ΤΕΙ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ

ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ ΠΤΩΣΗΣ ΚΑΙ ΕΙΔΟΠΟΙΗΣΗΣ

ΦΟΙΤΗΤΗΣ: ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΜΠΡΑΙΜΗΣ
ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΤΖΑΓΚΑΡΑΚΗΣ

Εισαγωγή

Κάθε χρόνο, ένας στους τρεις ενήλικες ηλικίας 65 ετών και άνω πέφτει. Στις ηλικίες άνω τον 65 , οι πτώσεις είναι η κύρια αιτία θανάτου ή τραυματισμού. Επίσης, είναι η πιο κοινή αιτία των μη θανατηφόρων τραυματισμών και εισαγωγών σε νοσοκομείο για περίθαλψη. Οι πτώσεις μπορούν να προκαλέσουν από μέτριους έως σοβαρούς τραυματισμούς, όπως κατάγματα του ισχίου και τραυματισμούς στο κεφάλι. Επιπρόσθετα οι πτώσεις μπορεί να αυξήσουν τον κίνδυνο πρόωρου θανάτου. Η ανίχνευση των πτώσεων γίνεται αναγκαία όσο πότε, τα τελευταία χρόνια, και με την εξέλιξη της τεχνολογίας όλο και περισσότερες έρευνες διεξάγονται στο κομμάτι της ανίχνευσης των πτώσεων καθώς και στην αποφυγή τους. Επειδή δε μπορούμε να εμποδίσουμε όλες τις πτώσεις, η ανίχνευσή τους μπορεί να βοηθήσει σε πολύ μεγάλο βαθμό στην γρήγορη αντιμετώπιση και βοήθεια του ασθενούς. Ως εκ τούτου, η υλοποίηση ενός συστήματος για την αυτόματη ανίχνευση των πτώσεων είναι ιδιαιτέρως σημαντική.

1. Table of Contents

1. Table of Contents 2
2. Περιγραφή Προβλήματος 4
3. Σκοπός 5
4. Ορισμός της πτώσης 6
5. Τύποι πτώσεων 7
   - 5.1.1. Ολίσθημα και πτώση: 7
   - 5.1.2. Σκουντούφλημα και πέσιμο: 7
   - 5.1.3. Βήμα και πτώση: 8
   - 5.1.4. Πτώσεις με κατεύθυνση: 8
   - 5.1.5. Θέση του σώματος πριν την πτώση: 8
   - 5.1.6. Θέση του σώματος μετά την πτώση: 8
   - 5.1.7. Τελικός Προσανατολισμός: 8
   - 5.1.8. Η ταχύτητα των πτώσεων 8
   - 5.1.9. Η επιφάνεια πρόσκρουσης: 8
   - 5.1.10. Η δραστηριότητα και η ικανότητα ανταπόκρισης πριν την πτώση 8
   - 5.1.11. Η ανάρρωση ή η δραστηριότητα/αδράνειας μετά την πτώση. 8
   - 5.1.12. Δραστηριότητες και ενέργειες που μπορεί να μοιάζουν με πτώσεις αλλά δεν είναι, στην πραγματικότητα: 8
6. Αιτίες πτώσεων 10
   - Βιολογικοί παράγοντες 10
   - 6.1.1. Παράγοντες συμπεριφοράς: 11
7. Επίπεδα μιας πτώσης 13
8. Τεχνολογικές προσεγγίσεις των συστημάτων ανίχνευσης πτώσης 14
9. Εμπορικές πλατφόρμες για την ανίχνευση των πτώσεων 16
10. Η συσκευή της shimmer 19
11. Ανάλυση του HARDWARE της συσκευής 20
12. Ανάλυση του πρωτοκόλλου μεταφοράς 21
13. Ανάλυση των αισθητήρων της συσκευής 22
   - 13.1.1. Επιταχυνσιόμετρα 22
   - 13.1.2. Γυροσκόπια 25
   - Μηχανικά Γυροσκόπια 26
   - Γυροσκόπια αερίου 26
   - Οπτικά Γυροσκόπια: 27

Πιεζοηλεκτρικά ή δονητικά γυροσκόπια 27
14. Ασύρματη επικοινωνία 28
14.1.1. Bluetooth 28
14.1.2. IEEE 802.15.4 29
15. Ενσωματωμένο Λογισμικό 31
16. Λειτουργικό σύστημα Google Android 32
17. Αρχές και Αλγόριθμοι στην Ανίχνευση Πτώσης 34
17.1.1. Μέθοδοι που χρησιμοποιούν μόνο επιτάχυνση 34
17.1.2. Μηχανική Μάθηση 34
17.1.3. Η Αναλυτική Μέθοδος 36
18. Αλγόριθμοι και Εξισώσεις που βασίζονται στην Επιτάχυνση 39
19. Η δίκη μας προσέγγιση 41
19.1.1. Υλοποίηση λογισμικού 42
20. Επισκόπηση Λειτουργίας 45
21. Προβλήματα που αντιμετωπίσαμε 48
22. Σχόλια, Συμπεράσματα και Μελλοντική Δουλειά 49
23. Bibliography 50

2. Περιγραφή Προβλήματος

Μολονότι υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός από συστήματα ανίχνευσης πτώσης, πολλά από αυτά τα συστήματα απαιτούν την συμμέτοχη του εκάστοτε ασθενούς, πιέζοντας ένα κουμπί (γνωστό ως το κουμπί πανικού) όπως φαίνεται και στην εικόνα 1, καθώς και του εξοπλισμού που εγκαθίσταται στο σπίτι . Τέτοιου τύπου συστήματα δεν είναι σε θέση να προβλέψουν πτώσεις που μπορεί να προκαλέσουν κάποιο σοβαρό τραυματισμό, ή ακόμα και λιποθυμικό επεισόδιο.

Εικόνα 2-1 – Κουμπί Πανικού

3. Σκοπός

Σκοπός της εργασίας είναι η ανάπτυξη εφαρμογής για την ανίχνευση των πτώσεων σε ηλικιωμένους ανθρώπους με τη χρήση έξυπνου κινητού τηλεφώνου (smartphone) με ανοικτού τύπου λειτουργικό σύστημα (open source) android, και την σύνδεση σε αυτό ενός αισθητήριου που περιλαμβάνει επιταχυνσιόμετρο και γυροσκόπιο.

4. Ορισμός της πτώσης

Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (World Health Organization), δεν υπάρχει ομοφωνία στον ορισμό των πτώσεων. Παρόλα αυτά έχουν γίνει αρκετές προσπάθειες από επίσημα ερευνητικά κέντρα και ερευνητικές ομάδες στο να δοθεί ένας ορισμός για το τι μπορεί να θεωρηθεί ως πτώση. Η σύγχυση αυτή προκαλείται από τις πολλές κατηγορίες που διαφοροποιούν μια πτώση, όπως πχ βάση την ηλικία, την καθημερινή δραστηριότητα, τα hobbies. Όπως γίνεται φανερό οι πτώσεις διαφέρουν μεταξύ τους, οπότε ένα σύστημα το οποίο λειτουργεί σωστά σε μια ομάδα ανθρώπων ίσως να μην λειτουργεί σε μια άλλη. Ο ορισμός που δίνεται από τις περισσότερες ερευνητικές ομάδες ως πτώση μπορεί να θεωρηθεί:

μια ακούσια και ανεξέλεγκτη κίνηση του ανθρώπινου σώματος με αποτέλεσμα να πέσει στο έδαφος. Επιπλέον, μπορεί να είναι γνωστή ως η ακούσια και ξαφνική αλλαγή θέσης του ατόμου, με αποτέλεσμα αυτό να προσγειωθεί σε ένα χαμηλότερο επίπεδο, σε ένα αντικείμενο, στο πάτωμα ή στο έδαφος.

Ως εκ τούτου, για να θεωρηθεί ένα συμβάν ως πτώση, δεν είναι απαραίτητο το άτομο να καταλήξει σε οριζόντιο επίπεδο. Από τον ορισμό αυτό εξαιρούνται ακούσιες πτώσεις όπως το απότομο ξάπλωμα σε κάποιο κρεβάτι ή το ξαφνικό κάθισμα σε μια καρέκλα.

5. Τύποι πτώσεων

Γίνεται διάκριση μεταξύ δυο τύπων πτώσεων στην συγκεκριμένη μελέτη. Ο πρώτος τύπος είναι *οι τυχαίες πτώσεις οι οποίες προκαλούνται από εξωτερικούς περιβαλλοντικούς και συμπεριφοριστικούς παράγοντες*. Ο δεύτερος είναι *οι μη-τυχαίες πτώσεις που προκαλούνται από εσωτερικούς (βιολογικούς) παράγοντες*.

Απαραίτητη προϋπόθεση είναι η διάκριση των δυο τύπων πτώσεων. Σημαντικός παράγοντας για την διάκριση είναι η ανατομία των δυο τύπων, που είναι τελείως διαφορετικοί. Οι τυχαίες πτώσεις σχετίζονται με περισσότερη δραστηριότητα και εξωτερικές δυνάμεις. Σαν αποτέλεσμα αυτού, ένα σύστημα ανίχνευσης πτώσης που στοχεύει σε μία ομάδα, ίσως να μην ταιριάζει σε μια δεύτερη. Ο μεγαλύτερος αριθμός των ερευνών που έχουν εκπονηθεί μέχρι τώρα σχετίζονται με την ανίχνευση και την πρόληψη πτώσεων που αφορούν μόνο σε μη-τυχαίες πτώσεις.

Έχει διαπιστωθεί ότι η ανίχνευση και η πρόληψη πτώσεων είναι άρρηκτα συνδεδεμένα με τους ανθρώπους μεγάλης ηλικίας, πράγμα που τους καθιστά το κύριο ενδιαφέρον της παγκόσμιας ερευνάς τα τελευταία χρόνια. Ως εκ τούτου μεγάλο μέρος των εμπορικών καθώς και των πειραματικών συστημάτων ανίχνευσης πτώσης κατασκευάζονται για χρήση σε ηλικιωμένους ανθρώπους. Είναι εξίσου πιθανό να συμβούν και οι δύο τύποι πτώσεων σε ηλικιωμένους (τυχαίες ή μη-τυχαίες). Οι πτώσεις που μπορούν να γίνουν αντιληπτές από τα συστήματα ανίχνευσης, κατά πολύ μεγαλύτερο ποσοστό, είναι οι μη-τυχαίες. Πιθανοί λόγοι για αυτό μπορεί να είναι μια ασθένεια ή μια αδιαθεσία. Για τις τυχαίες πτώσεις, οι ειδικοί στους τραυματισμούς κατηγοριοποιούν τις πτώσεις σε ίδιου- και ανυψωμένου επιπέδου.

Οι πτώσεις ίδιου επιπέδου έχουν μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης, αλλά οι τραυματισμοί που προκαλούν είναι λιγότερο σοβαροί. Σε αντίθεση, οι πτώσεις ανυψωμένου επιπέδου, έχουν μικρότερη συχνότητα εμφάνισης, αλλά πολύ μεγαλύτερο ποσοστό επικινδυνότητας από τους τραυματισμούς.

Στις πτώσεις ίδιου επιπέδου περιλαμβάνονται οι εξής παράγοντες :

5.1.1. Ολίσθημα και πτώση:

Προκαλείται σε ολισθηρή επιφάνεια. Όσο μικρότερη είναι η δύναμη της τριβής που ασκείται ανάμεσα στο άτομο και την επιφάνεια, τόσο αυξάνεται η πιθανότητα να γλιστρήσει και να πέσει.

5.1.2. Σκουντούφλημα και πέσιμο:

Το σκουντούφλημα συμβαίνει όταν το μπροστινό πόδι χτυπάει σε ένα αντικείμενο και σταματάει ξαφνικά. Κατ' επέκταση, το πάνω μέρος του σώματος γέρνει προς τα εμπρός υποχρεώνοντας το σώμα σε πτώση.

5.1.3. Βήμα και πτώση:

Το μπροστινό πόδι προσγειώνεται σε μία επιφάνεια χαμηλότερου ύψους απ' την αναμενομένη, όπως π.χ. όταν επιχειρούμε να κατεβούμε από ένα σκαλοπάτι τη νύχτα. Υπάρχει μεγάλη πιθανότητα πτώσης με κατεύθυνση προς τα εμπρός. Ένας δεύτερος τρόπος πτώσης συμβαίνει όταν επιχειρούμε βηματισμό προς τα εμπρός και το πόδι προσγειώνεται σε ένα αντικείμενο που βρίσκεται υψηλότερα από το αναμενόμενο. Ο αστράγαλος γυρίζει και το άτομο τείνει να πέσει μπροστά ή πλάγια. Οι πιο κοινές πτώσεις σε ανυψωμένο επίπεδο είναι πτώσεις από σκάλες, οχήματα, αποβάθρες, σκαλοπάτια και καρέκλες. Οι ερευνητικές ομάδες μελετώντας τις μη - τυχαίες πτώσεις, ασχολούνται κυρίως με πτώσεις ηλικιωμένων ασθενών.

Οι συνιστώσες που λαμβάνονται υποψιών για τις προσομοιώσεις των πτώσεων, είναι οι εξής:

5.1.4. Πτώσεις με κατεύθυνση:

προς τα εμπρός, πλάγια ή προς τα πίσω.

5.1.5. Θέση του σώματος πριν την πτώση:

καθιστός, ξαπλωμένος, με ορισμένη κλίση, κλπ.

5.1.6. Θέση του σώματος μετά την πτώση:

γονατιστός, καθισμένος, με ορισμένη κλίση, κλπ.

5.1.7. Τελικός Προσανατολισμός:

οριζόντια, ή σε πλευρική στάση κλπ.

5.1.8. Η ταχύτητα των πτώσεων.

5.1.9. Η επιφάνεια πρόσκρουσης:

σκληρή ή μαλακή.

5.1.10. Η δραστηριότητα και η ικανότητα ανταπόκρισης πριν την πτώση.

5.1.11. Η ανάρρωση ή η δραστηριότητα/αδράνεια μετά την πτώση.

5.1.12. Δραστηριότητες και ενέργειες που μπορεί να μοιάζουν με πτώσεις αλλά δεν είναι, στην πραγματικότητα:

π.χ. ένα άλμα.

Οι παράγοντες αυτοί χρησιμοποιούνται για την προσομοίωση διαφορετικών σεναρίων πτώσης. Τα σενάρια αυτά χρησιμοποιούνται στη συνέχεια, τόσο για συλλογή δεδομένων πριν από την εκπαίδευση του συστήματος ανίχνευσης πτώσης,

όσο και για την δοκιμή και την αξιολόγηση των ολοκληρωμένων πλέον συστημάτων ανίχνευσης πτώσης.

6. Αιτίες πτώσεων

Υπάρχουν αρκετοί παράγοντες κινδύνου που συνδράμουν στην αύξηση του ποσοστού των πτώσεων. Γενικότερα, οι παράγοντες αυτοί διαχωρίζονται σε ενδογενής (βιολογικούς) και εξωτερικού περιβαλλοντικούς - συμπεριφοράς. Στη συνεχεία γίνεται εφικτή η χρήση των παραγόντων αυτών για να εντοπίσουμε όμοιες ομάδες ανθρώπων που έχουν μεγαλύτερη πιθανότητα να πέσουν, με αποτέλεσμα να κάνουμε μια αναλυτική και πιο εστιασμένη έρευνα για την ανίχνευση των πτώσεων αυτών.

Βιολογικοί παράγοντες:

Ηλικία: Όσο μεγαλύτερο ηλικιακά είναι ένα άτομο, τόσο περισσότερο αυξάνεται η συχνότητα εμφάνισης πτώσεων, τραυματισμών καθώς και θανάτων που προκαλούνται από τις πτώσεις.

Ασθένειες: όπως Alzheimer, Parkinson, αρθρίτιδες, αυξομειώσεις της αρτηριακής πίεσης, καρδιαγγειακές παθήσεις, ακόμα και ασθένειες του ζαχαρώδη διαβήτη.

Απώλεια μυϊκής δύναμης. Η απώλεια της μυϊκής δύναμης ενδέχεται να επηρεάσει την ισορροπία. Τα άτομα που βιώνουν οποιασδήποτε μορφής μυϊκή αδυναμία είναι, έως και 500%, πιο επιρρεπείς σε πτώσεις.

Οφθαλμολογικά προβλήματα: Η μείωση της οξύτητας της όρασης, καθώς επίσης και σοβαρές παθήσεις, όπως ο καταρράκτης, αυξάνουν τον κίνδυνο πολλαπλών πτώσεων.

Νοητικά προβλήματα: ακόμα και ήπιας μορφής είναι πολύ πιθανό να προκαλέσουν πτώσεις

Προβλήματα των κάτω ακρών: Στην υποκατηγορία αυτή περιλαμβάνονται παραμορφωμένα νύχια, δυσκαμψία πέλματος, δυσμορφία των δακτύλων και οι τραυματισμοί στους αστράγαλους μπορούν να προκαλέσουν προβλήματα στην ισορροπία του ατόμου και, κατ' επέκταση, πτώσεις.

Δείκτης Μάζας Σώματος: Ο χαμηλός δείκτης μάζας σώματος σχετίζεται άμεσα με την αύξηση του κινδύνου πτώσης. Το χαμηλό σωματικό βάρος και η ακούσια απώλεια κιλών λόγω στερητικής διατροφής αποτελούν σημαντικό πρόβλημα.

Χρόνιες ασθένειες και παθήσεις του νευρικού συστήματος: όπως η επιληψία και οι διάφορες μορφές μειονεξίας που δημιουργούνται λόγω νευρικών παθήσεων. Σε Διαταραχές που κάνουν την εμφανίσει τους ένας οι περισσότεροι από τους

προαναφερθέντες παράγοντες μπορούν να προκαλέσουν πτώσεις. Όσους περισσότερους παράγοντες συγκεντρώνει ένα άτομο τόσο ποιο επιρρεπές γίνεται σε πτώσεις.

6.1.1. Παράγοντες συμπεριφοράς:

Καθιστικός τρόπος ζωής. Άτομα τα οποία έχουν βιώσει κάποια πτώση, και έχουν μειώσει τις δραστηριότητές τους κατά πολύ, έχει σαν αποτέλεσμα την μυϊκή ατροφία, παράγοντας που μπορεί να προκαλέσει μια πτώση.

Πρόσληψη φάρμακων. Η λήψη πολλών φάρμακων ανεξάρτητου φύσεως αυξάνει κατά πολύ την πιθανότητα μιας πτώσης.

Φαρμακευτικές αγωγές για την θεραπεία της κατάθλιψης, του νευρικού συστήματος, καθώς και τα ηρεμίστηκα, συνδράμουν σημαντικά στην εμφάνιση των πτώσεων

Η υπερβολική χρήση αλκοόλ.

Η υπερεκτίμηση των δεξιοτήτων του ατόμου.

Από τους δυο προαναφερθέντες παράγοντες κίνδυνου, οι ερευνητές έχουν συσχετίσει κάποιες συγκεκριμένες τάσεις στην κατανομή των πτώσεων όπως:

- **Ώρα**. Οι περισσότερες πτώσεις συμβαίνουν κατά τη διάρκεια της ημέρας(9πμ – 7μμ). Μόνο το 20% των πτώσεων συμβαίνουν το βράδυ.
- **Κλιματολογικές, καιρικές συνθήκες**. Μεγαλύτερος αριθμός πτώσεων καταγράφεται σε μέρη που επικρατεί κρύο. Για μη-τυχαίες πτώσεις, τέτοιου τύπου συμβάντα καταγράφονται λόγω του ότι η υποθερμία επιβραδύνει το χρόνο αντίδρασης. Επίσης, σε μέρη όπου χιονίζει, μερικές φορές το έδαφος μπορεί να γίνει ολισθηρό προκαλώντας τυχαίες πτώσεις.
- **Τοποθεσία.** Υπάρχουν ελαφρώς περισσότερες πτώσεις σε εξωτερικούς χώρους σε σχέση με τους εσωτερικούς.
- **Το φύλο του ατόμου**. Οι πτώσης συνήθως είναι πιο επιζήμιες στις γυναίκες από ότι στους άνδρες. Μεγαλύτερο είναι το ποσοστό των θανατηφόρων επεισοδίων από πτώσεις στους άνδρες σε σχέση με της γυναίκες (μολονότι στις γυναίκες καταγράφεται μεγαλύτερη συχνότητα πτώσεων). Οδηγούμαστε λοιπόν στο συμπέρασμα ότι η ανατομία των πτώσεων των γυναικών διαφέρει κατά πολύ από αυτή των ανδρών.
- **Εθνικότητα.** Στις ΗΠΑ οι Καυκάσιοι έχουν υψηλότερη συχνότητα πτώσεων σε σύγκριση με τους Αφρό-Αμερικανούς.
- **Κοινωνική - οικονομική κατάσταση**. Οι γυναίκες που διαμένουν μονές τους εμφανίζουν μεγαλύτερη συχνότητα πτώσης. Επίσης σε ομάδες ανθρώπων που παρουσιάζεται δυσκολία πρόσβασης σε υγειονομικές και κοινωνικές υπηρεσίες, η χαμηλή λήψη εισοδήματος και το χαμηλό επίπεδο μόρφωσης

μπορούν συμβάλλουν σε παθήσεις-αρρώστιες μου μπορούν με την σειρά τους να αυξήσουν των κίνδυνο μιας πτώσης

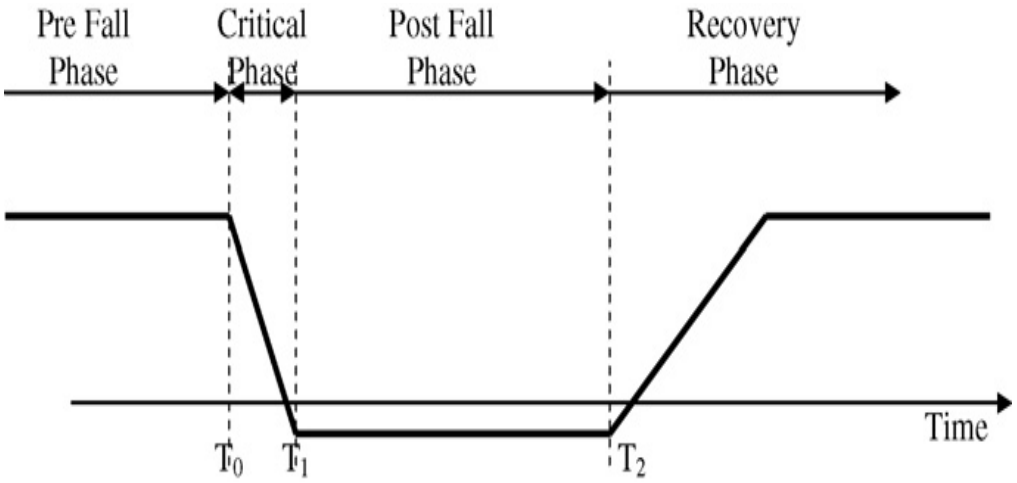
- Η **κατάθλιψη** είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με τον κίνδυνο πτώσεων.

Παρατηρούμε λοιπόν την ύπαρξη πολλών παραγόντων κινδύνου συσχετιζόμενοι με πτώσεις, διαπιστώνουμε ότι υπάρχουν επίσης πολλές διαφορετικές ομάδες ανθρώπων (και όχι μόνο οι ηλικιωμένοι) που βιώνουν πτώσεις. Κάθε μία από αυτές τις ομάδες, μπορεί να παρουσιάζει ένα ξεχωριστό τύπο πτώσεων από την άποψη προτύπων, συμπεριφοράς και φυσικής

7. Επίπεδα μιας πτώσης

Πολύ σημαντικός παράγοντας για την ανίχνευση μίας πτώσης αποτελεί ο διαχωρισμός της σε σταδία. Συμφώνα με επιστημονικές δημοσιεύσεις, μια πτώση συνίσταται από τέσσερα σταδία:

1. Φάση πριν την πτώση (prefall phase)
2. Κρίσιμη φάση της πτώσης (critical phase of fall)
3. Φάση μετά την πτώση (post phase)
4. Φάση ανάκαμψης (recovery phase)



Εικόνα 7-1: Φάσεις μίας πτώσης

Στην προσπάθεια, λοιπόν, να προσομοιωθεί μια πτώση, πρέπει πρωτίστως να δημιουργηθούν πρότυπα συμφώνα με τους παράγοντες που σχετίζονται με τις πτώσεις. Οι παράγοντες αυτοί εντοπίζονται σε κάποια από τα επίπεδα μιας πτώσης:

- **Πρώτη φάση:** το άτομο πραγματοποιεί συνηθισμένες δραστηριότητες σε καθημερινό επίπεδο. Επίσης στην ιδία κατηγορία εντάσσονται ή απότομες κινήσεις που μπορεί να εκτελέσει το άτομο, όπως το να καθίσει ή να ξαπλώσει απότομα σε μια καρέκλα ή ένα κρεβάτι. Τα συστήματα ανίχνευσης πτώσης πρέπει να είναι σε θέση ανά πάσα στιγμή να ξεχωρίσει τέτοιου είδους κινήσεις από μια πραγματική φάση πτώσης.
- **Δεύτερη φάση:** η κρίσιμη φάση μιας πτώσης ορίζεται ως μια απότομη κίνηση του σώματος με κατεύθυνση το έδαφος, με κατάληξη σε κάθετο τράνταγμα. Κατά την διάρκεια της κρίσιμης φάσης το άτομο εκτελεί ελεύθερη πτώση.
- **Τρίτη φάση:** στην φάση μετά την πτώση το σύνηθες είναι το άτομο να βρίσκεται στο έδαφος, σε αδράνεια
- **Τέταρτη φάση:** στη φάση ανάκαμψης το άτομο καταβάλει προσπάθεια να ανακτήσει την αρχική του θέση είτε από μόνο του είτε με την βοήθεια τρίτου πρόσωπου.

8. Τεχνολογικές προσεγγίσεις των συστημάτων ανίχνευσης πτώσης

Υπάρχουν τρεις κύριες κατηγορίες με βάση τις συσκευές και τους αισθητήρες που χρησιμοποιούνται για την ανίχνευση των πτώσεων

- Με βάση την οπτική επαφή.
- Με βάση συσκευές που εγκαθίστανται σε ένα περιβάλλοντα χώρο.
- Με βάση φορητές συσκευές-αισθητήρια.

Η πρώτη κατηγορία βασίζεται στη χρήση σταθερών καμερών που καταγράφουν συνεχώς την κίνηση του ατόμου. Τα ληφθέντα δεδομένα υποβάλλονται σε συγκεκριμένους αλγόριθμους επεξεργασίας εικόνας που είναι σε θέση να αναγνωρίζουν το μοτίβο της πτώσης για να ενεργοποιηθεί ο συναγερμός. Στην συγκριμένη κατηγορία μπορούν να ταξινομηθούν οι εξής συσκευές:

- Συσκευές ανίχνευσης αδρανείας οι οποίες βασίζονται στην ιδέα ότι μετά από μια πτώση, ο ασθενής βρίσκεται στο πάτωμα, χωρίς να πραγματοποιεί καμία κίνηση.
- Συσκευές ανάλυσης και αναγνώρισης αλλαγών των κινήσεων του ανθρωπινού σώματος, οι όποιες έχουν την δυνατότητα να εντοπίζουν την αλλαγή της στάσης του ανθρωπινού σώματος μετά την πτώση.
- 3D συσκευές ανάλυσης της κίνησης του κεφαλιού, οι οποίες βασίζονται στην παρακολούθηση της θέση και της ταχύτητας του κεφαλιού.

Τα κύρια όρια αυτής της κατηγορίας είναι το κόστος της εγκατάστασης και ο περιορισμένος χώρος εφαρμογής (μόνο στην περίπτωση που υπάρχουν οι κάμερες) και η παραβίαση της ιδιωτικής ζωής.

Στη δεύτερη κατηγορία συναντάμε συσκευές περιβάλλοντος που βασίζονται στην τοποθέτηση διαφορετικής φύσεως αισθητήρων σε θέσεις που μπορούν να παρακολουθούνται εύκολα οι κινήσεις ενός ατόμου. Όταν το άτομο αλληλεπιδρά με το συγκεκριμένο περιβάλλον και με την βοήθεια αισθητήριων πιέσεις που τοποθετούνται στο έδαφος και υπέρυθρων καμερών, είναι σε θέση να ανιχνεύσουν μια πτώση. Το πρόβλημα με τις συγκριμένες συσκευές είναι η εμφάνιση ψευδών πτώσεων ή η αγνόηση πραγματικών πτώσεων. Οι δυο προαναφερθείσες κατηγορίες απαιτούν την εγκατεστημένη υποδομή των συσκευών και των αισθητήριων, πράγμα που καθιστά την χρήση τους εφικτή μόνο σε νοσοκομεία και σπίτια, καθώς είναι δύσκολο να τα χρησιμοποιηθούν υπαίθρια.

Στην τελευταία κατηγορία περιλαμβάνονται μία ή περισσότερες συσκευές-αισθητήρια που φοριούνται από τον ασθενή. Οι συσκευές αυτές τοποθετούνται συνήθως στη μέση, στο κεφάλι, στον κορμό, στους καρπούς, στα γόνατα η στο μηρό. Ένας μεγάλος αριθμός ερευνών έχει κατάληξη στο συμπέρασμα ότι η τοποθέτηση των συσκευών στη μέση του ασθενούς είναι η περισσότερο αποδεκτή θέση στην πλειοψηφία των ανθρώπων, άλλα ταυτόχρονα αποτελεί και το καλύτερο σημείο λήψης δεδομένων από άποψη εγκυρότητας για την κίνηση ολόκληρου του

σώματος. Συνήθως οι συσκευές είναι εξοπλισμένες με αισθητήρες κίνησης, όπως επιταχυνσιόμετρα και γυροσκόπια, των οποίων οι τιμές μεταδίδονται συνήθως ασύρματα και αναλύονται από μικροεπεξεργαστές, ηλεκτρονικούς υπολογιστές, smartphones που βρίσκονται σε σύνδεση με τα αισθητήρια.

Η λύση αυτή προσφέρει πλεονεκτήματα, όπως χαμηλότερο κόστος εγκατάστασης (για εσωτερική και εξωτερική χρήση σε σχέση με τις άλλες κατηγορίες), το μικρό μέγεθος σε συνδυασμό με το ελάχιστο βάρος, καθώς επίσης και ότι προσφέρουν τη δυνατότητα προσάρτησης επιπλέον αισθητήρων για τη λήψη περισσότερων δεδομένων για καλύτερο αποτέλεσμα (όπως π.χ. πίεση αίματος, καρδιακούς παλμούς, ηλεκτροκαρδιογράφημα, ηλεκτροεγκεφαλογράφημα, ηλεκτρομυογράφημα κλπ.).

Μειονέκτημα αποτελεί το γεγονός ότι με αυτή την προσέγγιση, υποθέτουμε ότι η συσκευή που φοριέται, διατηρείται σε μια προκαθορισμένη θέση στο σώμα αυτού που τη φοράει, ενώ είναι πολύ πιθανή η μετακίνηση ή αποσύνδεση της συσκευής από το σώμα του ασθενούς.

Οι περισσότερες συσκευές που φοριούνται μπορεί επίσης να είναι παρεμβατικές, γεγονός που δεν εκτιμούν οι ηλικιωμένοι άνθρωποι. Επιπρόσθετα, το γενικότερο σχόλιο από τους γιατρούς που κάνουν πρακτική στο συγκεκριμένο τομέα, είναι ότι οι περισσότεροι ασθενείς δεν θέλουν να φορούν μία συσκευή ανίχνευσης, γιατί αγνοούν τον κίνδυνο μέχρις ότου συμβεί κάποια πτώση. Ένα πολύ σημαντικό μειονέκτημα είναι, ότι τέτοιου είδους συστήματα διατρέχουν σοβαρό κίνδυνο στο να καταστραφούν κατά την πτώση.

9. Εμπορικές πλατφόρμες για την ανίχνευση των πτώσεων

Ο μεγαλύτερος αριθμός των εμπορικών εφαρμογών, για την ανίχνευση των πτώσεων βασίζεται στο ίδιο μοτίβο λειτουργιάς, το οποίο περιλαμβάνει μια συσκευή στην οποία υπάρχει μονό ένα κουμπί, γνωστό και ως κουμπί πανικού. Οι συγκεκριμένες συσκευές είναι φορητές, ενώ τα σημεία τοποθέτησης τους ποικίλουν ανάλογα με την συσκευή. Η συσκευές είναι συνδεδεμένες με μια κεντρική βάση η οποία με την σειρά της συνδέεται με το κέντρο έλεγχου. Το κόστος τους είναι από 20 έως 25 ευρώ.

Υπάρχουν πλατφόρμες που ενσωματώνουν διάφορους αισθητήρες. Μια τέτοια μικρή συσκευή με ενσωματωμένα επιταχυνσιόμετρα και ένα μικροελεγκτή είναι και η iLife. Η κατασκευάστρια εταιρία υποστηρίζει πως η συγκεκριμένη συσκευή έχει την δυνατότητα ανίχνευσης ενός πολύ μεγάλο ποσοστού πτώσεων λόγο του ότι ενεργοποιείται μονό όταν βρίσκεται σε οριζόντια θέση μετά το περάς ενός χρονικού διαστήματος αδρανείας.

Εικόνα 9-1 – iLife

Τα τελευταία στην Αμερική, πολύ δημοφιλή έχουν γίνει οι αισθητήρες πιέσεις, οι αισθητήρες με κορδόνι και οι αισθητήρες κίνησης, οι οποίοι βασίζονται σε διαφόρων τύπων κάμερες ή σε υπέρυθρη ακτινοβολία. Η πρώτη κατηγορία

αισθητήρων προορίζεται κυρίως για ιδιωτική χρήση, ενώ της τελευταίας χρησιμοποιούνται συνήθως από οργανισμούς υγείας όπως νοσοκομεία, οίκους ευγηρίας και άλλες εγκαταστάσεις υγειονομικής φροντίδας.

Οι αισθητήρες πίεσης είναι ικανοί να ανιχνεύσουν την αλλαγή πίεσης στο πάτωμα σε περιπτώσεις όπου συμβαίνει μία πτώση. Οι αισθητήρες με κορδόνι ενεργοποιούνται μονό όταν αποσυνδεθεί το καλώδιο με αποτέλεσμα να ακούγετε ένας δυνατός ήχος από την συσκευή. Έχουν δυνατότητα τοποθέτησης γύρω από κρεβάτια καρέκλες (κ.τ.λ.).

Τέλος οι αισθητήρες κίνησης τοποθετούνται σε κλειστούς χώρους και μπορούν να συνεργαστούν με κάμερες διαφόρων τύπων καθώς επίσης και με υπερύθρους αισθητήρες. Ενεργοποιούνται όταν δεν εντοπίζουν δραστηριότητα για κάποιο ορισμένο χρονικό διάστημα, αντίστοιχα οι κάμερες ενεργοποιούνται όταν ανιχνεύσουν πτώση.

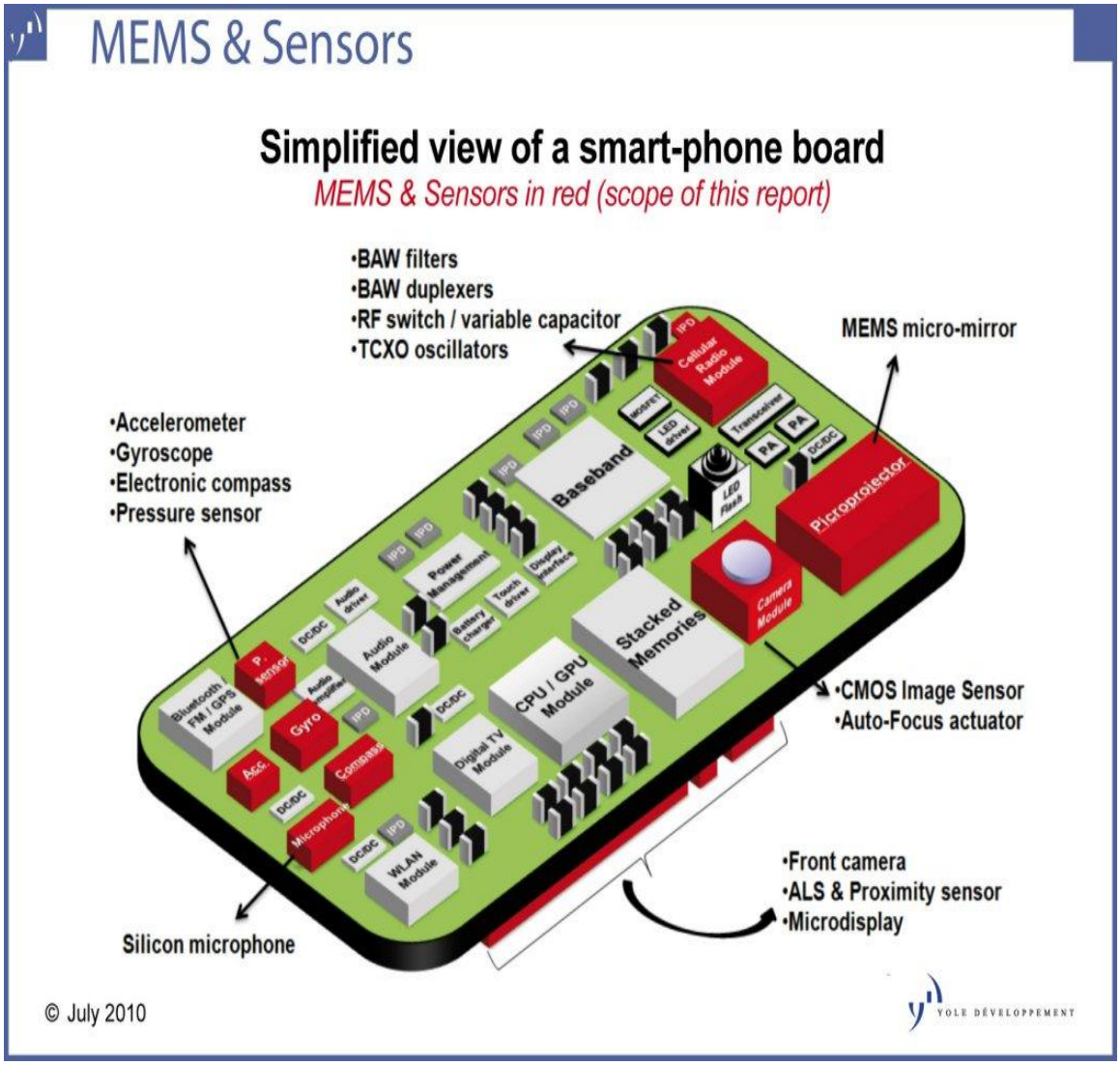
Εικόνα 9-2 – Αισθητήρες Κίνησης και κάμερα

Εικόνα 9-3 – Αισθητήρες με κορδόνι

Με την εμφάνιση των smartphones και ιδιαίτερα μετά το 2000 που άρχισαν να κάνουν αισθητή την παρουσία τους, άρχισαν να δημιουργούνται διάφορες εφαρμογές για την ανίχνευση των πτώσεων, πρώτα για την πλατφόρμα Symbian της Nokia, και στην συνεχεία ακλούθησαν και η ποιο σύγχρονες όπως το λειτουργικό

σύστημα της Google το Android, καθώς επίσης και για το iOS της Apple. Αυτό συνέβη λόγο του ότι οι καινούργιες συσκευές ενσωματώνουν αισθητήρες επιτάχυνσης, και παγκοσμίου εντοπισμού(GPS), πράγμα που τις καθιστά κατάλληλες για τέτοιου ίδιου εφαρμογές.

Σημαντικό πλεονέκτημα των Smartphones σε σχέση με άλλου τύπου συσκευές για την ανίχνευση των πτώσεων είναι ότι δεν απαιτείται η χρήση επιπλέον συσκευών σε διαφορά σημεία του σώματος του ασθενούς. Μειονέκτημα των περισσότερων εφαρμογών που υπάρχουν στο εμπόριο είναι ότι δεν έχουν δοκιμαστεί σε πραγματικές συνθήκες, είτε δεν έχουν δημιουργηθεί βασισμένες σε εργαστηριακές μετρήσεις. Επίσης ο μεγαλύτερος αριθμός αυτών των εφαρμογών χρησιμοποιεί μονό επιταχυνσιόμετρα.



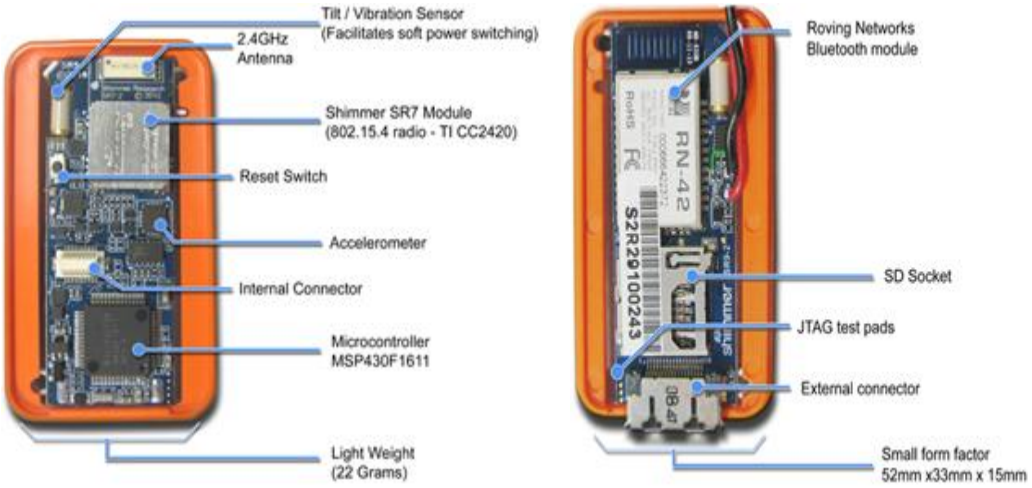
Εικόνα 9-4 - Κυκλωματική δομή smartphone

10. Η συσκευή της shimmer

Εικόνα 10-1 - Αισθητήριο shimmer

Η συσκευή που χρησιμοποιήσαμε στην δίκη μας εφαρμογή είναι της εταιρίας shimmer με τα εξής χαρακτηριστικά:

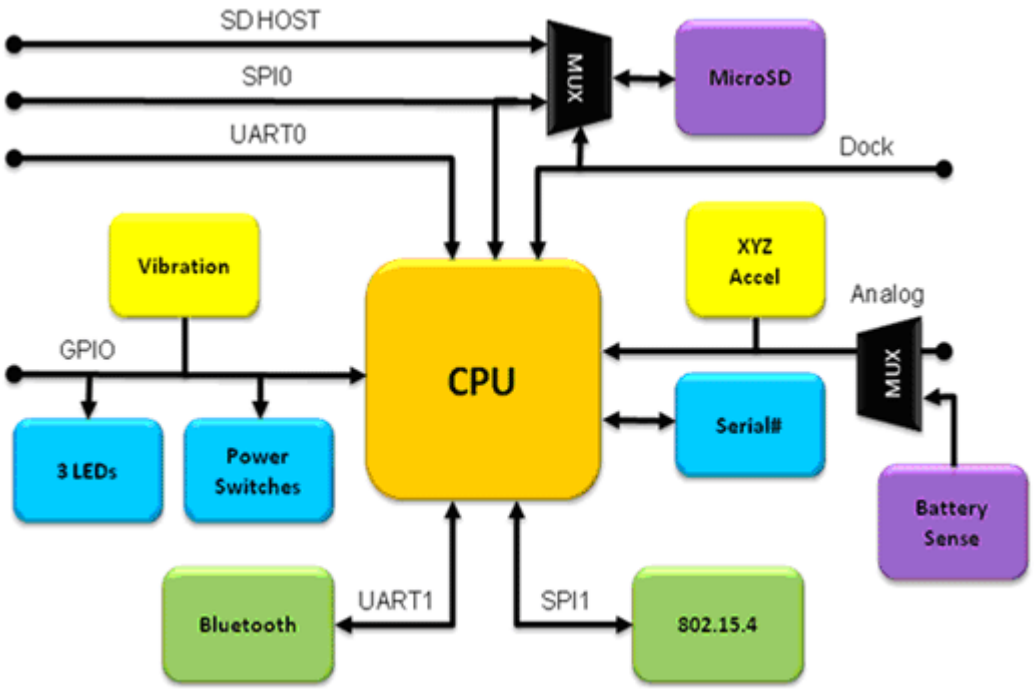
- Μικροεπεξεργαστής MSP430F1611 CPU.
- 10Kbyte RAM, 48Kbyte Flash.
- Επιταχυνσιόμετρο 3 αξόνων που χρησιμοποιεί Freescale MMA7361 1.5/6g MEMs.
- Αισθητήρα κλίσης (γυροσκόπιο) και δόνησης Signal Quest SQ-SEN200 Passive MEMs πολυκατευθυντικό.
- LED κατάστασης- λειτουργίας 3 χρωμάτων.
- Κουμπί ON/OFF/Reset.
- Υποδοχή για SD card με ενσωματωμένη Micro SD 2Gbyte.
- 802.15.4 Radio Shimmer Research SR7 (CC2420).
- Class 2 Bluetooth Radio Roving Networks RN-42.
- Κεραία 2.4GHz.
- Εξωτερική υποδοχή σύνδεσης (external socket).
- Μπαταρία ιόντων λίθου 280mAh.



Εικόνα 10-2 - Κυκλωματική διάταξη συσκευής

11. Ανάλυση του HARDWARE της συσκευής

Παρακάτω απεικονίζεται το διάγραμμα ροής της διάταξης, με τις διασυνδέσεις και τις ενσωματωμένες συσκευές. Το κύριο χαρακτηριστικό της πλατφόρμας είναι ο χαμηλής ισχύος μικροεπεξεργαστής MSP430F1611 που είναι υπεύθυνος για τη λειτουργία της συσκευής. Η αρχιτεκτονική της CPU, σε συνδυασμό με τη χαμηλή κατανάλωση ρεύματος έχει βελτιστοποιηθεί για να επιτευχθεί παρατεταμένη διάρκεια ζωής της μπαταρίας σε φορητές εφαρμογές μέτρησης. Σχεδόν κάθε χαρακτηριστικό της CPU ασκείται στην εφαρμογή της διάταξης. Η CPU ρυθμίζει και ελέγχει ποικίλα ενσωματωμένα περιφερειακά μέσω των ακροδεκτών I/O, μερικοί από τους οποίους είναι διαθέσιμοι στους εσωτερικούς / εξωτερικούς συνδετήρες επέκτασης. Η CPU έχει έναν 8-κάναλο 12-bit αναλογικό σε ψηφιακό μετατροπέα (ADC) που χρησιμοποιείται για την λήψη δεδομένων από τα επιταχυνσιόμετρα, την μπαταρία καθώς και επεκτάσεις του αισθητήρα όπως ECG, κινηματικά, GSR και EMG. Η συσκευή διαθέτει ένα ισχυρό 16-bit RISC CPU, 16-bit καταχωρητές, έναν ψηφιακά ελεγχόμενο ταλαντωτή (DCO) που επιτρέπει την αφύπνιση της συσκευής από κατάσταση χαμηλής κατανάλωσης σε ενεργή λειτουργία, σε λιγότερο από 6 μs. Η εξωτερική επέκταση επιτρέπει την επικοινωνία από και προς τον βασικό πίνακα με την χρήση του σταθμού σύνδεσης. Ο πίνακας της διάταξης έχει μία εσωτερική MicroSD Flash υποδοχή για πρόσθετο χώρο αποθήκευσης και τρία LED για λόγους ένδειξης. Για ασύρματη ροή δεδομένων η πλατφόρμα εξοπλίζεται και με Bluetooth και ασύρματη μονάδα 802.15.4.

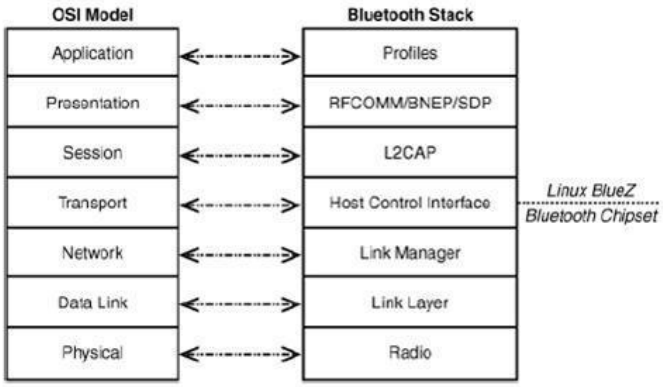


Εικόνα 11-1 – Αρχιτεκτονική Αισθητηρίου

12. Ανάλυση του πρωτοκόλλου μεταφοράς

Λόγω έλλειψης επαρκών Technical Data για την περιγραφή του εσωτερικού πρωτοκόλλου επικοινωνίας κρίθηκε απαραίτητο να γίνει αποσυμπίλιση (reverse-engineering) του διαύλου ώστε να αποκρυπτογραφήσουμε το πρωτόκολλο ώστε να χρησιμοποιηθεί σε δική μας υλοποίηση.

Μετά από ανάλυση των πρωτοκόλλων των επιπέδων 1-2 του OSI, καταλήξαμε πως η επικοινωνία είναι Bluetooth, χρησιμοποιώντας εικονική σειριακή εξομοίωση σύμφωνα με το πρωτόκολλο UART.



Εικόνα 10 – Επίπεδα του OSI σε αντιστοιχία με το Bluetooth stack

Πραγματοποιήσαμε ζεύξη μέσω Bluetooth, ανοίγοντας εικονική σειριακή θύρα σε έναν υπολογιστή. Στη συνέχεια ενεργοποιήσαμε λογισμικό ανάλυσης διαύλων (sniffer) ώστε να καταγράφουμε την επικοινωνία της θύρας.

Στη συνέχεια εκτελέσαμε το δοκιμαστικό πρόγραμμα της εταιρίας, δοκιμάζοντας τις επιλογές και καταγράφοντας τα ωμά δεδομένα.

Μετά από πολύωρη ανάλυση καταλήξαμε πως τα δεδομένα επιτάχυνσης μεταφέρονται σε μορφή 8byte λέξεων κωδικοποιημένα σε little endian. Η μορφή που ανάγαμε έχει ως εξής:

Byte 1	Byte 2	Byte 3	Byte 4	Byte 5	Byte 6	Byte 7	Byte 8
CHKSUM	CHKSUM	MS X-Ax	LS X-Ax	MS Y-Ax	LS Y-Ax	MS Z-Ax	LS Z-Ax

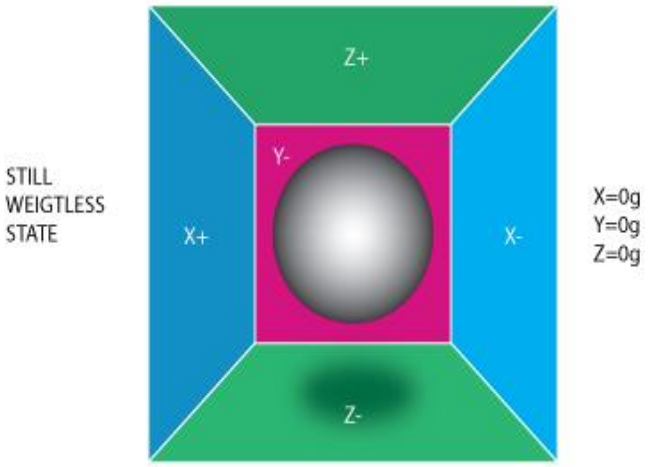
Οι τιμές επιτάχυνσης ανά άξονα δίνονται σε half-word μέγεθος, δηλαδή 16bits.

13. Ανάλυση των αισθητήρων της συσκευής

Η διάταξη περιλαμβάνει δυο τύπων αισθητήρες εσωτερικά, ένα 3-αξονικο επιταχυνσιόμετροο, και έναν αισθητήρα που παρέχει τη δυνατότητα μέτρησης κλίσης (γυροσκόπιο) και δόνησης σε τρεις άξονες. Η συσκευή μπορεί να εξοπλιστεί και με επιπλέον εξωτερικούς αισθητήρες όπως: UV αισθητήρας, κινηματικής (αισθητήρας μαγνητικού πεδίου), οδηγοί ECG, EMG, αισθητήρας γαλβανικής απόκρισης.

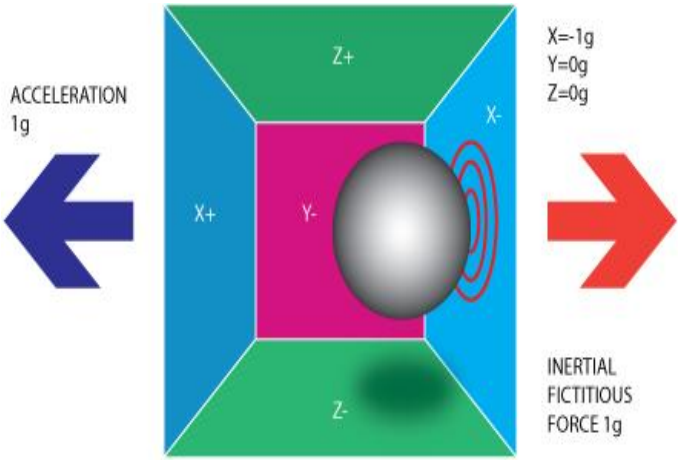
13.1.1. Επιταχυνσιόμετρα

Η αρχή λειτουργίας του επιταχυνσιομέτρου βασίζεται σε ένα μηχανικό αισθητήριο το οποίο αποτελείται από μια μάζα αναφοράς (ή σεισμική μάζα) που συνδέεται με ένα μηχανικό σύστημα ανάρτησης σε σχέση με ένα πλαίσιο αναφοράς. Η δύναμη αδράνειας λόγω της επιτάχυνσης ή της βαρύτητας θα προκαλέσει την εκτροπή της μάζας αναφοράς σύμφωνα με τον Δεύτερο Νόμο του Νεύτωνα. Η επιτάχυνση μπορεί να μετρηθεί ηλεκτρικά με τις φυσικές αλλαγές στη μετατόπιση του βάρους αναφοράς σε σχέση με το πλαίσιο αναφοράς. Τα επιταχυνσιόμετρα μετρούν σε «g» **(«g» είναι η μέτρηση της επιτάχυνσης της βαρύτητας η οποία είναι ίση με 9.81m / s ²).** Για να κατανοήσουμε των τρόπο λειτουργιάς του επιταχυνσιόμετρου, θα ήταν πολύ χρήσιμο να σκεφτόμαστε τα επιταχυνσιόμετρα σαν ένα κουτί σε σχήμα κύβου με μια σφαίρα στο εσωτερικό του όπως την εικόνα.



Εικόνα 13-1 - Αρχή λειτουργίας επιταχυνσιομέτρου

Στην περίπτωση που ασκηθεί κάποιο ποσοστό δύναμης προς μια κατεύθυνση το επιταχυνσιόμετρο εντοπίζει την δύναμη αυτή, ενώ η μπάλα στο εσωτερικό έχει την τάση να κινείτε προς την αντίθετη μεριά όπως στην εικόνα που ακολουθεί.



Εικόνα 13-2 – Αρχή λειτουργίας επιταχυνσιομέτρου

Οι πιο κοινοί τύποι επιταχυνσιόμετρου είναι οι εξής:

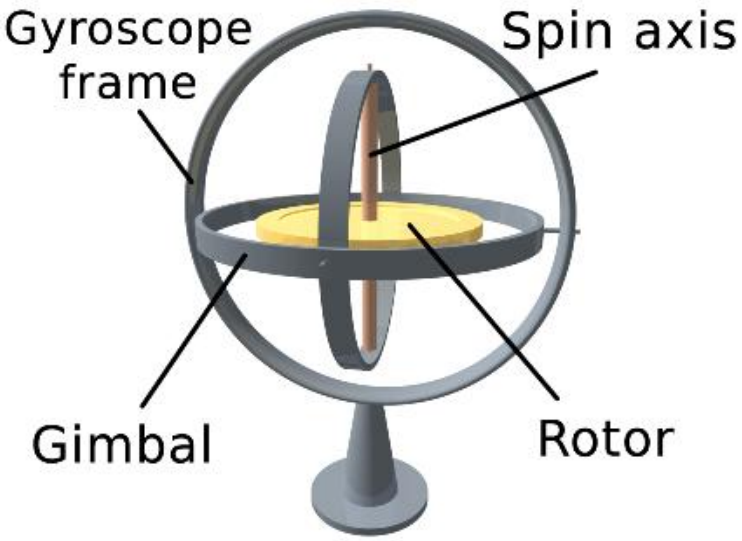
- **Τα πιεζοστατικά επιταχυνσιόμετρα:** Το αισθητήριο στοιχείο σε αυτή την κατηγορία αποτελείται από μια δοκό πρόβολο και η μάζα αναφοράς της είναι κατασκευασμένη με μικροχύτευση. Η κίνηση της μάζας αναφοράς λόγω της επιτάχυνσης μπορεί να ανιχνευθεί από πιεζοηλεκτρικές αντιστάσεις επί της δοκού και της μάζας αναφοράς. Οι πιεζοηλεκτρικές αντιστάσεις είναι διατεταγμένες ως γέφυρα Wheatstone και παράγουν τάση ανάλογη με την εφαρμοζόμενη επιτάχυνση. Τα επιταχυνσιόμετρα πιεζοηλεκτρικών αντιστάσεων είναι απλά και χαμηλού κόστους. Αυτά τα επιταχυνσιόμετρα είναι DC-απόκρισης και μπορούν να μετρήσουν σταθερή επιτάχυνση, όπως η βαρύτητα. Τα βασικά μειονεκτήματα των πιεζοηλεκτρικών ανιχνευτών είναι η ευαισθησία στην θερμοκρασία, στην μετατόπιση και το χαμηλό επίπεδο των σημάτων εξόδου.
- **Τα πιεζοηλεκτρικά επιταχυνσιόμετρα:** Σε ένα πιεζοηλεκτρικό επιταχυνσιόμετρο, το αισθητήριο στοιχείο κάμπτεται λόγω της εφαρμογής της επιτάχυνσης και προκαλεί μια μετατόπιση της σεισμικής μάζας, που έχει ως αποτέλεσμα μια τάση εξόδου ανάλογη με την εφαρμοζόμενη επιτάχυνση. Τα πιεζοηλεκτρικά επιταχυνσιόμετρα δεν ανταποκρίνονται σε σταθερές επιταχύνσεις.
- **Τα επιταχυνσιόμετρα Διαφορικού πυκνωτή:** Η μετατόπιση της μάζας αναφοράς μπορεί να μετρηθεί χωρητικά. Σε έναν χωρητικό μηχανισμό ανίχνευσης, η σεισμική μάζα βρίσκεται έγκλειστη ανάμεσα σε δύο ηλεκτρόδια. Η διαφορική χωρητικότητα είναι ανάλογη της μετατόπισης της σεισμικής μάζας ανάμεσα στα ηλεκτρόδια. Τα πλεονεκτήματα των επιταχυνσιομέτρων διαφορικής χωρητικότητας είναι η χαμηλή κατανάλωση

ενέργειας, το ισχυρό σήμα εξόδου, και η γρήγορη απόκριση στην κίνηση. Η καλύτερη ευαισθησία επιτυγχάνεται λόγο του χαμηλού επιπέδου θορύβου της χωρητικής ανίχνευσης. Τα επιταχυνσιόμετρα διαφορικής χωρητικότητας έχουν επίσης απόκριση DC. Προς το παρόν αυτό το είδος επιταχυνσιομέτρου χρησιμοποιείται ευρέως στις περισσότερες εφαρμογές, ειδικά σε κινητά και φορητά συστήματα και σε ηλεκτρονικά καθημερινής χρήσης.

Το επιταχυνσιόμετρο που υπάρχει στη συσκευή της shimmer ανήκει στην κατηγορία των επιταχυνσιομέτρων διαφορικού πυκνωτή. Πρόκειται για 3-αξονικο επιταχυνσιόμετρο (Freescale MMA7361 1.5/6g MEMs.) χαμηλής κατανάλωσης, που διαθέτει βαθυπερατό φίλτρο για την επεξεργασία του σήματος, ενώ ταυτόχρονα δίνει την δυνατότητα στο χρηστή της ρύθμισης του, σε διαφορετικά επίπεδα ευαισθησίας από το 1.5g έως και τα 6g. Επίσης είναι εξοπλισμένο με σύστημα ανίχνευσης ελεύθερης πτώσεις και σύστημα προστασίας από αυτές.

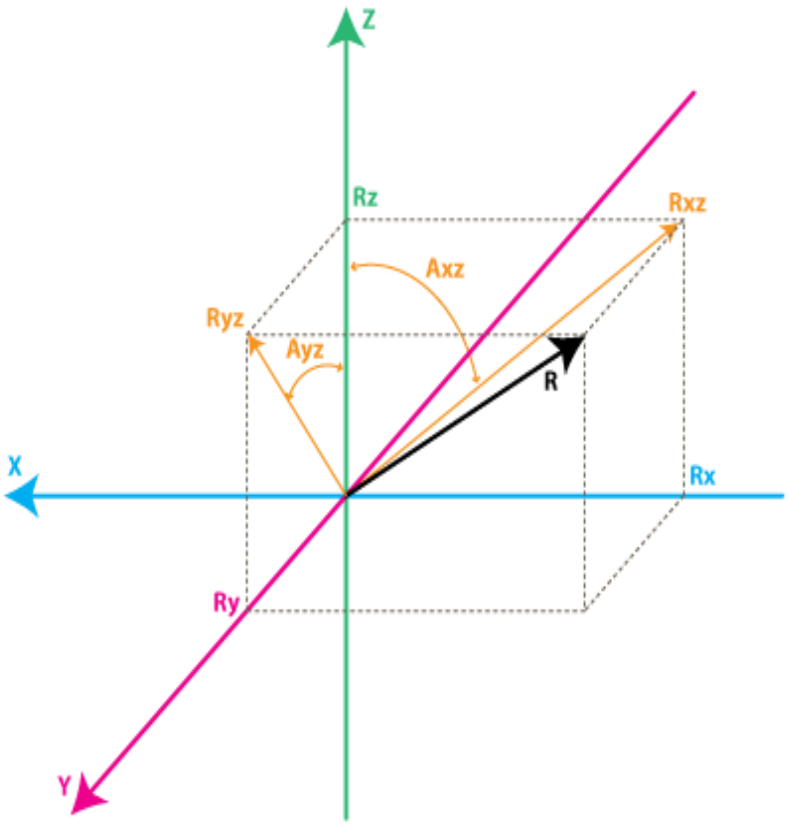
13.1.2. Γυροσκόπια

Ένα γυροσκόπιο ορίζεται ως ένα περιστρεφόμενο άκαμπτο αντικείμενο, συμμετρικό γύρω από έναν άξονα. Όπως με οποιοδήποτε μηχανικό σύστημα, η κίνηση ενός γυροσκοπίου μπορεί να κατανοηθεί πλήρως με τη συστηματική εφαρμογή του τύπου του Νεύτωνα **F=m*a** όπως σε όλα τα σωματίδια που είναι κατασκευασμένα από άκαμπτο σώμα. Είναι πολύ πιο αποτελεσματικό να κατανοήσουμε το γεγονός ότι οι περισσότερες από τις δυνάμεις που ενεργούν μεταξύ ενός γυροσκοπίου και του άξονα του, έχουν σαν αποτέλεσμα να καθιστούν το γυροσκόπιο άκαμπτο.



Εικόνα 13-3 – Αρχή λειτουργίας γυροσκοπίου

Μια πολύ σημαντική εφαρμογή του γυροσκοπίου είναι για τη μέτρηση της περιστροφής γύρω από έναν από τους άξονες του. Το γυροσκόπιο μετρά τον ρυθμό των αλλαγών των γωνιών σε ένα 3-αξονικο σύστημα, εξάγει μία τιμή που σχετίζεται γραμμικά με το ρυθμό μεταβολής αυτών των γωνιών. Με άλλα λόγια καθιστά εφικτή την εύρεση της κλίσης ενός σώματος.



Εικόνα 13-4 - ανάλυση διανυσμάτων

Οι πιο κοινοί τύποι γυροσκοπίων είναι οι εξής

Μηχανικά Γυροσκόπια: Τα μηχανικά γυροσκόπια είναι ίσως το πιο κοινό ή γνωστό είδος. Σε αυτή την κατηγορία περιλαμβάνονται κάθε είδους γυροσκόπιο που βασίζεται σε ένα ρουλεμάν για την περιστροφή. Αυτοί οι τύποι των γυροσκοπίων που χρησιμοποιούνταν στη ναυσιπλοΐα, σε μεγάλα αεροσκάφη, αλλά για την καθοδήγηση και τον έλεγχο πυραύλων. Δεδομένου ότι είναι συνήθως πιο θορυβώδεις από ότι άλλους τύπους, τα τελευταία χρόνια αντικαθίστανται με τις πιο σύγχρονες μορφές.

Γυροσκόπια αερίου: Στα γυροσκόπια αυτού του τύπου ο ρότορας περιστρέφεται σε ένα αέριο υπό πίεση, μειώνοντας την ποσότητα της τριβής μεταξύ των κινούμενων μερών. Αυτοί οι τύποι των γυροσκοπίων χρησιμοποιήθηκαν από την NASA για την ανάπτυξη του τηλεσκοπίου Hubble. Σύμφωνα με τη NASA, το αέριο που φέρουν είναι πολύ πιο ήσυχο από ό, τι άλλες μορφές και επίσης έχουν μεγαλύτερη ακρίβεια. Στην πραγματικότητα, η NASA αναφέρει τα γυροσκόπια πάνω στο τηλεσκόπιο Hubble ότι είναι από τα πιο ακριβή στον κόσμο.

Οπτικά Γυροσκόπια: Σε αντίθεση με τα μηχανικά ή αερίου γυροσκόπια, τα οπτικά δεν βασίζονται σε ένα περιστρεφόμενο τροχό ή ρουλεμάν. Δεν βασίζονται στη διατήρηση της στροφορμής. Αυτά τα γυροσκόπια χρησιμοποιούν δύο πηνία καλωδίου οπτικών ινών που περιστρέφεται σε διαφορετικές κατευθύνσεις. Σύμφωνα με την Επίδραση Sagnac, όταν η συσκευή έχει κλίση, οι δύο δέσμες του φωτός θα ταξιδέψουν σε διαφορετικές αποστάσεις, και η διαφορά χρόνου μπορεί να μετρηθεί. Δεδομένου ότι δεν υπάρχουν κινούμενα μέρη, τα οπτικών ινών γυροσκόπια είναι πολύ ανθεκτικά και χρησιμοποιούνται στη σύγχρονη επιστήμη των πυραύλων και διαστημοπλοίων.

Πιεζοηλεκτρικά ή δονητικά γυροσκόπια: Πρόκειται για γυροσκόπια εξαιρετικά μικρού μεγέθους, πολύ ελαφριά και με υψηλού ποσοστού ανταποκρίσεις. Βασίζονται στο το φαινόμενο της δύναμης Coriolis για την ανίχνευση μεταβολών στη γωνιακή ταχύτητα περιστροφής στην ταλάντωση σώματος. Αντί να έχουν ένα περιστρεφόμενο δίσκο, όπως τα μηχανικά, αυτά γυροσκόπια έχουν ένα εξάρτημα που δονείται. Οι δονήσεις είναι τόσο μικρές που δεν μπορούν να γίνουν αισθητές από το ανθρώπινο χέρι.

Ο αισθητήρας κλίσης (γυροσκόπιο) που είναι ενσωματωμένος στην συσκευή της shimmer είναι της κατηγορίας των κυλινδρικών δονητικών γυροσκοπίων. Είναι ένα πολυκατευθυντικό γυροσκόπιο (Signal Quest SQ-SEN200 Passive MEMs), πολύ χαμηλού κόστους, και χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας. Έχει πολύ μεγάλο βαθμό ευαισθησίας σε σχέση με το κόστος του, πράγμα που καθιστά τη χρήση του εφικτή σε πολλές εφαρμογές.

Εικόνα 13-5 – Αισθητήρας κλίσης - δόνησης

14. Ασύρματη επικοινωνία

Η συσκευή της shimmer ενσωματώνει δυο διαφορετικούς τύπους ασύρματης επικοινωνίας, για την σύνδεση με άλλες συσκευές, είτε με τη χρήση της τεχνολογίας **Bluetooth**, είτε με τη χρήση ασύρματου **802.15.4**.

14.1.1. Bluetooth

Το Bluetooth είναι ένα χαμηλού κόστους, χαμηλής ισχύος, ανθεκτικό μικρού εύρους πρωτόκολλο επικοινωνίας που πρωτοπαρουσιάστηκε από την Ericsson το 1994 για να αντικαταστήσει τα παραδοσιακά καλώδια των κινητών τηλεφώνων και των Η/Υ με ασύρματες συνδέσεις. Λειτουργεί στην ελεύθερη συχνότητα των 2.4GHz (βιομηχανική, επιστημονική, ιατρική) με μικρή απόσταση (εξαρτάται από την κλάση ισχύος: 1m, 10m ,100m) βάση χαμηλού κόστους μικροτσίπ πομποδεκτών σε κάθε συσκευή. Με την εισαγωγή του EDR (βελτιωμένου ρυθμού δειγματοληψίας) οι συσκευές μπορούν να επικοινωνούν μεταξύ τους έως και στα 3Mbps. Η ομάδα ειδικού ενδιαφέροντος του Bluetooth (SIG) ιδρύθηκε από εταιρίες όπως η Ericsson, η Nokia και η Intel και το πρωτογενές σύστημα αποτελούταν από έναν RF πομποδέκτη, την βασική ζώνη και την στοίβα του πρωτοκόλλου. Τα Bluetooth είναι σχεδιασμένα για πολυσύχναστα περιβάλλοντα με πολλούς χρήστες. Έως και 8 συσκευές Bluetooth μπορούν να επικοινωνήσουν μεταξύ τους σε ένα δίκτυο που ονομάζεται piconet. Το piconet είναι ένα δίκτυο από σημείο σε πολλαπλά σημεία που αποτελείται από 1 master συσκευή και 7 slaves. Πολλαπλά piconet μπορούν να συνυπάρχουν και δημιουργούν έτσι δίκτυα διασποράς. Το Bluetooth χρησιμοποιεί 79 κανάλια του 1MHz για την μετάδοση δεδομένων. Παρεμβολές ανάμεσα σε άλλες συσκευές ISM και Bluetooth ελαχιστοποιούνται με την χρήση του φάσματος μεταπηδήσεων συχνοτήτων (FHSS) όπου ο διακομιστείς μεταπηδά ταχύτατα ανάμεσα στα 79 κανάλια που είναι διαθέσιμα. Αυτό το σύστημα ελέγχεται από το master εντός του piconet. Άλλες τεχνικές μειώσεων των παρεμβολών περιλαμβάνουν προσαρμοζόμενο έλεγχο ισχύος, ρυθμό δειγματοληψίας οδηγούμενο από την ποιότητα του καναλιού (CQDDR) και προσαρμοζόμενη μεταπήδηση συχνοτήτων (AFH). Εκτεταμένη βιβλιογραφία για το Bluetooth μπορεί να ληφθεί από τον διαδικτυακό τόπο του Bluetooth.

Το λογισμικό Microsoft Windows έως τώρα υποστηρίζει μόνο ένα piconet Bluetooth περιορίζοντας τους χρήστες σε 7 ταυτοχρόνως προσαρμοσμένες συσκευές. Το Linux υποστηρίζει πολλαπλά δίκτυα και εκθέτει όλα τα Bluetooth σε ένα λογισμικό ανοικτής πηγής για χρήστες που ενδιαφέρονται σε προηγμένου ή ειδικού σκοπού ανάπτυξη με τα Bluetooth.

Η πλατφόρμα της διάταξης χρησιμοποιεί την μονάδα Roving Networks RN-42 Class 2 Bluetooth για να επικοινωνεί μέσω μίας ενσωματωμένης 2.4 GHz κεραίας. Αυτή η μονάδα χαρακτηρίστηκε καλά μελετημένη και αριθμήσιμη, αξιόπιστη και ανθεκτική. Περιέχει μία πλήρης έκδοση του Version 2 Bluetooth Protocol Stack και υποστηρίζει το προφίλ σειριακών εισόδων που διευκολύνει την γρήγορη ανάπτυξη εφαρμογών. Η μονάδα Bluetooth συνδέεται στο MSP430 απ' ευθείας μέσω

σειριακής σύνδεσης USART1. Μπορεί να ελεγχθεί και με σειρά ASCII από την σύνδεση της κεραίας του Bluetooth. Το RN-42 έχει εύρος άνω των 10 μέτρων και η μεταδιδόμενη ισχύς μπορεί να προσαρμοσθεί αναλόγως την απόσταση της εφαρμογής. Το σύστημα έχει 79 κανάλια του 1 MHz και προσφέρει ισχυρή ασφαλής σύνδεση μέσω του FHSS και σύστημα διόρθωσης σφαλμάτων. Οι χρήστες μπορούν να αναμένουν επικοινωνία με την διάταξη USART σε ταχύτητες μέχρι 230kbaud, με τα 115kbaud ως την κανονική και συνιστώμενη τιμή.

Όπως την εφαρμογή του 802.15.4, η κεραία στην μονάδα RN-42 είναι πολική. Οι χρήστες ενθαρρύνονται να πειραματίζονται με τον προσανατολισμό και την τοποθέτηση.

14.1.2. IEEE 802.15.4

Το IEEE 802.15.4 είναι μία προδιαγραφή ενός πρωτοκόλλου μίας πολύ χαμηλής ισχύος ασύρματης προσωπικής περιοχής (WPAN). Προσδιορίζει το φυσικό επίπεδο και το συνοδευτικό επίπεδο δεδομένων (MAC). Το 802.15.4 είναι ένα σε CSMA/CA MAC βασισμένο σύστημα με σύνολο 27 καναλιών προσδιορισμένα στο εύρος συχνότητας των 2.4 GHz, των 902-928 MHz και των 868.3 MHz. Τρεις διαφορετικές ταχύτητες μεταφοράς δεδομένων μπορούν να διατεθούν: 16 κανάλια δεδομένων με ρυθμό 250 kb/s, 10 κανάλια δεδομένων με ρυθμό 40 kb/s και 1 κανάλι δεδομένων με ρυθμό 20 kb/s. Ένα τέτοιο δίκτυο μπορεί να επιλέξει ένα από τα 27 κανάλια αναλόγως την διαθεσιμότητα, την κατάσταση της συμφόρησης και του ρυθμού δεδομένων κάθε καναλιού. Είναι βελτιστοποιημένο για μικρές αποστάσεις (30-50 μέτρα), για χαμηλή μετάδοση δεδομένων με ένταξη στο δίκτυο της τάξης των 30 ms και υποστηρίζει ευέλικτες τοπολογίες, δηλαδή αστέρα ή peer to peer (ομότιμες βάσεις) τοπολογίες. Επίσης υποστηρίζει έναν μεγάλο αριθμό κόμβων. Ένα μόνο δίκτυο 802.15.4 μπορεί να φιλοξενήσει έως και 216 συσκευές, που έχουν μεταβιβασθεί κατά τη διάρκεια της διαδικασίας σύνδεσης. Είναι σχεδιασμένο να επιτυγχάνει καλή ενεργειακή απόδοση στο φυσικό επίπεδο, καθώς και το επίπεδο δεδομένων. Ο κύκλος λειτουργίας των επικοινωνιών στο 802.15.4 δίκτυο είναι περίπου 1%, συντελώντας σε πολύ χαμηλή μέση ενεργειακή κατανάλωση για στατικό και δυναμικό περιβάλλον. Ωστόσο, είναι επίσης θέμα των πρωτοκόλλων υψηλότερων επιπέδων η παρατήρηση του χαμηλού κύκλου λειτουργίας. Οι περισσότεροι μηχανισμοί οικονομίας ισχύος στα 802.15.4 βασίζονται στην δυνατότητα λειτουργίας αναγνωριστικού σήματος. Η απλότητα, το χαμηλό κόστος, και τα χαρακτηριστικά χαμηλής ισχύος του 802.15.4 προορίζονται να ενεργοποιήσουν ευρεία ανάπτυξη των ασυρμάτων δικτύων που είναι ικανά να λειτουργούν για χρόνια με συμβατικές μπαταρίες για τυπικές εφαρμογές παρακολούθησης.

Τα κανάλια 15, 20, 25, 26 των 802.15.4 συνιστώνται καθώς είναι σχετικά ελεύθερα από παρεμβολές κοινών 802.11b δικτύων.

Για το IEEE 802.15.4 συμβατό σύστημα ασύρματης επικοινωνίας, η πλατφόρμα της διάταξης περιέχει την μονάδα κεραίας SR7, μία συσκευή της διάταξης που ενσωματώνει έναν πομποδέκτη TI Chipcon CC2420 και μία κεραία τύπου ολοκληρωμένου κυκλώματος (Chip). Το SR7 είναι ιδανικό για την διάταξη

καθώς είναι σχεδιασμένο για περιορισμένου μεγέθους και χαμηλού ρεύματος εφαρμογές (17.4mA για μετάδοση και 18.8 για υποδοχή). Η κεραία μπορεί να απενεργοποιηθεί από το MSP430 για λειτουργία χαμηλής ισχύος. Οι χρήστες μπορούν να αναμένουν επίδοση 5 -10 μέτρων σε εσωτερικό χώρο και μέχρι 30m σε ελεύθερο περιβάλλον. Οι χρήστες ενθαρρύνονται να πειραματίζονται με τον προσανατολισμό και την τοποθέτηση καθώς η κεραία είναι πολική.

Το ασύρματο CC2420 έχει ένα εγγενή άμεσης εξάπλωσης ακολουθίας φάσματος μόντεμ και έναν θεωρητικό ρυθμό δειγματοληψίας στα 250 Kbps. Ελέγχεται από μία σύνδεση SPI επιπλέον του USART1 και με το CC2420 να έχει υποστήριξη για εφαρμογές όπως διαχείριση συστήματος, μετάδοση δεδομένων, κρυπτογράφηση δεδομένων, ισχύς ληφθέντος σήματος, ποιότητα σύνδεσης και χρονισμού συστήματος, το φόρτο εργασίας του MSP430 μειώνεται. Τέλος απαιτεί μόνο λίγα επιπρόσθετα εξαρτήματα όπως κρυσταλλικό ταλαντωτή αναφοράς και δεν απαιτεί εξωτερικά φίλτρα.

15. Ενσωματωμένο Λογισμικό

Το λειτουργικό περιβάλλον της συσκευής tinyos είναι αυστηρώς συνιστώμενο για σχεδιασμό, εφαρμογή, δοκιμή και αξιολόγηση του ενσωματωμένου λογισμικού της διάταξης. Το tinyos προσφέρει οικονομία λόγο της ανοικτής σε πολλαπλές πλατφόρμες βιβλιοθήκης του. Η επαναχρησιμοποίηση των εφαρμογών στη διάταξη είναι το πλεονέκτημα κλειδί του περιβάλλοντος του tinyos και επιταχύνει σημαντικά την ανάπτυξη του λογισμικού και της διαδικασίας επικύρωσης. Ο κωδικός της πλατφόρμας της διάταξης διατηρείται στο διαδίκτυο:
https://tinyos-main.googlecode.com/svn/trunk/ (tinyos-2.x)

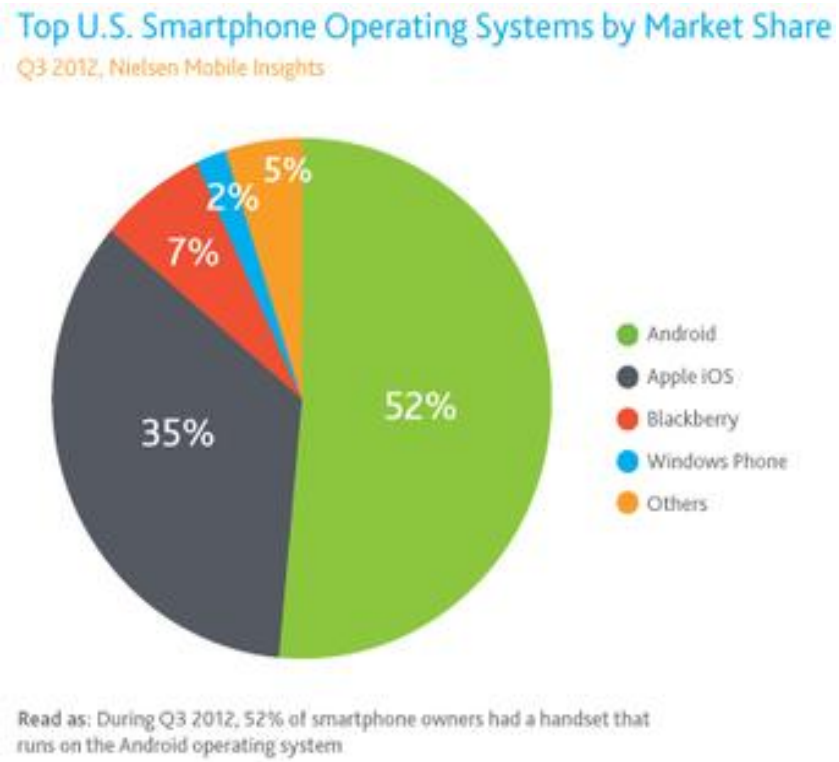
http://tinyos.cvs.sourceforge.net/tinyos/(tinyos-1.x and tinyos-2.x-contrib)

Το tinyos περιέχει λειτουργικότητες που περιλαμβάνουν:

- Micro SD flash storage.
- FAT File system.
- IP για 802.15.4.
- Bluetooth ρύθμιση, διαχείριση σύνδεσης και μεταφοράς δεδομένων.
- Ρύθμιση χρόνου και ρολογιού
- Έλεγχος περιφερειακών και ρύθμιση.
- Παρακολούθηση της διαθέσιμης ισχύος.

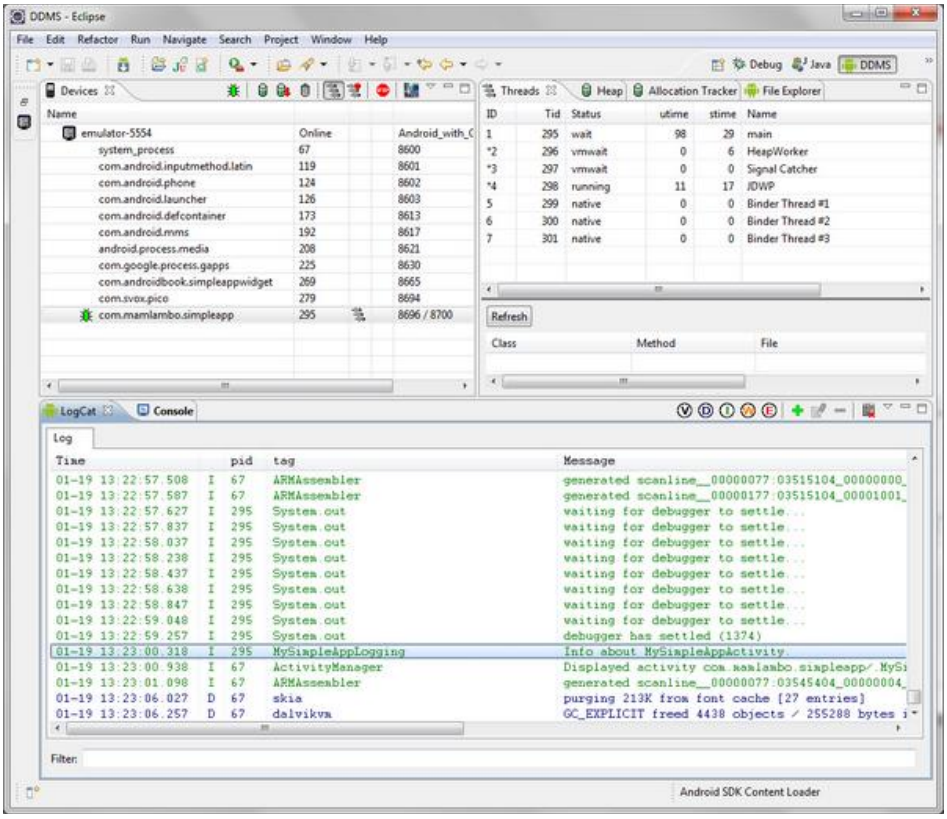
16. Λειτουργικό σύστημα Google Android

Τα κινητά τηλεφώνα τελευταίας γενιάς (smartphones) δεν είναι μονό ένα μέσο επικοινωνίας. Έχουν πλέον δυνατότητες να ανιχνεύουν φυσικές και περιβαλλοντικές μεταβολές, αξιοποιώντας τη χρήση των αισθητήριων μέσα από το λειτουργικό σύστημα του εκάστοτε smartphone. Το Android είναι από τα πιο δημοφιλή λειτουργικά συστήματα για έξυπνα τηλέφωνα. Χάρη στο ανοικτού τύπου λειτουργικό σύστημα της εταιρίας Google, σε συνδυασμό με μια πλατφόρμα ανάπτυξης, παρέχετε σε όλους τους χρήστες η δυνατότητα να δημιουργήσουν τις δικες τους εφαρμογες.

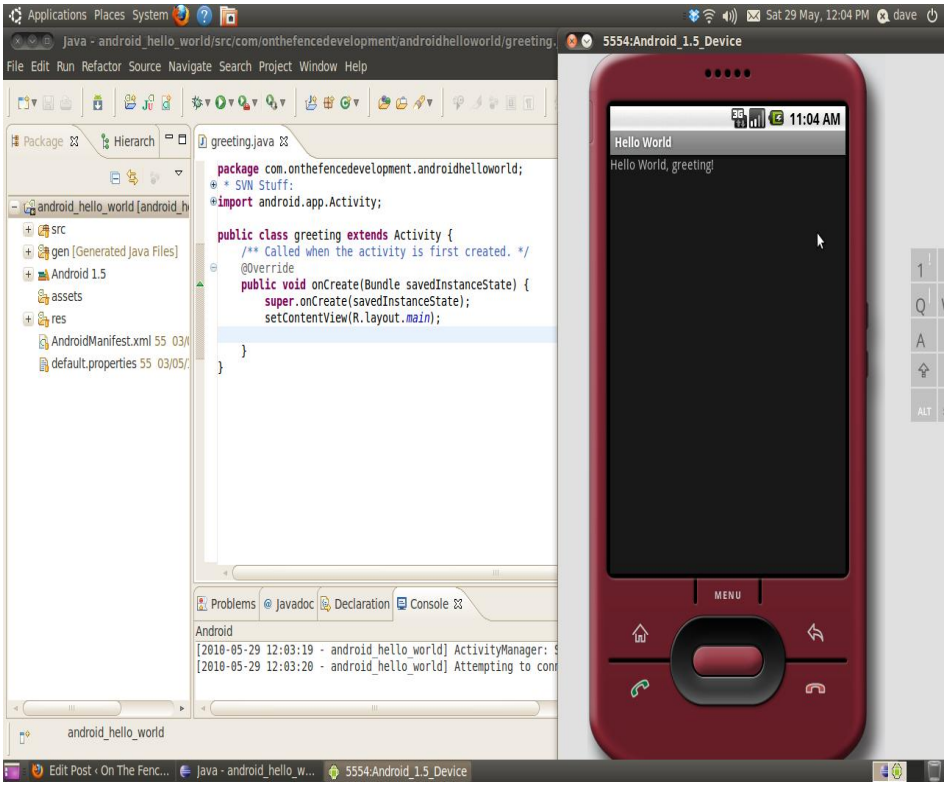


Εικόνα 16-1 – Το 52% των έξυπνων τηλεφώνων στην Αμερική χρησιμοποιούν λειτοργικό ANDROID.

Το Android Software Development Kit (SDK) είναι ένα περιβάλλον ανάπτυξης εφαρμογών. Περιλαμβάνει τα σημαντικά εργαλεία που είναι απαραιτητα για την ανάπτυξη, τον εντοπισμό σφαλμάτων και τον γενικότερο έλεγχο των εφαρμογων του χρήστη. Σε αυτό το περιβαλλον περιλαμβανονται επίσης οι βιβλιοθηκες (API) του Android. Το πρόγραμμα είναι εξοπλισμένο με έναν προσομοιωτή οποίος προσομοιώνει γραφικά μια συσκευή smartphone για να δοκιμάζονται οι εφαρμογές σε πραγματικό χρόνο. Η γλώσσα προγραμματισμού που γράφεται ο κώδικας του Android είναι Java. Η Google παρέχει μια επέκταση για το Eclipse, με την ονομασία Android Developer Tool (ADT). Το Eclipse είναι ένα ανοικτού λογισμικού προγραμματιστικό περιβάλλον για την Java.



Εικόνα 16-2 – Περιβάλλον ανάπτυξης εφαρμογών Eclipse



Εικόνα 16-3 – Περιβάλλον ανάπτυξης και εξομοίωσης ANDROID.

17.Αρχές και Αλγόριθμοι στην Ανίχνευση Πτώσης

Τα συστήματα ανίχνευσης πτώσης, μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σύμφωνα με την μέθοδο την οποία χρησιμοποιούν, πράγμα το οποίο έχει άμεση σχέση με τους αισθητήρες που χρησιμοποιούνται για την ανίχνευση μιας πτώσης. Πολλές ερευνητικές ομαδες εχουν, δημιουργισει κι ένα δεύτερο τρόπο κατηγοριοποίησης των συστημάτων ανίχνευσης πτώσης, με βαση τη μέθοδο που χρησιμοποιείται από το σύστημα:

17.1.1. Μέθοδοι που χρησιμοποιούν μόνο επιτάχυνση

Στις μεθόδους που χρησιμοποιούν μόνο την επιτάχυνση της κίνησης του ατόμου, η συλλογή δεδομένων από ένα ή περισσότερους αισθητήρες που καταγράφουν την επιτάχυνση από διαφορετικά σημεία του σώματος του ασθενούς. Αυτή η μέθοδος είναι ίσως η πλέον δημοφιλής προσέγγιση στα συστήματα ανίχνευσης πτώσης, (εκτός από το “κουμπί έκτακτης ανάγκης”), εξαιτίας του απλού γεγονότος ότι κατά την πτώση υπάρχει ξαφνική αλλαγή στην τιμή της επιτάχυνσης. Στόχος της περαιτέρω έρευνας σ' αυτή την προσέγγιση, είναι η κατάλληλη και ακριβής ανίχνευση αυτής της αλλαγής. Αυτού του είδους οι μέθοδοι, δίνουν πολύ καλύτερα αποτελέσματα σε σύγκριση με αυτές που δεν χρησιμοποιούν την επιτάχυνση. Η επιτάχυνση είναι καθοριστικός παράγοντας στον έλεγχο της κίνησης των ηλικιωμένων, και πρέπει να χρησιμοποιείται στην ανίχνευση πτώσης. Συγκρινόμενοι με οπτικούς και ακουστικούς αισθητήρες, τα επιταχυνσιόμετρα καταναλώνουν λιγότερη ενέργεια και είναι πολύ εύκολο να ενσωματωθούν σε κινητές συσκευές που μπορούν να φορεθούν.

- **Μέθοδοι χωρίς χρήση επιτάχυνσης**: πρόκειται για μεθόδους που συνήθως βασίζονται σε οπτικού τύπου, αισθήτηρες κίνησης και δόνησης.
- **Υβριδικές ή ανάμεικτες μέθοδοι**: πρόκειται για συνδιαστικές μεθόδους που περιλαμβάνουν κοινά χαρακτηριστηκά και από τις δυο προηγούμενες κατηγορίες, με πολύ καλά αποτελέσματα.

17.1.2. Μηχανική Μάθηση

Ως Μηχανική μάθηση ορίζεται ένα σύστημα τεχνίτης νοημοσύνης με βάση ένα ηλεκτρονικό υπολογιστή, ο οποίος δημιουργεί κανόνες-πρότυπα που διέπουν ή βασίζονται σε ανεπεξέργαστα δεδομένα που τον έχουν τροφοδοτήσει. Πραγματεύεται την ανάπτυξη αλγορίθμων που επιτρέπουν στους υπολογιστές να μάθουν πολύπλοκα πρότυπα και να πάρουν έξυπνες αποφάσεις που βασίζονται σε αυτά.

Υπάρχουν δυο τομείς ταξινόμησης για την μηχανική μάθηση, με επίβλεψη και χωρίς επίβλεψη. Στην μάθηση με επίβλεψη ο υπολογιστής προσπαθεί να αναγνωρίσει ομάδες με παρόμοια στοιχεία από ένα μεγαλύτερο σύνολο

δεδομένων. Το σύστημα δεν διαθέτει καμία γνώση των κατηγοριών που ανήκουν τα δεδομένα, προσπαθεί μονό να εντοπίσει φυσικές ομάδες δεδομένων.

Η δεύτερη κατηγορία της επιβλεπομένης μάθησης, μαθαίνει από σύνολο έλεγχου το οποίο περιέχει συγκεκριμένα δεδομένα και προβλέπει τις τάξεις μη προβλέψιμων δεδομένων. Είναι η ποιο συνήθης τεχνική που χρησιμοποιείται στα σύστημα ανίχνευσης πτώσεις.

Χωρίς κανένα αναλυτικό μοντέλο, οποιοσδήποτε μπορεί να διεξάγει μία "διαισθητική" προσέγγιση για να αναπτύξει συστήματα ανίχνευσης πτώσης βασισμένα στη μηχανική μάθηση, ξεκινώντας από την παρατήρηση (περίοδος εκπαίδευσης) και συνεχίζοντας με κατηγοριοποίηση. Ωστόσο, είναι απαραίτητο να τεθούν κριτήρια τα οποία είναι αρκετά σημαντικά και ανεξάρτητα (ικανά να διαχωρίζουν περιπτώσεις).

Εάν κάποιος εργάζεται με επιβλεπόμενη εκπαίδευση, μπορεί να εκπαιδεύσει ένα νευρωνικό δίκτυο, το οποίο αργότερα θα χρησιμοποιηθεί για να κατηγοριοποιήσει αυτόματα μελλοντικές καταστάσεις. Μόνο καταστάσεις που συναντώνται κατά τη διάρκεια της εκπαίδευσης μπορούν να κατηγοριοποιηθούν, οι υπόλοιπες εντάσσονται μία κλάση που ονομάζεται "άλλες" (παραπατώ, γλιστρώ, κλπ.).

Αν η μάθηση είναι μη-επιβλεπόμενη, μία κλάση "πτώση", είναι πιθανόν να απομονωθεί αν η περίοδος εκπαίδευσης είναι αρκετά μεγάλη, ακόμη και άπειρη, αν το γεγονός της πτώσης είναι σπάνιο. Επιπρόσθετους, η πρώτη πτώση είναι πιθανόν να χαθεί καθώς η κλάση της είναι ακόμη άγνωστη πριν συμβεί για πρώτη φορά.

Για την Επιβλεπόμενη Μάθηση είναι σημαντικό η ποιότητα των δεδομένων εκπαίδευσης να είναι επαρκής, εξαντλητική και ακριβής. Γι' αυτό το λόγο, είναι σημαντικό στην περίοδο εκπαίδευσης, να μπορούν να αφομοιωθούν πτώσεις όσο πιο κοντά γίνεται στις πραγματικές πτώσεις της ομάδας των χρηστών που θα χρησιμοποιήσουν το σύστημα ανίχνευσης πτώσης.

Ανάμεσα στο πλήθος των αλγορίθμων μηχανικής μάθησης που υπάρχουν, είναι αρκετά πολύπλοκο να επιλέξει κανείς το σωστό για συγκεκριμένες εφαρμογές. Υπάρχουν ακόμη και ερευνητικές μελέτες που συγκρίνουν αρκετούς από αυτούς και προσπαθούν να αποφασίσουν ποιος είναι ο "καλύτερος". Τελικά, είναι θέμα του κατασκευαστή της εκάστοτε εφαρμογής, να επιλέξει τον αλγόριθμο που του ταιριάζει. Για ευαίσθητες εφαρμογές, όπως τα συστήματα ανίχνευσης πτώσης, συνίσταται ο έλεγχος και η σύγκριση αρκετών αλγορίθμων, προκειμένου να αποφασιστεί ποιος απ' όλους έχει την καλύτερη επίδοση. Με βάση σύγκρισης πέντε διαφορετικών μεθόδων επιβλεπόμενης μηχανικής μάθησης για ένα σύστημα ανίχνευσης πτώσης. Αυτοί είναι οι εξής : Di Bayesian Classifier, Radial basis Function, Support Vector Machine, C4.5 και Ripple down Rule Learner. Χρησιμοποιούν οχτώ σενάρια (τέσσερις πτώσεις, τρεις ADLs και μία κοντινή πτώση) προκειμένου να συλλέξουν δεδομένα και να ελέγξουν τους αλγορίθμους μεταξύ τους. Τελικά ως ο καλύτερος αλγόριθμος, επιλέχθηκε ο Naive Bayesian Clasifier, με ακρίβεια 97.32% και με το μικρότερο χρόνο για το "χτίσιμο" του μοντέλου.

Ένα συστήματα ανίχνευσης πτώσης τελευταίας γενιάς, που χρησιμοποιεί

αλγόριθμο μηχανικής μάθησης παρουσίασε μια ομάδα οι οποία ενσωμάτωσε μία συσκευή με ανίχνευση επιτάχυνσης σε τρεις άξονες, ένα μόντεμ ενός chip, μία συσκευή MCU και μερικά ακόμη περιφερειακά συστήματα, σε ένα κινητό τηλέφωνο. Το χρησιμοποίησαν για ανίχνευση πτώσης με τη χρήση SVM μιας κλάσης για την επεξεργασία των σημάτων και με τους αλγορίθμους KFD (Kernel Fisher Discriminant) και k-NN(Nearest Neighbor) για ακριβή κατηγοριοποίηση. Αναφέρθηκε 93.3% ακρίβεια για ένα συγκείμενο αριθμό σεναρίων.

17.1.3. Η Αναλυτική Μέθοδος

Η αναλυτική μέθοδος είναι η "χειροκίνητη" ή εμπειρική μελέτη του συνόλου δεδομένων και ο ορισμός των παραμέτρων που θέτουμε εμείς (thresholds) που βασίζεται σε αυτές. Υπάρχει μία ανάγκη για εκτεταμένη μελέτη πτώσεων και των φάσεων των πτώσεων για καλύτερη κατανόηση και αποτελέσματα. Το επίκεντρο της μελέτης μας παρουσιάζεται σ' αυτό το κομμάτι.
Όταν ξεκινάει ένα σύστημα ανίχνευσης πτώσης, θα πρέπει αμέσως να διακρίνει τις ADLs και να μη τις μπερδεύει με πτώσεις. Αυτό συμβαίνει στη φάση πριν από την πτώση. Στην πρώιμη ανίχνευση της κρίσιμης φάσης της πτώσης, η απότομη μεταβολή της επιτάχυνσης μπορεί επίσης να σηματοδοτήσει πτώση. Σε μία πτώση υπάρχει μια σύντομη περίοδος "ελεύθερης πτώσης", κατά τη διάρκεια της οποίας η κατακόρυφη ταχύτητα αυξάνεται γραμμικά με το χρόνο εξαιτίας της επιτάχυνσης βαρύτητας. Αν κάποιος μετρήσει την κατακόρυφη ταχύτητα ελεγχόμενων κινήσεων ενός ατόμου, μπορεί έπειτα να ξεχωρίσει αυτές τις ταχύτητες από αυτές που καταγράφονται κατά τη διάρκεια μιας πτώσης, οι οποίες ξεπερνούν ένα κατάλληλο όριο. Η δυσκολία ηγείται στην επιλογή αυτού του ορίου. Αν είναι πολύ χαμηλό η συσκευή μπορεί να ανιχνεύει αρνητικά γεγονότα ("λανθασμένα σωστά"), αλλά αν το όριο είναι πολύ υψηλό μπορεί να μην ανιχνεύσει θετικά γεγονότα ("λανθασμένα αρνητικά"). Μπορεί να χρησιμοποιηθεί μια περίοδος μάθησης
για να ξεπεραστεί αυτή η δυσκολία. Αυτή η περίοδος μάθησης μπορεί να είναι "επιβλεπόμενη" ζητώντας από κάποιον να φορέσει τη συσκευή και να εκτελέσει εθελοντικά μια σειρά κινήσεων ώστε να καταγράψουμε την κανονική ταχύτητα εκτέλεσής τους.

Τα συστήματα ανίχνευσης πτώσης μπορούν να χρησιμοποιήσουν την επιτάχυνση πτώσης, την ταχύτητα της πτώσης, τον προσανατολισμό του σώματος, τη θέση του σώματος, τη γωνιακή επιτάχυνση και τη γωνιακή ταχύτητα στην κρίσιμη φάση ως καθοριστικό παράγοντα για να διακρίνουμε τις πτώσεις από τις καθημερινές δραστηριότητες. Τελικά, η ανίχνευση της πολύ πρώιμης φάσης της πτώσης θα μπορούσε να επιτρέψει την προώθηση ενός αερόσακου ή ενός συστήματος που θα μπορούσε να εξομαλύνει την πτώση ή ακόμη να σώσει το χρήστη. Ωστόσο, αυτή η μεμονωμένη προσέγγιση βρίσκεται ακόμη σε μελέτη.
Στο τέλος της κρίσιμης φάσης το σώμα χτυπά στο έδαφος ή σε κάποιο εμπόδιο. Η μηχανική επίπτωση αυτού του γεγονότος, είναι μια ξαφνική αντιστροφή της πολικότητας του διανύσματος της επιτάχυνσης στην κατεύθυνση της τροχιάς. Αυτό το φαινόμενο αναφέρεται συχνά ως "αντίκτυπος". Η ανίχνευση πτώσης σ' αυτή τη φάση, μπορεί να γίνει από αισθητήρες πίεσης, αισθητήρες ανίχνευσης αντίκτυπου ή από επιταχυνσιόμετρα. Ένα επιταχυνσιόμετρα, θα καταγράψει μία απότομη

αντιστροφή της πολικότητας του διανύσματος επιτάχυνσης, στην κατεύθυνση της τροχιάς. Ο ήχος που παράγεται από τον αντίκτυπο της πτώσης, μπορεί επίσης να μετρηθεί. Μερικά συστήματα χρησιμοποιούν αυτή την προσέγγιση, αλλά η δυσκολία σε αυτήν είναι να αποφασίσεις την κατεύθυνση της τροχιάς, η οποία προφανώς διαφέρει από μία πτώση σε μία άλλη. Ωστόσο, γνωρίζουμε ότι οι περισσότερες πτώσεις συμβαίνουν σε τοξοειδές επίπεδο (προς τα μπρος ή προς τα πίσω) καθώς η πτώση συχνά ακολουθεί μια εθελοντική κίνηση, η οποία εκτελείται κυρίως σε τοξοειδές επίπεδο (κάθομαι, σηκώνομαι, περπατάω, σκύβω κάτω).

Μία δεύτερη δυσκολία είναι η τοποθεσία του αισθητήρα στο σώμα, σε σχέση με το σημείο του αντίκτυπου. Βάσει του αν ο αισθητήρας βρίσκεται κοντά ή όχι στο σημείο του αντίκτυπου, το σήμα που καταγράφεται τη στιγμή του αντίκτυπου μπορεί να διαφέρει σε σημαντικό βαθμό, και κατά συνέπεια είναι πιο δύσκολο να αναγνωρίσουμε μία πτώση όταν συμβαίνει, οδηγώντας σε ένα μεγάλο αριθμό "λανθασμένα θετικών" γεγονότων.

Η απλούστερη μέθοδος για να ανιχνεύσει κανείς μία πτώση, είναι ανιχνεύοντας την ξαπλωμένη θέση του σώματος, για παράδειγμα με έναν αισθητήρα οριζόντιας κλίσης (μία επαφή υδραργύρου ή μία σφαίρα παγιδευμένη σε έναν οδηγό). Αυτό βασίζεται στο γεγονός ότι οι περισσότερες πτώσεις καταλήγουν με το σώμα σε οριζόντια θέση, αλλά όχι όλες τελικά, σύμφωνα με πολλές μελέτες. Αυτό μπορεί να ονομαστεί έμμεση ανίχνευση της οριζόντιας/ξαπλωμένης θέσης στη φάση μετά την πτώση. Μια άλλη προσέγγιση είναι να ανιχνεύσουμε πότε τα πόδια δε βρίσκονται πλέον σε επαφή με το έδαφος. Η απλή ανίχνευση για το αν ο χρήστης είναι ξαπλωμένος, ώστε να υποδηλώνει πτώση, είναι ελαττωματική, καθώς το να πέφτει κανείς για ύπνο θα προκαλούσε "λανθασμένα θετικά" γεγονότα.

Στη φάση μετά την πτώση, ένα σύστημα ανίχνευσης πτώσης, μπορεί να χρησιμοποιήσει ως καθοριστικό παράγοντα/ες για μια πτώση, τον προσανατολισμό του σώματος, στάσεις του σώματος, και διαφορά ή μετάβαση ανάμεσα στον προσανατολισμό ή τη θέση του σώματος στις φάσεις πριν και μετά την πτώση. Στη φάση ανάκαμψης, η έλλειψη κίνησης, δραστηριότητας ή αντανακλαστικών, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανίχνευση πτώσης, καθώς μετά από μία "σοβαρή" πτώση όπου το άτομο έχει τραυματιστεί σοβαρά, συχνά παραμένει ακίνητο σε μία θέση. Καθορίζουμε ένα χρονικό διάστημα για να παρατηρήσουμε ότι το άτομο είναι όντως ακίνητο, χρησιμοποιώντας αισθητήρες όπως επιταχυνσιόμετρα, για να καταγράψουμε πόση κίνηση υπάρχει.

Το μειονέκτημα σε αυτή την προσέγγιση είναι ότι η παρέμβαση ή η κλήση για βοήθεια, θα πάρει επίσης κάποιο χρόνο, που εξαρτάται από την καθυστέρηση που έχει βάλει κανείς στο σύστημά του. Επίσης πτώσεις που οφείλονται σε επιληπτικά επεισόδια, θα καταγράψουν πολλή κίνηση στη φάση μετά την πτώση. Ο χρόνος που ένα σύστημα ανίχνευσης πτώσης πρέπει να περιμένει πριν σημάνει συναγερμό, βάσει της φάσης ανάκαμψης, εξαρτάται από δύο παράγοντες. Ο πρώτος είναι η βαρύτητα της πτώσης. Αν βρίσκεται στην κρίσιμη φάση, και σημειωθεί στις μετρήσεις ένας κάθετος αντίκτυπος, τότε αυτό μπορεί να αποτελεί σημάδι μιας πολύ σοβαρής πτώσης. Ο δεύτερος είναι ο χρήστης που χρησιμοποιεί το σύστημα. Ένας χρήστης που είναι πιο πιθανό να αναρρώσει και να σηκωθεί μετά από μία πτώση, πρέπει να έχει λίγο περισσότερο χρόνο στη διάθεσή του για να το κάνει, σε σχέση με ένα χρήστη που δε μπορεί. Ένα καλό σύστημα πρέπει να μειώσει

αυτό το χρονικό διάστημα στο μέγιστο του ενός λεπτού. Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, η μελέτη των στάσεων του σώματος και όχι μόνο ο προσανατολισμός του, μπορούν να δηλώσουν ότι συνέβη μια πτώση. Αυτή η προσέγγιση γίνεται με αισθητήρες προσανατολισμού, μεταξύ των οποίων τα γυροσκόπια θα ήταν οι καλύτεροι που μπορούν να χρησιμοποιηθούν γι' αυτό το σκοπό. Επίσης, για την αίσθηση της ακινησίας μπορούν να χρησιμοποιηθούν κάμερες, υπέρυθροι αισθητήρες, καθώς και διάφοροι άλλοι αισθητήρες. Ένα έξυπνο κινητό με ποικιλία αισθητήρων (ένα γυροσκόπιο, ένα επιταχυνσιόμετρα και ένας αισθητήρας προσανατολισμού θα ήταν προτιμώμενα) θα ήταν κατάλληλο για την ανάλυση της φάσης μετά την πτώση και όχι μόνο, αλλά και για όλα τα αξιώματα που προαναφέρθηκαν. Αν το σύστημα γνωρίζει περισσότερα σχετικά με το χρήστη τότε μπορεί να προβλέψει πώς θα αντιδράσει στη φάση της πτώσης. Εάν το σύστημα γνωρίζει ότι ο χρήστης του είναι πιθανό να παρουσιάσει δραστηριότητα κατά την πτώση στη φάση της ανάκαμψης, για παράδειγμα επιληπτικές κρίσεις μετά την πτώση, ή ένας ασθενής που θα μπορούσε να κινήσει το πάνω μέρος του σώματός του, αλλά όχι να σηκωθεί, τότε, δε θα μπορούσε να μπερδέψει την κίνηση που καταγράφεται ως σημάδι ανάρρωσης, και θα συνέχιζε ώστε να σημάνει συναγερμό. Επίσης, αν το σύστημα γνωρίζει, μέσω πλαισίου, ότι ο χρήστης είναι πιθανό να χρειαστεί περισσότερο ή λιγότερο χρόνο πριν ανακάμψει ή σηκωθεί μόνος του, τότε θα μπορούσε να διαφοροποιήσει το χρόνο αναμονής του πριν σημάνει συναγερμό. Ο συνδυασμός των αλγορίθμων και των αξιωμάτων ανίχνευσης από διαφορετικές φάσεις μιας πτώσης, αποδεικνύεται ότι δίνουν πιο ακριβή αποτελέσματα.

Η χρήση πολλαπλών αλγορίθμων ανίχνευσης σε κάθε φάση της πτώσης, αυξάνει επίσης την ακρίβεια. Το τίμημα είναι ότι το σύστημα ανίχνευσης πτώσης χρησιμοποιεί περισσότερες πηγές επεξεργασίας.

18. Αλγόριθμοι και Εξισώσεις που βασίζονται στην Επιτάχυνση

Για να έχουμε μια συνολική εικόνα της επιτάχυνσης, χρειάζεται η ολική επιτάχυνση από τους τρεις άξονες X,Y,Z της συσκευής. Ο συνδυασμός αυτός, ονομάζεται
RSS (Root of Sum Squares) και υπολογίζεται με την εξίσωση **$RSS = \sqrt{(x_2 + y_2 + z_2)}$,**
Ο πιο απλός αλγόριθμος είναι ο έλεγχος της επιτάχυνσης στην αρχή της κρίσιμης φάσης. Όταν στεκόμαστε όρθιοι η συνολική επιτάχυνση είναι περίπου 1G, (= 9.81 m/s_2). Αυτή η τιμή τείνει προς το 0G κατά την ελεύθερη πτώση, μέχρι τελικά να φτάσει στον αντίκτυπο (πτώση). Τίθεται ένα όριο βάσει δοκιμών, όπου δεδομένα πτώσεων συγκρίνονται με δεδομένα από καθημερινές δραστηριότητες. Αυτή η τιμή κάποιες φορές καλείται Lower Fall Peak (LFP), διότι αποτελεί τη χαμηλότερη τιμή της επιτάχυνσης κατά την πτώση. Τελικά, αποφασίζοντας το όριο αυτής της τιμής, προκύπτει το Lower Fall Threshold (LFT).

Στην τελευταία φάση μιας πτώσεις, ο χρήστης δέχεται μία δύναμη από το έδαφος, σύμφωνα με τον τρίτο νόμο του Νεύτωνα περί δράσης αντίδρασης. Αυτή η δύναμη, οδηγεί στη γρήγορη αύξηση της επιτάχυνσης σε τιμή αντίθετη από
αυτή της επιτάχυνσης βαρύτητας. Η μέτρηση αυτής της τιμής μας δίνει το Upper Fall Peak (UFP), δηλαδή τη μεγαλύτερη τιμή της επιτάχυνσης κατά την πτώση. Όπως και για το LFP, μέσω δοκιμών αποφασίζουμε την τιμή του Upper Fall Threshold (UFP). Το UFT δίνει καλύτερη ακρίβεια, και ως εκ τούτου αξιοπιστία σε σχέση με το LFT. Όσο πιο δραστήριος είναι ο χρήστης και επιδίδεται σε ποικίλες δραστηριότητες, τόσο πιο χαμηλή είναι η ακρίβεια του συστήματος. Αυτό σημαίνει πολλούς λάθος συναγερμούς. Επομένως, είναι σύνηθες να συνδυάζονται τα UFT και LFT, προκειμένου να δημιουργήσουν ένα προφίλ. Αυτός ο αλγόριθμος ονομάζεται *profiling algorithm.* Για έναν πιο λεπτομερή σχεδιασμό ενός προφίλ, μπορούμε να μετρήσουμε τα falling edge time (t_{FE}) και rising-edge time (t_{RE}). Το t_{FE} είναι το χρονικό διάστημα από τη στιγμή που το RSS γίνει μικρότερο από το LFT για τελευταία φορά, μέχρι να φτάσει στο UFT.

Το t_{RE} από την άλλη μεριά είναι το χρονικό διάστημα από τη στιγμή που το RSS γίνει μεγαλύτερο από το LFT για τελευταία φορά, μέχρι να γίνει μεγαλύτερο και από το UFT. Το t_{RE} είναι συνήθως ένα μικρότερο υποσύνολο του t_{FE}. Μπορεί λοιπόν κάποιος, να ελέγξει τα LFT + t_{RE} + UFT ή LFT +t_{FE} + UFT για να δημιουργήσει το προφίλ του αλγορίθμου του. Βέβαια, τα LFT, UFT είναι προαπαιτούμενα για τη χρήση των t_{RE} και t_{FE}.

Για τη βέλτιστη ακρίβεια ενός συστήματος ανίχνευσης πτώσης, μια μεγάλη πληθώρα αλγόριθμων ελέγχουν τη θέση του σώματος. Οι περισσότεροι από αυτούς τους αλγορίθμους θεωρούν ότι το σώμα είναι σε ξαπλωμένη στάση, κατά την φάση μετά την πτώση **(post fall phase)** άλλα και κατά την φάση ανάκαμψης **(recovery phase).** Θα μπορούσε να τεθεί ένα όριο όμοιο με τα LFT και UFT
όταν το σώμα είναι σε ξαπλωμένη θέση, το Upper Lying Peak (ULP) και το Lower Lying Peak(LLP). Ο αλγόριθμος ελέγχει πρώτα ότι τα όρια LFT και UFT έχουν

ξεπεραστεί. Στη συνέχεια, μετά από συγκεκριμένο αριθμό δευτερόλεπτων που έχει θέση ο χρήστης, αν και τα δύο όρια
Upper Lying Threshold και Lower Lying Threshold έχουν ξεπεραστεί, τότε σηματοδοτείται πτώση. Το προφίλ αυτό είναι LFT + UFT + wait sec + LLT +ULT.
Ένας άλλος τρόπος να μετρήσουμε την κρίσιμη φάση **(critical phase)** μιας πτώσης μετρώντας την ταχύτητα του σώματος.
Το όριο της ταχύτητας βασίζεται στο ολοκλήρωμα από τη στιγμή της έναρξης μιας πτώσης μέχρι τον αντίκτυπο από το έδαφος. Το όριο της ταχύτητας μπορεί επίσης να προστεθεί σε έναν profiling αλγόριθμο ή να χρησιμοποιηθεί μόνο του.
Για τον ορισμό/υπολογισμό των ορίων πτώσης, μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι αλγόριθμοι *fall index*, ή ο *Z2,* . Η ξαπλωμένη θέση έχει
συνήθως επιτάχυνση μικρότερη από 0.4g.

Η στάση του σώματος μπορεί επίσης να μετρηθεί χρησιμοποιώντας το *εσωτερικό γινόμενο* δύο διανυσμάτων επιτάχυνσης, και βρίσκοντας τη γωνία μεταξύ τους. Η γωνία μπορεί να είναι μεταξύ α) του διανύσματος αναφοράς της επιτάχυνσης και του τρέχοντος διανύσματος ή μεταξύ του κάθετου διανύσματος y και της επιτάχυνσης, εξίσωση. Το διάνυσμα αναφοράς της επιτάχυνσης υπολογίζεται από το μέσο όρο του σήματος επιτάχυνσης και των τριών αξόνων, που καταγράφεται όταν ο αισθητήρας είναι προσαρμοσμένος στο άτομο το οποίο είναι σε όρθια στάση για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα.
Μερικές συσκευές έχουν ήδη αισθητήρες προσανατολισμού ή οι πιο ακριβείς γυροσκόπια τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν αντί αυτών.

19. Η δίκη μας προσέγγιση

Κρίνεται απαραίτητο να δώσουμε των δικό μας ορισμό τόσο για πτώσεις, όσο και για το ποιοι είναι οι χρήστες στους οποίους απευθύνεται το σύστημα ανίχνευσης πτώσης. Για τις προθέσεις του συστήματος που θέλουμε να φτιάξουμε, ορίζουμε ως πτώση την ξαφνική αλλαγή της θέσης του σώματος από όρθια θέση, το οποίο καταλήγει να βρίσκεται ξαπλωμένο και αδρανές στο έδαφος. Αυτό σημαίνει ότι εξετάζουμε μόνο τις σοβαρές πτώσεις όπου ο χρήστης χάνει τις αισθήσεις του μετά το χτύπημα στο έδαφος και ως εκ τούτου δεν δύναται να καλέσει βοήθεια. Υποθέτουμε ότι μία πτώση που καθιστά το χρήστη ικανό να κινείται και ως εκ τούτου να έχει τις αισθήσεις του, επιτρέπει στον ασθενή να καλέσει για βοήθεια. Οι στοχευόμενοι χρηστές της δικής μας εφαρμογής είναι άνθρωποι της τρίτης ηλικίας (ηλικιωμένοι άνθρωποι), που όπως αναφέρθηκε στην εισαγωγή διατρέχουν των μεγαλύτερο κίνδυνο από τις πτώσης.

Το επόμενο μας βήμα είναι να υλοποιήσουμε έναν αλγόριθμο που θα οδηγήσει στην ανίχνευση των πτώσεων αποτελεσματικά και αυτόματα σε πραγματικό χρόνο. Ο αλγόριθμος πρωταρχικά ξεκίνησε από την προσομοίωση ενός κινητού σε ελεύθερη πτώση και στην πρόσκρουσή του σε ένα στρώμα. Το επόμενο βήμα ήταν η ανάπτυξη της ικανότητας του αλγορίθμου να διακρίνει τις καθημερινές δραστηριότητες του ηλικιωμένου ανθρώπου από της ακραίες περιπτώσεις των πτώσεων, με οποιονδήποτε τρόπο και οποιαδήποτε ταχύτητα και αν συμβούν. Οι περισσότεροι άνθρωποι έχουν διαφορετικό τρόπο και μορφή στην πραγματοποίηση των δραστηριοτήτων τους, για αυτόν τον λόγο χρησιμοποιήσαμε έναν μέσο όρο από τις πειραματικές μας μέτρησης. Κατά την εκτέλεση καθημερινών δραστηριοτήτων παρατηρήθηκε σταδιακή μεταβολή της επιτάχυνσης και στους τρείς άξονες (X,Y,Z), ενώ εν αντίθεση, σε συνθήκες πτώσεις παρατηρήθηκαν απότομες μεταβολές.

Πιο συγκεκριμένα εκτελέσαμε μια σειρά δοκιμών και πειραματικών μετρήσεων κατασκευάσαμε ένα αλγόριθμο ο οποίος πρώτα ελέγχει για μία ξαφνική αλλαγή της επιτάχυνσης που πηγαίνει προς μία αρνητική τιμή (ή προς το 0 εάν η επιτάχυνση μετράται και είναι κοινωνικοποιημένη σε μονάδες δύναμης G), ελέγχει εάν η μηδενική επιτάχυνση διαρκεί για χρόνο μεγαλύτερο ίσο των επτά δειγματοληψιών της συσκευής shimmer. Αυτή είναι μία ένδειξη μετάβασης από μία κανονική κίνηση, σε μία πτώση. Επίσης θα μπορούσε να ειπωθεί ως η μετάβαση από την φάση πριν από την πτώση στην κρίσιμη φάση, η χρονική καθυστέρηση πραγματοποιείται για την αποφυγή εσφαλμένων πτώσεων (π.χ. σκουντούφλημα). Έπειτα το σύστημα ελέγχει για μία αλλαγή της επιτάχυνσης με αντίστροφη κατεύθυνση από την επιτάχυνση της κρίσιμης φάσης, δηλαδή κρούση(θετική τιμή πάνω από 1 εάν η επιτάχυνση μετράται και είναι κανονικοποιημένη σε μονάδες δύναμης g). Αυτή η τιμή γίνεται υψηλότερη, όσο μεγαλύτερος είναι ο αντίκτυπος. Το μέτρο της θετικής επιτάχυνσης είναι αλληλένδετο με το είδος της επιφάνειας πρόσκρουσης. Στη συνέχεια ο αλγόριθμος ελέγχει την συνθήκη για την ακινησία του σώματος συγκρίνοντας την με ένα χρονικό όριο 3sec, κατόπιν μπαίνει σε κατάσταση

κινδύνου και ειδοποιεί με κλίση τηλεφώνου καθώς επίσης και με γραπτό μήνυμα (SMS). Οι βαθμίδες του διαγράμματος ροής του αλγόριθμου της πτώσης, καθώς και η ροή των κλάσεων παρουσιάζονται παρακάτω:

Διάγραμμα βαθμίδων αλγορίθμου πτώσης

19.1.1. Υλοποίηση λογισμικού

Η εταιρία κατασκευής Shimmer, παρείχε ολοκληρωμένη βιβλιοθήκη υποστήριξης του αισθητήρα για το περιβάλλον Android, συμπεριλαμβάνοντας δοκιμαστικές εφαρμογές για μελέτη. Μετά από ανάλυση αυτών των υλοποιήσεων αποφασίστηκε η χρήση μίας εκ των εφαρμογών ως βάση, που παρείχε τις κατάλληλες υποδομές ώστε να εστιάσουμε στην ανάπτυξη του αλγορίθμου της πτώσης.

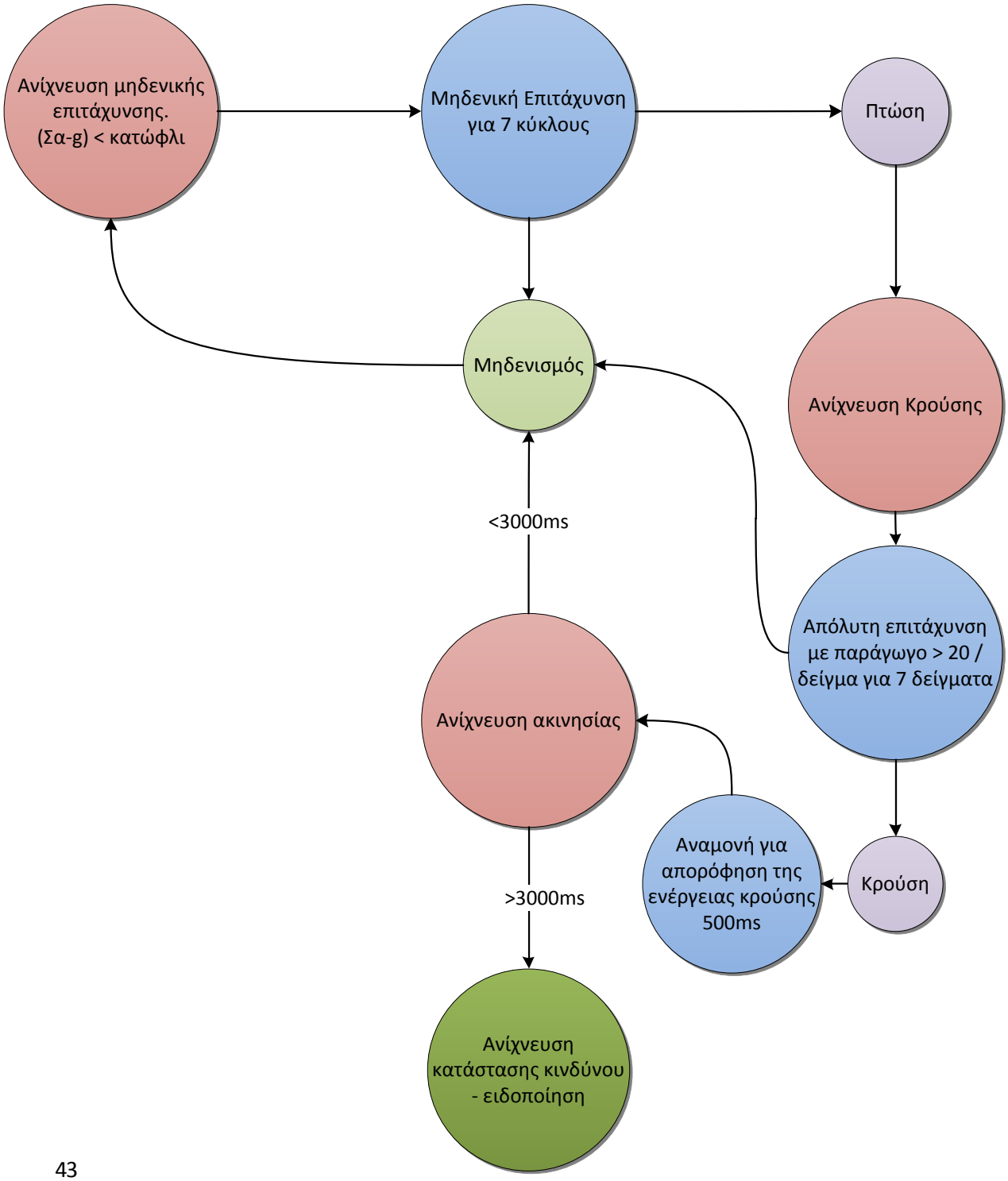
Η βιβλιοθήκη παρέχει, μεταξύ άλλων, δομές σύνδεσης, επικοινωνίας και ανάλυσης για αυτόν τον αισθητήρα. Η βιβλιοθήκη, μαζί με την δοκιμαστική υλοποίηση, παρείχαν την βάση σύνδεσης και επικοινωνίας μέσω Bluetooth, πάνω στην οποία βασίστηκε. Μετά από ανάλυση του λογισμικού, παρεμβάλαμε τον κώδικα του αλγορίθμου στο σημείο όπου τα δεδομένα έχουν αποσταλεί στο κινητό. Στο σημείο αυτό γίνεται αντιγραφή των τιμών σε δομή δεδομένων που βοηθά στην επεξεργασία και ανάλυση των δεδομένων.

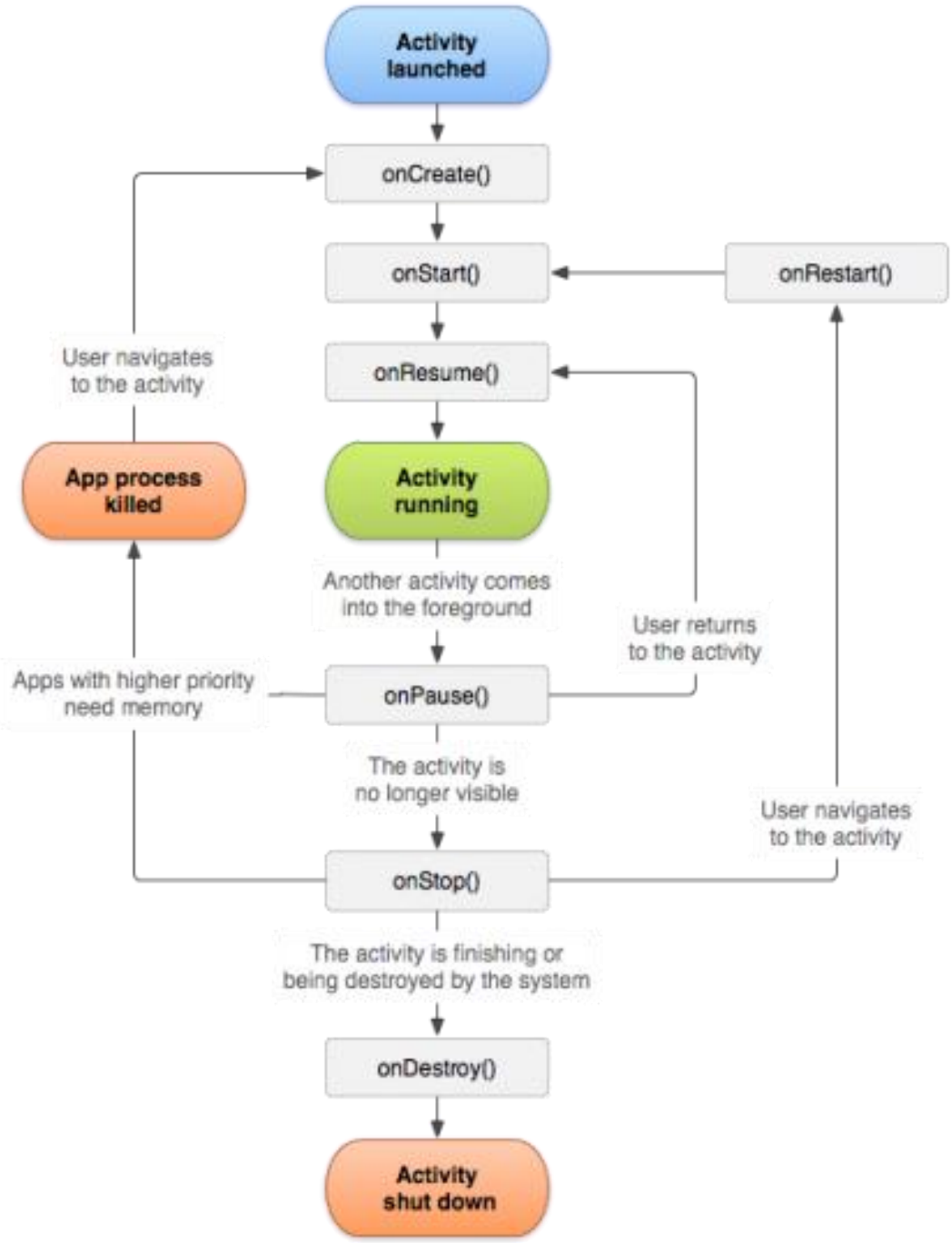
Πιο συγκεκριμένα, οι τιμές επιτάχυνσης των αξόνων κοινωνικοποιούνται σύμφωνα με πειραματικές μετρήσεις ώστε να έχουν όλες σωστές τιμές μηδενισμού (calibration). Στη συνέχεια προσαυξάνονται κατά 980 ώστε να έχουν τιμές μηδενισμού κατά την ισορροπία ($\Sigma F=0$). Με τις τιμές αυτές υπολογίζεται το μέτρο της συνισταμένης επιτάχυνσης, και αποθηκεύεται στον τρέχοντα μέσο όρο για εξομάλυνση (συντελεστές 0.7 – 0.3).

Βάσει της τρέχουσας τιμής, εν σύγκριση με την προηγούμενη, υπολογίζεται εάν η συσκευή μπορεί να βρίσκεται σε πτώση ή/και σε κρούση. Οι τιμές αυτές αποθηκεύονται σε 1bit διανύσματα (vector) των 8 θέσεων (1Byte) για παραδειγματική ανάλυση.

Σε κάθε κύκλο δειγματοληψίας ελέγχεται η τρέχουσα κατάσταση, σύμφωνα με την μηχανή πεπερασμένων καταστάσεων Mealy που περιγράφεται στο διάγραμμα ροής [τάδε]. Γενικά λέγεται η αλληλουχία καταστάσεων και οι χρονικές αποκλίσεις. Εάν ικανοποιηθούν οι συνθήκες που σηματοδοτούν την πτώση πυροδοτείται η διαδικασία ειδοποίησης.

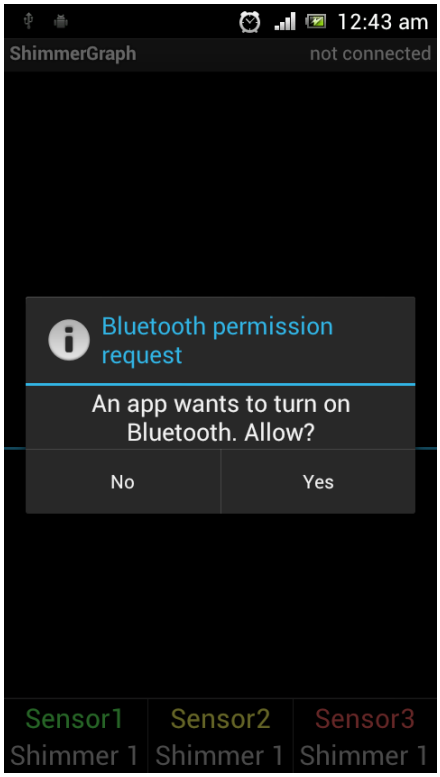
Κατά την διαδικασία ειδοποίησης, προς αποφυγή ψευδής ειδοποίησης, εμφανίζεται διεπαφή που επιτρέπει την ακύρωση της ειδοποίησης. Εάν ο χρήστης δεν απαντήσει, ή πατήσει «ΝΑΙ» (δείχνοντας ότι έχει αισθήσεις αλλά χρειάζεται βοήθεια), το λογισμικό, χρησιμοποιώντας android intents καλεί ένα προκαθορισμένο τηλέφωνο και αποστέλλει SMS.





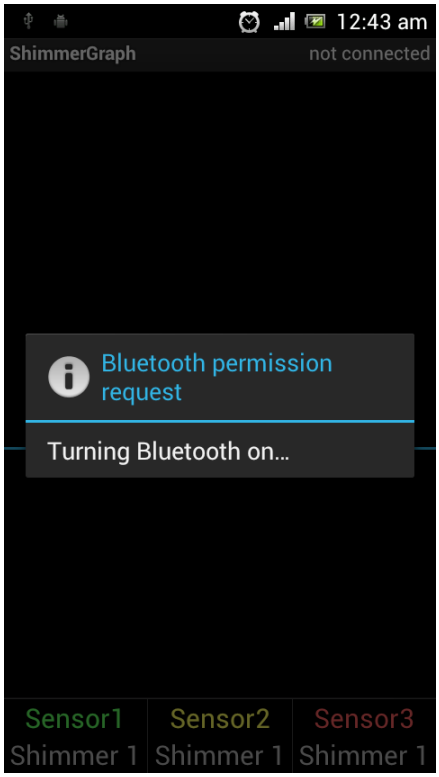
Εικόνα 19-1 – Κύκλος ζωής μίας εφαρμογής ANDROID

20. Επισκόπηση Λειτουργίας



Εικόνα 20-19

Κατά την πρώτη εκκίνηση του προγράμματος, ζητείται άδεια από τον χρήστη για ενεργοποίηση του προσαρμογές Bluetooth.

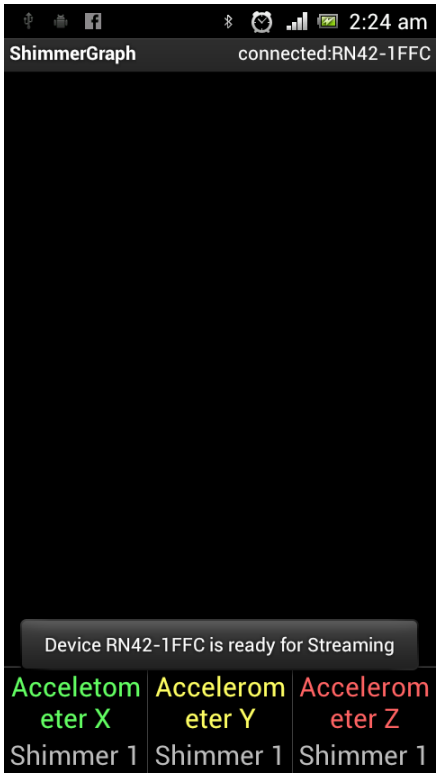


Εικόνα 20-30

Κατά την ενεργοποίηση (και έως την ολοκλήρωση) εμφανίζεται μέσω Android Dialog μήνυμα αναμονής.

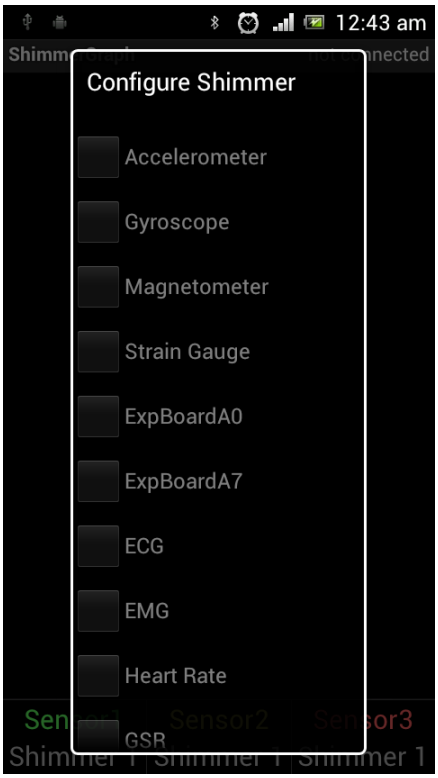
Εικόνα 20-2

Με ενεργό προσαρμογές εμφανίζεται η οθόνη της εφαρμογής. Μέσα από το μενού, σαρώνει για συσκευές εντός εμβέλειας και καλεί τον χρήστη να επιλέξει την κατάλληλη.



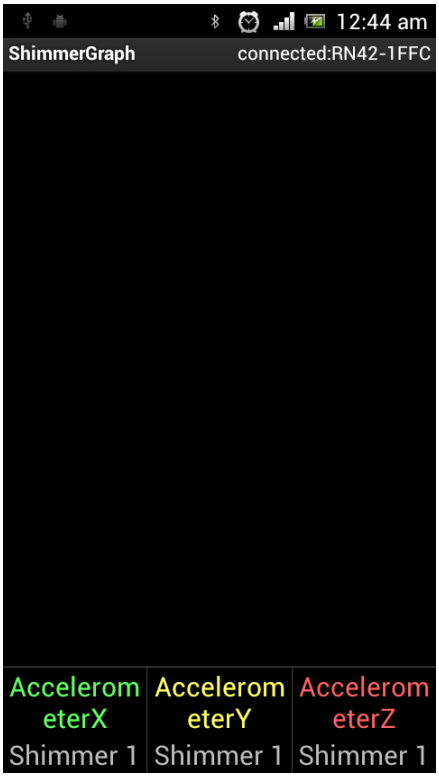
Εικόνα 20-4

Στη συνέχεια το λογισμικό προσπαθεί να συνδεθεί με την συσκευή και εκτελεί ερωτήματα ώστε να εξάγει τις τρέχουσες ρυθμίσεις, την κατάσταση και τις δυνατότητες του.



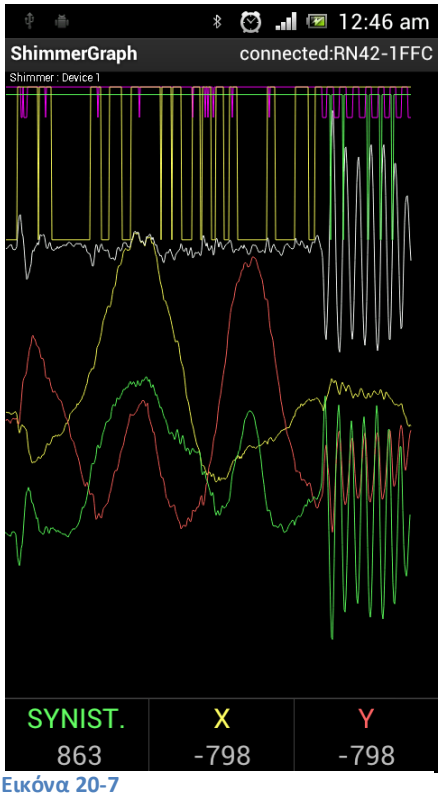
Εικόνα 20-5

Επιλέγονται οι ροές από τις οποίες θα λαμβάνουμε δεδομένα. Στην υλοποίηση απαιτείται μόνο το επιταχυνσιόμετρα (Accelerometer).



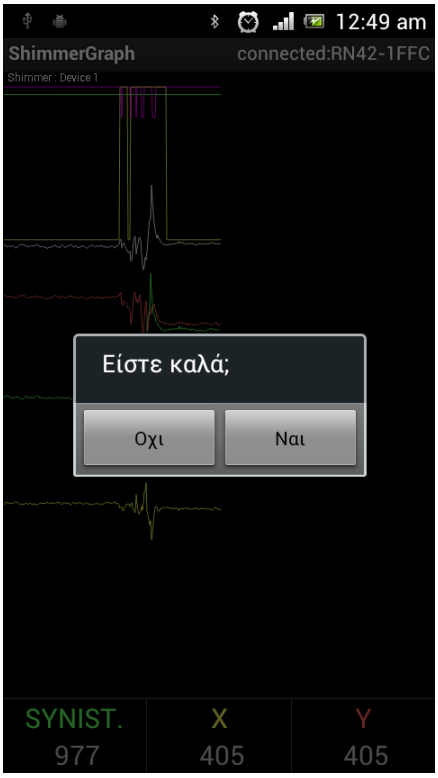
Εικόνα 20-6

Η συσκευή είναι έτοιμη για έναρξη της ροής.



Εικόνα 20-7

Εδώ φαίνεται το εμποτισμένο διάγραμμα με όλους τους άξονες (Πράσινο, Κίτρινο, Κόκκινο – XYZ στο κάτω μέρος της οθόνης). Επιπλέον με άσπρο είναι η εξομαλυμένη συνισταμένη των αξόνων. Με κίτρινο, μωβ και πράσινο, στο πάνω μέρος, απεικονίζονται τα διαστήματα ηρεμίας, πτώσης και κρούσης.



Εικόνα 20-8

Εάν ανιχνευθεί πτώση ειδοποιείται ο χρήστης με ένα πλαίσιο διαλόγου να αποτρέψει μία ψευδή ειδοποίηση. Εάν δεν απαντήσει ο χρήστης επιλέξει «Ναι», τότε ακυρώνεται η ειδοποίηση. Εάν επιλέξει «Όχι» ή δεν απαντήσει, τότε ειδοποιείται ο προκαθορισμένος αριθμός με γραπτό μήνυμα και κλήση.

Εικόνα 20-9

Εδώ απεικονίζεται η πραγματοποίηση κλήσης μετά από ανίχνευση πτώσης.

21. Προβλήματα που αντιμετωπίσαμε

Λόγο της μεταβλητότητας του προβλήματος παρατηρήθηκε ότι δεν είναι εφικτή η δημιουργία ενός αλγορίθμου για την ικανοποιητική επίλυση του προβλήματος. Λόγω της ιδιορρυθμίας του κάθε ατόμου κρίνεται σωστότερη η ανίχνευση της πτώσης μέσο αλγορίθμου με τεχνικές μηχανικής μάθησης και τεχνίτης νοημοσύνης, ώστε να αυξηθώ το ποσοστό ακρίβειας του προγράμματος για την εκάστοτε ομάδα που στοχεύει, ιδιαίτερος για τους ανθρώπους τρίτης ηλικίας είναι ύψιστης σημασίας η μυήσει ευθυνών από τον χρήστη, όπως την μυήσει του εξοπλισμού που απαιτείται χρησιμοποιώντας μονό ένα Smartphone σε πρώτο στάδιο καθώς και την όσο το δυνατόν μεγαλύτερη αυτοματοποίηση ανεργιών που απαιτούνται από τον χρήστη.

Όταν κάποιος αποφασίσει μία συγκεκριμένη ομάδα ανθρώπων, πχ. τους ηλικιωμένους, όλες οι πιθανές πτώσεις που μπορούν να συμβούν σ' αυτή την ομάδα, πρέπει να μετρηθούν και να ελεγχθούν μετ' έπειτα. Ιδανικά, οι δοκιμές γίνονται από τους ίδιους τους χρήστες κάτι το οποίο στις περισσότερες περιπτώσεις είναι πολύ δύσκολο. Ακόμα και αν είναι εφικτό κάτι τέτοιο, απαιτητά να γίνει συνεχής έλεγχος αυτής της ομάδας για ένα μεγάλο χρονικό διάστημα. Αυτό όμως έχει ένα μεγάλο μειονέκτημα. Ακόμη και για περίοδο ενός χρόνου, στατιστικά είναι δύσκολο να παρατηρήσεις πραγματικές πτώσεις σε πραγματικά περιβάλλοντα. Χρειάζεται ένα πολύ μεγάλο χρονικό διάστημα παρατήρησης, πιθανόν δέκα ετών ή περισσότερων, για να πάρει κανείς ένα στατιστικά σημαντικό αριθμό πτώσεων στις οποίες θα στηρίξει ένα σύστημα ανίχνευσης πτώσεων.

22. Σχόλια, Συμπεράσματα και Μελλοντική Δουλειά

Όσον αφορά την χρήση εξωτερικού αισθητήρα, κρίνεται απαραίτητη μία αντίστοιχη έρευνα που να εστιάσει στην χρήση του ενσωματωμένου αισθητήρα επιτάχυνσης που διαθέτουν πλέον τα περισσότερα κινητά. Η ακρίβεια είναι στα ίδια επίπεδα, και εάν είναι εφικτή η χρήση του, η τελική υλοποίηση θα είναι πιο εύχρηστη και θα καταναλώνει λιγότερους πόρους.

Η πρακτική εφαρμογή της υλοποίησης πρέπει να εστιάσει στην αλληλεπίδραση της εφαρμογής με τους αρμόδιους φορείς. Σε περιπτώσεις όπου κάποιο σύστημα αναλαμβάνει την φροντίδα ενός μεγάλου πλήθους ανθρώπων, τότε απαιτείται η δυνατότητα κεντρικής διαχείρισης, πολλαπλής ειδοποίησης και πληροφορίες θέσης και ίσως κάποιες σωματικές μετρήσεις όπως π.χ. παλμούς, ειδικότερα για τις πιο ευπαθείς ηλικιακές ομάδες.

23. Bibliography

(n.d.). Ανάκτηση από http://www.who.int: http://www.who.int/ageing/projects/1.Epidemiologyoffallsinolderage

(n.d.). Ανάκτηση από http://www.abledata.com: http://www.abledata.com/abledata.cfm?pageid=19327&top=10761&productid=159811&trail=0&discontinued=0

(n.d.). Ανάκτηση από http://www.chaperonealert.com: http://www.chaperonealert.com/item_pages/ilife.html

(n.d.). Ανάκτηση από http://www.ti.com: http://www.ti.com/product/msp430f1611#modalWin

(n.d.). Ανάκτηση από http://www.google.com/patents/US4290316

(n.d.). Ανάκτηση από http://www.datasheetarchive.com/: http://www.datasheetarchive.com/

(n.d.). Ανάκτηση από http://www.freescale.com/epp.

(n.d.). Ανάκτηση από www.bluetooth.org%2Fdocman%2Fhandlers%2FDownloadDoc.ashx%3Fdoc_id%3D89%26vId%3D128&ei=SszNUZKwNsmHtAaf-oHoBg&usg=AFQjCNFTzkfAlXtl5CrvXST0Nkd-CsHWzw&sig2=YVDhxRe8

(n.d.). Ανάκτηση από www.shimmer.com.

Andrei M. Shke, C. A. (n.d.). Ανάκτηση από http://mems.eng.uci.edu/publications/Sensors05-Shkel-Acar-Painter.pdf

Bluetooth SIG Security Expert Group. (n.d.).

Carol J. Lehtola, C. M. (n.d.). Ανάκτηση από http://edis.ifas.ufl.edu/as042

D. Fuentes, L. G.-A. (n.d.). Ανάκτηση από www.elsevier.com/locate/eswa.

Engineering, D. (n.d.). Ανάκτηση από http://www.dimensionengineering.com/info/accelerometers

James, W. (n.d.). Ανάκτηση από http://www.owlnet.rice.edu/~phys111/Lab/gyroscope.pdf

Jia, N. (n.d.). Ανάκτηση από www.analog.com/analogdialogue

M.Sc. Maximilian Schirmer, J.-P. D.-I. (n.d.). Ανάκτηση από http://www.uni-weimar.de/medien/wiki/images/Zeitmaschinen-smartphonesensors.pdf

N. Noury, P. R. (n.d.). Ανάκτηση από http://www.sciencedirect.com: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1959031808001243#gr2

N. Noury, P. R. (n.d.). Ανάκτηση από http://www.eee.nuigalway.ie/documents/go_irmb_2008.pdf

Neil Abercrombie, L. J. (n.d.). Ανάκτηση από www.hawaiiadrc.org.

NFC Forum, I. B. (n.d.). Ανάκτηση από http://www.nfc-forum.org/.

Qiang Li, J. A. (n.d.). (U. o. Virginia, Επιμ.) Ανάκτηση από http//www.cs.virginia.edu~stankovicpsfilesbsn09-1.pdf

Ralhan, A. S. (n.d.). Ανάκτηση από http://hdl.handle.net/10388/etd-12222009-144628

Singh, A. K. (n.d.). Ανάκτηση από http://nopr.niscair.res.in/bitstream/123456789/8410/1/IJEMS%2012(1)%207-11.pdf

Stefano Abbate, M. A. (n.d.). Ανάκτηση από http://www.intechopen.com/books/wireless-sensor-networks-application-design/

Yoshida, S. 2. (n.d.). *The World Health Organization.* Ανάκτηση από http://www.health.vic.gov.au/

Εικόνα 2-1 – Κουμπί Πανικού 4
Εικόνα 7-1: Φάσεις μίας πτώσης 13
Εικόνα 9-1 – iLife 16
Εικόνα 9-2 – Αισθητήρες Κίνησης και κάμερα 17
Εικόνα 9-3 – Αισθητήρες με κορδόνι 17
Εικόνα 9-4 - Κυκλωματική δομή smartphone 18
Εικόνα 10-1 - Αισθητήριο shimmer 19
Εικόνα 10-2 - Κυκλωματική διάταξη συσκευής 19
Εικόνα 11-1 – Αρχιτεκτονική Αισθητηρίου 20
Εικόνα 13-1 - Αρχή λειτουργίας επιταχυνσιομέτρου 22
Εικόνα 13-2 – Αρχή λειτουργίας επιταχυνσιομέτρου 23
Εικόνα 13-3 – Αρχή λειτουργίας γυροσκοπίου 25
Εικόνα 13-4 - ανάλυση διανυσμάτων 26
Εικόνα 13-5 – Αισθητήρας κλίσης - δόνησης 27
Εικόνα 16-1 – Το 52% των έξυπνων τηλεφώνων στην Αμερική χρησιμοποιούν λειτοργικό ANDROID. 32
Εικόνα 16-2 – Περιβάλλον ανάπτυξης εφαρμογών Eclipse 33
Εικόνα 16-3 – Περιβάλλον ανάπτυξης και εξομοίωης ANDROID. 33
Εικόνα 19-1 – Κύκλος ζωής μίας εφαρμογής ANDROID 44
Εικόνα 20-19 45
Εικόνα 20-2 45
Εικόνα 20-30 45
Εικόνα 20-4 46
Εικόνα 20-5 46

Εικόνα 20-6 46
Εικόνα 20-7 47
Εικόνα 20-8 47
Εικόνα 20-9 47