

Ατομική Διπλωματική Εργασία

**ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΥΠΟΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ
ΤΗΣ ΠΛΑΤΦΟΡΜΑΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΓΕΩΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗΣ
ANYPLACE**

Λούκας Σολέα

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ



ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

Μάιος 2019

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ
ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

**ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΥΠΟΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΤΗΣ
ΠΛΑΤΦΟΡΜΑΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΓΕΩΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗΣ ANYPLACE**

Λούκας Σολέα

Επιβλέπων Καθηγητής
Δημήτρης Ζεϊναλιπούρ

Η Ατομική Διπλωματική Εργασία υποβλήθηκε προς μερική εκπλήρωση των
απαιτήσεων απόκτησης του πτυχίου Πληροφορικής του Τμήματος Πληροφορικής του
Πανεπιστημίου Κύπρου

Μάιος 2019

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέπων καθηγητή μου Δρ. Δημήτρη Ζεϊναλιπούρ που με επέλεξε και μου έδωσε την ευκαιρία να συνεργαστώ μαζί του για την εκπόνηση αυτής της εργασίας. Επιπρόσθετα, θα ήθελα να τον ευχαριστήσω για την άψογη συνεργασία που είχαμε και την υποστήριξη που μου έδωσε, κυρίως για τις περιπτώσεις σχετικά με τεχνικά θέματα και δυσκολίες που αντιμετώπισα, κατά την διάρκεια αυτών των δυο εξαμήνων.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω το Δρ. Κωνσταντίνο Κώστα, απόφοιτο του Πανεπιστημίου Κύπρου, ο οποίος ακόμη και μετά την αποφοίτηση του, αφιέρωσε αρκετό από τον ελεύθερο του χρόνο για να με βοηθήσει να κατανοήσω την δομή της υπάρχουσας δουλειάς, έτσι ώστε να μπορέσω να ανταπεξέλθω στις ανάγκες της διπλωματικής μου εργασίας.

Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Δρ. Χρίστο Λαουδιά του Ερευνητικού Κέντρου Τεχνολογίας Ευφυών Συστημάτων και Δικτύων - ΚΟΙΟΣ, ο οποίος με τις γνώσεις και την εμπειρία του με βοήθησε να φέρω εις πέρας τα πειράματα της διπλωματικής μου εργασίας.

Επιπρόσθετα, ευχαριστώ το Τμήμα Πληροφορικής του Πανεπιστημίου Κύπρου, αλλά και το Πανεπιστήμιο Κύπρου για την διάθεση όλων των απαραίτητων πόρων που χρειάστηκαν ώστε να ολοκληρωθεί με επιτυχία αυτή η διπλωματική εργασία.

Τελειώνοντας, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου Γιώργο και Ελένη για την ψυχολογική και οικονομική στήριξη που μου προσφέρουν τόσα χρόνια έτσι ώστε να μπορέσω να ολοκληρώσω τις σπουδές μου με επιτυχία, καθώς και στους φίλους μου για την συμπαράσταση και την βοήθεια τους.

Περίληψη

Στην σημερινή εποχή υπάρχει όλο και περισσότερη χρήση των smartphones, η οποία επεκτείνεται στους εξωτερικούς αλλά και εσωτερικούς χώρους. Ένα σοβαρό πρόβλημα που δημιουργείται στους εσωτερικούς χώρους είναι η κακή γεωτοποθέτηση, η οποία δημιουργείται λόγω του ασθενούς σήματος από τους δορυφόρους. Αυτό οδηγεί στην ανάγκη της αναζήτησης σε εσωτερικούς χώρους. Το πρόβλημα αυτό λύνεται με την εφαρμογή Anyplace Indoor Navigation Service, η οποία χρησιμοποιεί την τεχνολογία ασύρματου διαδικτύου, που είναι δωρεάν, και προσφέρει εσωτερική γεωτοποθέτηση, χαρτογράφηση, πλοήγηση και πληροφορία.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία έγιναν βελτιώσεις στην εφαρμογή Anyplace Indoor Navigation Service, οι οποίες αφορούν τους τελεστές αποτίμησης τοποθέτησης και την υλοποίηση του. Η μεγάλη πολυπλοκότητα του αλγορίθμου γεωτοποθέτησης και ο μεγάλος όγκος δεδομένων έχουν σαν αποτέλεσμα ο υπολογισμός για την εξαγωγή του αποτελέσματος να παίρνει αρκετό χρόνο και ο χρήστης να μην μπορεί να περιμένει τόσο πολύ για να δει αν η γεωτοποθέτηση στο συγκεκριμένο κτήριο είναι καλή. Για να επιλυθεί το συγκεκριμένο πρόβλημα, μια έξυπνη κρυφή μνήμη τοποθετήθηκε για να επιτρέπει την γρήγορη ανάκτηση των δεδομένων. Επίσης, για να υπάρχει υψηλότερη ευκρίνεια της γεωτοποθέτησης των χώρων του κτηρίου, έγιναν κάποιες διορθώσεις στο πλαίσιο Acces Map. Επιπρόσθετα, προστέθηκε η δυνατότητα πρόσθεσης πλοίων με την σχεδίαση και υλοποίηση υποσυστήματος κινούμενων αντικειμένων στο σύστημα Anyplace. Το γεγονός αυτό οδήγησε στην προσθήκη ενός ακόμη toolbox στον architect, καθώς και σε κάποιες αλλαγές στον viewer, όπου κατά την επιλογή του πλοίου εμφανίζεται ένα toolbox αποκλειστικά και μόνο για την οντότητα των πλοίων.

Αυτή η εργασία ολοκληρώνεται με την πειραματική αποτίμηση για την εγκυρότητα και αξιοπιστία του πλαισίου ACCES που αφορά την γεωτοποθέτηση. Η πειραματική αποτίμηση αποτελείται από δυο πειράματα το E4 και E5, τα οποία χρησιμοποιούν πραγματικά σενάρια από την καθημερινή ζωή του χρήστη. Μέσα από τα πειράματα προκύπτουν πληροφορίες και συμπεράσματα που μπορεί να εξαγάγει ο χρήστης μέσα από την παρουσίαση των δεδομένων που προκύπτει από το πλαίσιο ACCES.

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1 Εισαγωγή.....	1
1.1 Υποκίνηση εργασίας.....	1
1.2 Ανασκόπηση συστήματος Anyplace.....	3
1.3 Συνεισφορές.....	4
1.4 Δομή Διπλωματικής Εργασίας.....	4
Κεφάλαιο 2 Σχετική Βιβλιογραφία.....	6
2.1 Κατηγοριοποίηση συστημάτων εσωτερικής πληροφόρησης.....	7
2.2 Σχετικά συστήματα πληροφόρησης για εσωτερικούς χώρους.....	11
2.2.1 Mazemap.....	11
2.3 Σχετικά συστήματα διαχειρίσεις κινούμενων αντικειμένων	13
2.3.1 MarrineTraffic.....	13
2.3.2 Vesselfinder	16
2.4 Τεχνολογικό υπόβαθρο.....	18
2.4.1 AngularJS.....	18
2.4.2 Bootstrap	18
2.4.3 Scala.....	18
Κεφάλαιο 3 Αρχιτεκτονική του Anyplace.....	19
3.1 Anyplace Server και Βάση Δεδομένων.....	20
3.2 Anyplace Architect.....	21
3.3 Anyplace Viewer.....	22
3.4 Anyplace Navigator & Logger.....	22
Κεφάλαιο 4 Αποθήκευση και εμφάνιση δεδομένων.....	25
4.1 Εισαγωγή.....	25
4.2 Κίνητρο.....	26
4.3 Πρόβληματα.....	27
4.4 Η λειτουργία της προηγούμενης έκδοσης.....	27
4.5 Το πλαίσιο ACCES.....	27
4.6 Το πλαίσιο ACCES-w.....	28
4.6.1 Παράδειγμα.....	29
4.6.2 Υλοποίηση & Διεπαφές του ACES-w.....	32

Κεφάλαιο 5 Υποσύστημα Κινούμενων Αντικειμένων	36
5.1 Εισαγωγή.....	36
5.2 Κίνητρο.....	36
5.3 Πρόβλημα.....	37
5.4 Λύση.....	37
5.5 Υλοποίηση.....	39
5.5.1 Υλοποίηση στον Anyplace Architect.....	39
5.5.2 Υλοποίηση στον Anyplace Viewer.....	41
Κεφάλαιο 6 Πειραματική Αποτίμηση.....	44
6.1 Εισαγωγή.....	44
6.2 Αφαίρεση δακτυλικών αποτυπωμάτων Wi-Fi(E4).....	46
6.3 Αφαίρεση Wi-Fi APs(E5)	50
Κεφάλαιο 7 Συμπεράσματα και Μελλοντικές Επεκτάσεις.....	56
7.1 Συμπεράσματα.....	53
7.2 Μελλοντικές επεκτάσεις.....	54
Βιβλιογραφία.....	55

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή

- 1.1 Υποκίνηση εργασίας
 - 1.2 Ανασκόπηση συστήματος Anyplace
 - 1.3 Συνεισφορές
 - 1.4 Δομή διπλωματικής εργασίας
-

1.1 Υποκίνηση εργασίας

Τα smartphones αποτελούν σήμερα το πιο σημαντικό αντικείμενο στην ζωή των ανθρώπων. Σε συνδυασμό με το γεγονός ότι οι άνθρωποι ξοδεύουν το 80-90% του χρόνου τους σε εσωτερικό περιβάλλον, αύξησε το ενδιαφέρον για ύπαρξη υπηρεσιών που βασίζονται σε εσωτερικούς χώρους, όπως καθοδήγηση και πλοήγηση. Μια τέτοια εφαρμογή θα ήταν πολύ χρήσιμη για διάφορους τύπους ανθρώπων. Για παράδειγμα, ένας απλός χρήστης, ο οποίος θέλει να φτάσει σε συγκεκριμένο δωμάτιο σε ένα κτήριο αλλά λόγω ασθενούς σήματος του GPS (Global Positioning System), το οποίο επηρεάζεται από παρεμβολές και εμπόδια που υπάρχουν στο κτήριο, αδυνατεί να επιτύχει τον στόχο του.

Τα εργαλεία έρευνας (π.χ. Ekahau.com, tamos.com, inssider.com) που συλλέγουν δεδομένα, χρησιμοποιούνται συνήθως για τη δημιουργία heatmaps ραδιοφωνικής κάλυψης των εσωτερικών χώρων με βάση αυτές τις μετρήσεις. Τέτοιοι χάρτες απεικονίζουν την ένταση του σήματος γύρω από τα διαθέσιμα Wi-Fi Access Point (AP) ενός εσωτερικού χώρου χρησιμοποιώντας ένα χάρτη με χρώματα. Με την χρήση αυτών των χαρτών, ένα χρήστης μπορεί να προσδιορίσει σε ποιες περιπτώσεις οι ενδείξεις των αισθητήρων υποβαθμίζονται από άλλες ηλεκτρονικές συσκευές, που αποτελούν φυσικά

εμπόδια, και στη συνέχεια να βελτιώσει την κάλυψη αυτή με την τοποθέτηση πρόσθετων AP ή με την συνεισφορά των χρηστών για περισσότερες μετρήσεις. Αν και οι χάρτες είναι αρκετά χρήσιμοι, παρέχουν μόνο περιορισμένες πληροφορίες σχετικά με την ακρίβεια τοποθετήσεων που θα βιώσει ο χρήστης χρησιμοποιώντας ένα εσωτερικό σύστημα εντοπισμού θέσης. Για παράδειγμα, τα Wi-Fi APs που εξυπηρετούν τους χρηστές μέσα σε μια μεγάλη ανοικτή περιοχή θα έχουν σχετικά ισχυρά σήματα αλλά η ακρίβεια τοποθέτησης μπορεί να είναι χαμηλή. Αυτό οφείλετε στο γεγονός ότι τα σήματα δεν διαφέρουν σημαντικά ώστε να γίνει αποτελεσματικά ο εντοπισμός των διάφορων τοποθεσιών.

Τα σύγχρονα συστήματα εντοπισμού θέσεως αναμένονται να παρέχουν εκτός από εκτίμηση της θέσης και πληροφορίες σχετικά με την ακρίβεια αυτών των εκτιμήσεων. Για παράδειγμα, μετά από ένα αίτημα εντοπισμού σε οποιαδήποτε δημοφιλή εφαρμογή πλοήγησης για κινητά, συνήθως εμφανίζεται ένας "μπλε δίσκος" στη θέση του χρηστή, ο οποίος υποδηλώνει μια ακτίνα με βάση το επίπεδο ακρίβειας. Τέτοιες πληροφορίες σχετικά με την υπολογισμένη τοποθεσία είναι ιδιαίτερα επιθυμητές και βελτιώνουν σημαντικά την εμπειρία του χρήστη. Παρ' όλα αυτά, είναι διαθέσιμη μόνο στους χρήστες που έχουν άμεση πρόσβαση στο διαδίκτυο (δηλ. μετά από την αίτηση θέσης) με βάση τον τύπο της χρησιμοποιούμενης τεχνολογίας εντοπισμού (π.χ. IP, WiFi ID, Cellular ID ή εντοπισμός GPS).

Ωστόσο, είναι πολύ σημαντικό από την πλευρά της ανάπτυξης μιας υπηρεσίας εντοπισμού υψηλότερης ακρίβειας, να γνωρίζει την ποιότητα τοποθέτησης σε διαφορετικές περιοχές ενός κτηρίου σε λειτουργία εκτός σύνδεση διαδικτύου.

Για το πρόβλημα αυτό, η προτεινόμενη λύση δίνεται στην αποθήκευση των υπολογιζόμενων τιμών ακρίβειας τοποθέτησης, το οποίο γίνεται μετά την συλλογή των μετρήσεων από τα Wi-Fi AP. Με αυτό τον τρόπο ο χρήστης, ο οποίος θα αιτηθεί για ανακτήσει της ακρίβειας τοποθέτησης, θα πάρει πολύ γρήγορα την απάντηση του. Πιο συγκεκριμένα, κατά την αίτηση του χρηστή το σύστημα κατεβάζει όλα τα απαραίτητα αρχεία και δεν χρειάζεται πλέον το διαδίκτυο. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι χρήστες του συστήματος πρέπει να προσέξουν την διαδικασία συλλογής των μετρήσεων, η οποία πρέπει να γίνεται από έμπειρο προσωπικό ώστε να μεγιστοποιηθεί ο αριθμός των

καλών μετρήσεων με αποτέλεσμα της καλύτερης ποιότητας ακριβείας των θέσεων του κτηρίου.

Ακόμη ένα θέμα που είναι επίκαιρο στις μέρες μας είναι η διαχείριση κινούμενων αντικειμένων. Στην συγκεκριμένη περίπτωση, τα κινούμενα αντικείμενα αποτελούνται από πλοία. Για να προστεθεί αυτή η οντότητα στο ήδη υπάρχον σύστημα Anyplace, προστέθηκε ένα εργαλείο, το οποίο διαχειρίζεται αυτά τα κινούμενα αντικείμενα.

1.2 Ανασκόπηση συστήματος Anyplace

Αρχικά έγινε βελτιστοποίηση των τελεστών αποτίμησης γεωτοποθέτησης και υλοποίηση στο σύστημα Anyplace ώστε ο τρόπος ανάκτησης των δεδομένων του Acces Map να γίνει πιο γρήγορος και να παρουσιάζονται τα αποτελέσματα στον χρήστη με όλες τις πληροφορίες για γρηγορότερη εξαγωγή συμπερασμάτων. Για να αποδειχθεί η αξιοπιστία του συστήματος, έγινε μια πειραματική αξιολόγηση όσο αφορά την ακρίβεια της γεωτοποθέτησης. Επιπρόσθετα, υλοποιήθηκε και μια νέα προσθήκη στον Anyplace Architect που επιτρέπει την εισαγωγή κινούμενων αντικειμένων, αλλά και στον Anyplace Viewer έτσι ώστε να φαίνονται και στους απλούς χρήστες του συστήματος.

Ποιο συγκεκριμένα, η αλλαγή για την ανάκτηση των δεδομένων του Acces Map αποτελεί την δυνατότητα αποθήκευσης τους, το οποίο κάνει το σύστημα πιο εύχρηστο και τον χρήστη να μπορεί να ανακτά πιο γρήγορα τα δεδομένα. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι τα δεδομένα είναι πλέον αποθηκευμένα και δεν χρειάζεται να γίνει ο υπολογισμός από την αρχή πάρα μόνο η παρουσίαση των ήδη υπολογιζόμενων δεδομένων. Παράλληλα, έγινε αλλαγή και στην παρουσίαση των αποτελεσμάτων του συστήματος ώστε να εμφανίζονται πιο ευδιάκριτα.

Η πειραματική αξιολόγηση αποτελείται από δυο πειράματα με πραγματικά δεδομένα που συλλέχτηκαν από χρήστες, τα οποία είχαν σκοπό να αποδείξουν την αξιοπιστία του συστήματος. Τα συμπεράσματα θα δοθούν με περισσότερη λεπτομέρεια σε επόμενο κεφάλαιο.

Τέλος, στο σύστημα έγινε προσθήκη μιας καινούργιας λειτουργίας, η οποία εντάσσεται στην λειτουργικότητα του Anyplace Architect. Αυτή η λειτουργία αποτελεί την

προσθήκη κινούμενων οντοτήτων, δηλαδή την κατηγορία πλοίων (Ships). Στην λειτουργία αυτή ο χρήστης μπορεί να προσθέσει ένα κινούμενο αντικείμενο στο σύστημα. Ο στόχος της επέκτασης αυτής είναι ο χειρισμός ομάδων από κινούμενα αντικείμενα.

1.3 Συνεισφορές

Η συνεισφορά αυτής της διπλωματικής εργασίας χωρίζεται σε 3 βασικές ενότητες, οι οποίες αναλύονται σε βάθος στα επόμενα κεφάλαια:

- Αλλαγή στην υλοποίηση του συστήματος, ώστε να προστεθεί η αποθήκευση των δεδομένων για την γρήγορη ανάκτηση τους. Καθώς επίσης, αλλαγή στην εμφάνιση των δεδομένων για υψηλότερη ευκρίνεια. Οι αλλαγές αυτές μπορούν να εφαρμοστούν στην επίσημη σελίδα του Πανεπιστημίου Κύπρου με την χρήση της καινούργιας έκδοσης 3.5.
- Πρόσθεση λειτουργίας για διαχείριση ομαδοποιημένων κινουμένων αντικειμένων στο Anyplace Architect και Anyplace Viewer.
- Εκτέλεση σειράς πειραμάτων για αξιολόγηση και έλεγχο του συστήματος, τα όποια σύντομα θα παρουσιαστούν σε σχετικό paper που αφορά το σύστημα και την ακρίβεια του στην γεωτοποθέτηση.

1.4 Δομή Διπλωματικής Εργασίας

Η δομή της εργασίας αυτής έχει την εξής μορφή. Στο Κεφάλαιο 2 δίδεται ένα υπόβαθρο σχετικά με παρόμοια συστήματα, με το Anyplace, που μελετήθηκαν, καθώς και συστήματα με τα Api τους, τα οποία διαχειρίζονται κινούμενα αντικείμενα.

Στο Κεφάλαιο 3 δίδεται περιγραφή της αρχιτεκτονικής του Anyplace, στο οποίο παρουσιάζεται λεπτομερώς το σύστημα με όλες τις λειτουργίες και στοιχεία που αποτελείται, με σκοπό την κατανόηση των επεκτάσεων που πραγματοποιήθηκαν στην παρούσα διπλωματική εργασία.

Στο Κεφάλαιο 4 δίδεται λεπτομερώς περιγραφή της νέας δυνατότητας του Architect. Εδώ παρουσιάζεται η λειτουργία που προστέθηκε ώστε να γίνεται αποθήκευση, καθώς

επίσης και της πιο λεπτομερούς παρουσίασης των αποτελεσμάτων κατά την εμφάνιση του Acces Map.

Στο Κεφάλαιο 5 παρουσιάζεται λεπτομερώς η καινούργια δυνατότητα πρόσθεσης αντικειμένων. Τα καινούργια αυτά αντικείμενα μπορούν να κινηθούν και να ομαδοποιηθούν. Η πρόσθεση των καινούργιων εργαλείων έχει γίνει στον Anyplace Architect αλλά και Anyplace Viewer.

Στο Κεφάλαιο 6 παρουσιάζεται η πειραματική αξιολόγηση με τα πειράματα που έγιναν για την εγκυρότητα και αξιοπιστία του συστήματος όσον αφορά την γεωτοποθέτηση.

Τέλος, στο Κεφάλαιο 7 εξαγάγουμε συμπεράσματα, αναφέρουμε τα προβλήματα που συναντήσαμε και πως αντιμετωπίστηκαν, καθώς και κάποιες μελλοντικές επεκτάσεις που μπορούν να γίνουν στο σύστημα για την περαιτέρω βελτίωση του.

Κεφάλαιο 2

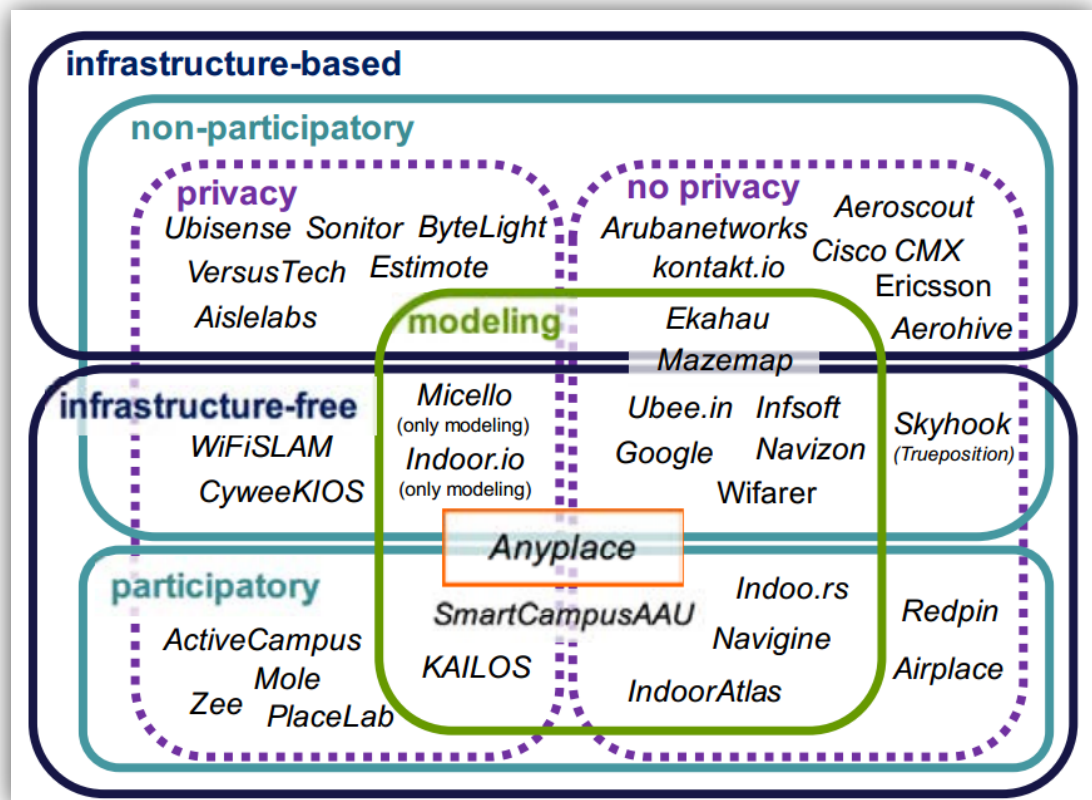
Σχετική Βιβλιογραφία

- 2.1 Κατηγοριοποίηση συστημάτων εσωτερικής πληροφόρησης
- 2.2 Σχετικά συστήματα πληροφόρησης για εσωτερικούς χώρους
 - 2.2.1 MazeMap
- 2.3 Σχετικά συστήματα διαχειρίσεις κενούμενων αντικειμένων
 - 2.3.1 MarrineTraffic
 - 2.3.2 Vesselfinder
- 2.4 Τεχνολογικό Υπόβαθρο
 - 2.4.1 AngularJS
 - 2.4.2 Bootstrap
 - 2.4.3 Scala

Σε αυτό το κεφάλαιο περιγράφονται παρόμοια συστήματα με το Anyplace. Στο σύνολο έχουν μελετηθεί τρία συστήματα με σκοπό την κατανόηση συστημάτων που διαχειρίζονται αντικείμενα. Πιο συγκεκριμένα, το πρώτο σύστημα σχετίζεται σε μεγάλο βαθμό με το Anyplace στο επίπεδο συλλογής δεδομένων, εργαλείων εμφανίσεις των δεδομένων αλλά και σε εργαλεία χαρτογραφήσεις για εσωτερικούς χώρους. Τα άλλα δυο σύστημα έχουν κύριο στόχο την διαχείριση κινούμενων αντικείμενων, τα οποία μελετήθηκαν για την εξαγωγή πληροφοριών σε σχέση με τα εργαλεία που χρησιμοποιούν για την ανανέωση της θέσης του αντικείμενου, για τον τρόπο παρουσίασης των αντικείμενων πάνω στο χάρτη, την ανάκτηση της πληροφορίας και ποσό συχνά πρέπει να γίνεται η ανάκτηση αυτή.

2.1 Κατηγοριοποίηση συστημάτων εσωτερικής πληροφορίας

Εδώ παρουσιάζονται συστήματα, τα οποία μελετήθηκαν και ασχολούνται με την εσωτερική γεωτοποθέτηση και πλοήγηση. Τα συγκεκριμένα συστήματα μπορούν να χωριστούν σε διάφορες κατηγορίες, όπως φαίνεται στο πιο κάτω διάγραμμα.



Εικόνα 2.1.α : Διάγραμμα Venn - Κατηγοριοποίησης Συστημάτων Εσωτερικής Πληροφορίας.[8]

Υποδομή

Ένα από τα σημαντικότερα κριτήρια κατηγοροποίησης των συστημάτων είναι η υποδομή. Κάποια συστήματα χρησιμοποιούν συγκεκριμένες τεχνολογίες υπολογισμού της γεωτοποθέτησης, στις οποίες είναι αναγκαστική η εγκατάσταση κάποιας συμβατής υποδομής.

Ένα παράδειγμα αυτής της κατηγορίας αποτελεί το σύστημα της εταιρίας infsoft, το οποίο χρησιμοποιεί την τεχνολογία Bluetooth Low Energy (Beacons). Με την χρήση της τεχνολογίας αυτής, το σύστημα λαμβάνει όλα τα σήματα που εκπέμπουν τα Beacons

και τις μετρήσεις της έντασης τους. Σύμφωνα με την εταιρία, η ακρίβεια του συστήματος με βάση τον υπολογισμό από την πλευρά του χρήστη ανέρχεται από 1 μέχρι 3 μέτρα. Ωστόσο, ένα συχνό πρόβλημα που παρουσιάζεται σε τέτοιου είδους συστήματα αφορά την εγκατάσταση του συστήματος σε μεγάλους χώρους. Με αποτέλεσμα να τοποθετούνται αρκετοί πομποί για υψηλότερη ευκρίνεια και ταυτόχρονα να αυξάνονται τα έξοδα. Στην εικόνα πιο κάτω παρουσιάζεται η υποδομή του συγκεκριμένου συστήματος.

client-based indoor positioning using BLE



Εικόνα 2.1.b : Αρχιτεκτονική του Infsoft System. [4]

Ωστόσο, υπάρχουν και τα συστήματα που δεν χρησιμοποιούν κάποια επιπλέον υποδομή, αλλά παίρνουν μετρήσεις από το περιβάλλον, τις οποίες επεξεργάζονται μετά. Αυτές οι μετρήσεις συνήθως αφορούν εντάσεις σημάτων από σημεία πρόσβασης Wi-Fi, από πύργους τηλεπικοινωνιών ή και από μαγνητικά πεδία της γης. Τα συστήματα της κατηγορίας αυτής κάνουν πολύ καλή επεξεργασία των δεδομένων σε επίπεδο λογισμικού με χαμηλό κόστος και όπως φαίνεται έχουν και αυτά αρκετά καλή ακρίβεια στα αποτελέσματά τους.

Σημείο υπολογισμού

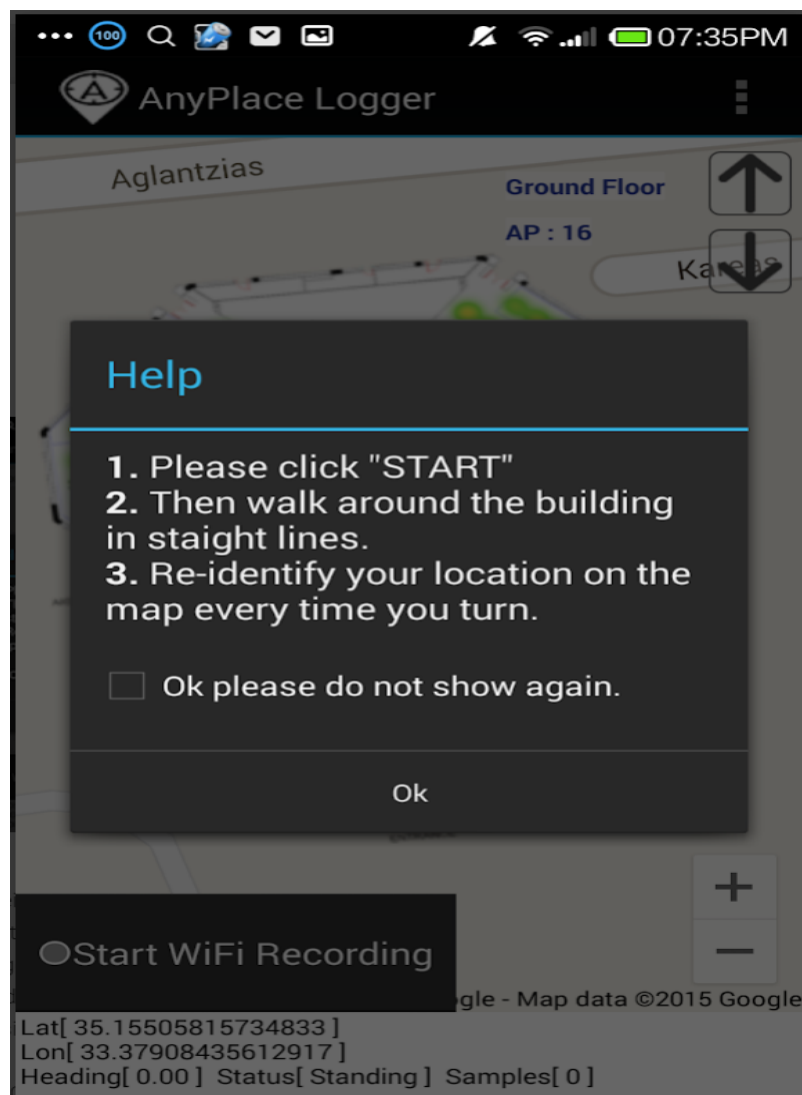
Το σημείο υπολογισμού αποτελεί ακόμη μια κατηγορία, στην οποία μπορούμε να διαχωρίσουμε τα συστήματα εσωτερικής γεωτοποθέτησης. Σε αυτή την κατηγορία υπάρχουν δυο περιπτώσεις, στην πρώτη περίπτωση ο υπολογισμός γίνεται από τον χρήστη και στην δεύτερη περίπτωση ο υπολογισμός γίνεται από ένα άλλο σύστημα, με την αποστολή των δεδομένων να γίνεται μέσω διαδικτύου.

Στην πρώτη περίπτωση, ο υπολογισμός γίνεται από την συσκευή του χρήστη. Ο χρήστης χρησιμοποιεί κάποιο smartphone και οι μετρήσεις αφορούν εντάσεις σημάτων από σημεία Wi-Fi ή αλλά παρόμοια σήματα. Λόγω του μεγάλου όγκου των δεδομένων και της μεγάλης πολυπλοκότητας του αλγορίθμου, σε σχέση με τον υπολογισμό της γεωτοποθέτησης, καθώς και της μειωμένης επεξεργαστικής ισχύς της συσκευής είναι δυνατόν το σύστημα να οδηγείται στην καθυστερημένη εμφάνιση των δεδομένων. Εκτός από αυτό, υπάρχει και η πιθανότητα, όπου η συσκευή του χρήστη μπορεί να παρουσιάσει οπουδήποτε βλάβη και τα δεδομένα να χαθούν με αποτέλεσμα να πρέπει να γίνει ξανά η διαδικασία συλλογής των δεδομένων και ο υπολογισμός να πρέπει να ξεκινήσει ξανά από την αρχή. Τα πλεονεκτήματα της συγκεκριμένης περίπτωσης είναι η δυνατότητα του συστήματος να λειτουργεί χωρίς πρόσβαση στο διαδίκτυο με αποτέλεσμα ο χρήστης να είναι απόλυτα προστατευμένος σε σχέση με θέματα ασφάλειας, διότι κανείς δεν γνωρίζει την τρέχουσα τοποθεσία του.

Στην δεύτερη περίπτωση, γίνονται απομακρυσμένοι υπολογισμοί, όπου τα δεδομένα στέλνονται μέσω του διαδικτύου και υπολογίζονται από κάποιο διακομιστή. Αυτός ο διακομιστής τις περισσότερες φορές έχει μεγαλύτερη προγραμματιστική ισχύ από ότι το smartphone του χρήστη, με αποτέλεσμα να γίνεται πιο γρήγορα ο υπολογισμός και να υπάρχει δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης των δεδομένων όποτε ο χρήστης το επιθυμεί. Η επαναχρησιμοποίηση των δεδομένων είναι εφικτή λόγω της αποθήκευσης των δεδομένων στον διακομιστή. Η χρήση του διαδικτύου για την αποστολή των δεδομένων, δημιουργεί πρόβλημα στην ασφάλεια τους. Τα δεδομένα είναι ευάλωτα σε επιθέσεις προς τον διακομιστή με αποτέλεσμα να μπορεί να εκτεθεί η τοποθεσία του χρήστη, πράγμα πολύ επικίνδυνο. Επίσης, αν ο χρήστης δεν έχει πρόσβαση στο διαδίκτυο τότε δεν θα έχει πρόσβαση στα δεδομένα του .

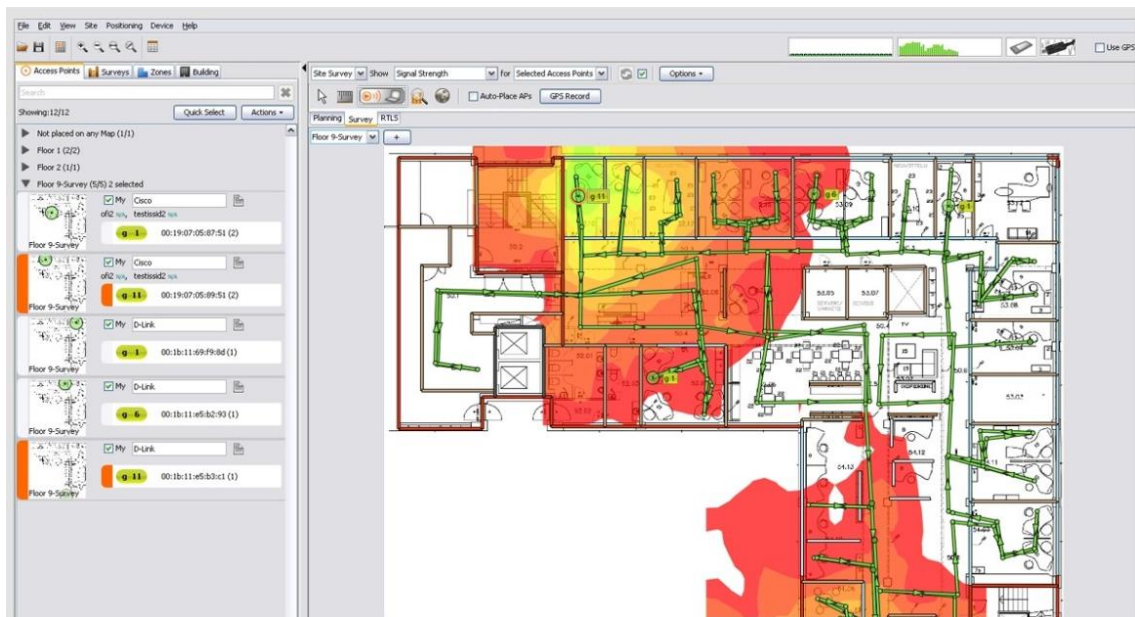
Συλλογή δεδομένων

Τα συστήματα μπορούν επίσης να κατηγοριοποιηθούν με βάση τον τρόπο που συλλέγουν τα δεδομένα τους και μπορεί να χωριστεί σε δυο κατηγορίες. Η πρώτη κατηγορία αποτελεί την συλλογή δεδομένων με την βοήθεια του κοινού, το οποίο αποτελεί την πιο οικονομική και σε μεγάλο βαθμό αρκετά αξιόπιστη διαδικασία. Πιο συγκεκριμένα, οι υπεύθυνοι για την εισαγωγή των δεδομένων στο σύστημα είναι οι ίδιοι οι χρήστες, το οποίο έχει ως αποτέλεσμα το σύστημα να μην κοστίζει αρκετά καθώς ακόμη να μπορεί να προσφέρεται και δωρεάν, όπως είναι το σύστημα Anyplace. Ωστόσο, η κατηγορία αυτή επιφυλάσσει πολλά σφάλματα, τα οποία δημιουργούνται λόγω της αδυναμίας των χρηστών να ξεχωρίζουν τα δεδομένα που είναι κατάλληλα για εισαγωγή και ποια όχι, το οποίο είναι λογικό αφού δεν είναι επαγγελματίες, αλλά οδηγεί στην εισαγωγή δεδομένων κακής ποιότητας.



Εικόνα 2.1.c : AnyPlace Logger. [14]

Η δεύτερη κατηγορία αποτελεί την συλλογή δεδομένων από έμπειρο και εξειδικευμένο προσωπικό. Ένα τέτοιο είδους συστήματος είναι το σύστημα Ekahau [20], το οποίο στις υπηρεσίες του προσφέρει παρουσίαση κάλυψης από Wi-Fi στο χάρτη, εντοπισμός όλων των σημείων εισόδου, εντοπισμός διαθέσιμων δικτύων, εντοπισμός ρυθμίσεων ασφάλειας και ανάλυση του χώρου. Παρόλα αυτά το σύστημα αυτό είναι διαθέσιμο μόνο έναντι χρηματικού πόσου. Στην πιο κάτω εικόνα βλέπουμε ένα παράδειγμα χαρτογραφημένου ορόφου με το σύστημα Ekahau.



Εικόνα 2.1.d : Χαρτογραφημένος χώρος με το Ekahau. [12]

2.2 Σχετικά συστήματα πληροφόρησης για εσωτερικούς χώρους

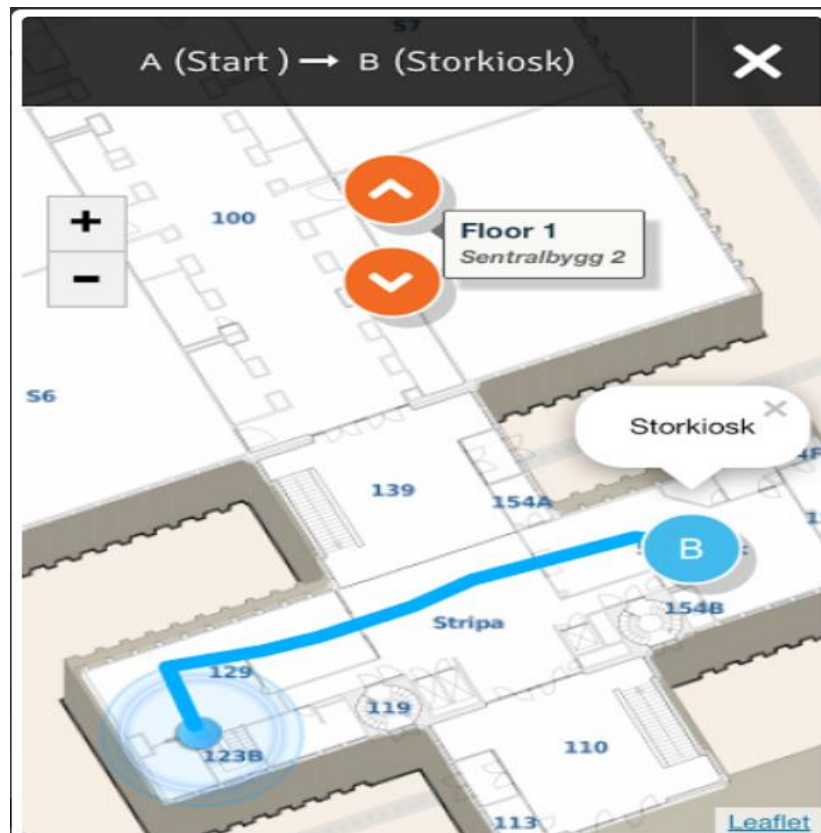
Εδώ παρουσιάζεται ένα σύστημα πληροφόρησης για εσωτερικούς χώρους, το MazeMap.

2.2.1 MazeMap

Το MazeMap ξεκίνησε ως μια ατομική διπλωματική στο Norwegian University of Science and Technology (NTNU), με αρχικό σκοπό να χρησιμοποιείται από τους φοιτητές ώστε να μπορούν να κινούνται εύκολα στην πόλη Trondheim. Ωστόσο, σήμερα το MazeMap επεκτάθηκε σε μεγάλο βαθμό ώστε να απασχολεί 27 υπαλλήλους

και να μπορεί να χρησιμοποιηθεί από διάφορους χρήστες για δρόμους σε πέντε ηπείρους.

Το MazeMap αποτελεί μια υπηρεσία λεπτομερής ψηφιακής χαρτογράφησης, η οποία καθοδηγεί τους χρήστες να φτάσουν στο δωμάτιο που αναζητούν εντός κάποιου κτηρίου με το οποίο δεν είναι εξοικειωμένοι. Αυτή η υπηρεσία προσφέρει την δυνατότητα προβολής κτηρίων, όπως την Πανεπιστημιούπολη, νοσοκομεία, εμπορικά κέντρα και χώρους εκδηλώσεων. Επιπρόσθετες υπηρεσίες που προσφέρονται για τον χρήστη του συστήματος είναι η αναζήτηση κάποιου χρήστη μέσα στα κτήρια, η γενική αναζήτηση κτηρίων και σημείων ενδιαφέροντος μέσα στα κτήρια, η παροχή γεωπλοήγησης του από το σημείο που βρίσκεται σε ένα άλλο της αρεσκείας του και η δυνατότητα να προσθέσει το δικό του κτήριο, το οποίο στη συνέχεια θα παρέχει αυτόματη ανεύρεση των διαδρόμων του κτηρίου. Η χαρτογράφηση των κτηρίων γίνεται από το προσωπικό του συστήματος έναντι κάποιου χρηματικού πόσου. Ο υπολογισμός θέσης γίνεται με την χρήση τριών ή περισσότερων διαφορετικών σημάτων Wi-Fi και η ακρίβεια του ανέρχεται από 5 μέχρι 10 μετρά. Η πιο κάτω εικόνα δείχνει ένα στιγμιότυπο του MazeMap.



Εικόνα 2.2.1.a : Παράδειγμα χρήσης MazeMap. [1]

2.3 Σχετικά συστήματα διαχειρίσεις κινούμενων αντικειμένων

Εδώ παρουσιάζονται κάποια συστήματα που ασχολούνται με την διαχείριση κινούμενων αντικειμένων. Στην ενότητα αυτή θα δοθεί λεπτομερής περιγραφή για τα συστήματα MarrineTraffic και Vesselfinder.

2.3.1 MarrineTraffic

Το MarrineTraffic αποτελεί ένα εργαλείο, το οποίο δίνει την δυνατότητα στους χρήστες να παρακολουθήσουν ζωντανά την κινητικότητα των πλοίων στον χάρτη. Αρχικά, ξεκίνησε ως ένα ακαδημαϊκό project του Πανεπιστημίου Αιγαίου, το οποίο για πρώτη φορά δημοσιεύτηκε το 2007 για δοκιμαστική χρήση από τον Καθηγητή Δημήτρη Λέκκα. Πλέον αποτελεί ένα από τα κορυφαία συστήματα του είδους του, του οποίου η επισκεψιμότητα ανέρχεται στους έξι εκατομμύρια μοναδικούς χρηστές ανά μηνά.

Το σύστημα αυτό βασίζεται στην κοινότητα, η οποία του παρέχει της πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο σχετικά με την τοποθεσία αλλά και τις κινήσεις των πλοίων. Μια βάση δεδομένων περιλαμβάνει λεπτομερή στοιχεία για κάθε πλοίο. Τα στοιχεία που περιλαμβάνει αυτή η βάση φαίνονται πιο κάτω:

- Τρόπος κατασκευής, έτος κατασκευής, διαστάσεις του πλοίου
- Χωρητικότητα, συνολικό βάρος
- Μοναδικός αριθμός Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού (IMO)
- Τύπος πλοίου
- Φωτογραφίες του πλοίου

Για την παρουσίαση των δεδομένων στον χάρτη χρησιμοποιείται το Google Maps Api, το οποίο προσφέρει πολλά εργαλεία. Ένα τέτοιο εργαλείο είναι το Marker, με το οποίο γίνεται η εμφάνιση ενός σημείου σε συγκεκριμένη τοποθεσία στον χάρτη καθώς και εύκολη αλλαγή του σημείου αυτού. Ακόμη μπορεί να πραγματοποιηθεί ενσωμάτωση σχετικών πληροφοριών μέσα στο Marker, οι οποίες σχετίζονται με το πλοίο. Επίσης, το σύστημα έχει την δυνατότητα να αποθηκεύει ένα ιστορικό για κάθε πλοίο και με τη χρήση του Google Maps Api να εμφανίζει την διαδρομή που έκανε το κάθε πλοίο.

Τα δεδομένα αυτά συλλέγονται από περισσότερους από 18.000 εθελοντές, οι οποίοι εφοδιάζονται με AIS σε περισσότερες από 140 χώρες σε όλο τον κόσμο. Ο εξοπλισμός AIS παρέχει πληροφορίες όπως η μοναδική αναγνώριση, η θέση, η πορεία και ταχύτητα του πλοίου. Αυτά τα δεδομένα μεταφέρονται στους κεντρικούς διακομιστές του συστήματος MarrineTraffic ώστε να προβληθούν στον ιστότοπο τους σε πραγματικό χρόνο με την βοήθεια του Google Maps.

Η εταιρεία έχει κατασκευάσει το δικό της AIS σύστημα, το οποίο είναι βασισμένο στον μικρό υπολογιστή Raspberry Pi 3. Οι εθελοντές μπορούν να αποκτήσουν τον δικό τους AIS μέσω της ιστοσελίδας της εταιρείας. Η πιο κάτω εικόνα απεικονίζει το σύστημα AIS της εταιρείας MarrineTraffic.



Εικόνα 2.3.1.α : Σύστημα AIS της εταιρείας MarrineTraffic. [5]

Για τον σκοπό της εργασίας αυτής, έχει μελετηθεί και το API του συγκεκριμένου συστήματος, το οποίο υποστηρίζει αρκετούς τύπους δομής για την εξαγωγή δεδομένων, όπως για παράδειγμα XML, CSV και JSON μορφή. Στην πιο κάτω εικόνα υπάρχουν παραδείγματα των διάφορων τύπων δομών που υποστηρίζει το API της εταιρείας MarrineTraffic.

XML sample response [simple]

```
<POS>
  <row MMSI="240391000" LAT="37.463669" LON="25.32655" SPEED="0" HEADING="100" COURSE="146" STATUS="0" TIMESTAMP="2012-04-
</POS>
```

XML sample response [extended]

```
<POS>
  <row MMSI="205623000" LAT="37.24538" LON="25.590981" SPEED="65" HEADING="250" COURSE="288" STATUS="0" TIMESTAMP="2016-04
</POS>
```

CSV sample response [simple]

```
MMSI, LAT, LON, SPEED, HEADING, COURSE, STATUS, TIMESTAMP, DSRC
310627000,-35.564580,126.044800,226,89,89,0,2017-02-14T16:14:00,SAT
```

CSV sample response [extended]

```
MMSI, LAT, LON, SPEED, HEADING, COURSE, STATUS, TIMESTAMP, SHIPNAME, SHIPTYPE, TYPE_NAME, AIS_TYPE_SUMMARY, IMO, CALLSIGN, F
310627000,-35.564580,126.044800,226,89,89,0,2017-02-14T16:14:00,QUEEN MARY 2,60,Passengers Ship,Passenger,9241061,ZCEF6,BM,,
```

Simplified JSON sample response [simple]

```
[["310627000",-35.564580,"126.044800","226","89","89","0","2017-02-14T16:14:00","SAT"]]
```

Simplified JSON sample response [extended]

```
[["310627000",-35.564580,"126.044800","226","89","89","0","2017-02-14T16:14:00","QUEEN MARY 2","60","Passengers Ship","Pas
```

JSON object sample response [simple]

```
[{"MMSI":"240391000","LAT":"37.463669","LON":"25.32655","SPEED":"0","HEADING":"100","COURSE":"146","STATUS":"0","TIMESTAMP":
```

Simplified JSON sample response [extended]

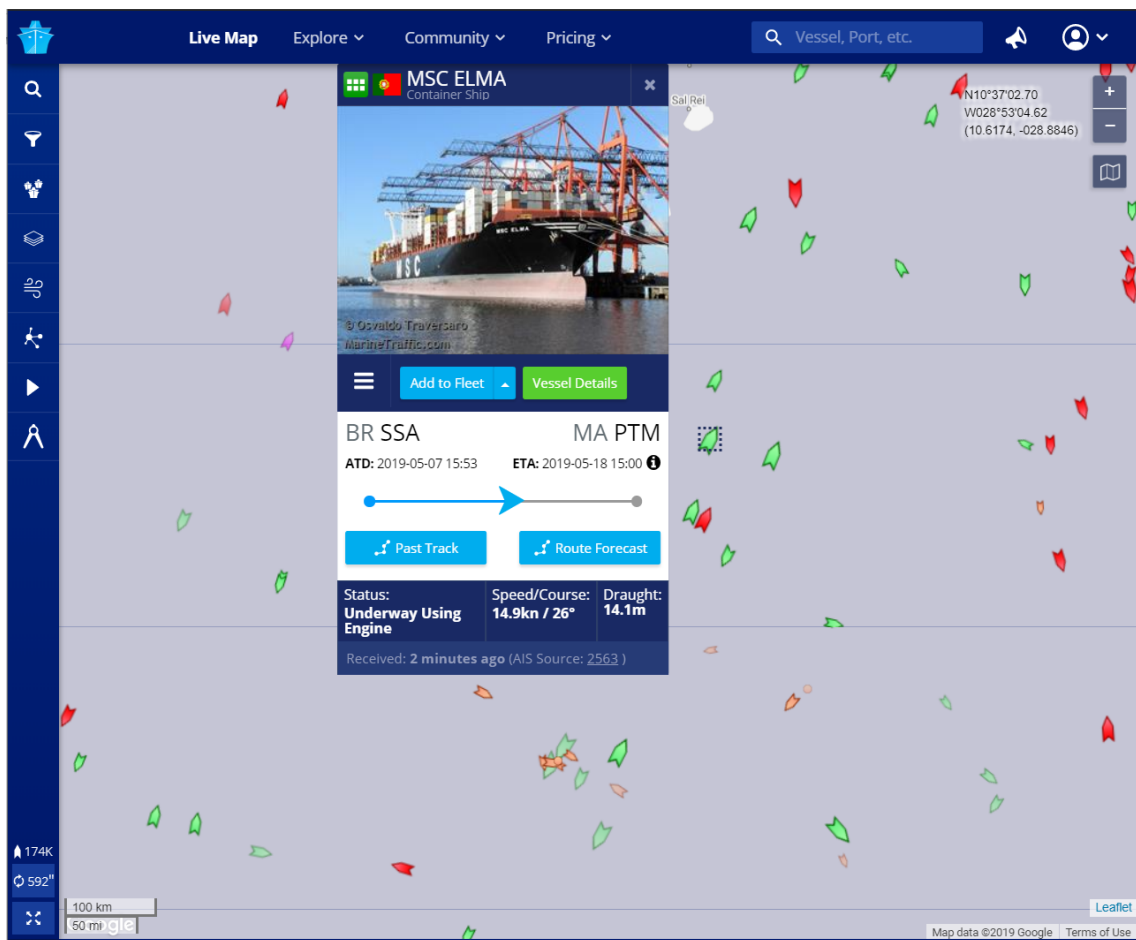
```
[{"MMSI":"205623000","LAT":"37.24538","LON":"25.590981","SPEED":"65","HEADING":"250","COURSE":"288","STATUS":"0","TIMESTAMP"
```

Εικόνα 2.3.1.b : API της εταιρείας MarrineTraffic. [5]

Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι η εταιρεία προσφέρει το βασικό σύστημα δωρεάν και μόνο οι εξειδικευμένες πληροφορίες που μπορεί να χρειάζεται κάποιος χρήστης χρεώνονται.

Το σύστημα αυτό αποτελεί πηγή έμπνευσης για αρκετά από τα εργαλεία που υλοποιήθηκαν σε αυτή την εργασία.

Στην πιο κάτω εικόνα παρουσιάζονται μερικά από τα εργαλεία που χρησιμοποιούνται από το MarineTraffic, όπως είναι το Google Maps Api και τα Markers.



Εικόνα 2.3.1.c : Marrine Traffic Tools [5]

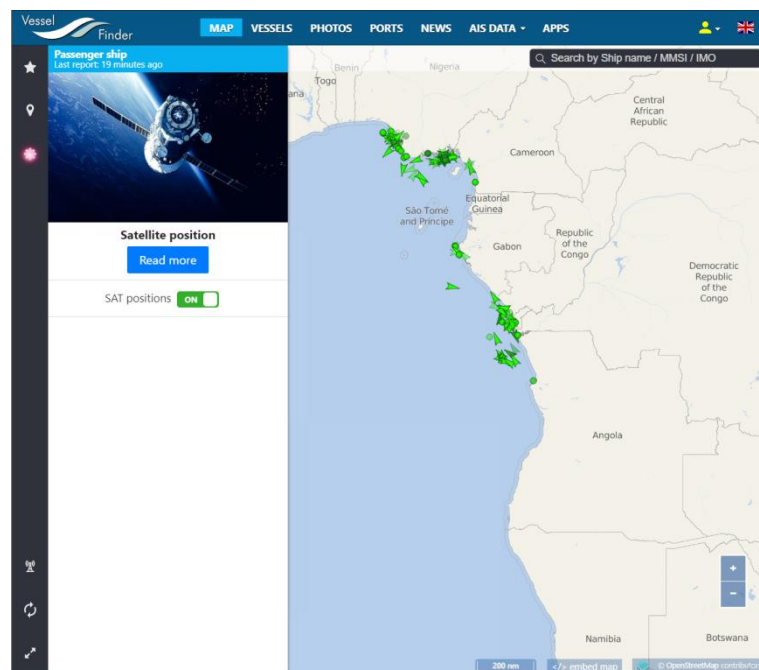
2.3.2 Vesselfinder

Το Vesselfinder (VTS) είναι μια υπηρεσία που δημιουργήθηκε από τις Λιμενικές Αρχές των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής με σκοπό την παρακολούθηση της θαλάσσιας κυκλοφορίας. Τα VTSs ιδρύονται και λειτουργούν από το Κέντρο Πλοήγησης των

ΗΠΑ, όπου από αυτά μερικά ανήκουν σε οργανισμούς με τους οποίους συνεργάζεται η αρχή λιμενικού.

Τα συστήματα VTS χρησιμοποιούν κυρίως το ραντάρ, το κλειστό κύκλωμα τηλεόρασης (CCTV), τη ραδιοτηλεφωνία VHF και το αυτόματο σύστημα αναγνώρισης με σκοπό την παρακολούθηση των κινήσεων των πλοίων για την παροχή ασφαλέστερης πλοήγηση σε περιορισμένη γεωγραφική περιοχή. Επίσης, το σύστημα αυτό μπορεί να παρέχει σχετικές πληροφορίες που αφορούν κυρίως το πλοίο, όπως για παράδειγμα την ταυτότητα του πλοίου, την τοποθεσία, αλλά και άλλες πληροφορίες όπως καιρικές συνθήκες, την κυκλοφορία γύρω από το πλοίο και οτιδήποτε άλλο μπορεί να επηρεάσει τη διαμετακόμιση του πλοίου.

Το σύστημα προσφέρει και υπηρεσία για βοήθεια πλοήγησης, η οποία βοηθά στην λήψη αποφάσεων στη ναυσιπλοΐα καθώς παρακολουθεί και τις επιπτώσεις της. Αυτή η υπηρεσία είναι ιδιαίτερα σημαντική σε δύσκολες συνθήκες πλοήγησης, είτε μετεωρολογίας είτε σε περίπτωση ελαττωμάτων/ελλείψεων. Η πρόσβαση σε αυτή την υπηρεσία γίνεται μέσω αίτησης από κάποιο σκάφος ή από το VTS όταν κρίνεται απαραίτητο. Παράλληλα το σύστημα προσφέρει και Satellite AIS. Στην πιο κάτω εικόνα φαίνεται το Vesselfinder Satellite AIS.



Εικόνα 2.3.2.a : Vesselfinder Satellite AIS . [6]

Για την παρουσίαση των πλοίων εν κίνηση, το σύστημα χρησιμοποιεί το OpenStreetMap API. Το σύστημα διατίθεται δωρεάν για τους χρήστες, με τις εξειδικευμένες υπηρεσίες να λειτουργούν έναντι κάποιου χρηματικού ποσού.

2.4 Τεχνολογικό Υπόβαθρο

2.4.1 AngularJS

Η AngularJS είναι ένα open-source framework το οποίο χρησιμοποιείται για front-end λειτουργίες. Είναι βασισμένο σε JavaScript και υποστηρίζεται κυρίως από την Google και την κοινότητα. Το framework προσαρμόζεται και επεκτείνει το παραδοσιακό HTML με σκοπό να παρουσιάσει δυναμικό περιεχόμενο μέσω αμφίδρομης δέσμευσης δεδομένων επιτρέποντας τον αυτόματο συγχρονισμό μοντέλων και προβολών. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η AngularJS να διαχειρίζεται το DOM (Document Object Model) της HTML.

2.4.2 Bootstrap

Είναι ένα ανοιχτού κώδικα CSS Framework το οποίο ξεκίνησε από το Twitter. Το Bootstrap περιέχει πρότυπα σχεδίασης CSS όπως φόρμες, κουμπιά πλοήγησης και αλλά στοιχεία επαφής τα οποία είναι βασισμένα σε JavaScript.

2.4.3 Scala

Η Scala είναι μια γενική γλώσσα προγραμματισμού που παρέχει υποστήριξη για λειτουργικό προγραμματισμό και ένα ισχυρό σύστημα στατικού τύπου. Ο πηγαίος κώδικας της Scala προορίζεται να μεταγλωττιστεί σε Java bytecode έτσι ώστε να προκύψει εκτελέσιμος κώδικας με απώτερο σκοπό να τρέχει σε εικονική μηχανή Java. Η Scala παρέχει γλωσσική διαλειτουργικότητα με την Java, έτσι ώστε οι βιβλιοθήκες που είναι γραμμένες σε οποιαδήποτε από τις δύο γλώσσες να μπορούν να αναφέρονται απευθείας στον κώδικα τους.

Κεφάλαιο 3

Αρχιτεκτονική του Anyplace

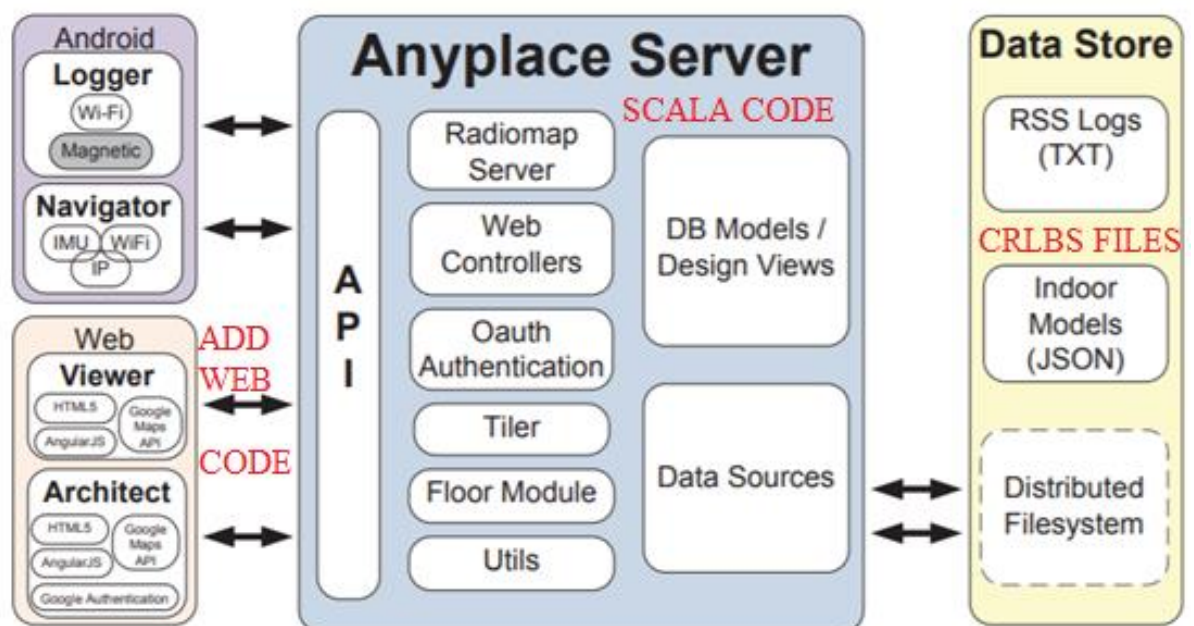
3.1 Anyplace Server και Βάση Δεδομένων

3.2 Anyplace Architect

3.3 Anyplace Viewer

3.4 Anyplace Navigator & Logger

Σε αυτό το κεφάλαιο περιγράψουμε λεπτομερώς την πλατφόρμας Anyplace. Η πλατφόρμα Anyplace αποτελείται από τον Anyplace Server, Anyplace Viewer, Anyplace Architect, την εφαρμογή Anyplace για Android κινητά και την βάση δεδομένων NoSQL. Η αναλυτική περιγραφή των μερών της πλατφόρμας παρουσιάζεται στην συνέχεια του κεφαλαίου. Στην εικόνα πιο κάτω παρουσιάζεται η αρχιτεκτονική του συστήματος της πλατφόρμας Anyplace.



Σχήμα 3.α Παρουσίαση της αρχιτεκτονικής του Anyplace. [15]

3.1 Anyplace Server και Βάση Δεδομένων

Ο Anyplace Server αποτελεί τον διακομιστή που περιέχει την πλήρη λογική των υπηρεσιών της εφαρμογής και περιλαμβάνει την μοντελοποίηση, τον πληθοπορισμό (crowdsourcing) καθώς και την λειτουργία API. Η υλοποίηση του έγινε με βάση το Web 2.0, όπου το API εξαγάγει τις πληροφορίες σε μορφή JSON. Ο διακομιστής παρέχει εσωτερικές οδηγίες πλοήγησης, αναζητήσεις πληροφοριών και ερωτήματα αναζήτησης μέσω του API JSON. Επιπλέον, διαθέτει πολλές λειτουργικές ενότητες που διευκολύνουν τη λειτουργικότητα του πληθοπορισμού, την εμφάνιση εικόνων που έχουν μεταφορτωθεί, τον έλεγχο ταυτότητας των χρηστών και τη διεπαφή του χώρου αποθήκευσης δεδομένων. Το Anyplace Data Store αποθηκεύει τα εσωτερικά μοντέλα και τα Wi-Fi που συλλέχτηκαν καθώς και άλλα σήματα. Στο file system του διακομιστή υπάρχουν αποθηκευμένα όλα τα σχέδια των κτηρίων με όλους τους ορόφους.

Για την αποθήκευση και επαναχρησιμοποίηση των διάφορων δεδομένων που χρειάζεται το σύστημα του Anyplace, μια Χωρική Βάση Δεδομένων είναι υπεύθυνη για αυτή την λειτουργία. Η βάση αυτή περιέχει όλα τα αρχεία με τους ραδιοχάρτες και οποιεσδήποτε άλλες πληροφορίες σχετίζονται με τα κτήρια. Με την ανάκτηση των ραδιοχάρτων από την βάση δεδομένων, ο χρήστης μπορεί να υπολογίσει την τοποθεσία που βρίσκεται. Η πιο κάτω εικόνα παρουσιάζει ένα παράδειγμα αρχείων JSON στη Couchbase.

```

{
  "buid": "building_0e14dc43-3613-487e-bd13-004aee02873b_1554405602526",
  "co_owners": [
    "112997031510415584062_google"
  ],
  "address": "-",
  "is_published": "true",
  "owner_id": "102250275404339633662_google",
  "description": "-",
  "coordinates_lon": "33.41110790242874",
  "url": "-",
  "username_creator": null,
  "coordinates_lat": "35.14429356464337",
  "name": "loukas",
  "bucode": "",
  "geometry": {
    "coordinates": [
      35.14429356464337,
      33.41110790242874
    ],
    "type": "Point"
  }
}

```

Σχήμα 3.1.a Παράδειγμα αρχείων JSON στη Couchbase.

3.2 Anyplace Architect

Το Anyplace Architect είναι μια Web εφαρμογή που αποτελείται από μια σύνθεση τεχνολογιών (HTML5, CSS3, JS, AngularJS framework) προσφέροντας ένα φιλικό προς τον χρήστη περιβάλλον. Με κύριο στόχο την διαχείριση μοντέλων στο Anyplace επιτρέποντας στον χρήστη τον σχεδιασμό και την μεταφόρτωση κτηρίων. Αρχικά, ο χρήστης πρέπει να συνδεθεί μέσω του Google λογαριασμού του ώστε να μπορεί να χρησιμοποιήσει τα εργαλεία για να προσθέσει ένα κτήριο με τους ορόφους του. Με την βοήθεια του επεξεργαστή δαπέδου ο χρήστης μπορεί να ανεβάσει τις κατόψεις των κτηρίων, να αλλάξει το μέγεθος τους, να τις περιστρέψει και να τις τοποθετήσει στο σημείο που επιθυμεί. Επιπρόσθετα, μπορεί να τοποθετήσει κάποια σημεία τις αρεσκείας του γράφοντας και σχετικά σχόλια. Επιπλέον, ο χρήστης να συλλέξει τους ραδιοχάρτες από τα σήματα που εκπέμπονται μέσω του Wi-Fi. Η παρουσίαση των δεδομένων πάνω στον χάρτη χρησιμοποιείται το Google API (Maps, Directions, Heatmaps and URL shortener)

Ακόμη ένα κομμάτι του Architect αποτελεί το Campus. Το Campus δίνει την δυνατότητα στον χρήστη να δημιουργήσει ένα δικό του σύνολο από κτήρια της

αρεσκείας του, τα όποια ανήκουν στον λογαριασμό του. Η δημιουργία ενός campus γίνεται μέσω της σύνδεσης του CampusID με τα IDs των κτηρίων που επέλεξε ο χρήστης.

3.3 Anyplace Viewer

Το σύστημα Anyplace αποτελείται και από ακόμη ένα Web App, τον Viewer, που επιτρέπει την αναζήτηση και την πλοήγηση χωρίς κάποια εγκατάσταση ή υλικοτεχνική υποστήριξη. Αυτό το καθιστά πιο φιλικός προς τον απλό χρήστη. Στον Viewer δεν υπάρχουν περίπλοκα εργαλεία για αυτό τον λόγο ο χρήστης δεν χρειάζεται κάποιο υπόβαθρο για να κατανοήσει ή να πρέπει να εκπαιδευτεί. Ο χρήστης έχει την ευχέρεια να χρησιμοποιεί τον Viewer από ένα υπολογιστή καθώς και από οποιαδήποτε έξυπνη συσκευή έχει. Αυτό είναι πολύ χρήσιμο διότι του δίνεται η δυνατότητα πλοηγήσεις. Για παράδειγμα ο χρήστης μπορεί να αναζητήσει κάποιο κτήριο, το οποίο είναι καταχωρημένο είτε μόνο του είτε σε ένα συγκεκριμένο Campus και με την βοήθεια του Viewer να μεταβεί σε αυτό .

Παράλληλα, ο Viewer προσφέρει την επιλογή εσωτερικής πλοήγησης. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, οι επιλογές του χρηστή να αυξάνονται, που σημαίνει πως μπορεί εκτός από την αναζήτηση κάποιου συγκεκριμένου δωματίου μέσα στο κτήριο, να αναζητήσει και άτομο που έχει γραφείο στο συγκεκριμένο κτήριο. Μετά την αναζήτηση, ο χρήστης μπορεί να επιλέξει την πλοήγηση στο συγκεκριμένο δωμάτιο. Εδώ αξίζει να σημειωθεί ότι η αναζήτηση γίνεται από την πλευρά του διακομιστή άρα ο χρήστης δεν χρειάζεται να έχει πολύ καλή σύνδεση στο διαδίκτυο, αφού στην ουσία δεν χρειάζεται να κατεβάσει όλες τις πληροφορίες.

Επίσης, ο Viewer μπορεί να εμφανίζει διαδρομές, οι οποίες οδηγούν κατευθείαν σε συγκεκριμένα δωμάτια του κτηρίου και όχι στην διεύθυνση του. Όσον αφορά τους προγραμματιστές, μπορούν να ενσωματώσουν εύκολα και γρήγορα στις ιστοσελίδες τον Viewer δείχνοντας δωρεάν την πλοηγήσει προς το επιθυμητό κτήριο/δωμάτιο προσθέτοντας απλά το iframe του κτηρίου.

3.4 Anyplace Navigator & Logger

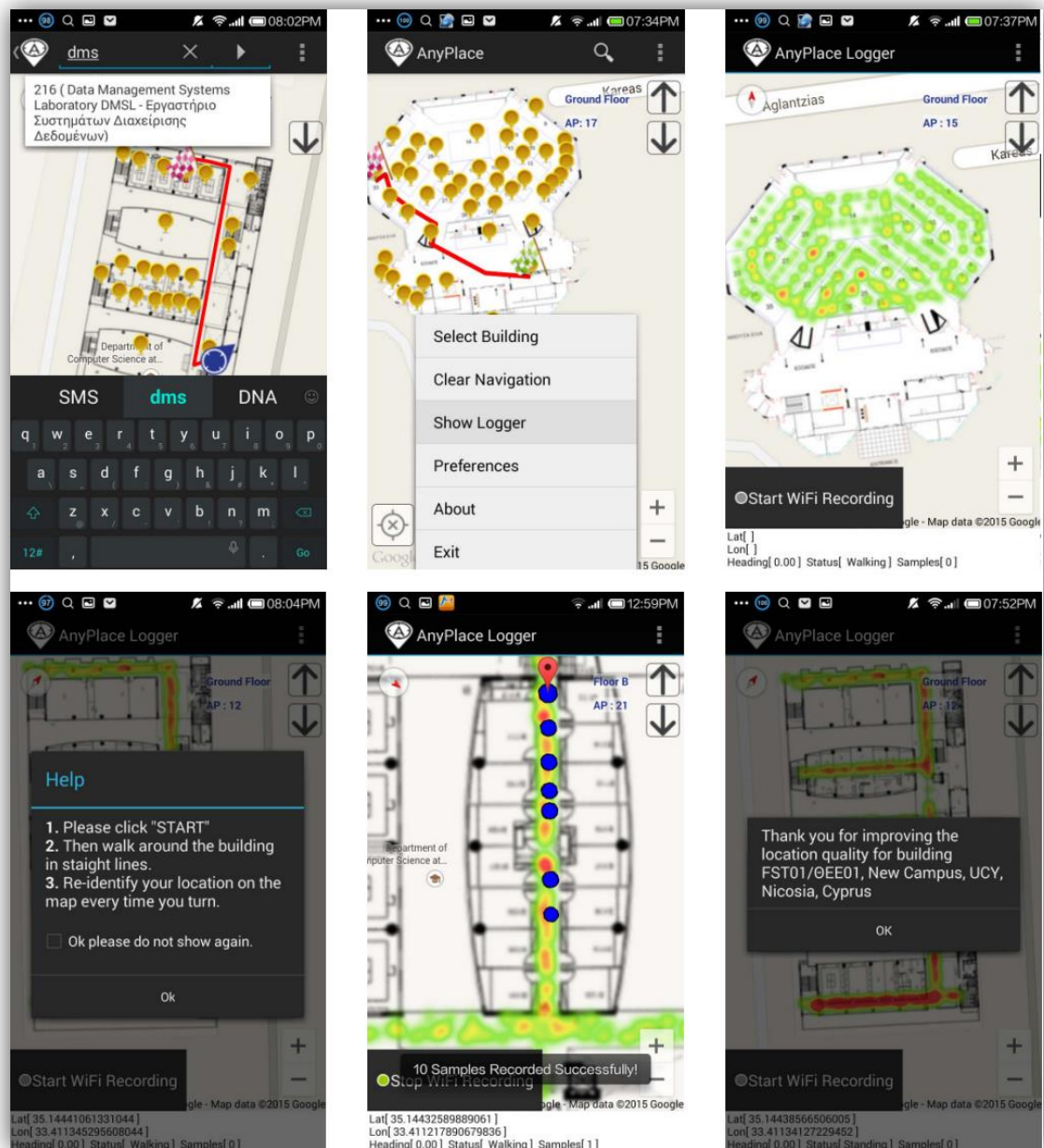
Το Anyplace Navigator & Logger είναι ένα εργαλείο για τους χρήστες Android, το οποίο μπορεί οποιοσδήποτε να το εγκαταστήσει κατεβάζοντας το από το Google Play. Το Navigator χρησιμοποιεί τα δακτυλικά αποτυπώματα από τα σήματα Wi-Fi για να

δείξει στους χρηστές την τρέχουσα τους τοποθεσία στον χάρτη και στη συνέχεια να μπορούν περιηγηθούν στον χώρο αυτό με την έκδοση του Viewer στον Navigator. Τα πλεονεκτήματα του Navigator αποτελεί η ακρίβεια θέσης που δίνει στον χρήστη και είναι 1,96 μετρά, καθώς και να επιτρέπει το ανέβασμα πληροφοριών για τα κοντινά του Wi-Fi σε μορφή JSON μέσω του Web 2.0

Ο τρόπος που δουλεύει ο Navigator είναι ο εξής. Κατά την επιλογή του επιθυμητού κτηρίου φορτώνεται αυτόματα ο χάρτης του κτηρίου και τα σχετικά σημεία ενδιαφέροντος. Στη συνέχεια, η εφαρμογή κατεβάζει τους RSS ραδιοχάρτες του σχετικού ορόφου και εμφανίζει στο χρήστη τη τοποθεσία του πάνω στο χάρτη. Επίσης, οι χρήστες μπορούν να αναζητήσουν σημεία ενδιαφέροντος και να λάβουν οδηγίες πλοήγησης από τη τρέχουσα θέση τους.

Από την άλλη πλευρά, ο Logger χρησιμοποιείται από εθελοντές, οι οποίοι συμβάλουν στη συλλογή RSS δεδομένων με σκοπό την δημιουργία του ραδιοχάρτη. Οι εθελοντές προκειμένου να το κάνουν αυτό, αρκεί να επιλέξουν ένα κτήριο και όροφο, και στη συνέχεια να κάνουν τη καταγραφή με ένα περπάτημα στο χώρο. Έπειτα, οι χρήστες κάνουν κλικ τη θέση τους πάνω στον χάρτη για να αναφέρουν την τρέχουσα τοποθεσία τους και τέλος επιλέγουν το τερματισμό της καταγραφής τους.

Στην εικόνα 3.α απεικονίζεται η αρχιτεκτονική του συστήματος Anyplace και με κόκκινο χρώμα διακρίνονται οι καινούργιες υλοποιήσεις που έγιναν. Αρχικά, Σε σχέση με το Web έγινε πρόσθεση λειτουργιών και στοιχείων στον Viewer αλλά και στον Architect. Οι αλλαγές στον Architect αφορούν το πλαίσιο Access αλλά και την καινούργια υλοποίηση σχετικά με τα κινούμενα αντικείμενα. Στην πλευρά του Viewer, οι αλλαγές αφορούν την επιτυχή λειτουργία των κινούμενων αντικειμένων. Επιπρόσθετα, στην πλευρά του Server έγιναν κάποιες προσθέσεις στον κώδικα του (Scala) για να μπορεί να διαχειρίζεται την αποθήκευση και ανακτήσει των αρχείων CRLBS, αλλά και την διαχείριση εγγράφων στην βάση των κινούμενων αντικειμένων. Παράλληλα, στο Data Store έγινε πρόσθεση των αρχείων CRLBS, τα οποία περιέχουν τιμές που χρησιμοποιούνται από το πλαίσιο Access. Περισσότερες λεπτομέρειες για αυτά βρίσκονται στα κεφάλαια τέσσερα και πέντε.



Σχήμα 3.4.a Anyplace Navigator.[15]

Κεφάλαιο 4

Βελτιστοποιημένο Υποσύστημα Αποτίμησης Ακρίβειας Γεωτοποθέτησης

- 4.1 Εισαγωγή
 - 4.2 Κίνητρο
 - 4.3 Προβλήματα
 - 4.4 Η λειτουργία της προηγούμενης έκδοσης
 - 4.5 Το πλαίσιο ACCES
 - 4.6 Το πλαίσιο ACCES-w
 - 4.6.2 Παράδειγμα
 - 4.6.3 Υλοποίηση & Διεπαφές του ACCES-w
-

4.1 Εισαγωγή

Ένα πρόβλημα που αντιμετώπιζαν οι άνθρωποι από παλιά είναι η μεταβίβαση από μια γεωγραφική θέση σε μια άλλη. Για τον σκοπό αυτό στα παλιά χρόνια προσανατολίζονταν με βάση κάποια σταθερά άστρα στον ουρανό, των οποίων η γεωγραφική θέση ήταν γνωστή.

Το πρώτο σύστημα εντοπισμού θέσης χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά κατά την διάρκεια του Δευτέρου Παγκοσμίου Πολέμου με την χρήση των πρώτων ραντάρ. Αυτά τα συστήματα αποτελούνταν από ένα δίκτυο σταθμών βάσης και κατάλληλους δέκτες. Ανάλογα με την ισχύ του σήματος που λάμβανε κάθε δέκτης από σταθμούς γνωστής γεωγραφικής θέσης, σχηματίζονταν δύο ή περισσότερες συντεταγμένες, μέσω των οποίων προσδιοριζόταν η θέση των σημείων ενδιαφέροντος επάνω σε ένα χάρτη. Παρόλη την καλή ακρίβεια του συστήματος υπήρχαν δυο σημαντικά μειονεκτήματα. Το πρώτο ήταν οι πομποί στις βάσεις, που έστελναν σε χαμηλή συχνότητα ώστε το σήμα να είναι ισχυρό με αποτέλεσμα η εμβέλεια να ήταν μικρή. Το δεύτερο

μειονέκτημα αποτελεί το γεγονός της χαμηλής ακρίβειας της θέσης στην περίπτωση όπου η αποστολή σήματος γινόταν με υψηλή συχνότητα ώστε να καλύψει μεγάλη εμβέλεια αλλά με αποτέλεσμα να φτάνει αδύναμο σήμα στους δέκτες.

Το 1957, η εκτόξευση του δορυφόρου Σπούτνικ ήρθε για να δώσει την λύση. Αμέσως μετά την εκτόξευσή του, οι ερευνητές διαπίστωσαν ότι το σήμα που λάμβαναν από τον δορυφόρο αυξανόταν καθώς αυτός πλησίαζε προς το επίγειο σημείο παρατήρησης και μειωνόταν όταν ο δορυφόρος απομακρυνόταν από αυτό. Αυτό αποτελεί και το πρώτο βήμα για την υλοποίηση της τεχνολογίας που σήμερα αποκαλείται Global Positioning System και είναι δωρεάν.

Σήμερα όπως φαίνεται πως το πρόβλημα εύρεσης της θέσης δεν έχει πλήρως επιλυθεί αφού τα συστήματα που αναφέρθηκαν πιο πάνω δεν μπορούν να λειτουργήσουν σε κλειστούς χώρους λόγω έλλειψης σήματος. Την δωρεάν λύση έρχεται να δώσει το σύστημα Anyplace χρησιμοποιώντας σήμα Wi-Fi.

Σε αυτό το κεφάλαιο θα επικεντρωθούμε περισσότερο στην έννοια της Αποτίμησης Ακρίβειας Γεωτοποθέτησης. Η σημασία του όρου αυτού είναι πολύ σημαντική διότι από τις τιμές που μας δίνει το πλαίσιο Access μπορούμε να δούμε την ακρίβεια γεωτοποθέτησης. Αυτό δηλώνει την καλή εικόνα του κτηρίου με απώτερο σκοπό την σωστή μετακίνηση του χρήστη στο κτήριο. Οι μετρήσεις που πάρθηκαν και επεξεργάστηκαν μας δίνουν την δυνατότητα να γνωρίζουμε κατά πόσο θα είναι καλή η κίνηση του χρήστη όταν μεταβεί και κινηθεί μέσα στο κτήριο.

4.2 Κίνητρο

Η λύση μπορεί εύκολα να δοθεί με ένα τέτοιο σύστημα. Οι άνθρωποι περνούν το σχεδόν το 90% του χρόνου τους σε εσωτερικούς χώρους και οι χώροι αυτοί έχουν ήδη εγκαταστημένους πομπούς, στην περίπτωση μας οι πομποί είναι τα σημεία Wi-Fi, οπότε αυτό το σύστημα δεν έχει κάποιο κόστος που να αφορά την εγκατάσταση του.

Η ανάγκη πλοήγησης σε εσωτερικούς χώρους είναι πολύ μεγάλη, για παράδειγμα για φοιτητές μέσα στις πανεπιστημιούπολεις, σε νοσοκόμα και σε μεγάλα καταστήματα.

4.3 Προβλήματα

Το αρχικό πρόβλημα που αντιμετωπίζει ο χρήστης στο Web App Architect είναι ότι όταν ζητήσει από τον διακομιστή να του εμφανίσει ποσό καλή είναι η γεωτοποθέτηση λόγω του μεγάλου όγκου δεδομένων που έχει να επεξεργαστεί το σύστημα και της μεγάλης πολυπλοκότητας του αλγορίθμου, τα αποτελέσματα να θέλουν αρκετό χρόνο να εμφανιστούν στον χρήστη. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα ο χρήστης να έχει την αίσθηση ότι το σύστημα δεν δουλεύει σωστά και να το εγκαταλείπει ή να το χρησιμοποιεί πιο σπάνια από ότι θα το χρησιμοποιούσε κανονικά.

Το δεύτερο πρόβλημα είναι στην παρουσίαση των δεδομένων. Ο χρήστης δεν μπορεί να διακρίνει την ορθότητα των αποτελεσμάτων. Αυτό γίνεται διότι το API της Google που χρησιμοποιείται στο σύστημα δεν μπορεί να δείξει με λεπτομέρεια και με τους σωστούς χρωματισμούς ποσό καλή είναι η γεωτοποθέτηση για το κάθε σημείο. Με αποτέλεσμα χρήστης να μην εμπιστεύεται το σύστημα.

4.4 Η λειτουργία της προηγούμενης έκδοσης

Το Anyplace v3.4 προσφέρει την λειτουργία υπολογισμού του Acces Map. Όταν ο χρήστης ζητά μέσα από την Διαδικτυακή Διεπαφή Ιστού να του εμφανίσει το Acces Map, τότε ο διακομιστής αρχίζει να φορτώνει τα Radiomaps τα όποια είναι αποθηκευμένα στο File system για να υπολογίσει τις τιμές Cramer-Rao Lower Bound (CRLB). Οι CRLBS τιμές χρησιμοποιούνται στην θεωρητική εκτίμηση για την εξαγωγή κατώτερων ορίων στη διακύμανση ενός εκτιμητή. Όσο πιο χαμηλή είναι η τιμή τόσο πιο λίγα σφάλματα υπάρχουν. Οι τιμές αυτές μπορούν να δώσουν μια εικόνα για το πόσο ακριβής είναι η γεωτοποθέτηση στον χώρο και σε ποια σημεία χρειάζεται βελτίωση ώστε να γίνει καλύτερη.

Όταν οι τιμές υπολογιστούν και φτάσουν στην Διαδικτυακή Διεπαφή Ιστού τότε χρησιμοποιείται το HeatmapLayer API της Google για εμφανίσει των δεδομένων πάνω στο κτήριο.

4.5 Το πλαίσιο ACCES

Ο τρόπος λειτουργίας του ACCES ξεκάνει από την εφαρμογή της τεχνικής του μαύρου κουτιού για παρεμβολή αυθαίρετων δακτυλικών αποτυπωμάτων με βάση ένα ευρέως χρησιμοποιούμενο στατιστικό εργαλείο που ονομάζεται Gaussian Processes (GP) [10],

το οποίο είναι κατάλληλο για την διαμόρφωση ομαλών θορυβώδη δεδομένα. Αυτό το εργαλείο επιτρέπει:

- (i) Να προβλέπει τις μετρήσεις αισθητήρων σε επιλεγμένες θέσεις, λαμβάνοντας υπόψη τα αρχικά δεδομένα εισόδου (FM).
- (ii) Να εκτιμήσει την αβεβαιότητα τέτοιων προβλέψεων στην μορφή της διακύμανσης της κατανομής Gaussian. Το σφάλμα εντοπισμού υπολογίζεται δεδομένου της προβλεπόμενης κατανομής με την τεχνική της παρεμβολής, για να έχουμε ένα χαμηλότερο όριο για την αβεβαιότητα στην εκτίμηση της θέσης, και είναι στη μορφή της Cramer-Rao Lower Bound (CRLB).

Το CRLB χρησιμοποιείται στη θεωρία εκτίμησης για την εξαγωγή κατώτερων ορίων στη διακύμανση ενός εκτιμητή. Λήψη ενός τέτοιου κατώτερου ορίου στο σφάλμα εντοπισμού είναι σημαντική για όσους παρέχουν υπηρεσίες πλοήγησης καθώς δείχνει θεωρητική ακρίβεια ορίου μιας υπηρεσίας και δίνει μια εικόνα για το πώς θα μπορούσε να βελτιωθεί η πραγματική ακρίβεια εντοπισμού. Χρησιμοποιούμε το παραγόμενο CRLB ως βαθμολογία πλοήγησης για το FM σε οποιαδήποτε τοποθεσία όπου εφαρμόζετε στα δεδομένα δακτυλικών αποτυπωμάτων πραγματικού κόσμου.

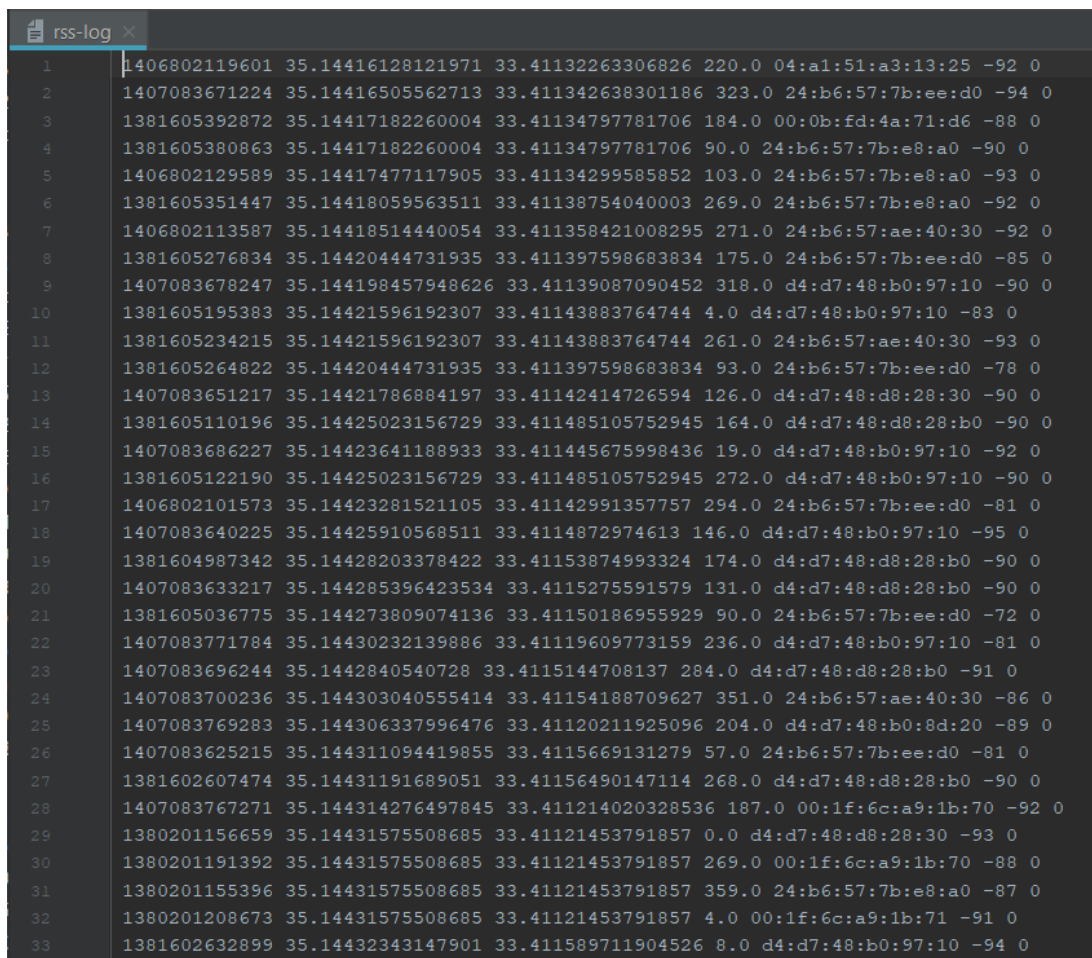
4.6 Το πλαίσιο ACCES-w

Το λογισμικό ACCES-w είναι ένα καινοτόμο πλαίσιο το οποίο επιτρέπει την αποτίμηση της ποιότητας τυχαίων Χαρτών Ψηφιακών Αποτυπωμάτων (ΧΨΑ) και τη μη πραγματικού χρόνου εκτίμηση της ακρίβειας για γεωτοποθέτηση με τα ΧΨΑ. Το πλαίσιο αυτό αξιολογεί αποτυπώματα με τέτοιο τρόπο ώστε να μην εξαρτάται από την προέλευση των δεδομένων σε οποιοδήποτε σημείο. Η μεθοδολογία που ακολουθείται σε αυτό το πλαίσιο είναι η μέθοδος παρεμβολής δεδομένων με χρήση των Γκαουσιανών Διεργασιών (ΓΔ), από την οποία εξάγεται μία βαθμολογία πλοήγησης για κάθε σημείο χρησιμοποιώντας το κάτω όριο Cramer-Rao. Η προσέγγιση που κάνει το πλαίσιο είναι ανεξάρτητη από το φυσικό μοντέλο που διέπει τα ψηφιακά αποτυπώματα σημμάτων.

4.6.1 Παράδειγμα

Στην ενότητα αυτή θα παρουσιαστεί ένα παράδειγμα με τα δεδομένα που παίρνει ως είσοδο το πλαίσιο ACCES και τις πληροφορίες που βγάζει ως έξοδο.

Μετά τις μετρήσεις που παίρνει κάποιος χρήστης με το smartphone του, αποστέλλεται ένα αρχείο στο διακομιστεί το οποίο ονομάζεται rss-log. Αυτό το αρχείο περιέχει πληροφορίες σχετικές με τις μετρήσεις και τοποθεσίες που πάρθηκαν από τα διάφορα Wi-Fi του κτηρίου.



1	1406802119601	35.14416128121971	33.41132263306826	220.0	04:a1:51:a3:13:25	-92	0
2	1407083671224	35.14416505562713	33.411342638301186	323.0	24:b6:57:7b:ee:d0	-94	0
3	1381605392872	35.14417182260004	33.41134797781706	184.0	00:0b:fd:4a:71:d6	-88	0
4	1381605380863	35.14417182260004	33.41134797781706	90.0	24:b6:57:7b:ee:a0	-90	0
5	1406802129589	35.14417477117905	33.41134299585852	103.0	24:b6:57:7b:ee:a0	-93	0
6	1381605351447	35.14418059563511	33.41138754040003	269.0	24:b6:57:7b:ee:a0	-92	0
7	1406802113587	35.14418514440054	33.411358421008295	271.0	24:b6:57:ae:40:30	-92	0
8	1381605276834	35.14420444731935	33.411397598683834	175.0	24:b6:57:7b:ee:d0	-85	0
9	1407083678247	35.144198457948626	33.41139087090452	318.0	d4:d7:48:b0:97:10	-90	0
10	1381605195383	35.14421596192307	33.41143883764744	4.0	d4:d7:48:b0:97:10	-83	0
11	1381605234215	35.14421596192307	33.41143883764744	261.0	24:b6:57:ae:40:30	-93	0
12	1381605264822	35.14420444731935	33.411397598683834	93.0	24:b6:57:7b:ee:d0	-78	0
13	1407083651217	35.14421786884197	33.41142414726594	126.0	d4:d7:48:d8:28:30	-90	0
14	1381605110196	35.14425023156729	33.411485105752945	164.0	d4:d7:48:d8:28:b0	-90	0
15	1407083686227	35.14423641188933	33.411445675998436	19.0	d4:d7:48:b0:97:10	-92	0
16	1381605122190	35.14425023156729	33.411485105752945	272.0	d4:d7:48:b0:97:10	-90	0
17	1406802101573	35.14423281521105	33.41142991357757	294.0	24:b6:57:7b:ee:d0	-81	0
18	1407083640225	35.14425910568511	33.4114872974613	146.0	d4:d7:48:b0:97:10	-95	0
19	1381604987342	35.14428203378422	33.41153874993324	174.0	d4:d7:48:d8:28:b0	-90	0
20	1407083633217	35.144285396423534	33.4115275591579	131.0	d4:d7:48:d8:28:b0	-90	0
21	1381605036775	35.144273809074136	33.41150186955929	90.0	24:b6:57:7b:ee:d0	-72	0
22	1407083771784	35.14430232139886	33.41119609773159	236.0	d4:d7:48:b0:97:10	-81	0
23	1407083696244	35.1442840540728	33.4115144708137	284.0	d4:d7:48:d8:28:b0	-91	0
24	1407083700236	35.144303040555414	33.41154188709627	351.0	24:b6:57:ae:40:30	-86	0
25	1407083769283	35.144306337996476	33.41120211925096	204.0	d4:d7:48:b0:8d:20	-89	0
26	1407083625215	35.144311094419855	33.4115669131279	57.0	24:b6:57:7b:ee:d0	-81	0
27	1381602607474	35.14431191689051	33.41156490147114	268.0	d4:d7:48:d8:28:b0	-90	0
28	1407083767271	35.144314276497845	33.411214020328536	187.0	00:1f:6c:a9:1b:70	-92	0
29	1380201156659	35.14431575508685	33.41121453791857	0.0	d4:d7:48:d8:28:30	-93	0
30	1380201191392	35.14431575508685	33.41121453791857	269.0	00:1f:6c:a9:1b:70	-88	0
31	1380201155396	35.14431575508685	33.41121453791857	359.0	24:b6:57:7b:ee:a0	-87	0
32	1380201208673	35.14431575508685	33.41121453791857	4.0	00:1f:6c:a9:1b:71	-91	0
33	1381602632899	35.14432343147901	33.411589711904526	8.0	d4:d7:48:b0:97:10	-94	0

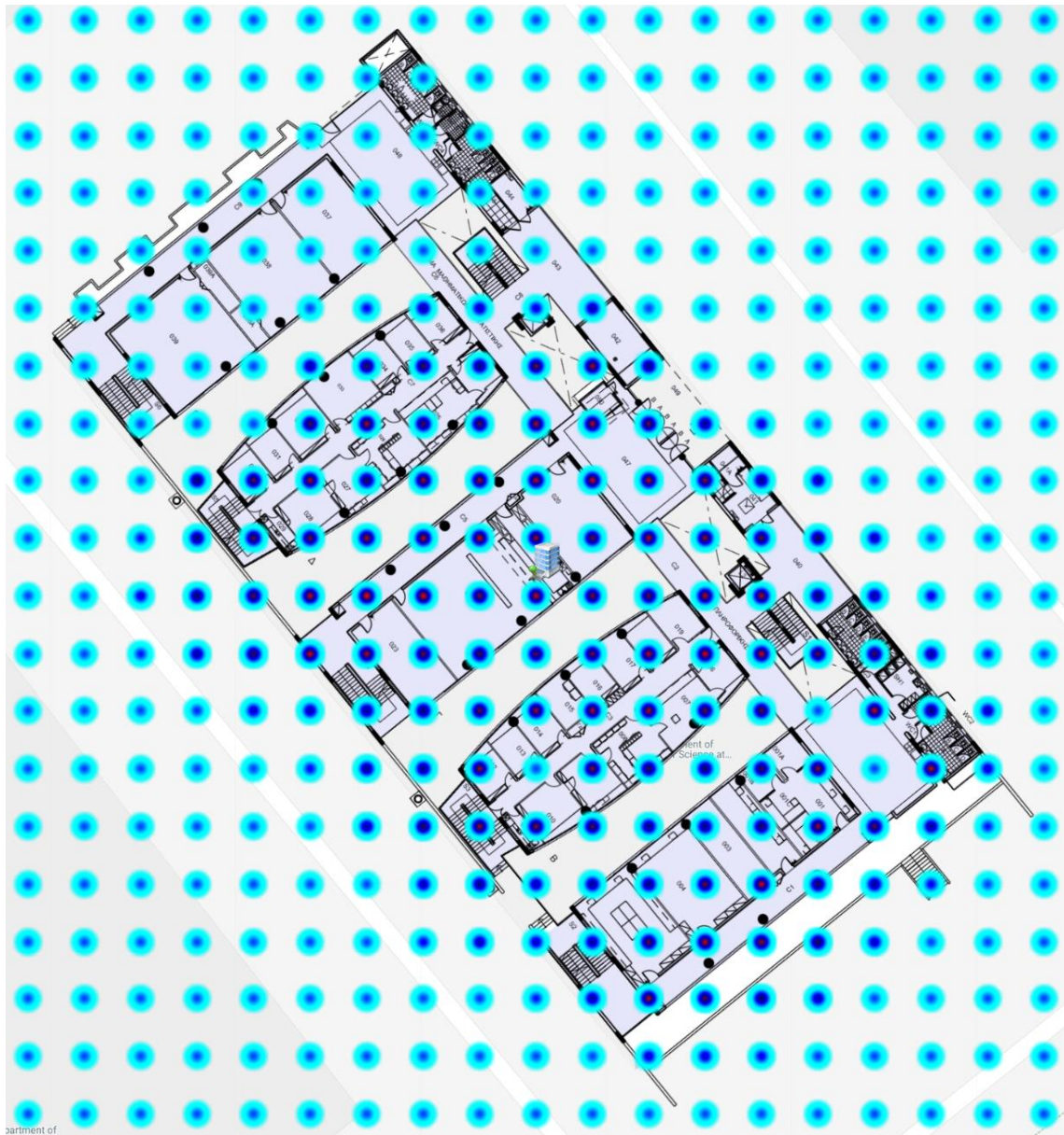
Σχήμα 4.6.1.a RSS-LOG file.[Anyplace Server]

Μετά την επεξεργασία του RSS-Log αρχείου παράγεται ένα αρχείο το οποίο ονομάζεται indoor-radiomap-mean.txt. Ο στόχος παραγωγής αυτού του αρχείου είναι να η συλλογή των μετρήσεων από το RSS-Log αρχείο. Η παραγωγή του συγκεκριμένου αρχείου γίνεται με το να βάλει σε μια γραμμή όλα τα MAC Address με την αναγραφόμενη μέτρηση της ισχύος του σήματος Wi-Fi για κάθε σημείο που πάρθηκε.

indoor-radiomap-mean.txt X	
43-7f18ce6857a1_1463333264200	
2	# X, Y, HEADING, 24:b6:57:7b:e8:a0, 24:b6:57:b4:f6:20, d4:d7:48:b0:8f:40, 00:1f:6c:a9:1b:71, 00:0b:fd:4a:71:ce, 00:0b:fd:4a:71:d6,
3	35.14424411081047, 33.41146433427618, 180, -94, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110,
4	35.14454379302955, 33.41099723520003, 270, -110, -84, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110,
5	35.14452983267236, 33.411184347063816, 270, -110, -110, -94, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110,
6	35.14458378470648, 33.41105612354023, 0, -110, -110, -93, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110,
7	35.14452325262105, 33.41137127709965, 0, -110, -110, -110, -94, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110,
8	35.14458763727838, 33.41106169787821, 180, -110, -89, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110,
9	35.1443970310345, 33.411338082555716, 180, -110, -110, -110, -93, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110,
10	35.14430637996476, 33.41120211925096, 180, -110, -110, -110, -110, -94, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110,
11	35.14435715276451, 33.411526679992676, 0, -110, -110, -110, -110, -110, -93, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110,
12	35.14435715276451, 33.411526679992676, 90, -110, -110, -110, -110, -110, -83, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110,
13	35.14435715276451, 33.411526679992676, 270, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -94, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110,
14	35.14435982754588, 33.41127954876578, 90, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110,
15	35.144444334559815, 33.41140899807215, 180, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -90, -110, -110, -110, -110, -110, -110,
16	35.144458546646504, 33.41107692881782, 0, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110,
17	35.14456178244711, 33.41123694757129, 90, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -90, -110, -110, -110, -110, -110, -110,
18	35.144372505540275, 33.41153774410486, 0, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -82, -110, -110, -110,
19	35.144372505540275, 33.41153774410486, 90, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -89, -110, -110, -110,
20	35.144372505540275, 33.41153774410486, 270, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -92, -110, -110, -110,
21	35.14448174078162, 33.4111115796655, 270, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -80, -93, -110, -110,
22	35.14417722836367, 33.411346549219076, 270, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -93,
23	35.14441628145646, 33.41147113305798, 270, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110,
24	35.14453453197931, 33.410998955368996, 180, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110,
25	35.14441919533524, 33.41146388065101, 90, -89, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110,
26	35.14432343147901, 33.411589711904526, 0, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -91, -110, -110, -110,
27	35.14432343147901, 33.411589711904526, 270, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110,
28	35.1443609090958724, 33.41155182570219, 0, -91, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110,
29	35.144549274300694, 33.411005294040145, 270, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110,
30	35.144600055270026, 33.4110938385129, 90, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110,
31	35.144369514578955, 33.4112968310075, 180, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110,
32	35.14437387632367, 33.411510586738586, 0, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110,
33	35.14437387632367, 33.411510586738586, 90, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -90, -110, -110, -110,
34	35.14437387632367, 33.411510586738586, 180, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -82, -110, -110, -110,
35	35.14457053035641, 33.41124592635589, 270, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -90, -110, -110,
36	35.14425023156729, 33.411485105752945, 0, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -90, -110, -110, -110,
37	35.14457866153738, 33.411048582970025, 0, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -45, -110, -110, -110, -110,
38	35.14456194758856, 33.41103047132492, 0, -110, -110, -110, -110, -95, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110,
39	35.14456194758856, 33.41103047132492, 90, -110, -88, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110,
40	35.14437661789043, 33.41152600944042, 0, -89, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110,
41	35.14437661789043, 33.41152600944042, 180, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110,
42	35.14447202435577, 33.41125141829252, 180, -110, -110, -110, -93, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110,
43	35.14447202435577, 33.41125141829252, 270, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110,
44	35.14422881156133, 33.41142390924909, 270, -90, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110,
45	35.14434070335869, 33.411607816815376, 0, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -81, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110,
46	35.14434070335869, 33.411607816815376, 180, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110,
47	35.14434070335869, 33.411607816815376, 270, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110,
48	35.14431191689051, 33.41156490147114, 0, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -95, -110, -110, -110,
49	35.1444752495181, 33.41141608726756, 270, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -90, -110, -110, -110, -110,
50	35.14441911013069, 33.41136557770824, 90, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110,
51	35.14432315732216, 33.411570601165295, 0, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110, -110,

Σχήμα 4.6.1.b Indoor radiomap file.[Anyplace Server]

Η διαδικασία αυτή γίνεται μετά το ανέβασμα του αρχείου RSS-Log. Όταν ζητηθεί η γεωτοποθέτηση για το τρέχον κτήριο τότε ο αλγόριθμος παίρνει σαν είσοδο το indoor-radiomap-mean.txt και παράγει τις τιμές CRLBS για το κάθε σημείο που πήρε μετρήσεις.



Σχήμα 4.6.1.c Γεωτοποθέτηση UCY ,FST01Κτηρίου.[Anyplace Architect]

4.6.2 Υλοποίηση & Διεπαφές του ACCESS-w

Η υλοποίηση που έκανα στο πλαίσιο ACCESS ήταν οι εξής. Αρχικά, προστέθηκε η αποθήκευση κάποιων σημαντικών τιμών στο File System του διακομιστή ώστε να μην χρειάζεται ο υπολογισμός τους κάθε φορά που ο χρήστης ζητάει την γεωτοποθέτηση για κάποιο κτήριο. Επίσης, έγινε αλλαγή στην διεπαφή του ACCESS, στο σημείο όπου παρουσιάζεται η γεωτοποθέτηση, ώστε να μπορεί ποιο εύκολα ο χρήστης να βγάλει τα συμπεράσματα που θέλει για το κτήριο του.

Η αποθήκευση των σημαντικότερων τιμών ήταν αποτέλεσμα του πάρα πολύ αργού υπολογισμού της γεωτοποθέτησης, ο οποίος χρειάζεται αρκετούς πόρους, καθώς και το γεγονός ότι μια γεωτοποθέτηση κάποιου κτηρίου δεν αλλάζει πολύ συχνά. Έτσι παλαιότερες εκδοχές κατέστρεφαν τις τιμές κάθε φορά που γινόταν ο συγκεκριμένος υπολογισμός, ενώ τώρα το σύστημα απλά ελέγχει αν ο υπολογισμός της γεωτοποθέτησης έχει ξαναγίνει. Αν έχει ξανά υπολογιστεί τότε η διαδικασία που ακολουθεί είναι να φορτώσει το αρχείο που αντιστοιχεί στο συγκεκριμένο κτήριο και όροφο και να σταλεί στην διεπαφή για παρουσίαση των τιμών. Σε περίπτωση που δεν υπάρχει ο συγκεκριμένος υπολογισμός, τότε το πλαίσιο θα προβεί στους απαραίτητους υπολογισμούς τιμών. Όμως πριν τα επιστρέψει στην διεπαφή για παρουσίαση θα γίνει εγγραφή των CRLBS τιμών σε ένα αρχείο μέσα στο File System του διακομιστή.

Ο τρόπος ανακτήσεις του αρχείου από το File System γίνεται με βάση το μοναδικό αναγνωριστικό του κτηρίου και του ορόφου έτσι ώστε να μην χρειάζεται διαδικασία αναζήτησης του αρχείου.

username_1373876832005_0.txt	
1	2903.4399763571114
2	1634.215655760966
3	851.734111588884
4	456.2564946205149
5	260.18041794089515
6	161.1985164784054
7	110.39235614965366
8	83.83450941080025
9	69.95718521229857
10	63.512445454703766
11	62.473356963664024
12	66.69374693711003
13	77.77076501948943
14	99.65104323286165
15	139.85607974913844
16	212.1246025015954
17	342.45232843665326
18	582.6262489153286
19	1039.7038597561225
20	1941.5301139257365
21	1401.3647728302565
22	854.6524473822695
23	467.04279768374164
24	258.8742603847076
25	153.66437718331463
26	99.87541349265064
27	71.76760654123099
28	56.49210832969833
29	47.95160748169485
30	43.612409694431264
31	42.663578230538754
32	45.312368207694384
33	53.088525631605435
34	69.22318262800025
35	99.43832841047019
36	153.44424417886574
37	242.54186144031608

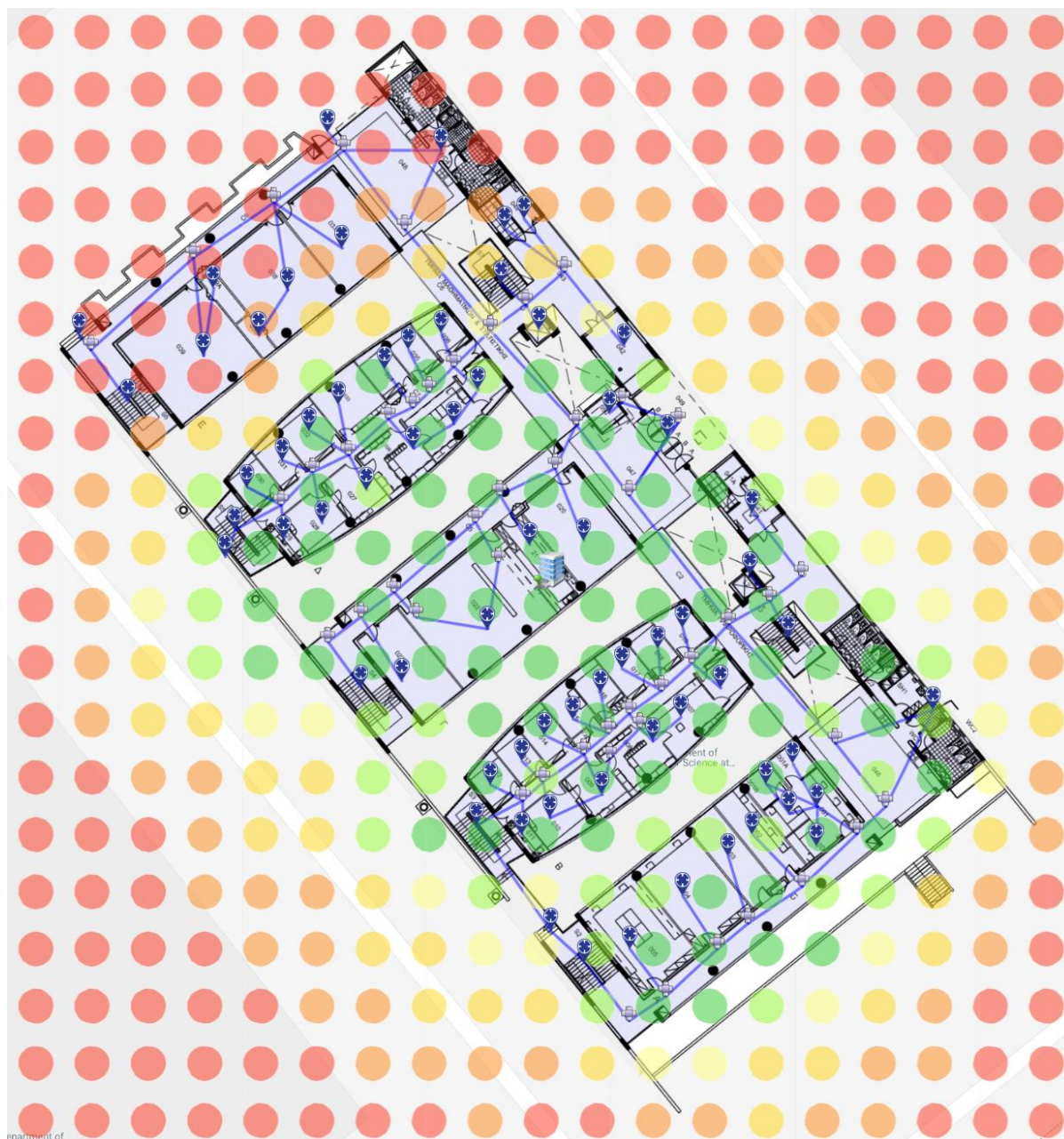
Σχήμα 4.6.2.d Τιμές CRLBS UCY ,FST01 Κτηρίου.[Anyplace Server]

Στο δεύτερο σκέλος αυτής της ενότητας θα παρουσιαστεί η αλλαγή που έγινε στο πλαίσιο ACCESS στην γραφική διεπαφή που χρησιμοποιείται από τους χρήστες. Η αλλαγή αυτή έγινε στην παρουσίαση των τιμών CRLBS, οι οποίες τώρα δεν εμφανίζονται πλέον με την χρήση ενός αυτοματοποιημένου API της Google. Το πρόβλημα με το Heatmap API που παρέχει η Google είναι ότι παίρνει ένα σύνολο σημείων μαζί με το βάρος τους και βγάζει ένα γενικό Heatmap Layer. Το Heatmap Layer δίνει μια γενική εικόνα για όλες τις τιμές, ανάλογα με τον πληθυσμό των βαρών που βρίσκονται σε μια περιοχή αλλά και το ποσό κοντινές είναι οι τιμές των βαρών χρωματίζει την περιοχή με χρώματα τις αρεσκείας μας. Η λεπτομέρεια που προσφέρει το πλαίσιο ACCESS δεν μπορεί να παρουσιαστεί μέσω αυτής της λειτουργίας, γιατί η πληροφορία αφορά ένα συγκεκριμένο σημείο γεωτοποθέτηση και όχι μια περιοχή.

Η καινούργια υλοποίησι που έγινε στο πλαίσιο ACCESS είναι η παρουσίαση κάθε σημείου με ξεχωριστό χρωματισμό. Αυτό επιτυγχάνεται με το να πάρουμε όλες τις

τιμές μαζί με το βάρος τους και μέσω του API της Google Polygon να σχεδιάζεται για κάθε σημείο ένας κύκλος και μετά να προστίθεται πάνω στον χάρτη. Όσον αφορά τους χρωματισμούς αυτό γίνεται μέσα από τον έλεγχο του βάρους κάθε τιμής και επιλογής του χρώματος πριν από την πρόσθεση του σημείου πάνω στον χάρτη. Η επιλογή του χρώματος των σημείων γεωτοποθέτησης γίνεται με τον ακόλουθο τρόπο:

- Βάρος σημείου γεωτοποθέτησης μεγαλύτερο από 0 και μικρότερο από 5 σκούρο πράσινο.
- Βάρος σημείου γεωτοποθέτησης μεγαλύτερο από 5 και μικρότερο από 10 ανοιχτό πράσινο.
- Βάρος σημείου γεωτοποθέτησης μεγαλύτερο από 10 και μικρότερο από 15 ανοιχτό κίτρινο.
- Βάρος σημείου γεωτοποθέτησης μεγαλύτερο από 15 και μικρότερο από 30 σκούρο κίτρινο.
- Βάρος σημείου γεωτοποθέτησης μεγαλύτερο από 30 και μικρότερο από 60 πορτοκαλί.
- Βάρος σημείου γεωτοποθέτησης μεγαλύτερο από 60 κόκκινο.



Σχήμα 4.6.2.ε Τιμές CRLBS UCY ,FST01Κτηρίου Ισόγειο.[Anyplace Architect]

Κεφάλαιο 5

Υποσύστημα Κινούμενων Αντικειμένων

- 5.1 Εισαγωγή
 - 5.2 Κίνητρο
 - 5.3 Πρόβλημα
 - 5.4 Λύση
 - 5.5 Υλοποίηση
 - 5.5.1 Υλοποίηση στον Anyplace Architect
 - 5.5.2 Υλοποίηση στον Anyplace Viewer
-

5.1 Εισαγωγή

Το Anyplace Architect αποτελεί ένα εργαλείο, στο οποίο οι χρηστές μπορούν να προσθέσουν τα δικά τους κτήρια. Κατά την πρόσθεση των κτηρίων μπορεί να γίνει καθορισμός της ακριβής θέσης με βάση τον χάρτη. Επιπρόσθετα, ο χρήστης έχει την ευχέρεια να προσαρμόσει τις κατόψεις του κτηρίου στο σωστό μέγεθος έτσι ώστε να υπάρχει συμμετρία μεταξύ της θέσης του κτηρίου στον χάρτη και της κατόψεις που εισάγει ο χρήστης. Παράλληλα, ο χρήστης μπορεί να προσθέσει λεπτομέρειες οι οποίες αφορούν τα δωμάτια του κτηρίου. Από τον Anyplace Viewer μπορεί οποιοσδήποτε χρήστης να δει όλα τα κτήρια και όλες της πληροφορίες που αφορούν το συγκεκριμένο κτήριο.

5.2 Κίνητρο

Ο μεγάλος αριθμός επισκεψιμότητας του Anyplace έχει δείξει ότι το σύστημα είναι πλέον παγκοσμίως αναγνωρίσιμο αφού οι μοναδικοί χρηστές ανέρχονται πάνω από 60,000. Ωστόσο μετά από μια πρωτοποριακή ιδέα του κ. Δημήτρη Ζεϊναλιπούρ, η οποία αφορά την εισαγωγή κινούμενων αντικειμένων από τον χρήστη. Με τις ήδη

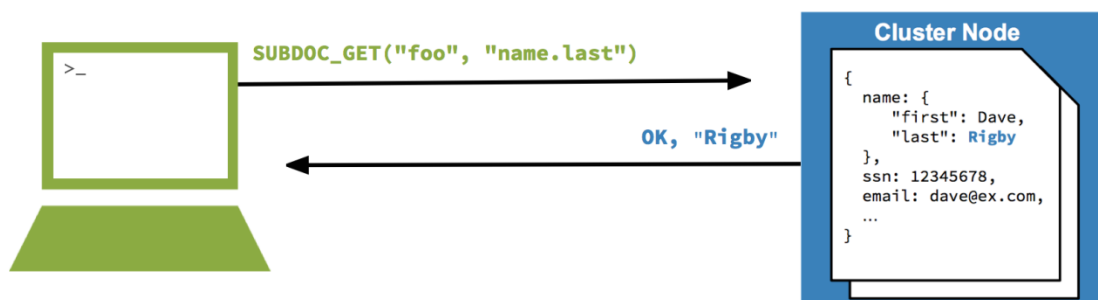
υπάρχουσες λειτουργίες ο χρήστης θα μπορεί να διαχειρίζεται τα πλοία του αλλά παράλληλα θα μπορεί να βλέπει σε πραγματικό χρόνο την ανανεωμένη τοποθεσία του αντικείμενου του πάνω στον χάρτη.

5.3 Πρόβλημα

Το πρόβλημα το οποίο ζητήθηκε να επιλυθεί ήταν η δυνατότητα πρόσθεσης στο σύστημα αντικειμένου που να κινείται. Για παράδειγμα ένα κινούμενο αντικείμενο μπορεί να είναι ένα πλοίο το οποίο έχει σχεδόν την ίδια φιλοσοφία με ένα κτήριο αφού και αυτό έχει ορόφους και δωμάτια.

5.4 Λύση

Για να επιτύχουμε σωστή επεξεργασία των δεδομένων θα πρέπει να γίνει επιλογή σωστού τύπου βάσης δεδομένων. Για τον συγκεκριμένο σκοπό έγινε επιλογή της χωρικής βάσης Couchbase. Ο τρόπος που αποθηκεύει τα δεδομένα δεν είναι όπως μια συνηθισμένη βάση δεδομένων που απλά κάνει εισαγωγή των στοιχείων μέσα σε πίνακες αλλά εισαγωγή τα δεδομένα μέσα σε αρχεία. Τα αρχεία είναι τύπου JSON και αποθηκεύονται μέσα στην βάση με ένα μοναδικό κλειδί με το οποίο μπορεί ο χρήστης να ανακτήσει το συγκεκριμένο αρχείο. Ο λόγος χρήσης αυτού του είδους βάσης δεδομένων είναι ότι μπορούμε να ομαδοποιήσουμε τις πληροφορίες που έχουμε για ένα αντικείμενο σε ένα αρχείο χωρίς να είναι σκορπισμένες σε πολλαπλούς πίνακες. Με αυτό το τρόπο πετυχαίνουμε η ανάκτηση των δεδομένων να γίνεται χωρίς μεγάλο κόστος αφού ανακτούμε ολόκληρο το αρχείο και η ανάκτηση των πληροφοριών να γίνεται με JSON parser που υπάρχει σε όλες τις γλώσσες προγραμματισμού.



Σχήμα 5.4.a Get JSON file from Couchbase.[24]

Στην συνέχεια παρουσιάζεται ένα αρχείο JSON το οποίο βρίσκεται στην βάση Couchbase και περιγράφει μια εγγραφή ενός Ship. Αρχικά αναγράφεται το ShipID το οποίο είναι και το όνομα του αρχείου, δηλαδή όπως ένα αντικείμενο έχει μια μοναδική ταυτότητα αναγνώρισης έτσι και το αρχείο, στην συνέχεια αναγράφεται ο ιδιοκτήτης του πλοίου με βάση το Google id (owner_id) του με το οποίο έκανε login στο σύστημα. Πιο κάτω μπορούμε να διακρίνουμε πληροφορίες όπως το coordinates_lon, coordinates_lat που δηλώνουν την θέση του αντικείμενου. Επίσης, ο χρήστης έχει την δυνατότητα να δώσει όνομα αλλά και περιγραφή του αντικειμένου. Όσον αφορά την ανανέωση της τοποθεσίας του πλοίου αυτό γίνεται με τυχαίες τιμές λόγω τις μεγάλης δυσκολίας εύρεσης πραγματικών δεδομένων.

Edit Document X

ship_007193a8-f138-4583-a96e-cd5bd3bdb346_1554822566494 metadata

```
1 {
2   "shid": "ship_007193a8-f138-4583-a96e-cd5bd3bdb346_1554822566494",
3   "co_owners": [
4     "112997031510415584062_google"
5   ],
6   "address": "-",
7   "is_published": "true",
8   "owner_id": "1022502754043396336_google",
9   "description": "-",
10  "coordinates_lon": "33.412005771896474",
11  "url": "-",
12  "username_creator": null,
13  "coordinates_lat": "35.14462437997951",
14  "name": "DMSL",
15  "bucode": "",
16  "geometry": {
17    "coordinates": [
18      35.14462437997951,
19      33.412005771896474
20    ],
21    "type": "Point"
22  }
23 }
```

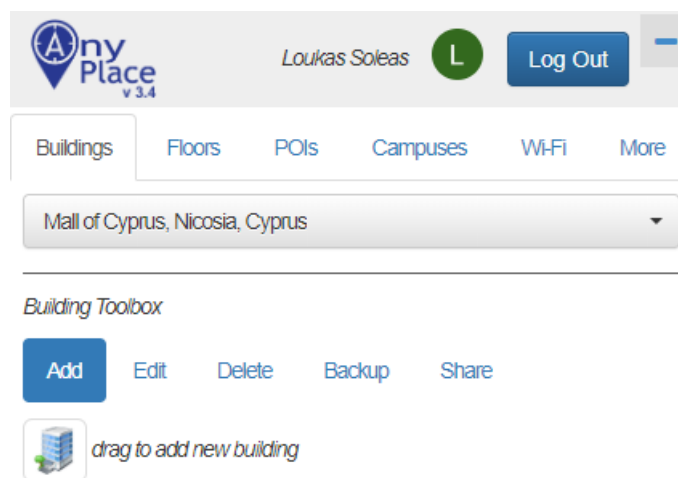
Cancel Save

Σχήμα 5.4.b. JSON file from Couchbase.[Local Couchbase]

5.5 Υλοποίηση

5.5.1 Υλοποίηση στον Anyplace Architect

Πριν από την καινούργια υλοποίηση στο Anyplace Architect ο χρήστης μπορούσε από τα εργαλεία να επιλέξει Buildings και μέσα από Building Toolbox, να πρόσθεσει κάποιο κτήριο σύροντας το εικονίδιο (drag to add new building) πάνω στον χάρτη μέσα από την κατηγορία Add. Το Building Toolbox του έδινε και την δυνατότητα να το επεξεργαστεί (Edit), να το διαγράψει (Delete), να το κάνει Backup και ακόμα να το μοιραστεί μέσω ενός συνδέσμου (Share).

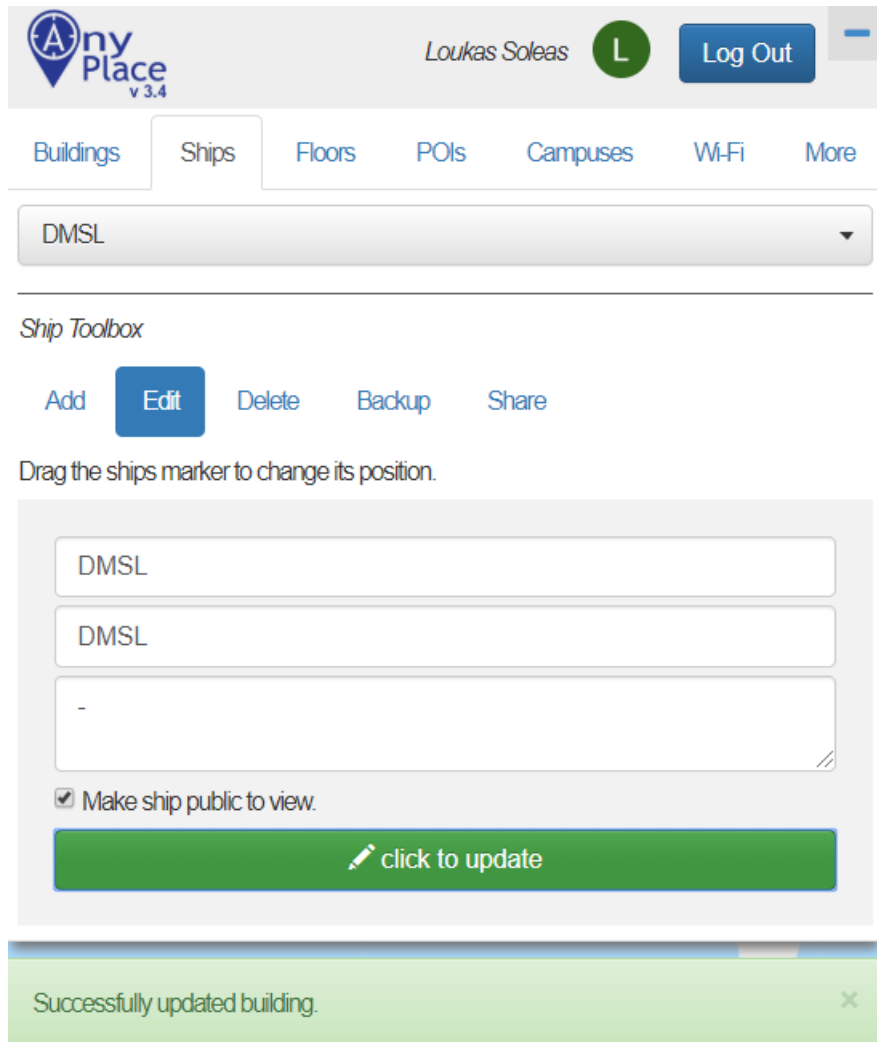


Σχήμα 5.5.1.a Building Toolbox.[Anyplace Architect]

Η καινούργια λειτουργία που υλοποιήθηκε είναι η πρόσθεση της κατηγορίας Ships που είναι παρόμοια με την κατηγορία Buildings. Η λειτουργία αυτή προσφέρει, όπως και η κατηγορία Buildings, το δικά της εργαλεία μέσω του Ship Toolbox, το οποίο περιέχει υπηρεσίες όπως πρόσθεση κάποιο πλοίου σύροντας το εικονίδιο (drag to add new ship) πάνω στον χάρτη με την επιλογή Add, την επεξεργασία (Edit), την διαγραφή (Delete), την δυνατότητα να γίνει Backup και την δυνατότητα να μοιραστεί μέσω ενός συνδέσμου (Share). Η καινούργια ιδιότητα που έχουν τα αντικείμενα ships είναι ότι μέσα στον Anyplace Viewer εμφανίζεται ένα ακόμη toolbox το οποίο προσφέρει ένα εργαλείο για την έναρξη της ανανέωσης της θέσης, την επιλογή χρόνου ανανέωσης της θέσης, την διακοπή ανανέωσης της θέσης και ιστορικό από την έναρξη ανανέωσης της θέσης μέχρι και την διακοπή.

Όσον αφορά την υλοποίηση της κατηγορίας Ships, ο χρήστης κατά την επιλογή της κατηγορίας μπορεί να επεξεργαστεί και να αναζητήσει από την λίστα μόνο αντικείμενα

Ships. Επίσης κατά την επιλογή του Edit ο χρήστης μπορεί να αλλάξει την θέση του πλοίου απλά μεταφέροντας με το ποντίκι στην καινούργια επιθυμητή θέση και τέλος επιλέγοντας το κουμπί “click to update”.



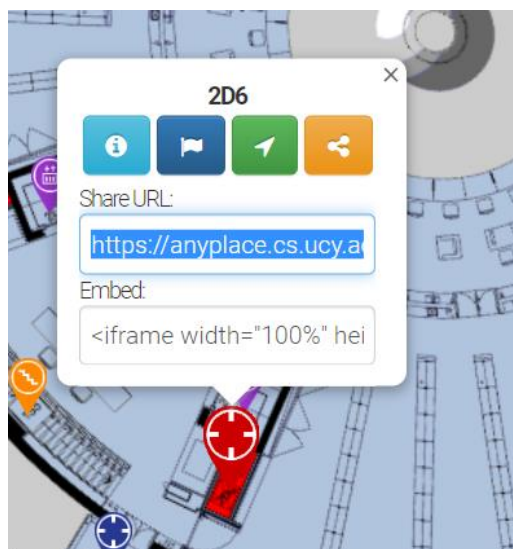
Σχήμα 5.5.1.b Ship Toolbox.[Anyplace Architect]

Οι αλλαγές που έγιναν για την πρόσθεση της κατηγορίας Ships ήταν πρόσθεση HTML και CSS στα ήδη υπάρχοντα αρχεία που βρίσκονται στην υλοποίηση του Anyplace Architect και οδήγησαν στην εμφάνιση της κατηγορίας Ships. Όσον αφορά την λειτουργικότητα των κουμπιών αλλά και λιστών που περιέχουν τα δεδομένα, εργαλεία αναζητήσεις και επιλογής αντικειμένων, υλοποιήθηκαν μέσω του Framework AngularJS. Τις πληροφορίες που εισάγει ο χρήστης μέσα στο σύστημα ανακτώνται μέσω της AngularJS χρησιμοποιώντας το DOM tree του HTML. Μετά την ανάκτηση των δεδομένων και ανάλογα με τους συνδυασμούς των κουμπιών η AngularJS καλεί το

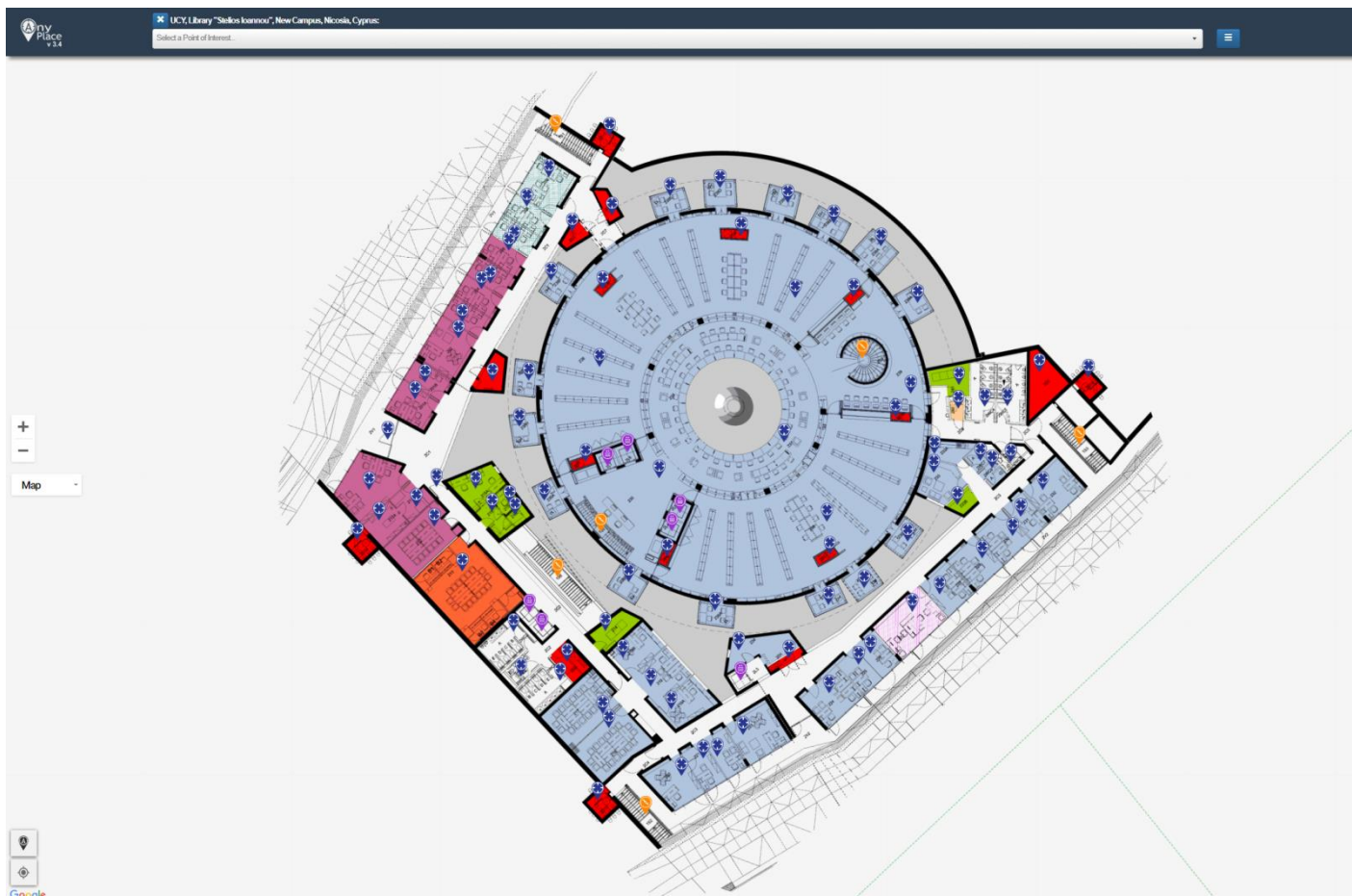
κατάλληλο Api του συστήματος το οποίο είναι γραμμένο σε γλωσσά προγραμματισμού Scala. Μέσα από τον κώδικα Scala γίνονται οι απαραίτητες λειτουργίες όπως είναι η ανάκτηση δεδομένων από την χωρική βάση δεδομένων Couchbase καθώς και η απαραίτητη επεξεργασία δεδομένων. Μετά την επεξεργασία των δεδομένων το Api του συστήματος θα επιστρέψει στην AngularJS την απάντηση, η οποία είναι σε μορφή JSON. Στην συνέχεια η AngularJS και πάλι με την χρήση του DOM tree του HTML θα εμφανίσει τα δεδομένα και θα αλλάξει την εμφάνιση τους όπου χρειάζεται.

5.5.2 Υλοποίηση στον Anyplace Viewer

Η καινούργια λειτουργία που προστέθηκε στον Viewer είναι η εμφάνιση των πλοίων και με την επιλογή τους να εμφανίζεται το Ship toolbox. Στην προηγούμενη έκδοση ο χρήστης μπορούσε μόνο να δει τα κτήρια, να επιλέξει δωμάτια, να πλοηγηθεί μέσα σε αυτά και να μοιραστεί ένα κτήριο με κάποιον άλλο στέλνοντας του το σύνδεσμο.



Σχήμα 5.5.2.a Share Link.[Anyplace Viewer]



Σχήμα 5.5.2.b UCY, Library "Stelios Ioannou", New Campus, Nicosia, Cyprus.

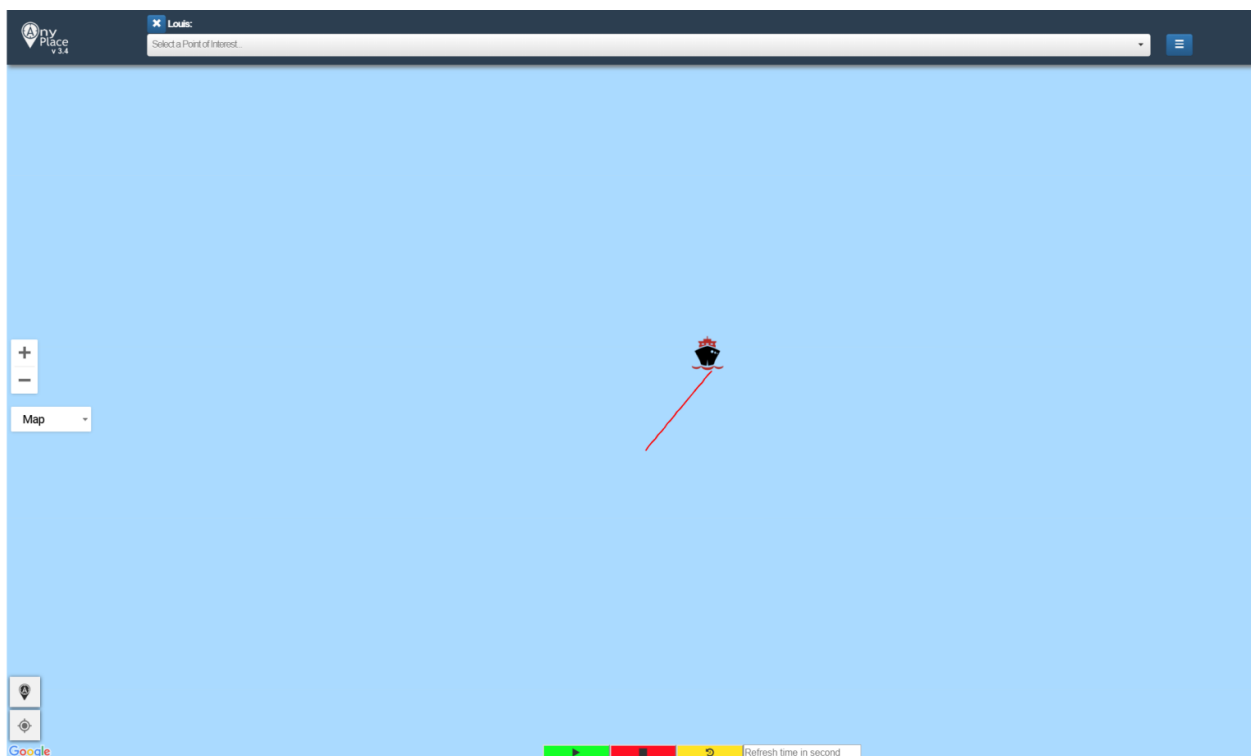
[https://anyplace.cs.ucy.ac.cy/viewer/?buid=building_36eb9995-c417-4716-a8ba-4a5024886de4_1543501525628&floor=2&selected=poi_627ce1ec-d80a-4abd-a26c-d521d9754938]

Οι αλλαγές που πραγματοποιήθηκαν, έγιναν στο HTML αρχείο με την πρόσθεση τριών κουμπιών και ενός input text πεδίου. Το κουμπί play όταν πατηθεί, καλεί την αντίστοιχη συνάρτηση Javascript, μέσω του framework AngularJS, η οποία είναι υπεύθυνη να αλλάξει την θέση του πλοίου με βάσει τον αριθμόν που έδωσε ο χρήστης στο πεδίο. Η υλοποίηση αυτής της συνάρτησης έχει γίνει ως εξής. Μετά την ανάκτηση της τιμής που βρίσκεται μέσα στο πλαίσιο των δευτερόλεπτων με βάση το DOM tree του HTML και μιας εσωτερική συνάρτηση, εκτελείτε συνεχώς με βάση τα δευτερόλεπτα που έδωσε ο χρήστης. Η εσωτερική συνάρτηση ανακτά την θέση του εκάστοτε πλοίου και με την χρήση του Google Api εμφανίζει ένα marker το οποίο απεικονίζει ένα πλοίο στο χάρτη. Με κάθε επανάληψη της, η θέση του marker αλλάζει με βάση την καινούργια τοποθεσία του πλοίου. Το κουμπί "stop" είναι υπεύθυνο να

σταματήσει την εσωτερική συνάρτηση που εκτελείτε και να επαναφέρει το πλοίο στην αρχική του τοποθεσία εκεί που το είχε τοποθετήσει για πρώτη φορά ο κάτοχος του. Το κουμπί “history” παίρνει όλα τα σημεία από τα οποία έχει περάσει το πλοίο και έχουν αποθηκευτεί από την συνάρτηση του play κουμπιού και με την χρήση του Api της Google google.maps.Polyline σχεδιάζεται μια κόκκινη γραμμή που στο τέλος της υπάρχει ένας marker που δηλώνει το τελευταίο σημείο που πέρασε το πλοίο.



Σχήμα 5.5.2.c Ship toolbox.[Anyplace Viewer]



Σχήμα 5.5.2.d. History button.[Anyplace Viewer]

Κεφάλαιο 6

Πειραματική Αποτίμηση

6.1 Εισαγωγή

6.2 Αφαίρεση δακτυλικών αποτυπωμάτων Wi-Fi (E4)

6.3 Αφαίρεση Wi-Fi APs (E5)

6.1 Εισαγωγή

Σκοπός των πειραμάτων είναι η ποιοτική αξιολόγηση της απόδοσης του πλαισίου ACCES-w υπό συνθήκες πραγματικής ζωής, αποδεικνύοντας έτσι τα οφέλη για τον φορέα εκμετάλλευσης του συστήματος εσωτερικού εντοπισμού με βάση το Wi-Fi, το οποίο βελτίωσε σε μεγάλο βαθμό την ακρίβεια της θέσης. Στην συνέχεια, παρουσιάζονται δυο πειράματα που αποδεικνύουν την ορθότητα της λειτουργίας του ACCES-w. Τα πειράματα αυτά θα βρίσκονται και στο νέο Paper που θα αφορά τις καινούργιες λειτουργίες του ACCES-w. Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν σε αυτά τα δυο πειράματα ήταν τα ακόλουθα:

- University of Cyprus Campus: Το σύνολο των δεδομένων του CS UCY συλλέχτηκε στο Department of Computer Science (CS), University of Cyprus. Συγκεκριμένα, αποτελείται από 5.000 δακτυλικά αποτυπώματα αναφοράς που λαμβάνονται από ~ 266 AP Wi-Fi εγκατεστημένα στους τέσσερις ορόφους του CS και τα γειτονικά κτίρια. Η συλλογή των δεδομένων έγινε περπατώντας σε ένα μονοπάτι που αποτελείται περίπου από 2900 θέσεις. Η πυκνότητα των δεδομένων του ορόφου 0 φαίνονται στην πιο κάτω εικόνα.



Σχήμα 6.1.a. Department of Computer Science (CS), University of Cyprus.

[Anyplace Architect]

- Mall of Cyprus: Το σύνολο των δεδομένων του Mall of Cyprus αποτελείται από 800 δακτυλικά αποτυπώματα αναφοράς από ~ 279 AP Wi-Fi εγκατεστημένα στους δύο ορόφους του εμπορικού κέντρου και τα γειτονικά κτίρια.



Σχήμα 6.1.b. Mall of Cyprus.[Anyplace Architect]

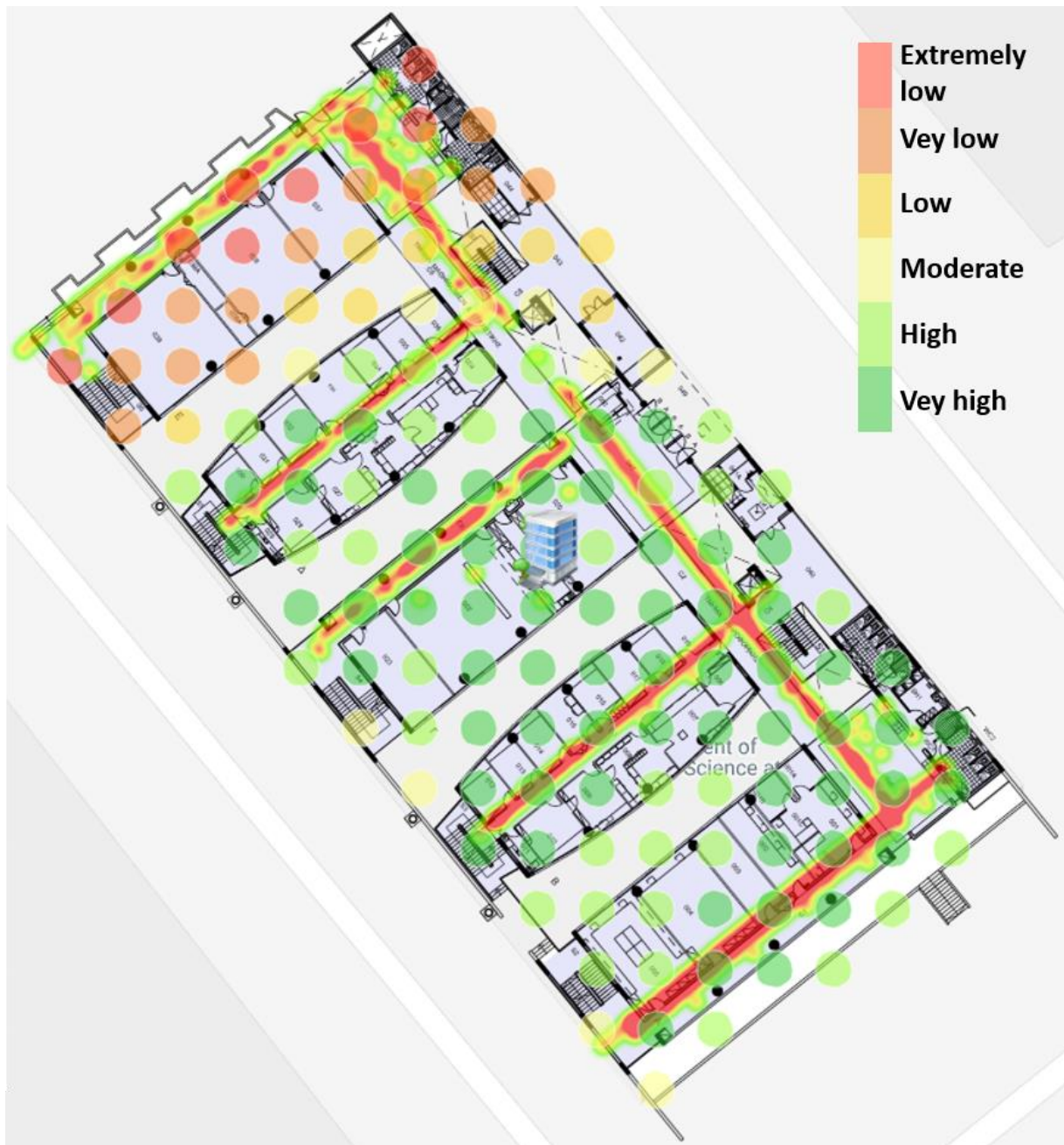
6.2 Αφαίρεση δακτυλικών αποτυπωμάτων Wi-Fi (E4)

Σε αυτό το σενάριο, αφαιρούμε επιλεκτικά από το FM ένα υποσύνολο των δακτυλικών αποτυπωμάτων Wi-Fi που συλλέγονται στις αντίστοιχες τοποθεσίες μέσα σε μια συγκεκριμένη περιοχή ενός κτηρίου. Στόχος είναι η υποβάθμιση της ακριβείας σε αυτή την περιοχή, λόγω της απουσίας δεδομένων μέσω της απεικόνισης που υποστηρίζεται από το ACCES-w. Για την επίδειξη συμπεριφοράς του ACCES-w θα χρησιμοποιήσουμε τα δεδομένα από το κτήριο του Τμήματος Πληροφορικής του Πανεπιστημίου Κύπρου για τον όροφο 0. Το σενάριο αποτελείται από περίπτωση στην οποία τα δεδομένα σε συγκεκριμένο τμήμα του ορόφου δεν είναι διαθέσιμα. Αυτή η προσομοίωση γίνεται αφαιρώντας με το χέρι από το αρχικό FM, υποσύνολο δακτυλικών αποτυπωμάτων στις αντίστοιχες θέσεις αυτού του τμήματος. Ο τρόπος υλοποίησης ήταν η αντιστοίχιση των σημείων του indoor-radiomap-mean.txt σε πραγματικά σημεία στον χάρτη για να ξέρουμε ποια σημεία πρέπει να αφαιρεθούν. Αυτό επιτεύχθηκε με την βοήθεια του εργαλείου mapmakerapp.com το οποίο προσφέρεται δωρεάν και μπορεί με την εισαγωγή ενός αρχείου excel να εμφανίσει όλα τα σημεία. Μετά την εισαγωγή των σημείων στο σύστημα έγινε επιλογή αυτών που έπρεπε να αφαιρεθούν και βρίσκονταν σε ένα διάδρομο του κτηρίου. Παράλληλα,

[illegible][illegible]

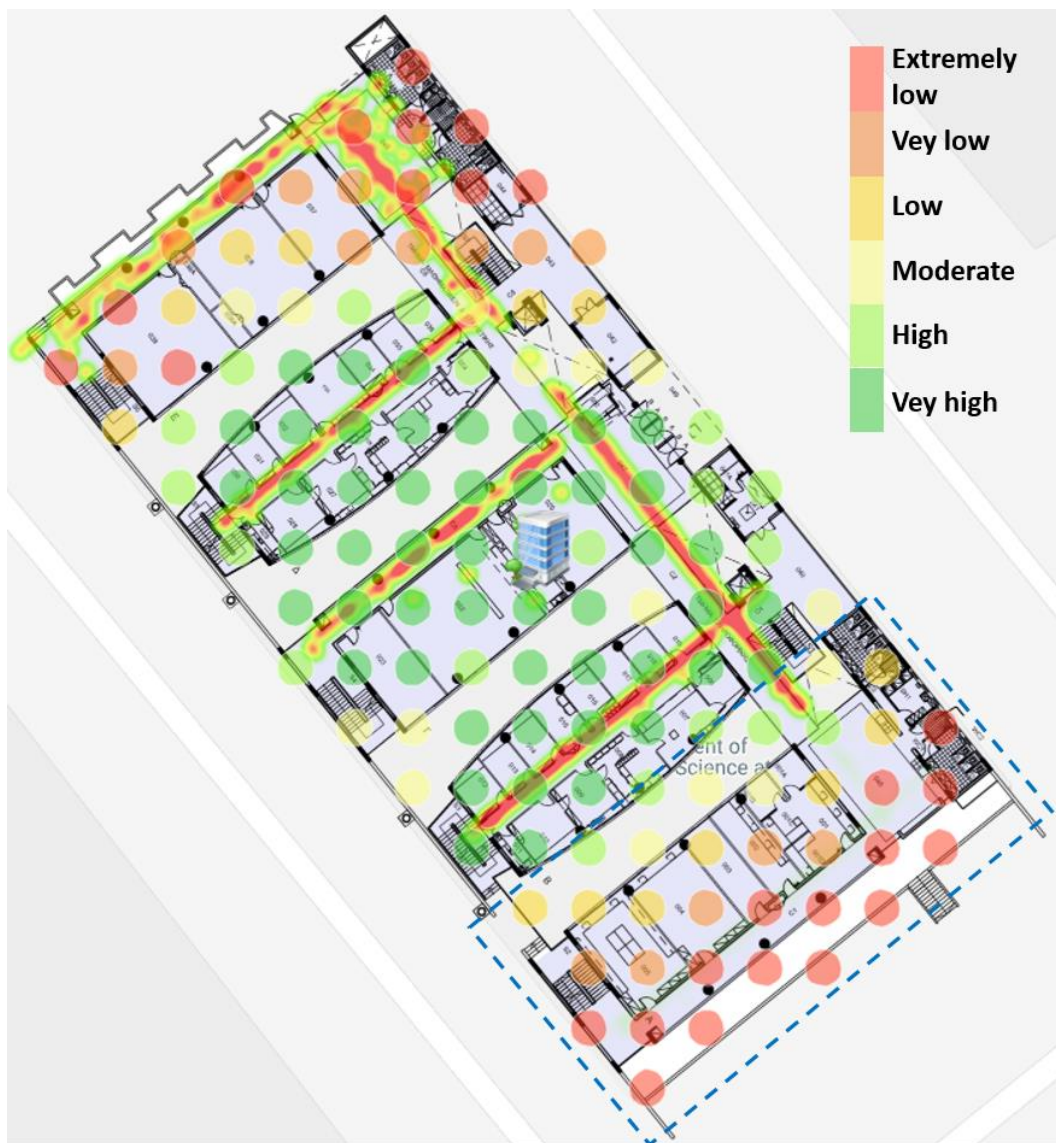
47

λειτουργίας GPR στο πλαίσιο του ACCES-w να αλληλοσυνδέει αξιόπιστα τα πραγματικά δεδομένα και να παράγει τεχνητό, αλλά ρεαλιστικό δακτυλικό αποτύπωμα.



Σχήμα 6.2.c. UCY CS Heatmap.[Anyplace Architect]

Στην εικόνα 6.2.d απεικονίζεται το heatmap ακρίβειας θέσης μετά την αφαίρεση των δακτυλικών αποτυπωμάτων που μαζεύτηκαν από όλη την κάτω πτέρυγα του ορόφου (σημειωμένη με μπλε διακεκομμένη γραμμή). Το χρώμα των θέσεων σε αυτό το τμήμα του δαπέδου μετατρέπεται από σκούρο ή ανοιχτό πράσινο σε πορτοκαλί / κόκκινο υποδεικνύοντας ότι το QoP θα είναι σημαντικά χαμηλότερο για τους χρήστες που θα μεταβούν σε εκείνη την περιοχή. Αυτό οφείλεται στην απουσία πραγματικών δεδομένων, όπως προβλέπει ACCES-w. Σε αυτή την περίπτωση, ο διαχειριστής του συστήματος μπορεί να κατευθύνει τους εθελοντές σε αυτή την περιοχή για τη συλλογή δεδομένων από Wi-Fi και τελικά την επίτευξη του επιπέδου QoP που φαίνεται στο σχήμα 6.2.c..



Σχήμα 6.2.d. UCY CS Heatmap after remove.[Anyplace Architect].

6.3 Αφαίρεση Wi-Fi APs (E5)

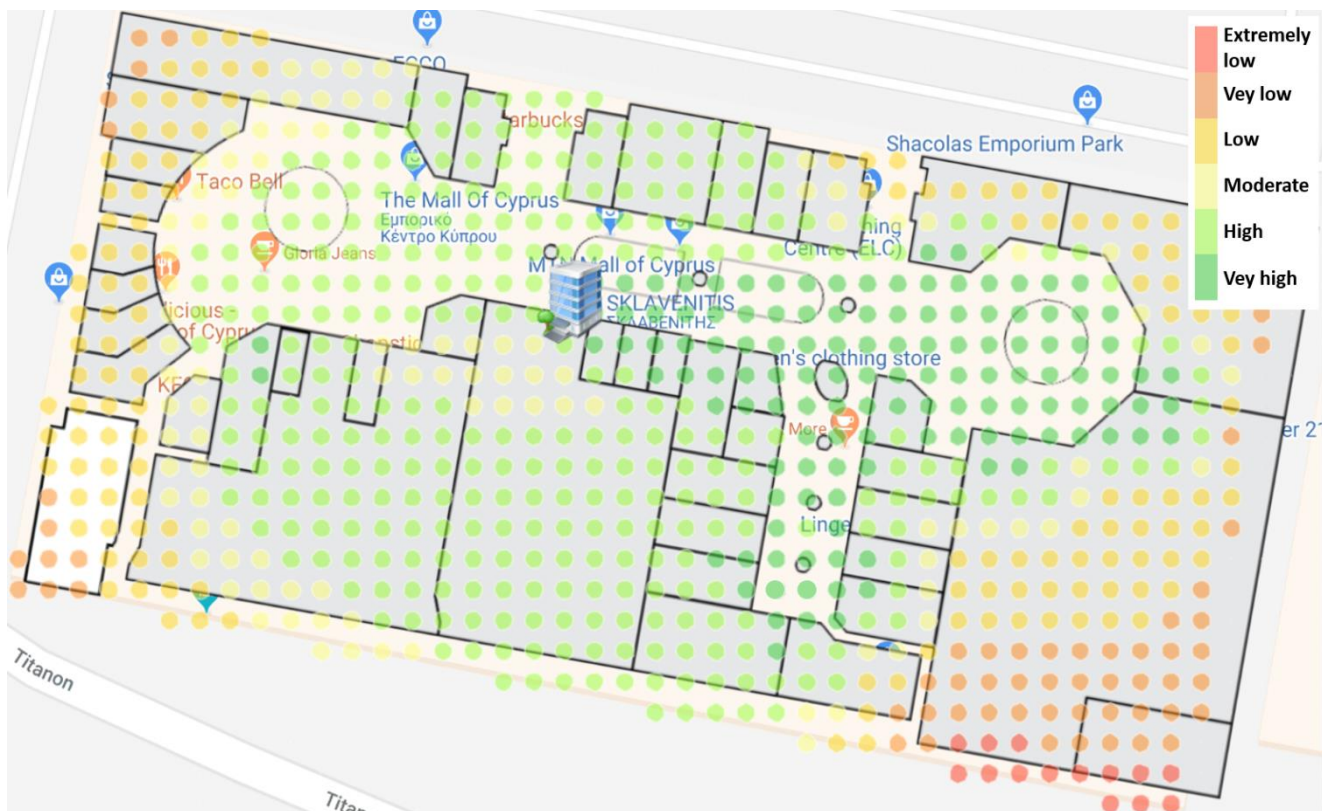
Σε αυτό το σενάριο, εξετάζουμε όλα τα δακτυλικά αποτυπώματα στο FM (σε αντίθεση με το πείραμα E4), αλλά παραβιάζουμε τα δακτυλικά αποτυπώματα καταργώντας τις μετρήσεις RSS από ένα υποσύνολο τυχαίων επιλεγμένων AP Wi-Fi. Ο στόχος είναι να αποδείξουμε ότι το ACCES-w δείχνει ότι υπάρχει μεγαλύτερη ακρίβεια στα τμήματα του ορόφου όπου τα δακτυλικά αποτυπώματα περιέχουν RSS τιμές μόνο από μερικά AP. Σε αυτήν την περίπτωση, ο χειριστής λαμβάνει πολύτιμες πληροφορίες σχετικά με το πού θα μπορούσαν να υπάρχουν πρόσθετα AP Wi-Fi για τη βελτίωση της ακρίβειας της θέσης.

Σε αυτό το σενάριο θα χρησιμοποιηθούν τα δεδομένα του The Mall of Cyprus όπου θα ερευνηθεί η συμπεριφορά του ACCES-w όταν τα ληφθέντα δακτυλικά αποτυπώματα σε ορισμένα μέρη του ορόφου περιέχουν μετρήσεις RSS από λίγα Wi-Fi AP. Στην περίπτωση αυτή τα δακτυλικά αποτυπώματα έχουν περιορισμένη ισχύ, δηλαδή δεν είναι ικανά να διακρίνουν τις μεταξύ τους τοποθεσίες όπου μπορεί να απέχουν πολύ το ένα από το άλλο και αυτό οφείλεται στην χαμηλή διάσταση των δακτυλικών αποτυπωμάτων. Το Heatmap ακριβείας θέσης που αντιστοιχεί στο αρχικό FM όπου λαμβάνονται υπόψη όλα τα AP Wi-Fi απεικονίζεται στην εικόνα 6.3.b.. Συνολικά υπάρχουν 91 Wi-Fi που ακούγονται σε αυτό τον όροφο, ενώ ο αριθμός των AP που λαμβάνονται δακτυλικά αποτυπώματα σε διαφορές τοποθεσίες κυμαίνεται από 1-23 AP. Εξομοιώνουμε αυτό το σενάριο αφαιρώντας χειροκίνητα τις τιμές RSS που σχετίζονται με ένα υποσύνολο AP Wi-Fi σε όλα τα δακτυλικά αποτυπώματα του αρχικού FM. Να σημειωθεί ότι όταν ένα AP καλύπτει εν μέρη τον όροφο, όπου είναι η τυπική περίπτωση σε μεγάλους εσωτερικούς χώρους, τότε αγνοώντας το AP θα επηρεάσει μόνο δακτυλικά αποτυπώματα στην περιοχή κάλυψής του. Η εικόνα 6.3.c απεικονίζει την ακρίβεια θέσης Heatmap όταν έχουν αφαιρεθεί οκτώ AP τα όποια είναι σημειωμένα με κόκκινο χρώμα. Παρατηρούμε ότι πολλά μέρη του ορόφου, στα οποία προηγουμένως υπήρχε υψηλή QoP, η ακρίβεια της θέσης υποβαθμιστικές σημαντικά εξαιτίας του μικρότερου αριθμού APs Wi-Fi στα δακτυλικά αποτυπώματα. Για παράδειγμα δυο σχετικά μεγάλες περιοχές που υποφέρουν από χαμηλό QoP υποδεικνύονται με μπλε διακεκομμένη γραμμή. Στην περίπτωση αυτή, ο διαχειριστής του συστήματος μπορεί εύκολα να εντοπίσει τις προβληματικές περιοχές (δηλ. εκείνες που καλύπτονται από λίγες συνδέσεις Wi-Fi) και να αποφασίσει στρατηγικά που θα

πρέπει να εγκατασταθούν πρόσθετα AP για να αυξήσουν τη διάσταση των δακτυλικών αποτυπωμάτων, βελτιώνοντας έτσι την ποιότητα QoP. Ο τρόπος αφαίρεσης του AP έγινε με την επεξεργασία του αρχείου indoor-radiomap-mean.txt το οποίο φαίνεται στην εικόνα 6.3.a. Ο τρόπος αφαίρεσης των δακτυλικών αποτυπωμάτων σε αυτή την περίπτωση ήταν η αφαίρεση του MAC Address των AP αλλά και η αφαίρεση της τιμής του σήματος για κάθε AP από κάθε σημείο που πάρθηκε μετρήση. Για την επίτευξη αυτής της λειτουργίας χρησιμοποιήθηκαν εργαλεία τα οποία υπάρχουν δωρεάν στο λειτουργικό σύστημα Linux.

[illegible]

Σχήμα 6.3.a. Mall indoor-radiomap-mean.txt.[Anyplace Server]



Σχήμα 6.3.b. Mall Heatmap.[Anyplace Architect]



Σχήμα 6.3.c. Mall Heatmap after remove.[Anyplace Architect]

Κεφάλαιο 7

Συμπεράσματα και Μελλοντικές Επεκτάσεις

7.1 Συμπεράσματα

7.2 Μελλοντικές επεκτάσεις

7.1 Συμπεράσματα

Με το τέλος αυτής της διπλωματικής εργασίας επιτεύχθηκε η ολοκλήρωση μιας νέας έκδοσης του ήδη υπάρχον σύστημα Anyplace που προσφέρει δωρεάν τις λειτουργίες του και χρησιμοποιείται από χρήστες από ολόκληρο τον κόσμο. Η νέα έκδοση 3.5 προσφέρει την διόρθωση μερικών βασικών στοιχείων στο πλαίσιο ACCES-w όπως είναι η αποθήκευση των τιμών της γεωτοποθέτησης και αλλαγή του τρόπου παρουσίασης της γεωτοποθέτησης. Με αυτές της αλλαγές, ο χρήστης μπορεί πιο εύκολα να πάρει γρήγορα αλλά και λεπτομερείς πληροφορίες για την γεωτοποθέτηση του κτηρίου του. Επιπρόσθετα, με τα πειράματα που έγιναν διασφαλίζεται η αξιοπιστία του πλαισίου ACCES-w έτσι ώστε ο χρήστης να μπορεί να εμπιστευτεί την λειτουργία του συστήματος χωρίς να έχει ενδοιασμούς για αυτό.

Όσον αφορά την καινούργια προσθήκη που αφορά τα κινούμενα αντικείμενα δείχνει ότι το Anyplace είναι ένα σύστημα το οποίο εξελίσσεται συνεχώς υλοποιώντας καινοτόμες ιδέες. Ο στόχος του συστήματος είναι να δίνει πάντα στον χρηστή καινούργια εργαλεία για να τον διευκολύνουν. Αξίζει να σημειωθεί η δυσκολία που υπήρξε όσον αφορά την εύρεση δεδομένων και κάποιου API το οποίο να δίνει την τοποθεσία των αντικειμένων έστω και για ερευνητικούς σκοπούς.

7.2 Μελλοντικές επεκτάσεις

Αν και το Anyplace βρίσκεται σε ένα επίπεδο με δωρεάν προσφορά των υπηρεσιών του, που σε παρόμοια συστήματα υπάρχουν επί πληρωμής, πάντα υπάρχει η ανάγκη για βελτιώσει.

Οι μελλοντικές επεκτάσεις που μπορούν να υλοποιηθούν είναι οι ακόλουθες. Αρχίζοντας από το πλαίσιο ACCES-w, μια επέκταση που μπορεί να γίνει είναι να κάνει την χρήση του πλαισίου ακόμη πιο εύκολη. Μετά το ανέβασμα του RSS log αρχείου το σύστημα θα πρέπει να υπολογίζει την γεωτοποθέτηση του συστήματος και να την αποθηκεύει έτσι ώστε να μην χρειάζεται ο χρήστης την πρώτη φορά χρήσης του πλαισίου να περιμένει τον υπολογισμό. Επίσης, ο χρήστης θα πρέπει να έχει την δυνατότητα διαγραφής της γεωτοποθέτησης και εισαγωγής καινούργιας. Ακόμη μια μελλοντική επέκταση αποτελεί η χαρτογραφήσει του κτηρίου να γίνεται με πιο αυτοματοποιημένο τρόπο. Μια ιδέα είναι ο προγραμματισμός κάποιου robot, το οποίο να έχει την δυνατότητα να κινείται μέσα στο κτήριο με αποτέλεσμα να μην χρειάζεται κάποιο άτομο επί πληρωμής να κάνει αυτή την δουλεία.

Όσον αφορά την λειτουργία των κινούμενων αντικειμένων, μπορεί να πραγματοποιηθεί η υλοποίηση ενός συστήματος το οποίο θα μπορεί το απλό κοινό να το πάρει και να το εγκαταστήσει σε κάποια περιοχή. Αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα, στην συλλογή δεδομένων τα οποία θα παραχωρούνται δωρεάν στους χρηστές του συστήματος. Επίσης, μια μελλοντική επέκταση είναι ο χρήστης να μπορεί να βλέπει τους ανθρώπους που κινούνται πάνω στο κινούμενο αντικείμενο με την χρήση του συστήματος Anyplace.

Βιβλιογραφία

- 1 “MazeMap Homepage” <http://www.mazemap.com/>
- 2 “Play Framework.” <http://www.playframework.com/>
- 3 “AngularJS Homepage” <https://angularjs.org/>
- 4 “Infsoft” <https://www.infsoft.com/technology/sensors/bluetooth-low-energy-beacons>
- 5 “MarrineTraffic” <https://www.marinetraffic.com>
- 6 ” Vesselfinder” <https://www.vesselfinder.com/>
- 7 “Scala” <https://www.scala-lang.org/>
- 8 "Internet-Based Indoor Navigation Services", Demetrios Zeinalipour-Yazti, Christos Laoudias, Kyriakos Georgiou, Georgios Chatzimilioudis, IEEE Internet Computing (IC'17), vol. 21, no. 4, pp. 54-63, July 2017, doi:10.1109/MIC.2017.2911420, IEEE Computer Society, 2017
- 9 "Indoor Localization Accuracy Estimation from Fingerprint Data", Artyom Nikitin, Georgios Chatzimilioudis, Christos Laoudias, Panagiotis Karras and Demetrios Zeinalipour-Yazti, Proceedings of the 18th IEEE International Conference on Mobile Data Management (MDM'17), pp. 196--205, IEEE Press, KAIST, Daejeon, South Korea, May 29 - June 1, 2017.
- 10 C. E. Rasmussen, “Gaussian processes for machine learning,” The MIT Press, 2006
- 11 “Google Maps Platform” <https://developers.google.com/maps/documentation/>
- 12 “EKAHAU” <http://www.ekahau.com/>
- 13 “Anyplace Github” <https://github.com/dmsl/anyplace/>
- 14 “AnyPlace Logger”
<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.dmsl.anyplace>
- 15 "The Anatomy of the Anyplace Indoor Navigation Service", Demetrios Zeinalipour-Yazti and Christos Laoudias, ACM SIGSPATIAL Special (SIGSPATIAL '17), ACM Press, Vol. 9, pp. 3-10, 2017
- 16 "Privacy-Preserving Indoor Localization on Smartphones", Andreas Konstantinidis, Georgios Chatzimilioudis, Demetrios Zeinalipour-Yazti, Paschalis Mpeis, Nikos Pelekis, Yannis Theodoridis, IEEE Transactions on

- Knowledge and Data Engineering (TKDE'15), IEEE Computer Society, Vol. 27, Iss. 11, pp. 3042-3055, Los Alamitos, CA, USA, 2015.
- 17 "Radiomap Prefetching for Indoor Navigation in Intermittently Connected Wi-Fi Networks", Andreas Konstantinidis, George Nikolaides, Georgios Chatzimilioudis, Giannis Evagorou, Demetrios Zeinalipour-Yazti and Panos K. Chrysanthis, Proceedings of the 16th IEEE International Conference on Mobile Data Management (MDM'15), IEEE Press, Vol.1, pp. 34-43, Pittsburgh, PA, USA, 2015.
 - 18 G. Chatzimilioudis, C. Costa, D. Zeinalipour-Yazti, W.-C. Lee and E. Pitoura "Distributed In-Memory Processing of All k Nearest Neighbor Queries", IEEE TKDE, vol. 28, iss. 4, pp. 925-938, 2016
 - 19 Y. Gu, A. Lo, I. Niemegeers, "A survey of indoor positioning systems for wireless personal networks", in IEEE Comm. Surv. Tutor., vol. 11, no. 1, pp. 13–32, 2009
 - 20 A. Konstantinidis, G. Nikolaides, G. Chatzimilioudis, G. Evagorou, D. Zeinalipour-Yazti, P. K. Chrysanthis "Radiomap Prefetching for Indoor Navigation in Intermittently Connected Wi-Fi Networks," in IEEE MDM, pp. 34–43, 2015.
 - 21 C. Laoudias, D. Zeinalipour-Yazti, C.G. Panayiotou, "Crowdsourced Indoor Localization for Diverse Devices through Radiomap Fusion", in IPIN, pp. 1–7, 2013
 - 22 D. Zeinalipour-Yazti, C. Laoudias, C. Costa, M. Vlachos, M.I. Andreou, D. Gunopulos, "Crowdsourced Trace Similarity with Smartphones", in IEEE TKDE, vol. 25, iss. 6, pp. 1240–1253, 2013.
 - 23 F. Gustafsson and F. Gunnarsson, "Mobile positioning using wireless networks: possibilities and fundamental limitations based on available wireless network measurements," IEEE Signal processing magazine, vol. 22, no. 4, pp. 41–53, 2005.
 - 24 <https://docs.couchbase.com/server/4.5/developer-guide/sub-doc-api.html>
 - 25 "FMS: Managing Crowdsourced Indoor Signals with the Fingerprint Management Studio", Marileni Angelidou, Constantinos Costa, Artyom Nikitin and Demetrios Zeinalipour-Yazti, Proceedings of the 19th IEEE International Conference on Mobile Data Management (MDM '18), IEEE Computer Society,

ISBN: 978-1-5386-4133-0, pp. 288--289, June 25 - June 28, 2018, AAU, Aalborg, Denmark, 2018.

- 26 "Crowdsourcing with smartphones", Georgios Chatzimiloudis, Andreas Konstantinidis, Christos Laoudias and Demetrios Zeinalipour-Yazti, IEEE Internet Computing (IC'12), Special Issue: Sep/Oct 2012 - Crowdsourcing, May 2012. IEEE Press, Vol. 16, Iss. 5, pp. 36-44, 2012.
- 27 "Crowdsourcing Emergency Data in Non-Operational Cellular Networks", Georgios Chatzimilioudis, Constantinos Costa, Demetrios Zeinalipour-Yazti and Wang-Chien Lee, Information Systems (InfoSys'17), Special Issue on Large-Scale Data Management for Mobile Applications, Vol. 64, pp. 292 - 302, Oxford, UK, 2017.