

Ατομική Διπλωματική Εργασία

**ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ
ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΜΕΓΑΛΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΑΠΟ ΨΗΦΙΑΚΑ
ΑΠΟΤΥΠΩΜΑΤΑ ΑΣΥΡΜΑΤΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ WI-FI**

Μαριλένη Αγγελίδου

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ



ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

Μάιος 2018

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ

ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

Αποτελεσματική Διερευνητική Ανάλυση και Διαχείριση Μεγάλων Δεδομένων από Ψηφιακά Αποτυπώματα Ασύρματων Δικτύων Wi-Fi

Μαριλένη Αγγελίδου

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 2018

Ευχαριστίες

Αρχικά θέλω να ευχαριστήσω τον Δρ. Δημήτρη Ζεϊναλιπούρ που μου έδωσε την ευκαιρία να εκπονήσω την Ατομική Διπλωματική Εργασία μαζί του, να έρθω σε επαφή με νέες και ενδιαφέρουσες τεχνολογίες και να συμμετέχω ως ενεργό μέλος και βοηθός του ερευνητικού εργαστηρίου DMSL. Τα πολύτιμα εφόδια που απέκτησα κατά τη διάρκεια αυτής της ακαδημαϊκής χρονιάς, είμαι σίγουρη ότι θα με βοηθήσουν να ανταπεξέλθω σε ερευνητικό και σε επαγγελματικό επίπεδο, κατά τη διάρκεια της σταδιοδρομίας μου στον τομέα της Πληροφορικής.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες θα ήθελα να δώσω στο διδακτορικό φοιτητή του εργαστηρίου, Κωνσταντίνο Κώστα, για την άποψη συνεργασία που είχα μαζί του σε όλους τους τομείς και για την πολύτιμη βοήθεια σε τεχνικά ζητήματα που προέκυψαν κατά τη διάρκεια της διπλωματικής μου εργασίας.

Τέλος θέλω να ευχαριστήσω τους την οικογένεια μου, τους φίλους μου και τον Άγγελο για την συντροφιά και την κατανόηση τους κατά τη περίοδο της διπλωματικής μου εργασίας και των σπουδών μου γενικότερα.

Αναγνώριση

Η παρούσα διπλωματική εργασία στηρίζεται σε γνώσεις που αποκομίστηκαν στα πλαίσια της πιο κάτω επιστημονικής εργασίας, η οποία βρίσκεται υπό δημοσίευση:

- “*FMS: Managing Crowdsourced Indoor Signals with the Fingerprint Management Studio*”, **Marileni Angelidou**, Constantinos Costa, Artyom Nikitin and Demetrios Zeinalipour-Yazti, 19th IEEE International Conference on Mobile Data Management (MDM'18), June 25 - June 28, 2018, AAU, Aalborg, Denmark, 2018 (accepted).

Περίληψη

Η πλέον πιο διαδεδομένη τεχνολογία γεωτοποθέτησης GPS (Global Positioning System), είναι ευρέως αποδεκτό ότι καθίσταται μη επαρκής για εσωτερικούς χώρους. Μία αξιοσημείωτη τεχνολογία υψηλής ακρίβειας για γεωτοποθέτηση σε εσωτερικούς χώρους είναι η τεχνική της γεωτοποθέτησης με τη χρήση *Ψηφιακών Αποτυπωμάτων Τιμών Ισχύος (fingerprints)*. Η τεχνική αυτή υλοποιείται στα πλαίσια του συστήματος Anyplace, το οποίο είναι μια αρθρωτή, κλιμακώσιμη και αποδοτική αρχιτεκτονική η οποία στηρίζεται στην έννοια του Πληθοπορισμού: το κοινό συμμετέχει με καμπάνιες συλλογής δεδομένων με κινητά τηλεφωνά τα οποία δεδομένα αξιοποιούνται για τη βελτίωση της ποιότητας γεωτοποθέτησης των χρηστών.

Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας έχει αναπτυχθεί ένα καινοτόμο πλαίσιο διαχείρισης των Wi-Fi fingerprints, με ονομασία *Fingerprint Management Studio (FMS)*, το οποίο παρέχει μια χωροχρονική πλατφόρμα η οποία επιτρέπει: (i) τη διαχείριση της συλλογής των μετρήσεων αισθητήρων που εξαρτώνται από τη θέση (δηλ., των fingerprints) στα εσωτερικά περιβάλλοντα, (ii) την εκτίμηση της ακρίβειας εντοπισμού με βάση τα συλλεχθέντα fingerprints, και (iii) την αξιολόγηση της ασύρματης κάλυψης (Wi-Fi) και των ποσοστών δεδομένων (data rates). Το FMS περιέχει τα ακόλουθα συστατικά: (i) το *CSM (Crowd Signal Map)*, το οποίο είναι ένα περιβάλλον οπτικής διαχείρισης βασισμένο σε χάρτη με σκοπό να ενορχηστρώσει την προσπάθεια της συλλογής fingerprints από τον Πληθοπορισμό για ηθικό όφελος, (ii) το *ACCES (Accuracy Estimation)*, το οποίο επιτρέπει την ποιοτική αξιολόγηση της ακρίβειας εντοπισμού πριν την ανάπτυξη της υπηρεσίας εντοπισμού χρησιμοποιώντας τη Gaussian Processes Regression και το Cramer-Rao Lower Bound (CRLB), και (iii) *WS (Wi-Fi Surveying)*, το οποίο δείχνει την ποιοτική αξιολόγηση της κάλυψης Wi-Fi με τη χρήση των σημάτων που συλλέγονται από τους εμπλεκόμενους στη διαδικασία του Πληθοπορισμού.

Το FMS έχει υλοποιηθεί και ενταχθεί στα πλαίσια της στοίβας ανοικτού πηγαίου κώδικα Anyplace, έκδοση 3.3, και έχει ήδη χρησιμοποιηθεί από εκατοντάδες χρήστες ανά το παγκόσμιο. Στα πλαίσια της διπλωματικής έχει διεκπεραιωθεί επίσης μια αξιολόγηση της επίδοσης του χρόνου απόκρισης του πλαισίου FMS βάσει 6 διαφορετικών σεναρίων και 3 διαφορετικών μοντέλων

πρόσβασης (Online, Fast 3G, Slow 3G), τα οποία δείχνουν ότι οι σχεδιαστικές βελτιστοποιήσεις έχουν επιφέρει ένα σημαντικό πλεονέκτημα διαδραστικής εμπειρίας στο χρήστη του FMS.

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1	Εισαγωγή.....	1
1.1	Μεγάλα Δεδομένα (Big Data)	1
1.2	Τεχνική της γεωτοποθέτησης με τη χρήση Ψηφιακών Αποτυπωμάτων	2
1.3	Αποτελεσματική Διερευνητική Ανάλυση βασισμένη στην Οπτική Αναλυτική	6
1.4	Οπτικές Αναλυτικές Δομές (Visual Analytic Structures) του FMS	7
1.5	Συνεισφορές Ατομικής Διπλωματικής Εργασίας	9
Κεφάλαιο 2	Σχετική Βιβλιογραφία	10
2.1	Κατηγοριοποίηση Συστημάτων Εσωτερικής Πληροφόρησης	10
2.2	Σχετικά Συστήματα Πληροφόρησης και Ανάλυσης για Εσωτερικούς Χώρους	13
2.2.1	Βιομηχανικά Συστήματα (Industrial Systems)	13
2.2.2	Ακαδημαϊκά Συστήματα (Academic Systems)	17
2.3	Αναλυτική Κατηγοριοποίηση Συστήματος Anyplace σε σχέση με τα υπόλοιπα	21
Κεφάλαιο 3	Αρχιτεκτονική του Anyplace	22
3.1	Συστατικά συστήματος Anyplace	22
3.2	Anyplace Server & Data Store	23
3.3	Anyplace Navigator & Logger	24
3.4	Anyplace Viewer	26
3.5	Anyplace Architect	27
3.6	Fingerprint Management Studio (FMS)	28
Κεφάλαιο 4	Αρχιτεκτονική του FMS.....	30
4.1	Δομή Αρχιτεκτονικής	31
4.2	Μοντελοποίηση	32

4.2.1 Μοντέλο Δεδομένων	32
4.2.2 Μοντέλο σε Επίπεδο API	34
4.3 Τεχνολογικό Υπόβαθρο	43
4.3.1 Front-End	43
4.3.2 Back-End	45
Κεφάλαιο 5 Λειτουργίες του FMS	48
5.1 FMS Toolbar	48
5.2 Λειτουργία 1: Προβολή heatmap για το CSM (Crowd Signal Map)	50
5.2.1 Διαγραφή CSM	51
5.2.2 Δυνατότητα προβολής CSM βάσει χρονικών κριτηρίων	52
5.2.3 Διαγραφή CSM βάσει χρονικών κριτηρίων	55
5.3 Λειτουργία 2: Προβολή coverage map της μέσης τιμής ισχύος του CSM για κάθε θέση που λήφθηκε μέτρηση (Wi-Fi Signal)	57
5.3.1 Δυνατότητα προβολής Wi-Fi Signal βάσει χρονικών κριτηρίων	61
5.4 Λειτουργία 3: Προβολή των εκτιμώμενων APs του κτιρίου (Wi-Fi Surveying -WS)	63
5.5 Λειτουργία 4: Προβολή της εκτιμώμενης Ακρίβειας Γεωτοποθέτησης στο χώρο (Accuracy Estimation - ACCES)	65
5.6 Λειτουργία 5-6: Διαχείριση προβολής POIs στο χάρτη	67
Κεφάλαιο 6 Πειραματική Αποτίμηση	69
6.1 Μεθοδολογία	69
6.2 Τεχνική Αποτίμηση Επίδοσης FMS	70
6.3 Συμπεράσματα και Παρατηρήσεις	75
Κεφάλαιο 7 Συμπεράσματα	76
7.1 Συμπεράσματα	76
7.2 Μελλοντικές Επεκτάσεις	77
Βιβλιογραφία.....	79

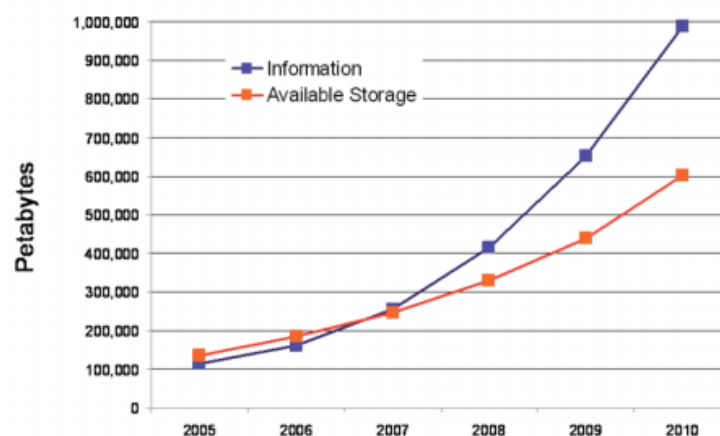
Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή

1.1 Μεγάλα Δεδομένα (Big Data)	1
1.2 Τεχνική της γεωτοποθέτησης με τη χρήση Ψηφιακών Αποτυπωμάτων	2
1.3 Αποτελεσματική Διερευνητική Ανάλυση βασισμένη στην Οπτική Αναλυτική	6
1.4 Οπτικές Αναλυτικές Δομές (Visual Analytic Structures) του FMS	7
1.5 Συνεισφορές Ατομικής Διπλωματικής Εργασίας	9

1.1 Μεγάλα Δεδομένα (Big Data)

Ο όρος *Μεγάλα Δεδομένα (Big Data)* [1] αναφέρεται σε μεγάλες ποσότητες δεδομένων τις οποίες συλλέγονται καθημερινά και δεν είναι εύκολο να αποθηκευτούν ή να επεξεργαστούν με τη βοήθεια παραδοσιακών εργαλείων. Σύμφωνα με έρευνα που πραγματοποίησε η εταιρία IDC [2], το 2007 η ποσότητα των παραγόμενων ψηφιακών πληροφοριών ξεπέρασε για πρώτη φορά τη διαθέσιμη αποθηκευτική δυναμικότητα.



Σχήμα 1.1: Εξέλιξη ποσότητας παραγόμενων πληροφοριών και αποθηκευτικής χωρητικότητας [3].

Ένας σημαντικός παράγοντας που οδηγεί στην αύξηση της ποσότητας των παραγόμενων δεδομένων είναι η αυξανόμενη χρήση του Διαδικτύου (Internet Growth) [4]. Είναι δύσκολο να αρνηθεί κανείς ότι το Διαδίκτυο πλέον παίζει σημαντικό ρόλο στη ζωή μας, αφού σχεδόν όλες μας οι δραστηριότητες εμπλέκονται μ' αυτό. Οι περισσότερες επιχειρήσεις απαιτούν χρήση του Διαδικτύου, αφού εδραιώθηκε η μηχανοργάνωση των οργανισμών και η δημιουργία νέων διαδικτυακών εφαρμογών και υπηρεσιών για την καλύτερη εξυπηρέτηση των πελατών. Επίσης είναι χρήσιμο στην επικοινωνία με εξωτερικούς υπαλλήλους και συνεργάτες, ακόμη και για σκοπούς διαφήμισης.

Δεν είναι όμως μόνο οι επιχειρήσεις που παράγουν τεράστιους όγκους δεδομένων με τη χρήση του Διαδικτύου. Ακόμη και σε μικρότερη κλίμακα οργάνωσης, στο επίπεδο του ατόμου, η παραγωγή διαδικτυακών δεδομένων είναι πρωτόγνωρη. Οι περισσότεροι άνθρωποι διαθέτουν ένα ψηφιακό εαυτό, ως προβολή των δραστηριοτήτων τους στα κοινωνικά δίκτυα. Η Google εκτιμά ότι κάθε δύο μέρες το ψηφιακό υλικό που δημιουργείται από τους χρήστες είναι ισομεγέθες με το έντυπο υλικό που παρήγαγε η ανθρωπότητα από την αρχή της γραφής μέχρι το 2003.

Έτσι είναι εύκολο να συμπεράνει κανείς ότι οι ρυθμοί αύξησης είναι εκθετικής κατανομής και προβλέπουν για τα επόμενα χρόνια μια ακόμη μεγαλύτερη “έκρηξη πληροφορίας”. Θα λέγαμε όμως, ότι δεν υπάρχει ένα όριο μεγέθους δεδομένων πάνω από το οποίο αποκαλούνται “Μεγάλα Δεδομένα”. Υπολογίζεται ότι σήμερα με το συγκεκριμένο όρο αναφερόμαστε συνήθως σε όγκους δεδομένων που κυμαίνονται από μερικά terabytes έως δεκάδες ή και εκατοντάδες petabytes (1.024 terabytes) ή exabytes (1.024 petabytes) ή zetabytes (1.024 exabytes).

1.2 Τεχνική της γεωτοποθέτησης με τη χρήση Ψηφιακών Αποτυπωμάτων

Ο άνθρωπος περνά το μεγαλύτερο χρόνο της ζωής του μέσα σε εσωτερικούς χώρους. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό ότι το GPS είναι ακατάλληλο εντός των κτιρίων, η *γεωτοποθέτηση μέσα σε εσωτερικούς χώρους (Indoor Location Based Services)* [5] φαντάζει όλο και πιο απαραίτητη. Ειδικά αν αναλογιστούμε τεράστιες και αναπτυγμένες χώρες, όπως το Dubai με τρανταχτό παράδειγμα το Dubai Mall που έχει το μεγαλύτερο εμβαδόν εμπορικού κέντρου του κόσμου με πάνω από 1200 καταστήματα. Η ζωή του κάθε επισκέπτη θα ήταν ευκολότερη με τη βοήθεια τεχνολογιών γεωτοποθέτησης σε εσωτερικούς χώρους [6], αφού θα μπορούσαν να εντοπίσουν τα καταστήματα που θέλουν να επισκεφθούν σε πολύ λιγότερο χρόνο.

Όσο αφορά την επιλογή της καλύτερης τεχνολογίας γεωτοποθέτησης μέσα σε εσωτερικά περιβάλλοντα, ένα από τα απαραίτητα κριτήρια είναι η αυτονομία των συσκευών. Αυτό επιτυγχάνεται με τη μειωμένη ενεργειακή κατανάλωση και με την ανεξαρτησία των συσκευών από επιπλέον υποδομές. Έτσι αποκλείονται οι τεχνολογίες που χρησιμοποιούν Bluetooth, RFID [7] κ.τ.λ. και καταλήγουμε στην *τεχνική γεωτοποθέτησης με τη χρήση ψηφιακών αποτυπωμάτων (Data Fingerprinting Positioning)* [8].

Τα εν λόγω ψηφιακά αποτυπώματα αποτελούν την *τιμή ισχύος (RSS - Received Signal Strength* ή πιο σωστά *RSSI – Received Signal Strength Indication)*. Πιο συγκεκριμένα έχουμε τον όρο WLAN RSSI. Η ένδειξη RSSI μπορεί να ληφθεί χρησιμοποιώντας οποιαδήποτε συσκευή που υποστηρίζει το WLAN πρότυπο, δηλαδή σχεδόν όλα τα έξυπνα τηλέφωνα (Android, iPhone, Windows Phone κ.τ.λ.). Το πρότυπο WLAN IEEE 802.11b/g χρησιμοποιείται για παροχή ασύρματης πρόσβασης στο διαδίκτυο, κατάλληλο για μικρές εκτάσεις γύρω από το σημείο πρόσβασης, π.χ., σε εσωτερικούς χώρους. Λειτουργεί στα 2.4GHz και έχει δυναμικότητα μέχρι και 50m. Συνοψίζοντας, η ένδειξη RSSI δείχνει την ένταση του σήματος από ένα συγκεκριμένο *σημείο πρόσβασης (AP-Access Point)* σε μία συγκεκριμένη τοποθεσία (x,y) και μετριέται σε dBm με αρνητική τιμή μέτρησης, όπου η μεγαλύτερη τιμή δείχνει και πιο δυνατό σήμα. Συγκεκριμένα οι τιμές είναι από -110 (weak signal) μέχρι -30 (top signal).

Η χρήση των RSSI είναι πλέον η πιο διαδεδομένη τεχνική και η μόνη που μπορεί να παρέχει μεγάλη ακρίβεια στην εκτίμηση της θέσης του χρήστη. Ως εκ τούτου αντιμετωπίζει ένα βασικό πρόβλημα, όσο αφορά την ποιότητα της εκτίμησης της τοποθεσίας λόγω των RSSI ενδείξεων, το οποίο μπορεί να αποδειχθεί απρόβλεπτο, αφού μπορεί να επηρεαστεί από τους πιο κάτω λόγους:

- Το πρότυπο *WLAN IEEE 802.11* [9] όπως αναφέρθηκε εκπέμπει σε ένα συγκεκριμένο *κανάλι συχνότητας (Frequency Channel)* με αποτέλεσμα άλλες συσκευές που εκπέμπουν στο ίδιο κανάλι, να προκαλούν παρεμβολές (*Co-Channel Interference*) μεταξύ τους. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να επηρεάζονται οι μετρήσεις οδηγώντας σε λανθασμένη εκτίμηση θέσης.

- Η κατεύθυνση που κινείται ο χρήστης (παρατηρητής) ως προς το σημείο AP μπορεί να επηρεάσει τις ενδείξεις που λαμβάνει από αυτό λόγω της παρατηρούμενης αλλαγής στη συχνότητα και το μήκος κύματος (λ) ενός κύματος (*Doppler Effect*). Συγκεκριμένα η συχνότητα του εκπεμπόμενου κύματος δεν αλλάζει. Αυτό που αλλάζει είναι η συχνότητα που αντιλαμβάνεται ο παρατηρητής, δηλαδή η συχνότητα με την οποία φτάνουν σ' αυτόν τα μέτωπα του κύματος λόγω της αλλαγής του λ . Ειδικότερα όταν απομακρύνετε από το AP, το λ αυξάνεται άρα η συχνότητα με την οποία φτάνουν τα μέτωπα κύματος μειώνεται και το αντίστροφο.
- Τυχόν αλλαγές στις εγκαταστάσεις των κτιρίων και αλλαγές στις τοποθεσίες των *Access Points (APs)* θα προκαλέσει σφάλματα και λάθος εκτιμήσεις από το σύστημα, αφού πλέον οι μετρήσεις θα είναι διαφορετικές. Γι' αυτό και πρέπει να λαμβάνονται επαρκή ψηφιακά αποτυπώματα πριν γίνει η ανίχνευση του χρήστη όπως επίσης και συλλογή ψηφιακών αποτυπωμάτων μετά από κάθε μεγάλη αλλαγή στα εγκατεστημένα σημεία πρόσβασης.

Παρόλα αυτά η χρήση των RSSI έχει πλέον εδραιωθεί από τους ερευνητές ως η λύση για συστήματα εσωτερικής γεωτοποθέτησης, αφού εξακολουθεί να είναι η πιο γνωστή και καλύτερη προσέγγιση γεωτοποθέτησης.



Σχήμα 1.2: Διαδικασία συλλογής ψηφιακών αποτυπωμάτων.

Οι κυριότερες τεχνικές για τον υπολογισμό της τοποθεσίας βάσει των ενδείξεων RSSI είναι τρεις:

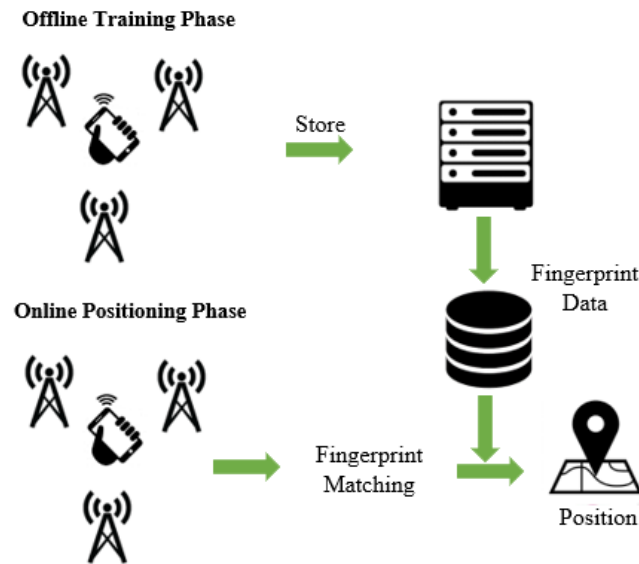
(i) Triangulation [10]: Η ένδειξη RSSI μπορεί να μετατραπεί σε απόσταση από ένα συγκεκριμένο AP βάσει θεωρητικών ή εμπειρικά αποδεδειγμένων μοντέλων διάδοσης του σήματος. Ακολουθώντας, χρησιμοποιώντας μετρήσεις από τουλάχιστον τρία APs με γνωστές θέσεις μπορούμε να εκτιμήσουμε την τοποθεσία του χρήστη. Η μέθοδος αυτή δεν είναι και πολύ αποτελεσματική αφού λόγω παρεμβολών, η διάδοση κυμάτων σε εσωτερικούς χώρους είναι ασταθής με αποτέλεσμα να καθιστά δύσκολη την εύρεση ενός αξιόπιστου μοντέλου.

(ii) Proximity [11]: Η μέθοδος αυτή βρίσκει το πιο δυνατό σήμα RSSI από ένα συγκεκριμένο AP και εκτιμά ότι ο χρήστης βρίσκεται εντός της εμβέλειας αυτού του AP. Η μέθοδος αυτή δεν θεωρείται και τόσο ακριβής αλλά είναι πολύ εύκολη στην υλοποίηση της.

(iii) Scene Analysis [12]: Κατά τη μέθοδο αυτή πρώτα συλλέγονται RSSI μετρήσεις (ψηφιακά αποτυπώματα) σε αρκετές γνωστές τοποθεσίες, στην περιοχή που θέλουμε να γίνεται η ανίχνευση του χρήστη. Ακολουθώντας, ενώ ο χρήστης κινείται στο χώρο η εκτίμηση θέσης γίνεται με την σύγκριση των εκάστοτε ενδείξεων RSSI από τα κοντινά APs βάσει τεχνικών αναγνώρισης μοτίβων. Αυτή η τεχνική έχει αποδεδειγμένα τη μεγαλύτερη ακρίβεια και εξαρτάται από τον αλγόριθμο σύγκρισης. Αυτή είναι η μέθοδος που χρησιμοποιείται και στο σύστημα Anyplace [13] και αποτελείται από δύο φάσεις, τη φάση της *εκτός σύνδεσης του συστήματος (Offline Training Phase - OTP)* και τη *φάση της γεωτοποθέτησης (Online Positioning Phase - OPP)*:

- Στη OTP, χρησιμοποιείται ένα μοντέλο κατανεμημένης επίλυσης προβλημάτων και λειτουργίας, ο *Πληθοπορισμός (Crowdsourcing)* [14]. Δηλαδή οποιαδήποτε οντότητα, η οποία μπορεί να είναι κάποιο εργατικό προσωπικό ή καθημερινοί χρήστες του χώρου καθώς κινούνται, συλλέγουν παθητικά τις τιμές ισχύος των APs που γειτνιάζουν μαζί της και κατασκευάζεται το αυτό-καλούμενο ψηφιακό αποτύπωμα.
- Στη OPP, ο χρήστης και κάτοχος κινητής συσκευής σαρώνει παθητικά κι αυτός με τη σειρά του ψηφιακά αποτυπώματα. Τα αποτυπώματα αυτά, συγκρίνονται με τα ήδη υπάρχοντα αποτυπώματα που συλλέχθηκαν στην προηγούμενη φάση. Έτσι γίνεται ο υπολογισμός της τοποθεσίας του χρήστη, βρίσκοντας την καλύτερη αντιστοιχία από το ραδιοχάρτη του

κτιρίου, εκτελώντας τους υφιστάμενους αλγόριθμους γεωτοποθέτησης KNN, MMSE [15].

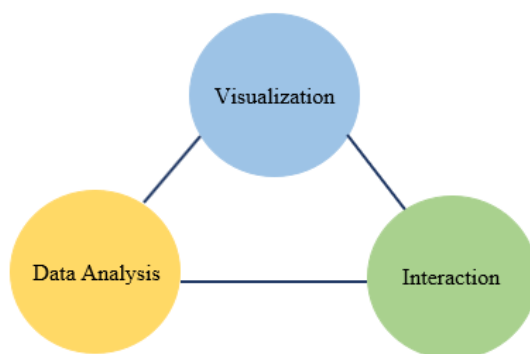


Σχήμα 1.3: Τεχνική γεωτοποθέτησης με τη χρήση ψηφιακών αποτυπωμάτων (Data Fingerprinting Positioning).

1.3 Αποτελεσματική Διερευνητική Ανάλυση βασισμένη στην Οπτική Αναλυτική

Όπως έχουμε προαναφέρει, τα μεγάλα πληροφοριακά συστήματα, όπως το Anyplace και όχι μόνο, έχουν να αντιμετωπίσουν τον όρο «Μεγάλα Δεδομένα». Αυτό το γεγονός απαιτεί εύρεση μεθόδων για ταχύτερο ρυθμό Ανάλυσης των δεδομένων, έτσι ώστε να μπορούμε να ανταπεξέλθουμε στον αυξημένο ρυθμό συλλογής και αποθήκευσης τους. Οι μέθοδοι *Οπτικής Ανάλυσης (Visual Analytics)* [16] δίνουν λύση στο πρόβλημα έχοντας έτσι μια εξέλιξη των πεδίων της απεικόνισης της πληροφορίας και της επιστημονικής απεικόνισης που επικεντρώνεται στην Ανάλυση.

Θα λέγαμε ότι μπορεί να θεωρηθεί ως μια ολοκληρωμένη προσέγγιση που συνδυάζει την Οπτικοποίηση, τον ανθρώπινο παράγοντα και την ανάλυση δεδομένων. Εκτός από την Οπτικοποίηση και την Ανάλυση δεδομένων, οι άνθρωποι παράγοντες, συμπεριλαμβανομένων των πεδίων της γνώσης και της αντίληψης, διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην επικοινωνία μεταξύ του ανθρώπου και του υπολογιστή, καθώς και στη διαδικασία λήψης αποφάσεων.



Σχήμα 1.4: Ερευνητικές περιοχές που σχετίζονται με Visual Analytics.

Η διαδικασία της Οπτικής Ανάλυσης ολοκληρώνεται με τις διαδραστικές Οπτικές Αναλυτικές Διεπαφές. Χρησιμοποιώντας προηγμένες Οπτικές Αναλυτικές Διεπαφές, οι άνθρωποι μπορούν να αλληλεπιδρούν άμεσα με τις δυνατότητες της ανάλυσης δεδομένων του σύγχρονου υπολογιστή, επιτρέποντάς τους να λαμβάνουν καλά ενημερωμένες αποφάσεις σε περίπλοκες καταστάσεις. Έτσι τα συστήματα λήψης αποφάσεων είναι σε θέση να συνδυάζουν την ανθρώπινη ευελιξία, τη δημιουργικότητα και τις γνώσεις τους με τις τεράστιες δυνατότητες αποθήκευσης και επεξεργασίας των σύγχρονων υπολογιστών.

Για τα πλαίσια αυτής της διπλωματικής εργασίας, έχει ολοκληρωθεί μια τέτοια διεπαφή βασισμένη σε χάρτη, η οποία υλοποιήθηκε στο σύστημα. Έτσι ο χρήστης έχει πρόσβαση στο Fingerprint Management Studio (FMS) το οποίο παρέχει μια ομοιόμορφη πλατφόρμα εκτελώντας τις παρακάτω ενέργειες: (i) τη διαχείριση της συλλογής των μετρήσεων αισθητήρων που εξαρτώνται από τη θέση (δηλ., των ψηφιακών αποτυπωμάτων) στα εσωτερικά περιβάλλοντα του, (ii) την εκτίμηση της ακρίβειας εντοπισμού με βάση τα συλλεχθέντα αποθέματα, και (iii) την αξιολόγηση της ασύρματης κάλυψης (Wi-Fi) και των ποσοστών δεδομένων (data rates).

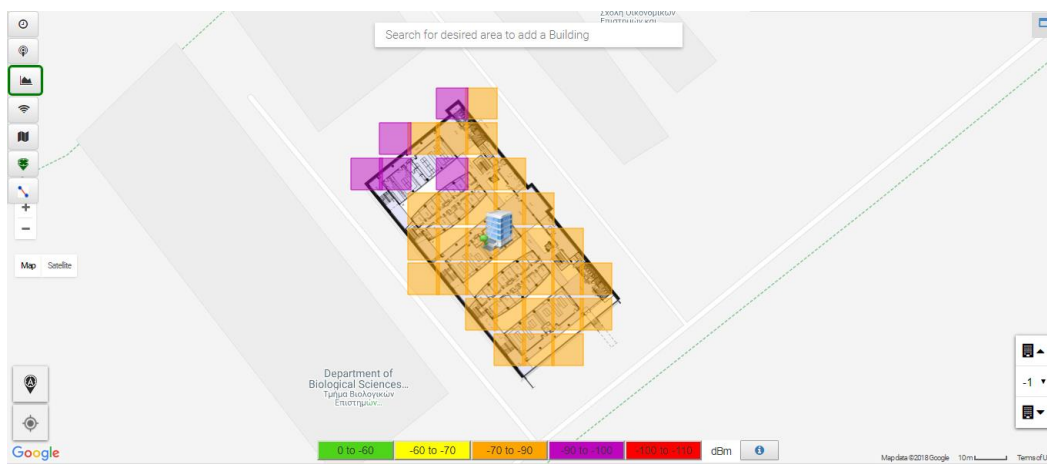
1.4 Οπτικές Αναλυτικές Δομές (Visual Analytic Structures) του FMS

Υπάρχουν αρκετές διαδεδομένες και αποτελεσματικές δομές για Οπτική Ανάλυση. Μια από αυτές, και αυτή που χρησιμοποιείται στο FMS, είναι οι *χάρτες θερμότητας* και οι *χάρτες κάλυψης* (*heatmap* και *coverage map*).

Ένας χάρτης κάλυψης ή ένας χάρτης θερμότητας [17] είναι μια δυναμική γραφική αναπαράσταση δεδομένων που χρησιμοποιεί ένα σύστημα κωδικοποίησης χρωμάτων για να αντιπροσωπεύει διαφορετικές τιμές. Γενικά, χρησιμοποιούνται σε διάφορες μορφές αναλυτικών στοιχείων αφού μπορούν να δώσουν μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα προβολής των δεδομένων. Έπειτα, είναι πολύ πιο οπτικοί από τις τυπικές αναλυτικές αναφορές, αφού διευκολύνουν καλύτερα την ανάλυση με μια ματιά. Αυτό τους καθιστά πιο προσιτούς, ιδιαίτερα σε ανθρώπους που δεν έχουν συνηθίσει να αναλύουν μεγάλα ποσά δεδομένων.

Όπως και οι περισσότερες μορφές αναλύσεων ιστού, οι χάρτες θερμότητας πρέπει να έχουν μεγάλο όγκο δεδομένων προτού μπορέσουν να αναλυθούν με ακρίβεια. Δεδομένου ότι οι χάρτες θερμότητας παρουσιάζουν τάσεις, είναι σημαντικό να έχουμε αρκετές πληροφορίες για να διασφαλίσουμε ότι οι τυχόν ανωμαλίες δεν επηρεάζουν τη συνολική εικόνα θερμότητας. Όταν χρησιμοποιούνται εσφαλμένα, οι χάρτες θερμότητας μπορεί να είναι παραπλανητικοί, οδηγώντας σε λάθος υποθέσεις.

Η χρήση των heatmap και των coverage maps στο εν λόγω στούντιο, επιτρέπουν τη διαχείριση των δεδομένων σε χώρο και χρόνο εξασφαλίζοντας τόσο την απόδοση όσο και την υψηλή ανάλυση. Τα δεδομένα δεν είναι άλλα από τα προ-συλλεγμένα ψηφιακά αποτυπώματα.



Σχήμα 1.5: Coverage map ο οποίος παρουσιάζει την ισχύ του σήματος στα προ-συλλεγμένα δεδομένα σε High-Level Clustering - FMS.



Σχήμα 1.6: Heatmap ο οποίος παρουσιάζει τη δειγματοληψία των αποτυπωμάτων - FMS.

1.5 Συνεισφορές Ατομικής Διπλωματικής Εργασίας

Μέσω αυτής της Ατομικής Διπλωματικής Εργασίας οι σημαντικές συνεισφορές ήταν τρεις:

- Μοντελοποίηση και σχεδίαση ενός ολοκληρωμένου περιβάλλοντος διαχείρισης σημάτων Wi-Fi, το οποίο παρέχει μια χωροχρονική πλατφόρμα, η οποία επιτρέπει: (i) την προβολή των σημάτων μέσω Οπτικών Αναλυτικών Δομών, (ii) τη διαχείριση των σημάτων, (iii) την εκτίμηση της ακρίβειας εντοπισμού, και (iv) την αξιολόγηση της ασύρματης κάλυψης στο χώρο. Έτσι ο χρήστης είναι σε θέση να λάβει σωστές αποφάσεις που αφορούν το χώρο του, όπως για παράδειγμα συλλογή περεταίρω ψηφιακών αποτυπωμάτων σε μία περιοχή όπου φαίνεται να υπάρχει χαμηλό ποσοστό ακρίβειας εντοπισμού.
- Υλοποίηση του προτεινόμενου πλαισίου στην πλατφόρμα ανοικτού πηγαίου κώδικα Anyplace, το οποίο είναι διαθέσιμο για χρήση διαδικτυακά προσφέροντας μια διαδραστική εμπειρία στο χρήστη.
- Πειραματική Αποτίμηση του προτεινόμενου πλαισίου και διεξαγωγή συμπερασμάτων.

Κεφάλαιο 2

Σχετική Βιβλιογραφία

2.1 Κατηγοριοποίηση Συστημάτων Εσωτερικής Πληροφόρησης	10
2.2 Σχετικά Συστήματα Πληροφόρησης και Ανάλυσης για Εσωτερικούς Χώρους	13
2.2.1 Βιομηχανικά Συστήματα (Industrial Systems)	13
• Ekahau HeatMapper	13
• Infsoft- Indoor Analytics in Real Time	14
• Aislelabs Analysis	16
2.2.2 Ακαδημαϊκά Συστήματα (Academic Systems)	17
• SmartCampusAAU	17
• ActiveCampus	18
• IndoorAtlas	19
2.3 Αναλυτική Κατηγοριοποίηση Συστήματος Anyplace σε σχέση με τα υπόλοιπα	21

2.1 Κατηγοριοποίηση Συστημάτων Εσωτερικής Πληροφόρησης

Οι υπάρχοντες Υπηρεσίες Πληροφόρησης για εσωτερικούς χώρους μπορούν να διαχωριστούν βάσει: (i) της τεχνικής που χρησιμοποιούν για εντοπισμό του χρήστη στο χώρο, (ii) την αρχιτεκτονική τους, (iii) το επίπεδο συμμετοχής του κοινού στο σύστημα, (iv) την ακρίβεια προσδιορισμού της θέσης του χρήστη, και (v) κατά πόσο προστατεύουν τη μυστικότητα αυτής της πληροφορίας [5].

Έτσι πιο αναλυτικά έχουμε τα παρακάτω κριτήρια με τις αντίστοιχες κατηγορίες τους:

Υπαρξη υποδομής

Βασισμένο στη χρήση υποδομής (Infrastructure-based):

Το σύστημα χρειάζεται επιπλέον υποδομή για να λειτουργήσει απαιτώντας την εγκατάσταση εξειδικευμένου υλικού στο χώρο όπως πομπούς, αντέννες και καλωδίωση για τη δημιουργία σημάτων στο χώρο. Αυτή η προσέγγιση πετυχαίνει υψηλά επίπεδα ακρίβειας. Όμως η προσέγγιση αυτή αυξάνει τα ζητήματα επεκτασιμότητας σε περίπτωση μεγάλων εσωτερικών χώρων.

Μη-βασισμένο στη χρήση υποδομής (Infrastructure-free):

Το σύστημα δε χρειάζεται επιπλέον υποδομή για να λειτουργήσει. Εκμεταλλεύεται τις μετρήσεις που εξαρτώνται από τη θέση της ήδη υπάρχουσας υποδομής βάσει της ασύρματης επικοινωνίας, όπως AP. Τα συστήματα αυτής της κατηγορίας συνήθως χρειάζονται αλλαγές αποκλειστικά σε επίπεδο λογισμικού για να λάβουν τις μετρήσεις τους. Ακόμη το κόστος είναι πολύ χαμηλό και ευνοεί την επεκτασιμότητα. Κάποιος αναλογιζόμενος όλα αυτά θα υπολόγιζε ότι η ακρίβεια της προσέγγισης αυτής δεν θα ήταν σε υψηλά επίπεδα. Και όμως σε πολλές περιπτώσεις η ακρίβεια τους είναι καλύτερη και από τα Infrastructure-based συστήματα.

Επίπεδο συμμετοχής του κοινού

Συμμετοχή ειδικών (Non-Participatory):

Συνήθως προσλαμβάνονται επαγγελματίες για τη συλλογή δεδομένων (data collection). Αυτό περιλαμβάνει ένα ή περισσότερα άτομα που επισκέπτονται διάφορες τοποθεσίες καλύπτοντας τη συνολική περιοχή ενδιαφέροντος για τη συγκέντρωση μεγάλου όγκου εξαρτώμενων από την τοποθεσία δεδομένων (location-dependent data) πριν από την τοποθέτηση (positioning). Αυτή η προσέγγιση εγγυάται την ποιότητα της πληροφορίας. Όμως η διαδικασία χαρτογράφησης είναι επίπονη και χρονοβόρα και απαιτεί τα άτομα να μεταβούν στο χώρο που χρειάζεται χαρτογράφηση. Ως φυσικό επακόλουθο, το κύριο μειονέκτημα αυτής της προσέγγισης είναι το οικονομικό κόστος και η δυσκολία στην επεκτασιμότητα από λίγα κτίρια σε εκατοντάδες.

Συμμέτοχη χρηστών -Πληθοπορισμός (Participatory):

Οι χρήστες είναι αυτοί που συνεισφέρουν στο κτίσιμο της βάσης γνώσης του συστήματος. Αυτό γίνεται εύκολα, όπως αναφέραμε και στην αρχή, από απλούς ανθρώπους που περπατούν στο χώρο. Περπατώντας συλλέγουν δεδομένα με το πάτημα ενός κουμπιού πάνω σε ψηφιακό χάρτη, που υποδεικνύει την θέση τους στο χώρο. Αυτή η προσέγγιση έχει χαμηλό κόστος και επιλύει το πρόβλημα της συντήρησης και της επεκτασιμότητας καθώς επιτρέπει εύκολα να εμπλουτιστεί η συλλογή του συστήματος με πληθώρα κτιρίων ανά το παγκόσμιο, αφού οι χρήστες μπορεί να είναι από παντού.

Σημείο Υπολογισμού

Στο δίκτυο (Network-based / No privacy):

Βασίζεται σε κάποια υποδομή στην οποία υπάρχει ο εξυπηρετητής γεωτοποθέτησης, στον οποίο βρίσκεται ο αλγόριθμος και τα δεδομένα που συλλέγηκαν από τις μετρήσεις που λήφθηκαν σε εσωτερικούς χώρους. Όταν ζητηθεί η τοποθεσία από κάποιον χρήστη θα στείλει τις μετρήσεις που λαμβάνει τη δεδομένη στιγμή στο διακομιστή ο οποίος θα τις συγκρίνει με τη 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.

Στο τερματικό (Terminal-based / Privacy):

Βασίζεται στην συσκευή του χρήστη, η οποία τρέχει εξ' ολοκλήρου τον αλγόριθμο προσδιορισμού θέσης. Χρησιμοποιούνται συνήθως οι αισθητήρες που είναι διαθέσιμοι στην συσκευή. Στην προσέγγιση αυτή δεν χρειάζεται να αξιοποιηθεί κάποιο δίκτυο και δεν υπάρχουν θέματα παραβίασης της ιδιωτικότητας της γεωτοποθεσίας του χρήστη αφού μόνο η ίδια του η συσκευή είναι γνώστης της πληροφορίας αυτής. Το μειονέκτημα της είναι το γεγονός ότι πολύπλοκοι και υπολογιστικά ακριβοί υπολογισμοί τρέχουν πάνω στην συσκευή του χρήστη.

2.2 Σχετικά Συστήματα Πληροφόρησης και Ανάλυσης για Εσωτερικούς Χώρους

2.2.1 Βιομηχανικά Συστήματα (Industrial Systems)

Ekahau HeatMapper [18] :

Το Ekahau HeatMapper είναι ένα Wi-Fi site λογισμικό έρευνας χώρου για οικιακή χρήση στο οποίο υπάρχει η δυνατότητα να δει κάποιος την Wi-Fi κάλυψη που επιτυγχάνεται σπίτι του ή αν επηρεάζεται από γειτονικά Wi-Fi Signals. Η απεικόνιση της έντασης του σήματος (RSSI) εμφανίζει την ένταση του σήματος της επιλεγμένης ομάδας APs σε dBm.

Από προεπιλογή, η ισχυρότερη ισχύς σήματος ενός AP ανά τοποθεσία θα εμφανιστεί.



Σχήμα 2.1: Παράδειγμα απεικόνισης της έντασης του σήματος στο χώρο (signal strength visualization) – Ekahau HeatMapper [19]

- 1: Η ένταση του σήματος δεν φτάνει την απαιτούμενη τιμή. Είναι πιο κάτω από -65 dBm, γι' αυτό απεικονίζεται με γκρι χρώμα.
- 2: Υψηλή ένταση σήματος.
- 3: Χαμηλή ένταση σήματος. Κάτω από -75 dBm (cut-off value) και δεν γίνεται απεικόνιση.
- 4: Στη μπάρα που φαίνεται, μπορούμε να ρυθμίσουμε τα ποιο κάτω:
(i) signal strength visualization requirements, (ii) range, (iii) spacing, και (iv) coloring.

Γενικά, το σύστημα αυτό ανήκει στις παρακάτω κατηγορίες:

- ◇ Infrastructure-based
- ◇ Non-participatory
- ◇ Network-based /No privacy

Infsoft - Indoor Analytics in Real Time [20] :

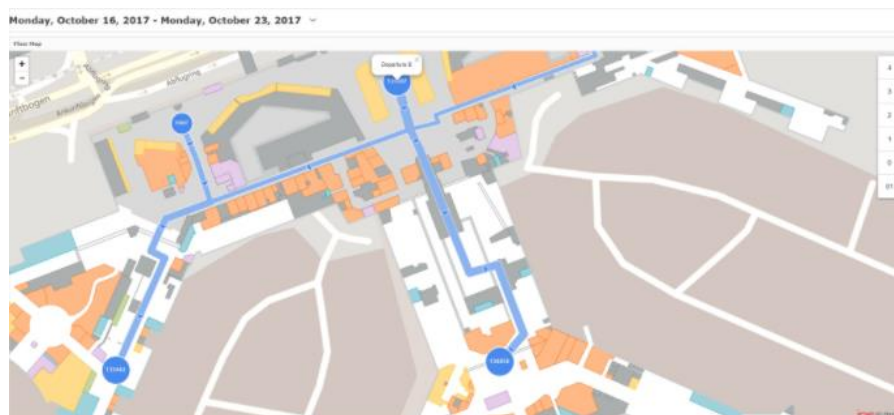
Το λογισμικό ανάλυσης από την Infsoft μπορεί να προστεθεί σε υπάρχοντα συστήματα ή να εγκατασταθεί ανεξάρτητα.

Η τεχνολογία που έχει χρησιμοποιηθεί αναγνωρίζει τις συσκευές χρηστών, τους πομπούς Wi-Fi και Bluetooth. Μετράει: (i) το χρόνο που αφιερώθηκε και σε ποια τοποθεσία, και (ii) ποιες διαδρομές χρησιμοποιήθηκαν. Η προβολή γίνεται μέσω heatmaps. Για παράδειγμα, μπορούν να απαντηθούν ερωτήσεις τύπου πόσοι άνθρωποι περνούν από ένα συγκεκριμένο σημείο κατά τη διάρκεια της ημέρας. Τα δεδομένα εμφανίζονται σε διεπαφή ιστού (Web Interface) με τη μορφή διαγραμμάτων και heatmaps, επιτρέποντας την αξιολόγηση και την περαιτέρω επεξεργασία.

Για εσωτερική τοποθέτηση (Indoor Positioning) χρησιμοποιείται η τεχνική Bluetooth Beacon ή πρέπει να εγκατασταθεί το Wi-Fi-based Indoor Positioning System. Bluetooth beacons είναι πομποί υλικού (hardware transmitters). Είναι μία κατηγορία Bluetooth συσκευών χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας (LE) που μεταδίδουν το αναγνωριστικό τους (identifier) σε κοντινές φορητές ηλεκτρονικές συσκευές. Είναι μια οικονομικά αποδοτική τεχνική, η οποία παρέχει υψηλή ακρίβεια και δουλεύει σε σημεία που κάποιες άλλες τεχνικές τοποθέτησης δε λαμβάνουν σήμα. Όμως δεν παύει να έχει και τα μειονεκτήματά της τα οποία είναι ότι χρειάζεται επιπρόσθετο υλικό (hardware) και η εφαρμογή χρησιμοποιείται για client-based solutions καλύπτοντας σχετικά μικρό εύρος (μέχρι 30m).



**Σχήμα 2.2: Παράδειγμα αναλυτικών απεικονίσεων:
Real-time Indoor Analytics - InfSoft [21]**



**Σχήμα 2.3: Παράδειγμα αναλυτικών απεικονίσεων:
Time & Location Specific Analysis - Infsoft [21]**

Γενικά, το σύστημα αυτό κατατάσσεται στις πιο κάτω κατηγορίες:

- ◇ Infrastructure-free
- ◇ Non-Participatory
- ◇ Network-based /No Privacy

Aislelabs Analysis [22] :

Το σύστημα αυτό δείχνει τις πιθανές συμπεριφορές πελατών μέσα και έξω από καταστήματα έτσι ώστε να επιτυγχάνεται σύγκριση απόδοσης των επιχειρήσεων. Είναι μια cloud-based διεπαφή που προσφέρει σε πραγματικό χρόνο (real time) Retail Analysis. Η προβολή τις συμπεριφοράς των πελατών γίνεται μέσω των πιο κάτω τεχνικών Ανάλυσης: (i) χρόνος σε σχέση με τους επαναλαμβανόμενους επισκέπτες (time vs. repeat visitors), (ii) κατά πόσο οι πελάτες είναι συχνοί πελάτες (customer loyalty), (iii) χρόνος αναμονής (dwell time) πελατών, (iv) τα μονοπάτια που ακολουθούν (walking paths), (v) προβολή heatmaps σε πραγματικό χρόνο (real-time heatmaps), και (vi) πλήρεις αλλαγές στην συγκέντρωση των πελατών (complete conversion funnel).



Σχήμα 2.4: Παράδειγμα cloud-based διεπαφής που απεικονίζει την συμπεριφορά πελατών σ' ένα κατάστημα - Aislelabs Analysis [23]

Γενικά το σύστημα ανήκει στις ποιο κάτω κατηγορίες:

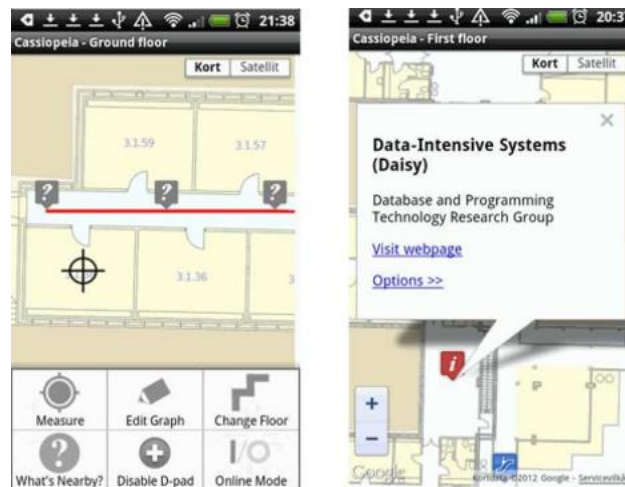
- ◇ Infrastructure-based
- ◇ Non-Participatory
- ◇ Terminal-based / Privacy

2.2.2 Ακαδημαϊκά Συστήματα (Academic Systems)

SmartCampusAAU [24] :

Παρέχει υπηρεσίες εσωτερικής τοποθέτησης βάσει υπηρεσίας (Indoor Location Based Services). Επίσης η εφαρμογή αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί από Smartphones για εσωτερική τοποθέτηση και πλοήγηση σε οποιοδήποτε κτίριο. Το SmartCampusAAU βασίζεται στον Πληθοπορισμό για την οικοδόμηση ενός heatmap, που επιτρέπει εσωτερική τοποθέτηση σε επίπεδο δωματίου με ακρίβεια. Η εφαρμογή αυτή είναι διαθέσιμη για όλες τις σημαντικές κινητές πλατφόρμες (Android, iPhone και Windows Phone).

Εκτός από την υποστήριξη της εσωτερικής τοποθέτησης και της πλοήγησης, το SmartCampusAAU καθιστά επίσης δυνατό για τους ερευνητές να μοιράζονται δεδομένα του ραδιοχάρτη εντοπισμού θέσης. Έχοντας ένα κοινόχρηστο αποθηκευτικό χώρο δεδομένων ραδιοχαρτών καθιστά δυνατή τη δοκιμή αλγορίθμων τοποθέτησης σε πολύ ευρύτερο φάσμα περιβαλλόντων από ότι όταν τα πειράματα εκτελούνται μεμονωμένα. Ομοίως, έχοντας ένα κοινό χώρο αποθήκευσης δεδομένων εντοπισμού θέσης μπορεί επίσης να γίνει και έρευνα για την κίνηση των χρηστών σε εσωτερικούς χώρους περιβάλλοντος.



Σχήμα 2.5: Παράδειγμα εκτέλεσης γεωπλοήγησης - SmartCampusAAU [24]

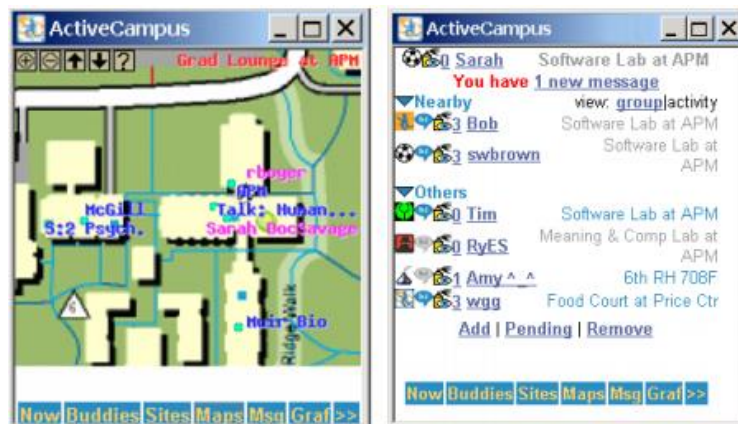
Γενικά το σύστημα ανήκει στις ποιο κάτω κατηγορίες:

- ◇ Infrastructure-free
- ◇ Participatory
- ◇ Terminal-based /Privacy

ActiveCampus [25] :

Το πρόγραμμα ActiveCampus στοχεύει στην παροχή υπηρεσιών βάσει θέσης για εκπαιδευτικά δίκτυα και στην κατανόηση του τρόπου με τον οποίο χρησιμοποιούνται αυτά τα συστήματα. Το active-class επιτρέπει τη συνεργασία μεταξύ φοιτητών και καθηγητών, εξυπηρετώντας ως οπτικός συντονιστής για αλληλεπίδραση στην τάξη. Υποστηρίζει δραστηριότητες στην τάξη, όπως ανώνυμη ερώτηση, δημοσκόπηση και σχόλια φοιτητών.

Το ActiveCampus Explorer υποστηρίζει πολλές τοποθεσίες γνωστών εφαρμογών. Συμπεριλαμβάνει άμεσα μηνύματα που ενημερώνονται για την τοποθέτηση και χάρτες της τοποθεσίας του χρήστη σχολιασμένες με δυναμικούς υπερσύνδεσμους (dynamic hyperlinks) οι οποίοι παραπέμπουν σε κοντινούς φίλους κ.τ.λ. Χρησιμοποιεί το περιβάλλον ενός ατόμου, όπως και την τοποθεσία του, για να βοηθηθεί στην εμπλοκή του στη ζωή της πανεπιστημιούπολης.



Σχήμα 2.6: Παράδειγμα εκτέλεσης γεωπλοήγησης -
ActiveCampus [25]

Γενικά το σύστημα ανήκει στις ποιο κάτω κατηγορίες:

- ◇ Infrastructure-free
- ◇ Participatory
- ◇ Terminal-based /Privacy
- ◇ Non-modeling

IndoorAtlas [26] :

Το IndoorAtlas είναι και αυτό με τη σειρά του, ένα πληροφοριακό σύστημα που αφορά εσωτερικούς χώρους. Το ενδιαφέρον που μπορεί να παρατηρήσει κάποιος στο εν λόγω σύστημα, είναι η υιοθέτηση μιας διαφορετικής αλλά παρόμοια προσέγγισης από τη μέθοδο των ψηφιακών αποτυπωμάτων για τον προσδιορισμό εσωτερικής γεωτοποθέτησης.

Η προσέγγιση αξιοποιεί το μαγνητικό πεδίο τη γης [27,28], όπως ακριβώς κάνουν και τα ζώα. Τα σύγχρονα κτίρια, μπορούν να χαρακτηριστούν από μοναδικό πεδίο μαγνητικών κυμάτων που διαφέρει από σημείο σε σημείο μέσα στο χώρο. Το γεγονός ότι το μαγνητικό πεδίο είναι μη ομοιογενές εντός των κτιρίων, καθιστά τις παρατηρήσεις του μαγνητικού πεδίου καθώς κάποιος κινείται στο χώρο να είναι διαφορετικές και έτσι μπορούν να βοηθήσουν στον προσδιορισμό της εσωτερικής γεωτοποθέτησης του.

Το σύστημα αυτό απαιτεί ο χρήστης που βρίσκεται σε ένα κτίριο να χρησιμοποιεί την κινητή του συσκευή η οποία συλλέγει δεδομένα στο σημείο που βρίσκεται. Αυτά τα δεδομένα στέλνονται μέσω του δικτύου στην υποδομή, στην οποία υπάρχουν ήδη μετρήσεις για το συγκεκριμένο κτίριο, οι οποίες συλλέχθηκαν από πριν με τη μέθοδο του Πληθοπορισμού. Έτσι γίνεται σύγκριση των τρέχον τιμών με τις ήδη προ υπάρχουσες και υπολογίζεται η τοποθεσία του χρήστη, στέλνοντας την με τον ίδιο τρόπο στην συσκευή του χρήστη.

Ως εκ τούτου, τα μαγνητικά πεδία εξ' ορισμού προκαλούν κάποια προβλήματα ανακρίβειας. Τα μαγνητικά δεδομένα όταν υπάρχουν εμπόδια στο χώρο, κυρίως ηλεκτρικά, μεταβάλλονται στο χώρο. Όμως, η μεταβολή αυτή είναι σταθερή και μετρήσιμη μέσω των αισθητήρων πυξίδας της έξυπνης συσκευής, σύμφωνα με τους ερευνητές. Πρόβλημα όμως αποτελεί η ετερογένεια των αισθητήρων των κινητών συσκευών. Για παράδειγμα, αν η συλλογή των δεδομένων γίνει με συσκευή που έχει χαμηλής ακρίβειας αισθητήρες και Στη συνέχεια, ένας τρέχον χρήστης

εκτελέσει αίτημα γεωτοποθέτησης με μια συσκευή που έχει υψηλής ακρίβειας αισθητήρες, θα συγκρίνονται ανόμοια δεδομένα. Το αποτέλεσμα σ' αυτό δεν είναι άλλο από λανθασμένα αποτελέσματα όσο αφορά τη γεωτοποθέτηση του χρήστη. Έτσι οι ειδικοί προτείνουν μια λίστα από έγκυρες συσκευές.

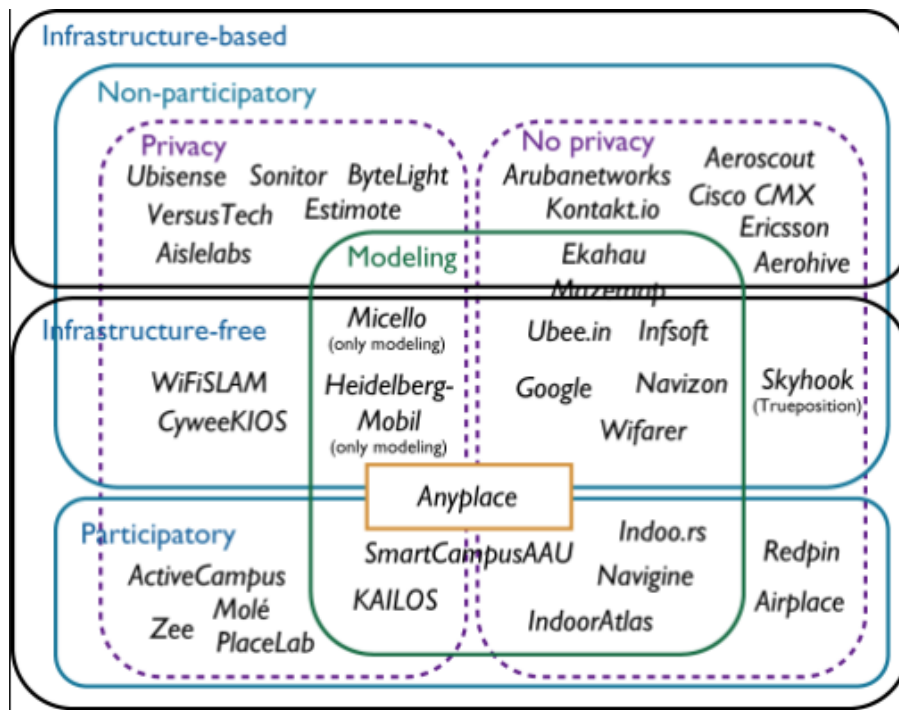


**Σχήμα 2.7: Παράδειγμα προβολής μετρήσεων
σε ραδιοχάρτη – IndoorAtlas [29]**

Το IndoorAtlas ανάγεται στις πιο κάτω κατηγορίες:

- ◇ Infrastructure-free
- ◇ Participatory
- ◇ Network-based /No privacy
- ◇ Modeling

2.3 Αναλυτική Κατηγοριοποίηση Συστήματος Anyplace σε σχέση με τα υπόλοιπα



Σχήμα 2.8: Κατηγοριοποίηση ΠΝ υπηρεσιών [5]

Κεφάλαιο 3

Η Αρχιτεκτονική του Anyplace

3.1 Συστατικά συστήματος Anyplace	22
3.2 Anyplace Server & Data Store	23
3.3 Anyplace Navigator & Logger	24
3.4 Anyplace Viewer	26
3.5 Anyplace Architect	27
3.6 Fingerprint Management Studio (FMS)	28

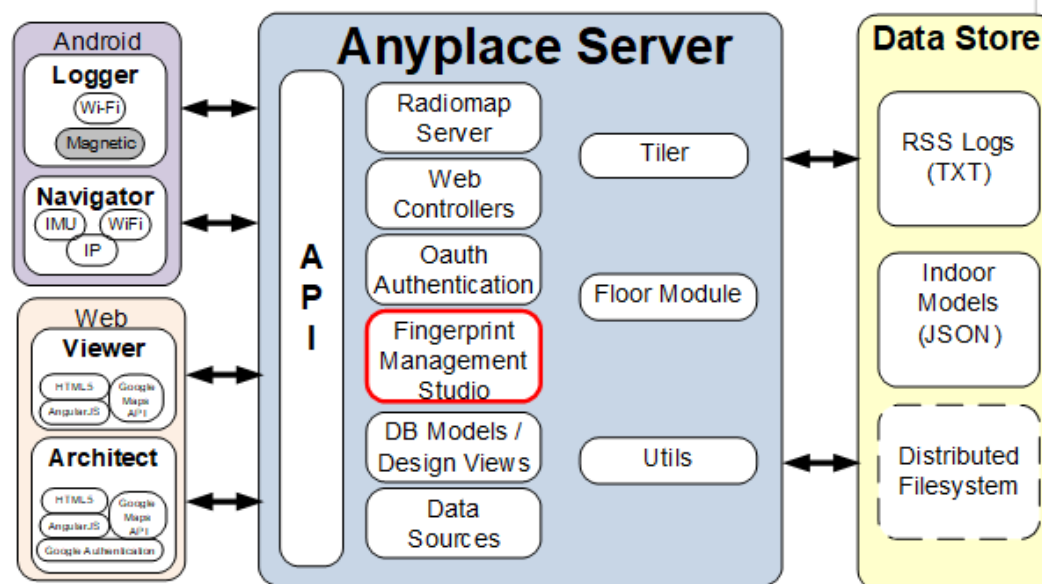
3.1 Συστατικά του συστήματος Anyplace

Η αρχιτεκτονική που ακολουθείται στο σύστημα είναι μια *αρχιτεκτονική πολλαπλών επιπέδων (multi-tier architecture)* που επιτρέπει την προσθήκη πρόσθετων ενοτήτων είτε για την επέκταση των δυνατοτήτων του συστήματος με την εφαρμογή νέων λειτουργιών, ή για την ενίσχυση της εμπειρίας των χρηστών με τη βελτίωση των υπάρχουσών λειτουργιών (π.χ., αντιστοίχιση χαρτών και σύνθετη σύνταξη δεδομένων για την αύξηση ακρίβεια εντοπισμού). Σχετικά με την επεκτασιμότητα, το Anyplace λειτουργεί πάνω από μια NoSQL διαχείρισης δεδομένων back-end υπηρεσία, ένα JSON Application Protocol Interface (API), mobile clients για Web, Android, Windows Phone και το Google Maps API για εξωτερική πλοήγηση και αναζήτηση, tiles και δορυφορική άποψη. Το σύστημα είναι ένα έργο ανοιχτού κώδικα και διανέμεται ανοιχτά μέσω του Github.

Το λογισμικό του Anyplace αποτελείται από επτά βασικές ενότητες: (i) τον Anyplace Server, (ii) τη Data Store, (iii) τον Anyplace Architect, (iv) το FMS, (v) τον Anyplace Viewer και δύο

εφαρμογές-πελάτη που λειτουργούν σε smartphones Android, (vi) τον Anyplace Logger, και (vii) τον Anyplace Navigator. Ένας φυσικός Navigator είναι επίσης διαθέσιμος για Windows Phone.

Στο πιο κάτω σχήμα (3.1) παρουσιάζεται διαγραμματικά η αρχιτεκτονική του συστήματος. Στη συνέχεια θα περιγράψουμε πιο αναλυτικά τις προ αναφέρουσες, βασικές οντότητες του συστήματος.



Σχήμα 3.1: Προσαρμογή της αρχιτεκτονικής του Internet-based Indoor Information Service συστήματος Anyplace, όπου με κόκκινο χρώμα παρουσιάζεται το συστατικό το οποίο υλοποίησα στα πλαίσια της ολοκλήρωσης της διπλωματικής μου εργασίας [30]

3.2 Anyplace Server & Data Store

Ο Anyplace Server [30] περιέχει την πλήρη λογική εφαρμογής της υπηρεσίας (Backend Application Logic), συμπεριλαμβανομένης της λειτουργικότητας μοντέλου (modelling), crowdsourcing και API.

Ακολουθεί μια αρχιτεκτονική μεγάλων δεδομένων και παρέχει ένα API Web2.0 που χρησιμοποιεί αντικείμενα JSON για χαρτογράφηση, πλοήγηση και τοποθέτηση. Για την εκτέλεση των αιτημάτων του Anyplace API [30], αναλαμβάνει το Play Framework 2.2.x., το οποίο παρέχει μια ελαφριά, επιλήσμον (stateless) και φιλική αρχιτεκτονική για την κατασκευή εφαρμογών ιστού.

Ο ρόλος του Anyplace Server είναι πολύ σημαντικός, καθώς είναι υπεύθυνος για πολλές λειτουργίες του συστήματος. Μερικές απ' αυτές είναι (i) η αποθήκευση κτιρίων, κατόψεων και πληροφοριών POI, (ii) η δημιουργία και η παράδοση εσωτερικών οδηγιών πλοήγησης στο τελικό χρήστη βάσει του ραδιοχάρτη που δημιουργήθηκε από προηγούμενες μετρήσεις, (iii) ο υπολογισμός των τοποθεσιών που αντιστοιχούν στα APs των κτιρίων και για η εύρεση του κατασκευαστή τους, (iv) ο υπολογισμός της ακρίβειας της θέσης του χρήστη στο κτίριο, και (v) ο έλεγχος ταυτότητας των χρηστών.

Επίσης, όπως είναι φυσικό για ένα σύστημα, χρησιμοποιείται μια Βάση Δεδομένων για την αποθήκευση των δεδομένων του χρήστη. Συγκεκριμένα, το Anyplace κάνει χρήση της Couchbase, μίας NoSQL database η οποία επιτρέπει γρήγορες επερωτήσεις σε μεγάλα δεδομένα τα οποία δεν ακολουθούν το σχεσιακό μοντέλο. Επίσης επιτρέπει την επεκτασιμότητα και τη γρήγορη ανάκτηση μεταδεδομένων. Όταν ο client εκτελέσει κάποιο αίτημα (εισαγωγής/εξαγωγής δεδομένων), ο Anyplace Server τον εξυπηρετεί, αφού επικοινωνήσει με αυτή, ανακτήσει τα απαραίτητα δεδομένα που ζήτησε ο χρήστης, και τέλος στέλνει τα δεδομένα αυτά στον client.

Τα δεδομένα αυτά μπορούν να χωριστούν σε δύο κατηγορίες:

1. Δεδομένα που έχουν δομή και μοντελοποιούνται ως αντικείμενα JSON. Μερικά δεδομένα που ανάγονται σ' αυτή την κατηγορία είναι τα ψηφιακά αποτυπώματα, τα μοντέλα κτιρίων/ορόφων και τα *Points of Interest (POIs)*.
2. Δεδομένα δυαδικής μορφής (binary), που δε μπορούν να αναπαρασταθούν ως μορφή κειμένου, όπως τα *αρχιτεκτονικά σχέδια ορόφων (Floor Plans)*.

3.3 Anyplace Navigator & Logger

Το συνδυασμένο Anyplace Navigator και Logger είναι μια εγγενής εφαρμογή Android, η οποία μπορεί να επωφεληθεί από την εκτύπωση Wi-Fi που είναι διαθέσιμη σε αυτή την πλατφόρμα.

Ο Anyplace Navigator [30] επιτρέπει στους χρήστες να βλέπουν τη τρέχουσα θέση τους πάνω από το χάρτη της ροής δεδομένων και να περιηγούνται μεταξύ των POIs μέσα στο κτίριο, όπως και στον Anyplace Viewer. Η κύρια διαφορά είναι ότι ο Anyplace Navigator προσφέρει εξαιρετική

ακρίβεια (έως και 1,96 μ.), καθώς χρησιμοποιεί τον εντοπισμό ψηφιακών αποτυπωμάτων και τους ενσωματωμένους αισθητήρες smartphone, οι οποίοι ενσωματώνονται άψογα στη μονάδα παρακολούθησης για να εξομαλύνουν το Wi-Fi και να βελτιώσουν την εμπειρία πλοήγησης.

Η εφαρμογή Anyplace Logger [30] χρησιμοποιείται από τους εθελοντές για τη συνεισφορά δεδομένων Wi-Fi και για τους αυτό-καλούμενους ραδιοχάρτες των κτιρίων. Επιτρέπει την καταγραφή ψηφιακών αποτυπωμάτων που προέρχονται από τα APs, τα οποία βρίσκονται στην εμβέλεια μιας συγκεκριμένης θέσης. Οι χρήστες υποδεικνύουν τη τρέχουσα τοποθεσία τους κάνοντας κλικ στο χάρτη και στη συνέχεια κάνουν κλικ στα κουμπιά της οθόνης για να ξεκινήσει και να τερματίσει η διαδικασία καταγραφής. Στη συνέχεια, οι μετρήσεις φορτώνονται στον Anyplace Server με τη διαδικασία που περιγράψαμε στο 3.2. Οι εν λόγω χρήστες χρειάζεται να είναι εντός ενός συγκεκριμένου κτιρίου, αλλιώς δε μπορούν να συλλεχθούν μετρήσεις. Οι μετεπεξεργασμένες μετρήσεις είναι στη συνέχεια διαθέσιμες σε άλλους χρήστες που στοχεύουν να εντοπιστούν με ακρίβεια στο ίδιο κτίριο.



Σχήμα 3.2: Ο Anyplace Logger και Navigator - Anyplace [30]

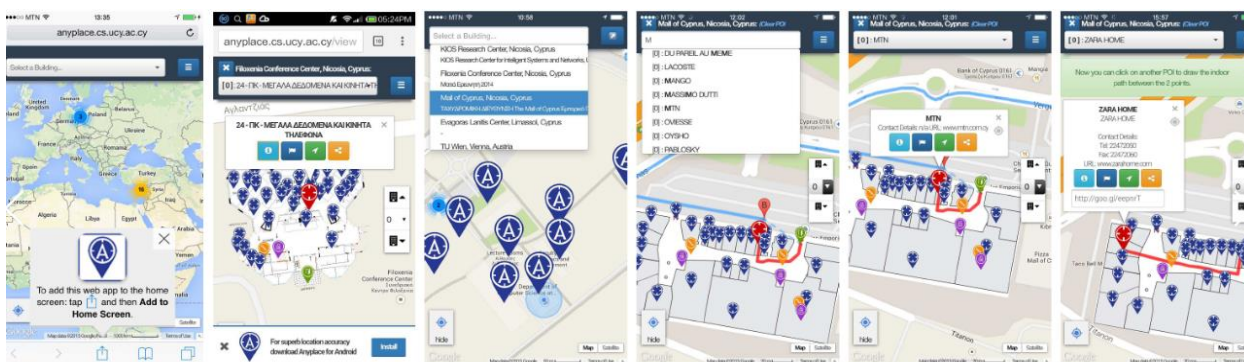
3.4 Anyplace Viewer

Ο Anyplace Viewer [30] είναι μια εφαρμογή ιστού (Web App) πάνω στην πλατφόρμα του Google Maps που επιτρέπει την αναζήτηση και την πλοήγηση, χωρίς να χρειάζεται οποιαδήποτε εγκατάσταση ή επιπλέον υποδομή. Έτσι δεν επιβαρύνεται όταν οι χρήστες επιδιώκουν να φτάσουν γρήγορα στον προορισμό τους, καθώς χρειάζεται μόνο ένα πρόγραμμα περιήγησης ιστού.

Με λίγα λόγια επιτρέπει τη γρήγορη απεικόνιση των κτιρίων που είναι διαθέσιμα στο Anyplace. Είναι ιδανικό για έναν αρχάριο χρήστη που δε θέλει να επενδύσει πολύ χρόνο πριν ξεκινήσει την υπηρεσία μέσω μιας εφαρμογής που έχει ληφθεί από μια δημοφιλή αγορά κινητής τηλεφωνίας. Ένας πιο εμπλεκόμενος χρήστης μπορεί να κατεβάσει τον Anyplace Navigator και να απολαύσει προηγμένες λειτουργίες (π.χ., εξαιρετική ακρίβεια, προσωρινή αποθήκευση, κ.τ.λ.).

Το *περιβάλλον χρήστη (UI)* του Viewer έχει υλοποιηθεί με το σκεπτικό ότι ένας χρήστης μπορεί να βρίσκεται εν κίνηση στο δρόμο, μη έχοντας δυνατότητα σύνδεσης στο διαδίκτυο πάρα μόνο με ασύρματες κινητές τηλεπικοινωνίες. Έτσι το UI είναι βασισμένο στην αλληλεπίδραση με αντίχειρα, έχει μεγάλα κουμπιά, και η ανταλλαγή των δεδομένων μέσω του δικτύου είναι η ελάχιστη δυνατή.

Συνοψίζοντας, έχει επιτευχθεί να είναι εξαιρετικά εύκολο στη χρήση και να πραγματοποιεί τη διεργασία που επιτελεί το GPS, σε εσωτερικούς χώρους.



Σχήμα 3.3: Anyplace Viewer - Anyplace [30]

3.5 Anyplace Architect

Ο Anyplace Architect [30] είναι κι αυτός με τη σειρά του μια εύχρηστη εφαρμογή ιστού. Επιτρέπει στους χρήστες (i) να σχεδιάζουν, (ii) να ανεβάζουν, και (iii) να διαχειρίζονται δομές κτιρίων. Ειδικότερα, η χρήση του απαιτεί σύνδεση με έναν λογαριασμό Google για λόγους ταυτοποίησης. Μέσω του floor editor, ο χρήστης μπορεί να φορτώσει, να κλιμακώσει και να περιστρέψει τα επιθυμητά σχέδια για να τα προσαρμόσει σωστά. Ο χρήστης μπορεί αργότερα να προσθέσει, να σχολιάσει και να επισημάνει γεωγραφικά τα POIs μέσα στο κτίριο του και να τα συνδέσει, δείχνοντας εφικτά μονοπάτια επιτρέποντας την παράδοση οδηγιών πλοήγησης σ' αυτά. Οι αλληλεπιδράσεις του χρήστη με την εφαρμογή γίνονται με εύχρηστες τεχνικές όπως “σύρσης και απόθεσης” (drag-n-drop), οι οποίες δουλεύουν τόσο σε προσωπικούς υπολογιστές όσο σε κινητές συσκευές με σκοπό την ευελιξία διαχείρισης της χαρτογράφησης εν κίνηση εντός του κτιρίου.

Η εφαρμογή αυτή παρέχει επίσης μια σειρά άλλων λειτουργιών, συγκεκριμένα: (i) τη δημιουργία ενός κτιρίου δημόσιου ή ιδιωτικού, το οποίο μοιράζεται αυτόματα ένα κτίριο στη διασύνδεση Anyplace Viewer (δεδομένου ότι δεν υπάρχουν συγκρούσεις). Εναλλακτικά, ένα κτίριο μπορεί να παραμείνει ιδιωτικό και να μοιραστεί μεταξύ των χρηστών μέσω μιας διεύθυνσης URL (π.χ., ένα άτομο που αντιστοιχεί σε ένα κτίριο για ένα συγκεκριμένο γεγονός δημοσιεύει ένα ιδιωτικό κτήριο στο κοινό του μέσω ηλεκτρονικού ταχυδρομείου ή κοινωνικών μέσων), και (ii) την εξαγωγή (Export) και την αποθήκευση όλων των δεδομένων που αφορούν ένα κτίριο (πληροφορίες σε μορφή JSON, αρχιτεκτονικά σχέδια, ραδιοχάρτες) για εφεδρικούς σκοπούς και σκοπούς ασφάλειας. Αντίστοιχα μπορεί να γίνει εισαγωγή (Import) στοιχείων στο σύστημα σε μορφή JSON.



Σχήμα 3.4: Anyplace Architect - Anyplace [30]

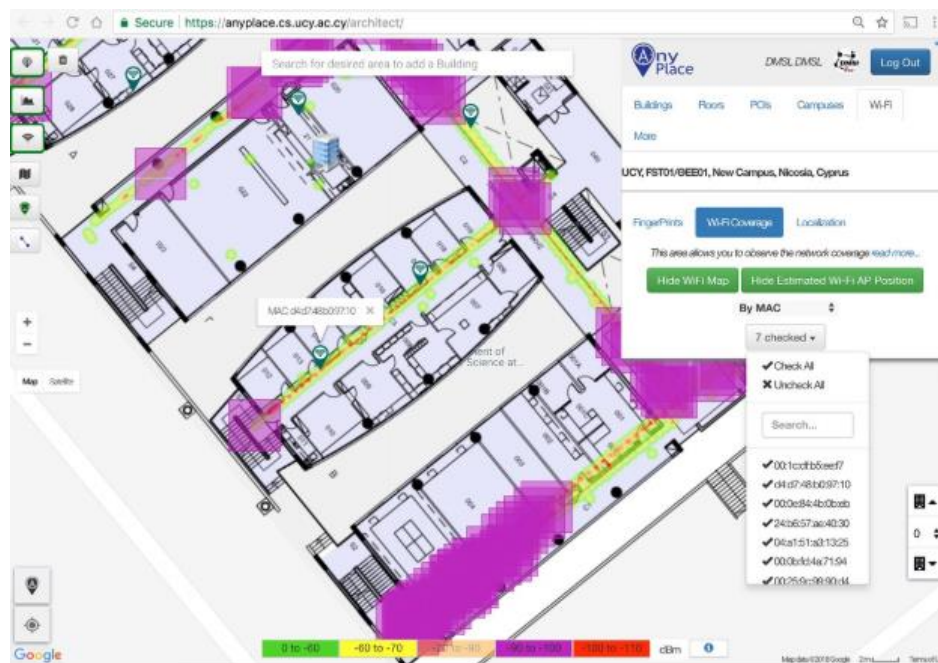
3.6 Fingerprint Management Studio (FMS)

Στη τελευταία έκδοση του Anyplace, είναι εγκατεστημένο και το FMS, το οποίο έχει εμπλουτίσει τη λειτουργικότητα του χρήστη σε μεγάλο βαθμό. Οι νέες δυνατότητες πλέον είναι πολλές. Μία απ' αυτές είναι η προβολή των ψηφιακών αποτυπωμάτων που συλλέχθηκαν για κάθε κτίριο του ξεχωριστά από πολύπλευρες διαστάσεις (Crowd Signal Map - CSM). Υπάρχει η επιλογή προβολής της τιμής ισχύος (RSSI) των μετρήσεων για κάθε θέση, έτσι ο χρήστης είναι σε θέση να καταλάβει που δεν υπάρχει ισχυρή ραδιοκάλυψη, οδηγώντας τον σε αποφάσεις όπως πρόσθεση επιπλέον AP σε κάποια περιοχή. Ένα παράδειγμα είναι ένας ιδιοκτήτης κάποιου ξενοδοχείου, ο οποίος μπορεί να παρατηρήσει ότι στο τρίτο όροφο δεν υπάρχει επαρκής λήψη Wi-Fi σήματος για κάποια δωμάτια. Έτσι διορθώνοντας το πρόβλημα αυτό, αποφεύγονται τυχόν παράπονα και παρατηρήσεις από τους πελάτες και αυτόματα το ξενοδοχείο αναβαθμίζεται. Αξιοσημείωτη επίσης είναι η δυνατότητα προβολής των συνολικών μετρήσεων για κάθε θέση, μέσω heatmap. Αυτό χρησιμεύει στην παρακολούθηση της προόδου του crowdsourcing για τη συλλογή των ψηφιακών αποτυπωμάτων. Ένας χρήστης μπορεί εύκολα να προσδιορίσει εάν μια δεδομένη συλλογή είναι ικανοποιητική ή όχι και, επομένως, καθορίζει ποσοτικά κριτήρια αποδοχής για την παραγωγή των Πληθοποριστών. Επίσης ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να δει μέσω ενός heatmap, το ποσοστό ακρίβειας της θέσης του χρήστη στο εν λόγω κτίριο (Accuracy Estimation - ACCES). Έτσι μπορεί πιο εύκολα να αντιληφθεί αν χρειάζονται περισσότερες μετρήσεις για να αυξηθεί η ακρίβεια γεωτοποθέτησης των χρηστών που θα θέλουν να προηγηθούν στο κτίριο του. Τέλος, ο χρήστης μπορεί να δει προβολή των APs του κτιρίου του (Wi-Fi Surveying - WS), τα οποία υπολογίζονται μ' ένα αλγόριθμο βασισμένος στα προ-συλλεγμένα δεδομένα, ο οποίος θα αναλύσουμε αργότερα. Τα APs που εμφανίζονται στο χάρτη, μπορούν να επιλεγθούν βάσει του κατασκευαστή τους, ή του MAC Address τους για σκοπούς ευκολίας και ανάλυσης. Οι λειτουργίες αυτές μπορούν να τεθούν είτε σε συνδυασμό μεταξύ τους, ή όχι.

Επιπρόσθετα, για σκοπούς διαχείρισης των μετρήσεων ενός κτιρίου, προστέθηκε η ικανότητα διαγραφής μετρήσεων από τον κάτοχο ενός κτιρίου, ο οποίος μπορεί να έκρινε ότι είναι αναξιόπιστες. Η δυνατότητα αυτή καθίσταται καίριας σημασίας αν αναλογιστούμε το παρακάτω σενάριο: Ένα μουσείο που ήδη υπάρχει στο σύστημα, κάνει ανακαίνιση. Κάποια εκθέματα έχουν τοποθετηθεί σε διαφορετικές θέσεις και προστέθηκαν και καινούργια. Τα εκθέματα αυτά βρίσκονται στην εμβέλεια κάποιων APs, όπου πριν δεν υπήρχαν, ή αν υπήρχαν ήταν σε διαφορετική απόσταση απ' αυτά. Αυτό αυτόματα καθιστά τις προηγούμενες μετρήσεις στις

περιοχές αυτές αναξιόπιστες, λόγω του ότι το σήμα πλέον δέχεται καινούργιες παρεμβολές. Πιο συγκεκριμένα, αφού πριν δεν υπήρχε κάποιο εμπόδιο στο εύρος ζώνης κάποιου AP, το σήμα δεν επηρεαζόταν, σε αντίθεση με την παρούσα κατάσταση. Λόγω των διαφόρων φυσικών φαινομένων που προκαλούνται στα ηλεκτρομαγνητικά κύματα, κατά συνέπεια θα αποδυναμωθεί η τιμή ισχύος του και θα μεταβληθεί. Έτσι αν κάποιος πελάτης χρησιμοποιήσει το Anyplace μετά την ανακαίνιση για να ανακτήσει οδηγίες καθοδήγησης προς κάποιο επιθυμητό έκθεμα, το τρέχον ψηφιακό αποτύπωμα που θα σταλθεί στον Anyplace Server θα οδηγήσει σε λανθασμένα αποτελέσματα στη γεωτοποθέτηση.

Τέλος, ο χρήστης μπορεί να φιλτράρει τα δεδομένα που προβάλλονται σ' αυτόν από τους διάφορους ραδιοχάρτες βάσει μιας χρονικής περιόδου. Το φιλτράρισμα αυτό μπορεί να εφαρμοστεί και στη διαδικασία διαγραφής.



Σχήμα 3.5: Anyplace FingerPrint Management Studio (FMS)

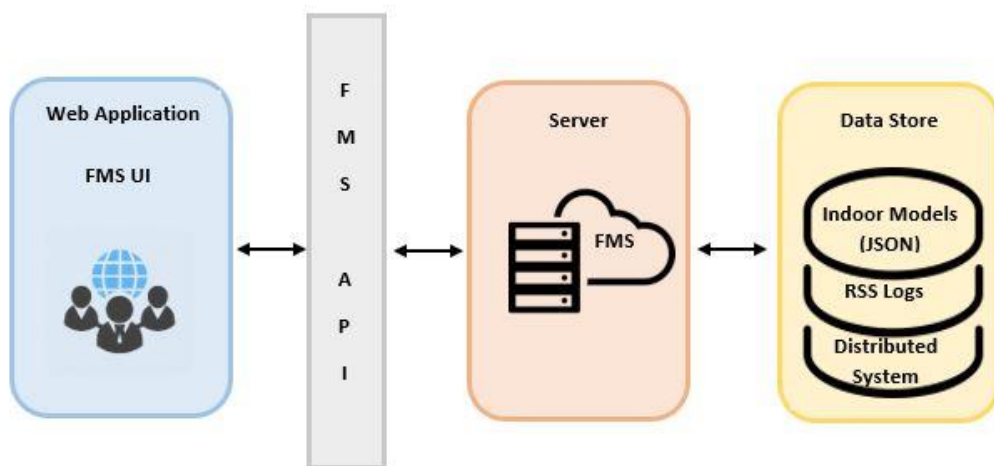
Κεφάλαιο 4

Αρχιτεκτονική του FMS

4.1 Δομή Αρχιτεκτονικής	31
4.2 Μοντελοποίηση	32
4.2.1 Μοντέλο Δεδομένων	32
4.2.2 Μοντέλο σε Επίπεδο API	34
4.3 Τεχνολογικό Υπόβαθρο	43
4.3.1 Front-End	43
4.3.2 Back-End	45

Σ' αυτό το κεφάλαιο θα μελετήσουμε και θα περιγράψουμε αναλυτικά την αρχιτεκτονική του υποσυστήματος FMS. Το FMS αποτελεί πλέον μια σημαντική οντότητα του συστήματος καθώς πολλοί χρήστες είχαν ζητήσει τη δυνατότητα προβολής και διαχείρισης των προ συλλεγμένων ψηφιακών αποτυπωμάτων για κάθε κτίριο τους ξεχωριστά. Αυτό αποσκοπεί στη βελτίωση της χρηστικότητας και της λειτουργικότητας του συστήματος καθώς και στη διαδραστικότητα μεταξύ του χρήστη και του Anyplace.

4.1 Δομή Αρχιτεκτονικής



Σχήμα 4.1: Η αρχιτεκτονική του FMS.

Η αρχιτεκτονική του FMS, όπως φαίνεται στο παραπάνω σχήμα (4.1), ακολουθεί τη δομή *Client-Server*. Το μοντέλο *Client-Server* είναι μια κατακεντρωμένη δομή εφαρμογής (*Distributed Application Structure*), το οποίο χωρίζει τις εργασίες και το φόρτο εργασίας που προκαλείται από τους παρόχους ενός πόρου ή μιας υπηρεσίας και τις αιτούντες υπηρεσίες. Έτσι καταλήγουμε να έχουμε ένα *Server* και ένα *Client*.

Συχνά, η επικοινωνία μεταξύ *Client-Server* πραγματοποιείται μέσω ενός δικτύου υπολογιστών, τοποθετημένα σε διαφορετική μηχανή, χωρίς να σημαίνει ότι δε μπορούν να βρίσκονται στην ίδια. Ο *Client* στέλνει *αιτήματα* (*requests*), τα οποία λαμβάνει ο *Server* και με τη σειρά του είναι υπεύθυνος να εξυπηρετήσει τα αιτήματα αυτά στέλνοντας πίσω *απαντήσεις* (*responses*). Ο *Server* πιθανόν να χρειαστεί να επικοινωνήσει με την κατακεντρωμένη Βάση Δεδομένων του συστήματος, όπου βρίσκονται αποθηκευμένα τα δεδομένα, για να λάβει τις απαραίτητες πληροφορίες, που αφορούν ένα συγκεκριμένο αίτημα. Τα αιτήματα/απαντήσεις περνούν μέσω του *API* που παρέχεται, το οποίο πρόκειται για ένα σύνολο καθορισμένων μεθόδων επικοινωνίας μεταξύ διαφόρων στοιχείων του λογισμικού.

Στην περίπτωση του FMS, ο *Client* είναι το FMS UI το οποίο παρέχει στους διάφορους χρήστες μια εύχρηστη αναλυτική διεπαφή, διαμορφωμένη για να πραγματοποιούν τα αιτήματα τους με

ευκολία. Μέσω του FMS API τα αιτήματα αυτά φτάνουν στον Server, όπου βρίσκονται υλοποιημένα τα διάφορα endpoints. Το κάθε endpoint είναι υλοποιημένο για να εξυπηρετεί ένα συγκεκριμένο αίτημα (*request specific*). Επικοινωνώντας με την κατακευκτική Βάση Δεδομένων του συστήματος, το κάθε endpoint εξυπηρετεί το συγκεκριμένο αίτημα του Client στέλνοντας πίσω την απάντηση σ' αυτόν μέσω του FMS API.

4.2 Μοντελοποίηση

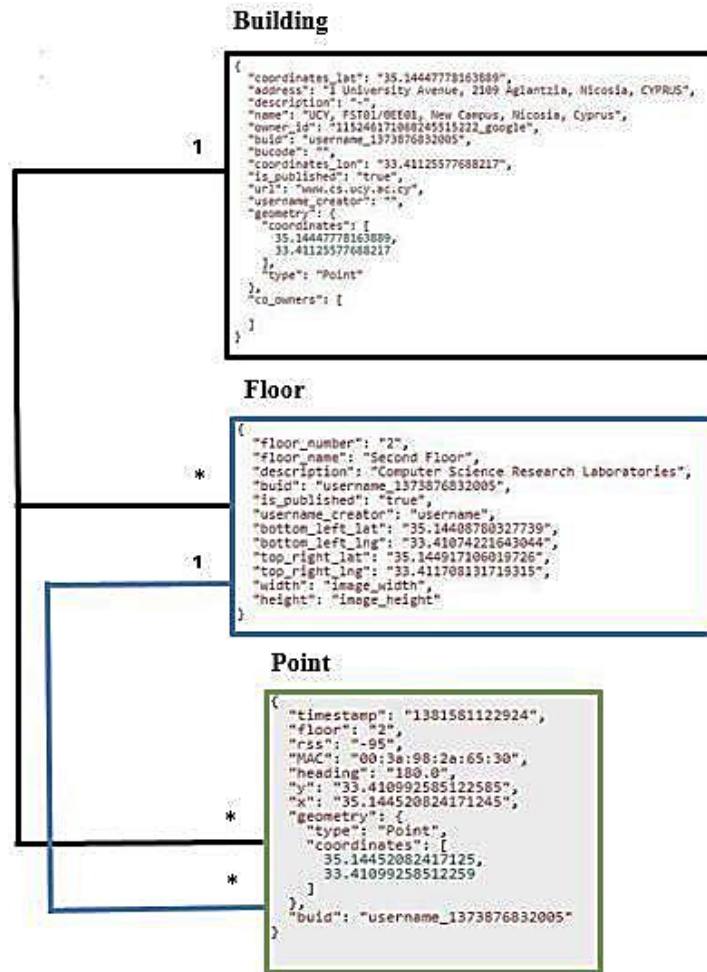
Μοντελοποίηση καλείται η διαδικασία η οποία στοχεύει στην εξιδανίκευση και απλοποίηση ενός συστήματος που παράγεται με επιλεκτική αφαίρεση. Η διαδικασία αυτή επιτυγχάνεται με τη σχεδίαση μοντέλων, τα οποία μπορεί να παρέχουν πληροφορίες για τη δομή και τη συμπεριφορά ενός συστήματος, χωρίς να είναι απαραίτητη η προβολή της αλληλεπίδρασης με το ίδιο το σύστημα.

Η διαδικασία της Μοντελοποίησης είναι επαναληπτική και προσαρμοστική. Η προσαρμογή των μοντέλων προκύπτει από την αξιολόγηση τους όσο αφορά την ερμηνευτική τους ισχύ και την προβλεπτική τους ικανότητα.

Για να πραγματοποιηθεί η υλοποίηση του υποσυστήματος FMS με επιτυχία, έχει σχεδιαστεί ένα Μοντέλο Δεδομένων και Μοντέλα σε επίπεδο API. Τα μοντέλα αυτά βοήθησαν στην εξαγωγή συμπερασμάτων, τα οποία οδήγησαν σε καίριες αποφάσεις που έπρεπε να παρθούν κατά τη διαδικασία της υλοποίησης.

4.2.1 Μοντέλο Δεδομένων

Τα δεδομένα από μόνα τους, δεν επιτρέπουν στον άνθρωπο την εξαγωγή συμπερασμάτων. Έτσι το μοντέλο δεδομένων δίνει τη λύση, παρέχοντας τις διάφορες αναπαραστάσεις και συσχετίσεις μεταξύ των δεδομένων. Παρόλο που η κατακευκτική Βάση Δεδομένων του συστήματος, η Couchbase, ανάγεται στην κατηγορία των NoSQL, η διαδικασία αυτή δε γίνεται για την εισαγωγή περιορισμών στα δεδομένα, αλλά για την άμεση κατανόηση τους.



Σχήμα 4.2: Μοντέλο Δεδομένων ψηφιακών αποτυπωμάτων.

Στην παραπάνω σχήμα (4.2) παρουσιάζεται το Μοντέλο Δεδομένων που αφορούν τα ψηφιακά αποτυπώματα. Οι συσχετίσεις των δεδομένων που απεικονίζονται, όπως και στον πραγματικό κόσμο, είναι οι εξής: ένα κτίριο (*Building*) περιέχει έναν ή περισσότερους ορόφους (*Floor*) και ένας όροφος περιέχει μηδέν ή περισσότερα γεωγραφικά σημεία όπου λήφθηκαν ψηφιακά αποτυπώματα (*Point*).

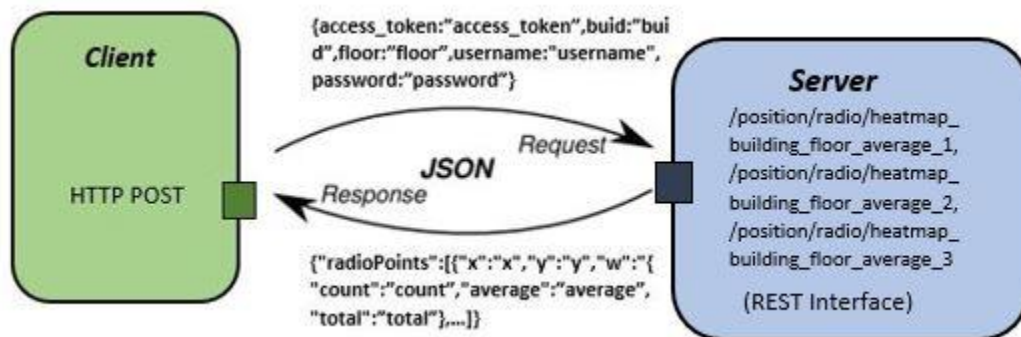
Όλα τα δεδομένα έχουν Όνομα και Συντεταγμένες ως προς τον παγκόσμιο χάρτη. Τα δύο ζεύγη συντεταγμένων που φαίνονται στο Floor είναι το πάνω δεξιά και το κάτω αριστερά σημεία στο χάρτη, στα οποία θα προσαρμοστούν οι αντίστοιχες γωνίες του σχεδίου του ορόφου. Αντίστοιχα στο Point τα δύο ζεύγη συντεταγμένων που φαίνονται, δείχνουν που έγινε η λήψη της συγκεκριμένης μέτρησης. Στο πεδίο rss απεικονίζεται η τιμή ισχύος που λήφθηκε στη συγκεκριμένη τοποθεσία και στο πεδίο MAC παρουσιάζεται από πιο AP έχει ληφθεί.

Περαιτέρω ιδιότητες στα δεδομένα μπορούν εύκολα να προστεθούν ή να αφαιρεθούν καθώς το “σχήμα” των μοντέλων της Couchbase είναι πολύ ευέλικτο, αφού δε χρησιμοποιεί κάποιο δομημένο σύστημα για τα στοιχεία που περιλαμβάνει.

4.2.2 Μοντέλα σε Επίπεδο API

Όπως προαναφέραμε, για να γίνει επιτυχώς μια κλήση από τον Client στον Server, μεσολαβεί το FMS API. Κάθε endpoint στον Server καλείται από το αντίστοιχο API του. Οι κλήσεις που θα πραγματοποιήσει ο Client θα πρέπει να χωριστούν σε αντίστοιχες ενέργειες στον Server, που θα λαμβάνουν χώρο σ’ ένα endpoint. Για να γίνει η ταυτοποίηση αυτή, σχεδιάστηκαν μοντέλα σε επίπεδο API, ένα για κάθε λειτουργία, τα οποία δείχνουν τα δεδομένα που στέλνονται σε μία κλήση (input) και τα δεδομένα που πρέπει να παρέχονται ως απάντηση στην κλήση αυτή (output). Παρακάτω θα δούμε αναλυτικά τα μοντέλα αυτά και θα εξηγήσουμε τι θέλουμε να πετύχουμε σε κάθε κλήση ξεχωριστά.

Μοντέλο 1^ο :



Σχήμα 4.3: Μοντέλο 1 - κλήση για προβολή των ψηφιακών αποτυπωμάτων.

Στο παραπάνω μοντέλο βλέπουμε την κλήση του Client στον Server με σκοπό την προβολή των ψηφιακών αποτυπωμάτων που λήφθηκαν έναν συγκεκριμένο όροφο του κτιρίου του. Για να επιτύχει αυτή η κλήση και να ληφθούν τα σωστά δεδομένα από τη Βάση Δεδομένων, ο Client χρειάζεται να στείλει το *id του κτιρίου (buid)* και τον *αριθμό του ορόφου που βρίσκεται (floor)*. Επίσης για σκοπούς ταυτοποίησης του χρήστη, το request θα πρέπει να περιλαμβάνει επίσης το *όνομα του χρήστη (username)*, τον *κωδικό του (password)* και το *access token (access_token)* για θέματα ασφαλείας.

Η απάντηση της κλήσης αυτής θα πρέπει να περιλαμβάνει όλα τα Points που λήφθηκαν μετρήσεις για τα συγκεκριμένα δεδομένα που έστειλε ο Client. Έτσι το response περιέχει ένα πίνακα (radioPoints) όπου κάθε κελί του απεικονίζει μία μέτρηση. Η μέτρηση αυτή περιέχει τις συντεταγμένες της στο χάρτη (x,y) και την περιγραφή της (w). Η περιγραφή απαρτίζεται από την ποσότητα των μετρήσεων (*count*), το μέσο όρο της τιμής ισχύος (*average*) και την συνολική τιμή ισχύος (*total*) που υπολογίστηκαν από τις λειφθείσες μετρήσεις για την συγκεκριμένη τοποθεσία.

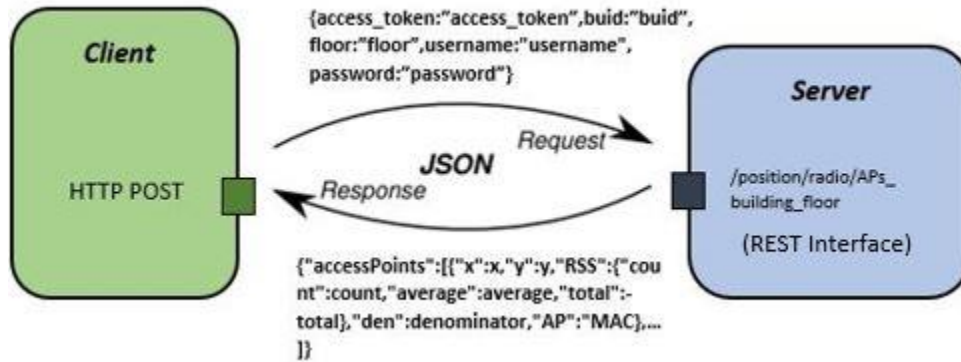
Στον Server βλέπουμε την ύπαρξη τριών endpoints, των /position/radio/building_floor_average_1, /position/radio/building_floor_average_2 και /position/radio/building_floor_average_3. Η δημιουργία διαφορετικών endpoint γι' αυτή τη λειτουργία αποσκοπεί την προβολή τους στο χάρτη σε επίπεδα clustering ανάλογα με το *επίπεδο εστίασης (zoom level)* που βρίσκεται ο χρήστης. Ο λόγος δεν είναι άλλος από τη μείωση φόρτου στο χάρτη, εμφανίζοντας λιγότερα markers.

Έτσι ο Client αναλόγως με το zoom level που βρίσκεται ο χρήστης, καλεί το ανάλογο endpoint. Η μόνη διαφορά τους είναι ότι η επικοινωνία του Server με τη Βάση Δεδομένων εκτελείται με διαφορετική κλήση, έτσι ώστε να έχουμε διαφορετικά αποτελέσματα για κάθε zoom level.

Η Βάση Δεδομένων θα πρέπει να υλοποιηθεί έτσι ώστε να ομαδοποιεί τις συντεταγμένες των σημείων διαφορετικά σε κάθε περίπτωση. Ο τρόπος για να γίνει αυτό είναι όσο πιο ψηλό είναι το zoom level, τόσο πιο πολλά δεκαδικά ψηφία πρέπει να αποκόβονται από τις τιμές x και y αντίστοιχα, έτσι ώστε να ομαδοποιούνται περισσότερα σημεία μαζί.

Για παράδειγμα έστω ότι υπάρχουν τα ακόλουθα Points $p1$ και $p2$ αποθηκευμένα στη Βάση Δεδομένων με συντεταγμένες (x,y) (35.144539514845, 33.411179392930535) και (35.144539512234, 33.411179392930655) αντίστοιχα. Χωρίς την αποκοπή δεκαδικών ψηφίων, η Βάση Δεδομένων θα τα ομαδοποιήσει ξεχωριστά. Άρα σύνολο έχουμε 2 Points. Αποκόβοντας τα τελευταία 4 ψηφία έχουμε ως αποτέλεσμα $p1' = (35.14453951, 33.41117939293)$ $p2' = (35.14453951, 33.41117939293)$. Έτσι η Βάση Δεδομένων θα τα ομαδοποιήσει μαζί, έχοντας ως αποτέλεσμα την επιστροφή ενός Point.

Μοντέλο 2°:



Σχήμα 4.4: Μοντέλο 2 - κλήση για προβολή των APs.

Στο παραπάνω μοντέλο βλέπουμε την κλήση του Client στον Server με σκοπό την προβολή των APs που υπάρχουν στο κτίριο του για έναν συγκεκριμένο όροφο. Για να επιτύχει αυτή η κλήση και να ληφθούν τα σωστά δεδομένα από τη Βάση Δεδομένων, ο Client χρειάζεται να στείλει τα ίδια δεδομένα που στέλνονται στο Μοντέλο 1 (build, floor, username, password, access_token).

Η τοποθεσία του κάθε AP δε βρίσκεται αποθηκευμένη ως πληροφορία στη Βάση Δεδομένων, έτσι χρειάζεται η υλοποίηση ενός αλγορίθμου για τον υπολογισμό τους. Εκμεταλλευόμενοι τα δεδομένα που αφορούν τα ψηφιακά αποτυπώματα, ο αλγόριθμος κυμαίνεται να είναι RSSI-based Centroid Localization Algorithm.

Μετά από μελέτη, ένας αξιόπιστος αλγόριθμος ο οποίος μπορεί να εκτελεστεί με τον ακόλουθο τύπο:

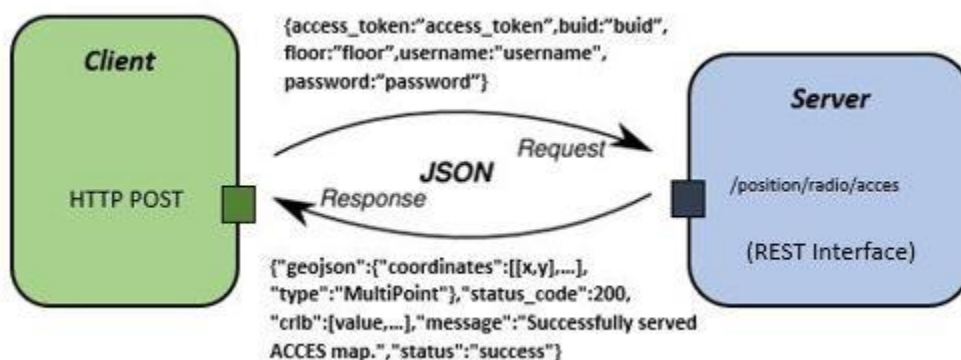
$$S_i(\widehat{X_{SI}}, \widehat{Y_{SI}}) = \frac{\sum_{j=1}^m w_{ij} B_j(x_{vj}, y_{vj})}{\sum_{j=1}^m w_{ij}}$$

όπου w_{ij} είναι η μέση τιμή ισχύος RSSI και $B_j(X_{vj}, Y_{vj})$ είναι η θέση που λήφθηκε η μέτρηση αυτή. Η τιμή RSSI εξαρτάται από το πόσο απέχει η θέση που λαμβάνεται η μέτρηση σε σχέση με την τοποθεσία που βρίσκεται το AP. Όσο πιο μακριά βρισκόμαστε από το AP, τόσο πιο μικρή είναι η τιμή RSSI που λαμβάνεται. Μ' αυτό τον τρόπο, για κάθε νέα τοποθεσία που λήφθηκε μέτρηση, δημιουργείται ένας "κύκλος", όπου η εμβέλεια του καθορίζει την πιθανή θέση του AP. Κάθε φορά που εμφανίζεται νέα μέτρηση στον υπολογισμό, ο κύκλος αυτός μετατοπίζεται αναλόγως τις νέας τιμές ισχύος. Στο τέλος, λαμβάνοντας υπόψη όλες τις μετρήσεις για κάθε θέση ξεχωριστά, έχουμε τον τελικό "κύκλο", με την υπολογισμένη θέση του AP. Η εμφάνιση μιας νέας μετρήσεις λαμβάνεται υπόψη μόνο αν δεν έχει βρεθεί ήδη τιμή μικρότερη του -60, γιατί σ' αυτή

την περίπτωση δε χρειάζεται μετατόπιση δεδομένου ότι η τιμή -60 είναι η πιο δυνατή που μπορεί να ληφθεί, άρα το AP βρίσκεται στην τοποθεσία όπου λήφθηκε η τιμή αυτή.

Λαμβάνοντας υπόψη τον αλγόριθμο, η απάντηση της κλήσης αυτής θα πρέπει να περιλαμβάνει όλα τα Points που υπολογίστηκαν ότι υπάρχει AP για τα συγκεκριμένα δεδομένα που έστειλε ο Client. Έτσι το response περιέχει ένα πίνακα (accessPoints), όπου κάθε κελί του απεικονίζει μία μέτρηση. Η μέτρηση αυτή περιέχει τις συντεταγμένες του στο χάρτη (x,y) και την περιγραφή των υπολογισμών που έγιναν (RSS). Η περιγραφή απαρτίζεται από την ποσότητα των μετρήσεων (count), τον υπολογισμένο μέσο όρο της τιμής ισχύος (average) βάσει της πράξης $\sum_{j=1}^m w_{ij} B_j(x_{vj}, y_{vj})$, την συνολική τιμή ισχύος (total) που υπολογίστηκαν από τις λειψθείσες μετρήσεις τις συγκεκριμένης τοποθεσίας, του υπολογισμένου παρονομαστή $\sum_{j=1}^m w_{ij}$ (den) και του MAC address (MAC) του AP που ανιχνεύθηκε. Η διαίρεση θα πραγματοποιείται στον Client. Στον Server βλέπουμε την ύπαρξη ενός endpoint, του /position/radio/APs_building_floor, το οποίο είναι υπεύθυνο για τη λήψη των δεδομένων από τη Βάση Δεδομένων και την εφαρμογή του αλγορίθμου, παράγοντας τα σχετικά αποτελέσματα.

Μοντέλο 3° :



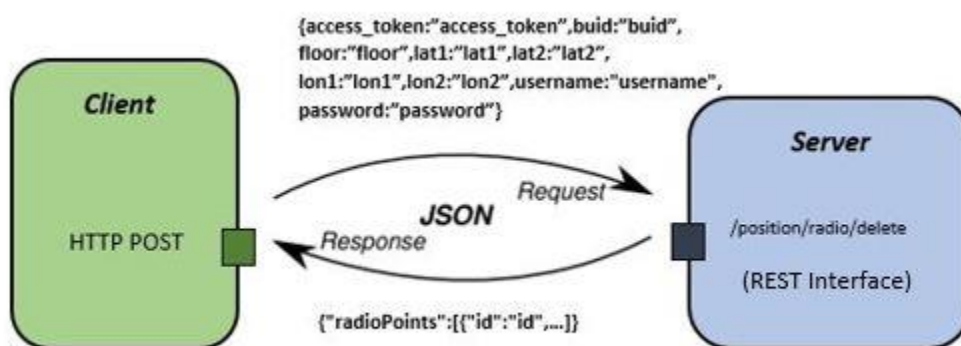
Σχήμα 4.5: Μοντέλο 3 - κλήση για προβολή της αξιοπιστίας της θέσης του χρήστη στο χώρο.

Στο παραπάνω μοντέλο βλέπουμε την κλήση του Client στον Server με σκοπό την προβολή της αξιοπιστίας της θέσης του χρήστη στο χώρο για έναν συγκεκριμένο όροφο στο κτίριο του. Για να επιτύχει αυτή η κλήση και να ληφθούν τα σωστά δεδομένα από τη Βάση Δεδομένων, ο Client χρειάζεται να στείλει τα ίδια δεδομένα που στέλνονται και στα παραπάνω Μοντέλα (build, floor, username, password, access_token).

Η απάντηση της κλήσης αυτής θα πρέπει να περιλαμβάνει όλα τα Points που μπορεί ο χρήστης να μεταβεί στο χώρο, για τα συγκεκριμένα δεδομένα που έστειλε ο Client και τους αντίστοιχους υπολογισμούς. Έτσι το response περιέχει ένα αντικείμενο (geojson) όπου περιέχει δύο πίνακες. Ο πρώτος πίνακας (coordinates) περιέχει τα Points και ο δεύτερος τους υπολογισμούς (ctrlb) οι οποίοι είναι ανάλογοι.

Στον Server βλέπουμε την ύπαρξη ενός endpoint, του /position/radio/acces, το οποίο είναι υπεύθυνο για τη λήψη των δεδομένων από τη Βάση Δεδομένων και για τον υπολογισμό της αξιοπιστίας, ο οποίος πραγματοποιείται με τον αλγόριθμο ACCES.

Μοντέλο 4° :



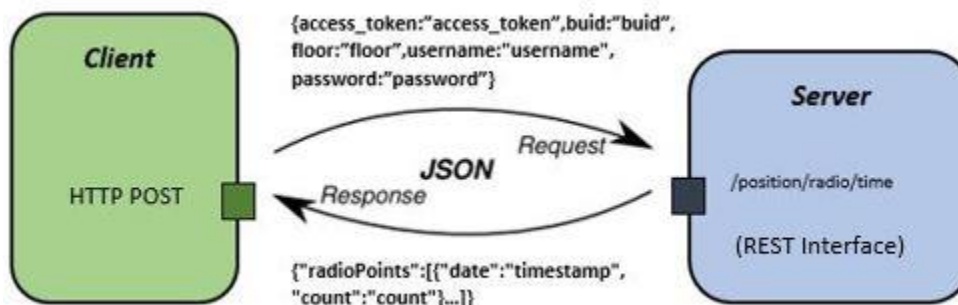
Σχήμα 4.6: Μοντέλο 4 - κλήση για πραγματοποίηση διαγραφής επιλεγμένων ψηφιακών αποτυπωμάτων.

Στο παραπάνω μοντέλο βλέπουμε την κλήση του Client στον Server με σκοπό την πραγματοποίηση της διαγραφής επιλεγμένων ψηφιακών αποτυπωμάτων για έναν συγκεκριμένο όροφο του κτιρίου του. Για να επιτύχει αυτή η κλήση και να ληφθούν τα σωστά δεδομένα από τη Βάση Δεδομένων, ο Client χρειάζεται να στείλει τα ίδια δεδομένα που στέλνονται στα παραπάνω Μοντέλα (buid, floor, username, password, access_token) καθώς και τα όρια της περιοχής που επέλεξε να διαγράψει βάσει ενός select-box (lat1, lat2, lon1, lon2).

Η απάντηση της κλήσης αυτής θα περιλαμβάνει όλα τα Points που περιέχονται στην εμβέλεια αυτή για τα συγκεκριμένα δεδομένα που έστειλε ο Client. Έτσι το response περιέχει έναν πίνακα (radioPoints), όπου σε κάθε κελί του περιέχει το id που χαρακτηρίζει μοναδικά το κάθε Point ξεχωριστά.

Στον Server βλέπουμε την ύπαρξη ενός endpoint, του /position/radio/delete, το οποίο είναι υπεύθυνο για τη λήψη των δεδομένων που αντιστοιχούν στην εμβέλεια διαγραφής από τη Βάση Δεδομένων και για τη μετέπειτα κλήση προς αυτή, με σκοπό να τα διαγράψει.

Μοντέλο 5^ο :



Σχήμα 4.7: Μοντέλο 5 - κλήση για λήψη των χρονικών στιγμών και της ποσότητας των συλλεγμένων ψηφιακών αποτυπωμάτων.

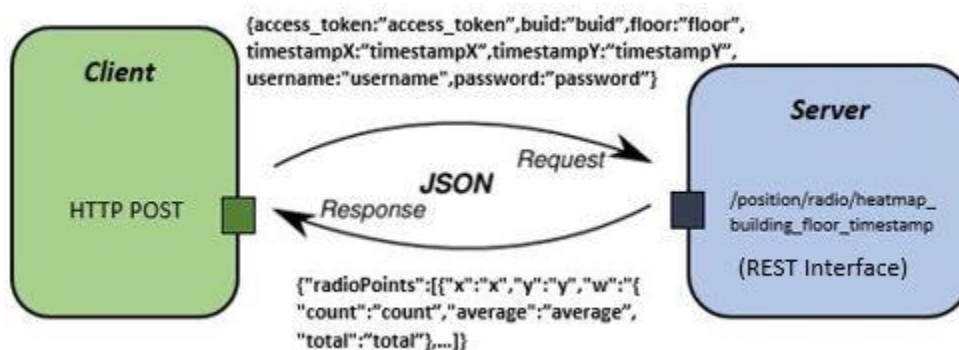
Στο παραπάνω μοντέλο βλέπουμε την κλήση του Client στον Server με σκοπό τη λήψη των χρονικών περιόδων κατά τις οποίες λήφθηκαν μετρήσεις και την ποσότητα των μετρήσεων αυτών για έναν συγκεκριμένο όροφο του κτιρίου του. Για να επιτύχει αυτή η κλήση και να ληφθούν τα σωστά δεδομένα από τη Βάση Δεδομένων, ο Client χρειάζεται να στείλει τα ίδια δεδομένα που στέλνονται στα παραπάνω Μοντέλα (build, floor, username, password, access_token).

Η κλήση αυτή αποσκοπεί στην σωστή απεικόνιση της γραφικής παράστασης της ποσότητας σε σχέση με το χρόνο που πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις.

Η απάντηση της κλήσης αυτής θα περιλαμβάνει όλα τα Points που λήφθηκαν μετρήσεις για τα συγκεκριμένα δεδομένα που έστειλε ο Client. Έτσι το response περιέχει έναν πίνακα (radioPoints), όπου σε κάθε κελί του περιέχει τη χρονική στιγμή που λήφθηκε μέτρηση (date) και την ποσότητα που περιγράφει τη μέτρηση αυτή (count).

Στον Server βλέπουμε την ύπαρξη ενός endpoint, του /position/radio/time, το οποίο είναι υπεύθυνο για τη λήψη των δεδομένων από τη Βάση Δεδομένων, τα οποία αναπαριστούν τα προσυλλεγμένα Points.

Μοντέλο 6° :



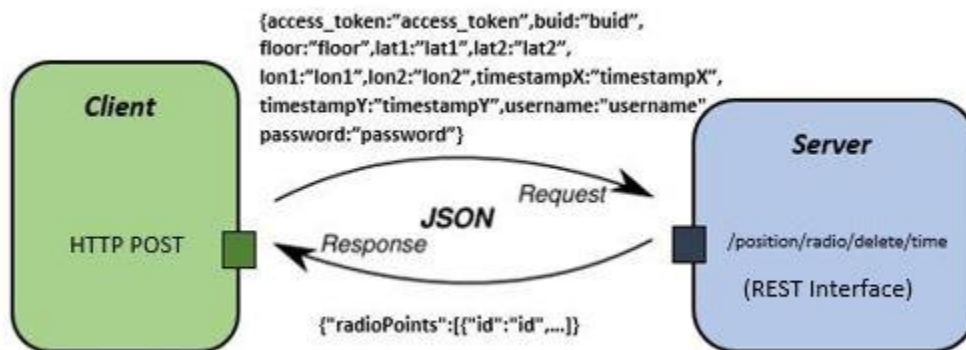
Σχήμα 4.8: Μοντέλο 6 - κλήση για προβολή των ψηφιακών αποτυπωμάτων βάσει μιας χρονικής περιόδου.

Στο παραπάνω μοντέλο βλέπουμε την κλήση του Client στον Server με σκοπό την προβολή των ψηφιακών αποτυπωμάτων βάσει μιας χρονικής περιόδου για έναν συγκεκριμένο όροφο του κτιρίου του. Για να επιτύχει αυτή η κλήση και να ληφθούν τα σωστά δεδομένα από τη Βάση Δεδομένων, ο Client χρειάζεται να στείλει τα ίδια δεδομένα που στέλνονται στα παραπάνω Μοντέλα (build, floor, username, password, access_token) καθώς και η εμβέλεια της χρονικής περιόδου που ενδιαφέρεται ο χρήστης (timestampX, timestampY).

Η απάντηση της κλήσης αυτής θα πρέπει να περιλαμβάνει όλα τα Points που λήφθηκαν μετρήσεις για τα συγκεκριμένα δεδομένα που έστειλε ο Client. Έτσι το response περιέχει έναν πίνακα (radioPoints), όπου κάθε κελί του απεικονίζει μία μέτρηση. Η μέτρηση αυτή περιέχει τις συντεταγμένες της στο χάρτη (x,y) και την περιγραφή της (w). Η περιγραφή απαρτίζεται από την ποσότητα των μετρήσεων (count), το μέσο όρο της τιμής ισχύος (average) και την συνολική τιμή ισχύος (total) που υπολογίστηκαν από τις λειφθείσες μετρήσεις για την συγκεκριμένη τοποθεσία.

Στην πλευρά του Server βλέπουμε την ύπαρξη ενός endpoint, με το όνομα /position/radio/heatmap_building_floor_timestamp, το οποίο είναι υπεύθυνο για τη λήψη των δεδομένων από τη Βάση Δεδομένων, τα οποία αναπαριστούν τα προ-συλλεγμένα Points βάσει μίας συγκεκριμένης περιόδου.

Μοντέλο 7° :



Σχήμα 4.9: Μοντέλο 7 - κλήση για πραγματοποίηση διαγραφής επιλεγμένων ψηφιακών αποτυπωμάτων βάσει μιας χρονικής περιόδου.

Στο παραπάνω μοντέλο βλέπουμε την κλήση του Client στον Server με σκοπό την πραγματοποίηση της διαγραφής επιλεγμένων ψηφιακών αποτυπωμάτων βάσει μιας χρονικής περιόδου για έναν συγκεκριμένο όροφο του κτιρίου του. Για να επιτύχει αυτή η κλήση και να ληφθούν τα σωστά δεδομένα από τη Βάση Δεδομένων, ο Client χρειάζεται να στείλει τα ίδια δεδομένα που στέλνονται στα παραπάνω Μοντέλα (build, floor, username, password, access_token). Επιπρόσθετα θα πρέπει να στέλνονται τα όρια της περιοχής που επέλεξε να διαγράψει βάσει ενός select-box (lat1, lat2, lon1, lon2) και η χρονική περίοδος (timestampX, timestampY).

Η απάντηση της κλήσεως αυτής θα περιλαμβάνει όλα τα Points που περιέχονται στην εμβέλεια αυτή για τα συγκεκριμένα δεδομένα που έστειλε ο Client. Έτσι το response περιέχει έναν πίνακα (radioPoints), όπου σε κάθε κελί του περιέχει το id που χαρακτηρίζει μοναδικά το κάθε Point ξεχωριστά.

Στον Server βλέπουμε την ύπαρξη ενός endpoint, του /position/radio/delete/time, το οποίο είναι υπεύθυνο για τη λήψη των δεδομένων από τη Βάση Δεδομένων, τα οποία αναπαριστούν τα επιλεγμένα Points της συγκεκριμένης περιόδου και για τη μετέπειτα κλήση προς αυτή με την σκοπό να τα διαγράψει.

Συνοψίζοντας, παρουσιάζεται ένας πίνακας που περιέχει όλες τις κλήσεις που μπορεί να εκτελέσει ένας χρήστης, δείχνοντας: (i) το όνομα του endpoint, (ii) την περιγραφή του endpoint, (iii) της παραμέτρους που πρέπει να περιέχει η κλήση από τον Client για να εκτελεστεί η ενέργεια, (iv) περιγραφή των παραμέτρων αυτών, (v) το περιεχόμενο της απάντησης που έρχεται από τον Server, και (vi) την περιγραφή των παραμέτρων που περιέχονται στην απάντηση:

Όνομα Endpoint	Περιγραφή Endpoint	Παράμετροι Αιτήματος	Περιγραφή Παραμέτρων	Απάντηση	Περιγραφή Παραμέτρων Απάντησης
/position/radio/heatmap_building_floor_average_1	Προβολή ψηφιακών αποτυπωμάτων με clustering level 1	access_token buid floor username password	access token από Architect id του κτιρίου αρ. ορόφου που βρίσκεται username του χρήστη password του χρήστη	{ "radioPoints": [{"x": "x", "y": "y", "w": "w"}, "count": "count", "average": "average", "total": "total"}]}	x y περιγραφή μέτρησης σύνολο μέση τιμή RSSI συνολική τιμή RSSI
/position/radio/heatmap_building_floor_average_2	Προβολή ψηφιακών αποτυπωμάτων με clustering level 2	access_token buid floor username password	access token από Architect id του κτιρίου αρ. ορόφου που βρίσκεται username του χρήστη password του χρήστη	{ "radioPoints": [{"x": "x", "y": "y", "w": "w"}, "count": "count", "average": "average", "total": "total"}]}	x y περιγραφή μέτρησης σύνολο μέση τιμή RSSI συνολική τιμή RSSI
/position/radio/heatmap_building_floor_average_3	Προβολή ψηφιακών αποτυπωμάτων με clustering level 3	access_token buid floor username password	access token από Architect id του κτιρίου αρ. ορόφου που βρίσκεται username του χρήστη password του χρήστη	{ "radioPoints": [{"x": "x", "y": "y", "w": "w"}, "count": "count", "average": "average", "total": "total"}]}	x y περιγραφή μέτρησης σύνολο μέση τιμή RSSI συνολική τιμή RSSI
/position/radio/APs_building_floor	Προβολή των APs	access_token buid floor username password	access token από Architect id του κτιρίου αρ. ορόφου που βρίσκεται username του χρήστη password του χρήστη	{ "accessPoints": [{"x": "x", "y": "y", "RSSI": "RSSI"}, "count": "count", "average": "average", "total": "total"}, "den": "denominator", "AP": "MAC"}]}	x y περιγραφή μέτρησης σύνολο μέση τιμή RSSI συνολική τιμή RSSI τιμή αλγόριθμου MAC Address
/position/radio/access	Προβολή της αξιοπιστίας της θέσης του χρήστη	access_token buid floor username password	access token από Architect id του κτιρίου αρ. ορόφου που βρίσκεται username του χρήστη password του χρήστη	{ "geojson": { "coordinates": [x,y], "type": "MultiPoint", "status_code": 200, "crlb": [value], "message": "message", "status": "success"} }	συντεταγμένες τύπος κωδικός κατάστασης υπολογισμός μήνυμα κατάσταση
/position/radio/delete	Διαγραφή επιλεγμένων ψηφιακών αποτυπωμάτων	access_token buid floor lat1 lat2 lon1 lon2 username password	access token από Architect id του κτιρίου αρ. ορόφου που βρίσκεται x1 x2 y1 y2 username του χρήστη password του χρήστη	{ "radioPoints": [{"id": "id"}]}	id της μέτρησης που διαγράφηκε
/position/radio/time	Λήψη χρονικών περιόδων κατά τις οποίες λήφθηκαν μετρήσεις	access_token buid floor username password	access token από Architect id του κτιρίου αρ. ορόφου που βρίσκεται username του χρήστη password του χρήστη	{ "radioPoints": [{"date": "timestamp", "count": "count"}]}	χρονική στιγμή μέτρησης σύνολο

/position/radio/ heatmap_building_floor _timestamp	Προβολή ψηφιακών αποτυπωμάτων βάσει χρονικής περιόδου	access_token buid floor timestampX timestampY username password	access token από Architect id του κτιρίου αρ. ορόφου που βρίσκεται αρχή περιόδου τέλος περιόδου username του χρήστη password του χρήστη	{ "radioPoints": [{"x": "x", "y": "y", "w": "w", "count": "count", "average": "average", "total": "total"}]}	x y περιγραφή μέτρησης σύνολο μέση τιμή RSSI συνολική τιμή RSSI
/position/radio/delete /time	Διαγραφή επιλεγμένων ψηφιακών αποτυπωμάτων βάσει χρονικής περιόδου	access_token buid floor lat1 lat2 lon1 lon2 timestampX timestampY username password	access token από Architect id του κτιρίου αρ. ορόφου που βρίσκεται x1 x2 y1 y2 αρχή περιόδου τέλος περιόδου username του χρήστη password του χρήστη	{ "radioPoints": [{"id": "id"}]}	id της μέτρησης που διαγράφηκε

Σχήμα 4.10: Πίνακας με όλα τα endpoints και τις κλήσεις που μπορεί να εκτελέσει ο χρήστης - FMS

4.3 Τεχνολογικό Υπόβαθρο

Παρακάτω θα πούμε λίγα λόγια για τις τεχνολογίες που χρησιμοποιήθηκαν για την εκπλήρωση του πλαισίου FMS, οι οποίες διαχωρίζονται σε: (i) Front-End (client-side), και (ii) Back-End (server-side).

4.3.1 Front-End

AngularJS [31]

Το AngularJS είναι ένα JavaScript framework για την κατασκευή UI διαδικτυακών εφαρμογών, το οποίο υποστηρίζεται από την Google αλλά και από μία μεγάλη κοινότητα ανεξάρτητων προγραμματιστών και εταιρειών.

Το Angular χρησιμοποιεί το μοτίβο αρχιτεκτονικής σχεδίασης Model-View-Whatever (MVW), δηλαδή παρέχει στον προγραμματιστή τη δυνατότητα επιλογής είτε controller (MVC), ή view model (MVVM) κ.τ.λ. για την επικοινωνία μεταξύ view και model, αναλόγως με το σενάριο χρήσης. Πρωταρχικός στόχος είναι η αντιμετώπιση των προβλημάτων που εμφανίζονται κατά την

κατασκευή εφαρμογών μίας σελίδας (single-page applications - SPAs) και η διευκόλυνση της δημιουργίας τους αλλά και του ελέγχου τους (testing).

Αρχικά, το framework διαβάζει όλη την HTML σελίδα, η οποία έχει ενσωματωμένους επιπλέον, μη τυπικούς όρους μέσα στα tags (custom tag attributes), τα οποία το Angular τα ερμηνεύει ως «εντολές» (directives) για να αντιστοιχίσει κομμάτια της σελίδας με ένα model που αναπαριστάται από JavaScript μεταβλητές. Οι τιμές αυτών των μεταβλητών μπορούν να τεθούν είτε χειροκίνητα μέσω του κώδικα, ή να ανακτηθούν από στατικές και δυναμικές πηγές JSON.

Το Angular είναι βασισμένο στην αξία ότι ο δηλωτικός προγραμματισμός (declarative programming) είναι το πιο κατάλληλο στυλ προγραμματισμού για τη δημιουργία UIs και τη σύνδεση των διαφόρων κομματιών του λογισμικού, ενώ ο προστακτικός προγραμματισμός (imperative programming) ευνοεί τον ορισμό του Business Logic της εφαρμογής.

Το framework προσαρμόζει και επεκτείνει τον κλασσικό κώδικα HTML για να παρουσιάσει δυναμικό περιεχόμενο μέσω της τεχνικής του two-way data binding, η οποία επιτρέπει τον αυτόματο συγχρονισμό των models και των views.

Ως αποτέλεσμα, δίνεται λιγότερη έμφαση στο ρητό χειρισμό του DOM με σκοπό τη βελτίωση της απόδοσης και της ικανότητας ελέγχου του παραγόμενου αποτελέσματος (testability).

Βιβλιοθήκη jQuery [32]

Η βιβλιοθήκη jQuery είναι μια ελαφριά, cross-browser JavaScript βιβλιοθήκη, η οποία δίνει έμφαση στην αλληλεπίδραση μεταξύ JavaScript και HTML. Η βιβλιοθήκη jQuery είναι δωρεάν, ανοιχτού κώδικα λογισμικό υπό διπλή άδεια χρήσης MIT License και GNU General Public License, Version 2.

Η σύνταξη της έχει ως πρωταρχικό στόχο (i) την εύκολη πλοήγηση κόμβων ενός εγγράφου, επιλέγοντας στοιχεία του DOM, και (ii) τη δημιουργία animations, διαχειρίζοντας γεγονότα (events) και αναπτύσσοντας διαδικτυακές εφαρμογές AJAX.

Η jQuery παρέχει επίσης τη δυνατότητα στους προγραμματιστές να δημιουργήσουν plugins στην ίδια τη βιβλιοθήκη, με τέτοιο τρόπο ώστε να την επεκτείνουν. Με την παροχή αυτής της

δυνατότητας, οι προγραμματιστές μπορούν να δημιουργήσουν χαμηλού επιπέδου αλληλεπιδράσεις και animations, προχωρημένα εφέ και υψηλού επιπέδου widgets. Το παραπάνω συμβάλει δραστικά στη δημιουργία ισχυρών και δυναμικών ιστοσελίδων στα πρότυπα του Web 2.0.

4.3.2 Back-End

Scala Programming Language [33]

Η Scala είναι ένα αρκτικόλεξο για την "Scalable Language". Αυτό σημαίνει ότι η Scala μεγαλώνει μαζί με τα δεδομένα. Μπορούμε να πειραματιστούμε με αυτή πληκτρολογώντας εκφράσεις μιας γραμμής και παρατηρώντας τα αποτελέσματα. Αλλά μπορούμε επίσης να βασιστούμε σε αυτή για μεγάλα συστήματα κρίσιμης σημασίας, όπως πολλές εταιρείες κάνουν, συμπεριλαμβανομένου του Twitter, του LinkedIn ή της Intel.

Για κάποιους η Scala φαίνεται σαν γλώσσα scripting. Η σύνταξή της είναι σύντομη και οι τύποι της βγαίνουν από τη μέση επειδή ο μεταγλωττιστής μπορεί να τους συμπεράνει. Υπάρχει ένα φύλλο εργασίας REPL και IDE για γρήγορη ανατροφοδότηση.

Ταυτόχρονα η Scala είναι η προτιμώμενη γλώσσα εργασίας για πολλά συστήματα mission critical Server. Ο δημιουργούμενος κώδικας είναι ισότιμος με αυτόν της Java και η ακριβής πληκτρολόγηση του σημαίνει ότι πολλά προβλήματα έχουν ήδη βρεθεί κατά τη διάρκεια της μεταγλώττισης και όχι μετά την ανάπτυξη. Στη ρίζα, η κλιμάκωση της γλώσσας είναι το αποτέλεσμα μιας προσεκτικής ενσωμάτωσης αντικειμενοστραφών και λειτουργικών γλωσσικών αντιλήψεων.

Η Scala είναι μια καθαρά αντικειμενοστραφής γλώσσα. Εννοιολογικά, κάθε τιμή είναι ένα αντικείμενο και κάθε πράξη είναι μια μέθοδος-κλήση. Η γλώσσα υποστηρίζει προηγμένες αρχιτεκτονικές συστατικών μέσω τάξεων και χαρακτηριστικών. Πολλά παραδοσιακά μοτίβα σχεδίασης σε άλλες γλώσσες υποστηρίζονται ήδη εγγενώς. Για παράδειγμα, τα singletons υποστηρίζονται μέσω ορισμών αντικειμένων και οι επισκέπτες υποστηρίζονται μέσω αντιστοίχισης προτύπων.

Χρησιμοποιώντας implicit κλάσεις, η Scala μας επιτρέπει ακόμη να προσθέσουμε νέες λειτουργίες σε υπάρχουσες κλάσεις, ανεξάρτητα από το αν προέρχονται από την Scala ή την Java. Αν και η σύνταξή του είναι αρκετά συμβατική, η Scala είναι επίσης μια πλήρης λειτουργική γλώσσα. Διαθέτει πολλά, συμπεριλαμβανομένων first-class functions, βιβλιοθήκης με αποτελεσματικές αμετάβλητες δομές δεδομένων και γενική προτίμηση της μεταβλητότητας έναντι της μετάλλαξης.

Σε αντίθεση με πολλές παραδοσιακές λειτουργικές γλώσσες, η Scala επιτρέπει μια σταδιακή και εύκολη μετάβαση σε πιο λειτουργικό στυλ. Μπορούμε να τη χρησιμοποιήσουμε ως "Java χωρίς ερωτηματικά". Με την πάροδο του χρόνου, μπορούμε να εξελίξουμε σταδιακά την εξάλειψη της μεταβαλλόμενης κατάστασης στις εφαρμογές μας, και στη συνέχεια να την καταργήσουμε, αντικαθιστώντας την με ασφαλή λειτουργικά πρότυπα σύνθεσης.

Play Framework [34]

Το Play είναι ένα πλαίσιο εφαρμογών ιστού ανοιχτού κώδικα, γραμμένο σε Scala, το οποίο ακολουθεί το μοτίβο MVC. Έχει ως στόχο τη βελτίωση της παραγωγικότητας δίνοντας έμφαση στη σύμβαση αντί των ρυθμίσεων (convention over configuration) και την εμφάνιση των σφαλμάτων στο φυλλομετρητή. Επίσης δίνει τη δυνατότητα επαναφόρτωσης hot code, την ανανέωση, δηλαδή, μόνο εκείνων των κλάσεων που έχουν τροποποιηθεί από την τελευταία φορά που ένας χρήστης κάλεσε την εφαρμογή στο φυλλομετρητή του, με αυτόματο τρόπο χωρίς να απαιτείται από τον προγραμματιστή να δίνει κάθε φορά την εντολή για μεταγλώττιση.

Το Play Framework είναι έντονα εμπνευσμένο από ώριμα ευρέως υιοθετημένα web frameworks που έχουν αναπτυχθεί για άλλες γλώσσες προγραμματισμού, όπως το Django και το Rails, παρέχοντας έναν built-in JBoss Netty εξυπηρετητή, ενώ εφαρμογές γραμμένες σε Play μπορούν να διανέμονται και σαν WAR αρχεία για τυποποιημένους Java EE application servers.

Τέλος, το framework αυτό διαθέτει σαν συστατικά κάποιες ευρέως διαδεδομένες Java βιβλιοθήκες για τη διευκόλυνση ανάπτυξης web εφαρμογών. Κατ' αρχάς, χωρίς να είναι απαραίτητο, παρέχει δυο ξεχωριστά ORM για την επικοινωνία με τη βάση. Επίσης, όπως και πολλά άλλα frameworks που χρησιμοποιούν την αρθρωτή αρχιτεκτονική, παρέχει έναν κεντρικό διαχειριστή προσθέτων πακέτων ο οποίος αναλαμβάνει να κατεβάζει και να διατηρεί ενημερωμένες εκδόσεις των ζητούμενων plugins. Τέλος, εκτός από πληθώρα βοηθητικών όπως JSON, XML parser και

προστασία από SQL injection, διαθέτει μηχανισμό διαχείρισης προτύπων templates για το επίπεδο παρουσίασης.

Couchbase [35]

Η Couchbase είναι ένα open-source, NoSQL πακέτο λογισμικού βάσεις δεδομένων, το οποίο είναι βελτιστοποιημένο για διαδραστικές εφαρμογές.

Γενικά είναι μια κατανεμημένη, μη σχεσιακή (non-relational) Βάση Δεδομένων, σχεδιασμένη για αποθήκευση δεδομένων μεγάλης κλίμακας και παράλληλη επεξεργασία δεδομένων μοιρασμένα σε ένα μεγάλο αριθμό από Servers. Δεν χρησιμοποιείται κάποιο δομημένο σύστημα για τα στοιχεία που περιλαμβάνει, όπως για παράδειγμα πίνακες, οι οποίοι είναι οι δομικές μονάδες για ένα παραδοσιακό σχεσιακό σύστημα, ούτε χρησιμοποιεί κάποια Structured Query Language (SQL) για τη διαχείριση των δεδομένων.

Χρησιμοποιεί αποκλειστικά non-relational τρόπους οργάνωσης και ανάλυσης των δεδομένων και είναι κατά κύριο λόγο βελτιστοποιημένη, ώστε να επιτυγχάνεται η επισύναψη και η ανάκτηση των δεδομένων αυτών.

Το γεγονός ότι είναι NoSQL, δίνει την ικανότητα να αποθηκεύει και να ανακτήσει μεγάλες ποσότητες δεδομένων, «αδιαφορώντας» για τις σχέσεις μεταξύ των στοιχείων αυτών. Επίσης, οι μέθοδοι υλοποίησης και εφαρμογής της αξιοποιούν μια αρχιτεκτονική που επιτρέπει (και ίσως διευκολύνει) την κατανεμημένη λειτουργία του συστήματος.

Το NoSQL κίνημα υιοθετήθηκε από τις μεγαλύτερες εταιρείες στο χώρο του Internet, όπως η Google, η Amazon και το Facebook. Και στις τρεις αυτές περιπτώσεις προέκυψαν προκλήσεις στο χειρισμό τεράστιου όγκου δεδομένων, όπου οι συμβατικές RDBMS λύσεις, δε μπορούσαν να ανταπεξέλθουν. Και αυτό είναι το βασικό πλεονέκτημα των NoSQL συστημάτων.

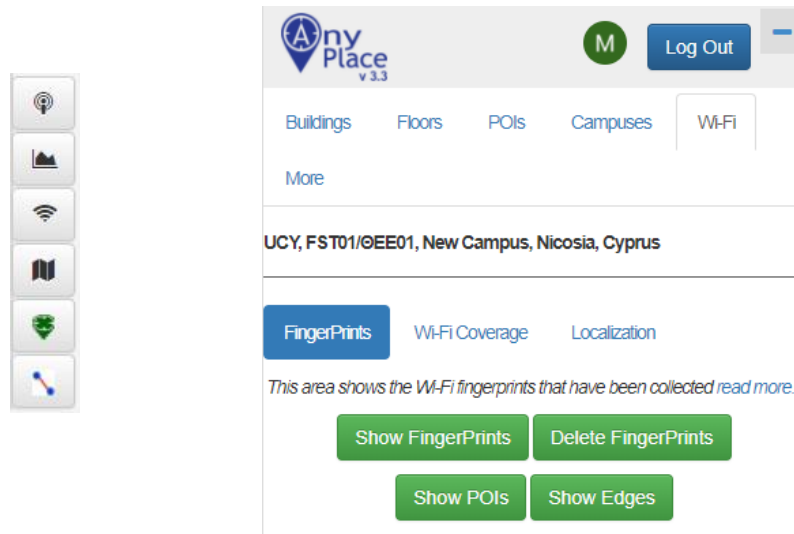
Κεφάλαιο 5

Λειτουργίες του FMS

5.1 FMS Toolbar	48
5.2 Λειτουργία 1: Προβολή heatmap για το CSM (Crowd Signal Map)	50
5.2.1 Διαγραφή CSM	51
5.2.2 Δυνατότητα προβολής CSM βάσει χρονικών κριτηρίων	52
5.2.3 Διαγραφή CSM βάσει χρονικών κριτηρίων	55
5.3 Λειτουργία 2: Προβολή coverage map της μέσης τιμής ισχύος του CSM για κάθε θέση που λήφθηκε μέτρηση (Wi-Fi Signal)	57
5.3.1 Δυνατότητα προβολής Wi-Fi Signals βάσει χρονικών κριτηρίων	61
5.4 Λειτουργία 3: Προβολή των εκτιμώμενων APs του κτιρίου (Wi-Fi Surveying -WS)	63
5.5 Λειτουργία 4: Προβολή της εκτιμώμενης Ακρίβειας Γεωτοποθέτησης στο χώρο (Accuracy Estimation - ACCES)	65
5.6 Λειτουργία 5-6: Διαχείριση προβολής POIs στο χάρτη	67

5.1 FMS Toolbar

Για σκοπούς ευκολίας και πιο έμπειρους χρήστες, έγινε η προσθήκη του FMS toolbar, το οποίο βρίσκεται στα αριστερά της διεπαφής. Χρειάζεται ένα απλό κλικ για να ενεργοποιηθεί μια λειτουργία. Για σκοπούς επεξηγήσεις, βρίσκεται το παράθυρο στα δεξιά, όπου όταν ενεργοποιηθεί μια λειτουργία από το εργαλείο του στούντιο, μεταβιβάζεται στο αντίστοιχο Tab και αντίστροφα. Παρακάτω θα εξηγήσουμε τις δυνατές λειτουργίες που είναι διαθέσιμες προς εκτέλεση.

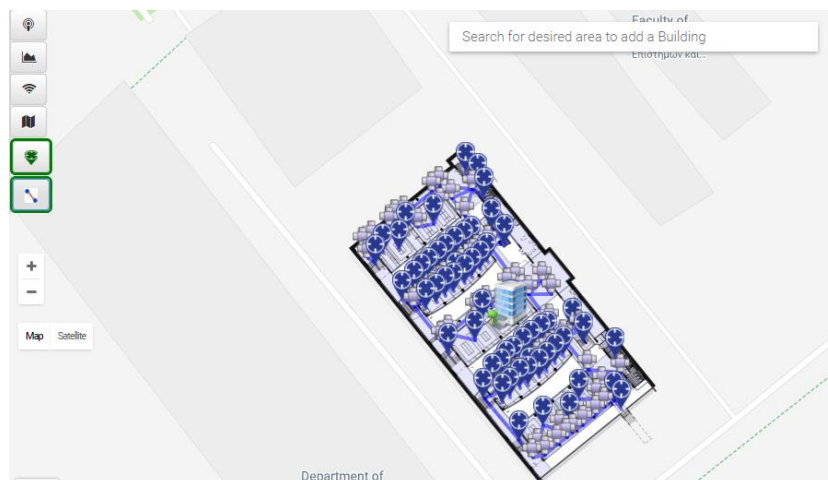


Σχήμα 5.1: FMS Toolbar και Help-box - FMS.

Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα εάν επιθυμεί να κρύψει το παράθυρο αυτό πατώντας το minimize button πάνω δεξιά.

Όταν μια διαδικασία είναι ενεργοποιημένη, το κουμπί που αντιστοιχεί σ' αυτήν χρωματίζεται με πράσινο περίγραμμα για σκοπούς αλληλεπίδρασης με το χρήστη και για να μην αποπροσανατολίζεται (disorientation).

Από προεπιλογή, αν για ένα κτίριο υπάρχουν καταχωρημένα POIs, η λειτουργία 5 και 6 είναι ενεργοποιημένες.

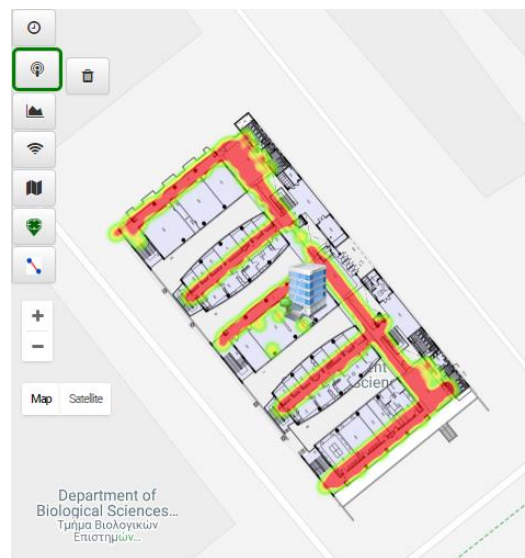


Σχήμα 5.2: Παράδειγμα αρχικής κατάστασης - FMS.

5.2 Λειτουργία 1: Προβολή heatmap για το CSM (Crowd Signal Map)

Πατώντας στη λειτουργία 1, εμφανίζεται ένας heatmap ο οποίος προβάλλει τη δοσοληψία των ψηφιακών αποτυπωμάτων, τα οποία συλλέχθηκαν από τους Πληθοποριστές (CSM).

Με κόκκινο χρώμα, απεικονίζονται οι περιοχές που παρουσιάστηκε πυκνή μέτρηση, ενώ με πράσινο χρώμα απεικονίζονται οι περιοχές που παρουσιάστηκε ασθενής μέτρηση.



Σχήμα 5.3: Προβολή CSM. Με κόκκινο απεικονίζονται οι περιοχές που έγιναν πυκνές μετρήσεις, ενώ με πράσινο οι περιοχές που έγιναν ασθενείς μετρήσεις - FMS.

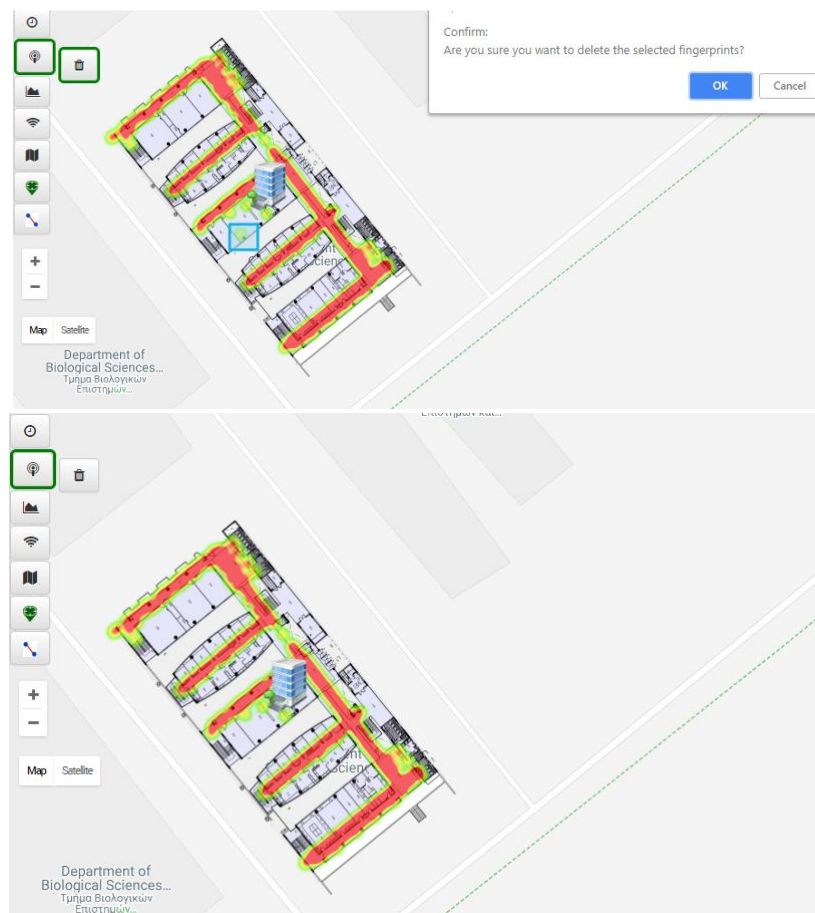
Στο χαμηλότερο επίπεδο εστίασης (zoom level) γίνεται προβολή κόκκινων σημείων για να μπορεί ο χρήστης να προσδιορίσει τις ακριβείς θέσεις που λήφθηκαν μετρήσεις.



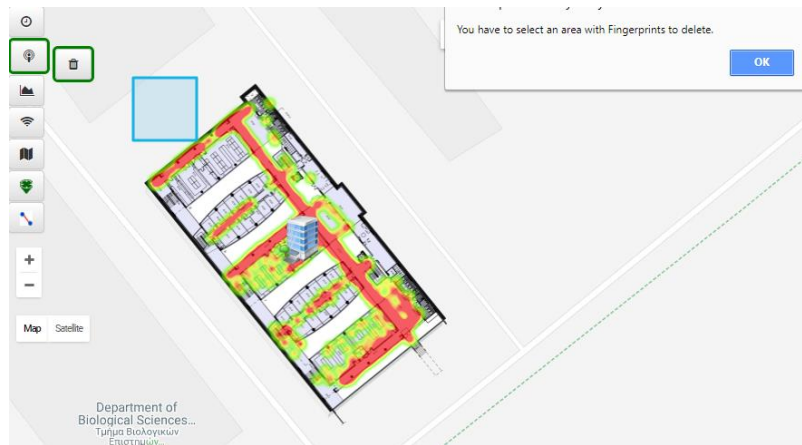
Σχήμα 5.4: Προβολή CSM στο χαμηλότερο επίπεδο εστίασης - FMS.

5.2.1 Διαγραφή CSM

Η λειτουργία αυτή είναι διαθέσιμη όταν η λειτουργία 1 είναι ενεργοποιημένη. Επιλέγοντας τη λειτουργία αυτή, δίνεται η δυνατότητα διαγραφής μιας περιοχής που περιέχει μετρήσεις, αλλιώς αν η περιοχή δεν έχει μετρήσεις, εμφανίζεται μήνυμα λάθους. Η επιλογή γίνεται μέσω ενός select-box. Επίσης εμφανίζεται ένα pop-up window για σκοπούς επιβεβαίωσης διαγραφής των τιμών αυτών, αφού αν εκτελεστεί αυτή η ενέργεια, διαγράφονται μόνιμα. Για την υλοποίηση αυτής της λειτουργίας, έγινε χρήση της βιβλιοθήκης της Google, της Visualization.



**Σχήμα 5.5: Διαδικασία διαγραφής CSM,
περίπτωση επιτυχίας - FMS.**



Σχήμα 5.6: Διαδικασία διαγραφής CSM, περίπτωση που ο χρήστης επιλέξει μια περιοχή στην οποία δεν υπάρχουν καταχωρημένες μετρήσεις - FMS.

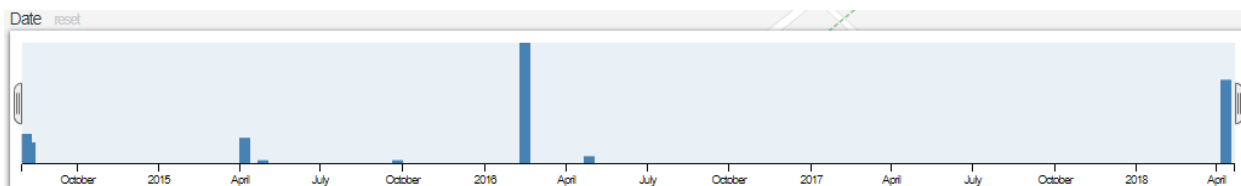
5.2.2 Δυνατότητα προβολής CSM βάσει χρονικών κριτηρίων

Τα προ-συλλεγμένα δεδομένα που ανακτώνται στη Βάση Δεδομένων, έχουν κάποια συγκεκριμένη χρονική σφραγίδα (timestamp). Πρόκειται για μια ακολουθία χαρακτήρων ή κωδικοποιημένων πληροφοριών που προσδιορίζουν πότε συνέβη ένα συγκεκριμένο συμβάν, δηλαδή για την συγκεκριμένη περίπτωση πότε συλλέχθηκε ένα ψηφιακό αποτύπωμα. Αναπαριστά ημερομηνία, ώρα της ημέρας και ορισμένες φορές κλάσμα του δευτερολέπτου.

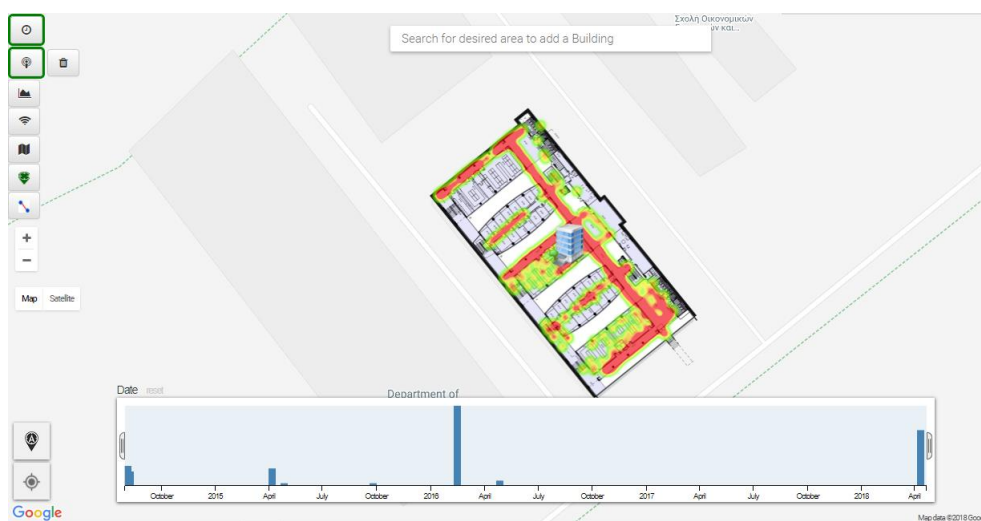
Πιο συγκεκριμένα, το Anyplace χρησιμοποιεί το Unix Timestamp, η οποία τεχνικά η σήμανση δεν αλλάζει, ανεξάρτητα από το πού βρίσκεστε στον πλανήτη. Με λίγα λόγια, είναι ένας αντιπροσωπευτικός τρόπος για όλες τις ζώνες ώρας ταυτόχρονα. Αυτό είναι πολύ χρήσιμο στα συστήματα υπολογιστών για την παρακολούθηση και τη διαλογή των δεδομένων σε δυναμικές και κατανεμημένες εφαρμογές, τόσο σε απευθείας σύνδεση όσο και σε client-side.

Για τη γραφική αναπαράσταση των χρονικών περιόδων, έγινε χρήση της JavaScript βιβλιοθήκης Crossfilter η οποία δίνει τη δυνατότητα εξερεύνησης μεγάλων και πολλαπλών δεδομένων στο πρόγραμμα περιήγησης δυναμικά.

Το πεδίο τιμών του άξονα x, είναι η συνολική χρονική περίοδος στην οποία λήφθηκαν μετρήσεις για κάποιο συγκεκριμένο κτίριο και το πεδίο τιμών του άξονα y, καθορίζει πόσες μετρήσεις λήφθηκαν για μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή, αναλογικά με τις συνολικές μετρήσεις που υπάρχουν.



Σχήμα 5.7: Παράδειγμα γραφικής απεικόνισης CSM vs. Χρόνου - FMS.



**Σχήμα 5.8: Παράδειγμα προβολής CSM βάσει χρονικής περιόδου. Οι μετρήσεις λήφθηκαν στο κτίριο της πληροφορικής στον -1 όροφο.
Όπως βλέπουμε, έχουμε και πρόσφατες μετρήσεις οι οποίες λήφθηκαν για σκοπούς πειραματικής αποτίμησης- FMS.**

Ο χρήστης ανασύροντας το γραφικό επιλογέα της γραφικής αναπαράστασης, επιλέγει τη χρονική περίοδο που βρίσκεται μέσα σ' αυτόν και στη συνέχεια εκτελείται το αίτημα για την προβολή των μετρήσεων που πάρθηκαν γι' αυτήν την περίοδο.



Σχήμα 5.9: Παράδειγμα προβολής CSM κάποιας συγκεκριμένης χρονικής περιόδου, συγκεκριμένα μεταξύ της χρονικής περιόδου 2016 μέχρι τον Απρίλιο του 2018 – FMS.

Όταν ο χρήστης επιλέξει μια χρονική περίοδο στην οποία δε λήφθηκαν τιμές, εμφανίζεται το ανάλογο μήνυμα στην οθόνη και μπορεί να συνεχίσει, επιλέγοντας μια άλλη χρονική περίοδο ή κάνοντας μια άλλη ενέργεια.



Σχήμα 5.10: Παράδειγμα προβολής CSM σε μια περίοδο που δεν υπάρχουν δεδομένα -FMS.

5.2.3 Διαγραφή CSM βάσει χρονικών κριτηρίων

Δε θα μπορούσε να παραλειφθεί από το σύστημα η δυνατότητα εκτέλεσης μιας τέτοιας σημαντικής ενέργειας. Σε πολλές περιπτώσεις ο χρήστης μπορεί να επιθυμεί τη διαγραφή κάποιων μετρήσεων που λήφθηκαν για μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή ή χρονική περίοδο όπου, κατά τη γνώμη του δεν πρέπει να συμπεριλαμβάνονται πλέον στο κτίριο του. Οι περιπτώσεις που μπορεί να απαιτείται μια τέτοια ενέργεια είναι πολλές.

Μια απ' αυτές, και κατά τη γνώμη μου η κυριότερη, είναι να πραγματοποιήθηκε συλλογή ψηφιακών αποτυπωμάτων μια χρονική περίοδο όπου το κτίριο είχε πολλούς επισκέπτες συνδεδεμένους στα διάφορα σημεία πρόσβασης. Έτσι, η τιμή ισχύος που λαμβάνεται αυτόματα επηρεάζεται.

Ο λόγος δεν είναι άλλος από το γεγονός ότι όσο πιο πολλά άτομα είναι συνδεδεμένα σ' ένα AP, τόσο περισσότερες παρεμβολές προκαλούνται στα σήματα που στέλνονται μέσω του καναλιού επικοινωνίας. Το αποτέλεσμα δεν είναι άλλο από την αποδυνάμωση του σήματος.



Σχήμα 5.11: Διαδικασία επιτυχούς διαγραφής CSM για μία συγκεκριμένη χρονική περίοδο - FMS.

5.3 Λειτουργία 2: Προβολή coverage map της μέσης τιμής ισχύος του CSM για κάθε θέση που λήφθηκε μέτρηση (Wi-Fi Signal)

Η ενέργεια αυτή αποσκοπεί στην προβολή της ραδιοκάλυψης του σήματος στο χώρο του.

Ο χρήστης μπορεί να παρατηρήσει πόση ένταση σήματος Wi-Fi έλαβε το κινητό τηλέφωνο κατά τη διάρκεια της διαδικασίας συλλογής ψηφιακών αποτυπωμάτων. Υψηλότερη ένταση (δηλαδή, πράσινο ή -30 dBm) σημαίνει ότι το δίκτυο έχει καλή κάλυψη Wi-Fi (για ένα δεδομένο τετράγωνο). Η χαμηλότερη ένταση σήματος (δηλ. Κόκκινη ή -110 dBm) σημαίνει ότι δεν υπάρχει κάλυψη (σε συγκεκριμένο τετράγωνο).

Για σκοπούς βοήθειας, εμφανίζεται η γραφική κλίμακα (color scale bar) η οποία αντιστοιχεί τα χρώματα σε ένταση σήματος.



Σχήμα 5.12: Γραφική κλίμακα αντιστοίχισης χρώματος με τιμή ισχύος - FMS.

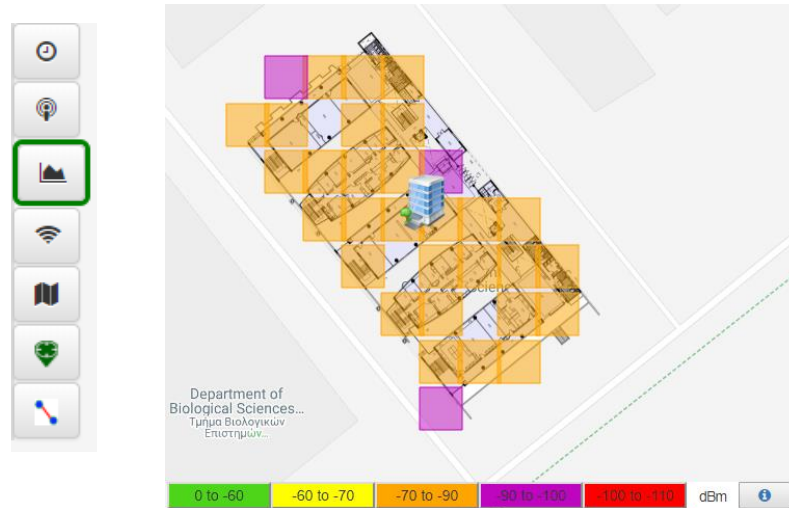
Κλίμακα συνδεσιμότητας:

- ΕΞΑΙΡΕΤΙΚΗ: 0-60 (ΠΡΑΣΙΝΟ) εξαιρετική συνδεσιμότητα με τις υψηλότερες ταχύτητες.
- ΚΑΛΗ: 60-70 (ΚΙΤΡΙΝΟ) καλή συνδεσιμότητα με το Wi-Fi, αλλά όχι πάντα με τις υψηλότερες ταχύτητες.
- ΑΠΟΔΕΚΤΗ: 70-90 (ΠΟΡΤΟΚΑΛΙ) επαρκείς συνδεσιμότητα με το Wi-Fi σας, δέχονται περιστασιακές διακοπές, αλλά θα πρέπει να είναι εντάξει για περιήγηση στο ηλεκτρονικό ταχυδρομείο και στο διαδίκτυο.
- ΔΙΑΚΟΠΤΟΜΕΝΗ: 90-100 διαλείπουσα συνδεσιμότητα, αργούς ρυθμούς μεταφοράς και προβλήματα επιδόσεων με περιεχόμενο που περιέχει πολυμέσα.
- ΜΗ- ΣΥΝΔΕΣΙΜΟΤΗΤΑ: 100-110 (ΚΟΚΚΙΝΟ) δεν υπάρχει καμία σύνδεση στο Wi-Fi.

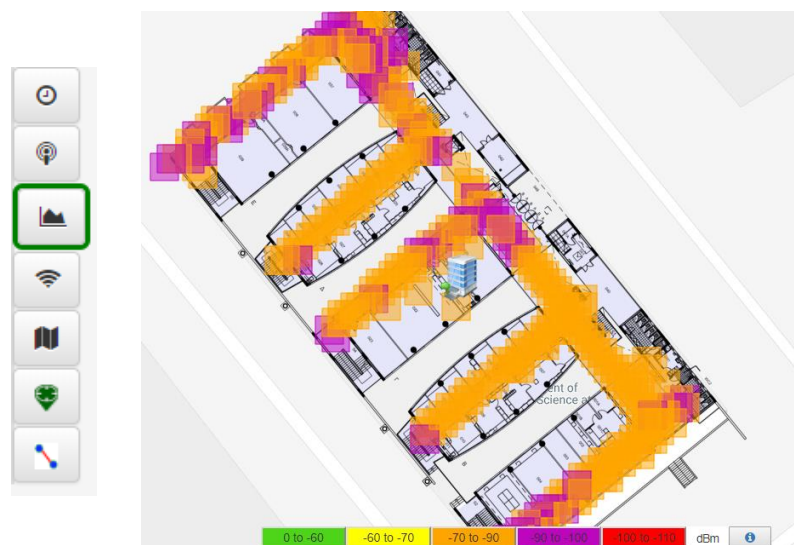
Όπως αναφέραμε και στο Κεφάλαιο 4, η προβολή των δεδομένων του coverage-map χωρίζεται σε τρία επίπεδα συσπείρωσης (clustering) έτσι ώστε να μη φορτώνεται ο χάρτης από πολλά σημεία. Το clustering αυτό εκτελείται από την Couchbase, με τη δημιουργία διαφορετικών View για το καθένα απ' αυτά υλοποιώντας την τεχνική της αποκοπής των δεκαδικών ψηφίων. Στο ανώτερο

zoom level, περισσότερα σημεία ομαδοποιούνται μαζί και έτσι έχουμε το *επίπεδο 1*. Στο μεσαίο zoom level υπάρχει μείωση των σημείων που ομαδοποιούνται μαζί (*επίπεδο 2*) και στο τελευταίο zoom level τα σημεία ομαδοποιούνται με τις πραγματικές τους τιμές, χωρίς να πραγματοποιείται δηλαδή αποκοπή δεκαδικών ψηφίων (*επίπεδο 3*).

Για να ενεργοποιηθεί η λειτουργία αυτή, αρκεί ο χρήστης να πατήσει το αντίστοιχο κουμπί στο Help-box ή, για ευκολία και αμεσότητα, στο FMS toolbar.



Σχήμα 5.13: Παράδειγμα προβολής coverage map της μέσης τιμής ισχύος του CSM με clustering level 1 - FMS.

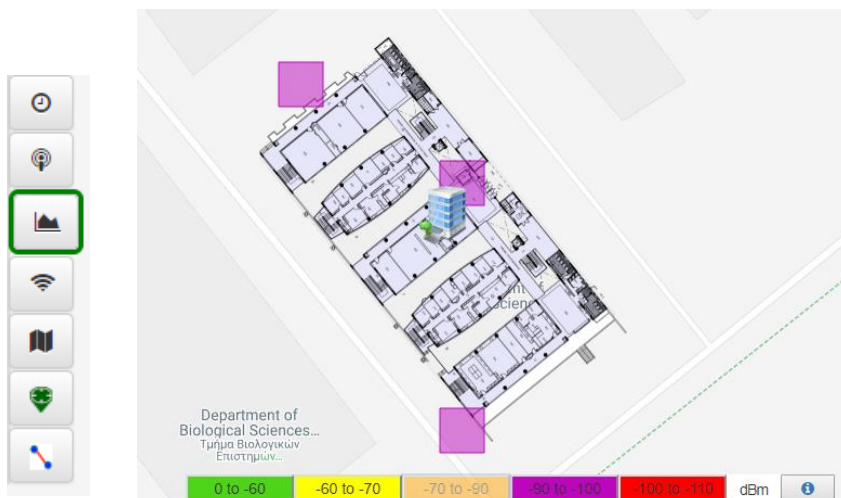


Σχήμα 5.14: Παράδειγμα προβολής coverage map της μέσης τιμής ισχύος του CSM με clustering level 2 - FMS.

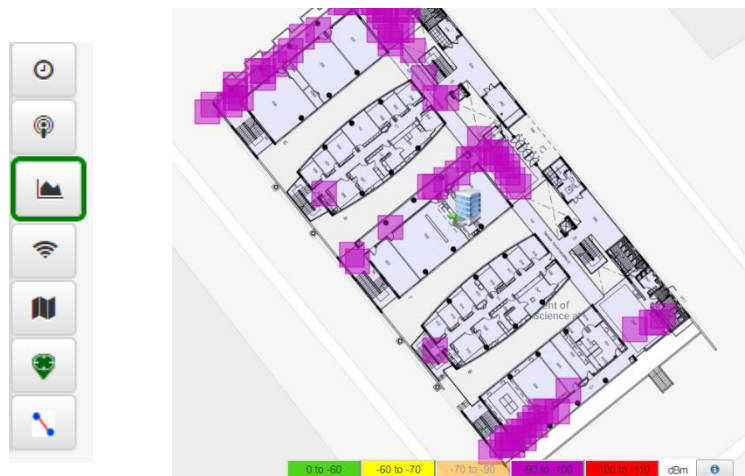


Σχήμα 5.15: Παράδειγμα προβολής coverage map της μέσης τιμής ισχύος του CSM με clustering level 3 - FMS.

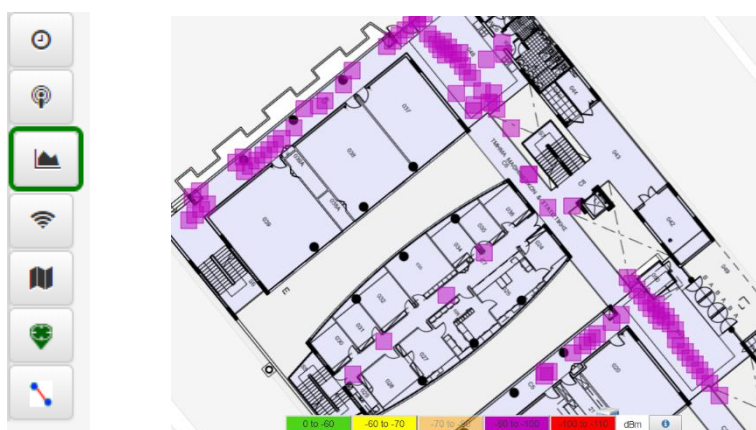
Για σκοπούς διαχείρισης της προβολής του CSM και καλύτερης λήψης αποφάσεων, υπάρχει η δυνατότητα επιλογής των σημείων που προβάλλονται στο χάρτη, βάσει της τιμής ισχύος τους. Δηλαδή ο χρήστης, αν επιθυμεί, μπορεί να αποκρύψει τις τιμές ισχύος που κυμαίνονται από το -70 μέχρι το -90 dBm, πατώντας το κουμπί που αντιστοιχεί σ' αυτές τις τιμές από το color scale bar.



Σχήμα 5.16: Παράδειγμα προβολής coverage map της μέσης τιμής ισχύος του CSM, βάσει της τιμής ισχύος, με clustering level 1 - FMS.



Σχήμα 5.17: Παράδειγμα προβολής coverage map της μέσης τιμής ισχύος του CSM, βάσει της τιμής ισχύος, με clustering level 2 - FMS.



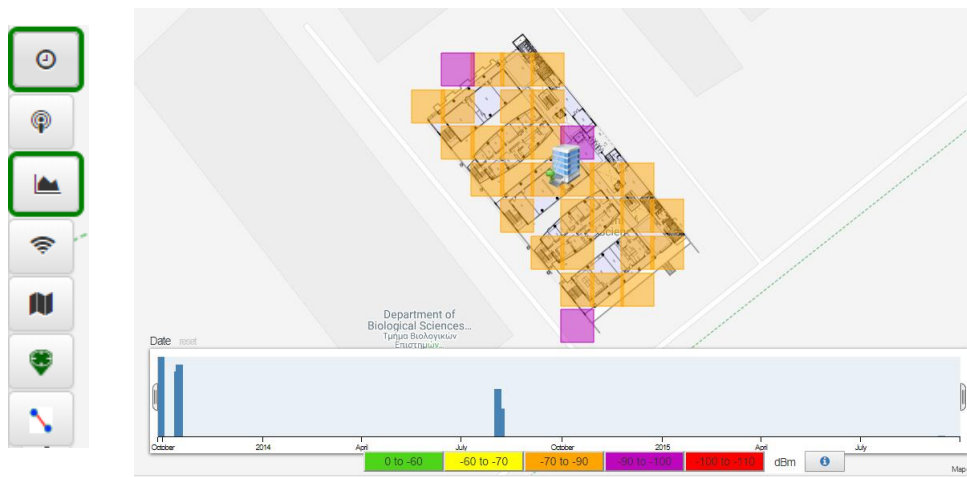
Σχήμα 5.18: Παράδειγμα προβολής coverage map της μέσης τιμής ισχύος του CSM, βάσει της τιμής ισχύος, με clustering level 3 - FMS.

Γενικά, με την παροχή αυτής της λειτουργίας, μπορούν να παρθούν συμπεράσματα όπως το πόσο καλή είναι η ραδιοκάλυψη ενός κτιρίου, που χρειάζεται περισσότερη κάλυψη αν χρειάζεται κ.τ.λ.

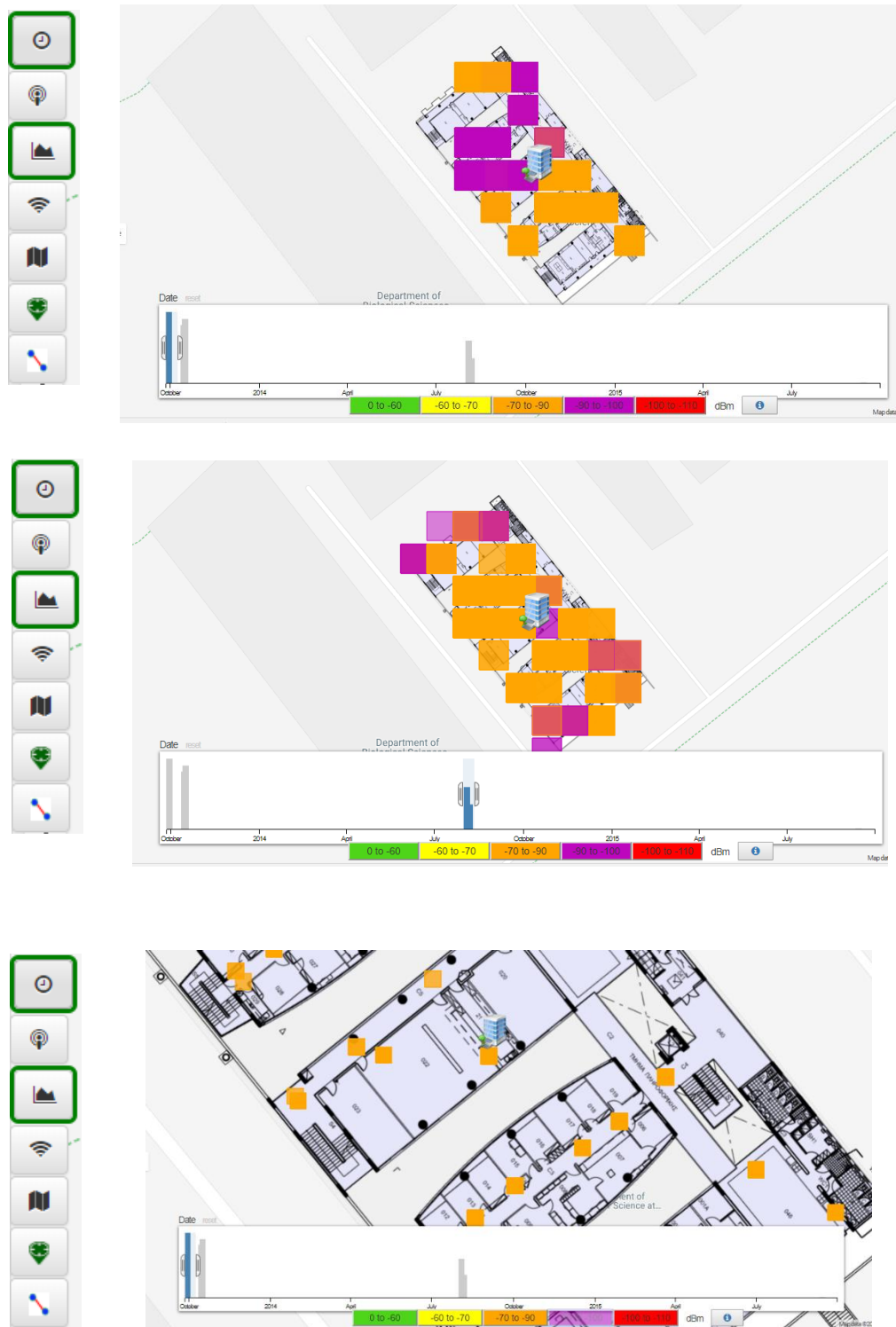
5.3.1 Δυνατότητα προβολής Wi-Fi Signal βάσει χρονικών κριτηρίων

Όπως προαναφέραμε στο Υποκεφάλαιο 5.2.2, τα προ-συλλεγμένα δεδομένα που ανακτώνται στη Βάση Δεδομένων, έχουν κάποιο συγκεκριμένο timestamp, το οποίο αναπαριστά την ημερομηνία και την ώρα που συλλέχθηκε. Το γεγονός αυτό το εκμεταλλευθήκαμε και στη συγκεκριμένη λειτουργία, έτσι ώστε να γίνει δυνατή η προβολή του Wi-Fi Signal, με κριτήριο το χρόνο που λήφθηκαν οι μετρήσεις.

Η ενέργεια αυτή είναι μεγάλης σημασίας, καθώς ο χρήστης θα μπορεί να δει τα προ-συλλεγμένα δεδομένα για το χώρο του, με βάση μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο της επιθυμίας του. Έτσι ο χρήστης θα μπορεί να συγκρίνει την ποιότητα του σήματος του στο χώρο για διαφορετικά χρονικά διαστήματα και θα είναι σε θέση να λαμβάνει κατάλληλες αποφάσεις που αφορούν τη διαχείριση των δεδομένων του, όπως για παράδειγμα να διαγράψει τις τιμές μίας συγκεκριμένης περιόδου, στην οποία φαίνεται ότι η ποιότητα του σήματος έχει σημαντική διαφορά σε σχέση με τις υπόλοιπες. Αυτό το φαινόμενο είναι πολύ πιθανό να συμβεί σε περιπτώσεις που γίνεται δοσοληψία από τους Πληθοποριστές μια περίοδο την οποία πολλοί χρήστες είναι συνδεδεμένοι την ίδια στιγμή στο δίκτυο. Έτσι προκαλείται μια συμφόρηση στο δίκτυο, με αποτέλεσμα το σήμα να αποδυναμώνεται. Διαγράφοντας τα ψηφιακά αποτυπώματα αυτά, αποφεύγονται τυχόν σφάλματα στον υπολογισμό της θέσης των χρηστών κατά τη διαδικασία της γεωτοποθέτησης τους, αφού θα επηρεάζαν το μέσο όρο RSSI.



Σχήμα 5.19: Περιβάλλον προβολής coverage map του Wi-Fi Signal βάσει χρονικών κριτηρίων – FMS.



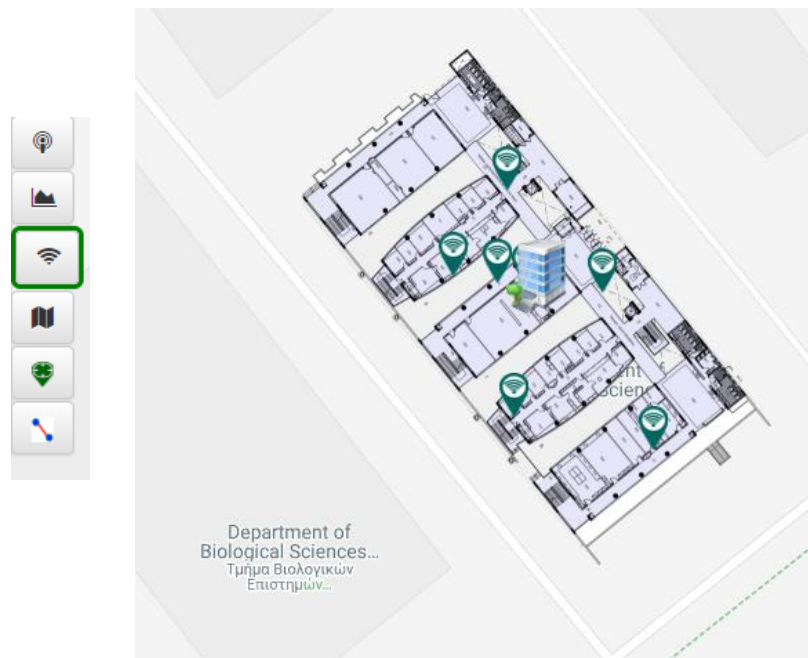
**Σχήμα 5.20: Παραδείγματα προβολής coverage map του Wi-Fi Signal
βάσει χρονικών κριτηρίων – FMS.**

5.4 Λειτουργία 3: Προβολή των εκτιμώμενων APs του κτιρίου (Wi-Fi Surveying -WS)

Μ' αυτή τη λειτουργία, ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να δει που είναι εγκατεστημένα τα διάφορα APs στο κτίριο του.

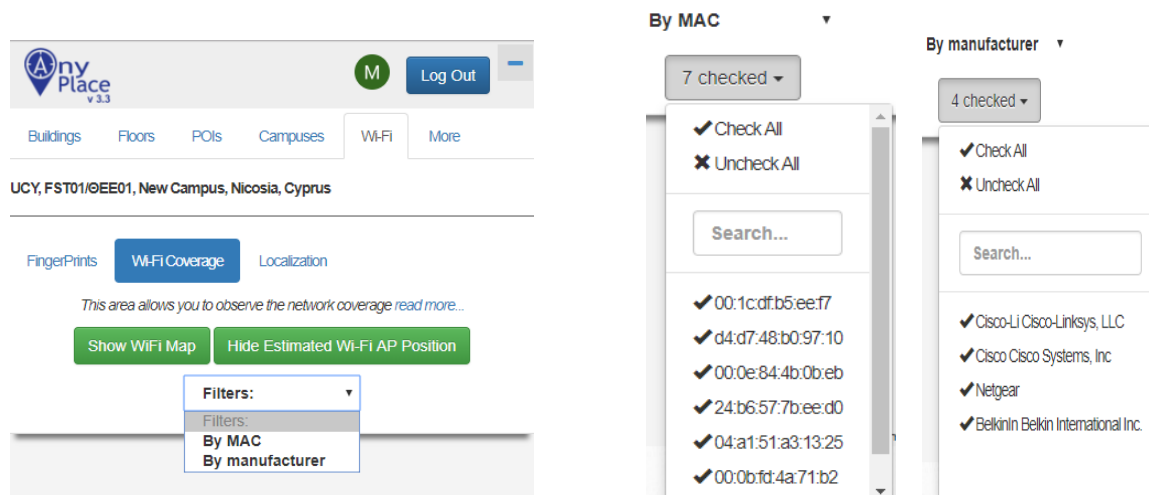
Όπως αναφέραμε και στο Κεφάλαιο 4, η Βάση Δεδομένων δεν αποθηκεύει την πληροφορία αυτή, έτσι χρειάστηκε η υλοποίηση του RSSI-based Centroid Localization Algorithm που εξηγήσαμε.

Για να ενεργοποιηθεί η λειτουργία αυτή, αρκεί ο χρήστης να πατήσει το αντίστοιχο κουμπί στο Help-box ή, για ευκολία και αμεσότητα, στο FMS toolbar.

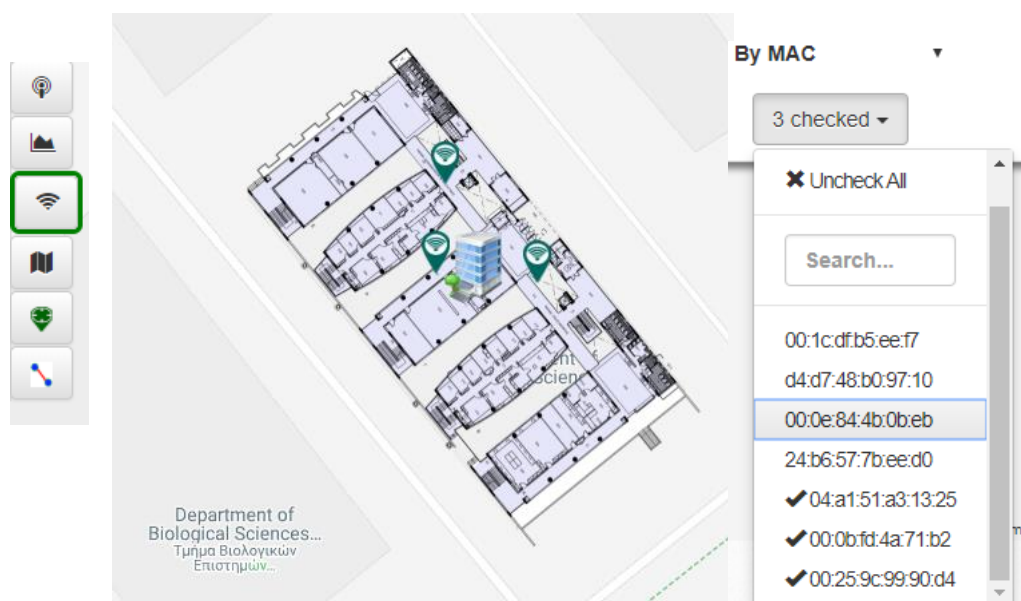


**Σχήμα 5.21: Παράδειγμα εφαρμογής του Wi-Fi Surveying -WS component
- FMS.**

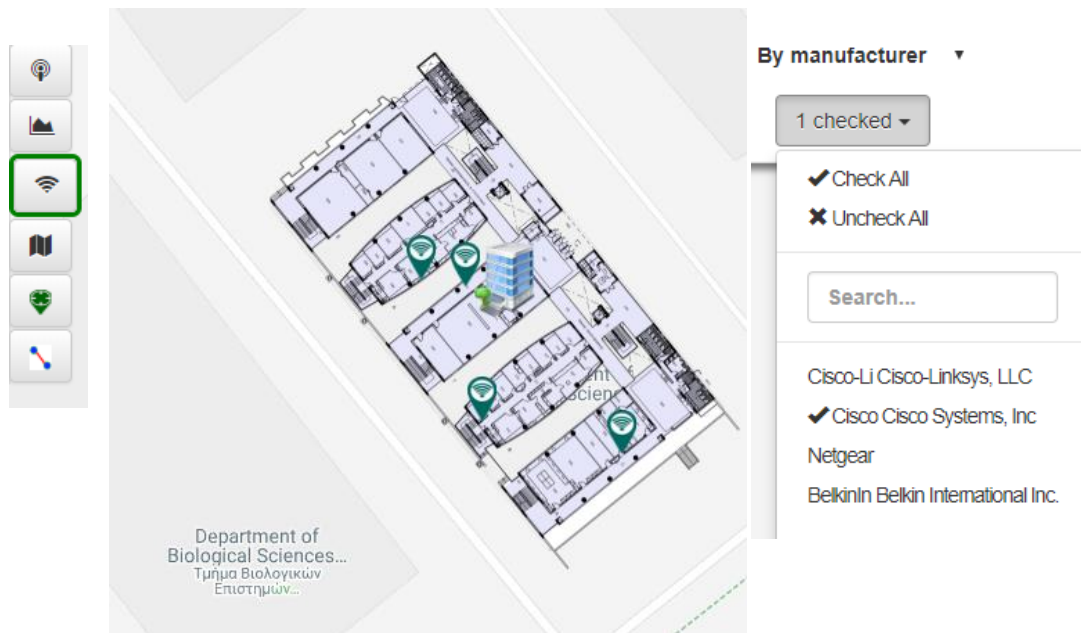
Για σκοπούς λειτουργικότητας και διαχείρισης της προβολής των APs, υλοποιήθηκε στο Help-box μια drop-down list που δίνει τη δυνατότητα επιλογής στο χρήστη να επιλέξει κάποιο είδος φιλτραρίσματος της προβολής. Τα φίλτρα είναι δύο, βάσει του MAC ή βάσει του κατασκευαστή των APs.



Σχήμα 5.22: Δυνατότητα φιλτραρίσματος στο Wi-Fi Surveying -WS component - FMS.



Σχήμα 5.23: Παράδειγμα φιλτραρίσματος στο Wi-Fi Surveying -WS component βάσει του MAC - FMS.



Σχήμα 5.24: παράδειγμα φιλτραρίσματος στο Wi-Fi Surveying -WS component βάσει του κατασκευαστή - FMS.

Για τον υπολογισμό των κατασκευαστών, χρησιμοποιείται το Wireshark.org OUI database, στο οποίο είναι καταγεγραμμένο βάσει των Bytes των MAC, ποιος κατασκευαστής αντιστοιχεί σ' αυτό (τα Bytes που είναι δεσμευμένα γι' αυτή την ταυτοποίηση είναι τα πρώτα 3 – 5 Bytes).

Προβάλλοντας την τοποθεσία των APs, ο χρήστης είναι σε θέση να λάβει υπόψη που χρειάζεται επιπλέον εγκατάσταση AP για ένα δεδομένο κτίριο και όροφο έτσι ώστε να παρέχεται περισσότερη ραδιοκάλυψη ή αλλαγή κάποιου AP για καλύτερη ποιότητα του σήματος.

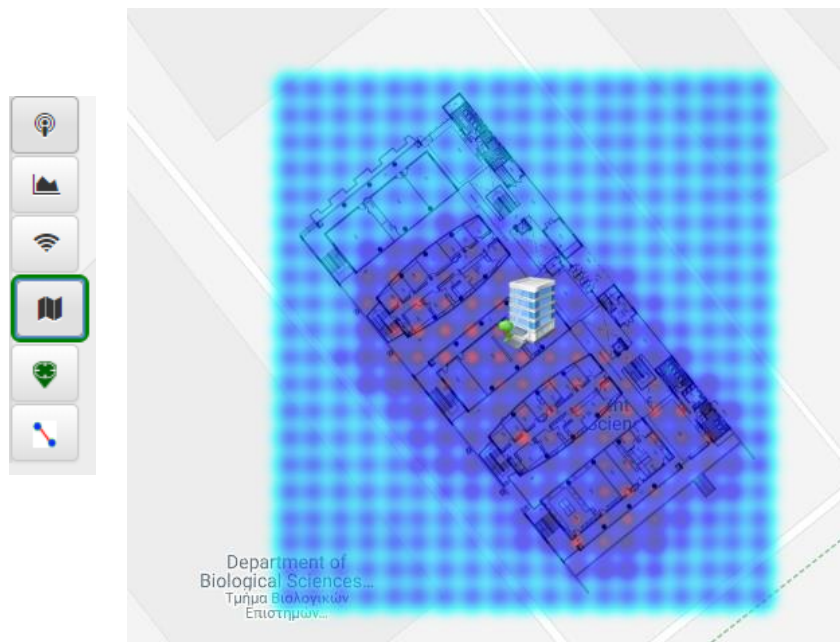
5.5 Λειτουργία 4: Προβολή της εκτιμώμενης Ακρίβειας Γεωτοποθέτησης στο χώρο (Accuracy Estimation – ACCES)

Στη λειτουργία αυτή, ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να δει την εκτιμώμενη ακρίβεια της γεωτοποθέτησης στο κτίριο του, η οποία υπολογίζεται με τον αλγόριθμο ACCES.

Το ACCES υπολογίζεται offline και είναι βασισμένο στα προ-συλλεγμένα ψηφιακά αποτυπώματα. Η προσέγγισή μας είναι κατασκευασμένη σε τρία στάδια: Πρώτον, εφαρμόζουμε μια τεχνική μαύρου κιβωτίου (black-box) για την αποφυγή της παρεμβολής μεταξύ των ψηφιακών αποτυπωμάτων με βάση ένα ευρέως χρησιμοποιούμενο στατιστικό όργανο που ονομάζεται Gaussian Processes. Αυτό το εργαλείο επιτρέπει: (i) την πρόβλεψη των ενδείξεων των αισθητήρων

σε επιλεγμένες θέσεις, έχοντας ως δεδομένο τα αρχικά δεδομένα εισόδου (FM), και (ii) την εκτίμηση της αβεβαιότητας τέτοιων προβλέψεων με τη μορφή της διακύμανσης μιας Gaussian κατανομής. Στη συνέχεια, λαμβάνοντας μια τέτοια προβλεπτική κατανομή, λαμβάνουμε ένα θεωρητικά σταθερό κατώτερο όριο για την αβεβαιότητα στην εκτίμηση θέσης, δηλαδή το σφάλμα εντοπισμού, με τη μορφή Cramer-Rao Lower Bound (CRLB). Το κατασκεύασμα CRLB χρησιμοποιείται στη θεωρία των εκτιμήσεων για την εξαγωγή κατώτερων ορίων στη διακύμανση ενός εκτιμητή των προσδιοριστικών παραμέτρων. Χρησιμοποιούμε το παράγωγο CRLB ως το αποτέλεσμα πλοήγησης ACCES και παρουσιάζουμε τα αποτελέσματά του με τη μορφή ενός μπλε ραδιοχάρτη.

Για να ενεργοποιηθεί η λειτουργία αυτή, αρκεί ο χρήστης να πατήσει το αντίστοιχο κουμπί στο Help-box ή, για ευκολία και αμεσότητα, στο FMS toolbar.



Σχήμα 5.25: Παράδειγμα προβολής του ACCES ραδιοχάρτη - FMS.

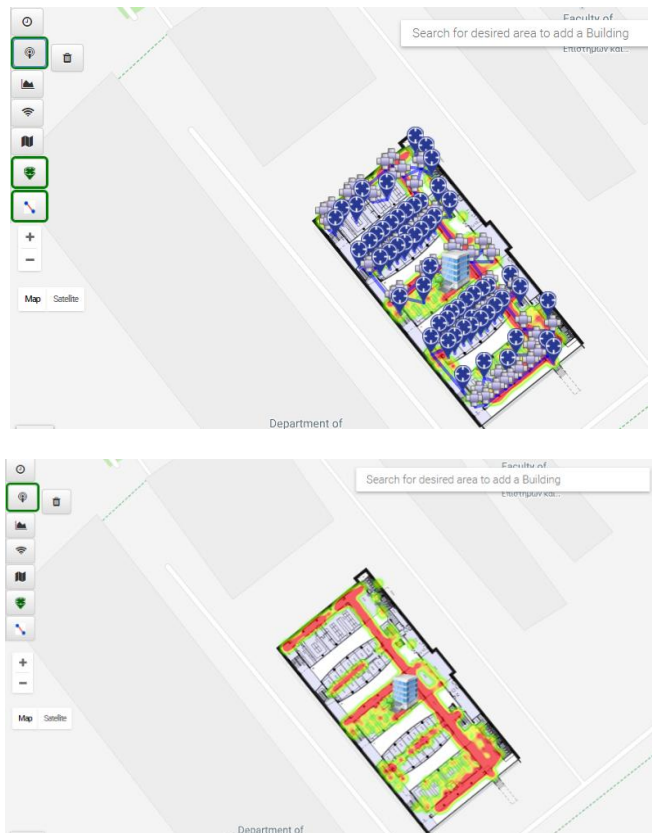
Με κόκκινο χρώμα απεικονίζονται οι θέσεις στις οποίες παρέχεται υψηλή ακρίβεια γεωτοποθέτησης, με σκούρο μπλε λιγότερη και με γαλάζιο χρώμα σχεδόν καθόλου.

Έτσι ο χρήστης έχει μια καλύτερη εικόνα για την ακρίβεια της γεωτοποθέτησης στο κτίριο του, λαμβάνοντας αποφάσεις που αφορούν τη βελτίωση της, όπως για παράδειγμα συλλογή περισσότερων ψηφιακών αποτυπωμάτων για μία περιοχή που η ακρίβεια χαρακτηρίζεται ως χαμηλή.

5.6 Λειτουργία 5-6: Διαχείριση προβολής POIs στο χάρτη

Γενικά στον Anyplace Architect, ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να προσθέσει POIs, για μερικά σημεία ενδιαφέροντος που έχουν σημασία μέσα στο κτίριο, όπως γραφεία, τουαλέτες, πόρτες εισόδου κ.τ.λ. Χρησιμοποιώντας τα connectors και τα edges για να συνδεθούν τα διάφορα POIs μεταξύ τους, ο χώρος καθίσταται χαρτογραφημένος, έχοντας έτσι τις συνδέσεις και τα διάφορα σημεία, όπου οι χρήστες του συστήματος πιθανόν να ψάξουν για να μεταβούν σ' αυτά.

Οι ενέργειες 5 και 6 επιτρέπουν στο χρήστη να κρύψει τα διάφορα σημεία ενδιαφέροντος έτσι ώστε η προβολή των διάφορων ραδιοχαρτών και του χάρτη κάλυψης να είναι πιο καθαρή και συγκεκριμένη. Έτσι ο χρήστης μπορεί να έχει μια πιο καθαρή εικόνα και να εστιάσει στα σημεία που τον ενδιαφέρουν.

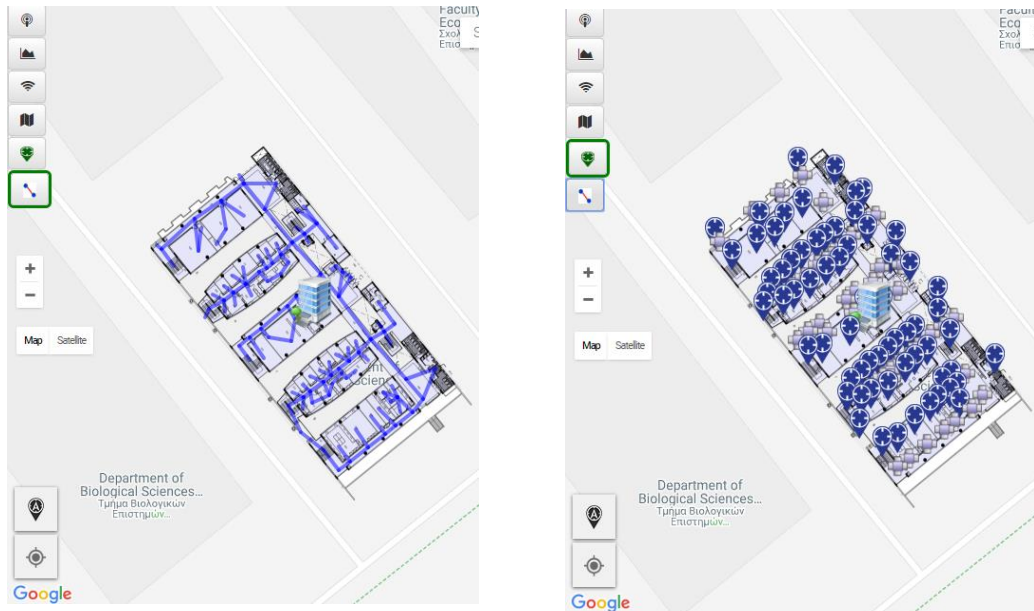


Σχήμα 5.26: Εμφάνιση δεδομένων έχοντας ενεργοποιημένη την προβολή POIs

vs.

μη έχοντας ενεργοποιημένη την προβολή POIs – FMS.

Η λειτουργία 5 απενεργοποιεί τα POIs και τα connectors, ενώ η λειτουργία 6 απενεργοποιεί τα edges. Έτσι δεν υπάρχουν περιορισμοί στο χρήστη, καθώς υπάρχει η πιθανότητα να ήθελε να απενεργοποιήσει ένα από τα δύο, για να λάβει σωστά μια απόφαση.



Σχήμα 5.27: Προβολή κτιρίου έχοντας ενεργοποιημένη μόνο τη λειτουργία 5 και μόνο τη λειτουργία 6 αντίστοιχα - FMS.

Κεφάλαιο 6

Πειραματική αποτίμηση

6.1 Μεθοδολογία	69
6.2 Τεχνική Αποτίμηση Επίδοσης FMS	70
6.3 Συμπεράσματα και Παρατηρήσεις	75

Σ' αυτό το κεφάλαιο θα δούμε τη μεθοδολογία που ακολουθήσαμε καθώς και την τεχνική αποτίμηση της επίδοσης του FMS, δεδομένων κάποιων πειραμάτων που πραγματοποιήθηκαν. Τα πειράματα αυτά θα τα μελετήσουμε ένα προς ένα αναλυτικά. Στη συνέχεια θα καταλήξουμε σε κάποια συμπεράσματα με βάση τα πειράματα αυτά.

6.1 Μεθοδολογία

Για να ελέγξουμε την επίδοση της εφαρμογής ιστού FMS, χρησιμοποιήσαμε τρία διαφορετικά σενάρια.

Στο πρώτο σενάριο έχουμε κάποιο χρήστη που χρησιμοποιεί την εφαρμογή από τον προσωπικό του υπολογιστή με πολύ καλή σύνδεση στο διαδίκτυο (Online Throttling). Στο δεύτερο σενάριο έχουμε ένα χρήστη που χρησιμοποιεί την εφαρμογή από την κινητή συσκευή του με υψηλές ταχύτητες σύνδεσης 3G (Fast 3G Throttling). Στο τρίτο σενάριο έχουμε ένα χρήστη που χρησιμοποιεί την εφαρμογή από την κινητή συσκευή του με χαμηλές ταχύτητες σύνδεσης 3G (Slow 3G Throttling).

Το πείραμα έγινε με τη βοήθεια του Chrome Developer Tools ή για συντομία Chrome DevTools. Τα εργαλεία αυτά αποτελούν ένα σύνολο εργαλείων δημιουργίας ιστού και εντοπισμού σφαλμάτων ενσωματωμένων στο Google Chrome. Τα DevTools παρέχουν στους

προγραμματιστές ιστού τη βαθιά πρόσβαση στα εσωτερικά του προγράμματος περιήγησης και την εφαρμογή τους στο διαδίκτυο.

Πατώντας την επιλογή “Network” δίνεται η δυνατότητα στον προγραμματιστή να δει πληροφορίες για τα requests/responses που στέλνει/δέχεται ο ιστότοπος του. Για τα συγκεκριμένα πειράματα, λάβαμε τις πληροφορίες που αφορούν την ώρα απόκρισης και το μέγεθος των δεδομένων που εμπεριέχονται στην απάντηση του Server για κάθε αίτημα ξεχωριστά. Ρυθμίζοντας την επιλογή “Throttling” από “Online” σε “Fast 3G” και στη συνέχεια σε “Slow 3G”, έχουμε τα ανάλογα μοντέλα πρόσβασης.

Τα πειράματα εφαρμόστηκαν στις λειτουργίες 1,2,3 και 4 όπως τις έχουμε δει στο Κεφάλαιο 5. Είναι πολύ σημαντικό αυτά τα δεδομένα που ανταλλάσσονται μεταξύ Client - Server να φτάνουν όσο πιο γρήγορα γίνεται στο χρήστη μέσω του δικτύου με ελάχιστη απόκριση.

6.2 Τεχνική Αποτίμηση Επίδοσης FMS

Τα πειράματα έγιναν με την εφαρμογή των λειτουργιών που παρέχει το FMS στο κτίριο ΘΕΕ01 στην πανεπιστημιούπολη του Πανεπιστήμιο Κύπρου (UCY, FST01/ΘΕΕ01, New Campus, Nicosia, Cyprus) και συγκεκριμένα στις μετρήσεις που λήφθηκαν για τον όροφο 0.

Παρακάτω θα δούμε τις μετρικές που αφορούν (i) το χρόνο αποστολής της αίτησης (*Request Sent*), (ii) το χρόνο που χρειάζεται μέχρι να φτάσει το πρώτο Byte της απάντησης από τον Server (*Waiting (TTFB)*), και (iii) το χρόνο καταφορτώσεως του περιεχομένου που ζητήθηκε (*Content download*).

Λειτουργία 1: Προβολή heatmap για το CSM (Crowd Signal Map)

Response size: 16.1 KB

Αίτηση: POST /anyplace/position/radio/heatmap_building_floor_average_3

- Online Throttling

Request/Response	TIME
Request sent	0
Waiting (TTFB)	360.00 ms
Content Download	35.50 ms

- Fast 3G Throttling



- Slow 3G Throttling



Λειτουργία 2: Προβολή coverage map της μέσης τιμής ισχύος του CSM για κάθε θέση που λήφθηκε μέτρηση (Wi-Fi Signal)

Clustering level 1

Response size: 896 B

Αίτηση: POST /anyplace/position/radio/heatmap_building_floor_average_1

- Online Throttling



- Fast 3G Throttling



- Slow 3G Throttling

Request/Response	TIME
Request sent	10.00 ms
Waiting (TTFB)	2.02 s
Content Download	3.00 ms



Clustering level 2

Response size: 5.5KB

Αίτηση: POST /anyplace/position/radio/heatmap_building_floor_average_2

- Online Throttling

Request/Response	TIME
Request sent	0
Waiting (TTFB)	357.00 ms
Content Download	32.50 ms



- Fast 3G Throttling

Request/Response	TIME
Request sent	11.00 ms
Waiting (TTFB)	568.00 ms
Content Download	26.50 ms



- Slow 3G Throttling

Request/Response	TIME
Request sent	3.00 ms
Waiting (TTFB)	2.02 s
Content Download	91.00 ms



Clustering level 3

Response size: 16.1 KB

Αίτηση: POST /anyplace/position/radio/heatmap_building_floor_average_3

- Online Throttling



- Fast 3G Throttling



- Slow 3G Throttling



Λειτουργία 3: Προβολής των εκτιμώμενων θέσεων των APs του κτιρίου (WS)

Response Size: 783 B

Αίτηση: POST /anyplace/position/radio/APs_building_floor

- Online Throttling



- Fast 3G Throttling

Request/Response	TIME
Request sent	2.00 ms
Waiting (TTFB)	1.23 s
Content Download	65.50 ms

- Slow 3G Throttling

Request/Response	TIME
Request sent	5.00 ms
Waiting (TTFB)	2.02 s
Content Download	3.00 ms

Λειτουργία 4: Προβολή της εκτιμώμενης ακρίβειας γεωτοποθέτησης στο χώρο- ACCES

Response Size: 21.4 KB

Αίτηση: POST /anyplace/position/radio/acces

- Online Throttling

Request/Response	TIME
Request sent	1.00 ms
Waiting (TTFB)	45.00 s
Content Download	3.50 ms

- Fast 3G Throttling

Request/Response	TIME
Request sent	10.00 ms
Waiting (TTFB)	42.91 s
Content Download	112.50 ms

- Slow 3G Throttling

Request/Response		TIME
Request sent		21.00 ms
Waiting (TTFB)		42.89 s
Content Download		411.00 ms

6.3 Συμπεράσματα και Παρατηρήσεις

Από τα παραπάνω αποτελέσματα παρατηρούμε ότι η λειτουργία 1,2 και 3 έχει ικανοποιητικούς χρόνους απόκρισης. Η λειτουργία 4 κατατάσσεται η πιο χρονοβόρα με αρκετή διαφορά, αν και είναι λογικό αφού τα δεδομένα που πρέπει να επεξεργαστεί είναι πολλά και ο αλγόριθμος, ο οποίος τρέχει στο back-end, είναι πολύπλοκος, διαβάζοντας και γράφοντας σε διάφορα αρχεία. Επίσης παρατηρούμε ότι τα δεδομένα που επιστρέφονται πίσω στον Client από αυτή την ενέργεια είναι τα μεγαλύτερα σε μέγεθος. Θα μπορούσε στο μέλλον ο αλγόριθμος αυτός να απλοποιηθεί είτε με τη χρήση ήδη υπάρχοντων βιβλιοθηκών, ή με την απλοποίηση του ήδη υφιστάμενου.

Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι για τη λειτουργία 2, το clustering δουλεύει επιτυχώς, καθώς σε κάθε επίπεδο παρατηρείται σημαντική διαφορά μεταξύ του Response Size, όπως ακριβώς θέλαμε να πετύχουμε έτσι ώστε ο χάρτης να μη φορτώνεται χωρίς να χρειάζεται.

Συμπερασματικά, βλέπουμε ότι οι χρόνοι που προέκυψαν από τα παραπάνω πειράματα είναι εντός του επιτρεπτού χρονικού περιθωρίου, καθιστώντας έτσι το FMS αποδοτικό και αποτελεσματικό, επιφέροντας ένα σημαντικό πλεονέκτημα διαδραστικής εμπειρίας στο χρήστη του FMS.

Κεφάλαιο 7

Συμπεράσματα

7.1 Συμπεράσματα	76
7.2 Μελλοντικές Επεκτάσεις	77

7.1 Συμπεράσματα

Σ' αυτή τη διπλωματική εργασία μελετήσαμε εξ' ολοκλήρου το υποσύστημα FMS το οποίο βρίσκεται εγκαταστημένο στο καινούργιο version του Anyplace 3.3, το οποίο βρίσκεται διαθέσιμο και έτοιμο για χρήση στο διαδίκτυο.

Το Anyplace χρησιμοποιεί την τεχνική της γεωτοποθέτησης με τη χρήση Ψηφιακών Αποτυπωμάτων Τιμών Ισχύος η οποία είναι κοινός αποδεκτό ότι είναι μια τεχνολογία υψηλής ακρίβειας, κατάλληλη για εσωτερικά περιβάλλοντα.

Το FMS είναι ένα ολοκληρωμένο στούντιο διαχείρισης ψηφιακών αποτυπωμάτων, το οποίο παρέχει μια ομοιόμορφη πλατφόρμα για:

- (i) τη διαχείριση της συλλογής των location-based ενδείξεων αισθητήρων που συλλέγονται κατά τη χαρτογράφηση ενός κτιρίου (ψηφιακά αποτυπώματα)
- (ii) την προβολή της εκτιμώμενης ακρίβειας εντοπισμού με βάση τα συλλεχθέντα αποθέματα, και
- (iii) την αξιολόγηση της κάλυψη Wi-Fi και τα ποσοστά δεδομένων.

Το FMS περιλαμβάνει τα ακόλουθα στοιχεία:

- (i) το CSM (Crowd Signal Map), το οποίο είναι ένα περιβάλλον οπτικής διαχείρισης βασισμένο σε χάρτη για την ενορχήστρωση της συνεισφοράς του πληθωρισμού των εσωτερικών σημάτων για ηθικό όφελος.
- (ii) το ACCES (Εκτίμηση Ακρίβειας), η οποία επιτρέπει την ποιοτική αξιολόγηση της ακρίβειας εντοπισμού πριν την ανάπτυξη της υπηρεσίας εντοπισμού με τη χρήση της Gaussian Processes Regression και Cramer-Rao Lower Bound (CRLB) και
- (iii) το WS (Wi-Fi Surveying), το οποίο επιτρέπει την ποιοτική αξιολόγηση της κάλυψης Wi-Fi με τη χρήση των σημάτων που συλλέγονται από τους εθελοντές που συνέβαλαν στη διαδικασία του πληθωρισμού.

Η ανάπτυξη του FMS είναι πολύ σημαντική καθώς έχουν προστεθεί στο σύστημα καινούργιες και χρήσιμες λειτουργίες που το καθιστούν φιλικότερο προς το χρήστη. Ο χρήστης πλέον είναι σε θέση να λαμβάνει αποφάσεις για τα κτίρια του, παρέχοντας του την κατάλληλη ανάλυση για τα δεδομένων, έτσι ώστε να ληφθούν σωστά και χωρίς ενδιαρισμούς.

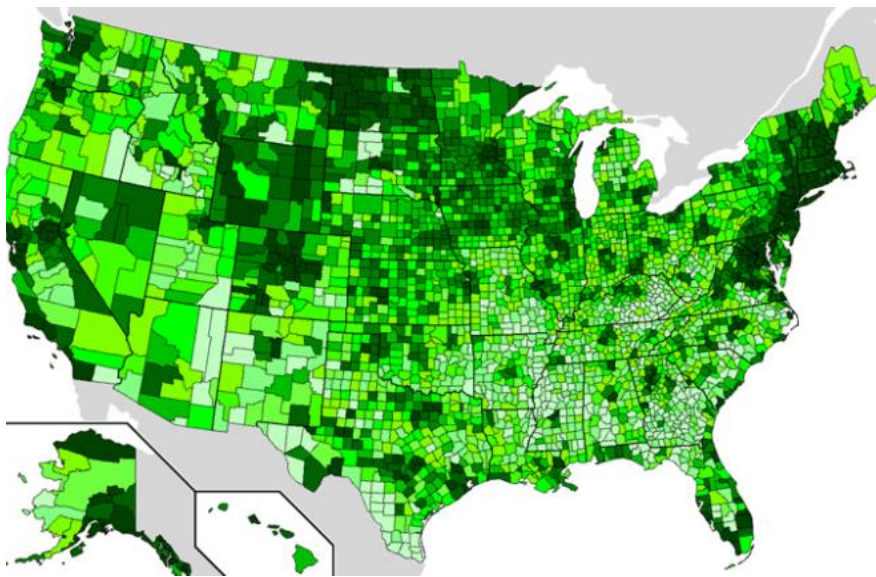
7.2 Μελλοντικές Επεκτάσεις

Το σύστημα Anyplace και το FMS βρίσκονται σ' ένα αρκετά ικανοποιητικό στάδιο εξυπηρετώντας πολλούς χρήστες ανά το παγκόσμιο. Βέβαια πάντα υπάρχουν περιθώρια βελτίωσης.

Ένα σημαντικό σημείο που θα μπορούσε να διορθωθεί είναι η εγκατάσταση μιας Γεωγραφικής Βάσης Δεδομένων (Geodatabase). Έτσι τα δεδομένα θα οργανώνονται με τοπολογικές σχέσεις αναφορικά με το γεωγραφικό χώρο και θα μπορούν να συνδυαστούν δίνοντας ένα επιθυμητό αποτέλεσμα στη φάση της Ανάλυσης. Έτσι το σύστημα θα μπορεί να στηρίζεται: (i) στη σύνδεση γραφικών και περιγραφικών πληροφοριών που οδηγεί σε χωρικές αλληλοσυσχετίσεις, και (ii) στην ανάπτυξη δηλαδή χωρικών σχέσεων μεταξύ γεωγραφικών δεδομένων. Τα δεδομένα πλέον θα μπορούν να χαρακτηριστούν ως γεωγραφικά, έχοντας το σημαντικό χαρακτηριστικό της γεωμετρίας.

Η γεωμετρία αναπαριστά τα γεωγραφικά στοιχεία και τα συσχετίζει με τις συντεταγμένες και την πραγματική θέση τους στο χώρο. Οι κατηγορίες των γεωγραφικών στοιχείων είναι σημείο, γραμμή ή πολύγωνο.

Έτσι, τα κτίρια θα τοποθετούνται ακριβώς όπως είναι στον πραγματικό κόσμο και θα υπάρχει καλύτερη διαχείριση των δεδομένων αφού πλέον το ακριβές σχήμα τους θα τα χαρακτηρίζει και όχι ένα τετράγωνο. Λειτουργίες όπως η διαγραφή θα μπορούσαν να εξελιχθούν, δίνοντας τη δυνατότητα στο χρήστη, για παράδειγμα να μπορεί να επιλέξει να διαγράψει μια περιοχή σε σχήμα πολύγωνου.



Σχήμα 7.1: Παράδειγμα χάρτη με χρήση Geodatabase [36]

Βιβλιογραφία

- [1] Jonathan Stuart Ward and Adam Barker, “Undefined By Data: A Survey of Big Data Definitions”, School of Computer Science University of St Andrews, UK.
- [2] IDC, “The Digital Universe Decade – Are You Ready?”, May 2010, sponsored by EMC.
- [3] Emmanuel Udeh, “Big Data in Oil & Gas: Implications for the E&P organization”
<http://www.etlsolutions.com/big-data-in-oil-gas-implications-for-the-ep-organization/>
- [4] K. G. Coffman and A. M. Odlyzko, “Growth of the Internet”, AT&T Labs.
- [5] Demetrios Zeinalipour-Yazti, Christos Laoudias, Kyriakos Georgiou, Georgios Chatzimilioudis, “Internet-Based Indoor Navigation Services”, IEEE Internet Computing (IC'17), vol. 21, no. 4, pp. 54-63, July 2017, doi:10.1109/MIC.2017.2911420, IEEE Computer Society, 2017.
- [6] D. Dodge, “Why Indoor Location will be bigger than GPS or Maps, and how it works”,
Online: <http://goo.gl/jOvGqn>, Apr 23, 2014.
- [7] Yanying Gu, Anthony Lo, Ignas Niemegeers, “A Survey of Indoor Positioning Systems for Wireless Personal Networks”, IEEE Communications Surveys & Tutorials, vol. 11, no. 1, 2009, Pages:13-32
- [8] Maxim Shchekotov SPIIRAS, St.Petersburg, “Indoor Localization Methods Based on Wi-Fi Location and Signal Strength Data Collection”, Russia, ITMO University, St.Petersburg, Russia.
- [9] Markus Kujala, “WLAN standards and Wireless networking security”, Helsinki University of Technology, Telecommunications Software and Multimedia Laboratory, May 28, 2003.

- [10] Y. Wang, Xu Yang, Yutian Zhao, Yue Liu and L. Cuthbert, "Bluetooth positioning using RSSI and triangulation methods," 2013 IEEE 10th Consumer Communications and Networking Conference (CCNC), Las Vegas, NV, 2013, pp. 837-842. doi: 10.1109/CCNC.2013.6488558
- [11] C. N. Klokmoose, M. Korn, H. Blunck, "WiFi proximity detection in mobile web applications", Proceedings of the 2014 ACM SIGCHI symposium on Engineering interactive computing systems, pp. 123-128, 2014.
- [12] K. Kolodziej and J. Hjelm, "Local positioning systems: LBS applications and services", CRCPress, 2006.
- [13] L. Petrou, G. Larkou, C. Laoudias, D. Zeinalipour-Yazti and C. G. Panayiotou, "Anyplace: Indoor Positioning and Navigation in the Big-Data Era", "Proceedings of the 4th International Conference on Indoor Positioning and Indoor Navigation" (IPIN'13), Montbeliard-Belfort, France, October 28-31, 2013.
- [14] L. Petrou, G. Larkou, C. Laoudias, D. Zeinalipour-Yazti and C.G. Panayiotou, "Crowdsourced Indoor Localization and Navigation with Anyplace", "Proceedings of the 13th International Conference on Information Processing in Sensor Networks" (IPSN'14), Berlin, Germany, April 15-17, 2014.
- [15] Binghao Li, James Salter, Andrew G. Dempster, and Chris Rizos, "Indoor positioning techniques based on wireless lan". In LAN, First IEEE International Conference On Wireless Broadband And Ultra Wideband Communications, pages 13—16.
- [16] Justin Choy, "Visualizing Data Techniques, Including Auto-Charting and Big Data." SAS® Global Forum papers, 2012.
- [17] A. T. Duchowski, M. M. Price, M. Meyer et al., "Aggregate gaze visualization with real-time heatmaps," in Proceedings of the Symposium on Eye Tracking Research and Applications, Santa Barbara, California, 2012, pp. 13-20.
- [18] "Ekahau Site Survey Heatmap Visualizations Homepage", <http://www.ekahau.com/>

- [19] “Ekahau Site Survey Heatmap Visualizations – Part 2: Signal Strength”, <https://www.ekahau.com/blog/2015/01/13/ekahau-site-survey-heatmap-visualizations-part-2-signal-strength/>
- [20] “Infsoft Homepage”, <https://www.infsoft.com/>
- [21] “Infsoft- Indoor Analytics”, <https://www.infsoft.com/software/processing-output/indoor-analytics>
- [22] “Aislelabs Homepage”, <https://www.aislelabs.com/>
- [23] “Aislelabs - Flows”, <https://www.aislelabs.com/products/flow/>
- [24] R. Hansen, B. Thomsen, L. L. Thomsen and F. S. Adamsen, "SmartCampusAAU -- An Open Platform Enabling Indoor Positioning and Navigation," 2013 IEEE 14th International Conference on Mobile Data Management, Milan, 2013, pp. 33-38.
doi: 10.1109/MDM.2013.62
- [25] William G. Griswold Patricia Shanahan Steven W. Brown Robert T. Boyer, “ActiveCampus - Experiments in Community-Oriented Ubiquitous Computing”, Department of Computer Science & Engineering UC San Diego.
- [26] “IndoorAtlas Homepage”, <https://www.indooratlas.com/>
- [27] Larry C. Boles and Kenneth J. Lohmann,” True navigation and magnetic maps in spiny lobsters.”, Nature, 421:60–63, 2003.
- [28] W.Wiltschko and R.Wiltschko,” Magnetic compass of european robins.” Science, 176:62–64, 1972.
- [29] “IndoorAtlas – Maps”, <https://docs.indooratlas.com/map/>

- [30] Demetrios Zeinalipour-Yazti and Christos Laoudias, “The Anatomy of the Anyplace Indoor Navigation Service”, ACM SIGSPATIAL Special (SIGSPATIAL '17), ACM Press, Vol. 9, pp. 3-10, 2017.
- [31] “AngularJS Homepage”, <https://angularjs.org/>
- [32] “jQuery UI Homepage”, <https://jqueryui.com/>
- [33] “The Scala Programming Language Homepage”, <https://www.scala-lang.org/>
- [34] “Play Framework Homepage”, <https://www.playframework.com/>
- [35] “Couchbase Homepage”, <https://www.couchbase.com/>
- [36] “GIS LOUNGE- 4 Ways Retailers Use GIS and Geographic Data for Holiday Marketing”, <https://www.gislounge.com/4-ways-retailers-use-gis-geographic-data-holiday-marketing/>