

Ατομική Διπλωματική Εργασία

**ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ
ΠΡΟΗΓΜΕΝΩΝ ΕΡΓΑΛΕΙΩΝ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗΣ
ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΧΩΡΩΝ**

Κυριάκος Γεωργίου

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ



ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

Μάιος 2015

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ

ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

**ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ
ΠΡΟΗΓΜΕΝΩΝ ΕΡΓΑΛΕΙΩΝ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗΣ
ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΧΩΡΩΝ**

Κυριάκος Γεωργίου

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 2015

Ευχαριστίες

Πρωτίστως, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Δημήτρη Ζεϊναλιπούρ που επίβλεψε από κοντά την παρούσα διπλωματική εργασία, καθ' όλη την διάρκειά της, με συνεχή ανατροφοδότηση και γνήσιο ενδιαφέρον και όραμα για το σύστημα του Anyplace.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω το διδακτικό προσωπικό του Τμήματος Πληροφορικής του Πανεπιστημίου Κύπρου καθώς μέσα από τα μαθήματα των τεσσάρων χρόνων, κατάφερα να αποκομίσω γνώσεις και να αναπτύξω τεχνικές δεξιότητες οι οποίες με βοήθησαν να φέρω εις πέρας την παρούσα διπλωματική εργασία και θα συνεχίσουν να με βοηθούν στην μελλοντική μου καριέρα.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες θα ήθελα να δώσω στον Λάμπρο Πέτρου που ανταποκρινόταν πάντοτε στα καλέσματα μου για τεχνική υποστήριξη και για την συνεχή έμπνευση και ιδέες που μου έδινε σε θέματα τεχνολογίας και πληροφορικής.

Ακολούθως θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Τιμόθεο Κωνστάμπεη για την άρτια επικοινωνία και συνεργασία καθώς εργαζόταν παράλληλα σε κάποια συστήματα του Anyplace για τους σκοπούς της δικής του ατομικής διπλωματικής εργασίας.

Επιπρόσθετα θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά όλους τους φοιτητές [Παράρτημα Β] που βοήθησαν εθελοντικά στην περάτωση των πειραμάτων πληθοπορισμού που παρουσιάζονται σε αυτή την διπλωματική εργασία.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για την ανιδιοτελή υποστήριξη που μου πρόσφερε καθ' όλη την διάρκεια της παρούσας διπλωματικής εργασίας αλλά και των σπουδών μου.

Αναγνώριση

Επίδειξη του συστήματος Anyplace που περιγράφεται σε αυτήν τη διπλωματική εργασία έχει γίνει αποδεκτή για παρουσίαση στο:

- "*Anyplace: A Crowdsourced Indoor information System*", **K. Georgiou**, T. Constambeys, C. Laoudias, L. Petrou, G. Chatzimilioudis and D. Zeinalipour-Yazti (MDM'15), Pittsburgh, Pennsylvania, USA, June 15-18, IEEE Computer Society, 2015.

Περίληψη

Η πλειοψηφία του χρόνου των ανθρώπων αναλώνεται εντός εσωτερικών χώρων είτε για εμπορικούς σκοπούς, για διασκέδαση ή για κοινωνικοποίηση. Καθώς οι προαναφερθείσες δραστηριότητες τείνουν στο να υποστηρίζονται από υπηρεσίες Διαδικτύου και οι εσωτερικοί χώροι γίνονται μεγαλύτεροι και πιο πολύπλοκοι, εμφανίστηκε η ανάγκη για χαμηλού οικονομικού κόστους συστήματα εσωτερικής γεωτοποθέτησης, χαρτογράφησης, πλοήγησης και πληροφόρησης.

Σε αυτή τη διπλωματική εργασία παρουσιάζεται μια σειρά προηγούμενων τεχνικών και εργαλείων για χαρτογράφηση εσωτερικών χώρων στην πλατφόρμα Anyplace, το οποίο είναι ένα ολοκληρωμένο σύστημα πληροφόρησης για εσωτερικούς χώρους που αναπτύχθηκε στο Πανεπιστήμιο Κύπρου. Η διπλωματική αυτή εργασία θα ξεκινήσει από την παρουσίαση της αρχιτεκτονικής του Anyplace και θα αναδειχθούν τα υποσυστήματα της Μοντελοποίησης, του Πληθοπορισμού και της Προβολής, τα οποία αναπτύχθηκαν στην εργασία αυτή.

Μέσα από το υποσύστημα του Anyplace Architect θα παρουσιαστεί ο τρόπος με τον οποίο γίνεται η μοντελοποίηση και η εισαγωγή στοιχείων εσωτερικών χώρων (κτίρια, όροφοι, σημεία ενδιαφέροντος) στο σύστημα του Anyplace. Η εισαγωγή μπορεί να γίνει από οποιοδήποτε άτομο επιθυμεί να συνεισφέρει σχετικές πληροφορίες, άρα το υποσύστημα του Anyplace Architect πρέπει να είναι σε θέση να υποστηρίξει αυτό το πληθοποριστικό μοντέλο συλλογής δεδομένων. Για να ελέγξουμε την αποτελεσματικότητα του υποσυστήματος ως πληθοποριστική πλατφόρμα, έγιναν δύο πειράματα με δύο διαφορετικές ομάδες από τις οποίες ζητήθηκε να χαρτογραφήσουν κτίρια στην Κύπρο και την Ελλάδα.

Τέλος, θα παρουσιαστεί το υποσύστημα προβολής, ο Anyplace Viewer, μέσω του οποίου οι χρήστες μπορούν να επωφεληθούν από την συλλογή κτιρίων και πληροφοριών του Anyplace. Καθώς αυτό το υποσύστημα είναι σημαντικό να είναι αποδοτικό για έγκαιρη παροχή πληροφοριών σε χρήστες που βρίσκονται εν κινήσει μέσα σε κτίρια, έγινε πειραματική αξιολόγηση για να βρεθούν πιθανά σημεία που καθυστερούν το σύστημα και που χρήζουν βελτίωσης.

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες.....	iii
Αναγνώριση	iv
Περίληψη	v
Περιεχόμενα.....	vi
Κεφάλαιο 1 Εισαγωγή	1
1.1 Υποκίνηση εργασίας	1
1.2 Ανασκόπηση συστήματος Anyplace	3
1.3 Συνεισφορές.....	4
1.4 Περίγραμμα εργασίας	5
Κεφάλαιο 2 Σχετική Βιβλιογραφία	7
2.1 Κατηγοριοποίηση συστημάτων εσωτερικής πληροφόρησης	8
2.2 Σχετικά συστήματα πληροφόρησης για εσωτερικούς χώρους	14
2.2.1 MazeMap	14
2.2.2 IndoorAtlas	17
2.2.3 Micello	21
2.2.4 Σύνοψη.....	23
Κεφάλαιο 3 Αρχιτεκτονική του Anyplace	25
3.1 Anyplace Server και NoSQL αποθήκη δεδομένων	26
3.2 Anyplace Architect	28
3.3 Anyplace Viewer	30
3.4 Anyplace Navigator και Logger	31
Κεφάλαιο 4 Υποσύστημα Αρχιτέκτονα και Πληθοπορισμού	33
4.1 Πληθοπορισμός.....	34
4.2 Μοντελοποίηση	35
4.3 Τεχνολογικό υπόβαθρο	37
4.3.1 AngularJS.....	37
4.3.2 jQuery-UI.....	39
4.3.3 Bootstrap	41
4.4 Υλοποίηση	42

4.5 Μελλοντικές επεκτάσεις	49
Κεφάλαιο 5 Υποσύστημα Anyplace Viewer	50
5.1 Υλοποίηση	51
5.2 Μελλοντικές επεκτάσεις	58
Κεφάλαιο 6 Πειραματική Αποτίμηση.....	60
6.1 Μεθοδολογία.....	61
6.3 Αποτελέσματα πληθοπορισμού	66
6.3.1 Σε ελεγχόμενο περιβάλλον	69
6.3.2 Σε μη-ελεγχόμενο περιβάλλον	73
6.4 Συμπεράσματα από τα δύο πειράματα.....	77
Κεφάλαιο 7 Συμπεράσματα και Μελλοντικές Επεκτάσεις	78
7.1 Συμπεράσματα	78
7.2 Μελλοντικές επεκτάσεις	79
Βιβλιογραφία	81
Παράρτημα Α – Πίνακες κτιρίων από πειραματική Αξιολόγηση	1
Παράρτημα Β – Φοιτητές που συνείσφεραν στο 1^ο πείραμα πληθοπορισμού.....	1

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή

1.1	Υποκίνηση εργασίας	1
1.2	Ανασκόπηση συστήματος Anyplace	3
1.3	Συνεισφορές	4
1.4	Περίγραμμα εργασίας	6

1.1 Υποκίνηση εργασίας

Σύμφωνα με πρόσφατες στατιστικές έρευνες από την Strategy Analytics [1] φαίνεται ότι οι άνθρωποι περνούν το 80-90% του χρόνου τους σε εσωτερικούς χώρους όπως εμπορικά κέντρα, βιβλιοθήκες, αεροδρόμια, πανεπιστημιακούς χώρους, σχολεία, εργοστάσια ή νοσοκομεία. Επίσης, γνωρίζοντας ότι πλέον η συντριπτική πλειοψηφία των ανθρώπων φέρουν συνεχώς μαζί τους κάποια έξυπνη κινητή συσκευή, δημιουργείται πλέον η ανάγκη για επιχειρήσεις και οργανισμούς να εξοπλιστούν με αποτελεσματικά και χαμηλού κόστους συστήματα εσωτερικών χώρων ούτως ώστε να μπορούν να επωφεληθούν από τις ποικίλες εφαρμογές που μπορούν να έχουν τέτοια συστήματα. Σε ένα εργασιακό περιβάλλον για παράδειγμα, μερικές εφαρμογές είναι: παρακολούθηση εργατικού δυναμικού, διαχείριση αποθέματος, και θέματα ασφαλείας. Σε ένα εμπορικό περιβάλλον όπως ένα κατάστημα ή εμπορικό κέντρο, οι καταστηματάρχες επιθυμούν να ενισχύσουν την αγοραστική εμπειρία των πελατών τους αλλά και να καταγράψουν πολύτιμα για αυτούς στατιστικά και μετρικές που αφορούν την συμπεριφορά των καταναλωτών τους εντός του υποστατικού τους.

Μερικές εφαρμογές σε ένα τέτοιο περιβάλλον είναι: στοχευμένες διαφημίσεις και διαμοιρασμός κουπονιών ανάλογα με την θέση του καταναλωτή στο κατάστημα, στατιστικές μετρήσεις για τους πιο δημοφιλής διαδρόμους και ράφια, μοντελοποίηση της συμπεριφοράς των καταναλωτών με αριθμούς. Επιπλέον, ενδιαφέρον για συστήματα εσωτερικών χώρων επιδεικνύεται και από εταιρίες ανάπτυξης ηλεκτρονικών παιχνιδιών αφού πλέον υπάρχουν οι βλέψεις για σχεδιασμό παιχνιδιών που αλληλοεπιδρούν με τον πραγματικό χώρο. Τέλος, εταιρείες επικοινωνιών προσπαθούν να παρέχουν περισσότερες υπηρεσίες στους πελάτες τους.

Για να γίνει δυνατή η ανάπτυξη τέτοιων συστημάτων αλλά και να γίνουν γενικά αποδεκτά και να τύχουν ευρείας χρήσης από το κοινό έπρεπε να επινοηθούν καινούργιοι μέθοδοι και τεχνικές για την παροχή αξιόπιστων ενδείξεων της τοποθεσίας ενός χρήστη στον χώρο, καθώς το ευρέως διαδεδομένο σύστημα GPS (Global Positioning System) παρέχει μειωμένη διαθεσιμότητα εντός κτιρίων λόγω της απόφραξης και της εξασθένησης των σημάτων, λόγω παρεμβολών με εμπόδια όπως η οροφή κάποιου κτιρίου.

Η τεχνολογία και οι αφθονία των συσκευών που συναντούμε στις μέρες μας, επιτρέπει την υλοποίηση τέτοιων συστημάτων εσωτερικών χώρων χρησιμοποιώντας την ποικιλία αισθητήρων που πλέον βρίσκονται μέσα στις συσκευές που χρησιμοποιούνται επί καθημερινής βάσης και καθ' όλη την διάρκεια της μέρας. Επίσης, η ύπαρξη δεκάδων σημείων πρόσβασης Wi-Fi που συναντούμε μέσα σε κτίρια, επιτρέπουν σε συστήματα εσωτερικών χώρων να εκμεταλλευτούν αυτή την πληροφορία. Μια έξυπνη κινητή συσκευή έχει την δυνατότητα να υπολογίσει την ένταση με την οποία λαμβάνει σήματα Wi-Fi από τα πέριξ σημεία πρόσβασης καθώς επίσης και να αναγνωρίσει το κάθε σημείο πρόσβασης με το μοναδικό του χαρακτηριστικό, την διεύθυνση MAC. Αυτή η πληροφορία μπορεί να διασταυρωθεί με βάσεις δεδομένων που διατηρούν στοιχεία εσωτερικής γεωτοποθέτησης (π.χ. η ένταση σήματος από συγκεκριμένα σημεία πρόσβασης σε συγκεκριμένο σημείο στον χώρο) και να επιστραφεί πίσω στην συσκευή το σημείο που βρίσκεται στον χώρο.

Πιο λεπτομερής χαρτογράφηση των εσωτερικών χώρων σε επίπεδο σημάτων αλλά και μοντέλων εσωτερικού χώρου (κτίρια, όροφοι, σημεία ενδιαφέροντος) μπορεί να γίνει με την μέθοδο του πληθοπορισμού. Οποιοδήποτε άτομο που έχει στην κατοχή του κάποια έξυπνη συσκευή μπορεί να συνεισφέρει στην χαρτογράφηση ενός κτιρίου.

Η παροχή πλοήγησης μέσα στον χώρο είναι μια προέκταση της πιο πάνω χαρτογράφησης (σημάτων και μοντέλων) που έρχεται για να ολοκληρώσει τον ορισμό του Συστήματος Πληροφόρησης για Εσωτερικούς Χώρους (Indoor Information System – IIS).

1.2 Ανασκόπηση συστήματος Anyplace

Σε αυτή τη ατομική διπλωματική εργασία θα παρουσιαστούν δύο (2) υποσυστήματα του, το υποσύστημα χαρτογράφησης, Υποσύστημα Αρχιτέκτονα (Architect), μαζί με το συστατικό του Πληθοπορισμού (Crowdsourcing) και το υποσύστημα Προβολής (Viewer), που μαζί αποτελούν ένα σημαντικό κομμάτι του συστήματος Anyplace, ενός ολοκληρωμένου συστήματος πληροφόρησης για εσωτερικούς χώρους.

Τα δεδομένα που συλλέγει, επεξεργάζεται και σερβίρει το Anyplace είναι μοντέλα εσωτερικών χώρων όπως κτίρια, όροφοι και σημεία ενδιαφέροντος καθώς και αποτυπώματα σημάτων από σημεία πρόσβασης Wi-Fi στον εσωτερικό χώρο.

Τα προαναφερθέντα δεδομένα συλλέγονται με την μέθοδο του πληθοπορισμού, δηλαδή το κάθε άτομο ξεχωριστά κάνει την δική του συνεισφορά δεδομένων και το άθροισμα της εργασίας του κάθε ατόμου δημιουργεί μια συλλογή από χρήσιμες πληροφορίες από τις οποίες μπορούν να επωφεληθούν οι χρήστες του συστήματος.

Για να γίνει δυνατή η εισαγωγή των δεδομένων από το πλήθος έπρεπε να αναπτυχθεί μία εύχρηστη εφαρμογή χαρτογράφησης, ο “Anyplace Architect”, για εισαγωγή μοντέλων εσωτερικού χώρου όπως κτίρια, όροφοι και σημεία ενδιαφέροντος. Για σκοπούς παρουσίασης και αξιοποίησης των πιο πάνω δεδομένων από τους χρήστες, αναπτύχθηκε η εφαρμογή “Anyplace Viewer”.

Οι πιο πάνω εφαρμογές συντονίζονται από τον “Anyplace Server” με τον οποίο επικοινωνούν μέσω μιας διεπαφής προγραμματισμού εφαρμογών (Web 2.0 API). Επιπλέον, το σύστημα υποστηρίζεται από την NoSQL βάση δεδομένων Couchbase, η οποία επιτρέπει γρήγορες επερωτήσεις σε μεγάλα δεδομένα με τεχνικές όπως MapReduce.

Στόχος του συστήματος Anyplace είναι να δώσει την δυνατότητα σε οντότητες όπως ανεξάρτητους χρήστες, εταιρείες και οργανισμούς να αξιοποιήσουν τις δυνατότητες που προσφέρουν συστήματα εσωτερικής πληροφόρησης όπως αναζήτηση σημείων ενδιαφέροντος στο χώρο και εσωτερική πλοήγηση στον χώρο με την βοήθεια υφιστάμενων ασύρματων δικτύων.

Επίσης το Anyplace επιτρέπει σε οποιοδήποτε χρήστη να χαρτογραφήσει οποιοδήποτε κτίριο προσθέτοντας τα αρχιτεκτονικά σχέδια των ορόφων και τα σημεία ενδιαφέροντος. Επίσης επιτρέπει την διατήρηση διαφόρων εκδόσεων του κάθε κτιρίου ανάλογα με τα δεδομένα που εισάγουν οι χρήστες και της περίπτωσης. Δηλαδή, διαφορετικά θα είναι χαρτογραφημένος κάποιος χώρος όταν φιλοξενεί κάποια έκθεση και διαφορετικά όταν φιλοξενεί κάποιο συνέδριο. Η αρχιτεκτονική του κτιρίου βεβαίως δεν αλλάζει, αυτό που αλλάζει είναι η διαφορετική αξιοποίηση του χώρου.

Συνοψίζοντας, το Anyplace είναι ένα ολοκληρωμένο σύστημα πληροφόρησης για εσωτερικούς χώρους που στο μπροστά επίπεδο της αρχιτεκτονικής του χρησιμοποιεί εύχρηστες εφαρμογές κτισμένες για έξυπνες κινητές συσκευές και υποστηρίζεται από υποδομή μεγάλων δεδομένων η οποία με τεχνικές όπως MapReduce διαχειρίζεται τα μεγάλα δεδομένα που συλλέγονται, με την μέθοδο του πληθοπορισμού μέσω των συσκευών των χρηστών. Πιο αναλυτικά η περιγραφή της αρχιτεκτονικής του συστήματος θα γίνει στο *Κεφάλαιο 3*.

1.3 Συνεισφορές

Μέσω αυτής της ατομικής διπλωματικής εργασίας έχω κάνει τις εξής σημαντικές συνεισφορές:

1. Αναβάθμισα τα υφιστάμενα συστήματα του Anyplace ούτως ώστε να δουλεύουν άρτια σε όλες τις κινητές συσκευές (Android, iPhone, Windows Phone, Blackberry, κ.α.) και σε όλους τους φυλλομετρητές ιστού (Chrome, Firefox, Safari, Opera, Internet Explorer, κ.α.).

2. Αναδιαμόρφωσα τις υφιστάμενες εφαρμογές-πελάτες του Anyplace που είναι διαθέσιμες στον παγκόσμιο ιστό. Χρησιμοποιώντας σύγχρονες τεχνολογίες και τεχνικές ανάπτυξης ιστού ούτως ώστε οι εφαρμογές να είναι εύχρηστες και φιλικές προς τον χρήστη ούτως ώστε να προσελκύσουν άτομα για να χρησιμοποιήσουν και να συνεισφέρουν στο σύστημα. Αποτέλεσμα αυτής της εργασίας ήταν ο εμπλουτισμός της συλλογής του Anyplace με πάνω από σαράντα (40) κτίρια σε πάνω από έντεκα (11) χώρες, συμπεριλαμβανομένων των Αυστρίας, Γερμανίας, Ελλάδας, Ελβετίας, Η.Π.Α, Ινδίας, Ινδονησίας, Κυπρου και Κορέας.
3. Συντόνισα με επιτυχία, για πειραματικούς σκοπούς, είκοσι-τρεις (23) φοιτητές για την πλήρη χαρτογράφηση της Πανεπιστημιούπολης. Με τα δεδομένα που μαζεύτηκαν, πλέον το κάθε γραφείο, εργαστήριο και αίθουσα έχει αποκτήσει τον δικό του σύνδεσμο στον παγκόσμιο ιστό και είναι αναζητήσιμη μέσα στο σύστημα.
4. Οι εργασίες μου στο σύστημα του Anyplace έδωσαν την δυνατότητα σε άλλους φοιτητές να χρησιμοποιήσουν τις υπηρεσίες του Anyplace σε εργασίες μαθημάτων και ατομικές διπλωματικές εργασίες.

1.4 Περίγραμμα εργασίας

Στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάστηκαν συνοπτικά η υποκίνηση αυτής της διπλωματικής εργασίας και αναφέρθηκαν κάποιες βασικές έννοιες που θα αναφέρονται συχνά στο υπόλοιπο αυτού του εγγράφου.

Στο δεύτερο κεφάλαιο θα αναφερθούν περισσότερες έννοιες και ορισμοί και θα παρουσιαστούν συστήματα πληροφόρησης εσωτερικών χώρων, παρόμοια με το Anyplace, αναδεικνύοντας περισσότερο τα τρία χαρακτηριστικά με τα οποία ασχολείται κυρίως αυτή η διπλωματική εργασία: τα εργαλεία χαρτογράφησης, τον πληθοπορισμό και την παρουσίαση των πληροφοριών εσωτερικών χώρων.

Στο τρίτο κεφάλαιο θα γίνει μια αναλυτική περιγραφή της αρχιτεκτονικής του Anyplace παρουσιάζοντας τα επιμέρους κομμάτια που την αποτελούν, καθώς επίσης και μια συνοπτική αναπαράσταση της ροής της πληροφορίας από τη στιγμή που εισέρχεται στο σύστημα μέχρι την προβολή της στον χρήστη.

Στο τέταρτο κεφάλαιο θα γίνει εκτενής περιγραφή του υποσυστήματος Anyplace Architect το οποίο αποτελεί το εργαλείο χαρτογράφησης για το σύστημα του Anyplace. Λόγω του ότι μέσω του Anyplace Architect γίνεται ένα ανοικτό κάλεσμα προς το πλήθος για συνεισφορά καινούργιων κτιρίων, θα γίνει μια λεπτομερής αναφορά στο μοντέλο του πληθοπορισμού. Ακολούθως θα παρουσιαστούν οι τεχνολογίες που χρησιμοποιήθηκαν, οι λειτουργίες του συστήματος και τέλος κάποιες μελλοντικές επεκτάσεις.

Στο πέμπτο κεφάλαιο θα γίνει εκτενής περιγραφή του υποσυστήματος Anyplace Viewer το οποίο είναι υπεύθυνο για την παρουσίαση των πληροφοριών που συλλέγηκαν μέσω του Anyplace Architect. Θα παρουσιαστούν οι τεχνολογίες που χρησιμοποιήθηκαν, οι λειτουργίες του συστήματος και τέλος κάποιες μελλοντικές επεκτάσεις.

Ακολούθως, στο έκτο κεφάλαιο θα γίνει μια τεχνική αποτίμηση των υποσυστημάτων του Anyplace Architect και Viewer καθώς και πειραματική αποτίμηση του συστήματος ως πλατφόρμα πληθοπορισμού, με δύο διαφορετικά σενάρια χαρτογράφησης από το πλήθος.

Στο έβδομο και τελευταίο κεφάλαιο θα γίνει αναφορά στα τελικά συμπεράσματα σχετικά με το σύστημα του Anyplace καθώς και μελλοντικές επεκτάσεις και βελτιστοποιήσεις που μπορούν να γίνουν.

Κεφάλαιο 2

Σχετική Βιβλιογραφία

2.1	Κατηγοριοποίηση συστημάτων εσωτερικής πληροφόρησης	8
2.2	Σχετικά συστήματα πληροφόρησης για εσωτερικούς χώρους	14
2.2.1	MazeMap	14
2.2.2	IndoorAtlas	17
2.2.3	Micello	21
2.2.4	Σύνοψη	23

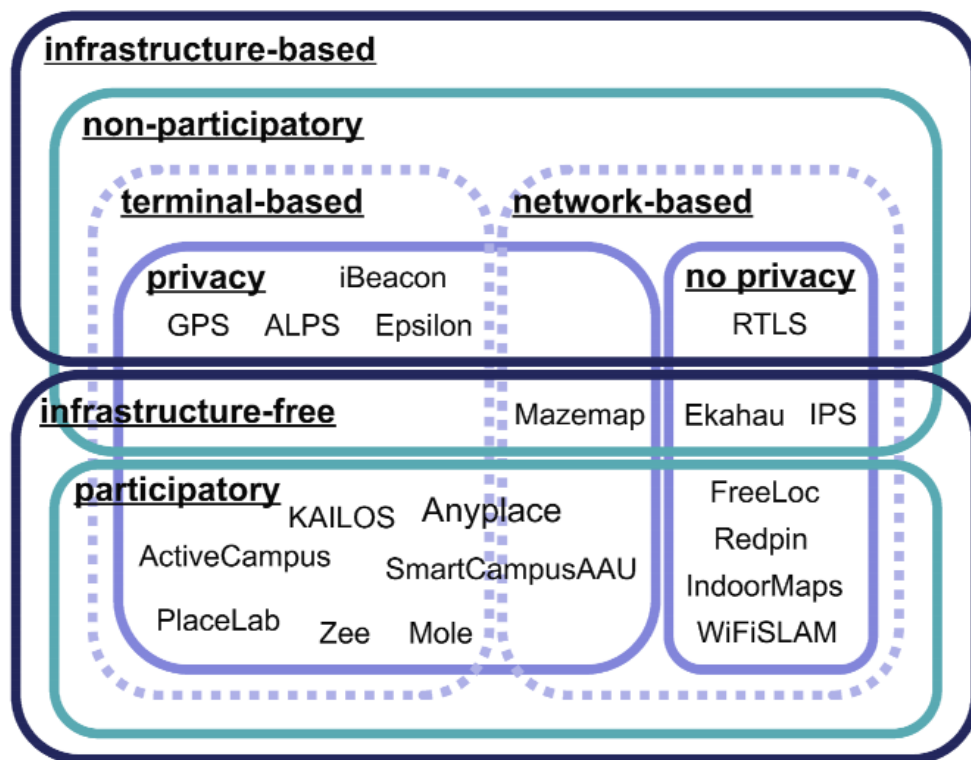
Σε αυτό το κεφάλαιο θα παρουσιαστούν κάποια σχετικά συστήματα εσωτερικής πληροφόρησης με ιδιαίτερη έμφαση στα τρία χαρακτηριστικά με τα οποία ασχολείται αυτή η διπλωματική εργασία: τον πληθοπορισμό, τα εργαλεία χαρτογράφησης εσωτερικών χώρων και τα εργαλεία προβολής των πληροφοριών.

2.1 Κατηγοριοποίηση συστημάτων εσωτερικής πληροφόρησης

Σε αυτή την ενότητα θα μελετήσουμε διάφορα συστήματα εσωτερικής γεωτοποθέτησης και πλοήγησης παρόμοια με το σύστημα που παρουσιάζεται σε αυτή την ατομική διπλωματική εργασία. Επίσης στο τέλος θα γίνει μια συγκριτική σύνοψη των υπηρεσιών που παρέχουν αλλά και τι είναι αυτό που χρειάζεται και ακόμα λείπει από τα υπάρχον συστήματα.

Οι υπάρχοντες υπηρεσίες πληροφόρησης για εσωτερικούς χώρους (π.χ. SkyhookWireless.com, Google.com, Navizon.com, Infosft.com, Indoo.rs, IndoorAtlas.com, MazeMap.com) μπορούν να διαχωριστούν βάσει της τεχνικής που χρησιμοποιούν για εντοπισμό του χρήστη στον χώρο, την αρχιτεκτονική τους, το επίπεδο συμμετοχής του κοινού στο σύστημα, την ακρίβεια προσδιορισμού της θέσης του χρήστη και κατά πόσο προστατεύουν την μυστικότητα αυτής της πληροφορίας. Επίσης, η υπηρεσία μπορεί να τρέχει στην συσκευή του χρήστη (terminal-based) ή σε εξωτερική υποδομή μέσω δικτύου (network-based). Η πλειοψηφία των συστημάτων τα οποία τρέχουν απομακρυσμένα και η πληροφορία μεταφέρεται μέσω του δικτύου, δεν διατηρούν το απόρρητο της τοποθεσίας του χρήστη ενώ τα συστήματα που τρέχουν στην συσκευή του χρήστη διατηρούν το απόρρητο εξ' ορισμού αφού ο προσδιορισμός της θέσης γίνεται τοπικά και η πληροφορία μένει ασφαλής στα χέρια του χρήστη.

Παρακάτω θα επεξηγηθούν πιο αναλυτικά οι διάφορες κατηγορίες που χωρίζονται τα συστήματα εσωτερικής πληροφόρησης.



Εικόνα 2.1 : Διάγραμμα Venn κατηγοριοποίησης συστημάτων εσωτερικής πληροφορίας.

Υπαρξη Υποδομής

Ανάλογα με την υποδομή που έχουν διάφορα συστήματα μπορούν να χωριστούν σε δύο (2) κατηγορίες, στα συστήματα που χρειάζονται επιπλέον εξειδικευμένο υλικό για να λειτουργήσουν και αυτά που δεν χρειάζονται.

Με Υποδομή:

Τα συστήματα που χρειάζονται επιπλέον υποδομή για να λειτουργήσουν απαιτούν την εγκατάσταση εξειδικευμένου υλικού στον χώρο όπως πομπούς, αντένες και καλωδίωση για την δημιουργία σημάτων στον χώρο. Για παράδειγμα, το σύστημα Epsilon από την Microsoft Research [2] εναπόκειται σε φώτα τύπου LED και το σύστημα ALPS από το Πανεπιστήμιο Carnegie Mellon [3] χρησιμοποιεί τον αισθητήρα μικροφώνου του κινητού για να λαμβάνει μετρήσεις υπερήχων στο χώρο. Άλλα συστήματα υποδομής βασίζονται σε ασύρματα πρωτόκολλα όπως υπέρυθρες, Bluetooth και το χαμηλής

κατανάλωσης Bluetooth (BLE) στο οποίο πρωτοπορεί η εταιρεία Apple με τα δημοφιλή BLE iBeacons.

Θεωρητικά, τα συστήματα που λειτουργούν με βοηθητική, εξειδικευμένη υποδομή μπορούν να πετύχουν μεγάλη ακρίβεια μικρότερη από ένα (1) μέτρο με αντάλλαγμα όμως το οικονομικό κόστος το οποίο εμποδίζει και την επεκτασιμότητα των συστημάτων αυτών σε πολύ μεγάλα κτίρια. Γενικά τέτοιες προσεγγίσεις εμφανίζονται σε περιβάλλοντα όπου το κόστος εγκατάστασης και συντήρησης τους μπορεί να αντισταθμιστεί από τα οφέλη που επιφέρουν. Μερικά παραδείγματα είναι: Arubanetworks.com, Aeroscout.com, Zebra.com, Ubisense, Mysphera.com, Sonitor.com, Versustech.com, Teletracking.com, Bespoon.com και Openrlts.com.

Χωρίς Υποδομή

Τα συστήματα εσωτερικής γεωτοποθέτησης και πλοήγησης εκμεταλλεύονται μετρήσεις που η τιμή τους εξαρτώνται από την τοποθεσία που λήφθηκαν όπως για παράδειγμα εντάσεις σημάτων από σημεία πρόσβασης Wi-Fi, από πύργους τηλεπικοινωνιών και από τα μαγνητικά πεδία της γης. Συνήθως τέτοιες προσεγγίσεις συνοδεύονται και με μετρήσεις από τους αισθητήρες της συσκευής που καταγράφει τις προαναφερθείσες μετρήσεις. Παραδείγματα των αισθητήρων αυτών είναι το επιταχυνσιόμετρο, το γυροσκόπιο, το μαγνητόμετρο και η ψηφιακή πυξίδα.

Σε αντίθεση με τα συστήματα που χρειάζονται εξειδικευμένη υποδομή για να λειτουργήσουν, τα συστήματα σε αυτή την κατηγορία συνήθως χρειάζονται αλλαγές αποκλειστικά σε επίπεδο λογισμικού για να λάβουν της μετρήσεις τους. Επίσης ως λογικό επακόλουθο της μη χρήσης επιπλέον εξοπλισμού, το κόστος των συστημάτων είναι πολύ χαμηλό και ευνοεί την επεκτασιμότητα. Ενδιαφέρον αποτελεί το γεγονός ότι παρά το χαμηλό τους κόστος, δεν υπάρχει αντάλλαγμα στην ακρίβεια και σε πολλές περιπτώσεις η ακρίβεια τους είναι καλύτερα και από τα συστήματα με υποδομή [4].

Σημείο υπολογισμού

Το σημείο που γίνεται ο υπολογισμός της εσωτερικής γεωτοποθέτησης είναι ακόμα ένα σημείο διαχωρισμού των συστημάτων εσωτερικής πληροφόρησης. Μπορεί να λαμβάνει χώρα είτε στην συσκευή του χρήστη είτε σε κάποια απομακρυσμένη υποδομή που ακολούθως στέλνει την πληροφορία στον χρήστη. Το σημείο υπολογισμού συνδέεται και με το επίπεδο προστασίας του απορρήτου της ευαίσθητης πληροφορία η οποία υπολογίζεται.

Στο τερματικό

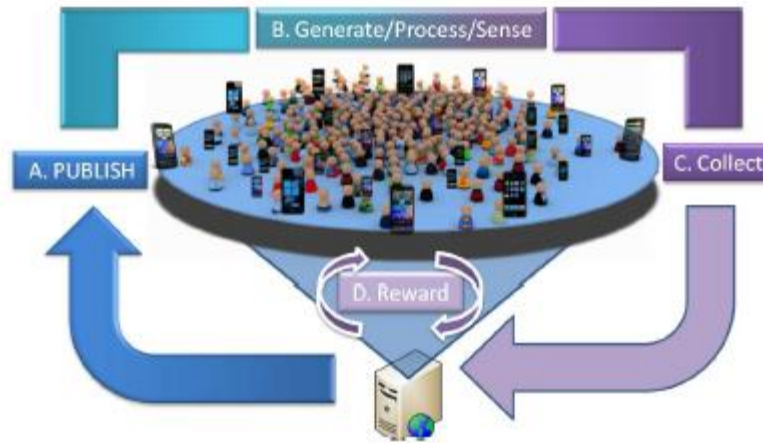
Σε αυτή την κατηγορία συμπεριλαμβάνονται τα συστήματα όπου ο αλγόριθμος προσδιορισμού της θέσης τρέχει εξ' ολοκλήρου στην συσκευή του χρήστη, συνήθως χρησιμοποιώντας την πληθώρα αισθητήρων που είναι διαθέσιμοι στην συσκευή. Το μειονέκτημα αυτής της προσέγγισης είναι το γεγονός ότι πολύπλοκοι και υπολογιστικά ακριβοί υπολογισμοί τρέχουν πάνω στην συσκευή του χρήστη. Από την άλλη όμως, με αυτή την προσέγγιση δεν χρειάζεται να αξιοποιηθεί κάποιο δίκτυο και δεν υπάρχουν θέματα παραβίασης της ιδιωτικότητας της γεωτοποθεσίας του χρήστη αφού ο μόνος γνώστης της πληροφορίας είναι ο χρήστης και η συσκευή του.

Στο δίκτυο

Τα συστήματα που ανήκουν σε αυτή την κατηγορία βασίζονται σε κάποια υποδομή στην οποία υπάρχει ο εξυπηρετητής γεωτοποθέτησης στον οποίο βρίσκεται ο αλγόριθμος και τα δεδομένα που συλλέγηκαν από μετρήσεις που λήφθηκαν από εσωτερικούς χώρους. Όταν ζητηθεί η τοποθεσία από κάποιον χρήστη θα στείλει τις μετρήσεις που λαμβάνει την δεδομένη στιγμή στον διακομιστή ο οποίος θα συγκρίνει με την βάση γνώση του και θα απαντήσει πίσω με την θέση που υπολογίστηκε.

Αυτή η προσέγγιση έχει το μειονέκτημα ότι η ευαίσθητη πληροφορία της θέσης του χρήστη είναι συνεχώς γνωστή από την εξωτερική υποδομή που γίνεται ο υπολογισμός.

Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν τα συστήματα των Google, Skyhook, Navizon, Infsoft και Indoo.rs και Ubee.in.



Εικόνα 2.2 : Μοντέλο συλλογής δεδομένων με την βοήθεια του πλήθους [5].

Συλλογή δεδομένων

Σημαντικό κριτήριο διαχωρισμού των συστημάτων πληροφόρησης εσωτερικών χώρων αποτελεί ο τρόπος συλλογής και η προέλευση των δεδομένων.

Συμμετοχή ειδικών

Εμπορικά συστήματα τείνουν να συλλέγουν τα δεδομένα τους με το να αναθέτουν την εργασία της χαρτογράφησης σε επαγγελματίες ειδικούς ή σε μικρές εκπαιδευμένες ομάδες όπως στο ακαδημαϊκό σύστημα KAILOS [6] πράγμα που εγγυάται την ποιότητα της πληροφορία.

Η διαδικασία χαρτογράφησης είναι επίπονη και χρονοβόρα και απαιτεί τα άτομα να μεταβούν στον χώρο που χρειάζεται χαρτογράφηση. Ως φυσικό επακόλουθο, το κυρίως μειονέκτημα αυτής της προσέγγισης είναι το οικονομικό κόστος και η δυσκολία στην επεκτασιμότητα από λίγα κτίριο σε εκατοντάδες. Ένα παράδειγμα του κόστους αυτών των συστημάτων αποτελεί η συλλογή μετρήσεων για το σύστημα Ekahau [7] που κοστίζει \$10,000 [8] για ένα μεγάλο γραφειακό κτίριο χωρίς να υπολογίζεται το κόστος συντήρησης. Επίσης πολύ συχνά οι μετρήσεις που λύθηκαν μετά από κάποιο διάστημα παύουν να είναι χρήσιμες αφού είναι πολύ πιθανόν να γίνουν σημαντικές διαρρυθμίσεις στον χώρο που να απαιτούν την λήψη καινούργιων δεδομένων.

Συμμετοχή χρηστών (Πληθοπορισμός)

Ερευνητικά συστήματα τείνουν να υιοθετούν πληθοποριστικές προσεγγίσεις όπου οι χρήστες συνεισφέρουν στο κτίσιμο της βάσης γνώσης του συστήματος. Αυτό γίνεται ευκολά από απλούς ανθρώπους που περπατούν ανάμεσα από δωμάτια και διαδρόμους και συλλέγουν δεδομένα με το πάτημα ενός κουμπιού πάνω σε ψηφιακό χάρτη που υποδεικνύει την θέση τους στον χώρο. Αυτή η προσέγγιση έχει χαμηλό κόστος και επιλύει το πρόβλημα της συντήρησης και της επεκτασιμότητας καθώς επιτρέπει εύκολα να εμπλουτίσει την συλλογή του συστήματος με πληθώρα κτιρίων ανά το παγκόσμιο. Μερικά παραδείγματα τέτοιων συστημάτων είναι το Place Lab [9], Redpin [10], Zee [11], FreeLoc [12], Mole [13], Indoor Maps (Google) [14], WiFiSLAM (Apple) [15] και το Anyplace.

Περαιτέρω Διαχωρισμός

Οι συγγραφείς του [16] τα συστήματα εσωτερικής γεωτοποθέτησης βάσει του είδους των σημάτων που εκμεταλλεύονται για τον καθορισμό της θέσης του χρήστη στον χώρο. Οι κύριες έξι (6) κατηγορίες που διακρίνονται είναι οι εξής: σήματα υπέρυθρων, σήματα υπερήχων, ραδιοσυχνότητες, ηλεκτρομαγνητικά πεδία, ανάλυση όρασης και ακουόμενος ήχος.

Στο [17] τα συστήματα εσωτερικής γεωτοποθέτησης διαχωρίζονται βάσει της μεθοδολογίας με την οποία προσεγγίζουν τις μετρήσεις καθώς και του αλγορίθμου που χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της γεωτοποθεσίας. Μερικές μεθοδολογίες μετρήσεων είναι για παράδειγμα, μετρήσεις εγγύτητας (proximity), μετρήσεις γωνιών (angular), χρονικές μετρήσεις (timing) και μετρήσεις έντασης σήματος (signal strength). Μερικά παραδείγματα αλγορίθμων είναι το *trilateration*, το *proximity* και *fingerprinting*.

2.2 Σχετικά συστήματα πληροφόρησης για εσωτερικούς χώρους

2.2.1 MazeMap

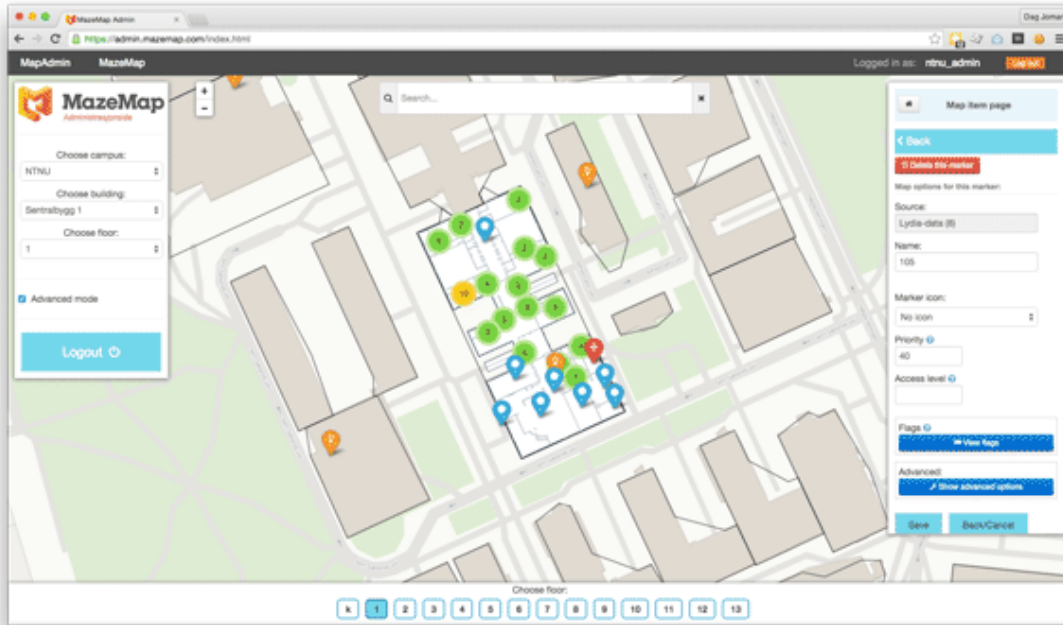
Το MazeMap [18] είναι ένα σύστημα πληροφόρησης για εσωτερικούς χώρους που δημοσιεύθηκε το 2011 ως CampusGuide από το Norwegian University of Science and Technology (NTNU) και αργότερα μετονομάστηκε σε MazeMap.

Το MazeMap δημιουργήθηκε για να γίνει πιο εύκολη η πλοήγηση των φοιτητών, καθηγητών και επισκεπτών του πανεπιστημίου NTNU αφού διαθέτει μεγάλο αριθμό αιθουσών και κτιρίων (350,000 m² έκταση, περίπου 60 κτίρια και 13,000 αίθουσες) με αποτέλεσμα να είναι δύσκολη η διακίνηση των σχεδόν 5,000 νεοφερμένων ατόμων που έρχονται κάθε χρόνο στο εν λόγω Πανεπιστήμιο). Κατά την διάρκεια του πρώτου ακαδημαϊκού εξαμήνου που δοκιμάστηκε το σύστημα στο NTNU, τύγχανε χρήσης από 1,000 άτομα ημερησίως, περίπου το 10% της ακαδημαϊκής κοινότητας του εν λόγω Πανεπιστημίου.

Οι υπηρεσίες που παρέχει το MazeMap είναι:

1. Προβολή πανεπιστημιακών κτιρίων, νοσοκομείων, εμπορικών κέντρων και χώρων εκδηλώσεων.
2. Ανίχνευση χρήστη μέσα στα κτίρια
3. Αναζήτηση κτιρίου και σημείου ενδιαφέροντος (POI) μέσα σε κτίριο.
4. Παροχή οδηγιών πλοήγησης από την τοποθεσία του χρήστη σε κάποιο σημείο προορισμού
5. Επιτρέπει σε χρήστες να προσθέσουν δικό τους κτίριο ανεβάζοντας δικό τους, υψηλής ευκρίνειας, αρχιτεκτονικό σχέδιο των ορόφων σε μορφή DWG ή DXF (από CAD εφαρμογές) και το σύστημα εντοπίζει αυτόματα τους διαδρόμους του ορόφου. (Αυτή η υπηρεσία έγινε διαθέσιμη πρόσφατα, αρχές του 2015.)

Κάποιες από τις πιο πάνω υπηρεσίες είναι δωρεάν και κάποιες άλλες γίνονται διαθέσιμες έναντι χρηματικού ανταλλάγματος, για παράδειγμα για να προσθέσει κάποιο δικό του κτίριο, το MazeMap χρεώνει €0,15/m².



Εικόνα 0.3 : MazeMap Map Editor

Μέχρι στιγμής οι πελάτες του MazeMap είναι μερικοί μεγάλοι οργανισμοί και όχι ανεξάρτητα άτομα γι' αυτό κατατάσσεται στην κατηγορία των συστημάτων όπου οι χρήστες δεν συμμετέχουν στην συλλογή δεδομένων (π.χ. πληθοπορισμός).

Το πλεονέκτημα που έχει το MazeMap έναντι άλλων συστημάτων είναι ότι είναι διαθέσιμο σε όλους και σε όλες τις έξυπνες συσκευές μέσω διαδικτύου με μια εφαρμογή ιστού η οποία είναι κτισμένη πάνω στους χάρτες LeafletJS [19]. Επίσης παρέχει και εφαρμογές στις πλατφόρμες Android και iOS.

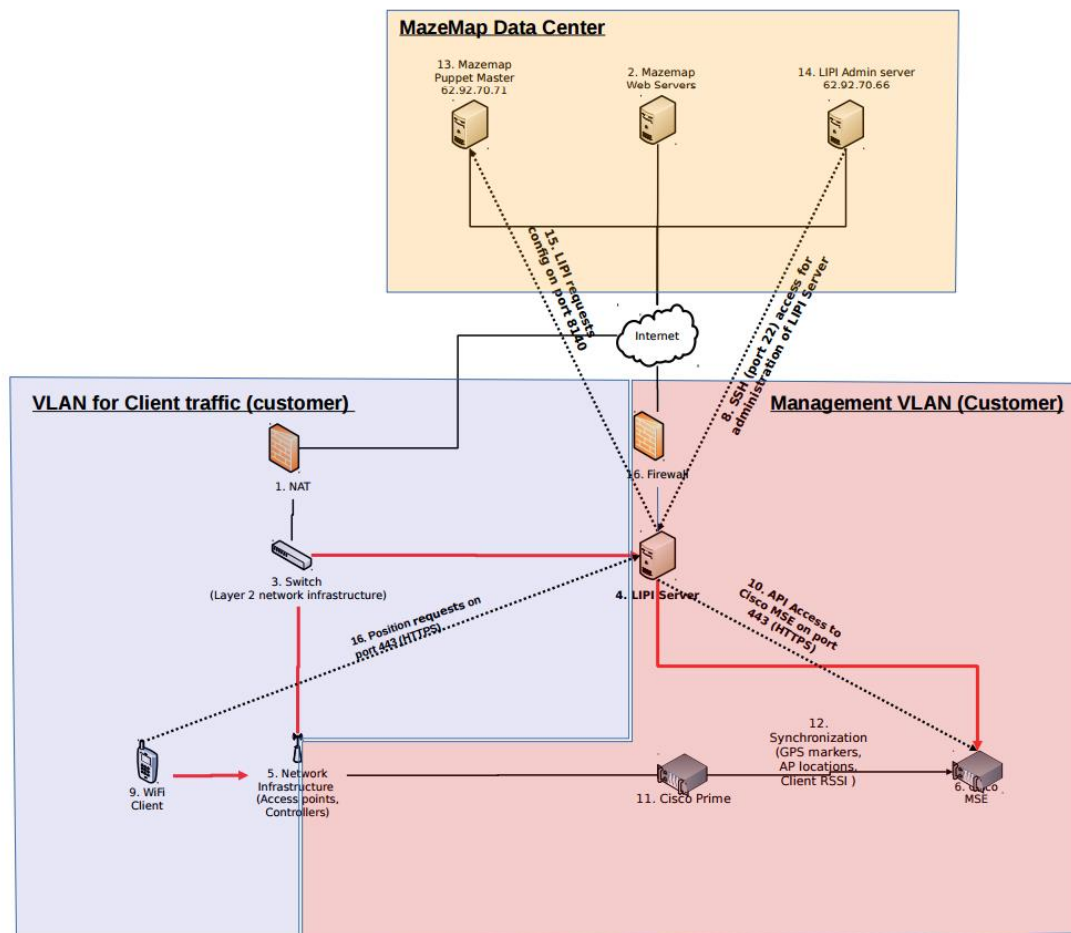
Η χαρτογράφηση των κτιρίων γίνεται από τους διαχειριστές της υπηρεσίας και από πελάτες που πληρώνουν για τις υπηρεσίες του MazeMap. Η εκτίμηση της τοποθεσίας του χρήστη σε πραγματικό χρόνο γίνεται με την χρήση του πυκνού δικτύου από τα ασύρματα σημεία πρόσβασης (Wi-Fi Access Points) που είναι ήδη τοποθετημένα στα κτίρια και η θέση τους είναι γνωστή ούτως ώστε με εκτίμηση απόστασης από γνωστό σημείο να γίνεται ο προσδιορισμός της θέσης του χρήστη.

Αξίζει να σημειωθεί ότι το MazeMap συνεργάζεται στενά με την Cisco η οποία είναι κατασκευαστής συσκευών δικτύων όπως τα σημεία πρόσβασης Wi-Fi που χρησιμοποιούνται για εσωτερική γεωτοποθέτηση. Στο πανεπιστήμιο του NTNU το

δίκτυο της Cisco υπολογίζει την απόσταση με την ένταση σήματος Wi-Fi και μπορεί να προσδιορίσει την τοποθεσία χιλιάδων συσκευών στον χώρο ταυτόχρονα.

Αυστηρή προϋπόθεση για κάποιο κτίριο που επιθυμεί να ενσωματώσει το MazeMap στον χώρο του είναι με την δυνατότητα εσωτερικής γεωτοποθέτησης, είναι η υποδομή του δικτύου να είναι από την εταιρεία Cisco και να συνοδεύεται με τις υπηρεσίες Cisco MSE [20] και Cisco CMX [21]. Επίσης πρέπει να δοθεί ειδική πρόσβαση στην ομάδα του MazeMap στο δίκτυο.

Η εκτιμώμενη ακρίβεια γεωτοποθέτησης έχει περίπου 5-10 μέτρα απόκλιση και επηρεάζεται από τον τρόπο που είναι τοποθετημένα τα σημεία πρόσβασης, την ισχύ των σημάτων τους και τα εμπόδια στον χώρο.



Εικόνα 2.4. : Τοπολογία δικτύου για να γίνει εφικτή εσωτερική γεωτοποθέτηση στο MazeMap [22].

2.2.2 IndoorAtlas

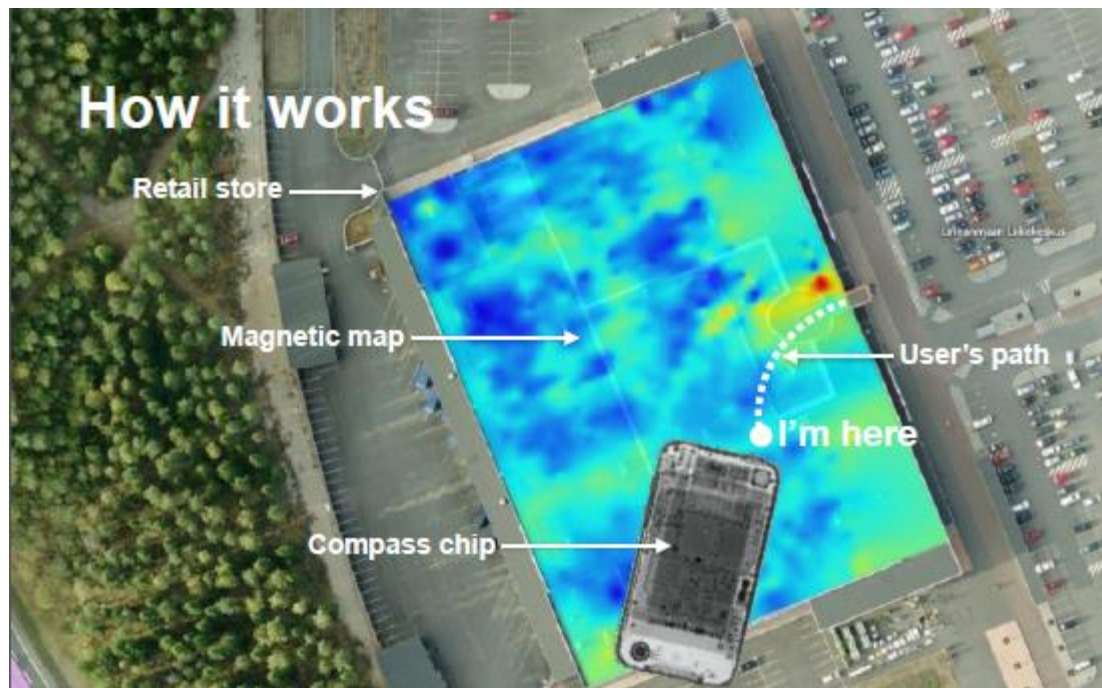
Το IndoorAtlas [23] είναι ένα σύστημα πληροφόρησης για εσωτερικούς χώρους που αναπτύχθηκε το 2012 από ερευνητές στο Πανεπιστήμιο Oulu στην Φινλανδία. Αξίζει να αναφερθεί στην σχετική βιβλιογραφία καθώς υιοθετεί μια διαφορετική αλλά παρόμοια προσέγγιση από την μέθοδο των αποτυπωμάτων σημάτων Wi-Fi για τον προσδιορισμό εσωτερικής γεωτοποθέτησης.

Το σύστημα εμπνεύστηκε από τα ζώα που χρησιμοποιούν το μαγνητικό πεδίο της γης για προσανατολισμό και πλοήγηση [24, 25, 26, 27, 28]. Επίσης από κάποια ζώα που μπορούν να διαισθανθούν την γεωτοποθεσία τους, σε σχέση με τον προσορισμό τους, χρησιμοποιώντας τις τοπικές ανωμαλίες του μαγνητικού πεδίου της γης [29].

Τα σύγχρονα κτίρια, τα οποία στην πλειοψηφία τους είναι κατασκευές από τσιμέντο και ατσάλι, χαρακτηρίζονται από μοναδικό πεδίο μαγνητικών κυμάτων που διαφέρει από σημείο σε σημείο μέσα στον χώρο. Ως επακόλουθο του μη ομοιογενές μαγνητικού πεδίου που υπάρχει εντός του κτιρίου, οι παρατηρήσεις του μαγνητικού πεδίου καθώς κάποιος κινείται στον χώρο είναι διαφορετικές και μπορούν να βοηθήσουν στον προσδιορισμό της εσωτερικής γεωτοποθέτησης του.

Για να γίνει δυνατή η παρατήρηση του μαγνητικού πεδίου εντός ενός κτιρίου, το IndoorAtlas εκμεταλλεύεται τους αισθητήρες που πλέον συναντούμε μέσα σε κάθε έξυπνη κινητή συσκευή (π.χ. πυξίδα και μαγνητόμετρο).

Γνωρίζουμε ότι τα μαγνητικά δεδομένα στον χώρο μεταβάλλονται πολύ εύκολα με την εισαγωγή ή εξαγωγή αντικειμένων στον χώρο, ιδιαίτερα όταν αυτά είναι ηλεκτρονικά. Παρ' όλα αυτά σύμφωνα με του δημιουργούς παρατήρησαν ότι παρ' όλο που τα μαγνητικά πεδία μεταβάλλονται ανάλογα με τα υλικά που υπάρχουν στο κτίριο, αυτή η μεταβολή είναι σταθερή και μετρήσιμη μέσω των αισθητήρων πυξίδας της έξυπνης συσκευής. Ακόμα ένα θέμα που επηρεάζει την ακρίβεια είναι η ετερογένεια των



Εικόνα 2.5 : Τρόπος λειτουργίας του IndoorAtlas

αισθητήρων των κινητών συσκευών. Δηλαδή αν η αρχική συλλογή δεδομένων είχε γίνει με χαμηλής ακρίβειας αισθητήρες και ακολούθως κάποιος χρήστης ζητήσει να του γίνει γεωτοποθέτηση στέλνοντας δεδομένα από μια υψηλής ακρίβειας συσκευή, τότε θα υπάρξει σχετική αναντιστοιχία στην σύγκριση με την βάση γνώσης που θα μεταφραστεί σε σφάλμα ακρίβειας. Οι δημιουργοί ενημερώνουν για πιθανές προβληματικές συσκευές και παραθέτουν λίστα με προτεινόμενες συσκευές. Παρ' όλα τα πιο πάνω, οι δημιουργοί ισχυρίζονται ακρίβεια εντός ενός (1) μέτρου.

Ο τρόπος που δουλεύει το IndoorAtlas σαν υπηρεσία για κάποιο χρήστη είναι ο εξής, ο χρήστης που βρίσκεται σε ένα κτίριο χρησιμοποιεί την κινητή του συσκευή η οποία συλλέγει δεδομένα, μέσω των αισθητήρων για τα μαγνητικά πεδία στο σημείο που βρίσκεται. Αυτά τα δεδομένα στέλνονται μέσω του δικτύου στην υποδομή νεφέλης (Microsoft Azure [30]) του IndoorAtlas όπου γίνεται σύγκριση των δεδομένων που στάλθηκαν με την υπάρχουσα βάση γνώσης περί μαγνητικών πεδίων για το συγκεκριμένο κτίριο που βρίσκεται ο χρήστης. Ακολούθως η τοποθεσία που υπολογίστηκε αποστέλλεται πίσω στην συσκευή του χρήστη, μέσω δικτύου, για αξιοποίηση.



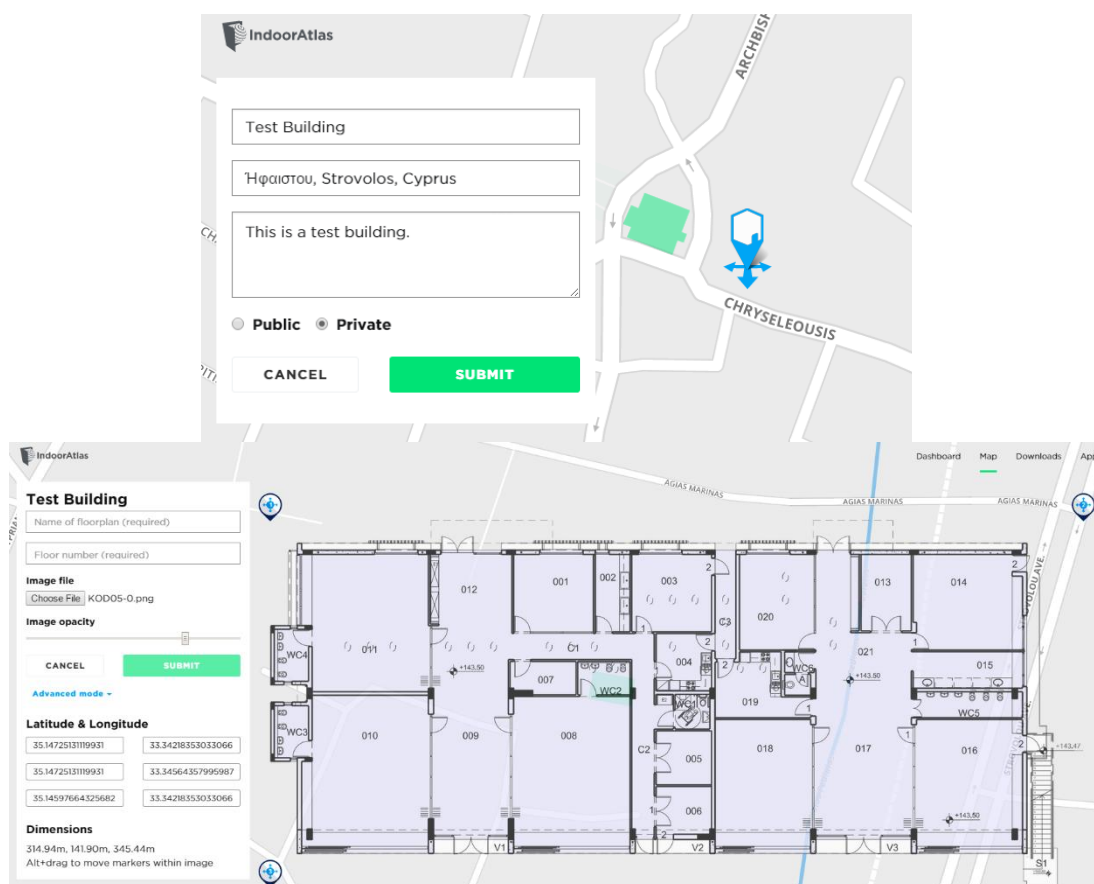
Εικόνα 2.6 : Η αρχιτεκτονική του IndoorAtlas

Παρατηρείται ότι χρησιμοποιείται το μοντέλο της αρχιτεκτονικής όπου η εξωτερική υποδομή γνωρίζει συνεχώς για την τοποθεσία του χρήστη, θέτοντας σε κίνδυνο το απόρρητο της ιδιωτικότητας της πληροφορίας αυτής.

Για να καταχωρηθεί ένα κτίριο με τα μαγνητικά πεδία στην βάση γνώσης του IndoorAtlas πρέπει να προηγηθούν τα εξής βήματα:

1. Εισαγωγή κτιρίου και αρχιτεκτονικών σχεδίων των ορόφων μέσω της εφαρμογής ιστού, Android ή iOS, IndoorAtlas Floor Plans™.
2. Συλλογή δεδομένων μαγνητικών πεδίων με κάποια κινητή συσκευή χρησιμοποιώντας την κινητή εφαρμογή IndoorAtlas Map Creator™.

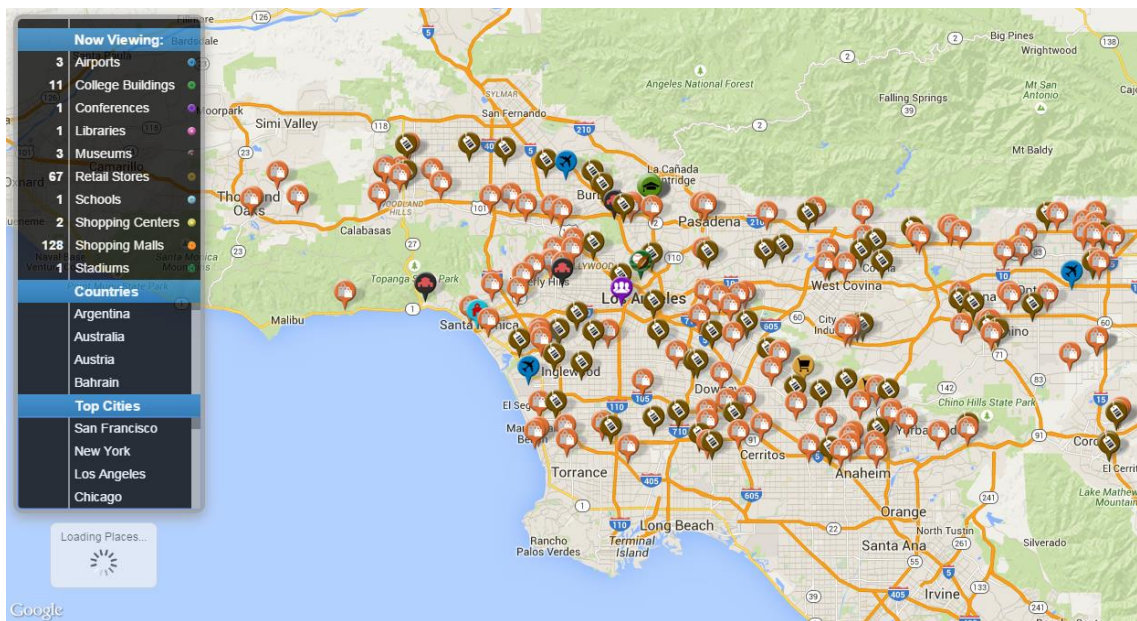
Αφού γίνει η πιο πάνω διαδικασία για κάποιο κτίριο, τότε ο χώρος είναι έτοιμος για να εξυπηρετήσει αιτήματα γεωτοποθέτησης από τους χρήστες που βρίσκονται εντός του κτιρίου. Η πιο πάνω διαδικασία γίνεται με πληθοποριστικό τρόπο, δηλαδή οποιοσδήποτε χρήστης μπορεί να φέρει εις πέρας τα πιο πάνω βήματα για το κτίριο της επιθυμίας του και να το καταστήσει διαθέσιμο για τους υπολοίπους χρήστες. Αυτή η διαδικασία συλλογής δεδομένων γίνεται πιο εύκολη με την βιβλιοθήκη (Software Development Kit – SDK) την οποία το IndoorAtlas έκανε διαθέσιμη σε προγραμματιστές εφαρμογών ούτως ώστε να μπορούν να συμπεριλάβουν την υπηρεσία του IndoorAtlas στις δικές τους εφαρμογές. Για παράδειγμα μια εφαρμογή οργάνωσης εκδηλώσεων μπορεί να συμπεριλάβει την βιβλιοθήκη του IndoorAtlas για να προσφέρει υπηρεσίες γεωτοποθέτησης στους επισκέπτες της εκδήλωσης.



Εικόνα 2.7 : Δημιουργία κτιρίου (πάνω) και τοποθέτηση σχεδίου ορόφου (κάτω) στο IndoorAtlas.

Όπως παρατηρήθηκε, τα εργαλεία χαρτογράφησης περιορίζονται μόνο μέχρι το επίπεδο του ορόφου, δηλαδή δεν δίνουν την δυνατότητα στον χρήστη να σημειώσει εσωτερικά του ορόφου κάποια σημεία ενδιαφέροντος. Αυτό δείχνει ότι το IndoorAtlas ασχολείται περισσότερο με το πρόβλημα της γεωτοποθέτησης σε εσωτερικούς χώρους παρά με την μοντελοποίηση και αναζήτηση πληροφοριών σε αυτούς.

Το IndoorAtlas είναι από τα πιο πετυχημένα συστήματα εσωτερικής πληροφόρησης καθώς έχει λάβει οικονομικές επενδύσεις συνολικού ύψους \$14,540,000 [31] από τα οποία τα \$10,000,000 από αυτά προήλθαν από την γνωστή κινέζικη μηχανή αναζήτησης Baidu [32]. Το γεγονός αυτό υπερτονίζει το μεγάλο ενδιαφέρον και την ανάγκη που υπάρχει στην αγορά για συστήματα εσωτερικής πληροφόρησης.



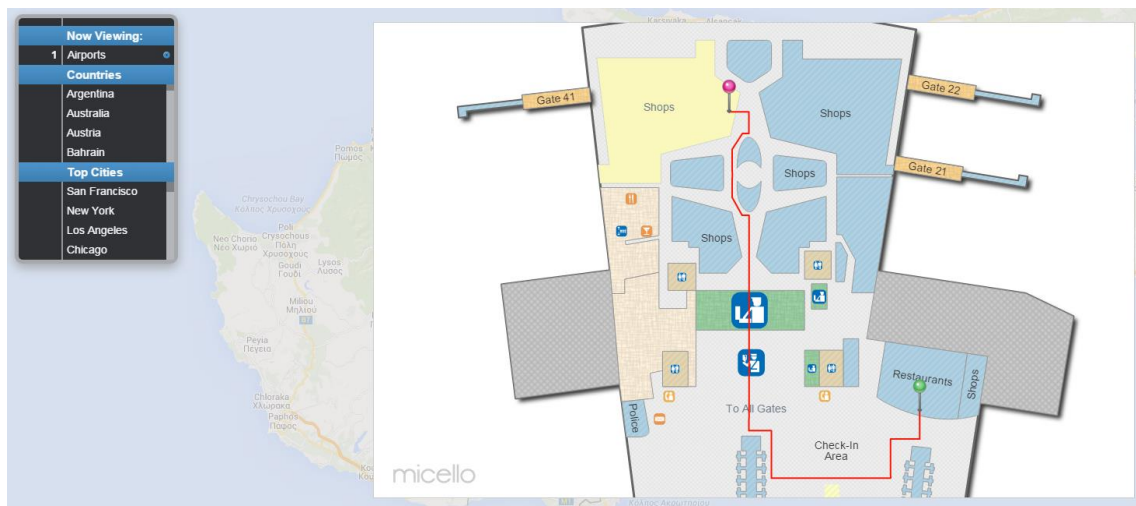
Εικόνα 2.8 : Σημεία όπου υπάρχουν χαρτογραφημένα κτίρια στο Micello

2.2.3 Micello

Το Micello [33] είναι ένα σύστημα εσωτερικής πληροφόρησης το οποίο παρουσιάστηκε επίσημα για πρώτη φορά το 2009. Στο σύστημα είναι καταχωρημένα χιλιάδες κτίρια ανά το παγκόσμιο. Σύμφωνα με την ιστοσελίδα του συστήματος στην συλλογή τους υπάρχουν περίπου 50,000 κτίρια και 775,000 σημεία ενδιαφέροντος που συνολικά καλύπτουν 3.75 δισεκατομμύρια τετραγωνικά μέτρα.

Το σύστημα παρέχει ένα εργαλείο παρουσίασης στον παγκόσμιο ιστό το οποίο χρησιμοποιεί το Google Maps για να παρουσιάσει τα σημεία στον χάρτη όπου υπάρχει κάποιο χαρτογραφημένο κτίριο. Όταν ο χρήστης πατήσει σε ένα τέτοιο σημείο, τότε αναδύεται σε ένα αυτόνομο κουτί ένας υψηλής ευκρίνειας και διαδραστικός χάρτης του εσωτερικού χώρου. Εν αντιθέσει με τα υπόλοιπα συστήματα όπου ο εσωτερικός χάρτης του κτιρίου ενσωματώνεται με τον πραγματικό χάρτη της γης. Στον εσωτερικό χάρτη διακρίνονται ξεκάθαρα τα σημεία ενδιαφέροντος (POIs) τα οποία ο χρήστης μπορεί να πατήσει για περαιτέρω πληροφορίες και για σχεδιασμό μονοπατιού από ένα σημείο σε άλλο.

Το Micello δεν παρέχει κάποιο εργαλείο χαρτογράφησης όμως οι χρήστες του συστήματος μπορούν να αιτηθούν να γίνει χαρτογράφηση του χώρου τους από την ομάδα του Micello. Η διαδικασία αίτησης απαιτεί την συμπλήρωση μιας σχετικής



Εικόνα 2.9: Σχεδιασμός μονοπατιού από σημείο σε σημείο στο Αεροδρόμιο της Λάρνακας στο Micello.

φόρμας και την αποστολή των σχεδίων των ορόφων του κτιρίου σε οποιαδήποτε μορφή. Αν ο χρήστης δεν έχει στην κατοχή του κάποιο σχέδιο ορόφου, η ομάδα του Micello αναζητεί για δημόσια διαθέσιμες πληροφορίες ούτως ώστε να γίνει εφικτή η χαρτογράφηση. Για τον σκοπό αυτό η εταιρεία του Micello απασχολεί περίπου 78 άτομα σε Καλιφόρνια, Ινδία και Ιαπωνία. Η πλειονηφία των ατόμων αυτών ασχολείται αποκλειστικά με τα δεδομένα και τον σχεδιασμό χαρτών εσωτερικών χώρων που εξηγεί την υψηλή ποιότητα των χαρτών που υπάρχουν στο σύστημα. Παρατηρούμε ότι δεν υπάρχει η έννοια του πληθοπορισμού καθώς τα δεδομένα εισάγονται επ' αμοιβής από επαγγελματίες με κάποια τεχνική κατάρτιση.

Επίσης, παρέχεται ειδική βιβλιοθήκη (SDK) σε προγραμματιστές εφαρμογών για να μπορούν να ενσωματώσουν και να διαχειριστούν τους εσωτερικούς χάρτες του Micello στην εφαρμογή τους. Το Micello δεν παρέχει υπηρεσίες γεωτοποθέτησης, όμως λόγω της υψηλής ποιότητας των χαρτών του Micello, συστήματα εσωτερικής γεωτοποθέτησης ενσωματώνουν τους χάρτες μέσω του Micello SDK και τους χρησιμοποιούν ως βάση για τις υπηρεσίες τους [34].

Μερικά αξιοσημείωτα κατορθώματα για το Micello είναι η συμφωνία που έγινε το 2013 με την πολυεθνική εταιρεία Westfield Group για εφαρμογή του συστήματος στα εμπορικά της κέντρα ανά το παγκόσμιο. Επίσης τον Μάρτη του 2015 χαρτογραφήθηκε στο σύστημα το μεγαλύτερο εμπορικό κέντρο στον κόσμο, στο Dubai.

2.2.4 Σύνοψη

Όπως παρουσιάστηκαν τα πιο πάνω συστήματα εσωτερικής πληροφόρησης παρατηρείται ότι όλα ξεκίνησαν από πανεπιστημιακά περιβάλλοντα και κάποια από αυτά κατάφεραν να περάσουν στην πραγματική αγορά με την στήριξη και ενδιαφέρον μεγάλων εταιρειών τεχνολογίας όπως Google, Apple, Cisco και Baidu.

Τα πιο πάνω συστήματα έχουν τα θετικά και τα αρνητικά τους με σημαντικότερο γνώμονα το οικονομικό κόστος εγκατάστασης, συντήρησης αλλά και την ευκολία επέκτασης τους. Μεγάλο ρόλο στα πιο πάνω παίζει η ανάγκη ή όχι εξειδικευμένου υλικού που κοστίζει. Όλα τα συστήματα θεωρούν δεδομένη την ύπαρξη έξυπνης κινητής συσκευής η οποία συνοδεύεται από πληθώρα αισθητήρων, από εκεί και έπειτα μετρά η ανάγκη για εγκατάσταση άλλων συσκευών στον χώρο. Αυτό εξαρτάται πλήρως από την τεχνική γεωτοποθέτησης που χρησιμοποιεί το σύστημα.

Συστήματα όπως το Anyplace αξιοποιούν τα σήματα Wi-Fi στον χώρο με την μέθοδο συλλογής αποτυπωμάτων (RSS – Received Signal Strength) που απαιτεί την προεργασία της συλλογής για να δουλέψει. Συστήματα όπως το Anyplace θεωρούν δεδομένη την ύπαρξη σημείων πρόσβασης Wi-Fi στον χώρο. Από την άλλη υπάρχει το MazeMap που επίσης αξιοποιεί τα σήματα Wi-Fi στον χώρο, χωρίς την ανάγκη κάποιας προεργασίας καθώς χρησιμοποιεί την μέθοδο του *trilateration*. Δεν μπορούμε να πούμε όμως ότι το MazeMap δεν χρειάζεται επιπλέον εξειδικευμένο εξοπλισμό όπως το Anyplace, καθώς δουλεύει μόνο με συγκεκριμένου είδους υποδομή δικτύου από την Cisco. Συστήματα όπως το IndoorAtlas μπορούν να δουλέψουν παντού καθώς στηρίζονται στα μαγνητικά πεδία της γης που είναι δεδομένο ότι υπάρχουν παντού.

Ακόμα ένας σημαντικός παράγοντας που πάλι συσχετίζεται με το οικονομικό κόστος που κουβαλά μαζί του ένα σύστημα είναι ο τρόπος συλλογής και διαχείρισης της πληροφορίας (μοντελοποίηση εσωτερικών χώρων και δεδομένα γεωτοποθέτησης). Παρατηρούμε συστήματα όπως το Anyplace που υιοθετούν την μέθοδο του πληθοπορισμού με την δημιουργία εργαλείων που επιτρέπουν την εισαγωγή δεδομένων (π.χ. εργαλεία χαρτογράφησης εσωτερικών χώρων) από οποιονδήποτε, να μπορούν να υποστηρίξουν ένα καινούριο κτίριο με μηδενικό κόστος. Από την άλλη συστήματα που στηρίζονται μόνο στους διαχειριστές και ειδικούς για την εισαγωγή των δεδομένων,

επωμίζονται ένα σημαντικό αρχικό κόστος εισαγωγής, και αργότερα έχουν το συνεχές κόστος συντήρησης. Ένα παράδειγμα της τελευταίας προσέγγισης αποτελεί το Micello το οποίο προσλαμβάνει άτομα για να δημιουργούν και να εισάγουν χάρτες στο σύστημα.

Επίσης πολύ σημαντικό κομμάτι των αναφερθέντων συστημάτων είναι η ύπαρξη εργαλείων παρουσίασης των πληροφοριών στον χρήστη. Είναι δεδομένο ότι όλα τα συστήματα έχουν κάποιο εργαλείο παρουσίασης πληροφοριών, από εκεί και έπειτα βλέπουμε συστήματα να προσπαθούν να φτάσουν στον τελικό χρήστη είτε μέσω εφαρμογών ιστού είτε μέσω εξειδικευμένων εφαρμογών σε πλατφόρμες όπως Android και iOS.

Πιο κάτω παρουσιάζεται ένας συγκριτικός πίνακας για όλα τα προαναφερθέντα συστήματα.

	Πληθοπορισμός	Εργαλεία Χαρτογράφησης	Εργαλεία Προβολής	Γεωτοποθέτηση
Anyplace	Yes	Yes	Android, Windows Phone, Web	WiFi
MazeMap	No	Yes	Android, iOS, Web	WiFi
IndoorAtlas	Yes	Yes (No POIs)	Android, iOS, Web	Magnetic
Micello	No	No	iOS, Web	-

Πίνακας 2.1 : Συγκριτικός πίνακας των διάφορων συστημάτων εσωτερικής πληροφόρησης.

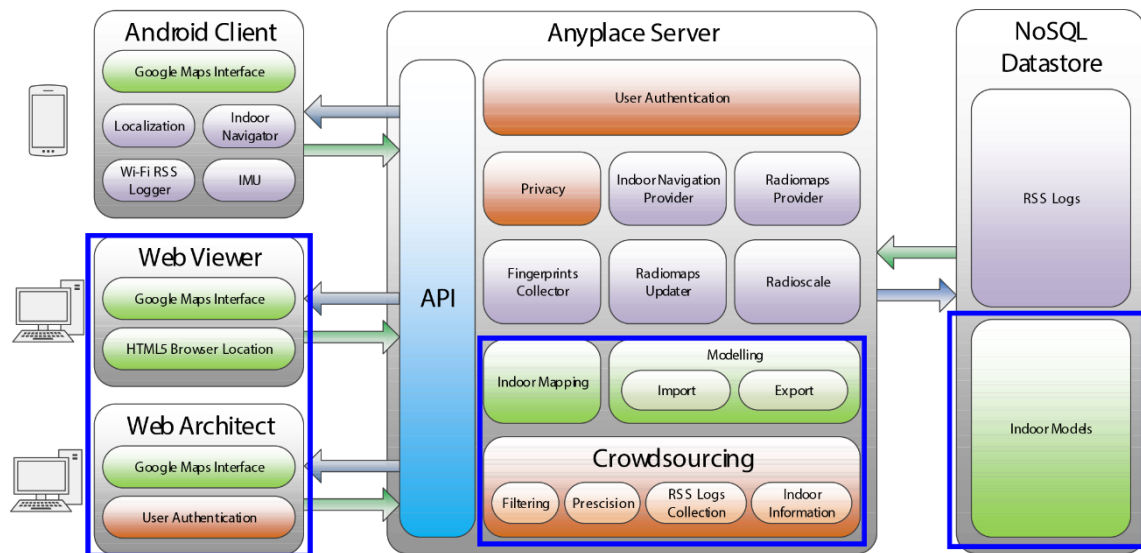
Κεφάλαιο 3

Αρχιτεκτονική του Anyplace

3.1	Anyplace Server & NoSQL Αποθήκη Δεδομένων	26
3.2	Anyplace Architect	28
3.3	Anyplace Viewer	30
3.4	Anyplace Navigator & Logger	31

Σε αυτή την ενότητα θα μελετήσουμε την αρχιτεκτονική του συστήματος ως σύνολο, όπως φαίνεται στο *Σχήμα 3.1* και θα την περιγράψουμε επιγραμματικά. Ακολούθως θα γίνει μια σύντομη περιγραφή της χρήσης του συστήματος και πως ρέει η πληροφορία μέσα του από τη στιγμή που εισέρχεται μέχρι τη στιγμή που προβάλλεται στον χρήστη.

Η πλατφόρμα του Anyplace αποτελείται από πέντε (5) βασικά συστατικά, ο Anyplace Server, ο Anyplace Architect, ο Anyplace Viewer, μία NoSQL αποθήκη δεδομένων, μία εφαρμογή πελάτης για κινητά Android η οποία περιέχει τα συστήματα του Anyplace Logger και Anyplace Navigator (υπάρχει εφαρμογή του Navigator και για Windows Phones)

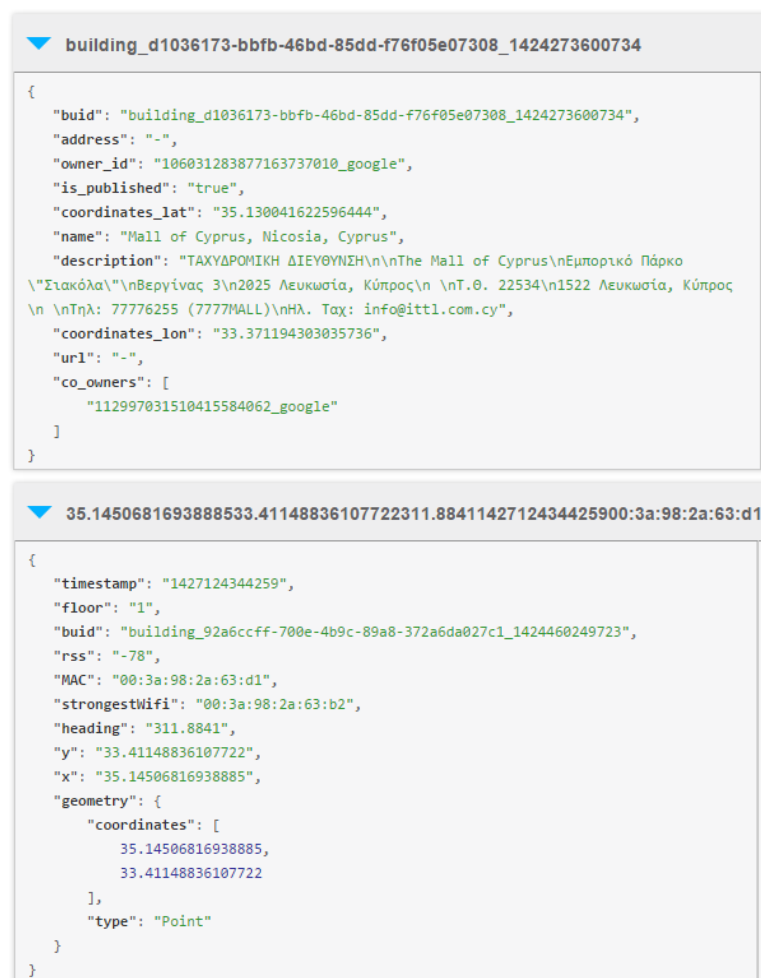


Σχήμα 0.1 : Η αρχιτεκτονική του συστήματος Anyplace. Σε μπλε πλαίσιο τα υποσυστήματα με τα οποία ασχολείται αυτή η διπλωματική εργασία.

Όπως φαίνεται στο σχήμα έχουμε χρήστες κινητών συσκευών Android μέσω των εφαρμογών Navigator και Logger, και χρήστες των διαδικτυακών εφαρμογών Viewer και Architect. Όλοι οι χρήστες επικοινωνούν με το σύστημα χρησιμοποιώντας το API (διεπαφή προγραμματισμού εφαρμογής) που παρέχεται. Το API παρέχεται από τον Anyplace Server και τα δεδομένα αποθηκεύονται στην NoSQL κατακευματισμένη βάση δεδομένων.

3.1 Anyplace Server και NoSQL αποθήκη δεδομένων

Ο Anyplace Server ακολουθεί μια αρχιτεκτονική μεγάλων δεδομένων και παρέχει ένα Web 2.0 API, μέσω του πλαισίου προγραμματισμού Play! [35], που μεταφέρει σε μορφή JSON τις πληροφορίες για χαρτογράφηση, πλοήγηση και γεωτοποθέτηση. Χρησιμοποιεί την κατακευματισμένη βάση δεδομένων τύπου NoSQL Couchbase για την αποθήκευση των δεδομένων σε μορφή JSON επίσης. Η Couchbase προσδίδει στο αποθηκευτικό κομμάτι της αρχιτεκτονικής επεκτασιμότητα και ταχύτητα ανάκτησης δεδομένων.



Εικόνα 3.1 : Αναπαράσταση εγγράφου JSON για ένα κτίριο (πάνω) και για ένα αποτύπωμα σημάτων Wi-Fi (κάτω), όπως αποθηκεύεται στην Couchbase

Τα δεδομένα που εισέρχονται, εξέρχονται και αποθηκεύονται από το σύστημα μπορούν να χωριστούν σε δύο κατηγορίες:

1. Δεδομένα που έχουν δομή και μοντελοποιούνται ως αντικείμενα JSON [36] (RSS fingerprints, μοντέλα κτιρίων, ορόφων, σημείων ενδιαφέροντος)
2. Δεδομένα δυαδικής μορφής, binary, που δεν μπορούν να αναπαρασταθούν ως κείμενο (π.χ. αρχιτεκτονικά σχέδια ορόφων)

Τα δεδομένα της πρώτης κατηγορίας διαχειρίζονται από ένα συγκρότημα τριών (3) κόμβων στο οποίο τρέχει η βάση δεδομένων Couchbase Server 2.x [37] που προαναφέρθηκε, στην μορφή που φαίνεται στην *Εικόνα 3.1*, ενώ της 2^{ης} κατηγορίας διαχειρίζονται από το σύστημα διαχείρισης αρχείων (Ext4) του διακομιστή.

Τα πιο πάνω δεδομένα μπορούν ευκολά να εξαχθούν ή να εισαχθούν σε μορφή JSON (export/import).

Όταν ζητηθεί από τον χρήστη, ο Anyplace Server μεταφέρει οδηγίες πλοήγησης στον εσωτερικό χώρο βάσει του ραδιοχάρτη που δημιουργήθηκε από προηγούμενες μετρήσεις που έγιναν στο κτίριο που βρίσκεται ο χρήστης. Το συστατικό του Radio-scale είναι υπεύθυνο στο να διατηρεί το μέγεθος του ραδιοχάρτη μικρό με ανάλυση και φιλτράρισμα των μετρήσεων από τα αποτυπώματα RSS.

Επίσης στον Anyplace Server υπάρχει συστατικό που είναι υπεύθυνο για τον πληθοπορισμό. Πιο συγκεκριμένα, αναφορικά με την συλλογή των μετρήσεων RSS, το συστατικό του πληθοπορισμού αντί να χρησιμοποιεί τις απόλυτες τιμές των μετρήσεων για την δημιουργία του ραδιοχάρτη, χρησιμοποιεί τις διαφορές μεταξύ των μετρήσεων που λήφθηκαν από διάφορες συσκευές ούτως ώστε να λαμβάνονται υπόψη οι αποκλίσεις που δημιουργούνται από το υλικό διαφορετικών κατασκευαστών. Επιπρόσθετα το συστατικό του πληθοπορισμού είναι υπεύθυνο για να φιλτράρει λανθασμένες καταχωρήσεις αποτυπωμάτων. Κοιτάζοντας την MAC διεύθυνση της συσκευής που εξέπεμψε τις μετρήσεις μπορεί να ελεγχθεί κατά πόσο εκείνη η συσκευή συνάδει με την ισχυριζόμενη τοποθεσία που συνοδεύει την συγκεκριμένη μέτρηση [38].

3.2 Anyplace Architect

Ο Anyplace Architect είναι μια εφαρμογή ιστού η οποία προσφέρει μια πλατφόρμα φιλική προς τον χρήστη με πληθώρα λειτουργιών που εξυπηρετούν στην διαχείριση μοντέλων εσωτερικών χώρων όπως κτίρια, ορόφους και σημεία ενδιαφέροντος.

Η εφαρμογή είναι κτισμένοι με τεχνολογίες ιστού (HTML5, CSS3, Javascript) που επιτρέπουν την γρήγορή παρουσίαση των μοντέλων των κτιρίων που ανήκουν στην συλλογή του Anyplace. Είναι κτισμένη πάνω στην Javascript πλατφόρμα AngularJS [39] και χρησιμοποιεί κάποιες από τις υπηρεσίες της Google όπως Maps, Heat-maps, Directions, URL shortener καθώς και τις υπηρεσίες γεωτοποθέτησης που προσφέρει το HTML5. Για το κτίσιμο τις γραφικής διεπαφής του χρήστη χρησιμοποιήθηκαν βιβλιοθήκες και εργαλεία όπως Bootstrap, Font-Awesome και jQuery UI. Για την

χρήση του Anyplace Architect απαιτείται ταυτοποίηση του χρήστη που αυτή την στιγμή γίνεται με την βοήθεια της υπηρεσίας Google Sign-In [40].

Μετά που ο χρήστης ταυτοποιείται από το σύστημα, μπορεί να δημιουργήσει καινούργιο κτίριο, να ανεβάσει το αρχιτεκτονικό σχέδιο κάποιου ορόφου και μέσω του εργαλείου προσαρμογής αρχιτεκτονικών σχεδίων να το μετακινήσει, να του αλλάξει μέγεθος και να το περιστρέψει ούτως ώστε να το προσαρμόσει σωστά πάνω στην φυσική του θέση όπως φαίνεται στην πλατφόρμα του Google Maps. Ακολούθως ο χρήστης μπορεί να προσθέσει πάνω στο αρχιτεκτονικό σχέδιο σημεία ενδιαφέροντος συμπληρώνοντας κάποιες πληροφορίες που το αφορούν. Τα σημεία ενδιαφέροντος μπορούν να ενωθούν με άλλα σημεία ούτως ώστε να δηλωθεί ότι υπάρχει φυσικό μονοπάτι στον πραγματικό χώρο που ενώνει τα δύο (2) σημεία. Βάσει αυτών των ενώσεων που προστίθενται από τον χρήστη δημιουργείται ουσιαστικά ένας γράφος πλοήγησης πάνω στον οποίο γίνεται ο υπολογισμός μονοπατιών κατά την διαδικασία της πλοήγησης. Οι προαναφερθείσες αλληλεπιδράσεις του χρήστη με την εφαρμογή γίνονται με εύχρηστες τεχνικές όπως “σύρσης και απόθεσης” (drag and drop) που δουλεύουν τόσο σε προσωπικούς υπολογιστές όσο σε κινητές συσκευές για τους χρήστες που επιθυμούν, για παράδειγμα, να διαχειριστούν την χαρτογράφηση εν κινήσει εντός του κτιρίου.

Μερικές επιπρόσθετες λειτουργίες που προσφέρει ο Architect είναι η δυνατότητα πρόσκλησης άλλων χρηστών για να συνεισφέρουν στο ίδιο κτίριο. Η συνεισφορά αυτή μπορεί να είναι είτε χαρτογράφηση εσωτερικών μοντέλων είτε η επί τόπου λήψη μετρήσεων (αποτυπωμάτων σημάτων Wi-Fi). Η αποτελεσματικότητα της λήψης μετρήσεων μπορεί εύκολα να ελεγχθεί από τον δημιουργό του κτιρίου στο σύστημα του Architect μέσω της δυνατότητας εμφάνισης heat-map (χάρτης «θερμότητας») των θέσεων που λήφθηκαν μετρήσεις, δηλαδή, σημεία που υπήρξαν πολλές μετρήσεις παρουσιάζονται με αποχρώσεις του κόκκινου, ενώ εκεί που λήφθηκαν λίγες μετρήσεις, με αποχρώσεις του πρασίνου. Έτσι μπορεί εύκολα να κρίνει αν χρειάζεται να γίνει περαιτέρω λήψη μετρήσεων για να καλυφθεί ικανοποιητικά ο χώρος.

Επίσης δίνεται η δυνατότητα στον δημιουργό του χρήστη να ορίσει το κτίριο που δημιούργησε ως «δημόσιο», κάνοντας το άμεσα διαθέσιμο σε οποιονδήποτε μέσω του

συστήματος Anyplace Viewer, ή ως «ιδιωτικό» και να μοιραστεί το κτίριο μόνο με άτομα της επιθυμίας του μέσω ενός συνδέσμου ιστού.

Άλλη μια χρήσιμη λειτουργία είναι η εξαγωγή (export) και αποθήκευση όλων των δεδομένων που αφορούν ένα κτίριο (πληροφορίες σε μορφή JSON, αρχιτεκτονικά σχέδια, ραδιοχάρτες) για εφεδρικούς σκοπούς. Αντίστοιχα μπορεί να γίνει εισαγωγή (import) στοιχείων στο σύστημα σε μορφή JSON.

3.3 Anyplace Viewer

Ο Anyplace Viewer είναι επίσης μια εφαρμογή ιστού που επιτρέπει την γρήγορη παρουσίαση των κτιρίων που είναι διαθέσιμα στην συλλογή του Anyplace, πάνω στην πλατφόρμα του Google Maps.

Ο σχεδιασμός τη εφαρμογής αυτής έπρεπε να γίνει έχοντας κατά νου σενάρια όπως το εξής:

Κάποιος χρήστης έξυπνης κινητής συσκευής έχει χαθεί σε ένα μεγάλο και περίπλοκο κτιριακό περιβάλλον (π.χ. μια Πανεπιστημιούπολη), βλέπει κάποιο ενημερωτικό έντυπο που λέει ότι το κτίριο που βρίσκεται υποστηρίζεται από την υπηρεσία του Anyplace. Ακολουθώντας επισκέπτεται την ιστοσελίδα του Anyplace χρησιμοποιώντας το 3G της συσκευής του όπου του εμφανίζονται κατ' ευθείαν τα πλησιέστερα κτίρια από την θέση του έτοιμα για να γίνει αναζήτηση αλλά και πλοήγηση προς τον προορισμό.

Στο πιο πάνω σενάριο φαίνεται η ανάγκη για καλό σχεδιασμό έχοντας υπόψη χρήστες εν κινήσει και με χαμηλής ταχύτητας σύνδεση στο διαδίκτυο, άρα αλληλεπιδράσεις αντίχειρα, μεγάλα κουμπιά και ανταλλαγή όσο το δυνατό λιγότερων δεδομένων μέσω του δικτύου ήταν κάποιοι παράμετροι που λήφθηκαν υπόψη για τον σχεδιασμό του Anyplace Viewer.

Ο Anyplace Viewer είναι ιδανικός για χρήστες που έρχονται για πρώτη φορά σε επαφή με το Anyplace αφού δεν απαιτείτε η εγκατάσταση κάποιας επιπλέον εφαρμογής (εκτός

από αυτή του περιηγητή που συνήθως είναι προ-εγκατεστημένη). Κάποιος χρήστης που αποζητά επιπλέον λειτουργίες όπως ακρίβεια τοποθέτησης εντός δύο (2) μέτρων, μπορεί να αφιερώσει κάποιο χρόνο αρχικά για να εγκαταστήσει την εφαρμογή του Anyplace Navigator.

Μέσω του Anyplace Viewer κάποιος χρήστης μπορεί να ζητήσει να του γίνει πλοήγηση από κάποιο σημείο εκτός του κτιρίου σε κάποιο σημείο ενδιαφέροντος (π.χ. αίθουσα διαλέξεων) εντός το κτιρίου, επίσης μπορεί να ζητήσει πλοήγηση από κάποιο σημείο ενδιαφέροντος εντός του κτιρίου προς άλλο σημείο εντός του κτιρίου (π.χ. από τις σκάλες σε κάποιο γραφείο). Επιπρόσθετα μπορεί να μοιραστεί συγκεκριμένο σημείο ενδιαφέροντος μέσω ενός μικρού μήκους συνδέσμου ιστού ή να το προσθέσει σε κάποια ιστοσελίδα που έχει πρόσβαση, σε μορφή κορνίζας (iframe) (π.χ. κάποιος καθηγητής που επιθυμεί να υποδείξει στους φοιτητές που βρίσκεται το γραφείο του μπορεί να στείλει με e-mail τον μοναδικό σύνδεσμο που παράχθηκε από τον Anyplace Viewer ή να προσθέσει στην προσωπική του ιστοσελίδα των HTML5 κώδικα για το iframe που επίσης παράγεται από τον Anyplace Viewer).

3.4 Anyplace Navigator και Logger

Ο συνδυασμός του Anyplace Navigator και Logger είναι ένα εργαλείο για έξυπνες συσκευές Android οι οποίες μπορούν να εκμεταλλευτούν την εύρεση γεωτοποθέτησης με την μέθοδο των αποτυπωμάτων σημάτων Wi-Fi [41][42] που όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, υποστηρίζεται από το σύστημα του Anyplace.

Ο Navigator επιτρέπει σε χρήστες να έχουν επίγνωση της θέσης τους μέσα στο κτίριο και να πλοηγούνται από ένα σημείο ενδιαφέροντος σε άλλο. Μόλις κάποιος χρήστης ανοίξει την εφαρμογή του Navigator, χρησιμοποιώντας την μεγάλης απόκλισης υπηρεσία γεωτοποθέτησης της Google, σε πρώτη φάση φορτώνονται από την συλλογή του Anyplace τα πλησιέστερα από την θέση του χρήστη κτίρια, έτοιμα για παρουσίαση στην πλατφόρμα Google Maps. Ακολούθως αφού ο χρήστης επιλέξει κτίριο, κατεβαίνουν οι όροφοι και τα σχετικά σημεία ενδιαφέροντος μαζί και με τους σχετικούς ραδιοχάρτες. Ο χρήστης πλέον μπορεί να αναζητήσει για τον προορισμό του,

να δει που βρίσκεται το κάθε σημείο ενδιαφέροντος και να αιτηθεί να του γίνει πλοήγηση εντός του κτιρίου. Ο Navigator έχει παρόμοιες λειτουργίες με τον Anyplace Viewer με κύρια διαφορά όμως ότι ο Navigator χρησιμοποιεί τον ραδιοχάρτη του κτιρίου για να προσδώσει μεγάλη ακρίβεια στον υπολογισμό της θέσης του χρήστη, εντός ακτίνας 1.96 μέτρων. Επίσης ο Navigator εκμεταλλεύεται τους αισθητήρες του κινητού (π.χ. επιταχυνσιόμετρο, μαγνητόμετρο, γυροσκόπιο) σε συνδυασμό με τον ραδιοχάρτη για να τελειοποιήσει και να εξομαλύνει την ένδειξη της θέσης ενός χρήστη που κινείται στον χώρο.

Για να γίνει εφικτή η πιο πάνω ακρίβεια που προσφέρεται από τον Navigator, πρέπει να γίνει η προεργασία συλλογής αποτυπωμάτων εντάσεως σημάτων Wi-Fi με την βοήθεια του Anyplace Logger. Ο Logger είναι η εφαρμογή που χρησιμοποιείται από τους εθελοντές που επιθυμούν να συνεισφέρουν στο σύστημα με την συλλογή αποτυπωμάτων Wi-Fi. Είναι δηλαδή το ένα από τα δύο εργαλεία πληθοπορισμού του συστήματος (μαζί με τον Anyplace Architect). Οι χρήστες του Logger επιλέγουν από την συλλογή κτιρίων το κτίριο που βρίσκονται και τον όροφο που επιθυμούν να χαρτογραφήσουν, φορτώνεται το σχετικό αρχιτεκτονικό σχέδιο στην εφαρμογή και είναι πλέον έτοιμοι να ξεκινήσουν την διαδικασία χαρτογράφησης. Αφού πατήσει το κουμπί εκκίνησης, ο χρήστης υποδεικνύει την πραγματική του θέση στον χάρτη πατώντας στην ανάλογη θέση στο αρχιτεκτονικό σχέδιο που φαίνεται στην εφαρμογή, ο Logger λαμβάνει συνεχώς μετρήσεις από τα περίξ σημεία πρόσβασης Wi-Fi και τα συσχετίζει με την θέση που υπέδειξε ότι βρίσκεται ο χρήστης.

Ακολούθως ο χρήστης έχει την δυνατότητα να περπατά σε ευθείες πατώντας στο αρχιτεκτονικό σχέδιο της εφαρμογής μόνο για να υποδείξει την αρχή και το τέλος της ευθείας στην οποία κινήθηκε και τα δείγματα μετρήσεων θα μοιραστούν ομοιόμορφα πάνω στην ευθεία. Ο Logger χρησιμοποιώντας το επιταχυνσιόμετρο αναγνωρίζει αν ο χρήστης είναι εν στάση ή αν περπατά ούτως ώστε να υπολογίζει πως θα διαμοιράσει της μετρήσεις στην ευθεία. Όταν τελειώσει ο χρήστης μπορεί να δει σε heat-map (παρόμοια με τον Architect) τα σημεία τα οποία κάλυψε προτού τα ανεβάσει στον Anyplace Server για αποθήκευση. Επιπρόσθετα ως δικλείδα ασφαλείας από λανθασμένες μετρήσεις, η συλλογή και εισαγωγή μετρήσεων για κάποιο κτίριο επιτρέπεται μόνο αν ο χρήστης βρίσκεται φυσικά εντός του σωστού κτιρίου.

Κεφάλαιο 4

Υποσύστημα Αρχιτέκτονα και Πληθοπορισμού

4.1	Πληθοπορισμός	34
4.2	Μοντελοποίηση	35
4.3	Τεχνολογικό Υπόβαθρο	37
4.3.1	AngularJS	37
4.3.2	jQuery-UI	39
4.3.3	Bootstrap	41
4.4	Υλοποίηση	42
4.5	Μελλοντικές Επεκτάσεις	49

Σε αυτό το κεφάλαιο θα παρουσιάσουμε αναλυτικά το υποσύστημα του Anyplace Architect. Ο Architect αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα υποσυστήματα που απαρτίζουν το σύστημα του Anyplace καθώς είναι το εργαλείο εισαγωγής καινούργιων κτιρίων στην συλλογή του Anyplace. Καθώς αυτή η συλλογή γίνεται με την μέθοδο του πληθοπορισμού, θα γίνει μια εξήγηση του μοντέλου του πληθοπορισμού σε αυτό το κεφάλαιο. Ακολούθως θα γίνει μια περιγραφή των τεχνολογιών που χρησιμοποιήθηκαν για την υλοποίηση του Anyplace Architect, θα παρουσιαστεί το σύστημα με τις λειτουργίες του και στο τέλος θα αναφερθούν κάποιες μελλοντικές επεκτάσεις για το υποσύστημα του Architect.

4.1 Πληθοπορισμός

Ο πληθοπορισμός (crowdsourcing) είναι μια πρόσφατη σχετικά έννοια η οποία εμφανίστηκε το 2006 από τον Jeff Howe στο περιοδικό *Wired*. Με τον όρο αυτό εννοούμε ένα ανοικτό κάλεσμα που κάνει κάποια οντότητα (άτομο, εταιρεία, οργανισμός) προς το πλήθος για την συλλογική επίλυση κάποιου προβλήματος. Το πρόβλημα μπορεί να είναι δύσκολο και να χρειάζεται υψηλή τεχνική κατάρτιση για κάποιο άτομο ούτως ώστε να είναι σε θέση να συνεισφέρει ή να είναι εύκολο και να μπορεί οποιοσδήποτε να συνεισφέρει με την προσωπική του εργασία. Συνήθως η φύση των προβλημάτων είναι τέτοια ούτως ώστε να είναι πολύ δύσκολο και χρονοβόρο να λυθούν από λίγα άτομα, για αυτό εξ' άλλου γίνεται ανοικτό κάλεσμα προς το πλήθος.

Με την διεκπεραίωση της εργασίας υπάρχει αμοιβαίο όφελος τόσο για την οντότητα που έκανε το κάλεσμα (πληθοποριστής) όσο και για το άτομο που συνεισφέρει. Το όφελος για την οντότητα που έκανε την πρόσκληση είναι η πρόοδος των εργασιών προς τον στόχο για τον οποίον έκανε το κάλεσμα και για το άτομο που συνεισφέρει, το όφελος μπορεί να είναι οικονομικό, ηθικό, κάποιου είδους αναγνώριση ή οτιδήποτε άλλο τον υποκινεί για να συνεισφέρει.

Ο πληθοπορισμός έγινε πιο διαδεδομένος και επιτυχημένος σε συνδυασμό με την γοργή αύξηση των έξυπνων κινητών συσκευών που είναι πλέον πολύ συχνά ενωμένες στο διαδίκτυο και βρίσκονται στις τσέπες εκατομμυρίων ανθρώπων. Ως επακόλουθο, μια εφαρμογή στο κινητό πολλών χρηστών ανά το παγκόσμιο, μπορεί να ζητήσει ρητά από τους χρήστες να γίνει κάποια συνεισφορά μέσω της εφαρμογής (π.χ. κάποιο ερωτηματολόγιο) ή καθώς οι χρήστες τις εφαρμογής χρησιμοποιούν την εφαρμογή, παράπλευρα να συνεισφέρουν σε κάποιο σκοπό του οργανισμού που παρέχει την εφαρμογή (π.χ. το Duolingo είναι εφαρμογή μέσω της οποίας μπορεί κάποιος να μάθει ξένες γλώσσες αλλά παράπλευρα ο χρήστης βοηθά στην μετάφραση κειμένων). Παρατηρούμε ότι ο πληθοπορισμός μπορεί να χωριστεί σε δύο (2) κατηγορίες, στον ρητό και στον έμμεσο.

Ο πληθοπορισμός στο Anyplace εφαρμόζεται ρητά ζητώντας από τους χρήστες να συνεισφέρουν πληροφορίες για εσωτερικούς χώρους. Μέχρι στιγμής οι αμοιβή των απλών ατόμων που συνεισφέρουν στο σύστημα είναι η ηθική ικανοποίηση. Για χρήστες

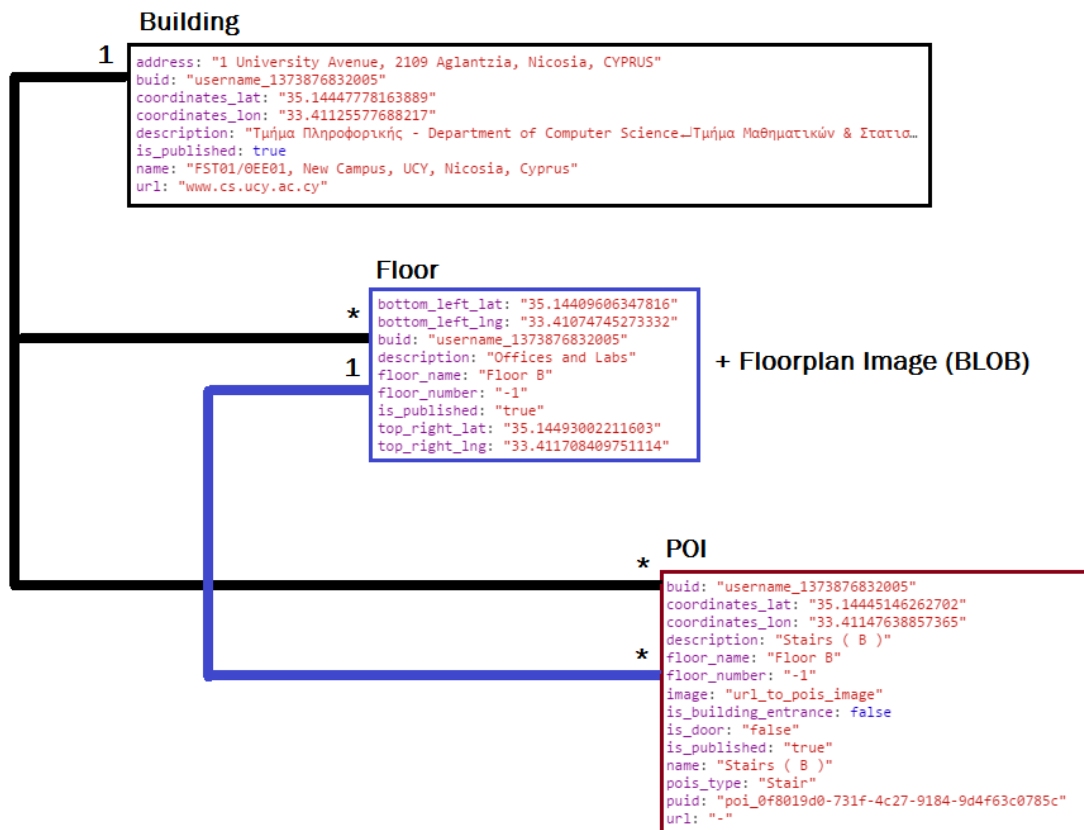
που είναι ιδιοκτήτες ή διαχειριστές κάποιας εταιρείας ή κάποιου οργανισμού, έχουν επιπλέον κίνητρο να προσθέσουν το δικό τους κτίριο μέσα στο σύστημα του Anyplace για να βελτιώσουν την εμπειρία του χρήστη εντός του χώρου τους και να αποκτήσουν πλεονέκτημα έναντι των ανταγωνιστών τους που δεν προσφέρουν τις υπηρεσίες ενός συστήματος εσωτερικής πληροφόρησης στον χώρο τους. Από την άλλη η αμοιβή του Anyplace είναι ο εμπλουτισμός της συλλογής του με όσο το δυνατό περισσότερα κτίρια ανά το παγκόσμιο και να καταστεί ένα δημοφιλές σύστημα εσωτερικής πληροφόρησης μέσω του οποίου μπορεί να συνεχιστεί ακαδημαϊκή έρευνα για περαιτέρω κατανόηση και επίλυση προβλημάτων που αφορούν εσωτερικούς χώρους.

Ο πληθοπορισμός στο σύστημα του Anyplace γίνεται μέσω του υποσυστήματος Anyplace Architect για την συλλογή μοντέλων εσωτερικών χώρων και του υποσυστήματος Anyplace Logger για την συλλογή δεδομένων εσωτερικής γεωτοποθέτησης. Κατά την διάρκεια αυτής της διπλωματικής εργασίας αφιερώθηκε αρκετός χρόνος ούτως ώστε το υποσύστημα του Anyplace Architect να είναι όσο το δυνατό πιο εύκολο και φιλικό στην χρήση για να ενθαρρύνει την συνεισφορά από το πλήθος. Η υλοποίηση και οι τεχνολογίες που χρησιμοποιήθηκαν για να καταστήσουν τον Anyplace Architect μια αποτελεσματική πλατφόρμα πληθοπορισμού περιγράφονται στα υποκεφάλαια 4.3 και 4.4.

4.2 Μοντελοποίηση

Πριν την υλοποίηση του Anyplace Architect έπρεπε να καθοριστούν τα μοντέλα των εσωτερικών χώρων και οι συσχετίσεις τους. Τα μοντέλα που αναγνωρίστηκαν είναι τα κτίρια, οι όροφοι και τα σημεία ενδιαφέροντος. Οι συσχετίσεις των μοντέλων, όπως και στον πραγματικό κόσμο, είναι οι εξής: ένα κτίριο περιέχει έναν ή περισσότερους ορόφους και ένας όροφος περιέχει μηδέν ή περισσότερα σημεία ενδιαφέροντος. Παρόλο που στην NoSQL βάση δεδομένων (Couchbase) που αποθηκεύονται τα μοντέλα δεν υπάρχουν περιορισμοί και σχέσεις όπως σε παραδοσιακές βάσεις δεδομένων SQL, η συσχέτιση των μοντέλων γίνεται με την συμπερίληψη ενός μοναδικού κλειδιού που αναφέρεται στο μοντέλο στο οποίο υπο-περιέχεται κάποιο

μοντέλο εσωτερικού χώρου (π.χ. ένας όροφος υπο-περιέχεται σε ένα κτίριο). Αυτές οι συσχετίσεις φαίνονται στο παρακάτω διάγραμμα.



Διάγραμμα 4.1 : Μοντελοποίηση στοιχείων εσωτερικού χώρου

Όλα τα μοντέλα έχουν Όνομα, Περιγραφή και Συντεταγμένες ως προς τον παγκόσμιο χάρτη. Τα δύο ζεύγη συντεταγμένων που φαίνονται στο μοντέλο του ορόφου είναι το πάνω δεξιά και κάτω αριστερά σημεία στον χάρτη στα οποία θα προσαρμοστούν οι αντίστοιχες γωνίες του σχεδίου του ορόφου (Τα σχέδια των ορόφων για σκοπούς απόδοσης, δεν αποθηκεύονται στην Couchbase αλλά στον διακομιστή). Περαιτέρω ιδιότητες στα μοντέλα μπορούν εύκολα να προστεθούν ή να αφαιρεθούν καθώς το “σχήμα” των μοντέλων στην Couchbase είναι πολύ ευέλικτο.

4.3 Τεχνολογικό υπόβαθρο

Παρακάτω θα γίνει μια περιγραφή των κύριων τεχνολογιών ιστού οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν για την ανάπτυξη του Anyplace Architect.

4.3.1 AngularJS

Το AngularJS είναι ένα πλαίσιο προγραμματισμού για ανάπτυξη εφαρμογών ιστού και πρωτοεμφανίστηκε το 2009. Όπως υποδηλώνει το “JS” στο τέλος του ονόματος, είναι γραμμένο στην γλώσσα JavaScript όπως και οι εφαρμογές που αναπτύσσονται μέσα σε αυτό το πλαίσιο. Είναι ανοικτού κώδικα και το διαχειρίζεται η Google.

Οι εφαρμογές που αναπτύσσονται στο πλαίσιο AngularJS είναι δομημένες με το μοντέλο ανάπτυξης λογισμικού “MVC” (Model – View – Controller) όπου κατά την ανάπτυξη γίνεται πλήρης διαχωρισμός μεταξύ της διεπαφής του χρήστη, της προγραμματιστικής λογικής, και των μοντέλων των οντοτήτων. Με αυτό τον τρόπο γίνεται πιο εύκολη και δομημένη η ανάπτυξη μιας μίας εφαρμογής ιστού αφού για παράδειγμα, μια σχεδιαστική αλλαγή στην διεπαφή του χρήστη δεν θα επηρεάσει με κάποιο τρόπο την προγραμματιστική λογική. Ως επακόλουθο, το AngularJS κάνει τις δοκιμές ελέγχου πιο εύκολες και τις εφαρμογές πιο εύκολα συντηρήσιμες.

Μια κύρια λειτουργία του AngularJS είναι το “two-way binding” δηλαδή η αυτόματη και αμφίδρομη αλληλεπίδραση μεταξύ της διεπαφής του χρήστη και της προγραμματιστικής λογικής. Πιο συγκεκριμένα, μια πράξη στην διεπαφή του χρήστη (για παράδειγμα μια συμπλήρωση ενός πεδίου) αντικατοπτρίζεται αυτόματα στην προγραμματιστική λογική και το αντίθετο, μια προγραμματιστική αλλαγή (για παράδειγμα η πρόσθεση στοιχείων σε μια λίστα που εμφανίζεται στον χρήστη) γίνεται αυτόματα ορατή στην διεπαφή του χρήστη, χωρίς την ανάγκη για ανανέωση (refresh) της σελίδας. Το “two-way binding” γίνεται εφικτό με την εισαγωγή εξειδικευμένων HTML ετικετών στην διεπαφή του χρήστη όπως *ng-model*, *ng-repeat*, *ng-click*, *ng-class*.

Παράδειγμα:

```
<input type="text" ng-model="yourName" placeholder="Enter a name here">
```

Στην πιο πάνω γραμμή κώδικα βλέπουμε ένα πεδίο εισόδου HTML (input) μέσα στο οποίο βλέπουμε την ειδική ετικέτα AngularJS *ng-model*, το “yourName” αναφέρεται σε κάποια μεταβλητή που βρίσκεται στην προγραμματιστική λογική της εφαρμογής. Αν ο χρήστης γράψει μέσα στο πεδίο “John” για παράδειγμα, τότε η τιμή της μεταβλητής “yourName” θα πάρει αυτόματα την τιμή “John”. Επίσης αν προγραμματιστικά η μεταβλητή “yourName” πάρει μια άλλη τιμή όπως για παράδειγμα “Nick” τότε αυτή η αλλαγή θα αντικατοπτριστεί αυτόματα στην διεπαφή του χρήστη με το πιο πάνω πεδίο να περιέχει την τιμή “Nick”. Αυτή η λειτουργία είναι πολύ χρήσιμη για μια εφαρμογή όπως τον Anyplace Architect και Anyplace Viewer καθώς φέρνει συνεχώς δεδομένα από το Anyplace API τα οποία παρουσιάζονται απευθείας στην διεπαφή του χρήστη μόλις φτάσουν (π.χ. κτίρια και σημεία ενδιαφέροντος).

Ακόμα ένα πλεονέκτημα του AngularJS, που εν μέρει κληρονομείται από την γλώσσα JavaScript, είναι η ευκολία με την οποία μπορεί η εφαρμογή να “τραβήξει” δεδομένα από κάποιο Web API. Πιο συγκεκριμένα, πράξεις που απαιτούν χρόνο, όπως κλήσεις σε Web API, δεν μπλοκάρουν την εφαρμογή κατά την αναμονή αλλά γίνονται ασύγχρονα, με την χρήση “promises”, και απασχολούν την εφαρμογή μόνο όταν φτάσει το αποτέλεσμα σε αυτή. Αυτό κάνει την εμπειρία του χρήστη στην εφαρμογή πιο φυσιολογική και ομαλή καθώς δεν θα δει ποτέ την εφαρμογή να “παγώνει” λόγω εκτεταμένης επεξεργασίας στο παρασκήνιο.

Επίσης, λόγω του ότι στη γλώσσα JavaScript, τα αντικείμενα είναι εξ’ ορισμού σε μορφή JSON (JavaScript Object Notation) δεν υπάρχει ανάγκη για μετατροπή τους όταν στέλνονται ή λαμβάνονται από κάποιο Web API που υποστηρίζει την μορφή JSON. Επιπρόσθετα όταν και η αποθήκη δεδομένων υποστηρίζει έγγραφα JSON (π.χ. Couchbase, MongoDB) τότε αντικείμενα JSON μπορούν να κινούνται αυτούσια καθ’ όλη την ροή της πληροφορίας στο σύστημα (Εφαρμογή – API – Βάση Δεδομένων), όπως συμβαίνει και στο Anyplace.

Παράδειγμα επικοινωνίας του Anyplace Viewer με το Anyplace API:

```
1.  apiService.getAllBuildings = function (json_req) {
2.      return $http({
3.          method: "POST",
4.          url: GET_ALL_BUILDINGS_URL,
5.          data: json_req
6.      }).
```

```

7.      success(function (data, status) {
8.          return data.buildings;
9.      }).
10.     error(function (data, status) {
11.         // handle error
12.     });
13. };

```

Στον πιο πάνω κώδικα βλέπουμε να γίνεται χρήση του συστατικού *\$http* που προσφέρεται από το AngularJS ούτως ώστε να γίνονται κλήσεις δικτύου από την εφαρμογή μέσω του πρωτοκόλλου HTTP (GET, POST, PUT, DELETE). Ως παράμετροι δίνονται η HTTP μέθοδος και το URL με το οποίο θα γίνει η επικοινωνία με το Web API στον εξυπηρετητή καθώς και ένα αντικείμενο JSON που μπαίνει στο σώμα της αίτησης και φέρει κάποιες πληροφορίες για τον αποστολέα όπως για παράδειγμα κάποιο κλειδί πρόσβασης, το οποίο χρειάζεται να διαβάσει ο εξυπηρετητής για να απαντήσει στο αίτημα. Όταν φτάσει με επιτυχία η απάντηση από το API στην εφαρμογή, καλείται η συνάρτηση “*success*” μέσα στην οποία μπορούμε να παρουσιάσουμε τα δεδομένα που πήραμε από την απάντηση ή διαφορετικά αν υπήρχε σφάλμα μπορούμε να ειδοποιήσουμε τον χρήστη μέσω της συνάρτησης “*error*”.

4.3.2 jQuery-UI

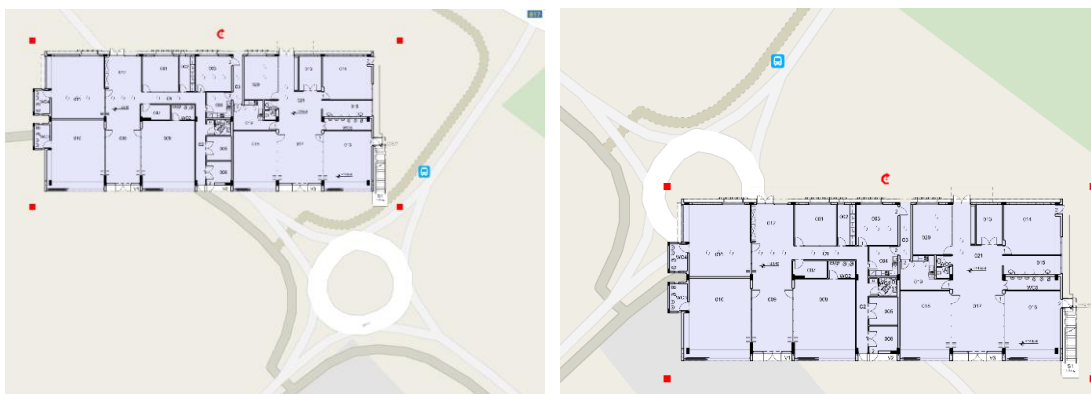
Το jQuery-UI εμφανίστηκε το 2012 και είναι μια ανοιχτού λογισμικού συλλογή από συστατικά διεπαφής χρήστη κτισμένα με την επίσης ανοιχτού λογισμικού JavaScript βιβλιοθήκη jQuery. Αυτό που χαρακτηρίζει τα συστατικά διεπαφής χρήστη που προσφέρει το jQuery-UI είναι η αυξημένη τους διαδραστικότητα με τον χρήστη αλλά και η ευκολία στην υλοποίηση τους.

Στον Anyplace Architect για παράδειγμα θέλαμε να δώσουμε την δυνατότητα στον χρήστη να μπορεί να σύρει και να αποθέσει (drag and drop) κάποια στοιχεία όπως τα σημεία ενδιαφέροντος και τα σχέδια των ορόφων. Αυτό μπορούσε να υλοποιηθεί από το μηδέν με δεκάδες γραμμές κώδικα JavaScript, όμως με το jQuery-UI αυτό μπορεί να γίνει μέσα σε λίγες γραμμές:

```

1. // Make #element draggable
2. $(function () {
3.     $("#element").draggable();
4. });

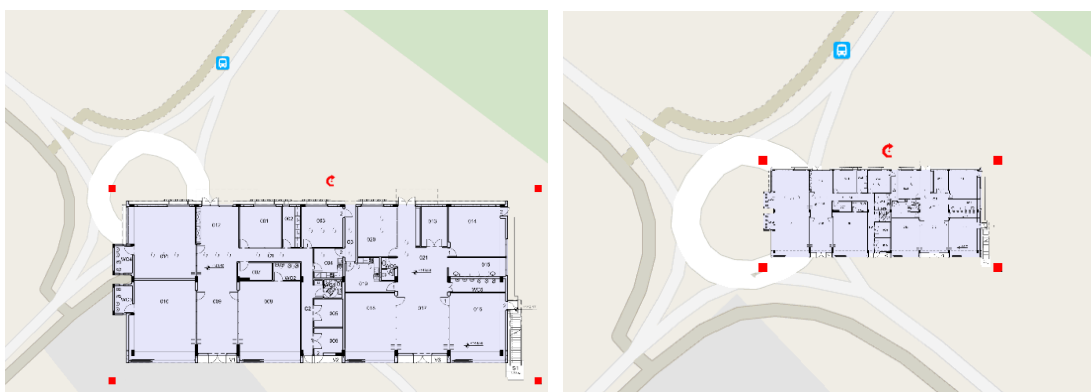
```



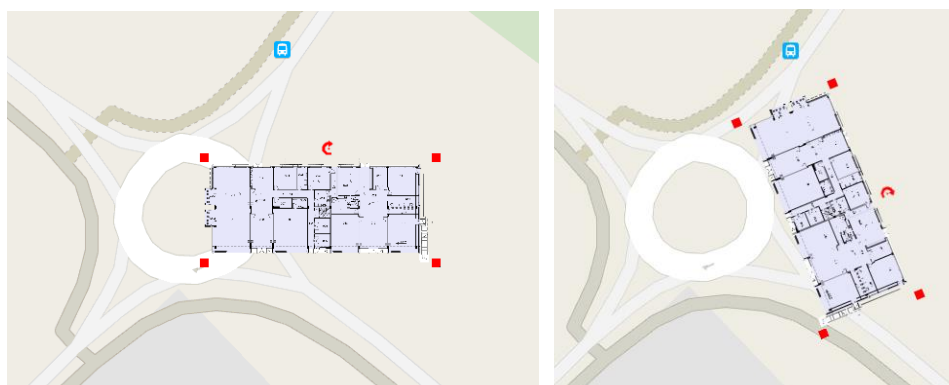
Εικόνα 4.1 : Σύρση και απόθεση σχεδίου ορόφου

Παρόμοια υλοποιήθηκε το “resizable” και το “rotatable” με τα οποία ο χρήστης μπορεί να μεγαλώσει ή να μικρύνει και να περιστρέψει κάποιο σχέδιο ορόφου.

```
1. $(function () {
2.     $("#element").resizable();
3.     $("#element").rotatable();
4. });
```



Εικόνα 4.1 : Σμίκρυνση σχεδίου ορόφου

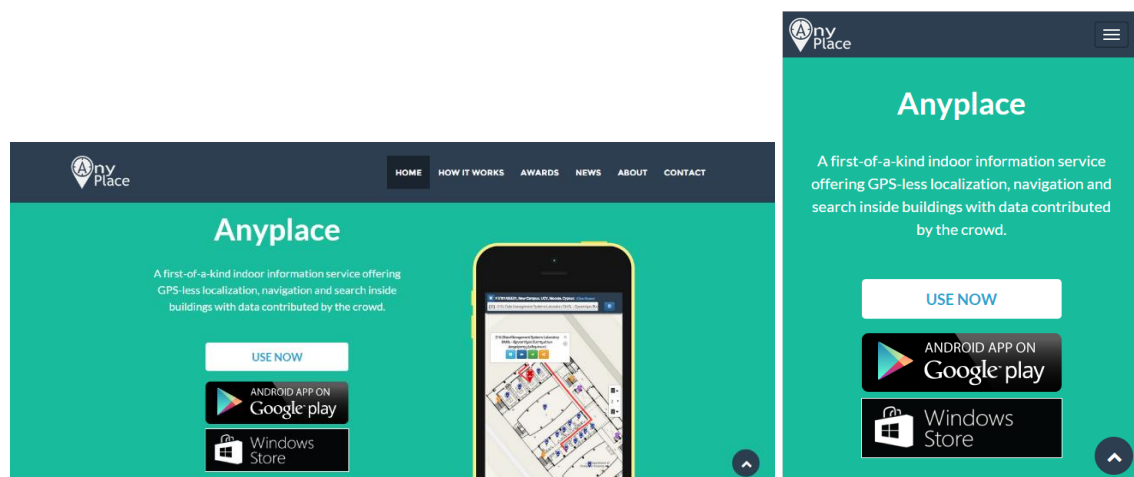


Εικόνα 4.3 : Περιστροφή σχεδίου ορόφου

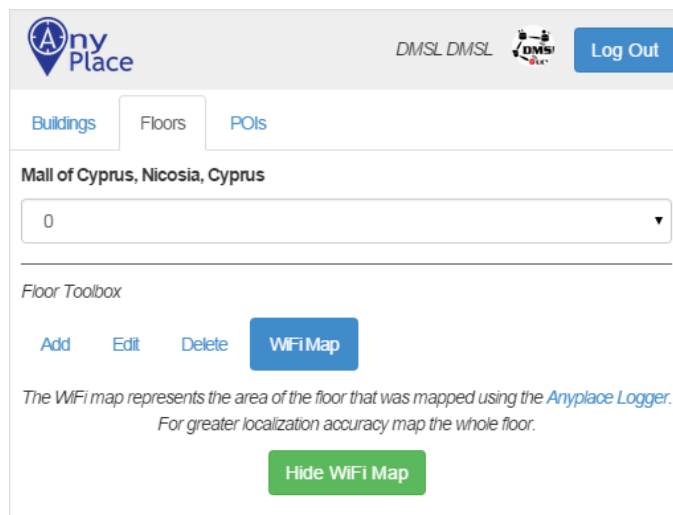
4.3.3 Bootstrap

Το “Bootstrap” είναι ένα έργο ανοικτού κώδικα που ξεκίνησε από το Twitter το 2011. Είναι ένα πλαίσιο που βοηθά την ανάπτυξη διεπαφών χρήστη για ιστοσελίδες και εφαρμογές ιστού οι οποίες μπορούν να ανταπεξέλθουν στις ανάγκες που προκύπτουν από την πληθώρα έξυπνων συσκευών που έχουν διαφορετικά μεγέθη οθονών. Πιο συγκεκριμένα, παρέχει κλάσεις CSS οι οποίες όταν εφαρμοστούν πάνω σε στοιχεία του HTML τις σελίδας, έχουν την δυνατότητα να μεγαλώνουν ή να μικραίνουν ανάλογα με το μέγεθος της οθόνης. Αυτό γίνεται εφικτό διότι το Bootstrap χρησιμοποιεί ποσοστά για να ορίσει το μέγεθος κάποιου κομματιού στην σελίδα παρά pixels. Ακόμα με την χρήση “CSS media queries” ανάλογα με το μέγεθος της οθόνης στην οποία φορτώνεται η εφαρμογή ή ιστοσελίδα, γίνονται οι απαραίτητες μορφοποιήσεις στην διεπαφή για καλύτερη προσαρμογή του περιεχομένου όπως φαίνεται στην *Εικόνα 4.4*.

Επίσης το Bootstrap παρέχει επαναχρησιμοποιήσιμα συστατικά (εικονίδια, κουμπιά, λίστες, ειδοποιήσεις, κτλ) που ομορφαίνουν την διεπαφή του χρήστη. Με αυτό τον τρόπο πολύ εύκολα κάποιος προγραμματιστής ιστού μπορεί να αυξήσει την σχεδιαστική αισθητική κάποιας ιστοσελίδας ή εφαρμογής ιστού.



Εικόνα 4.4 : Παράδειγμα επίδρασης του Bootstrap στην ιστοσελίδα του Anyplace σε προσωπικό υπολογιστή (αριστερά) και σε κινητή συσκευή (δεξιά).



Εικόνα 4.5 : Παράδειγμα κουμπιών, καρτελών και λίστας από Bootstrap.

4.4 Υλοποίηση

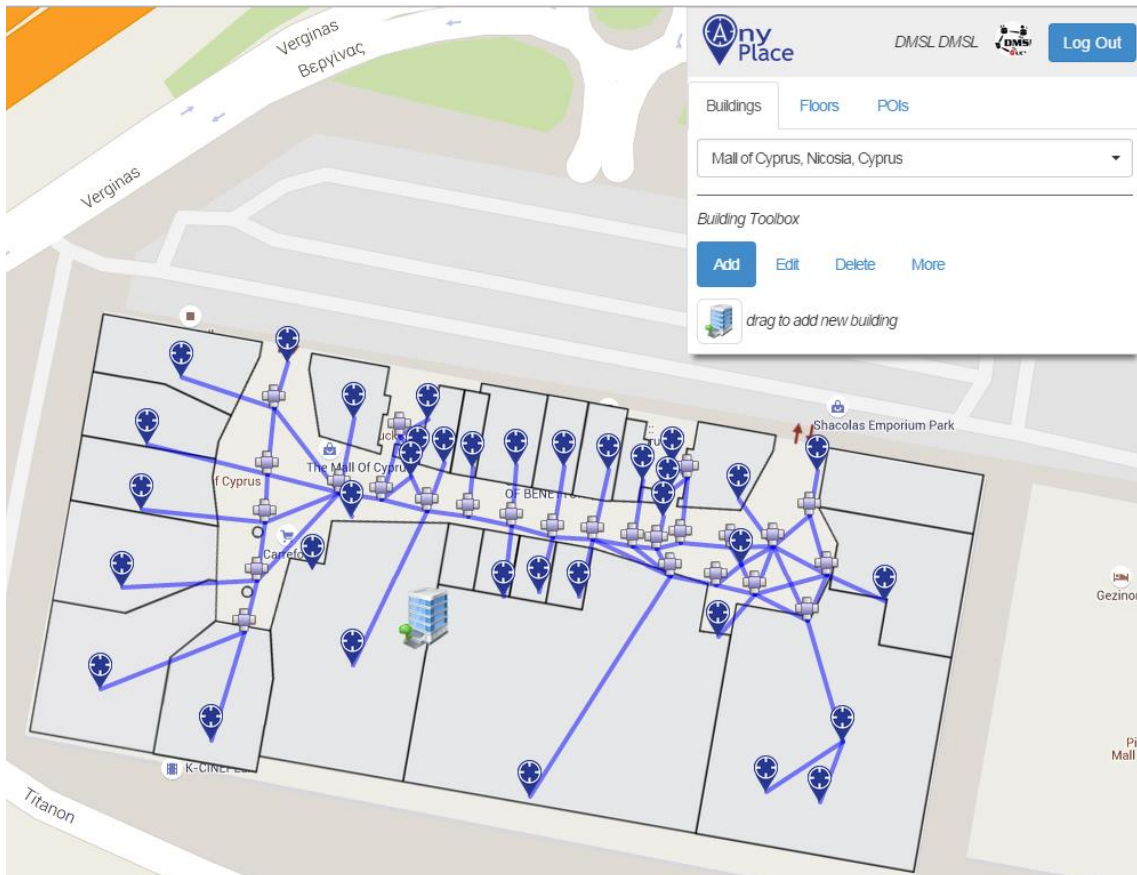
Η εφαρμογή Anyplace Architect είναι αυτή που επιτρέπει την εισαγωγή καινούργιων κτιρίων και εσωτερικών χώρων στην συλλογή του Anyplace. Είναι ανοικτή προς το κοινό και το μόνο που χρειάζεται για να δημιουργήσει κάποιος χρήστης ένα καινούριο κτίριο είναι η τοποθεσία του κτιρίου, το όνομά του, να έχει σε ηλεκτρονική μορφή τα σχέδια των ορόφων (PNG, JPG, ή BMP) και ακολούθως μερικές πληροφορίες για τα σημεία ενδιαφέροντος που επιθυμεί να προσθέσει πάνω στα σχέδια των ορόφων.

Όπως και ο Anyplace Viewer, ο Architect είναι εφαρμογή ιστού κτισμένη με το πλαίσιο προγραμματισμού AngularJS πάνω από την υπηρεσία Google Maps. Αξίζει να αναφερθεί πως αρκετά προγραμματιστικά συστατικά μοιράζονται από κοινού μεταξύ Viewer και Architect. Ουσιαστικά υπάρχει ο χάρτης των Google Maps για εύρεση και παρουσίαση κτιρίων και πάνω δεξιά υπάρχει η περιοχή ελέγχου από όπου και γίνονται όλες οι λειτουργίες του Architect.

Το πρώτο πράγμα που πρέπει να κάνει κάποιος χρήστης μόλις φορτώσει την εφαρμογή στον περιηγητή ιστού είναι να ταυτοποιηθεί από το σύστημα μέσω της υπηρεσίας Google Sign-In. Αυτό συμβαίνει για ευνόητους λόγους όπως συσχέτιση κτιρίων με κάποιον χρήστη ούτως ώστε να μπορεί να κάνει μετατροπές στα κτίρια του όποτε επιθυμεί καθώς επίσης να είναι αδύνατο για κάποιο άλλο χρήστη να παρεμβάλει (π.χ. να σβήσει



Εικόνα 4.6. : Κουμπί εισόδου στον Anyplace Architect (αριστερά) και πληροφορίες ταυτοποιημένου χρήστη δεξιά.



Εικόνα 4.7. : Κουτί εργαλείων κτιρίου.

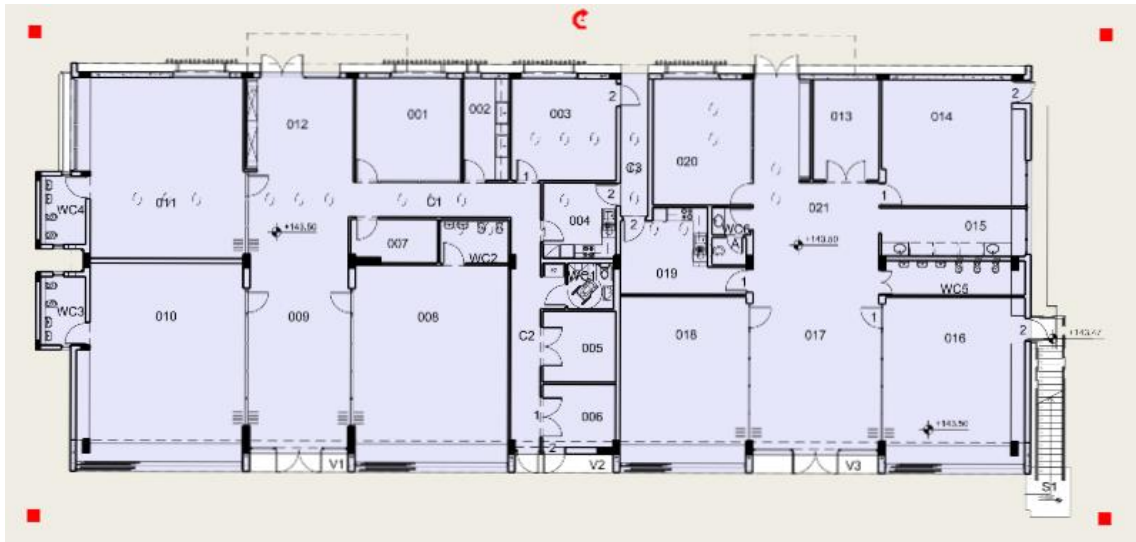
κακόβουλα) σε εργασία άλλου χρήστη. Για την ώρα ένας λογαριασμός Google είναι απαραίτητος για ταυτοποίηση κάποιου χρήστη στον Anyplace Architect αλλά μπορεί ευκολιά να επεκταθεί και σε άλλες πλατφόρμες που προσφέρουν υπηρεσίες ταυτοποίησης όπως Twitter, LinkedIn, Facebook και GitHub. Επίσης υπάρχει η έννοια του ρόλου “Administrator” μέσω του οποίου οι διαχειριστές του συστήματος μπορούν να επιβλέπουν όλα τα κτίρια που έχουν εισαχθεί, με την δυνατότητα αλλαγής ή και διαγραφής λανθασμένων δεδομένων ούτως ώστε να διατηρείται η ορθότητα αλλά και η ποιότητα των πληροφοριών που προσφέρει το σύστημα του Anyplace.

Μετά την είσοδο του χρήστη στο σύστημα, το κουτί με τα εργαλεία πάνω δεξιά στην οθόνη γίνονται διαθέσιμα για χρήση. Το κουτί με τα εργαλεία χωρίζεται σε τρεις (3) υπό-κατηγορίες με εργαλεία για κτίρια, για ορόφους και για σημεία ενδιαφέροντος και τις ενώσεις μεταξύ τους.

Από το κουτί εργαλείων για τα κτίρια ο χρήστης μπορεί να δει και αναζητήσει στην λίστα την συλλογή των κτιρίων που εισήγαγε ο ίδιος στο Anyplace. Επίσης έχει την δυνατότητα κάνοντας “Drag & Drop” το εικονίδιο του κτιρίου μπορεί να το τοποθετήσει στον χάρτη και να δημιουργήσει ένα καινούριο κτίριο δίνοντας του Όνομα, Περιγραφή (προαιρετικό) και καθορίζοντας το ως δημόσιο ή ως ιδιωτικό. Τα δημόσια κτίρια γίνονται άμεσα διαθέσιμα για ανάκτηση από τον Anyplace Viewer ενώ τα ιδιωτικά μένουν κρυφά και γίνονται ορατά μόνο μέσω συνδέσμου που παράγεται για τον δημιουργό του κτιρίου στην καρτέλα “More”. Από την καρτέλα “Edit” ο δημιουργός του επιλεγμένου κτιρίου μπορεί να του αλλάξει κάποιες πληροφορίες καθώς και να το μετακινήσει πάνω στον χάρτη κάνοντας “Drag & Drop” το σημάδι του κτιρίου πάνω στον χάρτη. Στην καρτέλα “Delete” ο χρήστης μπορεί να σβήσει από το σύστημα όλα όσα σχετίζονται με το επιλεγμένο κτίριο (σχέδια ορόφων και σημεία ενδιαφέροντος). Τέλος από την καρτέλα “More” μπορεί να εξαγάγει όλα τα στοιχεία που αφορούν το κτίριο (αντικείμενα JSON σημείων ενδιαφέροντος, σχέδια ορόφων και ραδιοχάρτης) για σκοπούς εφεδρείας.

Από το κουτί εργαλείων για ορόφους (γίνεται ορατό μόνο όταν ο χρήστης έχει κάποιο κτίριο επιλεγμένο) ο χρήστης μπορεί να αλλάξει όροφο, δηλαδή να φορτώσει το σχέδιο και τα σημεία κάποιο ορόφου που είχε καταχωρηθεί προηγούμενος. Η πιο σημαντική λειτουργία όμως είναι η καταχώρηση καινούργιου σχεδίου ορόφου. Η διαδικασία τοποθέτησης καινούργιου ορόφου είναι ένα κομβικό σημείο στην λειτουργία του Anyplace Architect καθώς πρέπει να είναι πολύ εύκολο στην χρήση ούτως ώστε να μην δυσανασχετήσει ο χρήστης και να αποθαρρυνθεί από το να συνεισφέρει στο σύστημα. Από άποψη τεχνικής υλοποίησης, το ανέβασμα και η προσαρμογή του αρχιτεκτονικού σχεδίου κάποιου ορόφου είχε μεγάλο βαθμό δυσκολίας.

Ο χρήστης γράφει τον αριθμό του ορόφου για τον οποίο επιθυμεί να ανεβάσει το αρχιτεκτονικό σχέδιο και ακολούθως πατώντας το κουμπί “Choose File” του δίνεται η δυνατότητα να επιλέξει από τον αποθηκευτικό χώρο της συσκευής του το αρχείο του



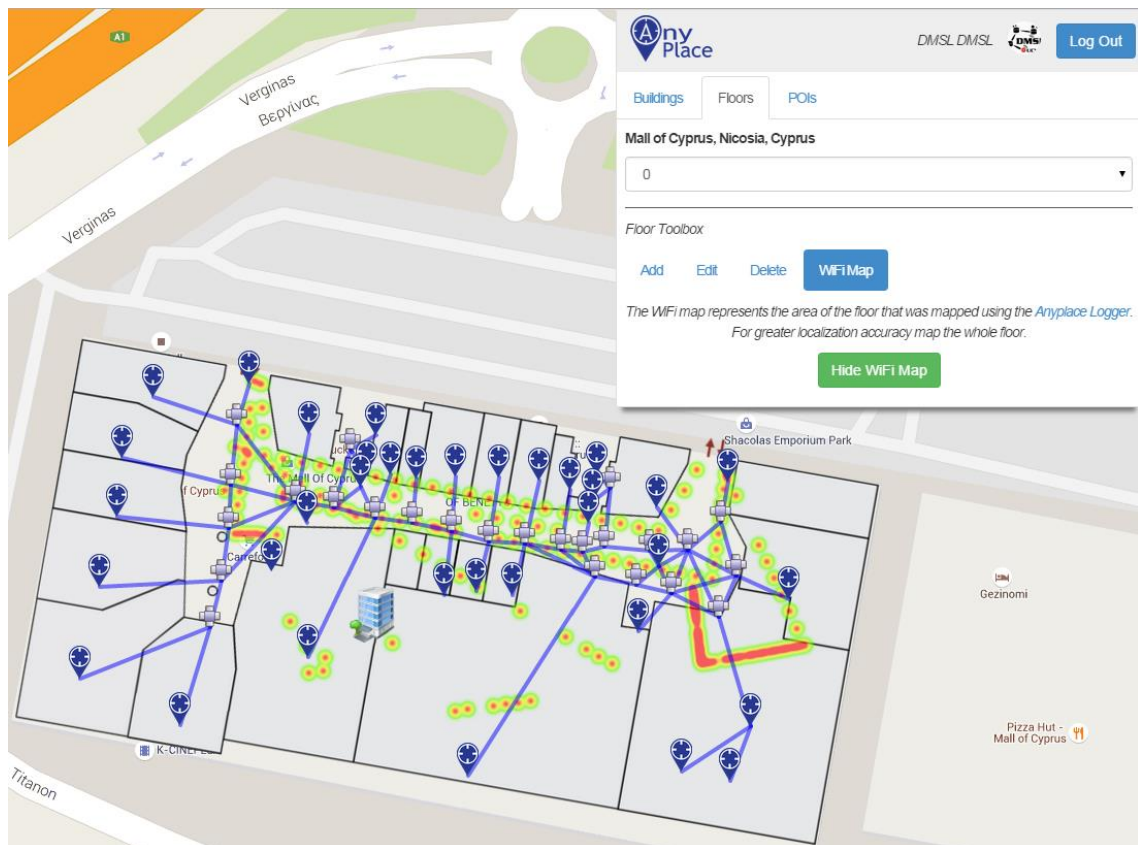
Εικόνα 4.8 : Χειριστήρια προσαρμογής σχεδίου ορόφου.

ορόφου (αν χρησιμοποιεί κινητή συσκευή, μπορεί να χρησιμοποιήσει την κάμερα κατ' ευθείας). Η εικόνα μπορεί να είναι τύπου PNG, JPG ή BMP.

Όταν επιλεγθεί το σχέδιο του ορόφου, εμφανίζεται η εικόνα στον χάρτη, πάνω από την περιοχή του κτιρίου υπό μελέτη. Η εικόνα αυτή μπορεί να μετακινηθεί με “Drag & Drop”, να μεγαλώσει ή να μικρύνει με τα κόκκινα χειριστήρια στις 4 γωνίες της, ή να περιστραφεί με το κόκκινο χειριστήριο στην κορυφή της. Με αυτά τα χειριστήρια μπορεί να τοποθετηθεί στην σωστή θέση και μέγεθος πάνω στον χάρτη κάποιος όροφος του κτιρίου. Για να γίνει αυτό εφικτό επιστρατεύτηκαν κάποια από τα εργαλεία της Javascript βιβλιοθήκης jQuery UI (Draggable, Resizable και Rotatable) [43].

Όταν ο χρήστης νιώθει πως το σχέδιο τοποθετήθηκε ικανοποιητικά, μπορεί με να πατήσει το κουμπί για να επιβεβαιώσει την επιθυμία του για καταχώρηση. Το σχέδιο ανεβαίνει στον Anyplace Server όπου του γίνεται επεξεργασία, κόβεται σε πλακάκια (tiles), που αποτελούν τον τρόπο παρουσίασης των Google Maps και λόγω αυτού, για καλύτερη ποιότητα του σχεδίου στο σύστημα του Architect, παροτρύνετε ο χρήστης να τοποθετήσει το κτίριο σε όσο το δυνατό μεγαλύτερο επίπεδο μεγέθυνσης χάρτη.

Τα αρχιτεκτονικά σχέδια ενός κτιρίου μπορούν να συλλεχθούν από τον χρήστη είτε από κάποια ιστοσελίδα σχετική με το κτίριο, είτε σε συντονισμό με κάποιον υπεύθυνο του κτιρίου, είτε από σχέδια εντός του κτιρίου που δείχνουν το πλάνο του ορόφου για σκοπούς έκτακτης ανάγκης (π.χ. πυρκαγιά).



Εικόνα 4.9 : Εμφάνιση αποτυπωμάτων WiFi που συλλέχθηκαν στον όροφο.

Από την καρτέλα “Edit” ο χρήστης μπορεί να κάνει αλλαγές στο σχέδιο το ορόφου (μετακίνηση ή αλλαγή μεγέθους). Από την καρτέλα “Delete” μπορεί να σβήσει οτιδήποτε σχετικό με τον όροφο (σχέδιο και σημεία ενδιαφέροντος) από το σύστημα.

Επίσης πολύ σημαντική είναι η καρτέλα “WiFi Map” στην οποία ο δημιουργός του κτιρίου μπορεί να ελέγξει την χαρτογράφηση του ορόφου που έγινε από συνεισφέροντα άτομα μέσω της εφαρμογής Anyplace Logger. Χρησιμοποιώντας την υπηρεσία Google Heat-Maps σχεδιάζονται οι περιοχές πάνω στον όροφο όπου λήφθηκαν μετρήσεις, έτσι μπορεί να διακρίνει σε ποια σημεία του ορόφου δεν έγινε επαρκής λήψη μετρήσεων για να κάνει τις απαραίτητες ενέργειες για κάλυψη των κενών σημείων.

Από το κουτί εργαλείων για σημεία ενδιαφέροντος (γίνεται ορατό μόνο όταν κάποιος όροφος είναι επιλεγμένος) ο χρήστης μπορεί να κάνει “Drag & Drop” τα εικονίδια των σημείων ενδιαφέροντος από το κουτί πάνω στον χάρτη για να προσθέσει καινούργια. Υπάρχουν δύο είδη σημείων τα οποία μπορεί να τοποθετήσει ο χρήστης, πραγματικό σημείο ενδιαφέροντος ή σημείο συνδέσεως. Όταν ο χρήστης πατήσει το κουμπί για

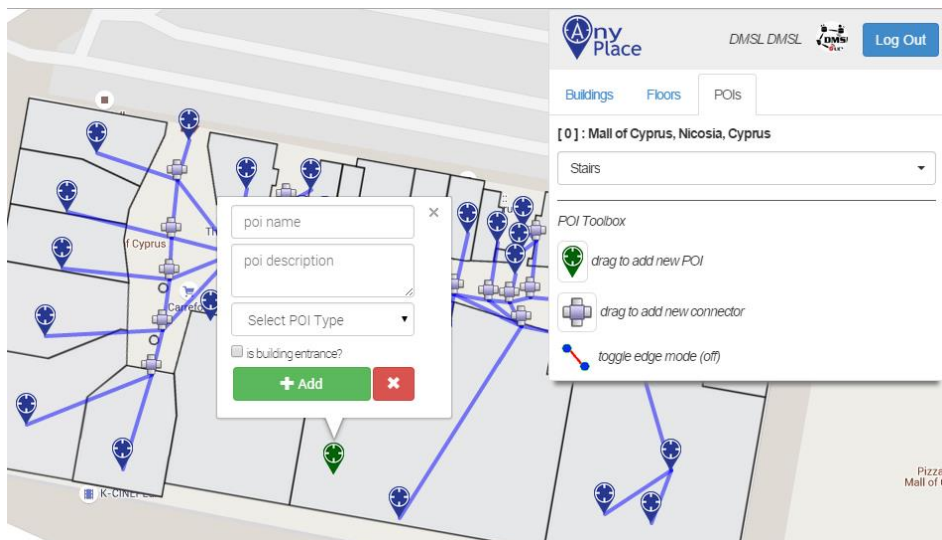
ενεργοποίηση του “Edge Mode”, δύναται να ενώσει τα σημεία μεταξύ τους (κάνοντας πρώτα κλικ στο πρώτο σημείο και ακολούθως στο δεύτερο) ούτως ώστε να σχηματιστούν μονοπάτια εντός του κτιρίου από σημείο σε σημείο. Αν όμως δύο (2) σημεία τα οποία θέλουμε να ενώσουμε χωρίζονται από κάποιο τοίχο ή από μια μη προσβάσιμη περιοχή, θα πρέπει να μουν ενδιάμεσα βοηθητικά σημεία τα οποία παρακάμπτον τα τυχόν εμπόδια. Τα σημεία συνδέσεως είναι ορατά μόνο στον Anyplace Architect, στις υπόλοιπες εφαρμογές-πελάτες είναι αόρατα όμως οι συντεταγμένες τους λαμβάνονται υπόψη στον υπολογισμό σχεδιασμό των μονοπατιών. Μια σύνδεση μπορεί να διαγραφεί κάνοντας κλικ πάνω της στον χάρτη.



Εικόνα 4.10 : Παράδειγμα χρήσης σημείων σύνδεσης.

Για την καταχώρηση καινούργιου σημείου ενδιαφέροντος απαιτούνται μερικές πληροφορίες όπως όνομα, περιγραφή (προαιρετικό), τύπος σημείου και αν είναι σημείο εισόδου στο κτίριο. Οι πιθανοί τύποι που μπορεί να έχει ένα σημείο είναι: Σκάλες, Ανελκυστήρας, Κουζίνα, Δωμάτιο, Αποχωρητήριο, Δωμάτιο Φύλακα και άλλα. Οι τύποι «σκάλες» και «ανελκυστήρα» έχουν ιδιαίτερη σημασία για την πλοήγηση από κάποιο σημείο σε κάποιο άλλο, διαφορετικού ορόφου. Οι υπόλοιποι τύποι είναι απλά για σκοπούς παρουσίασης και μπορούν εύκολα να επεκταθούν για να υποστηρίξουν πιο εξειδικευμένα περιβάλλοντα όπως για παράδειγμα ένα νοσοκομείο.

Όταν ένα καταχωρημένο σημείο μετακινηθεί πάνω στον χάρτη, αυτόματα αποστέλνεται αίτημα μέσω του Anyplace API για να ενημερωθεί η θέση του συγκεκριμένου σημείου.



Εικόνα 4.11 : Εισαγωγή καινούριου σημείο ενδιαφέροντος.

Όπως και στην περίπτωση του Viewer, είχε αναπτυχθεί η πρώτη έκδοση του Architect σε προηγούμενη διπλωματική εργασία η οποία αντιμετώπιζε κάποια προβλήματα λειτουργικότητας τα οποία λύθηκαν με την ανάπτυξη του Anyplace Architect 2.0. Το μεγαλύτερο πρόβλημα της πρώτης έκδοσης του Architect ήταν το γεγονός ότι ήταν ανοιχτή για χρήση μόνο από τον διαχειριστή του συστήματος διότι δεν υπήρχε σύστημα ταυτοποίησης χρηστών. Επίσης η ευχρηστία της εφαρμογής ήταν κατώτερη του επιθυμητού καθώς χρειαζόταν μεγάλη τεχνική κατάρτιση και υπομονή για την διαδικασία της χαρτογράφησης. Στην πρώτη έκδοση, πολλές λειτουργίες γίνονταν με ελάχιστες αυτοματοποιήσεις και με επίπονη εισαγωγή δεδομένων που θα μπορούσαν να ληφθούν προγραμματιστικά (π.χ. οι συντεταγμένες ενός σημείου που επιθυμούσε ο χρήστης να εισαγάγει).

Έχοντας κατά νου τα προβλήματα της αρχικής έκδοσης του Architect, η δεύτερη έκδοση κτίστηκε με αυτοματισμούς όπως σύρση και απόθεση για να μειώσει στο ελάχιστο τις πληροφορίες που πρέπει να εισαγάγει χειροκίνητα κάποιος χρήστης. Επίσης η δεύτερη έκδοση του Architect δουλεύει άρτια σε κινητές συσκευές δίνοντας την δυνατότητα σε κάποιο άτομο που κινείται στον χώρο με μια έξυπνη κινητή συσκευή να κάνει τις απαραίτητες διορθώσεις στο αντίστοιχο μοντέλο στον Architect.

4.5 Μελλοντικές επεκτάσεις

Το υποσύστημα του Anyplace Architect βρίσκεται σε μια ικανοποιητική κατάσταση στην οποία μπορεί ο οποιοσδήποτε να το χρησιμοποιήσει και να εισάγει καινούργιες πληροφορίες. Παρ' όλα αυτά υπάρχουν ακόμα αρκετές βελτιώσεις και καινούργιες προσεγγίσεις που μπορούν να γίνουν για να βελτιώσουν ακόμα περισσότερο την αποδοτικότητα του υποσυστήματος.

Οι μελλοντικοί στόχοι του Anyplace Architect είναι: (α) η ενσωμάτωση προχωρημένων αλγορίθμων πάνω στο γράφο του εσωτερικού μοντέλου που δημιουργείται που θα αυτοματοποιούν κάποιες από τις διαδικασίες της χαρτογράφησης, (β) δημιουργία θεματικών βιβλιοθηκών με τύπους σημείων και εικονιδίων που θα ανταποκρίνονται στις ξεχωριστές ανάγκες κάθε κτιρίου (π.χ. νοσοκομείο, στάδιο, εμπορικό κέντρο, πανεπιστήμιο), (γ) ενσωμάτωση αλγορίθμων για διόρθωση σφαλμάτων και διαχείριση συγκρούσεων (π.χ. ένα κτίριο εισάχθηκε δύο φορές από ξεχωριστά άτομα) και τέλος (δ) μελέτη για ενσωμάτωση του IndoorGML [44] το οποίο αναμένεται να προωθήσει την συμβατικότητα μεταξύ διαφόρων συστημάτων διαχείρισης εσωτερικών πληροφοριών αυξάνοντας επίσης και την ευκολία εισαγωγής δεδομένων.

Κεφάλαιο 5

Υποσύστημα Anyplace Viewer

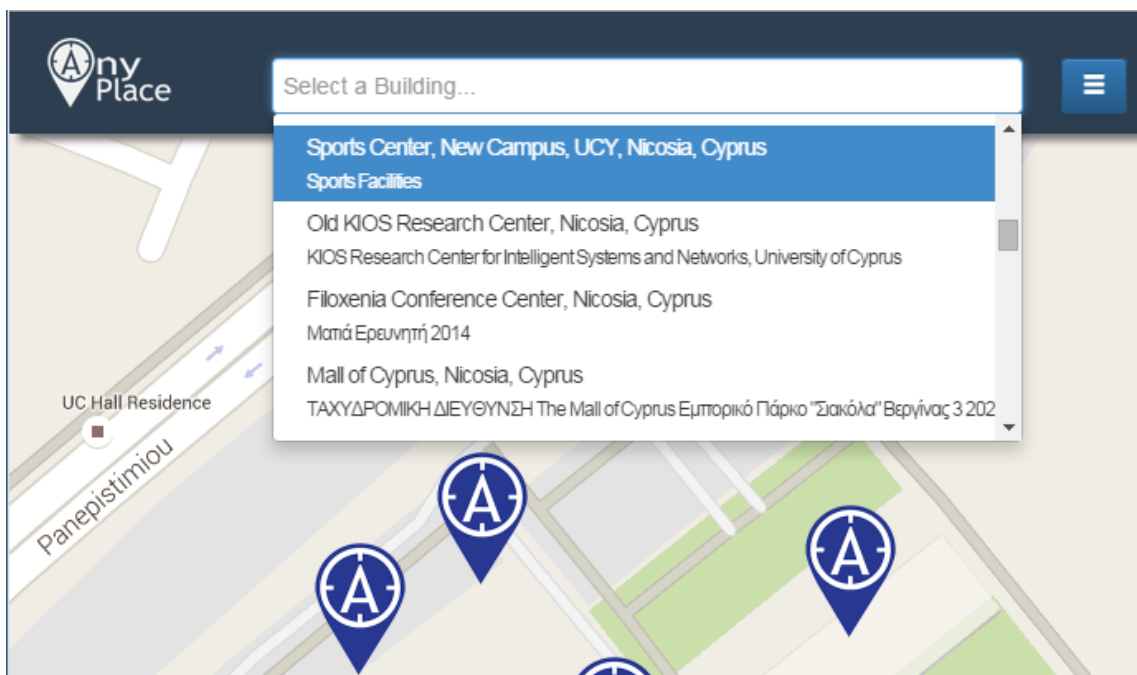
5.1	Υλοποίηση	51
5.2	Μελλοντικές Επεκτάσεις	58

Σε αυτό το κεφάλαιο θα παρουσιάσουμε αναλυτικά το υποσύστημα του Anyplace Viewer. Ο Viewer αποτελεί το υποσύστημα παρουσίασης το οποίο παρουσιάζει τις συνεισφορές που έγιναν μέσα στον Anyplace Architect. Οι πλειοψηφία των χρηστών έρχεται σε πρώτη επαφή με το σύστημα του Anyplace μέσω του υποσυστήματος του Viewer άρα είναι πολύ σημαντικό να είναι ελκυστικό και χρήσιμο για τον χρήστη ούτως ώστε να δημιουργηθεί μια καλή εντύπωση η οποία θα ενθαρρύνει την μελλοντική και συστηματική χρήση. Παρακάτω, θα παρουσιαστεί το σύστημα με τις λειτουργίες του και στο τέλος θα αναφερθούν κάποιες μελλοντικές επεκτάσεις για το υποσύστημα του Viewer. Οι τεχνολογίες που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάπτυξη του υποσυστήματος είναι πανομοιότυπες με τις τεχνολογίες του Anyplace Architect, όπως παρουσιάστηκαν στην ενότητα 4.3.

5.1 Υλοποίηση

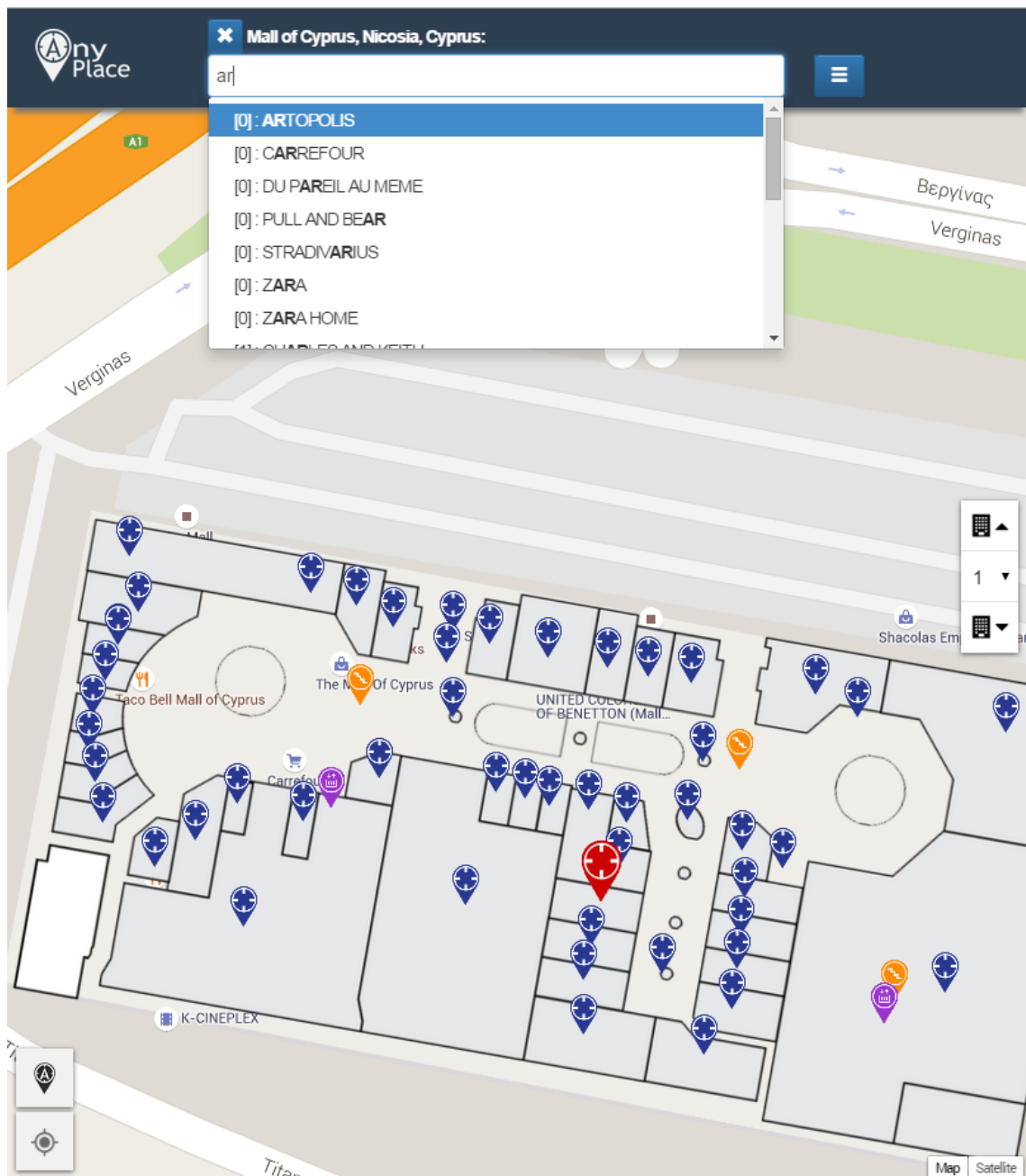
Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, ο Anyplace Viewer είναι η ιδανική εφαρμογή για τους χρήστες που θέλουν γρήγορα να αποκτήσουν πρόσβαση στις πληροφορίες που προσφέρει το Anyplace μέσω κάποιου φυλλομετρητή ιστού στην κινητή τους συσκευή ή στον προσωπικό τους υπολογιστή.

Είναι κτισμένος με τεχνολογίες ιστού πάνω από την πλατφόρμα του Google Maps. Πιο συγκεκριμένα, φορτώνονται τα Google Maps και από πάνω φορτώνονται τα χειριστήρια του συστήματος του Anyplace Viewer με τα οποία ο χρήστης αλληλοεπιδρά με το σύστημα του Anyplace και βλέπει τα δεδομένα να παρουσιάζονται πάνω στα Google Maps. Ουσιαστικά για έμπειρους χρήστες του Google Maps, είναι πολύ εύκολο να εξοικειωθούν με τον Anyplace Viewer. Το κεντρικό σημείο από όπου ξεκινούν όλα είναι η μπάρα αναζήτησης στην κορυφή. Αρχικά ο χρήστης μπορεί να αναζητήσει από την μπάρα για κάποιο κτίριο είτε γράφοντας κάποια λέξη κλειδί είτε διαπερνώντας την λίστα των διαθέσιμων κτιρίων. Όλα τα αντικείμενα JSON των κτιρίων (συντεταγμένες, όνομα, περιγραφή και ταυτότητα) φορτώνονται με κάλεσμα στο Anyplace API παράλληλα με το αρχικό κατέβασμα της ιστοσελίδας. Αξίζει να σημειωθεί ότι τα κτίρια στην λίστα ταξινομούνται ανάλογα με την απόσταση που έχουν από το κέντρο του χάρτη όπως το βλέπει ο χρήστης ανά πάσα στιγμή. Επίσης για σκοπούς παρουσίασης και ευκολίας παρουσιάζονται ειδικά σημάδια (markers) πάνω στον χάρτη στα σημεία που υπάρχει διαθέσιμο κτίριο, πατώντας κάποιο σημάδι κτιρίου αμέσως φορτώνεται το κτίριο. Είναι το ίδιο με το αν το κτίριο επιλεγόταν από την μπάρα αναζήτησης.



Εικόνα 5.1 : Επιλογή κτιρίου.

Αφού ο χρήστης επιλέξει κάποιο κτίριο, τότε στέλνεται αίτημα στο Anyplace API με παράμετρο την ταυτότητα που έχει το επιλεγμένο κτίριο στο σύστημα ούτως ώστε να ξεκινήσει η καταφόρτωση των ορόφων και των σημείων ενδιαφέροντος των κτιρίων. Μόλις κατεβούν τα σχετικά δεδομένα παρουσιάζονται στον χάρτη και η μπάρα αναζήτησης στην κορυφή πλέον εξυπηρετεί στην αναζήτηση σημείων εντός του επιλεγμένου κτιρίου. Τα σημεία ενδιαφέροντος μπορούν να επιλεγθούν είτε από την πάρα αναζήτησης με λεκτική αναζήτηση, είτε με απλό πάτημα τους πάνω στον χάρτη. Δόθηκαν κάποιοι χρωματισμοί σε σημάδια σημείων πάνω στον χάρτη του κτιρίου λόγω της ιδιαίτερης τους σημασιολογικής αξία. Οι είσοδοι του κτιρίου είναι με πράσινο, οι σκάλες με κίτρινο, οι ανελκυστήρες με μωβ, το επιλεγμένο σημείο κόκκινο και ελαφρώς μεγεθυμένο και τα υπόλοιπα με μπλε.



Εικόνα 5.2: Επιλογή σημείου ενδιαφέροντος

Μόλις επιλεγθεί κάποιο σημείο ενδιαφέροντος, εμφανίζεται το αντίστοιχο παράθυρο ωφελιμότητας πάνω από το σημάδι του σημείου που επιλέχτηκε και ο χάρτης εστιάζει πάνω του.

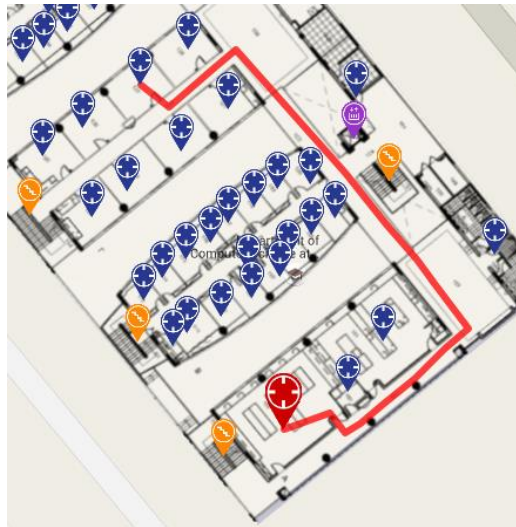


Εικόνα 5.3. : Παράθυρο ωφελιμότητας σημείου ενδιαφέροντος.

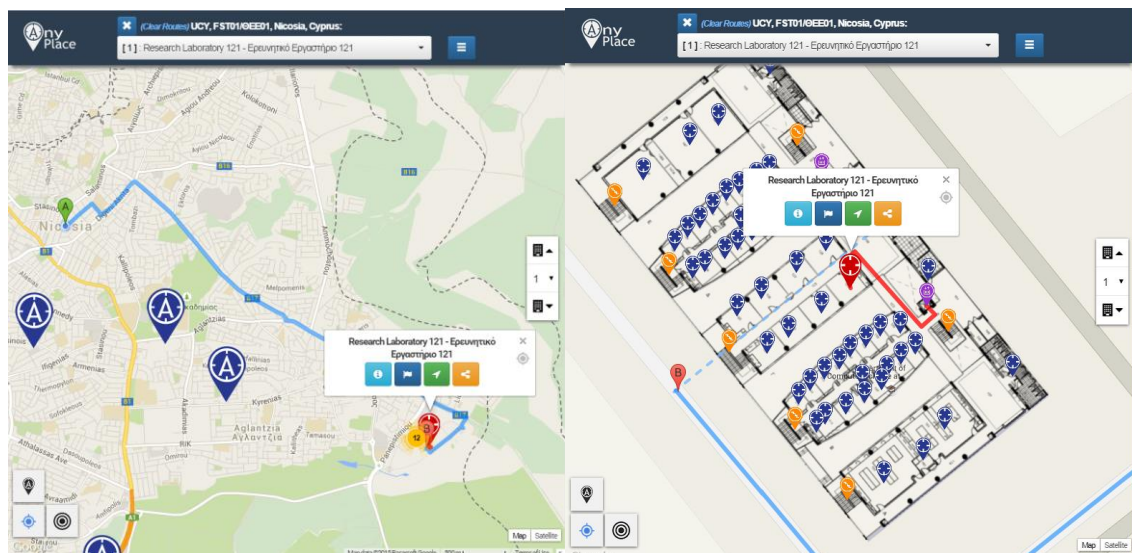
Στο παράθυρο ωφελιμότητας εμφανίζεται πάντα το όνομα του σημείου υπό μελέτη και τέσσερα (4) κουμπιά με τις εξής ιδιότητες (από αριστερά προς δεξιά):

1. Εμφάνιση/Απόκρυψη εκτενέστερης περιγραφής σημείου.
2. Σχεδιασμός μονοπατιού από ένα σημείο ενδιαφέροντος σε άλλο.
3. Σχεδιασμός και οδηγίες πλοήγησης από την φυσική θέση (πολύ πιθανόν εκτός κτιρίου) του χρήστη προς το επιλεγμένο σημείο.
4. Διαμοίραση επιλεγμένου σημείου μέσω σύντομου URL ή μέσω κώδικα HTML για ενσωμάτωση σημείου ενδιαφέροντος σε ιστοσελίδα.

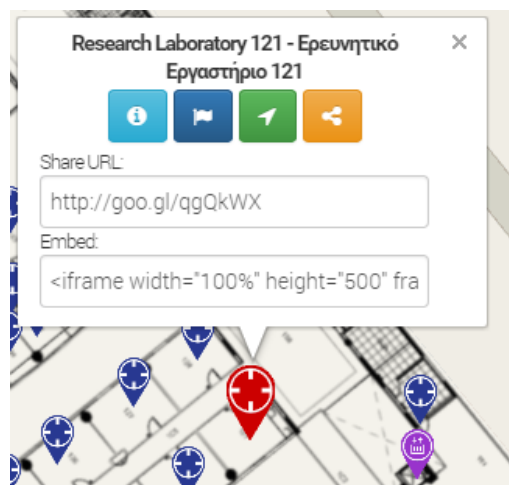
Σχετικά με τα σημεία 1 και 2, για τον σχεδιασμό των μονοπατιών πλοήγησης εντός κτιρίου χρησιμοποιείτε το μονοπάτι όπως υπολογίζεται από τον Anyplace Server μετά από αίτηση στο Anyplace API. Για τον σχεδιασμό και υπολογισμό του μονοπατιού από κάποιο σημείο έξω από το κτίριο προς κάποια είσοδο του κτιρίου χρησιμοποιείται η υπηρεσία Directions της Google.



Εικόνα 5.4: Σχεδιασμός μονοπατιού από σημείο ενδιαφέροντος σε άλλο.



Εικόνα 5.5. : Πλοήγηση από απομακρυσμένο σημείο σε σημείο εντός του κτιρίου.



Εικόνα 5.6 : Διαμοιρασμός σημείου ενδιαφέροντος σε τρίτους.

Μερικά επιπλέον χειριστήρια που εμφανίζονται στον Anyplace Viewer είναι τα εξής:

-  Χειριστήριο αλλαγής ορόφων.
-  Ενεργοποίηση εντοπισμού χρήστη με την βοήθεια του HTML5 Geolocation API. (Αυτή η μέθοδος έχει μικρότερη ακρίβεια από τον προσδιορισμό θέσης με την χρήση ραδιοχάρτη σημάτων Wi-Fi)
-  Εστίαση στο επιλεγμένο σημείο ενδιαφέροντος (ορατό μόνο όταν κάποιο σημείο ενδιαφέροντος είναι επιλεγμένο).
-  Εστίαση στο σημείο του χρήστη όπως υπολογίστηκε από το HTML5 Geolocation API (ορατό μόνο όταν η ένδειξη της γεωτοποθεσίας του χρήστη είναι ενεργή).
-  Επιλογή για μετατροπή του χάρτη σε δορυφορική όψη ή κανονική.



Εικόνα 5.7 : Τα κτίρια της Πανεπιστημιούπολης του Πανεπιστημίου Κύπρου όπως φαίνονται στον Anyplace Viewer, σε δορυφορική όψη.

Τέλος, αξίζει να αναφερθεί ότι σε προηγούμενη διπλωματική εργασία είχε αναπτυχθεί η πρώτη έκδοση του Anyplace Viewer. Η πρώτη έκδοση ήταν γραμμένη με την γλώσσα προγραμματισμού Dart [45] της Google η οποία εκείνο το διάστημα ήταν ακόμα σε έκδοση 0.x.x, δηλαδή δεν είχε κυκλοφορήσει ακόμα η σταθερή της έκδοση. Η προηγούμενη υλοποίηση είχε τα εξής μειονεκτήματα:

1. Λόγω του ότι μόνο ο Chromium περιηγητής μπορεί να τρέξει μια εφαρμογή σε Dart, ολόκληρη η εφαρμογή έπρεπε να μετατραπεί σε Javascript. Το τελικό αρχείο Javascript που δημιουργείτο ήταν εξαιρετικά μεγάλο σε μέγεθος (~2.4MB) με αποτέλεσμα να υπάρχει μεγάλη καθυστέρηση απόκρισης όταν φορτωνόταν ο Viewer.
2. Ο σχεδιασμός της διεπαφής του χρήστη δεν είχε σχεδιαστεί έχοντας κατά νου κινητές συσκευές αλλά μόνο παραδοσιακούς προσωπικούς υπολογιστές. Σε συνδυασμό με το σημείο 1, η εμπειρία σε κινητές συσκευές ήταν πολύ κατώτερη του επιθυμητού καθιστώντας την εφαρμογή αδύνατη να χρησιμοποιηθεί από χρήστες εν κινήσει.
3. Λόγω του ότι η γλώσσα υλοποίησης ήταν η νεοσύστατη Dart, υπήρχαν πολλά σημεία που δεν ήταν συμβατά με περιηγητές όπως Firefox, Safari και Internet Explorer και μόνο στον Chrome είχε την αναμενόμενη λειτουργικότητα.

Έγιναν προσπάθειες αλλαγής στον Viewer που ήταν υλοποιημένος σε Dart όμως ο χρόνος και φόρτος εργασίας που χρειαζόταν για να φτάσει σε επιθυμητά επίπεδα ήταν περισσότερος από την ανάπτυξη του από την αρχή με πιο κατάλληλες τεχνολογίες. Με την ανάπτυξη του Anyplace Viewer 2.0 κατά την διάρκεια αυτής της εργασίας τα πιο πάνω προβλήματα έχουν επιλυθεί.

5.2 Μελλοντικές επεκτάσεις

Το υποσύστημα του Anyplace Viewer βρίσκεται σε μια ικανοποιητική κατάσταση στην οποία μπορεί ο οποιοσδήποτε να το χρησιμοποιήσει και να επωφεληθεί από τις πληροφορίες που προσφέρονται. Παρ' όλα αυτά υπάρχουν ακόμα αρκετές βελτιώσεις και καινούργιες προσεγγίσεις που μπορούν να γίνουν για να βελτιώσουν ακόμα περισσότερο την αποδοτικότητα της εφαρμογής.

Συγκεκριμένα, υπάρχουν σημεία που καθυστερούν το χρόνο απόκρισης του συστήματος. Όπως θα παρουσιαστεί και στην τεχνική αποτίμηση στο επόμενο κεφάλαιο, το μέγεθος των αρχιτεκτονικών σχεδίων που καταφορτώνονται για κάθε όροφο είναι αρκετά μεγάλα (σε μέγεθος φορτίου που ταξιδεύει στο δίκτυο) και καθυστερούν να φτάσουν από τον εξυπηρετητή στην εφαρμογή. Αυτό μπορεί να λυθεί με την εφαρμογή τεχνικών συμπίεσης και προσωρινής αποθήκευσης των σχεδίων στην συσκευή του χρήστη για γρήγορη ανάκτηση.

Επίσης παρατηρήθηκε ότι σε κτίρια όπου γίνεται πολύ πυκνή και λεπτομερής χαρτογράφηση του εσωτερικού χώρου, δημιουργείται ένα “δάσος” από σημεία ενδιαφέροντος τα οποία ίσως να συγχύζουν τον χρήστη. Στο μέλλον θα ήταν καλό να μελετηθούν τεχνικές που να δίνουν κάποιου είδους προτεραιότητα σε σημεία ενδιαφέροντος για να εμφανίζονται πρώτα αυτά που είναι πιο πιθανόν να θέλει να δει ο χρήστης και σε δεύτερο χρόνο τα υπόλοιπα. Για παράδειγμα σε ένα σενάριο εμπορικού κέντρου όπου κάποιος χρήστης πάει με σκοπό την αγορά ειδών ένδυσης, θα θέλαμε να αναδείξουμε πρώτα τα καταστήματα που πουλούν τα σχετικά προϊόντα παρά να “χάνονται” ανάμεσα σε δευτερευούσης σημασίας σημεία όπως αποχωρητήρια, πυροσβεστικά σημεία.

Ακόμα ένα σημείο που μπορεί να βελτιωθεί είναι η μέθοδος με την οποία ο χρήστης μπορεί να μοιραστεί κάποιο σημείο ενδιαφέροντος με τρίτους. Αυτή την στιγμή παράγεται ένα μικρού μήκους URL το οποίο ο χρήστης μπορεί να το στείλει χειροκίνητα όπου επιθυμεί. Μελλοντικά ο Anyplace Viewer μπορεί να εκμεταλλευτεί την επιρροή που έχουν τα κοινωνικά δίκτυα με το να προστεθούν λειτουργίες που να διαμοιράζουν κάποιο σημείο ενδιαφέροντος απευθείας μέσω δημοφιλών κοινωνικών

δικτύων όπως Twitter, Facebook και Google+. Είναι αναμενόμενο πως όταν κάποιος μοιραστεί τον σύνδεσμο σε κάποιο από τα προαναφερθέντα κοινωνικά δίκτυα το κοινό που τον “ακολουθεί” θα έρθει σε επαφή με το Anyplace και θα είναι πιο εύκολο να προσκομιστούν καινούργιοι χρήστες στο σύστημα.

Τέλος, όπως αναφέρθηκε και για τον Architect, θέλουμε να προσφέρουμε θεματικές βιβλιοθήκες με τύπους σημείων ενδιαφέροντος και εικονιδίων που θα ανταποκρίνονται στις ξεχωριστές ανάγκες κάθε κτιρίου (π.χ. νοσοκομείο, στάδιο, εμπορικό κέντρο, πανεπιστήμιο) και να δώσουμε την δυνατότητα να εφαρμόζει φίλτρα πάνω σε ποιες κατηγορίες επιθυμεί να του εμφανίζονται.

Κεφάλαιο 6

Πειραματική Αποτίμηση

6.1	Μεθοδολογία	61
6.2	Τεχνική αποτίμηση επίδοσης Anyplace Architect & Viewer	62
6.3	Αποτελέσματα πληθοπορισμού	63
6.3.1	Σε ελεγχόμενο περιβάλλον	69
6.3.2	Σε μη-ελεγχόμενο περιβάλλον	73
6.4	Συμπεράσματα από τα δύο πειράματα	75

Σε αυτή την ενότητα θα παρουσιαστεί η πειραματική αξιολόγηση του συστήματος Anyplace. Το σύστημα συνολικά έχει παρουσιαστεί ήδη με επιτυχία και διακρίσεις σε μερικά διεθνή συνέδρια όπως IPIN'13, IPSN'13, MDM'14, IPIN'14 καθώς και σε διαγωνισμούς όπως [46] και [47] . Γι' αυτό τον λόγο η πειραματική αξιολόγηση σε αυτή την εργασία θα ασχοληθεί με την εφαρμογή του μοντέλου του Crowdsourcing που έγινε εφικτό και δοκιμάστηκε μέσα από αυτή την διπλωματική εργασία.

6.1 Μεθοδολογία

Για να ελέγξουμε την επίδοση των δύο εφαρμογών ιστού του συστήματος (Architect και Viewer) χρησιμοποιήσαμε δύο (2) διαφορετικά σενάρια. Στο πρώτο σενάριο έχουμε κάποιο χρήστη που χρησιμοποιεί τις εφαρμογές από τον προσωπικό του υπολογιστή με πολύ καλή σύνδεση στο διαδίκτυο (2Mbps). Στο δεύτερο σενάριο έχουμε ένα χρήστη εν κινήσει εντός του κτιρίου που χρησιμοποιεί τις εφαρμογές από την κινητή συσκευή του με σύνδεση 3G (750Kbps).

Επίσης για να ελέγξουμε την αποτελεσματικότητα του μοντέλου του πληθοπορισμού στο οποίο στηρίζεται το Anyplace, ζητήθηκε από δύο (2) ομάδες φοιτητών να χαρτογραφήσουν κάποια κτίρια (μοντέλα και αποτυπώματα Wi-Fi) για το Anyplace.

Η πρώτη ομάδα φοιτητών αποτελείτο από είκοσι-τρεις (23) πρωτοετείς φοιτητές Πληροφορικής του Πανεπιστημίου Κύπρου και τους ζητήθηκε να χαρτογραφήσουν έντεκα (11) κτίρια στην Πανεπιστημιούπολη. Σε αυτή την ομάδα στόχος του πειράματος ήταν να ελέγξουμε την ποιότητα του αποτελέσματος χαρτογράφησης από το πλήθος σε ένα πλήρως ελεγχόμενο και καθοδηγούμενο περιβάλλον. Ως εκ τούτου, σε αυτή τη ομάδα έγινε ενημέρωση σε συνάντηση μίας ώρας όπου τους επεξηγήθηκαν αναλυτικά οι εφαρμογές Anyplace Architect και Anyplace Logger που θα χρησιμοποιούσαν για την χαρτογράφηση. Επίσης ανατέθηκε σε κάθε άτομο συγκεκριμένο/α κτίριο/α και ρόλος, είτε “Architect” είτε “Logger” ούτως ώστε να κατανεμηθεί ομοιόμορφα ο φόρτος εργασίας. Η χαρτογράφηση διήρκεσε δύο (2) εβδομάδες και σε συχνά χρονικά διαστήματα τα άτομα λάμβαναν τεχνική υποστήριξη και υπενθυμίσεις μέσω email.

Για την δεύτερη ομάδα ατόμων στόχος του πειράματος ήταν να δούμε την ποιότητα του αποτελέσματος χαρτογράφησης από το πλήθος χωρίς οποιαδήποτε καθοδήγηση παρά μόνο τις πληροφορίες που είναι ελεύθερα διαθέσιμες σε όλους όπως η ιστοσελίδα του Anyplace. Στο τέλος του πειράματος από αυτή την ομάδα εισήχθησαν επτά (7) κτίρια, δύο (2) στην Θεσσαλονίκη και πέντε (5) στη Λεμεσό.

Για σκοπούς σύγκρισης θα χρησιμοποιηθούν τρία (3) κτίρια τα οποία χαρτογραφήθηκαν από έμπειρα άτομα και διαχειριστές του συστήματος.

6.2 Τεχνική αποτίμηση επίδοσης Anyplace Architect και Viewer

Ο Anyplace Architect και ο Anyplace Viewer ανταλλάζουν δεδομένα με τον Anyplace Server και την NoSQL βάση δεδομένων, μέσω του Anyplace API. Είναι πολύ σημαντικό αυτά τα δεδομένα να φτάνουν όσο πιο γρήγορα γίνεται στον χρήστη μέσω του δικτύου με ελάχιστη απόκριση.

Παρακάτω παρατίθενται τα αποτελέσματα δοκιμής που έγινε για αποτίμηση της αποδοτικότητας των δύο συστημάτων και να φανούν τα σημεία που χρήζουν βελτίωσης.

Οι δοκιμές έγιναν σε δύο (2) διαφορετικές διατάξεις:

Δ1: Προσωπικός Υπολογιστής με Google Chrome και σύνδεση 2Mbps (DSL)

Δ2: Κινητή συσκευή Android με Google Chrome και σύνδεση 750Kbps (3G)

Το κτίριο στο οποίο έγιναν οι δοκιμές είναι το ΘΕΕ01 στην πανεπιστημιούπολη του Πανεπιστήμιο Κύπρου το οποίο αποτελείται από 4 ορόφους και 383 σημεία ενδιαφέροντος στο σύστημα του Anyplace.

Επεξήγηση παρακάτω μετρικών:

- *Request sent*: Ο χρόνος αποστολής της αίτησης
- *Waiting (TTFB)*: Ο χρόνος μέχρι να φτάσει το πρώτο byte της απάντησης από τον εξυπηρετητή.
- *Content download*: Ο χρόνος καταφορτώσεις του περιεχομένου που ζητήθηκε.

- Ανάκτηση όλων των αντικειμένων JSON των κτιρίων (37 κτίρια – 18,325 bytes)

(Αίτηση: POST /anyplace/mapping/building/all)

Δ1:



Δ2:



- Ανάκτηση όλων των αντικειμένων JSON των ορόφων του ΘΕΕ01 (4 όροφοι – 1,495 bytes)

(Αίτηση: POST /anyplace/mapping/floor/all)

Δ1:



Δ2:



- Ανάκτηση του σχεδίου του ορόφου 0 του ΘΕΕ01 (846,316 bytes)

(Αίτηση: POST /anyplace/floorplans64/building_d1036173-bbfb-46bd-85dd-f76f05e07308_1424273600734/0)

Δ1:



Δ2:



- Ανάκτηση όλων των αντικειμένων JSON των σημείων ενδιαφέροντος του ΘΕΕ01 (383 σημεία – 211,543 bytes)

(Αίτηση: POST /anyplace/mapping/pois/all_building)

Δ1:



Δ2:



Παρατηρήσεις:

Παρατηρούμε πως σε μια κινητή συσκευή που είναι ενωμένη στο διαδίκτυο με 3G χρειάζονται περίπου 25 δευτερόλεπτα για να φορτωθεί πλήρως που είναι σχετικά μεγάλος χρόνος ο οποίος μπορεί να βελτιωθεί. Φαίνεται πως και στις δύο περιπτώσεις, το σημείο που ξοδεύεται ο περισσότερος χρόνος είναι στο κατέβασμα του σχεδίου το ορόφου λόγω του ότι είναι εικόνα μεγάλου μεγέθους. Αυτό μπορεί να διορθωθεί με τεχνικές όπως caching και συμπίεση. Επίσης παρατηρούμε ότι όταν ένα κτίριο φτάσει να έχει περίπου 500 - 1000 σημεία ενδιαφέροντος, παρ' όλο που καταφορτώνονται σε μορφή JSON (κείμενο), το συνολικό τους μέγεθος γίνεται μεγάλο και καθυστερεί τις εφαρμογές. Μία λύση στο πρόβλημα αυτό είναι να γίνεται επιλεκτική φόρτωση με προτεραιότητα βάσει του πόσο σημαντικό είναι το κάθε σημείο για το κτίριο.

6.3 Αποτελέσματα πληθοπορισμού

Παρακάτω ακολουθούν δύο (2) πειράματα που έγιναν με δύο (2) διαφορετικές ομάδες ατόμων που τους ζητήθηκε να χαρτογραφήσουν πλήρως κάποιο αριθμό κτιρίων για να δούμε την αποτελεσματικότητα των δύο (2) πληθοποριστικών εφαρμογών του συστήματος του Anyplace (Architect και Logger) καθώς και να ελέγξουμε την ποιότητα της πληροφορίας που μαζεύτηκε μέσω του πληθοπορισμού.

Οι μετρικές οι οποίες αποφασίστηκαν για να γίνει η πιο πάνω αξιολόγηση είναι οι εξής:

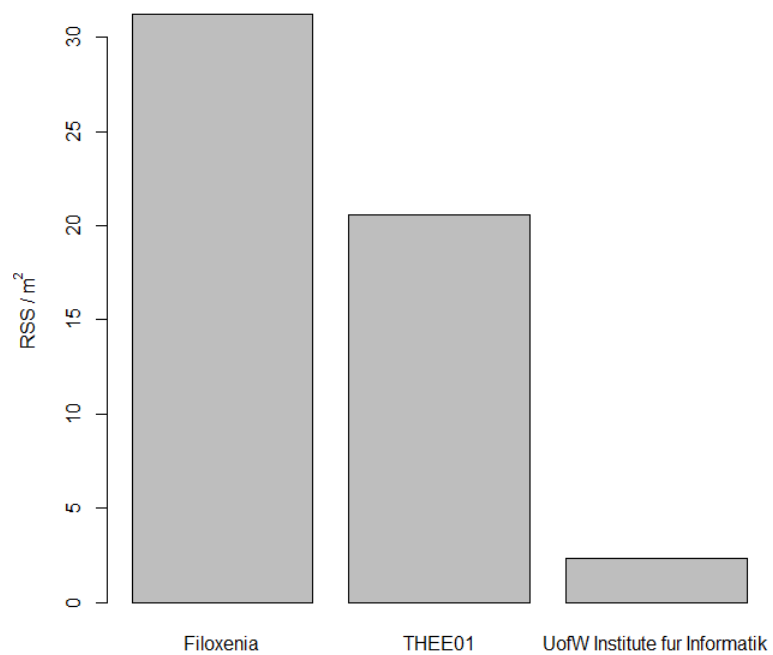
1. **RSS/m²**: Ο αριθμός των αποτυπωμάτων σήματος Wi-Fi που συλλέχτηκαν μέσα στο κτίριο προς την συνολική έκταση του κτιρίου σε τετραγωνικά μέτρα. Με αυτή την μετρική μπορούμε να δούμε πόσο καλή προεργασία έγινε με τον Anyplace Logger. Όσο περισσότερα αποτυπώματα μαζευτούν, τόσο πιο ακριβής θα είναι ραδιοχάρτης που θα χρησιμοποιηθεί αργότερα από τον Anyplace Navigator για εσωτερική γεωπλοήγηση και γεωτοποθέτηση.
2. **POIs/m²**: Ο αριθμός των σημείων ενδιαφέροντος εντός του κτιρίου προς την συνολική έκταση του κτιρίου σε τετραγωνικά μέτρα. Με αυτή την μετρική μπορούμε να δούμε με πόση λεπτομέρεια κάποιο άτομο χαρτογράφησε το κτίριο μέσα στον Anyplace Architect.

Για σκοπούς σύγκρισης με τα αποτελέσματα των πειραμάτων πληθοπορισμού, θα χρησιμοποιήσουμε τρία (3) κτίρια τα οποία χαρτογραφήθηκαν (με τον Anyplace Architect και με τον Anyplace Logger) από τους διαχειριστές του συστήματος:

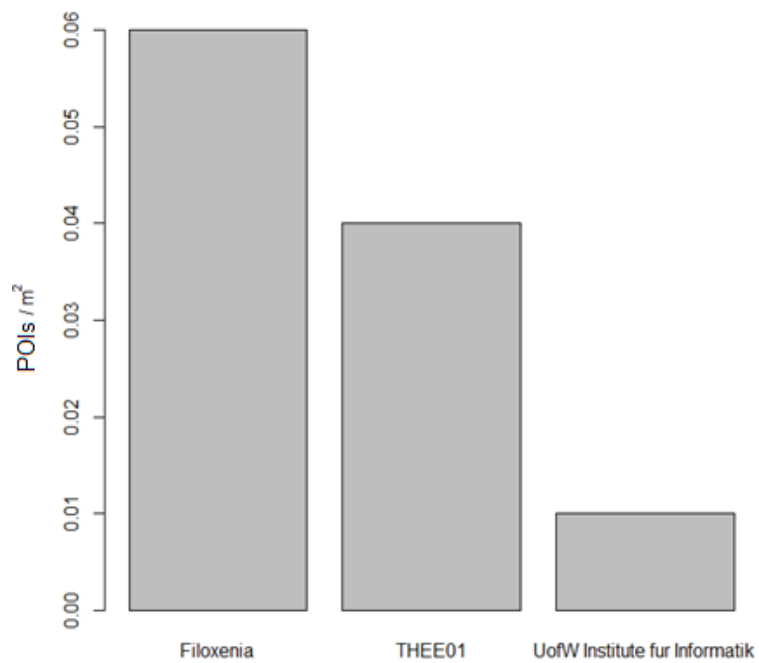
1. Συνεδριακό Κέντρο Φιλοξένια
2. ΘΕΕ01 – Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών 01
3. University of Würzburg, Institute für Informatik

Κτίριο	Έκταση (m ²)	Συνολικά POIs	Συνολικά RSS	POIs/m ²	RSS/m ²
Filoxenia	1060	66	33083	0,06	31,21
THEE01	8896,88	383	183291	0,04	20,60
Würzburg	9670	107	22572	0,01	2,33

Πίνακας 6.1 : Μετρικές για κτίρια που εισάχθηκαν από έμπειρα άτομα.

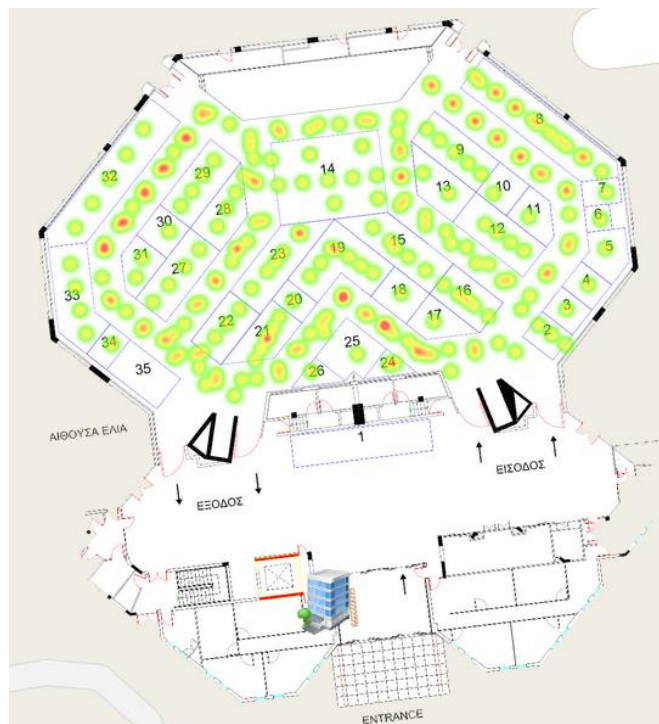


Γράφημα 6.1 : RSS/m² για τα 3 κτίρια που χαρτογραφήθηκαν από ειδικούς

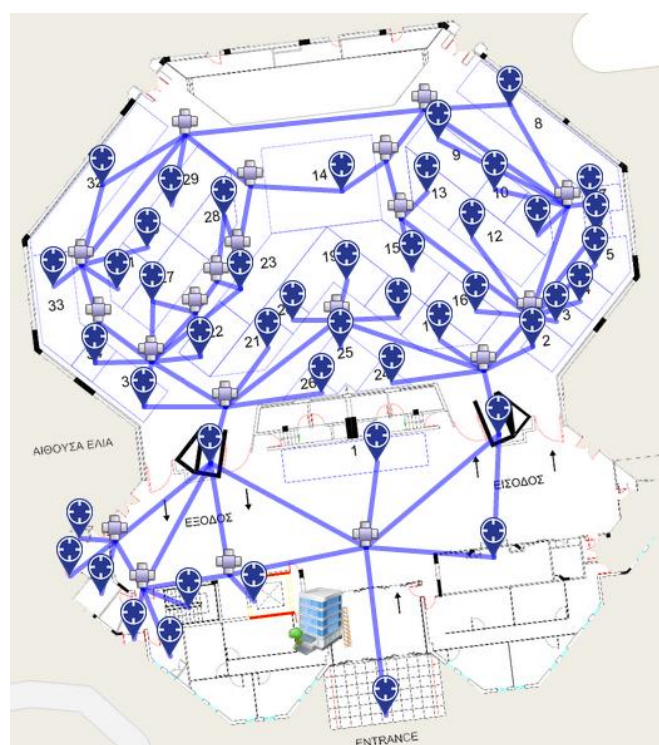


Γράφημα 6.2 : POIs/m² για τα 3 κτίρια που χαρτογραφήθηκαν από ειδικούς

Παράδειγμα χαρτογράφησης από ειδικό άτομο (Κτίριο Φιλοξένια):



Εικόνα 6.1 : Προβολή σημείων όπου έγινε λήψη σημάτων Wi-Fi.



Εικόνα 6.2 : Προβολή σημείων ενδιαφέροντος και συνδέσεων μεταξύ τους

Μειονεκτήματα της μετρικής RSS/m²:

- Υπάρχουν περιοχές σε κτίρια που δεν μπορούν να ληφθούν μετρήσεις διότι δεν είναι προσβάσιμες για οποιονδήποτε, οι περιοχές αυτές όμως υπολογίζονται στο συνολικό εμβαδόν του κτιρίου.
- Αυτή η μετρική δεν μας δείχνει πόσο καλά διαμοιρασμένες είναι οι μετρήσεις στον χώρο.

Παράγοντες που επηρεάζουν την μετρική POIs/m²:

- Εξαρτάται άμεσα από την μορφολογία του κτιρίου και το είδος των POIs (π.χ. ένα γήπεδο της καλαθόσφαιρας μέσα σε ένα αθλητικό κέντρο μπορεί να μοντελοποιηθεί με ένα μόνο αντίστοιχο σημείο ενδιαφέροντος παρ' όλο που καταλαμβάνει μεγάλη έκταση.)

6.3.1 Σε ελεγχόμενο περιβάλλον

Διάταξη:

Στόχος: Πλήρης χαρτογράφηση των κτιρίων της Πανεπιστημιούπολης του Πανεπιστημίου Κύπρου. Για κάθε κτίριο ο στόχος ήταν η εισαγωγή πληροφοριών που αφορούν το κτίριο, τους ορόφους του και τα σημεία ενδιαφέροντος που περιέχει καθώς και η συλλογή αποτυπωμάτων Wi-Fi.

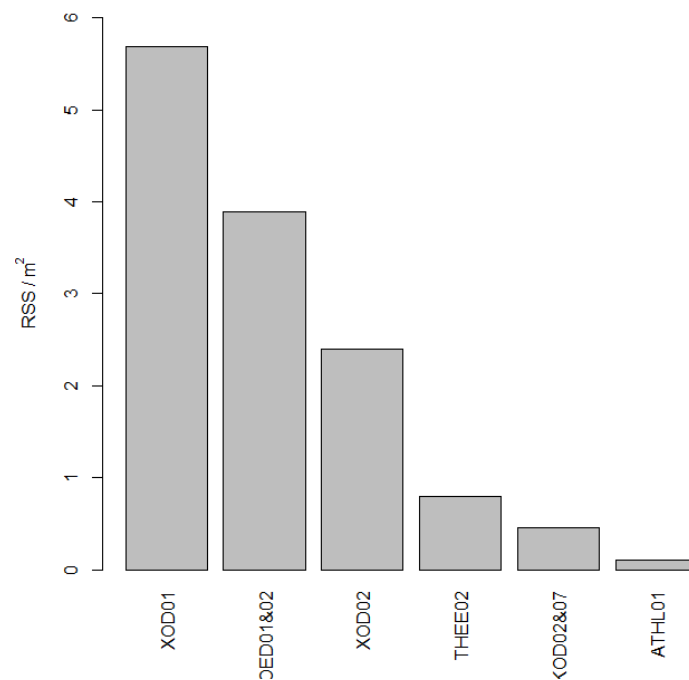
Δημογραφικά Στοιχεία: Πρωτοετείς φοιτητές του Τμήματος Πληροφορικής του Πανεπιστημίου Κύπρου. (Ηλικίας 18-20)

Κίνητρο: Ηθική Ικανοποίηση / Εθελοντισμός

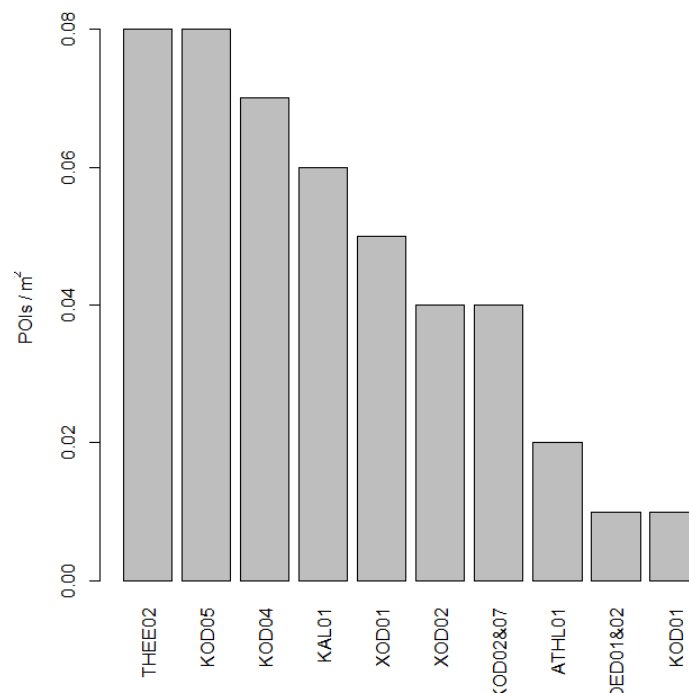
Κτίριο	Έκταση (m ²)	Συνολικά POIs	Συνολικά RSS	POIs/m ²	RSS/m ²
THEE02	8896,88	7133	735	0,08	0,80
XOD01	1685,06	96	9601	0,05	5,69
XOD02	8504,02	339	15819	0,04	2,4
OED01&02	9992,85	121	33468	0,01	3,89
ATHL01	6143,28	124	693	0,02	0,11
KAL01	9444,33	640	0	0,06	0
KOD01	3569,59	61	0	0,01	0
KOD02&07	3796,1	184	1760	0,04	0,46
KOD03	922,69	73	0	0,079	0
KOD04	797	61	0	0,07	0
KOD05	731,81	59	0	0,08	0
	54483,61	8891	62076	0,11	2,22

Πίνακας 6.2 : Μετρικές από χαρτογράφηση κτιρίων σε ελεγχόμενο περιβάλλον.

Αποτελέσματα:



Γράφημα 6.3 : RSS/m² για τα κτίρια που χαρτογραφήθηκαν από άτομα του πρώτου πειράματος.

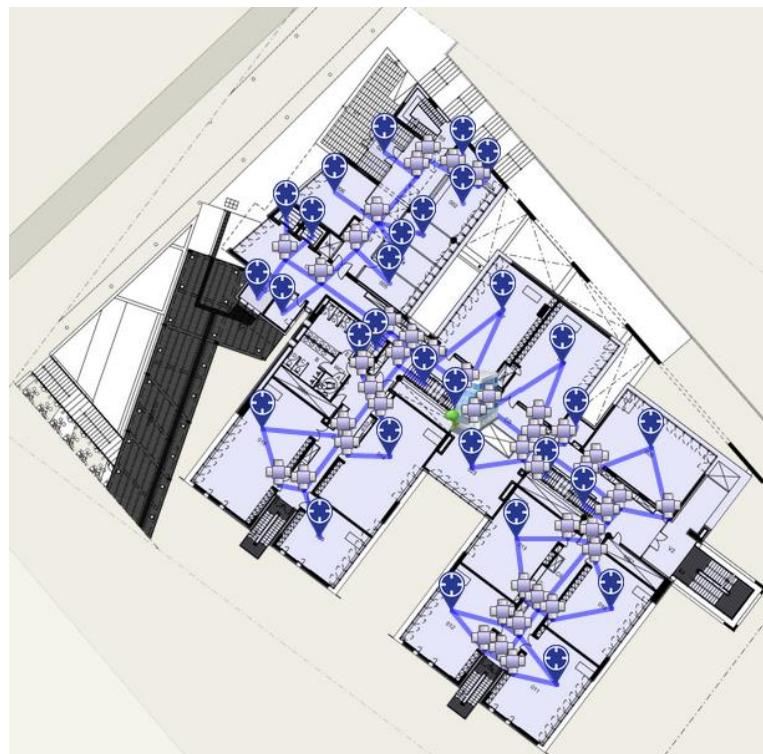


Γράφημα 6.4 : POIs/m² για τα κτίρια που χαρτογραφήθηκαν από άτομα του πρώτου πειράματος.

Παράδειγμα χαρτογράφησης από άτομο του πρώτου πειράματος (ΧΩΔ02 – Ισόγειο):



Εικόνα 6.3 : Προβολή σημείων όπου έγινε λήψη σημάτων Wi-Fi.



Εικόνα 6.4 : Προβολή σημείων ενδιαφέροντος και συνδέσεων μεταξύ τους

6.3.2 Σε μη-ελεγχόμενο περιβάλλον

Διάταξη:

Στόχος: Ανοιχτό κάλεσμα σε ομάδα φοιτητών του Ανοικτού Πανεπιστημίου Κύπρου για να χαρτογραφήσουν γενικά κάποια κτίρια τις επιθυμίας τους με μόνη τους καθοδήγηση τις πληροφορίες από την ιστοσελίδα του Anyplace και από την διαισθητική των συστημάτων.

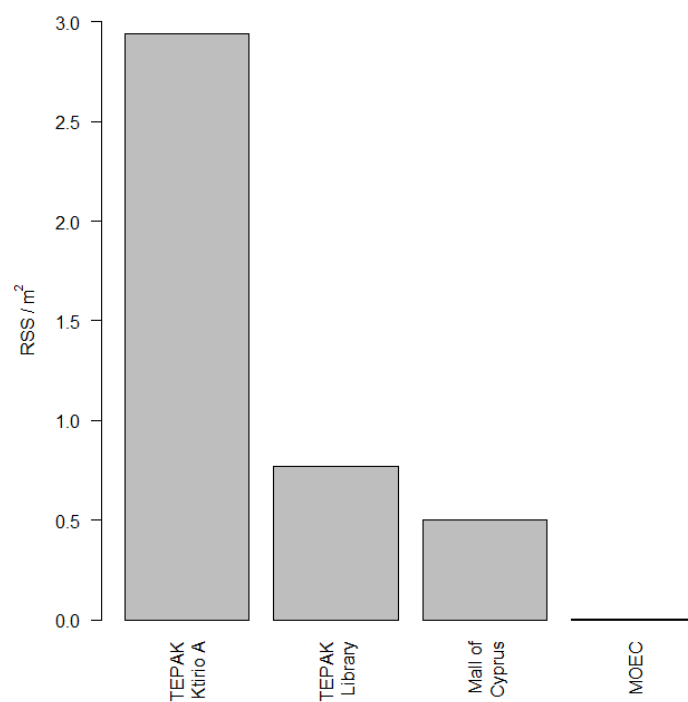
Δημογραφικά Στοιχεία: Φοιτητές του Ανοικτού Πανεπιστημίου Κύπρου.

Κίνητρο: Ηθική Ικανοποίηση / Εθελοντισμός

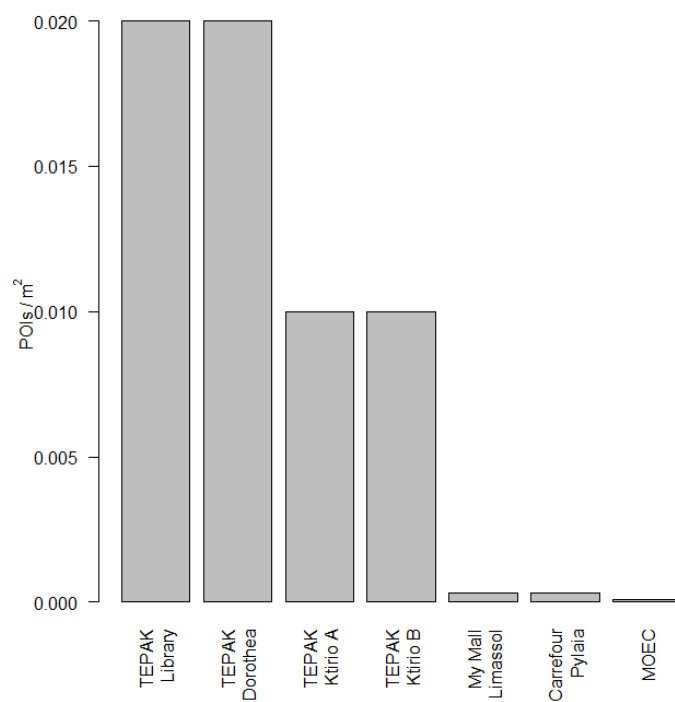
Κτίριο	Έκταση (m ²)	Συνολικά POIs	Συνολικά RSS	POIs/m ²	RSS/m ²
TEPAK Library.	1498	38	1156	0,02	0,77
TEPAK Dorothea	1564	44	0	0,02	0
TEPAK Ktirio A	1820	26	5363	0,01	2,94
TEPAK Ktirio B	800	9	0	0,01	0
My Mall, Limassol	18150	7	0	0,0003	0
Mediterranean Cosmos Mall	-	9	-	0	0
Carrefour Pylaia	18000	7	0	0,0003	0
MOEC	33576	48	185	0,001	0,005
	51576	188	185	-	1,23

Πίνακας 6.3 : Μετρικές από χαρτογράφηση κτιρίων σε ελεγχόμενο περιβάλλον.

Αποτελέσματα:

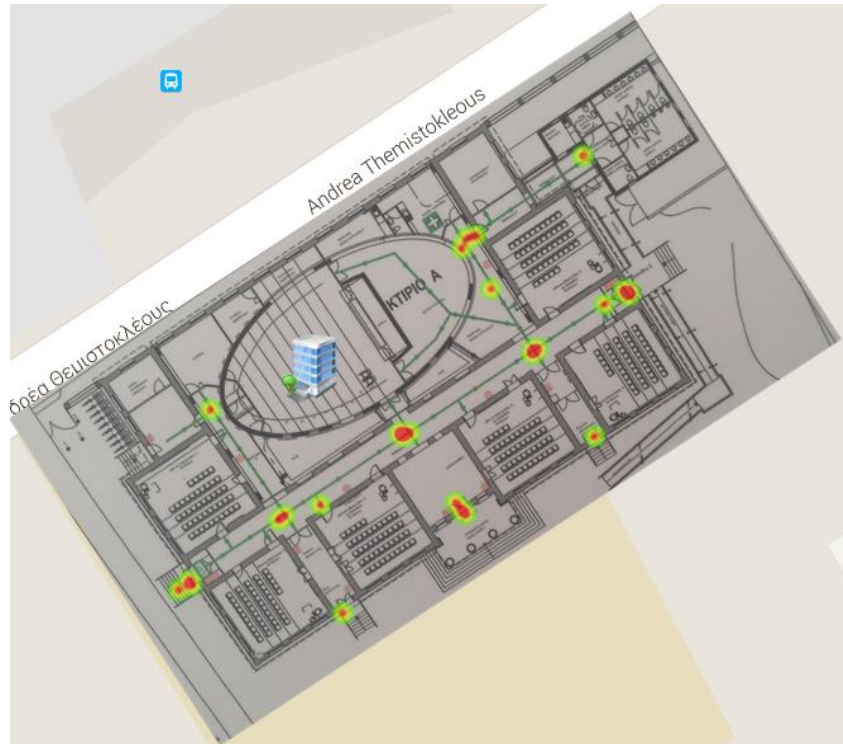


Γράφημα 6.5 : RSS/m² για τα κτίρια που χαρτογραφήθηκαν από άτομα του πρώτου πειράματος.

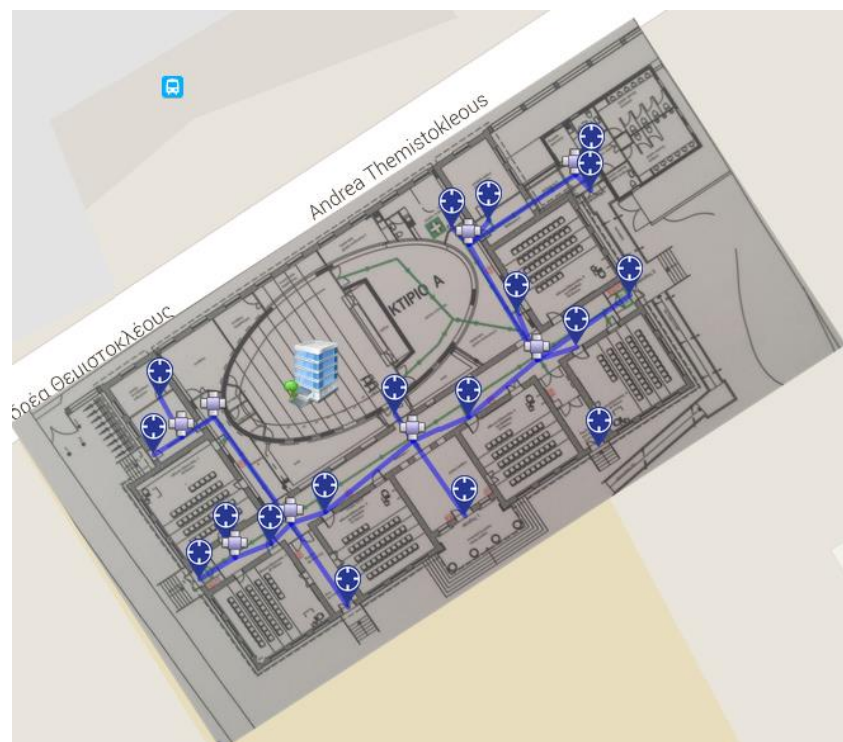


Γράφημα 6.6 : POIs/m² για τα κτίρια που χαρτογραφήθηκαν από άτομα του δεύτερου πειράματος.

Παράδειγμα χαρτογράφησης από άτομο του δεύτερου πειράματος (ΤΕΠΑΚ Κτίριο Α – Ισόγειο):

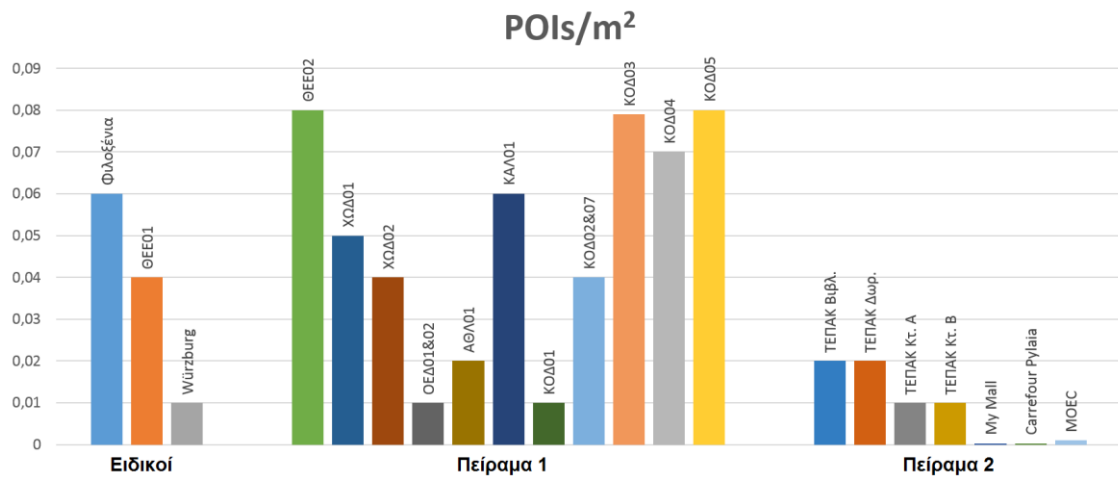


Εικόνα 6.5 : Προβολή σημείων όπου έγινε λήψη σημάτων Wi-Fi.

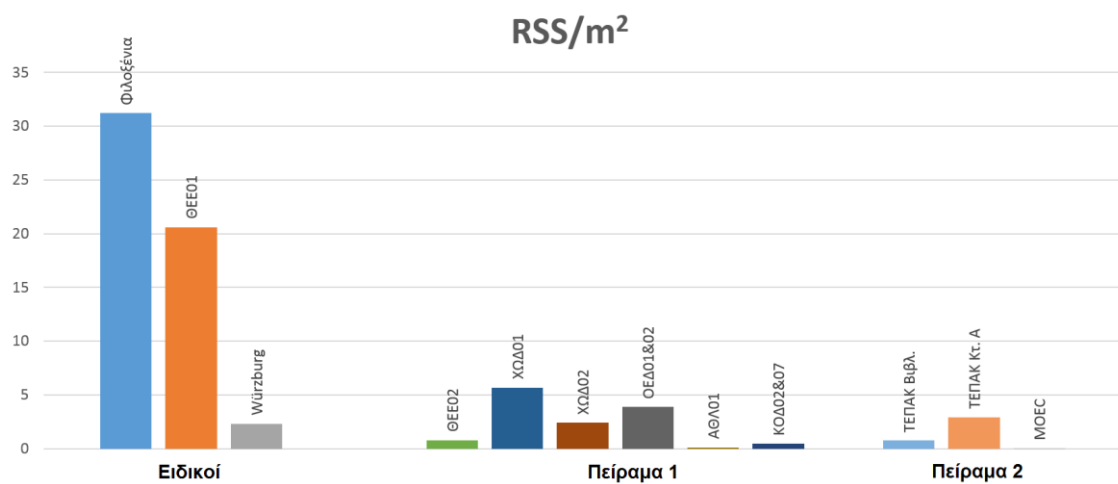


Εικόνα 6.6 : Προβολή σημείων ενδιαφέροντος και συνδέσεων μεταξύ τους

Σύγκριση Αποτελεσμάτων:



Γράφημα 6.7 : Σύγκριση της μετρικής POIs/m² για την χαρτογράφηση που έγινε από τις τρεις διαφορετικές ομάδες ατόμων.



Γράφημα 6.8 : Σύγκριση της μετρικής RSS/m² για την χαρτογράφηση που έγινε από τις τρεις διαφορετικές ομάδες ατόμων.

6.4 Συμπεράσματα από τα δύο πειράματα

Όπως ήταν αναμενόμενο, η πιο λεπτομερής χαρτογράφηση έγινε από τους διαχειριστές του συστήματος, ακολούθως, λιγότερο λεπτομερής χαρτογράφηση έγινε από την ομάδα που τους δόθηκαν αναλυτικές οδηγίες και η πιο λίγο λεπτομερής χαρτογράφηση έγινε από την ομάδα που δεν είχε καμία καθοδήγηση.

Επίσης παρατηρήθηκε ότι τρία (3) άτομα από την ομάδα του πρώτου πειράματος, παρ' όλο που τους έγινε εκτενής καθοδήγηση, δεν συνείσφεραν καθόλου στο κομμάτι που της χαρτογράφησης που τους ανατέθηκε.

Στην ομάδα του δευτέρου πειράματος παρατηρήθηκε ότι παρ' όλο που ασχολήθηκαν με το να εισάγουν καινούρια κτίρια ανεβάζοντας τα αρχιτεκτονικά σχέδια των ορόφων, δεν ήταν ξεκάθαρο με πόση λεπτομέρεια έπρεπε να χαρτογραφηθούν εσωτερικά οι όροφοι. Ως επακόλουθο παρατηρούνται κτίρια με μόνο τα βασικά σημεία ενδιαφέροντος όπως τις εισόδους, τις σκάλες και τους ανελκυστήρες.

Επίσης και στις δύο ομάδες του πειράματος παρατηρήθηκαν ατασθαλίες όπως για παράδειγμα, διαφορετικός αριθμός ανελκυστήρων σε κάθε όροφο ενώ – ως επί το πλείστον – εξ' ορισμού οι ανελκυστήρες ενώνουν όλους τους ορόφους.

Συμπερασματικά, ήταν αναμενόμενο ότι η ποιότητα χαρτογράφησης από ειδικούς θα ξεπερνούσε την ποιότητα της συνεισφοράς του πλήθους. Παρ' όλα αυτά, με την μέθοδο του πληθοπορισμού έγινε εφικτό μέσα σε διάστημα δύο (2) εβδομάδων να εμπλουτιστεί η συλλογή κτιρίων του Anyplace με 20 καινούρια κτίρια, με μηδενικό οικονομικό κόστος. Επίσης στο μέλλον, πάντα υπάρχει η δυνατότητα οι πληροφορίες που μαζευτήκαν μέσω των πειραμάτων να τελειοποιηθούν από άλλα συνεισφέροντα άτομα και η συνολική συνεισφορά να αγγίξει ή και να ξεπεράσει την ποιότητα χαρτογράφησης που έγινε από εξειδικευμένα άτομα.

Κεφάλαιο 7

Συμπεράσματα και Μελλοντικές Επεκτάσεις

7.1	Συμπεράσματα	78
7.2	Μελλοντικές επεκτάσεις	79

7.1 Συμπεράσματα

Σε αυτή την διπλωματική εργασία παρουσιάστηκε το Anyplace, ένα ολοκληρωμένο σύστημα εσωτερικής πληροφόρησης με μια αρχιτεκτονική που μπορεί να ευκολά να επεκταθεί περαιτέρω με την προσθήκη διαφόρων συστατικών που θα επεκτείνουν ή θα βελτιώσουν τις λειτουργίες του.

Τεχνολογίες όπως οι έξυπνες συσκευές και οι αισθητήρες που κουβαλούν αποτελούν πλέον αναπόσπαστο κομμάτι της ζωής των ανθρώπων. Σε συνδυασμό με το γεγονός ότι ένα τεράστιο ποσοστό της τάξεως του 80% - 90% της ζωής των ανθρώπων αφιερώνεται μέσα σε εσωτερικούς χώρους, φαίνεται ξεκάθαρα η ανάγκη για ενίσχυση και βελτίωση της ποιότητας του χρόνου που ξοδεύεται εντός κτιρίων.

Πολύ σημαντική πληροφορία για εφαρμογές που στοχεύουν άτομα σε εσωτερικούς χώρους είναι η τοποθεσία τους μέσα στο κτίριο. Για εξωτερικούς χώρους αυτή η πληροφορία είναι πλέον πολύ εύκολη να ληφθεί με τεχνολογίες όπως το GPS σε συνδυασμό με χάρτες όπως το Google Maps. Η χαρτογράφηση των εσωτερικών χώρων όμως και γεωτοποθέτηση μέσα σε αυτούς είναι ακόμα σε πρώιμα στάδια όπου ερευνητές και εμπορικές εταιρείες προσπαθούν να βρουν όσο το δυνατό οικονομικές λύσεις με όσο το δυνατό μεγαλύτερη ακρίβεια. Η δεδομένη πλέον ύπαρξη αρκετών

σημείων πρόσβασης Wi-Fi σε ένα κτίριο, είναι μια από τις παραμέτρους που κάνουν εφικτό τον προσδιορισμό της θέσης κάποιου χρήστη σε εσωτερικό χώρο.

Το Anyplace είναι ένα βραβευμένο σύστημα εσωτερικής πληροφόρησής που αξιοποιεί την ύπαρξη σημείων πρόσβασης Wi-Fi και μπορεί να συναγωνιστεί και να προσπεράσει υπόλοιπα συστήματα του είδους του. Μέρος του συστήματος αυτού αποτελούν τα εργαλεία χαρτογράφησης και παρουσίασης που αναπτύχθηκαν κατά την διάρκεια αυτής της διπλωματικής εργασίας.

Ακόμα μέσα από αυτή την διπλωματική εργασία παρουσιάστηκε η μέθοδος του πληθοπορισμού, η οικονομική προσέγγιση για την συλλογή των δεδομένων του Anyplace. Το πληθοποριστικό μοντέλο και η πειραματική αξιολόγηση του, οδήγησε στο να εμπλουτιστεί η συλλογή του Anyplace με πάνω από 40 κτίρια σε 11 χώρες. Όπως παρατηρήθηκε κατά την διάρκεια της εργασίας αυτής, είναι εύκολο με τον πληθοπορισμό να επεκταθεί η συλλογή των δεδομένων πολύ γρήγορα όμως με αντάλλαγμα την ποιότητα της πληροφορίας. Χρειάζεται εκτενής παρατήρηση και καθοδήγηση των ατόμων που συνεισφέρουν στο σύστημα ούτως ώστε να είναι ξεκάθαροι οι στόχοι της εργασίας που ανάλαβαν να φέρουν εις πέρας αλλά και να γίνεται συνεχής φιλτράρισμα για διατήρηση της ποιότητας της πληροφορίας.

7.2 Μελλοντικές επεκτάσεις

Αυτή τη στιγμή το Anyplace βρίσκεται σε ένα ικανοποιητικό στάδιο όπου χρήστες εκτός της ερευνητικής ομάδας ξεκίνησαν να το χρησιμοποιούν με επιτυχία. Υπάρχουν κάποια σημεία βέβαια που τυγχάνουν βελτίωσης ούτως ώστε να βελτιωθεί και η εμπειρία των χρηστών του συστήματος.

Σχετικά με την τεχνική προσδιορισμού της γεωτοποθεσίας κάποιου χρήστη μέσα σε εσωτερικούς χώρους, θα ήταν ενδιαφέρον στον Anyplace Logger, παράλληλα με την συλλογή αποτυπωμάτων εντάσεως σήματος Wi-Fi, να γινόταν και συλλογή μετρήσεων μαγνητικών πεδίων της γης (η τεχνική που χρησιμοποιεί το IndoorAtlas όπως παρουσιάστηκε στην σχετική βιβλιογραφία) για να φανεί κατά πόσο ο συνδυασμός αυτών των δύο μετρικών μπορεί να προσθέσει περισσότερη ακρίβεια.

Επίσης με την τεχνολογία των έξυπνων ρολογιών που γίνονται όλο και πιο δημοφιλή, θα ήταν καλό να μελετηθούν οι προοπτικές και δυνατότητες για εφαρμογές ενός συστήματος εσωτερικής πληροφόρησης όπως το Anyplace.

Τα δεδομένα που ταξιδεύουν στο δίκτυο προς και από την συσκευή του χρήστη πρέπει να γίνουν όσο πιο μικρά σε μέγεθος γίνεται για να μειωθεί ο χρόνος απόκρισης. Τεχνικές όπως συμπίεση και έξυπνη προ-φόρτωση θα επιτύγχαναν να φορτώνεται το δίκτυο όσο το δυνατό λιγότερο. Αυτό είναι ένα σημαντικό σημείο καθώς ο μέσος χρήστης του Anyplace θα είναι κάποιο άτομο που βρίσκεται εν κινήσει και ήδη μέσα σε κάποιο κτίριο και πολύ πιθανόν να έχει χαμηλής εμβέλειας σύνδεση στο διαδίκτυο (π.χ. 3G). Αυτό κυρίως αφορά την εφαρμογή ιστού Anyplace Viewer.

Στον Anyplace Architect θα ήταν ωφέλιμο να συμπεριληφθεί ένα έγγραφο με καθοδηγήτριες γραμμές ούτως ώστε να υπάρχει ομοιομορφία και τάξη στα κτίρια που συλλέγονται από το πλήθος.

Το Anyplace ως πλατφόρμα πληθοπορισμού αυτή την στιγμή, το κίνητρο που προσφέρει στους χρήστες για να προσθέσουν δεδομένα είναι η ηθική ικανοποίηση και το αίσθημα του εθελοντισμού. Θα ήταν πολύ βοηθητικό στο να ελκύσει χρήστες που επιθυμούν να συνεισφέρουν με το να τους δώσει επιπλέον κίνητρα. Για παράδειγμα ανάλογα με τις συνεισφορές του ο κάθε χρήστης να αποκομίζει κάποιας μορφής ανταμοιβή όπως φήμη, πόντους και παράσημα που θα υποδηλώνουν την εμπειρογνωμοσύνη του και την τεχνική του κατάρτιση στο σύστημα. Αυτό θα μπορούσε να επεκταθεί περαιτέρω σε μια αγορά πρόσληψης ατόμων για χαρτογράφηση όπου ιδιοκτήτες κτιρίων θα μπορούσαν να ζητήσουν τις υπηρεσίες των πιο έμπειρων χρηστών για χαρτογράφηση του κτιρίου τους στο σύστημα του Anyplace με αντάλλαγμα ίσως κάποια χρηματική ανταμοιβή, παρόμοια με το Amazon Mechanical Turk [48].

Βιβλιογραφία

- [1] “Strategy Analytics.” [Online]. Available: <http://www.strategyanalytics.com>.
- [2] L. Li, P. Hu, C. Peng, G. Shen, and F. Zhao, “Epsilon: A visible light based positioning system,” in 11th USENIX Symposium on Networked Systems Design and Implementation (NSDI), 2014, pp. 331–343.
- [3] P. Lazik and A. Rowe, “Indoor pseudo-ranging of mobile devices using ultrasonic chirps,” in Proceedings of the 10th ACM Conference on Embedded Network Sensor Systems (SenSys). Toronto, Ontario, Canada: ACM, 2012, pp. 99–112.
- [4] “Microsoft Indoor Localization Competition 2014” <http://goo.gl/V4kFoW>
- [5] “Crowdsourced trace similarity with smartphones”, Demetrios Zeinalipour-Yazti, Christos Laoudias, Constandinos Costa, Michail Vlachos, Maria I. Andreou and Dimitrios Gunopulos, IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering (TKDE '13), IEEE Computer Society, Volume 25, Pages: 1240-1253, Los Alamitos, CA, USA, 2013
- [6] D. Han, S. Jung, M. Lee, and G. Yoon, “Building a practical Wi-Fi based indoor navigation system,” IEEE Pervasive Computing, vol. 13, no. 2, pp. 72–79, 2014.
- [7] Ekahau Real-Time Location System, <http://www.ekahau.com/>
- [8] J. Ledlie, J.-g. Park, D. Curtis, A. Cavalcante, L. Camara, A. Costa, and R. Vieira, “Mol’e: a scalable, server-generated WiFi positioning engine,” Journal of Location Based Services, vol. 6, no. 2, pp. 55–80, Jun. 2012.
- [9] A. LaMarca, Y. Chawathe, S. Consolvo, J. Hightower, I. Smith, J. Scott, T. Sohn, J. Howard, J. Hughes, F. Potter, J. Tabert, P. Powledge, G. Borriello, and B. Schilit, “Place Lab: Device positioning using radio beacons in the wild,” Pervasive Computing, pp. 116–133, 2005.
- [10] P. Bolliger, “Redpin - adaptive, zero-configuration indoor localization through user collaboration,” in 1st ACM international workshop on Mobile Entity Localization and Tracking in GPS-less environments (MELT), 2008, pp. 55–60.
- [11] A. Rai, K. K. Chintalapudi, V. N. Padmanabhan, and R. Sen, “Zee: zeroeffort crowdsourcing for indoor localization,” in Proceedings of the 18th annual international conference on Mobile computing and networking. Istanbul, Turkey: ACM, 2012, pp. 293–304.
- [12] S. Yang, P. Dessai, M. Verma, and M. Gerla, “FreeLoc: Calibration-free crowdsourced indoor localization,” in IEEE International Conference on Computer Communications INFOCOM, 2013.

-
- [13] J. Ledlie, J.-g. Park, D. Curtis, A. Cavalcante, L. Camara, A. Costa, and R. Vieira, "Mol'e: a scalable, user-generated WiFi positioning engine," *Journal of Location Based Services*, vol. 6, no. 2, pp. 55–80, Jun. 2012.
- [14] Indoor Maps, <http://maps.google.com/help/maps/indoormaps/>, December 2014.
- [15] R. Empson, "Apple acquires indoor GPS startup WiFiSlam for \$20M," *Techcrunch.com*, March 2013. [Online]. Available: <http://goo.gl/WI3g6>
- [16] Y. Gu, A. Lo, and I. Niemegeers, "A survey of indoor positioning systems for wireless personal networks," *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, vol. 11, no. 1, pp. 13–32, 2009.
- [17] Y. Gu, A. Lo, and I. Niemegeers, "A survey of indoor positioning systems for wireless personal networks," *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, vol. 11, no. 1, pp. 13–32, 2009
- [18] "MazeMap Homepage" <http://www.mazemap.com/>
- [19] "Leaflet Maps" <http://leafletjs.com/>
- [20] "Cisco MSE" <http://www.cisco.com/c/en/us/products/wireless/mobility-services-engine/index.html>
- [21] "Cisco CMX" <http://www.cisco.com/c/en/us/solutions/enterprise-networks/connected-mobile-experiences/index.html>
- [22] "Cisco network setup for MazeMap" <http://www.mazemap.com/setup-enterprise>
- [23] "IndoorAtlas homepage" <https://www.indooratlas.com>
- [24] Larry C. Boles and Kenneth J. Lohmann. True navigation and magnetic maps in spiny lobsters. *Nature*, 421:60–63, 2003.
- [25] W.Wiltschko and R.Wiltschko. Magnetic compass of european robins. *Science*, 176:62–64, 1972.
- [26] T.H. Maugh. Magnetic navigation an attractive possibility. *Science*, 215:1492–1493, 1982.
- [27] H. Mouritsen, G. Feenders, M. Liedvogel, and W. Kropp. Migratory birds use head scans to detect the direction of the earth's magnetic field. *Cur. Biol.*, 9:1946–1949., 2004.
- [28] C. V. Mora, M. Davison, J. M. Wild, and M. M. Walker. Magnetoreception and its trigeminal mediation in the homing pigeon. *Nature*, 432:508–511, 2004.

-
- [29] Haverinen, J. & Kemppainen, A. A geomagnetic field based positioning technique for underground mines. International Symposium on Robotic and Sensors Environments, Sep. 17-18, 2011, Montreal, Canada
- [30] “Windows Azure homepage” <http://www.windowsazure.com>
- [31] “IndoorAtlas Crunchbase profile”
<https://www.crunchbase.com/organization/indooratlas/funding-rounds>
- [32] “Baidu Homepage” <http://www.baidu.com/>
- [33] “Micello Homepage” <http://www.micello.com/>
- [34] “Micello Partners” <http://www.micello.com/partners/>
- [35] “Play Framework.” <http://www.playframework.com/>
- [36] “JSON Homepage.” <http://www.json.org/>
- [37] “Couchbase Homepage” <http://www.couchbase.com/>
- [38] C. Laoudias, D. Zeinalipour-Yazti, and C.G. Panayiotou, Crowd-sourced indoor localization for diverse devices through radiomap fusion, Indoor Positioning and Indoor Navigation (IPIN), 2013 International Conference on, Oct 2013, pp. 1–7.
- [39] “AngularJS Homepage” <https://angularjs.org/>
- [40] “Google Sign-In” <https://developers.google.com/identity/sign-in/web/>
- [41] L. Petrou, G. Larkou, C. Laoudias, D. Zeinalipour-Yazti, and C. G. Panayiotou, “Crowdsourced indoor localization and navigation with anyplace,” in Proceedings of the 13th Intl. Conference on Information Processing in Sensor Networks, pp. 331–332, 2014.
- [42] D. Lymberopoulos, J. Liu, X. Yang, R. R. Choudhury, ..., C. Laoudias, D. Zeinalipour-Yazti, Y.-K. Tsai, and et. al., “A realistic evaluation and comparison of indoor location technologies: Experiences and lessons learned,” in Proceedings of the 14th IEEE/ACM International Symposium on Information Processing in Sensor Networks, 2015.
- [43] “jQuery UI Homepage” <https://jqueryui.com/>
- [44] “IndoorGML” <http://indoorgml.net>
- [45] “Dart Language Homepage” <https://www.dartlang.org/>
- [46] “Microsoft Indoor Localization Competition 2014”, <http://goo.gl/V4kFoW>
- [47] “Evarilos 2014” <http://www.evarilos.eu/index.php>

[48] “Amazon Mechanical Turk homepage” <https://www.mturk.com>

Παράρτημα Α – Πίνακες κτιρίων από πειραματική Αξιολόγηση

Κτίρια που εισήχθησαν από ειδικούς και έμπειρους χρήστες

1. Συνεδριακό Κέντρο Φιλοξένια

Συνεισφέροντες «Αρχιτέκτονες» : 1

Συνεισφέροντες «Loggers» : 1

Όροφος	Έκταση (m ²)	POIs						RSS Logs	POIs/ m ²	RSS/ m ²
		Connect ors	Entrances	Stairs	Elev ators	Other	Total			
0	1060	20	1	1	1	43	66	33083	0,06	31,21

2. The Mall of Cyprus

Συνεισφέροντες «Αρχιτέκτονες» : 1 (Έμπειρος Χρήστης)

Συνεισφέροντες «Loggers» : (Πλήθος)

Όροφος	Έκταση (m ²)	POIs						RSS Logs	POIs/ m ²	RSS/ m ²
		Connect ors	Entrances	Stairs	Elev ators	Other	Total			
0	13500	25	1	3	3	28	60	10779	0,004	0,79
1	13500	98	0	3	2	51	154	2847	0.01	0,21
	27000	123	1	6	5	79	214	13626	0.08	0.50

3. ΘΕΕ01 – Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών 01

Συνεισφέροντες «Αρχιτέκτονες» : 3

Συνεισφέροντες «Loggers» : 4

Όροφος	Έκταση (m ²)	POIs						RSS Logs	POIs/ m ²	RSS/ m ²
		Connect ors	Entrances	Stairs	Elev ators	Other	Total			
-1	2514,24	62	1	8	2	46	119	8524	0,04	3,39
0	2365,36	45	5	8	3	44	105	28749	0,04	12,15
1	2312,52	43	0	7	2	51	103	33008	0,04	14,27
2	1704,76	28	0	4	2	22	56	113010	0,03	66,29
	8896,88	178	6	27	9	163	383	183291	0,04	20,60

4. University of Würzburg, Institute für Informatik

Συνεισφέροντες «Αρχιτέκτονες» : 1

Συνεισφέροντες «Loggers» : 1

Όροφος	Έκταση (m ²)	POIs						RSS Logs	POIs/ m ²	RSS/ m ²
		Connect ors	Entrances	Stairs	Elev ators	Other	Total			
-1	2935	23	0	4	1	13	41	7751	0,01	2,64
0	2935	23	2	4	1	10	40	7612	0,01	2,59
1	1900	10	0	3	1	2	16	4592	0,008	2,41
2	1900	6	1	1	1	1	10	2617	0,005	1,37
	9670	62	3	12	4	26	107	22572	0,01	2,33

**Κτίρια που εισήχθησαν από άπειρους χρήστες που τους ζητήθηκε να
γίνει χαρτογράφηση μετά από εκπαίδευση και συνεχή καθοδήγηση**

1. ΘΕΕ02 – Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών 02

Συνεισφέροντες «Αρχιτέκτονες» : 1

Συνεισφέροντες «Loggers» : 2

Όροφος	Έκταση (m ²)	POIs						RSS Logs	POIs/ m ²	RSS/ m ²
		Conn.	Entrances	Stairs	Elev.	Other	Total			
-2	2514,24	137	0	12	4	99	252	2712	0,10	1,07
-1	2365,36	153	0	12	4	106	275	2424	0,11	1,02
0	2312,52	64	1	8	2	52	127	1626	0,05	0,70
1	1704,76	50	0	3	1	27	81	371	0,04	0,21
	8896,88	404	1	35	11	284	735	7133	0,08	0,80

2. ΧΩΔ01 – Κοινόχρηστοι Χώροι Διδασκαλίας 01

Συνεισφέροντες «Αρχιτέκτονες» : 1

Συνεισφέροντες «Loggers» : 1

Όροφος	Έκταση (m ²)	POIs						RSS Logs	POIs/ m ²	RSS/ m ²
		Conn.	Entr	Stairs	Elev	Other	Total			
-1	187,56	5	0	4	1	7	17	4064	0,09	21,66
0	552,53	16	2	4	1	17	40	2476	0,07	4,48
1	944,97	17	0	3	1	18	39	3061	0,04	3,23
	1685,06	38	2	11	3	42	96	9601	0,05	5,69

3. ΧΩΔ02 – Κοινόχρηστοι Χώροι Διδασκαλίας 02

Συνεισφέροντες «Αρχιτέκτονες» : 2

Συνεισφέροντες «Loggers» : 2

Όροφος	Έκταση (m ²)	POIs						RSS Logs	POIs/ m ²	RSS/ m ²
		Conn.	Entrances	Stairs	Elev.	Other	Total			
-3	1939,37	28	0	4	2	22	56	0	0.02	0
-2	1875,83	25	1	5	2	18	51	4911	0.02	2.61
-1	1425,39	40	1	7	2	17	67	3771	0.04	2.64
0	1686,7	43	1	4	2	23	73	2122	0.04	1.25
1	1576,73	63	1	4	2	22	92	5015	0.05	3.18
	8504,02	199	4	24	10	102	339	15819	0.04	2.4*

* Όροφος -3 αγνοήθηκε λόγω περιορισμένης πρόσβασης.

4. ΟΕΔ01 & 02 – Σχολή Οικονομικών Επιστημών και Διοίκησης 01 & 02

Συνεισφέροντες «Αρχιτέκτονες» : 4

Συνεισφέροντες «Loggers» : 4

Όροφος	Έκταση (m ²)	POIs						RSS Logs	POIs/ m ²	RSS/ m ²
		Conn.	Entrances	Stairs	Elev.	Other	Total			
-3	1395,38	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-2	2187,81	0	0	0	0	0	0	6457	0	2,95
-1	2147,35	0	0	0	0	0	0	10350	0	4,81
0	2047,69	22	3	6	0	30	61	8788	0,02	4,29
1	2214,62	20	1	6	0	33	60	7873	0,02	3,55
	9992,85	42	4	12	0	63	121	33468	0,01	3,89*

* Όροφος -3 αγνοήθηκε λόγω περιορισμένης πρόσβασης.

5. ΑΘΛ01 – Αθλητικό Κέντρο

Συνεισφέροντες «Αρχιτέκτονες» : 1

Συνεισφέροντες «Loggers» : 1

Όροφος	Έκταση (m ²)	POIs						RSS Logs	POIs/ m ²	RSS/ m ²
		Conn.	Entrances	Stairs	Elev.	Other	Total			
-2	2407,34	32	0	3	0	26	61	203	0,02	0,08
-1	1423,16	21	0	3	0	18	42	273	0,02	0,19
0	2312,78	12	0	2	0	7	21	217	0,01	0,09
	6143,28	65	0	8	0	51	124	693	0,02	0,11

6. ΚΑΛ01 – Κτίριο Συμβουλίου Συγκλήτου Αναστάσιος Γ. Λεβέντης

Συνεισφέροντες «Αρχιτέκτονες» : 2

Συνεισφέροντες «Loggers» : 0

Όροφος	Έκταση (m ²)	POIs						RSS Logs	POIs/ m ²	RSS/ m ²
		Conn.	Entrances	Stairs	Elev.	Other	Total			
-1	2541,74	77	0	4	2	44	127	0	0,04	0
0	1689,48	67	2	4	2	61	136	0	0,08	0
1	2220,3	82	0	3	2	69	156	0	0,07	0
2	1976,97	64	0	3	0	72	139	0	0,07	0
3	1015,84	38	0	3	0	41	82	0	0,08	0
	9444,33	328	2	17	6	287	640	0	0,06	0

7. ΚΟΔ01 – Κοινωνικές Δραστηριότητες 01

Συνεισφέροντες «Αρχιτέκτονες» : 1

Συνεισφέροντες «Loggers» : 0

Όροφος	Έκταση (m ²)	POIs						RSS Logs	POIs/ m ²	RSS/ m ²
		Conn.	Entrances	Stairs	Elev.	Other	Total			
0	1806,21	25	0	1	2	33	61	0	0,03	0
1	1763,38	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3569,59	25	0	1	2	33	61	0	0,01	0

8. ΚΟΔ02 & 07 – Κοινωνικές Δραστηριότητες 02 & 07

Συνεισφέροντες «Αρχιτέκτονες» : 1

Συνεισφέροντες «Loggers» : 1

Όροφος	Έκταση (m ²)	POIs						RSS Logs	POIs/ m ²	RSS/ m ²
		Conn.	Entrances	Stairs	Elev.	Other	Total			
0	1559,2	23	5	3	1	34	66	1003	0,04	0,64
1	2236,90	50	7	4	2	55	118	757	0,05	0,33
	3796,1	73	12	7	3	89	184	1760	0,04	0,46

9. ΚΟΔ03 – Κοινωνικές Δραστηριότητες 03

Συνεισφέροντες «Αρχιτέκτονες» : 1 (Εμπειρος Χρήστης)

Συνεισφέροντες «Loggers» : 0

Όροφος	Έκταση (m ²)	POIs						RSS Logs	POIs/ m ²	RSS/ m ²
		Conn.	Entrances	Stairs	Elev.	Other	Total			
0	368,91	25	3	3	1	11	43	0	0,11	0
1	553,78	13	1	2	1	13	30	0	0,05	0
	922,69	38	4	5	2	24	73	0	0,79	0

10. ΚΟΔ04 – Κοινωνικές Δραστηριότητες 04

Συνεισφέροντες «Αρχιτέκτονες» : 1

Συνεισφέροντες «Loggers» : 0

Όροφος	Έκταση (m ²)	POIs						RSS Logs	POIs/ m ²	RSS/ m ²
		Conn.	Entrances	Stairs	Elev.	Other	Total			
0	797	32	3	0	0	26	61	0	0,07	0

11. ΚΟΔ05 – Κοινωνικές Δραστηριότητες 05

Συνεισφέροντες «Αρχιτέκτονες» : 1

Συνεισφέροντες «Loggers» : 0

Όροφος	Έκταση (m ²)	POIs						RSS Logs	POIs/ m ²	RSS/ m ²
		Conn.	Entrances	Stairs	Elev.	Other	Total			
0	731,81	25	2	1	0	31	59	0	0,08	0

Κτίρια που εισήχθησαν από άπειρους χρήστες που τους ζητήθηκε να γίνει χαρτογράφηση, χωρίς καθοδήγηση

1. Βιβλιοθήκη ΤΕΠΑΚ

Συνεισφέροντες «Αρχιτέκτονες» : 1

Συνεισφέροντες «Loggers» : N/A

Όροφος	Έκταση (m ²)	POIs						RSS Logs	POIs/ m ²	RSS/ m ²
		Conn.	Entrances	Stairs	Elev.	Other	Total			
0	1377	13	1	2	0	17	33	1156	0,02	0,83
1	121	3	0	2	0	0	5	0	0,04	0
	1498	16	1	4	0	17	38	1156	0,02	0,77

2. Κτίριο Δωροθέα – ΤΕΠΑΚ

Συνεισφέροντες «Αρχιτέκτονες» : 1

Συνεισφέροντες «Loggers» : N/A

Όροφος	Έκταση (m ²)	POIs						RSS Logs	POIs/ m ²	RSS/ m ²
		Conn.	Entrances	Stairs	Elev.	Other	Total			
0	391	3	1	2	1	5	12	0	0,03	0
1	391	2	0	2	1	10	15	0	0,03	0
2	391	1	0	3	1	5	10	0	0,02	0
3	391	1	0	2	1	3	7	0	0,01	0
	1564	7	1	9	4	23	44	0	0,02	0

3. Κτίριο Α – ΤΕΠΙΑΚ

Συνεισφέροντες «Αρχιτέκτονες» : 1
Συνεισφέροντες «Loggers» : N/A

Όροφος	Έκταση (m ²)	POIs						RSS Logs	POIs/ m ²	RSS/ m ²
		Conn.	Entrances	Stairs	Elev.	Other	Total			
0	1820	8	1	0	0	17	26	5363	0,01	2,94

4. Κτίριο Β – ΤΕΠΙΑΚ

Συνεισφέροντες «Αρχιτέκτονες» : 1
Συνεισφέροντες «Loggers» : N/A

Όροφος	Έκταση (m ²)	POIs						RSS Logs	POIs/ m ²	RSS/ m ²
		Conn.	Entrances	Stairs	Elev.	Other	Total			
0	800	3	1	0	0	5	9	0	0,01	0

5. My Mall, Limassol, Cyprus

Συνεισφέροντες «Αρχιτέκτονες» : 1
Συνεισφέροντες «Loggers» : N/A

Όροφος	Έκταση (m ²)	POIs						RSS Logs	POIs/ m ²	RSS/ m ²
		Conn.	Entrances	Stairs	Elev.	Other	Total			
0	18150	4	1	0	0	2	7	0	0,0003	0

6. Mediterranean Cosmos Mall, Thessaloniki, Greece

Συνεισφέροντες «Αρχιτέκτονες» : 1
Συνεισφέροντες «Loggers» : N/A

Όροφος	Έκταση (m ²)	POIs						RSS Logs	POIs/ m ²	RSS/ m ²
		Conn.	Entrances	Stairs	Elev.	Other	Total			
0		0	0	0	0	0	0	0		0
1		0	4	1	0	4	9	0		0

7. Carrefour Pylaia, Thessaloniki, Greece

Συνεισφέροντες «Αρχιτέκτονες» : 1
 Συνεισφέροντες «Loggers» : N/A

Όροφος	Έκταση (m ²)	POIs						RSS Logs	POIs/ m ²	RSS/ m ²
		Conn.	Entrances	Stairs	Elev.	Other	Total			
0	18000	4	1	0	0	2	7	0	0,0003	0

8. Υπουργείο Παιδείας και Πολιτισμού Κύπρου

Συνεισφέροντες «Αρχιτέκτονες» : 1
 Συνεισφέροντες «Loggers» : N/A

Όροφος	Έκταση (m ²)	POIs						RSS Logs	POIs/ m ²	RSS/ m ²
		Conn.	Entrances	Stairs	Elev.	Other	Total			
-1	5596	0	0	0	0	0	0	28	0	0,005
0	5596	0	1	0	0	0	1	13	0	0,002
1	5596	0	0	0	0	1	1	17	0	0,003
2	5596	22	0	0	2	22	46	127	0,008	0,2
3	5596	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	5596	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	33576	22	1	0	2	23	48	185	0,001	0,005

Παράρτημα Β – Φοιτητές που συνείσφεραν στο 1^ο πείραμα πληθοπορισμού.

Όνομα	Ρόλος
Ψαρά, Μαρία Ε.	Architect
Αριστοδήμου, Ευάγγελος Δ.	Architect
Βαλιαντή, Χριστιάνα Γ.	Architect
Χαραλάμπους, Κωνσταντίνος Γ.	Architect
Βασιλείου, Χριστάκης Β.	Architect
Γιαννή, Μαρία Έλενα Α.	Architect
Παπαευριπίδης, Μιχάλης Μ.	Architect
Αγγελίδου Μαριλένη	Architect
Κούβα, Στυλιάνα Γ.	Architect
Κούττουκου, Έλενα Γ.	Logger
Κυριάκου, Κυριάκος Γ.	Logger
Δημητρίου, Παναγιώτης Ν.	Logger
Χριστοδουλίδης, Δανάκης Κ.	Logger
Νικολάου, Παναγιώτης Ν.	Logger
Σάββα, Σάββας	Logger
Παντελή, Αντρέας Π.	Logger
Καράπετρης, Μάριος Μ.	Logger
Κωστή, Ανδρέας Κ.	Logger
Χαραλάμπους, Παναγιώτης	Logger
Παντελή Βασιλική	Logger