί το εργαλείο του χρήστη ώστε να λαμβάνει την πληροφορία που χρειάζεται και να μπορεί να αλληλεπιδρά με την εφαρμογή. Το επόμενο στοιχείο είναι η επικοινωνία, κατά την οποία μεταφέρονται δεδομένα μεταξύ ενός χρήστη και του παρόχου των υπηρεσιών. Με άλλα λόγια, το δίκτυο επικοινωνίας είναι υπεύθυνο για τις μεταξύ τους αλληλεπιδράσεις. Το τρίτο είναι το στοιχείο εντοπισμού της θέσης, που χρειάζεται για την επεξεργασία της γεωγραφικής τοποθεσίας του χρήστη.<sup>5</sup>

Η θέση του χρήστη μπορεί να αποκτηθεί χρησιμοποιώντας GPS, κινητά δίκτυα επικοινωνίας και το διαδίκτυο. Ο πάροχος υπηρεσιών και εφαρμογών είναι το τέταρτο τμήμα του LBS. Παρέχει πολλαπλές υπηρεσίες στον χρήστη και είναι υπεύθυνο για την επεξεργασία της ζητούμενης υπηρεσίας.<sup>6</sup> Το τελευταίο στοιχείο είναι ο πάροχος δεδομένων και περιεχομένου. Οι πάροχοι υπηρεσιών συνήθως δεν συγκρατούν το σύνολο των πληροφοριών που μπορεί να χρειάζονται από τους χρήστες. Συνεπώς, ο γεωγραφικός εντοπισμός του χρήστη και των

---

<sup>2</sup> Martin Krammer, Thomas Bernoulli, Ulrich Walder (2014). All You Need Is Content — Create Sophisticated Mobile Location-Based Service Applications Without Programming. Faculty of Civil Engineering, Graz University of Technology, Austria.

<sup>3</sup> Ververidis, C., Polyzos, G. C., & Mehdi, K. P. (2006). Location-Based Services in the Mobile Communications Industry. Encyclopedia of E-Commerce, E-Government and Mobile Commerce, Idea Group Reference, Hershey, USA.

<sup>4</sup> Steiniger, S., Neun, M., & Edwardes, A. (2006). Foundations of location based services. Lecture Notes on LBS, 1, 272.

<sup>5</sup> Kasra Madadipouya (2014). AN EXAMINATION AND REPORT ON POTENTIAL METHODS OF STRATEGIC LOCATION-BASED SERVICE APPLICATIONS ON MOBILE NETWORKS AND DEVICES. International Journal of Managing Public Sector Information and Communication Technologies (IJMP ICT) Vol. 5, No. 3, September 2014.

<sup>6</sup> Steiniger, S., Neun, M., & Edwardes, A. (2006). Foundations of location based services. Lecture Notes on LBS, 1, 272.

δεδομένων της θέσης του πραγματοποιείται κυρίως από τις εταιρίες ροής των δεδομένων, τα πρακτορεία χαρτογράφησης κλπ.

Οι υπηρεσίες LBS παρέχουν πολλά πλεονεκτήματα στους χρήστες και στους παρόχους υπηρεσιών. Μερικά από αυτά είναι τα ακόλουθα:<sup>7</sup>

- ⇒ Προσφέρουν πληροφορίες, έχοντας ως βάση τα αιτήματα των χρηστών, ανάμεσα σε πολλά δεδομένα που είναι διαθέσιμα στο διαδίκτυο.
- ⇒ Οι πάροχοι των υπηρεσιών βοηθούν τους χρήστες να επιταχύνουν τις αποφάσεις και τις δραστηριότητες τους παρέχοντας σχετικές πληροφορίες.
- ⇒ Μειώνεται ο όγκος των δεδομένων εισόδου του χρήστη για την πρόσβαση του σε μία υπηρεσία.
- ⇒ Με την διαμοίραση των πληροφοριών ετικετοποιημένου εντοπισμού της θέσης, ολόένα και πιο ενημερωμένα δεδομένα γίνονται διαθέσιμα στους χρήστες.

---

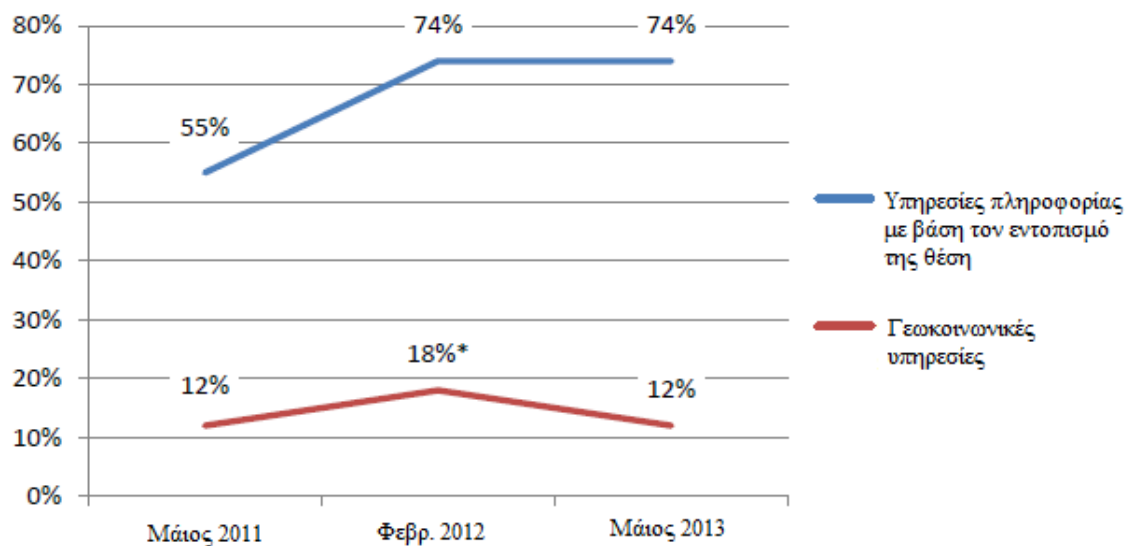
<sup>7</sup> Kasra Madadipouya (2014). AN EXAMINATION AND REPORT ON POTENTIAL METHODS OF STRATEGIC LOCATION-BASED SERVICE APPLICATIONS ON MOBILE NETWORKS AND DEVICES. International Journal of Managing Public Sector Information and Communication Technologies (IJMRICT) Vol. 5, No. 3, September 2014.



## 2.4 ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗΝ ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ ΚΑΙ ΤΩΝ ΓΕΩΚΟΙΝΩΝΙΚΩΝ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΙΔΙΟΚΤΗΤΩΝ SMARTPHONES

Για υπηρεσίες αξιοποίησης της γεωγραφικής θέσης: Στην Εικόνα 2.1 παρουσιάζεται το ποσοστό (%) των ιδιοκτητών «έξυπνων τηλεφώνων» που χρησιμοποιούν το τηλέφωνο τους για λάβουν οδηγίες κατεύθυνσης, προτάσεις, ή άλλες πληροφορίες που σχετίζονται με μία τοποθεσία στην οποία τυχαίνει να βρίσκονται.

Για γεωκοινωνικές υπηρεσίες: Στην Εικόνα 2.1 παρουσιάζεται το ποσοστό (%) των ιδιοκτητών «έξυπνων τηλεφώνων» που χρησιμοποιούν μία υπηρεσία όπως είναι η Foursquare ή η Gowalla για να μεταβιβαστούν σε συγκεκριμένες τοποθεσίες ή να μοιραστούν την θέση τους με φίλους.<sup>8</sup>



Εικόνα 2.1 – Δεδομένα για το 2011, n=2,277 ενήλικες ηλικίας 18 και πάνω. Για το 2012, n=2,253 ενήλικες. Για το 2013, n=2,252 ενήλικες.<sup>9</sup>

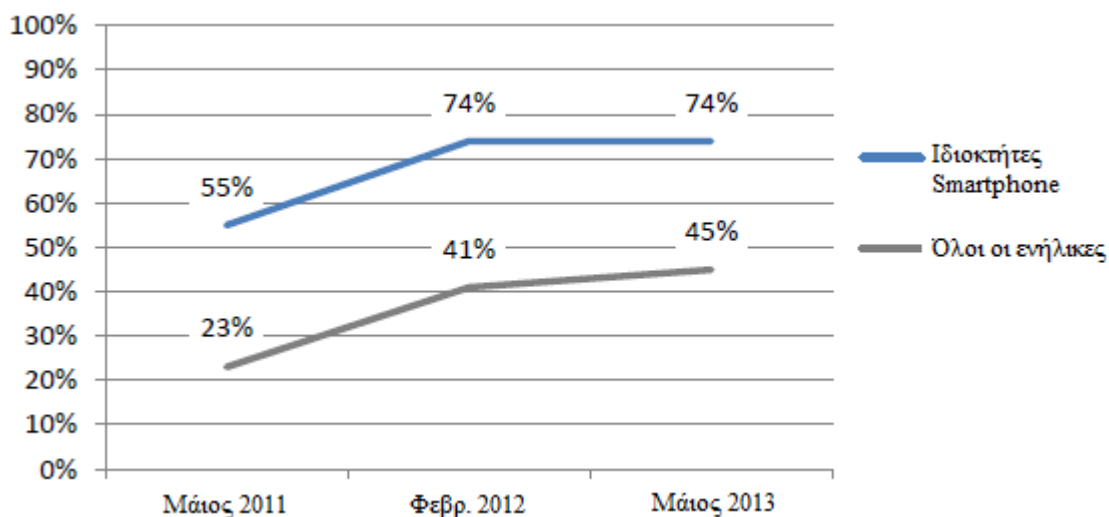
### 2.4.1 ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΗΣ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗΣ ΘΕΣΗΣ

Πολλές διαδικτυακές υπηρεσίες και εφαρμογές ενσωματώνουν τη γεωγραφική θέση του χρήστη προσφέροντας πληροφορίες. Για παράδειγμα, οι κατευθυντήριες οδηγίες κατά τη διάρκεια της οδήγησης μπορεί να βασίζονται στην θέση του χρήστη, δίνοντας έτσι τις κατάλληλες οδηγίες κατεύθυνσης σε σχέση με μία άλλη θέση. Επίσης, μια εφαρμογή λίστας με το τι πρέπει να γίνει «to-do list», μπορεί να προσφέρει ειδοποιήσεις «γεω-φραγμού», για παράδειγμα το να υπενθυμίζει στον χρήστη πως πρέπει να αγοράσει γάλα όταν εκείνος βρίσκεται κοντά σε κάποιο παντοπωλείο.

<sup>8</sup> Kathryn Zickuhr (2013). Location-Based Services. Pew Research Center's Internet & American Life Project.

<sup>9</sup> ό.π.

Σχεδόν τα  $\frac{3}{4}$  των ιδιοκτητών «έξυπνων τηλεφώνων» (74%), αναφέρουν πως χρησιμοποιούν το τηλέφωνο τους για να λάβουν κατευθυντήριες οδηγίες ή άλλες πληροφορίες που σχετίζονται με μία τοποθεσία στην οποία τυχαίνει να βρίσκονται. Το ποσοστό αυτό είναι ολοένα αυξανόμενο, αφού η αναλογία των ατόμων που ισχυρίζονται πως έχουν πρόσβαση σε πληροφορίες LBS έχει αυξηθεί από 41% το 2012 σε 45% τον Μάιο του 2013.



Εικόνα 2.2 – Χρησιμοποιήσατε ποτέ το κινητό σας για να λάβετε κατευθυντήριες οδηγίες ή άλλες πληροφορίες σχετικά με τη θέση στην οποία έχει τύχει να βρίσκεστε; Για το 2011, n=2,277 ενήλικες ηλικίας 18 και πάνω. Για το 2012, n=2,253 ενήλικες. Για το 2013, n=2,252 ενήλικες.<sup>10</sup>

Οι χρήστες «έξυπνων τηλεφώνων» ηλικίας κάτω των 50 ετών είναι πιο πιθανό να αναφέρουν πως χρησιμοποιούν τα κινητά τους για να λάβουν οδηγίες συγκρινόμενοι με τους χρήστες μεγαλύτερης ηλικίας. Ακόμη, οι απόφοιτοι κολλεγίων είναι πιο πιθανό να λάβουν οδηγίες μέσω κινητού σε σχέση με τους ενήλικους που ολοκλήρωσαν μόνο το Λύκειο. Τέλος δεν παρουσιάστηκαν σημαντικές στατιστικές διαφορές μεταξύ των ιδιοκτητών smartphones όσον αφορά στο φύλο, την εθνικότητα ή την φυλή, το οικογενειακό εισόδημα, ή τον τύπο της κοινωνίας.

Ωστόσο, πριν το 2012, οι λευκοί άνθρωποι ήταν πιο πιθανό να χρησιμοποιούν τις υπηρεσίες αυτές συγκρινόμενοι με τους Αφρικανούς-Αμερικάνους, και οι ενήλικες με υψηλότερο εισόδημα ήταν πιο πιθανό να τις χρησιμοποιούν συγκρινόμενοι με εκείνους που διέθεταν χαμηλότερα εισοδήματα.<sup>11</sup>

#### 2.4.2 ΓΕΩΚΟΙΝΩΝΙΚΕΣ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ

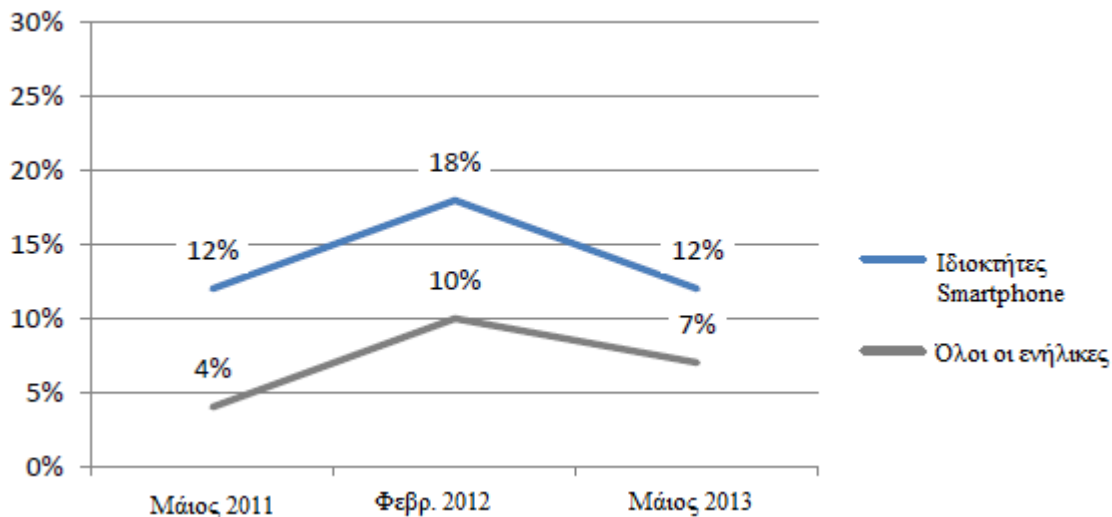
Από το Μάιο του 2013, το 12% των ιδιοκτητών «έξυπνων τηλεφώνων» χρησιμοποιούν τις γεωκοινωνικές υπηρεσίες, όπως είναι η Foursquare για να μεταβούν σε κάποια συγκεκριμένη τοποθεσία ή να μοιραστούν την θέση τους με φίλους. Το ποσοστό αυτό είναι κάτω από το 18% των ιδιοκτητών smartphones που χρησιμοποιούσαν τις υπηρεσίες τον Φεβρουάριο του 2012. Για όλους τους ενήλικες, αυτό αναπαριστά μία αλλαγή του μεριδίου από 10% το έτος 2012 στο 7% το 2013.

<sup>10</sup> Kathryn Zickuhr (2013). Location-Based Services. Pew Research Center's Internet & American Life Project.

<sup>11</sup> ό.π.

Υπάρχουν μερικές ξεκάθαρες διαφορές στην γεωκοινωνική χρήση μεταξύ των δημογραφικών ομάδων, έτσι οι Ισπανοί χρήστες Smartphones είναι πιο πιθανό να χρησιμοποιούν τις γεωκοινωνικές υπηρεσίες συγκρινόμενοι με τους λευκούς ή τους έγχρωμους, και οι προαστιακοί ενήλικες είναι πιο πιθανό να τις χρησιμοποιούν συγκρινόμενοι με τους ενήλικες που διαμένουν σε αγροτικές περιοχές.

Τέλος, δεν υπήρξαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στην χρήση των γεωκοινωνικών υπηρεσιών μεταξύ των ιδιοκτητών «έξυπνων τηλεφώνων» όσον αφορά στο φύλο ή το μορφωτικό επίπεδο.<sup>12</sup>



Εικόνα 2.3 – Χρησιμοποιείτε ποτέ το κινητό σας τηλέφωνο για να κάνετε χρήση μίας υπηρεσίας όπως είναι η Foursquare για να μεταβείτε σε συγκεκριμένες τοποθεσίες ή να μοιραστείτε την θέση σας με φίλους;<sup>13</sup>

## 2.5 ΖΗΤΗΜΑΤΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΙΔΙΩΤΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Η θεμελιώδης αρχή που κρύβεται πίσω από τις υπηρεσίες LBS είναι πως οι χρήστες στέλνουν αιτήματα σε τρίτους, συμπεριλαμβάνοντας την πληροφορία της τοποθεσίας τους. Η πληροφορία αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί στο προφίλ τους υπό τη μορφή της κίνησης τους, και δύναται επιπρόσθετα να αξιοποιηθεί για την πρόβλεψη μελλοντικών κινήσεων και σκοπών.

Συνδυάζοντας την γεωγραφική θέση ενός ατόμου με άλλες πτυχές του προφίλ του και χρησιμοποιώντας πληροφορίες από διαφορετικά συστήματα, για παράδειγμα πρόσφατες αγορές σε ένα πολυκατάστημα, μπορεί να συναχθεί πληροφόρηση όσον αφορά στο άτομο αυτό. Για παράδειγμα, αν έχει σημειωθεί πως ένα άτομο στέλνει έναν αριθμό αιτημάτων LBS κοντά σε ένα νοσοκομείο για μεγάλο χρονικό διάστημα, θα μπορούσε να συναχθεί ότι το άτομο αυτό μπορεί αν έχει μία χρόνια ασθένεια, που θα μπορούσε να οδηγήσει σε κάποια μορφή κοινωνικής διάκρισης, όπως δυσκολία στην λήψη τραπεζικών δανείων ή προσφυγή σε αγορά ασφάλισης της υγείας. Γνωρίζοντας την αγορά ενός πακέτου διακοπών από κάποιον, και σημειώνοντας πως η τρέχουσα τοποθεσία του αγοραστή δεν είναι η πόλη στην οποία ζει,

<sup>12</sup> ό.π.

<sup>13</sup> Kathryn Zickuhr (2013). Location-Based Services. Pew Research Center's Internet & American Life Project.

μπορεί να συναχθεί ότι το άτομο, την τρέχουσα εκείνη χρονική στιγμή, είναι εκτός πόλεως. Έτσι, πιθανοί ληστές θα μπορούσαν να δράσουν.<sup>14</sup>

Από την άλλη, οι πληροφορίες σχετικά με ένα άτομο θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν με θετικό τρόπο. Για παράδειγμα, μία λίστα προτεινόμενων αντικειμένων για αγορά θα μπορούσε να σταλεί στους χρήστες όταν πλησίαζαν στο πολυκατάστημα. Επίσης, οι πληροφορίες θα μπορούσαν να βοηθήσουν στο να βρεθούν άτομα που έχουν εξαφανιστεί. Οι ανώνυμες πληροφορίες θα μπορούσαν επίσης να χρησιμοποιηθούν για την μοντελοποίηση της κυκλοφορίας. Για να επιτραπούν αυτές οι υπηρεσίες, θα πρέπει να ενισχυθεί μία νομική τακτική, για να εξασφαλιστεί πως ένα άτομο είναι ενήμερο για τον τρόπο που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν οι πληροφορίες του<sup>15</sup>, τουλάχιστον από τους δεσμευμένους νομικά οργανισμούς.

Ωστόσο, υπάρχει ακόμη ανησυχία όσον αφορά στην αθέμιτη χρήση της πληροφορίας της γεωγραφικής θέσης ενός ατόμου. Μερικές πιθανές περιπτώσεις όπου μπορεί να γίνει αυτό είναι όταν:

- ⇒ Οι πάροχοι των υπηρεσιών LBS μπορεί να χρησιμοποιήσουν αθέμιτα την πληροφορία χωρίς ή παραβιάζοντας την άδεια που τους δίνεται από τους χρήστες.
- ⇒ Άλλοι χρήστες των υπηρεσιών LBS θα μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν την πληροφορία σύμφωνα με τις δικές τους ανάγκες. Για παράδειγμα, στις εφαρμογές «εντοπισμού φίλων», οι υποτιθέμενοι φίλοι ενός ατόμου θα μπορούσαν να κάνουν χρήση της τοποθεσίας ενός ατόμου για να διεξάγουν ανεπιθύμητες ενέργειες. Αυτό σημαίνει πως ενώ ο πάροχος ενεργεί νόμιμα, ο τελικός λήπτης της τοποθεσίας μπορεί να δρα παράνομα.
- ⇒ Οι εισβολείς μπορεί να χρησιμοποιήσουν νόμιμα παραθυράκια για να αποκτήσουν πληροφορίες από πολλαπλά συστήματα, συμπεριλαμβάνοντας έναν πάροχο υπηρεσιών LBS, και να συνδυάσουν τα δεδομένα ώστε να σχηματίσουν ένα προφίλ των χρηστών.

Στην περιοχή αυτή έχουν διεξαχθεί πολλές έρευνες σε μία προσπάθεια διευθέτησης των ζητημάτων αυτών, κρύβοντας τις πληροφορίες για την ακρίβεια της θέσης ακόμη και από τους παρόχους των υπηρεσιών LBS, έτσι ώστε να ελαχιστοποιηθεί η πιθανότητα της κατάχρησης.<sup>16</sup>

## 2.6 Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΗΣ ΙΔΙΩΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΓΙΑ ΤΙΣ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ LBS

Η ιδιωτικότητα είναι τόσο ένα ατομικό όσο και ένα κοινωνικό αγαθό. Ως ξεχωριστά άτομα, η ιδιωτικότητα δίδει την αυτονομία διευθέτησης ευαίσθητων ζητημάτων χωρίς τον φόβο της έκθεσης, την ικανότητα εξερεύνησης πτυχών της προσωπικότητας και της ατομικότητας μας, και την δύναμη σχηματισμού στενών δεσμών με κάποιους, αποκλείοντας ταυτόχρονα κάποιους άλλους. Η ιδιωτικότητα επιτρέπει σε μία υγιή κοινωνία να πειραματίζεται και να μεγαλώνει, ενώ διασφαλίζει την ισορροπία μεταξύ των ατομικών ελευθεριών και των κυβερνητικών εξουσιών. Έτσι, η ιδιωτικότητα αποτελεί ένα θεμελιώδες δομικό τμήμα μίας εύρωστης δημοκρατίας. Όμως,

---

<sup>14</sup> Sidney Shek (2010). Next generation location based services for mobile devices. Leading Edge Forum. CSC Grants.

<sup>15</sup> van Loenen, B., & Zevenbergen, J. (2007). Privacy (regimes) Do not Threaten Location Technology Development. *International Conference on Mobile Data Management* (pp. 238-242). Mannheim: IEEE.

<sup>16</sup> Sidney Shek (2010). Next generation location based services for mobile devices. Leading Edge Forum. CSC Grants.

αυτή η ιδιωτικότητα, η αυτονομία, και ο έλεγχος των προσωπικών πληροφοριών, μπορεί να βρίσκεται σε κίνδυνο καθώς οι καταναλωτές τοποθετούν με αυξητική τάση τις προσωπικές τους πληροφορίες στα χέρια των σχεδιαστών των υπηρεσιών LBS.

Τα εργαλεία που είναι απαραίτητα για τον διάχυτο, λεπτομερή εντοπισμό, βρίσκονται ήδη στην τσέπη ή την τσάντα του καθένα από εμάς. Οι πληροφορίες που συλλέγονται και διατηρούνται από τις υπηρεσίες LBS μπορεί να εκθέτουν υψηλά προσωπικές πληροφορίες: το πού πηγαίνει ένας καταναλωτής, ποιον βλέπει, και τι κάνει. Η αποτυχία προστασίας των πληροφοριών αυτών απειλεί όχι μόνο το δικαίωμα στην ιδιωτικότητα, αλλά επίσης τις ελευθερίες έκφρασης και συσχέτισης. Η απειλή υλοποιείται ήδη.<sup>17</sup>

### **2.6.1 ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΤΗΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΤΗΣ ΙΔΙΩΤΙΚΟΤΗΤΑΣ**

Καθώς οι υπηρεσίες LBS συνεχίζουν να αναπτύσσονται, είναι κρίσιμο να εγκαθιδρύνονται μηχανισμοί – νομικοί, τεχνολογικοί και κοινωνικοί – για την προστασία της ιδιωτικότητας των καταναλωτών. Τα δικαστήρια και εκείνοι που χαράσσουν την πολιτική γραμμή χρειάζεται να αναγνωρίζουν την πραγματικότητα της σύγχρονης τεχνολογίας και να ικανοποιούν τις συνεχείς προσδοκίες των καταναλωτών όσον αφορά στην ιδιωτικότητα. Οι εταιρίες πρέπει να επενδύουν σε φιλικές προς την ιδιωτικότητα τεχνολογίες και σε πρακτικές που θέτουν τους καταναλωτές στο να ελέγχουν τη δική τους πληροφορία εντοπισμού θέσης. Πρέπει επίσης να υποστηρίζουν το νομικό ανασχηματισμό για την αναβάθμιση των συνταγματικών και νομικών αντιλήψεων της ιδιωτικότητας. Επίσης, οι καταναλωτές έχουν να υποδυθούν ακόμη ένα ρόλο: χρησιμοποιώντας τη συλλογική τους φωνή, δύνανται να απαιτήσουν δυνατότερες προστασίες και ελέγχους από τις εταιρίες και από όσους διαμορφώνουν τις πολιτικές. Ο δρόμος διεύρυνσης της χρήσης των υπηρεσιών LBS δύνανται από κοινού να ανοιχθεί, εξασφαλίζοντας ότι οι νομικοί, τεχνολογικοί και κοινωνικοί μηχανισμοί προστατεύουν επαρκώς την ιδιωτική ζωή των καταναλωτών.

Η τεχνολογία έχει αναπτυχθεί έντονα τις τελευταίες δύο δεκαετίες, αλλά ο νόμος δεν έχει συμβαδίσει με αυτήν. Ο νόμος χρειάζεται να εξελιχθεί για να ταιριάζει με τον σύγχρονο κόσμο της κινητής και online τεχνολογίας, και για να διασφαλίσει σωστά τα δικαιώματα της ιδιωτικής ζωής των ατόμων. Οι καταναλωτές χρειάζονται ένα κατανοητό σύνολο από κανόνες που θα παρέχουν σαφήνεια για τις εταιρίες και ενίσχυση των νόμων, προστατεύοντας την ιδιωτικότητα των καταναλωτών που χρησιμοποιούν τις υπηρεσίες LBS.

Τα δικαστήρια χρειάζεται να ορίσουν σαφώς το γεγονός πως οι πληροφορίες εντοπισμού της γεωγραφικής θέσης, όπως και άλλες πληροφορίες που δεσμεύονται από τις υπηρεσίες LBS, προστατεύονται από ομοσπονδιακά και πολιτειακά συντάγματα, μέσα απαιτήσεις ενταλμάτων για γνωστοποίηση. Έτσι, εξασφαλίζεται πως η ιδιωτικότητα, ένα από τα θεμελιώδη δομικά στοιχεία της δημοκρατίας, δεν διαβρώνεται σιγά-σιγά μέσα από την προώθηση της τεχνολογίας και μέσα από τις κοινωνικές αλλαγές. Αντίθετα, η επέκταση της προστασίας της τέταρτης τροποποίησης για τις υπηρεσίες LBS, θα επιτρέψει στους καταναλωτές να απολαύσουν τα οφέλη των νέων αυτών υπηρεσιών, χωρίς να αναγκάζονται να θυσιάσουν σε αντάλλαγμα τις ελευθερίες που προστατεύονται από το σύνταγμα.

Η νομική ανασύνταξη χρειάζεται για να εξασφαλίσει πως οι καταναλωτές και οι νομοθέτες έχουν αρκετές πληροφορίες σχετικά με τις απαιτήσεις δεδομένων των υπηρεσιών LBS, ώστε να μπορούν να πάρουν ενημερωμένες αποφάσεις. Δυστυχώς, οι νομοθέτες και οι καταναλωτές είναι στις μέρες μας στο σκοτάδι όσον αφορά στις απαιτήσεις της κυβέρνησης για τις

---

<sup>17</sup> A Publication of the ACLU of Northern California (2010). Location-Based Services: Time for a Privacy Check-In.

πληροφορίες των υπηρεσιών LBS. Ενώ υπάρχει αναφορά απαιτήσεων σε άλλες μορφές επιτήρησης, όπως είναι οι υποκλοπές σε τηλέφωνα, δεν υπάρχει παρόμοια απαίτηση που να περικλείει τις υπηρεσίες LBS. Επιπλέον, λίγες είναι οι εταιρίες που είναι πρόθυμες να αποκαλύψουν οικειοθελώς το πόσο συχνά συμμορφώνονται, ή το πόσο συχνά τους ζητείται να συμμορφωθούν, με τα αιτήματα επιβολής του νόμου για τις πληροφορίες εντοπισμού της τοποθεσίας.

Για να κατανοηθεί πλήρως η έκταση στην οποία οι κυβερνητικοί αξιωματούχοι απαιτούν, λαμβάνουν και αξιοποιούν τις πληροφορίες που συλλέγονται από τις υπηρεσίες LBS, οι καταναλωτές και οι νομοθέτες χρειάζεται να γνωρίζουν τα ακόλουθα:

- ⇒ Τον αριθμό και τον τύπο των απαιτήσεων (π.χ. «ανεπίσημο αίτημα», κλήτευση, ένταλμα έρευνας), καθώς και την αντιπροσωπεία ή το γραφείο από όπου προέρχονται.
- ⇒ Το πεδίο εφαρμογής των απαιτήσεων, συμπεριλαμβανομένου του τύπου των αρχείων, της ποσότητας και του χρονικού πλαισίου των πληροφοριών που ζητούνται, καθώς και του αριθμού των καταναλωτών των οποίων τα αρχεία ζητήθηκαν.
- ⇒ Οι αποκρίσεις στις απαιτήσεις, συμπεριλαμβάνοντας τον αριθμό των απαιτήσεων που ήταν νομικά αμφισβητήσιμες και τα αποτελέσματα των προκλήσεων αυτών.
- ⇒ Τον αριθμό των συλλήψεων, των δικών και των καταδικαστικών αποφέσεων που προκύπτουν από τη δημοσιοποίηση.
- ⇒ Το κόστος που εμπλέκεται με τις δημόσιες απαιτήσεις, συμπεριλαμβάνοντας τις αποζημιώσεις που έγιναν στις υπηρεσίες LBS, τα κόστη που πραγματοποιήθηκαν κατά τη διαπραγμάτευση ή κατά τη προσφυγή στην δικαιοσύνη, του εργατικού δυναμικού και άλλων πηγών που σχετίζονται με τις απαιτήσεις.<sup>18</sup>

## 2.6.2 ΝΟΜΙΚΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ

Η ιδιωτικότητα ή προστασία των προσωπικών δεδομένων αποτελεί μία ουσιώδη πολιτική ελευθερία που προστατεύεται από όλα τα συντάγματα του κόσμου. Ωστόσο, η τεχνολογία εντοπισμού της γεωγραφικής θέσης είναι πολύ καινούρια, ενώ η νομική διαδικασία κινείται πολύ αργά. Μέχρι τα δικαστήρια να παρέχουν μία σαφή δήλωση της νομικής προστασίας για τις πληροφορίες που δεσμεύονται από τις υπηρεσίες LBS, τα όργανα επιβολής του νόμου και τα λοιπά τρίτα μέρη μπορούν να συνεχίσουν να προσπαθούν να επωφεληθούν από τα κενά και τις γκρίζες ζώνες στο υφιστάμενο νομικό δόγμα για να απαιτήσουν μεγάλο μέρος πληροφοριών από τις υπηρεσίες LBS.

Η τέταρτη τροποποίηση απαγορεύει «τις παράλογες έρευνες και τις κατασχέσεις». Ο έλεγχος της Κυβέρνησης ισορροπεί τα δικαιώματα της ιδιωτικότητας του ατόμου με τους νόμιμους στόχους της επιβολής του νόμου και με άλλους κυβερνητικούς φορείς. Για να διασφαλιστεί πως η Κυβέρνηση δεν εισβάλλει εσφαλμένα στην ιδιωτικότητα ενός ατόμου, το Σύνταγμα απαιτεί από την κυβέρνηση να αποδείξει σε έναν δικαστή πως έχει καλό λόγο να πιστεύει ότι οι πληροφορίες που επιδιώκει θα αποτελέσουν τα αποδεικτικά μέσα ενός εγκλήματος.

Η απόφαση του δικαστηρίου σχετικά με το αν θα εφαρμοστεί η τέταρτη τροποποίηση στις πληροφορίες που κατέχονται από τις υπηρεσίες LBS μπορεί να μετατραπεί σε δύο ερωτήσεις: Πρώτον, έχουν οι καταναλωτές λογική προσδοκία της ιδιωτικότητας τους που να σχετίζεται με

---

<sup>18</sup> A Publication of the ACLU of Northern California (2010). Location-Based Services: Time for a Privacy Check-In.

τον τύπο της πληροφορίας που συλλέγεται από την υπηρεσία LBS; Δεύτερον, το γεγονός ότι η πληροφορία συλλέγεται και κατέχεται από την υπηρεσία LBS, επηρεάζει την προστασία της ιδιωτικότητας τους; Ανάλογα με τις περιπτώσεις και την ερμηνεία του νόμου από τους δικαστές, η απάντηση σε κάθε ερώτηση θα μπορούσε να καθορίσει το αν η πληροφορία που κατέχεται από μία υπηρεσία εντοπισμού γεωγραφικής θέσης προστατεύεται από το Σύνταγμα.

Τα δικαστήρια εξακολουθούν να καταπιάνονται με το θέμα του εάν ένα άτομο έχει την εύλογη προσδοκία της ιδιωτικής ζωής στον τόπο όπου βρίσκεται. Το Ανώτατο Δικαστήριο έχει να ασχοληθεί με την ιδιωτικότητα της γεωγραφικής θέσης από το 1980, τότε που οι διαθέσιμες τεχνολογίες εντοπισμού ήταν πολύ πιο ακατέργαστες. Τότε το δικαστήριο είχε την πεποίθηση πως η κυβέρνηση πρέπει να εξασφαλίσει μία εγγύηση πριν την χρησιμοποίηση της τεχνολογίας σχετικά με «τοποθεσίες που δεν ήταν ανοιχτές σε οπτική εποπτεία», αντίθετα, καμία εγγύηση δεν ήταν απαραίτητη για τον εντοπισμό κάποιου σε άκρως δημόσιες τοποθεσίες. Ωστόσο, η τεχνολογία εντοπισμού έχει κάνει μεγάλη πρόοδο από τη δεκαετία του '80. Οι σύγχρονες τεχνολογίες κάνουν δυνατή την ανίχνευση ενός ατόμου σε παρατεταμένη χρονική περίοδο, 24 ώρες το εικοσιτετράωρο.

Η συνταγματική ανάλυση θολώνει ακόμη περισσότερο από την ενδεχόμενη εφαρμογή του «δόγματος τρίτων». Το δόγμα αυτό, δηλώνει ότι δεν υπάρχει καμία λογική προσδοκία της ιδιωτικότητας, και συνεπώς δεν παραχωρείται καμία τέταρτη τροποποίηση της προστασίας της ιδιωτικότητας σε κάποια επιχείρηση από τρίτους. Παρόλα αυτά, τα δικαστήρια έχουν επεκτείνει την προστασία της τέταρτης τροποποίησης στα περιεχόμενα των εγγράφων ακόμη και όταν βρίσκονται στην κατοχή τρίτων, όπως είναι τα αρχεία ενός προσωπικού υπολογιστή που βρίσκεται ολοκληρωτικά υπό τον έλεγχο κάποιου άλλου υπολογιστή, ή ενός δικτύου υπολογιστών που είναι προσβάσιμο από τρίτους. Πιο πρόσφατα, τα δικαστήρια άρχισαν να ερευνούν την εφαρμογή της τέταρτης τροποποίησης και του δόγματος τρίτων στις online υπηρεσίες όπως είναι το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο κλπ. Ωστόσο, τα δικαστήρια δεν έχουν ακόμη λάβει υπόψη τους το δόγμα των τρίτων στις περιπτώσεις όπου εμπλέκονται άμεσα οι υπηρεσίες LBS.

Τέλος, τα δικαστήρια μπορεί να έρχονται αντιμέτωπα και με ένα ακόμη ερώτημα: το αν και το πώς η προστασία του Συντάγματος εφαρμόζεται στις πληροφορίες LBS. Τα συντάγματα της πολιτείας προσφέρουν προστασία των προσωπικών δεδομένων που συχνά διαφέρει δραματικά από εκείνη που προσφέρεται από την τέταρτη τροποποίηση όπως ερμηνεύεται από τα ομοσπονδιακά δικαστήρια. Έτσι, η προστασία της ιδιωτικότητας για τις πληροφορίες γεωγραφικής θέσης θα μπορούσε να διαφέρει ανάλογα με την πολιτεία στην οποία ζει ο καταναλωτής ή ανάλογα με τον τόπο που αποθηκεύονται τα δεδομένα της υπηρεσίας εντοπισμού της τοποθεσίας.

Τελικά, το μοναδικό στοιχείο που είναι ξεκάθαρο σχετικά με την συνταγματική προστασία των πληροφοριών LBS είναι η έλλειψη της σαφήνειας. Στην απουσία σαφούς συνταγματικής προστασίας, οι καταναλωτές μπορεί να χρειαστεί να στηριχθούν σε άλλες νομικές οδούς, όπως είναι η διαφύλαξη της ιδιωτικότητας των πληροφοριών LBS, κλπ.<sup>19</sup>

## 2.7 ΛΥΣΕΙΣ ΟΣΟΝ ΑΦΟΡΑ ΣΤΗΝ ΙΔΙΩΤΙΚΟΤΗΤΑ

Για την προστασία της ιδιωτικότητας των ατόμων που χρησιμοποιούν τις υπηρεσίες LBS έχουν προταθεί κάποιες τεχνικές λύσεις. Οι γενικές αρχές τους περιγράφονται παρακάτω:

---

<sup>19</sup> A Publication of the ACLU of Northern California (2010). Location-Based Services: Time for a Privacy Check-In.

⇒ Ανωνυμότητα: Στόχος της ανωνυμότητας είναι να εξασφαλιστεί πως οι υπηρεσίες LBS δεν θα μπορούν να διασυνδέσουν αιτήματα σε συγκεκριμένους χρήστες. Η υποκείμενη αρχή είναι ότι πλήθος αιτημάτων από διάφορους χρήστες ομαδοποιούνται μαζί για να υποβληθούν ταυτόχρονα σε επεξεργασία από έναν πάροχο LBS. Ένα ενδιάμεσο εμπιστευτικό σύστημα που ονομάζεται ανωνυμοποιητής «anonymiser» εκτελεί αυτή τη συσσωμάτωση και επιστρέφει συγκεκριμένες απαντήσεις στους χρήστες. Ένας Anonymiser παρέχει στους χρήστες k-ανωνυμότητα ομαδοποιώντας μαζί τα αιτήματα k χρηστών. Η αξία k μπορεί να ρυθμιστεί για να εξασφαλίσει επαρκή ανωνυμία.<sup>20</sup> Θα μπορούσαν επίσης να δημιουργηθούν ψευδή αιτήματα για την προσομοίωση πρόσθετων χρηστών.<sup>21</sup> Η ανωνυμότητα χρησιμοποιείται κυρίως για την διασφάλιση της ιδιωτικότητας στις ανώνυμες εφαρμογές LBS.

⇒ Κρυπτογραφικές Τεχνικές: Οι τεχνικές αυτού του τύπου, όπως είναι η κρυπτογραφία και οι ασφαλείς κατακερματισμοί (hashes), εφαρμόζονται κοινώς για να αποκρύψουν πληροφορίες. Ερευνητές έχουν εφαρμόσει μερικές από αυτές τις τεχνικές για να κρύψουν τις ταυτότητες των χρηστών. Αυτό επιτρέπει την αναγνώριση των αιτημάτων χωρίς να φαίνεται η ίδια η ταυτότητα του χρήστη.

Τα πρωτόκολλα που βασίστηκαν στην υπολογιστική Ιδιωτική Ανάκτηση της Πληροφορίας (Private Information Retrieval – PIR) είναι ιδιαίτερα δημοφιλή στους ακαδημαϊκούς κύκλους. Αυτά αποτρέπουν τους παρόχους των υπηρεσιών LBS από το να γνωρίζουν τα δεδομένα που έχουν αιτηθεί οι χρήστες, εφαρμόζοντας μαθηματικές συναρτήσεις στις παραμέτρους του αιτήματος. Οι ενδιαφερόμενοι αναγνώστες μπορούν να αναφερθούν για περισσότερες λεπτομέρειες σε δημοσιεύσεις όπως είναι των Ghinita et al. (2008)<sup>22</sup> και Vishwanathan and Huang (2009)<sup>23</sup>.

Οι τεχνικές αυτές μπορεί να απαιτούν περισσότερη υπολογιστική ισχύ και εξεζητημένο κώδικα εφαρμογής σε σχέση με άλλες μεθόδους, και έτσι μπορεί να μην είναι ακόμη κατάλληλες για εφαρμογές σε smartphones. Ωστόσο, πρωτόκολλα όπως εκείνα που βασίζονται σε PIR δεν στηρίζονται σε κεντρική υποδομή όπως κάνουν οι ανωνυμοποιητές.

Οι κρυπτογραφικές τεχνικές θα ήταν χρήσιμες τόσο για εφαρμογές LBS καθοδηγούμενες από την ταυτότητα, όσο και για εφαρμογές καθοδηγούμενες από το ψευδώνυμο.

⇒ Φιλτράρισμα της ακρίβειας: Η πληροφορία της γεωγραφικής θέσης έχει μία καθορισμένη ακρίβεια που εξαρτάται από την χρησιμοποιούμενη τεχνολογία. Για παράδειγμα, το GPS μπορεί να αναλύσει την θέση έως 5-10 μέτρα, ενώ ο τριγωνισμός μπορεί να είναι της τάξεως των 50 μέτρων. Ενώ δύναται να χρησιμοποιείται μία τεχνολογία υψηλής ακρίβειας, οι εφαρμογές μπορεί να μη χρειάζονται τόσο υψηλή ανάλυση, έτσι μία εφαρμογή πελάτη (client) μπορεί να μειώσει την ακρίβεια της θέσης

<sup>20</sup> Liu, L. (2009). Privacy and Location Anonymization in Location-based services. *SIGSPATIAL*, 15-22.

<sup>21</sup> Cho, E.-A., Moon, C.-J., Im, H.-S., & Baik, D.-K. (2009). An Anonymous Communication Model for Privacy-Enhanced Location Based Service Using an Echo Agent. *3rd International Conference On Ubiquitous Information Management And Communication* (pp. 290-297). Suwon: ACM.

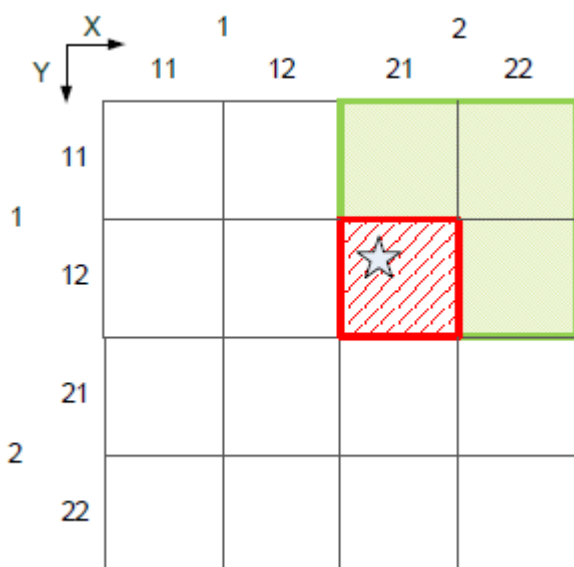
<sup>22</sup> Ghinita, G., Kalnis, P., Khoshgozaran, A., Shahabi, C., & Tan, K.-L. (2008). Private Queries in Location Based Services: Anonymizers are not Necessary. *SIGMOD* (pp. 121-132). Vancouver: ACM.

<sup>23</sup> Vishwanathan, R., & Huang, Y. (2009). A Two-level Protocol to Answer Private Location-based Queries. *Intelligence and Security Informatics Conference* (pp. 149-154). Richardson: IEEE.



της όταν στέλνει αιτήματα στους παρόχους LBS, μειώνοντας την πιθανότητα αναγνώρισης της τοποθεσίας του χρήστη από τον πάροχο των υπηρεσιών LBS.

Το φιλτράρισμα της ακρίβειας μπορεί να γίνει επιλέγοντας την κατάλληλη τεχνολογία συλλογής της θέσης, όπως μέσω των παραμέτρων διαμόρφωσης SDK, ή μέσω μετά-φιλτραρίσματος της πληροφορίας της τοποθεσίας. Ένα παράδειγμα μετά-φιλτραρίσματος ήταν μία τεχνική που περιγράφηκε από τους Patrikakis, Voulodimos and Giannoulis (2009)<sup>24</sup>, όπου ο παγκόσμιος χάρτης χωρίζεται σε πλακίδια, με έναν αναγνωριστή που έχει ως βάση τη θέση του στο καρτεσιανό σύστημα συντεταγμένων. Έπειτα κάθε πλακίδιο διαιρείται σε τέσσερα υπό-πλακίδια, με τους αναγνωριστές του να είναι ο αναγνωριστής του μητρικού πλακιδίου, με επιθήματα που αναπαριστούν μεγαλύτερη λεπτομέρεια. Η διαδικασία αυτή μπορεί να επαναληφθεί μέχρι να επιτευχθεί το επιθυμητό επίπεδο ακρίβειας (π.χ. γύρω στις 20-23 φορές). Η τοποθεσία του χρήστη χαρτογραφείται σε ένα πλακίδιο και έτσι μπορεί έχει αναφορά στο πλακίδιο του αναγνωριστή. Μειώνοντας το μήκος από το πλακίδιο του αναγνωριστή που υποβάλλεται σε έναν πάροχο LBS, μειώνεται και η ακρίβεια της γεωγραφικής θέσης.



**Εικόνα 2.4 – Το αστέρι αναπαριστά την τοποθεσία του χρήστη, η οποία μπορεί να αναφέρεται ως το κόκκινο τετράγωνο (21, 12) όταν απαιτείται μεγαλύτερη ακρίβεια, ή το πράσινο τετράγωνο (2, 1) αν χρειάζεται μόνο χαμηλή ακρίβεια.<sup>25</sup>**

Οι τεχνικές φιλτραρίσματος της ακρίβειας θα μπορούσαν να εφαρμοστούν σε κάθε τύπο LBS. Εκτός από τα ζητήματα της ιδιωτικότητας, η επιλογή της καταλληλότερης τεχνολογίας συλλογής της γεωγραφικής θέσης θεωρείται καλή πρακτική για τις υπηρεσίες LBS, δίνοντας τη δυνατότητα μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας της μπαταρίας.

⇒ Μετασχηματισμός των δεδομένων αιτήματος της θέσης: Οι προηγούμενες λύσεις λειτουργούν με την υπόθεση πως ο χρήστης επικοινωνεί με μία αξιόπιστη υπηρεσία –

<sup>24</sup> Patrikakis, C., Voulodimos, A., & Giannoulis, G. (2009). Personalized Location Based Services with respect to privacy: A user oriented approach. *2nd International Conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environments*. Corfu: ACM.

<sup>25</sup> Sidney Shek (2010). Next generation location based services for mobile devices. Leading Edge Forum. CSC Grants.

είτε anonymiser ή πάροχο LBS. Μία λύση «client only» που έχει προταθεί αφορά στον μετασχηματισμό της πληροφορίας της τοποθεσίας στο αίτημα, και στην αντίστροφη μετάφραση της απόκρισης που λαμβάνει. Για παράδειγμα, ένας χρήστης μπορεί να στέλνει ένα αίτημα που αφορά στην απόσταση από το σημείο που βρίσκεται σε ένα άλλο κοντινό σημείο. Η τρέχουσα θέση του χρήστη μπορεί να μεταφραστεί από μία τυχαία ποσότητα, και έτσι η απόσταση θα χρειαστεί να είναι μαθηματικά μετασχηματισμένη ώστε να λογοδοτήσει για τη μετάφραση της απόκρισης. Χρησιμοποιώντας την τεχνική αυτή, ο πάροχος των υπηρεσιών LBS δεν θα λάμβανε την ακριβή τοποθεσία του χρήστη, και συνεπώς οι αιτήσεις δεν θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για την ανίχνευση του χρήστη λόγω της τυχαίας μετατόπισης. Η τεχνική αυτή θα ήταν χρήσιμη μόνο σε συγκεκριμένους τύπους εφαρμογών LBS, συνήθως σε ανώνυμα LBS, όπου δεν απαιτείται ο απόλυτος εντοπισμός της θέσης.

- ⇒ Πολιτικές/τακτικές ιδιωτικότητας: Οι τακτικές ιδιωτικότητας περιλαμβάνουν μία συλλογή πολλαπλών λύσεων της ιδιωτικότητας κατά έναν διαμορφώσιμο τρόπο. Για παράδειγμα, το φιλτράρισμα της ακρίβειας μπορεί να χρησιμοποιείται σε μερικές εφαρμογές, ενώ οι κρυπτογραφικές τεχνικές μπορεί να χρησιμοποιούνται σε περιπτώσεις όπου η ιδιωτικότητα είναι πιο σημαντική. Οι Ribeiro and Zorzo (2009),<sup>26</sup> δηλώνουν πως απαιτείται ένα πολλαπλό επίπεδο τακτικής της ιδιωτικότητας, όπου τα υψηλότερα επίπεδα προσθέτουν λύσεις ιδιωτικότητας στην κορυφή των χαμηλότερων επιπέδων ώστε να επιτευχθεί ένα γενικό υψηλότερο επίπεδο προστασίας. Οι πολιτικές ιδιωτικότητας χρειάζεται να είναι ευέλικτες και διαμορφώσιμες βασιζόμενες σε 1) έναν ξεχωριστό πάροχο LBS, 2) ένα προφίλ χρήστη, και 3) στους τελικούς χρήστες της πληροφορίας της γεωγραφικής θέσης.<sup>27</sup>

## 2.8 ΕΡΕΥΝΕΣ

### 2.8.1 ΕΠΙΤΕΥΞΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΗΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΤΩΝ ΠΡΟΣΩΠΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΓΙΑ ΤΙΣ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ LBS

Οι χρήστες των κινητών «έξυπνων τηλεφώνων» (Smartphones) συχνά χρειάζεται να ψάξουν για κοντινά σημεία ενδιαφέροντος μέσα από μία υπηρεσία εντοπισμού της γεωγραφικής θέσης, κατά έναν τρόπο που να εξυπηρετεί την ιδιωτικότητα της θέσης των χρηστών. Στην έρευνα αυτή, παρουσιάζεται μία τεχνική ιδιωτικής ανάκτησης πληροφοριών, που επιτρέπει στον χρήστη να ανακτήσει πληροφορίες από μία βάση δεδομένων χωρίς να αποκαλύπτει το τι ακριβώς έχει ανακτηθεί από τον διακομιστή. Στην μελέτη, η λειτουργία ανάκτησης εκτελείται κατά έναν υπολογιστικά αποδοτικό τρόπο, ώστε να είναι πρακτική για εξοπλισμό περιορισμένων πόρων, όπως είναι τα smartphones, τα οποία έχουν περιορισμένη ισχύ επεξεργασίας, μνήμη, και ασύρματο εύρος ζώνης. Συγκεκριμένα, ο αλγόριθμος χρησιμοποιεί μία περιοχή απόκρυψης (απομόνωσης) μεταβλητού μεγέθους, που αυξάνει την ιδιωτικότητα της τοποθεσίας του χρήστη στο κόστος επιπρόσθετου υπολογισμού, αλλά διατηρεί το ίδιο κόστος κυκλοφορίας (κίνησης).

<sup>26</sup> Ribeiro, F. N., & Zorzo, S. D. (2009). LPBS - Location Privacy Based System. *IEEE Symposium on Computers and Communications* (pp. 374-379). Sousse: IEEE.

<sup>27</sup> Sidney Shek (2010). Next generation location based services for mobile devices. Leading Edge Forum. CSC Grants.

Το βασικό σενάριο της έρευνας περιλαμβάνει έναν χρήστη μίας κινητής συσκευής που χειρίζεται ένα smartphone με τεχνολογία εντοπισμού και δυνατότητα ασύρματης μεταφοράς δεδομένων. Ο χρήστης ψάχνει για κοντινά σημεία ενδιαφέροντος POIs, κατασκευάζοντας και στέλνοντας ένα ερώτημα σε έναν γνωστό διακομιστή LBS μέσω του ασύρματου δικτύου. Ο διακομιστής LBS ανακτά το ερώτημα, πραγματοποιεί αναζήτηση της POI βάσης δεδομένων του, και επιστρέφει ένα σύνολο αποτελεσμάτων στον χρήστη περιλαμβάνοντας όλα τα σημεία ενδιαφέροντος (POIs) που έχουν βρεθεί στην συγκεκριμένη περιοχή.

Στην μελέτη προτάθηκε μία υβριδική τεχνική LBS, που ενσωματώνει την απόκριση της τοποθεσίας και την ιδιωτική ανάκτηση της πληροφορίας. Εφαρμόστηκε και αξιολογήθηκε επίσης η πρόταση για τον καθορισμό της πρακτικότητας της μεθόδου σε περιορισμένους πόρους του εξοπλισμού. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως με την εφαρμογή αυτή οι χρήστες μπορούν να επιτύχουν καλό συμβιβασμό μεταξύ της ιδιωτικότητας και της υπολογιστικής απόδοσης, συγκρινόμενη με άλλες προτάσεις των υπηρεσιών LBS.

Η προσέγγιση αυτή, χρησιμοποιώντας μία περιοχή απομόνωσης μεταβλητού μεγέθους, που είναι διαιρεμένη σε κύτταρα VHC οδηγεί στην μεγαλύτερη ιδιωτικότητα της γεωγραφικής θέσης σε σχέση με την παραδοσιακή προσέγγιση μίας μονής περιοχής απομόνωσης, ενώ συγχρόνως μειώνεται η ασύρματη χρήση των δεδομένων κίνησης από μία ποσότητα ανάλογη προς το μέγεθος της περιοχής απομόνωσης, σε μία ποσότητα ανάλογη με το μέγεθος ενός κυττάρου VHC. Επιτρέπει επίσης στον χρήστη να επιλέξει ποικίλα επίπεδα ιδιωτικότητας. Αν και η αύξηση του μεγέθους της περιοχής απομόνωσης οδηγεί σε υψηλότερη επεξεργασία του ερωτήματος, οι ερευνητές πιστεύουν πως αυτή η σχέση είναι πολύ λογική, δεδομένου ότι η ισχύς επεξεργασίας των σύγχρονων smartphones εξακολουθεί να είναι μικρότερης σημασίας σε σχέση με την ταχύτητα και το κόστος συνδεσιμότητας του ασύρματου δικτύου.<sup>28</sup>

### 2.8.1.1 ΤΕΧΝΙΚΕΣ PIR

Μία τεχνική PIR μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να εξασφαλίσει πως τα ερωτήματα και τα αποτελέσματά τους διατηρούνται απόρρητα. Συγκεκριμένα, η μέθοδος PIR παρέχει στον χρήστη ένα τρόπο ανάκτησης ενός στοιχείου από μία βάση δεδομένων, χωρίς να μαθαίνει η βάση (ή ο διαχειριστής της βάσης) κάποια πληροφορία σχετικά με το στοιχείο που έχει ανακτηθεί. Η τεχνική PIR ικανοποιεί τις απαιτήσεις της έρευνας για ιδιωτικότητα και για χαμηλό κόστος επικοινωνίας. Ωστόσο, οι τεχνικές PIR που ήδη υπάρχουν παρουσιάζουν μειονεκτήματα υψηλού υπολογιστικού κόστους για τις εφαρμογές που απαιτούν χαμηλό χρόνο αδράνειας.

Η βάση δεδομένων PIR οργανώνεται συνήθως ως μία συμβολοσειρά από  $n$ -bit, και διαιρείται σε  $r$  τμήματα, που το καθένα έχει μήκος  $n/r$ . Η απόρρητη είσοδος του χρήστη ή το ερώτημα είναι συνήθως ένας δείκτης  $l \in \{1, \dots, r\}$  που αναπαριστά το  $i^{\text{th}}$  τμήμα των bits. Μία τετριμμένη λύση για τις τεχνικές PIR είναι η βάση δεδομένων να στέλνει στον χρήστη όλα τα  $r$  τμήματα και να τον βάζει να επιλέξει το επιθυμητό τμήμα στον δείκτη  $i$ . Αυτό όμως κουβαλά ένα μέγιστο κόστος επικοινωνίας και είναι ακατάλληλο σε ένα περιβάλλον περιορισμένων πόρων, όπως είναι τα ασύρματα δίκτυα.

<sup>28</sup> Femi Olumofin, Piotr K. Tysowski, Ian Goldberg, Urs Hengartner (2010). Achieving Efficient Query Privacy for Location Based Services. Cheriton School of Computer Science University of Waterloo.

Όταν πρωτοπαρουσιάστηκε το πρόβλημα με τις μεθόδους PIR το 1995<sup>29</sup>, είχε αποδειχτεί πως είναι αδύνατο να επιτευχθεί η λύση μίας και μόνο βάσης δεδομένων με θεωρητική ιδιωτικότητα της πληροφορίας και με μία υπό-γραμμική περιπλοκότητα επικοινωνίας (μεταξύ του χρήστη και της βάσης δεδομένων). Η θεωρητική ιδιωτικότητα της πληροφορίας διασφαλίζει την ιδιωτικότητα του χρήστη, ακόμη και για έναν αντίπαλο με απεριόριστη υπολογιστική ικανότητα. Χρησιμοποιώντας τουλάχιστον δύο αντιγραμμένες βάσεις δεδομένων, και μία μορφή περιορισμών για τον τρόπο επικοινωνίας των βάσεων, μπορούν να είναι πιθανά τα σχήματα PIR με θεωρητική ιδιωτικότητα της πληροφορίας, και μερικές φορές διαθέτουν ελκυστικές ιδιότητες όπως είναι η Βυζαντινή ευρωσιτία.<sup>30</sup> Η πρώτη πρόταση για τη λειτουργία μονής βάσης δεδομένων PIR ήταν το 1997.<sup>31</sup> Το σχήμα PIR εξασφαλίζει μόνο την ιδιωτικότητα ενάντια σε έναν αντίπαλο με περιορισμένη υπολογιστική ικανότητα. Ο τύπος προστασίας της ιδιωτικότητας, που είναι γνωστός ως υπολογιστική ιδιωτικότητα, όπου η υπολογιστική ικανότητα αναμένεται να είναι περιορισμένη, είναι μία ασθενέστερη έννοια της ιδιωτικότητας σε σχέση με την θεωρητική ιδιωτικότητα της πληροφορίας. Παρόλα αυτά, οι υπολογιστικές μέθοδοι PIR (CPIR),<sup>32</sup> προσφέρουν ένα πλεονέκτημα στο πεδίο της μονής βάσης δεδομένων. Τα βασικά σχήματα PIR δεν βάζουν περιορισμούς σε πληροφορίες που διαρρέουν και αφορούν άλλα στοιχεία της βάσης δεδομένων που δεν παρουσιάζουν ενδιαφέρον για τον χρήστη. Ωστόσο, μία επέκταση των PIR, γνωστή ως Συμμετρικά PIR (Symmetric PIR)<sup>33</sup>, προσθέτει αυτό τον περιορισμό. Ο περιορισμός είναι σημαντικός σε καταστάσεις όπου η ιδιωτικότητα της βάσης δεδομένων είναι εξίσου ανησυχητική. Η μοναδική μελέτη σε περιεχόμενο των υπηρεσιών LBS που επιχειρεί να διευθύνει τόσο την ιδιωτικότητα του χρήστη όσο και της βάσης δεδομένων είναι εκείνη των G. Ghinita et al. (2009).<sup>34</sup>

Οι τεχνική PIR έχει εφαρμοστεί για την επίλυση του προβλήματος της ιδιωτικότητας της τοποθεσίας του χρήστη όταν ανακτά περιεχόμενο που βασίζεται στην γεωγραφική θέση από μία βάση δεδομένων PIR. Το περιεχόμενο αυτό τυπικά αποτελείται από σημεία ενδιαφέροντος (POIs), με κάθε είσοδο να αποτελείται από την περιγραφή του τόπου ενδιαφέροντος και από την γεωγραφική του θέση. Η προσέγγιση της μελέτης αυτής διαφέρει σε τρία σημεία από την προσέγγιση της τεχνικής PIR της έρευνας που έγινε από τους Ghinita et al.<sup>35</sup> Η προσέγγιση

---

<sup>29</sup> B. Chor, O. Goldreich, E. Kushilevitz, and M. Sudan. Private information retrieval. In Proceedings of the 36th Annual Symposium on the Foundations of Computer Science, 1995, pages 41–50, Oct 1995.

<sup>30</sup> A. Beimel and Y. Stahl. Robust information-theoretic private information retrieval. *J. Cryptol.*, 20(3):295–321, 2007.

<sup>31</sup> B. Chor and N. Gilboa. Computationally private information retrieval (extended abstract). In STOC '97: Proceedings of the twenty-ninth annual ACM symposium on Theory of computing, pages 304–313, New York, NY, USA, 1997.

<sup>32</sup> ό.π.

<sup>33</sup> S. K. Mishra and P. Sarkar. Symmetrically private information retrieval. In INDOCRYPT '00: Proceedings of the First International Conference on Progress in Cryptology, pages 225–236, London, UK, 2000.

<sup>34</sup> G. Ghinita, P. Kalnis, M. Kantarcioglu, and E. Bertino. A hybrid technique for private location-based queries with database protection. In SSTD '09: Proceedings of the 11th International Symposium on Advances in Spatial and Temporal Databases, pages 98–116, Berlin, Heidelberg, 2009. Springer-Verlag.

<sup>35</sup> G. Ghinita, P. Kalnis, A. Khoshgozaran, C. Shahabi, and K.-L. Tan. Private queries in location based services: anonymizers are not necessary. In SIGMOD '08: Proceedings of the 2008 ACM SIGMOD international conference on Management of data, pages 121–132, New York, NY, USA, 2008.

βασίζεται στο σχήμα υπολογιστικού PIR του 1997 από τους Kushilevitz et al,<sup>36</sup> και θα απαιτούσε σημαντική αναδιάταξη πριν να χρησιμοποιηθεί με τα σύγχρονα και πιο αποδοτικά σχήματα PIR.

Οι περισσότερες προσεγγίσεις για την ιδιωτικότητα της γεωγραφικής θέσης που βασίζονται σε μεθόδους PIR, αφορούν τεχνικές που έχουν ως βάση τον εξοπλισμό, οι οποίες τυπικά χρησιμοποιούν έναν ασφαλή συν-επεξεργαστή (SC) στην υποδοχή του διακομιστή LBS.<sup>37</sup> Μεγάλο μειονέκτημα της μεθόδου PIR που βασίζεται σε ασφαλή συν-επεξεργαστή, είναι ότι απαιτεί τη χρήση ενός εξειδικευμένου απαραίτητου υλικού και συνήθως απαιτεί περιοδικό ανασχηματισμό των σημείων ενδιαφέροντος (POIs) στην βάση δεδομένων, που είναι μία υπολογιστικά δαπανηρή διαδικασία.<sup>38</sup>

### 2.8.1.2 ΥΒΡΙΔΙΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ

Οι υβριδικές τεχνικές<sup>39</sup> επιτρέπουν οι αποφάσεις της σχέσης ιδιωτικότητας – αποδοτικότητας να λαμβάνονται συνδυάζοντας τα οφέλη των τεχνικών που βασίζονται στην απομόνωση και στην ανάκτηση της ιδιωτικής πληροφορίας. Οι Chor et al.<sup>40</sup>, υπέθεσαν μία αντίστροφη σχέση μεταξύ ιδιωτικότητας και υπολογιστικής επιβάρυνσης ως ένα μέσο για τη μείωση της υψηλής υπολογιστικής επιβάρυνσης για ορισμένες περιοχές εφαρμογής της μεθόδου PIR. Η μελέτη αυτή συγκεκριμενοποιεί και επικυρώνει την υπόθεσή τους στο πλαίσιο των εφαρμογών LBS, και συνειδητοποιεί τη μελλοντική εργασία που έχει μείνει ανοιχτή<sup>41</sup>, δηλαδή να μειωθεί ακόμη περισσότερο η επιβάρυνση της απόδοσης των τεχνικών PIR. Η βελτίωση των PIR από τον συγγραφέα στην παραπάνω δημοσίευση,<sup>42</sup> επαναχρησιμοποιεί τμηματικά αποτελέσματα του υπολογισμού (π.χ. πολλαπλασιασμούς μεγάλων αριθμών) και παραλληλίζει τους υπολογισμούς. Η βελτιστοποίηση αυτή μειώνει το κόστος της CPU κατά 40%, αλλά ο γενικός χρόνος απόκρισης του ερωτήματος παραμένει αφηρημένος.<sup>43</sup> Ο Ghinita<sup>44</sup> προτείνει την

---

<sup>36</sup> E. Kushilevitz and R. Ostrovsky. Replication is not needed: single database, computationally-private information retrieval. In FOCS '97: Proceedings of the 38th Annual Symposium on Foundations of Computer Science, page 364, Washington, DC, USA, 1997.

<sup>37</sup> U. Hengartner. Hiding location information from location-based services. In Mobile Data Management, 2007 International Conference on, pages 268–272, May 2007.

<sup>38</sup> H. S.-M. Ali Khoshgozaran and C. Shahabi. SPIRAL, a scalable private information retrieval approach to location privacy. In Proceedings of the 2nd International Workshop on Privacy-Aware Location-based Mobile Services (PALMS), 2008.

<sup>39</sup> G. Ghinita. Understanding the privacy-efficiency trade-off in location based queries. In SPRINGL '08: Proceedings of the SIGSPATIAL ACM GIS 2008 International Workshop on Security and Privacy in GIS and LBS, pages 1–5, New York, NY, USA, 2008.

<sup>40</sup> B. Chor, E. Kushilevitz, O. Goldreich, and M. Sudan. Private information retrieval. J. ACM, 45(6):965–981, 1998.

<sup>41</sup> G. Ghinita. Understanding the privacy-efficiency trade-off in location based queries. In SPRINGL '08: Proceedings of the SIGSPATIAL ACM GIS 2008 International Workshop on Security and Privacy in GIS and LBS, pages 1–5, New York, NY, USA, 2008.

<sup>42</sup> G. Ghinita, P. Kalnis, A. Khoshgozaran, C. Shahabi, and K.-L. Tan. Private queries in location based services: anonymizers are not necessary. In SIGMOD '08: Proceedings of the 2008 ACM SIGMOD international conference on Management of data, pages 121–132, New York, NY, USA, 2008.

<sup>43</sup> D. Lin, E. Bertino, R. Cheng, and S. Prabhakar. Position transformation: a location privacy protection method for moving objects. In SPRINGL '08: Proceedings of the SIGSPATIAL ACM GIS 2008 International Workshop on Security and Privacy in GIS and LBS, pages 62–71, New York, NY, USA, 2008.

βελτίωση της απόδοσης των τεχνικών που βασίζονται σε συστήματα PIR, όσον αφορά στην ιδιωτικότητα των υπηρεσιών LBS, μέσω μίας υβριδικής μεθόδου που συμπεριλαμβάνει μία φάση PIR πάνω σε ένα περιορισμένο υποσύνολο του χώρου δεδομένων. Η έρευνα απαντά στην ανοιχτή ερώτηση του πως μπορεί να μειωθεί το κόστος επεξεργασίας των PIR, χωρίς να απαιτείται από το LBS να έχει πολλαπλές CPU. Οι παράλληλοι επεξεργαστές τυπικά δεν βρίσκονται σε smartphones.<sup>45</sup>

## **2.8.2 ΑΥΘΕΝΤΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΕΞΟΥΣΙΟΔΟΤΗΣΗ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟΝ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟ ΤΗΣ ΘΕΣΗΣ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΩΝΤΑΣ SMARTPHONES**

Η αυθεντικοποίηση και η εξουσιοδότηση είναι δύο από τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά για τα συστήματα κινητής συναλλαγής. Συνήθως, τα σχήματα αυτά εξαρτώνται από τρεις παράγοντες: αυτό που γνωρίζει κάποιος (μυστικό), αυτό που έχει (τεκμήριο), και αυτό που είναι κάποιος (βιομετρικά στοιχεία). Στην έρευνα αυτή προτείνεται μία λύση που χρησιμοποιεί την τεχνολογία GPS που παρέχεται από smartphones για την αυθεντικοποίηση και την εξουσιοδότηση με βάση τον εντοπισμό της γεωγραφικής θέσης.

Η αρχιτεκτονική και τα στοιχεία του συστήματος φαίνονται στην Εικόνα 2.5. Η εγκατάσταση του συστήματος εκτελείται από διαχειριστές του συστήματος, εγκαθιστώντας πολιτικές αυθεντικοποίησης που βασίζονται στον εντοπισμό της τοποθεσίας και πιστοποιώντας όλα τα στοιχεία του συστήματος. Στη συνέχεια, οι χρήστες χρησιμοποιούν τις υπηρεσίες LBS για να αλληλεπιδράσουν με τον διακομιστή ταυτότητας που βασίζεται στον εντοπισμό της θέσης (Location-based ID server – LBID) και με τον διακομιστή εξουσιοδότησης. Μετά από την έγκυρη και επιτυχημένη εγγραφή της τρέχουσας τοποθεσίας τους, οι χρήστες υποβάλλουν αίτημα πρόσβασης στον διακομιστή αυθεντικοποίησης, ο οποίος αλληλεπιδρά με τον διακομιστή LBID και τον διακομιστή εξουσιοδότησης για να αξιολογήσουν το αίτημα βασιζόμενοι στην πληροφορία που έχει καταγραφεί στον διακομιστή LBID και στις πολιτικές εξουσιοδότησης που έχουν καταχωρηθεί στον διακομιστή αυθεντικοποίησης. Το αποτέλεσμα στέλνεται στον στοχευμένο διακομιστή του παρόχου υπηρεσιών (Service Provider Server – SP), ο οποίος αποφασίζει είτε να επιτρέψει ή να αρνηθεί το αίτημα πρόσβασης.

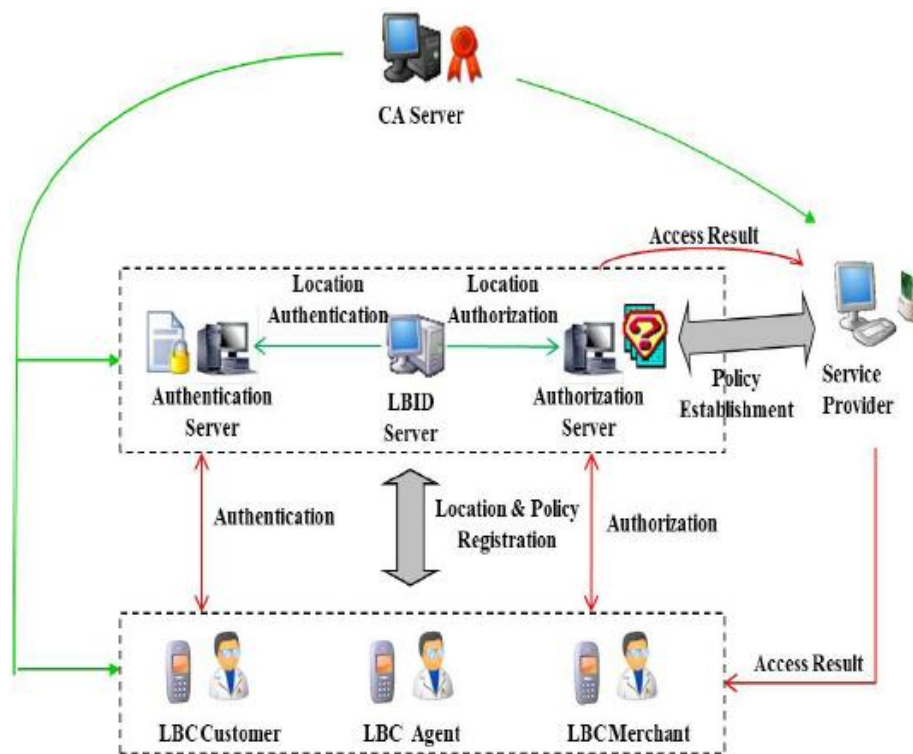
Για το σύστημα σχεδιάζονται δύο πρωτόκολλα: το πρωτόκολλο καταχώρησης, και τα πρωτόκολλα αυθεντικοποίησης και εξουσιοδότησης. Η καταχώρηση εκτελείται μόνο μία φορά, μετά την ένταξη του πρωτοκόλλου στο σύστημα. Η αυθεντικοποίηση εκτελείται στην αρχή κάθε ενότητας. Η αυθεντικοποίηση επιβάλλεται σε κάθε αίτημα υπηρεσίας.

Στην έρευνα αυτή η προτεινόμενη λύση παρέχει ολοκληρωμένη προστασία της μετάδοσης, της επεξεργασίας και της επαλήθευσης των πληροφοριών εντοπισμού της γεωγραφικής θέσης. Για την επαλήθευση της τοποθεσίας, προτείνεται μία υβριδική προσέγγιση, η οποία συνδυάζει ποικίλες τεχνολογίες. Η προσέγγιση αυτή βελτιώνει την εμπιστοσύνη των αποτελεσμάτων της επαλήθευσης, σε σχέση με άλλες λύσεις. Σαν αποτέλεσμα, ο μηχανισμός αυθεντικοποίησης και εξουσιοδότησης που παρουσιάζεται στην έρευνα αυτή γίνεται πιο ασφαλής και έγκυρος.

---

<sup>44</sup> G. Ghinita. Understanding the privacy-efficiency trade-off in location based queries. In SPRINGL '08: Proceedings of the SIGSPATIAL ACM GIS 2008 International Workshop on Security and Privacy in GIS and LBS, pages 1–5, New York, NY, USA, 2008.

<sup>45</sup> Femi Olumofin, Piotr K. Tysowski, Ian Goldberg, Urs Hengartner (2010). Achieving Efficient Query Privacy for Location Based Services. Cheriton School of Computer Science University of Waterloo.



Εικόνα 2.5 – Αρχιτεκτονική της αυθεντικοποίησης και εξουσιοδότησης που βασίζεται στον εντοπισμό της θέσης.<sup>46</sup>

Ωστόσο, η χρήση της γεωγραφικής θέσης αποτελεί μόνο το πρώτο βήμα στην χρήση συναφών πληροφοριών για τη βελτίωση του μηχανισμού ασφαλείας. Καθώς η τεχνολογία των smartphones εξελίσσεται όλο και περισσότερο, οι αισθητήρες ενσωματώνονται μέσα στις συσκευές π.χ. αισθητήρες εγγύτητας, επικοινωνίας κοντινού πεδίου (NFC), και ούτω καθεξής. Αυτό προσφέρει ακόμη μεγαλύτερες ευκαιρίες για να αιχμαλωτιστούν και να συμπεριληφθούν οι πληροφορίες σχετικά με το περιβάλλον του χρήστη.<sup>47</sup>

### 2.8.3 ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗΣ ΤΟΠΟΘΕΣΙΑΣ ΩΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΣ ΑΥΘΕΝΤΙΚΟΠΟΙΗΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ M-COMMERCE ΣΤΑ SMARTPHONES

Τα smartphones χρησιμοποιούνται αυξημένα στην εκτέλεση εφαρμογών mCommerce, ενώ σε έρευνα που διεξήχθη το 2011, το 50% όλων των ιδιοκτητών έξυπνων κινητών χρησιμοποιούσαν το τηλέφωνό τους για τις τραπεζικές τους συναλλαγές. Οι τρέχουσες τεχνικές που χρησιμοποιούνται για την εξ' αποστάσεως αυθεντικοποίηση του πελάτη στον πάροχο της υπηρεσίας μέσα σε μία εφαρμογή eCommerce, βασίζονται σε «στατικούς» παράγοντες αυθεντικοποίησης, όπως είναι οι κωδικοί πρόσβασης ή τα διακριτικά πρόσβασης. Το γεγονός

<sup>46</sup> Feng Zhang, Aron Kondoro, Sead Muftic (2012). Location-based Authentication and Authorization Using Smart Phones. Royal Institute of Technology (KTH) Stockholm, Sweden.

<sup>47</sup> ό.π.

ότι ο πελάτης βρίσκεται σε κίνηση, ενώ χρησιμοποιεί αυτές τις εφαρμογές mCommerce δεν θεωρείται πως ή δεν συνηθίζεται να ενισχύει την ασφάλεια της αυθεντικοποίησης.

Η έρευνα αυτή ασχολείται με το να συμπεριλαμβάνει την γεωγραφική τοποθεσία του χρήστη για να ενισχύσει την ασφάλεια των εφαρμογών mCommerce, ειδικά εκείνων που απαιτούν εύρωστη αυθεντικοποίηση του πελάτη. Εδώ, ανασκοπούνται και συζητούνται οι τεχνικές για την αναβάθμιση της τοποθεσίας ως παράγοντα αυθεντικοποίησης, όπως και οι τεχνικές για την παραγωγή κρυπτογραφικών κλειδίων που βασίζονται στην τοποθεσία. Η δημοσίευση αυτή δίνει προτάσεις σχετικά με την σωστή χρήση της πληροφορίας της γεωγραφικής θέσης για την αυθεντικοποίηση των εφαρμογών mCommerce στα smartphones.

Συνήθως χρησιμοποιούνται τρεις τεχνικές για την καθιέρωση της γεωγραφικής θέσης στα smartphones. Οι τεχνικές αυτές ποικίλουν στην ακρίβεια της παρεχόμενης τοποθεσίας (π.χ. πώς ακριβώς μπορεί η τεχνική να καθορίσει την τοποθεσία στα έξυπνα κινητά;), όπως και της διαθεσιμότητας (π.χ. καλύπτει η τεχνική αυτή τις περιοχές όλου του κόσμου ή μόνο τις αστικές περιοχές; Είναι διαθέσιμη μέσα σε κτίρια ή πρέπει ο πελάτης να βρίσκεται εκτός της θέσης του;). Οι τρεις τεχνικές για τις οποίες έγινε αναφορά παραπάνω είναι οι εξής:

1. Παγκόσμιο σύστημα εντοπισμού της γεωγραφικής θέσης (Global Positioning System – GPS).
2. Εντοπισμός της γεωγραφικής θέσης που βασίζεται στο Wi-Fi.
3. Εντοπισμός της γεωγραφικής θέσης που βασίζεται στα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας.

Η ενσωμάτωση της γεωγραφικής θέσης στην κινητή συσκευή του πελάτη ως παράγοντας αυθεντικοποίησης μπορεί να ενισχύσει την ασφάλεια τέτοιων συστημάτων:

1. Μειώνονται οι κινούμενες απειλές, επειδή η ενσωμάτωση της πληροφορίας της τοποθεσίας μέσα στα δεδομένα αυθεντικοποίησης «γειώνει» την προσπάθεια αυθεντικοποίησης σε ένα συγκεκριμένο χώρο. Αν στη συνέχεια το αίτημα τοποθεσίας του πελάτη επαληθευτεί ανεξάρτητα, τότε ο εισβολέας δεν μπορεί να προσποιηθεί πως βρίσκεται σε διαφορετικό σημείο. Η ανεξάρτητη επαλήθευση της τοποθεσίας είναι σημαντική, επειδή η γεωγραφική θέση που καθορίζεται στο τηλέφωνο μπορεί να παραβιαστεί. Για παράδειγμα, ένας χειριστής κινητού δικτύου που βασίζεται στην τοποθεσία χρησιμοποιείται για να πιστοποιήσει την ισχυριζόμενη θέση του πελάτη ή την προβλεπόμενη θέση του GPS.
2. Αν η τοποθεσία του πελάτη συνδυάζεται με πραγματικό χρόνο, τότε οι κινητές επιθέσεις μπορούν επίσης να μειωθούν. Τα δεδομένα αυθεντικοποίησης του πελάτη μπορεί να είναι σφραγισμένα μόνο με την τρέχουσα χρονική διάρκεια. Για παράδειγμα, ένας εισβολέας δεν μπορεί να επαναχρησιμοποιήσει τα δεδομένα αυθεντικοποίησης του πελάτη που είχαν συγκεντρωθεί προηγουμένως, εξαιτίας της λήξης της χρονοσφραγίδας.

Ωστόσο, η χρήση της τοποθεσίας εισάγει επίσης απαιτήσεις, (π.χ. ιδιωτικότητα της τοποθεσίας του πελάτη ή περιορισμένος χώρος κλειδιού που βασίζεται στην τοποθεσία), που χρειάζεται να διευθετηθούν προσεκτικά από το σύστημα αυθεντικοποίησης. Για την επίλυση τέτοιων ζητημάτων μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι αλγόριθμοι διατήρησης της ιδιωτικότητας. Για παράδειγμα, η τυχαία θέση του πελάτη παρουσιάζεται τυχαία με βάση την ταυτότητα του κυττάρου (Cell-ID) που εξυπηρετεί την κινητή συσκευή του πελάτη.<sup>48</sup>

---

<sup>48</sup> Torben Kuseler & Ihsan Alshahib Lami (2012). Using Geographical Location as an Authentication Factor to Enhance mCommerce Applications on Smartphones. *The University of Buckingham*. International Journal of Computer Science and Security (IJCSS), Volume (6) : Issue (4) : 2012.





## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

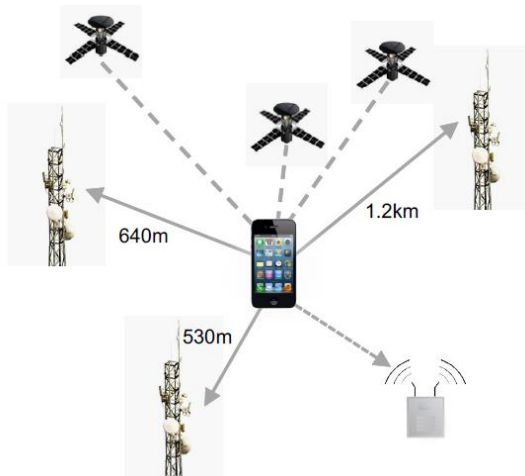
### ΕΣΩΤΕΡΙΚΑ ΚΑΙ ΕΞΩΤΕΡΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ LBS

---

#### 3.1 ΕΣΩΤΕΡΙΚΑ ΚΑΙ ΕΞΩΤΕΡΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Όλα τα λειτουργικά συστήματα των smartphones παρέχουν APIs τοποθεσίας, επιστρέφοντας την τρέχουσα γνωστή τοποθεσία ως ένα ζευγάρι συντεταγμένων γεωγραφικού μήκους και πλάτους. Οι πληροφορίες για τη θέση συγκεντρώνονται μέσω τριών βασικών τεχνολογιών: η τριγωνοποίηση (cell tower triangulation), τα συστήματα GPS και WiFi. Πολλοί ακόμη μηχανισμοί αναπτύσσονται συνεχώς, συμπεριλαμβάνοντας τις βελτιωμένες τεχνολογίες WiFi, τα Bluetooth ραδιοφάρων και άλλους αισθητήρες, όμως δεν έχουν ακόμη υποστηριχθεί.

Τα ράδιο-κυκλώματα ενός κινητού τηλεφώνου δύναται να καθορίσουν την απόσταση κάθε κυτταρικού ιστού που βρίσκεται εντός της εμβέλειας μέσω του τριγωνισμού, όπως φαίνεται στην Εικόνα 3.1. Δεδομένου ότι ο κάθε ιστός πρέπει να έχει ένα μοναδικό στοιχείο αναγνώρισης (προσδιοριστής) και μία γνωστή τοποθεσία, το τηλέφωνο μπορεί να υπολογίσει μία συνεχή θέση προσέγγισης. Αυτή η πολύ βασική υπηρεσία μπορεί να εκτελεστεί ακόμα και σε κάρτες SIM με την συμφωνία CSP. Το ταίριασμα των ράδιο-μοτίβων επεκτείνει την τεχνική αυτή σε πολύπλοκες περιοχές όπου το σήμα δεν μπορεί να ακολουθήσει μία άμεση διαδρομή, αλλά δείχνει ένα ξεχωριστό μοτίβο μετάδοσης.



Εικόνα 3.1 – Τρεις πηγές τοποθεσίας για τις «έξυπνες συσκευές»: GPS, τριγωνοποίηση, και Wi-Fi.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Richard Marshall (2013). Making Sense of Mobile Location. Gartner, Inc. | G00250204.

Η εισαγωγή της υποστήριξης GPS στα smartphones χρησιμοποιεί το επώνυμο Σύστημα Θέσης του Δορυφόρου. Ωστόσο, αυτό έχει δύο γνωστά ζητήματα. Το πρώτο είναι πως το κλειδωμα πάνω στους δορυφόρους είναι αργό, και οι χρήστες των κινητών απαιτούν εμφανώς την απόδοση. Το δεύτερο είναι πως οι επαρκείς δορυφόροι δεν είναι πάντα διαθέσιμοι στις αστικές περιοχές όπου τα κτίρια εμποδίζουν τις συνδέσεις. Εδώ βρίσκεται το σημείο όπου είναι απαραίτητη η βοήθεια των κινητών κυττάρων, του στίγματος και του συστήματος Wi-Fi. Οι πάροχοι υπηρεσιών, όπως είναι το ασύρματο Skyhook, έχουν χαρτογραφήσει τα δίκτυα Wi-Fi σε συγκεκριμένες τοποθεσίες, παρέχοντας πολύ γρήγορο εντοπισμό των στοιχείων που αναζητούνται, με το λειτουργικό σύστημα να πιάνει κοινές θέσεις. Τα λειτουργικά συστήματα συνδυάζουν αυτές τις τεχνολογίες για να παρέχουν με ακρίβεια έως 3m συσκευές κινητών και περιηγητές. Ακόμη, η χρησιμοποίηση πολλαπλών πηγών μειώνει την επίδραση της μπαταρίας από την συνεχή υποβοήθηση του GPS, που αποτελεί σημαντική διαρροή ισχύος.

Μέσα στα κτίρια, η κατάσταση είναι διαφορετική. Σαφώς, το GPS δεν λειτουργεί, λόγω του ότι δεν υπάρχει ορατότητα του δορυφόρου, και η δύναμη του σήματος είναι πολύ χαμηλή για την τριγωντοποίηση. αυτό αφήνει έναν αριθμό τηλεφωνικών συσκευών με βάση τις δυνατές τεχνολογίες, που οι πιο συνήθεις βασίζονται στην τριγωντοποίηση Wi-Fi ή στις γνωστές τοποθεσίες Wi-Fi. Παρόλο που πολλά ανταγωνιστικά πρότυπα αναπτύσσονται σε λίγες θέσεις έκθεσης –αεροδρόμια, εμπορικά κέντρα και εκθεσιακά κέντρα– ο εσωτερικός εντοπισμός δεν είναι ευρέως διαδεδομένος και οι οργανισμοί χρειάζεται να πιστοποιούν πως οι τοποθεσίες που είναι σχετικές με αυτούς καλύπτονται πριν από την επένδυση.

Υπάρχει ένταση μεταξύ των ιδιοκτητών της τοποθεσίας και εκείνων που μπορούν να χρησιμοποιήσουν τη χαρτογράφηση, Επειδή οι ιδιοκτήτες δεν βλέπουν κάποιο όφελος, αφού λαμβάνεται ολοκληρωτικά από τους πελάτες τους. Η ακριβής θέση του κάθε σημείου πρόσβασης, πρέπει να ερευνηθεί και να υποβληθεί σε καθέναν από τους παρόχους της τοποθεσίας (Apple, Google, Nokia, Skyhook και άλλους) και τυχόν αλλαγές κοινοποιούνται αμέσως. Μπορεί επίσης να απαιτείται και η διαπραγμάτευση για να εξασφαλίσει την διαθεσιμότητα και την συνεχή συντήρηση.

Μπορεί να χρησιμοποιηθούν τμήματα Wi-Fi ειδικών εφαρμογών για την προσομοίωση του εσωτερικού εντοπισμού. Για παράδειγμα, ένα ειδικό δίκτυο σε μία ασφαλή αίθουσα συνδιάσκεψης ή μέσα στην σουίτα-C μπορεί να αποδείξει πως οι συνδεδεμένες συσκευές βρίσκονται μέσα σε αυτή την τοποθεσία.

Εναλλακτικά, μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι προσεγγίσεις που βασίζονται στο δίκτυο, όπου το δίκτυο χρησιμοποιεί δακτυλικά αποτυπώματα ραδιοσυχνότητας (RF) για την ανίχνευση συσκευών μέσω σημείων πρόσβασης Wi-Fi. Όταν μία εφαρμογή χρειάζεται να γνωρίζει την τοποθεσία μίας συσκευής, την αναζητά από το σύστημα διαχείρισης του δικτύου, ανεξάρτητα από το λειτουργικό σύστημα της τηλεφωνικής συσκευής. Αυτό, προφανώς απαιτεί στενή συνεργασία μεταξύ της εφαρμογής και της υποδομής και είναι, συνεπώς, κατάλληλο να επιχειρεί εφαρμογές όπως είναι η αποθήκευση.<sup>2</sup>

### 3.2 ΥΠΟΚΕΙΜΕΝΕΣ ΠΟΛΥΠΛΟΚΟΤΗΤΕΣ

Σημειώνεται ότι οι τεχνολογίες εντοπισμού που βασίζονται στη συσκευή χρειάζονται προνομιακή πρόσβαση στον εξοπλισμό, που είναι ο λόγος για το ότι η θέση πρέπει να είναι μία υπηρεσία πλατφόρμας για όλες τις σύγχρονες συσκευές και τα λειτουργικά συστήματα. Δυστυχώς, αυτό

---

<sup>2</sup> ό.π.

περικλείει τους οργανισμούς που αναπτύσσουν τα δικά τους συστήματα εντοπισμού που είναι χαμηλού επιπέδου και υιοθετούν ιδιαίτερα προβληματικά και αργά τις νέες τεχνολογίες. Τα συστήματα εντοπισμού που βασίζονται στο δίκτυο μπορούν να παρέχουν προσεγγιστικό εντοπισμό χωρίς να υπάρχει η ανάγκη εγκατάστασης λογισμικού στις συσκευές.

Οι υποκείμενες υπηρεσίες εντοπισμού της θέσης επιστρέφουν συντεταγμένες του χάρτη: γεωγραφικό μήκος και πλάτος για εξωτερικούς χώρους. Ενώ αυτό επαρκεί για την ανίχνευση και την χαρτογράφηση, χρειάζεται να αλλάξουν σε φυσικές τοποθεσίες για τους χρήστες, στο κατάλληλο επίπεδο των αναγκών τους: σπίτι, μαγαζί, δρόμος, περιοχή ή πόλη. Και αναμένουν η πληροφορία να είναι σωστή. Αυτό απαιτεί σημαντική επένδυση σε συνεχείς αναβαθμίσεις καθώς δημιουργούνται δρόμοι και οι επιχειρήσεις, αλλάζουν ονόματα ή εξαφανίζονται. Αυτή είναι μία περιοχή όπου ο συνεταιρισμός με έναν συνεργάτη χαρτογράφησης κρίνεται απαραίτητος. Για παράδειγμα, η εταιρία Nokia διατηρεί πιστοποιημένους χάρτες αυτοκίνησης και αναβαθμίζει συνεχώς τις λεπτομέρειες των επιχειρήσεων σε δεκάδες χιλιάδες εσωτερικούς χώρους, όπως είναι τα εμπορικά κέντρα.<sup>3</sup>

### 3.3 ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΕΙΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

Σαφώς, υπάρχουν διαφορετικοί τρόποι να ληφθεί το πλεονέκτημα του εντοπισμού της τοποθεσίας. Δεν χρειάζονται όλες οι υπηρεσίες την δημιουργία νέων προσαρμοσμένων εφαρμογών.

Για την επιχείρηση, μερικές λύσεις διαχείρισης της κινητής συσκευής (MDM) προσφέρουν κανόνες γεω-φραγμού, που συσχετίζουν σενάρια, είτε με χάρτες ή με τμήματα δικτύων. Όταν μία συσκευή εισαχθεί σε μία συγκεκριμένη περιοχή, ενεργοποιείται ένα σενάριο, και όταν φεύγει ενεργοποιείται ένα άλλο. Τα σενάρια αυτά μπορούν να εφαρμόσουν γεωγραφικά ευαίσθητες τακτικές, όπως είναι η απενεργοποίηση της κάμερας ή η πρόσβαση σε ευαίσθητες πληροφορίες.

Οι περισσότεροι προμηθευτές διαχείρισης του πεδίου υπηρεσίας (FSM) προσφέρουν κινητούς πελάτες (clients) ενεργοποιημένης θέσης για τα συστήματά τους, παρέχοντας έτοιμες λύσεις για πολλές κοινές επιχειρηματικές διαδικασίες. Μέσα σε αυτές τις διαδικασίες, ο εντοπισμός της θέσης χρησιμοποιήθηκε ως βασικός οδηγός για την βελτίωση, την μεγιστοποίηση της παραγωγικότητας και την μείωση της κατανάλωσης καυσίμων. Στις διαδικασίες συμπεριλαμβάνεται επίσης και η ασφάλεια του εργαζόμενου, ώστε να προστατευθούν οι τεχνικοί που εργάζονται μόνοι τους.

Οι ίδιοι οι χάρτες μπορούν να θεωρηθούν ως μία πλατφόρμα κινητών εφαρμογών. Στην περίπτωση αυτή, η εφαρμογή μπορεί να αποτελείται από ένα σύνολο σημείων δεδομένων που εμφανίζονται χρησιμοποιώντας τον ήδη υπάρχοντα πελάτη χαρτογράφησης. Αυτό μπορεί να εφαρμοστεί τόσο σε λύσεις για τον καταναλωτή όσο και σε λύσεις για την επιχείρηση, και παρέχει μία εμπειρία χαμηλού κόστους και υψηλής ποιότητας.

Όπου, οι χάρτες αυτού του είδους, πρέπει να είναι μέρος μιας πιο περίπλοκης εμπειρίας του χρήστη, μπορούν να ενσωματωθούν μέσα σε μία εφαρμογή. Αυτό γίνεται συνήθως ανοίγοντας έναν περιηγητή ιστού στον επιλεγμένο προμηθευτή χαρτογράφησης. Πιο περίπλοκες αλληλεπιδράσεις μπορεί να απαιτούν τη χρήση ενός σετ ανάπτυξης λογισμικού, για παράδειγμα, για την υποστήριξη λειτουργιών εκτός σύνδεσης.

---

<sup>3</sup> ό.π.

Όλα τα λειτουργικά συστήματα των έξυπνων κινητών και των tablet προσφέρουν σήμερα εντοπισμό θέσης API. Οι προγραμματιστές πρέπει να προσεκτικοί με την υπερβολική χρήση αυτών των συσκευών επειδή έχουν δραματική επίδραση στην κατανάλωση της μπαταρίας. Σημειώνεται ότι η συνεχής χρήση της θέσης μέσα σε εφαρμογές Apple iOS, σε εκδόσεις πριν από την 7, μπορούν να γίνουν μόνο όταν η εφαρμογή είναι σε χρήση.

Οι πλατφόρμες εντοπισμού APIs επιστρέφουν τις πρώτες συντεταγμένες, συνήθως το γεωγραφικό μήκος και πλάτος. Τα δεδομένα αυτά μπορεί να επαρκούν για μερικές εφαρμογές – για παράδειγμα απλός εντοπισμός μιας συσκευής– ωστόσο, χρειάζονται μετάφραση πριν να παρουσιαστούν στους χρήστες. Αυτό μπορεί να γίνει παρουσιάζοντας εικονίδια πάνω σε έναν χάρτη, ή μπορεί να χρειαστεί να αντιστραφούν σε μία διεύθυνση. Αυτό απαιτεί την συνεργασία με μία εταιρία που μπορεί να παρέχει την υπηρεσία αυτή. Αυτές είναι συνήθως βασισμένες στην συνδρομή και είτε χρησιμοποιούν ζωντανές συνδέσεις στον πάροχο, ή συχνά ενημερωμένους πίνακες βάσεων δεδομένων λόγω της δυναμικής φύσεως της γεωγραφικής πληροφορίας. Οι κοινωνικοί ιστότοποι, όπως είναι το Foursquare, μπορεί να είναι ένας ενδιαφέρον εναλλακτικός προμηθευτής, με περιεκτικούς, παγκόσμιους καταλόγους τοποθεσιών.

Πολλές επιχειρηματικές διαδικασίες μπορούν να εμπλουτιστούν από την χρήση της φωτογραφίας ως ένδειξη των προβλημάτων που πρέπει να διευθετηθούν ή της εργασίας που πρέπει να ολοκληρωθεί. Ένα παράδειγμα μπορεί να αφορά σε κάποιον καταναλωτή που πρέπει να υποβάλλει αίτηση ασφάλισης αυτοκινήτου με σχετικές φωτογραφίες. Ένας εργαζόμενος στον τομέα των επιχειρήσεων μπορεί να φωτογραφίσει μία ολοκληρωμένη επισκευή και να την ανεβάσει στο δίκτυο για να αποδείξει πως έγινε η επισκευή.<sup>4</sup>

---

<sup>4</sup> ό.π.

## 3.4 ΕΡΕΥΝΕΣ

### 3.4.1 ΑΚΡΙΒΗΣ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ ΧΩΡΟΥ ΜΕ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ «ΕΞΥΠΝΩΝ ΚΙΝΗΤΩΝ»

Ακολούθως παρουσιάζεται μία εφαρμογή εντοπισμού εσωτερικού χώρου, αξιοποιώντας τις δυνατότητες ανίχνευσης της τρέχουσας κατάστασης της τεχνολογίας που χρησιμοποιείται στα έξυπνα τηλέφωνα. Η εφαρμογή αυτή είναι η πρώτη που χρησιμοποιήθηκε σε smartphones και ενσωματώνει τις φάσεις λήψης δακτυλικών αποτυπωμάτων είτε σε εργασία με σύνδεση είτε χωρίς, παρέχοντας ακρίβεια έως 1.5m. Έχει εφαρμοστεί επίσης μία νέα προσέγγιση για τη στατιστική επεξεργασία της ισχύος του ραδιοφωνικού σήματος, που δείχνει ότι μπορεί να ξεπερνά τις ήδη υπάρχουσες ντετερμινιστικές τεχνικές.

Οι πιο γνωστές ντετερμινιστικές τεχνικές είναι:

- ⇒ Του «κοντινότερου σημείου», ή του «πλησιέστερου γείτονα στο χώρο του σήματος».<sup>5</sup>
- ⇒ Ο «μέσος όρος του πλησιέστερου γείτονα στο χώρο του σήματος»,<sup>6</sup> επιλέγοντας κ πλησιέστερους γείτονες και υπολογίζοντας τον μέσο όρο αυτού του συνόλου.
- ⇒ Του «μικρότερου πολυγώνου», επιλέγοντας πολλούς πλησιέστερους γείτονες οι οποίοι θα σχηματίσουν ποικίλα πολύγωνα, και ο μέσος όρος του μικρότερου πολυγώνου θα θεωρηθεί ως η εκτιμώμενη θέση.<sup>7</sup>

Οι τεχνικές λήψης δακτυλικών αποτυπωμάτων είναι ιδιαίτερα κατάλληλες για το εύρος των συχνοτήτων στις οποίες λειτουργούν τα δίκτυα GSM και Wi-Fi (Περίπου 850MHz έως 2.4GHz) εξαιτίας δύο βασικών λόγων<sup>8</sup>: η ισχύς του σήματος σε αυτές τις συχνότητες παρουσιάζει μία σημαντική χωρική μεταβλητότητα, και επίσης μία αξιόπιστη συνοχή στο χρόνο (παρά την μεταβλητή φύση των ράδιο-σημάτων).

Η πληροφορία RSSI από τους σταθμούς βάσης των κινητών θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί στην αποσαφήνιση των εντοπισμών για τους οποίους η χαρτογράφηση Wi-Fi προσφέρει αμφιβολίες. Εντούτοις, η προσέγγιση αυτή βρέθηκε να είναι ανέφικτη με την τρέχουσα κατάσταση των smartphones, επειδή το ποσοστό ανανέωσης των τιμών RSSI είναι πολύ αργό και η διακριτότητα στις τιμές RSSI είναι φτωχή και εξαρτάται από τον εξοπλισμό. Ακόμη, μπορούσαν να διαβαστούν πληροφορίες RSSI μόνο από γειτονικούς σταθμούς βάσης που ανήκαν στον ίδιο χειριστή της κάρτας SIM, περιορίζοντας την πρακτικότητα αυτής της προσέγγισης.

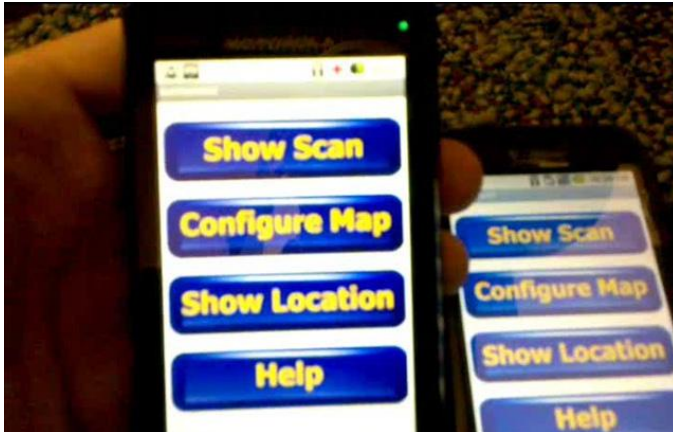
<sup>5</sup> Dempster, A., Li, B., Quader, I., 2008. Errors in deterministic wireless fingerprinting systems for localization, *ISWPC* 2008, 111–115.

<sup>6</sup> Mahtab A., Hien N., Yunye J., Wee-Seng S., 2007. Indoor Localization Using Multiple Wireless Technologies, *MASS* 2007, Oct. 2007, 1–8.

<sup>7</sup> Roxin, A., Gaber, J., Wack, M., Nait-Sidi-Moh, A., 2007. Survey of Wireless Geolocation Techniques, *Globecom Workshops*, 2007, 1–9.

<sup>8</sup> Otsason, V., Varshavsky, A., Lamarca, A., De Lara, E., 2005. Accurate GSM Indoor Localization, *UbiComp* 2005, 141-158.

Οι τιμές επιταχυνσιόμετρου των smartphones είναι γενικά πολύ θορυβώδεις ώστε να θεωρηθούν αξιόπιστη πηγή για την δημιουργία μίας αδρανειακής μονάδας εσωτερικής πλοήγησης. Η καταμέτρηση του βήματος μπορεί να είναι μία προσέγγιση που σχεδιάζεται να επιδέχεται περεταίρω μελλοντική έρευνα.<sup>9</sup>



Εικόνα 3.2 – Η βασική διεπιφάνεια της εφαρμογής εντοπισμού της θέσης σε τηλέφωνα Droid (αριστερά) και GI (δεξιά).<sup>10</sup>

Πίνακας 3.1 – Σύγκριση της ακρίβειας των διαφορετικών προσεγγίσεων υπό τη μορφή επιτυχίας στην εκτίμηση του εντοπισμού της θέσης.<sup>11</sup>

Technique	Resolution (% of success)		
	Room	2 meters	1 meter
Closest Point	85%	39%	18%
Nearest Neighbor in Signal Average	78%	39%	26%
Smallest Polygon	84%	45%	26%
Nearest Neighbor in Signal and Access Point averages	87%	48%	32%

### 3.4.2 ΛΥΣΗ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΥ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ ΧΩΡΟΥ ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ SMARTPHONE ΓΙΑ ΚΙΝΗΤΕΣ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ

Στη συνέχεια αποτυπώνεται μία λύση εντοπισμού της θέσης από smartphones σε εσωτερικό χώρο, χρησιμοποιώντας τον ενσωματωμένο εξοπλισμό και τους υπολογιστικούς πόρους των έξυπνων τηλεφώνων. Σημαντικά πλεονεκτήματα της επαναχρησιμοποίησης μίας ήδη υπάρχουσας πλατφόρμας ενός smartphone για τον εντοπισμό της θέσης, συμπεριλαμβάνουν την αποδοτικότητα του κόστους και τον αποτελεσματικό συνδυασμό των μετρήσεων από τους

<sup>9</sup> Eladio Martin, Oriol Vinyals, Gerald Friedland, Ruzena Bajcsy (2010). Precise Indoor Localization Using Smart Phones.

<sup>10</sup> ό.π.

<sup>11</sup> ό.π.

πολλαπλούς αισθητήρες και τα σήματα, για να εμπλουτιστεί η απόδοση του εντοπισμού της γεωγραφικής θέσης. Ακόμη, η λύση αυτή είναι πιο βολική για αναβάθμιση με συσχετιζόμενες εφαρμογές και υπηρεσίες επειδή τα έξυπνα κινητά έχουν γίνει μία κοινή πλατφόρμα για τα κινητά LBS.

Μεγάλη πρόκληση στην προσέγγιση της λήψης δακτυλικών αποτυπωμάτων, είναι η μεγάλη διακύμανση στις παρατηρήσεις των RSSI που προκαλείται από την σημαντικά μη στατική φύση των σημάτων WLAN. Οι περισσότερες από τις προηγούμενες λύσεις WLAN εντοπισμού της θέσης καταδίδωκαν το πρόβλημα εκτίμησης της τοποθεσίας ως ένα μοναδικό σημείο εντοπισμού της θέσης, στο οποίο οι τοποθεσίες θεωρούνταν ως σειρές από απομονωμένα σημεία.<sup>12</sup>

Σε αντίθεση με προηγούμενες μελέτες, οι οποίες συνήθως χρησιμοποιούσαν απλοποιημένα μοντέλα κίνησης, π.χ., ένα γραμμικό μοντέλο, για να αναπαραστήσει την κίνηση του χρήστη<sup>13</sup>, η προσέγγιση αυτή χρησιμοποιεί αισθητήρες έξυπνων κινητών για την μέτρηση της πραγματικής κίνησης ενός χρήστη. Επειδή η κίνηση ενός χρήστη που βρίσκεται σε εσωτερικό χώρο είναι συνήθως αρκετά περίπλοκη και λόγω του ότι εκείνος μπορεί να αλλάξει την κατάσταση κίνησης του οποιαδήποτε στιγμή, π.χ. στάση, περπάτημα, αλλαγή στην ταχύτητα του περπατήματος, αλλαγή κατεύθυνσης, ακόμη και απότομη στροφή οποιαδήποτε στιγμή, τα υπάρχοντα μοντέλα δεν μπορούν να περιγράψουν με ακρίβεια την κίνηση του χρήστη. Λαμβάνοντας πλεονέκτημα από τους πολλαπλούς αισθητήρες σε ένα έξυπνο τηλέφωνο, η πρόταση της έρευνας μετρά τις πληροφορίες του δυναμικού της κίνησης (MDI) με μεγαλύτερη ακρίβεια, και είναι περισσότερο αποτελεσματική για καταστάσεις στις οποίες διαδραματίζονται διαφορετικές καταστάσεις κίνησης.

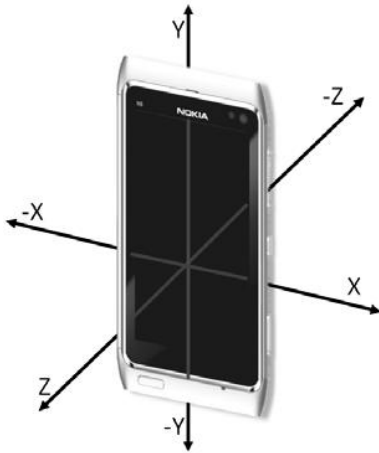
Η προτεινόμενη λύση είναι μία υβριδική λύση συγχώνευσης δεδομένων: Οι παρατηρήσεις WLAN RSSI συγχωνεύονται με το μετρούμενο δυναμικό των κινήσεων MDI. Η προσέγγιση της υβριδικής συγχώνευσης, που ονομάζεται υβριδική μηχανή εντοπισμού της θέσης σε εσωτερικό χώρο ή HIPE αναπτύχθηκε με ένα smartphone Nokia N8 και ήδη εφαρμόζεται με άλλες πλατφόρμες smartphone. Λόγω του ότι οι διαφορετικές πλατφόρμες smartphones μπορεί να έχουν διαθέσιμους διαφορετικούς συνδυασμούς αισθητήρων για την μέτρηση του MDI, η έρευνα αυτή παρουσιάζει μεθόδους για την αντιμετώπιση των διαφορετικών σεναρίων στα οποία είναι διαθέσιμοι οι διαφορετικοί τύποι MDI.

---

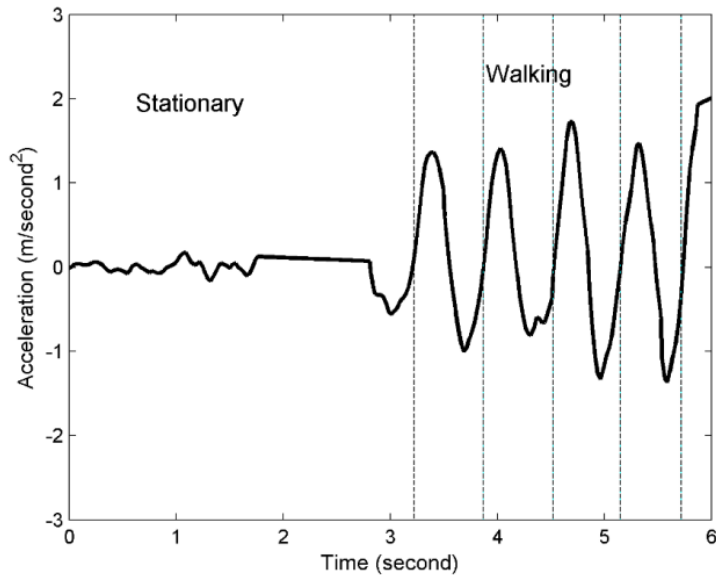
<sup>12</sup> Kushki, A.; Plataniotis, K.N.; Venetsanopoulos, A.N. Intelligent dynamic radio tracking in indoor wireless local area networks. *IEEE Trans. Mobile Comput.* 2010, 9, 405–419.

<sup>13</sup> Au, A.; Feng, C.; Valaee, S.; Reyes, S.; Sorour, S.; Markowitz, S.N.; Gold, D.; Gordon, K.; Eizenman, M. Indoor tracking and navigation using received signal strength and compressive sensing on a mobile device. *IEEE Trans. Mobile Comput.* 2012, in press.





Εικόνα 3.3 – Το πλαίσιο του smartphone που καθορίζεται για το Nokia N8 αποτελείται από τρεις άξονες και έξι κατευθύνσεις, και χρησιμοποιεί το Καρτεσιανό σύστημα συντεταγμένων.<sup>14</sup>



Εικόνα 3.4 – Τα μοτίβα επιτάχυνσης ενός πεζού σε καταστάσεις στάσης και βαδίσματος.<sup>15</sup>

<sup>14</sup> Jingbin Liu , Ruizhi Chen, Ling Pei, Robert Guinness and Heidi Kuusniemi (2012). A Hybrid Smartphone Indoor Positioning Solution for Mobile LBS. *Sensors* 2012, 12, 17208-17233; doi:10.3390/s121217208.

<sup>15</sup> ό.π.

**Πίνακας 3.2 – Διαφορετικά σενάρια χρησιμοποιώντας ποικίλους συνδυασμούς δυναμικού κινήσεων MDI.**<sup>16</sup>

Combinations of MDI	Sensors and methods used to obtain MDI	
	Distance	Heading
Measured distance & heading	accelerometers accumulated step lengths	compass directly measured
Measured distance	accelerometers accumulated step lengths	--- unknown
Measured heading & assumed maximum speed	--- a constant speed model of 1 m/s	compass directly measured
Assumed maximum speed	--- a constant speed model of 1 m/s	--- unknown

Στο μέλλον, άλλοι αισθητήρες έξυπνων τηλεφώνων, όπως είναι οι κάμερες και τα γυροσκόπια, θα ενσωματωθούν με το σύστημα HIPE για την μέτρηση του δυναμικού MDI.<sup>17</sup>

### 3.4.3 ΜΕΘΟΔΟΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΥ SMARTPHONE

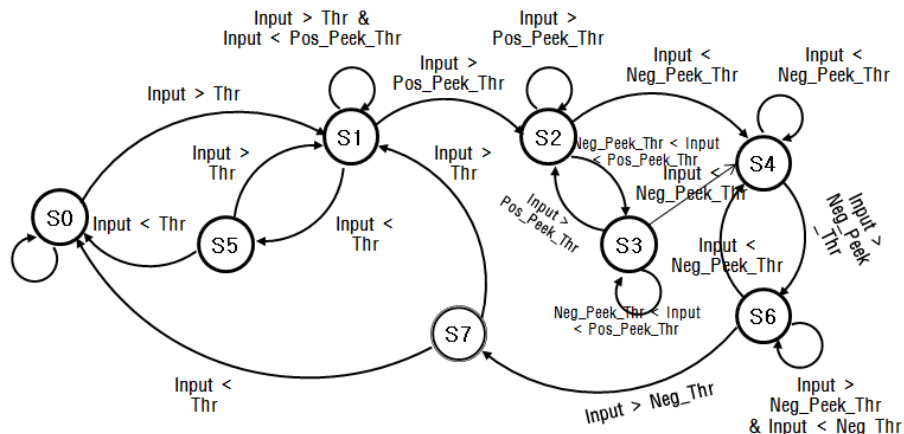
Έπεται η περιγραφή μίας μεθόδου εντοπισμού της γεωγραφικής θέσης σε εσωτερικούς χώρους που καθορίζει την τρέχουσα θέση του χρήστη με τις τιμές του αισθητήρα του «έξυπνου τηλεφώνου». Αναφερόμενοι στις τιμές του επιταχυνσιόμετρου, η μέθοδος αυτή μετρά βήματα. Με τις τιμές του προσανατολισμού, η μέθοδος αυτή εκτιμά την κατεύθυνση. Με την μέτρηση του βήματος και με την κατεύθυνση, η μέθοδος καθορίζει την τρέχουσα τοποθεσία του χρήστη. Η μέθοδος προσαρμόζεται στην τρέχουσα τοποθεσία του χρήστη από στιγμή σε στιγμή και έχει εφαρμοστεί σε Android smartphones.

Το σύστημα αναγνωρίζει την κατάσταση κίνησης, την κατάσταση παρατήρησης και την τρέχουσα κατάσταση του χρήστη. Το σύστημα συλλέγει τις τιμές του αισθητήρα κάθε 50 χιλιοστά του δευτερολέπτου. Υπολογίζει την τυπική απόκλιση των 20 πρόσφατων τιμών του  $y$  άξονα του επιταχυνσιόμετρου μεταξύ των τιμών αισθητήρα που έχουν συλλεχθεί. Αν η υπολογισμένη τυπική απόκλιση είναι μικρότερη από ένα συγκεκριμένο κατώφλι, τότε καθορίζει πως ο χρήστης δεν κινείται.

Αν η είσοδος είναι μεγαλύτερη από το κατώφλι της θετικής κορυφής (Positive\_Peek\_Thr) τότε μένει στο  $S_2$ , ενώ αν η είσοδος είναι μικρότερη από το κατώφλι της αρνητικής κορυφής (Negative\_Peek\_Thr) τότε κινείται στο  $S_3$ . Η ερώτηση είναι το τι γίνεται αν η είσοδος είναι μεγαλύτερη από το κατώφλι της αρνητικής κορυφής και μικρότερη από το κατώφλι της θετικής κορυφής. Συνεπώς, για το σύστημα εντοπισμού της μελέτης αυτής, χρησιμοποιείται το σύστημα της Εικόνας 3.5.

<sup>16</sup> ό.π.

<sup>17</sup> ό.π.



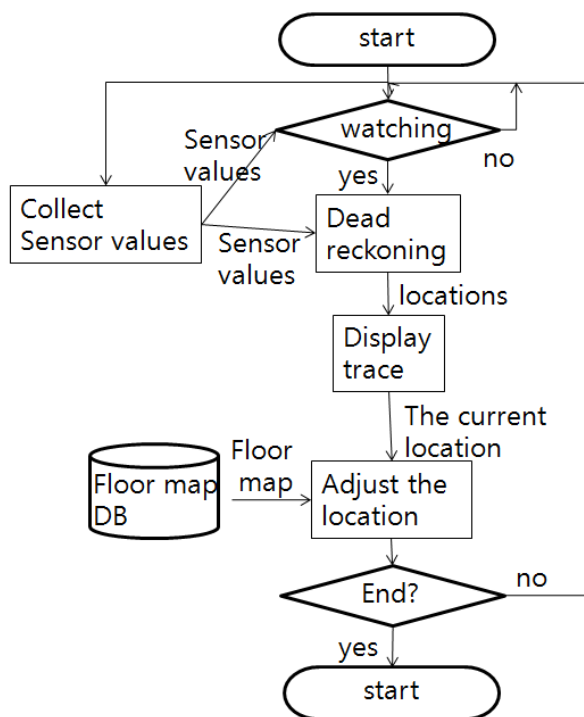
Εικόνα 3.5 – Μηχανή πεπερασμένης κατάστασης για το μέτρημα των βημάτων.<sup>18</sup>

Από το  $S_2$  αν η είσοδος είναι μεγαλύτερη από το κατώφλι της αρνητικής κορυφής και μικρότερη από το κατώφλι της θετικής κορυφής, η επόμενη κατάσταση θα είναι η  $S_5$ . Από το  $S_3$ , αν η είσοδος είναι μεγαλύτερη από το κατώφλι της αρνητικής κορυφής και μικρότερη από το κατώφλι της θετικής κορυφής, τότε διατηρείται η κατάσταση αυτή, αν η είσοδος είναι μεγαλύτερη από το κατώφλι της θετικής κορυφής τότε η επόμενη κατάσταση είναι η  $S_2$ , αλλιώς η επόμενη κατάσταση είναι η  $S_4$ .

Στην ίδια μελέτη παρουσιάστηκε επίσης μία εφαρμογή Android που ανιχνεύει το έκθεμα που παρακολουθεί ο επισκέπτης ενός εκθεσιακού χώρου. Για αυτό, ανιχνεύει την τρέχουσα κατάσταση του χρήστη, την κινούμενη κατάσταση και την κατάσταση της παρακολούθησης. Η έρευνα αυτή περιγράφει τον τρόπο που η εφαρμογή χρησιμοποιεί τις τιμές του αισθητήρα ώστε να ανιχνευτούν αυτά τα στοιχεία. Μπορεί κανείς να υποθέσει με ασφάλεια πως είναι διαθέσιμος ο χάρτης δαπέδου κάθε εκθεσιακού χώρου. Για καθένα από τα εκθέματα, υπάρχουν μία ή περισσότερες θέσεις από τις οποίες ο χρήστης μπορεί να το παρακολουθήσει πιο άνετα. Η μελέτη δείχνει πως η εφαρμογή αυτή αποδίδει αποτελεσματικά ακόμη κι αν η αίθουσα της έκθεσης είναι ιδιαίτερα μεγάλη, χρησιμοποιώντας πληροφορίες πάνω στον χάρτη του δαπέδου. Μελλοντικά υπάρχει η διάθεση ανάπτυξης πιο πολύτιμων εφαρμογών Android έχοντας ως βάση αυτή την εφαρμογή.<sup>19</sup>

<sup>18</sup> Jaegeol Yim (2013). A Smartphone Indoor Positioning Method. International Journal of Smart Home Vol.7, No.5 (2013), pp.9-18.

<sup>19</sup> ό.π.



Εικόνα 3.6 – Διάγραμμα ροής που περιγράφει την διαδικασία του συστήματος.<sup>20</sup>

### 3.4.4 ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΥ ΠΟΥ ΥΙΟΘΕΤΟΥΝΤΑΙ ΣΤΑ ΔΙΚΤΥΑ WLAN

Οι τεχνικές εντοπισμού της γεωγραφικής θέσης (LBS) είναι τόσο χρήσιμες που θα έπρεπε να είναι διαθέσιμες παντού, συμπεριλαμβάνοντας και το εσωτερικό των κτιρίων, τους σταθμούς του μετρό, τα υπόγεια εμπορικά κέντρα, και τα μεγάλα κέντρα των πόλεων. Τέτοια LBS που παρέχονται μέσα στα κτίρια ονομάζονται εσωτερικά LBS (ILBS).<sup>21</sup> Η έρευνα των Gyeyoung et al. (2013) παρουσίασε μία μέθοδο που προβλέπει το τι ενδιαφέρει τον χρήστη, ώστε η υπηρεσία VOD εσωτερικού LBS (ILBSVS) να μπορεί να παίξει το πιο κατάλληλο βίντεο για τον χρήστη. Η μέθοδος καθορίζει το αν ο χρήστης στέκεται ακίνητος ή αν κινείται ερευνώντας τις τιμές των αισθητήρων. Καθορίζει την τρέχουσα θέση και τον προσανατολισμό του χρήστη. Με την τοποθεσία και τον προσανατολισμό, καθορίζει το τι ενδιαφέρει τον χρήστη, ανατρέχοντας στον χάρτη δαπέδου.

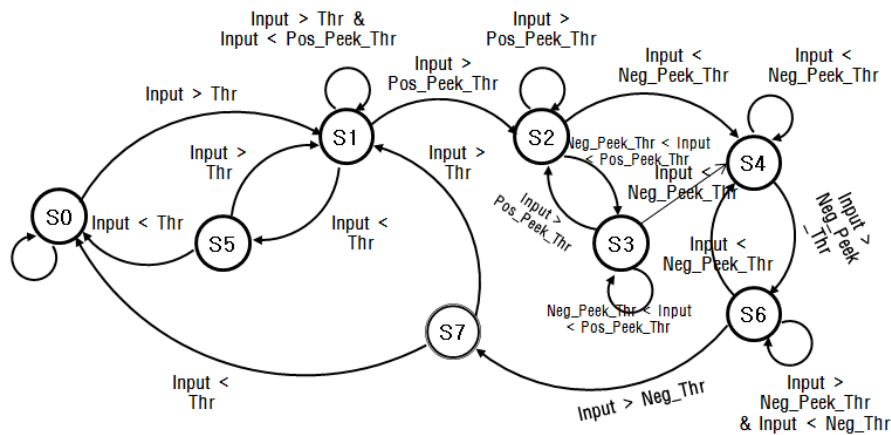
Η υιοθέτηση της προσέγγισης των δακτυλικών αποτυπωμάτων αποτελείται από δύο φάσεις: την φάση εκτός σύνδεσης και στην φάση με σύνδεση. Κατά τη διάρκεια της φάσης χωρίς σύνδεση, κατασκευάζουν έναν πίνακα αναζήτησης. Μία καταχώρηση του πίνακα αναζήτησης είναι ένα ζευγάρι ενός προσδιοριστή της τοποθεσίας και της ισχύος του λαμβανόμενου σήματος Wi-Fi στην τοποθεσία (RSS). Είναι γνωστό πως η προσέγγιση των

<sup>20</sup> ό.π.

<sup>21</sup> Gyeyoung Lee, Jaegeol Yim and Changyong Han: Implementation of an Indoor-Location-Based Interactive VoD Player Using Web Services," Information-An International Interdisciplinary Journal, (ISSN 1343-4500) 16 (2B), pp.1309-1316 (2013)

δακτυλικών αποτυπωμάτων είναι αρκετά ακριβής.<sup>22</sup> Ωστόσο, υπάρχει μία μεγάλη αδυναμία αυτής της τεχνικής – η δημιουργία την βάσης δεδομένων των αποτυπωμάτων (πίνακας αναζήτησης) και η συντήρηση του δεν είναι ασήμαντες εργασίες.

Οι συγγραφείς<sup>23</sup> χρησιμοποίησαν την μηχανή πεπερασμένης κατάστασης (FSM) που φαίνεται στην Εικόνα 3.7 για να μετρήσουν τα βήματα. Οι καταστάσεις  $S_0$  και  $S_1$  αναπαριστούν τη στάση και πιθανόν το ξεκίνημα του βαδίσματος, οι  $S_2$  και  $S_3$  αντιπροσωπεύουν την θετική και αρνητική κορυφή που έχει επιτευχθεί, οι  $S_4$  και  $S_5$  χρησιμοποιούνται για την ανοχή του θορύβου, και η κατάσταση  $S_6$  αντιπροσωπεύει την τερματική κατάσταση.



Εικόνα 3.7 – Μηχανή πεπερασμένης κατάστασης για την μέτρηση των βημάτων.<sup>24</sup>

Το ILBVS είναι ένα σύστημα πελάτη-εξυπηρετητή. Το σύστημα του πελάτη είναι μία εφαρμογή Android. Η εφαρμογή αρχίζει παράλληλα τρεις δραστηριότητες: τη συλλογή τομών από τον αισθητήρα, την απόδοση του χάρτη του δαπέδου και την εκτέλεση του βίντεο. Η δραστηριότητα της απόδοσης περνά μέσα στο σύστημα αποθετηρίου του χάρτη του δαπέδου για να λάβει τον χάρτη της περιοχής, και έπειτα εμφανίζει τον χάρτη σε προβολή εικόνας.

Η δραστηριότητα εκτέλεσης του βίντεο ελέγχει αν ο χρήστης βρίσκεται σε κατάσταση κίνησης. Συνάγεται ως συμπέρασμα ότι δεν είναι σε κίνηση αν η τυπική απόκλιση από τις πρόσφατα συλλεγόμενες τιμές (για 2 δευτερόλεπτα) του άξονα Y του επιταχυνσιόμετρου είναι μικρότερη από 0.5.

Αν ο χρήστης καθοριστεί να μην κινείται, τότε στέλνει όλες τις συλλεγόμενες τιμές του αισθητήρα στον εξυπηρετητή του ιστού και επικαλείται την λειτουργία του νεκρού-υπολογισμού της θέσης. Η συνάρτηση εντοπισμού μετρά τα βήματα του χρήστη και εκτιμά την θέση του χρήστη σε κάθε βήμα. Βρίσκει επίσης το έκθεμα που κοιτάζει ο χρήστης με την βοήθεια της τρέχουσας θέσης του και της κατεύθυνσης προς την οποία είναι στραμμένος. Εντοπίζει επίσης το βίντεο που σχετίζεται στενά με το έκθεμα που παρακολουθεί ο χρήστης. Στη συνέχεια, ο εξυπηρετητής επιστρέφει την αλληλουχία των εκτιμημένων θέσεων και την URL του βίντεο.<sup>25</sup>

<sup>22</sup> Jaegeol Yim: Introducing a decision tree-based indoor positioning technique. Expert Systems with Applications 34(2), pp. 1296--1302 (2008)

<sup>23</sup> Jaegeol Yim: A Smartphone Indoor Positioning Method. IJMUE to be published.

<sup>24</sup> Jaegeol Yim (2013). Design of Smart-Phone Sensor-Based Indoor Location Based Service System. Advanced Science and Technology Letters Vol.30 (ICCA 2013).

<sup>25</sup> .όπ.

### 3.4.5 ΝΕΑ ΜΕΘΟΔΟΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΤΗΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΥ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ ΧΩΡΟΥ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ WIFI

Η χαμηλή ακρίβεια εντοπισμού της γεωγραφικής θέσης αποτελεί ακόμη ζήτημα για τον εντοπισμό που βασίζεται στα συστήματα Wi-Fi λόγω της διακύμανσης του σήματος που προκαλείται από ποικίλες παρεμβολές. Ο κύριος σκοπός της έρευνας των Yuntian et al. (2014) είναι η βελτίωση της ακρίβειας εντοπισμού στα συστήματα Wi-Fi. Στην μελέτη γίνεται ανασκόπηση των συνηθισμένων τεχνικών εντοπισμού εσωτερικού χώρου. Ακόμη ερευνούνται τα πλεονεκτήματα και οι προκλήσεις των τεχνολογιών Wi-Fi και των «έξυπνων τηλεφώνων». Τέσσερις είναι οι τύποι των μοντέλων μέτρησης που χρησιμοποιούνται συνήθως για τον εντοπισμό σε κλειστούς χώρους, που είναι:

1. Η ώρα άφιξης (ToA).
2. Η διαφορά ώρας της άφιξης (TDoA).
3. Η γωνία της άφιξης (AoA).
4. Τα μοντέλα που βασίζονται στην ένδειξη της ισχύος του σήματος (RSSI).

Πίνακας 3.3 – Σύγκριση των τεσσάρων μοντέλων μέτρησης.<sup>26</sup>

Μέθοδος	Συγχρονισμός	Αρ. απαιτ. αποδεκτών	LoS	Ακρίβεια
ToA	Κινητό αντ/μενο κ όλοι οι αποδ.	≥ 3 αποδέκτες	Ναι	Υψηλή
TDoA	Όλοι οι αποδέκτες	≥ 2 αποδέκτες	Ναι	Υψηλή
AoA	Δεν απαιτείται	συστοιχία κεραιών	Ναι	Μεσαία
RSSI	Δεν απαιτείται	≥ 3 αποδέκτες	Όχι	Μεσαία

Το κύτταρο αφετηρίας (CoO), ο τριμερισμός και τα δακτυλικά αποτυπώματα, είναι οι τρεις πιο συνηθισμένες μέθοδοι εκτίμησης της θέσης για τον εσωτερικό εντοπισμό. Γενικά, η μέθοδος CoO δεν χρησιμοποιείται τόσο πολύ όσο οι άλλες λόγω των χαμηλής ακρίβειας αποτελεσμάτων της. Η ακρίβεια της εξαρτάται από τα μέσα εφαρμογής.

Πίνακας 3.4 – Σύγκριση των τριών συνηθέστερων μεθόδων που χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση του εντοπισμού.<sup>27</sup>

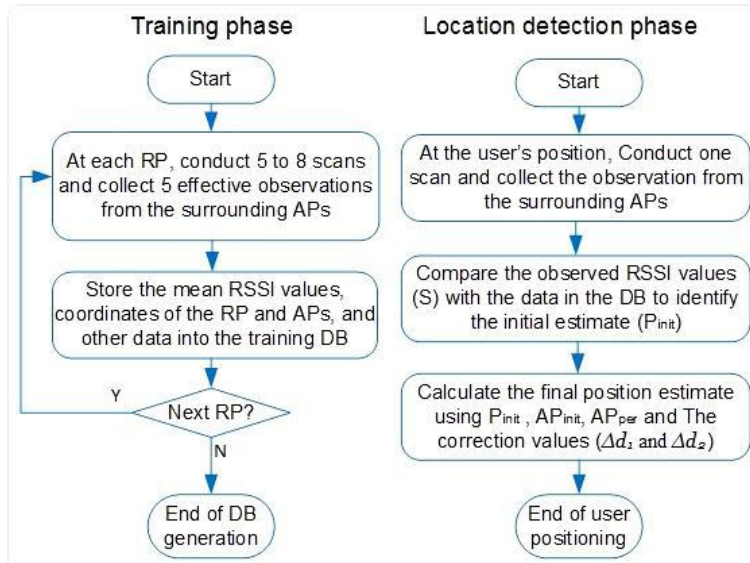
Μέθοδος	Ακρίβεια	Πλεονέκτημα	Μειονέκτημα
CoO	Χαμηλή προς μέτρια	Απλός αλγόριθμος	Διακριτές θέσεις; η ακρίβεια εξαρτ. από το μέγεθος των κυττάρων; πολλές συσκευές.
Trilateration	Μέτρια	Συνεχής εντοπισμός, δεν απαιτείται φάση εκπαίδευσης	Απαραίτητοι τουλαχ. 3 αποδέκτες; φτωγή ακρίβεια από περιβαλλοντικές επιδράσεις.
Fingerprinting	Μέτρια προς υψηλή	Συνεχής εντοπισμός; περιβαλ/κές επιδρ. λαμβ. υπόψη στην φάση εκπ.	Φτωγή ακρίβεια στα δυναμικά περιβάλλοντα

Στην έρευνα αυτή αναπτύχθηκε μία νέα μέθοδος εντοπισμού της θέσης σε κλειστούς χώρους για την βελτίωση της ακρίβειας εντοπισμού της εφαρμογής δακτυλικών

<sup>26</sup> Yuntian Brian Bai, Suqin Wu, Guenther Retscher, Allison Kealy, Lucas Holden, Martin Tomko, Aekarin Borriak, Bin Hu, Mark Sanderson, Hong Ren Wu, Kefei Zhang (2014). A New Method for Improving Wi-Fi Based Indoor Positioning Accuracy.

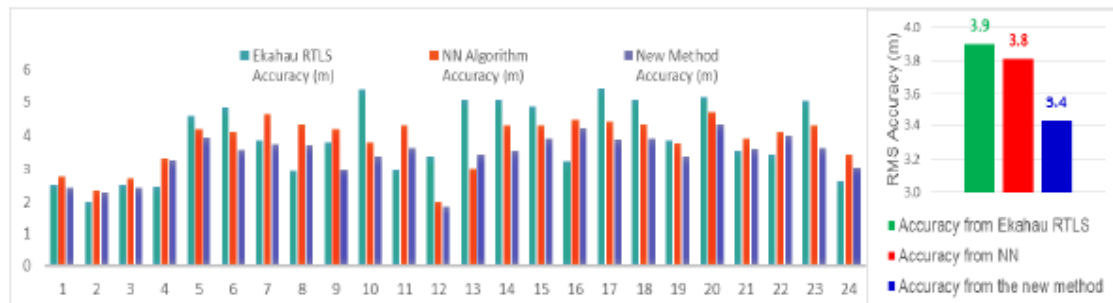
<sup>27</sup> ό.π.

αποτυπωμάτων, με βάση την φύση της χωρικής συσχέτισης της διάδοσης του σήματος Wi-Fi. Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται η γενική διαδικασία της νέας μεθόδου.



Εικόνα 3.8 – Γενική διαδικασία της νέας μεθόδου.<sup>28</sup>

Ένα περιβάλλον ελέγχου καθιερώθηκε στο εργαστήριο εντοπισμού σε κλειστούς χώρους RMIT, ώστε να διεξαχθεί ο έλεγχος των συστήματος Ekahau RTLS, του αλγόριθμου NN, και της νέας μεθόδου. Η Εικόνα 3.9 δείχνει την σύγκριση των αποτελεσμάτων τους υπό τη μορφή ακρίβειας εντοπισμού της θέσης.



Εικόνα 3.9 – Σύγκριση των αποτελεσμάτων ακρίβειας για το σύστημα Ekahau RTLS, τον αλγόριθμο NN, και τη νέα μέθοδο.<sup>29</sup>

Η ακρίβεια των 3.9m του συστήματος Ekahau RTLS είναι μεταξύ του φάσματος των 3-5m όπως αναφέρεται στο εγχειρίδιο του προϊόντος. Η ακρίβεια των 3.8m του NN είναι ελαφρώς καλύτερη, ωστόσο, δεν μπορεί να σχεδιαστεί από την μικρή αυτή διαφορά ότι γενικά είναι καλύτερη από εκείνη του συστήματος Ekahau. Παρόλα αυτά, η νέα μέθοδος εντοπισμού έχει παρουσιάσει μία αξιοσημείωτη και σταθερή βελτίωση σε σχέση με τις δύο άλλες προσεγγίσεις.

Συμπερασματικά, τα αποτελέσματα του ελέγχου έδειξαν πως η νέα μέθοδος βελτίωσε αποτελεσματικά και σταθερά την ακρίβεια σε επίπεδο σχεδόν μισού μέτρου. Επιπλέον, η νέα

<sup>28</sup> ό.π.

<sup>29</sup> ό.π.

μέθοδος εμφανίζει επίσης πλεονεκτήματα όπως είναι η ευελιξία και η διαθεσιμότητα για επιπλέον ανάπτυξη, όπως και η ευκολία να ενσωματωθεί με άλλα συστήματα εντοπισμού θέσης.<sup>30</sup>

### **3.4.6 ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΣΤΑΘΜΕΥΣΗΣ ΣΤΑ «ΕΞΥΠΝΑ ΚΙΝΗΤΑ»**

Η έρευνα των Jingbin et al. (2012) παρουσίασε την ανάπτυξη μίας έξυπνης υπηρεσίας στάθμευσης στα Smartphones που ονομάζεται «iParking». Βασιζόμενη στην υπάρχουσα υποδομή, η υπηρεσία iParking χρησιμοποιεί τα χαρακτηριστικά της ακριβούς ικανότητας ενός έξυπνου κινητού, για εντοπισμό σε εσωτερικούς χώρους, και συμπεριλαμβάνει ακριβείς λειτουργικότητες που βασίζονται στον εντοπισμό σε κλειστούς χώρους, όπως είναι η πλοήγηση σε ένα κλειστό χώρο στάθμευσης και οι έξυπνες υπηρεσίες πληροφοριών. Στην μελέτη αυτή, περιγράφεται συνοπτικά η λύση για τον εντοπισμό σε εσωτερικούς χώρους ενός smartphone, και καταδεικνύεται η υπηρεσία iParking μέσα σε μία πραγματική εγκατάσταση στάθμευσης εσωτερικού χώρου, μέσα σε ένα εμπορικό κέντρο.

Μία υπηρεσία έξυπνης στάθμευσης, νέας γενιάς, απαιτείται να παρέχει στον ενδιαφερόμενο τα ακόλουθα πλεονεκτήματα:

- ⇒ Αποτελεσματική και προληπτική διαχείριση της κινητικότητας.
- ⇒ Ενίσχυση της εκμετάλλευσης της απόδοσης και εξοικονόμηση του κόστους στον χώρο στάθμευσης.
- ⇒ Έξυπνες υπηρεσίες.
- ⇒ Βελτιωμένη ποιότητα της επιχείρησης.
- ⇒ Περισσότερο βιώσιμες κοινότητες.

Στην κάτωθι εικόνα φαίνεται η αρχιτεκτονική της υπηρεσίας iParking, η οποία συνδέεται τις εγκαταστάσεις στάθμευσης, τους χρήστες και τους παρόχους υπηρεσιών μέσω του διαδικτύου.

---

<sup>30</sup> ό.π.



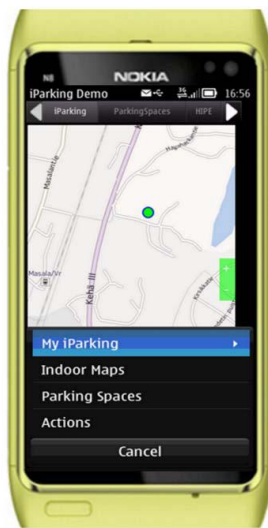


**Εικόνα 3.10 – Η αρχιτεκτονική της υπηρεσίας iParking.**<sup>31</sup>

Οι λειτουργίες της υπηρεσίας iParking διεξάγονται πάνω στο λογισμικό του πελάτη, το οποίο έχει γραφική διεπιφάνεια (Εικόνα 3.11). Στην τρέχουσα μορφή του, το πρόγραμμα αναπτύσσεται με ένα smartphone Nokia N8, το οποίο εκτελείται με λειτουργικό σύστημα Symbian^3 (OS). Η ανάπτυξη του λογισμικού γίνεται με Qt SDK και με το αναβαθμισμένο περιβάλλον Qt Creator (IDE).<sup>32</sup> Χρησιμοποιούνται APIs για την αναζήτηση των μετρήσεων από τους αισθητήρες του smartphone για τον εντοπισμό σε κλειστούς χώρους. Για την οδική πλοήγηση χρησιμοποιούνται οι χάρτες της NOKIA, ενώ ως χάρτης εσωτερικού χώρου χρησιμοποιείται ένας χάρτης δαπέδου που βασίζεται στην εικόνα.

<sup>31</sup> Jingbin Liu, Ruizhi Chen, Yuwei Chen, Ling Pei and Liang Chen (2012). iParking: An Intelligent Indoor Location-Based Smartphone Parking Service. *Sensors* 2012, 12, 14612-14629; doi:10.3390/s121114612.

<sup>32</sup> Qt Creator IDE and Tools. Available online: <http://qt.nokia.com/products/developer-tools/> (accessed on 17 May 2012).



**Εικόνα 3.11 – Το γραφικό περιβάλλον του χρήστη και το βασικό μενού του προγράμματος πελάτη iParking, το οποίο εκτελείται σε ένα smartphone και εμφανίζει την τρέχουσα θέση του χρήστη με την σημαία πάνω στον χάρτη.**<sup>33</sup>

Η υπηρεσία iParking είναι μία περιβαλλοντικά φιλική λύση για την κοινωνία, μία αποδοτική λύση κόστους και ενέργειας για τους χρήστες, και μία αποτελεσματική λύση για τους χειριστές των εσωτερικών χώρων στάθμευσης και τους παρόχους υπηρεσιών.

Η προτεινόμενη λύση εντοπισμού της θέσης σε εσωτερικούς χώρους, η οποία συγχωνεύει τα σήματα WLAN και τις μετρήσεις του αισθητήρα των έξυπνων τηλεφώνων, είναι επαρκής για να βοηθήσει στην υπηρεσία ενός έξυπνου χώρου στάθμευσης, υπό τη μορφή της ακρίβειας του εντοπισμού, της αξιοπιστίας και της διαθεσιμότητας.

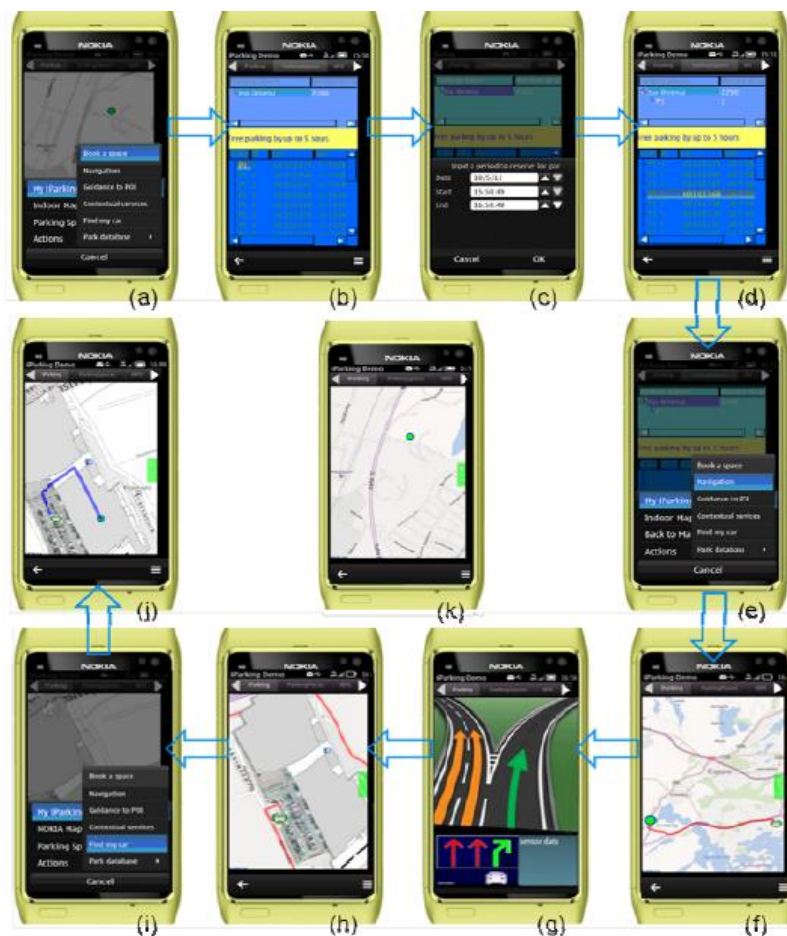
Μία καλά διαχειριζόμενη εγκατάσταση στάθμευσης μπορεί να εμπλουτίσει την απόδοση του χρήστη και να αυξήσει τα έσοδα του χώρου στάθμευσης. Η έρευνα αυτή παρουσιάζει την τεχνολογική ικανότητα και αποδοτικότητα μίας νέας υπηρεσίας στάθμευσης εσωτερικού χώρου που είναι διαθέσιμη στα smartphones.

Η περαιτέρω ανάπτυξη της υπηρεσίας αυτής θα συμπεριλαμβάνει δύο πτυχές: Πρώτα, θα αναπτυχθούν περισσότερες λειτουργίες για να υποστηρίξουν τις λειτουργικές απαιτήσεις των χειριστών του χώρου στάθμευσης και έξυπνες υπηρεσίες για τις δραστηριότητες πριν και μετά από την στάθμευση. Από την άλλη πλευρά, η υπηρεσία πρέπει να αναπτύσσεται σε περισσότερες εγκαταστάσεις εσωτερικών χώρων στάθμευσης, ώστε να προωθηθεί η υπηρεσία στην επικρατούσα αγορά.<sup>34</sup>

---

<sup>33</sup> Jingbin Liu, Ruizhi Chen, Yuwei Chen, Ling Pei and Liang Chen (2012). iParking: An Intelligent Indoor Location-Based Smartphone Parking Service. *Sensors* 2012, 12, 14612-14629; doi:10.3390/s121114612.

<sup>34</sup> ό.π.



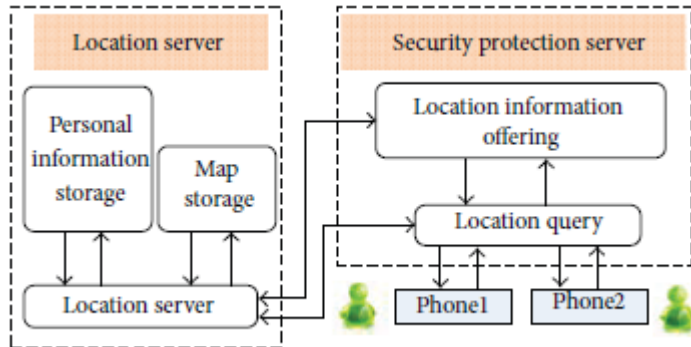
Εικόνα 3.12 – Επίδειξη της υπηρεσίας iParking στο πραγματικό περιβάλλον του χώρου στάθμευσης ενός εμπορικού κέντρου. Τα μπλε βέλη δηλώνουν τη ροή των λειτουργιών.<sup>35</sup>

### 3.4.7 ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΑΘΟΔΗΓΗΣΗΣ ΕΞΥΠΝΟΥ ΚΙΝΗΤΟΥ ΜΕ ΒΑΣΗ RFID

Η έρευνα των Hong et al. (2014) παρουσίασε ένα καινούριο σύστημα ασφάλειας κατευθυντήριας επίσκεψης (SVG) που βασίζεται σε ένα συνδυασμένο σύστημα έξυπνου τηλεφώνου και RFID. Βασιζόμενος σε αυτό το σύστημα, ένας ξενιστής μπορεί εύκολα να συναντήσει ξένους, ενώ οι προσωπικές του πληροφορίες δεν θα διαρρεύσουν. Συγχρόνως, το σύστημα μπορεί να διαχειριστεί τα πολύτιμα αντικείμενα, ώστε να μη χαθούν. Το σύστημα SVG αποτελείται από δύο μέρη: τον εξοπλισμό και το λογισμικό. Η πλευρά του εξοπλισμού συντίθεται από ετικέτες RFID, αναγνώστες, το smartphone και έναν διακομιστή. Το λογισμικό τμήμα είναι μία υπηρεσία ασφαλούς επίσκεψης που εκτελείται στον διακομιστή. Ο διακομιστής έχει επίσης μία βάση δεδομένων για να αποθηκεύει τις πληροφορίες από τα αντικείμενα, όπως είναι μία συσκευή ή ένα κινητό τηλέφωνο, και κάθε αντικείμενο είναι προσδιορισμένο με έναν μοναδικό αριθμό. Το σύστημα SVG συνήθως είναι εγκατεστημένο μέσα σε ένα κτίριο ή σε ένα

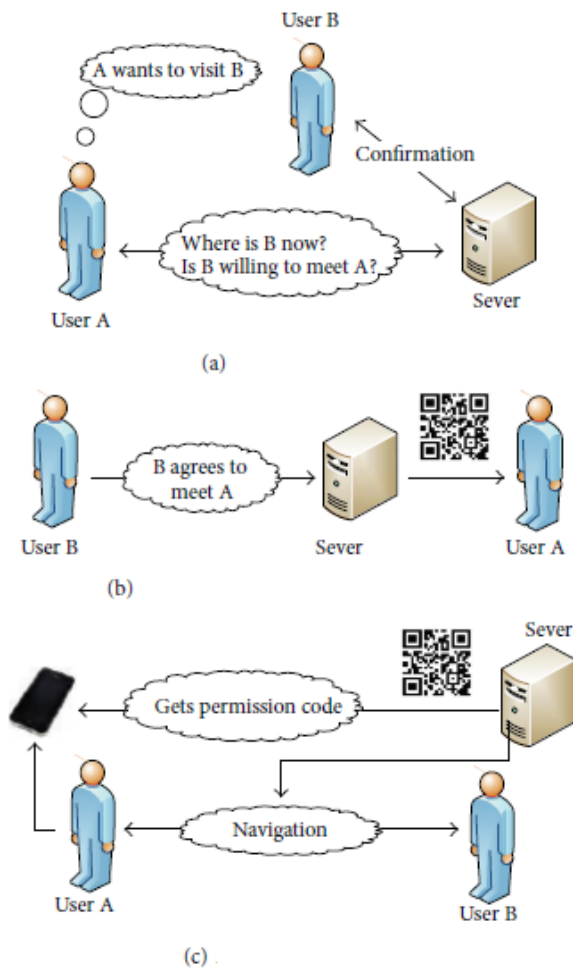
<sup>35</sup> ό.π.

εργαστήριο. Έτσι ο διακομιστής αποθηκεύει τον χάρτη του κτιρίου ή τους εργαστηρίου, και ένας υπολογιστής τοποθετείται στην είσοδο του κτιρίου. Όταν κάποιος ξένος εισέρχεται στο κτίριο και θέλει να συναντήσει εκεί έναν ξενιστή, μπορεί να εγγραφεί στο σύστημα από την ρεσεψιόν. Αφού λάβει την επιβεβαίωση του ξενιστή, το σύστημα του προσδίδει έναν προσωρινό αριθμό. Το SVG χρησιμοποιεί τους προσωρινούς αριθμούς και τον αριθμό του ξενιστή για να ξαναγρήσει και τους δύο. Ακόμη και όταν κινούνται, το SVG μπορεί να τους προτείνει το πλησιέστερο μονοπάτι και τους βοηθά να συναντηθούν το συντομότερο δυνατό. Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται η αρχιτεκτονική του συστήματος SVG, ενώ στην Εικόνα 3.14 αναπαριστάται ο μηχανισμός ασφαλούς επίσκεψης.



Εικόνα 3.13 – Αρχιτεκτονική του συστήματος SVG.<sup>36</sup>

<sup>36</sup> Hong Zeng, Jianhui Zhang, Guojun Dai, Zhigang Gao, and Haiyang Hu (2014). Security Visiting: RFID-Based Smartphone Indoor Guiding System. Hindawi Publishing Corporation International Journal of Distributed Sensor Networks, Volume 2014, Article ID 212741, 13 pages.



Εικόνα 3.14 – Ο μηχανισμός ασφαλούς επίσκεψης. a) ο A θέλει να επισκεφτεί τον B, b) ο B πιστοποιεί τον A μέσω ενός διακομιστή υποστήριξης, c) ο A λαμβάνει έγκριση.<sup>37</sup>

Το προτεινόμενο σύστημα παρέχει οικονομικά αποδοτικές λύσεις στην ξενάγηση σε κλειστούς χώρους και στην ασφάλεια της επίσκεψης. Το σύστημα αξιολογήθηκε αφού αναπτύχθηκε πάνω σε πλατφόρμα Android. Μέσω των πειραμάτων, τα αποτελέσματα της αξιολόγησης καταδεικνύουν πως το σύστημα αυτό μπορεί να μικρύνει τον χρόνο αναζήτησης και να προστατεύσει την ιδιωτικότητα του χρήστη.<sup>38</sup>

<sup>37</sup> ό.π.

<sup>38</sup> ό.π.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

### ΠΡΟΣΦΑΤΕΣ ΕΡΕΥΝΕΣ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΚΑΙ ΑΛΓΟΡΙΘΜΩΝ

---

#### 4.1 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΟΥ ΔΙΑΚΡΙΤΟΥ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΥ GPS ΣΤΑ SMARTPHONES

Η μελέτη των Oehler et al. (2001) παρέχει πολύτιμα αποτελέσματα τόσο για έρευνα όσο και για πρακτική εφαρμογή, και συνεισφέρει στην μελέτη που αφορά στις κινητές εφαρμογές για GIS με έξυπνα κινητά. Χρησιμοποιώντας την μεθοδολογία της αξιολόγησης, παρέχεται η δυνατότητα μελλοντικής αποτίμησης των smartphones για την καταλληλότητα τους στην ανίχνευση διακριτού εντοπισμού της θέσης. Η μελέτη δίνει οδηγίες στους προγραμματιστές για το πώς θα ελέγξουν τις προκλήσεις που προκύπτουν σε μία πρακτική ανάπτυξη των smartphones που σχετίζεται με τον εντοπισμό GPS. Στην πράξη, συμβουλεύει τους παρόχους και δίνει λύσεις εντοπισμού χαμηλού κόστους, ειδικά για τις αθλητικές εκδηλώσεις, με αποτελέσματα που σχετίζονται με την καταλληλότητα των έξυπνων κινητών.

Για την προσέγγιση του ερωτήματος του αν τα smartphones είναι κατάλληλα για διακριτό εντοπισμό GPS, σχεδιάστηκε μία συγκριτική μελέτη που στοχεύει στην αξιολόγηση της ακρίβειας, της διαθεσιμότητας, της ακεραιότητας και της συνέχειας των διαφορετικών ανιχνευτών GPS. Οι τέσσερις αυτές μεταβλητές θεωρούνται ως οι βασικές εξαρτημένες μεταβλητές για την αξιολόγηση των υπηρεσιών εντοπισμού της θέσης.<sup>1</sup> Η ακρίβεια περιγράφει την ακρίβεια της αντιστοίχισης μίας μετρημένης συντεταγμένης σε σχέση με ένα γνωστό σημείο αναφοράς. Η διαθεσιμότητα έχει δύο πτυχές: Πρώτον, περιγράφει τη διαθεσιμότητα των σημάτων GPS στο πεδίο λειτουργίας και δεύτερον περιγράφει τη διάρκεια ζωής της μπαταρίας των ανιχνευτών κατά τη διάρκεια του σεναρίου ανίχνευσης. Η συνέχεια περιγράφει την απαίτηση του να είναι δυνατό να λαμβάνονται συχνές διορθώσεις-καθορισμοί του GPS. Η ακεραιότητα σχετίζεται με την ιδιότητα κατά την οποία η εξαχθείσα θέση εμπίπτει στο ανεκτό περιθώριο ακρίβειας.

Για την διακριτή ανίχνευση GPS, υπάρχουν πολλοί παράγοντες επίδρασης που πρέπει να ερευνηθούν. Στην μελέτη αυτή λαμβάνονται υπόψη τα ακόλουθα σημεία:

---

<sup>1</sup> V. Oehler, F. Luongo, J. Boyero, R. Stalford, H. Trautenberg, J. Hahn, F. Amarillo, M. Crisci, B. Schlarmann, and J. Flamand. The galileo integrity concept. In Proceedings of the 17th International Technical Meeting of the Satellite Division of The Institute of Navigation (ION GNSS 2004), pages 604(615, 2001.

1. Η κινητή συσκευή.
2. Ο εξοπλισμός GPS που είναι ενσωματωμένος στην κινητή συσκευή.
3. Η χωρητικότητα της μπαταρίας των κινητών συσκευών.
4. Η πλατφόρμα του λειτουργικού συστήματος με τα API της.
5. Το περιβάλλον ελέγχου που επιλέγεται για την έρευνα.



Εικόνα 4.1 – Συσκευές και πλατφόρμες που χρησιμοποιούνται για την έρευνα.<sup>2</sup>

Οι σημαντικές διαφορές στην συνέχεια γίνονται προφανείς στην Εικόνα 4.2, όπου υπάρχει μία απόκλιση των 180m μεταξύ των ανιχνευτών σε μία δεδομένη στιγμή. Αυτό μπορεί να εξηγηθεί αν ληφθεί υπόψη η δυσκολία μερικών συσκευών να λαμβάνουν συνεχείς ενημερώσεις GPS.



Εικόνα 4.2 – Συνέχεια / Ακεραιότητα: Απόκλιση έως 180m σε μία δεδομένη στιγμή, που οπτικοποιείται με το Google Earth.<sup>3</sup>

Η μελέτη αυτή έριξε φως στην ερώτηση του αν τα smartphones είναι κατάλληλα στην χρησιμοποίηση της διακριτής ανίχνευσης GPS, σε σενάρια όπως είναι οι διαγωνισμοί ιστιοπλοΐας. Η αξιολόγηση δείχνει πως αυτό εξαρτάται πολύ από τον τύπο του επιλεγμένου smartphone. Υπάρχουν πράγματι συσκευές που δείχνουν ανώτερη απόδοση GPS από τους αποκλειστικούς ανιχνευτές GPS. Μετά από την αξιολόγηση των τεσσάρων παραμέτρων που

<sup>2</sup> Basil Hess, Armin Zamani Farahani, Fabian Tschirschnitz, Felix von Reischach (2012). Evaluation of Fine-Granular GPS Tracking on Smartphones. ACM SIGSPATIAL MobiGIS'12, Nov 6, 2012. Redondo Beach, CA, USA.

<sup>3</sup> ό.π..

αναφέρθηκαν παραπάνω, μπορεί να εξαχθεί πως υπάρχουν smartphones που είναι κατάλληλα για σενάρια με απαιτήσεις διακριτότητας, όπως είναι η ανίχνευση των αθλημάτων ιστιοπλοΐας. Ακολουθώντας τα αποτελέσματα της έρευνας, η απόφαση λήφθηκε στην χρήση της συσκευής Samsung Galaxy SII λόγω της καλής της απόδοσης σε όλες τις μετρήσεις GPS.

Η χρησιμοποίηση των smartphones ανοίγει νέες περιοχές εφαρμογής για την ανίχνευση GPS και δίνει τη δυνατότητα στους ιδιωτικούς χρήστες να έχουν πρόσβαση χωρίς την απαίτηση περίπλοκων υποδομών.<sup>4</sup>

## **4.2 ΣΥΣΤΗΜΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΗΣ ΤΟΠΟΘΕΣΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΤΟΥ ΠΡΟΟΡΙΣΜΟΥ ΑΠΟ ΤΟΥΣ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΤΩΝ SMARTPHONES**

Η έρευνα των Kim & Cho (2014) προτείνει ένα σύστημα διαχείρισης της γεωγραφικής θέσης, το οποίο διαχειρίζεται την πληροφορία της θέσης και προβλέπει μία μελλοντική θέση και ένα κινούμενο μονοπάτι από τις τρέχουσες τιμές του αισθητήρα. Το προτεινόμενο σύστημα αποτελείται από πέντε λειτουργικές μονάδες. Τρεις μονάδες εκτελούνται για την διαχείριση της πληροφορίας της θέσης και του περιεχομένου του χρήστη, και δύο μονάδες προβλέπουν την μελλοντική πληροφορία σχετικά με τις τοποθεσίες. Για να φανεί η επιτευξιμότητα του προτεινόμενου συστήματος, διεξήχθη αξιολόγηση πάνω σε κάθε λειτουργική μονάδα με ένα πραγματικό σύνολο δεδομένων που συλλέχθηκε από κινητές συσκευές.

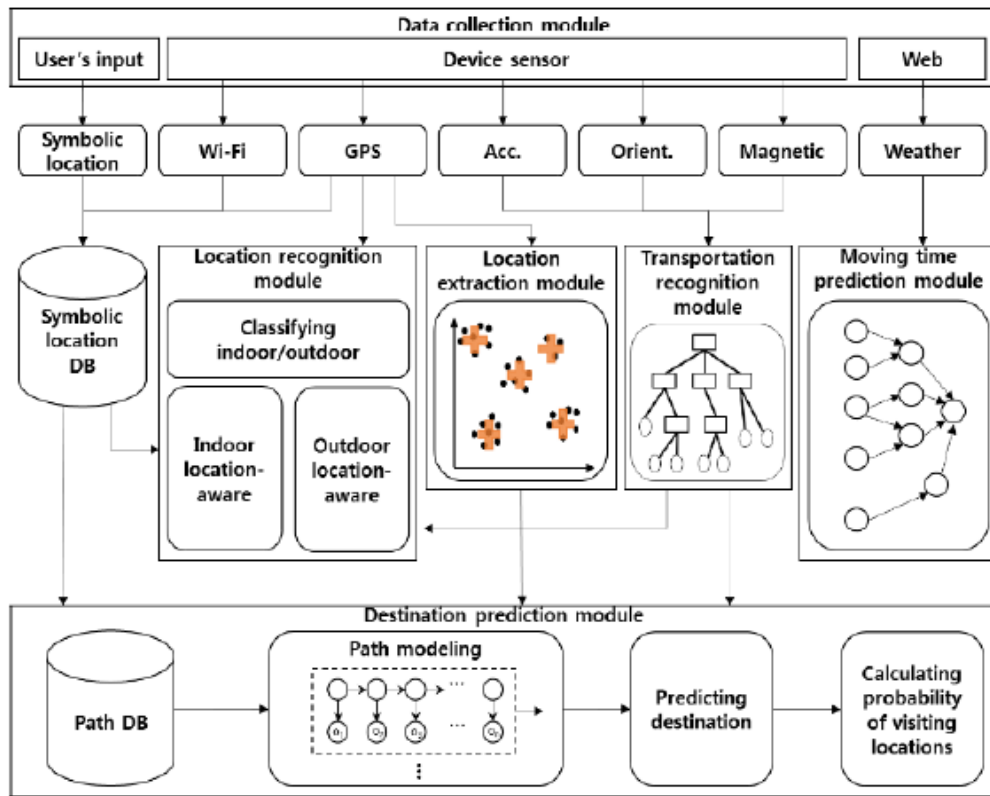
Το προτεινόμενο σύστημα αποτελείται από δύο λειτουργίες, οι οποίες είναι η διαχείριση της θέσης και η υπηρεσία με την θέση. Η διαχείριση της θέσης παρέχεται από την αναγνώριση της μεταφοράς, την αναγνώριση της θέσης, την πρόβλεψη της κίνησης του χρόνου και την πρόβλεψη του προορισμού.

Για τη διαχείριση των θέσεων στο σύστημα αυτό, πρώτα το σύστημα συλλέγει τα δεδομένα του αισθητήρα και τις πληροφορίες εισόδου του χρήστη στην μονάδα συλλογής των δεδομένων. Έπειτα, αναγνωρίζει τις σημαντικές θέσεις του χρήστη χρησιμοποιώντας την μονάδα εξαγωγής της θέσης. Οι εξαγόμενες θέσεις διαχειρίζονται σε συμβολικές τοποθεσίες.

---

<sup>4</sup> ό.π.





Εικόνα 4.3 – Επισκόπηση του συστήματος.<sup>5</sup>



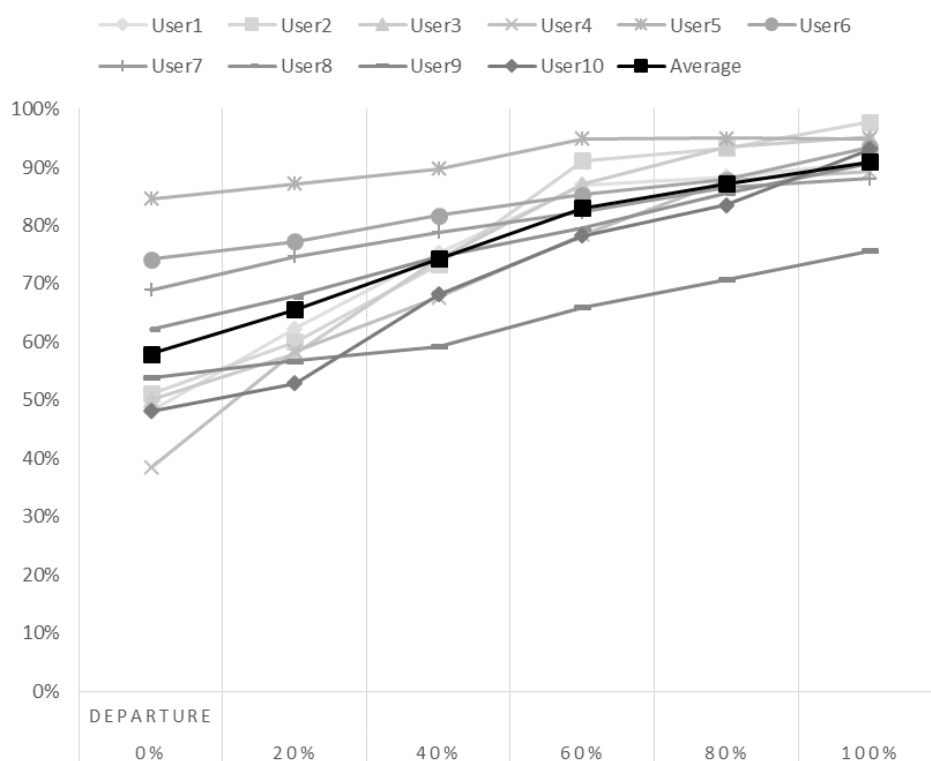
Εικόνα 4.4 – Παράδειγμα εξαγωγής της θέσης.<sup>6</sup>

Στο σύστημα αυτό, η πρόβλεψη του προορισμού εκτελείται υπολογίζοντας την ομοιότητα μεταξύ του νέου μονοπατιού και του πιθανολογικού μοντέλου, το οποίο περιέχει πληροφορίες από το μονοπάτι με διαφορετικές μονάδες, και βρίσκει τον προορισμό του χρήστη. Τα

<sup>5</sup> Sun-You Kim, Sung-Bae Cho (2014). A Location Management System for Destination Prediction from Smartphone Sensors. *UBICOMM 2014 : The Eighth International Conference on Mobile Ubiquitous Computing, Systems, Services and Technologies*. ISBN: 978-1-61208-353-7.

<sup>6</sup> ό.π.

πειραματικά αποτελέσματα με τα πραγματικά δεδομένα που συλλέχθηκαν από δέκα άτομα, δείχνουν την χρησιμότητα του προτεινόμενου συστήματος.<sup>7</sup>



Εικόνα 4.5 – Αξιολόγηση απόδοσης της πρόβλεψης του προορισμού.<sup>8</sup>

### 4.3 ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΟΥ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΥ GPS ΣΤΑ ΕΞΥΠΝΑ ΚΙΝΗΤΑ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΕΝΣΩΜΑΤΩΜΕΝΩΝ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ

Η έρευνα των Hwang & Yu (2012) προτείνει έναν αλγόριθμο βελτίωσης του εντοπισμού της γεωγραφικής θέσης στα σημεία αναφοράς του συστήματος GPS, αναβαθμίζοντας τις πληροφορίες από τους πολλαπλούς αισθητήρες όπως είναι το γυροσκόπιο και η πυξίδα στα smartphones. Ο αλγόριθμος αυτός εφαρμόζεται σε ένα έξυπνο τηλέφωνο και αξιολογείται η απόδοσή του σε μία πανεπιστημιακή.

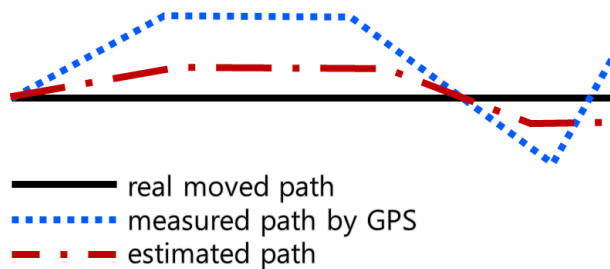
Ο προτεινόμενος αλγόριθμος αποτελείται από τρία βήματα: την εύρεση της σωστής κατεύθυνσης της κίνησης, λαμβάνοντας την απόσταση της μετακίνησης, και αναβαθμίζοντας τα προηγούμενα αποτελέσματα και την πληροφορία της θέσης από το GPS.

Για να ληφθεί η κατεύθυνση της κίνησης, λαμβάνεται η ένδειξη της ενσωματωμένης μέσα στο smartphone πυξίδας. Ωστόσο, η πυξίδα εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το μαγνητικό πεδίο του περιβάλλοντος, έτσι έχει χαμηλότερη ακρίβεια. Για να ληφθούν πιο ακριβείς τιμές από την ένδειξη του χρήστη, σταθεροποιείται η τιμή της ένδειξης της πυξίδας με την επαναλαμβανόμενη επεξεργασία των δεδομένων.

<sup>7</sup> ό.π.

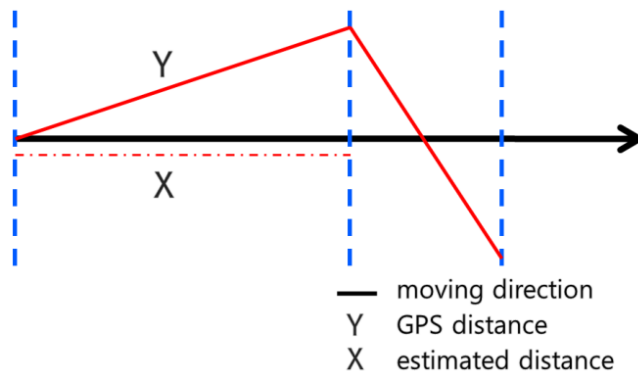
<sup>8</sup> ό.π.

Αφού ληφθεί η κατεύθυνση της κίνησης του χρήστη, η κινούμενη απόσταση υπολογίζεται από την πρόσθεση των αποστάσεων της κάθε συντεταγμένης από τις πληροφορίες της θέσης του GPS. Η πληροφορία της θέσης του GPS δείχνει τη διαφορά σε σχέση με το πραγματικό κινούμενο μονοπάτι όπως παρουσιάζεται στην Εικόνα 4.6. Έτσι, η υπολογισμένη απόσταση της κίνησης είναι μεγαλύτερη από την πραγματική κινούμενη απόσταση, αν υπολογίζεται από το άθροισμα των αποστάσεων μεταξύ κάθε συντεταγμένης από την πληροφορία εντοπισμού της θέσης GPS.



Εικόνα 4.6 – Κινούμενο μονοπάτι και απόσταση.<sup>9</sup>

Για να διορθωθεί το πρόβλημα, υπολογίζεται η απόσταση της κίνησης χρησιμοποιώντας μία τριγωνομετρική συνάρτηση όπως φαίνεται στην Εικόνα 4.7.



Εικόνα 4.7 – Υπολογισμός απόστασης της κίνησης.<sup>10</sup>

Η προτεινόμενη μέθοδος υπολογίζει το κινούμενο μονοπάτι, αναβαθμίζοντας την πληροφορία εντοπισμού της θέσης GPS και τα δεδομένα του αισθητήρα και αποτρέπει τη συσσώρευση του σφάλματος εντοπισμού της θέσης.

Παρακολούθηθηκε ακολούθως η πορεία της κίνησης στο smartphone και η διαδρομή εμφανίζεται στον χάρτη. Υπάρχουν δύο είδη παρακολούθησης: εκείνη με την προτεινόμενη μέθοδο και εκείνη που γίνεται παρακολουθώντας μόνο από την πληροφορία εντοπισμού του GPS. Η παρακάτω εικόνα δείχνει το πειραματικό περιβάλλον ως ένα σημείο παρεμβολής GPS. Η ακρίβεια του GPS μειώνεται στα σημεία παρεμβολής GPS, όπως μέσα σε ένα δάσος ή γύρω από κτίρια.

<sup>9</sup> Soyoung Hwang and Donghui Yu (2012). GPS Localization Improvement of Smartphones Using Built-in Sensors. International Journal of Smart Home Vol. 6, No. 3, July.

<sup>10</sup> ό.π.



Εικόνα 4.8 – Περιβάλλον πειράματος.<sup>11</sup>

Τα πειραματικά αποτελέσματα παρουσιάζονται στην Εικόνα 4.9. Όπως φαίνεται, η πληροφορία εντοπισμού της θέσης του GPS παρεκκλίνει από το πραγματικό μονοπάτι της κίνησης. Από την άλλη πλευρά, η προσαρμοσμένη πληροφορία της θέσης μέσω του προτεινόμενου αλγόριθμου μπορεί να παρακολουθήσει το μονοπάτι της κίνησης με μεγαλύτερη ακρίβεια.



Εικόνα 4.9 – Πειραματικό αποτέλεσμα στην περιοχή παρεμβολής του GPS.<sup>12</sup>

<sup>11</sup> ό.π.

<sup>12</sup> Soyoung Hwang and Donghui Yu (2012). GPS Localization Improvement of Smartphones Using Built-in Sensors. International Journal of Smart Home Vol. 6, No. 3, July.



▲: GPS value    ▲: adjusted value

Εικόνα 4.10 – Πειραματικό αποτέλεσμα σε ανοιχτό χώρο.<sup>13</sup>

Η Εικόνα 4.10 δείχνει τα πειραματικά αποτελέσματα σε ένα γήπεδο ποδοσφαίρου ως ένας ανοιχτός χώρος. Στην περίπτωση αυτή, η πληροφορία εντοπισμού της θέσης GPS έχει υψηλή ακρίβεια. Ο προτεινόμενος αλγόριθμος διαθέτει επίσης λογικά αποτελέσματα αφού έχει ανατροφοδότηση από την πληροφορία θέσης του GPS.<sup>14</sup>

#### 4.4 ΑΚΡΙΒΕΙΑ ΘΕΣΗΣ ΣΤΑ SMARTPHONES ΚΑΙ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΤΙΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ LBS

Οι Hwang & Yu (2012) επανεξέτασαν τις οκτώ πιο κοινές τεχνολογίες εντοπισμού της γεωγραφικής θέσης στα μεγάλα σύγχρονα smartphones και αξιολόγησαν την ακρίβεια της θέσης τους σε σχέση με τη χρήση τους από τις εφαρμογές LBS. Στην έρευνα αυτή έγινε μία επισκόπηση των 40 μεγαλύτερων εφαρμογών LBS που είναι διαθέσιμες σε διαφορετικές κινητές πλατφόρμες όπως είναι οι Android, iOS, Blackberry OS, Symbian OS, και Windows Phone. Με βάση αυτές τις πλατφόρμες, οι εφαρμογές κατεβάζουν υπηρεσίες (Google Play, iTunes, κλπ). Οι εφαρμογές ταξινομήθηκαν σε 13 κατηγορίες ανάλογα με την λειτουργικότητά τους. Οι κατηγορίες αυτές ταξινομήθηκαν επίσης με βάση το επίπεδο κρίσιμότητά τους, ως χαμηλό, μεσαίο ή υψηλά κρίσιμο, και με βάση το αν λειτουργούν σε εσωτερικούς ή εξωτερικούς χώρους. Οι ακρίβειες των διαφορετικών τεχνολογιών εντοπισμού της θέσης συγκρίνονται με τα δύο αυτά κριτήρια. Τεχνολογικά καλυμμένες βρέθηκαν να είναι οι εφαρμογές που ήταν χαμηλού επιπέδου κρίσιμες σε εξωτερικούς χώρους και υψηλά κρίσιμες σε εσωτερικούς χώρους. Δεν επιλύθηκαν πλήρως οι εφαρμογές που ήταν υψηλά και μεσαία κρίσιμες σε εξωτερικούς χώρους. Τέλος, προτάθηκαν να εφαρμοστούν τρεις πιθανές λύσεις στα μελλοντικά smartphones για να επιλύσουν αυτό το τεχνολογικό κενό: Το παγκόσμιο σύστημα εντοπισμού θέσης πραγματικής

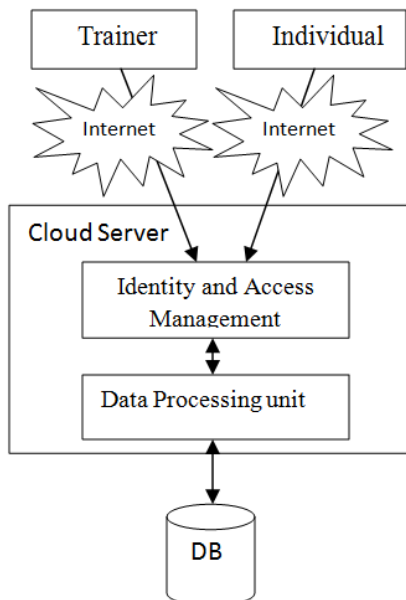
<sup>13</sup> ό.π.

<sup>14</sup> ό.π.

κινηματικής (RTK GPS), οι επίγειοι αναμεταδότες, και ο συνδυασμός του ασύρματου δικτύου αισθητήρων και της αναγνώρισης ραδιοσυχνοτήτων (WSN-RFID).<sup>15</sup>

#### 4.5 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΗΣ ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗΣ ΤΗΣ ΤΟΠΟΘΕΣΙΑΣ ΣΤΑ ΕΞΥΠΝΑ ΚΙΝΗΤΑ ΕΝΣΩΜΑΤΩΝΟΝΤΑΣ LBS ΠΟΥ ΒΑΣΙΖΟΝΤΑΙ ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ CLOUD

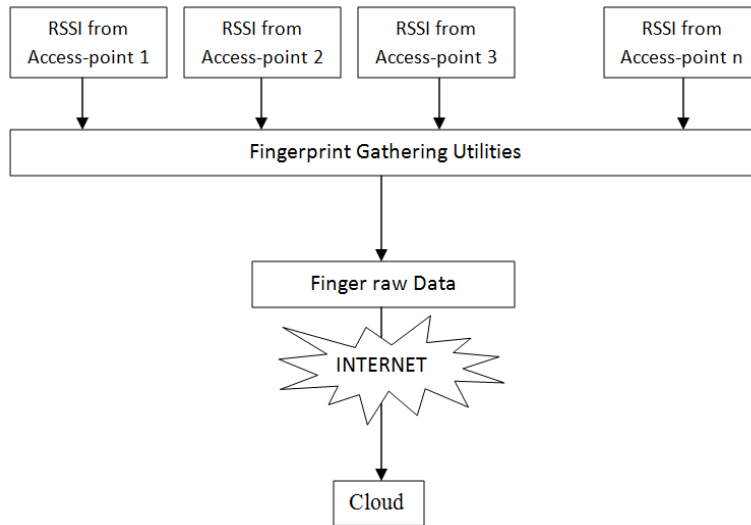
Η έρευνα των Katerji et al. (2012) προτείνει έναν καινούριο τρόπο παροχής των υπηρεσιών εντοπισμού της γεωγραφικής θέσης για την καταχώρηση εφαρμογών που πρόκειται να υλοποιηθούν μέσα σε smartphones, που είναι αναβαθμισμένα με την πλατφόρμα cloud και αντιπροσωπεύουν μία υπηρεσία για τους τελικούς χρήστες του cloud. Η απόδοση που είναι ανεξάρτητη από την συσκευή, χρησιμοποιεί ένα παγκόσμιο σύστημα εντοπισμού της θέσης (GPS) και σημεία πρόσβασης Wi-Fi, εξετάζοντας το σενάριο εύρεσης της θέσης του χρήστη. Για το σενάριο εσωτερικού χώρου, τα σημεία πρόσβασης Wi-Fi βοηθούν στην εύρεση της θέσης του χρήστη με την ανάγνωση του λαμβανόμενου σήματος (RSS). Αυτό εφαρμόζεται σε περιπτώσεις που οι παραδοσιακές προσεγγίσεις αποτυγχάνουν, συνήθως GPS/HPS, και στοχεύει στην εύρεση μίας τοποθεσίας του χρήστη με ανάλυση επιπέδου-αίθουσας. Για το σενάριο σε εξωτερικούς χώρους χρησιμοποιείται το GPS για την εύρεση της τοποθεσίας και χρησιμοποιείται μία υπηρεσία μηνυμάτων cloud της Google για την παροχή της υπηρεσίας μηνυμάτων. Οι πληροφορίες αυτές παρέχονται στον τελικό χρήστη μέσω εφαρμογής του ιστού. Η πρόταση εφαρμόζεται πρακτικά σε smartphones με λειτουργικό σύστημα android, μαζί με τις υπολογιστικές υπηρεσίες του cloud όπως είναι η μηχανή εφαρμογών της Google και η υπηρεσία μηνυμάτων GCM.



Εικόνα 4.11 – Αρχιτεκτονική του συστήματος για εντοπισμό της θέσης σε εσωτερικούς χώρους.<sup>16</sup>

<sup>15</sup> Wassim Katerji, Miguel Ángel Manso Callejo, and Ramón Alcarria Garrido (2014). Positional Accuracy in Smart-Phones and its Effect on LBS Applications.

Παρακάτω φαίνεται το αρχικό βήμα για τον εντοπισμό της θέσης σε εσωτερικούς χώρους που εκτελείται μόνο μία φορά.



**Εικόνα 4.12 – Διάγραμμα ροής της λειτουργίας εκπαίδευσης.**<sup>17</sup>

Στη λειτουργία εκπαίδευσης ο εκπαιδευτής πρώτα σαρώνει τον διαθέσιμο αριθμό των σημείων πρόσβασης σε μία συγκεκριμένη θέση. Αν δεν μπορεί να βρει αρκετά σημεία πρόσβασης τότε η σάρωση θεωρείται αποτυχημένη για την συγκεκριμένη θέση και πρέπει να αλλάξει την τοποθεσία ώστε το smartphone να μπορεί να βρει αρκετά σημεία πρόσβασης. Όταν τα βρει, διαβάζει τις τιμές RSSI των σημείων πρόσβασης, ενώ διαβάζοντας πρέπει να κάνει περιστροφή των 360° επειδή οι τιμές μπορεί να ποικίλουν για την ίδια θέση όταν στεκόμαστε σε διαφορετικές κατευθύνσεις.

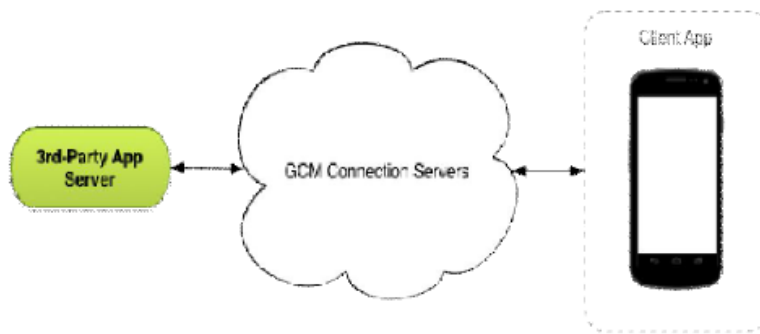
Στον εντοπισμό της θέσης σε εξωτερικό χώρο επιδιώκεται ο χρήστης να βρεθεί σε θέση έξω από το κτίριο χρησιμοποιώντας την υπηρεσία GPS. Εδώ, αναπτύσσεται μία εφαρμογή Android που χρησιμοποιεί την υπηρεσία GCM. Μία εφαρμογή GCM<sup>18</sup> συμπεριλαμβάνει έναν διακομιστή σύνδεσης που παρέχεται από την Google, έναν διακομιστή εφαρμογών για τους τρίτους, και μία εφαρμογή πελάτη που ενεργοποιείται από ένα GCM και εκτελείται πάνω σε μία συσκευή Android.

<sup>16</sup> Kiran V S and Savitha Sthawarmath (2014). State-of-the ART Location Recognition Development Over Smartphones by Integrating Cloud Based LBS's. International Journal of Innovative Research in Computer and Communication Engineering (An ISO 3297: 2007 Certified Organization) Vol. 2, Issue 4.

<sup>17</sup> Kiran V S and Savitha Sthawarmath (2014). State-of-the ART Location Recognition Development Over Smartphones by Integrating Cloud Based LBS's. International Journal of Innovative Research in Computer and Communication Engineering (An ISO 3297: 2007 Certified Organization) Vol. 2, Issue 4.

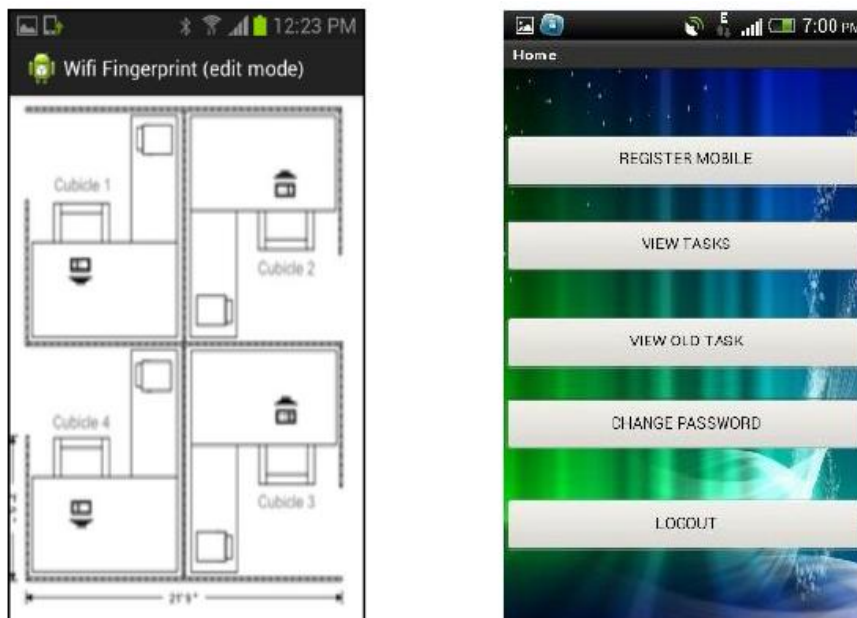
<sup>18</sup> Hansen, J.: "Cloud to Device Push Messaging on Android".Advanced Information Networking and Applications Workshops (WAINA),2012 26th International Conference , 26-29 March 2012.





Εικόνα 4.13 – Βασικό διάγραμμα ροής GCM.<sup>19</sup>

Στην Εικόνα 4.15 παρουσιάζεται η αρχική σελίδα εντοπισμού της γεωγραφικής θέσης για τους εσωτερικούς (ILR) και εξωτερικούς χώρους (OLR).



Εικόνα 4.14 – Αρχικές σελίδες των εφαρμογών εντοπισμού θέσης σε εσωτερικούς και εξωτερικούς χώρους.<sup>20</sup>

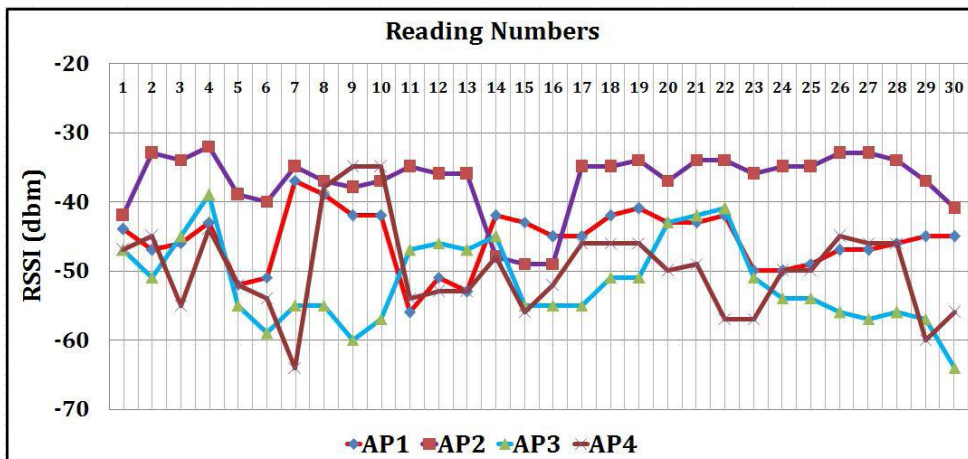
Η εφαρμογή αυτή παρέχει χαρακτηριστικά όπως είναι ο εντοπισμός των υπαλλήλων σε εσωτερικούς και εξωτερικούς χώρους, ο προγραμματισμός των εργασιών, η παρατήρηση της απόκρισης των υπαλλήλων, κλπ. τα οποία αποτελούν καθημερινές δραστηριότητες, η αυτοματοποίηση των οποίων διευκολύνει τη ζωή των ανθρώπων.<sup>21</sup>

<sup>19</sup> Kiran V S and Savitha Sthawarmath (2014). State-of-the ART Location Recognition Development Over Smartphones by Integrating Cloud Based LBS's. International Journal of Innovative Research in Computer and Communication Engineering (An ISO 3297: 2007 Certified Organization) Vol. 2, Issue 4.

<sup>20</sup> ό.π.

<sup>21</sup> ό.π.





Εικόνα 4.15 – Αναγνώσεις RSSI των σημείων πρόσβασης από το κινητό σε εντοπισμό της θέσης σε εσωτερικό χώρο.<sup>22</sup>

## 4.6 ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ ΑΥΤΟΜΑΤΗΣ ΕΝΑΛΛΑΓΗΣ ΜΕΤΑΞΥ WIFI ΚΑΙ GPS ΓΙΑ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟ ΣΕ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥΣ ΚΑΙ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥΣ ΧΩΡΟΥΣ

Η έρευνα των Gallagher et al. (2012) παρουσιάζει μία νέα τεχνική αυτόματης εναλλαγής μεταξύ εσωτερικών και εξωτερικών καταστάσεων σε ένα σύστημα εντοπισμού της γεωγραφικής θέσης. Το σύστημα αυτό χρησιμοποιεί αποτυπώματα Wi-Fi για τον εσωτερικό εντοπισμό της θέσης, καθώς και το σύστημα GPS για τον εξωτερικό εντοπισμό της γεωγραφικής θέσης, και παρέχει χρήσιμες πληροφορίες στους σπουδαστές σχετικά με την θέση που βρίσκονται και με ότι τους περιβάλλει. Η τεχνική που περιγράφεται ανιχνεύει την έλευση του χρήστη μέσα ή έξω από το κτίριο και εναλλάσσει αυτόματα την τεχνολογία εντοπισμού της θέσης. Η έρευνα δείχνει πως αποδίδει καλά, διερευνώντας τις πιθανότητες ανίχνευσης μετάβασης.

Ο αλγόριθμος εντοπισμού στοχεύει στο να παρέχει στους μαθητές και στο προσωπικό του πανεπιστημίου ένα λογισμικό που να μπορεί να τους καθοδηγήσει μέσα στον πολύπλοκο χώρο της πανεπιστημιούπολης, και να τους παρέχει πληροφορίες σχετικά με την θέση χρήσιμων υπηρεσιών όπως είναι οι θέσεις των θεάτρων, των ATMs, των στάσεων του λεωφορείου, κλπ. Είναι δομημένος πάνω σε ένα τύπο αρχιτεκτονικής πελάτη-εξυπηρετητή, όπου ο εξυπηρετητής φιλοξενεί όλους τους αλγόριθμους εντοπισμού θέσης, την βάση δεδομένων Wi-Fi, και όλες τις πληροφορίες που θέλουν να προσθέσουν στην εγκατάσταση οι διαχειριστές. Η εναλλαγή από Wi-Fi σε GPS γίνεται αυτόματα όταν ο χρήστης κινείται από το ένα περιβάλλον στο άλλο.

Η εφαρμογή του πελάτη επιτρέπει στους χρήστες να βρουν την τοποθεσία τους οπουδήποτε κι αν βρίσκονται μέσα στην πανεπιστημιούπολη, είτε σε εσωτερικούς ή σε εξωτερικούς χώρους. Έχει συμπεριληφθεί και ένα πειραματικό χαρακτηριστικό που επιτρέπει τους χρήστες να δουν την θέση στην οποία βρίσκονται οι φίλοι τους μέσα στο Campus. Μέχρι στιγμής το χαρακτηριστικό αυτό δεν μπορεί να εφαρμοστεί πλήρως για λόγους ασφάλειας των προσωπικών δεδομένων (ιδιωτικότητας). Η εφαρμογή επιτρέπει επίσης τους χρήστες να

<sup>22</sup> ό.π.

παρέχουν ανατροφοδότηση όσον αφορά στον εντοπισμό της θέσης σε εσωτερικούς χώρους, για να αυξηθεί η ακρίβεια του συστήματος, και να παρέχουν πληροφορίες στους διαχειριστές του συστήματος σχετικά με αλλαγές στο ασύρματο περιβάλλον.<sup>23</sup>

Ο Πίνακας 4.1 συνοψίζει τα αποτελέσματα για τρεις διαφορετικές ταχύτητες για κάθε μονοπάτι. Όπως αναμενόταν, τα αποτελέσματα υποβαθμίζονται καθώς αυξάνεται η ταχύτητα βαδίσματος. Όσον πιο γρήγορα πηγαίνει ο χρήστης, τόσο πιο δύσκολο θα είναι για το σύστημα να ανιχνεύσει την εναλλαγή.

Πίνακας 4.1 – Πιθανότητα εναλλαγής για διαφορετικά μονοπάτια και ταχύτητες.<sup>24</sup>

Path / Speed	1 m/s	2 m/s	3 m/s
Path 1	97 %	79 %	49 %
Path 2	97 %	78 %	58 %
Path 3	19 %	7 %	1 %

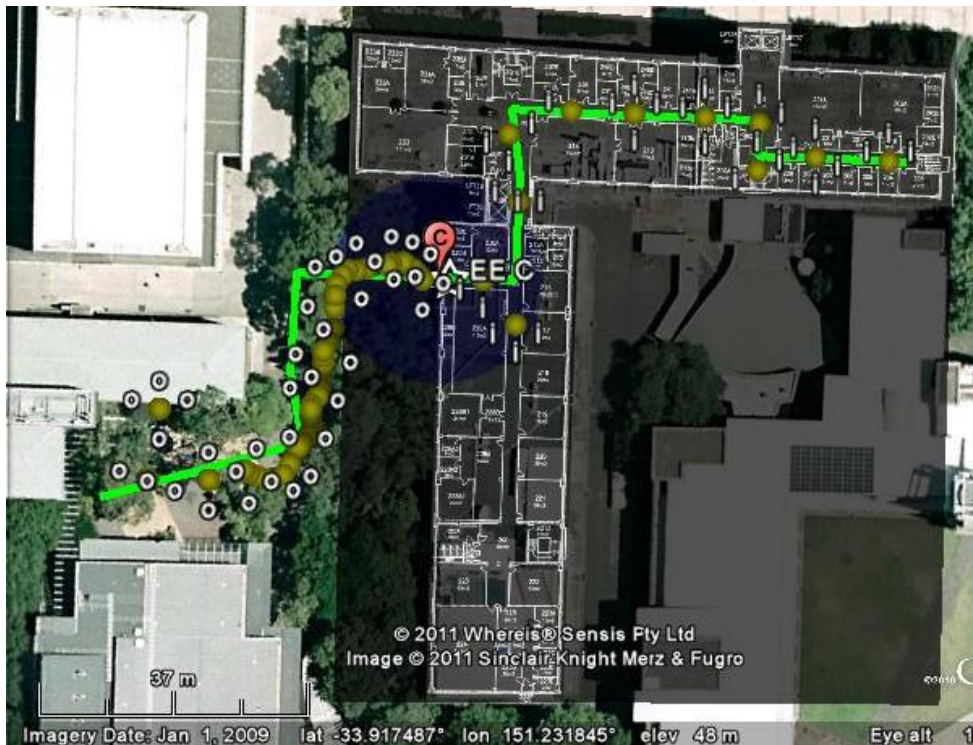


Εικόνα 4.16 – Τα τρία μονοπάτια που ερευνήθηκαν για τον στατιστικό έλεγχο.<sup>25</sup>

<sup>23</sup> T. Gallagher, B. Li, A.G. Dempster, and C. Rizos, "Database updating through user-feedback in fingerprint-based Wi-Fi location systems", *UPINLBS 2010*, pp. 1-8, 14-15th October 2010, Kirkkonummi, Finland.

<sup>24</sup> T. Gallagher, B. Li, A.G. Dempster, and C. Rizos (2011). Power Efficient Indoor/Outdoor Positioning Hand-over. 2011 International Conference on Indoor Positioning and Indoor Navigation (IPIN), 21-23 September 2011, Guimarães, Portugal.

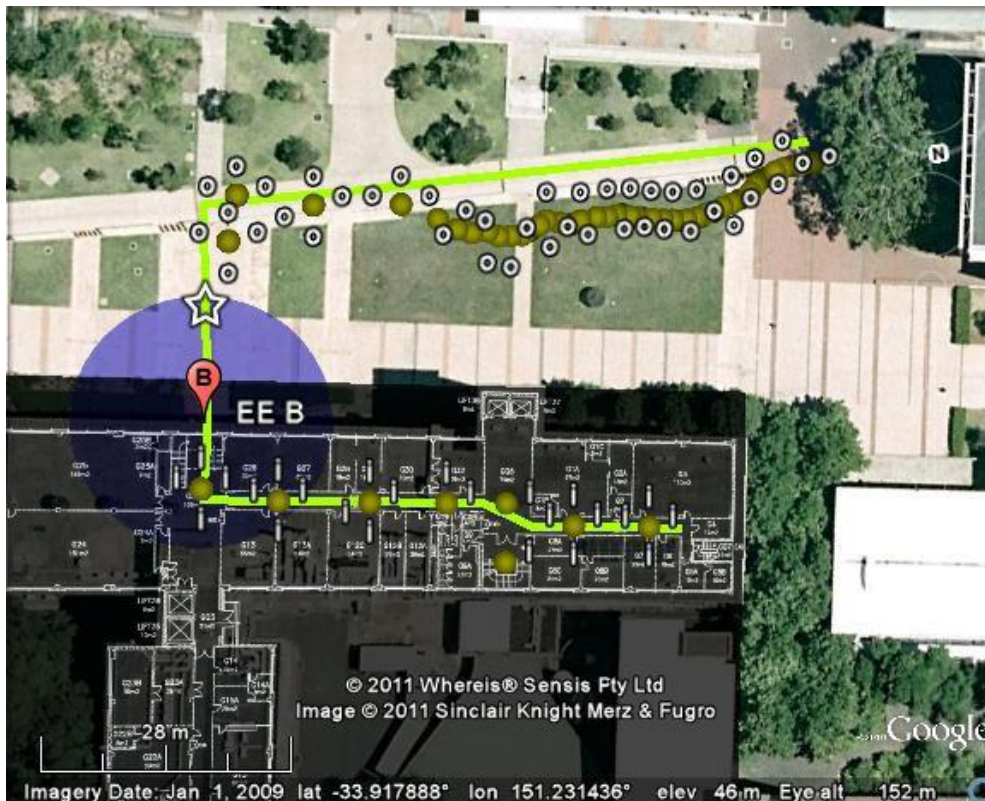
<sup>25</sup> ό.π.



Εικόνα 4.17 – Μετάβαση από εξωτερικό σε εσωτερικό χώρο. Η πράσινη γραμμή είναι το πραγματικό μονοπάτι που ακολουθείται. Το σύμβολο του αστεριού αντιπροσωπεύει τη θέση του χρήστη όταν έγινε εναλλαγή του λογισμικού. Οι κίτρινες τελείες με ένα «ο» αντιπροσωπεύουν τις θέσεις που έχουν ληφθεί με το GPS. Οι τελείες με «i», με το Wi-Fi.<sup>26</sup>

---

<sup>26</sup> ό.π.



Εικόνα 4.18 - Μετάβαση από εσωτερικό σε εξωτερικό χώρο. Η πράσινη γραμμή είναι το πραγματικό μονοπάτι που ακολουθείται. Το σύμβολο του αστεριού αντιπροσωπεύει τη θέση του χρήστη όταν έγινε εναλλαγή του λογισμικού. Οι κίτρινες τελείες με ένα «ο» αντιπροσωπεύουν τις θέσεις που έχουν ληφθεί με το GPS. Οι τελείες με «i», με το Wi-Fi.<sup>27</sup>

Το σύστημα είναι αποδοτικό σε διάρκεια ζωής της μπαταρίας καθώς γυρίζει σε επαρκή πηγή θέσης μόνο όταν χρειάζεται. Έλεγχοι που διεξάχθηκαν έχουν δείξει ικανοποιητικά αποτελέσματα υπό τη μορφή ακρίβειας. Περισσότεροι έλεγχοι πρέπει να γίνουν για να ελεγχθεί η απόδοση του συστήματος υπό τη μορφή πιθανοτήτων ανίχνευσης.<sup>28</sup>

#### **4.7 ΠΟΛΥΤΡΟΠΙΚΟΣ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ ΠΟΥ ΒΑΣΙΖΕΤΑΙ ΣΕ ΦΙΛΤΡΟ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ ΓΙΑ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟ ΜΕ ΕΞΥΠΝΑ ΚΙΝΗΤΑ**

Η έρευνα των Kessel & Werner (2012) παρουσιάζει έναν πολυτροπικό αλγόριθμο που βασίζεται στο Wi-Fi, για τον εντοπισμό της γεωγραφικής θέσης σε εσωτερικούς χώρους με smartphones και προτείνει ένα σύστημα που ονομάζεται ICTIPS. Το ICTIPS χρησιμοποιεί μετρήσεις της ισχύος σήματος του Wi-Fi, επιταχυνσιόμετρο, μαγνητόμετρο και γυροσκόπιο στα έξυπνα τηλέφωνα, όπως και πληροφορίες χαρτών, προσφέροντας υψηλής ακρίβειας εντοπισμό και αποδοτικότητα. Συγκεκριμένα, συγκρίνονται οι στρατηγικές αναβάθμισης διαφορετικού βάρους για το πλαίσιο εργασίας του φίλτρου σωματιδίων και των συναρτήσεων ομοιότητας για την διαδικασία της μαγνητικής αντιστοίχισης, ώστε να κατανοηθούν οι επιπτώσεις στην ακρίβεια και

<sup>27</sup> ό.π.

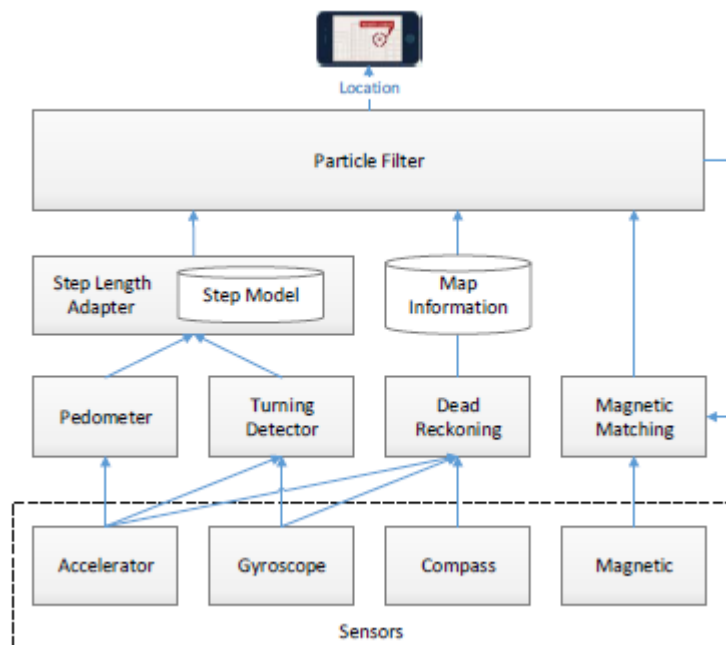
<sup>28</sup> ό.π.



την αποτελεσματικότητα του συστήματος εντοπισμού της θέσης. Σε περιβάλλον πραγματικού γραφείου, το σύστημα ICTIPS αξιολογείται και παρέχει τον μέσο όρο του σφάλματος εντοπισμού που είναι γύρω στα 2m.

Στη μελέτη αυτή αναπτύχθηκε ένα πρακτικό σύστημα εντοπισμού θέσης σε εσωτερικό χώρο, το οποίο βασίζεται σε αισθητήρες smartphones. Το σύστημα μπορεί να παρέχει με αξιοπιστία ακρίβεια της θέσης σε επίπεδο μέτρων για κοινούς χρήστες smartphones, χάρη στον πολυτροπικό του αλγόριθμο. Συγκεκριμένα:

1. Σχεδιάστηκε ένας αξιόπιστος πολυτροπικός αλγόριθμος, ο οποίος οδηγείται από το γνωστό πλαίσιο εργασίας του φίλτρου σωματιδίων,<sup>29</sup> και υπομονάδες όπως είναι ο εντοπισμός Wi-Fi, το βηματόμετρο, την ανίχνευση των στρωφών, κλπ.
2. Αναπτύχθηκε μία μέθοδος αποτυπωμάτων για τα μαγνητικά σήματα,<sup>30</sup> η οποία χρησιμοποιείται στην διαδικασία αναβάθμισης του βάρους της επεξεργασίας του φίλτρου σωματιδίων.
3. Κατασκευάστηκε ένα σύστημα για εντοπισμό της θέσης σε εσωτερικούς χώρους χρησιμοποιώντας smartphones, και αποδείχθηκε πως το σύστημα μπορεί να επιτύχει αξιοπιστή ακρίβεια σε επίπεδο μέτρων.



Εικόνα 4.19 – Η γενική αρχιτεκτονική του συστήματος.<sup>31</sup>

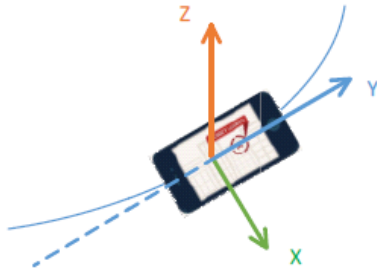
Η περίπτωση της τοποθέτησης της συσκευής στην τσέπη είναι παρόμοια με την περίπτωση του να κρατά κάποιος τη συσκευή χωρίς να την κουνάει, ενώ το χέρι του κρέμεται με

<sup>29</sup> Moritz Kessel, Martin Werner. Automated WLAN Calibration with a Backtracking Particle Filter. International Conference on Indoor Positioning and Indoor Navigation, 13-15<sup>th</sup> November 2012.

<sup>30</sup> William Storms, Jeremiah Shockley, John Raquet. Magnetic Field Navigation in an Indoor Environment. Ubiquitous Positioning Indoor Navigation and Location Based Service (UPINLBS), 2010.

<sup>31</sup> Rui Tao, Haiyong Luo, Fang Zhao, Yongzhong Li (2014). Multimodal Algorithm Based on Particle Filter for Indoor Localization with Smartphones. International Conference on Computer, Communications and Information Technology (CCIT 2014).

φυσικό τρόπο (κατάσταση POCKET). Η κατάσταση SHAKE αφορά στην ταχύτητα όταν τα χέρια κουνιούνται φυσικά κατά το περπάτημα.



Εικόνα 4.20 - Μοτίβο κίνησης.<sup>32</sup>

---

<sup>32</sup> ό.π.

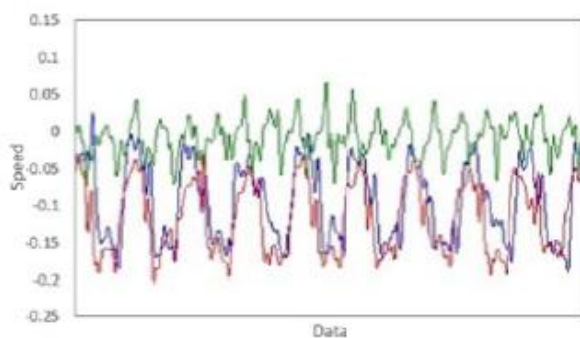


Fig. 3: Speed of device

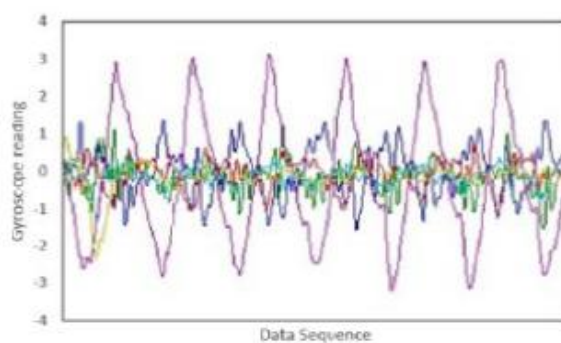
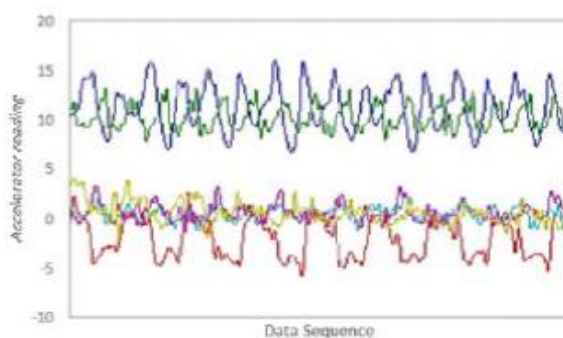


Fig. 4: Gyroscope readings



**Εικόνα 4.21 – Από πάνω προς τα κάτω: Ταχύτητα της συσκευής, αναγνώσεις γυροσκοπίου, αναγνώσεις επιταχυνσιομέτρου.**<sup>33</sup>

Ο αλγόριθμος λαμβάνει υπόψη σχεδόν όλα τα σήματα του αισθητήρα και παρέχει ακρίβεια στον εντοπισμό της θέσης και στις υπηρεσίες ανίχνευσης. Πρέπει να γίνει εστίαση περισσότερο στη διαδικασία ενημέρωσης των βαρών στο πλαίσιο εργασίας του φίλτρου σωματιδίων, πυρήνας του οποίου είναι το πρόβλημα μαγνητικής αντιστοίχισης και η ανίχνευση της στροφής του χρήστη.<sup>34</sup>

<sup>33</sup> Rui Tao, Haiyong Luo, Fang Zhao, Yongzhong Li (2014). Multimodal Algorithm Based on Particle Filter for Indoor Localization with Smartphones. International Conference on Computer, Communications and Information Technology (CCIT 2014).

<sup>34</sup> ό.π.





## ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ - ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ

Σε μελέτη των Olumofin et al., 2010, προτάθηκε μία υβριδική τεχνική LBS, που ενσωματώνει την απόκρυψη της τοποθεσίας και την ιδιωτική ανάκτηση της πληροφορίας. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως με την εφαρμογή αυτή οι χρήστες μπορούν να επιτύχουν καλό συμβιβασμό μεταξύ της ιδιωτικότητας και της υπολογιστικής απόδοσης, συγκρινόμενη με άλλες προτάσεις των υπηρεσιών LBS. Η προσέγγιση αυτή, χρησιμοποιώντας μία περιοχή απομόνωσης μεταβλητού μεγέθους, που είναι διαιρεμένη σε κύτταρα VHC οδηγεί στην μεγαλύτερη ιδιωτικότητα της γεωγραφικής θέσης σε σχέση με την παραδοσιακή προσέγγιση μίας μονής περιοχής απομόνωσης, ενώ συγχρόνως μειώνεται η ασύρματη χρήση των δεδομένων κίνησης από μία ποσότητα ανάλογη προς το μέγεθος της περιοχής απομόνωσης, σε μία ποσότητα ανάλογη με το μέγεθος ενός κυττάρου VHC. Επιτρέπει επίσης στον χρήστη να επιλέξει ποικίλα επίπεδα ιδιωτικότητας. Αν και η αύξηση του μεγέθους της περιοχής απομόνωσης οδηγεί σε υψηλότερη επεξεργασία του ερωτήματος, οι ερευνητές πιστεύουν πως αυτή η σχέση είναι πολύ λογική, δεδομένου ότι η ισχύς επεξεργασίας των σύγχρονων smartphones εξακολουθεί να είναι μικρότερης σημασίας σε σχέση με την ταχύτητα και το κόστος συνδεσιμότητας του ασύρματου δικτύου.<sup>1</sup>

Ο Ghinita,<sup>2</sup> σε έρευνα του προτείνει την βελτίωση της απόδοσης των τεχνικών που βασίζονται σε συστήματα PIR, όσον αφορά στην ιδιωτικότητα των υπηρεσιών LBS, μέσω μίας υβριδικής μεθόδου που συμπεριλαμβάνει μία φάση PIR πάνω σε ένα περιορισμένο υποσύνολο του χώρου δεδομένων. Η έρευνα απαντά στην ανοιχτή ερώτηση του πως μπορεί να μειωθεί το κόστος επεξεργασίας των PIR, χωρίς να απαιτείται από το LBS να έχει πολλαπλές CPU. Οι παράλληλοι επεξεργαστές τυπικά δεν βρίσκονται σε smartphones.<sup>3</sup>

Σε σύστημα που έχει σχεδιαστεί για την επαλήθευση της τοποθεσίας, προτείνεται μία υβριδική προσέγγιση, η οποία συνδυάζει ποικίλες τεχνολογίες. Η προσέγγιση αυτή βελτιώνει την εμπιστοσύνη των αποτελεσμάτων της επαλήθευσης, σε σχέση με άλλες λύσεις. Σαν αποτέλεσμα, ο μηχανισμός αυθεντικοποίησης και εξουσιοδότησης που παρουσιάζεται στην έρευνα αυτή γίνεται πιο ασφαλής και έγκυρος. Ωστόσο, η χρήση της γεωγραφικής θέσης αποτελεί μόνο το πρώτο βήμα στην χρήση συναφών πληροφοριών για τη βελτίωση του μηχανισμού ασφαλείας. Καθώς η τεχνολογία των smartphones εξελίσσεται όλο και περισσότερο, οι αισθητήρες ενσωματώνονται μέσα στις συσκευές π.χ. αισθητήρες εγγύτητας, επικοινωνίας κοντινού πεδίου (NFC), και ούτω καθεξής. Αυτό προσφέρει ακόμη μεγαλύτερες ευκαιρίες προς χρήση και αξιοποίηση των πληροφοριών σχετικά με το περιβάλλον του χρήστη.

Οι τρέχουσες τεχνικές που χρησιμοποιούνται για την εξ' αποστάσεως αυθεντικοποίηση του πελάτη στον πάροχο της υπηρεσίας μέσα σε μία εφαρμογή eCommerce, βασίζονται σε «στατικούς» παράγοντες αυθεντικοποίησης, όπως είναι οι κωδικοί πρόσβασης ή τα διακριτικά πρόσβασης. Το γεγονός ότι ο πελάτης βρίσκεται σε κίνηση, ενώ χρησιμοποιεί αυτές τις εφαρμογές mCommerce δεν θεωρείται ότι ή δεν συνηθίζεται να ενισχύει την ασφάλεια της

---

<sup>1</sup> Femi Olumofin, Piotr K. Tysowski, Ian Goldberg, Urs Hengartner (2010). Achieving Efficient Query Privacy for Location Based Services. Cheriton School of Computer Science University of Waterloo.

<sup>2</sup> G. Ghinita. Understanding the privacy-efficiency trade-off in location based queries. In SPRINGL '08: Proceedings of the SIGSPATIAL ACM GIS 2008 International Workshop on Security and Privacy in GIS and LBS, pages 1–5, New York, NY, USA, 2008.

<sup>3</sup> Femi Olumofin, Piotr K. Tysowski, Ian Goldberg, Urs Hengartner (2010). Achieving Efficient Query Privacy for Location Based Services. Cheriton School of Computer Science University of Waterloo.

αυθεντικοποίησης. Σε έρευνα, έχει συμπεριληφθεί η γεωγραφική τοποθεσία του χρήστη για να ενισχύσει την ασφάλεια των εφαρμογών mCommerce, ειδικά εκείνων που απαιτούν σθεναρή αυθεντικοποίηση του πελάτη. Ανασκοπούνται και συζητούνται οι τεχνικές για την αναβάθμιση της τοποθεσίας ως παράγοντα αυθεντικοποίησης, όπως και οι τεχνικές για την παραγωγή κρυπτογραφικών κλειδιών που βασίζονται στην τοποθεσία. Η ενσωμάτωση της γεωγραφικής θέσης στην κινητή συσκευή του πελάτη ως παράγοντας αυθεντικοποίησης μπορεί να ενισχύσει την ασφάλεια τέτοιων συστημάτων (GPS, Wi-Fi κλπ.). Ωστόσο, η χρήση της τοποθεσίας εισάγει επίσης απαιτήσεις, (π.χ. ιδιωτικότητα της τοποθεσίας του πελάτη ή περιορισμένος χώρος κλειδιού που βασίζεται στην τοποθεσία), που χρειάζεται να διευθετηθούν προσεκτικά από το σύστημα αυθεντικοποίησης. Για την επίλυση τέτοιων ζητημάτων μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι αλγόριθμοι διατήρησης της ιδιωτικότητας. Για παράδειγμα, η τυχαία θέση του πελάτη παρουσιάζεται τυχαία με βάση την ταυτότητα του κυττάρου (Cell-ID) που εξυπηρετεί την κινητή συσκευή του πελάτη.<sup>4</sup>

Οι τεχνικές λήψης δακτυλικών αποτυπωμάτων είναι ιδιαίτερα κατάλληλες για το εύρος των συχνοτήτων στις οποίες λειτουργούν τα δίκτυα GSM και Wi-Fi (Περίπου 850MHz έως 2.4GHz) εξαιτίας δύο βασικών λόγων<sup>5</sup>: η ισχύς του σήματος σε αυτές τις συχνότητες παρουσιάζει μία σημαντική χωρική μεταβλητότητα, και επίσης μία αξιόπιστη συνοχή στο χρόνο (παρά την μεταβλητή φύση των ράδιο-σημάτων). Η πληροφορία RSSI από τους σταθμούς βάσης των κινητών θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί στην αποσαφήνιση των εντοπισμών για τους οποίους η χαρτογράφηση Wi-Fi προσφέρει αμφιβολίες. Εντούτοις, η προσέγγιση αυτή βρέθηκε να είναι ανέφικτη με την τρέχουσα κατάσταση των smartphones, επειδή το ποσοστό ανανέωσης των τιμών RSSI είναι πολύ αργό και η διακριτότητα στις τιμές RSSI είναι φτωχή και εξαρτάται από τον εξοπλισμό. Ακόμη, μπορούσαν να διαβαστούν πληροφορίες RSSI μόνο από γειτονικούς σταθμούς βάσης που ανήκαν στον ίδιο χειριστή της κάρτας SIM, περιορίζοντας την πρακτικότητα αυτής της προσέγγισης. Οι τιμές επιταχυνσιόμετρο των smartphones είναι γενικά πολύ θορυβώδεις ώστε να θεωρηθούν αξιόπιστη πηγή για την δημιουργία μίας αδρανιακής μονάδας εσωτερικής πλοήγησης. Η καταμέτρηση του βήματος μπορεί να είναι μία προσέγγιση που σχεδιάζεται να επιδέχεται περαιτέρω μελλοντική έρευνα.<sup>6</sup>

Σε μία λύση εντοπισμού της θέσης από smartphones σε εσωτερικό χώρο, χρησιμοποιείται ο ενσωματωμένος εξοπλισμός και οι υπολογιστικοί πόροι των έξυπνων τηλεφώνων. Σε αντίθεση με προηγούμενες μελέτες, οι οποίες συνήθως χρησιμοποιούσαν απλοποιημένα μοντέλα κίνησης, π.χ., ένα γραμμικό μοντέλο, για να αναπαραστήσει την κίνηση του χρήστη<sup>7</sup>, η προσέγγιση αυτή χρησιμοποιεί αισθητήρες έξυπνων κινητών για την μέτρηση της πραγματικής κίνησης ενός χρήστη. Η προτεινόμενη λύση είναι μία υβριδική λύση συγχώνευσης δεδομένων: Οι παρατηρήσεις WLAN RSSI συγχωνεύονται με το μετρούμενο δυναμικό των κινήσεων MDI. Η προσέγγιση της υβριδικής συγχώνευσης, που ονομάζεται

---

<sup>4</sup> Torben Kuseler & Ihsan Alshahib Lami (2012). Using Geographical Location as an Authentication Factor to Enhance mCommerce Applications on Smartphones. *The University of Buckingham. International Journal of Computer Science and Security (IJCSS)*, Volume (6) : Issue (4) : 2012.

<sup>5</sup> Otsason, V., Varshavsky, A., Lamarca, A., De Lara, E., 2005, Accurate GSM Indoor Localization, *UbiComp 2005*, 141-158.

<sup>6</sup> Eladio Martin, Oriol Vinyals, Gerald Friedland, Ruzena Bajcsy (2010). Precise Indoor Localization Using Smart Phones.

<sup>7</sup> Au, A.; Feng, C.; Valaee, S.; Reyes, S.; Sorour, S.; Markowitz, S.N.; Gold, D.; Gordon, K.; Eizenman, M. Indoor tracking and navigation using received signal strength and compressive sensing on a mobile device. *IEEE Trans. Mobile Comput.* 2012, in press.

υβριδική μηχανή εντοπισμού της θέσης σε εσωτερικό χώρο ή HIPE αναπτύχθηκε με ένα smartphone Nokia N8 και ήδη εφαρμόζεται με άλλες πλατφόρμες smartphone. Λόγω του ότι οι διαφορετικές πλατφόρμες smartphones μπορεί να έχουν διαθέσιμους διαφορετικούς συνδυασμούς αισθητήρων για την μέτρηση του MDI, η έρευνα αυτή παρουσιάζει μεθόδους για την αντιμετώπιση των διαφορετικών σεναρίων στα οποία είναι διαθέσιμοι οι διαφορετικοί τύποι MDI. Στο μέλλον, άλλοι αισθητήρες έξυπνων τηλεφώνων, όπως είναι οι κάμερες και τα γυροσκόπια, θα ενσωματωθούν με το σύστημα HIPE για την μέτρηση του δυναμικού MDI.

Η έρευνα των Jingbin et al. (2012) παρουσίασε την ανάπτυξη μίας έξυπνης υπηρεσίας στάθμευσης στα Smartphones που ονομάζεται «iParking». Στην τρέχουσα μορφή του, το πρόγραμμα αναπτύσσεται με ένα smartphone Nokia N8, το οποίο εκτελείται με λειτουργικό σύστημα Symbian^3 (OS). Η ανάπτυξη του λογισμικού γίνεται με Qt SDK και με το αναβαθμισμένο περιβάλλον Qt Creator (IDE).<sup>8</sup> Χρησιμοποιούνται APIs για την αναζήτηση των μετρήσεων από τους αισθητήρες του smartphone για τον εντοπισμό σε κλειστούς χώρους. Για την οδική πλοήγηση χρησιμοποιούνται οι χάρτες της NOKIA, ενώ ως χάρτης εσωτερικού χώρου χρησιμοποιείται ένας χάρτης δαπέδου που βασίζεται στην εικόνα. Η προτεινόμενη λύση εντοπισμού της θέσης σε εσωτερικούς χώρους, η οποία συγχωνεύει τα σήματα WLAN και τις μετρήσεις του αισθητήρα των έξυπνων τηλεφώνων, είναι επαρκής για να βοηθήσει στην υπηρεσία ενός έξυπνου χώρου στάθμευσης, υπό τη μορφή της ακρίβειας του εντοπισμού, της αξιοπιστίας και της διαθεσιμότητας. Η έρευνα αυτή παρουσιάζει την τεχνολογική ικανότητα και αποδοτικότητα μίας νέας υπηρεσίας στάθμευσης εσωτερικού χώρου που είναι διαθέσιμη στα smartphones. Η περαιτέρω ανάπτυξη της υπηρεσίας αυτής θα συμπεριλαμβάνει δύο πτυχές: Πρώτα, θα αναπτυχθούν περισσότερες λειτουργίες για να υποστηρίξουν τις λειτουργικές απαιτήσεις των χειριστών του χώρου στάθμευσης και έξυπνες υπηρεσίες για τις δραστηριότητες πριν και μετά από την στάθμευση. Από την άλλη πλευρά, η υπηρεσία πρέπει να αναπτύσσεται σε περισσότερες εγκαταστάσεις εσωτερικών χώρων στάθμευσης, ώστε να προωθηθεί η υπηρεσία στην επικρατούσα αγορά.

Στην έρευνα αυτή αναπτύχθηκε μία νέα μέθοδος εντοπισμού της θέσης σε κλειστούς χώρους για την βελτίωση της ακρίβειας εντοπισμού της εφαρμογής δακτυλικών αποτυπωμάτων, με βάση την φύση της χωρικής συσχέτισης της διάδοσης του σήματος Wi-Fi. Ένα περιβάλλον ελέγχου καθιερώθηκε στο εργαστήριο εντοπισμού σε κλειστούς χώρους RMIT, ώστε να διεξαχθεί ο έλεγχος των συστήματος Ekahau RTLS, του αλγόριθμου NN, και της νέας μεθόδου. Η ακρίβεια των 3.9m του συστήματος Ekahau RTLS είναι μεταξύ του φάσματος των 3-5m όπως αναφέρεται στο εγχειρίδιο του προϊόντος. Η ακρίβεια των 3.8m του NN είναι ελαφρώς καλύτερη, ωστόσο, δεν μπορεί να σχεδιαστεί από την μικρή αυτή διαφορά ότι γενικά είναι καλύτερη από εκείνη του συστήματος Ekahau. Παρόλα αυτά, η νέα μέθοδος εντοπισμού έχει παρουσιάσει μία αξιοσημείωτη και σταθερή βελτίωση σε σχέση με τις δύο άλλες προσεγγίσεις. Συμπερασματικά, τα αποτελέσματα του ελέγχου έδειξαν πως η νέα μέθοδος βελτίωσε αποτελεσματικά και σταθερά την ακρίβεια σε επίπεδο σχεδόν μισού μέτρου. Επιπλέον, η νέα μέθοδος εμφανίζει επίσης πλεονεκτήματα όπως είναι η ευελιξία και η διαθεσιμότητα για επιπλέον ανάπτυξη, όπως και η ευκολία να ενσωματωθεί με άλλα συστήματα εντοπισμού θέσης.

Η έρευνα των Hong et al. (2014) παρουσίασε ένα καινούριο σύστημα ασφάλειας κατευθυντήριας επίσκεψης (SVG) που βασίζεται σε ένα συνδυασμένο σύστημα έξυπνου

---

<sup>8</sup> Qt Creator IDE and Tools. Available online: <http://qt.nokia.com/products/developer-tools/> (accessed on 17 May 2012).

τηλεφώνου και RFID. Το σύστημα SVG αποτελείται από δύο μέρη: τον εξοπλισμό και το λογισμικό. Η πλευρά του εξοπλισμού συντίθεται από ετικέτες RFID, αναγνώστες, το smartphone και έναν διακομιστή. Το σύστημα SVG συνήθως είναι εγκατεστημένο μέσα σε ένα κτίριο ή σε ένα εργαστήριο. Έτσι, ο διακομιστής αποθηκεύει τον χάρτη του κτιρίου ή του εργαστηρίου, και ένας υπολογιστής τοποθετείται στην είσοδο του κτιρίου. Όταν κάποιος ξένος εισέρχεται στο κτίριο και θέλει να συναντήσει εκεί έναν ξενιστή, δύναται να εγγραφεί στο σύστημα από την ρεσεψιόν. Το προτεινόμενο σύστημα παρέχει οικονομικά αποδοτικές λύσεις στην ξενάγηση σε κλειστούς χώρους και στην ασφάλεια της επίσκεψης. Το σύστημα αξιολογήθηκε αφού αναπτύχθηκε πάνω σε πλατφόρμα Android. Μέσω των πειραμάτων, τα αποτελέσματα της αξιολόγησης καταδεικνύουν πως το σύστημα αυτό μπορεί να μειώσει τον χρόνο αναζήτησης και να προστατεύσει την ιδιωτικότητα του χρήστη.

Η μελέτη των Oehler et al., 2001 έριξε φως στην ερώτηση του αν τα smartphones είναι κατάλληλα στην χρησιμοποίηση της διακριτής ανίχνευσης GPS, σε σενάρια εξωτερικού χώρου συνεχούς κίνησης, όπως είναι οι διαγωνισμοί ιστιοπλοΐας. Η αξιολόγηση δείχνει πως αυτό εξαρτάται πολύ από τον τύπο του επιλεγμένου smartphone. Υπάρχουν πράγματι συσκευές που δείχνουν ανώτερη απόδοση GPS από τους αποκλειστικούς ανιχνευτές GPS. Μετά από την αξιολόγηση εξάγεται το συμπέρασμα πως υπάρχουν smartphones που είναι κατάλληλα για σενάρια με απαιτήσεις διακριτότητας. Ακολουθώντας τα αποτελέσματα της έρευνας, η απόφαση λήφθηκε στην χρήση της συσκευής Samsung Galaxy SII λόγω της καλής της απόδοσης σε όλες τις μετρήσεις GPS. Η χρησιμοποίηση των smartphones ανοίγει νέες περιοχές εφαρμογής για την ανίχνευση GPS και δίνει τη δυνατότητα στους ιδιώτες χρήστες να έχουν πρόσβαση χωρίς την απαίτηση περίπλοκων υποδομών.<sup>9</sup>

Η έρευνα των Kim & Cho (2014) προτείνει ένα σύστημα διαχείρισης της γεωγραφικής θέσης, το οποίο διαχειρίζεται την πληροφορία της θέσης και προβλέπει μία μελλοντική θέση και ένα κινούμενο μονοπάτι από τις τρέχουσες τιμές του αισθητήρα. Το προτεινόμενο σύστημα αποτελείται από πέντε λειτουργικές μονάδες. Στο σύστημα αυτό, η πρόβλεψη του προορισμού εκτελείται υπολογίζοντας την ομοιότητα μεταξύ του νέου μονοπατιού και του πιθανολογικού μοντέλου, το οποίο περιέχει πληροφορίες από το μονοπάτι με διαφορετικές μονάδες, και βρίσκει τον προορισμό του χρήστη. Τα πειραματικά αποτελέσματα με τα πραγματικά δεδομένα που συλλέχθηκαν από δέκα άτομα, δείχνουν την χρησιμότητα του προτεινόμενου συστήματος.

Η έρευνα των Hwang & Yu (2012) προτείνει έναν αλγόριθμο βελτίωσης του εντοπισμού της γεωγραφικής θέσης στα σημεία αναφοράς του συστήματος GPS, αναβαθμίζοντας τις πληροφορίες από τους πολλαπλούς αισθητήρες όπως είναι το γυροσκόπιο και η πυξίδα στα smartphones. Ο προτεινόμενος αλγόριθμος αποτελείται από τρία βήματα: την εύρεση της σωστής κατεύθυνσης της κίνησης, λαμβάνοντας την απόσταση της μετακίνησης, και αναβαθμίζοντας τα προηγούμενα αποτελέσματα και την πληροφορία της θέσης από το GPS. Όπως φαίνεται από τα πειραματικά αποτελέσματα, η πληροφορία εντοπισμού της θέσης του GPS παρεκκλίνει από το πραγματικό μονοπάτι της κίνησης. Από την άλλη πλευρά, η προσαρμοσμένη πληροφορία της θέσης μέσω του προτεινόμενου αλγόριθμου μπορεί να παρακολουθήσει το μονοπάτι της κίνησης με μεγαλύτερη ακρίβεια. Στην περίπτωση αυτή, πειράματος σε ένα γήπεδο ποδοσφαίρου η πληροφορία εντοπισμού της θέσης GPS έχει υψηλή

---

<sup>9</sup> V. Oehler, F. Luongo, J. Boyero, R. Stalford, H. Trautenberg, J. Hahn, F. Amarillo, M. Crisci, B. Schlarmann, and J. Flamand. The galileo integrity concept. In Proceedings of the 17th International Technical Meeting of the Satellite Division of The Institute of Navigation (ION GNSS 2004), pages 604(615, 2001.

ακρίβεια. Ο προτεινόμενος αλγόριθμος διαθέτει επίσης λογικά αποτελέσματα αφού έχει ανατροφοδότηση από την πληροφορία θέσης του GPS.

Οι Hwang & Yu (2012) επανεξέτασαν τις οκτώ πιο κοινές τεχνολογίες εντοπισμού της γεωγραφικής θέσης στα μεγάλα σύγχρονα smartphones και αξιολόγησαν την ακρίβεια της θέσης τους σε σχέση με τη χρήση τους από τις εφαρμογές LBS. Οι εφαρμογές ταξινομήθηκαν σε 13 κατηγορίες ανάλογα με την λειτουργικότητά τους. Οι κατηγορίες αυτές ταξινομήθηκαν επίσης με βάση το επίπεδο κρισιμότητά τους, ως χαμηλό, μεσαίο ή υψηλό κρισιμο, και με βάση το αν λειτουργούν σε εσωτερικούς ή εξωτερικούς χώρους. Τεχνολογικά καλυμμένες βρέθηκαν να είναι οι εφαρμογές που ήταν χαμηλού επιπέδου κρίσιμες σε εξωτερικούς χώρους και υψηλά κρίσιμες σε εσωτερικούς χώρους. Δεν επιλύθηκαν πλήρως οι εφαρμογές που ήταν υψηλά και μεσαία κρίσιμες σε εξωτερικούς χώρους. Τέλος, προτάθηκαν να εφαρμοστούν τρεις πιθανές λύσεις στα μελλοντικά smartphones για να επιλύσουν αυτό το τεχνολογικό κενό: Το παγκόσμιο σύστημα εντοπισμού θέσης πραγματικής κινηματικής (RTK GPS), οι επίγειοι αναμεταδότες, και ο συνδυασμός του ασύρματου δικτύου αισθητήρων και της αναγνώρισης ραδιοσυχνοτήτων (WSN-RFID).<sup>10</sup>

Η έρευνα των Gallagher et al. (2012) παρουσιάζει μία νέα τεχνική αυτόματης εναλλαγής μεταξύ εσωτερικών και εξωτερικών καταστάσεων σε ένα σύστημα εντοπισμού της γεωγραφικής θέσης. Το σύστημα αυτό χρησιμοποιεί αποτυπώματα Wi-Fi για τον εσωτερικό εντοπισμό της θέσης, και το σύστημα GPS για τον εξωτερικό εντοπισμό. Η τεχνική που περιγράφεται ανιχνεύει την έλευση του χρήστη μέσα ή έξω από το κτίριο και εναλλάσσει αυτόματα την τεχνολογία εντοπισμού της θέσης. Η έρευνα δείχνει πως αποδίδει καλά, διερευνώντας τις πιθανότητες ανίχνευσης μετάβασης. Όπως αναμενόταν, τα αποτελέσματα υποβαθμίζονται καθώς αυξάνεται η ταχύτητα βαδίσματος. Όσον πιο γρήγορα πηγαίνει ο χρήστης, τόσο πιο δύσκολο θα είναι για το σύστημα να ανιχνεύσει την εναλλαγή. Το σύστημα είναι αποδοτικό σε διάρκεια ζωής της μπαταρίας καθώς γυρίζει σε επαρκή πηγή θέσης μόνο όταν χρειάζεται. Έλεγχοι που διεξάχθηκαν έχουν δείξει ικανοποιητικά αποτελέσματα υπό τη μορφή ακρίβειας. Περισσότεροι έλεγχοι πρέπει να γίνουν για να ελεγχθεί η απόδοση του συστήματος υπό τη μορφή πιθανοτήτων ανίχνευσης.

Η έρευνα των Kessel & Werner (2012) παρουσιάζει έναν πολυτροπικό αλγόριθμο που βασίζεται στο Wi-Fi, για τον εντοπισμό της γεωγραφικής θέσης σε εσωτερικούς χώρους με smartphones και προτείνει ένα σύστημα που ονομάζεται ICTIPS. Το ICTIPS χρησιμοποιεί μετρήσεις της ισχύος σήματος του Wi-Fi, επιταχυνσιόμετρο, μαγνητόμετρο και γυροσκόπιο στα έξυπνα τηλέφωνα, όπως και πληροφορίες χαρτών, προσφέροντας υψηλής ακρίβειας εντοπισμό και αποδοτικότητα. Ο αλγόριθμος λαμβάνει υπόψη σχεδόν όλα τα σήματα του αισθητήρα και παρέχει ακρίβεια στον εντοπισμό της θέσης και στις υπηρεσίες ανίχνευσης. Πρέπει να γίνει εστίαση περισσότερο στη διαδικασία ενημέρωσης των βαρών στο πλαίσιο εργασίας του φίλτρου σωματιδίων, πυρήνας του οποίου είναι το πρόβλημα μαγνητικής αντιστοίχισης και η ανίχνευση της στροφής του χρήστη.

Στα σχολεία υπάρχουν σήμερα νέες ευκαιρίες διάδοσης ενδιαφερόντων και ελκυστικών προγραμμάτων που αφορούν στο περιεχόμενο των μαθημάτων, μέσα από τα smartphones των μαθητών. Ακόμη ένας στόχος είναι η ανάπτυξη λύσεων χρησιμοποιώντας τις υπηρεσίες LBS, για να βοηθηθούν τα τυφλά άτομα και εκείνα που αντιμετωπίζουν δυσκολίες στην όραση. Εδώ,

---

<sup>10</sup> Wassim Katerji, Miguel Ángel Manso Callejo, and Ramón Alcarria Garrido (2014). Positional Accuracy in Smart-Phones and its Effect on LBS Applications.

είναι ιδιαίτερα σημαντικό να αυξηθεί η ασφάλεια της πλοήγησης και να οριστεί μία «γλώσσα» για τα βραχιόλια δόνησης που ξεπερνά τις απλές εντολές των κατευθυντήριων οδηγιών.<sup>11</sup>

---

<sup>11</sup> Martin Krammer, Thomas Bernoulli, Ulrich Walder (2014). All You Need Is Content — Create Sophisticated Mobile Location-Based Service Applications Without Programming. Faculty of Civil Engineering, Graz University of Technology, Austria.

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αρχικά, τα κινητά τηλέφωνα αναπτύχθηκαν μόνο για φωνητική επικοινωνία αλλά στις μέρες μας το σενάριο αυτό έχει αλλάξει. Η φωνητική επικοινωνία αποτελεί πλέον μόνο μία πτυχή ενός κινητού τηλεφώνου. Υπάρχουν και άλλες πτυχές οι οποίες αποτελούν το κέντρο του ενδιαφέροντος. Δύο σημαντικές λειτουργίες είναι ο περιηγητής ιστού και οι υπηρεσίες GPS. Και οι δύο έχουν ήδη εφαρμοστεί αλλά βρίσκονται μόνο στα χέρια των κατασκευαστών και όχι στα χέρια των χρηστών λόγω των ιδιοκτησιακών ζητημάτων, το σύστημα δεν επιτρέπει στον χρήστη να έχει άμεση πρόσβαση στον εξοπλισμό του κινητού. Τώρα όμως, μετά την εμφάνιση των κινητών τηλεφώνων που βασίζονται στην πλατφόρμα Android, ο χρήστης μπορεί να έχει πρόσβαση απευθείας στον εξοπλισμό να σχεδιάζει προσωπικές εφαρμογές για να αναπτύσσει τις υπηρεσίες του δικτύου και προγραμματίζοντας άλλα στοιχεία εξοπλισμού όπως είναι οι κάμερες κλπ.<sup>1</sup>

Η επίγνωση της θέσης και η πλοήγηση γίνονται ένα από τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά στα κινητά τηλέφωνα και στα smartphones. Η προσωπική πλοήγηση και οι υπηρεσίες αξιοποίησης της γεωγραφικής θέσης διευρύνουν το πεδίο των κινητών εφαρμογών. Το σύστημα GPS είναι η πιο αποδοτική τεχνολογία εντοπισμού. Χάρη στην μείωση του μεγέθους των αποδεκτών GPS και στην ενσωμάτωση του GPS με τα κινητά τηλέφωνα, το GPS είναι ένας από τους πιο σημαντικούς παρόχους για τις υπηρεσίες LBS. Αφού τα κινητά τηλέφωνα και τα smartphone έχουν συνήθως ολοκληρωμένα κυκλώματα GPS σχετικά χαμηλού κόστους, η απόδοση της ακρίβειας εντοπισμού εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τους περιβαλλοντικούς παράγοντες.<sup>2</sup>

Οι υπηρεσίες LBS στα smartphones είχαν τεράστια επιτυχία στην αγορά των καταναλωτών, παρέχοντας χρήσιμες λειτουργίες όπως την εύρεση κοντινών σημείων ενδιαφέροντος. Οι υπηρεσίες LBS της επόμενης γενιάς υπόσχονται να διανέμουν στους χρήστες ακόμη πιο αλληλεπιδραστικές υπηρεσίες. Δεδομένων των δυνατοτήτων των υπηρεσιών LBS στην αγορά, δεν προκαλεί εντύπωση το γεγονός ότι έχουν ερευνηθεί ευρέως. Συγκεκριμένα, ο ακαδημαϊκός κύκλος έχει δείξει ιδιαίτερη προσοχή στην εξασφάλιση της προστασίας των προσωπικών δεδομένων των χρηστών. Έχουν αναπτυχθεί πολλές τεχνικές, όπως είναι η ανωνυμοποίηση, πολλοί κρυπτογραφικοί αλγόριθμοι και αλγόριθμοι φιλτραρίσματος, ώστε οι πάροχοι των υπηρεσιών LBS να χρειάζονται μόνο δεδομένα εντοπισμού ελάχιστης ποιότητας.

Αναμένονται βελτιώσεις στις τεχνολογίες οπτικοποίησης, από τις βασικές κινήσεις στον τρόπο που οι πληροφορίες εμφανίζονται στους χάρτες, στις νέες οθόνες αυξημένης πραγματικότητας, όπου οι πληροφορίες που βασίζονται στην τοποθεσία γίνονται ορατές παραπλεύρως των σημείων ενδιαφέροντος μέσω μίας κάμερας.<sup>3</sup>

Συνοψίζοντας, οι υπηρεσίες LBS υπόσχονται ένα πολύ λαμπρό μέλλον, λαμβάνοντας υπόψη όλους τους βασικούς παράγοντες των τεχνολογιών που απαιτούνται για να λειτουργήσουν και να είναι διαθέσιμες στην αγορά. Η ικανότητα να ξεπεραστούν κάποια από τα

---

<sup>1</sup> Amit Kushwaha, Vineet Kushwaha (2011). Location Based Services using Android Mobile Operating System. International Journal of Advances in Engineering & Technology, Mar 2011. Vol. 1, Issue 1, pp.14-20.

<sup>2</sup> Soyoung Hwang and Donghui Yu (2012). GPS Localization Improvement of Smartphones Using Built-in Sensors. International Journal of Smart Home Vol. 6, No. 3, July.

<sup>3</sup> Sidney Shek (2010). Next generation location based services for mobile devices. Leading Edge Forum. CSC Grants.

εμπόδια που δημιουργούνται από την πίεση της αγοράς και την χρονική διαθεσιμότητα, θα μπορούσαν να αναγνωριστούν μέσα από επιπρόσθετη έρευνα και ανάπτυξη.

Επιπλέον, ο αριθμός των ανθρώπων που μπορούν οι υπηρεσίες αυτές να αγγίξουν είναι πέρα των προσδοκιών λόγω του αριθμού των κινητών χρηστών ανά τον κόσμο. Ωστόσο, οι υπηρεσίες αξιοποίησης της γεωγραφικής θέσης χρειάζεται να αναγνωρίζουν την στοχευόμενη αγορά και να παρέχουν λύσεις στους πελάτες τους. Τέλος, οι πρόσφατες τεχνολογίες αναγνωρίζουν τις υπηρεσίες LBS ως την κυρίαρχη περιοχή ανάπτυξης της γεωγραφικής διαχείρισης δεδομένων.<sup>4</sup>

---

<sup>4</sup> Thamer Abulleif, Abdulwahab Al-Dossary (2008). Location Based Services (LBS). Surveying Services Division, Saudi Aramco Dhahran, Saudi Arabia



## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ

A Publication of the ACLU of Northern California (2010). Location-Based Services: Time for a Privacy Check-In.

A. Beimel and Y. Stahl. Robust information-theoretic private information retrieval. *J. Cryptol.*, 20(3):295–321, 2007.

Amit Kushwaha, Vineet Kushwaha (2011). Location Based Services using Android Mobile Operating System. *International Journal of Advances in Engineering & Technology*, Mar 2011. Vol. 1, Issue 1, pp.14-20.

Au, A.; Feng, C.; Valaee, S.; Reyes, S.; Sorour, S.; Markowitz, S.N.; Gold, D.; Gordon, K.; Eizenman, M. Indoor tracking and navigation using received signal strength and compressive sensing on a mobile device. *IEEE Trans. Mobile Comput.* 2012, in press.

B. Chor and N. Gilboa. Computationally private information retrieval (extended abstract). In *STOC '97: Proceedings of the twenty-ninth annual ACM symposium on Theory of computing*, pages 304–313, New York, NY, USA, 1997.

B. Chor, E. Kushilevitz, O. Goldreich, and M. Sudan. Private information retrieval. *J. ACM*, 45(6):965–981, 1998.

B. Chor, O. Goldreich, E. Kushilevitz, and M. Sudan. Private information retrieval. In *Proceedings of the 36th Annual Symposium on the Foundations of Computer Science*, 1995, pages 41–50, Oct 1995.

Basil Hess, Armin Zamani Farahani, Fabian Tschirschnitz, Felix von Reischach (2012). Evaluation of Fine-Granular GPS Tracking on Smartphones. *ACM SIGSPATIAL MobiGIS'12*, Nov 6, 2012. Redondo Beach, CA, USA.

Brimicombe, A. J., 2002. GIS - Where are the frontiers now?. In: *Proceedings GIS 2002.*, Bahrain, 33- 45.

Cho, E.-A., Moon, C.-J., Im, H.-S., & Baik, D.-K. (2009). An Anonymous Communication Model for Privacy-Enhanced Location Based Service Using an Echo Agent. *3rd International Conference On Ubiquitous Information Management And Communication* (pp. 290-297). Suwon: ACM.

Christopher Ververidis, George C. Polyzos. (2006). Location Based Services in the Mobile Communications Industry. Department of Computer Science. Athens University of Economics and Business.

D. Lin, E. Bertino, R. Cheng, and S. Prabhakar. Position transformation: a location privacy protection method for moving objects. In *SPRINGL '08: Proceedings of the SIGSPATIAL ACM GIS 2008 International Workshop on Security and Privacy in GIS and LBS*, pages 62–71, New York, NY, USA, 2008.

Dempster, A., Li, B., Quader, I., 2008. Errors in deterministic wireless fingerprinting systems for localization, *ISWPC 2008*, 111–115.

E. Kushilevitz and R. Ostrovsky. Replication is not needed: single database, computationally-private information retrieval. In *FOCS '97: Proceedings of the 38th Annual Symposium on Foundations of Computer Science*, page 364, Washington, DC, USA, 1997.

- Eladio Martin, Oriol Vinyals, Gerald Friedland, Ruzena Bajcsy (2010). Precise Indoor Localization Using Smart Phones.
- Espinoza, F., Persson, P., Sandin, A., Nyström, H., Cacciatore, E. and Bylund, M., 2001. GeoNotes: Social and Navigational Aspects of Location-Based Information Systems. In: Abowd, Brumitt and Shafer
- Estrin, D. (2009, October 16). *Participatory Sensing: from ecosystems to human systems*. Retrieved March 2010, from [http://senseable.mit.edu/engagingdata/presentations/ED\\_Plenary\\_Estrin.pdf](http://senseable.mit.edu/engagingdata/presentations/ED_Plenary_Estrin.pdf)
- Femi Olumofin, Piotr K. Tysowski, Ian Goldberg, Urs Hengartner (2010). Achieving Efficient Query Privacy for Location Based Services. Cheriton School of Computer Science University of Waterloo.
- Feng Zhang, Aron Kondoro, Sead Muftic (2012). Location-based Authentication and Authorization Using Smart Phones. Royal Institute of Technology (KTH) Stockholm, Sweden.
- G. Ghinita, P. Kalnis, A. Khoshgozaran, C. Shahabi, and K.-L. Tan. Private queries in location based services: anonymizers are not necessary. In SIGMOD '08: Proceedings of the 2008 ACM SIGMOD international conference on Management of data, pages 121–132, New York, NY, USA, 2008.
- G. Ghinita. Understanding the privacy-efficiency trade-off in location based queries. In SPRINGL '08: Proceedings of the SIGSPATIAL ACM GIS 2008 International Workshop on Security and Privacy in GIS and LBS, pages 1–5, New York, NY, USA, 2008.
- Ghinita, G., Kalnis, P., Khoshgozaran, A., Shahabi, C., & Tan, K.-L. (2008). Private Queries in Location Based Services: Anonymizers are not Necessary. *SIGMOD* (pp. 121-132). Vancouver: ACM.
- Gyeyoung Lee, Jaegeol Yim and Changyong Han: Implementation of an Indoor-Location-Based Interactive VoD Player Using Web Services," Information-An International Interdisciplinary Journal, (ISSN 1343-4500) 16 (2B), pp.1309-1316 (2013)
- H. S.-M. Ali Khoshgozaran and C. Shahabi. SPIRAL, a scalable private information retrieval approach to location privacy. In Proceedings of the 2nd International Workshop on Privacy-Aware Location-based Mobile Services (PALMS), 2008.
- Hansen, J.: "Cloud to Device Push Messaging on Android". Advanced Information Networking and Applications Workshops (WAINA), 2012 26th International Conference , 26-29 March 2012.
- Hong Zeng, Jianhui Zhang, Guojun Dai, Zhigang Gao, and Haiyang Hu (2014). Security Visiting: RFID-Based Smartphone Indoor Guiding System. Hindawi Publishing Corporation International Journal of Distributed Sensor Networks, Volume 2014, Article ID 212741, 13 pages.
- Jaegeol Yim (2013). A Smartphone Indoor Positioning Method. International Journal of Smart Home Vol.7, No.5 (2013), pp.9-18.
- Jaegeol Yim (2013). Design of Smart-Phone Sensor-Based Indoor Location Based Service System. Advanced Science and Technology Letters Vol.30 (ICCA 2013).
- Jaegeol Yim: A Smartphone Indoor Positioning Method. IJMUE to be published.
- Jaegeol Yim: Introducing a decision tree-based indoor positioning technique. Expert Systems with Applications 34(2), pp. 1296--1302 (2008)
- Jingbin Liu , Ruizhi Chen, Ling Pei, Robert Guinness and Heidi Kuusniemi (2012). A Hybrid Smartphone Indoor Positioning Solution for Mobile LBS. *Sensors* 2012, 12, 17208-17233; doi:10.3390/s121217208.

Jingbin Liu, Ruizhi Chen, Yuwei Chen, Ling Pei and Liang Chen (2012). iParking: An Intelligent Indoor Location-Based Smartphone Parking Service. *Sensors* 2012, 12, 14612-14629; doi:10.3390/s121114612.

Kasra Madadipouya (2014). AN EXAMINATION AND REPORT ON POTENTIAL METHODS OF STRATEGIC LOCATION-BASED SERVICE APPLICATIONS ON MOBILE NETWORKS AND DEVICES. *International Journal of Managing Public Sector Information and Communication Technologies (IJMPICT)* Vol. 5, No. 3, September 2014.

Kathryn Zickuhr (2013). Location-Based Services. Pew Research Center's Internet & American Life Project.

Kiran V S and Savitha Sthawarmath (2014). State-of-the ART Location Recognition Development Over Smartphones by Integrating Cloud Based LBS's. *International Journal of Innovative Research in Computer and Communication Engineering (An ISO 3297: 2007 Certified Organization)* Vol. 2, Issue 4.

Kolodziej, K. & Hjelm, J. (2006). *Local Positioning Systems: LBS Applications and Services*, CRC Taylor & Francis.

Kushki, A.; Plataniotis, K.N.; Venetsanopoulos, A.N. Intelligent dynamic radio tracking in indoor wireless local area networks. *IEEE Trans. Mobile Comput.* 2010, 9, 405–419.

Liu, L. (2009). Privacy and Location Anonymization in Location-based services. *SIGSPATIAL*, 15-22.

Lopez, X., 2004. Location-Based Services. In: Karimi, H. A., Hammad, A., ed. *Telegeoinformatics*. CRC Press, 171-188.

Mahtab A., Hien N., Yunye J., Wee-Seng S., 2007. Indoor Localization Using Multiple Wireless Technologies, *MASS 2007*, Oct. 2007, 1–8.

Martin Krammer, Thomas Bernoulli, Ulrich Walder (2014). All You Need Is Content — Create Sophisticated Mobile Location-Based Service Applications Without Programming. Faculty of Civil Engineering, Graz University of Technology, Austria.

Mobile Marketing Association (2011). Mobile location based services marketing whitepaper. Open Geospatial Consortium (OGC), 2005. *Open Location Services 1.1*.

Moritz Kessel, Martin Werner. Automated WLAN Calibration with a Backtracking Particle Filter. *International Conference on Indoor Positioning and Indoor Navigation*, 13-15<sup>th</sup> November 2012.

M. Rabinowitz and J. J. Spilker, Jr, "A new positioning system using television synchronization signals," *IEEE Trans. Broadcasting*, vol. 51, no. 1, pp. 51–61, Mar. 2005.

Otsason, V., Varshavsky, A., Lamarca, A., De Lara, E., 2005, Accurate GSM Indoor Localization, *UbiComp 2005*,

Patrikakis, C., Voulodimos, A., & Giannoulis, G. (2009). Personalized Location Based Services with respect to privacy: A user oriented approach. *2nd International Conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environments*. Corfu: ACM.

Qt Creator IDE and Tools. Available online: <http://qt.nokia.com/products/developer-tools/>(accessed on 17 May 2012).

Ribeiro, F. N., & Zorzo, S. D. (2009). LPBS - Location Privacy Based System. *IEEE Symposium on Computers and Communications* (pp. 374-379). Sousse: IEEE.

Richard Marshall (2013). Making Sense of Mobile Location. Gartner, Inc. | G00250204.

Roxin, A., Gaber, J., Wack, M., Nait-Sidi-Moh, A., 2007. Survey of Wireless Geolocation Techniques, *Globecom*

- Rui Tao, Haiyong Luo, Fang Zhao, Yongzhong Li (2014). Multimodal Algorithm Based on Particle Filter for Indoor Localization with Smartphones. International Conference on Computer, Communications and Information Technology (CCIT 2014).
- S. K. Mishra and P. Sarkar. Symmetrically private information retrieval. In INDOCRYPT '00: Proceedings of the First International Conference on Progress in Cryptology, pages 225–236, London, UK, 2000.
- Schiller J. and Voisard A. (eds. 2004), Location-Based Services Hardcover: 255 pages Dimensions (in inches): 9.34x7.74x.81 ISBN: 1558609296 Publisher: Morgan Kaufmann Publishers
- Shiode, N., Li, C., Batty, M., Longley, P., Maguire, D., 2004. The impact and penetration of Location Based Services. In: Karimi, H. A., Hammad, A., ed. *Telegeoinformatics*. CRC Press, 349-366.
- Sidney Shek (2010). Next generation location based services for mobile devices. Leading Edge Forum. CSC Grants.
- Soyoung Hwang and Donghui Yu (2012). GPS Localization Improvement of Smartphones Using Built-in Sensors. International Journal of Smart Home Vol. 6, No. 3, July.
- Stefan Steiniger, Moritz Neun, Alistair Edwardes (2006). Foundations of Location Based Services. Department of Geography, University of Zurich.
- Steiniger, S., Neun, M., & Edwardes, A. (2006). *Foundations of Location-Based Services*. Retrieved January 13, 2012, from [http://www.geo.unizh.ch/publications/cartouche/lbs\\_lecturenotes\\_steinigeretal2006.pdf](http://www.geo.unizh.ch/publications/cartouche/lbs_lecturenotes_steinigeretal2006.pdf)
- Sun-You Kim, Sung-Bae Cho (2014). A Location Management System for Destination Prediction from Smartphone Sensors. *UBICOMM 2014 : The Eighth International Conference on Mobile Ubiquitous Computing, Systems, Services and Technologies*. ISBN: 978-1-61208-353-7.
- T. Gallagher, B. Li, A.G. Dempster, and C. Rizos, “Database updating through user-feedback in fingerprint-based Wi-Fi location systems”, *UPINLBS 2010*, pp. 1-8, 14-15th October 2010, Kirkkonummi, Finland.
- Thamer Abulleif, Abdulwahab Al-Dossary (2008). Location Based Services (LBS). Surveying Services Division, Saudi Aramco Dhahran, Saudi Arabia.
- Thomas Gallagher, Binghao Li, Andrew G. Dempster, and Chris Rizos (2011). Power Efficient Indoor/Outdoor Positioning Hand-over. 2011 International Conference on Indoor Positioning and Indoor Navigation (IPIN), 21-23 September 2011, Guimarães, Portugal.
- Torben Kuseler & Ihsan Alshahib Lami (2012). Using Geographical Location as an Authentication Factor to Enhance mCommerce Applications on Smartphones. *The University of Buckingham*. International Journal of Computer Science and Security (IJCSS), Volume (6) : Issue (4) : 2012.
- U. Hengartner. Hiding location information from location-based services. In Mobile Data Management, 2007 International Conference on, pages 268–272, May 2007.
- V. Oehler, F. Luongo, J. Boyero, R. Stalford, H. Trautenberg, J. Hahn, F. Amarillo, M. Crisci, B. Schlarmann, and J. Flamand. The galileo integrity concept. In Proceedings of the 17th International Technical Meeting of the Satellite Division of The Institute of Navigation (ION GNSS 2004), pages 604{615, 2001.
- van Loenen, B., & Zevenbergen, J. (2007). Privacy (regimes) Do not Threaten Location Technology Development. *International Conference on Mobile Data Management* (pp. 238-242). Mannheim: IEEE.

Ververidis, C., Polyzos, G. C., & Mehdi, K. P. (2006). Location-Based Services in the Mobile Communications Industry. Encyclopedia of E-Commerce, E-Government and Mobile Commerce, Idea Group Reference, Hershey, USA.

Vishwanathan, R., & Huang, Y. (2009). A Two-level Protocol to Answer Private Location-based Queries. *Intelligence and Security Informatics Conference* (pp. 149-154). Richardson: IEEE.

Wassim Katerji, Miguel Ángel Manso Callejo, and Ramón Alcarria Garrido (2014). Positional Accuracy in Smart-Phones and its Effect on LBS Applications.

Wen-Chen Hu, Naima Kaabouch, Hung-Jen Yang, Ather Sharif (2013). Location-Based Services Design and Implementation Using Android Platforms.

William Storms, Jeremiah Shockley, John Raquet. Magnetic Field Navigation in an Indoor Environment. Ubiquitous Positioning Indoor Navigation and Location Based Service (UPINLBS), 2010.

W-locate (2013). Location based services for enterprise. Διαθέσιμο από: [http://www.gsma.com/membership/wp-content/uploads/2012/03/W-Locate-Location-Whitepaper\\_final.pdf](http://www.gsma.com/membership/wp-content/uploads/2012/03/W-Locate-Location-Whitepaper_final.pdf)

Yuntian Brian Bai, Suqin Wu, Guenther Retscher, Allison Kealy, Lucas Holden, Martin Tomko, Aekarin Borriak, Bin Hu, Mark Sanderson, Hong Ren Wu, Kefei Zhang (2014). A New Method for Improving Wi-Fi Based Indoor Positioning Accuracy.

Zhang, A., & Xu, Q. (2009). The Strategy Design of Compression and Transmission of cGML Spatial Data and Its Application in LBS. 5th International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing. Beijing: IEEE.

## **ΕΛΛΗΝΙΚΗ**

Γεωργίου Ευθυμία (2003). Υπηρεσίες αξιοποίησης της γεωγραφικής θέσης. Location Based Services. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών.

Ζεντέλης Π. (2001) - "Κτηματολόγιο και ΣΠΓ", Σημειώσεις, Αθήνα.

Κάβουρας Μ. (1998) - "Αρχές γεωπληροφορικής και Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών", Αθήνα, Σεπτέμβριος.

Κουτσόπουλος Κ. (1999) - "Εφαρμογές Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών" - Σημειώσεις μαθήματος, Αθήνα.