

Ατομική Διπλωματική Εργασία

**ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΣ ΣΕ AD HOC ΔΙΚΤΥΑ ΓΙΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ
ΕΚΤΑΚΤΗΣ ΑΝΑΓΚΗΣ
(LOCALIZATION IN EMERGENCY ADHOC NETWORKS)**

Ειρήνη Χριστοδούλου

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ



ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

Μάιος 2016

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ
ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΣ ΣΕ AD HOC ΔΙΚΤΥΑ ΓΙΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΕΚΤΑΚΤΗΣ
ΑΝΑΓΚΗΣ
(LOCALIZATION IN EMERGENCY ADHOC NETWORKS)

Ειρήνη Χριστοδούλου

Επιβλέπων Καθηγητής
Πιτσιλίδης Ανδρέας

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

Μάιος 2016

Ευχαριστίες

Κατ' αρχήν θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή κ. Ανδρέα Πιτσιλλίδη, για την επίβλεψη και καθοδήγηση που μου παρείχε κατά την διάρκεια της ατομικής διπλωματικής εργασίας.

Επίσης, Δρ. Παναγιώτη Κολιό, ο οποίος με στήριξε και καθοδήγησε καθ' όλη την διάρκεια της μελέτης αυτής, παρέχοντας άρθρα και κατευθυντήριες γραμμές που βοήθησαν σε μεγάλο βαθμό στην διεκπεραίωση της διπλωματικής εργασίας.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια και τους φίλους μου για την στήριξη και κατανόηση που έδειξαν καθ' όλη την διάρκεια των σπουδών μου. Ιδιαίτερα όμως, θέλω να ευχαριστήσω τους γονείς μου, που χωρίς αυτούς δεν θα μου δινόταν η ευκαιρία να ακολουθήσω τα όνειρα μου.

Περίληψη

Η εργασία αυτή αφορά την υλοποίηση ενός ασύρματου ad hoc δικτύου για περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης. Τέτοιες περιπτώσεις έχουμε όταν μετά από φυσικές καταστροφές όπως σεισμούς και πλημμύρες ή μετά από καταστροφές προκαλούμενες από τον άνθρωπο καταστραφούν οι βασικές υποδομές τηλεπικοινωνίας και διαδικτύου. Για να επιλύσουμε το πρόβλημα αυτό μπορούμε να δημιουργήσουμε ad hoc δίκτυο χρησιμοποιώντας έξυπνες κινητές συσκευές. Το ad hoc δίκτυο που δημιουργείται χρησιμοποιεί το Wi-Fi και το hotspot των κινητών συσκευών έτσι ώστε να μεταφέρονται μηνύματα κινδύνου από τους επιζώντες σε συνεργεία που καταφθάνουν για βοήθεια.

Η πειραματική εφαρμογή ProximAid δημιουργήθηκε τα προηγούμενα χρόνια από άλλους φοιτητές για να δημιουργεί ad hoc δίκτυο επικοινωνίας, το οποίο χρησιμοποιεί τεχνικές για αποστολή μηνυμάτων προς όλες τις κατευθύνσεις στο δίκτυο και χρησιμοποιήθηκε ως βάση για την εργασία αυτή.

Για τους σκοπούς της συγκεκριμένης εργασίας, γίνεται εξεύρεση της τοποθεσίας της συσκευής και τροποποιείται ο τρόπος που αποστέλλονται τα μηνύματα έτσι ώστε να κατευθύνονται μέσα στο δίκτυο. Επίσης, προστέθηκε χάρτης της περιοχής και των νοσοκομείων, τα οποία χρησιμοποιούνται για την δρομολόγηση στο δίκτυο και τον καλύτερο εντοπισμό των επιζώντων. Η δρομολόγηση των μηνυμάτων γίνεται με κριτήριο την απόσταση του κοντινότερου νοσοκομείου και την τοποθεσία των συσκευών στο δίκτυο.

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες.....	3
Περίληψη	4
Περιεχόμενα.....	5
Κεφάλαιο 1.....	7
Εισαγωγή	7
1.1 Σκοπός εργασίας.....	7
1.2 Περιγραφή δομής εγγράφου.....	8
Κεφάλαιο 2.....	10
Υπόβαθρο.....	10
2.1 Εισαγωγή	10
2.2 Σχετικά άρθρα και μελέτη.....	10
2.3 Εισαγωγή στο λειτουργικό σύστημα Android	12
2.4 Ολοκληρωμένο προγραμματιστικό περιβάλλον Android Studio	13
Κεφάλαιο 3.....	15
Εφαρμογή ProximAid.....	15
3.1 Εισαγωγή	15
3.2 Περιγραφή εφαρμογής ProximAid.....	16
3.3 Περιγραφή υλοποίησης.....	18
Κεφάλαιο 4.....	20
Υλοποίηση.....	20
4.1 Εξέυρεση τοποθεσίας με GPS αισθητήρα.....	20
4.2 Εξέυρεση τοποθεσίας με αλγόριθμο iSNAP	22
4.3 Προσθήκη χάρτη και νοσοκομείων περιοχής	25
4.4 Προώθηση μηνυμάτων κινδύνου	27
Κεφάλαιο 5.....	30
Σενάρια και Αποτελέσματα.....	30
5.1 Γενικά χαρακτηριστικά σεναρίων	30

5.2 Σενάριο 1.....	32
5.2.1 Περιγραφή	32
5.2.2 Αποτελέσματα	34
5.3 Σενάριο 2.....	36
5.3.1 Περιγραφή	36
5.3.2 Αποτελέσματα	37
5.4 Σενάριο 3.....	40
5.4.1 Περιγραφή	40
5.4.2 Αποτελέσματα	41
5.5 Σενάριο 4.....	44
5.5.1 Περιγραφή	44
5.5.2 Αποτελέσματα	46
5.6 Σενάριο 5.....	49
5.6.1 Περιγραφή	49
5.6.2 Αποτελέσματα Σεναρίου 1 Με Βελτιστοποίηση Προώθησης.....	50
5.6.3 Αποτελέσματα Σεναρίου 2 Με Βελτιστοποίηση Προώθησης.....	51
Κεφάλαιο 6.....	53
Γενικά συμπεράσματα	53
6.1 Εισαγωγή	53
6.2 Συμπεράσματα.....	53
6.3 Μελλοντική εργασία	55
Βιβλιογραφία	57
Παράρτημα Α	59
Εγχειρίδιο Χρήσης Εφαρμογής	59

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή

1.1 Σκοπός εργασίας	7
1.2 Περιγραφή δομής εγγράφου	8

1.1 Σκοπός εργασίας

Οι τηλεπικοινωνίες και το διαδίκτυο είναι αναπόσπαστο κομμάτι της καθημερινότητας μας και πλέον θεωρούμε δεδομένο ότι μπορούμε να επικοινωνήσουμε με τους συνανθρώπους μας χρησιμοποιώντας τις υποδομές αυτές. Δεν είναι όμως λίγες οι περιπτώσεις, όπου είτε μετά από φυσικές καταστροφές, όπως σεισμούς ή πλημμύρες, είτε μετά από καταστροφές προκαλούμενες από ανθρώπους καταστράφηκαν βασικές υποδομές που χρησιμοποιούνται για τηλεπικοινωνίες και διαδίκτυο ή διακόπηκε προσωρινά η παροχή ενέργειας σε ολόκληρες περιοχές. Σε τέτοιες περιπτώσεις, χάνεται η επικοινωνία με αποτέλεσμα οι επιζώντες στην περιοχή να είναι αποκομμένοι και να μην έχουν την δυνατότητα να επικοινωνήσουν και να ζητήσουν βοήθεια από συνεργεία που καταφτάνουν στην περιοχή για να προσφέρουν βοήθεια στους πληγέντες.

Η ανάπτυξη της τεχνολογίας και η αύξηση των δυνατοτήτων των κινητών συσκευών που χρησιμοποιούμε καθημερινώς μας δίνουν τη δυνατότητα να δημιουργήσουμε ασύρματα ad hoc δίκτυα για να μπορούμε να παρέχουμε βοήθεια σε επιζώντες μετά από καταστροφές. Μπορούμε χρησιμοποιώντας το Wi-Fi και το Wi-Fi hotspot των κινητών συσκευών μας να δημιουργήσουμε ένα ασύρματο ad hoc δίκτυο όπου οι επιζώντες θα μπορούν αποτελεσματικά και αξιόπιστα να επικοινωνήσουν με τα συνεργεία διάσωσης και να ζητήσουν βοήθεια.

Παρόλο που μπορούμε να διατηρήσουμε μια μορφή επικοινωνίας ωστόσο υπάρχουν περιορισμοί στις δυνατότητες του ασύρματου ad hoc δικτύου που μπορούμε να δημιουργήσουμε. Για παράδειγμα, δεν μπορούμε να έχουμε γνώση του δικτύου ούτε της τοποθεσίας των επιζώντων ή των σωστικών συνεργείων. Επίσης, η μπαταρία των κινητών

συσκευών δεν είναι άπειρη, γι' αυτό και πρέπει να χρησιμοποιείται όσο το δυνατόν πιο αποδοτικά. Ακόμη, οι συσκευές μπορούν να επικοινωνήσουν μόνο με τους άμεσους γείτονες. Λαμβάνοντας υπόψη αυτά καθώς και άλλες σημαντικές παραμέτρους μπορούμε να δημιουργήσουμε ένα ad hoc δίκτυο αντιμετώπισης έκτακτων καταστάσεων.

Η εργασία αυτή είναι βασισμένη στην εφαρμογή ProximAid που υλοποιήθηκε για την επίλυση αυτού του προβλήματος στο παρελθόν. Βασικός στόχος της εργασίας αυτής είναι η εύρεση της τοποθεσίας των συσκευών μέσα στο ad hoc δίκτυο που δημιουργείται και η δρομολόγηση των μηνυμάτων με βάση την τοποθεσία.

1.2 Περιγραφή δομής εγγράφου

Το έγγραφο αυτό αρχίζει με την κεφάλαιο 1, την εισαγωγή, στην οποία περιγράφεται ο σκοπός της ατομικής διπλωματικής εργασίας, αναφορά στις προηγούμενες μελέτες που έγιναν και η δομή του εγγράφου.

Στο κεφάλαιο 2, Υπόβαθρο, αρχικά γίνεται αναφορά σε προηγούμενα άρθρα και μελέτη. Ακολούθως, γίνεται εισαγωγή στο λειτουργικό σύστημα Android και στη συνέχεια γίνεται αναφορά στο ολοκληρωμένο προγραμματιστικό περιβάλλον Android Studio, που χρησιμοποιείται για την ανάπτυξη Android εφαρμογών.

Στο κεφάλαιο 3, γίνεται εισαγωγή στην εφαρμογή ProximAid και την υλοποίηση της, όπως παραλήφθηκε στην έναρξη της μελέτης αυτής. Στην συνέχεια αναφέρονται οι προσθήκες που έγιναν στην εφαρμογή κατά την διάρκεια της μελέτης.

Στο κεφάλαιο 4, γίνεται λεπτομερές περιγραφή της υλοποίησης της παρούσας μελέτης. Πιο συγκεκριμένα, αναλύονται οι υπό-ενότητες εξεύρεση τοποθεσίας με τον αισθητήρα GPS, υπολογισμός τοποθεσίας με τον αλγόριθμο iSNAP, προσθήκη χάρτη και νοσοκομείων περιοχής και τέλος γίνεται αναφορά στις λεπτομέρειες με τις οποίες γίνεται η προώθηση των μηνυμάτων.

Το κεφάλαιο 5, ακολουθεί η περιγραφή και τα αποτελέσματα των διάφορων σεναρίων που υλοποιήθηκαν προκειμένου να ελεγχθεί η υλοποίηση της εφαρμογής. Επιπρόσθετα εξετάζοντας τα σενάρια αυτά και τα αποτελέσματα τους μπορούμε να εξάγουμε γενικά συμπεράσματα για την εφαρμογή.

Στο κεφάλαιο 6, περιγράφονται τα γενικά συμπεράσματα που παρατηρούμε αναλύοντας τα αποτελέσματα των σεναρίων και ακολούθως, γίνεται αναφορά σε μελλοντική εργασία σχετικά με την εφαρμογή.

Τέλος, υπάρχουν η βιβλιογραφία, στην οποία στηρίχθηκε και καθοδηγήθηκε η ατομική διπλωματική εργασία καθώς επίσης και το παραρτήματα, που είναι εγχειρίδιο χρήσης της εφαρμογής. Φαίνονται τα διάφορα στιγμιότυπα από τις οθόνες της εφαρμογής και παράλληλα επεξηγούνται οι αντίστοιχες λειτουργίες για κάθε οθόνη..

Κεφάλαιο 2

Υπόβαθρο

2.1 Εισαγωγή	10
2.2 Σχετικά άρθρα και μελέτη	10
2.3 Εισαγωγή στο λειτουργικό σύστημα Android	12
2.4 Ολοκληρωμένο προγραμματιστικό περιβάλλον Android Studio	13

2.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό, γίνεται αναφορά στα άρθρα που διαβάστηκαν και αξιοποιήθηκαν για την υλοποίηση της παρούσας μελέτης. Επίσης, αναφέρεται προηγούμενη δουλειά που έγινε σχετικά με το θέμα της μελέτης αυτής. Τέλος, γίνεται εισαγωγή στο λειτουργικό σύστημα για το οποίο υλοποιήθηκε η εφαρμογή και το προγραμματιστικό περιβάλλον που χρησιμοποιήθηκε.

2.2 Σχετικά άρθρα και μελέτη

Η εξεύρεση τοποθεσίας είναι θέμα που μελετήθηκε αρκετά στο παρελθόν και ακόμη αναπτύσσονται μέθοδοι για τον καλύτερο υπολογισμό τοποθεσίας. Οι περισσότεροι μέθοδοι χρησιμοποιούν δεδομένα από το δίκτυο και υπολογίζουν την τοποθεσία της συσκευής με βάση αυτές τις πληροφορίες. Προκειμένου να πάρω κατευθυντήριες γραμμές για την υλοποίηση που θα ακολουθούσα ξεκίνησα διαβάζοντας διάφορα άρθρα.

Στο άρθρο, A theory of network localization^[4], ο υπολογισμός της τοποθεσίας γίνεται με βάση την απόσταση από τους γειτονικούς κόμβους. Για τον υπολογισμό χρειάζεται γνώση του δικτύου και έτσι πρώτα πρέπει να ανταλλαχτούν beacon μηνύματα και μετά να γίνει ο υπολογισμός. Επίσης, χρειάζεται να γνωρίζουμε τις αποστάσεις μεταξύ των κόμβων κάτι που δεν μπορούμε να μάθουμε από το ad hoc δίκτυο που δημιουργείται.

Στο άρθρο, Localization techniques in wireless sensor networks^[5], αναφέρονται διάφοροι μέθοδοι για υπολογισμό της τοποθεσίας, αλλά είτε έχουν μεγάλη πολυπλοκότητα υπολογισμού, κάτι που θα είχε επιπτώσεις στον χρόνο ζωής της συσκευής εφόσον

ανταλλάσσεται μεγάλος αριθμός μηνυμάτων, είτε χρειάζονται πληροφορίες που δεν μπορούμε να έχουμε για το δίκτυο που δημιουργείται. Στις περιπτώσεις που η μέθοδος μπορεί να εφαρμοστεί, για παράδειγμα η μέθοδος Centroid system, η οποία χρησιμοποιεί πληροφορίες μόνο από τους άμεσους γειτονικούς κόμβους και η τοποθεσία υπολογίζεται να είναι στο κέντρο των τοποθεσιών αυτών με τον τύπο $(X, Y) = \left(\frac{X_i + \dots + X_n}{N}, \frac{Y_i + \dots + Y_n}{N} \right)$, όπου X, Y η τοποθεσία που υπολογίζεται και X_i, Y_i οι τοποθεσίες των γειτονικών κόμβων και N το σύνολο τους.

Στο άρθρο, Improving the reliability of emergency response networks using RevolverNet^[3], μεταξύ άλλων περιγράφεται μια μέθοδος εντοπισμού τοποθεσίας η οποία λαμβάνει υπόψη της τοποθεσίες γειτονικών κόμβων μέχρι και 2-hop μακριά. Η μέθοδος αυτή δεν χρειάζεται επιπλέον πληροφορίες και γνώση του δικτύου.

Επίσης, στα άρθρα Explore and exploit in wireless ad hoc emergency response networks^[1], An experimental evaluation of the HelpNet emergency response networking protocol^[2] και Improving the reliability of emergency response networks using RevolverNet^[3], περιγράφονται οι βασικές αρχές που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάπτυξη της εφαρμογής ProximAid. Η εφαρμογή ProximAid δημιουργήθηκε τα προηγούμενα χρόνια από άλλους φοιτητές και χρησιμοποιήθηκε ως βάση για την υλοποίηση της παρούσας μελέτης.

Πέρα από το θεωρητικό υπόβαθρο που χρειάζεται για την ανάπτυξη της εφαρμογής, ήταν απαραίτητη η εκμάθηση των βασικών αρχών που χρειάζονται για την ανάπτυξη εφαρμογών στο λειτουργικό σύστημα Android. Για τον σκοπό αυτό, μελετήθηκε το εκπαιδευτικό υλικό που βρίσκεται στην ιστοσελίδα Android Training^[4].



Εικόνα 1 - Λογότυπο Android^[7]

2.3 Εισαγωγή στο λειτουργικό σύστημα Android

Το Android^[8] είναι λειτουργικό σύστημα κυρίως για κινητές συσκευές με οθόνη αφής, όπως smartphones και tablets. Αρχικά, αναπτύχθηκε από την Google και στη συνέχεια από την Open Handset Alliance. Είναι ανοιχτού κώδικα λογισμικό με ιδιότητα μέλη και είναι βασισμένο στο πυρήνα Linux. Επιτρέπει στους κατασκευαστές λογισμικού να συνθέτουν κώδικα με τη χρήση γλώσσας προγραμματισμού Java.

Η πρώτη έκδοση του Android κυκλοφόρησε στις 23 Σεπτεμβρίου 2008 και η τελευταία έκδοση, η Android 6.0.1 Marshmallow, κυκλοφόρησε στις 2 Μαΐου 2016. Οι διάφορες εκδόσεις, οι ονομασίες τους καθώς και η ημερομηνία έκδοσης τους φαίνονται στον πίνακα 1.

Έκδοση	Ονομασία έκδοσης	Ημερομηνία έκδοσης
1.6	Donut	15 Σεπτεμβρίου 2009
2.0 – 2.1	Eclair	26 Οκτωβρίου 2009
2.2	Froyo	20 Μαΐου 2010
2.3.3 – 2.3.7	Gingerbread	9 Φεβρουαρίου 2011
3.2	Honeycomb	15 Ιουλίου 2011
4.0.3 – 4.0.4	Ice Cream Sandwich	16 Δεκεμβρίου 2011
4.1 – 4.1.2	Jelly Bean	9 Ιουλίου 2012
4.2 – 4.2.2	Jelly Bean	13 Νοεμβρίου 2012
4.3 – 4.3.1	Jelly Bean	24 Ιουλίου 2013
4.4.0 – 4.4.4	KitKat	31 Οκτωβρίου 2013
5.0 – 5.0.2	Lollipop	3 Νοεμβρίου 2014
5.1 – 5.1.1	Lollipop	9 Μαρτίου 2015
6.0 – 6.0.1	Marshmallow	5 Οκτωβρίου 2015

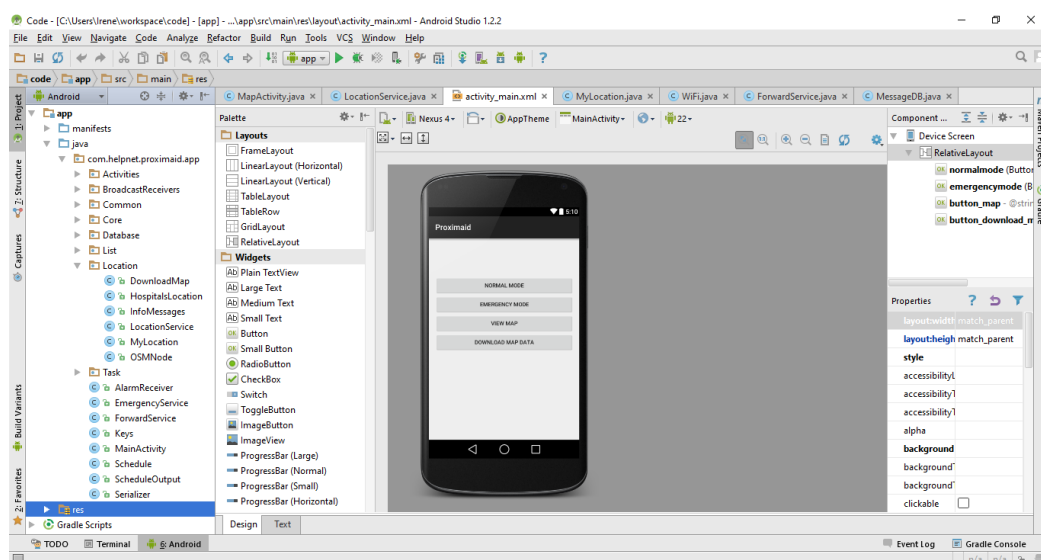
Πίνακας 1 - Εκδόσεις Android^[75]



Εικόνα 2 - Εκδόσεις Android^[9]

2.4 Ολοκληρωμένο προγραμματιστικό περιβάλλον Android Studio

Η ανάπτυξη εφαρμογών στην πλατφόρμα Android μπορεί να γίνει χρησιμοποιώντας το ολοκληρωμένο προγραμματιστικό περιβάλλον (IDE) Android Studio, στιγμιότυπο από το εργαλείο φαίνεται στην εικόνα 3. Οι περισσότερες εφαρμογές είναι γραμμένες χρησιμοποιώντας τη γλώσσα προγραμματισμού Java, αλλά μπορούν να χρησιμοποιηθούν και άλλες γλώσσες, όπως C και C++. Ο σχεδιασμός των οθονών για τις διάφορες εφαρμογές γίνεται με την γλώσσα XML^[10] (Extensible Markup Language), η οποία είναι γλώσσα σήμανσης που περιέχει ένα σύνολο κανόνων για ηλεκτρονική κωδικοποίηση κειμένων. Παράδειγμα XML κώδικα από την εφαρμογή φαίνεται στην εικόνα 4.



Εικόνα 3 - Στιγμιότυπο οθόνης από Android Studio

```

<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<RelativeLayout xmlns:android="http://schemas.android.com/apk/res/android"
    android:layout_height="match_parent"
    android:layout_width="match_parent"
    android:paddingLeft="@dimen/activity_horizontal_margin"
    android:paddingRight="@dimen/activity_horizontal_margin"
    android:paddingTop="@dimen/activity_vertical_margin"
    android:paddingBottom="@dimen/activity_vertical_margin">
    <TextView
        android:id="@+id/textview"
        android:layout_width="fill_parent"
        android:layout_height="wrap_content"
        android:text="Country:"/>
    <Spinner
        android:id="@+id/spinnerMap"
        android:layout_width="fill_parent"
        android:layout_height="wrap_content"
        android:layout_below="@+id/textview"
        android:layout_alignParentLeft="true"
        android:layout_alignParentStart="true"
        android:prompt="Select Country"/>
    <TextView
        android:id="@+id/wait"
        android:layout_width="fill_parent"
        android:layout_height="wrap_content"
        android:layout_below="@+id/spinnerMap"
        android:layout_alignParentLeft="true"
        android:layout_alignParentStart="true"
        android:text="Wait for download..."
        android:visibility="invisible"/>
</RelativeLayout>

```

Εικόνα 4 - Κώδικας XML από την υλοποίηση της εφαρμογής

Κεφάλαιο 3

Εφαρμογή ProximAid

3.1 Εισαγωγή	15
3.2 Περιγραφή υλοποίησης εφαρμογής	16
3.3 Προσθήκες στην εφαρμογή	18

3.1 Εισαγωγή

Δεν είναι λίγες οι περιπτώσεις όπου καταστροφές, όπως σεισμοί, πλημμύρες και πυρκαγιές, κατέστρεψαν τις βασικές υποδομές τηλεπικοινωνιών και διαδικτύου με αποτέλεσμα επιζώντες στην περιοχή να μην μπορούν να ζητήσουν βοήθεια. Σε τέτοιες περιπτώσεις, χρειάζεται να βρούμε τρόπο να εντοπίζουμε τους επιζώντες και να τους παρέχουμε βοήθεια. Για το λόγο αυτό, υλοποιήθηκε η εφαρμογή ProximAid τα προηγούμενα χρόνια από άλλους φοιτητές, η οποία δημιουργεί ad hoc δίκτυο χρησιμοποιώντας το Wi-Fi και το Hotspot των κινητών συσκευών. Χρησιμοποιώντας το δίκτυο αυτό, μπορούν οι επιζώντες να εντοπιστούν και να τους παρασχεθεί βοήθεια.

Το Wi-Fi^[11] είναι τεχνολογία που επιτρέπει σε διάφορες ηλεκτρονικές συσκευές να ενώνονται σε κάποιο ασύρματο τοπικό δίκτυο (WLAN – Wireless Local Area Network), με σκοπό την ένωση τους στον παγκόσμιο ιστό. Το hotspot^[12] είναι φυσική τοποθεσία όπου μπορούμε να έχουμε πρόσβαση στον παγκόσμιο ιστό μέσω ασύρματου τοπικού δικτύου. Στην εφαρμογή χρησιμοποιείται το hotspot για την αποστολή μηνυμάτων και το Wi-Fi για την παραλαβή μηνυμάτων. Πιο συγκεκριμένα, το μήνυμα καθορίζεται ως το όνομα (SSID - Service Set Identifier) του hotspot και διαφημίζεται στις υπόλοιπες συσκευές ως διαθέσιμο δίκτυο. Οι υπόλοιπες συσκευές, προκειμένου να διαβάσουν το μήνυμα αυτό, κάνουν σάρωση διαθέσιμων δικτύων στην περιοχή και έτσι εντοπίζουν τα μηνύματα.

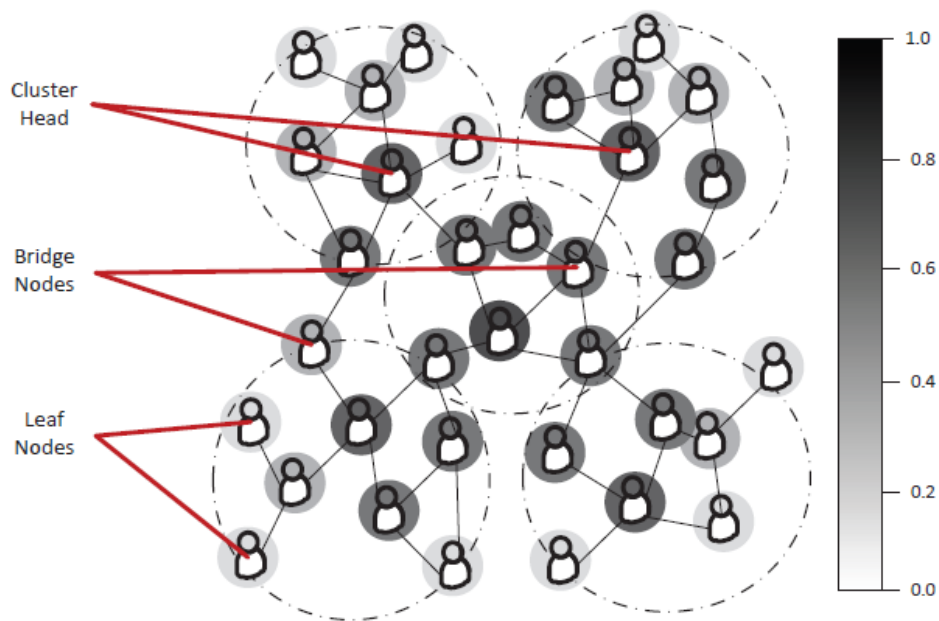


Εικόνα 5 - Εικόνα Wi-Fi και Wi-Fi hotspot^[13]

3.2 Περιγραφή εφαρμογής ProximAid

Η εφαρμογή ProximAid δημιουργεί ασύρματο ad hoc δίκτυο χρησιμοποιώντας έξυπνες κινητές συσκευές και αποστέλλει μηνύματα κινδύνου μέσα στο δίκτυο από τους επιζώντες με σκοπό διαδοθούν προς όλες τις κατευθύνσεις του δικτύου. Τα μηνύματα θέτονται ως το SSID του Wi-Fi hotspot της συσκευής και διαφημίζονται στις γειτονικές συσκευές ως ασύρματο δίκτυο. Οι γειτονικές συσκευές μπορούν να διαβάσουν το μήνυμα αυτό κάνοντας σάρωση τοπικών δικτύων χρησιμοποιώντας το Wi-Fi της δικής τους συσκευής. Στο SSID επιτρέπεται να γραφτούν μέχρι 27 χαρακτήρες και για το λόγο αυτό τα μηνύματα περιέχουν πάντα ακριβώς 27 χαρακτήρες για να μπορούν να αναγνωρίζονται στο δίκτυο. Τα μηνύματα αποτελούνται από την ταυτότητα του αποστολέα, 3 χαρακτήρες, την ταυτότητα του παραλήπτη, 3 χαρακτήρες, την LC τιμή, 6 χαρακτήρες, ο κωδικός προβλήματος, 3 χαρακτήρες, το γεωγραφικό πλάτος, και μήκος της τοποθεσίας (latitude και longitude), 6 χαρακτήρες σύνολο, την EC τιμή, 3 χαρακτήρες και μένουν 3 χαρακτήρες αχρησιμοποίητοι.

Οι πληροφορίες αυτές που περιέχονται στο μήνυμα είναι σημαντικές για τον τρόπο προώθησης των μηνυμάτων στο δίκτυο. Όπως περιγράφεται στο άρθρο RevolverNet^[3], τα μηνύματα προωθούνται με βάση τη σημαντικότητα της κάθε συσκευής στο δίκτυο. Η σημαντικότητα υπολογίζεται με βάση το επίπεδο μπαταρίας κάθε συσκευής και των γειτονικών της. Γενικά, μια συσκευή έχει ψηλή σημαντικότητα αν έχει ψηλό επίπεδο μπαταρίας και έχει πολλές γειτονικές συσκευές που έχουν και αυτές ψηλό επίπεδο μπαταρίας, η σημαντικότητα όμως χρησιμοποιεί πληροφορίες από όλο το δίκτυο κάτι που είναι χρονοβόρο και έχει κόστος ενέργειας. Για το λόγο αυτό υπολογίζεται η LC (Local Connectivity) τιμή, για τον υπολογισμό της οποίας χρησιμοποιούνται πληροφορίες μόνο από τους 1-hop γείτονες. Η LC τιμή επηρεάζεται από το βαθμό συνδεσιμότητας στο δίκτυο και το υπολειπόμενο επίπεδο μπαταρίας κάθε δικτυωμένης συσκευής. Συγκεκριμένα, η LC τιμή για ένα κόμβο υπολογίζεται από το σταθμισμένο άθροισμα LC τιμών κάθε μιας από τις γειτονικές συσκευές και το υπόλοιπο μπαταρίας της συσκευής. Επομένως, μια συσκευή έχει ψηλή σημαντικότητα εάν έχει ψηλό επίπεδο μπαταρίας και έχει πολλές γειτονικές συσκευές που έχουν και αυτές ψηλό επίπεδο μπαταρίας. Ένα δίκτυο χωρίζεται σε συμπλέγματα (clusters) και κάθε σύμπλεγμα αποτελείται από βασικούς κόμβους (head nodes), οι οποίοι έχουν τις περισσότερες συνδέσεις και κόμβους φύλλα (leaf nodes) οι οποίοι βρίσκονται στα άκρα και έχουν τις λιγότερες συνδέσεις. Υπάρχουν επίσης και οι κόμβοι γέφυρες (bridge nodes) οι οποίοι ανήκουν σε δύο ή περισσότερα συμπλέγματα. Στην εικόνα 6 φαίνεται ένα παράδειγμα δικτύου.



Εικόνα 6 - Παράδειγμα *ad hoc* δικτύου και της κατηγοριοποίησης των κόμβων^[3]

Για να διαδοθεί το μήνυμα μέσα σε ένα σύμπλεγμα και να φτάσει στο βασικό κόμβο αρκεί η κάθε συσκευή να προωθεί το μήνυμα στη γειτονική συσκευή με την μεγαλύτερη LC τιμή. Τα μηνύματα όμως, πρέπει να διαδοθούν και σε γειτονικά συμπλέγματα μέσω των κόμβων γεφυρών, και για το λόγω αυτό υπολογίζεται η EC τιμή. Για τον υπολογισμό της EC (Exogenous Connectivity) τιμής προστίθεται στο αποτέλεσμα της LC τιμής, μόνο για τους κόμβους γέφυρες, μια τιμή αρκετά μεγάλη, έτσι ώστε να επηρεάζει το αποτέλεσμα.. Επομένως, όταν ένας κόμβος θέλει να αποστείλει ένα μήνυμα αποφασίζει τον παραλήπτη με βάση την κατάσταση του στο δίκτυο. Οι κόμβοι φύλλα, γέφυρες και ενδιάμεσοι αποστέλλουν προς την ψηλότερη LC τιμή, ενώ οι βασικοί κόμβοι αποστέλλουν προς την ψηλότερη EC τιμή. Η στρατηγική προώθησης μηνυμάτων στηρίζεται επίσης στην κατάσταση του κόμβου στο δίκτυο. Οι κόμβοι φύλλα και γέφυρες προωθούν τα μηνύματα που λαμβάνουν προς όλες τις γειτονικές συσκευές, οι ενδιάμεσοι κόμβοι, αν το μήνυμα που έλαβαν προέρχεται από κόμβο με ψηλότερη LC τιμή, αποστέλλουν προς τον κόμβο με την ψηλότερη EC τιμή ενώ, αν το μήνυμα προέρχεται από κόμβο με χαμηλότερη LC τιμή τότε προωθούν προς τον κόμβο με την ψηλότερη LC τιμή. Τέλος, οι βασικοί κόμβοι προωθούν πάντα τα μηνύματα προς τον κόμβο με την ψηλότερη EC τιμή.

Η εφαρμογή αυτή χρησιμοποιήθηκε ως βάση για την υλοποίηση αυτής της εργασίας. Για σκοπούς της εργασίας αυτής προστίθεται η τοποθεσία της κάθε συσκευής στο δίκτυο και η προώθηση διαφοροποιείται με τρόπο που να λαμβάνει υπόψη της την τοποθεσία του κάθε κόμβου.

3.3 Περιγραφή υλοποίησης

Η εργασία αυτή στηρίζεται στην εφαρμογή ProximAid αλλά έρχεται να τροποποιήσει τον τρόπο με τον οποίο τα μηνύματα προωθούνται και δρομολογούνται στο ασύρματο ad hoc δίκτυο.

Καταρχήν, να αναφερθεί ότι οι 3 χαρακτήρες στα μηνύματα κινδύνου που έμεναν αχρησιμοποίητοι, προστέθηκε από ένας χαρακτήρας στο γεωγραφικό πλάτος και μήκος της συσκευής για σκοπούς που αναφέρονται πιο κάτω και ένας χαρακτήρας χρησιμοποιείται για να μετρά τον αριθμό hop που διανύει το μήνυμα μέσα στο δίκτυο.

Στην αρχή, γίνεται εξεύρεση της τοποθεσίας της συσκευής, χρησιμοποιώντας τον GPS αισθητήρα των συσκευών, αλλά ο εντοπισμός της τοποθεσίας με τον αισθητήρα, εφόσον είναι ενεργοποιημένος, δεν καθίσταται πάντα δυνατός. Για το λόγο αυτό, υλοποιήθηκε εναλλακτικά ο αλγόριθμος iSNAP για τον υπολογισμό της τοποθεσίας της συσκευής χρησιμοποιώντας πληροφορίες από τις γειτονικές συσκευές. Ο αλγόριθμος iSNAP και η υλοποίηση του περιγράφεται στην συνέχεια αυτού του εγγράφου.

Παράλληλα, θεωρούμε ότι σε περιπτώσεις καταστροφής οι σταθμοί παροχής βοήθειας θα τοποθετηθούν σε κάποιο νοσοκομείο της περιοχής. Για την εξεύρεση των νοσοκομείων της περιοχής γίνεται χρήση χάρτη της χώρας ή της περιοχής, ο οποίος αποθηκεύεται στην συσκευή. Παράλληλα, βρίσκονται τα νοσοκομεία της αντίστοιχης περιοχής μέσω αιτήματος σε εξυπηρετητή που χρησιμοποιείται για τέτοιους σκοπούς. Στο χάρτη εμφανίζονται η τοποθεσία της συσκευής, οι γειτονικές συσκευές καθώς και τα νοσοκομεία που εντοπίστηκαν στην περιοχή.

Στην συνέχεια, η τοποθεσία της συσκευής προστίθεται στο alert μήνυμα για να γίνει γνωστή στις υπόλοιπες συσκευές στο δίκτυο. Τέλος, γνωρίζοντας την τοποθεσία της συσκευής, την τοποθεσία των νοσοκομείων της περιοχής και των γειτονικών συσκευών, η κάθε συσκευή προωθεί τα μηνύματα μόνο όταν η ευκλείδεια απόσταση μεταξύ της συσκευής και του νοσοκομείου είναι μικρότερη από την ευκλείδεια απόσταση μεταξύ της γειτονικής συσκευής και του νοσοκομείου. Με τον τρόπο αυτό, τα μηνύματα προωθούνται μέσα στο δίκτυο μόνο προς την κατεύθυνση που βρίσκονται τα νοσοκομεία, θεωρώντας πως έτσι δεν γίνονται προώθηση μηνυμάτων προς κατευθύνσεις που πιθανώς δεν θα υπάρχουν σωστικά συνεργεία.

Έτσι, πιστεύουμε ότι γίνεται πιο αποδοτική χρήση των συσκευών στο ασύρματο δίκτυο λαμβάνοντας υπόψη ότι οι συσκευές έχουν περιορισμένη ενέργεια εφόσον οι μπαταρίες τους περιορίζουν τον χρόνο λειτουργίας τους. Επίσης, εφόσον τα μηνύματα προωθούνται μόνο προς τα νοσοκομεία θεωρούμε ότι τα μηνύματα φτάνουν στον προορισμό τους πιο γρήγορα.

Μετά την υλοποίηση της εφαρμογής εκτελούνται διάφορα σενάρια και γίνονται σχετικές μετρήσεις για να συγκρίνουμε τις δύο υλοποιήσεις και να εξάγουμε συμπεράσματα. Πρώτη υλοποίηση είναι η προώθηση με βάση την σημαντικότητα κάθε κόμβου στο δίκτυο και δεύτερη είναι η υλοποίηση της παρούσας μελέτη όπου η προώθηση μηνυμάτων γίνεται με βάση την πραγματική τοποθεσία των συσκευών και των νοσοκομείων.

Κεφάλαιο 4

Υλοποίηση

4.1 Εξέυρεση τοποθεσίας με GPS αισθητήρα	20
4.2 Υπολογισμός τοποθεσίας με αλγόριθμο iSNAP	22
4.3 Προσθήκη χάρτη και νοσοκομείων περιοχής	25
4.4 Προώθηση μηνυμάτων κινδύνου	27

4.1 Εξέυρεση τοποθεσίας με GPS αισθητήρα

Σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης όπου οι βασικές υποδομές δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να μπορούν οι επιζώντες να ζητήσουν βοήθεια από τα σωστικά συνεργεία είναι σημαντικό να είναι γνωστή η τοποθεσία τους. Όταν είναι γνωστή η τοποθεσία των επιζώντων μπορούν εύκολα οι πρώτοι βοηθοί να τους εντοπίσουν και να τους παράσχουν την απαραίτητη βοήθεια.

Ο εντοπισμός της τοποθεσίας μπορεί να γίνει χρησιμοποιώντας τον αισθητήρα GPS της συσκευής, ο οποίος μπορεί να υπολογίσει την τοποθεσία με ακρίβεια μερικών μέτρων. Εναλλακτικά, μπορεί να υπολογιστεί η τοποθεσία της συσκευής με βάση την θέση κοντινών δικτύων Wi-Fi αλλά εφόσον θεωρούμε ότι δεν έχουμε πρόσβαση στις απαραίτητες υποδομές τηλεπικοινωνίας και διαδικτύου ο εντοπισμός της τοποθεσίας περιορίζεται μόνο στη χρήση του GPS αισθητήρα.

Το GPS^[14] (Global Positioning System – Παγκόσμιο Σύστημα Στιγματοθέτησης) είναι το παγκόσμιο σύστημα εντοπισμού της γεωγραφικής θέσης ενός χρήστη. Το σύστημα αυτό, βασίζεται σε ένα «πλέγμα» από είκοσι τέσσερις δορυφόρους της γης, οι οποίοι είναι εφοδιασμένοι με ειδικές συσκευές εντοπισμού. Οι συσκευές αυτές παρέχουν ακριβείς πληροφορίες για την θέση ενός σημείου, το υψόμετρο, την ταχύτητα και την κατεύθυνση της κίνησης του. Για την αναπαράσταση της τοποθεσίας χρησιμοποιείται το σύστημα γεωγραφικών συντεταγμένων^[15] με δύο μεγέθη από τα οποία προσδιορίζεται η θέση ενός σημείου. Σημείο αναφοράς των γεωγραφικών συντεταγμένων είναι ο ισημερινός και ο πρώτος μεσημβρινός. Οι συντεταγμένες αποτελούνται από το γεωγραφικό πλάτος, στο παρόν έγγραφο αναφέρεται ως latitude, και το γεωγραφικό μήκος, που στη συνέχεια αναφέρεται ως longitude.

Επομένως, όπου καθίσταται δυνατό ο εντοπισμός της τοποθεσίας υπολογίζεται χρησιμοποιώντας τον αισθητήρα GPS. Προκειμένου να εντοπιστεί η τοποθεσία της συσκευής με τον αισθητήρα GPS, θα πρέπει ο χρήστης να τον έχει ενεργοποιημένο διαφορετικά δεν θα μπορεί να γίνει εντοπισμός. Ο αισθητήρας GPS, θα μπορούσε σε προηγούμενες εκδόσεις Android να ενεργοποιηθεί από τον κώδικα, αλλά στις τελευταίες εκδόσεις του λειτουργικού δεν επιτρέπεται η ενεργοποίηση του αισθητήρα απευθείας από τον κώδικα. Όταν η τοποθεσία μπορεί να εντοπιστεί τότε προστίθεται στο alert μήνυμα που αποστέλλεται ως το SSID του Wi-Fi hotspot της συσκευής για να μπορεί να διαβαστεί από τις υπόλοιπες συσκευές που βρίσκονται εντός της εμβέλειας του hotspot σήματος.

Λόγω του περιορισμένου αριθμού χαρακτήρων που επιτρέπεται να οριστούν στο SSID του hotspot η τοποθεσία πρέπει να αναπαρασταθεί συνολικά με 8 χαρακτήρες. Γι' αυτό χρησιμοποιούνται 4 χαρακτήρες για το latitude και 4 για το longitude. Για να έχουμε όμως αρκετή ακρίβεια στην τοποθεσία χρειάζονται για κάθε μια από τις συντεταγμένες τουλάχιστον 8 χαρακτήρες 2 χαρακτήρες πριν την υποδιαστολή και 6 χαρακτήρες μετά, για το λόγο αυτό τα ψηφία του latitude και longitude κωδικοποιούνται ανά 2 στον αντίστοιχο ASCII χαρακτήρα τους. Τα δύο ψηφία δίνουν αριθμούς μέχρι το 99 ενώ οι ASCII χαρακτήρες έχουν τιμές μέχρι 127, επομένως οι ASCII χαρακτήρες είναι αρκετοί για αυτή την αναπαράσταση. Για παράδειγμα στην εικόνα 7 που ακολουθεί φαίνεται η αναπαράσταση της τοποθεσίας στους αντίστοιχους ASCII χαρακτήρες. Η τοποθεσία σε κανονική αναπαράσταση φαίνεται είναι η ακόλουθη:

- latitude = 34.929041 = "\Z), longitude = 33.613833 = !=&!
- latitude = 34.929341 = "\]), longitude = 33.613433 = !="!)

```
3001000[T001"\Z) !=&!150002016-02-08 17:05:248[
3001000[T001"\Z) !=&!150002016-02-08 17:05:208[
3004000[0004"\]) !="!150002016-02-08 16:53:246[
3004000[M004"\]) !="!0002016-02-08 16:52:128[
```

Εικόνα 7 - Μηνύματα μέσα από την βάση δεδομένων της εφαρμογής

Δεν είναι όμως λίγες οι περιπτώσεις όπου ο εντοπισμός της τοποθεσίας δεν μπορεί να ανιχνευτεί χρησιμοποιώντας τον GPS αισθητήρα της συσκευής. Παράδειγμα τέτοιας περίπτωσης είναι όταν βρισκόμαστε σε εσωτερικό χώρο όπου δεν έχουμε καθαρή επαφή με το σήμα από τους δορυφόρους, κάτι που είναι πολύ πιθανό σε περιπτώσεις σεισμού όπου επιζώντες πιθανώς να βρίσκονται κάτω από ερείπια κτιρίων.

Επομένως, για αυτές τις περιπτώσεις όπου ο εντοπισμός της τοποθεσίας με τον αισθητήρα GPS της συσκευής δεν είναι δυνατός χρειάζεται εναλλακτικός τρόπος εντοπισμού της τοποθεσίας της συσκευής. Για τον λόγο αυτό, υλοποιήθηκε ο αλγόριθμος iSNAP, με τον οποίο μπορεί να γίνει υπολογισμός της τοποθεσίας της συσκευής με βάση την τοποθεσία των γειτονικών συσκευών.

4.2 Εξέυρεση τοποθεσίας με αλγόριθμο iSNAP

Εφόσον, η πιθανότητα να μην μπορεί να γίνει εντοπισμός της τοποθεσίας της συσκευής αξιοποιώντας τους διαθέσιμους αισθητήρες είναι μεγάλη χρειάζεται να εξευρεθεί εναλλακτικός τρόπος υπολογισμού της. Επομένως, η μέθοδος που θα εξευρεθεί θα πρέπει να μπορεί να εντοπίζει την τοποθεσία του χρήστη με το λιγότερο δυνατό σφάλμα αξιοποιώντας πληροφορίες που ήδη υπάρχουν στο ad hoc δίκτυο ή είναι εύκολο να υπολογιστούν.

Για τον σκοπό αυτό, μελετήθηκαν οι αλγόριθμοι που περιγράφονται στα άρθρα που μελετήθηκαν και αναφέρονται στο κεφάλαιο 2.2 Σχετικά άρθρα και μελέτη. Οι περισσότερες από τις μεθόδους που αναφέρονται χρειάζονται πληροφορίες που δεν είναι εφικτό να έχουμε στο δίκτυο μας, για παράδειγμα η απόσταση μεταξύ των συσκευών ή η ένταση του σήματος που λαμβάνει η συσκευή από τις γειτονικές συσκευές.

Επιλέγηκε να γίνει υλοποίηση του αλγορίθμου iSNAP που περιγράφεται στο άρθρο RevolverNet^[3] γιατί δεν χρειάζεται να υπάρχει γνώση του δικτύου ή επιπλέον πληροφοριών. Για την υλοποίηση χρειάζεται μόνο να γνωρίζουν ορισμένοι από τους κόμβους την τοποθεσία τους, κάτι που ήδη γίνεται αξιοποιώντας πληροφορίες από τον GPS αισθητήρα όπου είναι εφικτό. Επίσης, ο αλγόριθμος αυτός λαμβάνει υπόψη του γειτονικές συσκευές μέχρι και 2-hop μακριά, επομένως αυξάνεται η πιθανότητα να έχουμε καλύτερο υπολογισμό της τοποθεσίας.

Ο αλγόριθμος iSNAP χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της τοποθεσίας μιας συσκευής αξιοποιώντας πληροφορίες από τις γειτονικές συσκευές μέχρι και 2-hop μακριά. Ακολουθεί περιγραφή του αλγορίθμου όπως περιγράφεται στο άρθρο RevolverNet^[3] και στο τέλος είναι η περιγραφή του τρόπου υλοποίησης του αλγορίθμου στην εφαρμογή ProximAid.

Αρχικά, θεωρούμε το σύνολο των κόμβων $i \in N$ ως ένα υποσύνολο όλων των κόμβων του δικτύου. Στη συνέχεια, υποθέτουμε ότι ορισμένοι βασικοί κόμβοι γνωρίζουν την ακριβές τοποθεσία τους, για παράδειγμα υπολογίζοντας την μέσω του GPS. Οι υπόλοιποι κόμβοι δεν

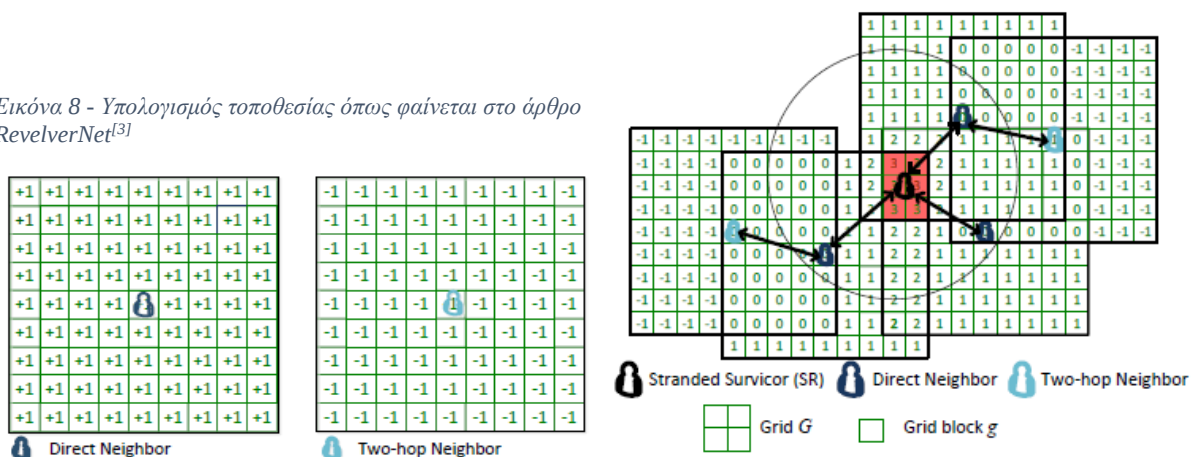
γνωρίζουν την τοποθεσία τους και χρειάζεται να την υπολογίσουν αναδρομικά χρησιμοποιώντας πληροφορίες από τους γειτονικούς κόμβους μέχρι και 2-hop μακριά.

Για να επιτευχθεί αυτό, κάθε κόμβος $j \in N$ αναμεταδίδει την τοποθεσία του $L(j)$ και την τοποθεσία των άμεσων (1-hop) γειτόνων του $L(k)$, $k \in Z(j)^2$. Ο αλγόριθμος υποθέτει ότι ολόκληρη η περιοχή χωρίζεται σε ένα πλέγμα με $G \times G$ κελιά και κάθε κελί αντιπροσωπεύεται από το g . Κάθε κόμβος i αντιπροσωπεύεται στο πλέγμα G από ένα υπό-πλέγμα G_i το οποίο περιέχει $G_i \times G_i$ κελιά και έχει ως κέντρο την τοποθεσία του. Το μέγεθος του υπό-πλέγματος είναι $G_i = \lfloor \frac{6D}{g} \rfloor + 1$ για να συμπεριλάβει τους γείτονες μέχρι και 2-hop μακριά, όπου D είναι η μέγιστη απόσταση που μπορεί να βρίσκεται ένας 1-hop γείτονας.

Για κάθε τοποθεσία που λαμβάνει ο κόμβος $i \in N$, από όλους τους γειτονικούς κόμβους ακολουθεί τα ακόλουθα βήματα:

- 1) Αναβάθμιση της τοπικής βάσης δεδομένων με την νέα τοποθεσία
- 2) Θέτει τις τιμές στο πλέγμα G_i ίσες με 0
- 3) Δημιουργεί ένα υπό-πλέγμα G_i με $G_i \times G_i$ κελιά και μέγεθος $G_i = \lfloor \frac{2D}{g} \rfloor + 1$, με κέντρο την τοποθεσία του κάθε γειτονικού κόμβου $l = \{j, k\}$, $j \in Z(i)$, $k \in Z(j)$.
- 4) Ανάθεση τιμής στο υπό-πλέγμα G_i ως ακολούθως:
 - a. +1 στην περίπτωση όπου $l = j$, δηλαδή είναι 1-hop γείτονας.
 - b. -1 στην περίπτωση όπου $l = k$, δηλαδή είναι 2-hop γείτονας.
- 5) Άθροισμα τιμών στο G_i και υπολογισμός της τοποθεσίας του κόμβου i ως το κέντρο των κελιών με την μεγαλύτερη τιμή.

Εικόνα 8 - Υπολογισμός τοποθεσίας όπως φαίνεται στο άρθρο RevelverNet^[3]



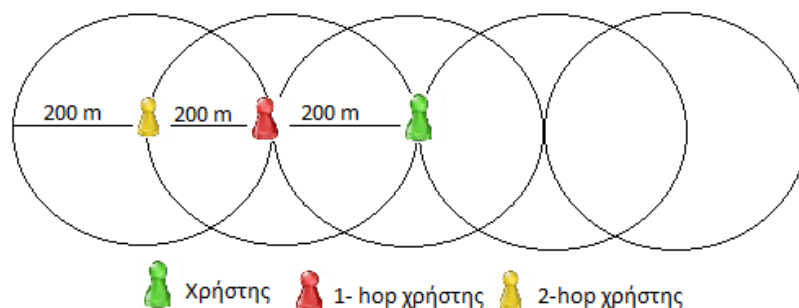
Αντίστοιχα, για την υλοποίηση του αλγόριθμου στην εφαρμογή θεωρούμε ότι ορισμένοι κόμβοι μπορούν να υπολογίσουν την τοποθεσία τους χρησιμοποιώντας τον αισθητήρα GPS

της συσκευής. Οι συσκευές που δεν μπορούν να ανιχνεύσουν με αυτό τον τρόπο την τοποθεσία τους εκτελούν τον αλγόριθμο iSNAP για να εκτιμήσουν την τοποθεσία τους με βάση τις γειτονικές συσκευές. Αρχικά, να αναφερθεί ότι λόγω του ότι μια συσκευή προωθεί ένα μήνυμα μόνο όταν βρίσκεται πιο κοντά σε κάποιο νοσοκομείο σε σχέση με την συσκευή που αποστέλλει το αρχικό μήνυμα, οι 2-hop γείτονες βρίσκονται μόνο από την πλευρά της συσκευής που είναι πιο απομακρυσμένη από το κοντινότερο νοσοκομείο της περιοχής.

Κάθε συσκευή μαθαίνει την τοποθεσία των γειτονικών της συσκευών από τα alert μηνύματα που αποστέλλονται. Στα μηνύματα περιλαμβάνεται η τοποθεσία της συσκευής καθώς επίσης και ο αριθμός των hops που διένυσε το μήνυμα. Ο αριθμός των hops αυξάνεται κατά ένα όταν προωθείται ένα μήνυμα, αλλά λόγω του περιορισμού για το μέγεθος του μηνύματος η αναπαράσταση του αριθμού των hops γίνεται με ένα μόνο χαρακτήρα. Επομένως, η τιμή αυτή αυξάνεται μόνο για τα δέκα πρώτα hops και μετά παραμένει η ίδια.

Η συσκευή αποθηκεύει τα μηνύματα που παραλαμβάνει στο πίνακα ReceiveDB στη βάση δεδομένων της εφαρμογής, ο οποίος αποθηκεύει όλες τις πληροφορίες που περιέχονται στα μηνύματα. Στον πίνακα υπάρχουν οι πληροφορίες που χρειάζονται για την υλοποίηση του αλγόριθμου iSNAP, όπως η τοποθεσία και ο αριθμός των hops. Για τον υπολογισμό της τοποθεσίας τα μηνύματα που έχουν αριθμό hops μεγαλύτερο του 3 αγνοούνται.

Η μέγιστη απόσταση στην οποία μπορεί να φτάσει το σήμα που εκπέμπεται από μια συσκευή για το Wi-Fi hotspot όταν βρίσκεται σε ανοιχτό χώρο είναι 200 μέτρα. Λαμβάνοντας υπόψη αυτό αναπαριστούμε την περιοχή της συσκευής με ένα πλέγμα 1200 x 1200, δηλαδή 6D με βάση τον θεωρητικό αλγόριθμο, για να συμπεριλαμβάνει μέχρι και τους 2-hop γείτονες. Στην εικόνα 9 που ακολουθεί παρατηρούμε ότι χρειάζονται 600 μέτρα γύρω από τη συσκευή για να καλυφθεί ο χώρος που μπορεί να βρίσκονται οι γείτονες μέχρι και 2-hop μακριά.



Εικόνα 9 - Μέγεθος πλέγματος 1200 x 1200

Κάθε φορά που η συσκευή αποστέλλει ένα alert μήνυμα χρειάζεται να υπολογίζει την τοποθεσία της. Για τον υπολογισμό της τοποθεσίας, αρχικά μηδενίζεται το πλέγμα που αναπαριστά την περιοχή της συσκευής και τοποθετούνται σε αυτό οι τοποθεσίες των γειτονικών συσκευών που βρέθηκαν τα τελευταία 5 λεπτά. Για να υπολογιστεί η θέση της τοποθεσίας μέσα στο πλέγμα βρίσκεται η πιο μεγάλη τιμή για το latitude και longitude αντίστοιχα και η τιμή αυτή θεωρούμε πως είναι το δεξί άκρο του πλέγματος αφαιρώντας 200 για να μπορεί να οριστεί η περιοχή της συσκευής, δηλαδή η θέση 999 x 999 του πίνακα. Έχοντας ως σημείο αναφοράς τις μεγαλύτερες τιμές που βρέθηκαν υπολογίζεται η θέση του κάθε γείτονα στο πλέγμα. Για να υπολογιστεί η θέση του κάθε γείτονα στο πλέγμα αφαιρείται από την μεγαλύτερη τοποθεσία (latitude και longitude) η τοποθεσία του και ακολούθως πολλαπλασιάζεται με 1,000,000 για να λάβουμε υπόψη μας μέχρι και 6 δεκαδικά ψηφία, δηλαδή ακρίβεια μερικών μέτρων. Για κάθε γειτονική τοποθεσία αν αφορά 1-hop γείτονα αυξάνουμε κατά ένα την περιοχή του, η περιοχή του γείτονα έχει μέγεθος 200 x 200, που είναι η μέγιστη απόσταση που μπορεί να φτάσει το σήμα. Αντίστοιχα, για τις τοποθεσίες που αφορούν τους 2-hop γείτονες μειώνουμε κατά ένα την περιοχή τους. Τέλος, υπολογίζεται ότι η τοποθεσία της συσκευής είναι το κέντρο των κελιών με την μεγαλύτερη τιμή στο πλέγμα.

Στην περίπτωση όπου δεν μπορεί να ανιχνευτεί η τοποθεσία με την χρήση του αισθητήρα GPS και δεν έχουν βρεθεί ακόμη γειτονικές συσκευές, έτσι ώστε να μπορεί να εκτιμηθεί η θέση της συσκευής με τον αλγόριθμο iSNAP, η τοποθεσία της συσκευής τίθεται ως 0000, 0000 για να γνωρίζουν οι γειτονικές συσκευές ότι η τοποθεσία της συσκευής δεν είναι γνωστή.

4.3 Προσθήκη χάρτη και νοσοκομείων περιοχής

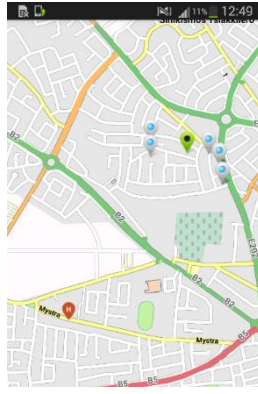
Πέρα από την δρομολόγηση των μηνυμάτων προς τα νοσοκομεία, είναι επίσης σημαντικό να μπορεί ο χρήστης να δει οπτικά που βρίσκεται, καθώς επίσης και τα σημεία που βρίσκονται οι υπόλοιποι επιζώντες. Για τον λόγο αυτό, χρησιμοποιείται χάρτης της περιοχής στον οποίο προστίθενται πάνω με δείκτη (marker) τα σημεία που θεωρούνται σημαντικά, τα σημεία αυτά είναι η τοποθεσία της συσκευής, οι γειτονικές συσκευές και τα νοσοκομεία.

Κατά την περίοδο της καταστροφής δεν βρίσκονται σε λειτουργία οι βασικές υποδομές τηλεπικοινωνιών και διαδικτύου γι' αυτό θα πρέπει ο χρήστης να έχει κατεβάσει στην συσκευή του τον χάρτη και τα νοσοκομεία από πριν. Για τον λόγο αυτό η εφαρμογή δίνει την δυνατότητα στον χρήστη να επιλέξει την περιοχή ή την χώρα που βρίσκεται και αυτόματα κατεβαίνουν στη συσκευή ο αντίστοιχος χάρτης και τα νοσοκομεία.

Πιο συγκεκριμένα, μέσα από μια οθόνη της εφαρμογής ο χρήστης μπορεί να δει τις διαθέσιμες τοποθεσίες που υπάρχει χάρτης. Ακολουθώντας, επιλέγει την επιθυμητή τοποθεσία και περιμένει μέχρι να κατέβει στην συσκευή ο χάρτης και τα νοσοκομεία. Η λήψη του χάρτη στη συσκευή γίνεται μέσω HTTP GET αίτημα στον εξυπηρετητή <http://download.mapsforge.org/> ο οποίος περιέχει χάρτες οι οποίοι μπορούν να προβληθούν χρησιμοποιώντας το λογισμικό mapsforge^[16]. Η εφαρμογή mapsforge, παρέχει δωρεάν και ανοικτού πηγαίου κώδικα λογισμικό για την προβολή των χαρτών με βάση τα δεδομένα OpenStreetMap (OSM)^[17]. Το OSM είναι ελεύθερος και επεξεργάσιμος χάρτης όλου του κόσμου που χτίζεται από εθελοντές και κυκλοφορεί με άδεια ανοιχτού περιεχομένου. Το γεγονός ότι ο χάρτης αυτός κυκλοφορεί με άδεια ανοιχτού περιεχομένου είναι και ο κύριος λόγος που επιλέχθηκε η χρήση χαρτών OSM αντί χαρτών του Google Maps, οι οποίοι χρειάζονται σχετικές άδειες για να χρησιμοποιηθούν. Παράλληλα, για τους χάρτες OSM παρέχονται και τα σημεία ενδιαφέροντος για κάθε περιοχή που πρέπει να ανακτηθούν ξεχωριστά από τον χάρτη.

Μαζί με την λήψη του χάρτη γίνεται επίσης λήψη και των νοσοκομείων της ίδιας περιοχής. Για να επιτευχθεί αυτό, γίνεται HTTP GET αίτημα για 50 νοσοκομεία της περιοχής στον εξυπηρετητή <http://nominatim.openstreetmap.org/>, ο οποίος περιέχει πληροφορίες σχετικά με σημεία ενδιαφέροντος (POI – Points of Interest) που υπάρχουν για τον OSM χάρτη. Όταν τα δεδομένα για τα νοσοκομεία ανακτηθούν στην συσκευή δημιουργείται ένας πίνακας στη βάση δεδομένων της εφαρμογής που περιέχει πληροφορίες σχετικά με τα νοσοκομεία. Οι πληροφορίες αυτές αφορούν το όνομα του νοσοκομείου, καθώς επίσης και την τοποθεσία που βρίσκεται (latitude και longitude).

Τα δεδομένα είναι πλέον έτοιμα και σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης ο χρήστης έχει την δυνατότητα να προβάλει τον χάρτη της περιοχής, όπου στο κέντρο θα βρίσκεται η τοποθεσία της συσκευής, εφόσον είναι διαθέσιμη. Επιπρόσθετα, στον χάρτη προστίθενται τα νοσοκομεία που ανακτήθηκαν μαζί με όλες τις γειτονικές συσκευές που βρέθηκαν τα τελευταία 5 λεπτά. Κάθε ομάδα που αναπαρίσταται στον χάρτη φαίνεται με διαφορετικό χρώμα marker για να μπορεί να είναι ευδιάκριτη από τον χρήστη η κάθε κατηγορία στην οποία ανήκει το σημείο. Στην εικόνα 10 που ακολουθεί βλέπουμε ένα παράδειγμα του χάρτη με κόκκινο marker αναπαρίστανται τα νοσοκομεία, οι γειτονικές συσκευές με λευκό και μπλε και η συσκευή με πράσινο.



Εικόνα 10 – Στιγμιότυπο χάρτη με σημεία ενδιαφέροντος

4.4 Προώθηση μηνυμάτων κινδύνου

Για να μπορεί να δημιουργηθεί το ad hoc δίκτυο με τις κινητές συσκευές πρέπει οι συσκευές να αποστέλλουν τα μηνύματα τους, να διαβάζουν μηνύματα από άλλες συσκευές και να προωθούν τα μηνύματα που λαμβάνουν για να διαδίδονται στο δίκτυο. Προκειμένου να υλοποιηθεί αυτό η κάθε συσκευή χωρίζει το χρόνο της σε 5 περιόδους, όπως φαίνεται στον πίνακα 2, ο χρόνος που αφιερώνει στην κάθε περίοδο επιλέγεται πολλαπλασιάζοντας με ένα τυχαίο αριθμό έτσι ώστε να μην συμπίπτουν οι περίοδοι σε διαφορετικές συσκευές και να μην είναι σε θέση να λειτουργήσει το δίκτυο. Η υλοποίηση και ο καθορισμός των περιόδων αυτών έγινε από στην προηγούμενη μελέτη αλλά χρησιμοποιείται και στην παρούσα μελέτη.

Αποστολή	Παραλαβή	Παραλαβή	Προώθηση	Παραλαβή
----------	----------	----------	----------	----------

Πίνακας 2 - Λειτουργία που εκτελείται ανά χρονική περίοδο

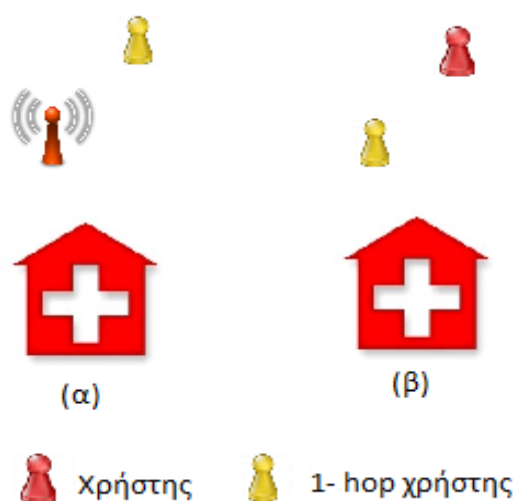
Η προώθηση μηνυμάτων διαφοροποιήθηκε από την προηγούμενη υλοποίηση της εφαρμογής και αγνοεί την σημαντικότητα του κόμβου στο δίκτυο, λαμβάνει υπόψη της μόνο πληροφορίες από την τοποθεσία της συσκευής. Στις περιόδους προώθησης, η εφαρμογή επιλέγει να προωθήσει μηνύματα που δεν έχουν προωθηθεί ξανά και ικανοποιούν το όριο απόστασης που καθορίζεται. Σε περίπτωση που δεν υπάρχουν τέτοια μηνύματα η συσκευή αποστέλλει τα δικά της μηνύματα.

Για τον υπολογισμό του ορίου απόστασης που καθορίζεται, αρχικά γίνεται εύρεση του πιο κοντινού νοσοκομείου στη συσκευή με βάση την ευκλείδεια απόσταση. Οι αποστάσεις υπολογίζονται με βάση την ευκλείδεια απόσταση αντί με την απόσταση στους πραγματικούς δρόμους γιατί οι επιζώντες βρίσκονται ανάμεσα στα κτίρια και όχι μόνο μέσα στους δρόμους κυκλοφορίας. Στη συνέχεια, υπολογίζεται η ευκλείδεια απόσταση ανάμεσα στην συσκευή και το πιο κοντινό νοσοκομείο και ακολούθως επιλέγεται για προώθηση το πρώτο μήνυμα το οποίο

η ευκλείδεια απόσταση ανάμεσα στην τοποθεσία του μηνύματος και το νοσοκομείο είναι μεγαλύτερη από την ευκλείδεια απόσταση μεταξύ της συσκευής και του κοντινότερου νοσοκομείου.

Λόγω της τυχειότητας και των κακών αποτελεσμάτων στον χρόνο που χρειάζεται να προωθηθεί μήνυμα από όλες τις συσκευές στο δίκτυο προς τον κοντινότερο κόμβο στο νοσοκομείο υλοποιήθηκε η προώθηση και με διαφορετικό τρόπο, έτσι ώστε να βελτιστοποιεί τον χρόνο προώθησης. Στην βελτιστοποιημένη προώθηση, επιλέγονται όλα τα μηνύματα που δεν προωθήθηκαν ξανά κατηγοριοποιημένα ως προς τον κωδικό κινδύνου, που είναι και ο αρχικός αποστολέας του μηνύματος, και ταξινομούνται με βάση τον κωδικό σε αύξων σειρά. Στη συνέχεια, δημιουργείται μια λίστα με τα προωθημένα μηνύματα όπου κάθε φορά ελέγχεται αν υπάρχει κωδικός, δηλαδή αρχικός αποστολέας, που δεν προωθήθηκε το μήνυμα του ξανά και αν υπάρχει, προωθείται το δικό του μήνυμα και προστίθεται ο κωδικός του στη λίστα προωθημένων αν δεν υπάρχει τέτοιος κωδικός τότε η λίστα αδειάζει και χρησιμοποιείται μια μεταβλητή η οποία αυξάνεται κατά 1 κάθε φορά που αδειάζει η λίστα και χρησιμοποιείται έτσι ώστε να επιλέγεται με εκ περιτροπής (Round Robin) σειρά το μήνυμα που θα προωθηθεί.

Στην εικόνα 11 (α) βλέπουμε την περίπτωση όπου η συσκευή προωθεί το μήνυμα που πήρε από τον 1-hop γείτονα, ενώ στην εικόνα 13 (β) βλέπουμε το αντίστοιχο σενάριο όπου δεν θα προωθηθεί το μήνυμα από την συσκευή. Στην περίπτωση όπου η συσκευή δεν γνωρίζει την τοποθεσία της ή είναι εκτός ορίων του χάρτη της περιοχής, τότε θεωρεί ότι μπορεί να προωθήσει όλα τα μηνύματα που λαμβάνει.



Εικόνα 11 - Παράδειγμα προώθησης μηνυμάτων

Η συσκευή επιλέγει ανάμεσα στα μηνύματα που λήφθηκαν τα τελευταία 5 λεπτά και βρίσκει μια γειτονική συσκευή, η οποία να βρίσκεται πιο κοντά στο νοσοκομείο από την συσκευή του χρήστη. Το μήνυμα προωθείται στην πρώτη συσκευή που ικανοποιεί αυτά τα κριτήρια. Στην περίπτωση όπου δεν υπάρχει τέτοια συσκευή το μήνυμα αναμεταδίδεται σε όλες τις γειτονικές συσκευές και αυξάνεται κατά ένα ο αριθμός των hops.

Τέλος, το μήνυμα που προωθήθηκε επισημαίνεται στην βάση δεδομένων με τα εισερχόμενα μηνύματα ως μήνυμα που έχει προωθηθεί. Είναι σημαντικό να επιλέγονται για προώθηση μηνύματα που δεν προωθήθηκαν ξανά για να δίνεται η δυνατότητα σε όλα τα μηνύματα να φτάσουν στο νοσοκομείο και τα σωστικά συνεργεία.

Κεφάλαιο 5

Σενάρια και Αποτελέσματα

5.1 Γενικά χαρακτηριστικά σεναρίων	30
5.2 Σενάριο 1	32
5.3 Σενάριο 2	36
5.4 Σενάριο 3	40
5.5 Σενάριο 4	44
5.6 Σενάριο 5	49

5.1 Γενικά χαρακτηριστικά σεναρίων

Προκειμένου να ελεγχθούν οι λειτουργίες που περιγράφονται πιο πάνω και υλοποιήθηκαν στα πλαίσια της εργασίας αυτής πραγματοποιήθηκαν 5 σενάρια. Για τα σενάρια αυτά, χρησιμοποιήθηκαν 7 κινητές συσκευές, οι οποίες θεωρούμε ότι είναι τοποθετημένες με συγκεκριμένη τοπολογία. Η τοπολογία καθορίζεται από τον κώδικα της εφαρμογής, δηλαδή καθορίζεται με ποιους μπορεί να επικοινωνήσει η κάθε συσκευή. Ο καθορισμός μέσα από τον κώδικα γίνεται γιατί είναι δύσκολο να τοποθετηθούν και να ελέγχονται οι συσκευές σε πραγματικό χώρο με την κάθε τοπολογία που εξετάζεται.

Για τον έλεγχο εξεύρεσης της τοποθεσίας, σε κάθε σενάριο ένας αριθμός συσκευών έχει γνωστή την τοποθεσία του και οι υπόλοιπες συσκευές προσπαθούν να την υπολογίσουν. Για τις συσκευές που η τοποθεσία τους είναι γνωστή, αυτή καθορίζεται στατικά μέσα από τον κώδικα της εφαρμογής, λόγω του ότι τα πειράματα διεξάγονται σε εσωτερικό χώρο και το GPS δεν είναι πάντα δυνατό να υπολογίσει την τοποθεσία.

Οι συσκευές που χρησιμοποιήθηκαν για τα πειράματα είναι τρεις Samsung Galaxy Young 2 SM-G130HN, μια Samsung Galaxy Pocket 2 SM-G110H και τρεις Samsung Galaxy S III GT-I9300.

Οι βασικοί στόχοι είναι:

- Να μετρήσουμε την απόκλιση της υπολογιζόμενης τοποθεσίας των συσκευών από την πραγματική που καθορίζεται στην αρχή του κάθε σεναρίου.

- Η μέτρηση του επιπέδου μπαταρίας των συσκευών για να ελέγξουμε κατά πόσο οι επιπλέον υπολογισμοί για την εξεύρεση της τοποθεσίας επηρεάζουν αρνητικά τον χρόνο λειτουργίας των συσκευών σε σχέση με την προηγούμενη υλοποίηση.
- Η μέτρηση του χρόνου που χρειάζονται όλα τα μηνύματα να διαδοθούν στη συσκευή που βρίσκεται πιο κοντά στο νοσοκομείο της περιοχής.

Λόγω του ότι ο χρόνος που χρειάζεται για να προωθηθεί μήνυμα από όλες τις συσκευές στον κόμβο που βρίσκεται πιο κοντά στο νοσοκομείο, εκτελέστηκαν ξανά τα πρώτα 2 σενάρια με την βελτιστοποιημένη υλοποίηση για να ελεγχθούν τα αποτελέσματα, τα οποία φαίνονται στο σενάριο 5.

Για την εκτέλεση χωρίς βελτιστοποίηση ο χρόνος για κάθε περίοδο είναι:

▪ Αποστολή/Προώθηση:	23
▪ Ανάγνωση:	18
▪ Σύνολο Κύκλου:	100

Για την εκτέλεση με την βελτιστοποιημένη προώθηση εκτελέστηκε με 2 διαφορετικούς χρόνους περιόδων, οι χρόνοι για κάθε περίοδο είναι:

 Εκτέλεση 1:

▪ Αποστολή/Προώθηση:	23
▪ Ανάγνωση:	18
▪ Σύνολο Κύκλου:	100

 Εκτέλεση 2

▪ Αποστολή/Προώθηση:	20
▪ Ανάγνωση:	15
▪ Σύνολο Κύκλου:	85

Ακολουθεί η περιγραφή και τα αποτελέσματα με και χωρίς βελτιστοποίηση για τις εκτελέσεις των τεσσάρων σεναρίων που υλοποιήθηκαν προκειμένου να μετρήσουμε τους στόχους που τέθηκαν.

5.2 Σενάριο 1

5.2.1 Περιγραφή

Στο πρώτο σενάριο που εξετάστηκε οι πέντε από τις επτά συσκευές που χρησιμοποιήθηκαν είχαν γνωστή την τοποθεσία τους και οι υπόλοιπες 2 χρειαζόταν να την υπολογίσουν με τον αλγόριθμο iSNAP. Όλες οι συσκευές στο δίκτυο αποστέλλουν alert μηνύματα λόγω του ότι, για να υπολογιστεί η τοποθεσία με τον αλγόριθμο χρειάζονται πληροφορίες από όλες τις συσκευές.

Η τοποθεσία για τις συσκευές που θεωρούμε ότι γνωρίζουν την τοποθεσία τους, καθορίζεται στατικά μέσα από τον κώδικα της εφαρμογής. Αυτό γίνεται γιατί δεν μπορούμε να γνωρίζουμε σίγουρα ότι θα μπορέσουν να βρουν την τοποθεσία τους χρησιμοποιώντας τον GPS αισθητήρα της συσκευής τους. Επίσης, είναι δύσκολο να τοποθετηθούν και να ελέγχονται οι συσκευές σε πραγματικό χώρο. Οι τοποθεσίες που καθορίστηκαν για την κάθε συσκευή φαίνονται στον πίνακα 3 που ακολουθεί.

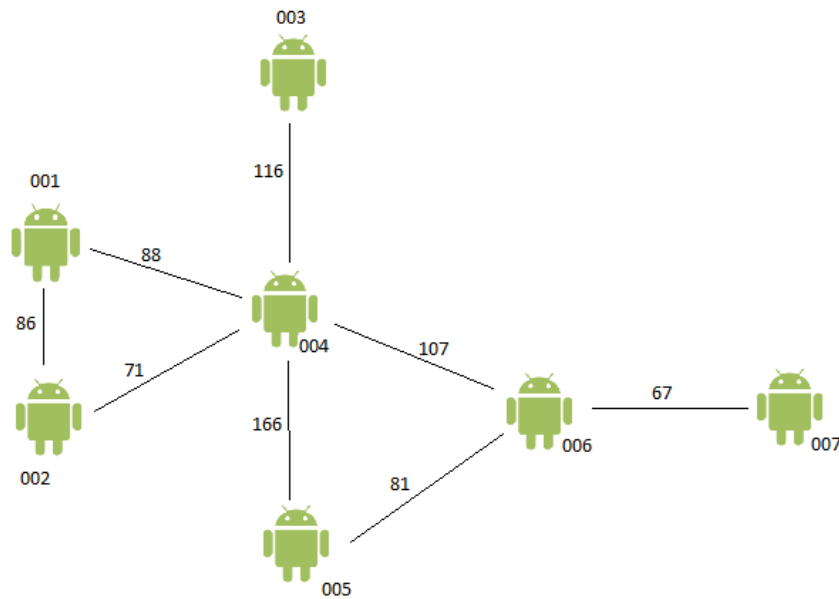
Ταυτότητα συσκευής	Γεωγραφικό πλάτος (latitude)	Γεωγραφικό μήκος (longitude)
001	34,929341	33,613433
002	34,928765	33,614066
003	34,927835	33,614248
004*	34,928554	33,613333
005	34,929135	33,611659
006	34,928536	33,612164
007*	34,928061	33,611713

Πίνακας 3 - Γεωγραφικό πλάτος και μήκος κάθε συσκευής στο *ad hoc* δίκτυο, με * σημειώνονται οι συσκευές που θα υπολογίσουν την τοποθεσία τους

Με * φαίνονται οι δύο συσκευές που έπρεπε να υπολογίσουν την τοποθεσία τους με τον αλγόριθμο iSNAP. Η τοποθεσία που φαίνεται στον πίνακα είναι η πραγματική τοποθεσία της κάθε συσκευής όπως αυτή καθορίστηκε πριν την διεξαγωγή του σεναρίου.

Το νοητό δίκτυο για το σενάριο φαίνεται στην εικόνα 15. Οι αριθμοί δίπλα από κάθε κόμβο αντιπροσωπεύουν την ταυτότητα της συγκεκριμένης συσκευής στο δίκτυο, οι γραμμές μεταξύ των κόμβων αντιπροσωπεύουν την δυνατότητα επικοινωνίας μεταξύ των συσκευών και οι αριθμοί πάνω στις γραμμές αντιπροσωπεύουν την πραγματική απόσταση μεταξύ των

συσκευών σε μέτρα. Για παράδειγμα, ο κόμβος 007 μπορεί να επικοινωνήσει μόνο με τον κόμβο 006, ο οποίος βρίσκεται σε 67 μέτρα απόσταση.



Εικόνα 12 – Τοπολογία 1: Οι αριθμοί δίπλα από κάθε κόμβο αντιπροσωπεύουν την ταυτότητα του, οι ακμές καθορίζουν την δυνατότητα επικοινωνίας και οι αριθμοί πάνω στις ακμές είναι η απόσταση μεταξύ των συσκευών σε μέτρα.

Σκοπός του σεναρίου αυτού είναι να ελεγχθεί κατά πόσο ο υπολογισμός της τοποθεσίας για τους κόμβους 004 και 007 είναι αντιπροσωπευτικός της πραγματικής τοποθεσίας. Επιλέχθηκε η τοποθέτηση των κόμβων με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να δούμε τα αποτελέσματα του υπολογισμού τοποθεσίας όταν γύρω από τον κόμβο που χρειάζεται να την υπολογίσει βρίσκονται αρκετοί κόμβοι, αυτό συμβαίνει στην περίπτωση του κόμβου 004. Επίσης, θέλουμε να παρατηρήσουμε κατά πόσο ο κόμβος 007 μπορεί να υπολογίσει την τοποθεσία του με λιγότερους κόμβους γύρω του. Σημαντικό είναι επίσης να παρατηρήσουμε και τα επίπεδα μπαταρίας γιατί θέλουμε να μπορεί να παραμένει σε λειτουργία η συσκευή όσο το δυνατό περισσότερο χρόνο. Τέλος, θέλουμε να μετρήσουμε τον χρόνο που χρειάζεται για να προωθηθούν όλα τα μηνύματα στον κόμβο 007 που είναι ο κοντινότερος στο νοσοκομείο της περιοχής καθώς επίσης, να ελέγξουμε αν όλα τα μηνύματα προωθούνται στον κόμβο 007.

Προκειμένου να παρθούν αποτελέσματα για τους στόχους του σεναρίου οι συσκευές ξεκίνησαν με 100% μπαταρία και παρατηρείτο το επίπεδο της ανά μια ώρα, για τον λόγο αυτό θα αφεθεί η εφαρμογή να εκτελείται σε όλες τις συσκευές μέχρι να εξαντληθεί η μπαταρία τους. Τα μηνύματα που αποστέλλονται και παραλαμβάνονται καταχωρούνται στη βάση δεδομένων που χρησιμοποιεί η εφαρμογή και έτσι έχουμε τη δυνατότητα να παρατηρήσουμε την τοποθεσία που υπολογίζεται από τις συσκευές όπου χρειάζεται.

5.2.2 Αποτελέσματα

Μετά την ολοκλήρωση του σεναρίου και εφόσον αφέθηκαν οι συσκευές μέχρι να εξαντληθεί η μπαταρία τους αναλύθηκαν τα μηνύματα που αποθηκεύτηκαν στην βάση δεδομένων κάθε συσκευής. Στον πίνακα 4 που ακολουθεί μπορούμε να δούμε την πραγματική τοποθεσία που θέσαμε για την συσκευή στην αρχή του σεναρίου και την τελική υπολογιζόμενη τοποθεσία.

Κόμβος	Αρχική τοποθεσία		Υπολογιζόμενη τοποθεσία	
	Latitude	Longitude	Latitude	Longitude
004	34,928554	33,613333	34,928581	33,612948
007	34,928061	33,611713	34,927951	33,611136

Πίνακας 4 - Αποτελέσματα υπολογισμού τοποθεσίας με τον αλγόριθμο iSNAP

Από τα αποτελέσματα παρατηρούμε ότι η διαφορά του υπολογισμού από την πραγματική τοποθεσία είναι περίπου 35 μέτρα ενώ για τον κόμβο 007 είναι περίπου 54 μέτρα. Όπως αναμενόταν η απόκλιση του υπολογισμού για τον κόμβο 004 είναι μικρότερη από την απόκλιση για τον κόμβο 007 εφόσον έχει περισσότερες άμεσες γειτονικές συσκευές.

Στον πίνακα 5 που ακολουθεί βλέπουμε την απόσταση σε hops κάθε συσκευής από την συσκευή 007 η οποίος βρίσκεται πιο κοντά στο νοσοκομείο της περιοχής, καθώς επίσης και τον χρόνο που χρειάστηκε μέχρι να φτάσει για πρώτη φορά μήνυμα από τον κάθε συσκευή στην συσκευή 007.

Κόμβος	Απόσταση (Hops)	Χρόνος
001	3	78 λεπτά
002	3	9 λεπτά
003	3	208 λεπτά
004	2	14 λεπτά
005	2	170 λεπτά
006	1	3 λεπτά

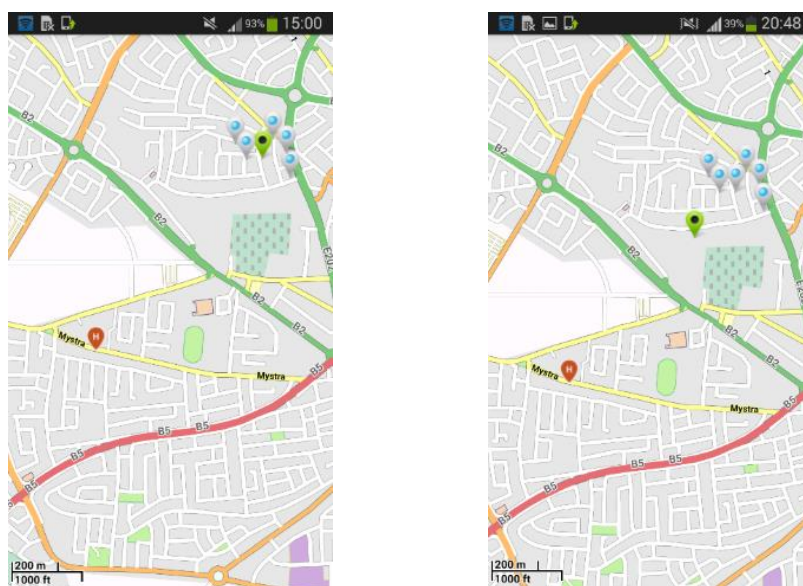
Πίνακας 5 - Πίνακας αποστάσεων σε hops από τον τελικό κόμβο και χρόνου που χρειάστηκε για να φτάσει το μήνυμα

Μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι ο χρόνος που χρειάζονται τα μηνύματα δεν είναι πάντοτε ανάλογος της απόστασης, για παράδειγμα το πρώτο μήνυμα από τον κόμβο 002, ο οποίος απέχει 3 hops από τον κόμβο 007, χρειάζεται 9 λεπτά για να προωθηθεί ενώ από τον κόμβο

005, ο οποίος απέχει 2 hops, χρειάζεται σχεδόν 3 ώρες. Αυτό συμβαίνει γιατί κάθε κόμβος επιλέγει να προωθήσει μήνυμα το οποίο παρέλαβε τα τελευταία 5 λεπτά και δεν προώθησε ξανά, στο διάστημα αυτό, μήνυμα που προερχόταν από τον αποστολέα του μηνύματος. Έτσι, η επιλογή του μηνύματος που θα προωθηθεί εξαρτάται από τον χρόνο που παραλαμβάνει ένα μήνυμα και την χρονική στιγμή που αφιερώνει για την προώθηση μηνυμάτων. Λαμβάνοντας υπόψη την λεπτομέρεια αυτή για τον τρόπο που προωθούνται τα μηνύματα καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι δεν μπορούμε να είμαστε απολύτως βέβαιοι αν ένα μήνυμα θα προωθηθεί και σε ποια χρονική στιγμή θα γίνει αυτό.

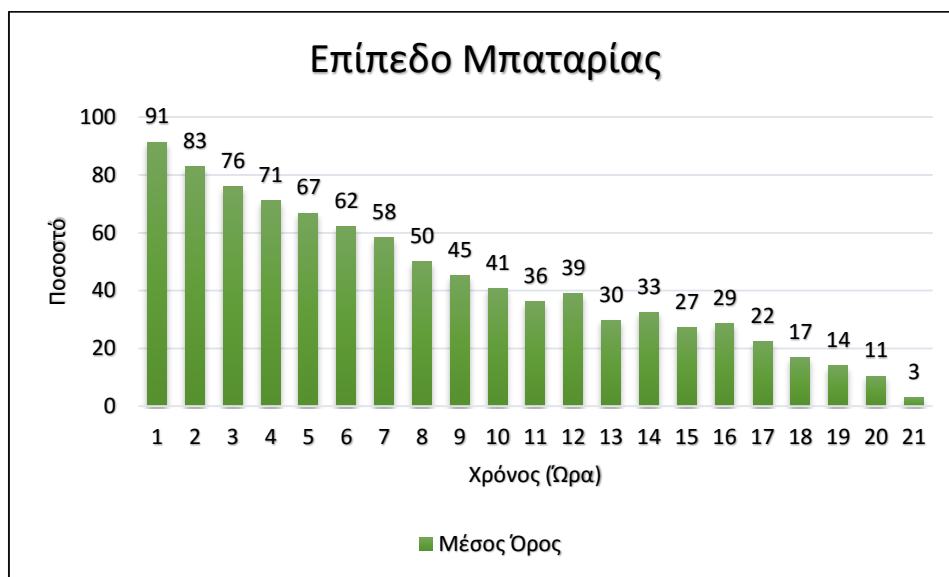
Κατά την διάρκεια διεξαγωγής του σεναρίου γινόταν λήψη στιγμιότυπων οθόνης από κάθε συσκευή στο δίκτυο για να μπορούμε να παρατηρήσουμε οπτικά την τοποθεσία που υπολογίζει κάθε συσκευή καθώς επίσης και τις γειτονικές συσκευές που γνωρίζει.

Στην εικόνα 16 που ακολουθεί βλέπουμε στιγμιότυπα από τις οθόνες των συσκευών 004 και 007. Με πράσινο marker είναι οι τοποθεσίες που υπολογίστηκαν από τις συσκευές, με μπλε είναι οι τοποθεσίες των γειτονικών συσκευών και με κόκκινο φαίνεται το κοντινότερο νοσοκομείο της περιοχής. Στην πρώτη εικόνα για την συσκευή 004 παρατηρούμε ότι λείπει το σημείο για την συσκευή 007, αυτό συμβαίνει γιατί τα μηνύματα προωθούνται μόνο προς την κατεύθυνση του νοσοκομείου και όχι προς την αντίθετη μεριά. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, η συσκευή 004 να μην γνωρίζει την ύπαρξη της συσκευής 007. Από το στιγμιότυπο της συσκευής 007, μπορούμε να δούμε ότι η συσκευή γνωρίζει την ύπαρξη όλων των υπόλοιπων συσκευών παρόλο που δεν είναι απευθείας συνδεδεμένες.



Εικόνα 13 - Στιγμιότυπα οθόνης συσκευής 004 αριστερά και 007 δεξιά

Ο μέσος όρος για όλες τις συσκευές στο δίκτυο για το επίπεδο μπαταρίας ανά ώρα φαίνεται στην γραφική 1. Παρατηρούμε ότι ο μέσος όρος σε ορισμένες περιπτώσεις αυξάνεται αντί να μειώνεται όπως είναι αναμενόμενο και αυτό συμβαίνει γιατί ορισμένες συσκευές απενεργοποιούνται πιο νωρίς.



Γραφική 1 - Μέσος όρος επιπέδου μπαταρίας για τις 7 συσκευές ανά μια ώρα

5.3 Σενάριο 2

5.3.1 Περιγραφή

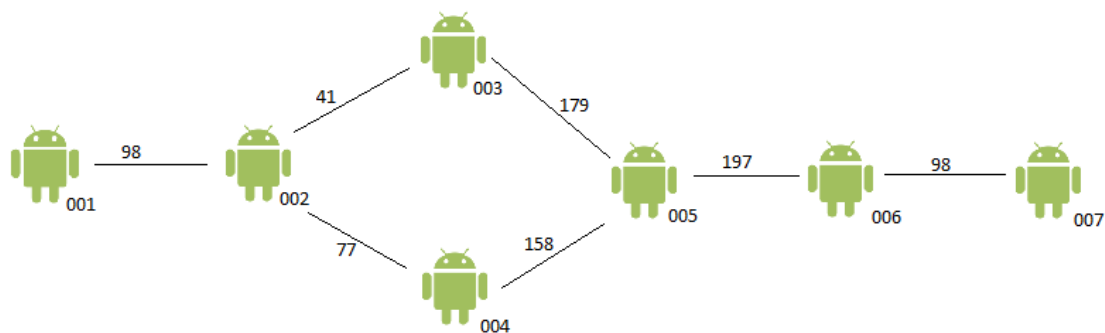
Στο δεύτερο σενάριο οι τρεις από τις επτά συσκευές έπρεπε να υπολογίσουν την τοποθεσία τους χρησιμοποιώντας τον αλγόριθμο iSNAP, ενώ για τις υπόλοιπες τέσσερις συσκευές η τοποθεσία τέθηκε στατικά μέσα από τον κώδικα της εφαρμογής. Η τοποθεσία που ορίστηκε για κάθε συσκευή φαίνεται στον πίνακα 6 που ακολουθεί. Με * στον πίνακα βλέπουμε τις συσκευές που δεν είχαν γνώριζαν την τοποθεσία τους και θα την υπολόγιζαν με τον αλγόριθμο iSNAP. Η τιμές που αναγράφονται στον πίνακα για τις συσκευές αυτές είναι η πραγματική τοποθεσία που ορίστηκε πριν την έναρξη του σεναρίου. Η τοποθεσία ορίζεται πριν την διεξαγωγή του σεναρίου για να μπορούμε να υπολογίσουμε την απόκλιση του υπολογισμού τοποθεσίας από την πραγματική θέση της συσκευής.

Κατά την διάρκεια του σεναρίου οι συσκευές βρίσκονταν στον ίδιο χώρο αντί στην πραγματική τοποθεσία που ορίστηκε στο σενάριο και αυτό έγινε γιατί είναι δύσκολο να τοποθετηθούν οι συσκευές σε πραγματικό χώρο. Για το λόγο αυτό, καθορίστηκε το δίκτυο συνδεσιμότητας μεταξύ των συσκευών στατικά από τον κώδικα της εφαρμογής.

Ταυτότητα συσκευής	Γεωγραφικό πλάτος (latitude)	Γεωγραφικό μήκος (longitude)
001	34,930287	33,613894
002*	34,929636	33,613165
003	34,929341	33,613433
004	34,929948	33,612414
005*	34,928668	33,611652
006	34,927648	33,609882
007*	34,926803	33,609560

Πίνακας 6 - Γεωγραφικό πλάτος και μήκος κάθε συσκευής στο ad hoc δίκτυο

Κατά την διάρκεια του σεναρίου οι συσκευές βρίσκονται στον ίδιο χώρο αντί στην πραγματική τοποθεσία που ορίστηκε στο σενάριο και αυτό έγινε γιατί είναι δύσκολο να τοποθετηθούν οι συσκευές σε πραγματικό χώρο. Για το λόγο αυτό, καθορίστηκε το δίκτυο συνδεσιμότητας μεταξύ των συσκευών στατικά από τον κώδικα της εφαρμογής. Στην εικόνα 17 που ακολουθεί μπορούμε να δούμε το δίκτυο του σεναρίου, όπου οι αριθμοί κάτω δεξιά από κάθε κόμβο καθορίζουν την ταυτότητα της συσκευής, οι ακμές υποδηλώνουν τη δυνατότητα επικοινωνίας μεταξύ των συσκευών και οι αριθμοί πάνω στις γραμμές αντιπροσωπεύουν την πραγματική απόσταση σε μέτρα ανάμεσα στους κόμβους που μπορούν να επικοινωνήσουν.



Εικόνα 14 - Τοπολογία 2: Οι γραμμές καθορίζουν την δυνατότητα επικοινωνίας και οι αριθμοί στις ακμές καθορίζουν την πραγματική απόσταση μεταξύ των κόμβων

Κύριος σκοπός του σεναρίου αυτού είναι να ελέγξουμε αν τα μηνύματα προωθούνται σε μεγαλύτερη απόσταση σε hops, καθώς επίσης θέλουμε να δούμε πως επηρεάζεται ο υπολογισμός της τοποθεσίας όταν υπάρχουν λιγότερες γειτονικές συσκευές γύρω από την συσκευή που πρέπει να υπολογίσει την τοποθεσία της.

5.3.2 Αποτελέσματα

Στο σενάριο αυτό οι κινητές συσκευές φορτίστηκαν πλήρως και αφέθηκαν μέχρι αν εξαντληθεί η μπαταρία τους. Τα μηνύματα που αποστέλλονται και παραλαμβάνονται από κάθε συσκευή

αποθηκεύονται στην βάση δεδομένων της κάθε συσκευής και έτσι μπορούν να επεξεργαστούν και να αναλυθούν τα αποτελέσματα μετά το πέρας του σεναρίου. Στον πίνακα 7, φαίνονται η πραγματική τοποθεσία κάθε συσκευής που θα υπολόγιζε την τοποθεσία της μαζί με την υπολογιζόμενη τοποθεσία έτσι όπως υπολογίστηκε από την εφαρμογή.

Κόμβος	Αρχική τοποθεσία		Υπολογιζόμενη τοποθεσία	
	Latitude	Longitude	Latitude	Longitude
002	34,929636	33,613165	34,929527	33,613464
005	34,928668	33,611652	34,927917	33,611564
007	34,926803	33,609560	34,927637	33,609871

Πίνακας 7 - Φαίνονται η πραγματική τοποθεσία όπως ορίστηκε στην αρχή του σεναρίου και η υπολογιζόμενη τοποθεσία έτσι όπως υπολογίστηκε από την εφαρμογή

Από τα αποτελέσματα στον πίνακα 7 μπορούμε να υπολογίσουμε την απόκλιση του υπολογισμού της τοποθεσίας από την πραγματική τοποθεσία έτσι όπως υπολογίστηκε από την εφαρμογή. Η απόκλιση για την συσκευή 002 είναι 3 μέτρα, για την συσκευή 005 είναι 84 μέτρα και για την συσκευή 007 είναι 97 μέτρα. Ο υπολογισμός για τον κόμβο 002, ο οποίος έχει τρεις γειτονικές συσκευές που γνωρίζουν την τοποθεσία τους, είναι αρκετά ακριβής σε αντίθεση με τον υπολογισμό για τον κόμβο 005, ο οποίος έχει επίσης τρεις γειτονικές συσκευές. Πιθανότατα, αυτό να οφείλεται στο γεγονός ότι οι συσκευές γύρω από τον κόμβο 002 βρίσκονται σε αρκετά κοντινή απόσταση, με την μέγιστη να είναι στα 98 μέτρα, ενώ οι γειτονικές συσκευές του κόμβου 005 απέχουν τουλάχιστον 150 η κάθε μια.

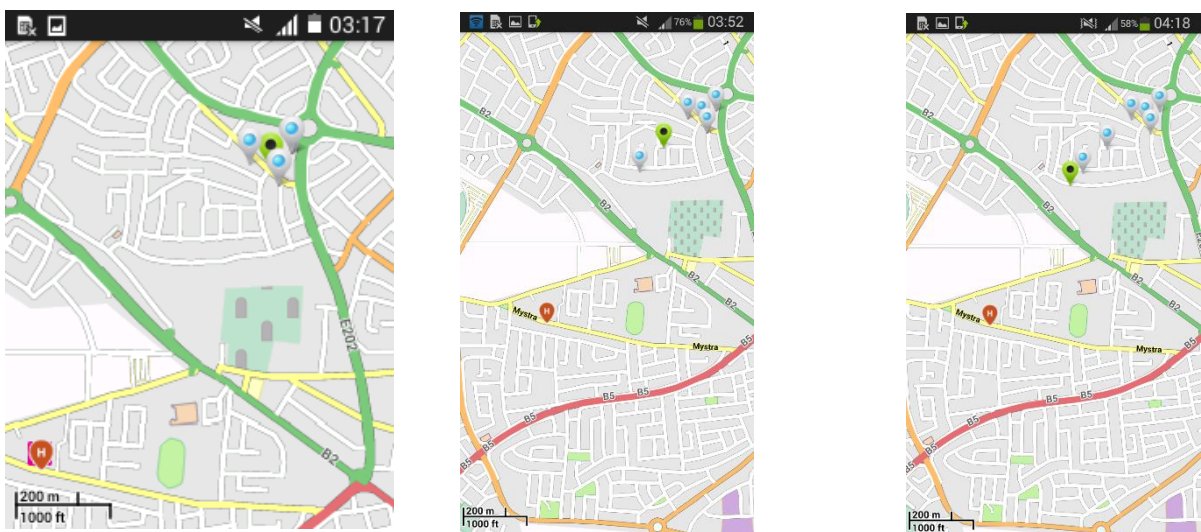
Στον πίνακα 8, φαίνονται η απόσταση σε hops κάθε κόμβου από τον κόμβο 007, που είναι και ο κοντινότερος στο νοσοκομείο. Επίσης, βλέπουμε τον συνολικό χρόνο που χρειάστηκε το πρώτο μήνυμα από κάθε κόμβο στο δίκτυο για να φτάσει στον κόμβο 007.

Κόμβος	Απόσταση (Hops)	Χρόνος
001	5	6 ώρες και 50 λεπτά
002	4	6 ώρες και 15 λεπτά
003	3	6 λεπτά
004	3	2 ώρες και 5 λεπτά
005	2	56 λεπτά
006	1	20 δευτερόλεπτα

Πίνακας 8 - Περιέχει την απόσταση σε hops κάθε κόμβου από τον κόμβο 007 και τον αντίστοιχο χρόνο που χρειάστηκε για να φτάσει το πρώτο μήνυμα από κάθε κόμβο στον κόμβο 007, ο οποίος είναι ο κοντινότερος στο νοσοκομείο της περιοχής

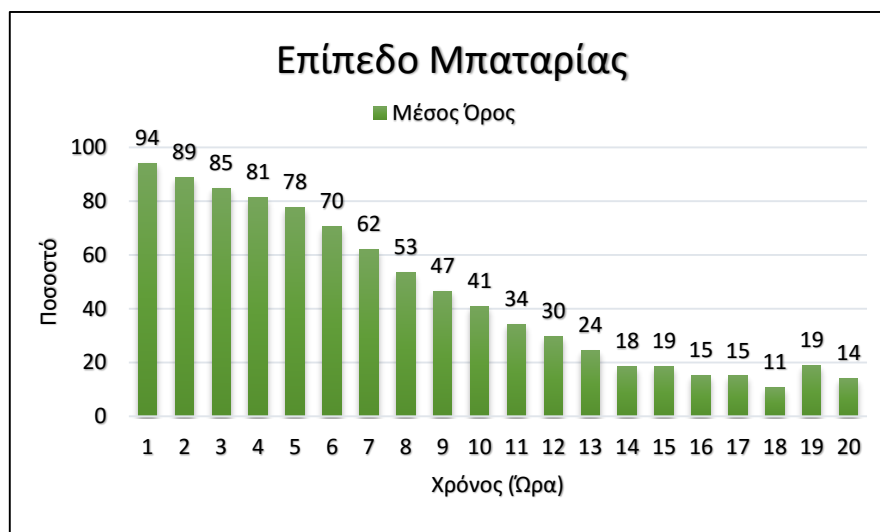
Από τα αποτελέσματα του πίνακα 8, μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι χρειάστηκαν περίπου 7 ώρες για να φτάσει το μήνυμα από τον πιο μακρινό κόμβο, ο οποίος βρίσκεται σε απόσταση 5 hops, στον τελικό προορισμό. Επίσης, είναι σημαντικό να παρατηρήσουμε ότι το μήνυμα από τον κόμβο 003, ο οποίος απέχει 3 hops από τον τελικό προορισμό, παραλήφθηκε σε μόλις 6 λεπτά, ενώ το πρώτο μήνυμα από τον κόμβο 004, ο οποίος απέχει επίσης 3 hops, χρειάστηκαν περίπου 2 ώρες. Από την παρατήρηση αυτή μπορούμε να καταλήξουμε στο συμπέρασμα ότι παρόλο που τα μηνύματα προωθούνται στο ad hoc δίκτυο δεν έχουμε εγγυήσεις για τον χρόνο που αναμένεται να φτάσουν τα μηνύματα στον τελικό προορισμό. Το συμπέρασμα αυτό, μπορούμε επίσης να το εξάγουμε παρατηρώντας ότι για να προωθηθεί το μήνυμα από τον κόμβο 005 χρειάστηκε περίπου 1 ώρα ενώ για απόσταση 3 hops ένα μήνυμα προωθήθηκε σε λίγα μόλις λεπτά. Ο χρόνος που θα προωθηθεί ένα μήνυμα επίσης και τα κατά πόσο θα προωθηθεί επαφίεται αποκλειστικά στον κόμβο που είναι υπεύθυνος να προωθήσει το μήνυμα, και αυτό εξαρτάται από τον χρόνο που παραλήφθηκε ένα μήνυμα και από την χρονική περίοδο που ο κόμβος επιλέγει να προωθήσει μηνύματα.

Στην εικόνα 18 φαίνονται στιγμιότυπα οθόνης από τις συσκευές με ταυτότητα 002, 005 και 007. Στην εικόνα από αριστερά είναι το στιγμιότυπο οθόνης της συσκευής 002, με πράσινο φαίνεται σημείο φαίνεται η τοποθεσία της συσκευής έτσι όπως υπολογίστηκε από την εφαρμογή. Παρόμοια, στην εικόνα στη μέση φαίνεται η τοποθεσία της συσκευής 005 και οι γειτονικές συσκευές οι οποίες γνωρίζει. Τέλος, στο στιγμιότυπο οθόνης της συσκευής 007 πέρα από την τοποθεσία της συσκευής, έτσι όπως υπολογίστηκε από την εφαρμογή, παρατηρούμε ότι παρόλο που η συσκευή 007 επικοινωνεί άμεσα μόνο με την συσκευή 006 γνωρίζει όλες τις συσκευές που βρίσκονται στο δίκτυο.



Εικόνα 15 - Στιγμιότυπα οθόνης συσκευών 002, στα αριστερά, 005, στη μέση και 007 στα δεξιά

Ο μέσος όρος για όλες τις συσκευές στο δίκτυο για το επίπεδο μπαταρίας ανά ώρα φαίνεται στην γραφική 2. Παρατηρούμε ότι ο μέσος όρος σε ορισμένες περιπτώσεις αυξάνεται αντί να μειώνεται όπως είναι αναμενόμενο και αυτό συμβαίνει γιατί ορισμένες συσκευές απενεργοποιούνται πιο νωρίς.



Γραφική 2 - Μέσος όρος επιπέδου μπαταρίας για τις 7 συσκευές ανά μια ώρα

5.4 Σενάριο 3

5.4.1 Περιγραφή

Για το σενάριο 3 επιλέγηκαν επίσης τρεις από τις επτά συσκευές για να υπολογίσουν την τοποθεσία τους χρησιμοποιώντας τον αλγόριθμο iSNAP, οι υπόλοιπες τέσσερις συσκευές γνώριζαν την τοποθεσία τους από την αρχή του σεναρίου. Όπως και στα προηγούμενα σενάρια, η τοποθεσία για όσες συσκευές θεωρούμε ότι την γνώριζαν καθορίστηκε στατικά μέσα από τον κώδικα της εφαρμογής. Στον πίνακα 9 βλέπουμε το γεωγραφικό μήκος και πλάτος κάθε συσκευής στο δίκτυο.

Ταυτότητα συσκευής	Γεωγραφικό πλάτος (latitude)	Γεωγραφικό μήκος (longitude)
001	34,932165	33,614719
002*	34,931092	33,614194
003	34,930335	33,613358
004*	34,929262	33,612607
005	34,928471	33,611856
006*	34,927556	33,611233
007	34,926096	33,609924

Πίνακας 9 - Γεωγραφικό πλάτος και μήκος κάθε συσκευής στο ad hoc δίκτυο

Με * σημειώνονται οι συσκευές που θα υπολόγιζαν την τοποθεσία τους κατά την διεξαγωγή του σεναρίου. Οι αντίστοιχες τοποθεσίες για τις συσκευές αυτές, είναι η αρχική τοποθεσία που ορίστηκε πριν την διεξαγωγή του σεναρίου. Η τοποθεσία για τις συσκευές αυτές ορίζεται πριν την έναρξη του σεναρίου για να μπούμε να υπολογίσουμε την απόκλιση της υπολογιζόμενης τοποθεσίας από την πραγματική.

Στην εικόνα 19, φαίνεται το δίκτυο συνδεσιμότητας των συσκευών. Οι αριθμοί κάτω από τους κόμβους είναι η ταυτότητα κάθε συσκευής στο δίκτυο, οι ακμές καθορίζουν την δυνατότητα επικοινωνίας μεταξύ των συσκευών και οι αριθμοί πάνω στις ακμές αντιπροσωπεύουν την απόσταση μεταξύ των κόμβων.



Εικόνα 16 - Τοπολογία 3: Οι γραμμές καθορίζουν την δυνατότητα επικοινωνίας και οι αριθμοί πάνω στις γραμμές αντιπροσωπεύουν την απόσταση μεταξύ των κόμβων

Κύριος σκοπός του σεναρίου είναι να ελεγχθεί κατά πόσο μπορούν να προωθηθούν τα μηνύματα όταν ο αριθμός των hops στο δίκτυο είναι μεγάλος σε σχέση με τον αριθμό των συσκευών. Η μεγαλύτερη απόσταση είναι 6 hops και στο δίκτυο υπάρχουν 7 συσκευές. Επίσης, είναι σημαντικό να δούμε την απόκλιση υπολογισμού τοποθεσίας από την αρχική όταν υπάρχουν μόνο δύο άμεσοι γείτονες σε κάθε συσκευή.

5.4.2 Αποτελέσματα

Πριν την έναρξη του σεναρίου οι συσκευές φορτίστηκαν πλήρως για να μπορούμε να ελέγξουμε το επίπεδο της μπαταρίας ανά τακτά χρονικά διαστήματα για να δούμε αν οι επιπλέον υπολογισμοί για την εξεύρεση τοποθεσίας επηρεάζουν αρνητικά την διάρκεια ζωής της συσκευής. Επιπρόσθετα, όπως και στα προηγούμενα σενάρια τα μηνύματα που ανταλλάσσονται μεταξύ των συσκευών, αποθηκεύονται στη βάση δεδομένων που χρησιμοποιείται από την εφαρμογή. Αυτό γίνεται με σκοπό να αναλυθούν τα μηνύματα μετά την ολοκλήρωση του σεναρίου και να εξαχθούν συμπεράσματα. Τέλος, κατά την διάρκεια του σεναρίου γίνεται λήψη στιγμιότυπου οθόνης κάθε συσκευής, προκειμένου να δούμε οπτικά την θέση της κάθε συσκευής στο δίκτυο, καθώς επίσης και τις γειτονικές συσκευές που γνωρίζει.

Στον πίνακα 10, βλέπουμε για τους κόμβους 002, 004 και 006, οι οποίοι υπολόγισαν την τοποθεσία τους με τον αλγόριθμο iSNAP, την αρχική τοποθεσία που ορίστηκε στην αρχή του σεναρίου και την τοποθεσία που υπολογίστηκε από την εφαρμογή.

Κόμβος	Αρχική τοποθεσία		Υπολογιζόμενη τοποθεσία	
	Latitude	Longitude	Latitude	Longitude
002	34,931092	33,614194	34,931245	33,614029
004	34,929262	33,612607	34,929075	33,612349
006	34,927556	33,611233	34,927075	33,610617

Πίνακας 10 - Φαίνονται η πραγματική τοποθεσία όπως ορίστηκε στην αρχή του σεναρίου και η υπολογιζόμενη τοποθεσία έτσι όπως υπολογίστηκε από την εφαρμογή

Από τον πίνακα 10, μπορούμε να υπολογίσουμε την απόκλιση της υπολογιζόμενης τοποθεσίας από την πραγματική τοποθεσία. Η απόκλιση αυτή, για την συσκευή 002 είναι 14 μέτρα, για την συσκευή 004 είναι 31 μέτρα και τέλος για την συσκευή 006 είναι 78 μέτρα. Παρατηρούμε ότι, η απόκλιση αυξάνεται από τον κόμβο 002 μέχρι τον κόμβο 006 αυτό πιθανώς να συμβαίνει γιατί η διαφορά της πραγματικής απόστασης των γειτονικών συσκευών από τον κόμβο 002 είναι 15 μέτρα ενώ η αντίστοιχη διαφορά για τις γειτονικές συσκευές του κόμβου 006 είναι 45 μέτρα. Επομένως, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι πιθανώς οι αποστάσεις των γειτονικών συσκευών από τον κόμβο που υπολογίζει την τοποθεσία του, επηρεάζουν την απόκλιση από την πραγματική τοποθεσία.

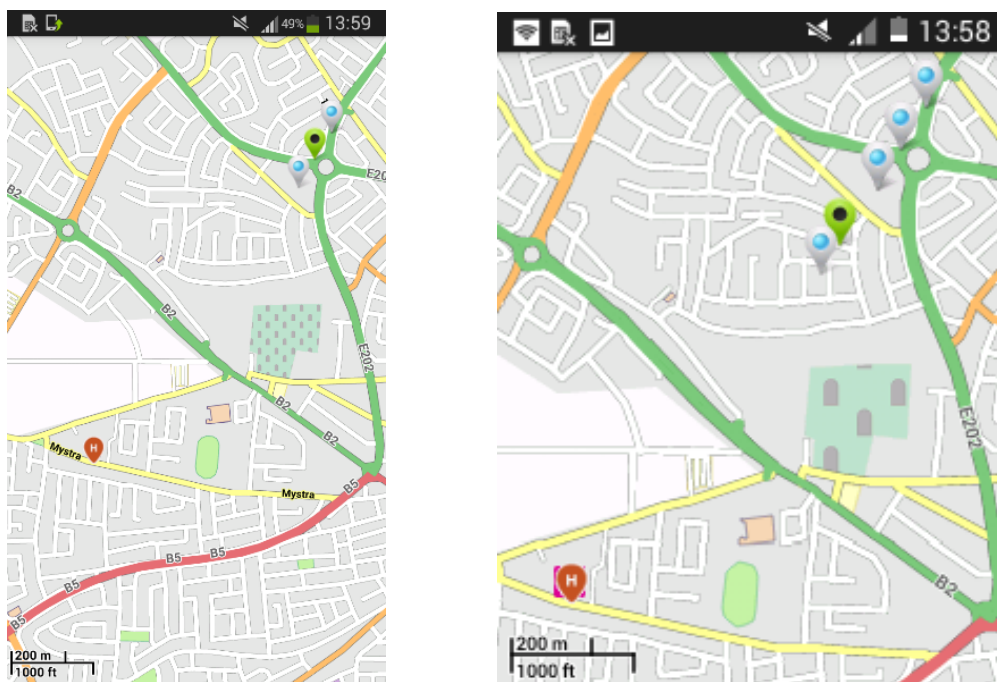
Στον πίνακα 10, βλέπουμε την απόσταση σε hops κάθε κόμβου στο δίκτυο από τον κόμβο 007, που είναι ο κοντινότερος στο νοσοκομείο της περιοχής, μαζί με τον χρόνο που χρειάστηκε να φτάσει το πρώτο μήνυμα από την αντίστοιχη συσκευή στον κόμβο 007.

Κόμβος	Απόσταση (Hops)	Χρόνος
001	6	-
002	5	1 ώρα και 14 λεπτά
003	4	1 ώρα και 12 λεπτά
004	3	51 λεπτά
005	2	10 λεπτά
006	1	9 δευτερόλεπτα

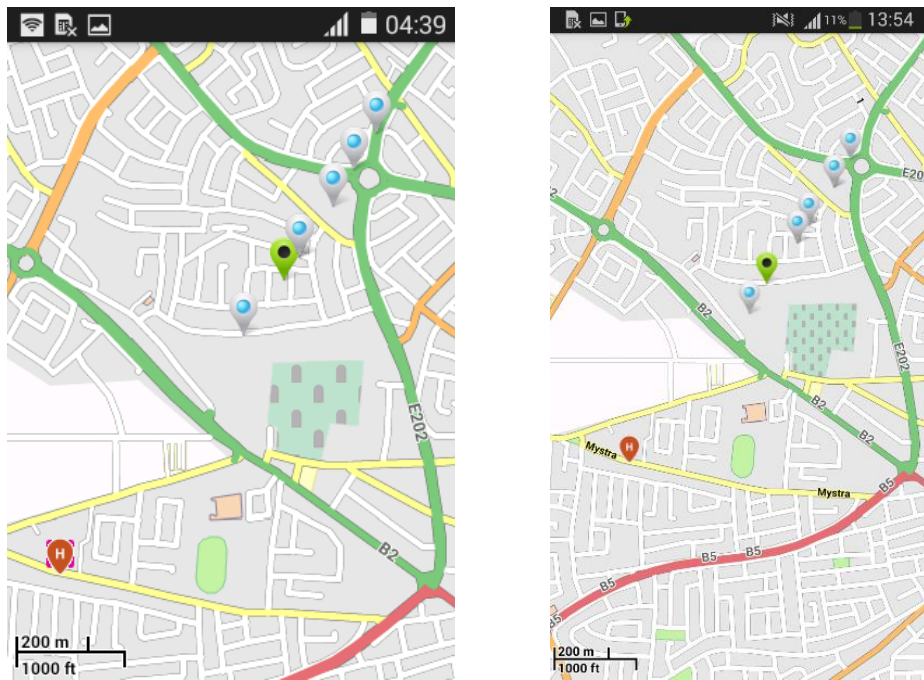
Πίνακας 11 - Περιέχει την απόσταση σε hops κάθε κόμβου από τον κόμβο 007 και τον αντίστοιχο χρόνο που χρειάστηκε για να φτάσει το πρώτο μήνυμα από κάθε κόμβο στον κόμβο 007, ο οποίος είναι ο κοντινότερος στο νοσοκομείο της περιοχής

Σε αντίθεση με τα προηγούμενα σενάρια, δεν έφτασαν όλα τα μηνύματα στον τελικό τους προορισμό, η μέγιστη απόσταση που διένυσε ένα μήνυμα στο δίκτυο είναι 5 hops, από την συσκευή 002 στην συσκευή 007. Τα μηνύματα από την συσκευή 001 έφτασαν μόνο μέχρι την συσκευή 005. Τα μηνύματα δεν διαδόθηκαν σε όλο το δίκτυο και πιστεύετε ότι είναι λόγω του τρόπου επιλογής του μηνύματος που θα προωθηθεί εφόσον υπάρχει τυχαιότητα στην επιλογή του μηνύματος που θα αποσταλεί. Αλλά αν δεν υπήρχε τυχαιότητα θα επιλεγόταν μόνο ένα μήνυμα από κάθε συσκευή για προώθηση και πιθανώς να μην έφτανε πάλι σε όλους τους κόμβους στο δίκτυο. Από τον πίνακα 11 παρατηρούμε ότι σε περίπου 1 ώρα έφτασαν μηνύματα από όλες τις συσκευές στο δίκτυο στον κόμβο 007, εκτός από τα μηνύματα της συσκευής 001. Πιστεύουμε ότι λόγω του ότι είναι μεγάλος ο αριθμός της απόστασης σε σύγκριση με τον αριθμό των συσκευών στο δίκτυο είναι ακόμη ένας λόγος που δεν προωθήθηκε τελικά μήνυμα από την συσκευή 001 στον τελικό προορισμό.

Στην εικόνα 20, βλέπουμε αριστερά στιγμιότυπο οθόνης από την συσκευή 002, με πράσινο φαίνεται η τοποθεσία που υπολογίστηκε για την συσκευή και με μπλε φαίνονται οι γειτονικές συσκευές δηλαδή οι 001 και 003. Αντίστοιχα, δεξιά βλέπουμε στιγμιότυπο οθόνης από την συσκευή 004 και παρατηρούμε ότι γνωρίζει τις γειτονικές συσκευές από την 001 μέχρι και την 005. Παρομοίως, στο στιγμιότυπο οθόνης της συσκευής 005, στην εικόνα 21 αριστερά, βλέπουμε ότι η συσκευή αυτή γνωρίζει την ύπαρξη της συσκευής 001. Αντιθέτως, η συσκευή 006 δεν γνωρίζει την ύπαρξη της συσκευής 001 και αυτό φαίνεται από το αντίστοιχο στιγμιότυπο στην εικόνα 21 δεξιά.

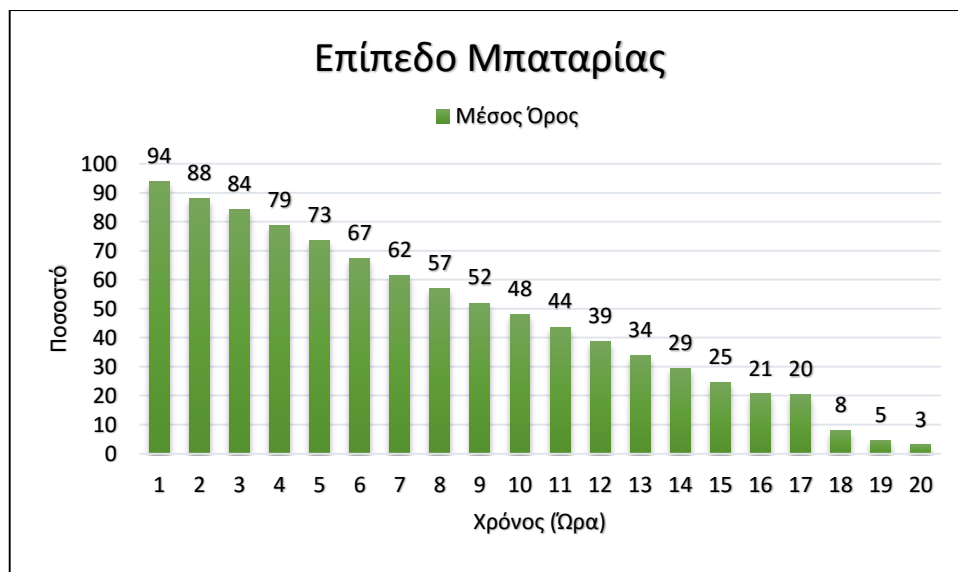


Εικόνα 17 - Στιγμιότυπα οθόνης συσκευών 002, στα αριστερά και 004 στα δεξιά



Εικόνα 18 - Στιγμιότυπα οθόνης από συσκευές 005 στα αριστερά και συσκευή 007 στα δεξιά

Ο μέσος όρος για όλες τις συσκευές στο δίκτυο για το επίπεδο μπαταρίας ανά ώρα φαίνεται στην γραφική 3.



Γραφική 3 - Μέσος όρος επιπέδου μπαταρίας για τις 7 συσκευές ανά μια ώρα

5.5 Σενάριο 4

5.5.1 Περιγραφή

Το σενάριο 4 είναι παρόμοιο με το σενάριο 3 με την διαφοροποίηση ότι επιλέγηκαν τέσσερεις από τις επτά συσκευές για να υπολογίσουν την τοποθεσία τους χρησιμοποιώντας τον αλγόριθμο iSNAP, οι υπόλοιπες τρεις συσκευές γνώριζαν την τοποθεσία τους από την αρχή του σεναρίου. Όπως και στα προηγούμενα σενάρια, η τοποθεσία για όσες συσκευές θεωρούμε

ότι την γνώριζαν καθορίστηκε στατικά μέσα από τον κώδικα της εφαρμογής. Στον πίνακα 12 βλέπουμε το γεωγραφικό μήκος και πλάτος κάθε συσκευής στο δίκτυο.

Ταυτότητα συσκευής	Γεωγραφικό πλάτος (latitude)	Γεωγραφικό μήκος (longitude)
001	34,932165	33,614719
002*	34,931092	33,614194
003*	34,930335	33,613358
004	34,929262	33,612607
005*	34,928471	33,611856
006*	34,927556	33,611233
007	34,926096	33,609924

Πίνακας 12 - Γεωγραφικό πλάτος και μήκος κάθε συσκευής στο ad hoc δίκτυο

Με * σημειώνονται οι συσκευές που θα υπολόγιζαν την τοποθεσία τους κατά την διεξαγωγή του σεναρίου. Οι αντίστοιχες τοποθεσίες για τις συσκευές αυτές, είναι η αρχική τοποθεσία που ορίστηκε πριν την διεξαγωγή του σεναρίου. Η τοποθεσία για τις συσκευές αυτές ορίζεται πριν την έναρξη του σεναρίου για να μπούμε να υπολογίσουμε την απόκλιση της υπολογιζόμενης τοποθεσίας από την πραγματική.

Στην εικόνα 22, φαίνεται το ίδιο δίκτυο συνδεσιμότητας των συσκευών όπως και στο σενάριο 3. Οι αριθμοί κάτω από τους κόμβους είναι η ταυτότητα κάθε συσκευής στο δίκτυο, οι ακμές καθορίζουν την δυνατότητα επικοινωνίας μεταξύ των συσκευών και οι αριθμοί πάνω στις ακμές αντιπροσωπεύουν την απόσταση μεταξύ των κόμβων.



Εικόνα 19 - Τοπολογία 3: Οι γραμμές καθορίζουν την δυνατότητα επικοινωνίας και οι αριθμοί πάνω στις γραμμές αντιπροσωπεύουν την απόσταση μεταξύ των κόμβων

Κύριος σκοπός του σεναρίου είναι να ελεγχθεί κατά πόσο υπάρχει διαφοροποίηση από το προηγούμενο σενάριο στον αριθμό των hops που μπορούν να προωθηθούν τα μηνύματα. Επίσης, θέλουμε να δούμε πως διαφοροποιείται η απόκλιση υπολογισμού τοποθεσίας από την αρχική όταν οι κόμβοι που υπολογίζουν την τοποθεσία τους είναι περισσότεροι από αυτούς που την γνωρίζουν.

5.5.2 Αποτελέσματα

Πριν την έναρξη του σεναρίου οι συσκευές φορτίστηκαν πλήρως για να μπορούμε να ελέγξουμε το επίπεδο της μπαταρίας ανά τακτά χρονικά διαστήματα για να δούμε αν οι επιπλέον υπολογισμοί για την εξεύρεση τοποθεσίας επηρεάζουν αρνητικά την διάρκεια ζωής της συσκευής. Επιπρόσθετα, όπως και στα προηγούμενα σενάρια τα μηνύματα που ανταλλάσσονται μεταξύ των συσκευών, αποθηκεύονται στη βάση δεδομένων που χρησιμοποιείται από την εφαρμογή. Αυτό γίνεται με σκοπό να αναλυθούν τα μηνύματα μετά την ολοκλήρωση του σεναρίου και να εξαχθούν συμπεράσματα. Τέλος, κατά την διάρκεια του σεναρίου γίνεται λήψη στιγμιότυπου οθόνης κάθε συσκευής, προκειμένου να δούμε οπτικά την θέση της κάθε συσκευής στο δίκτυο, καθώς επίσης και τις γειτονικές συσκευές που γνωρίζει.

Στον πίνακα 13, βλέπουμε για τους κόμβους 002, 003, 005 και 006, οι οποίοι υπολόγισαν την τοποθεσία τους με τον αλγόριθμο iSNAP, την αρχική τοποθεσία που ορίστηκε στην αρχή του σεναρίου και την τοποθεσία που υπολογίστηκε από την εφαρμογή.

<i>Κόμβος</i>	<i>Αρχική τοποθεσία</i>		<i>Υπολογιζόμενη τοποθεσία</i>	
	Latitude	Longitude	Latitude	Longitude
002	34,931092	33,614194	34,930994	33,613859
003	34,930335	33,613358	34,929825	33,613032
005	34,928471	33,611856	34,927524	33,612579
006	34,927556	33,611233	34,926392	33,611247

Πίνακας 13 - Φαίνονται η πραγματική τοποθεσία όπως ορίστηκε στην αρχή του σεναρίου και η υπολογιζόμενη τοποθεσία έτσι όπως υπολογίστηκε από την εφαρμογή

Από τον πίνακα 13, μπορούμε να υπολογίσουμε την απόκλιση της υπολογιζόμενης τοποθεσίας από την πραγματική τοποθεσία. Η απόκλιση αυτή, για την συσκευή 002 είναι 32 μέτρα, για την συσκευή 003 είναι 64 μέτρα, για την συσκευή 005 είναι 124 μέτρα και τέλος για την συσκευή 006 είναι 129 μέτρα. Παρατηρούμε ότι, η απόκλιση αυξάνεται από τον κόμβο 002 μέχρι τον κόμβο 006 αυτό πιθανώς να συμβαίνει γιατί εφόσον οι προηγούμενοι κόμβοι υπολογίζουν λάθος την τοποθεσία τους θα την υπολογίσουν και οι επόμενοι. Έτσι όσο προχωράμε προς το νοσοκομείο τόσο αυξάνεται η απόκλιση. Επομένως πέρα από την απόσταση του κόμβου από τις γειτονικές του συσκευές επηρεάζει και η θέση του στο δίκτυο.

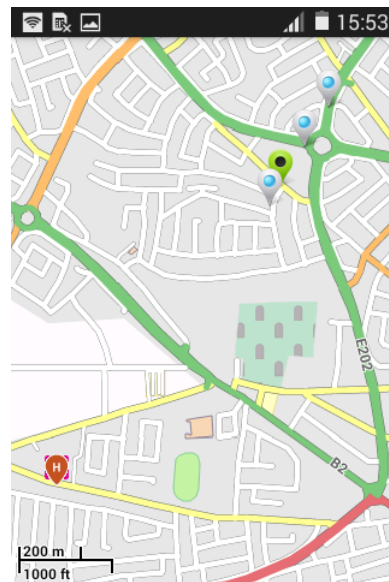
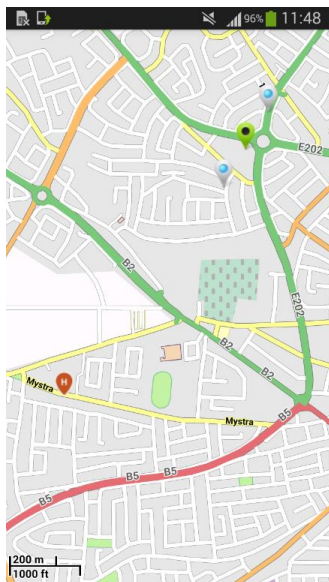
Στον πίνακα 14, βλέπουμε την απόσταση σε hops κάθε κόμβου στο δίκτυο από τον κόμβο 007, που είναι ο κοντινότερος στο νοσοκομείο της περιοχής, μαζί με τον χρόνο που χρειάστηκε να φτάσει το πρώτο μήνυμα από την αντίστοιχη συσκευή στον κόμβο 007.

Κόμβος	Απόσταση (Hops)	Χρόνος
001	6	-
002	5	25 λεπτά
003	4	29 λεπτά
004	3	33 λεπτά
005	2	9 λεπτά
006	1	43 δευτερόλεπτα

Πίνακας 14 - Περιέχει την απόσταση σε hops κάθε κόμβου από τον κόμβο 007 και τον αντίστοιχο χρόνο που χρειάστηκε για να φτάσει το πρώτο μήνυμα από κάθε κόμβο στον κόμβο 007, ο οποίος είναι ο κοντινότερος στο νοσοκομείο της περιοχής

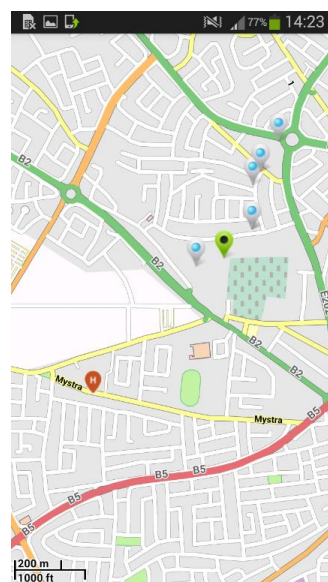
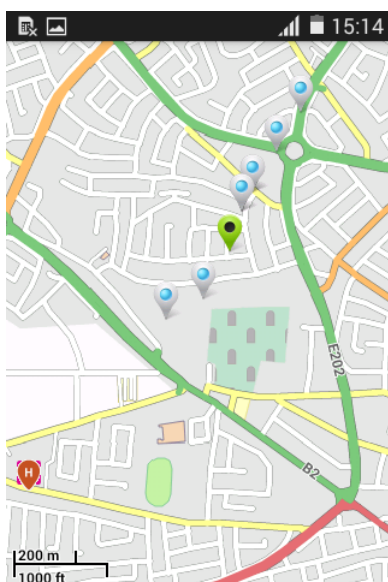
Σε αντίθεση με τα προηγούμενα σενάρια, δεν έφτασαν όλα τα μηνύματα στον τελικό τους προορισμό, η μέγιστη απόσταση που διένυσε ένα μήνυμα στο δίκτυο είναι 5 hops, από την συσκευή 002 στην συσκευή 007, αλλά παρόλο που έφτασε μήνυμα στην συσκευή 007 δεν περιείχε την τελική τοποθεσία του κόμβου. Τα μηνύματα από την συσκευή 001 έφτασαν μόνο μέχρι την συσκευή 006 και χρειάστηκαν 4 ώρες και 21 λεπτά. Τα μηνύματα δεν διαδόθηκαν σε όλο το δίκτυο και πιστεύετε ότι είναι λόγω του τρόπου επιλογής του μηνύματος που θα προωθηθεί εφόσον υπάρχει τυχαιότητα στην επιλογή του μηνύματος που θα αποσταλεί. Αλλά αν δεν υπήρχε τυχαιότητα θα επιλεγόταν μόνο ένα μήνυμα από κάθε συσκευή για προώθηση και πιθανώς να μην έφτανε πάλι σε όλους τους κόμβους στο δίκτυο. Από τον πίνακα 10 παρατηρούμε ότι σε περίπου 30 λεπτά έφτασαν μηνύματα από όλες τις συσκευές στο δίκτυο στον κόμβο 007, εκτός από τα μηνύματα της συσκευής 001. Πιστεύουμε ότι λόγω του ότι είναι μεγάλος ο αριθμός της απόστασης σε σύγκριση με τον αριθμό των συσκευών στο δίκτυο είναι ακόμη ένας λόγος που δεν προωθήθηκε τελικά μήνυμα από την συσκευή 001 στον τελικό προορισμό.

Στην εικόνα 23, βλέπουμε αριστερά στιγμιότυπο οθόνης από την συσκευή 002, με πράσινο φαίνεται η τοποθεσία που υπολογίστηκε για την συσκευή και με μπλε φαίνονται οι γειτονικές συσκευές δηλαδή οι 001 και 003. Αντίστοιχα, δεξιά βλέπουμε στιγμιότυπο οθόνης από την συσκευή 003 και παρατηρούμε ότι γνωρίζει τις γειτονικές συσκευές από την 001 μέχρι και την 004.



Εικόνα 20 - Στιγμιότυπα οθόνης συσκευών 002, στα αριστερά και 00, στα δεξιά

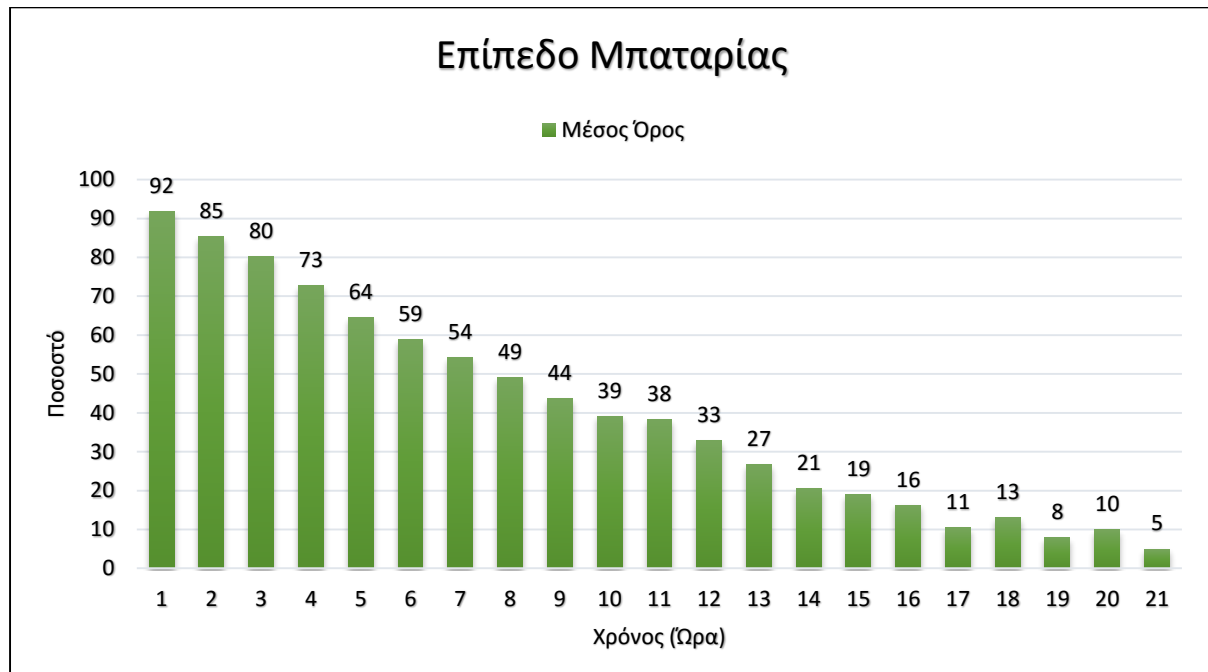
Παρομοίως, στο στιγμιότυπο οθόνης της συσκευής 005, στην εικόνα 24 αριστερά, βλέπουμε ότι η συσκευή αυτή γνωρίζει την ύπαρξη της συσκευής 001. Παρόλο ου η συσκευή 006 γνωρίζει την ύπαρξη της συσκευή 001 δεν φαίνεται στο στιγμιότυπο οθόνης στα δεξιά. Μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι η τοποθεσία που φαίνεται να υπολογίζουν οι συσκευές είναι λίγο διαφορετική και αυτό οφείλεται στην διαφορά του χρόνου που έγινε η λήψη των στιγμιότυπων. Στην αρχή, αλλάζει η τοποθεσία της συσκευής μέχρι να σταθεροποιηθεί η θέση των συσκευών και να υπολογιστεί η τελική τοποθεσία των συσκευών.



Εικόνα 21 - Στιγμιότυπα οθόνης συσκευών 005, στα αριστερά και 006 στα δεξιά.

Ο μέσος όρος για όλες τις συσκευές στο δίκτυο για το επίπεδο μπαταρίας ανά ώρα φαίνεται στην γραφική 4. Παρατηρούμε ότι ο μέσος όρος σε ορισμένες περιπτώσεις αυξάνεται αντί να

μειώνεται όπως είναι αναμενόμενο και αυτό συμβαίνει γιατί ορισμένες συσκευές απενεργοποιούνται πιο νωρίς.



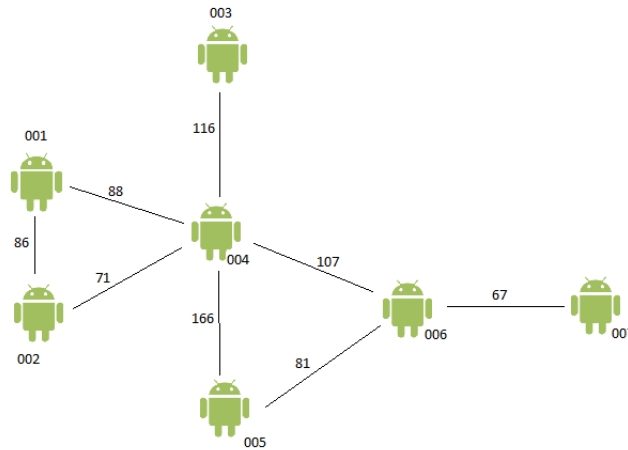
Γραφική 4 - Μέσος όρος επιπέδου μπαταρίας για τις 7 συσκευές ανά μια ώρα

5.6 Σενάριο 5

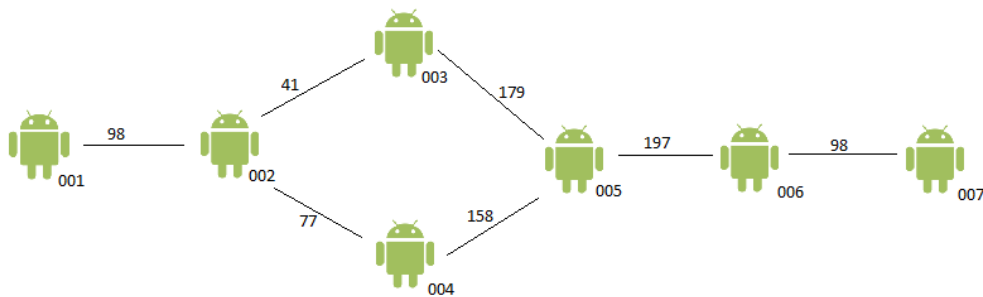
5.6.1 Περιγραφή

Μετά την ολοκλήρωση της εκτέλεσης των προηγούμενων 4 σεναρίων χωρίς βελτιστοποίηση στον τρόπο που προωθούνται τα μηνύματα, εκτελέστηκε ξανά τα σενάρια 1 και 2 για τις διαφορετικές περιόδους που αναφέρονται στο κεφάλαιο 5.1 για να μετρήσουμε την διαφορά στον χρόνο προώθησης των μηνυμάτων από κάθε συσκευή στο δίκτυο προς την συσκευή που βρισκόταν πιο κοντά στο νοσοκομείο. Λόγω του ότι θέλαμε να μετρήσουμε μόνο την διαφορά στον χρόνο προώθησης των μηνυμάτων σε αυτές τις εκτελέσεις δεν λήφθηκε υπόψη το επίπεδο μπαταρίας. Τα σενάρια εκτελούνταν μέχρι να ληφθεί μήνυμα από κάθε συσκευή προς τον τελικό κόμβο.

Οι τοπολογίες για τα 2 σενάρια φαίνονται στις εικόνες 22 και 23 αντίστοιχα, υπενθυμίζουμε ότι οι ακμές καθορίζουν την δυνατότητα επικοινωνίας μεταξύ των κόμβων, οι αριθμοί πάνω στις ακμές καθορίζουν την απόσταση μεταξύ των κόμβων και οι αριθμοί δίπλα από τους κόμβους είναι η ταυτότητα του κόμβου στο δίκτυο.



Εικόνα 22 - Τοπολογία σεναρίου 1



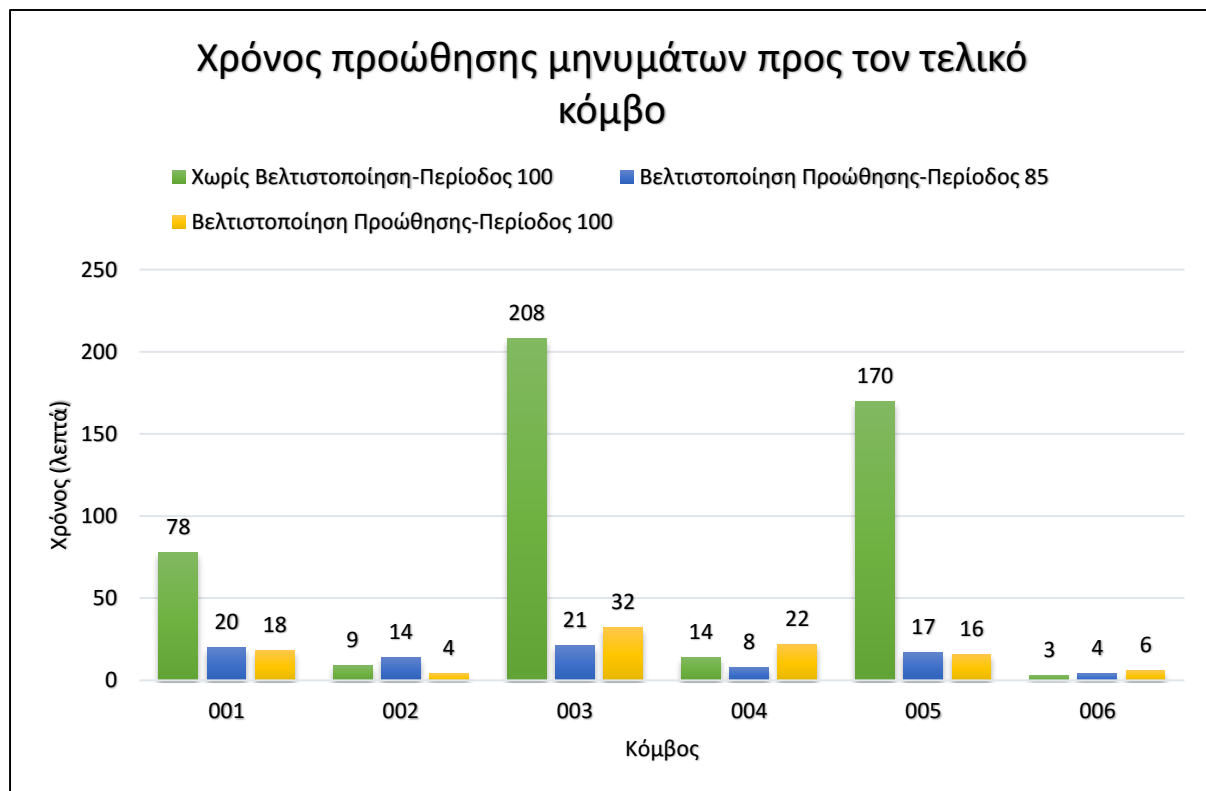
Εικόνα 23 - Τοπολογία σεναρίου 2

5.6.2 Αποτελέσματα Σεναρίου 1 Με Βελτιστοποίηση Προώθησης

Μετά την εκτέλεση του σεναρίου με την βελτιστοποιημένη προώθηση για τους 2 διαφορετικούς χρόνους περιόδων τα αποτελέσματα για τον χρόνο προώθησης του πρώτου μηνύματος από κάθε συσκευή προς την συσκευή 007, που είναι και η κοντινότερη στο νοσοκομείο, φαίνονται στην γραφική 5. Στην γραφική 5, φαίνεται επίσης ο χρόνος που χρειάστηκε για την προώθηση μηνυμάτων χωρίς βελτιστοποίηση.

Από την γραφική 5, παρατηρούμε ότι η βελτιστοποίηση προώθησης βελτιώνει σε μεγάλο βαθμό τον συνολικό χρόνο που χρειάζεται για να φτάσει μήνυμα από όλες τις συσκευές στην συσκευή 7, καθώς χωρίς βελτιστοποίηση χρειαζόταν 208 λεπτά ενώ με βελτιστοποίηση χρειάζονται μόλις 32 λεπτά. Επίσης, παρατηρούμε ότι γι' αυτή την εκτέλεση ο χρόνος περιόδου επηρεάζει τον συνολικό χρόνο που χρειάζεται για την προώθηση των μηνυμάτων, καθώς για κύκλο περιόδου 85 χρειάστηκαν 21 λεπτά να προωθηθούν όλα τα μηνύματα και για κύκλο 100 χρειάστηκαν 32 λεπτά. Τέλος, παρατηρούμε ότι ο χρόνος δεν είναι ανάλογος της απόστασης σε hops, αυτό συμβαίνει γιατί τα μηνύματα που μπορούν να προωθηθούν ταξινομούνται με βάση τον κωδικό κινδύνου, ο οποίος είναι και η ταυτότητα της συσκευής

στο δίκτυο. Στις τοπολογίες οι πιο μακρινοί κόμβοι από το νοσοκομείο έχουν μικρότερο αριθμό ταυτότητας και για προώθηση επιλέγεται το πρώτο μήνυμα που δεν προωθήσαμε ξανά με αποτέλεσμα να δίνεται προτεραιότητα προώθησης στους κόμβους που βρίσκονται πιο μακριά από το νοσοκομείο.



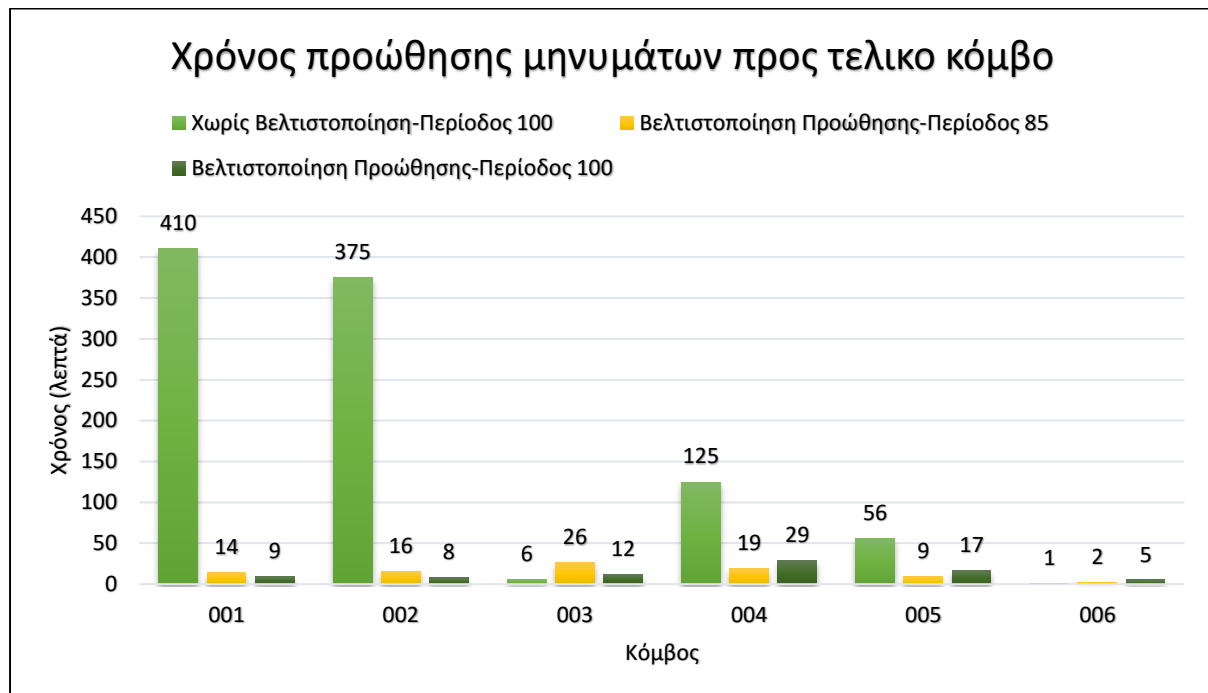
Γραφική 5 - Χρόνος, σε λεπτά, προώθησης μηνυμάτων από κάθε κόμβο προς τον τελικό κόμβο, τον 007, για την αρχική εκτέλεση χωρίς βελτιστοποίηση και τις εκτελέσεις για τους διαφορετικούς κύκλους με βελτιστοποίηση

5.6.3 Αποτελέσματα Σεναρίου 2 Με Βελτιστοποίηση Προώθησης

Μετά την εκτέλεση του σεναρίου 2 με την βελτιστοποιημένη προώθηση για τους 2 διαφορετικούς χρόνους περιόδων τα αποτελέσματα για τον χρόνο προώθησης του πρώτου μηνύματος από κάθε συσκευή προς την συσκευή 007, που είναι και η κοντινότερη στο νοσοκομείο, φαίνονται στην γραφική 6. Στην γραφική 6, φαίνεται επίσης ο χρόνος που χρειάστηκε για την προώθηση μηνυμάτων χωρίς βελτιστοποίηση.

Από την γραφική 6, παρατηρούμε ότι η βελτιστοποίηση προώθησης βελτιώνει σε μεγάλο βαθμό τον συνολικό χρόνο που χρειάζεται για να φτάσει μήνυμα από όλες τις συσκευές στην συσκευή 7, καθώς χωρίς βελτιστοποίηση χρειαζόταν 410 λεπτά ενώ με βελτιστοποίηση χρειάζονται μόλις 29 λεπτά. Επίσης, παρατηρούμε ότι γι' αυτή την εκτέλεση ο χρόνος περιόδου επηρεάζει τον συνολικό χρόνο που χρειάζεται για την προώθηση των μηνυμάτων,

καθώς για κύκλο περιόδου 85 χρειάστηκαν 26 λεπτά να προωθηθούν όλα τα μηνύματα και για κύκλο 100 χρειάστηκαν 29 λεπτά.



Γραφική 6 - Χρόνος, σε λεπτά, προώθησης μηνυμάτων από κάθε κόμβο προς τον τελικό κόμβο, τον 007, για την αρχική εκτέλεση χωρίς βελτιστοποίηση και τις εκτελέσεις για τους διαφορετικούς κύκλους με βελτιστοποίηση

Τέλος, παρατηρούμε ότι ο χρόνος δεν είναι ανάλογος της απόστασης σε hops, αυτό συμβαίνει γιατί τα μηνύματα που μπορούν να προωθηθούν ταξινομούνται με βάση τον κωδικό κινδύνου, ο οποίος είναι και η ταυτότητα της συσκευής στο δίκτυο. Στις τοπολογίες οι πιο μακρινοί κόμβοι από το νοσοκομείο έχουν μικρότερο αριθμό ταυτότητας και για προώθηση επιλέγεται το πρώτο μήνυμα που δεν προωθήσαμε ξανά με αποτέλεσμα να δίνεται προτεραιότητα προώθησης στους κόμβους που βρίσκονται πιο μακριά από το νοσοκομείο.

Κεφάλαιο 6

Γενικά συμπεράσματα

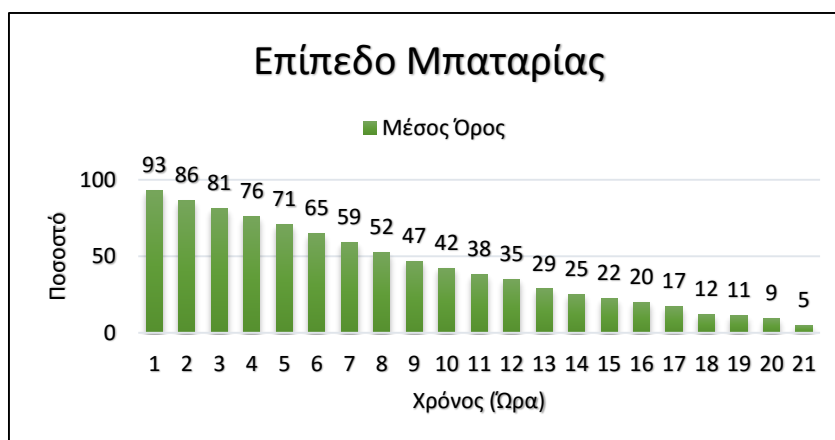
6.1 Εισαγωγή	53
6.2 Συμπεράσματα	53
6.3 Μελλοντική εργασία	55

6.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό θα γίνει γενική σύγκριση των αποτελεσμάτων και θα σχολιαστούν τα γενικά συμπεράσματα όσον αφορά την υλοποίηση της εφαρμογής. Τέλος, θα γίνει αναφορά σε μελλοντική εργασία που θα μπορούσε να γίνει για την εφαρμογή. Καθώς επίσης και προτάσεις για βελτίωση της μέχρι τώρα εργασίας.

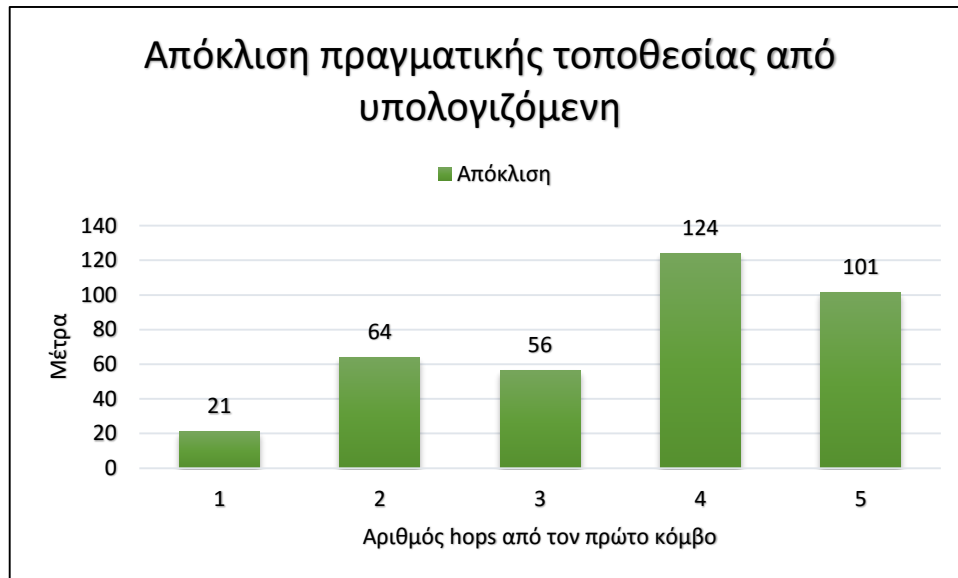
6.2 Συμπεράσματα

Συνοψίζοντας τα αποτελέσματα από τα τέσσερα σενάρια μπορούμε να παρατηρήσουμε από την γραφική 7, ότι κατά μέσο όρο η εφαρμογή καταναλώνει το 5% της μπαταρίας της συσκευής. Επομένως, η διάρκεια ζωής της συσκευής αναμένεται να είναι γύρω στις 20 ώρες εφόσον η συσκευή έχει πλήρη φόρτιση. Θεωρούμε ότι σε αυτές τις 20 ώρες τα συνεργεία διάσωσης θα καταφέρουν να εντοπίσουν τους επιζώντες.



Γραφική 7 - Μέσος όρος επιπέδου μπαταρίας όλων των συσκευών για όλα τα σενάρια ανά ώρα

Στην γραφική 8, μπορούμε να παρατηρήσουμε τον μέσο όρο της απόκλισης, σε μέτρα, του υπολογισμού τοποθεσίας από την πραγματική τοποθεσία, έτσι όπως ορίστηκε στην αρχή του κάθε σεναρίου, για όλα τα σενάρια σε σύγκριση με τον αριθμό των hops από τον πρώτο κόμβο στο δίκτυο, δηλαδή τον πιο απομακρυσμένο από το νοσοκομείο.



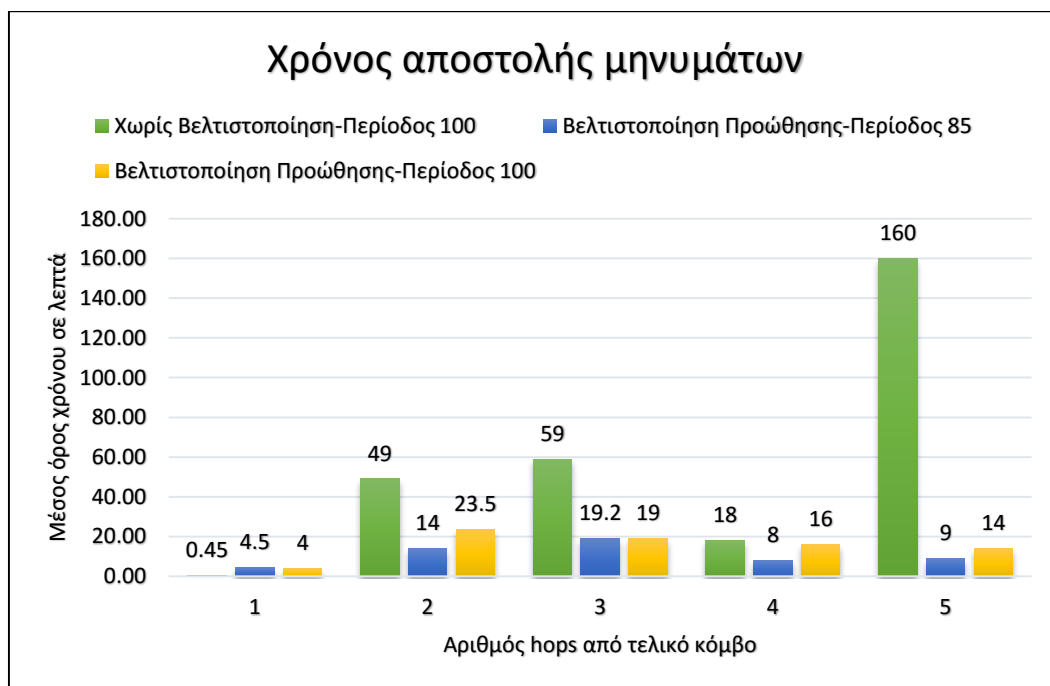
Γραφική 8 - Απόκλιση σε μέτρα της πραγματικής τοποθεσίας από την υπολογιζόμενη συναρτήσει του αριθμού hops από τον πιο μακρινό κόμβο από το νοσοκομείο

Μπορούμε να παρατηρήσουμε από την γραφική 8 ότι η απόκλιση δεν είναι ανάλογη του αριθμού hops αλλά παίζουν ρόλο και άλλοι παράγοντες. Στην απόκλιση παίζουν επίσης ρόλο

- Ο αριθμός άμεσων γειτονικών συσκευών
- Η απόσταση συσκευής από τις γειτονικές συσκευές
- Ο αριθμός των συσκευών στο δίκτυο που γνωρίζουν την τοποθεσία τους
- Η απόσταση σε hops από τους κόμβους που γνωρίζουν την τοποθεσία τους

Στην γραφική 9, παρατηρούμε τον μέσο χρόνο σε λεπτά που χρειάστηκε για να φτάσουν τα μηνύματα στον τελικό κόμβο, τον πιο κοντινό στο νοσοκομείο ανά αριθμό hops για τα σενάρια 1 μέχρι 4 και τον μέσο χρόνο για το σενάριο 5 για τους 2 κύκλους περιόδων. Μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι ο χρόνος δεν αυξάνεται όσο αυξάνεται ο αριθμός των hops όπως ήταν αναμενόμενο, αυτό συμβαίνει λόγω του τρόπου που επιλέγεται το μήνυμα που θα προωθηθεί στο δίκτυο. Όπως αναφέρθηκε και πιο πριν για την περίπτωση μη βελτιστοποιημένης προώθησης, το μήνυμα που επιλέγεται για προώθηση είναι το πρώτο μήνυμα που λήφθηκε τα τελευταία 5 λεπτά και δεν έχει προωθηθεί ξανά μήνυμα από τον ίδιο αποστολέα. Έτσι, η επιλογή του μηνύματος που θα προωθηθεί εξαρτάται από τον χρόνο που παραλαμβάνει ένα μήνυμα και την χρονική στιγμή που αφιερώνει για την προώθηση μηνυμάτων. Λαμβάνοντας υπόψη την λεπτομέρεια αυτή για τον τρόπο που προωθούνται τα μηνύματα καταλήγουμε στο

συμπέρασμα ότι δεν μπορούμε να είμαστε απολύτως βέβαιοι αν ένα μήνυμα θα προωθηθεί και σε ποια χρονική στιγμή θα γίνει αυτό. Παρόμοια για την περίπτωση βελτιστοποιημένης προώθησης λόγω του ότι τα μηνύματα ταξινομούνται με βάση τον κωδικό κινδύνου, ο οποίος είναι και ταυτότητα του κόμβου στο δίκτυο, και στις τοπολογίες οι πιο μακρινοί κόμβοι από το νοσοκομείο έχουν μικρότερο αριθμό ταυτότητας είναι λογικό να έχουν προτεραιότητα προώθησης. Τέλος, παρατηρούμε ότι καλύτερα αποτελέσματα στον χρόνο προώθησης μηνυμάτων δίνει η βελτιστοποιημένη προώθηση για κύκλο περιόδου 85 δευτερόλεπτα με μέγιστο 19 λεπτά μέσο χρόνο προώθησης μηνύματος σε σχέση με την απόσταση της συσκευής από τον τελικό προορισμό.



Γραφική 9 - Μέσος χρόνος σε λεπτά που χρειάζεται για την αποστολή μηνυμάτων ανάλογα με τον αριθμό hops

6.3 Μελλοντική εργασία

Στο μέλλον, θα ήταν καλό να εκτελεστεί η εφαρμογή χρησιμοποιώντας περισσότερες συσκευές και τοπολογίες. Ακόμη, θα μπορούσε να εκτελεστεί η εφαρμογή για διαφορετικούς κύκλους περιόδων για να εντοπιστεί η επίπτωση του κύκλου στον χρόνο προώθησης καθώς επίσης και στο επίπεδο μπαταρίας των συσκευών. Επιπρόσθετα, θα μπορούσε να εξεταστεί υλοποίηση του αλγόριθμου iSNAP, στην οποία αντί τα κελιά στον χάρτη περιοχής της συσκευής να αντιπροσωπεύουν 1 μέτρο να είναι 0.5 μέτρο για να ελεγχθεί κατά πόσο βελτιώνεται η απόκλιση υπολογιζόμενης τοποθεσίας από την πραγματική. Επίσης, θα μπορούσε να γίνει προσομοίωση σε πραγματικό χώρο όπου ο χρήστες δεν θα γνωρίζουν την τοποθεσία των υπολοίπων για να ελεγχθεί πόσο εύκολος είναι ο εντοπισμός επιζώντων

χρησιμοποιώντας την εφαρμογή. Τέλος, θα μπορούσε να γίνει υλοποίηση, η οποία να συνδυάζει την προώθηση με βάση την σημαντικότητα του κόμβου στο δίκτυο και την προώθηση με βάση την τοποθεσία του. Για παράδειγμα, θα μπορούσε να γίνεται επιλογή του κόμβου που θα προωθήσουμε το μήνυμα, ως ο κόμβος με την ψηλότερη σημαντικότητα, ανάλογα με την κατηγορία κόμβων που ανήκει η συσκευή, και βρίσκεται πιο κοντά στο νοσοκομείο.

Βιβλιογραφία

- [1] P.Kolios, A.Pitsillides, O.Mokryn and K.Papadaki, *Explore and exploit in wireless ad hoc emergency response networks*, International workshop on the future of wireless networking, Atlanta, USA, April 11, 2014.
- [2] K.Koumidis, A.Pingas, P.Kolios, and C.Panayiotou, *An experimental evaluation of the HelpNet emergency response networking protocol*, KIOS Research Center, University of Cyprus, Nicosia, Cyprus.
- [3] P.Kolios, C.Laoudias and C.Panayiotou, *Improving the reliability of emergency response networks using RevolverNet*, KIOS Research Center, University of Cyprus, Nicosia, Cyprus.
- [4] J.Aspnes, T.Eren, D.K.Goldenberg, A.S.Morse, W.Whiteley, Y.R.Yang, B.D.O.Anderson, and P.N.Belhumeur, *A Theory of network localization*, Transactions on mobile computing, Dec, 2005.
- [5] N.A.Alrajeh, M.Bashir, B.Shams, *Localization techniques in wireless sensor networks*, International journal of distributed sensor networks volume 2013, Article ID 304628
- [6] <http://developer.android.com/training/index.html>
- [7] <https://mlsvc01-prod.s3.amazonaws.com/7e69fcc9001/d2f95d42-910a-4415-81ce-fbfa548a29f7.png>
- [8] [https://en.wikipedia.org/wiki/Android_\(operating_system\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Android_(operating_system)) , <https://www.android.com/>
- [9] <http://www.blog.sagmart.com/wp-content/uploads/2015/09/android-timeline1.jpg>
- [10] <https://el.wikipedia.org/wiki/XML>
- [11] <https://en.wikipedia.org/wiki/Wi-Fi>
- [12] [https://en.wikipedia.org/wiki/Hotspot_\(Wi-Fi\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Hotspot_(Wi-Fi))

- [13] <http://businessintheblack.com/wp-content/uploads/2016/01/wifi-hotspot-for-windows.jpg>
- [14] https://el.wikipedia.org/wiki/Global_Positioning_System
- [15] https://en.wikipedia.org/wiki/Geographic_coordinate_system
- [16] <https://github.com/mapsforge/mapsforge>
- [17] http://wiki.openstreetmap.org/wiki/About_OpenStreetMap

Παράρτημα Α

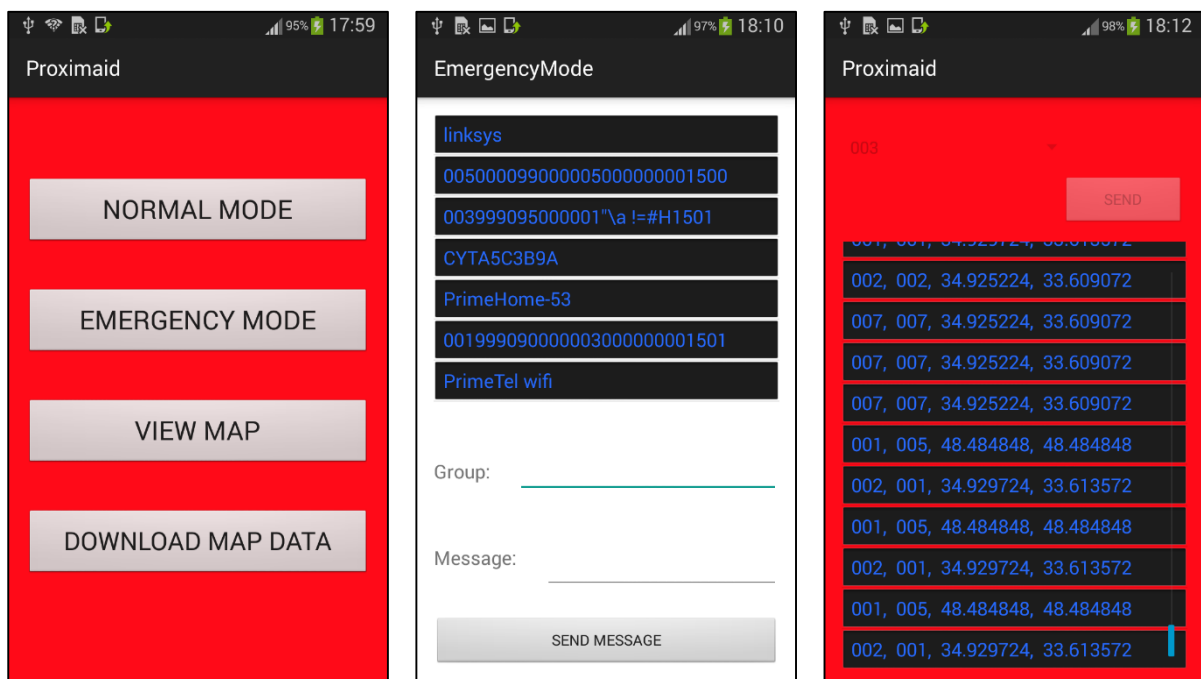
Εγχειρίδιο Χρήσης Εφαρμογής

Εισαγωγή

Στο παράρτημα αυτό γίνεται αναφορά στον τρόπο λειτουργίας της εφαρμογής. Φαίνονται στιγμιότυπα από τις διάφορες οθόνες και επεξηγείται ο τρόπος λειτουργίας και η χρησιμότητα κάθε οθόνης.

Περιγραφή οθονών εφαρμογής και λειτουργίες

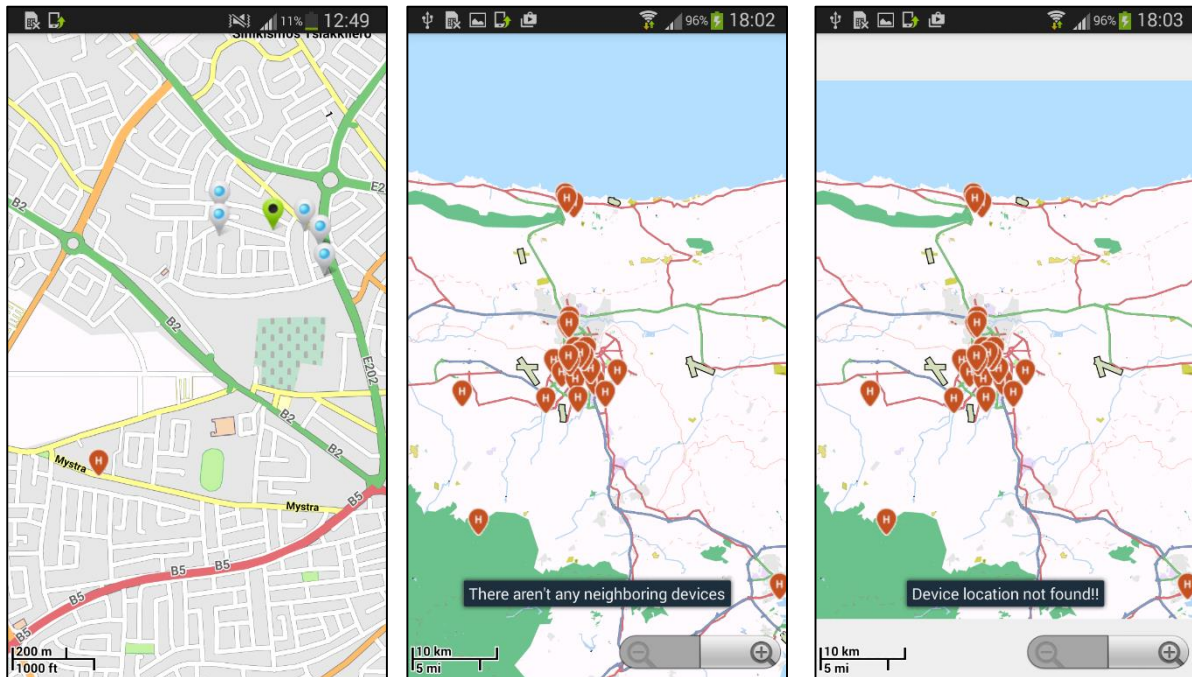
Στην εικόνα 1 αριστερά, βλέπουμε την αρχική οθόνη της εφαρμογής, όπου φαίνεται το μενού με τις τέσσερις επιλογές που προσφέρονται από την εφαρμογή. Στο κέντρο της εικόνας είναι η οθόνη Normal Mode όπου ένας χρήστης μπορεί να δημιουργήσει ομάδα με γειτονικούς του χρήστες και να συνομιλούν μεταξύ τους.



Εικόνα 1 - Αρχική οθόνη εφαρμογής, στα αριστερά και οθόνη Normal mode, στο κέντρο και οθόνη Emergency mode, στα δεξιά.

Στα δεξιά, είναι η οθόνη Emergency Mode, όπου ο χρήστης επιλέγει τον κωδικό βοήθειας του alert μηνύματος που θέλει να αποστείλει και στη συνέχεια ξεκινά η βασική λειτουργία της εφαρμογής. Στην κατάσταση όπου αποστέλλονται και παραλαμβάνονται alert μηνύματα στο δίκτυο με σκοπό την ενημέρωση των σωστικών συνεργείων για την τοποθεσία των επιζώντων που χρειάζονται βοήθεια. Στην οθόνη αυτή πέρα από την δυνατότητα επιλογής του κωδικού βοήθειας και την έναρξη της λειτουργίας αποστολής και παραλαβής

μηνυμάτων, φαίνονται τα μηνύματα που παραλαμβάνονται από την συσκευή. Για τα μηνύματα που παραλαμβάνονται φαίνονται ο αποστολέας, ο κωδικός βοήθειας καθώς επίσης και η τοποθεσία που αναφέρεται στο μήνυμα.

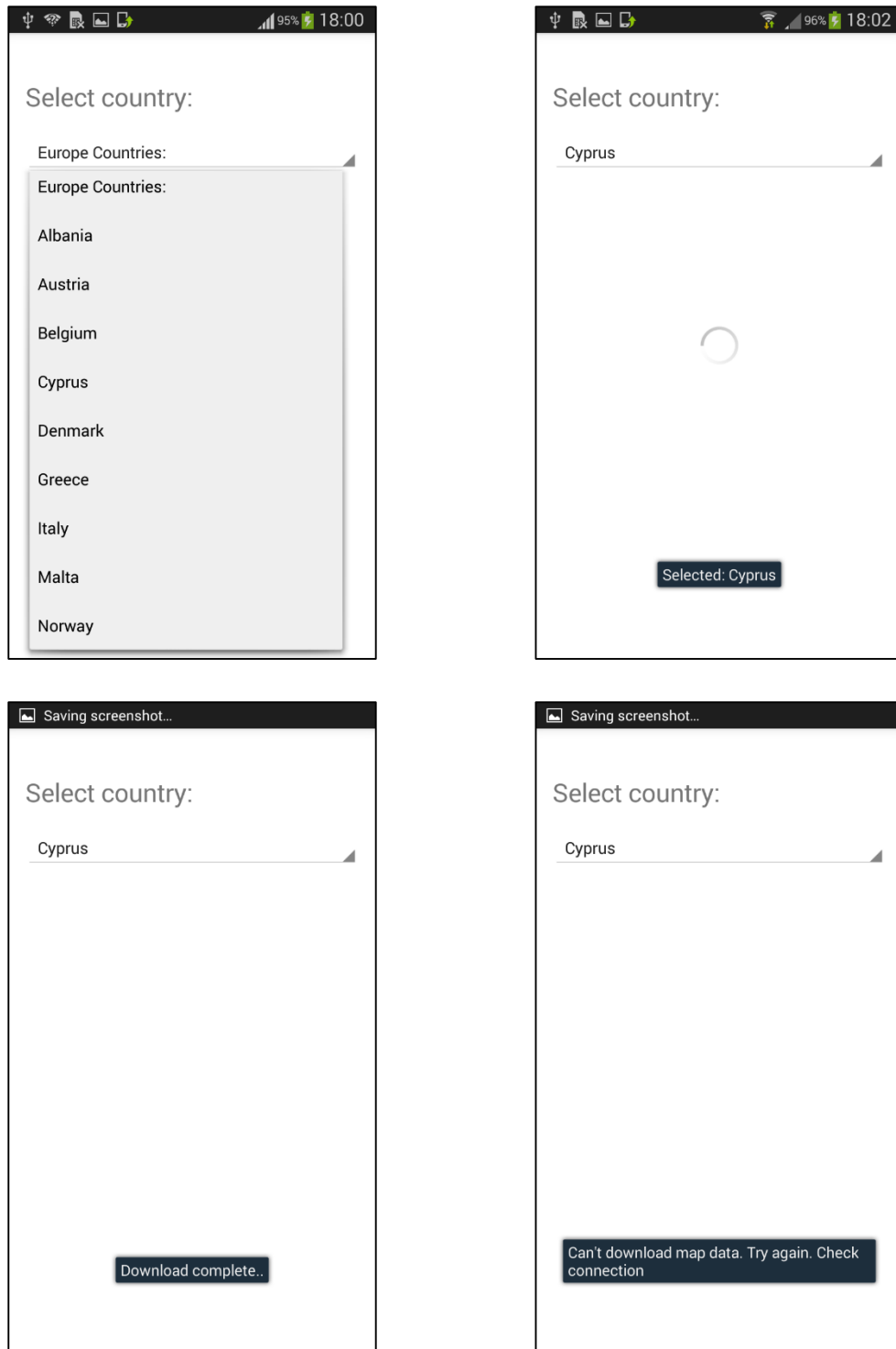


Εικόνα 2 - Στιγμιότυπα οθόνης View map

Στην εικόνα 2 βλέπουμε στιγμιότυπα οθόνης από το View map, στα αριστερά βλέπουμε την περίπτωση όπου η συσκευή γνωρίζει την τοποθεσία της και υπάρχουν γειτονικές. Στην περίπτωση αυτή, ο χρήστης μπορεί να δει τον χάρτη της περιοχής, αφού πρώτα τον κατεβάσει, στον χάρτη προστίθενται όλα τα νοσοκομεία της περιοχής, η τοποθεσία του χρήστη καθώς επίσης και όλες οι γειτονικές συσκευές. Σε περίπτωση που δεν υπάρχουν γειτονικές συσκευές και η τοποθεσία της συσκευής δεν είναι γνωστή εμφανίζονται κατάλληλα μηνύματα όπως φαίνονται στις εικόνες 2 στο κέντρο και δεξιά.

Τέλος, στην εικόνα 3, πάνω αριστερά βλέπουμε την οθόνη Download map data, όπου ο χρήστης μπορεί να επιλέξει την περιοχή ή χώρα που θέλει για να γίνει λήψη του χάρτη και των νοσοκομείων. Όταν ο χρήστης επιλέξει την χώρα ή περιοχή που επιθυμεί τότε αρχίζει αυτόματα η λήψη του χάρτη και των νοσοκομείων. Στην εικόνα πάνω δεξιά βλέπουμε την οθόνη όπου ενημερώνεται ο χρήστης για την χώρα ή περιοχή που επέλεξε και εμφανίζεται στην οθόνη το εικονίδιο αναμονής. Αφού ολοκληρωθεί η λήψη και δημιουργηθεί η αντίστοιχη βάση για τα νοσοκομεία, ενημερώνεται ο χρήστης ότι ολοκληρώθηκε η λήψη,

αυτό φαίνεται στην εικόνα κάτω αριστερά. Σε περίπτωση που υπάρχει κάποιο σφάλμα ο χρήστης ενημερώνεται με κατάλληλο μήνυμα όπως φαίνεται στην οθόνη κάτω δεξιά.



Εικόνα 3 - Στιγμιότυπα οθόνης Download map data