

Πολυτεχνική Σχολή
Τμήμα Μηχανικών Ηλεκτρονικών Υπολογιστών και Πληροφορικής

Σχεδιασμός και υλοποίηση μηχανισμών για υποστήριξη και εκτέλεση πειραματικών διεργασιών για έξυπνες πόλεις με χρήση κινητών τηλεφώνων

Ευάγγελος Κ. Λαγουδιανάκης

Μεταπτυχιακό Δίπλωμα Ειδίκευσης
"Επιστήμη και Τεχνολογία Υπολογιστών"

Τριμελής Επιτροπή:
Χρήστος Ζαρολιάγκης, Καθηγητής (Επιβλέπων)
Ιωάννης Γαροφαλάκης, Καθηγητής
Αθανάσιος Τσακαλίδης, Καθηγητής

Πάτρα, Ιούνιος 2016

Ευχαριστίες

Θα ήθελα καταρχήν να ευχαριστήσω τον καθηγητή του τμήματος Μηχανικών Ηλεκτρονικών Υπολογιστών και Πληροφορικής και επιβλέποντα της συγκεκριμένης Μεταπτυχιακής Διπλωματικής Εργασίας κ. Χρήστο Ζαρολιάγκη για την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ με αυτό το αρκετά ενδιαφέρον θέμα. Ευχαριστώ θερμά τους καθηγητές Ιωάννη Γαροφαλάκη και Αθανάσιο Τσακαλίδη επίσης καθηγητές στο τμήμα Μηχανικών Η/Υ και Πληροφορικής που δέχτηκαν να συμμετάσχουν στην τριμελή εξεταστική επιτροπή της συγκεκριμένης Μεταπτυχιακής διατριβής. Στην συνέχεια οφείλω ένα μεγάλο ευχαριστώ στον μεταδιδακτορικό ερευνητή του ΙΤΥΕ Γεώργιο Μυλωνά για την καθοδήγησή του και την εξαιρετική συνεργασία που είχαμε καθ' όλη την διάρκεια της εκπόνησης της Μεταπτυχιακής Διπλωματικής μου Εργασίας αλλά και στον μεταδιδακτορικό ερευνητή των Intel Labs Ευάγγελο Θεοδωρίδη. Η συμμετοχή του υπήρξε καθοριστική για την επιτυχή ολοκλήρωση αυτής της εργασίας. Πολλά ευχαριστώ επίσης και στον υποψήφιο διδάκτορα του τμήματος Μηχανικών Ηλεκτρονικών Υπολογιστών και Πληροφορικής Δημήτριο Αμαξηλάτη για την συνεχή και ακούραστη βοήθεια που μου προσέφερε όλο αυτό το διάστημα που ασχολούμουν με το συγκεκριμένο θέμα. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου και τον αδερφό μου που ήταν δίπλα μου κάθε στιγμή και με όλους τους δυνατούς τρόπους όλα αυτά τα χρόνια της φοιτητικής μου πορείας καθώς επίσης και τους φίλους μου για την ηθική συμπαράσταση αλλά και την πολύτιμη βοήθειά τους.

Περίληψη

Η έρευνα στο πεδίο των Έξυπνων Πόλεων και του Διαδικτύου των Αντικειμένων στρέφεται πλέον προς την αυξανόμενη χρήση κινητών υπολογιστικών συσκευών σε συνδυασμό με σταθερές υποδομές που ήδη υπάρχουν εγκατεστημένες στον αστικό ιστό, προκειμένου να γεφυρωθεί το χάσμα μεταξύ πραγματικού και ψηφιακού κόσμου. Οι κινητές συσκευές αυτές προσφέρονται κυρίως από εθελοντές χρήστες, το προφίλ των οποίων είναι αρκετά ευρύ, και οι οποίοι είναι πρόθυμοι να συνεισφέρουν πόρους και δεδομένα χάριν ενός κοινού στόχου. Η ιδέα της εμπλοκής εθελοντών στην συλλογή δεδομένων μέσα σε ένα αστικό κέντρο είχε σαν αποτέλεσμα την ανάπτυξη της φιλοσοφίας της συμμετοχικής ανίχνευσης (participatory sensing). Η συμμετοχική ανίχνευση βασίζεται στην προσφορά μετρήσεων, με την χρήση των πολλαπλών αισθητήρων των έξυπνων κινητών τηλεφώνων που φέρουν μαζί τους οι εθελοντές, μέσω της συμμετοχής τους σε μια πειραματική διεργασία που διεξάγεται στα πλαίσια μιας Έξυπνης Πόλης.

Στην παρούσα μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία ασχοληθήκαμε με τον σχεδιασμό και την ανάπτυξη μηχανισμών για την εκτέλεση πειραματικών διεργασιών οι οποίες είναι βασισμένες στην φιλοσοφία της συμμετοχικής ανίχνευσης στα πλαίσια των Έξυπνων Πόλεων. Για το σκοπό αυτό κάναμε ανάλυση και παρουσίαση ενός μοντέλου που περιγράφει όλες τις απαραίτητες φάσεις που πρέπει να διεκπεραιωθούν ώστε να μπορέσει να λειτουργήσει μια πειραματική διεργασία.

Στην συνέχεια υλοποιήθηκε ένα πολυεπίπεδο σύστημα που είχε σαν στόχο να χρησιμοποιηθεί για την υποστήριξη των πειραματικών διεργασιών στις Έξυπνες Πόλεις. Στο πρώτο επίπεδο τους συστήματος βρίσκεται η εφαρμογή για έξυπνα κινητά τηλέφωνα με λειτουργικό σύστημα Android η οποία χρησιμοποιείται για την συλλογή και την αποστολή των μετρήσεων που συγκεντρώνουν οι εθελοντές που συμμετέχουν σε ένα πείραμα. Στο ανώτερο επίπεδο βρίσκεται η εφαρμογή Ιστού μέσω της οποίας μπορεί να δημιουργηθεί μια νέα πειραματική διεργασία ακολουθώντας μια σειρά από απλά βήματα. Η εφαρμογή Ιστού δίνει την δυνατότητα στον διοργανωτή του πειράματος να παρακολουθεί την εξέλιξή του και να επικοινωνεί με τους εθελοντές με διαφανή τρόπο ώστε να τους καθοδηγήσει με κατάλληλα μηνύματα ώστε να γίνει αποτελεσματικότερη συλλογή μετρήσεων. Μετά την λήξη του πειράματος ο διοργανωτής έχει ένα σύνολο από εργαλεία που μπορεί να τα αξιοποιήσει για να κάνει στατιστική ανάλυση των μετρήσεων που συγκεντρώθηκαν και να εξάγει χρήσιμα συμπεράσματα για το θέμα που τον απασχολούσε. Στο μεσαίο επίπεδο υπάρχει ένα σύνολο

από υπηρεσίες Ιστού που λειτουργούν σαν συνδετικός κρίκος μεταξύ της εφαρμογής Ιστού και της εφαρμογής για έξυπνα κινητά τηλέφωνα.

Τέλος, ακολούθησε μια σειρά από δοκιμαστικές φάσεις της υλοποίησής μας όπου διεξήχθησαν πειράματα κάτω από διαφορετικά σενάρια σε διάφορες πόλεις. Τα αποτελέσματα από τα πειράματα, μας οδήγησαν στο συμπέρασμα ότι η υλοποίηση μας μπορεί να ανταποκριθεί αρκετά ικανοποιητικά στις απαιτήσεις διεξαγωγής πειραματικών διεργασιών με την μορφή της συμμετοχικής ανίχνευσης. Αποκτήθηκε, επίσης, και αρκετή εμπειρία που θα μας βοηθήσει να εξελίξουμε και να βελτιώσουμε ακόμα περισσότερο το σύστημά μας ώστε να καλύψει τις ολοένα και αυξανόμενες απαιτήσεις που δημιουργούνται για την διεξαγωγή των πειραματικών διεργασιών.

Abstract

The research in the field of smart cities and Internet of Things is focusing its interest in the increasing use of smart phones along with static infrastructure, that is already deployed in the urban environment, in order to bridge the gap between real and digital world. These mobile devices are mainly offered by volunteers, whose profile is quite wide, and they are willing to contribute resources and data in order to achieve a common goal. The idea of engaging volunteers at the collection of data in an urban environment resulted in the development of the concept of participatory sensing. Participatory sensing is based on gathering measurements by utilising the multiple sensors that smart phones are equipped with, through the participation of their users at the experimental process that is carried out in a smart city.

The current master thesis deals with the design and the development of mechanisms for the implementantion of experimental processes which are based on the idea of participatory sensing in smart cities. To achieve this purpose we analyse and present a model that describes every necessary phase that must be implemented in order to make the whole procedure functional.

Furthermore, a multi-level system was implemented aiming at supporting the experimental processes in smart cities. An application for smart phones with the Android operating system resides in the lowest level of the system. The smart phone application is responsible for the collection and the population of the measurments gathered by the volunteers who participated in an experiment. The higher level is integrated with a web application, through which an experinmental process can be created by following some simple steps. The web application provides the organizer of the experiment the opportunity to monitor the progress of the whole procedure and to communicate with the volunteers in a trasparent way, so that he guides them with proper messages in order to collect measurements more efficiently. After the experinment is over, the organizer can exploit a great variety of tools in order to make statistical analysis and to extract useful results regarding the topic of the experimental process. In the middle level, there is a set of web services that behave as a connecting link between the web application and the smart phone application.

Finally, we carried out a sequence of experimental procedures with the use of our system under a set of different scenarios in different cities. The results that came of the experiments we conducted were too promising. We believe that our system can fulfill the demanding needs of conducting experimantal processes under the idea of participatory sensing. Also, we acquired enough

experience that could be helpful in order to make improvements to our system in the future so that it can respond the increasing demands the conduction of the experinmental processes consists of.

Περιεχόμενα

1 Εισαγωγή **17**
1.1 Κίνητρο και σημασία του θέματος 17
1.2 Στόχοι της διπλωματικής εργασίας 20
1.3 Συνεισφορά της διπλωματικής εργασίας 21
1.4 Δομή της διπλωματικής εργασίας 22

2 Κριτική επισκόπηση σχετικής βιβλιογραφίας **23**

3 Ανάλυση ροής πειραματικής διεργασίας και απαιτήσεων του συστήματος **29**
3.1 Γενικά 29
3.2 Φάση Αρχικοποίησης 30
3.3 Φάση Συλλογής Μετρήσεων 32
3.4 Φάση Αξιολόγησης Μετρήσεων 32
3.5 Φάση Ανάλυσης Μετρήσεων 33
3.6 Συμπεράσματα 35

4 Αρχιτεκτονική του συστήματος και τεχνολογίες υλοποίησης **37**
4.1 Αρχιτεκτονική του συστήματος - Γενικά 37
4.1.1 Η εφαρμογή για έξυπνα κινητά τηλέφωνα 39
4.1.1.1 Ο ρόλος της εφαρμογής στο σύστημα 39
4.1.1.2 Λειτουργία της εφαρμογής 39
4.1.1.3 Αποφυγή αντικινήτρων κατά την χρήση της εφαρμογής 39
4.1.2 Οι υπηρεσίες Ιστού 39
4.1.3 Η εφαρμογή Ιστού 40
4.2 Αρχιτεκτονική του συστήματος - Αναλυτική περιγραφή 40
4.2.1 Δομικά στοιχεία εφαρμογής για έξυπνα κινητά τηλέφωνα 40
4.2.2 Δομικά στοιχεία υπηρεσιών Ιστού 42
4.2.3 Δομικά στοιχεία εφαρμογής Ιστού 42
4.3 Τεχνολογίες υλοποίησης του συστήματος 43
4.3.1 Τεχνολογίες υλοποίησης - Γενικά 43
4.3.2 Περιβάλλον υλοποίησης της εφαρμογής για έξυπνα κινητά τηλέφωνα 43

4.3.3 Περιβάλλον υλοποίησης των υπηρεσιών Ιστού . . . 44
4.3.4 Περιβάλλον υλοποίησης της εφαρμογής Ιστού . . . 45
4.3.5 Τεχνολογία μόνιμης αποθήκευσης . . . 46

5 Περιγραφή χρήσης του συστήματος 49
5.1 Χρήση της εφαρμογής για έξυπνα κινητά τηλέφωνα . . . 49
5.1.1 Εγκατάσταση της εφαρμογής . . . 49
5.1.2 Εκτέλεση της εφαρμογής . . . 49
5.1.3 Σελίδα Αισθητήρων . . . 50
5.1.4 Σελίδα Πειραμάτων . . . 52
5.1.5 Σελίδα Στατιστικών και Ελέγχου των Πειραμάτων . . . 53
5.2 Χρήση της εφαρμογής Ιστού . . . 54
5.2.1 Γενικά . . . 54
5.2.2 Δημιουργία νέου πειράματος . . . 54
5.2.2.1 Συμπλήρωση φόρμας βασικών πληροφοριών . . . 54
5.2.2.2 Δημιουργία περιοχών ενδιαφέροντος . . . 55
5.2.2.3 Ορισμός χρονικών και άλλων περιορισμών . . . 56
5.2.2.4 Επιλογή επεκτάσεων αισθητήρων . . . 57
5.2.2.5 Επισκόπηση πειράματος και ανέβασμα του λογισμικού υλοποίησής του . . . 58
5.2.3 Ενημέρωση ενός υπάρχοντος πειράματος . . . 59
5.2.4 Δημιουργία νέας επέκτασης αισθητήρα . . . 60
5.2.5 Ενημέρωση μιας υπάρχουσας επέκτασης αισθητήρα . . . 61
5.2.6 Λίστα με διαθέσιμες επεκτάσεις αισθητήρων του χρήστη . . . 62
5.2.7 Παρακολούθηση εξέλιξης πειράματος . . . 63
5.2.7.1 Λίστα με πειράματα του χρήστη . . . 63
5.2.7.2 Ανάλυση σελίδας του πειράματος . . . 64
5.2.7.3 Ανάλυση σελίδας μιας περιοχής ενδιαφέροντος . . . 65
5.2.7.4 Συνεισφορά εθελοντών στο πείραμα . . . 67
5.2.7.5 Εμβλήματα εθελοντών στο πείραμα . . . 68
5.2.7.6 Μετρήσεις εκτός περιοχών ενδιαφέροντος . . . 69
5.2.8 Στατιστικά Στοιχεία Πειράματος . . . 70
5.3 Παρουσίαση των υπηρεσιών Ιστού . . . 72
5.3.1 Γενικά . . . 72
5.3.2 Ανάλυση υπηρεσιών . . . 72

6 Πειραματικά αποτελέσματα 77
6.1 Περιβάλλον φιλοξενίας της εφαρμογής και των υπηρεσιών Ιστού . . . 77
6.2 Παρουσίαση Πειραμάτων . . . 77
6.2.1 Πείραμα μέτρησης επιπέδων θορύβου - Πάτρα . . . 77
6.2.1.1 Δεδομένα δοκιμών . . . 77
6.2.1.2 Πειραματικά αποτελέσματα και αξιολόγηση . . . 78

6.2.2 Πείραμα μέτρησης επιπέδων θορύβου - Λονδίνο 81
6.2.2.1 Δεδομένα δοκιμών 81
6.2.2.2 Πειραματικά αποτελέσματα και αξιολόγηση 82
6.2.3 Πείραμα εντοπισμού σημείων πρόσβασης WiFi σε Λονδίνο-Σανταντέρ-Πάτρα 84
6.2.3.1 Δεδομένα δοκιμών 84
6.2.3.2 Πειραματικά αποτελέσματα και αξιολόγηση 86

7 Συμπεράσματα και Προοπτικές **89**
7.1 Συμπεράσματα 89
7.2 Προοπτικές 90

Βιβλιογραφία **91**

Κατάλογος Σχημάτων

1.1 Εκτίμηση εξέλιξης του αριθμού των χρηστών έξυπνων κινητών τηλεφώνων παγκοσμίως. 19

3.1 Περιγραφή ροής πειραματικής διεργασίας. 34

4.1 Υψηλού επιπέδου αρχιτεκτονική του συστήματος. 38
4.2 Λεπτομερής ανάλυση των δομικών στοιχείων κάθε επιπέδου του συστήματος. 41
4.3 Επισκόπηση βάσης δεδομένων εφαρμογής Ιστού. 47
4.4 Επισκόπηση βάσης δεδομένων υπηρεσιών Ιστού. 48

5.1 Αρχική σελίδα της εφαρμογής για έξυπνα κινητά τηλέφωνα. 50
5.2 Σελίδα Αισθητήρων της εφαρμογής για έξυπνα κινητά τηλέφωνα. . . . 51
5.3 Σελίδα Πειραμάτων της εφαρμογής για έξυπνα κινητά τηλέφωνα. . . 52
5.4 Στατιστικά και έλεγχος της εφαρμογής για έξυπνα κινητά τηλέφωνα. 53
5.5 Συμπλήρωση φόρμας βασικών πληροφοριών πειράματος. 55
5.6 Δημιουργία περιοχών ενδιαφέροντος. 56
5.7 Ορισμός χρονικών περιορισμών. 57
5.8 Επιλογή αισθητήρων. 58
5.9 Επισκόπηση πειράματος και ανέβασμα του λογισμικού υλοποίησής του. 59
5.10 Ενημέρωση ενός υπάρχοντος πειράματος. 60
5.11 Δημιουργία νέας επέκτασης αισθητήρα. 61
5.12 Ενημέρωση μιας υπάρχουσας επέκτασης αισθητήρα. 62
5.13 Λίστα με διαθέσιμες επεκτάσεις αισθητήρων του χρήστη. 62
5.14 Λίστα με τα πειράματα ενός χρήστη. 64
5.15 Σελίδα του πειράματος. 66
5.16 Χάρτης με τις μετρήσεις σε μια περιοχή ενδιαφέροντος. 66
5.17 Πίνακας με πληροφορίες-περιορισμούς μιας περιοχής ενδιαφέροντος. . 67
5.18 Συνεισφορά εθελοντών στο πείραμα. 68
5.19 Έμβλημα ενός εθελοντή στο πείραμα. 69
5.20 Μετρήσεις εκτός περιοχών ενδιαφέροντος. 69
5.21 Στατιστικά πειράματος με χρήση μεταβλητών παραμέτρων. 71

6.1 Περιοχές ενδιαφέροντος πειράματος μέτρησης θορύβου (Πάτρα). . . . 78
6.2 Περιοχές ενδιαφέροντος πειράματος μέτρησης θορύβου (Λονδίνο). . . . 81

6.3 Περιοχές ενδιαφέροντος πειράματος εντοπισμού WiFi σημείων πρόσβασης (Λονδίνο). 85
6.4 Περιοχές ενδιαφέροντος πειράματος εντοπισμού WiFi σημείων πρόσβασης (Σανταντέρ). 85
6.5 Περιοχές ενδιαφέροντος πειράματος εντοπισμού WiFi σημείων πρόσβασης (Πάτρα). 86

Κατάλογος Πινάκων

5.1 Υπηρεσίες της κλάσης experiment 73
5.2 Υπηρεσίες της κλάσης plugin 73
5.3 Υπηρεσίες της κλάσης smartphone 74
5.4 Υπηρεσίες της κλάσης ranking 74
5.5 Υπηρεσίες της κλάσης contact 75
5.6 Υπηρεσίες της κλάσης data 75

6.1 Χρονικοί περιορισμοί μετρήσεων 78
6.2 Προδιαγραφές κάλυψης περιοχών 78
6.3 Συνολικά στατιστικά μετρήσεων πειράματος. 79
6.4 Συνολική συνεισφορά μετρήσεων εθελοντών στο πείραμα. 79
6.5 Αριθμός μετρήσεων και ποσοστό κάλυψης ανά περιοχή 79
6.6 Δημοφιλέστερες ώρες ανά περιοχή 79
6.7 Χρονικοί περιορισμοί μετρήσεων 82
6.8 Προδιαγραφές κάλυψης περιοχών 82
6.9 Συνολικά στατιστικά μετρήσεων πειράματος. 82
6.10 Συνολική συνεισφορά μετρήσεων εθελοντών στο πείραμα. 83
6.11 Αριθμός μετρήσεων και ποσοστό κάλυψης ανά περιοχή 83
6.12 Δημοφιλέστερες ώρες ανά περιοχή 83
6.13 Συνολικά στατιστικά μετρήσεων πειράματος. 86
6.14 Αριθμός μετρήσεων και ποσοστό κάλυψης ανά πόλη 87
6.15 Συνολική συνεισφορά μετρήσεων εθελοντών στο πείραμα. 87

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή

1.1 Κίνητρο και σημασία του θέματος

Η συνεχής και αλματώδης εξέλιξη της τεχνολογίας και της επιστήμης των υπολογιστών σε συνδυασμό με την καθιέρωση της χρήσης του Διαδικτύου και η μεγάλη ενσωμάτωση αυτών στην καθημερινή ζωή του ανθρώπου έχει δημιουργήσει την προοπτική να πραγματωθούν μια σειρά από καινοτόμες ιδέες μέσω της εκμετάλλευσης των νέων δυνατοτήτων που προσφέρονται. Ένα νέο πεδίο προκλήσεων που δημιουργείται, στοχεύει στην χρήση τεχνολογιών της πληροφορίας και των επικοινωνιών (Information and Communication Technology - ICT) με σκοπό να επιτευχθεί καλύτερη κατανόηση του περιβάλλοντος μέσα στο οποίο ζει ο άνθρωπος και πως μπορεί να εκμεταλλευτεί αυτή την γνώση ώστε να διαχειριστεί αποτελεσματικότερα τους πόρους που έχει στην διάθεσή του για να βελτιώσει τον τρόπο ζωής του.

Το νέο όραμα που έχει προκύψει από αυτήν την εξέλιξη είναι η δημιουργία των έξυπνων πόλεων (smart cities) [23]. Στόχος των έξυπνων πόλεων είναι να υλοποιηθούν εφαρμογές που θα βασίζονται στην υπάρχουσα τεχνολογία και θα αποσκοπούν στην βελτίωση ενός συνόλου από υπηρεσίες που παρέχονται σε μια πόλη όπως τα σχολεία, τα νοσοκομεία, η διαχείριση των απορριμμάτων, τα μέσα μαζικής μεταφοράς, τα δίκτυα παροχής νερού και άλλες κοινωνικές υπηρεσίες. Για να υλοποιηθούν οι έξυπνες πόλεις αυτό που απαιτείται σε πρώτη φάση είναι να μελετηθεί και να κατανοηθεί η ζωή και η συμπεριφορά των ανθρώπων στα πλαίσια ενός αστικού κέντρου. Η γνώση που θα προκύψει από αυτήν την μελέτη θα βοηθήσει να αναδειχθούν οι τομείς στους οποίους η διαχείριση των διαθέσιμων πόρων είναι μη αποδοτική και υπάρχουν περιθώρια βελτίωσης. Έτσι, στην συνέχεια, θα αναζητηθούν κατάλληλες τεχνολογικές λύσεις, οι οποίες θα στοχεύουν στην καλύτερη αξιοποίηση των διαθέσιμων πόρων με σκοπό την βελτίωση των παρεχόμενων υπηρεσιών στην πόλη με ταυτόχρονη μείωση του κόστους. Το προτεινόμενο μοντέλο για την παρακολούθηση και την εξέλιξη του τρόπου ζωής μέσα στις πόλεις είναι η διενέργεια πειραματικών διεργασιών οι οποίες θα βασίζονται στην χρήση μιας πληθώρας αισθητήρων οι οποίοι θα συλλέγουν δεδομένα σε πραγματικό χρόνο από διάφορα σημεία. Η ανάλυση όλων αυτών των δεδομένων μπορεί να αποτελέσει σημαντική πηγή πληροφορίας για τον πραγματικό κόσμο. Έτσι γίνεται εφικτή η αποτελεσματική παρατήρηση του τρόπου ζωής σε πολύ

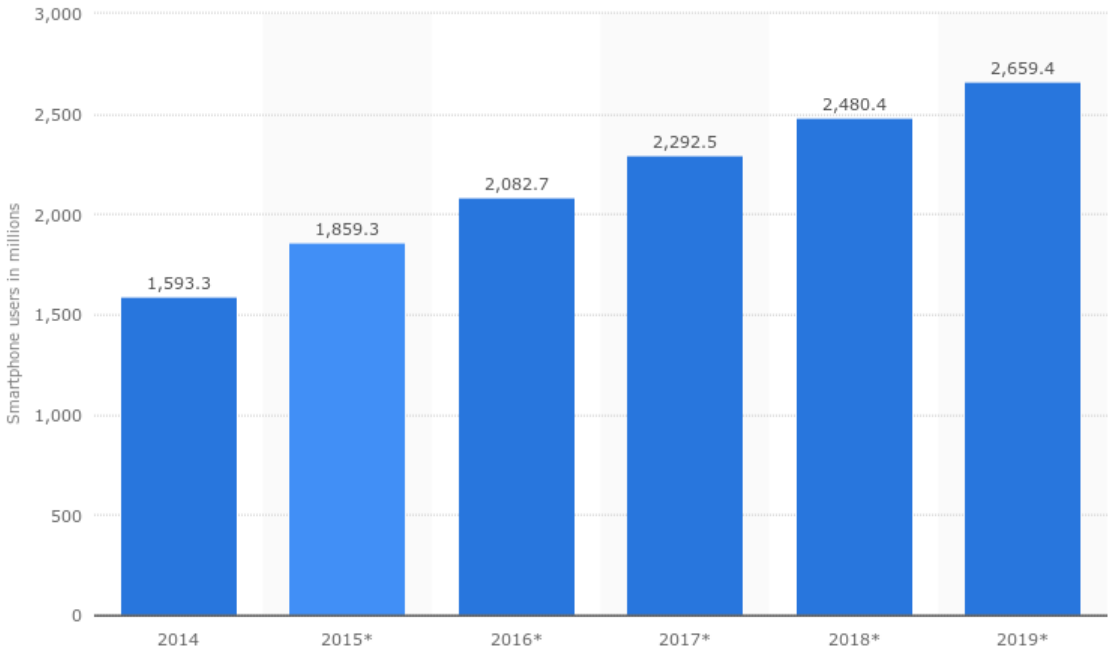
μεγάλη κλίμακα και ανοίγει ο δρόμος για την δημιουργία των έξυπνων πόλεων.

Η ιδέα των έξυπνων πόλεων συνυπάρχει και συνεισφέρει σε αυτό που έχει γίνει γνωστό ως Διαδίκτυο των Αντικειμένων (Internet of Things - IoT) [7]. Το Διαδίκτυο των Αντικειμένων αποτελεί ένα δίκτυο από φυσικά αντικείμενα όπως έξυπνα σπίτια, οχήματα και άλλες συσκευές οι οποίες είναι εξοπλισμένες με αισθητήρες που χρησιμοποιούν κατάλληλο λογισμικό ώστε να μπορούν να συλλέγουν και να ανταλλάσσουν δεδομένα μέσω της διασύνδεσής τους στο Διαδίκτυο. Τα αντικείμενα αυτά μπορούν να ελέγχονται απομακρυσμένα και να συλλέγουν δεδομένα του περιβάλλοντός τους, δίνοντας την δυνατότητα ενσωμάτωσης του πραγματικού κόσμου σε υπολογιστικά συστήματα.

Οι πρώτες προσπάθειες στην υλοποίηση της ιδέας των έξυπνων πόλεων οδήγησαν στην χρήση σταθερών υποδομών με δυνατότητες αίσθησης του περιβάλλοντος. Έτσι συντονισμένα και με κεντρικοποιημένο τρόπο γινόταν η ανάπτυξη στατικών υποδομών σε συγκεκριμένες περιοχές με σκοπό την συλλογή δεδομένων για την μελέτη των συνθηκών που επικρατούν σε αυτές. Η χρήση αυτής της προσέγγισης, αν και οδήγησε ένα βήμα μπροστά την μελέτη των συνθηκών της ζωής στις πόλεις έχει κάποια σημαντικά μειονεκτήματα. Η υποδομή αναπτυσσόταν σε επιλεγμένες περιοχές οι οποίες πληρούσαν κάποια συγκεκριμένα κριτήρια που τις καθιστούσαν ενδιαφέρουσες για παρακολούθηση. Ένα σοβαρό πρόβλημα που εισάγει αυτό είναι η δυσκολία επεκτασιμότητας και μεταφερσιμότητας του ενδιαφέροντος. Διότι σε περίπτωση που το ενδιαφέρον μεταφερόταν σε άλλες περιοχές θα χρειαζόταν να αναπτυχθούν εκ νέου καινούριες υποδομές ή να μεταφερθούν οι υπάρχουσες. Όπως γίνεται εύκολα αντιληπτό αυτές οι ενέργειες είναι αρκετά κοστοβόρες και πολλές φορές αποφεύγονται οδηγώντας έτσι σε περιορισμό του χώρου και της διασποράς που θα ήταν επιθυμητό να διεξαχθεί η μελέτη. Επίσης η συντήρηση αυτών των υποδομών πολλές φορές είναι δύσκολη ενώ επιφέρει επιπλέον κόστη.

Μια πιθανή λύση στους περιορισμούς που αναφέρθηκαν παραπάνω φιλοδοξεί να δώσει η εμπλοκή στην διαδικασία των έξυπνων κινητών τηλεφώνων (smartphones).Τα έξυπνα κινητά έχουν αποκτήσει κυρίαρχη θέση στην καθημερινότητα των περισσότερων ανθρώπων παγκοσμίως. Λόγω της συνεχής εξέλιξής τους, των ολοένα και μεγαλύτερων δυνατοτήτων τους καθώς επίσης και της εύκολης φορητότητάς τους, αυτή η τάση αναμένεται να αυξηθεί ακόμα περισσότερο τα επόμενα χρόνια (Σχήμα 1.1). Επίσης, η ευκολία σύνδεσής τους στο Διαδίκτυο λόγω της ύπαρξης μεγάλου αριθμού σημείων πρόσβασης (WiFi-WiMax access points) καθώς και η χρήση του κυψελωτού δικτύου της κινητής τηλεφωνίας δίνει την δυνατότητα στον τελικό χρήστη να έχει στην διάθεσή του μια πληθώρα εφαρμογών (ενημέρωση, ψυχαγωγία, επικοινωνία). Τα έξυπνα κινητά διαθέτουν επίσης μια μεγάλη ποικιλία από αισθητήρες που είναι απαραίτητοι για την εύρυθμη λειτουργία τους και την εξέλιξη των δυνατοτήτων τους καθιστώντας τα πλέον απαραίτητα για την καθημερινή ζωή.

Οι δυνατότητες που προσφέρουν τα έξυπνα κινητά τηλέφωνα σε συνδυασμό με την μεγάλη διάδοση που γνωρίζουν στις μέρες μας τα καθιστά ιδανικά εργαλεία που μπορεί να χρησιμοποιήσει η επιστημονική κοινότητα για μια ευρεία γκάμα από εφαρμογές στα πλαίσια της δημιουργίας των έξυπνων πόλεων. Μια καινοτόμος ιδέα που προήλθε από την ανάγκη να δοθεί μια αποτελεσματική λύση στην πρόκληση αυτή είναι η ιδέα της συμμετοχικής ανίχνευσης (participatory sensing) που παρουσιάστηκε



Σχήμα 1.1: Εκτίμηση εξέλιξης του αριθμού των χρηστών έξυπνων κινητών τηλεφώνων παγκοσμίως.

για πρώτη φορά στο [8].

Η ιδέα της συμμετοχικής ανίχνευσης εκμεταλλεύεται την καθολική ύπαρξη των έξυπνων κινητών τηλεφώνων και τις δυνατότητες που προσφέρουν σε συνδυασμό με την συμπεριφορά και τις καθημερινές ασχολίες των ανθρώπων που φέρουν πάντα μαζί τους αυτές τις έξυπνες συσκευές ώστε να γίνει η συλλογή δεδομένων. Ο μεγάλος αριθμός αισθητήρων που είναι εξοπλισμένα τα έξυπνα κινητά τηλέφωνα και η δυνατότητα να συνδεθούν στο Διαδίκτυο από όλα τα μέρη μιας πόλης τα καθιστούν ιδανικά για την συλλογή μεγάλης ποικιλίας δεδομένων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε πολλά διαφορετικά σενάρια. Ένα άλλο σημαντικό πλεονέκτημα που προσφέρει αυτή η ιδέα είναι ότι δεν υπάρχει ανάγκη για την δημιουργία κοστοβόρας υποδομής για την αίσθηση του περιβάλλοντος αλλά χρησιμοποιείται η κίνηση του ανθρώπου μέσα στην πόλη για να καλυφθούν όσο το δυνατό περισσότερες περιοχές ενδιαφέροντος. Ταυτόχρονα, αντικατοπτρίζεται άμεσα η συμπεριφορά και οι συνήθειες των πολιτών μέσα στην πόλη. Επίσης, με την συμμέτοχη όλο και μεγαλύτερου αριθμού ατόμων σε αυτή την διαδικασία μπορεί να επιτευχθεί πολύ εύκολα κλιμάκωση αλλά και μεγαλύτερη ακρίβεια στην συλλογή των δεδομένων. Επιπλέον, έχοντας την δυνατότητα επεξεργασίας όλων αυτών των δεδομένων σε πραγματικό χρόνο μπορούν να δοθούν στους χρήστες κατάλληλα μηνύματα ανάδρασης έτσι ώστε να μπορέσουν να καλυφθούν και άλλες περιοχές του περιβάλλοντος που δεν θα είχαν την απαραίτητα κάλυψη με άλλες συμβατικές μεθόδους.

Λόγω των παραπάνω πλεονεκτημάτων η ιδέα της συμμετοχικής ανίχνευσης εξελίσσεται σε μία από τις πρωτοπόρες μεθόδους στην οποία τόσο επαγγελματίες όσο

και απλοί χρήστες μπορούν να συνεισφέρουν στην συλλογή και στον διαμοιρασμό δεδομένων πολλών πτυχών του περιβάλλοντος. Δίνεται έτσι η δυνατότητα σε μεγάλο πλήθος ανθρώπων με διαφορετικές ανάγκες και συνήθειες να συμβάλλουν στην διεξαγωγή επιστημονικής έρευνας που έχει σκοπό να κατανοήσει καλύτερα την ζωή μέσα στις πόλεις και τον τρόπο που αυτή μεταβάλλεται υπό διαφορετικές συνθήκες ώστε να δώσει αποτελεσματικές προτάσεις και λύσεις για την βελτίωσή της. Με την βοήθεια της συμμετοχικής ανίχνευσης η επίτευξη του οράματος της δημιουργίας έξυπνων πόλεων γίνεται ακόμα πιο εφικτή.

Πολλά ερευνητικά έργα έχουν ασχοληθεί με την προσπάθεια προώθησης και υλοποίησης πειραματικών εφαρμογών για έξυπνες πόλεις. Το έργο SmartSantander [1] ασχολήθηκε με την δημιουργία υποδομών σε διάφορες ευρωπαϊκές πόλεις για την διεξαγωγή πειραματικών διεργασιών μεγάλης κλίμακας. Τα αποτελέσματα από την δουλειά που έγινε έδωσαν μεγάλη εμπειρία στην επιστημονική κοινότητα ενώ παράλληλα άφησαν μια σημαντική υποδομή για μελλοντική εκμετάλλευση. Το OrganiCity [2] είναι ένα ακόμα έργο που στοχεύει στην δημιουργία των έξυπνων πόλεων και βασικός άξονας του είναι να κάνει πιο συμμετοχική την πειραματική διαδικασία με την εμπλοκή οργανισμών, τοπικών αρχών, εταιριών αλλά και των ίδιων των κατοίκων των πόλεων.

1.2 Στόχοι της διπλωματικής εργασίας

Στην παρούσα διπλωματική εργασία εστιάζουμε αρχικά στον σχεδιασμό ενός ολοκληρωμένου συστήματος το οποίο θα βασίζεται στην ιδέα της συμμετοχικής ανίχνευσης και θα μπορέσει να εκμεταλλευτεί τις δυνατότητες των έξυπνων κινητών τηλεφώνων όπως περιγράφηκαν παραπάνω. Ο στόχος ήταν να δημιουργηθεί ένα σύστημα το οποίο θα απαλλάσσει τον τελικό χρήστη από την πολυπλοκότητα της όλης διαδικασίας και θα τον οδηγεί μέσα από απλά βήματα στην ορθή χρήση του. Στην συνέχεια μεταφέρεται η προσοχή μας στην υλοποίηση του συστήματος χωρίζοντας το σε επιμέρους υποσυστήματα ενώ ταυτόχρονα έγινε αξιολόγηση και επιλογή των κατάλληλων τεχνολογιών στις οποίες θα βασιζόταν η υλοποίησή του. Θέσαμε ως επιθυμητό και εφικτό στόχο η υλοποίηση του συστήματος να φτάσει σε ένα επίπεδο όπου κάποιος θα μπορεί να δημιουργεί μια διαδικασία μελέτης του περιβάλλοντος μέσα στην πόλη (πειραματικές διεργασίες συλλογής δεδομένων). Στην συνέχεια, θα μπορεί να παρακολουθεί την εξέλιξή της και αν το κρίνει απαραίτητο θα έχει την δυνατότητα να παρέμβει ώστε να βοηθήσει, έχοντας την πλήρη εποπτεία της διαδικασίας, στην εξαγωγή του καλύτερου δυνατού αποτελέσματος. Τέλος, με την περάτωση της πειραματικής διεργασίας, ο οργανισμός ή ο ιδιώτης που έχει τον έλεγχό της, θα έχει στην διάθεσή του όλη την πληροφορία την οποία μπορεί να αξιοποιήσει κατάλληλα ώστε να εξάγει συμπεράσματα και να κρίνει κατά πόσον οι αρχικοί στόχοι που είχε θέσει κατά την έναρξη του πειράματος έχουν εκπληρωθεί. θα δοθεί έτσι μια ολοκληρωμένη πλατφόρμα η οποία θα είναι διαθέσιμη στην επιστημονική κοινότητα, με προοπτική να βελτιωθεί και να γίνει διαθέσιμη σε μεγαλύτερο αριθμό χρηστών μελλοντικά, η οποία θα υποστηρίζει όλες τις λειτουργίες διεξαγωγής ενός πειράματος βασισμένο στις αρχές της συμμετοχικής ανίχνευσης και θα προσφέρει πολύτιμα συμπεράσματα συνεισφέροντας

στην προσπάθεια πραγμάτωσης του οράματος των έξυπνων πόλεων.

1.3 Συνεισφορά της διπλωματικής εργασίας

Η συνεισφορά της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας είναι η υλοποίηση της πλατφόρμας στην οποία θα βασίζεται ο σχεδιασμός, η εξέλιξη και η συλλογή δεδομένων μιας πειραματικής διεργασίας που θα εφαρμόζεται στα πλαίσια ενός αστικού κέντρου εφαρμόζοντας συγκεκριμένους χωροχρονικούς περιορισμούς. Η πλατφόρμα αποτελείται από 3 κύρια μέρη:

- **Την εφαρμογή για έξυπνα κινητά τηλέφωνα**. Με την χρήση της εφαρμογής για έξυπνα κινητά τηλέφωνα συλλέγονται και αποστέλλονται τα δεδομένα που συγκεντρώνονται από την διεξαγωγή μιας πειραματικής διεργασίας μέσα στην πόλη.

- **Την εφαρμογή Ιστού**. Η εφαρμογή Ιστού είναι η βασική διεπαφή που αλληλεπιδρά με τον διοργανωτή του πειράματος. Παρέχει την δυνατότητα δημιουργίας μιας νέας πειραματικής διεργασίας, την παρακολούθηση της εξέλιξής της και την παροχή στατιστικών στοιχείων για τις μετρήσεις που συγκεντρώθηκαν.

- **Τις υπηρεσίες Ιστού**. Οι υπηρεσίες Ιστού είναι ο συνδετικός κρίκος της εφαρμογής για έξυπνα κινητά τηλέφωνα και της εφαρμογής Ιστού. Είναι επιφορτισμένη με την προώθηση των ενεργών πειραμάτων στην εφαρμογή για έξυπνα κινητά τηλέφωνα των εθελοντών, την συλλογή των μετρήσεων από αυτήν και την μορφοποίηση τους σε κατάλληλη κωδικοποίηση ώστε να τις κάνει διαθέσιμες για περαιτέρω επεξεργασία στην εφαρμογή Ιστού.

Στην συνέχεια, χρησιμοποιώντας την πλατφόρμα που υλοποιήθηκε, δρομολογήθηκαν δοκιμαστικές φάσεις κατά τις οποίες έγινε με την βοήθεια εθελοντών χρήση των λειτουργιών του συστήματος σε ένα σύνολο από διαφορετικά σενάρια. Η ανάδραση που λάβαμε από τις δοκιμαστικές φάσεις ήταν πολύτιμη. Η χρήση του συστήματος στην πράξη μας βοήθησε ώστε να εντοπίσουμε και να διορθώσουμε παραλείψεις στην διαδικασία της υλοποίησης αλλά ταυτόχρονα συλλέξαμε και ενδιαφέρουσες ιδέες για το πως το σύστημα θα μπορέσει να απλοποιηθεί ώστε να γίνει ακόμα πιο εύχρηστο και φιλικό προς τον τελικό χρήστη. Τελικά, αποτέλεσμα της δουλειάς που έγινε στα πλαίσια αυτής της διπλωματικής εργασίας είναι η παράδοση ενός ολοκληρωμένου και δοκιμασμένου συστήματος σε πραγματικές συνθήκες όπου διάφοροι οργανισμοί θα μπορούν να διεξάγουν μια σειρά από διαφορετικά πειράματα που θα βοηθήσουν ώστε η ζωή και η συμβίωση στις πόλεις να γίνει καλύτερη.

1.4 Δομή της διπλωματικής εργασίας

Στο 2ο κεφάλαιο γίνεται μια κριτική επισκόπηση στην σχετική βιβλιογραφία που υπάρχει σχετικά με την διεξαγωγή πειραματικών διαδικασιών σε έξυπνες πόλεις στην βάση της ιδέας της συμμετοχικής ανίχνευσης.

Στο 3ο κεφάλαιο θα γίνει ανάλυση των απαιτήσεων που οφείλει να υποστηρίζει μια πλατφόρμα ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον σχεδιασμό και την διεξαγωγή μιας πειραματικής διεργασίας μέσα στα πλαίσια μιας πόλης.

Στο 4ο κεφάλαιο θα παρουσιαστεί η αρχιτεκτονική του συστήματος που υλοποιήθηκε. Θα αναλυθούν τα επιμέρους υποσυστήματα που το απαρτίζουν μαζί με μια λεπτομερή επισκόπηση του ρόλου του καθενός στην συνολική λειτουργία του συστήματος. Θα γίνει αναφορά επίσης και στις τεχνολογίες που χρησιμοποιήθηκαν για την υλοποίηση του κάθε υποσυστήματος.

Στο 5ο κεφάλαιο θα περιγραφεί λεπτομερώς όλη η διαδικασία χρήσης του συστήματος. Θα παρουσιαστεί ο τρόπος δημιουργίας ενός νέου πειράματος, η παρακολούθηση της εξέλιξής του και τέλος η εξαγωγή στατιστικών στοιχείων και συμπερασμάτων από τα δεδομένα που έχουν συλλεχθεί.

Στο 6ο κεφάλαιο θα γίνει παρουσίαση κάποιων πειραματικών διεργασιών που πραγματοποιήθηκαν με χρήση του συστήματος που αναπτύχθηκε σε μια σειρά διαφορετικών σεναρίων. Έπειτα, θα γίνει μια συμπερασματική ανάλυση των αποτελεσμάτων που έδωσαν τα πειράματα που διενεργήθηκαν.

Στο 7ο κεφάλαιο θα μιλήσουμε γενικά για τα συμπεράσματα που προέκυψαν και τις προοπτικές που δημιουργούνται από την ενασχόληση με το συγκεκριμένο θέμα.

Κεφάλαιο 2

Κριτική επισκόπηση σχετικής βιβλιογραφίας

Στο κεφάλαιο αυτό θα γίνει αναφορά σε έρευνα που έχει γίνει σχετικά με την διεξαγωγή πειραματικών διεργασιών σε έξυπνες πόλεις. Θα παρουσιαστούν, επίσης, και εργασίες στις οποίες έχει γίνει υλοποίηση ενός συστήματος με σκοπό να διεξαχθεί ένα συγκεκριμένο πείραμα σε κάποια πόλη. Θα αναλυθούν τα αποτελέσματα και τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την κάθε σχετική εργασία.

Αρχικά, μελετώντας την εργασία [15] αξίζει να σημειωθεί ο εξής ισχυρισμός. Προκειμένου να μπορέσει να υλοποιηθεί το όραμα για τον σχεδιασμό έξυπνων πόλεων, απαραίτητη προϋπόθεση θεωρείται οι κάτοικοι των πόλεων αυτών να είναι ενεργά μέλη σε αυτή την προσπάθεια. Παρουσιάζονται δύο υπηρεσίες που υλοποιήθηκαν και έχουν σκοπό να βοηθήσουν στην εμπλοκή των κατοίκων στην δημιουργία των έξυπνων πόλεων. Η πρώτη υπηρεσία βασίζεται στην ιδέα της συμμετοχικής ανίχνευσης και εκμεταλλεύεται τις αισθητήριες δυνατότητες των έξυπνων κινητών τηλεφώνων ώστε οι άνθρωποι της πόλης να γίνουν μέρος της κεντρικής ιδέας πάνω στην οποία βασίζονται οι έξυπνες πόλεις. Η δεύτερη υπηρεσία χρησιμοποιεί επαυξημένη πραγματικότητα ώστε να δημιουργήσει ένα εργαλείο οπτικοποίησης, όπου μια πληθώρα πληροφοριών θα γίνονται διαθέσιμες στους κατοίκους, ώστε να βοηθήσει στην συμμετοχή τους στην διαδικασία. Τέλος, εκφράζει και έναν προβληματισμό για το πως άτομα που δεν είναι εξοικειωμένα με την τεχνολογία μπορούν να ενταχθούν σε αυτό το εγχείρημα.

Το μοντέλο της ευκαιριακής συλλογής δεδομένων μέσω της εκμετάλλευσης των κινητών τηλεφώνων εθελοντών (συμμετοχική ανίχνευση - participatory sensing) εισάγεται ολοκληρωμένα για πρώτη φορά στην εργασία [8]. Χρησιμοποιώντας τα κινητά τηλέφωνα τόσο επαγγελματίες χρήστες αλλά και το ευρύ κοινό μπορεί να σχηματίσει ένα εθελοντικό δίκτυο για την συλλογή και ανάλυση δεδομένων προκειμένου να βοηθήσει στην κατανόηση και τον διαμοιρασμό της τοπικής γνώσης. Παρέχεται μία αρχική αρχιτεκτονική η οποία αποσκοπεί στην ποιότητα και την αξιοπιστία των μετρήσεων αλλά ενσωματώνει και ζητήματα ιδιωτικότητας και διαμοιρασμού σε τέτοιου είδους δίκτυα. Περιγράφονται, επίσης, μοντέλα για την εφαρμογή της διαδικασίας τόσο σε επίπεδο κοινότητας αλλά και σε επίπεδο ολόκληρης πόλης. Επίσης, περιγράφει διάφορα σενάρια που μπορεί να βρει εφαρμογή η συμμετοχική ανίχνευση όπως η δημόσια υγεία, ο στρατηγικός σχεδιασμός της πόλης και η διαχείριση των φυσικών πόρων.

Στην εργασία [14] παρουσιάζεται το σύστημα Pothole Patrol. Σκοπός της συγκεκριμένης εφαρμογής είναι να διερευνήσει την κατάσταση του οδοστρώματος ενός αστικού κέντρου και συγκεκριμένα ανωμαλίες στο οδόστρωμα όπως την ύπαρξη λακκουβών. Το πείραμα διεξήχθη στους δρόμους της Βοστώνης. Εκμεταλλευόμενοι την ευκαιριακή κίνηση των ταξί μέσα στην πόλη τα οποία είχαν εξοπλίσει με διάφορους αισθητήρες, συνέλεξαν δεδομένα από διάφορα σημεία της πόλης. Έπειτα, χρησιμοποιώντας έναν αλγόριθμο που επεξεργάζονταν τα δεδομένα που είχαν συλλεχθεί ήταν σε θέση να διαχωρίζουν δρόμους με σημαντικές ανωμαλίες με ανάγκη άμεσης επιδιόρθωσης. Τέλος, κατά την διάρκεια της αξιολόγησης των ευρημάτων τους διαπίστωσαν ότι πάνω από το 90% των σημείων που είχε υποδείξει η εφαρμογή είχαν στην πραγματικότητα σημαντικές ανωμαλίες στο οδόστρωμα.

Μία ακόμα εφαρμογή ευκαιριακής συλλογής δεδομένων δίνεται στην εργασία [19] μέσω της υλοποίησης ενός συστήματος για την παρακολούθηση της κυκλοφορίας σε μία πόλη. Το σύστημα βασίζεται σε αισθητήρες που είναι εφοδιασμένα τα οχήματα. Πραγματοποιήθηκε ένα πείραμα μεγάλης κλίμακας με την συμμετοχή περίπου 4000 ταξί στην πόλης της Σαγκάης στην Κίνα. Κύρια πρόκληση της εφαρμογής ήταν να μπορέσει να δημιουργηθεί ένα μοτίβο για την εξέλιξη της κυκλοφορίας των οχημάτων μέσα στην πόλη χρησιμοποιώντας τις ελλιπείς μετρήσεις (είχαν τεθεί μεγάλα διαστήματα μεταξύ των στιγμών της δειγματοληψίας για να μειωθεί το κόστος της επικοινωνίας και η συμφόρηση του δικτύου) που παρείχαν οι αισθητήρες των αυτοκινήτων. Χρησιμοποιήθηκαν δύο αλγόριθμοι για την ανάλυση των μετρήσεων και την εκτίμηση της κατάστασης της κυκλοφορίας και παρά τις ατελείς μετρήσεις φάνηκε ότι τα αποτελέσματα του πειράματος ήταν αρκετά ακριβή.

Μια άλλη υλοποίηση εφαρμογής βασισμένη στο μοντέλο της συμμετοχικής ανίχνευσης παρουσιάζεται στην εργασία [21]. Στην δημοσίευση παρουσιάζεται η σχεδίαση, η υλοποίηση και η απόδοση του συστήματος Ear-Phone. Το σύστημα αυτό έχει σκοπό την μέτρηση του θορύβου στην πόλη ώστε να δημιουργηθεί ένας χάρτης ηχορύπανσης. Οι εθελοντές χρησιμοποίησαν δύο διαφορετικά μοντέλα συσκευών έξυπνων κινητών τηλεφώνων για τα οποία είχε υλοποιηθεί η εφαρμογή του Ear-Phone. Βασικός ισχυρισμός της δημοσίευσης είναι ότι η ηχορύπανση μπορεί να μετρηθεί πολύ καλύτερα χρησιμοποιώντας την ιδέα της συμμετοχικής ανίχνευσης καθώς βασίζεται σε πραγματικές μετρήσεις και όχι σε μοντέλα κίνησης που χρησιμοποιούν οι παραδοσιακές μέθοδοι. Επίσης, με την χρήση της συμμετοχικής ανίχνευσης μπορείς να παρακολουθήσεις και μελλοντικές διαφοροποιήσεις του φαινομένου κάτι που σπάνια συνέβαινε με άλλα μοντέλα. Έχοντας εκτελέσει ένα εκτενές σύνολο από πειράματα σε εξωτερικούς χώρους ισχυρίζονται ότι το Ear-Phone είναι ένα σύστημα που πετυχαίνει την κατασκευή ενός χάρτη με την ηχορύπανση μιας περιοχής με μεγάλη ακρίβεια και υψηλή απόδοση ανακατασκευής του. Αντίστοιχο σύστημα για την μέτρηση της ηχορύπανσης είναι και στην εργασία NoiseMap που παρουσιάζεται στο [24].

Στην εργασία [22] παρουσιάζεται το σύστημα Biketastic που έχει στόχο να βοηθήσει στην επιλογή κατάλληλων διαδρομών για τους ποδηλάτες. Η επιλογή αυτή βασίζεται σε συγκεκριμένες απαιτήσεις που είναι η ασφάλεια, η αποδοτικότητα και η απόλαυση της διαδρομής. Οι ποδηλάτες χρησιμοποιώντας μια εφαρμογή κινητού τηλεφώνου οπτικοποιούν σε έναν χάρτη την διαδρομή που ακολουθούν ενώ μπορούν να μοιραστούν στατιστικά και πληροφορίες σχετικά με την δυσκολία και τον θόρυβο

μιας διαδρομής. Η εφαρμογή χρησιμοποιήθηκε από μια κοινότητα ποδηλατών για δύο εβδομάδες. Τα δεδομένα που συγκεντρώθηκαν αφορούσαν την απόσταση μιας διαδρομής, τα σημεία εκκίνησης και τερματισμού, την μέση ταχύτητα, τη δυσκολία και τα επίπεδα θορύβου. Οι συμμετέχοντες έδειξαν ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τις δυνατότητες που τους παρείχε η εφαρμογή για την επιλογή αποδοτικών και ασφαλών διαδρομών ενώ προσέφεραν σημαντικές υποδείξεις για την βελτίωση της λειτουργίας της.

Η μετρούμενη ποσότητα που απασχόλησε τις εργασίες [12] και [16] αφορούσε την μόλυνση του αέρα. Στο πρώτο χρησιμοποιήθηκε συνδυασμός δύο μοντέλων για την συλλογή δεδομένων. Από την μία εξοπλίστηκαν με αισθητήρες διάφορα μέσα μαζικής μεταφοράς που ακολουθούν συγκεκριμένες διαδρομές ενώ από την άλλη χρησιμοποιήθηκαν προσωπικές αισθητήριες συσκευές για την μέτρηση σε τυχαίες διαδρομές. Τα δεδομένα που συλλέγονται από τα δύο μοντέλα συγκεντρώνονται σε ένα κεντρικό αποθετήριο όπου γίνεται ανάλυσή τους και στην συνέχεια παρέχονται στατιστικά μέσω web και mobile εφαρμογών στους ενδιαφερόμενους. Εκτελέστηκαν πειράματα στην πόλη της Νέας Υόρκης και στο New Jersey ενώ συγκρίνονται τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των δύο μοντέλων που χρησιμοποιήθηκαν. Στην δεύτερη εργασία βασίζονται αποκλειστικά σε μετρήσεις που προέρχονται από την χρήση έξυπνων κινητών τηλεφώνων. Γίνεται ανάλυση στις απαιτήσεις που χρειάζεται για να εκτελεστεί το πείραμα στις κινητές συσκευές ενώ παρέχονται και οδηγίες για να βελτιωθεί η ακρίβεια της μετρούμενης ποσότητας. Μέσω των πειραμάτων που εκτέλεσαν, απέδειξαν ότι μπορεί να δημιουργηθεί ένας χάρτης που να απεικονίζει την μόλυνση του αέρα σε μια περιοχή με φθηνό και αποδοτικό τρόπο.

Στην εργασία [6] παρουσιάζεται το σύστημα `OpenSense` που μετράει επίσης την μόλυνση του αέρα. Η προσοχή εδώ δίνεται περισσότερο στο πως θα μπορέσεις να χρησιμοποιήσεις καλύτερα τακτικές που θα δώσουν τα κατάλληλα κίνητρα ώστε να μπορέσει να αυξηθεί η χρησιμότητα του συστήματος και να εξασφαλιστεί η διατήρηση στην ποιότητα των μετρήσεων. Αναλύονται διάφορα μοντέλα στα οποία το καθένα εστιάζει σε διαφορετικό στόχο στην εξέλιξη του πειράματος όπως στην διαχείριση των δεδομένων, στην διαχείριση της καταναλισκόμενης ενέργειας, στην διατήρηση της ιδιωτικότητας και άλλα.

Στην εργασία [13] εμφανίζονται πιο επιφυλακτικοί σχετικά με την ποιότητα των αποτελεσμάτων που μπορεί να δώσει η εφαρμογή της ιδέας της συμμετοχικής ανίχνευσης. Γίνεται ανάλυση και σύγκριση της ποιότητας του αποτελέσματος ενός πειράματος βασισμένου σε εθελοντές που συλλέγουν δεδομένα με την χρήση κινητών συσκευών σε σχέση με τις κλασικές τεχνικές που επιστρατεύονται για αντίστοιχες μετρήσεις. Χρησιμοποιείται, σαν σενάριο η μέτρηση των επιπέδων θορύβου και γίνεται αντιπαραβολή των αποτελεσμάτων που δίνουν οι δύο προσεγγίσεις. Καταλήγει πως αν μπορούν να διασφαλιστούν κάποιες προϋποθέσεις, όπως η διασπορά στα σημεία των μετρήσεων στις διάφορες περιοχές ενδιαφέροντος και η εξασφάλιση της ακρίβειας στην βαθμονόμηση στις αισθητήριες συσκευές των τηλεφώνων, μπορεί να αποδοθούν εξίσου ποιοτικά αποτελέσματα με τις παραδοσιακές μεθόδους. Ωστόσο, ισχυρίζονται πως δεν έχουν γίνει επαρκή πειράματα σε μεγάλη κλίμακα για να μπορέσουμε να εγγυηθούμε την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων.

Στην συνέχεια θα αναφερθούμε σε μερικές δημοσιεύσεις που αφορούν μια μεγάλη πρόκληση που εισάγει η εφαρμογή της ευκαιριακής συλλογής δεδομένων με χρήση

της συμμετοχικής ανίχνευσης. Στην εργασία [11] παρουσιάζεται το AnonySense, μια αρχιτεκτονική που εστιάζει στην διατήρηση της ανωνυμίας σε όλα τα επίπεδα της εξέλιξης μιας εφαρμογής. Περιγράφονται οι ιδιότητες που πρέπει να πληρούνται οι οποίες οδήγησαν σε συγκεκριμένες σχεδιαστικές επιλογές για την κατασκευή του μοντέλου. Το AnonySense εξασφαλίζει στις εφαρμογές που το χρησιμοποιούν την διατήρηση της ανωνυμίας στην υποβολή των διαφόρων σεναρίων στα πειράματα που εισάγονται στο σύστημα. Ταυτόχρονα, παρέχει εγγυήσεις και για την ιδιωτικότητα των εθελοντών που συμμετέχουν σε κάποιο πείραμα κατά την αποστολή των δεδομένων που έχουν συλλέξει στο κεντρικό σύστημα. Τέλος, παρέχει και ένα επίπεδο προστασίας από πιθανές κακόβουλες πράξεις. Έγινε χρήση του AnonySense σε δύο διαφορετικά σενάρια και αποδείχθηκε ότι μπορεί να γίνει εφικτή η εφαρμογή του σε πραγματικά συστήματα εξασφαλίζοντας την ανωνυμία των συμμετεχόντων με την εισαγωγή πολύ μικρού overhead.

Σε συνέχεια της παρουσίασης εργασιών με θέμα την ασφάλεια και την προστασία της ιδιωτικότητας των συμμετεχόντων σε εφαρμογές που υλοποιούν την ιδέα της συμμετοχικής ανίχνευσης παρουσιάζουμε σχετικές εργασίες που έχουν ασχοληθεί με το συγκεκριμένο ζήτημα. Στην εργασία [18] ισχυρίζονται ότι σετ δεδομένων ακόμα και από φαινομενικά ακίνδυνους αισθητήρες, όπως αξελερόμετρα και γυροσκόπια, εγείρουν σοβαρά ζητήματα σχετικά με την αποκάλυψη ευαίσθητων προσωπικών δεδομένων των χρηστών. Γίνεται συστηματική έρευνα, επιστρατεύοντας γνωστές τεχνικές που χρησιμοποιούνται για να αποκαλυφθούν προσωπικές πληροφορίες από ένα σύνολο δεδομένων που συλλέγονται από τους αισθητήρες των κινητών τηλεφώνων, προκειμένου να καθοριστεί το μέγεθος της απειλής από πιθανούς κακόβουλους χρήστες που θα αποκτήσουν πρόσβαση σε μέρος ή στο σύνολο των δεδομένων. Η πρωταρχική μελέτη των αποτελεσμάτων της συγκεκριμένης έρευνας έδειξε ότι υπάρχουν σοβαρές απειλές στην προστασία της ιδιωτικότητας των χρηστών ενώ προτρέπουν στην περαιτέρω διερεύνηση του φαινομένου προκειμένου να γίνει αντιληπτό όλο το φάσμα των απειλών και να αναζητηθούν κατάλληλες λύσεις για την εξασφάλιση της προστασίας των χρηστών. Επίσης, και στην εργασία [10] ασχολούνται με θέματα ιδιωτικότητας και προστασίας των χρηστών. Παρουσιάζονται και εδώ τα θέματα που αφορούν την ασφάλεια των εφαρμογών συλλογής δεδομένων αλλά δίνεται βαρύτητα και στην περιγραφή κάποιων μέτρων αντιμετώπισης του προβλήματος από έρευνα στο σχετικό πεδίο. Γίνεται συζήτηση για το κατά πόσο είναι εφικτό, οι πιθανές λύσεις που περιγράφονται, να βρουν εφαρμογή σε ρεαλιστικά σενάρια ενώ παραθέτουν και ανοιχτά θέματα που πρέπει να γίνει επιπλέον ανάλυση σκιαγραφώντας κάποιες πιθανές λύσεις για αυτά.

Στην εργασία [17] γίνεται μια εκτενής επισκόπηση των υπαρχόντων αλγορίθμων και συστημάτων που εκμεταλλεύονται τους αισθητήρες που είναι εξοπλισμένα τα έξυπνα κινητά τηλέφωνα προκειμένου να εκτελέσουν εφαρμογές αίσθησης του περιβάλλοντος. Αναλύονται οι προκλήσεις που εμφανίζονται από την υλοποίηση τέτοιων εφαρμογών ενώ πιστεύουν ότι μπορούν να βοηθήσουν στην εξαγωγή σημαντικών συμπερασμάτων σε πολλούς τομείς όπως στην οικονομία, στις μετακινήσεις, στην υγειονομική περίθαλψη και στην περιβαλλοντική μελέτη.

Η εργασία [25] ασχολείται με τα εμπόδια που υπάρχουν και αποτρέπουν προς το παρόν την χρήση σε μεγάλη κλίμακα των εφαρμογών της συμμετοχικής ανίχνευσης.

Αναδεικνύει τρία σημαντικά εμπόδια για τα οποία προτείνει συγκεκριμένες λύσεις πιστεύοντας πως αν αυτά ξεπεραστούν θα ανοίξει ο δρόμος για ευρεία χρήση της ευκαιριακής συλλογής δεδομένων με την βοήθεια έξυπνων κινητών τηλεφώνων. Ως πρώτο εμπόδιο χαρακτηρίζεται η μεγάλη ανομοιογένεια τόσο σε επίπεδο hardware όσο και σε επίπεδο software των κινητών τηλεφώνων. Διαφορετικές υπολογιστικές δυνατότητες και διαφορετικά λειτουργικά συστήματα δημιουργούν αρκετά προβλήματα τόσο στην συλλογή όσο και στον διαμοιρασμό των μετρήσεων. Ως δεύτερο εμπόδιο ονοματίζεται αυτό της ύπαρξης διαφορετικής εφαρμογής ανάλογα την μετρούμενη ποσότητα. Πολλές από αυτές τις εφαρμογές απαιτούν ειδική άδεια ώστε να μπορέσουν να χρησιμοποιηθούν αποτρέποντας έτσι μια μεγάλη μερίδα κόσμου που είναι διατεθειμένος να πάρει μέρος σε καμπάνιες για την διεξαγωγή πειραματικών διεργασιών. Τέλος, το τρίτο εμπόδιο αφορά τις συνεχώς αυξανόμενες απαιτήσεις σε εύρος ζώνης των εφαρμογών της συμμετοχικής ανίχνευσης. Προς το παρόν το μεγαλύτερο μέρος του εύρους ζώνης το καταλαμβάνουν δεδομένα που αφορούν την γεωγραφική θέση των χρηστών αλλά υπάρχει σαφής προσανατολισμός ότι στις εφαρμογές του μέλλοντος θα χρειάζεται αποστολή πολυμεσικών δεδομένων όπως βίντεο και έτσι οι απαιτήσεις σε εύρος ζώνης θα εκτιναχθούν. Στην συνέχεια, προτείνεται ένα συγκεκριμένο μοντέλο που αποσκοπεί στην επίλυση των παραπάνω εμποδίων. Το μοντέλο βασίζεται σε 3 βασικές αρχές που είναι:

- Διαχωρισμός της συλλογής και του διαμοιρασμού των δεδομένων από το είδος της συσκευής που χρησιμοποιείται.
- Μείωση της σημασίας στην ανάπτυξη του συστήματος της εγκατάστασης της εφαρμογής στο κινητό τηλέφωνο.
- Αποκέντρωση της επεξεργασίας και της συσσώρευσης των δεδομένων με χρήση σταθμών κοντά στα συλλεγόμενα δεδομένα.

Καταληκτικά, ισχυρίζεται πως η υιοθέτηση του παραπάνω μοντέλου θα βοηθήσει ώστε να ξεπεραστούν τα εμπόδια που υπάρχουν και θα μπορέσουν οι εφαρμογές της συμμετοχικής ανίχνευσης να ξεπεράσουν τα περιορισμένο πεδίο ανάπτυξής τους.

Στην εργασία [26] παρουσιάζεται το σύστημα `DisCoPar (Distributed Components for Participatory Campaigning)` το οποίο προορίζεται να χρησιμοποιηθεί από τους πολίτες ώστε να δημιουργήσουν οι ίδιοι δικά τους παρατηρητήρια πολιτών (citizen observatories) προσαρμοσμένα στις ανάγκες τους. Τα παρατηρητήρια πολιτών αποτελούν συστήματα για την παρατήρηση των περιβαλλοντικών συνθηκών βασισμένα στην συνεισφορά εθελοντών. Το `DisCoPar` είναι ένα σύστημα το οποίο βασίζεται σε επιμέρους υποσυστήματα, το καθένα από τα οποία είναι υπεύθυνο για την διεκπεραίωση μιας συγκεκριμένης λειτουργίας. Τα στοιχεία που το απαρτίζουν είναι το σύστημα αίσθησης, υπεύθυνο για την συλλογή των δεδομένων, το σύστημα επεξεργασίας δεδομένων, το σύστημα καθοδήγησης για αλληλεπίδραση με τους χρήστες και το σύστημα εκστρατείας που χρησιμοποιείται για την δημιουργία μιας εκστρατείας - πειραματικής διεργασίας. Η καινοτομία που εισάγει η συγκεκριμένη υλοποίηση είναι η μεγάλη προσαρμοστικότητα που παρέχει στην δημιουργία ενός παρατηρητηρίου. Ο πολίτης μπορεί να επιλέξει το τύπο των δεδομένων που θα συλλέγονται, τον τρόπο

που θα ομαδοποιούνται τα δεδομένα καθώς και τον τύπο των μηνυμάτων ανάδρασης που θα αποστέλλονται στους συμμετέχοντες κατασκευάζοντας έτσι ένα πλήρως προσαρμοσμένο σύστημα.

Στην εργασία [20] μελετάται η αποτελεσματικότητα των συμμετεχόντων στην συλλογή μετρήσεων. Ισχυρίζονται ότι οι πειραματικές διεργασίες που πραγματοποιούνται χωρίς να υπάρχει κάποια καθοδήγηση στους συμμετέχοντες οδηγούν σε μεγάλη σπατάλη προσπάθειας για συλλογή δεδομένων σε κάποιες περιοχές που δεν έχουν κάτι παραπάνω να συνεισφέρουν στην μελέτη που γίνεται, ενώ σε άλλες υπάρχει έλλειψη στην συλλογή δεδομένων. Για το λόγο αυτό προτείνουν ένα σύστημα που θα καθοδηγεί με κεντρικοποιημένο τρόπο τους συμμετέχοντες σε συγκεκριμένες περιοχές. Προτείνουν τρία διαφορετικά μοντέλα με βάση τα οποία το σύστημα θα αποφασίσει με ποιον τρόπο θα καθοδηγεί τους συμμετέχοντες στο πείραμα ενώ αφήνει και περιθώρια προσαρμογής των μοντέλων για να καλυφθούν οι διαφορετικές προσδοκίες που μπορεί να έχει ο διοργανωτής της μελέτης. Εκτελώντας μια σειρά από πειράματα δείχνουν ότι η σπατάλη προσπάθειας από τους συμμετέχοντες για την παροχή ποιοτικών μετρήσεων είναι πολύ μικρότερη αν γίνεται η καθοδήγησή τους με κεντρικοποιημένο τρόπο.

Στην εργασία [27] παρουσιάζεται το σύστημα `CrowdRecruiter` το οποίο βοηθάει στην επιλογή του κατάλληλου αριθμού εθελοντών που θα συμμετάσχουν σε μια πειραματική διεργασία ώστε να καλυφθούν οι απαιτήσεις σε συγκέντρωση δεδομένων αλλά ταυτόχρονα να μειωθεί το κόστος από τα χρηματικά έπαθλα ή δώρα που προτίθεται να δώσει ο διοργανωτής στους εθελοντές προκειμένου να συμμετάσχουν στην έρευνα. Η επιλογή βασίζεται σε ιστορικά στοιχεία από τα επίπεδα κάλυψης και την αποτελεσματικότητα που είχαν οι χρήστες από προηγούμενες συμμετοχές τους σε παρόμοιες μελέτες. Πειράματα έδειξαν ότι η χρήση του συστήματος επιτυγχάνει να επιλέξει από 10%-73.5% λιγότερους εθελοντές για τα ίδια επίπεδα κάλυψης σε σχέση με άλλους αλγόριθμους που χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό του επιθυμητού αριθμού συμμετεχόντων.

Κεφάλαιο 3

Ανάλυση ροής πειραματικής διεργασίας και απαιτήσεων του συστήματος

3.1 Γενικά

Η οργάνωση και η ενορχήστρωση μιας πειραματικής διεργασίας στα πλαίσια μιας πόλης χρησιμοποιώντας την ιδέα της συμμετοχικής ανίχνευσης αποτελεί πολύπλοκη διαδικασία. Χρειάζεται να ληφθούν υπόψιν και να απαντηθούν μια σειρά από προκλήσεις που παρουσιάζονται κατά την σχεδίαση του πειράματος ώστε να καταλήξει η διεξαγωγή του να έχει ένα ικανοποιητικό αποτέλεσμα. Οι απαιτήσεις σε επίπεδο υλοποίησης ενός συστήματος που θα υποστηρίζει τις πειραματικές διεργασίες εισάγονται τόσο από τους διοργανωτές τους όσο και από τους εθελοντές, που θα λάβουν μέρος στην συλλογή των μετρήσεων. Διοργανωτής ενός πειράματος μπορεί να είναι μια τοπική αρχή, μια εταιρία, ένας ερευνητικός οργανισμός ή ακόμα και ένας ιδιώτης που επιθυμεί να ερευνήσει κάποιο συγκεκριμένο θέμα που τον απασχολεί. Αυτό έχει σαν συνέπεια να υπάρχουν διαφορετικά επίπεδα κλιμάκωσης ανάλογα τον διοργανωτή. Ένας ερευνητικός οργανισμός θα έχει σαν στόχο να μελετήσει περισσότερες περιοχές με μεγαλύτερη συμμετοχή εθελοντών από ότι ένα πείραμα που θα έχει διοργανώσει ένας απλός ιδιώτης. Τέτοιες διαφοροποιήσεις δεν θα πρέπει να παραβλεφθούν κατά τον καθορισμό των απαιτήσεων του συστήματος. Ένας ακόμα στοιχείο που πρέπει να τεθεί είναι η παροχή κατάλληλων κινήτρων ώστε να επιτευχθεί μεγαλύτερη συμμετοχή στο εγχείρημα για την περαιτέρω εξέλιξή του.

Για την επιτυχή διεξαγωγή μιας πειραματικής διεργασίας πρέπει να σχεδιαστεί και να μοντελοποιηθεί μια ροή από επιμέρους φάσεις που πρέπει να εκτελεστούν. Η κάθε φάση θα ορίζει και θα έχει μια συγκεκριμένη στοχοθεσία στην συνολική διαδικασία της πειραματικής διεργασίας. Συνοπτικά οι φάσεις που προτείνουμε για την σύνθεση της πειραματικής διεργασίας είναι οι ακόλουθες:

- **Φάση Αρχικοποίησης**: Δημιουργία μιας νέας πειραματικής διεργασίας και καθορισμός των προδιαγραφών που πρέπει να πληρούν οι μετρήσεις που συλλέγονται.

- **Φάση Συλλογής Μετρήσεων**: Γνωστοποίηση της ύπαρξης μιας νέας ενεργής πειραματικής διεργασίας και έναρξη συλλογής μετρήσεων από τους εθελοντές.
- **Φάση Αξιολόγησης Μετρήσεων**: Αξιολόγηση των μετρήσεων που έχουν συγκεντρωθεί και κατάταξή τους ανάλογα με το αν πληρούν τους περιορισμούς που έχουν τεθεί.
- **Φάση Ανάλυσης Μετρήσεων**: Επεξεργασία των μετρήσεων που ικανοποιούν τους περιορισμούς, παρουσίαση των αποτελεσμάτων και εξαγωγή συμπερασμάτων.

3.2 Φάση Αρχικοποίησης

Κατά το στάδιο της αρχικοποίησης της πειραματικής διεργασίας ο διοργανωτής χρειάζεται μια απλή αλλά ταυτόχρονα καλά ορισμένη διαδικασία μέσω της οποίας θα έχει την δυνατότητα να εισάγει όλες τις απαραίτητες πληροφορίες ώστε να αποτυπωθεί επακριβώς η πειραματική διεργασία που θέλει να εκτελεστεί. Οι πληροφορίες που χρειάζεται να εισάγει ο διοργανωτής μπορούν να διαχωριστούν σε δύο βασικές επιμέρους κατηγορίες. Η πρώτη κατηγορία αφορά γενικές πληροφορίες για το πείραμα ενώ η δεύτερη κατηγορία έχει να κάνει με τον λεπτομερή καθορισμό των προϋποθέσεων που επιθυμεί να επιβάλλει ο διοργανωτής στις μετρήσεις που συλλέγονται. Παρακάτω καταγράφονται τα δεδομένα και από τις δύο κατηγορίες που επιφέρουν μια σχετική πληρότητα στην δημιουργία ενός νέου πειράματος.

Γενικές πληροφορίες πειράματος

- Επωνυμία διοργανωτή πειράματος.
- Ονομασία του πειράματος.
- Συνοπτική περιγραφή του σκοπού του πειράματος και της μετρούμενης ποσότητας.
- Υπερσύνδεσμος με περισσότερες πληροφορίες σχετικά με το πείραμα.
- Επιθυμητό αριθμό συμμετεχόντων στο πείραμα.
- Καθορισμός επάθλων για τους εθελοντές του πειράματος.

Οι παραπάνω πληροφορίες χρησιμεύουν ώστε να μπορέσει να περιγράψει όσο πιο αναλυτικά μπορεί ο διοργανωτής την πειραματική διεργασία που επιθυμεί να εκτελεστεί. Σε επόμενο στάδιο πρέπει να τεθούν οι περιορισμοί που οφείλουν να πληρούν οι μετρήσεις που συλλέγονται ώστε να έχουν ενδιαφέρον για την εξαγωγή των συμπερασμάτων.

Καθορισμός προδιαγραφών μετρήσεων

- Προσδιορισμός περιοχών ενδιαφέροντος.
- Προσδιορισμός ημερών που θα εκτελεστεί το πείραμα.
- Προσδιορισμός των ωρών ενδιαφέροντος μέσα σε ένα 24ωρο.

Ο αυστηρός καθορισμός των παραπάνω ποσοτήτων παρέχει στον διοργανωτή την δυνατότητα να ορίσει με ακρίβεια όλων των χωροχρονικών περιορισμών που πρέπει να πληρούν οι μετρήσεις που συλλέγονται. Με αυτόν τον τρόπο μπορεί να προσδιορίσει τις περιοχές μέσα στις οποίες ενδιαφέρεται να ερευνήσει την ποσότητα που επιθυμεί. Ο προσδιορισμός επιπλέον και χρονικών περιορισμών του δίνει την δυνατότητα να αποκλείσει χρονικές περιόδους όπου δεν υπάρχει ενδιαφέρον να ερευνηθούν. Ο συνδυασμός των χωρικών και χρονικών περιορισμών έχει να κάνει με συγκεκριμένα κριτήρια που μπορεί να θέλει να λάβει ο διοργανωτής του πειράματος. Για παράδειγμα, μπορεί να επιλέξει συγκεκριμένες περιοχές που υποθέτει ότι θα έχουν μεγάλη προσέλευση κόσμου τις πρωινές ώρες τους καλοκαιρινούς μήνες και θα υπάρχει μεγάλο ενδιαφέρον και συμμετοχή στην συγκέντρωση μετρήσεων για το συγκεκριμένο χρονικό διάστημα.

Άλλες επιθυμητές μεταβλητές που μπορεί να εισάγει ο διοργανωτής του πειράματος είναι ένα εύρος τιμών σχετικά με το πλήθος των μετρήσεων που θα ήθελε να συγκεντρωθούν σε μια συγκεκριμένη περιοχή. Έτσι μπορεί να προσδιορίσει το στόχο σε σχέση με τον ελάχιστο αριθμό μετρήσεων που θέτει ώστε να θεωρηθεί ότι η συγκεκριμένη περιοχή έχει καλυφθεί επαρκώς. Μία ακόμα μεταβλητή που σχετίζεται με το πλήθος των μετρήσεων είναι να τοποθετήσει προτεραιότητες στην κάθε περιοχή ανάλογα με την σημαντικότητα που έχει η κάλυψή της. Έτσι, θα μπορέσουν να καθοριστούν και οι κατάλληλοι μηχανισμοί κινητοποίησης των συμμετεχόντων ώστε να τους οδηγήσουν να λάβουν μετρήσεις πρωτίστως στις περιοχές με την υψηλότερη προτεραιότητα.

Τέλος, ο διοργανωτής, γνωρίζοντας τις απαιτήσεις του πειράματος, πρέπει να επιλέξει το είδος των αισθητήρων που είναι απαραίτητο να χρησιμοποιηθούν κατά την επόμενη φάση της συλλογής των μετρήσεων. Γι΄ αυτό τον λόγο θα πρέπει να υπάρχει μια διαθέσιμη λίστα με υλοποιήσεις σε επίπεδο λογισμικού οι οποίες θα χρησιμοποιούνται για την ενεργοποίηση των αισθητήρων που απαιτούνται για την παραγωγή των μετρήσεων. Σε περίπτωση που για την διεξαγωγή ενός πειράματος απαιτείται ένας συγκεκριμένος αισθητήρας ο οποίος δεν είναι διαθέσιμος στην παρεχόμενη λίστα με τις διάφορες υλοποιήσεις, θα πρέπει να έχει προβλεφθεί κατάλληλη διαδικασία ώστε να μπορεί ο διοργανωτής να δημιουργήσει μια νέα υλοποίηση η οποία θα υποστηρίζει τον συγκεκριμένο αισθητήρα. Με αυτή την συνεισφορά ο διοργανωτής δημιουργεί τις προϋποθέσεις για να μπορέσει να εκτελέσει το πείραμα που τον ενδιαφέρει ενώ παράλληλα κάνει διαθέσιμη την υλοποίησή του στο ευρύ κοινό ώστε να μπορέσει να τη χρησιμοποιήσει για μελλοντικά πειράματα. Με αυτόν τον τρόπο δημιουργούνται οι κατάλληλες συνθήκες να αναπτυχθούν και να επεκταθούν τα διαφορετικά σενάρια πειραματικών διεργασιών που μπορούν να υποστηριχθούν.

3.3 Φάση Συλλογής Μετρήσεων

Μετά την επιτυχή δημιουργία ενός νέου πειράματος η προσοχή στρέφεται στην αναζήτηση εθελοντών οι οποίοι θα αναλάβουν το έργο της συλλογής μετρήσεων. Θα πρέπει, λοιπόν, να δημιουργηθεί μια διαδικασία με την οποία ο διοργανωτής θα μπορεί να ενημερώνει το κοινό ότι έχει δημιουργηθεί ένα νέο πείραμα και χρειάζεται ένα αριθμό ατόμων για την συλλογή μετρήσεων. Η συλλογή των μετρήσεων θα γίνεται χρησιμοποιώντας τους ενσωματωμένους αισθητήρες που διαθέτουν τα έξυπνα κινητά τηλέφωνα των εθελοντών.

Χρειάζεται, λοιπόν, να υλοποιηθεί μια υπηρεσία η οποία θα έχει διττό ρόλο. Από την μία θα αναλαμβάνει να "διαφημίζει" νέες πειραματικές διεργασίες που έχουν δημιουργηθεί ενώ από την άλλη θα αναλαμβάνει την διαχείριση της συλλογής των μετρήσεων και την αποστολή τους στο κεντρικό αποθετήριο όπου συσσωρεύονται όλες οι μετρήσεις του πειράματος. Η υπηρεσία αυτή θα παρέχεται με την μορφή κάποιας εφαρμογής η οποία θα εκτελείται στα κινητά τηλέφωνα των εθελοντών. Για τον λόγο αυτό θα πρέπει να καθοριστούν κάποιες συγκεκριμένες απαιτήσεις που θα πρέπει να πληρούνται από την εφαρμογή με σκοπό την αποφυγή καταστάσεων δυσαρέσκειας των εθελοντών από την χρήση της. Μια τέτοια εξέλιξη θα οδηγούσε μια μεγάλη μερίδα εθελοντών στην εγκατάλειψη της συνεισφοράς τους στην συλλογή μετρήσεων.

Κάποιες από τις απαιτήσεις στην υλοποίηση της εφαρμογής είναι:

- Απλότητα στην εγκατάσταση και στον χειρισμό της εφαρμογής.
- Χαμηλές απαιτήσεις σε κατανάλωση ενέργειας.
- Αποφυγή ανεπιθύμητων χρεώσεων κατά την αποστολή των μετρήσεων.
- Διατήρηση της ανωνυμίας και προστασία των προσωπικών δεδομένων του χρήστη.

Εξασφαλίζοντας τις παραπάνω απαιτήσεις αποφεύγεται μια σειρά από πιθανά προβλήματα που θα αποθάρρυναν το κοινό να συμμετάσχει εθελοντικά σε κάποια πειραματική διεργασία.

Από την μεριά του ο διοργανωτής του πειράματος, κατά την φάση της συλλογής των μετρήσεων, πρέπει να έχει την δυνατότητα να παρακολουθεί την εξέλιξή του. Μπορεί έτσι να αξιολογήσει κατά πόσο οι επιλογές των προδιαγραφών που έθεσε στην φάση δημιουργίας του πειράματος ήταν ορθές ή αν χρειάζεται να κάνει κάποιον ανακαθορισμό τους στο τρέχον ή σε μελλοντικά πειράματα. Επιπλέον, έχοντας στην διάθεση του την συνολική επισκόπηση του πειράματος, μπορεί να παρακολουθεί την συμπεριφορά των εθελοντών και να επικοινωνεί μαζί τους στέλνοντας κατάλληλα μηνύματα ανάδρασης ώστε να τους κατευθύνει σε συγκεκριμένες περιοχές στις οποίες η κάλυψη δεν είναι επαρκής.

3.4 Φάση Αξιολόγησης Μετρήσεων

Η φάση της αξιολόγησης των μετρήσεων είναι το στάδιο κατά το οποίο οι μετρήσεις που έχουν συγκεντρωθεί στα πλαίσια ενός πειράματος φιλτράρονται με βάση τις προδιαγραφές που έχει θέσει ο διοργανωτής του. Ουσιαστικά η φάση της αξιολόγησης

των μετρήσεων θα πρέπει να γίνεται παράλληλα με την φάση συλλογής τους. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι δεν χρειάζεται να έχει ολοκληρωθεί η περίοδος συλλογής μετρήσεων για να ξεκινήσει συνολικά η αξιολόγησή τους, αλλά μετρήσεις που έχουν συλλεχθεί, αξιολογούνται αμέσως μετά την αποστολή τους στο κεντρικό αποθετήριο. Αυτό επιτρέπει την παρακολούθηση του πειράματος σε πραγματικό χρόνο.

3.5 Φάση Ανάλυσης Μετρήσεων

Η τελική φάση στον κύκλο ζωής ενός πειράματος είναι η φάση ανάλυσης των μετρήσεων. Σε αυτό το στάδιο έχει ολοκληρωθεί η συλλογή των μετρήσεων και η αξιολόγησή τους και το πείραμα χαρακτηρίζεται ως ολοκληρωμένο. Σε αυτό το στάδιο έχοντας τα τελικά δεδομένα ο διοργανωτής χρειάζεται κάποια εργαλεία ώστε να μπορέσει να εξάγει χρήσιμες πληροφορίες που θα τον βοηθήσουν στον προσδιορισμό των συμπερασμάτων από την εκτέλεση της πειραματικής διεργασίας.

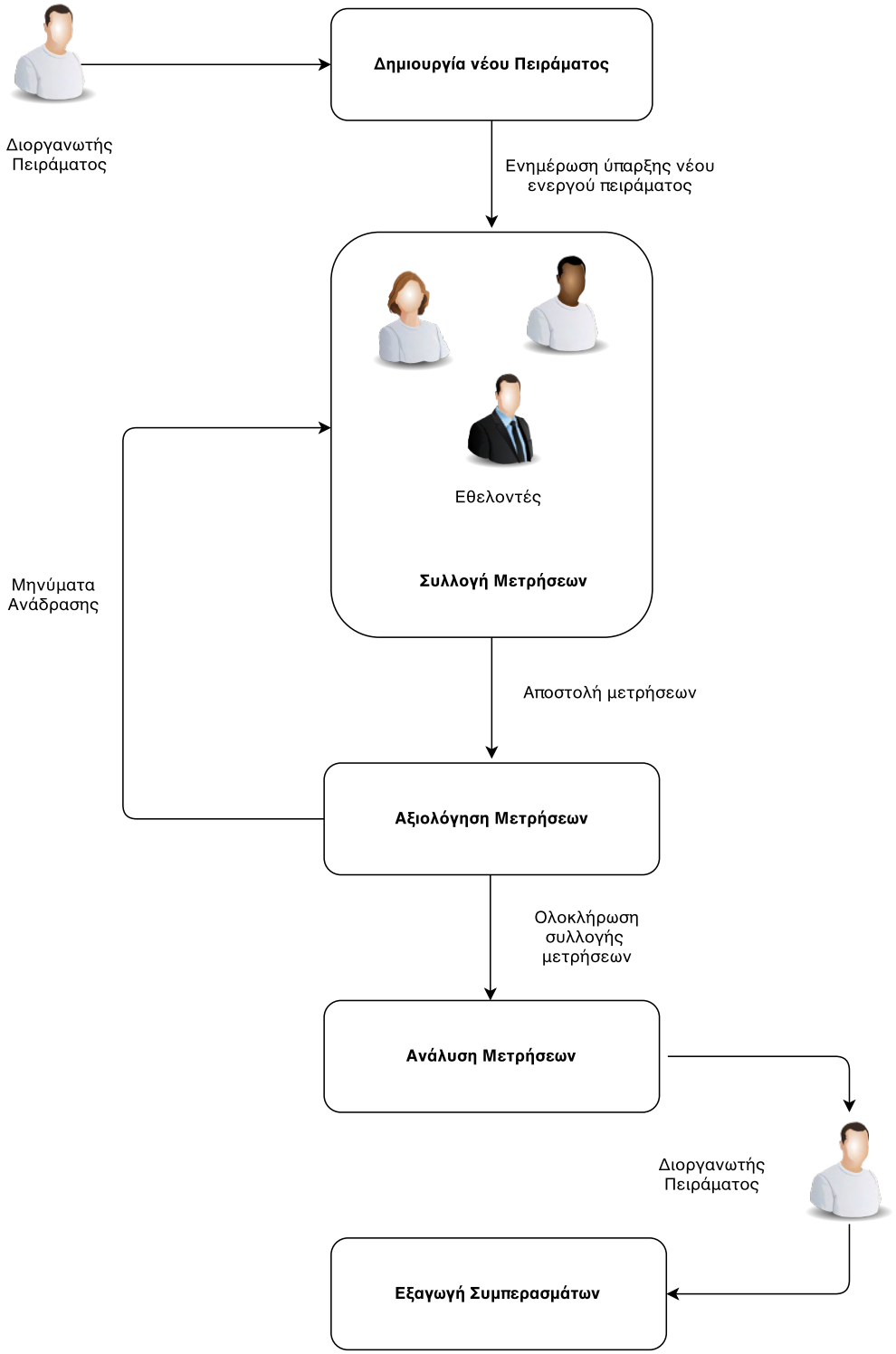
Τα εργαλεία αυτά θα πρέπει να προσφέρουν κάποια στατιστικά στοιχεία από την ανάλυση των μετρήσεων. Κάποια στατιστικά στοιχεία που μπορούν να χρησιμοποιηθούν είναι τα εξής:

- Συνολικός αριθμός μετρήσεων σε επίπεδο πειράματος.
- Αριθμός μετρήσεων που πληρούν τις προδιαγραφές.
- Αριθμός μετρήσεων που δεν πληρούν τις προδιαγραφές.
- Αριθμός μετρήσεων σε επίπεδο μιας συγκεκριμένης περιοχής ενδιαφέροντος.
- Ωριαία κατανομή των μετρήσεων μιας συγκεκριμένης περιοχής ενδιαφέροντος.
- Αριθμός μετρήσεων μιας περιοχής ενδιαφέροντος μέσα σε συγκεκριμένα χρονικά πλαίσια που θέτει ο χρήστης.
- Μέσος όρος μετρούμενης ποσότητας ανά σημείο μέτρησης.
- Συνολικός αριθμός εθελοντών που συνεισέφεραν στην συλλογή μετρήσεων.

Αντίστοιχα στατιστικά στοιχεία μπορούν να παραχθούν και χρησιμοποιώντας τεχνικές οπτικοποίησης παρέχοντας μια εικόνα για τις μετρήσεις που συγκεντρώθηκαν άμεσα αντιληπτή. Η οπτικοποίηση μπορεί να εφαρμοστεί στα διάφορα πλαίσια που αναφέρονται παραπάνω.

Έχοντας όλη αυτή την πληροφορία στην διάθεσή του ο διοργανωτής του πειράματος μπορεί να συγκρίνει τα αποτελέσματά του με προηγούμενες σχετικές έρευνες που έχουν γίνει προκειμένου να διαπιστώσει την συσχέτισή τους. Επίσης, μπορεί να παρατηρήσει νέα δεδομένα που δεν ήταν ορατά εφαρμόζοντας συμβατικές μεθόδους μελέτης πάνω στο συγκεκριμένο πεδίο.

Στο σχήμα 3.1 παρουσιάζεται η ροή εκτέλεσης μια πειραματικής διεργασίας η οποία ακολουθεί το μοντέλο που αναλύθηκε παραπάνω.



Σχήμα 3.1: Περιγραφή ροής πειραματικής διεργασίας.

3.6 Συμπεράσματα

Παραπάνω παρουσιάζεται ένα μοντέλο το οποίο φιλοδοξεί να απλοποιήσει την συνολική διαδικασία της ενορχήστρωσης και εκτέλεσης μιας πειραματικής διεργασίας. Με τον διαχωρισμό σε επιμέρους φάσεις της συνολικής διαδικασίας, που η καθεμία έχει ένα διακριτό ρόλο στην συνολική εξέλιξη του πειράματος, κατορθώνεται ο επιμερισμός των ευθυνών σε διαφορετικά επίπεδα ανάλογα με το έργο που πρέπει να επιτελέσει το καθένα.

Έχοντας αναλύσει τα διάφορα στάδια που συνθέτουν την πειραματική διεργασία, στα επόμενα κεφάλαια θα αναλύσουμε την αρχιτεκτονική και τις διάφορες λειτουργίες του συστήματος που υλοποιήσαμε. Το σύστημα μας έχει υλοποιηθεί με στόχο να καλύψει επαρκώς τις απαιτήσεις που αναλύθηκαν παραπάνω και φιλοδοξούμε να μπορέσει να χρησιμοποιηθεί σαν εργαλείο ώστε να πραγματωθούν αποτελεσματικά πειραματικές διεργασίες στα πλαίσια των έξυπνων πόλεων.

Κεφάλαιο 4

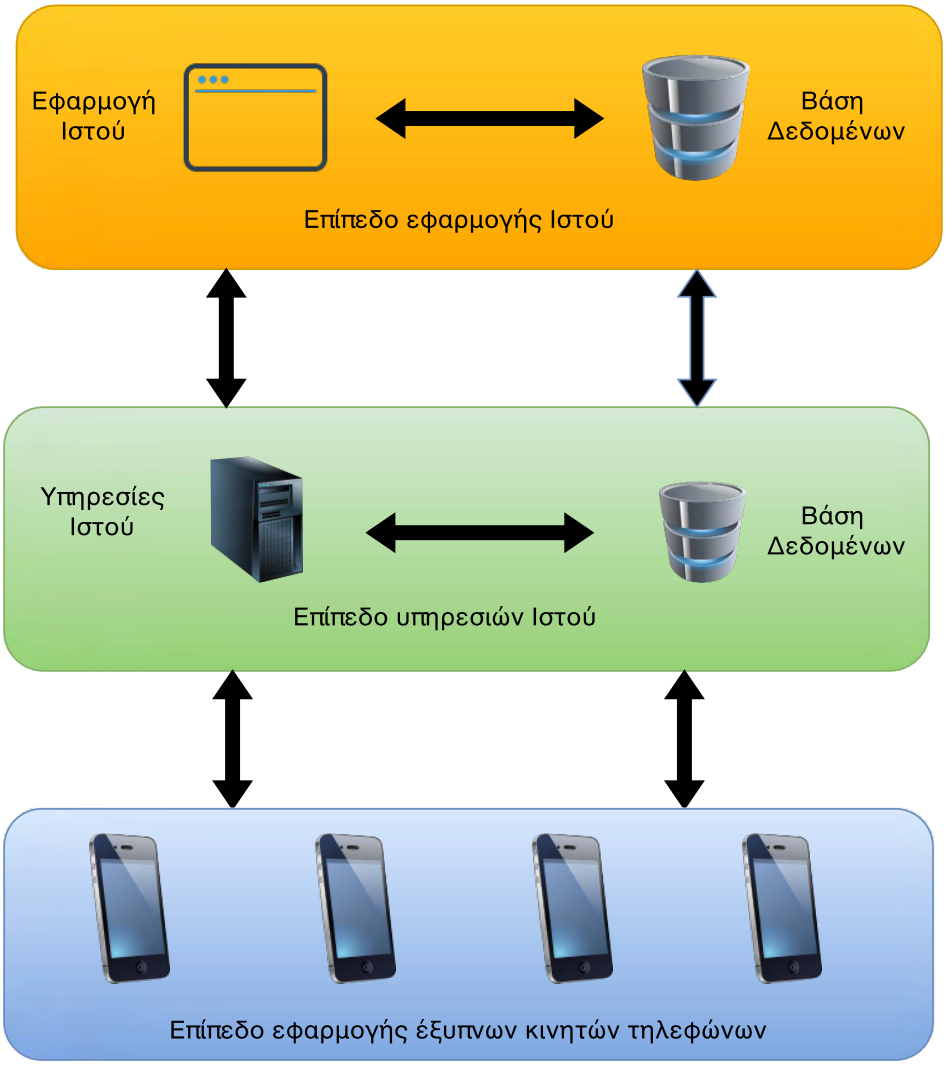
Αρχιτεκτονική του συστήματος και τεχνολογίες υλοποίησης

4.1 Αρχιτεκτονική του συστήματος - Γενικά

Στο κεφάλαιο αυτό θα γίνει αναλυτική επισκόπηση της αρχιτεκτονικής τους συστήματός μας. Θα παρουσιαστούν τα επιμέρους τμήματα από τα οποία αποτελείται και θα μελετήσουμε τον ρόλο που επιτελεί το καθένα. Στο σχήμα 4.1 αποτυπώνεται μια αφαιρετική άποψη της αρχιτεκτονικής του συστήματος. Διακρίνονται τα επιμέρους υποσυστήματα που το αποτελούν και ο τρόπος που αλληλεπιδρούν μεταξύ τους. Η αρχιτεκτονική του συστήματος ορίζει 3 επίπεδα.

- Στο 1° επίπεδο βρίσκεται η εφαρμογή για έξυπνα κινητά τηλέφωνα.
- Στο 2° επίπεδο βρίσκονται οι υπηρεσίες Ιστού οι οποίες λειτουργούν σαν σύνδεσμος μεταξύ της εφαρμογής για έξυπνα κινητά τηλέφωνα και της εφαρμογής Ιστού.
- Στο 3° επίπεδο βρίσκεται η εφαρμογή Ιστού που ουσιαστικά είναι η διεπαφή με την οποία ο χρήστης αλληλεπιδρά με το σύστημα.

Τόσο στο επίπεδο της εφαρμογής Ιστού όσο και στο επίπεδο των υπηρεσιών Ιστού υπάρχει μια βάση δεδομένων όπου αποθηκεύονται όλα τα δεδομένα που είναι απαραίτητα για την λειτουργία του συστήματος.



Σχήμα 4.1: Υψηλού επιπέδου αρχιτεκτονική του συστήματος.

4.1.1 Η εφαρμογή για έξυπνα κινητά τηλέφωνα

4.1.1.1 Ο ρόλος της εφαρμογής στο σύστημα

Ο ρόλος της εφαρμογής στην συνολική λειτουργία του συστήματος είναι να εκμεταλλευτεί τους αισθητήρες που φέρει το κινητό τηλέφωνο του χρήστη και να συλλέξει δεδομένα σχετιζόμενα με τον πείραμα που έχει επιλέξει να συμμετάσχει ο χρήστης.

4.1.1.2 Λειτουργία της εφαρμογής

Για την λειτουργία της εφαρμογής δεν είναι απαραίτητο να είναι συνδεδεμένο το κινητό τηλέφωνο στο Διαδίκτυο παρά μόνο κατά την εκκίνηση ενός νέου πειράματος. Στο στάδιο αυτό ο εθελοντής θα πρέπει να κατεβάσει μέσω της εφαρμογής το πείραμα στο οποίο επιθυμεί να συμμετάσχει καθώς και τους αντίστοιχους αισθητήρες που είναι απαραίτητοι για το συγκεκριμένο πείραμα. Οι μετρήσεις συλλέγονται από την εφαρμογή και αποθηκεύονται σε μια τοπική βάση δεδομένων στο κινητό. Όταν αργότερα το κινητό συνδεθεί σε κάποιο `WiFi` δίκτυο, τότε ξεκινάει η αποστολή των μετρήσεων που έχουν συλλεχθεί αλλά δεν έχουν αποσταλεί στο επίπεδο των υπηρεσιών Ιστού του συστήματός μας.

4.1.1.3 Αποφυγή αντικινήτρων κατά την χρήση της εφαρμογής

Με τον τρόπο λειτουργίας της εφαρμογής επιτυγχάνεται τόσο η επίλυση δύο σημαντικών μειονεκτημάτων που θα αντιμετώπιζε ένας εθελοντής κατά την χρήση της αλλά και ισχυρών αντικινήτρων για την συνέχιση της συμμετοχής του σε κάποιο πείραμα. Από την μία μειώνονται δραματικά οι απαιτήσεις σε κατανάλωση ενέργειας από την λειτουργία της εφαρμογής καθώς δεν απαιτείται η συνεχής διασύνδεσή του στο Διαδίκτυο. Αυτό είναι πολύ σημαντικό στοιχείο στην λειτουργία της εφαρμογής καθώς σε διαφορετική περίπτωση ο αριθμός των εθελοντών θα μειωνόταν δραματικά λόγω της άμεσης εξάντλησης της μπαταρίας του κινητού τους τηλεφώνου. Επίσης, έχει υπάρξει μέριμνα ώστε να αποφεύγονται τυχόν ανεπιθύμητες χρεώσεις στους εθελοντές του πειράματος, και αυτό διότι οι μετρήσεις αποστέλλονται μόνο όταν το κινητό είναι συνδεδεμένο σε κάποιο `WiFi` δίκτυο και όχι στο κυψελωτό δίκτυο της κινητής τηλεφωνίας που επιφέρει επιπρόσθετες χρεώσεις.

4.1.2 Οι υπηρεσίες Ιστού

Αποτελεί τον συνδετικό κρίκο μεταξύ της εφαρμογής Ιστού και της εφαρμογής για έξυπνα κινητά τηλέφωνα. Τα πειράματα που δημιουργούνται χρησιμοποιώντας την εφαρμογή Ιστού συλλέγονται εδώ και γίνονται διαθέσιμα για εκτέλεση από την εφαρμογή των κινητών τηλεφώνων. Στη βάση δεδομένων που χρησιμοποιείται στο επίπεδο των υπηρεσιών Ιστού αποθηκεύονται επίσης όλα τα δεδομένα που συλλέγονται από την εκτέλεση του πειράματος στις συσκευές των χρηστών προκειμένου αργότερα να γίνουν διαθέσιμα με την χρήση των κατάλληλων κλήσεων στην εφαρμογή του Ιστού.

4.1.3 Η εφαρμογή Ιστού

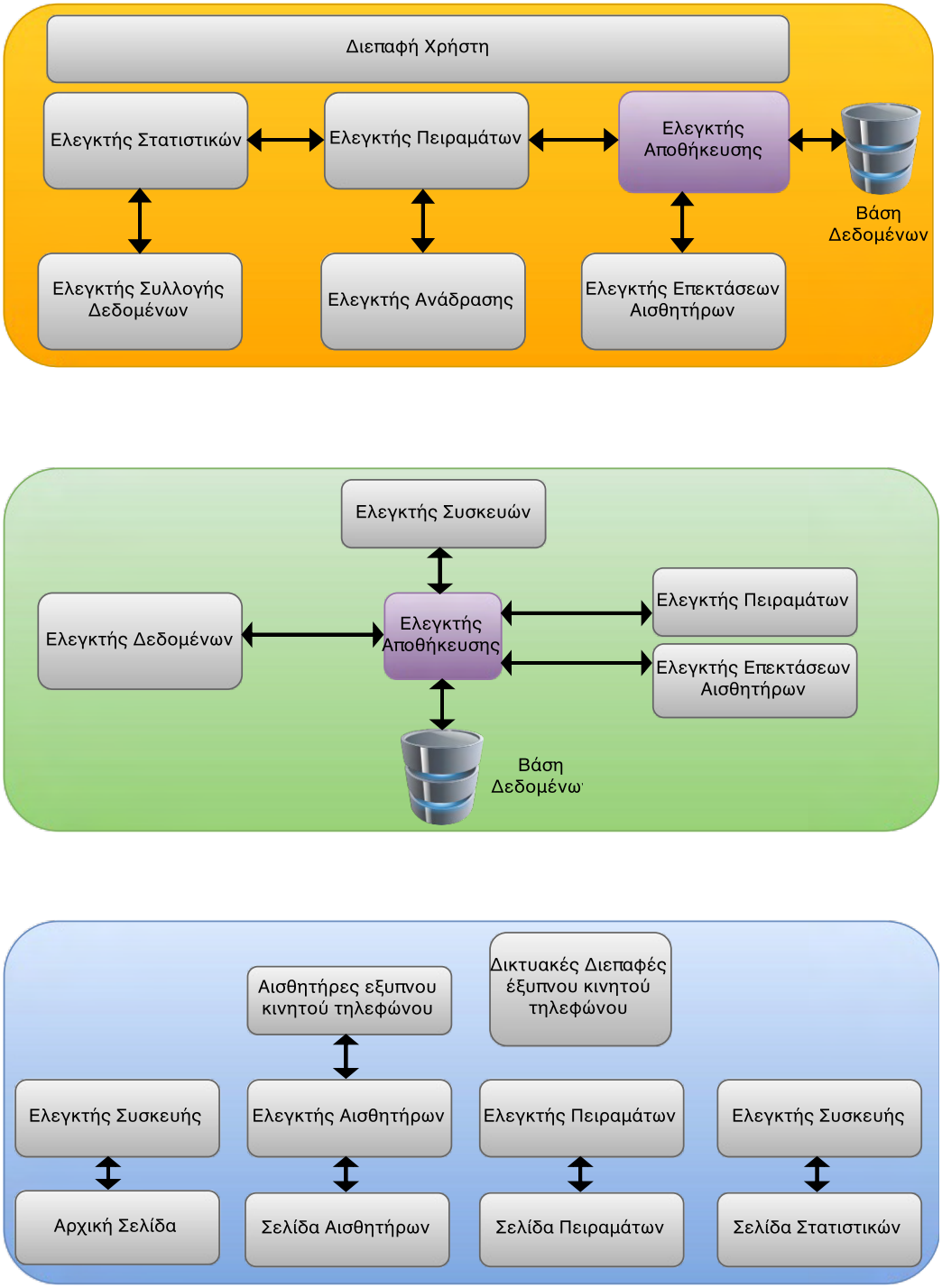
Χρησιμοποιώντας την εφαρμογή Ιστού μπορεί ένας απλός χρήστης ή ένας οργανισμός να δημιουργήσει ένα πείραμα που θέλει να εκτελέσει. Στην συνέχεια έχει την δυνατότητα να παρακολουθήσει την εξέλιξη του πειράματος κατά την διάρκεια της εκτέλεσής του ενώ μετά τη λήξη του έχει στην διάθεσή του ένα σύνολο από στατιστικά στοιχεία που εξάγονται από τις μετρήσεις και τα δεδομένα που έχουν συλλεχθεί.

4.2 Αρχιτεκτονική του συστήματος - Αναλυτική περιγραφή

Στην ενότητα αυτή θα γίνει μια πιο αναλυτική περιγραφή των 3 επιπέδων του συστήματος που παρουσιάστηκαν στην προηγούμενη ενότητα. Θα αναφερθούμε στα επιμέρους δομικά στοιχεία που απαρτίζουν κάθε επίπεδο καθώς και στον ρόλο που επιτελεί το καθένα. Στο σχήμα 4.2 παρουσιάζεται η ανάλυση των δομικών στοιχείων κάθε επιπέδου του συστήματος.

4.2.1 Δομικά στοιχεία εφαρμογής για έξυπνα κινητά τηλέφωνα

Η εφαρμογή για έξυπνα κινητά τηλέφωνα αποτελείται από 3 δομικά στοιχεία. Το πρώτο στοιχείο είναι ο ελεγκτής συσκευής ο οποίος είναι υπεύθυνος να ανακτήσει το μοναδικό αναγνωριστικό της συσκευής αν ο χρήστης έχει ήδη πάρει μέρος σε κάποια προηγούμενη πειραματική διεργασία ή να αναθέσει ένα νέο σε περίπτωση που ο χρήστης συμμετέχει για πρώτη φορά σε ένα πείραμα. Ο ελεγκτής συσκευής είναι επίσης υπεύθυνος για την συλλογή και παρουσίαση των στατιστικών στοιχείων που αφορούν την συμμετοχή του συγκεκριμένου χρήστη στις διάφορες πειραματικές διεργασίες καθώς επίσης και για την λήψη μηνυμάτων ανάδρασης από τον διοργανωτή του πειράματος προς τον χρήστη. Το δεύτερο δομικό στοιχείο αποτελεί ο ελεγκτής αισθητήρων ο οποίος είναι υπεύθυνος να ανακτήσει τους διαθέσιμους αισθητήρες που υπάρχουν (υποβάλλοντας το κατάλληλο αίτημα στο επίπεδο των υπηρεσιών Ιστού) και να τους προβάλει στον τελικό χρήστη ώστε αυτός να επιλέξει να εγκαταστήσει εκείνους που είναι απαραίτητοι για την συμμετοχή του στην πειραματική διεργασία που επιθυμεί. Ο ελεγκτής αισθητήρων αλληλεπιδρά με τους αισθητήρες του κινητού τηλεφώνου για τους οποίους έχει γίνει εγκατάσταση της κατάλληλης επέκτασης και προσδιορίζει την δομή των μετρήσεων που θα συγκεντρωθούν. Το τρίτο δομικών στοιχείο της εφαρμογής για έξυπνα κινητά τηλέφωνα είναι ο ελεγκτής πειραμάτων. Ο ελεγκτής πειραμάτων συλλέγει τα πειράματα (υποβάλλοντας και σε αυτήν την περίπτωση κατάλληλο αίτημα στο επίπεδο των υπηρεσιών Ιστού) που είναι ενεργά και τα προβάλει στην αντίστοιχή σελίδα ώστε ο χρήστης να επιλέξει εκείνο που επιθυμεί. Ο ελεγκτής του πειράματος είναι υπεύθυνος να συλλέξει και να αποστείλει τις μετρήσεις που αφορούν στο συγκεκριμένο πείραμα ώστε να αποθηκευτούν στην βάση δεδομένων που βρίσκεται στο δεύτερο επίπεδο.



Σχήμα 4.2: Λεπτομερής ανάλυση των δομικών στοιχείων κάθε επιπέδου του συστήματος.

4.2.2 Δομικά στοιχεία υπηρεσιών Ιστού

Το επίπεδο των υπηρεσιών Ιστού απαρτίζεται από 4 δομικά στοιχεία. Ο ελεγκτής πειραμάτων είναι υπεύθυνος να συλλέξει όλα τα πειράματα που δημιουργούνται ή ενημερώνονται από τους διάφορους χρήστες στο επίπεδο της εφαρμογής Ιστού και να αποφασίσει ποια από αυτά θα διαθέσει στον αντίστοιχο ελεγκτή του χαμηλότερου επιπέδου για εκτέλεση. Αντίστοιχα, ο ελεγκτής επεκτάσεων αισθητήρων συλλέγει όλα τις επεκτάσεις αισθητήρων που είναι διαθέσιμοι και τις προωθεί στον αντίστοιχο ελεγκτή της εφαρμογής του έξυπνου κινητού τηλεφώνου. Επίσης, είναι υπεύθυνος να συγχρονίζεται με τις αλλαγές που επιτελούνται στους αισθητήρες από τις λειτουργίες του ανώτερου επιπέδου (δημιουργία νέου αισθητήρα, ενημέρωση-διαγραφή υπάρχοντος αισθητήρα). Και οι δύο παραπάνω ελεγκτές χρησιμοποιούν τον ελεγκτή αποθήκευσης τους επιπέδου για να αποθηκεύσουν όλες τις πληροφορίες σχετικά με τα πειραματικές διεργασίες και τους αισθητήρες. Ένα άλλο στοιχείο του επιπέδου των υπηρεσιών Ιστού είναι ο ελεγκτής Δεδομένων. Ο συγκεκριμένος ελεγκτής επιτελεί ένα διττό ρόλο. Από την μία είναι υπεύθυνος να συλλέγει όλα τα δεδομένα/μετρήσεις που παρέχονται από τις συσκευές που συμμετέχουν στην πειραματική διεργασία ενώ από την άλλη πρέπει να εξυπηρετεί αιτήματα του αντίστοιχου ελεγκτή του ανώτερου επιπέδου και να αποστέλλει τις μετρήσεις που έχουν συγκεντρωθεί μέχρι την συγκεκριμένη χρονική στιγμή στην ζητούμενη μορφή (ομαδοποίηση ανά ημέρα, ομαδοποίηση ανά ώρα). Τέλος, υπάρχει και ο ελεγκτής συσκευών. Ο ελεγκτής συσκευών διαχειρίζεται πληροφορίες για όλες τις συσκευές των χρηστών που έχουν πάρει μέρος κάποια χρονική στιγμή σε μια πειραματική διεργασία. Είναι υπεύθυνος να αναγνωρίσει την σύνδεση μιας νέας συσκευής και να τις αναθέσει ένα μοναδικό αναγνωριστικό ή να αποστείλει το υπάρχον αναγνωριστικό μιας υπάρχουσας συσκευής όταν αυτή συνδεθεί εκ νέου. Επίσης, είναι επιφορτισμένος με την προώθηση των μηνυμάτων ανάδρασης σε ένα συγκεκριμένο εθελοντή ή στο σύνολο των εθελοντών ενός πειράματος.

4.2.3 Δομικά στοιχεία εφαρμογής Ιστού

Στο επίπεδο της εφαρμογής Ιστού υπάρχουν 5 δομικά στοιχεία. Ο ελεγκτής πειραμάτων και ο ελεγκτής αισθητήρων είναι δύο στοιχεία που είναι επιφορτισμένα με την εκτέλεση των λειτουργιών της δημιουργίας νέων, ενημέρωσης και διαγραφής των υπαρχόντων πειραμάτων και αισθητήρων αντίστοιχα. Επίσης, είναι υπεύθυνοι να ενημερώσουν μέσω της επικοινωνίας με το επίπεδο των υπηρεσιών Ιστού για όλες αυτές τις αλλαγές που επιφέρουν οι παραπάνω λειτουργίες. Υπάρχει επίσης ο ελεγκτής των στατιστικών στοιχείων. Ο ελεγκτής των στατιστικών στοιχείων αλληλεπιδρά άμεσα με τον ελεγκτή των πειραμάτων και τον ελεγκτή συλλογής των δεδομένων ώστε να μπορέσει από την μία να ανακτήσει όλες τις μετρήσεις που έχουν συγκεντρωθεί και από την άλλη να λάβει υπόψιν όλους τους περιορισμούς που έχουν τεθεί από το πείραμα ώστε να μπορέσει να κάνει τις όλες τις απαραίτητες λειτουργίες φιλτραρίσματος και να παράγει ένα σύνολο από στατιστικά στοιχεία. Ο ελεγκτής ανάδρασης είναι υπεύθυνος να λάβει τα μηνύματα που θέλει να αποστείλει ο διοργανωτής μιας πειραματικές διεργασίας σε ένα ή περισσότερα άτομα που συμμετέχουν στην εκτέλεσή του ώστε να τα προωθήσει στην συνέχεια στο επίπεδο των υπηρεσιών Ιστού όπου εκεί

γίνεται η τελική αντιστοίχηση των συσκευών που πρέπει να αποσταλεί το εκάστοτε μήνυμα με σκοπό να φτάσει στον τελικό παραλήπτη. Τέλος στο ανώτερο επίπεδο υπάρχει η διεπαφή μέσω της οποίας ο τελικός χρήστης μπορεί να διαχειρίζεται τις λειτουργίες όλων των δομικών στοιχείων που του παρέχει η εφαρμογή του Ιστού.

4.3 Τεχνολογίες υλοποίησης του συστήματος

4.3.1 Τεχνολογίες υλοποίησης - Γενικά

Για την υλοποίηση του συστήματος διεξαγωγής πειραματικών διεργασιών σε πόλεις χρησιμοποιήθηκε μια ποικιλία από τεχνολογίες. Χρησιμοποιήθηκαν δημοφιλείς και σύγχρονες τεχνολογίες οι οποίες συνεχίζουν να εξελίσσονται με γρήγορους ρυθμούς. Κάθε υποσύστημα βασίζεται σε διαφορετική τεχνολογία. Η επιλογή της κάθε τεχνολογίας για την ανάπτυξη των εφαρμογών των διαφόρων υποσυστημάτων έγινε με τα παρακάτω κριτήρια.

- Υψηλή απόδοση των εφαρμογών.
- Εύκολη επέκταση των λειτουργιών τους.
- Εύκολη συντήρηση.

4.3.2 Περιβάλλον υλοποίησης της εφαρμογής για έξυπνα κινητά τηλέφωνα

Η εφαρμογή για έξυπνα κινητά τηλέφωνα έχει υλοποιηθεί για συσκευές με το δημοφιλές λειτουργικό σύστημα για φορητές συσκευές `Android` της Google με σκοπό να μπορέσει να χρησιμοποιηθεί από όσο το δυνατόν περισσότερους χρήστες (περισσότερο από το 80% των έξυπνων τηλεφώνων χρησιμοποιεί το λειτουργικό σύστημα `Android`) που θέλουν να πάρουν μέρος σε μια πειραματική διεργασία με την μορφή της συμμετοχικής ανίχνευσης.

Η εφαρμογή αναπτύχθηκε χρησιμοποιώντας την γλώσσα προγραμματισμού `Java` που είναι η επικρατέστερη στην ανάπτυξη εφαρμογών για `Android` συσκευές μαζί με τα εργαλεία που είναι διαθέσιμα στο `Android SDK`.

Σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη της εφαρμογής έχει το Ambient Dynamix Framework [9] το οποίο είναι λογισμικό ανοικτού κώδικα και είναι διαθέσιμο μέσω της άδειας Apache 2.0. Το Ambient Dynamix είναι ένα ελαφρύ λογισμικό το οποίο μπορεί να δώσει την δυνατότητα στις εφαρμογές του κινητού να αλληλεπιδρούν με τον φυσικό κόσμο. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της εγκατάστασης επεκτάσεων κατ΄ απαίτηση, για την ενεργοποίηση προηγμένων τεχνικών αίσθησης του περιβάλλοντος. Το Ambient Dynamix προσφέρει μια μεγάλη συλλογή από έτοιμες επεκτάσεις, ενώ με την χρήση του ανοικτού SDK προσφέρει την δυνατότητα στην κοινότητα των προγραμματιστών να αναπτύξουν νέες επεκτάσεις. Το Ambient Dynamix εγκαθίσταται μέσω της εφαρμογής και τρέχει στο έξυπνο κινητό του χρήστη σαν υπηρεσία.

4.3.3 Περιβάλλον υλοποίησης των υπηρεσιών Ιστού

Στην υλοποίηση των υπηρεσιών Ιστού χρησιμοποιήθηκε το Spring Framework [3] και συγκεκριμένα το Spring Boot 1.3.3 [4] για εφαρμογές Ιστού. Το Spring Framework είναι λογισμικό ανοικτού κώδικα που έχει σκοπό την ανάπτυξη εφαρμογών μεγάλης κλίμακας και βασίζεται στην γλώσσα προγραμματισμού Java. Το Spring Framework δημιουργήθηκε από τον Rod Johnson και κυκλοφόρησε πρώτη φορά τον Ιούνιο του 2003 με την Apache 2.0 άδεια και εξελίσσεται συνεχώς ενώ η παρούσα σταθερή έκδοσή του είναι η 4.2.6 (Ιούνιος 2016). Το Spring Framework στοχεύει στην ανάπτυξη κώδικα υψηλής απόδοσης, εύκολου ελέγχου και μεγάλης δυνατότητας επαναχρησιμοποίησης. Το βασικό μοντέλο πάνω στο οποίο έχει σχεδιαστεί το Spring Framework είναι το μοντέλο Αντιστροφής του Ελέγχου (Inversion of Control - IoC). Η ιδέα του μοντέλου είναι η ανάπτυξη αυτόνομων κλάσεων ώστε να μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν σε άλλα σημεία της υλοποίησης απαλλαγμένες από την ύπαρξη εξαρτήσεων. Ακολουθούν διάφορα χαρακτηριστικά του Spring Framework:

- Επιτρέπει στους προγραμματιστές να αναπτύξουν υψηλού επιπέδου εφαρμογές χρησιμοποιώντας απλά αντικείμενα Java (plain old java objects - POJOs).
- Είναι σχεδιασμένο σε τμηματική μορφή. Κάθε τμήμα είναι υπεύθυνο για την υλοποίηση μιας συγκεκριμένης λειτουργίας. Έτσι, ένας προγραμματιστής μπορεί να επιλέξει τα τμήματα που χρειάζεται για την υλοποίηση της εφαρμογής του και να αγνοήσει τα υπόλοιπα.
- Το κομμάτι για την ανάπτυξη εφαρμογών Ιστού βασίζεται στο διαδεδομένο μοντέλο MVC που διαχωρίζει τα διάφορα μέρη της υλοποίησης ανάλογα με την λειτουργία που επιτελούν απλοποιώντας την διαδικασία της ανάπτυξης.
- Έχει υποστήριξη κάποιων άλλων βασικών εργαλείων όπως εργαλεία αντιστοίχησης αντικειμένων με σχεσιακά μοντέλα Object Relational Mapping - ORM για διασύνδεση με βάσεις δεδομένων, εργαλεία απασφαλμάτωσης και άλλα.
- Δεν έχει μεγάλες απαιτήσεις σε υπολογιστικούς πόρους και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μηχανήματα με περιορισμένη υπολογιστική ισχύ και μνήμη.
- Έχει υπηρεσία εξουσιοδότησης και πιστοποίησης δημιουργώντας ένα επίπεδο ασφάλειας απέναντι σε χρήστες που δεν έχουν δικαίωμα να χρησιμοποιήσουν την εφαρμογή.

Ιδιαίτερα τα πλεονεκτήματα από την χρήση του Spring Boot είναι τα παρακάτω:

- Αυτόματη ρύθμιση της Spring όποτε είναι απαραίτητο.
- Δεν υπάρχει ανάγκη για δημιουργία xml αρχείων διαμόρφωσης.
- Παροχή έτοιμων εργαλείων για δημιουργία μετρικών και ελέγχου της ποιότητας της εφαρμογής.

Όλα τα παραπάνω καθιστούν το Spring Framework μια αξιόπιστη πλατφόρμα με μεγάλες δυνατότητες για την ανάπτυξη και συντήρηση εφαρμογών.

Η υλοποίηση στο επίπεδο αυτό χωρίζεται σε 2 βασικά κομμάτια. Στο πρώτο κομμάτι υπάρχει η υλοποίηση όλων των βασικών οντοτήτων της υπηρεσίας ενώ στο δεύτερο κομμάτι έχει γίνει η υλοποίηση όλων των υπηρεσιών που μέσα από κατάλληλες κλήσης εξυπηρετούν τα αιτήματα τόσο της εφαρμογής Ιστού όσο και της εφαρμογής του κινητού τηλεφώνου.

4.3.4 Περιβάλλον υλοποίησης της εφαρμογής Ιστού

Για την υλοποίηση της εφαρμογής Ιστού η τεχνολογία που επιλέξαμε να χρησιμοποιήσουμε είναι το Node.js [5] στην έκδοση 4.4.3. Το Node.js δημιουργήθηκε από τον Ryan Dahl το 2009 και είναι διαθέσιμο μέσω της MIT άδειας. Το Node.js είναι μια πλατφόρμα για την ανάπτυξη λογισμικού βασισμένο στην δημοφιλή γλώσσα Javascript. Η πλατφόρμα έχει κερδίσει πολύ μεγάλη αναγνωρισιμότητα και όλο και περισσότεροι προγραμματιστές και οργανισμοί την επιλέγουν για την δημιουργία των εφαρμογών τους (κυρίως εφαρμογές εξυπηρετητών). Η εξέλιξή της είναι συνεχής με την προσθήκη νέων χαρακτηριστικών που κάνουν την χρήση της ακόμα πιο εύκολη και αποδοτική. Για την διερμηνεία και την εκτέλεση του κώδικα χρησιμοποιείται η V8 μηχανή Javascript της Google. Η αρχιτεκτονική στην οποία βασίζεται η υλοποίηση του Node.js χαρακτηρίζεται από τον ασύγχρονο τρόπο διαχείρισης των υπολογιστικών πόρων. Αυτό επιτυγχάνεται με ενέργειες βασισμένες σε συμβάντα (event-driven callbacks) που προσφέρει η Javascript. Για παράδειγμα ενέργειες που είναι αρκετά χρονοβόρες όπως η επικοινωνία με μια βάση δεδομένων ή άλλες I/O διαδικασίες δεν εμποδίζουν την συνέχιση της εκτέλεσης της εφαρμογής μέχρι να γίνει διαθέσιμη η πληροφορία που ζητήθηκε. Όταν αργότερα η χρονοβόρα διαδικασία ολοκληρωθεί, ειδοποιείται η εφαρμογή με τις κατάλληλες κλήσεις που έχουν οριστεί. Αυτός ο τρόπος λειτουργίας του Node.js έχει σαν αποτέλεσμα την πολύ υψηλή απόδοση των εφαρμογών που υλοποιούνται με την χρήση της πλατφόρμας.

Κεντρικό ρόλο στην λειτουργία Node.js έχει το σύστημα διαχείρισης πακέτων του Node (Node Package Manager - npm). Το σύστημα διαχείρισης πακέτων του Node είναι ένα εργαλείο που βοηθάει την οργάνωση, εγκατάσταση και χρήση άλλων εφαρμογών που έχουν υλοποιηθεί με το Node.js και έχουν γίνει διαθέσιμες στο κοινό. Με την χρήση των πακέτων που είναι διαθέσιμα μέσω του npm μπορεί ένας χρήστης να βρει λύσεις σχεδόν για όλες τις ανάγκες της εφαρμογής του καθιστώντας το ένα ανεκτίμητο εργαλείο.

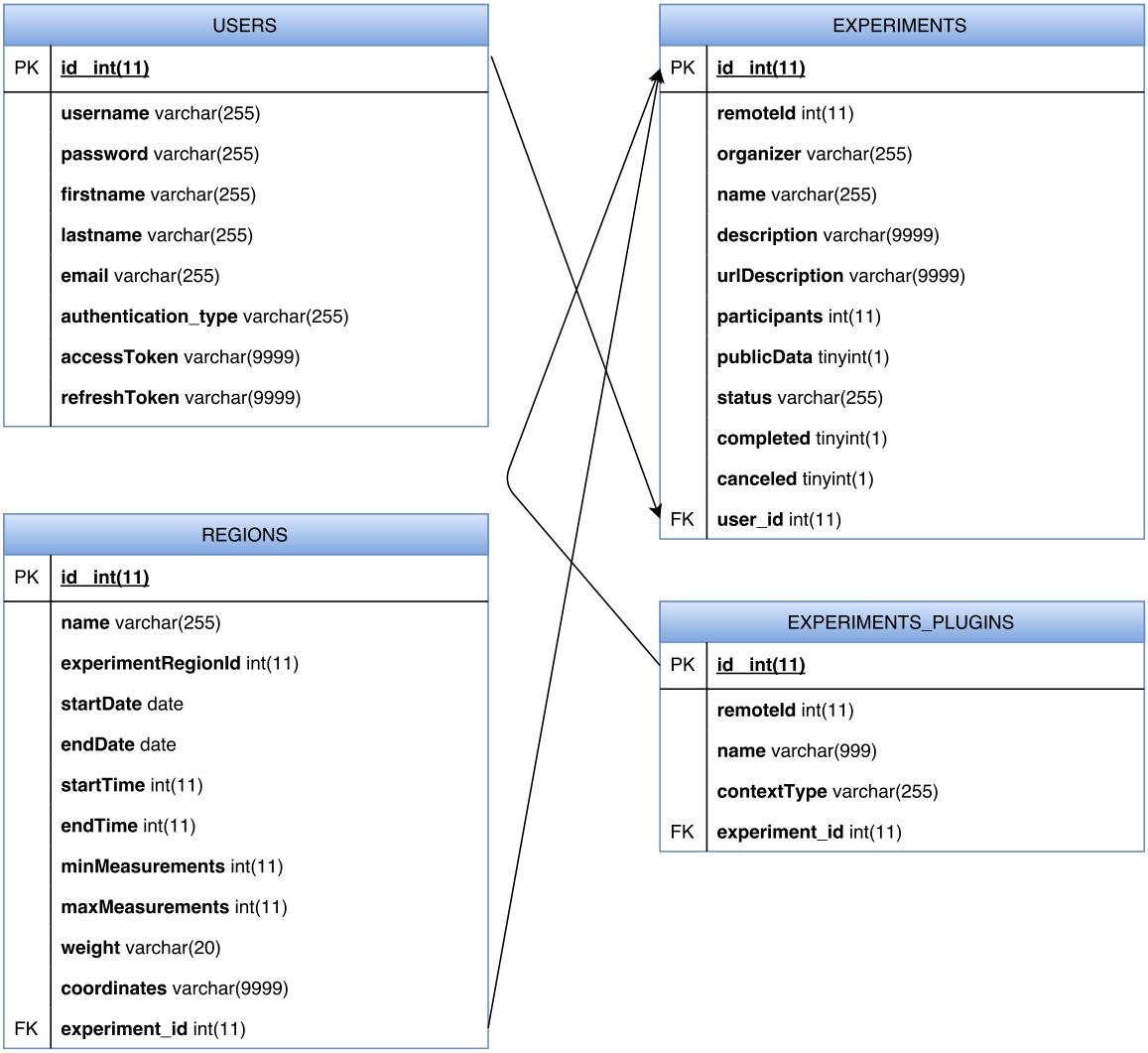
Όλα τα παραπάνω πλεονεκτήματα του Node.js οδήγησαν στην επιλογή του στην υλοποίηση της εφαρμογής Ιστού για τις ανάγκες του συστήματός μας. Κεντρικό ρόλο στην υλοποίηση είχε το Express Web Framework που είναι το καθιερωμένο εργαλείο που ενδείκνυται για εφαρμογές Ιστού του Node.js. Συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκε η 4.13.1 έκδοσή του. Κάποια ακόμα πακέτα που χρησιμοποιήθηκαν είναι το passport για την εξουσιοδότηση και πιστοποίηση των χρηστών, το fs για λειτουργίες της εφαρμογής σχετικές με το σύστημα αρχείων, το winston για μηνύματα απασφαλμάτωσης.

Χρησιμοποιήθηκαν επίσης οι βιβλιοθήκες `leaflet.js` και `leaflet-draw.js` που αποτελούν απλές, αποδοτικές και αποτελεσματικές λύσεις για την υλοποίηση διαδραστικών χαρτών που χρησιμοποιούνται από την εφαρμογή Ιστού για την σχεδίαση των περιοχών ενδιαφέροντος του πειράματος. Η υλοποίηση τους βασίζεται στην `Javascript` γεγονός που έκανε την ενσωμάτωση τους στην εφαρμογή άμεση και εύκολη.

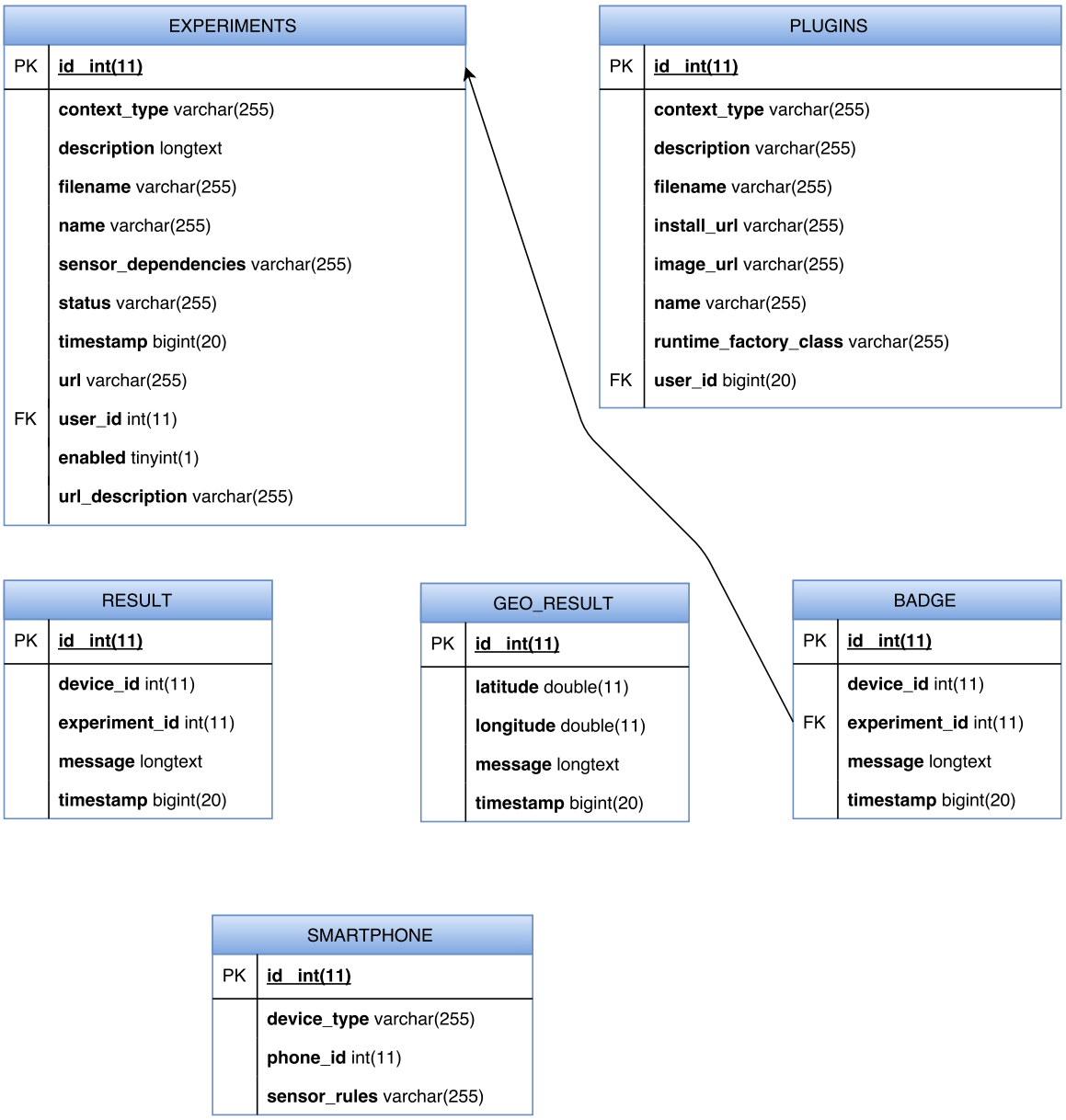
4.3.5 Τεχνολογία μόνιμης αποθήκευσης

Η μόνιμη αποθήκευση των δεδομένων τόσο για την υποστήριξη της εφαρμογής όσο και των υπηρεσιών Ιστού έγινε χρησιμοποιώντας την δημοφιλή πλατφόρμα για σχεσιακές βάσεις δεδομένων `MySQL`. Η `MySQL` είναι το δεύτερο πιο διαδεδομένο σύστημα σχεσιακών βάσεων δεδομένων και πρώτο ανάμεσα στα υπόλοιπα συστήματα βάσεων δεδομένων ανοιχτού κώδικα. Βασίζεται στο μοντέλο πελάτη-εξυπηρετητή για την δημιουργία και εξυπηρέτηση ερωτημάτων ενώ μια σειρά από άλλα χαρακτηριστικά διευρύνουν τις δυνατότητές της δημιουργώντας ένα μεγάλο υποσύνολο από λειτουργίες των πιο ακριβών και ισχυρών βάσεων δεδομένων.

Στο σχήμα 4.3 παρουσιάζονται οι οντότητες της βάσης δεδομένων που χρησιμοποιεί η εφαρμογή Ιστού ενώ στο σχήμα 4.4 παρουσιάζονται αντίστοιχα οι οντότητες που χρησιμοποιούν οι υπηρεσίες Ιστού.



Σχήμα 4.3: Επισκόπηση βάσης δεδομένων εφαρμογής Ιστού.



Σχήμα 4.4: Επισκόπηση βάσης δεδομένων υπηρεσιών Ιστού.

Κεφάλαιο 5

Περιγραφή χρήσης του συστήματος

5.1 Χρήση της εφαρμογής για έξυπνα κινητά τηλέφωνα

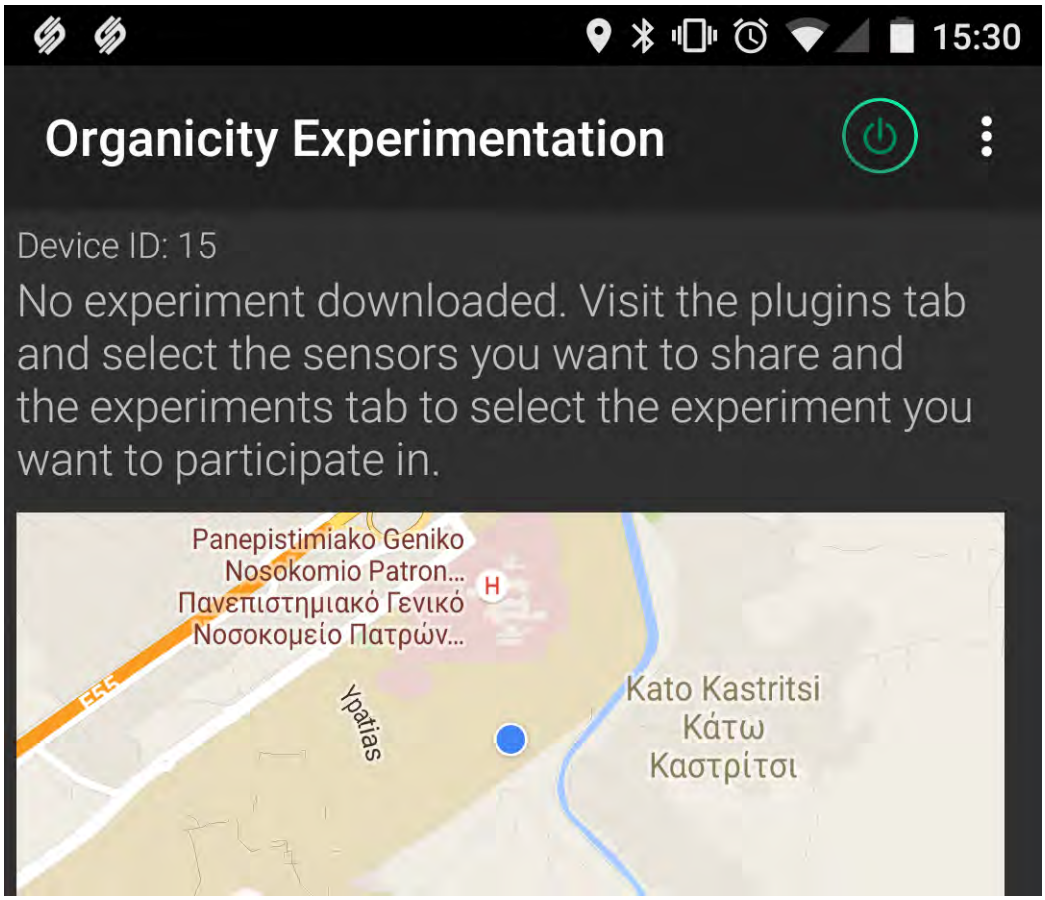
5.1.1 Εγκατάσταση της εφαρμογής

Εφόσον ένας χρήστης επιθυμεί να συμμετάσχει σε κάποια πειραματική διεργασία πρέπει να εγκαταστήσει την εφαρμογή στον κινητό του τηλέφωνο με λειτουργικό σύστημα `Android`. Θα χρειαστεί πρώτα από όλα να κατεβάσει την εφαρμογή από τον κατάλληλο σύνδεσμο. Εφόσον ολοκληρωθεί η λήψη της εφαρμογής αρκεί να κλικάρει πάνω στον ληφθέν αρχείο και θα ξεκινήσει αμέσως η διαδικασία της εγκατάστασης. Αρχικά θα ζητηθεί από τον χρήστη να δώσει την άδειά του προκειμένου να μπορέσουν να χρησιμοποιηθούν συγκεκριμένοι αισθητήρες που φέρει η συσκευή του από την εφαρμογή καθώς είναι απαραίτητοι για την διενέργεια των πειραματικών διεργασιών. Εφόσον δοθούν τα απαιτούμενα δικαιώματα στην εφαρμογή γίνεται μια επικοινωνία με μία υπηρεσία που τρέχει στο back-end κομμάτι του συστήματος και δίνεται ένα μοναδικό αναγνωριστικό στην συγκεκριμένη συσκευή. Αυτό το αναγνωριστικό χαρακτηρίζει την συγκεκριμένη συσκευή και παραμένει αμετάβλητο καθ' όλη την διάρκεια χρήσης της εφαρμογής. Η σκοπιμότητα του μοναδικού αναγνωριστικού είναι να γνωρίζει το σύστημα από ποια συσκευή προέρχονται τα δεδομένα/μετρήσεις που θα συνεισφέρει κατά την διάρκεια ενός πειράματος. Με την βοήθεια του αναγνωριστικού επιτυγχάνεται η διασφάλιση της ανωνυμίας του χρήστη καθώς χρησιμοποιείται αυτό το αναγνωριστικό που έδωσε το σύστημα στην συσκευή και δεν διατηρούνται προσωπικές πληροφορίες τόσο για την συσκευή όσο και για τον χρήστη της.

5.1.2 Εκτέλεση της εφαρμογής

Με την εκκίνηση της εφαρμογής εμφανίζεται η αρχική σελίδα όπου υπάρχει ένας χάρτης ο οποίος εμφανίζει την θέση του χρήστη εφόσον έχει ενεργοποιήσει την κατάλληλη υπηρεσία ανεύρεσης θέσης στο κινητό του (Location, GPS). Επίσης στην αρχική σελίδα της εφαρμογής υπάρχουν πληροφορίες σχετικές με τα πειράματα στα οποία συμμετέχει ο χρήστης την συγκεκριμένη χρονική στιγμή. Υπάρχει και ένα κουμπί ON/OFF

στο πάνω δεξί μέρος της αρχικής σελίδας από όπου ο χρήστης μπορεί να σταματάει και να επανεκκινεί την λειτουργία της εφαρμογής. Αυτή η δυνατότητα δίνει μια επιπλέον ευελιξία στον χρήστη καθώς μπορεί να την εκμεταλλευτεί για να μην παρέχει μετρήσεις που ίσως δεν αντιστοιχούν σε περιοχές ενδιαφέροντος ή ακόμα και για να εξοικονομήσει ενέργεια στο κινητό του τηλέφωνο. Στο σχήμα 5.1 παρουσιάζεται ενδεικτικά η αρχική οθόνη της εφαρμογής για έξυπνα κινητά τηλέφωνα.

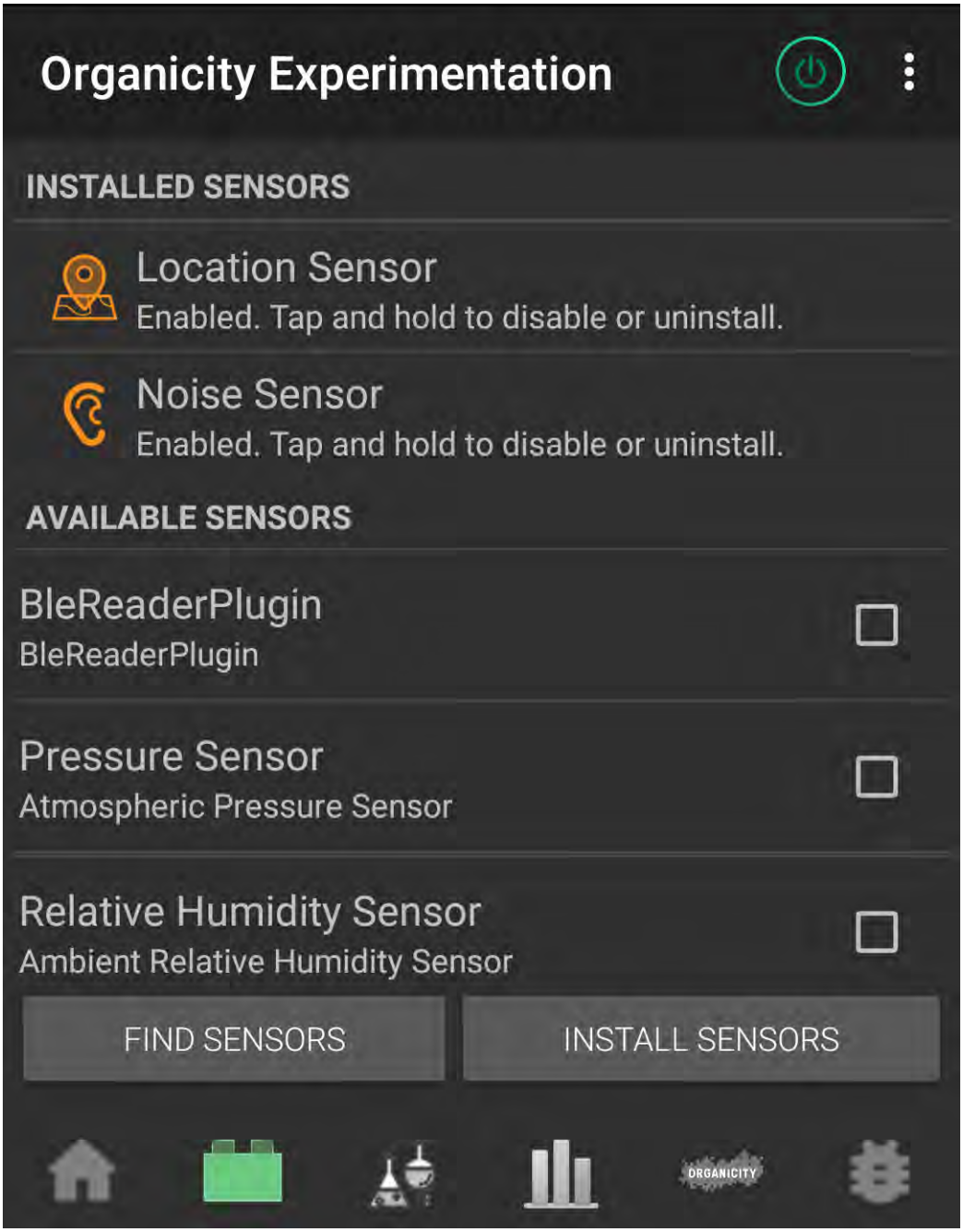


Σχήμα 5.1: Αρχική σελίδα της εφαρμογής για έξυπνα κινητά τηλέφωνα.

5.1.3 Σελίδα Αισθητήρων

Στην συνέχεια ο χρήστης μεταβαίνει στην σελίδα με πληροφορίες για τους αισθητήρες. Όπως φαίνεται και στο σχήμα 5.2 στην συγκεκριμένη σελίδα ο χρήστης μπορεί να βρει μια λίστα από όλους διαθέσιμους αισθητήρες που υπάρχουν κάτω από την κεφαλίδα "Available Sensors" και πρέπει να επιλέξει εκείνους που είναι απαραίτητοι να εγκαταστήσει για να ξεκινήσει να παίρνει μετρήσεις για το πείραμα στο οποίο θέλει να συμμετάσχει. Εφόσον ολοκληρωθεί επιτυχώς η διαδικασία εγκατάστασης των αισθητήρων που έχει επιλέξει ο χρήστης θα δει ότι μετακινούνται κάτω από την κεφαλίδα Installed Sensors και είναι έτοιμοι για χρήση από το πείραμα που θα επιλέξει. Στο παρακάτω σχήμα βλέπουμε ενδεικτικά ότι ένας χρήστης έχει επιλέξει να χρησιμοποι-

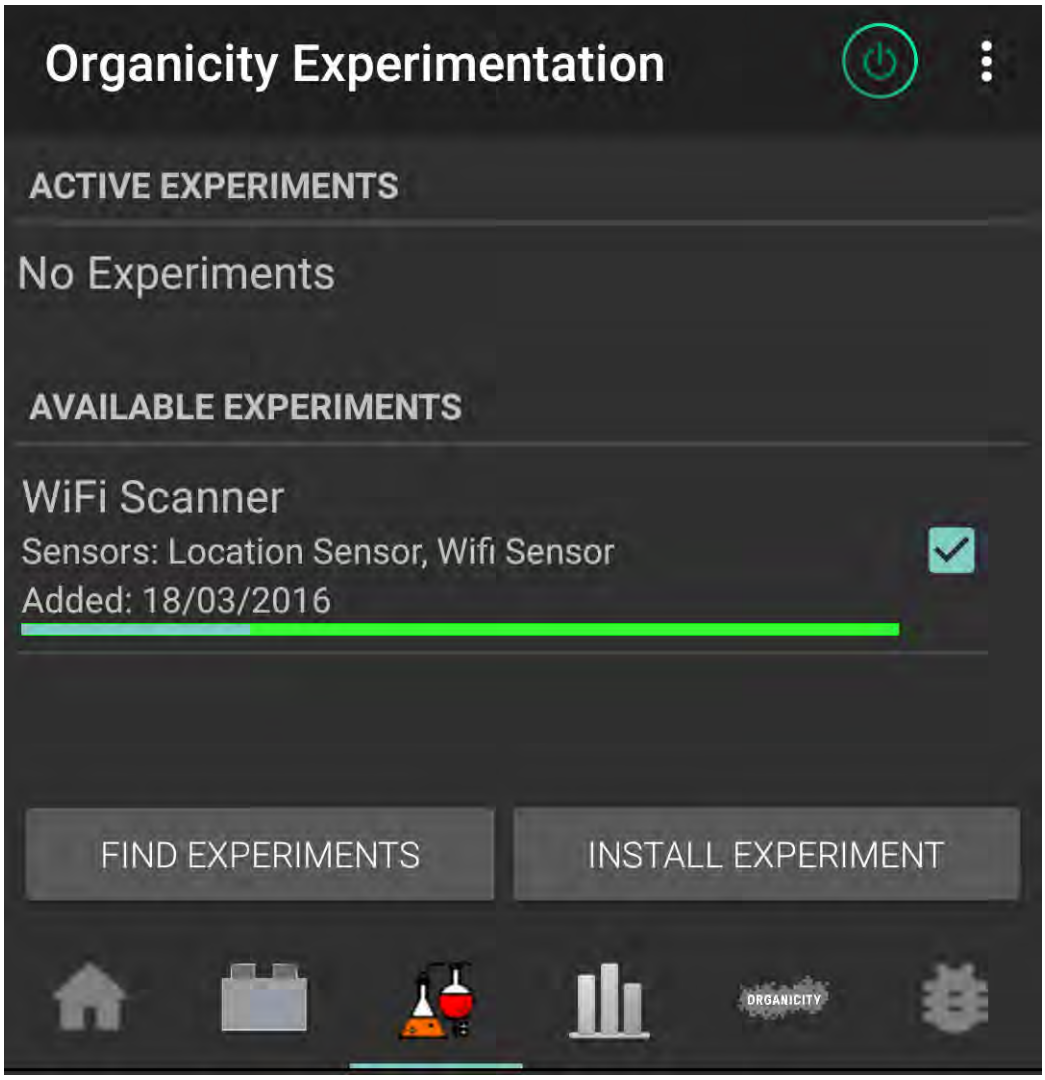
ήσει τους αισθητήρες για την τοποθεσία του και την καταγραφή του θορύβου ενώ έχει διαθέσιμους προς χρήση αισθητήρες για την μέτρηση της ατμοσφαιρικής πίεσης, την μέτρηση της υγρασίας και την εύρεση διαθέσιμων `bluetooth` δικτύων.



Σχήμα 5.2: Σελίδα Αισθητήρων της εφαρμογής για έξυπνα κινητά τηλέφωνα.

5.1.4 Σελίδα Πειραμάτων

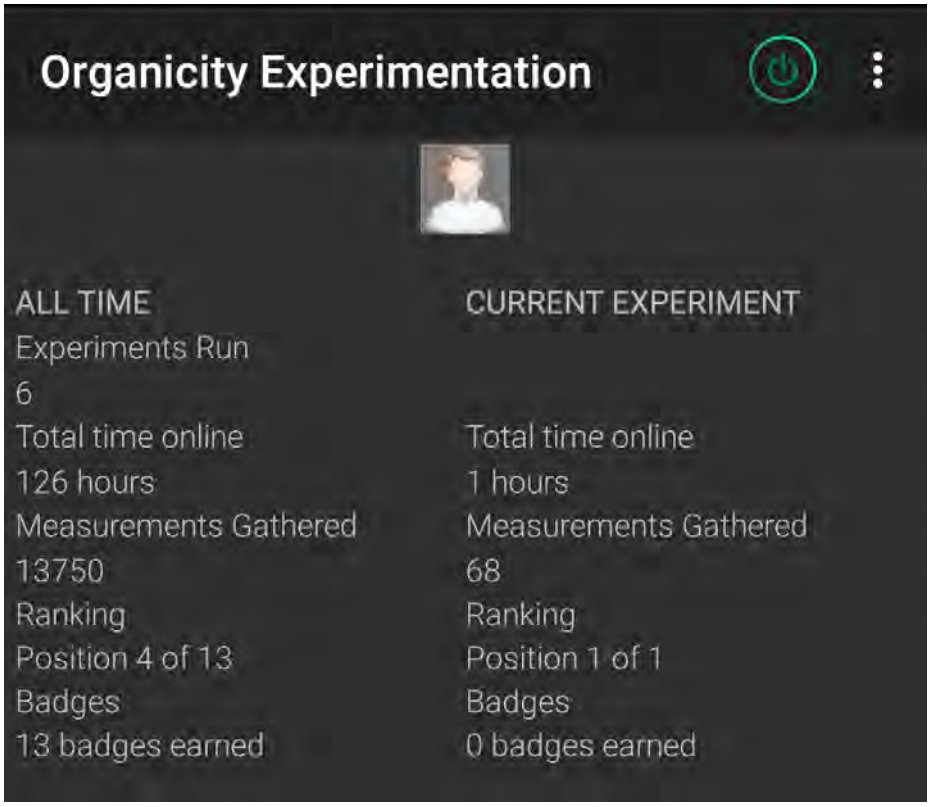
Έχοντας ολοκληρωθεί η διαδικασία εγκατάστασης των αισθητήρων ο χρήστης μεταβαίνει στην σελίδα των πειραμάτων όπου βλέπει πληροφορίες από μια λίστα με τα διαθέσιμα πειράματα που μπορεί να επιλέξει να συμμετάσχει κάτω από την κεφαλίδα "Available Experiments". Οι πληροφορίες που αναγράφονται για το πείραμα είναι μια συνοπτική ονομασία που περιγράφει το περιεχόμενο και την σκοπιμότητα του πειράματος καθώς και τους αισθητήρες που είναι απαραίτητοι για την διεξαγωγή του. Επιλέγοντας το πείραμα που θέλει ένας χρήστης να συμμετάσχει ξεκινάει η λήψη του και στην συνέχεια γίνεται η εγκατάστασή του. Εφόσον ολοκληρωθεί επιτυχώς η εγκατάσταση χωρίς προβλήματα, το πείραμα είναι ενεργό και όλα είναι έτοιμα για να ξεκινήσει η εφαρμογή να συλλέγει δεδομένα. Στο σχήμα 5.3 εμφανίζεται ενδεικτικά ένα παράδειγμα από την σελίδα με την εγκατάσταση ενός πειράματος που αφορά τον εντοπισμό των σημείων με διαθέσιμα δίκτυα `WiFi` (`WiFi` access points).



Σχήμα 5.3: Σελίδα Πειραμάτων της εφαρμογής για έξυπνα κινητά τηλέφωνα.

5.1.5 Σελίδα Στατιστικών και Ελέγχου των Πειραμάτων

Παρακάτω στο σχήμα 5.4 εμφανίζεται η σελίδα στατιστικών και ελέγχου των πειραμάτων. Η συγκεκριμένη σελίδα διαχωρίζεται σε δύο βασικές κατηγορίες στατιστικών που παρέχει στον χρήστη της εφαρμογής. Στο αριστερό μέρος ο χρήστης μπορεί να βρει συνολικές πληροφορίες για όλη την συμπεριφορά του κατά την χρήση της εφαρμογής. Πληροφορίες όπως τον αριθμό των διαφορετικών πειραμάτων στα οποία έχει συμμετάσχει, τις συνολικές ώρες που η εφαρμογή ήταν ενεργή και σε κατάσταση συλλογής μετρήσεων αλλά και τον συνολικό αριθμό μετρήσεων που έχει συνεισφέρει ο χρήστης στα διάφορα πειράματα που έχει πάρει μέρος. Επίσης, έχει και πρόσβαση σε πληροφορία που του δείχνει την συνεισφορά του σε σχέση με τους υπόλοιπους εθελοντές που έχουν λάβει μέρος στα διάφορα πειράματα εμφανίζοντας την θέση που κατέχει, από άποψη συνεισφοράς συνολικού αριθμού μετρήσεων. Τέλος, εμφανίζεται και ο συνολικός αριθμός από εμβλήματα (badges) που έχει κερδίσει ο χρήστης από την συλλογή μετρήσεων. Ένας άτυπος τρόπος επιβράβευσης για την συνεισφορά του στην διεξαγωγή των πειραμάτων που αργότερα μπορεί να συνδεθεί με κάποιο χρηματικό έπαθλο ή την διεκδίκηση δώρων έτσι ώστε να δοθούν κίνητρα σε περισσότερους χρήστες να συμμετέχουν στην διαδικασία αλλά και οι υπάρχοντες να βελτιστοποιήσουν τις μετρήσεις τους. Στο δεξί μέρος της σελίδας, ο χρήστης μπορεί να βρει αντίστοιχα στατιστικά στοιχεία που όμως εδώ αντιστοιχούν στο τρέχον πείραμα που έχει επιλέξει να συμμετάσχει.



Σχήμα 5.4: Στατιστικά και έλεγχος της εφαρμογής για έξυπνα κινητά τηλέφωνα.

5.2 Χρήση της εφαρμογής Ιστού

5.2.1 Γενικά

Όπως έχουμε ήδη αναφέρει και σε προηγούμενες ενότητες η εφαρμογή Ιστού έχει κεντρικό ρόλο στην συνολική λειτουργία του συστήματος καθώς έχει σημαντική συνεισφορά σε όλα τα διακριτά στάδια της διεξαγωγής ενός πειράματος. Αρχικά θα παρουσιάσουμε την σχεδίαση ενός νέου πειράματος. Έπειτα θα δούμε πως ο διοργανωτής μπορεί να παρακολουθήσει την εξέλιξη του πειράματος κατά την διάρκεια της εκτέλεσής του και τέλος τα στατιστικά στοιχεία που μπορεί να εξάγει όταν ολοκληρωθεί.

5.2.2 Δημιουργία νέου πειράματος

Ένας νέος χρήστης της εφαρμογής Ιστού αφού ολοκληρώσει τα στάδια της εγγραφής και ταυτοποίησής του μπορεί να επιλέξει από το μενού στην αρχική σελίδα της εφαρμογής την δημιουργία νέου πειράματος επιλέγοντας το New Experiment. Η διαδικασία δημιουργίας ενός νέου πειράματος ακολουθεί τα παρακάτω 5 απλά βήματα:

- Συμπλήρωση φόρμας με βασικές πληροφορίες για το πείραμα.
- Δημιουργία στον χάρτη των περιοχών ενδιαφέροντος με χρήση πολυγώνων και ονοματοδοσία τους.
- Συμπλήρωση χρονικών περιορισμών για κάθε μία από τις περιοχές ενδιαφέροντος.
- Επιλογή απαραίτητων αισθητήρων για την διεξαγωγή του πειράματος από την λίστα με τους διαθέσιμους αισθητήρες ή προσθήκη νέου αισθητήρα για τις ανάγκες του πειράματος.
- Επισκόπηση των πληροφοριών του πειράματος και ανέβασμα `jar` αρχείου που υλοποιεί το πείραμα για χρήση από την εφαρμογή για έξυπνα κινητά τηλέφωνα.

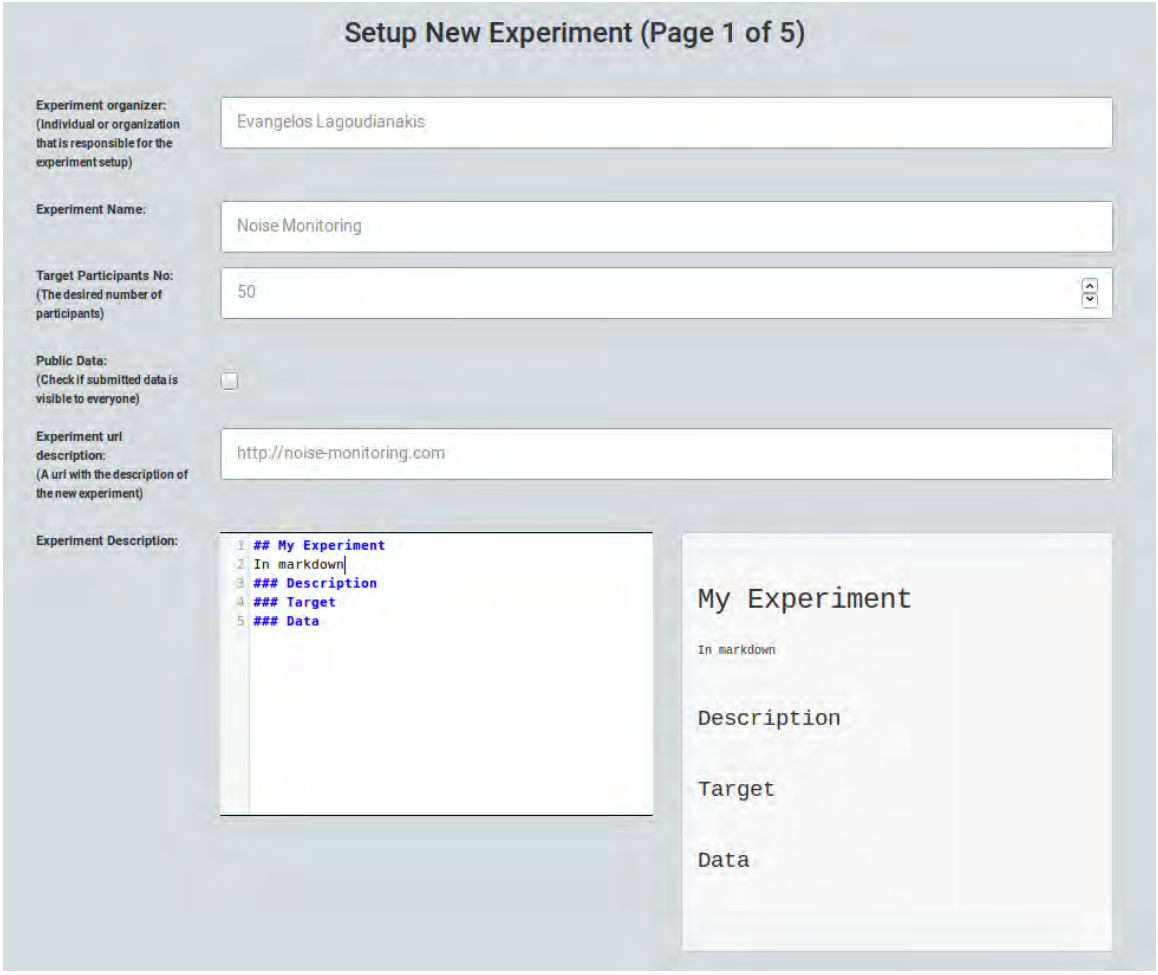
5.2.2.1 Συμπλήρωση φόρμας βασικών πληροφοριών

Στο πρώτο βήμα της δημιουργίας νέου πειράματος βρίσκεται προς συμπλήρωση η φόρμα που αφορά βασικές πληροφορίες για το πείραμα. Τα στοιχεία που πρέπει να συμπληρωθούν είναι:

- Ο διοργανωτής του πειράματος.
- Μια συνοπτική ονομασία που να συνοψίζει το αντικείμενο του πειράματος.
- Ο επιθυμητός αριθμός εθελοντών για συμμετοχή στο πείραμα.
- Μία ένδειξη για το αν τα δεδομένα που θα συλλεχθούν θα είναι προσβάσιμα και από τρίτους ή αν παραμείνουν ιδιωτικά.

- Έναν υπερσύνδεσμο με επιπλέον πληροφορίες για το πείραμα.
- Τέλος, μια πιο αναλυτική περιγραφή του πειράματος με χρήση της γνωστής `markdown` σύνταξης.

Στο σχήμα 5.5 εμφανίζεται ένα παράδειγμα από την συμπλήρωση της συγκεκριμένης φόρμας γενικών πληροφοριών του πειράματος.

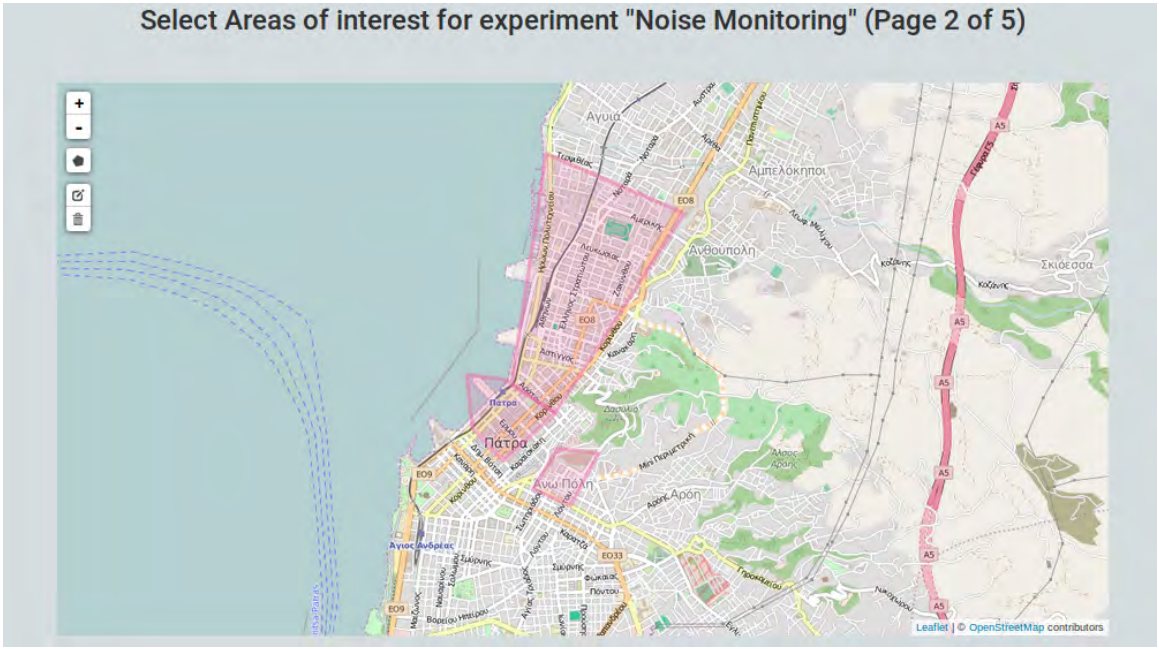


Σχήμα 5.5: Συμπλήρωση φόρμας βασικών πληροφοριών πειράματος.

5.2.2.2 Δημιουργία περιοχών ενδιαφέροντος

Ο προσδιορισμός των περιοχών ενδιαφέροντος αποτελεί το δεύτερο βήμα στην διαδικασία δημιουργίας ενός πειράματος. Παρουσιάζεται ένας χάρτης στον χρήστη που βασίζεται στο `OpenStreetMap` που είναι ένας χάρτης με ελεύθερη άδεια ο οποίος αναπτύσσεται από μια κοινότητα εθελοντών από όλο τον κόσμο που συνεισφέρουν και διατηρούν τα δεδομένα του. Στην συνέχεια με την βοήθεια της δημοφιλούς βιβλιοθήκης `leaflet-draw` που είναι υλοποιημένη σε `Javascript` ο χρήστης έχει την

δυνατότητα να σχεδιάσει πολύγωνα πάνω στον παρεχόμενο χάρτη τα οποία αντιπροσωπεύουν τις περιοχές που ενδιαφέρεται να λάβει μετρήσεις από το πείραμα. Υπάρχει η δυνατότητα επίσης να επεξεργαστεί ή ακόμα και να διαγράψει περιοχές που έχει σχεδιάσει σε περίπτωση που θέλει να προβεί σε διορθωτικές κινήσεις. Αφού σχεδιάσει μια περιοχή εμφανίζεται ένα αναδυόμενο παράθυρο στο οποίο ο χρήστης καλείται να δώσει μια ονομασία στην περιοχή. Όταν ολοκληρωθεί η σχεδίαση των περιοχών ενδιαφέροντος ο χρήστης μπορεί να προχωρήσει στο επόμενο βήμα που οφείλει να ορίσει περιορισμούς για τις περιοχές που μόλις σχεδίασε. Στο σχήμα 5.6 εμφανίζεται η σχεδίαση των πολυγώνων όπως περιγράφηκε παραπάνω για περιοχές που αφορούν την πόλη της Πάτρας.

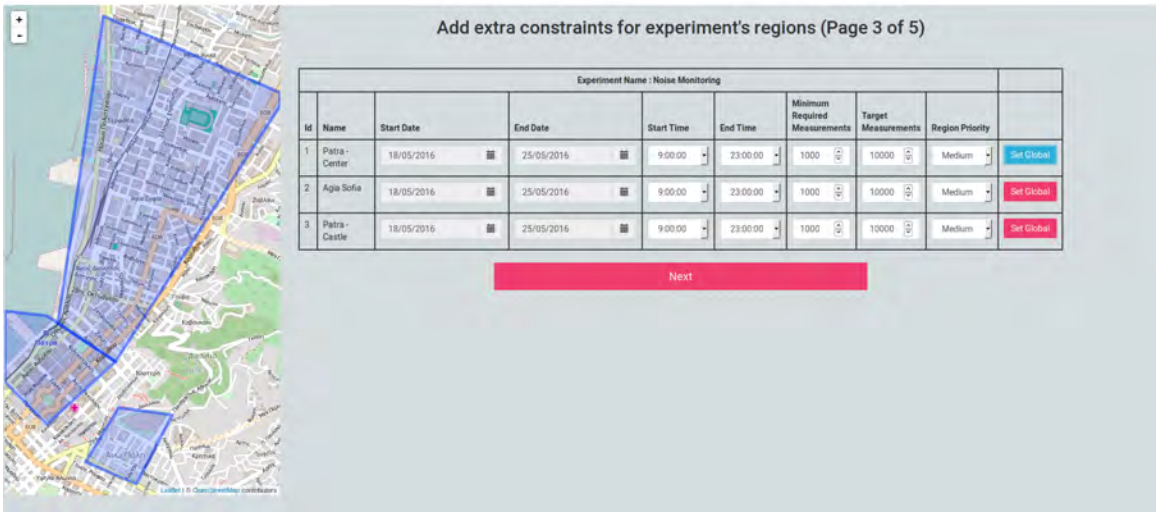


Σχήμα 5.6: Δημιουργία περιοχών ενδιαφέροντος.

5.2.2.3 Ορισμός χρονικών και άλλων περιορισμών

Στο βήμα αυτό όπως μπορείτε να δείτε και στο σχήμα 5.7 ο χρήστης ορίζει περιορισμούς για κάθε μία από τις περιοχές που σχεδίασε στο αμέσως προηγούμενο βήμα. Οι περιορισμοί αυτοί μπορεί να είναι καθολικοί και να αφορούν το σύνολο των περιοχών ενδιαφέροντος του πειράματος αλλά μπορούν να οριστούν και διαφορετικοί περιορισμοί για κάθε περιοχή. Οι περιορισμοί έχουν να κάνουν με την διάρκεια του πειράματος σε μέρες. Ο χρήστης επιλέγει την ημερομηνία έναρξης και λήξης για κάθε περιοχή αλλά ταυτόχρονα και την ώρα έναρξης και λήξης μέσα σε μια μέρα. Έτσι ορίζεται το διάστημα μέσα στο οποίο οι μετρήσεις θα συνυπολογίζονται ως αποδεκτές και μέσα στο χωροχρονικά πλαίσια που έχει θέσει ο χρήστης. Ένα άλλο ζευγάρι περιορισμών που βάζει ο χρήστης έχει να κάνει με το πλήθος των μετρήσεων που θεωρεί ότι πρέπει να συλλεχθούν κατ' ελάχιστο σε μια περιοχή ώστε να θεωρείται ότι έχει μια επαρκή κάλυψη. Αντίστοιχα, θέτει και ένα άνω όριο σε αυτό το πλήθος

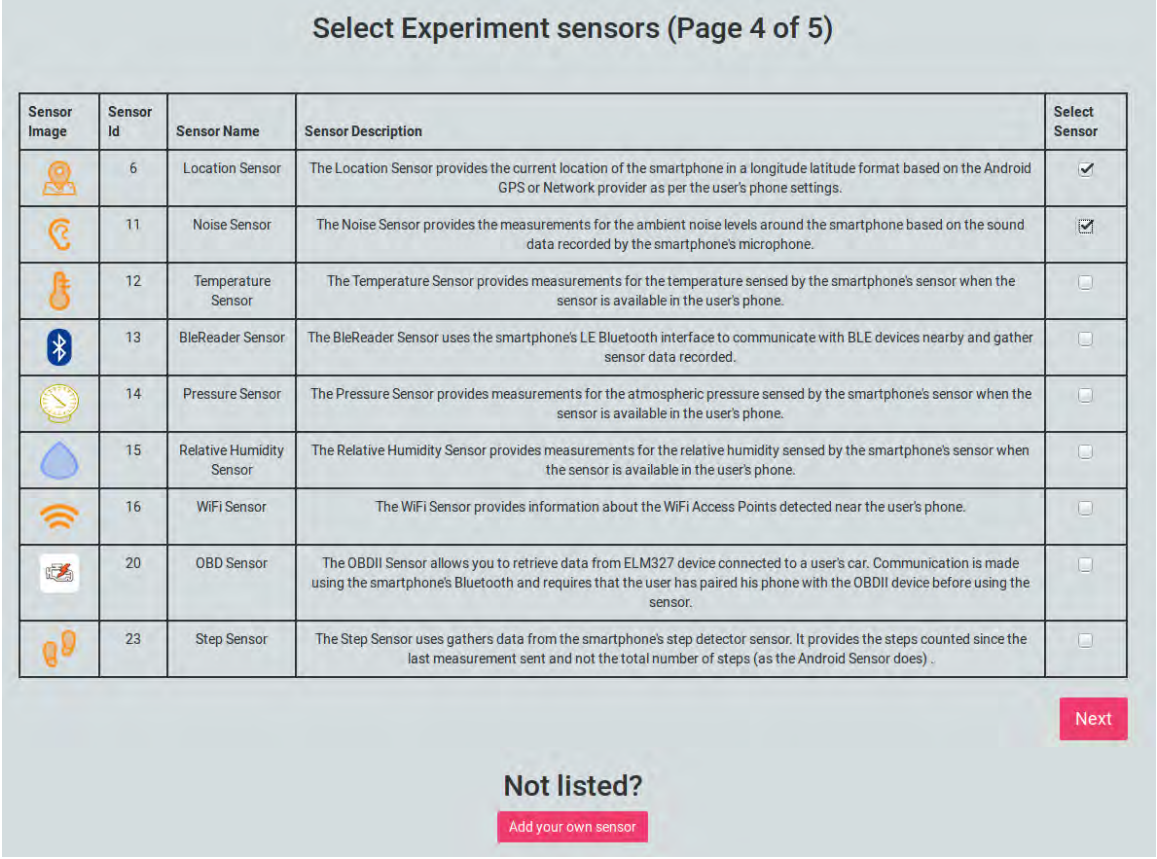
για να προσδιορίσει ότι επιπλέον μετρήσεις σε αυτήν την περιοχή δεν θα παράσχουν κάποια επιπλέον πληροφορία πέρα από αυτή που μπορεί να εξαχθεί από τις υπάρχουσες μετρήσεις. Τέλος, υπάρχει και ένα τελευταίο χαρακτηριστικό που πρέπει να συμπληρωθεί. Αυτό έχει να κάνει με την κλιμάκωση της σημαντικότητας κάθε περιοχής ενδιαφέροντος. Έτσι ο χρήστης καλείται να χαρακτηρίσει κάθε περιοχή ως χαμηλής - μεσαίας - υψηλής προτεραιότητας. Η σκοπιμότητα αυτού του χαρακτηρισμού είναι να ενημερωθούν οι εθελοντές σχετικά με το την βαρύτητα που αποδίδει ο διοργανωτής του πειράματος σε κάθε περιοχή έτσι ώστε να προστρέξουν στον συλλογή δεδομένων στις περιοχές με μεγαλύτερη βαρύτητα.



Σχήμα 5.7: Ορισμός χρονικών περιορισμών.

5.2.2.4 Επιλογή επεκτάσεων αισθητήρων

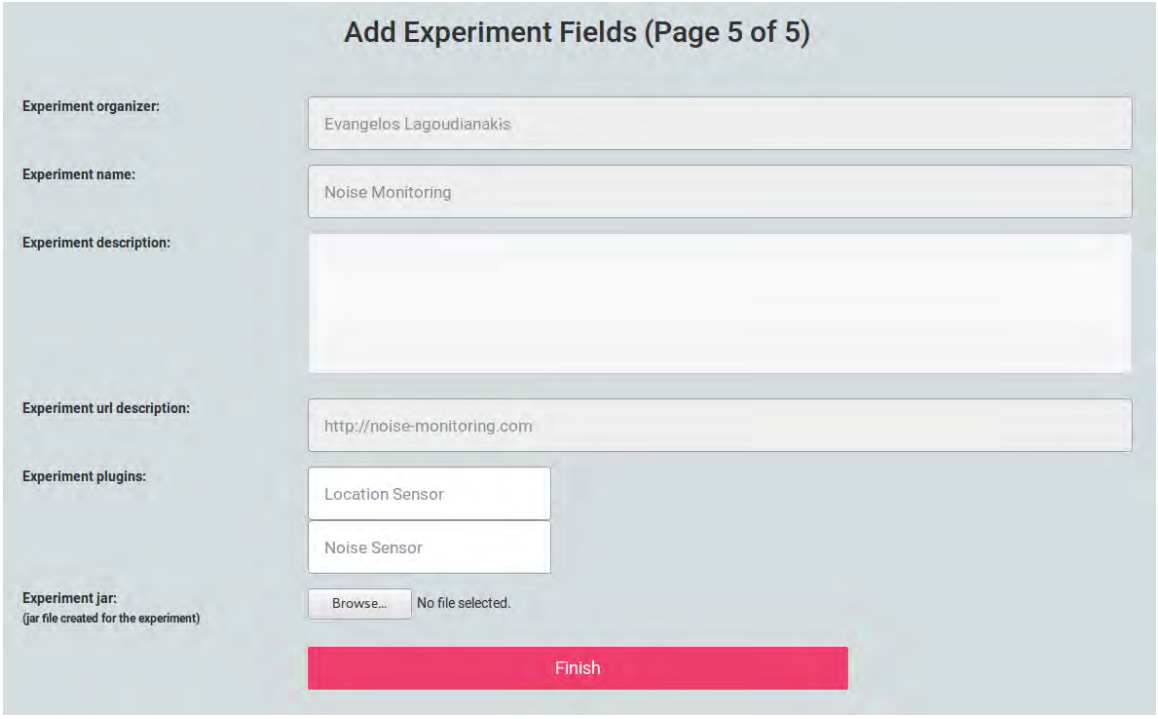
Στο βήμα αυτό ο χρήστης πρέπει να επιλέξει ανάμεσα στους διαθέσιμους αισθητήρες, από την λίστα που του παρέχεται, αυτούς που χρειάζεται το πείραμά του. Στην λίστα ο χρήστης μπορεί να βρει την ονομασία του κάθε αισθητήρα καθώς και μια σύντομη περιγραφή για τον τρόπο λειτουργίας του. Αν ο ζητούμενος αισθητήρας δεν υπάρχει στην λίστα που παρέχεται τότε ο χρήστης μπορεί να προσθέσει ο ίδιος έναν νέο, κλικάροντας την επιλογή Add your own sensor. Παρέχοντας το απαραίτητο λογισμικό μαζί με κάποιες επιπλέον πληροφορίες, μια νέα υλοποίηση ενός αισθητήρα θα γίνει διαθέσιμη και για τον ίδιο αλλά και για μελλοντικούς χρήστες. Η προσθήκη ενός νέου αισθητήρα θα αναλυθεί με μεγαλύτερη λεπτομέρεια παρακάτω. Η σωστή επιλογή των αισθητήρων που απαιτεί το πείραμα είναι ζωτικής σημασίας για την επιτυχή εκτέλεσή του. Στο σχήμα 5.8 φαίνεται μια ενδεικτική λίστα από τους διαθέσιμους αισθητήρες που μπορεί να έχει ένας χρήστης στην διάθεσή του. Για το συγκεκριμένο πείραμα, που έχουμε χρησιμοποιήσει σαν παράδειγμα, απαιτούνται δύο διαφορετικοί αισθητήρες. Έτσι όπως βλέπουμε έχουν επιλεγεί οι Location και Noise Sensors.



Σχήμα 5.8: Επιλογή αισθητήρων.

5.2.2.5 Επισκόπηση πειράματος και ανέβασμα του λογισμικού υλοποίησής του

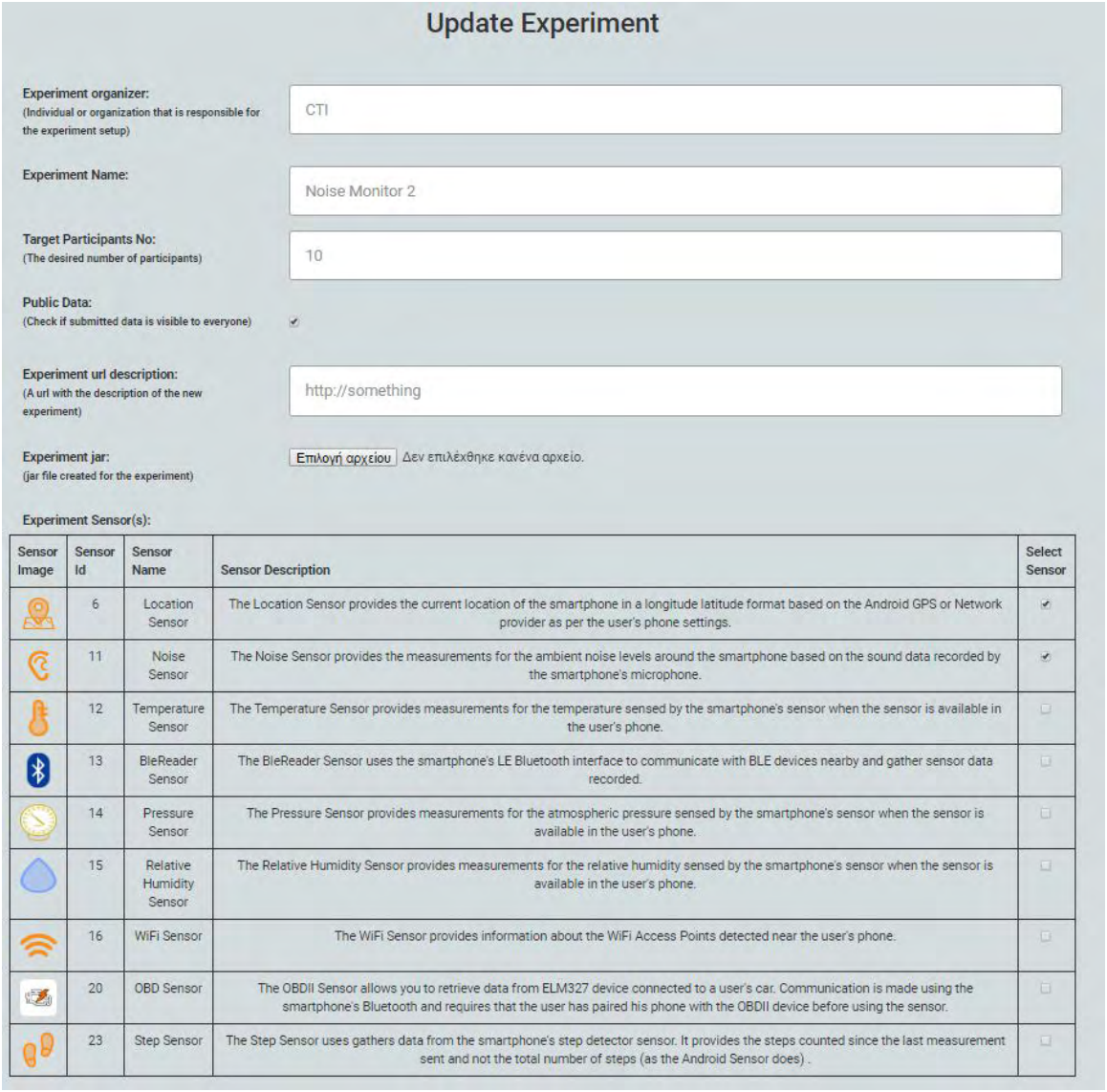
Στο τελευταία βήμα της διαδικασίας ο χρήστης έχει μια σύντομη επισκόπηση των πληροφοριών που έχει εισάγει σε προηγούμενα βήματα ώστε να βεβαιωθεί ότι έχει καταχωρήσει την σωστή πληροφορία. Στο βήμα αυτό ο διοργανωτής του πειράματος καλείται επίσης να ανεβάσει ένα εκτελέσιμο αρχείο σε μορφή `jar` το οποίο θα χρησιμοποιήσει η εφαρμογή του κινητού τηλεφώνου για να εκτελέσει το συγκεκριμένο πείραμα. Εφόσον ολοκληρώσει και αυτό το βήμα ο χρήστης μπορεί πατώντας το Finish να τερματίσει την διαδικασία δημιουργίας του πειράματος. Μετά από αυτή την απλή διαδικασία και εφόσον όλα έχουν γίνει σύμφωνα με την διαδικασία που αναλύσαμε παραπάνω το πείραμα είναι ενεργό και διαθέσιμο για κατέβασμα από τους εθελοντές που έχουν την εφαρμογή εγκατεστημένη στα κινητά τους τηλέφωνα.



Σχήμα 5.9: Επισκόπηση πειράματος και ανέβασμα του λογισμικού υλοποίησής του.

5.2.3 Ενημέρωση ενός υπάρχοντος πειράματος

Μετά την ολοκλήρωση της δημιουργίας ενός πειράματος ο διοργανωτής ίσως χρειαστεί να ενημερώσει κάποια στοιχεία που παρέλειψε κατά την πρώτη καταχώρησή του ή να διορθώσει κάποια λάθος επιλογή. Στο σχήμα 5.10 παρουσιάζεται η φόρμα επεξεργασίας των στοιχείων ενός υπάρχοντος πειράματος. Όπως βλέπουμε υπάρχει η δυνατότητα επεξεργασίας όλων των γενικών πληροφοριών του πειράματος. Επίσης, ο διοργανωτής του πειράματος μπορεί να διαχειριστεί εκ νέου τους αισθητήρες που έχει στην διάθεσή του επιλέγοντας να χρησιμοποιήσει νέους από την διαθέσιμη λίστα αισθητήρων ή να ακυρώσει κάποια από τις προηγούμενες επιλογές του. Τέλος, μπορεί να αντικαταστήσει και την υλοποίηση του πειράματος που έχει καταχωρήσει στο σύστημα και θα εκτελεστεί στην εφαρμογή του κινητού τηλεφώνου. Αυτό μπορεί να συμβεί σε περίπτωση που εντοπίσει κάποιο σφάλμα στην υλοποίηση μετά την πρώτη καταχώρησή της ή επειδή επιθυμεί να επεκτείνει την λειτουργία της. Σε περίπτωση αντικατάστασης της υλοποίησης ενός πειράματος από κάποια νέα έκδοση διατηρείται μια ιστορικότητα με τις παλιότερες εκδόσεις που έχουν καταχωρηθεί ώστε να μπορέσει ανά πάσα στιγμή να χρησιμοποιηθεί μια προηγούμενη έκδοση.



Σχήμα 5.10: Ενημέρωση ενός υπάρχοντος πειράματος.

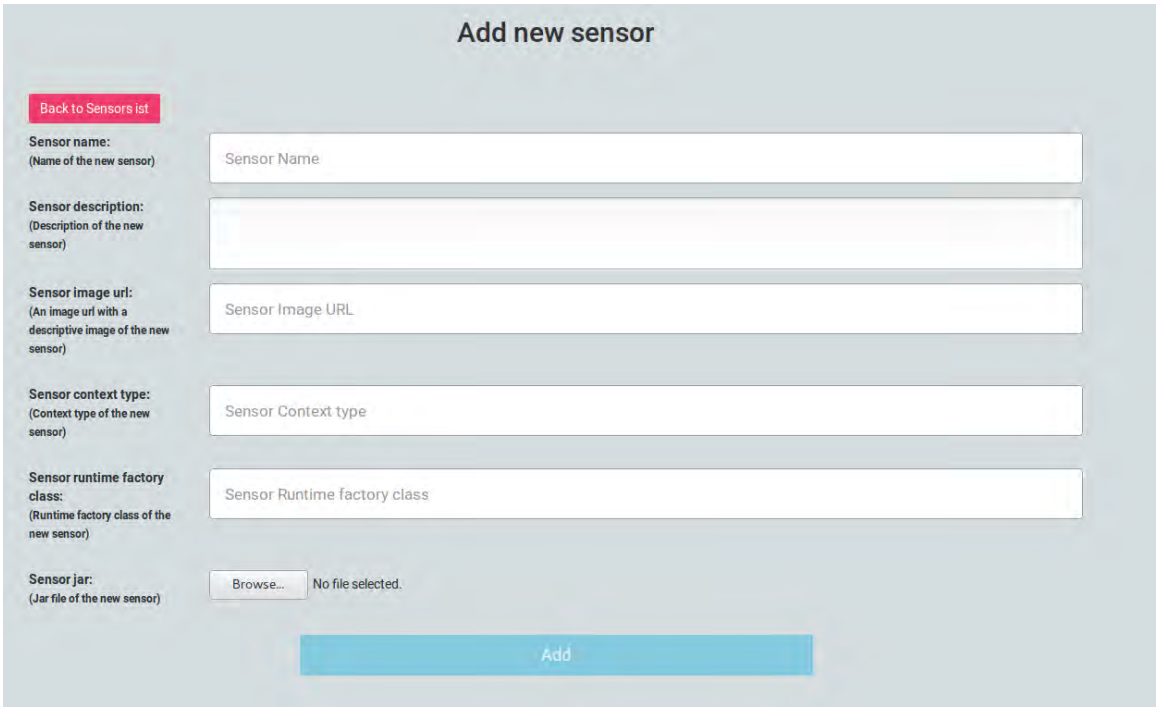
5.2.4 Δημιουργία νέας επέκτασης αισθητήρα

Σε περίπτωση που η διαθέσιμη λίστα από επεκτάσεις αισθητήρων δεν περιλαμβάνει κάποια υλοποίηση η οποία χρειάζεται για την υποστήριξη της πειραματικής διεργασίας που θέλει να δημιουργήσει ο χρήστης η εφαρμογή δίνει την δυνατότητα στους διοργανωτές του πειράματος να προσθέσουν τις δικές τους υλοποιήσεις επεκτάσεων αισθητήρων. Στο σχήμα 5.11 φαίνεται η φόρμα που καλείται να συμπληρώσει ο χρήστης προκειμένου να προσθέσει μια νέα υλοποίηση επέκτασης για κάποιον αισθητήρα. Τα πεδία που πρέπει να εισάγει είναι τα εξής:

- Η ονομασία της νέας επέκτασης αισθητήρα.
- Μια συνοπτική περιγραφή σχετικά με την λειτουργικότητά της.

- Τον υπερσύνδεσμο της εικόνας που οπτικοποιεί την λειτουργία που επιτελεί ο αισθητήρας.
- Πληροφορίες σχετικά με το γενικότερο πλαίσιο του Ambient Dynamix που εντάσσεται η υλοποίηση.
- Το αρχείο `jar` με την υλοποίηση της επέκτασης αισθητήρα

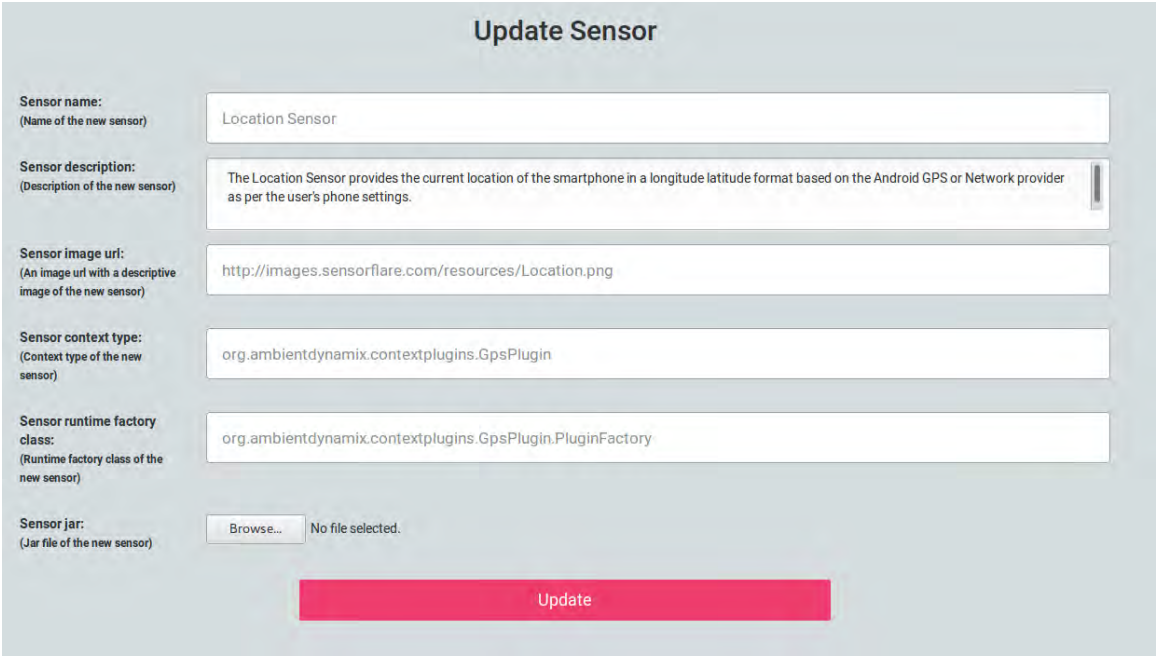
Με την προσθήκη μιας νέας επέκτασης αισθητήρα επεκτείνεται η λίστα με τους διαθέσιμους αισθητήρες και δίνεται η δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί στα νέα πειράματα που θα δημιουργηθούν.



Σχήμα 5.11: Δημιουργία νέας επέκτασης αισθητήρα.

5.2.5 Ενημέρωση μιας υπάρχουσας επέκτασης αισθητήρα

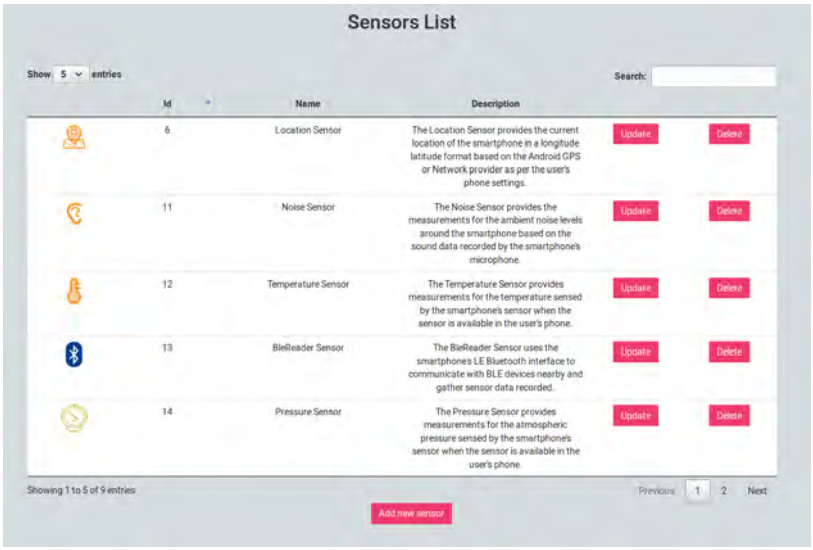
Αντίστοιχη διαδικασία με την ενημέρωση ενός υπάρχοντος πειράματος υπάρχει και για τις επεκτάσεις αισθητήρων. Στο σχήμα 5.12 φαίνεται η σχετική φόρμα ενημέρωσης όπου παρέχονται όλες οι πληροφορίες που έχουν καταχωρηθεί για την επιλεγμένη επέκταση αισθητήρα. Ο χρήστης είναι ελεύθερος να τροποποιήσει όποια πληροφορία κρίνει αναγκαία καθώς επίσης και να αντικαταστήσει την προηγούμενη υλοποίηση που είχε καταχωρήσει με μια καινούρια.



Σχήμα 5.12: Ενημέρωση μιας υπάρχουσας επέκτασης αισθητήρα.

5.2.6 Λίστα με διαθέσιμες επεκτάσεις αισθητήρων του χρήστη

Στο σχήμα 5.13 εμφανίζονται οι επεκτάσεις αισθητήρων που έχει καταχωρήσει ένας χρήστης στο σύστημα μαζί με μια συνοπτική περιγραφή για την καθεμία. Όπως βλέπουμε έχει την δυνατότητα να επιτελέσει κάποιες λειτουργίες για κάθε επέκταση αισθητήρα όπως η ενημέρωσή της για την οποία έγινε αναφορά παραπάνω αλλά και η ολική διαγραφή της.



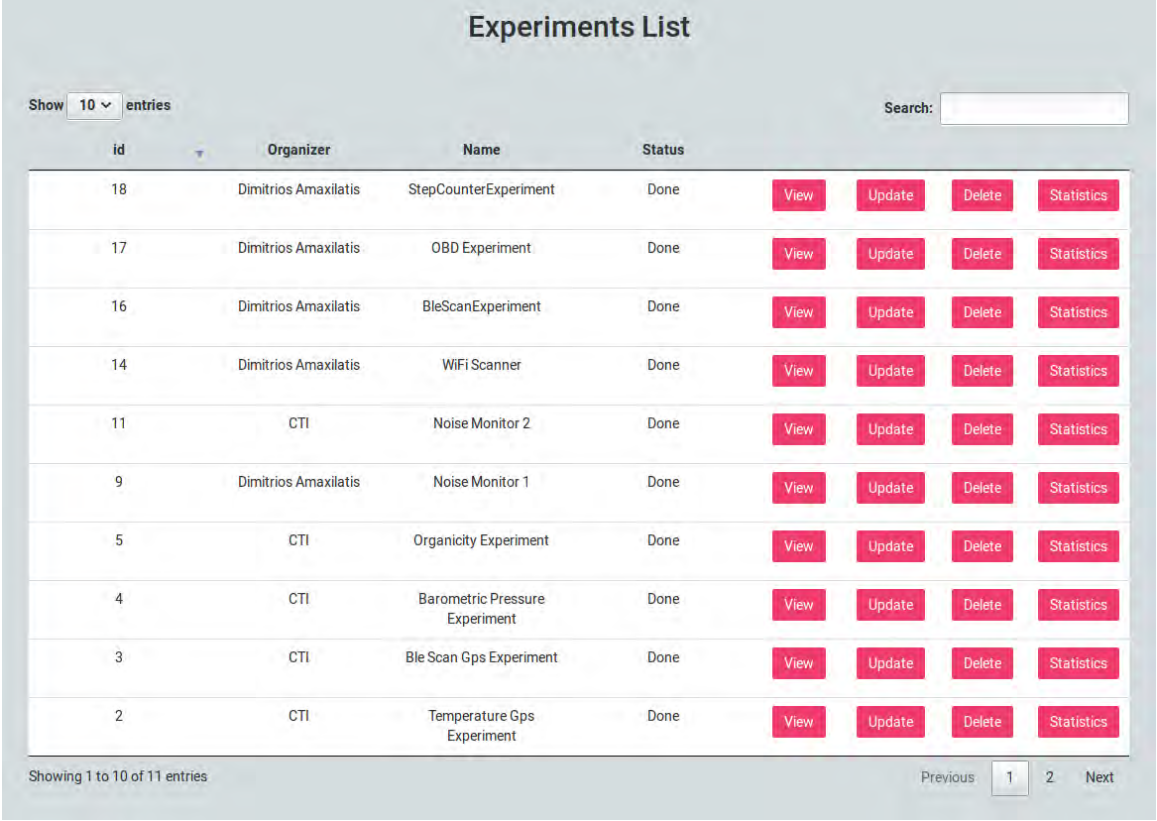
Σχήμα 5.13: Λίστα με διαθέσιμες επεκτάσεις αισθητήρων του χρήστη.

5.2.7 Παρακολούθηση εξέλιξης πειράματος

5.2.7.1 Λίστα με πειράματα του χρήστη

Ένας χρήστης μπορεί να πλοηγηθεί από το μενού στην σελίδα στην οποία εμφανίζει η λίστα με όλα τα πειράματα που έχει δημιουργήσει χρησιμοποιώντας την εφαρμογή. Στο σχήμα 5.14 βλέπουμε ένα ενδεικτικό περιεχόμενο της συγκεκριμένης σελίδας. Στον πίνακα με τα πειράματα του χρήστη κάθε γραμμή αντιστοιχεί σε ένα διαφορετικό πείραμα. Εδώ ο χρήστης μπορεί να βρει κάποιες πληροφορίες για το πείραμα όπως:

- Το μοναδικό αναγνωριστικό του πειράματος στην εφαρμογή.
- Τον διοργανωτή του πειράματος.
- Την ονομασία του πειράματος.
- Την κατάσταση του πειράματος. Το κάθε πείραμα μπορεί να βρίσκεται σε μία από τις παρακάτω καταστάσεις.
    1. Ready: Η δημιουργία του πειράματος έχει ολοκληρωθεί αλλά δεν έχει ξεκινήσει ακόμα η εκτέλεσή του.
    2. Running: Το πείραμα εκτελείται.
    3. Done: Η εκτέλεση του πειράματος έχει ολοκληρωθεί.
- Μια σειρά από ενέργειες που μπορεί να εφαρμόσει ο χρήστης για το κάθε πείραμα όπως:
    1. View: Προβολή σελίδας του πειράματος.
    2. Update: Ενημέρωση των στοιχείων του πειράματος.
    3. Delete: Διαγραφή του πειράματος.
    4. Statistics: Προβολή σελίδας για εξαγωγή στατιστικών για το πείραμα.



Σχήμα 5.14: Λίστα με τα πειράματα ενός χρήστη.

5.2.7.2 Ανάλυση σελίδας του πειράματος

Επιλέγοντας ο χρήστης το View μπορεί να πλοηγηθεί στην σελίδα ενός πειράματος όπως αυτή εμφανίζεται στο σχήμα 5.15. Εκεί ο χρήστης μπορεί να βρει ένα σύνολο από πληροφορίες σχετικά με το πείραμα που του δίνουν μια γενική εικόνα για την εξέλιξή του. Στο πάνω μέρος της σελίδας βρίσκεται ένας χάρτης ο οποίος εμφανίζει και εστιάζει στις περιοχές ενδιαφέροντος του πειράματος. Έτσι ο χρήστης έχει μια οπτική απεικόνιση των περιοχών. Στο μέσο της σελίδας δίνονται επιπλέον πληροφορίες για το πείραμα όπως:

- Ο επιθυμητός αριθμός συμμετεχόντων.
- Το πλήθος των περιοχών ενδιαφέροντος.
- Το πλήθος των αισθητήρων που χρησιμοποιεί το πείραμα.
- Το τρέχον πλήθος των μετρήσεων που πληροί τους χωροχρονικούς περιορισμούς.
- Το τρέχον πλήθος των μετρήσεων που πληροί τους χρονικούς περιορισμούς αλλά είναι εκτός περιοχών ενδιαφέροντος.
- Το συνολικό πλήθος των μετρήσεων.

Στο κάτω αριστερό μέρος της σελίδας μπορεί κάποιος να βρει πάλι την ονομασία και τον διοργανωτή του πειράματος καθώς επίσης και τους αισθητήρες που χρησιμοποιούνται. Επίσης, ο χρήστης έχει μια σειρά από επιπλέον δυνατότητες που μπορεί να βρει στο συγκεκριμένο σημείο όπως η εμφάνιση ενός χάρτη με τις μετρήσεις εκτός περιοχών ενδιαφέροντος του πειράματος και την συνεισφορά κάθε χρήστη στο πείραμα. Τέλος, ο χρήστης μπορεί να κατεβάσει το σύνολο των μετρήσεων που πληρούν τους χωροχρονικούς περιορισμούς του πειράματος είτε σε μορφή `JSON` είτε `CSV` για περαιτέρω ανάλυση.

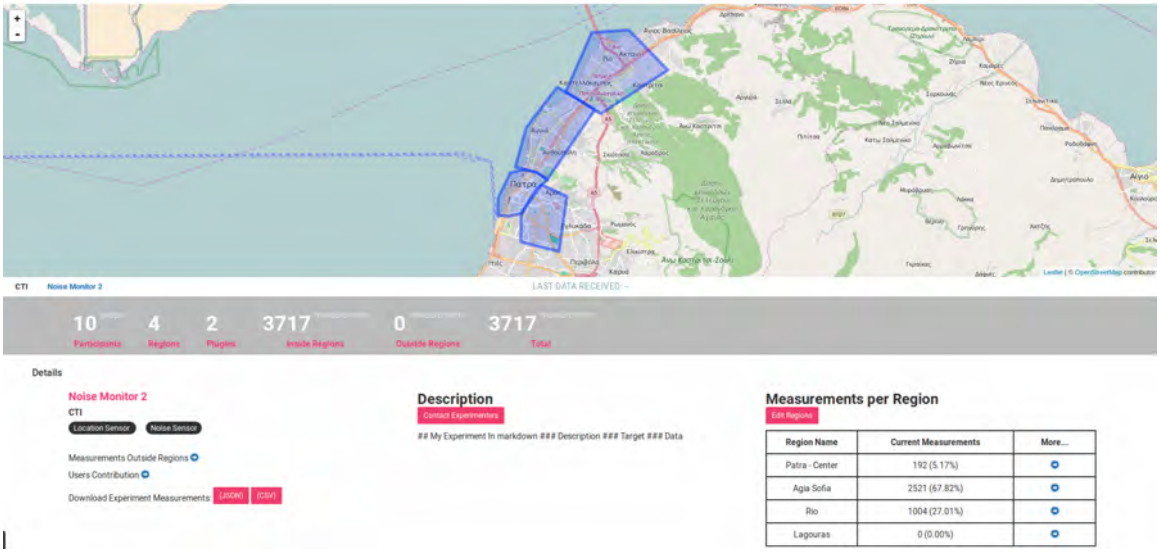
Στο κάτω μέρος της σελίδας βλέπουμε επίσης την αναλυτικότερη περιγραφή του πειράματος. Ο διοργανωτής θα βρει εδώ επίσης και την επιλογή να συμπληρώσει μια φόρμα επικοινωνίας για να παράσχει στο σύνολο των εθελοντών που συμμετέχουν στο πείραμα κάποια ανάδραση σχετικά με την εξέλιξή του.

Στο κάτω δεξί μέρος της σελίδας υπάρχει ένας πίνακας που εμφανίζει κάθε μία από τις περιοχές ενδιαφέροντος του πειράματος. Στην 2^{η} στήλη του πίνακα βλέπουμε τον τρέχοντα αριθμό μετρήσεων που έχουν συλλεχθεί για την αντίστοιχη περιοχή ενώ εκεί υπάρχει και το ποσοστό που αποτελούν αυτές οι μετρήσεις στο σύνολο των μετρήσεων του πειράματος που πληρούν τους περιορισμούς. Εδώ θα βρει επίσης ο χρήστης και την επιλογή Edit Regions όπου τον μεταφέρει σε μια σελίδα όπου μπορεί να επεξεργαστεί τις περιοχές ενδιαφέροντος που έχει ορίσει. Αυτή η επεξεργασία μπορεί να γίνει πριν την διεξαγωγή του πειράματος σε περίπτωση που εκ παραδρομής έγινε παράληψη κάποιου κομματιού στο οποίο θα ήθελε να λάβει μετρήσεις. Μπορεί, ωστόσο, κατά την διάρκεια του πειράματος ο διοργανωτής να παρατηρήσει ότι έχει πολλές μετρήσεις οι οποίες είναι λίγο έξω από τις περιοχές ενδιαφέροντος που έχει επιλέξει. Η επεξεργασία των περιοχών κατά την διάρκεια εκτέλεσης του πειράματος του δίνει την δυνατότητα να εντάξει και αυτές τις μετρήσεις επεκτείνοντας τις περιοχές ενδιαφέροντος.

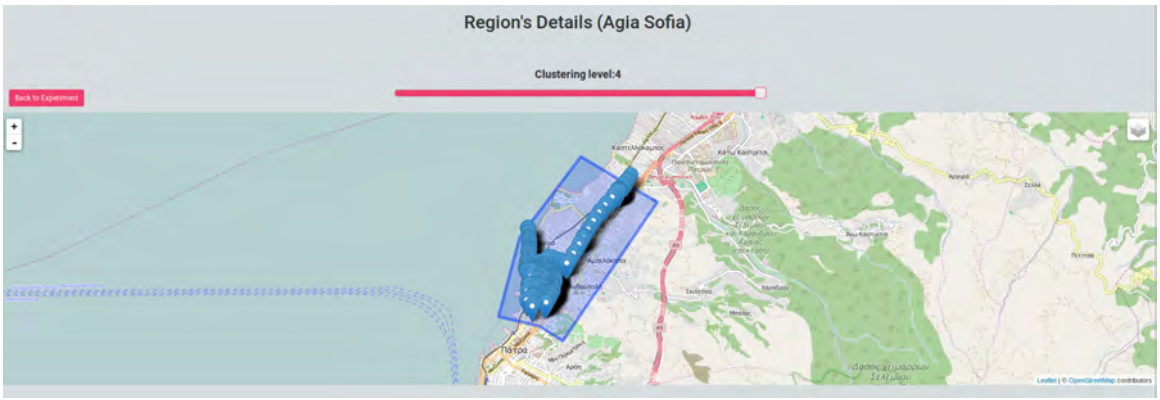
Έχουμε λοιπόν μια σελίδα με ένα πλούσιο σύνολο από πληροφορίες σχετικά με το πείραμα. Στην συνέχεια, θα παρουσιαστεί η σελίδα μιας συγκεκριμένης περιοχής ενδιαφέροντος του πειράματος.

5.2.7.3 Ανάλυση σελίδας μιας περιοχής ενδιαφέροντος

Στο σχήμα 5.16 βλέπουμε το σύνολο των μετρήσεων που έχουν συλλεχθεί για μια συγκεκριμένη περιοχή ενδιαφέροντος του πειράματος και πληρούν τους χωροχρονικούς περιορισμούς που έχουν τεθεί. Οι μετρήσεις αναπαριστώνται πάνω στον χάρτη ως markers και κλικάροντας πάνω σε κάθε marker ο χρήστης μπορεί να βρει πληροφορίες σχετικές με την συγκεκριμένη μέτρηση. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα βλέπουμε τις μετρήσεις που έχουν συλλεχθεί για την περιοχή της Αγίας Σοφίας στην πόλη της Πάτρας στα πλαίσια ενός πειράματος που αφορά την μέτρηση του θορύβου. Υπάρχει επίσης η δυνατότητα αναπροσδιορισμού του τρόπου ομαδοποίησης των markers πάνω στον χάρτη επιλέγοντας το επιθυμητό επίπεδο ομαδοποίησης. Ουσιαστικά αυτό που κάνει αυτή η ομαδοποίηση είναι να προσδιορίζει την ακρίβεια σε δεκαδικά ψηφία των συντεταγμένων των μετρήσεων. Έτσι έχοντας ομαδοποίηση επιπέδου 4 προσδιορίζεται η θέση μιας μέτρησης με ακρίβεια της τάξης των 10 εκατοστών του μέτρου. Αντίθετα, επιλέγοντας ομαδοποίηση επιπέδου 1 έχουμε ομαδοποίηση των



Σχήμα 5.15: Σελίδα του πειράματος.



Σχήμα 5.16: Χάρτης με τις μετρήσεις σε μια περιοχή ενδιαφέροντος.

μετρήσεων με ακρίβεια της τάξης των 100 μέτρων. Αυτό έχει σαν συνέπεια μετρήσεις που μπορεί να απεικονίζονταν σαν ξεχωριστός marker πάνω στον χάρτη σε υψηλότερο επίπεδο ομαδοποίησης να έχουν συμπτυχθεί σε ένα marker στο χαμηλότερο επίπεδο συνεισφέροντας η τιμή της καθεμιάς στο μέσο όρο που υπολογίζεται.

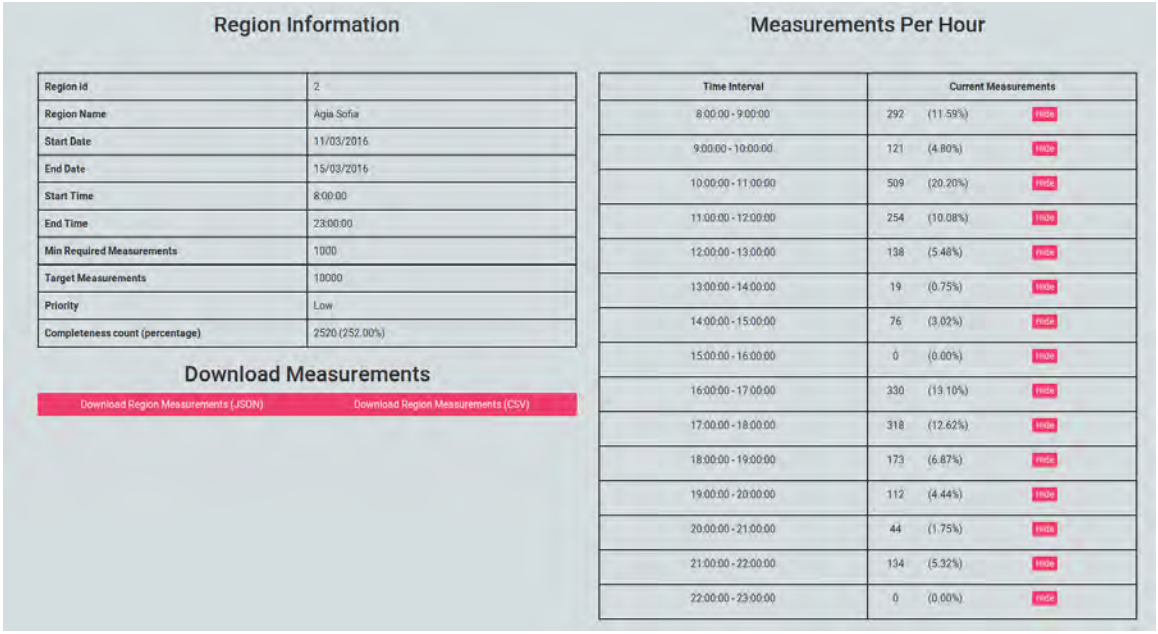
Στην σελίδα μιας συγκεκριμένης περιοχής ενδιαφέροντος του πειράματος μπορούμε επίσης να βρούμε το σύνολο της πληροφορίας που διαθέτει αυτή η περιοχή. Στο κάτω αριστερό μέρος της σελίδας βρίσκεται ένας πίνακας που περιέχει την ονομασία της περιοχής μαζί με το σύνολο των περιορισμών που έχουν τεθεί για αυτήν. Επίσης παρέχεται και το σύνολο των μετρήσεων που έχουν συλλεχθεί μέχρι την συγκεκριμένη χρονική στιγμή. Τέλος, υπολογίζεται και το ποσοστό κάλυψης της συγκεκριμένης περιοχής το οποίο υπολογίζεται από τον λόγο των μετρήσεων που έχουν συλλεχθεί μέχρις ώρας προς τον ελάχιστο επιθυμητό αριθμό μετρήσεων.

Στο δεξί μέρος της σελίδας βρίσκεται ένας πίνακας ο οποίος αναλύει τις μετρήσεις που έχουν συλλεχθεί μέχρι στιγμής ανά ώρα. Στο πίνακα εμφανίζονται όλα τα δια-

στήματα διάρκειας μιας ώρας με βάση τους ωριαίους περιορισμούς της συγκεκριμένης περιοχής. Επίσης, δίπλα από τον αριθμό των μετρήσεων για μια συγκεκριμένη ώρα υπάρχει και το αντίστοιχο ποσοστό που συνεισφέρουν οι μετρήσεις αυτές στο σύνολο των μετρήσεων που έχουν συλλεχθεί για την συγκεκριμένη περιοχή. Υπάρχει επίσης και ένα toggle button για κάθε ώρα με το οποίο ο χρήστης μπορεί να εμφανίσει ή να αποκρύψει τους markers που αντιστοιχούν στις μετρήσεις της συγκεκριμένης ώρας έτσι ώστε να έχει και μια οπτική απεικόνιση για τις μετρήσεις ανά ώρα.

Τέλος, υπάρχει και εδώ η δυνατότητα να κατεβάσει ένας χρήστης το σύνολο των μετρήσεων της περιοχής με την αντίστοιχη πληροφορία για κάθε μέτρηση στον προσωπικό του υπολογιστή σε αρχεία της μορφής JSON ή CSV.

Όλα όσα περιγράφηκαν παραπάνω μπορείτε να τα βρείτε και στο παράδειγμα που παρέχεται στο σχήμα 5.17.

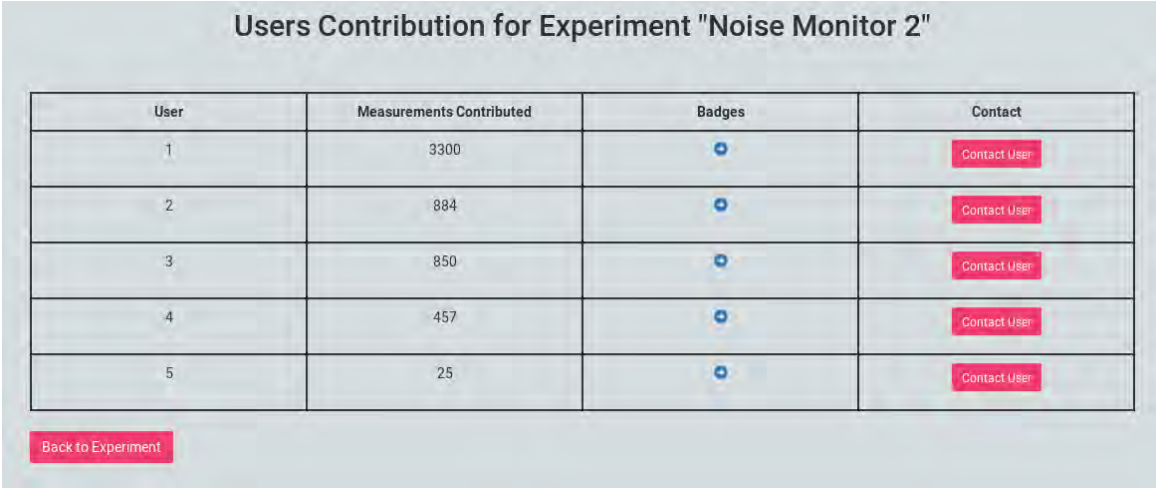


Σχήμα 5.17: Πίνακας με πληροφορίες-περιορισμούς μιας περιοχής ενδιαφέροντος.

5.2.7.4 Συνεισφορά εθελοντών στο πείραμα

Υπάρχει η δυνατότητα όπως είδαμε παραπάνω ο διοργανωτής του πειράματος να παρακολουθήσει και την συμπεριφορά των εθελοντών που συμμετέχουν στο πείραμα. Προκειμένου να διασφαλιστεί η ιδιωτικότητα των εθελοντών δεν παρέχονται προσωπικές πληροφορίες για τον κάθε χρήστη. Η πληροφορία που έχει στην διάθεσή του ο διοργανωτής του πειράματος είναι καθαρά σε αυτό το επίπεδο. Έτσι αυτό που μπορεί να παρακολουθήσει σε σχέση με την συμπεριφορά των εθελοντών είναι το πλήθος των ενεργών συμμετεχόντων στο πείραμα και το συνολικό αριθμό μετρήσεων που έχει συνεισφέρει ο καθένας από αυτούς. Τέλος, ο διοργανωτής του πειράματος, έχοντας παρατηρήσει την συμπεριφορά του κάθε εθελοντή στο πείραμα, μπορεί να επικοινωνήσει μαζί του σε ατομικό επίπεδο αν το κρίνει απαραίτητο. Αυτό μπορεί να το κάνει

συμπληρώνοντας την φόρμα στο αναδυόμενο παράθυρο που εμφανίζεται από την επιλογή "Contact User" στο δεξί μέρος του πίνακα στην αντίστοιχη εγγραφή για κάθε χρήστη. Το μήνυμα ανάδρασης που θα στείλει ο διοργανωτής στον συγκεκριμένο εθελοντή θα έχει σκοπό να τον κατευθύνει καλύτερα ώστε να γίνει αποδοτικότερος στην συλλογή των μετρήσεών του. Σ' αυτήν την περίπτωση και πάλι διασφαλίζεται η ανωνυμία των εθελοντών καθώς για τον προσδιορισμό του κάθε εθελοντή χρησιμοποιείται το μοναδικό αναγνωριστικό που χαρακτηρίζει το κινητό του τηλέφωνο και έχει αποκτήσει κατά την εγκατάσταση της εφαρμογής. Στο σχήμα 5.18 δίνεται ένα παράδειγμα της συνεισφοράς των χρηστών για ένα από τα πειράματα που διεξάγαμε.



Σχήμα 5.18: Συνεισφορά εθελοντών στο πείραμα.

5.2.7.5 Εμβλήματα εθελοντών στο πείραμα

Σε δεύτερο επίπεδο μπορεί ο διοργανωτής να ελέγξει και τα εμβλήματα (badges) που έχει κερδίσει ο κάθε εθελοντής του πειράματος. Προς το παρόν υπάρχουν δύο είδη εμβλημάτων που μπορούν να κερδίσουν οι εθελοντές αλλά υπάρχει στόχος να εμπλουτιστούν μελλοντικά. Αυτό έχει να κάνει με την ημερήσια συνεισφορά τους στο πείραμα. Οπότε τα δύο είδη εμβλημάτων που υπάρχουν αφορούν:

- Συνεισφορά 200 μετρήσεων σε διάστημα μιας ημέρας.
- Συνεισφορά 1000 μετρήσεων σε διάστημα μιας ημέρας.

Η ύπαρξη των εμβλημάτων έχει τον χαρακτήρα της επιβράβευσης των εθελοντών για την προσφορά τους στο πείραμα. Η μελλοντική αντιστοίχηση του κάθε εμβλήματος με κάποιο πραγματικό χρηματικό έπαθλο ή δώρο θα δίνει και την έμπρακτη επιβράβευση στους εθελοντές αλλά και επιπλέον κίνητρο να συνεχίσουν την προσφορά τους σε αυτό και σε επόμενα πειράματα.

Στο σχήμα 5.19 εμφανίζονται τα εμβλήματα που έχει κερδίσει ένας εθελοντής. Δίπλα σε κάθε έμβλημα εμφανίζεται η κατηγορία στην οποία ανήκει αλλά και η ημερομηνία στην οποία το απέκτησε ο εθελοντής.

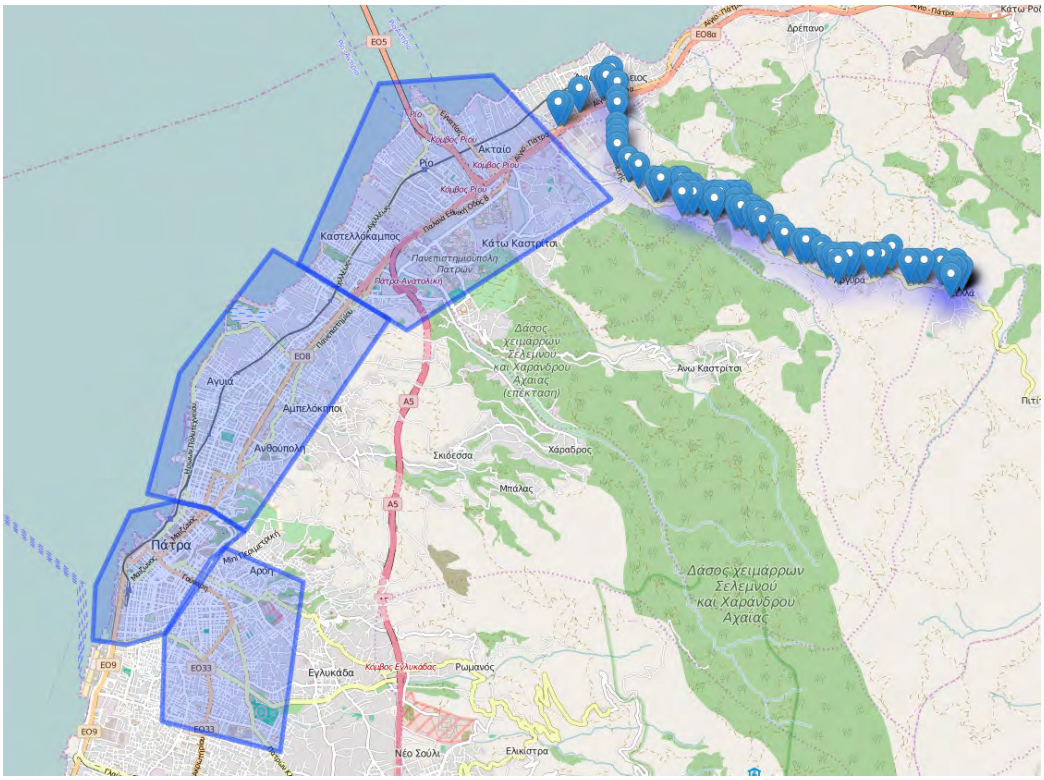
User Badges for Experiment "Noise Monitor 2"

Badges	Type	Time
1	200 daily measurements	3/10/2016, 6:09:50 PM
2	200 daily measurements	3/11/2016, 11:53:47 PM
3	200 daily measurements	3/12/2016, 12:43:47 PM
4	200 daily measurements	3/14/2016, 11:57:39 AM
5	200 daily measurements	3/17/2016, 2:46:01 PM
6	1000 daily measurements	3/10/2016, 9:03:05 PM

Σχήμα 5.19: Έμβλημα ενός εθελοντή στο πείραμα.

5.2.7.6 Μετρήσεις εκτός περιοχών ενδιαφέροντος

Όπως αναφέραμε σε προηγούμενη ενότητα ο διοργανωτής μιας πειραματικής διεργασίας έχει την δυνατότητα να μεταβεί στην σελίδα όπου γίνεται οπτικοποίηση των μετρήσεων που έχουν συγκεντρωθεί και βρίσκονται εκτός των περιοχών ενδιαφέροντος που έχει θέσει. Στο σχήμα 5.20 φαίνεται ένα παράδειγμα της σελίδας με τις μετρήσεις εκτός περιοχών ενδιαφέροντος. Έχοντας εικόνα για το που βρίσκονται οι μετρήσεις αυτές μπορεί να αποφασίσει να ανακαθορίσει τις περιοχές ενδιαφέροντος ώστε να συνυπολογίσει και αυτές τις μετρήσεις.



Σχήμα 5.20: Μετρήσεις εκτός περιοχών ενδιαφέροντος.

5.2.8 Στατιστικά Στοιχεία Πειράματος

Με την ολοκλήρωση ενός πειράματος ο διοργανωτής του έχει στην διάθεσή του όλα τα δεδομένα/μετρήσεις που συνέλεξαν οι εθελοντές που συμμετείχαν. Στο σημείο αυτό μπορεί να ξεκινήσει η στατιστική ανάλυση των μετρήσεων αυτών για την εξαγωγή συμπερασμάτων.

Σε πρώτη φάση αυτό που θα πρέπει να γίνει είναι να διαπιστωθεί αν οι μετρήσεις που έγιναν προσεγγίζουν τον επιθυμητό αριθμό που είχε οριστεί για κάθε περιοχή ενδιαφέροντος. Σε περίπτωση που οι μετρήσεις στην πλειοψηφία των περιοχών υπολείπεται κατά πολύ αυτού του αριθμού ίσως να μην έχει νόημα να γίνει κάποια ανάλυση καθώς υπάρχει έλλειψη δεδομένων. Σε αυτή την περίπτωση μια πιθανή λύση θα ήταν να επαναληφθεί το πείραμα δίνοντας επιπλέον κίνητρα σε εθελοντές για να συμμετέχουν και αναπροσαρμόζοντας το πλήθος των μετρήσεων που απαιτούνται αν είχε γίνει πολύ αισιόδοξη εκτίμηση την πρώτη φορά.

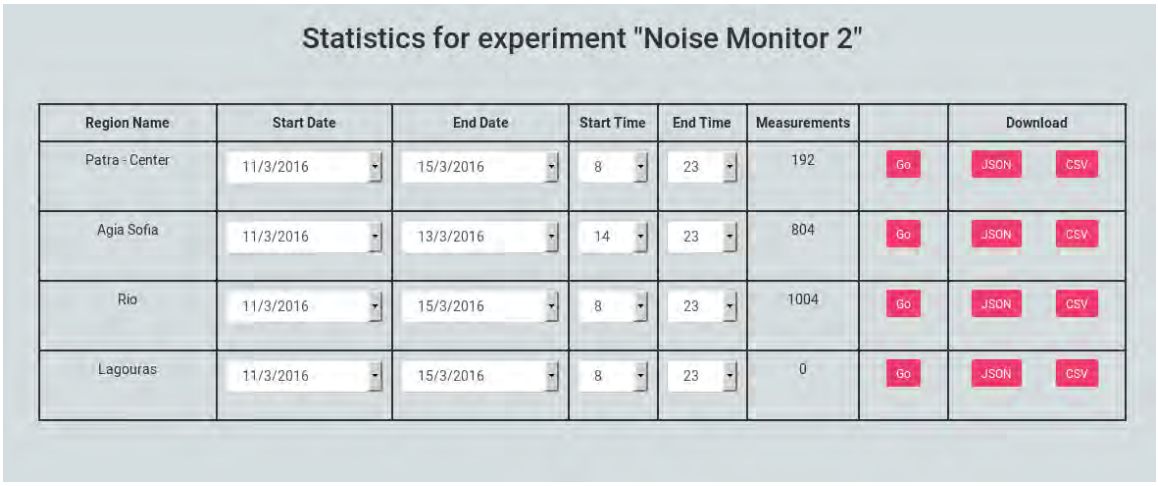
Αν ο αριθμός των δεδομένων είναι επαρκής μπορεί να προχωρήσει η διαδικασία της στατιστικής ανάλυσης. Έχει γίνει ήδη παρουσίαση της σελίδας του πειράματος και η σελίδα της κάθε περιοχής ενδιαφέροντος. Από τις συγκεκριμένες δύο σελίδες μπορούν να βγουν κάποια πρώτα σημαντικά στατιστικά στοιχεία.

Από την σελίδα του πειράματος μπορείς να εξάγεις κάποια γενικά συμπεράσματα σε πιο γενικό επίπεδο. Μπορείς να βρεις το συνολικό αριθμό μετρήσεων που συγκεντρώθηκαν καθώς και το πως διαχωρίζονται αυτές οι μετρήσεις εντός και εκτός περιοχών. Εδώ με βάση την αναλογία αυτή μπορεί να βγει ένα αρχικό συμπέρασμα για το πόσο είχαν επίγνωση οι εθελοντές για τις περιοχές ενδιαφέροντος και αν αυτή η γνώση επηρέασε την συμπεριφορά τους κατά την συμμετοχή στο πείραμα. Επίσης, μπορεί να διαπιστωθεί ποιες περιοχές είναι πιο δημοφιλής και πολυσύχναστες από τον πίνακα που αναλύει τις μετρήσεις ανά περιοχή.

Για πιο λεπτομερή ανάλυση της κάθε περιοχής ενδιαφέροντος υπάρχουν διαθέσιμα κάποια στοιχεία στην σελίδα της κάθε περιοχής. Από τον πίνακα με την ανάλυση ανά ώρα των μετρήσεων μπορεί να εξαχθεί συμπέρασμα για το ποιες είναι οι ώρες που παρατηρείται μεγαλύτερη κινητικότητα σε αυτές τις περιοχές. Εκμεταλλευόμενοι την ύπαρξη του χάρτη με τους markers μπορεί να γίνει ακόμα πιο αντιληπτό αυτό το γεγονός μέσω της οπτικοποίησής του.

Εκτός από αυτές τις δύο σελίδες της εφαρμογής Ιστού υπάρχει και άλλη μία σελίδα που μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν εργαλείο για την στατιστική ανάλυση. Η σελίδα αυτή παρουσιάζεται στο σχήμα 5.21. Στην συγκεκριμένη σελίδα εμφανίζεται μια λίστα με όλες τις περιοχές ενδιαφέροντος ενός πειράματος. Για κάθε μία εξ' αυτών ο χρήστης μπορεί να επιλέξει ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα σε επίπεδο ημερών και ωρών και η εφαρμογή αναλαμβάνει να του υπολογίσει τις μετρήσεις που πληρούν όλους τους περιορισμούς και έχουν συλλεχθεί μέσα στο συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Οι μέρες και οι ώρες που μπορεί να επιλέξει ο χρήστης δεν είναι αυθαίρετες. Καθορίζονται με βάση τους περιορισμούς που έχουν τεθεί για κάθε περιοχή κατά την διαδικασία δημιουργίας του πειράματος. Η συνεισφορά του συγκεκριμένου εργαλείου είναι πολύτιμη καθώς μπορεί εύκολα να υπολογισθεί μέσα σε οποιοδήποτε εύρος το πλήθος των μετρήσεων. Έτσι μπορεί να διαπιστωθεί ποια χρονικά διαστήματα υπήρχε μεγαλύτερη συμμετοχή στο πείραμα, αν η συμμετοχή αυξανόταν ή μειωνόταν όσο

το πείραμα εξελισσόταν και διάφορα άλλα συμπεράσματα παρόμοιας λογικής.



Σχήμα 5.21: Στατιστικά πειράματος με χρήση μεταβλητών παραμέτρων.

Όλα τα παραπάνω δεδομένα που παρουσιάσαμε σου δίνουν την δυνατότητα να βγάλεις πολλά και διαφορετικά συμπεράσματα από το πείραμα. Αφορούν όμως συμπεράσματα που έχουν να κάνουν με την συμπεριφορά των χρηστών και την δημοφιλία που έχει κάθε περιοχή. Δεν προσφέρουν κανένα όμως στοιχείο για αυτή καθ' αυτήν την μετρούμενη ποσότητα που αφορά το πείραμα (πλην των markers στην σελίδα του πειράματος που έχει πληροφορία για την μέτρηση στο συγκεκριμένο σημείο). Όπως για παράδειγμα το πείραμα με την μέτρηση των επιπέδων θορύβου που χρησιμοποιήσαμε παραπάνω για την παρουσίαση της εφαρμογής Ιστού. Η εφαρμογή δίνει ωστόσο την δυνατότητα να κατεβάσει ο χρήστης `JSON` ή `CSV` αρχεία σε διάφορα επίπεδα όπου εκεί υπάρχει πληροφορία για την μετρούμενη ποσότητα. Τα αρχεία αυτά μπορούν να περιέχουν μετρήσεις σε επίπεδο ολόκληρου του πειράματος, μια συγκεκριμένης περιοχής ενός πειράματος και επίσης και μέσα στο χρονικό διάστημα που έχει επιλεγεί από την σελίδα των στατιστικών που παρουσιάστηκε παραπάνω. Η μορφή των αρχείων αυτών είναι η εξής:

- timestamp: Η χρονική στιγμή που έλαβε χώρα η μέτρηση.
- longitude: Γεωγραφικό μήκος που έγινε η μέτρηση.
- latitude: Γεωγραφικό πλάτος που έγινε η μέτρηση.
- results: Η τιμή της μετρούμενης ποσότητας (μπορεί να είναι και παραπάνω από μία).

Κάθε εγγραφή στα αρχεία μπορεί να αναφέρεται και σε παραπάνω από μία μέτρηση αν παίρνονται ταυτόχρονα πολλές μετρήσεις στο ίδιο σημείο από ένα σύνολο εθελοντών. Σε αυτή την περίπτωση η τιμή στο πεδίο results είναι ο μέσος όρος όλων των μετρήσεων που αφορούν την συγκεκριμένη χωροχρονική στιγμή.

Χρησιμοποιώντας τα αρχεία αυτά ο διοργανωτής μπορεί να προχωρήσει σε στατιστική ανάλυση που θα συμπεριλαμβάνει και την μετρούμενη ποσότητα του πειράματος.

5.3 Παρουσίαση των υπηρεσιών Ιστού

5.3.1 Γενικά

Στην ενότητα αυτή θα παρουσιαστούν οι διάφορες υπηρεσίες που υλοποιούνται για να εξυπηρετήσουν τις λειτουργίες της εφαρμογής Ιστού και της εφαρμογής για έξυπνα κινητά τηλέφωνα. Θα γίνει η παρουσίασή τους διαχωρίζοντας της σε επιμέρους κλάσεις υπηρεσιών με βάση την συνεισφορά τους στην διεξαγωγή του συνόλου των ενεργειών που εντάσσονται στα πλαίσια της πειραματικής διαδικασίας.

Η υλοποίηση των υπηρεσιών Ιστού βασίζεται στην δημοφιλή αρχιτεκτονική Representational state transfer - REST η οποία είναι η αρχιτεκτονική πάνω στην οποία βασίζεται ο Παγκόσμιος Ιστός. Στόχος της είναι να αυξήσει την απόδοση, την επεκτασιμότητα, την μεταφερσιμότητα και την αξιοπιστία των παρεχόμενων υπηρεσιών. Κάποιες από τις βασικές αρχές που εισάγει είναι οι παρακάτω.

- Υιοθέτηση του μοντέλου πελάτη-εξυπηρετητή.
- Μη διατήρηση της κατάστασης των αλληλεπιδράσεων μεταξύ πελάτη-εξυπηρετητή.
- Χρήση της τεχνικής της κρυφής μνήμης μέσω της ύπαρξης ενδιάμεσων εξυπηρετητών.
- Χρήστη του δημοφιλούς πρωτοκόλλου HTTP.
- Ταυτοποίηση των πόρων που ζητούνται με την χρήση ομοιόμορφων αναγνωριστικών των πόρων (Uniform Resource Identifiers - URIs).
- Χρήση των τύπων δεδομένων του Διαδικτύου για την αναπαράσταση των δεδομένα.

Υπηρεσίες που υλοποιούνται με βάση αυτές τις αρχές που ορίζει η REST αρχιτεκτονική ονομάζονται Restful υπηρεσίες. Σε αυτήν την κατηγορία υπηρεσιών ανήκουν και οι υπηρεσίες Ιστού που υλοποιήθηκαν για τις ανάγκες του συστήματός μας.

5.3.2 Ανάλυση υπηρεσιών

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζουμε τις διάφορες κλάσεις υπηρεσιών που έχουν δημιουργηθεί. Όλες οι κλήσεις στις διάφορες υπηρεσίες γίνονται με την μορφή αιτημάτων που βασίζονται στο πρωτόκολλο HTTP. Η κλήση της κάθε υπηρεσίας γίνεται με την κατάλληλη επιλογή της λειτουργίας και συμπεριλαμβάνεται στο αντίστοιχο αίτημα. Παρακάτω παρουσιάζουμε τις διάφορες λειτουργίες ανά κλάση υπηρεσιών μαζί με μια συνοπτική περιγραφή για την καθεμία.

Στον πίνακα 5.1 παρουσιάζονται οι υπηρεσίες της κλάσης experiment που αφορούν υπηρεσίες σχετικά με την διαχείριση των πειραμάτων.

Λειτουργία	**Περιγραφή**
GET /experiment	Ανάκτηση λίστας όλων των διαθέσιμων πειραμάτων
POST /experiment	Δημιουργία ενός νέου πειράματος
GET /experiment/{experiment_id}	Ανάκτηση ενός συγκεκριμένου πειράματος
POST /experiment/{experiment_id}	Ενημέρωση των στοιχείων ενός υπάρχοντος πειράματος
DELETE /experiment/{experiment_id}	Διαγραφή ενός συγκεκριμένου πειράματος
GET /experiment/data/{experiment_id}	Ανάκτηση όλων των μετρήσεων που έχουν συλλεχθεί για το συγκεκριμένο πείραμα
GET /experiment/data/{experiment_id}/hour	Ανάκτηση όλων των μετρήσεων που έχουν συλλεχθεί για το συγκεκριμένο πείραμα ομαδοποιημένα ανά ώρα της ημέρας
GET /entities/{entity_id}/readings	Ανάκτηση όλων των μετρήσεων που παρήγαγε η συγκεκριμένη οντότητα για το συγκεκριμένο πείραμα

Πίνακας 5.1: Υπηρεσίες της κλάσης experiment

Στον πίνακα 5.2 παρουσιάζονται οι υπηρεσίες της κλάσης plugin που αφορούν υπηρεσίες σχετικά με την διαχείριση των επεκτάσεων αισθητήρων.

Λειτουργία	**Περιγραφή**
GET /plugin	Ανάκτηση λίστας όλων των επεκτάσεων αισθητήρων
POST /plugin	Δημιουργία μιας νέας επέκτασης αισθητήρα
GET /plugin/{plugin_id}	Ανάκτηση μιας συγκεκριμένης επέκτασης αισθητήρα
POST /plugin/{plugin_id}	Ενημέρωση μιας συγκεκριμένης επέκτασης αισθητήρα
DELETE /plugin/{plugin_id}	Διαγραφή μιας συγκεκριμένης επέκτασης αισθητήρα

Πίνακας 5.2: Υπηρεσίες της κλάσης plugin

Στον πίνακα 5.3 παρουσιάζονται οι υπηρεσίες της κλάσης smartphone που αφορούν υπηρεσίες σχετικά με την διαχείριση των έξυπνων κινητών τηλεφώνων των εθελοντών.

Λειτουργία	**Περιγραφή**
POST /smartphone	Προσθήκη νέας συσκευής έξυπνου κινητού τηλεφώνου στην πλατφόρμα
GET /smartphone/{smartphone_id}/statistics	Ανάκτηση συνολικών στατιστικών στοιχείων για την συγκεκριμένη συσκευή
GET /smartphone/{smartphone_id}/statistics /{experiment_id}	Ανάκτηση στατιστικών στοιχείων για ένα συγκεκριμένο πείραμα για την συγκεκριμένη συσκευή
GET /smartphone/{smartphone_id}/time	Ανάκτηση συνολικής ώρας συμμετοχής του χρήστη της συγκεκριμένης συσκευής για όλα πειράματα.
GET /smartphone/{smartphone_id}/time/ {experiment_id}	Ανάκτηση ώρας συμμετοχής του χρήστη της συγκεκριμένης συσκευής για ένα συγκεκριμένο πείραμα.
GET /smartphone/{smartphone_id}/badge	Ανάκτηση όλων των εμβλημάτων που έχει κερδίσει ο χρήστης της συγκεκριμένης συσκευής από όλα τα πειράματα
GET /smartphone/{smartphone_id}/badge/ {experiment_id}	Ανάκτηση όλων των εμβλημάτων που έχει κερδίσει ο χρήστης της συγκεκριμένης συσκευής για ένα συγκεκριμένο πείραμα

Πίνακας 5.3: Υπηρεσίες της κλάσης smartphone

Στον πίνακα 5.4 παρουσιάζονται οι υπηρεσίες της κλάσης ranking που αφορούν υπηρεσίες σχετικά με την κατάταξη των εθελοντών από την συμμετοχή τους στα διάφορα πειράματα.

Λειτουργία	**Περιγραφή**
GET /ranking ή /rankings	Ανάκτηση της κατάταξης των εθελοντών συνολικά για όλα τα πειράματα που έχουν διεξαχθεί με βάση το πλήθος των μετρήσεων που συνέλεξαν
GET /ranking/{experiment_id}	Ανάκτηση της κατάταξης των εθελοντών σε ένα συγκεκριμένο πείραμα με βάση το πλήθος των μετρήσεων που συνέλεξαν

Πίνακας 5.4: Υπηρεσίες της κλάσης ranking

Στον πίνακα 5.5 παρουσιάζονται οι υπηρεσίες της κλάσης contact που αφορούν υπηρεσίες σχετικά με την κατάταξη των εθελοντών από την συμμετοχή τους στα διάφορα πειράματα.

Λειτουργία	**Περιγραφή**
POST /contact/experiment{experiment_id}	Αποστολή μηνύματος ανάδρασης σε όλους τους συμμετέχοντες του συγκεκριμένου πειράματος.
POST /contact/smartphone{smartphone_id}	Αποστολή μηνύματος ανάδρασης σε ένα συγκεκριμένο εθελοντή.

Πίνακας 5.5: Υπηρεσίες της κλάσης contact

Στον πίνακα 5.6 παρουσιάζονται οι υπηρεσίες της κλάσης data που αφορούν υπηρεσίες σχετικά με την αποστολή των μετρήσεων από την εφαρμογή για έξυπνα κινητά τηλέφωνα.

Λειτουργία	**Περιγραφή**
POST /data	Αποστολή μετρήσεων που βρίσκονται σε κατάσταση “εκκρεμεί" για αποστολή.

Πίνακας 5.6: Υπηρεσίες της κλάσης data

Κεφάλαιο 6

Πειραματικά αποτελέσματα

6.1 Περιβάλλον φιλοξενίας της εφαρμογής και των υπηρεσιών Ιστού

Τόσο η εφαρμογή όσο και οι υπηρεσίες Ιστού φιλοξενούνται σε μια εικονική μηχανή (virtual machine) η οποία υποστηρίζεται από την δημοφιλή διανομή του Linux CentOS 6.3 με 64-bit αρχιτεκτονική. Η εικονική μηχανή έχει πρόσβαση σε δύο επεξεργαστές Intel Xeon E312 @ 2.50GHz, 4 GB κύριας μνήμης και 10 GB SSD σκληρό δίσκο για την ταχύτερη ανάγνωση και εγγραφή δεδομένων από αυτόν. Επίσης έχει εγκατεστημένη Java 8 στο update 60. Η εφαρμογή για έξυπνα κινητά τηλέφωνα εκτελείται στις Andoid συσκευές που διαθέτουν οι εθελοντές των πειραμάτων.

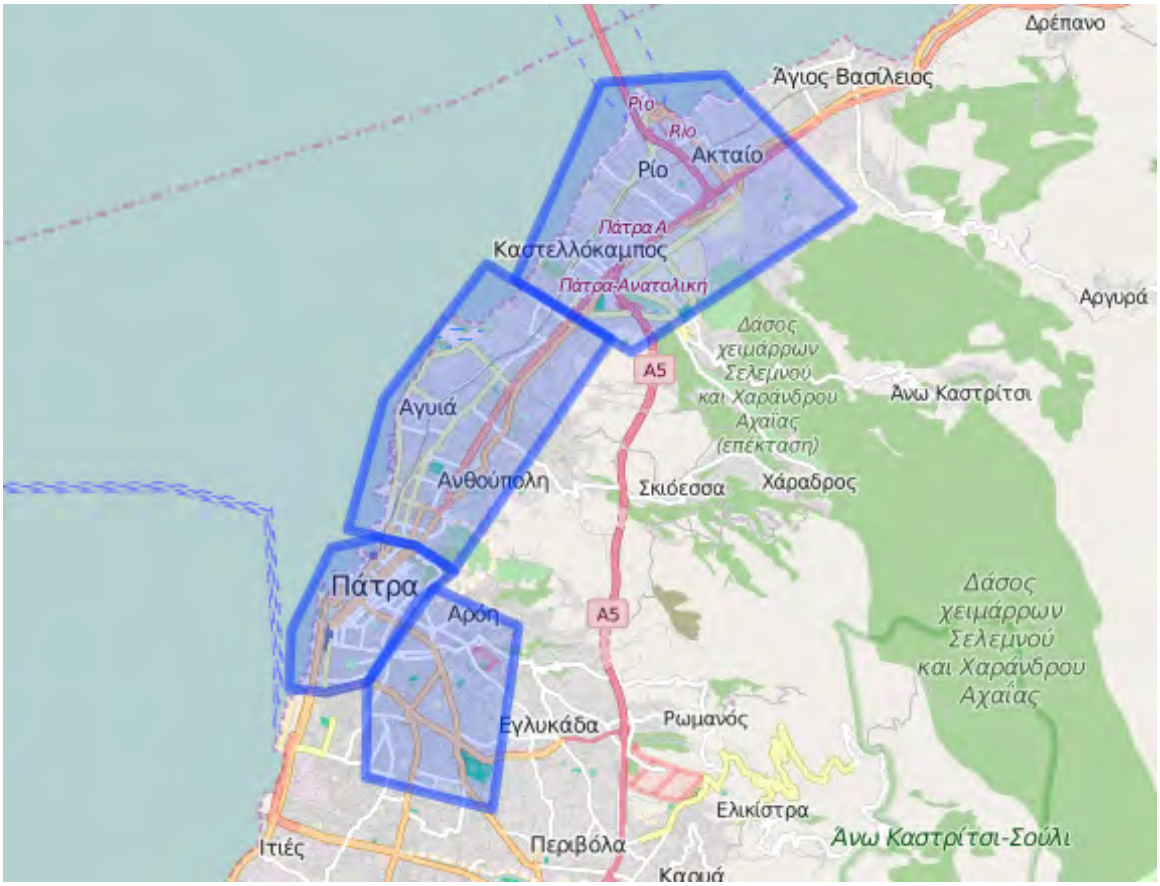
6.2 Παρουσίαση Πειραμάτων

Στις επόμενες ενότητες θα παρουσιάσουμε 3 πειραματικές διεργασίες που διεξήχθησαν κάνοντας χρήση του συστήματός μας. Για κάθε πειραματική διεργασία θα προσδιορίσουμε τις περιοχές ενδιαφέροντος που θέσαμε μαζί με τις αντίστοιχες προδιαγραφές που πρέπει να πληρούν. Στην συνέχεια αναλύουμε και αξιολογούμε τα πειραματικά αποτελέσματα που συγκεντρώθηκαν.

6.2.1 Πείραμα μέτρησης επιπέδων θορύβου - Πάτρα

6.2.1.1 Δεδομένα δοκιμών

Στο σχήμα 6.1 εμφανίζονται οι περιοχές ενδιαφέροντος στην πόλη της Πάτρας για τις οποίες ενδιαφερόμαστε να μετρήσουμε τα επίπεδα του θορύβου. Στον πίνακα 6.1 παρουσιάζονται οι χρονικοί περιορισμοί που πρέπει να πληρούν οι μετρήσεις που συγκεντρώθηκαν στα πλαίσια του πειράματος μέτρησης θορύβου στην Πάτρα έτσι ώστε να συνυπολογιστούν στην εξαγωγή των συμπερασμάτων. Στον πίνακα 6.2 εμφανίζονται οι προδιαγραφές κάλυψης για κάθε περιοχή. Για την ανάγκες των μετρήσεων του πειράματος χρησιμοποιήθηκαν ο αισθητήρας εντοπισμού θέσης και ο αισθητήρας μέτρησης θορύβου.



Σχήμα 6.1: Περιοχές ενδιαφέροντος πειράματος μέτρησης θορύβου (Πάτρα).

	Πάτρα-Κέντρο	**Αγία Σοφία**	**Ρίο**	**Λάγγουρας**
Ημ/νία Έναρξης	11/03/2016	11/03/2016	11/03/2016	11/03/2016
Ημ/νία Λήξης	15/03/2016	15/03/2016	15/03/2016	15/03/2016
Ώρα Έναρξης	08:00	08:00	08:00	08:00
Ώρα Λήξης	23:00	23:00	23:00	23:00

Πίνακας 6.1: Χρονικοί περιορισμοί μετρήσεων

	Πάτρα-Κέντρο	**Αγία Σοφία**	**Ρίο**	**Λάγγουρας**
Ελάχιστο πλήθος μετρήσεων	1000	1000	1000	1000
Επιθυμητό πλήθος μετρήσεων	10000	10000	10000	10000
Προτεραιότητα	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή	Χαμηλή

Πίνακας 6.2: Προδιαγραφές κάλυψης περιοχών

6.2.1.2 Πειραματικά αποτελέσματα και αξιολόγηση

Στην παρούσα ενότητα παρουσιάζουμε τα αποτελέσματα από την διεξαγωγή της πειραματικής διεργασίας για την μέτρηση των επιπέδων θορύβου στην πόλη της Πάτρας.

Στον πίνακα 6.3 παρουσιάζονται κάποια συνολικά στατιστικά στοιχεία σχετικά με τις μετρήσεις που συγκεντρώθηκαν στα πλαίσια του πειράματος.

Συνολικός αριθμός μετρήσεων	5516
Μετρήσεις εντός χωροχρονικών περιορισμών	3717
Μετρήσεις εκτός χωρικών περιορισμών	0
Μετρήσεις εκτός χρονικών περιορισμών	1799

Πίνακας 6.3: Συνολικά στατιστικά μετρήσεων πειράματος.

Στον πίνακα 6.4 απεικονίζονται οι μετρήσεις που συγκέντρωσε ο κάθε εθελοντής από την συμμετοχή του στο πείραμα. Το πλήθος των μετρήσεων αφορά το σύνολο των μετρήσεων που συνεισέφερε ο κάθε εθελοντής ανεξάρτητα από το αν είναι μέσα στις περιοχές ενδιαφέροντος ή αν πληρούν τους χρονικούς περιορισμούς.

Χρήστης	**Συνεισφορά μετρήσεων**
# 1	3300
# 2	884
# 3	850
# 4	457
# 5	25

Πίνακας 6.4: Συνολική συνεισφορά μετρήσεων εθελοντών στο πείραμα.

Στον πίνακα 6.5 απεικονίζονται οι μετρήσεις που συγκεντρώθηκαν ανά περιοχή ενδιαφέροντος και το αντίστοιχο ποσοστό κάλυψης που επιτεύχθηκε σε σχέση με το ελάχιστο ζητούμενο αριθμό μετρήσεων σε κάθε περιοχή.

	Πάτρα-Κέντρο	**Αγία Σοφία**	**Ρίο**	**Λάγγουρας**
Πλήθος μετρήσεων	192	2520	1005	0
Ποσοστό κάλυψης	19.2%	252.0%	105.0%	0%

Πίνακας 6.5: Αριθμός μετρήσεων και ποσοστό κάλυψης ανά περιοχή

Στον πίνακα 6.6 απεικονίζονται οι πιο δημοφιλείς ώρες ανά περιοχή ενδιαφέροντος. Αναφέρεται το πλήθος των μετρήσεων στα χρονικό διάστημα αυτό και το αντίστοιχο ποσοστό που καταλαμβάνει οι μετρήσεις αυτές στο σύνολο των μετρήσεων της περιοχής.

	Πάτρα-Κέντρο	**Αγία Σοφία**	**Ρίο**	**Λάγγουρας**
Δημοφιλέστερη ώρα	12:00-13:00	10:00-11:00	13:00-14:00	-
Πλήθος μετρήσεων	127	509	189	-
Ποσοστό κάλυψης	66.15%	20.20%	18.81%	-

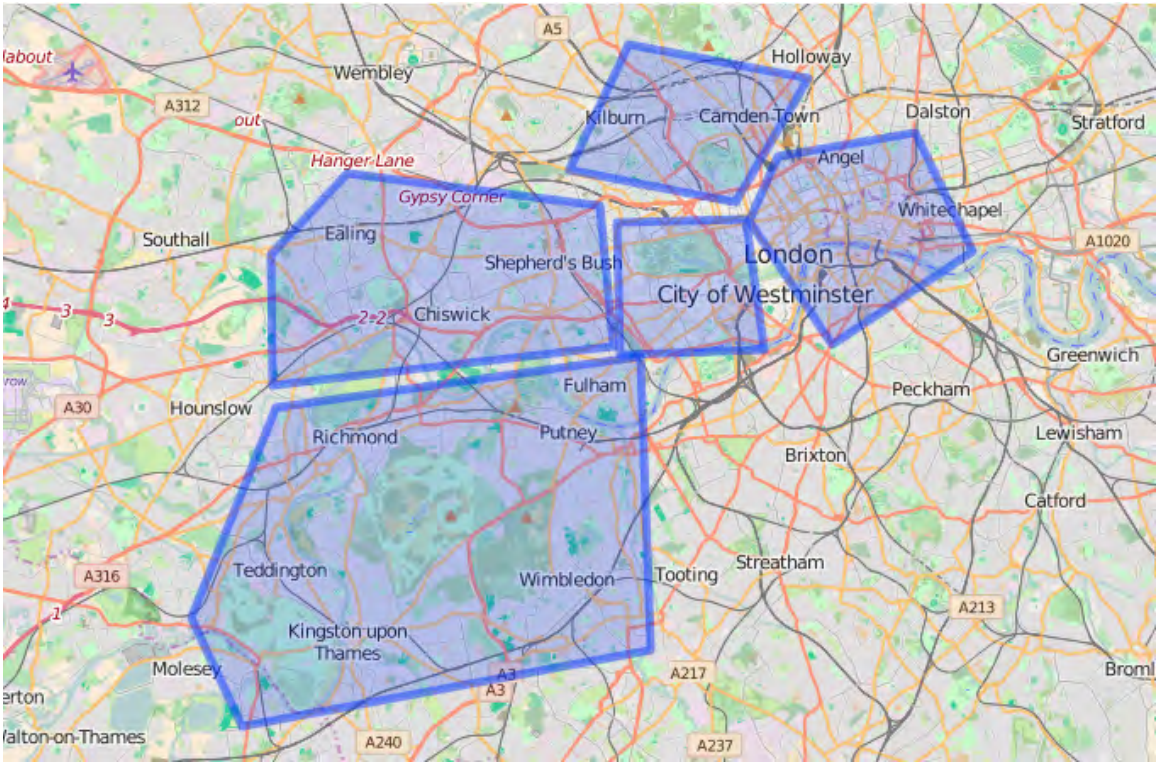
Πίνακας 6.6: Δημοφιλέστερες ώρες ανά περιοχή

Από τα παραπάνω στατιστικά στοιχεία που παρουσιάστηκαν για το πείραμα της μέτρησης θορύβου βλέπουμε ότι για τις περιοχές της Αγίας Σοφίας και του Ρίου είχαμε επαρκή κάλυψη ενώ παρατηρούμε ότι έχουμε μειωμένη κάλυψη στην περιοχή του κέντρου της πόλης και μηδενική κάλυψη στην περιοχή του Λάγγουρα. Από αυτό μπορούμε να αντιληφθούμε ότι οι εθελοντές μας κινήθηκαν περισσότερο στις περιοχές της Αγίας Σοφίας και του Ρίου για τα χρονικά διαστήματα που όριζαν οι προδιαγραφές του πειράματος. Από τον αριθμό των μετρήσεων που ήταν εκτός χρονικών περιορισμών διαπιστώνουμε ότι οι εθελοντές είχαν μια σχετική γνώση σχετικά με τις ώρες και τις μέρες ενδιαφέροντος διεξαγωγής του πειράματος αφού το 67.3% των μετρήσεων ήταν εντός χρονικών περιορισμών. Ωστόσο, μπορούσε να επιτευχθεί καλύτερο αποτέλεσμα με την καλύτερη ενημέρωση των εθελοντών μέσω κατάλληλων μηνυμάτων ανάδρασης. Όσον αφορά τους χωρικούς περιορισμούς βλέπουμε ότι δεν είχαμε καθόλου μετρήσεις εκτός περιοχών ενδιαφέροντος, γεγονός που μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι οι εθελοντές είχαν πολλή καλή πληροφόρηση σχετικά με τις περιοχές που διεξάγεται το πείραμα. Σχετικά με την συνεισφορά των εθελοντών στο πείραμα παρατηρούμε ότι το μεγαλύτερο ποσοστό συνεισφοράς προέρχεται από έναν χρήστη ενώ οι υπόλοιποι κινήθηκαν σε χαμηλότερα επίπεδα συλλογής μετρήσεων.

6.2.2 Πείραμα μέτρησης επιπέδων θορύβου - Λονδίνο

6.2.2.1 Δεδομένα δοκιμών

Στο σχήμα 6.2 εμφανίζονται οι περιοχές ενδιαφέροντος στην πόλη του Λονδίνου για τις οποίες ενδιαφερόμαστε να μετρήσουμε τα επίπεδα του θορύβου. Στον πίνακα 6.7 παρουσιάζονται οι χρονικοί περιορισμοί που πρέπει να πληρούν οι μετρήσεις που συγκεντρώθηκαν στα πλαίσια του πειράματος μέτρησης θορύβου στο Λονδίνο έτσι ώστε να συνυπολογιστούν στην εξαγωγή των συμπερασμάτων. Στον πίνακα 6.8 εμφανίζονται οι προδιαγραφές κάλυψης για κάθε περιοχή. Για την ανάγκες των μετρήσεων του πειράματος χρησιμοποιήθηκαν ο αισθητήρας εντοπισμού θέσης και ο αισθητήρας μέτρησης θορύβου.



Σχήμα 6.2: Περιοχές ενδιαφέροντος πειράματος μέτρησης θορύβου (Λονδίνο).

	Imperial College	FCC UCL	Camden	West	West-South
Ημ/νία Έναρξης	06/05/2016	06/05/2016	06/05/2016	06/05/2016	06/05/2016
Ημ/νία Λήξης	16/05/2016	16/05/2016	16/05/2016	16/05/2016	16/05/2016
Ώρα Έναρξης	07:00	07:00	07:00	07:00	07:00
Ώρα Λήξης	21:00	21:00	21:00	21:00	21:00

Πίνακας 6.7: Χρονικοί περιορισμοί μετρήσεων

	Imperial College	FCC UCL	Camden	West	West-South
Ελάχιστο πλήθος μετρήσεων	500	500	500	500	500
Επιθυμητό πλήθος μετρήσεων	1500	1500	1500	1500	1500
Προτεραιότητα	Μεσαία	Μεσαία	Μεσαία	Μεσαία	Μεσαία

Πίνακας 6.8: Προδιαγραφές κάλυψης περιοχών

6.2.2.2 Πειραματικά αποτελέσματα και αξιολόγηση

Στην παρούσα ενότητα παρουσιάζουμε τα αποτελέσματα από την διεξαγωγή της πειραματικής διεργασίας για την μέτρηση των επιπέδων θορύβου στην πόλη του Λονδίνου.

Στον πίνακα 6.9 παρουσιάζονται κάποια συνολικά στατιστικά στοιχεία σχετικά με τις μετρήσεις που συγκεντρώθηκαν στα πλαίσια του πειράματος.

Συνολικός αριθμός μετρήσεων	15230
Μετρήσεις εντός χωροχρονικών περιορισμών	2113
Μετρήσεις εκτός χωρικών περιορισμών	367
Μετρήσεις εκτός χρονικών περιορισμών	12750

Πίνακας 6.9: Συνολικά στατιστικά μετρήσεων πειράματος.

Στον πίνακα 6.10 απεικονίζονται οι μετρήσεις που συγκέντρωσε ο κάθε εθελοντής από την συμμετοχή του στο πείραμα. Το πλήθος των μετρήσεων αφορά το σύνολο των μετρήσεων που συνεισέφερε ο κάθε εθελοντής ανεξάρτητα από το αν είναι μέσα στις περιοχές ενδιαφέροντος ή αν πληρούν τους χρονικούς περιορισμούς.

Χρήστης	Συνεισφορά μετρήσεων
# 1	14421
# 2	355
# 3	305
# 4	149
# 5	2

Πίνακας 6.10: Συνολική συνεισφορά μετρήσεων εθελοντών στο πείραμα.

Στον πίνακα 6.11 απεικονίζονται οι μετρήσεις που συγκεντρώθηκαν ανά περιοχή ενδιαφέροντος και το αντίστοιχο ποσοστό κάλυψης που επιτεύχθηκε σε σχέση με το ελάχιστο ζητούμενο αριθμό μετρήσεων σε κάθε περιοχή.

	Imperial College	FCC UCL	Camden	West	West-South
Πλήθος μετρήσεων	226	306	0	220	1360
Ποσοστό κάλυψης	45.25%	61.20%	0%	44%	272%

Πίνακας 6.11: Αριθμός μετρήσεων και ποσοστό κάλυψης ανά περιοχή

Στον πίνακα 6.12 απεικονίζονται οι πιο δημοφιλείς ώρες ανά περιοχή ενδιαφέροντος. Αναφέρεται το πλήθος των μετρήσεων στα χρονικό διάστημα αυτό και το αντίστοιχο ποσοστό που καταλαμβάνει οι μετρήσεις αυτές στο σύνολο των μετρήσεων της περιοχής.

	Imperial College	FCC UCL	Camden	West	West-South
Δημοφιλέστερη ώρα	18:00-19:00	16:00-15:00	-	17:00-18:00	18:00-19:00
Πλήθος μετρήσεων	129	251	-	108	1360
Ποσοστό κάλυψης	57.08%	82.03%	-	49.09%	46.69%

Πίνακας 6.12: Δημοφιλέστερες ώρες ανά περιοχή

Από τα παραπάνω στατιστικά στοιχεία που παρουσιάστηκαν για το πείραμα της μέτρησης θορύβου στο Λονδίνο βλέπουμε ότι έχουμε επαρκή κάλυψη για την νοτιοδυτική πλευρά του κέντρου του Λονδίνου ενώ η κάλυψη βρίσκεται γύρω στο 50% για την δυτική πλευρά του κέντρου του Λονδίνου, στο Imperial College και στο FCC UCL. Για την περιοχή του Camden δεν λάβαμε καμία μέτρηση. Από τα επίπεδα κάλυψης που καταγράφηκαν μπορούμε να αντιληφθούμε ότι οι εθελοντές κινήθηκαν κυρίως στην περιοχή νοτιοδυτικά του κέντρου του Λονδίνου και λιγότερο στις περιοχές του Imperial College και του FCC UCL καθώς επίσης και στη δυτική πλευρά του κέντρου του Λονδίνου. Από

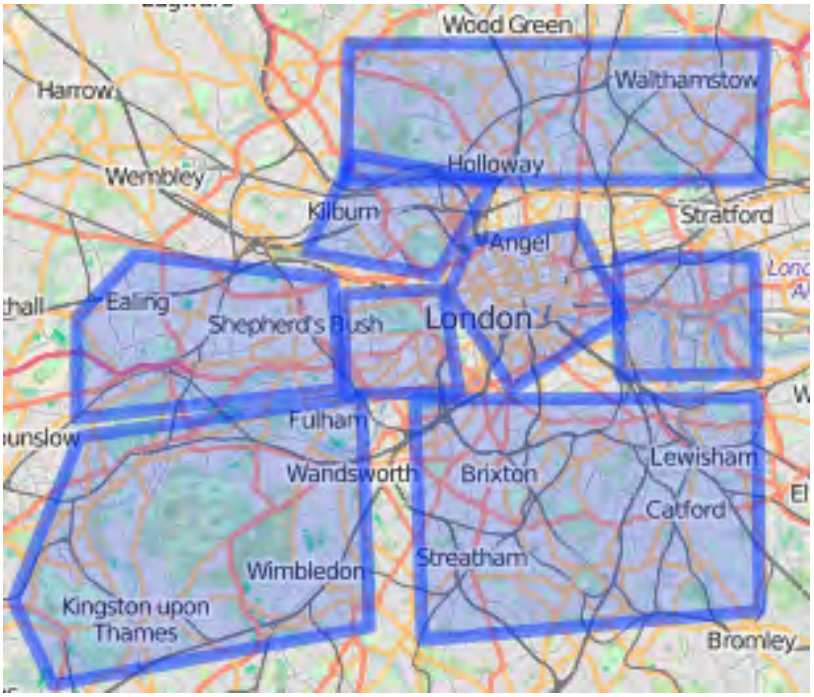
τον αριθμό των μετρήσεων που ήταν εκτός χρονικών περιορισμών διαπιστώνουμε ότι οι εθελοντές είχαν πολύ μικρή γνώση σχετικά με τις ώρες και τις μέρες ενδιαφέροντος διεξαγωγής του πειράματος αφού μόλις το 16.7% των μετρήσεων ήταν εντός χρονικών περιορισμών. Μπορούσε να αντιληφθούμε από το συγκεκριμένο πείραμα πόσο σημαντικό ρόλο παίζουν τα μηνύματα ανάδρασης από τους διοργανωτές του πειράματος ώστε να καθοδηγήσουν τους εθελοντές να πάρουν μετρήσεις που συμβαδίζουν με τους περιορισμούς που έχουν τεθεί. Όσον αφορά τους χωρικούς περιορισμούς βλέπουμε ότι είχαμε ένα μικρό ποσοστών που ενώ είναι μέσα στα χρονικά διαστήματα που είχαν καθοριστεί δεν ήταν μέσα στις περιοχές ενδιαφέροντος, γεγονός που μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι οι εθελοντές είχαν αρκετά καλή πληροφόρηση σχετικά με τις περιοχές που διεξάγεται το πείραμα. Αναφορικά με τις δημοφιλέστερες ώρες μέσα στην μέρα όπου συγκεντρώθηκαν οι περισσότερες μετρήσεις βλέπουμε ότι αφορούν ώρες από τις 4 έως τις 7 το απόγευμα. Αυτό μας οδηγεί να υποθέσουμε ότι οι περισσότεροι χρήστες επιλέγουν τις συγκεκριμένες ώρες για να συλλέξουν δεδομένα ίσως στο δρόμο φεύγοντας από την δουλειά τους.

6.2.3 Πείραμα εντοπισμού σημείων πρόσβασης WiFi σε Λονδίνο-Σανταντέρ-Πάτρα

Κατά την διάρκεια συγγραφής της διπλωματικής εργασίας βρίσκεται σε εξέλιξη ένα νέο πείραμα το οποίο έχει σκοπό τον εντοπισμό των σημείων πρόσβασης WiFi σε 3 διαφορετικές πόλεις. Η διεξαγωγή του πειράματος γίνεται στο Λονδίνο της Αγγλίας, στο Σανταντέρ της Ισπανίας και στην πόλη της Πάτρας. Το συγκεκριμένο πείραμα φιλοδοξεί να αντιμετωπίσει διάφορες νέες προκλήσεις που εισάγονται όπως η ταυτόχρονη διεξαγωγή πειραματικών διεργασιών σε διαφορετικά γεωγραφικά σημεία και η εμπλοκή μεγαλύτερου αριθμού εθελοντών στην συγκέντρωση μετρήσεων. Την παρούσα χρονική στιγμή η πειραματική διεργασία διανύει την πέμπτη ημέρα από τις συνολικές δεκατρείς ημέρες που είναι προγραμματισμένο να διαρκέσει το πείραμα. Στην συνέχεια θα παρουσιάσουμε αναλυτικά τις περιοχές ενδιαφέροντος που έχουν επιλεγεί για τις συγκεκριμένες 3 πόλεις μαζί με το σύνολο των επιπλέον περιορισμών που έχουν τεθεί. Θα γίνει ανάλυση, επίσης, και των μετρήσεων που έχουν συγκεντρωθεί για την δεδομένη χρονική στιγμή διεξαγωγής της πειραματικής διεργασίας. Για τις ανάγκες του πειράματος χρησιμοποιήθηκαν ο αισθητήρας εντοπισμού θέσης και ο αισθητήρας εντοπισμού ασύρματων δικτύων WiFi.

6.2.3.1 Δεδομένα δοκιμών

Στα σχήματα 6.3, 6.4, 6.5 απεικονίζονται οι περιοχές ενδιαφέροντος για την πόλη του Λονδίνου, του Σανταντέρ και της Πάτρας αντίστοιχα. Συνολικά οι περιοχές ενδιαφέροντος για όλες τις πόλεις είναι δεκατρείς.



Σχήμα 6.3: Περιοχές ενδιαφέροντος πειράματος εντοπισμού `WiFi` σημείων πρόσβασης (Λονδίνο).



Σχήμα 6.4: Περιοχές ενδιαφέροντος πειράματος εντοπισμού `WiFi` σημείων πρόσβασης (Σανταντέρ).



Σχήμα 6.5: Περιοχές ενδιαφέροντος πειράματος εντοπισμού WiFi σημείων πρόσβασης (Πάτρα).

Οι ημέρες διεξαγωγής της πειραματικής διεργασίας έχουν οριστεί καθολικά για όλες τις περιοχές ενδιαφέροντος και στις 3 πόλεις. Πιο συγκεκριμένα η πειραματική διεργασία θα είναι ενεργή για το διάστημα από τις 05/06/2016 - 17/06/2016. Αναφορικά με τον περιορισμό σε επίπεδο ωρών για την πόλη της Πάτρας και του Σανταντέρ ενδιαφερόμαστε για όλα το 24ωρο ενώ για το Λονδίνο για το εύρος μεταξύ 07:00-21:00. Επίσης, ο ελάχιστος επιθυμητός αριθμός μετρήσεων για την κάλυψη των περιοχών του Λονδίνου και του Σανταντέρ είναι οι 1000 μετρήσεις ανά περιοχή ενώ για την Πάτρα επειδή όπως φαίνεται και στο σχήμα αφορά μια μοναδική περιοχή που αφορά όλη την πόλη ο ελάχιστος αριθμός έχει καθοριστεί στις 5000. Τέλος, όλες οι περιοχές έχουν την ίδια προτεραιότητα όσον αφορά την συλλογή των μετρήσεων.

6.2.3.2 Πειραματικά αποτελέσματα και αξιολόγηση

Στην παρούσα ενότητα παρουσιάζουμε τα αποτελέσματα από την διεξαγωγή της πειραματικής διεργασίας εντοπισμού σημείων πρόσβασης WiFi όπως έχουν διαμορφωθεί από τις πρώτες πέντε ημέρες εκτέλεσής της.

Στον πίνακα 6.13 παρουσιάζονται κάποια συνολικά στατιστικά στοιχεία σχετικά με τις μετρήσεις που έχουν συγκεντρωθεί στα πλαίσια του πειράματος.

Συνολικός αριθμός μετρήσεων	7384
Μετρήσεις εντός χωροχρονικών περιορισμών	4505
Μετρήσεις εκτός χωρικών περιορισμών	1896
Μετρήσεις εκτός χρονικών περιορισμών	983

Πίνακας 6.13: Συνολικά στατιστικά μετρήσεων πειράματος.

Στον πίνακα 6.14 απεικονίζονται οι συνολικές μετρήσεις που συγκεντρώθηκαν ανά πόλη και το αντίστοιχο ποσοστό κάλυψης.

	Λονδίνο	**Σανταντέρ**	**Πάτρα**
Πλήθος μετρήσεων	1074	947	2484
Ποσοστό κάλυψης	23.85%	21.01%	55.14%

Πίνακας 6.14: Αριθμός μετρήσεων και ποσοστό κάλυψης ανά πόλη

Στον πίνακα 6.15 απεικονίζονται οι μετρήσεις που συγκέντρωσε ο κάθε εθελοντής από την συμμετοχή του στο πείραμα για τις πρώτες πέντε ημέρες διεξαγωγής του. Το πλήθος των μετρήσεων αφορά το σύνολο των μετρήσεων που συνεισέφερε ο κάθε εθελοντής ανεξάρτητα από το αν είναι μέσα στις περιοχές ενδιαφέροντος ή αν πληρούν τους χρονικούς περιορισμούς.

Χρήστης	**Συνεισφορά μετρήσεων**
# 1	1612
# 2	1091
# 3	738
# 4	659
# 5	609
# 6	579
# 7	535
# 8	480
# 9	366
# 10	291
# 11	263
# 12	102
# 13	47
# 14	12

Πίνακας 6.15: Συνολική συνεισφορά μετρήσεων εθελοντών στο πείραμα.

Παρόλο που βρισκόμαστε σχεδόν στο ήμισυ της συνολικής διαδικασίας οι μετρήσεις που έχουν συγκεντρωθεί μέχρις ώρας είναι αρκετές γεγονός που μας κάνει αρκετά αισιόδοξους για την συνέχισή του. Για κάποιες περιοχές το ποσοστό κάλυψης προσεγγίζει το ελάχιστο όριο που έχει τεθεί ενώ για κάποιες άλλες η κάλυψη είναι μέχρις στιγμής σε χαμηλότερα επίπεδα. Προκειμένου να επιτευχθεί ανάλογη κάλυψη και για τις τελευταίες θα πρέπει να υπάρξουν τα κατάλληλα μηνύματα ανάδρασης μόλις οι υπόλοιπες περιοχές καλυφθούν επαρκώς ώστε να κατευθύνουν τους εθελοντές να συλλέξουν μετρήσεις και στις περιοχές με μειωμένη κάλυψη. Παρατηρώντας τα ποσοστά των μετρήσεων ανά πόλη βλέπουμε ότι η Πάτρα κατέχει περίπου το 50% των συνολικών μετρήσεων ενώ το Λονδίνο και το Σανταντέρ περίπου από 25%. Εδώ πρέπει να παρέμβουν οι μηχανισμοί κινητοποίησης προκειμένου να γίνουν πιο ενεργοί οι εθελοντές του πειράματος στις συγκεκριμένες δύο πόλεις ώστε να προκύψει καλύτερη ομοιογένεια στις μετρήσεις ανά πόλη. Αυτό είναι επιθυμητό στο τρέχον σενάριο καθώς

έχει επιλεγεί η ίδια προτεραιότητα για όλες τις περιοχές πράγμα που σημαίνει ότι όσο πιο ισοκατανεμημένες είναι οι μετρήσεις στις περιοχές τόσο καλύτερα προσεγγίζεται ο επιθυμητός στόχος. Σε περίπτωση διαφορετικών προτεραιοτήτων υπάρχει διαφορετική ανάλυση σχετικά με την ιδανική κατάσταση στον διαμοιρασμό των μετρήσεων η οποία διαμορφώνεται από τις εκάστοτε προτεραιότητες που έχουν τεθεί. Σχετικά με την συνεισφορά των συμμετεχόντων παρατηρούμε ότι είμαστε αρκετά κοντά στον στόχο των είκοσι διαφορετικών ατόμων που έχουν ζητηθεί κατ' ελάχιστο σύμφωνα με τις προδιαγραφές του πειράματος καθώς ήδη έχουν λάβει μέρος δεκατέσσερα άτομα. Υπάρχουν δύο εθελοντές που έχουν συνεισφέρει πάνω από 1000 μετρήσεις ενώ οι περισσότεροι βρίσκονται αυτή την στιγμή σε ένα αριθμό κατά μέσο όρο κοντά στις 500 μετρήσεις. Υπάρχουν και κάποιοι εθελοντές που έχουν 100 ή λιγότερες μετρήσεις συνεισφορά οι οποίοι είναι οι πρώτοι υποψήφιοι που πρέπει να επιλεγούν ώστε να τους δοθεί μεγαλύτερο κίνητρο για να γίνουν πιο ενεργοί. Καταληκτικά, συμπεραίνουμε από την μέχρι τώρα εξέλιξη ότι η διεξαγωγή μιας πειραματικής διεργασίας σε πολλαπλές πόλεις ταυτόχρονα είναι εφικτή. Ωστόσο πρέπει να γίνει προσπάθεια ώστε να μπορέσει να ανταποκριθεί καλύτερα το σύστημα στις διαφοροποιήσεις που προκύπτουν λόγω των διαφορετικών ζωνών ώρας που μπορεί να έχουν οι περιοχές σε διαφορετικά γεωγραφικά σημεία.

Κεφάλαιο 7

Συμπεράσματα και Προοπτικές

7.1 Συμπεράσματα

Στην παρούσα μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία ασχοληθήκαμε με τον σχεδιασμό και την ανάπτυξη μηχανισμών για την εκτέλεση πειραματικών διεργασιών βασισμένες στην φιλοσοφία της συμμετοχικής ανίχνευσης στα πλαίσια των έξυπνων πόλεων. Αναλύθηκε η σημαντικότητα της γνώσης που μπορεί να δώσει η σωστή διαχείριση της πληροφορίας που μπορεί να προκύψει από την αποτελεσματική διεξαγωγή των πειραμάτων για την υλοποίηση του οράματος των έξυπνων πόλεων. Περιγράφηκε ο ρόλος που μπορούν να διαδραματίσουν στην διαδικασία συλλογής μετρήσεων στα πλαίσια ενός πειράματος τα έξυπνα κινητά τηλέφωνα λόγω των υψηλών δυνατοτήτων και της πληθώρας των αισθητήρων που είναι εξοπλισμένα. Στην συνέχεια, έγινε παρουσίαση σχετικής έρευνας που έχει γίνει τα τελευταία χρόνια σχετικά με το αντικείμενο της διενέργειας πειραματικών διαδικασιών. Παρουσιάστηκαν οι προκλήσεις που δημιουργούνται για την δημιουργία τέτοιων μηχανισμών και τα σημεία που πρέπει να λάβουν ιδιαίτερη προσοχή ώστε να έχει το επιθυμητό αποτέλεσμα το εγχείρημα της συλλογής μετρήσεων μέσω των πειραματικών διεργασιών της συμμετοχικής ανίχνευσης. Για το σκοπό αυτό κάναμε ανάλυση και παρουσίαση ενός μοντέλου που περιγράφει όλες τις απαραίτητες φάσεις που πρέπει να διεκπεραιωθούν ώστε να μπορέσει να λειτουργήσει μια πειραματική διεργασία. Έπειτα έγινε η ανάλυση των επιπέδων της αρχιτεκτονικής ενός ολοκληρωμένου συστήματος βασισμένο στις αρχές του μοντέλου που ορίστηκε με σκοπό να μπορέσει να υποστηρίξει όλες τις φάσεις που αναλύθηκαν. Υλοποιήθηκε μια εφαρμογή για έξυπνα κινητά τηλέφωνα με λειτουργικό σύστημα Android η οποία χρησιμοποιείται για την συλλογή και την αποστολή των μετρήσεων που συλλέγουν οι εθελοντές που συμμετέχουν σε ένα πείραμα. Επίσης υλοποιήθηκε μια εφαρμογή Ιστού μέσω της οποίας μπορεί να δημιουργηθεί μια νέα πειραματική διεργασία ακολουθώντας μια σειρά από απλά βήματα. Η εφαρμογή Ιστού δίνει την δυνατότητα στον διοργανωτή του πειράματος να παρακολουθεί την εξέλιξή του κατά την διάρκεια της εκτέλεσης τους και να μπορέσει να επικοινωνήσει με τους εθελοντές με διαφανή τρόπο ώστε να τους καθοδηγήσει με κατάλληλα μηνύματα ώστε να γίνει αποτελεσματικότερη συλλογή μετρήσεων. Μετά την λήξη του πειράματος ο διοργανωτής έχει ένα σύνολο από εργαλεία που μπορεί να τα αξιοποιήσει για να κάνει στατιστική ανάλυση

των μετρήσεων που συγκεντρώθηκαν και να εξάγει χρήσιμα συμπεράσματα και να αναζητήσει απαντήσεις στα ερωτήματά του σχετικά με το θέμα που τον απασχολούσε και υπήρξε η ανάγκη να εκτελεστεί η συγκεκριμένη πειραματική διεργασία. Συνδετικός κρίκος μεταξύ της εφαρμογής για έξυπνα κινητά τηλέφωνα και της εφαρμογής Ιστού είναι ένα σύνολο από υπηρεσίες Ιστού που χρησιμοποιούνται κατ΄ απαίτηση προκειμένου να εκτελέσουν κάποια συγκεκριμένη λειτουργία που ζητούν τα υπόλοιπα μέρη του συστήματος. Το σύστημα που αναπτύχθηκε δοκιμάστηκε σε ρεαλιστικά σενάρια και διαπιστώσαμε ότι όντως μπορεί να χρησιμοποιηθεί και να υποστηρίξει ικανοποιητικά την διεξαγωγή των πειραματικών διεργασιών.

7.2 Προοπτικές

Ο τομέας των εφαρμογών στα πλαίσια της υλοποίησης των έξυπνων πόλεων είναι πολύ ευρύς και με την συνεχιζόμενη έρευνα εξελίσσεται όλο και περισσότερο ώστε να αποκτηθεί περισσότερη εμπειρία, να καθοριστούν και να προτυποποιηθούν συγκεκριμένες διαδικασίες και μοντέλα που πρέπει να ακολουθούνται. Σχετικά με την διεξαγωγή πειραματικών διεργασιών οι προσπάθειες που έχουν γίνει έχουν φέρει πολύ υποσχόμενα αποτελέσματα. Η συνέχιση της δουλειάς όμως είναι απαραίτητη προκειμένου να βελτιωθούν ορισμένα σημεία που χρίζουν περαιτέρω εξέλιξης. Ένα σημαντικό στοιχείο που πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη σημασία είναι η προσαρμογή των υλοποιήσεων ώστε να μπορέσουν να ανταποκριθούν στις διαφορετικές απαιτήσεις ανάλογα την μετρούμενη ποσότητα. Επειδή τα σενάρια για τα οποία μπορεί να διενεργηθεί μια πειραματική διεργασία εμφανίζουν μεγάλη ποικιλία πρέπει να μπορέσουν οι υλοποιήσεις να διαχειριστούν αποτελεσματικά την κάθε περίπτωση ξεχωριστά. Επίσης, πρέπει να αναπτυχθούν περισσότερο οι μηχανισμοί καθοδήγησης που έχει στην διάθεσή του ο διοργανωτής κάθε πειράματος ώστε να μπορέσει να αλληλεπιδρά με τους εθελοντές αποδοτικά για να καλύψει επαρκώς τις ανάγκες συλλογής μετρήσεων που χρειάζεται για κάθε περιοχή ενδιαφέροντος. Τέλος, αξίζει να γίνει αναλυτικότερη έρευνα ώστε να διευρυνθούν οι διαδικασίες κινητοποίησης εθελοντών προκειμένου να αυξηθεί ο αριθμός των ατόμων που συμμετέχουν στις πειραματικές διαδικασίες καθώς αποτελούν το βασικό κορμό αυτής της προσπάθειας και η εμπλοκή τους σε αυτή αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για την επιτυχία της.

Βιβλιογραφία

[1] SmartSantander Project at `http://www.smartsantander.eu`.

[2] Organicity Project at `http://organicity.eu`.

[3] Spring framework at `https://spring.io/`.

[4] Spring Boot project at `http://projects.spring.io/spring-boot/`.

[5] Node.js framework at `https://nodejs.org`.

[6] Karl Aberer et al. "OpenSense: open community driven sensing of environment". In: *Proceedings of the ACM SIGSPATIAL International Workshop on GeoStreaming*. ACM. 2010, pp. 39–42.

[7] Luigi Atzori, Antonio Iera, and Giacomo Morabito. "The internet of things: A survey". In: *Computer networks* 54.15 (2010), pp. 2787–2805.

[8] Jeffrey A Burke et al. "Participatory sensing". In: *Center for Embedded Network Sensing* (2006).

[9] Darren Carlson and Andreas Schrader. "Dynamix: An open plug-and-play context framework for android". In: *Internet of Things (IOT), 2012 3rd International Conference on the*. IEEE. 2012, pp. 151–158.

[10] Delphine Christin et al. "A survey on privacy in mobile participatory sensing applications". In: *Journal of Systems and Software* 84.11 (2011), pp. 1928–1946.

[11] Cory Cornelius et al. "Anonysense: privacy-aware people-centric sensing". In: *Proceedings of the 6th international conference on Mobile systems, applications, and services*. ACM. 2008, pp. 211–224.

[12] Srinivas Devarakonda et al. "Real-time air quality monitoring through mobile sensing in metropolitan areas". In: *Proceedings of the 2nd ACM SIGKDD International Workshop on Urban Computing*. ACM. 2013, p. 15.

[13] Ellie D'Hondt, Matthias Stevens, and An Jacobs. "Participatory noise mapping works! An evaluation of participatory sensing as an alternative to standard techniques for environmental monitoring". In: *Pervasive and Mobile Computing* 9.5 (2013), pp. 681–694.

[14] Jakob Eriksson et al. "The pothole patrol: using a mobile sensor network for road surface monitoring". In: *Proceedings of the 6th international conference on Mobile systems, applications, and services*. ACM. 2008, pp. 29–39.

[15] Verónica Gutiérrez et al. *Smartsantander: Internet of things research and innovation through citizen participation*. Springer, 2013.

[16] David Hasenfratz et al. "Participatory air pollution monitoring using smartphones". In: *Mobile Sensing* (2012), pp. 1–5.

[17] Nicholas D Lane et al. "A survey of mobile phone sensing". In: *Communications Magazine, IEEE* 48.9 (2010), pp. 140–150.

[18] Nicholas D Lane et al. "On the feasibility of user de-anonymization from shared mobile sensor data". In: *Proceedings of the Third International Workshop on Sensing Applications on Mobile Phones*. ACM. 2012, p. 3.

[19] Xu Li et al. "Performance evaluation of vehicle-based mobile sensor networks for traffic monitoring". In: *Vehicular Technology, IEEE Transactions on* 58.4 (2009), pp. 1647–1653.

[20] Mattias Linnap and Alex Rice. "The effectiveness of centralised management for reducing wasted effort in participatory sensing". In: *Pervasive Computing and Communications Workshops (PERCOM Workshops), 2014 IEEE International Conference on*. IEEE. 2014, pp. 68–73.

[21] Rajib Kumar Rana et al. "Ear-phone: an end-to-end participatory urban noise mapping system". In: *Proceedings of the 9th ACM/IEEE International Conference on Information Processing in Sensor Networks*. ACM. 2010, pp. 105–116.

[22] Sasank Reddy et al. "Biketastic: sensing and mapping for better biking". In: *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. ACM. 2010, pp. 1817–1820.

[23] Hans Schaffers et al. "Smart Cities and the Future Internet: Towards Cooperation Frameworks for Open Innovation." In: *Future internet assembly* 6656.31 (2011), pp. 431–446.

[24] Immanuel Schweizer et al. "Noisemap: multi-tier incentive mechanisms for participative urban sensing". In: *Proceedings of the Third International Workshop on Sensing Applications on Mobile Phones*. ACM. 2012, p. 9.

[25] Yu Xiao et al. "Lowering the barriers to large-scale mobile crowdsensing". In: *Proceedings of the 14th Workshop on Mobile Computing Systems and Applications*. ACM. 2013, p. 9.

[26] Jesse Zaman and Wolfgang De Meuter. "Discopar: Distributed components for participatory campaigning". In: *Pervasive Computing and Communication Workshops (PerCom Workshops), 2015 IEEE International Conference on*. IEEE. 2015, pp. 160–165.

[27] Daqing Zhang et al. "Crowdrecruiter: Selecting participants for piggyback crowdsensing under probabilistic coverage constraint". In: *Proceedings of the 2014 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing*. ACM. 2014, pp. 703–714.