|  |
| --- |
| Ατομική Διπλωματική Εργασία  ***ANYPLACE*: ΕΝΑ ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΓΕΩ-ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗΣ ΚΑΙ ΠΛΟΗΓΗΣΗΣ ΑΠΟ  ΜΕΓΑΛΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ**  **Λάμπρος Πέτρου**  **ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ**  ゚᪀゚  **ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ**  **Μάιος 2014** |

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ**

**ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ**

***ANYPLACE*: ΕΝΑ ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΓΕΩ-ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗΣ ΚΑΙ ΠΛΟΗΓΗΣΗΣ ΑΠΟ   
ΜΕΓΑΛΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ**

**Λάμπρος Πέτρου**

Επιβλέπων Καθηγητής

Δημήτρης Ζεϊναλιπούρ

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

Μάιος 2014

Ευχαριστίες

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον κ. Ζεϊναλιπούρ Δημήτρη επιβλέπων καθηγητή της παρούσας διπλωματικής εργασίας για την υποστήριξη, καθοδήγηση και συμβουλές που μου παρείχε καθ’ όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της διπλωματικής μου εργασίας.

Ακολούθως θα ήθελα να ευχαριστήσω τους φίλους μου εντός και εκτός πανεπιστημίου που μου συμπαραστάθηκαν όλο αυτό τον καιρό αλλά και ένα τεράστιο ευχαριστώ στην οικογένεια μου που συνεχώς με ενθάρρυνε να συνεχίσω και να μην πτοούμαι από δυσκολίες και εμπόδια που έβρισκα μπροστά μου. Ειδικότερα, θα ήθελα να ευχαριστήσω την μητέρα μου για την ηθική και οικονομική υποστήριξη που μου πρόσφερε όχι μόνο κατά τη διάρκεια της εκπόνησης αυτής της διπλωματικής εργασίας αλλά και όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον γνωστό οίκο μόδας Victorias Secret αφού μου πρόσφερε αμέτρητες ώρες οπτικοακουστικού υλικού ώστε να χαλαρώνω τις πολύωρες ώρες που αφιέρωνα στη μελέτη μου καθώς με βοηθούσαν να σκεφτώ out-of-the box σε κρίσιμες στιγμές.

Αναγνώριση

Επιδείξεις του συστήματος AnyPlace που περιγράφεται σε αυτήν τη διπλωματική εργασία έχουν παρουσιαστεί με επιτυχία στα ακόλουθα διεθνή συνέδρια:

1. *"Crowdsourced Indoor Localization and Navigation with Anyplace"*, **L. Petrou**, G. Larkou, C. Laoudias, D. Zeinalipour-Yazti and C.G. Panayiotou "Proceedings of the 13th International Conference on Information Processing in Sensor Networks" (IPSN'14), Berlin, Germany, April 15-17, 2014
2. *"Anyplace: Indoor Positioning and Navigation in the Big-Data Era"*, **L. Petrou**, G. Larkou, C. Laoudias, D. Zeinalipour-Yazti and C. G. Panayiotou "Proceedings of the 4th International Conference on Indoor Positioning and Indoor Navigation" (IPIN'13), Montbeliard-Belfort, France, October 28-31, 2013

Περίληψη

Σε αυτή τη διπλωματική εργασία παρουσιάζεται ένα ολοκληρωμένο σύστημα γεωπλοήγησης και γεωτοποθέτησης σε εσωτερικούς χώρους με Μεγάλα Δεδομένα, το οποίο φέρει το όνομα AnyPlace.

Τα τελευταία χρόνια παρουσιάστηκε τεράστια εξάπλωση συστημάτων τοποθέτησης τα οποία βασίζονται στις ενδείξεις γειτονικών σημείων πρόσβασης ασύρματης δικτύωσης (Wi-Fi Access Points), καθώς το GPS (Global Positioning System) δεν είναι διαθέσιμο εσωτερικά των κτιρίων και η ενέργεια που απαιτεί το καθιστά ακατάλληλο για παρατεταμένη χρήση. Επιπρόσθετα, συνεπακόλουθο της εξάπλωσης των έξυπνων συσκευών και της τρομερής αύξησης των πληροφοριών που παράγονται ήταν να εμφανιστεί ο όρος *Μεγάλα Δεδομένα*. Δεδομένα τα οποία φτάνουν μεγέθη που πλέον είναι δύσκολο να διαχειριστούν τα υφιστάμενα συστήματα διαχείρισης δεδομένων.

Σε αυτή την εργασία, θα παρουσιαστεί το AnyPlace, ένα ολοκληρωμένο σύστημα γεωτοποθέτησης (ανίχνευση του χρήστη σε πραγματικό χρόνο) και γεωπλοήγησης (παροχή οδηγιών στον χρήστη για την μετάβαση του σε διάφορα σημεία ενδιαφέροντος) πάνω από μεγάλα δεδομένα. Έχει αναπτυχθεί μια ολόκληρη αρχιτεκτονική που υποστηρίζει το AnyPlace με στόχο την αποδοτική διαχείριση μεγάλων δεδομένων, πληροφοριών που συλλέγονται από τις συσκευές των χρηστών. Έχει αναπτυχθεί ένα σύστημα διαχείρισης των *RSS (Received Signal Strength)* μετρήσεων το οποίο μπορεί να επεξεργαστεί αποδοτικά τεράστιες ποσότητες δεδομένων και εκτελείται πάνω από ένα κατανεμημένο σύστημα βασισμένο στο πλαίσιο Hadoop.

Επιπρόσθετα, έχουν αναπτυχθεί διάφορες εφαρμογές για έξυπνα κινητά Android αλλά και εφαρμογές ιστού μέσω των οποίων μπορεί κανείς να αποκτήσει πρόσβαση και να περιηγηθεί στα χαρτογραφημένα κτίρια του συστήματος και να ζητήσει δρομολόγηση προς και από συγκεκριμένα σημεία ενδιαφέροντος. Με την χρήση μιας κινητής συσκευής επιτρέπεται επίσης ανίχνευση του χρήστη σε πραγματικό χρόνο. Η χαρτογράφηση των κτιρίων μπορεί να γίνει μέσω μιας ειδικής εφαρμογής ιστού που αναπτύχθηκε στα πλαίσια αυτής της εργασίας από οποιονδήποτε περιηγητή.

Περιεχόμενα

[Ευχαριστίες iii](#_Toc428701354)

[Αναγνώριση iv](#_Toc428701355)

[Περίληψη v](#_Toc428701356)

[Περιεχόμενα vi](#_Toc428701357)

[Κεφάλαιο 1 Εισαγωγή 1](#_Toc428701358)

[1.1 Υποκίνηση εργασίας 1](#_Toc428701359)

[1.2 Ανασκόπηση συστήματος AnyPlace 4](#_Toc428701360)

[1.3 Συνεισφορές 5](#_Toc428701361)

[1.4 Περίγραμμα εργασίας 6](#_Toc428701362)

[1.5 Σύγκριση όλων των φίλτρων 9](#_Toc428701363)

[Βιβλιογραφία 10](#_Toc428701364)

# Introduction

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 1.1  1.2  1.3  1.4 | Υποκίνηση εργασίας  Ανασκόπηση συστήματος AnyPlace  Συνεισφορές  Περίγραμμα εργασίας | 1  4  5  6 |

## Υποκίνηση εργασίας

Σύμφωνα με πρόσφατες στατιστικές έρευνες από την Strategy Analytics [1] φαίνεται ότι οι άνθρωποι περνούν το 80-90% του χρόνους τους σε εσωτερικούς χώρους όπως εμπορικά κέντρα, βιβλιοθήκες, αεροδρόμια ή πανεπιστημιακούς χώρους. Επίσης, η ίδια έρευνα έδειξε ότι το 70% των τηλεφωνημάτων αλλά και η ασύρματη διακίνηση δεδομένων από κινητές συσκευές έγινε από εσωτερικούς χώρους.

Παρόμοιες έρευνες έδωσαν το έναυσμα και αύξησαν το ενδιαφέρον για την δημιουργία και εξέλιξη υπηρεσιών για εσωτερικές τοποθεσίες (location-based services) όπως επίσης και την ανάπτυξη εφαρμογών που λαμβάνουν υπόψη την τοποθεσία του χρήστη (location-aware applications). Απλά παραδείγματα εφαρμογών είναι η καθοδηγούμενη πλοήγηση ή η αναζήτηση αντικειμένων εντός κτιρίων. Για να γίνει δυνατή η ανάπτυξη τέτοιου είδους εφαρμογών αλλά και να γίνουν γενικά αποδεκτές και να τύχουν χρήσης ευρέως από το κοινό έπρεπε να επινοηθούν νέες μέθοδοι για την παροχή ακριβέστατων και αξιόπιστων ενδείξεων της τοποθεσίας του χρήστη, καθώς το ευρέως διαδεδομένο GPS παρέχει μειωμένη διαθεσιμότητα εντός κτιρίων λόγω της απόφραξης και της εξασθένησης των σημάτων, με την ύπαρξη διάφορων αντικειμένων (τοίχοι, πόρτες, έπιπλα, κλπ.).

Μετά από πολλές έρευνες τα τελευταία 15 χρόνια πολλά συστήματα προσπάθησαν να λύσουν αυτό το πρόβλημα με την χρήση διαφόρων επιπλέον συσκευών όπως Bluetooth, RFID (Radio-Frequency Identification), βιντεοκαμερών, αισθητήρων φωτός και υπέρυθρων και πολλών άλλων. Λόγω κόστους και αδυναμίας συντήρησης, αυτές οι μέθοδοι παρέμειναν σε ερευνητικό επίπεδο.

Τα τελευταία χρόνια έχει επικρατήσει η μέθοδος καταγραφής των σημάτων από ασύρματα σημεία πρόσβασης (RSS signals - Received Signal Strength) από τα κοινά ήδη εγκατεστημένα σημεία πρόσβασης ασύρματης δικτύωσης (WLAN Access Points). Τα πλείστα συστήματα βασισμένα στα RSS σήματα έχουν δύο φάσεις για να γίνει η τοποθέτηση και η ανίχνευση του χρήστη [2]. Κατά την πρώτη φάση (offline-phase ή fingerprinting phase) πρέπει να παρθούν μετρήσεις σε διάφορες τοποθεσίες και να αποθηκευτούν οι ακριβή συντεταγμένες μαζί με τα WLAN APs (48-bit MAC διευθύνσεις) που εισακούονται και την αντίστοιχη ένταση ισχύς του σήματος. Αυτός ο συνδυασμός τοποθεσίας και WLAN AP αποτελεί ένα αποτύπωμα RSS (RSS fingerprint). Ακολούθως, στην δεύτερη φάση, φάση ανίχνευσης (online-phase ή tracking-phase), ο χρήστης κινείται στον χώρο στέλνοντας στο σύστημα τα MACs που εισακούει με στόχο να γίνει κάποιο ταίριασμα των μετρήσεων που λαμβάνει με τα αποθηκεμένα σήματα και να υπολογιστεί η θέση του χρήστη. Εδώ, στην δεύτερη φάση, είναι που διαφέρουν τα πλείστα συστήματα αφού χρησιμοποιούν διαφορετικούς αλγορίθμους και μεθόδους υπολογισμού της θέσης. Επίσης, δεν ήταν πολύς καιρός που άρχισε να μελετιέται και το θέμα διαχείρισης αυτών των αποτυπωμάτων για πιο αποδοτική επεξεργασία.

Όπως μπορεί κάποιος εύκολα να αντιληφθεί, η ραγδαία αύξηση των κινητών συσκευών αλλά και της συνεχόμενης εξάπλωσης και εγκατάστασης σημείων πρόσβασης ασύρματης δικτύωσης έχει ως αποτέλεσμα τα δεδομένα που πρέπει να διαχειρίζεται ένα σύστημα εσωτερικής τοποθέτησης φτάνουν μεγάλες ποσότητες. Πριν από μερικά χρόνια έγινε πρώτη αναφορά στα Μεγάλα Δεδομένα, Big Data. Με τον όρο Big Data αναφερόμαστε σε δεδομένα με μεγέθη πέραν του σύνηθες μεγέθους που μπορούν να χειριστούν τα κοινά συστήματα μέχρι τώρα ώστε να προσφέρουν τις υπηρεσίες τους με χαμηλό χρόνο ανταπόκρισης. Τα μεγέθη αυτά συνήθως κυμαίνονται από μερικά Terabytes σε πολλαπλά Petabytes και συνεχώς αυξάνονται. To 2001 ο αναλυτής Doug Laney (τώρα Gartner) έχει δώσει τον ορισμό των μεγάλων δεδομένων ως τα 3-V, Volume – Velocity – Variety, χαρακτηρίζοντας έτσι ότι τα μεγάλα δεδομένα αφορούν δεδομένα τεραστίων ποσοτήτων (Volume), τα οποία παράγονται σε απίστευτα γρήγορους ρυθμούς λόγω της τεχνολογίας σήμερα, αισθητήρες, κινητές συσκευές κλπ. (Velocity), αλλά επίσης δεν έχουν συγκεκριμένη δομή και μπορεί να είναι οτιδήποτε, από δομημένη μορφή αρχείων και σχημάτων βάσης μέχρι αδόμητα δεδομένα όπως οπτικοακουστικό υλικό και στατιστικές μετρήσεις (Variety). Αργότερα η εταιρεία SAS, πρόσθεσε στον ορισμό ακόμα δύο χαρακτηριστικά: α) μεταβλητότητα (Variability) εννοώντας την μη-συνοχή στην ταχύτητα παραγωγής των δεδομένων ανά χρονική περίοδο και β) πολυπλοκότητα (Complexity) εννοώντας ότι σήμερα τα δεδομένα έρχονται από απίστευτη ποικιλότητα συσκευών, συνεπώς η διαχείριση τους και ο συνδυασμός τους αποτελεί δύσκολο έργο.

Η εξέλιξη της τεχνολογίας και η έκρηξη υπηρεσιών και εφαρμογών έχει ανοίξει τις πόρτες για τους ερευνητές και όσους ασχολούνται με την Τεχνολογία. Ακόμα ένας τομέας που παρουσιάζει απίστευτη εξέλιξη και διαδίδεται με ταχύτητες φωτός είναι ο πληθοπορισμός (Crowdsourcing). Το Crowdsourcing είναι μια νέα τάση που επικρατεί όπου κάποιο πρόβλημα γίνεται γνωστό στο ευρύ κοινό με στόχο να γίνει πιο εύκολη η επίλυση του αφού θα μπορούν πολλοί άνθρωποι να δουλέψουν μαζί.

Συνοψίζοντας, μπορούμε να δούμε την σχέση που υπάρχει στους τρεις τομείς που έχω αναφέρει μέχρι τώρα, εσωτερική γεωτοποθέτηση, μεγάλα δεδομένα και πληθοπορισμός. Ένα σύστημα διαχείρισης δεδομένων για εσωτερική τοποθέτηση και πλοήγηση που θέλει να επικρατήσει και να εδραιωθεί στις μέρες μας πρέπει να έχει την κατάλληλη υποδομή ώστε να μπορεί να χειριστεί μεγάλα δεδομένα. Επιπλέον, ένας τρόπος με τον οποίο μπορεί να διεκπεραιωθεί η πρώτη φάση, φάση συλλογής αποτυπωμάτων, είναι μέσω του Crowdsourcing αφού αποτελεί μια από τις πιο χρονοβόρες και φορτικές διαδικασίες και αποτελεί ιδανικό πρόβλημα για τον πληθοπορισμό.

## Ανασκόπηση συστήματος AnyPlace

Σε αυτή τη ατομική διπλωματική εργασία θα παρουσιαστεί το AnyPlace, ένα ολοκληρωμένο σύστημα γεωτοποθέτησης και γεωπλοήγησης σε εσωτερικούς χώρους με υποδομή για Μεγάλα Δεδομένα. Επιπλέον, έχει αναπτυχθεί τεχνική διαχείρισης των RSS αποτυπωμάτων ώστε να παράγεται μικρότερος ραδιοχάρτης (RSS Radiomap – δυσδιάστατος πίνακας με την μια διάσταση όλες τις τοποθεσίες και την άλλη διάσταση όλα τα WLAN APs) σε αριθμό αποτυπωμάτων και ασύρματων σημείων πρόσβασης, διατηρώντας ωστόσο την ακρίβεια και την ποιότητα της πρόβλεψης τοποθεσίας του χρήστη.

Συγκεκριμένα, έχει σχεδιαστεί και υλοποιηθεί υποδομή μεγάλων δεδομένων όπου υπάρχει ένα συγκρότημα εξυπηρετητών που παρέχουν μια διεπαφή προγραμματισμού εφαρμογών (Web2.0 API) μέσω της οποίας μπορεί να επικοινωνήσουν πελάτες με την υπηρεσία μας. Επιπλέον, το σύστημα υποστηρίζεται από NoSQL βάση δεδομένων (Couchbase) και ένα κατανεμημένο σύστημα διαχείρισης αρχείων (GlusterFS).

Εκτός από το back-end κομμάτι του συστήματος έχουν αναπτυχθεί δύο (2) εφαρμογές για κινητές συσκευές Android. Η πρώτη, *AnyPlace Logger*, χρησιμοποιείται κατά την πρώτη φάση γεωτοποθέτησης και αφορά την συλλογή RSS αποτυπωμάτων από οποιονδήποτε χρήστη διαθέτει την εφαρμογή, εφαρμόζοντας έτσι το μοντέλο του Crowdsourcing. Η δεύτερη, *AnyPlace Navigator*, είναι η κύρια εφαρμογή και προσφέρει γεωπλοήγηση και γεωτοποθέτηση στους χρήστες σε πραγματικό χρόνο εντός των κτιρίων που είναι ήδη χαρτογραφημένα στο σύστημα.

Επιπρόσθετα, έχουν αναπτυχθεί τρεις (3) διαδικτυακές εφαρμογές και απαιτούν τη χρήση ενός περιηγητή με υποστήριξη του προτύπου HTML5. Αρχίζοντας με την εφαρμογή *AnyPlace Developers*, η οποία παρέχει την δυνατότητα σε κάποιον να δοκιμάσει την διεπαφή προγραμματισμού που παρέχει το AnyPlace (API). Η χαρτογράφηση των κτιρίων γίνεται εξ’ ολοκλήρου διαμέσου της εφαρμογής *AnyPlace Architect* και η τρίτη εφαρμογή, *AnyPlace Viewer*, αποτελεί την αντίστοιχη εφαρμογή του *AnyPlace Navigator* για το διαδίκτυο αφού μέσω της κάποιος μπορεί να προσπελάσει όλα τα χαρτογραφημένα κτίρια, να αναζητήσει αντικείμενα και αίθουσες όπως επίσης και να πλοηγηθεί ανάμεσα στα διάφορα σημεία ενδιαφέροντος.

## Συνεισφορές

Μέσω αυτής της ατομικής διπλωματικής εργασίας έχω κάνει τρεις σημαντικές συνεισφορές:

1. Πρότεινα, σχεδίασα και υλοποίησα μια ολοκληρωμένη αρχιτεκτονική για σύστημα γεωτοποθέτησης και γεωπλοήγησης σε εσωτερικούς χώρους με τεχνικές υποστήριξης για διαχείριση μεγάλων δεδομένων.
2. Μοντελοποίησα το πρόβλημα της δημιουργίας ραδιοχάρτη αποτυπωμάτων από ενδείξεις ασυρμάτων σημείων πρόσβασης σε μεγάλα δεδομένα και πρότεινα την τεχνική *LPRadioScale* η οποία αποτιμήθηκε στο κεφάλαιο 7.
3. Υλοποιήθηκαν εφαρμογές που παρέχουν τις υπηρεσίες που προσφέρει το AnyPlace για έξυπνα κινητά Android (AnyPlace Logger, AnyPlace Navigator) όπως επίσης και για τον παγκόσμιο ιστό μέσω οποιουδήποτε περιηγητή που υποστηρίζει HTML5 (AnyPlace Viewer, AnyPlace Architect, AnyPlace Developers).

## Περίγραμμα εργασίας

Στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάσαμε συνοπτικά την υποκίνηση αυτής της διπλωματικής εργασίας και αναφέραμε κάποιες βασικές έννοιες που θα αναφέρονται συχνά στο υπόλοιπο του κειμένου.

Στο δεύτερο κεφάλαιο θα προχωρήσουμε σε περισσότερες έννοιες και ορισμούς και θα παρουσιάσουμε συστήματα εσωτερικής τοποθέτησης και πλοήγησης παρόμοια με το AnyPlace αναφέροντας και τις κυριότερες διαφορές μας από αυτά. Επίσης, θα γίνει αναφορά σε σχετική βιβλιογραφία όσο αφορά τεχνικές διαχείρισης των αποτυπωμάτων RSS όπως και μια μικρή περιγραφή κατανεμημένων και παράλληλων συστημάτων και του μοντέλου προγραμματισμού MapReduce[3] ώστε να γίνει εύκολη η κατανόηση της δικής μας τεχνικής.

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

Στο τέταρτο κεφάλαιο περιγράφεται η τεχνική διαχείρισης αποτυπωμάτων *LPRadioScale* για μεγάλα δεδομένα αφού πρώτα γίνει μια εισαγωγή στο πλαίσιο προγραμματισμού Hadoop[4] στο οποίο βασίζεται και η τεχνική μας.

Ακολούθως, στο πέμπτο κεφάλαιο θα γίνει εκτενής περιγραφή των εφαρμογών για έξυπνες κινητές συσκευές Android[5] ενώ στο έκτο κεφάλαιο θα αναλυθεί η υποδομή που παρέχει τις διάφορες υπηρεσίες και οι διάφορες διαδικτυακές εφαρμογές.

Στη συνέχεια, στο κεφάλαιο 7 θα γίνει μια πειραματική αξιολόγηση του συστήματος, σχετικά όμως μόνο με την τεχνική διαχείρισης των αποτυπωμάτων και την δημιουργία ραδιοχάρτη για μεγάλα δεδομένα.

Στο όγδοο και τελευταίο κεφάλαιο θα παραθέσουμε τα τελικά συμπεράσματα σχετικά με το όλο σύστημα που αναπτύχθηκε καθώς επίσης και μελλοντικές επεκτάσεις και βελτιστοποιήσεις που μπορούν να γίνουν.

|  |  |
| --- | --- |
| **Algorithm 4.5:** Collecting statistics for each Access Point – MAC | |
| **1:**  **2:**  **3:**  **4:**  **5:**  **6:**  **7:**  **8:**  **9:**  **10:**  **11:**  **12:**  **13:**  **14:**  **15:**  **16:**  **17:**  **18:**  **19:**  **20:**  **21:**  **22:**  **23:**  **24:**  **25:**  **26:**  **27:**  **28:**  **29:**  **30:**  **31:**  **32:**  **33:**  **34:** | **------------------------------ Class Mapper ---------------------------**  Set ValidMACs;  **Function Setup()**  **for each** MAC **in** *MR-2* output:  ValidMACs.put(MAC);  **Function Map(k, v)**  **if**(!ValidMACs.contains(v.MAC)):  **exit**;  key = getKey(*v.X, v.Y, v.H, v.T*);  Emit(key, <v.MAC, v.DB> ); // group 1  key = getKey(*v.X, v.Y, v.H, -1*);  Emit(key, v.T); // group 2  **------------------------------ Class Partitioner -----------------------**  **Function LPCustomPartitioner(k, v, num\_of\_reducers)**  assign to Reducer# using only k.X,k.Y,k.H  **------------------------------ Class Reducer -------------------------**  Set ValidMACs;  TreeMap<> currentXYMacs; HashMap<> currentXYCounters;  Var currentBatchSize = -1; consumedBatchSize = -1;  **Function Setup()**  **for each** MAC **in** *MR-2* output:  ValidMACs.put(MAC);  **Function Reduce(k, v)**  **if**(k.T == -1): // group 2  currentXYMacs.clear();currentXYCounters.clear();  currentBatchSize = UniqueTimestampsInList(v);  consumedBatchSize = 0;  **Exit**;  **for each** <mac,db> **in** v **do:** // group 1  currentXYCounters[mac] += db;  ++consumedBatchSize;  **if**(consumedBatchSize == currentBatchSize):  **for each** M **in** ValidMACs:  calculate average for M and append to radio map line |

Εικόνα 7.5 : Έγκυρα σημεία πρόσβασης (αριστερός άξονας) και Μέγεθος ραδιοχάρτη (δεξιός άξονας) με τη χρήση φίλτρου 'Τυπική απόκλιση ενδείξεων ισχύς'

Εικόνα 7.6 : Γραμμές που προσπεράστηκαν λόγω μη έγκυρου AP – φίλτρο 3

## Σύγκριση όλων των φίλτρων

Εικόνα 7.7 : Σύνοψη όλων των φίλτρων σχετικά με έγκυρα APs και γραμμές στο RSS-log που αγνοούνται

# Introduction

# Βιβλιογραφία

[1] “Strategy Analytics.” [Online]. Available: http://www.strategyanalytics.com.

[2] P. Bahl and V. N. Padmanabhan, “RADAR: an in-building RF-based user location and tracking system,” 2000, pp. 775–784.

[3] J. Dean and S. Ghemawat, “MapReduce: Simplified Data Processing on Large Clusters,” presented at the OSDI’04: Sixth Symposium on Operating System Design and Implementation, 2004.

[4] “Hadoop Homepage.” [Online]. Available: http://hadoop.apache.org/.

[5] “Android Homepage.” [Online]. Available: http://www.android.com/.

[6] M. Ghaddar, L. Talbi, and T. A. Denidni, “Human body modelling for prediction of effect of people on indoor propagation channel,” *Electron. Lett.*, vol. 40, no. 25, p. 1592, 2004.

[7] J. Ryckaert, P. De Doncker, R. Meys, A. de Le Hoye, and S. Donnay, “Channel model for wireless communication around human body,” *Electron. Lett.*, vol. 40, no. 9, pp. 543–544, Apr. 2004.

[8] J. Park, D. Curtis, S. Teller, and J. Ledlie, “Implications of device diversity for organic localization,” in *INFOCOM, 2011 Proceedings IEEE*, 2011, pp. 3182–3190.

[9] Y. Kim, H. Shin, and H. Cha, “Smartphone-based Wi-Fi pedestrian-tracking system tolerating the RSS variance problem,” in *2012 IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications (PerCom)*, 2012, pp. 11–19.

[10] R. Want, A. Hopper, V. Falcao, and J. Gibbons, “The active badge location system,” *ACM Trans. Inf. Syst. TOIS*, vol. 10, no. 1, pp. 91–102, 1992.

[11] R. Azuma, “Tracking Requirements for Augmented Reality,” *Commun ACM*, vol. 36, no. 7, pp. 50–51, Jul. 1993.

[12] B. Gergely, S. Diez Martinez, T. Jelle, and J. Krogstie, “Navigating MazeMap: indoor human mobility, spatio-logical ties and future potential,” 2014.

[13] “Download MazeMap.” [Online]. Available: : https://mazemap.com/what-it-is.

[14] C. Laoudias, G. Constantinou, M. Constantinides, S. Nicolaou, D. Zeinalipour-Yazti, and C. G. Panayiotou, “The airplace indoor positioning platform for android smartphones,” in *Mobile Data Management (MDM), 2012 IEEE 13th International Conference on*, 2012, pp. 312–315.

[15] Y. Kim, Y. Chon, H. Cha, M. Ji, and S. Park, “Scalable and Consistent Radio Map Management Scheme for Participatory Sensing-based Wi-Fi Fingerprinting.”

[16] M. Ester, H. Kriegel, J. S, and X. Xu, “A density-based algorithm for discovering clusters in large spatial databases with noise,” 1996, pp. 226–231.

[17] S. Eisa, J. Peixoto, F. Meneses, and A. Moreira, “Removing useless APs and fingerprints from WiFi indoor positioning radio maps,” 2013.

[18] “Amazon Web Services.” [Online]. Available: https://aws.amazon.com/.

[19] “Google Cloud Platform.” [Online]. Available: https://cloud.google.com/.

[20] “Message Passing Interface - MPI: http://en.wikipedia.org/wiki/Message\_Passing\_Interface.” .

[21] “Map Reduce Slides.” [Online]. Available: http://research.google.com/archive/mapreduce-osdi04-slides/index-auto-0004.html.

[22] “Play framework.” [Online]. Available: http://www.playframework.com/.

[23] “JSON Homepage.” [Online]. Available: http://www.json.org/.

[24] “Couchbase.” [Online]. Available: http://www.couchbase.com/.

[25] “GlusterFS.” [Online]. Available: http://www.gluster.org/.

[26] “Dart Homepage.” [Online]. Available: https://www.dartlang.org/.

[27] “AngularDart Homepage.” [Online]. Available: https://angulardart.org/.

[28] “AngularJS Homepage.” [Online]. Available: https://angularjs.org/.

[29] S. Ghemawat, H. Gobioff, and S.-T. Leung, “The Google file system,” in *ACM SIGOPS Operating Systems Review*, 2003, vol. 37, pp. 29–43.

[30] “Hadoop in IBM.” [Online]. Available: http://www-01.ibm.com/software/data/infosphere/hadoop/.

[31] “Hadoop explanation from Information Week.” [Online]. Available: http://www.informationweek.com/big-data/software-platforms/how-to-explain-hadoop-to-non-geeks/d/d-id/899721.

[32] “Hadoop slides - Worcester Polytechnic Institute.” [Online]. Available: http://web.cs.wpi.edu/~cs561/s12/Lectures/6/Hadoop.pdf.

[33] C. Laoudias, P. Kemppi, and C. G. Panayiotou, “Localization Using Radial Basis Function Networks and Signal Trength Fingerprints in WLAN,” in *Proceedings of the 28th IEEE Conference on Global Telecommunications*, Piscataway, NJ, USA, 2009, pp. 3805–3810.

[34] “Google Places API.” [Online]. Available: https://developers.google.com/places/documentation/.

[35] “MVC: Model-View-Controller.” [Online]. Available: http://en.wikipedia.org/wiki/Model%E2%80%93view%E2%80%93controller.

[36] “What is Java.” [Online]. Available: http://java.com/en/download/whatis\_java.jsp.

[37] “Scala Language.” [Online]. Available: http://www.scala-lang.org/.

[38] “LinkedIn Engineering - Play Framework,” *The Play Framework at LinkedIn*. [Online]. Available: http://engineering.linkedin.com/play/play-framework-linkedin.

[39] “Akka.” [Online]. Available: http://en.wikipedia.org/wiki/Akka\_(toolkit).

[40] “Python Homepage.” [Online]. Available: https://www.python.org/.

[41] “Bash Scripting.” [Online]. Available: http://www.gnu.org/software/bash/.

[42] “ImageMagick Homepage.” [Online]. Available: http://www.imagemagick.org/.

[43] “AdvPNG Homepage.” [Online]. Available: http://advancemame.sourceforge.net/doc-advpng.html.

[44] “Dijkstra’s Algorithm.” [Online]. Available: http://en.wikipedia.org/wiki/Dijkstra’s\_algorithm.

[45] “Memcached Homepage.” [Online]. Available: http://memcached.org/.

[46] “MongoDB Homepage.” [Online]. Available: http://www.mongodb.org/.

[47] “HyperTable Database Homepage.” [Online]. Available: http://hypertable.org/.

[48] “Open Street Maps.” [Online]. Available: http://www.openstreetmap.org/.

[49] “Google Directions API.” [Online]. Available: https://developers.google.com/maps/documentation/directions/.