



Πανεπιστήμιο Μακεδονίας

University of Macedonia

ΔΠΜΣ Πληροφοριακά Συστήματα

Master in Information Systems

Μάθημα: Δίκτυα Υπολογιστών

Course: Computer Networks

Καθηγητής Α.Α. Οικονομίδης

Professor A.A. Economides

**ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΩΝ ΑΣΥΡΜΑΤΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ
ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ ΣΤΟΝ ΤΟΜΕΑ ΤΗΣ ΙΑΤΡΙΚΗΣ
APPLICATION OF WIRELESS SENSOR NETWORKS
IN MEDICINE FIELD**

ΞΑΝΘΟΠΟΥΛΟΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ mis16022

ΤΑΓΚΑΛΙΔΟΥ ΕΛΕΝΑ mis16040

ΤΕΡΓΙΑΖΟΠΟΥΛΟΣ ΜΙΧΑΗΛ mis16011

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2016

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

❖ ΠΕΡΙΛΗΨΗ

❖ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΘΕΜΑΤΟΣ

❖ ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΩΝ

➤ **Σύστημα Παρακολούθησης Ασθενών(PMS)**

- PMS με τη χρήση προτύπου ZigBee
- Δίκτυο αισθητήρων παρακολούθησης ασθενών με Άσθμα

➤ **Η χρήση των Ασύρματων Δικτύων Αισθητήρων στο νοσοκομείο**

- Batteryless Wearable Αισθητήρες
- Έξυπνοι θάλαμοι και Kinect Camera sensor
- E-Health Smart System

➤ **Body Sensor Network**

- Smartphone και wearable αισθητήρες
- Ο αισθητήρας e-AR
- The Blind Guide Solution

➤ **Χρήση Ασύρματων Δικτύων Αισθητήρων σε ασθενοφόρα**

- Vehicle and Traffic Sensors

❖ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

❖ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το Internet of Things αποτελεί ένα από τα πλέον ανερχόμενα θέματα στον χώρο της τεχνολογίας. Όχι άδικα θεωρείται ένας νέος κόσμος γεμάτος τεχνολογικές προκλήσεις που θα αποτελέσει το επόμενο μεγάλο βήμα και θα επιφέρει τεράστιες αλλαγές στην καθημερινότητα των ανθρώπων. Η ανάπτυξη του IoT στον χώρο της ιατρικής και της ιατρικής φροντίδας προσφέρει νέα τεχνολογικά, οικονομικά και κοινωνικά δεδομένα σε ένα περιβάλλον άκρως μεταβαλλόμενο. Ο άνθρωπος μπορεί πλέον εύκολα να ελέγχει διάφορες ενδείξεις της κατάστασης της υγείας του με την χρήση wearables και κατάλληλων εφαρμογών που έχουν αναπτυχθεί. Η συγκεκριμένη μελέτη πραγματεύεται την εφαρμογή της νέας αυτής τεχνολογίας δικτύωσης στον τομέα της υγείας και τις νέες δυνατότητες που προσφέρονται στους ασθενείς και στο ιατρικό προσωπικό. Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη και παρουσίαση των ασύρματων δικτύων αισθητήρων στον τομέα της υγείας με τη χρήση της υπάρχουσας και νέας τεχνολογίας, μέσα από διάφορες μελέτες περιπτώσεων, αλλά και η επιρροή στην ποιότητα των παρεχόμενων υπηρεσιών.

ABSTRACT

Internet of Things is one of the most emerging issues in the field of technology. Rightly considered a new world full of technological challenges. IoT will be the next big step and will bring vast changes in everyday life. The development of IoT in the field of medicine and health care offers new technological, economic and social issues in a highly changing environment. Patient can now easily control various particulars of his health by using wearables and appropriate applications developed. This study deals with the application of this new networking technology in the health sector and the new opportunities offered to patients and medical staff. The purpose of this work is the study and presentation of wireless sensor networks in the health sector with the use of existing and new technology through various case studies, but also how this affects the quality of service.

ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΘΕΜΑΤΟΣ

Τα Ασύρματα δίκτυα αισθητήρων (WSN) αποτελούνται από πολλούς αυτόνομους αισθητήρες, οι οποίοι δίνουν δεδομένα μέσω ενός δικτύου, αποτελούμενου από πολλούς κόμβους. Οι κόμβοι αυτοί, επεξεργάζονται τα πρωτογενή δεδομένα και τα μοιράζονται με γειτονικούς κόμβους μέχρι να καταλήξουν στον τελικό κόμβο και αντίστροφα. Κύριος σκοπός είναι η παρακολούθηση των φυσικών ή περιβαλλοντολογικών συνθηκών σε περιπτώσεις όπου είναι δύσκολη η πρόσβαση (Lo, Thiemjarus, King, & Yang).

Μερικά από τα βασικά πλεονεκτήματα των WSN είναι:

Ευκολία εγκατάστασης, προσβασιμότητα για κάθε σημείο μέτρησης, απλοποιημένη σχεδίαση δικτύου (ευέλικτα πρωτόκολλα), επεκτάσιμες υποδομές (συνεχής προσθήκη νέων κόμβων), αντοχή σε σφάλματα (Μακρή, 2011).

Ιδιότητες WSN

- Η ύπαρξη πολλών κόμβων-αισθητήρων σε ένα δίκτυο (υψηλή συχνότητα δειγματοληψίας-υψηλή ανάλυση)
- Το χαμηλό κόστος
- Η χαμηλή κατανάλωση ενέργειας
- Η ανάπτυξη της ασύρματης δικτύωσης
- Η δυνατότητα λειτουργίας τους σε ακραίες συνθήκες
- Η μεγάλη ποικιλία των τύπων των αισθητήρων

Στον τομέα της υγείας, οι ασύρματοι αισθητήρες (Body Sensor Network) εξελίσσονται με μικρότερα βήματα σε σχέση με τους άλλους τομείς καθώς η πολυπλοκότητα του ανθρώπινου σώματος και οι όποιες επιπτώσεις κάνουν τη χρήση των αισθητήρων δυσκολότερη (Lo, Thiemjarus, King, & Yang). Παρά το γεγονός αυτό, έχουν αναπτυχθεί διάφορα συστήματα με την εφαρμογή νέων τεχνολογιών, κάνοντας ευκολότερη την καθημερινότητα των ασθενών αλλά και του ιατρικού και νοσηλευτικού προσωπικού. Μερικές από τις τεχνολογίες όπου βασίζονται στην χρήση WSN δικτύων είναι ασύρματα πρωτόκολλα δικτύων όπως WiFi, Bluetooth, ZigBee, smartphones με εφαρμογές που βασίζονται είτε σε Android OS είτε iOS, RFID αισθητήρες, Kinect Camera κ.α.

Σαν αποτέλεσμα των δυνατοτήτων της νέας αυτής τεχνολογίας, έχει παρατηρηθεί ότι ο ασθενής τείνει να προσέχει περισσότερο την κατάσταση της υγείας του, καθώς ενημερώνεται ευκολότερα, χωρίς επιπλέον κόστος μόνο με την χρήση εφαρμογών και συσκευών του IoT που βρίσκονται πλέον στην καθημερινή του ζωή.

Αντιθέτως, ελλοχεύει όμως και ο κίνδυνος για υπερτροφοδότηση των ιατρών με δεδομένα τα οποία μπορεί να σταθούν τροχοπέδη στο λειτούργημα τους, έτσι πολλά νοσοκομεία και ιατρικοί φορείς ακολουθούν συγκεκριμένη πολιτική ασφαλείας για την αποφυγή του φαινομένου (A guide to healthcare IoT possibilities and obstacles).

ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΩΝ

1. Σύστημα Παρακολούθησης Ασθενών(PMS)

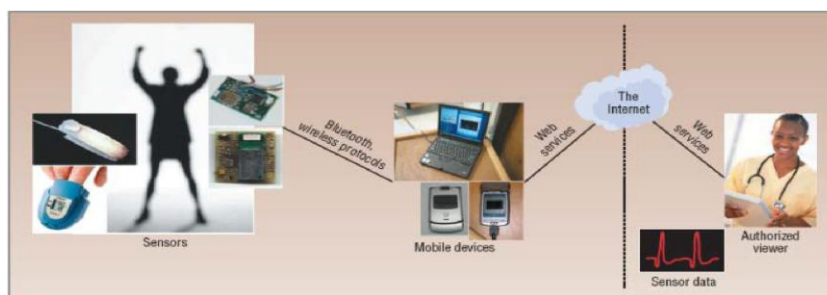
Το σύστημα παρακολούθησης ασθενών(Patient Monitoring System-PMS) αποτελεί το σημαντικότερο διαγνωστικό συστήματα σε μονάδες εντατικής θεραπείας των νοσοκομείων. Χρησιμοποιεί διάφορους αισθητήρες για την συνεχή επιτήρηση των ζωτικών οργάνων των ασθενών. Κάποιες από τις βασικές μετρήσεις είναι για την αρτηριακή πίεση, τη θερμοκρασία του σώματος και τους παλμούς της καρδιάς. Τα δεδομένα καταγράφονται με σκοπό να μελετηθούν από τους γιατρούς είτε εκείνη τη στιγμή(real-time), είτε αργότερα(store and forward).

Στον αντίποδα, υπάρχει και το απομακρυσμένο σύστημα παρακολούθησης ασθενών (Remote Patient Monitoring-RPM), όπου ανήκει στην κατηγορία της τηλεϊατρικής και δεν απαιτείται η φυσική παρουσία του ασθενούς. Μέσω ενός ασύρματου δικτύου αισθητήρων, συλλέγονται τα απαραίτητα δεδομένα και αποστέλλονται στον γιατρό. Συνεπώς έχει την ικανότητα να εξυπηρετεί τον ασθενή αλλά και το γιατρό. Ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά του RPM, πέραν από το γεγονός ότι καταγράφει 24 ώρες την κατάσταση των ασθενών, είναι ότι μειώνει τον αριθμό των περιττών νοσηλειών δίνοντας τη δυνατότητα μιας ολοκληρωμένης νοσηλείας σε αυτούς που το έχουν πραγματικά ανάγκη (Aminian & Naji, 2013).

1.1 PMS με τη χρήση προτύπου ZigBee

Αρχική θα πρέπει να αναφέρουμε τι είναι το ZigBee. Το ZigBee είναι μια από τις νέες τεχνολογίες στο χώρο των ασύρματων δικτύων προσωπικού χώρου(WPAN), παρόμοιο με τις μέχρι τώρα τεχνολογίες Bluetooth, WiFi, GPRS/GSM κ.α. Προήλθε από τη συνεργασία της εταιρίας ZigBee Alliance με την επιτροπή IEEE 802. 15.4 και παρέχει τη δυνατότητα για συνδέσεις συσκευών με χαμηλό ρυθμό μετάδοσης, χαμηλό κόστος και χαμηλή κατανάλωση ισχύος. Τα βασικά του πλεονεκτήματα είναι το χαμηλό κόστος, όπου επιτρέπει στην τεχνολογία να επεκταθεί ευρέως στις ασύρματες εφαρμογές ελέγχου και παρακολούθησης. Η χαμηλή κατανάλωση ισχύος, όπου επιτρέπει τη μακρύτερη ζωή με μικρότερες μπαταρίες. Η δικτύωση πλέγματος, η οποία παρέχει υψηλή αξιοπιστία και μεγαλύτερη ακτίνα λειτουργίας και τέλος η χαμηλή ποσότητα εκπομπής ακτινοβολίας που μας ενδιαφέρει σημαντικά για τον ιατρικό κλάδο.

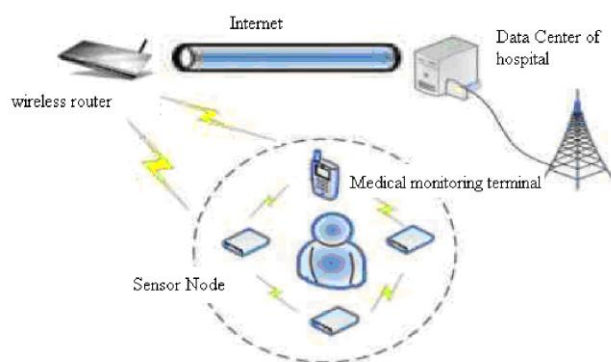
Η συγκεκριμένη μελέτη περίπτωσης πραγματεύεται ένα σύστημα παρακολούθησης βασισμένο στο πρότυπο ZigBee. Με τη χρήση του συγκεκριμένου προτύπου και τα διάφορα ηλεκτρονικά μέσα και λογισμικά, θα συλλέγονται τα δεδομένα των ασθενών μέσω υπολογιστή, σε πραγματικό χρόνο και θα μεταδίδονται στο απομακρυσμένο ιατρικό κέντρο παρακολούθησης μέσω του ασύρματου δικτύου αισθητήρων. Τα



δεδομένα που θα συλλέγει ο κάθε κόμβος, συμπεριλαμβανομένης της θέσης και την κατάσταση της υγείας του ασθενούς, θα εμφανίζονται στο monitor του κέντρου

παρακολούθησης, με αποτέλεσμα να γίνεται εφικτή η έγκαιρη και αποτελεσματική ιατρική καθοδήγηση.

Το σύστημα είναι μικρού μεγέθους, χαμηλής ισχύος και εύκολα συμβατό, με αποτέλεσμα να μπορεί να συνδεθεί σε δίκτυα με διαφορετικό hardware. Το απομακρυσμένο αυτό σύστημα παρακολούθησης αποτελείται από αισθητήρες-κόμβους (αισθητήρες θερμοκρασίας, αναπνευστικού, ηλεκτροκαρδιογράφους και μονάδες ZigBee), τερματικό ιατρικής παρακολούθησης (συμπεριλαμβανομένης της ασύρματης μονάδας δρομολόγησης WiFi και της ασύρματης μονάδας λήψης ZigBee) και συναφή εξοπλισμό επικοινωνίας για τη σύνδεση του δικτύου ιατρικής παρακολούθησης.



Κύριο μέλημα είναι η καλύτερη συλλογή των δεδομένων με σκοπό την ακριβέστερη ανάλυση της κατάστασης των ασθενών από τους ειδικούς. Η συγκεκριμένη μελέτη βρίσκεται ακόμη σε πειραματικό στάδιο με σκοπό να επιτευχθεί η ιδανική λήψη και μετάδοση της ασύρματης μονάδας ZigBee σε κάθε περίπτωση.

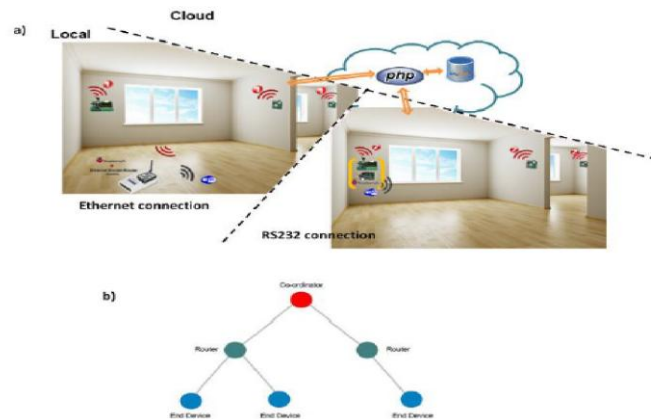
Πειράματα αποδεικνύουν ότι το σύστημα έχει καλή σταθερότητα και ασφάλεια. Έχει πολύ μεγάλη πρακτική αξία και ενδέχεται να χρησιμοποιηθεί στο μέλλον στον τομέα της τηλεϊατρικής παρακολούθησης (Song, Si, & Jiang, 2015).

1.2 Δίκτυο αισθητήρων παρακολούθησης ασθενών με Άσθμα

Η μακροπρόθεσμη έκθεση των ανθρώπων σε μολυσματικό αέρα, καθώς χαρακτηρίζεται από κακή ατμοσφαιρική ποιότητα, μπορεί να προκαλέσει εξελιγμένες περιπτώσεις άσθματος και γενικά αυξημένο κίνδυνο για ασθένειες που σχετίζονται με τους πνεύμονες. Συγκεκριμένα, τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων επιτρέπουν πλέον στους ιατρούς να ελέγχουν τους ασθενείς τους απομακρυσμένα, δίνοντας τους έγκαιρη και έγκυρη υποστήριξη, βασιζόμενοι σε ένα σύνολο ποσοτικών παραμέτρων που προέρχονται από την ατμοσφαιρική ποιότητα. Το ανεπτυγμένο σύστημα χρησιμοποιείται διεξοδικά από ιατρικούς ερευνητές, οι οποίοι βασιζόμενοι στα στοιχεία μέτρησης των υπαίθριων παραμέτρων ατμοσφαιρικής ποιότητας, στοχεύουν στην μείωση του άσθματος και των περιστατικών επίθεσής του.

Στο παρακάτω σχήμα (σχήμα 1) παρουσιάζονται οι 2 πιο συνήθεις μορφές ενός ασύρματου δικτύου αισθητήρων. Στα αριστερά, παρουσιάζεται ένας δρομολογητής (border-router) που συνδέεται μέσω Ethernet με το ενσωματωμένο PC (Raspberry Pi), αναφερόμενο ως συντονιστής, ο οποίος λαμβάνει πλαίσια IPv6 μέσα σε πλαίσια τύπου IEEE802.15.4 και τα διαβιβάζει μέσω WiFi στον κεντρικό υπολογιστή. Το συγκεκριμένο σύστημα, είναι καλό να παρατηρήσουμε, ότι βασίζεται πάνω σε σωρούς από 6LoWPAN, οι οποίοι αποτελούνται από μέρη συνδεδεμένα με καλώδιο (Ethernet) και ασύρματα μέρη. Το σύνολο των συσκευών συντονισμού WSN προσεγγίζεται από τον δρομολογητή (border-router), μέσω ασύρματης σύνδεσης. Θεωρείται ιδιαίτερα σημαντική, καθώς στηρίζεται στην υπάρχουσα υποδομή, βασισμένη σε συνδεσμολογία Ethernet στις περιοχές όπου ελέγχεται η ατμοσφαιρική ποιότητα.

Στο δεύτερο τμήμα του σχήματος, απεικονίζεται η αρχιτεκτονική των συσκευών συντονισμού που περιλαμβάνει PC (Raspberry Pi) και τον συντονιστή Zigbee. Στην συγκεκριμένη αρχιτεκτονική, το ενσωματωμένο PC στην επικοινωνία μεταξύ των συσκευών συντονισμού WSN Zigbee, βασίζεται σε ένα τμηματικό πρωτόκολλο επικοινωνίας RS232.



Σχήμα 1.

Σύστημα διανομής ατμοσφαιρικής ποιότητας.

α) εσωτερική διανομή συμβατού συστήματος κόμβων WSN IEEE802.15.4

β) δέντρο τοπολογίας κόμβων WSN

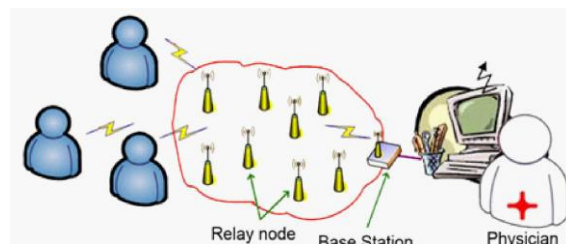
Από δω και στο εξής θεωρείται πλέον αναγκαία η χρήση δικτύων Wifi ή Ethernet για την καταγραφή των απαραίτητων περιβαλλοντικών παραμέτρων, όπως της θερμοκρασίας, της υγρασίας ή του διοξειδίου του άνθρακα, καθώς αποστέλλονται στην εκάστοτε μηχανή αναζήτησης Ιστού για περαιτέρω χρήση. (Lal & Kulkarni, 2016)

2. Η χρήση των Ασύρματων Δικτύων Αισθητήρων στο νοσοκομείο

Στην περίπτωση των νοσοκομείων όπου χρησιμοποιούν ασύρματα δίκτυα αισθητήρων έχουμε την εξής δομή.

Το σύστημα αποτελείται από:

- Ένα ασύρματο δίκτυο αισθητήρων σώματος (WBSN), που περιέχει 4 αισθητήρες οι οποίοι είναι υπεύθυνοι για τη συλλογή των δεδομένων από τους ασθενείς. Όλοι οι αισθητήρες είναι ασύρματοι και λαμβάνουν διαφορετικές ενδείξεις του σώματος.
- Έναν ασύρματο κόμβο αναμετάδοσης πολλαπλών ανακλάσεων (WMHRN), που περιέχει πολλούς ασύρματους κόμβους αναμετάδοσης και είναι υπεύθυνος για την προώθηση των δεδομένων στο σταθμό βάσης. Κάθε κόμβος έχει διαφορετικό ρόλο.
- Έναν σταθμό βάσης (BS), ο οποίος λαμβάνει τα δεδομένα και τα στέλνει στον κεντρικό υπολογιστή (ενσύρματα)
- Και τέλος το γραφικό περιβάλλον διεπαφής του χρήστη (GUI), όπου εδώ γίνεται η αποθήκευση, ανάλυση και παρουσίαση των δεδομένων, καθώς και η αποστολή μηνύματος στον προσωπικό γιατρό ή στους συγγενείς του ασθενούς, σε περίπτωση ανάγκης, μέσω GPRS ή GSM modem.

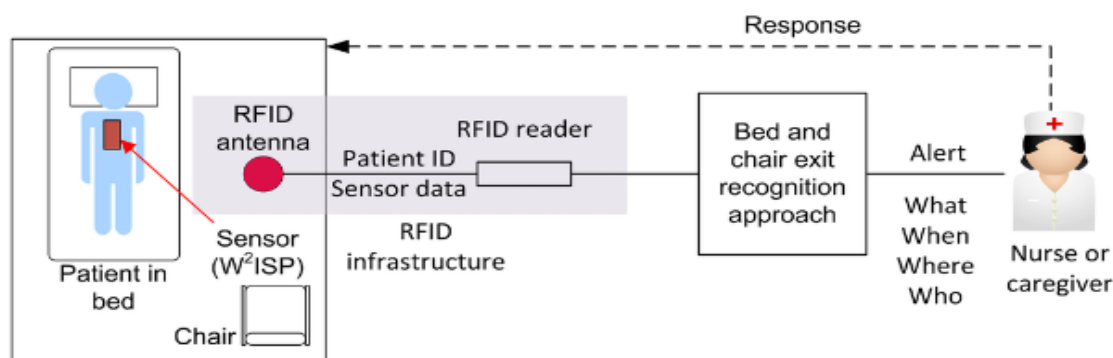


Στη συγκεκριμένη δομή, μπορούμε να προσθέσουμε και ένα σύστημα GPS, το οποίο εφαρμόζεται στον ασθενή και θα μας δίνει πληροφορίες για την τοποθεσία του, πράγμα που θα διευκολύνει το προσωπικό του νοσοκομείου να τον εντοπίσει έγκαιρα σε περίπτωση ανάγκης (Song, Si, & Jiang, 2015).

2.1 Batteryless Wearable Αισθητήρες

Ένα από τα προβλήματα του συνεχώς αυξανόμενου γερασμένου πληθυσμού είναι και τα ατυχήματα εντός των νοσοκομείων λόγω πεσιμάτων των ηλικιωμένων ασθενών. Τα ήδη προϋπάρχοντα συστήματα που χρησιμοποιούσαν κυρίως αισθητήρες σε κρεβάτια και άλλα έπιπλα των νοσοκομειακών δωματίων έχουν χαρακτηριστεί με υψηλό δείκτη σφαλμάτων και λανθασμένων συναγερμών. Η χρήση πολλών και νέων wearable αισθητήρων έχει προσδώσει νέες προοπτικές στην παρακολούθηση των ασθενών. Έτσι αναπτύχθηκε ένα σύστημα που χρησιμοποιεί αισθητήρες ασύρματους, χωρίς μπαταρίες σε συνδυασμό με την ανάπτυξη συστήματος ελέγχου παρακολούθησης δραστηριοτήτων κατά την μετακίνηση του ασθενή.

Στην συγκεκριμένη περίπτωση γίνεται χρήση batteryless wearable αισθητήρων όπου καταγράφουν τα δεδομένα σε πραγματικό χρόνο όπου αφορούν τις κινήσεις τους μέσω της δομής ραδιοσυχνότητας RFID. Τα δεδομένα συλλέγονται κατά την διαδικασία προσέγγισης από ένα έπιπλο. Οι νοσηλευτές και επιβλέποντες του ασθενούς ενημερώνονται μέσω συστήματος συναγερμών για να προσφέρουν βοήθεια κατά την διαδικασία προσέγγισης. Η ενημέρωση αυτή αλλά και ο συναγερμός επιτυγχάνονται σε πραγματικό χρόνο και όταν η κεραία και δέκτης του RFID αναγνωρίσουν ότι το εκάστοτε δωμάτιο είναι κατειλημμένο από ασθενή.



Σχήμα 2. Αρχιτεκτονική συστήματος ελέγχου κινήσεων ασθενούς

Εκτελεί τρεις λειτουργίες, την αναγνώριση χαρακτηριστικών όπου διατηρεί πληροφορίες για την κατάσταση του ασθενή, την πρόβλεψη δραστηριότητας όπου με την χρήση της κατάστασης ελέγχει τις πιθανότητες της επόμενης κίνησης (κάθισμα σε κρεβάτι ή καρέκλα, ξάπλωμα), και τέλος την αναγνώριση της κατάστασης όπου μέσω αλγορίθμου και αναλύοντας τα δεδομένα των προηγούμενων λειτουργιών αναγνωρίζει την κίνηση του ασθενούς. Χρησιμοποιείται εύκαμπτος και ασύρματος αισθητήρας W2ISP παθητικού RFID όπου φοριέται στο στέρνο του ασθενούς (Torres, Visvanathan, Hoskins, Hengel, & Ranasinghe, 2016).

2.2 Έξυπνοί θάλαμοι και Kinect Camera sensor

Οι πρόσφατες εξελίξεις σε τεχνολογίες αναλυτικής απεικόνισης αισθητήρων έχουν οδηγήσει στην αποτελεσματική και ανέξοδη χρήση καμερών για την σύλληψη 3D κίνησης, την επιτήρηση σε συστήματα ανθρώπινου εντοπισμού κι σε συστήματα αναγνώρισης τόσο του χρήστη όσο και των δραστηριοτήτων που εκτελεί. Παράλληλα μ' αυτό έχουν πραγματοποιηθεί τεράστιες εξελίξεις στην επικοινωνία και την δικτύωση για το σχεδιασμό του “έξυπνου θαλάμου” (Smart Systems Ward), που χρησιμοποιείται στο Σύστημα Παρακολούθησης Υγείας. Τα συστήματα “έξυπνων θαλάμων” εξουσιοδοτούν το προσωπικό του νοσοκομείου να εστιάσει περισσότερο στους ασθενείς, διευκολύνοντας την συλλογή απαραίτητων γι' αυτό στοιχείων.

Η κάμερα Kinect αποτελεί ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα συστήματος ανίχνευσης και αναγνώρισης χειρονομίας. Η αναγνώριση της χειρονομίας δίνει την δυνατότητα στους ανθρώπους να επικοινωνούν με την μηχανή αλληλεπίδρασης Ανθρώπου – Μηχανής (Human – Machine Interaction), με απόλυτα φυσικό τρόπο και χωρίς να παρεμβάλλονται συμβατικές συσκευές, όπως ποντίκι, πληκτρολόγιο ακόμη και θόνη επαφής. Ο αισθητήρας της κάμερας Kinect (KC) εφαρμόζεται στις κλινικές, υποστηρίζοντας το σύστημα παρακολούθησης υγείας (Health Monitoring System – HMS), για την θεραπεία ασθενών που πάσχουν από ολική παράλυση. Η χρήση μιας κάμερας αισθητήρων Kinect αποτελεί το αποκλειστικό εργαλείο για την εφαρμογή του έξυπνου συστήματος θαλάμων (Smart Ward System – SWS) σε ένα νοσοκομείο υψηλής τεχνολογίας, όπου όλη η αυτοματοποίηση είναι ενσωματωμένη σε ένα σύστημα. Εστιάζοντας στον τρόπο συνδεσμολογίας της κάμερας, εντοπίζουμε ως κατάλληλο σημείο τοποθέτησής της το σημείο στον τοίχο που βρίσκεται απέναντι από το κρεβάτι του ασθενούς και βρίσκεται εκεί συνδεδεμένη με όλες τις ηλεκτρικές συσκευές, τους συναγερμούς και τον δείκτη RF. Ο συγκεκριμένος δείκτης εγκαθίσταται πάνω στο κρεβάτι και αντιδρά ανάλογα με το σήμα ελέγχου.

Εδώ μπορούμε να συναντήσουμε 3 περιπτώσεις εφαρμογής του συγκεκριμένου μοντέλου. Πρώτη περίπτωση είναι η δυνατότητα επιλογής λειτουργίας ή όχι του συστήματος, ανάλογα με την συγκεκριμένη χειρονομία του ασθενούς. Έτσι, εάν ο χρήστης επιθυμεί να λειτουργήσει το σύστημα θα πρέπει να δείξει το χέρι του στην κάμερα για περίπου 3 δευτερόλεπτα και το σύστημα ενεργοποιείται, έχοντας σαν γνώμονα τις τρισδιάστατες συντεταγμένες του σκελετού που ανήκουν στις « κοινές παγκόσμιες συντεταγμένες» των μετα-δεδομένων του συστήματος Kinect. Η δεύτερη περίπτωση είναι η δυνατότητα επιλογής τρόπου ελέγχου της συσκευής από τον ασθενή, όπου παρατηρούνται συγκεκριμένα 3 τρόποι:

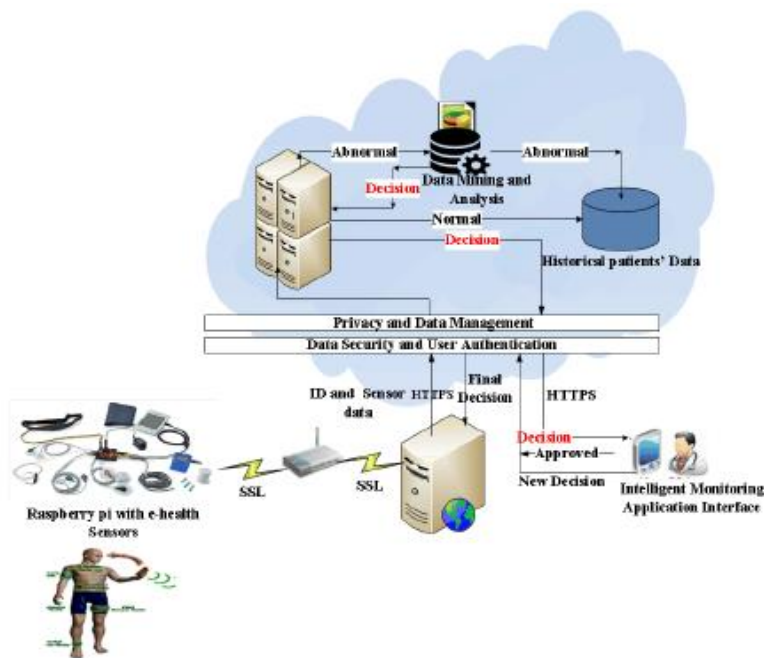
1. Επικεφαλής ρύθμιση τμημάτων του κρεβατιού
2. Έλεγχος ηλεκτρικών συσκευών και
3. Σύστημα βοήθειας ασθενή.

Στην περίπτωση αυτή συναντάμε την δυναμική κατηγορία χειρονομίας, σύμφωνα με την οποία αποφασίζεται η έναρξη και η παύση της χειρονομίας. Το σύστημα χρησιμοποιεί την αριστερή και δεξιά μετατόπιση ενώσεων, έτσι ώστε να διαπιστωθεί εάν το χέρι κινείται ή όχι. Παράλληλα μ' αυτό, δίνεται βαρύτητα και στον αριθμό των αναγνώσεων,

προς αποφυγήν οποιουδήποτε λάθους, καθώς εάν ο αριθμός των αναγνώσεων είναι μικρότερος από το κατώτατο όριο, η χειρονομία χαρακτηρίζεται άκυρη. Στην τρίτη περίπτωση συναντάμε τρεις τρόπους λειτουργίας, την επικεφαλή ρύθμιση των τμημάτων του ασθενούς και ο δεύτερος και ο τρίτος τρόπος αποτυπώνονται στον γραφικό τρόπο διεπαφών. Στην πρώτη περίπτωση το σύστημα λαμβάνει υπόψη του την πληροφορία που εισάγεται μόνο εάν και τα δυο χέρια είναι τοποθετημένα πάνω από το κέντρο των ισχίων και φροντίζει να αναγνωρίζει κάποια λάθος χειρονομία. Στους άλλους δυο τρόπους, συναντάμε μια απλή μέθοδο απόστασης Euclidean, η οποία βοηθάει στην αλληλεπίδραση του χρήστη με το απαραίτητο αντικείμενο. Με το που φτάσει ο χρήστης στο αντίστοιχο εικονίδιο κινώντας απλά το χέρι του, εκτελείται η αντίστοιχη λειτουργία (Jyothilakshmi, Dr. Rekha, & Dr. Nataraj, 2016).

2.3 E-Health Smart System

Είναι σχεδιασμένο για να μειώνει την καθυστέρηση στην συγκέντρωση των ιατρικών στοιχείων και ιστορικού των ασθενών κατά την είσοδο στο νοσοκομείο με την κατάργηση της χειρόγραφης καταχώρησης. Βασισμένο στην τεχνολογία των ιατρικών αισθητήρων όπου καταγράφουν ιατρικές παραμέτρους με την χρήση δικτύων ασύρματων



Σχήμα 3. Αρχιτεκτονική συστήματος

έχουν αποθηκευτεί, επεξεργαστεί και συγκριθεί με το ιατρικό ιστορικό του ασθενούς.

Το e-Health smart system αυτό είναι βασισμένο στην αλληλεπικοινωνία των ιατρικών αισθητήρων και του περιβάλλοντος cloud. Όπως φαίνεται και στο σχέδιο οι αισθητήρες είναι συνδεδεμένοι με έναν Raspberry Pi υπολογιστή όπου είναι υπεύθυνος για την συλλογή και αποστολή των δεδομένων στους cloud servers. Παρέχονται δυνατότητες

αισθητήρων WSNs. Έτσι μεταφέρονται δεδομένα από τον ασθενή μέσω του ασύρματου δικτύου στο περιβάλλον cloud.

Ο ασθενής θα απολαμβάνει καλύτερες υπηρεσίες αφού το ιατρικό προσωπικό θα έχει άμεσα και σε πραγματικό χρόνο όποια στοιχεία απαιτηθούν λόγω του e-Health smart system. Δίνεται η δυνατότητα για καλύτερες και πιο ταχύς ιατρικές γνωματεύσεις μέσω των προτεινόμενων αγωγών του συστήματος αφού του έχουν μεταφερθεί τα δεδομένα μέσω cloud και αφού

όπως αποθήκευση, προτεινόμενες αποφάσεις αλλά και άμεση επικαιροποίηση των στοιχείων.

Δίνεται η δυνατότητα τα στοιχεία αλλά και τις προτεινόμενες αγωγές να τις ελέγξει ο χρήστης από οποιαδήποτε συσκευή όπου έχει σύνδεση internet αλλά και εφαρμογή browser.

Χρησιμοποιήθηκαν αισθητήρες πίεσης και οξυγόνου στο αίμα SPO2 αλλά και θερμοκρασίας σώματος που είναι συνδεδεμένοι με e-Health Sensor Shield όπου επιτρέπουν βιομετρικές και ιατρικές γενικότερα εφαρμογές για την συλλογή των δεδομένων (Jassas, Qasem, & Mahmoud, 2015).

3 Body Sensor Network

3.1 Smartphone και wearable αισθητήρες

Τα μεγάλα ποσοστά θνησιμότητας από καρδιακά επεισόδια, δημιούργησαν τη ανάγκη κατασκευής ασύρματων αισθητήρων με έμφαση στο ανθρώπινο σώμα. Η μέχρι πρότινος διαδικασία πρόληψης των καρδιαγγειακών παθήσεων ήταν μέσω του Ηλεκτροκαρδιογραφήματος (ECG), που έχει ως βασικό μειονέκτημα τη μικρή διάρκεια παρακολούθησης καθώς και την αναξιόπιστη ερμηνεία των δεδομένων.

Οι ασύρματοι αισθητήρες σώματος (Body Network Sensor-BSN) αποτελούν ένα ολοκληρωμένο σύστημα παρακολούθησης καρδιοπαθών ασθενών. Αποτελούνται από ασύρματο μεταδότη, αισθητήρα GPS, τοπικό επεξεργαστή και πολλούς άλλους μικρο-αισθητήρες, ανάλογα με το εμπορικό μοντέλο BSN (inflibnet).

Σκοπός τους είναι η συλλογή δεδομένων διάφορων ιατρικών στοιχείων και παραμέτρων του ασθενή όπως καρδιακός παλμός, πίεση αλλά και θερμοκρασία σώματος. Με την χρήση αυτών των δεδομένων αλλά και με την δημιουργία συστήματος προειδοποιήσεων κατωτάτων και ανωτάτων ορίων γίνεται έγκυρη διάγνωση για ασθένειες όπως αρρυθμία καρδιακών παλμών, υπόταση, υπέρταση και υπερθερμία.

Ενδιαφέρουσα θεωρείται η περίπτωση παρακολούθησης των ασθενών με τη χρήση smartphone και wearable αισθητήρων. Αποτελείται από δυο interfaces, ένα προς τον ασθενή και ένα προς τον ιατρό. Στο interface του ασθενή ανήκουν οι βίο-αισθητήρες που συλλέγουν τα δεδομένα, αποστέλλονται σε μία Android OS συσκευή η οποία στην συνέχεια μέσω ενός web server αποστέλλει την αναφορά των δεδομένων στο interface του ιατρού.



Σχήμα 4. Αρχιτεκτονική συστήματος απομακρυσμένης παρακολούθησης ασθενούς.

Στην αρχή αποστέλλονται τα δεδομένα από τους αισθητήρες του ασθενούς ασύρματα μέσω Bluetooth στην συσκευή Android η οποία αφού τα εξαγάγει επικοινωνεί με τον web server χρησιμοποιώντας GPRS, 3G, 4G ή διάφορα άλλα WiFi networks. Τελικώς,

και αφού φτάσουν τα δεδομένα στον τελικό χρήστη, τον ιατρό, εξάγονται τα δεδομένα με την χρήση SQL database στο interface του ιατρού, αφού έχουν τοποθετηθεί και στοιχεία προσωπικά ή και τοποθεσίας.

Για την καταγραφή των καρδιακών παλμών χρησιμοποιείται αισθητήρας Zephyr BT λόγω των χαρακτηριστικών του για ακρίβεια μετρήσεων, κόστους, αξιοπιστίας αλλά και συμβατότητας με Android 4.4 και νεότερων εκδόσεων. Επιπρόσθετα για την καταγραφή της αρτηριακής πίεσης χρησιμοποιείται ο αισθητήρας Omron Wireless Upper Arm καθώς είναι εύκολος στην χρήση, ελαφρύς και έχει την δυνατότητα να καταγράφει έως και 200 μετρήσεις. Τελειώνοντας, για την θερμοκρασία ο αισθητήρας G Plus (Kakria, Tripathi, & Kitipawang, 2015)

3.2 Ο αισθητήρας e-AR

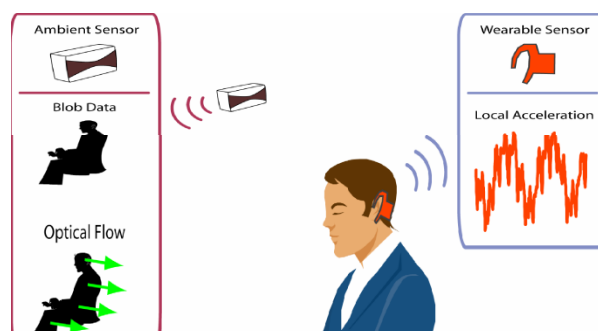
Ο έλεγχος της κατάστασης των ηλικιωμένων ή χρόνια ασθενών στον ιδιωτικό τους χώρο αποτελεί μια σύγχρονη απαίτηση για την αποτελεσματικότερη υγειονομική περίθαλψη. Για να επιτευχθεί ο απόλυτος έλεγχος υγείας είναι απαραίτητο να συγχωνευθούν όλοι οι “wearable – εμφυτεύσιμοι” αισθητήρες, που παρέχονται από ένα δίκτυο αισθητήρων – σωμάτων (BSN) με τα στοιχεία των περιβαλλοντικών αισθητήρων. Παρουσιάζεται ένα πλαίσιο για βελτιωμένη αναγνώριση δραστηριότητας με την ενσωμάτωση ενός (e-AR) αισθητήρα με τους αντίστοιχους περιβαλλοντικούς.



Εικόνα 1. Ο αισθητήρας e-AR



Ο συγκεκριμένος αισθητήρας (e-AR) είναι βασισμένος στην πλατφόρμα BSN που περιλαμβάνει στοιχεία όπως έναν επεξεργαστή, έναν ραδιοπομπό – δέκτη και ένα 3-αξονικό επιταχυνσιόμετρο. Στην περίπτωση των αισθητήρων περιβάλλοντος, συναντάμε



Εικόνα 2. Σχηματικό διάγραμμα από το σύστημα ελέγχου φορετών (wearable) και περιβαλλοντικών αισθητήρων

εδώ μια ανεξάρτητη ενότητα που αποτελείται α

πό ένα τηλεοπτικό αισθητήρα, έναν επεξεργαστή, μια ασύρματη επικοινωνία και μια μπαταρία. Σε ορισμένες δραστηριότητες όπως η καθιστική στάση, τα στοιχεία κινήσεων που προέρχονται από τον αισθητήρα αυτιών είναι άκρως διαφορετικά, γι' αυτό χρησιμοποιώντας και τους αισθητήρες περιβάλλοντος τα στοιχεία που λαμβάνονται, επεξεργάζονται σε πραγματικό χρόνο και προωθούνται υπό

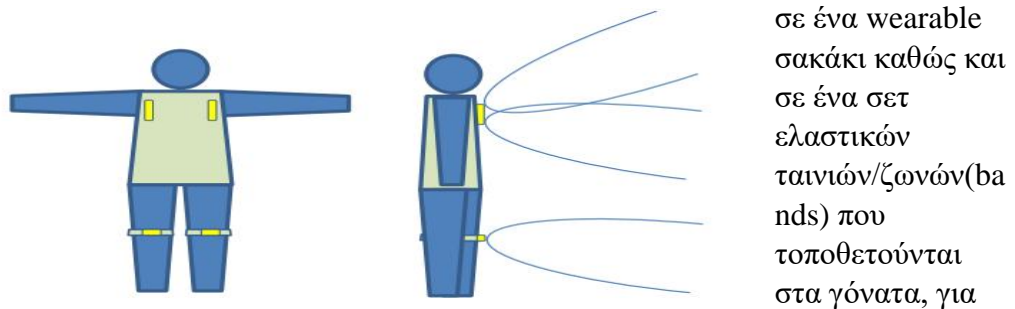
μορφή οπτικών ροών. Γι' αυτό τον σκοπό η συγχώνευση των στοιχείων αυτών με τους

αισθητήρες περιβάλλοντος κρίνεται απαραίτητη , έτσι ώστε να επιτύχουμε ένα πιο αξιόπιστο αποτέλεσμα ταξινόμησης της δραστηριότητας για ένα ευρύτερο φάσμα από αυτές (Pansiot, Stoyanov, McIlwraith, Lo, & Yang).

3.3 The Blind Guide Solution

Στη συγκεκριμένη ενότητα, θα αναφερθούμε στα άτομα με προβλήματα όρασης. Υπάρχουν οι περιπτώσεις της ολικής τύφλωσης που κατά κύριο λόγο εμφανίζονται εκ γενετής στον άνθρωπο καθώς και οι περιπτώσεις μερικής τύφλωσης που μπορεί να προκλήθηκαν από την υπερβολική χρήση των προσωπικών ηλεκτρονικών συσκευών ήχου. Αν τοποθετήσουμε αυτές τις περιπτώσεις σε ένα ευρύτερο ηλικιακό φάσμα θα διαπιστώσουμε πως ένα μεγάλο μέρος του πληθυσμού, πάσχει από προβλήματα όρασης. Οι μέχρι τώρα μέθοδοι για την ασφαλή κίνηση αυτών των ανθρώπων είναι η χρήση του λευκού μαστουνιού, που βοηθάει στην αποφυγή εμποδίων καθώς και η χρήση Σκύλου-Οδηγού(Seeing Eye dog). Έχει αποδειχτεί πλέον πως αυτές οι μέθοδοι δεν είναι αρκετές καθώς δεν εξασφαλίζουν πλήρως την ασφάλεια του ανθρώπου(τυφλού) στον έξω κόσμο. Δημιουργήθηκε λοιπόν μια προηγμένη λύση η οποία αντικαθιστά τη χρήση του σκύλου ή του μαστουνιού με ένα δίκτυο ασύρματων αισθητήρων, οποίοι ανιχνεύουν με μεγαλύτερη ακρίβεια τα εμπόδια. Αυτή η λύση βασίζεται σε ένα BSN σύστημα υπερηχητικών αισθητήρων οι οποίοι τοποθετούνται στα ρούχα, απελευθερώνοντας τούς τυφλούς από τη χρήση μαστουνιού ή σκύλου-οδηγού.

Το Blind Guide solution είναι ένα πρωτότυπο σύστημα ανίχνευσης εμποδίων για άτομα με τύφλωση. Αποτελείται από ένα σύνολο ασύρματων κόμβων αισθητήρων με αισθητήρες υπερήχων στρατηγικά τοποθετημένα στο ανθρώπινο σώμα και μπορεί να ανιχνεύσει πολλών ειδών εμποδίων. Η κύρια τοποθέτηση αυτού του συστήματος γίνεται

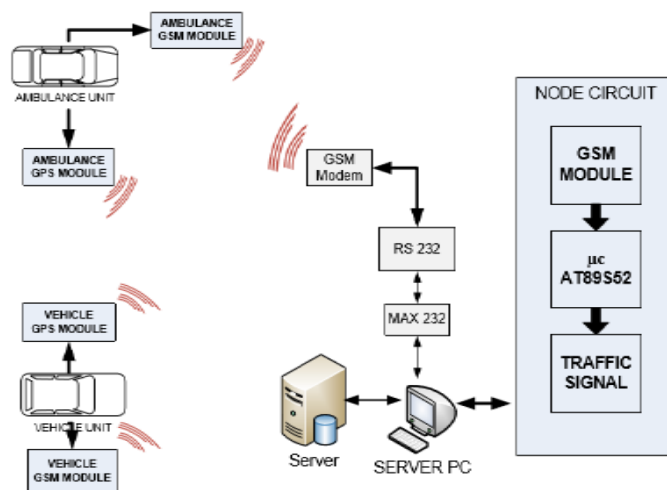


τον εντοπισμό των εμποδίων σε ψηλό και χαμηλό επίπεδο αντίστοιχα. Βασικό χαρακτηριστικό αυτού του προτύπου είναι ο έλεγχος και η ανάλυση πολλών διαφορετικών ειδών εμποδίων που μπορεί να ανιχνεύσει σε αντίθεση με τις μέχρι τώρα μεθόδους (μαστούνι, σκύλος) (António Pereira, et al., 2015).

4. Χρήση Ασύρματων Δικτύων Αισθητήρων σε ασθενοφόρα

4.1 Vehicle and Traffic Sensors

Ο συνεχόμενα αυξανόμενος αριθμός τροχαίων ατυχημάτων αλλά και η απώλεια ζώων λόγω των κυκλοφοριακών καθυστερήσεων, έχουν καταστήσει επιτακτική την ανάγκη για δημιουργία ενός νέου συστήματος που θα προσαρμόζει την κυκλοφοριακή ρύθμιση, θα ενημερώνει άμεσα το πλησιέστερο ασθενοφόρο αλλά και θα του παρέχει τις συντομότερες διαδρομές.



Ονομάζεται ITLS (Intelligent Traffic Light system) και αποτελείται από τρεις επιμέρους τομείς του αυτοκινήτου, του ασθενοφόρου και της διαχείρισης κυκλοφορίας. Αρχικά στον τομέα του αυτοκινήτου, υπάρχει εγκατεστημένο σύστημα όπου αντιλαμβάνεται δονήσεις και αναγνωρίζει αν το εκάστοτε αυτοκίνητο έχει εμπλακεί σε τροχαίο ατύχημα. Τότε ο αισθητήρας ενεργοποιεί τον controller, ο οποίος παίρνει

δεδομένα τοποθεσίας μέσω GPS και μέσω GSM Module αποστέλλονται στον κεντρικό server του συστήματος. Στην συνέχεια ο controller βρίσκει το πλησιέστερο ασθενοφόρο μέσω του GPS του και μέσω πάλι GSM το ειδοποιεί για το ατύχημα και στέλνει την πλησιέστερη διαδρομή προς το συμβάν αλλά και την πιο σύντομη από συμβάν μέχρι το πλησιέστερο νοσοκομείο. Ακόμα δίνει στο ασθενοφόρο ελεύθερη διαδρομή μέχρι το νοσοκομείο. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω RF Transmitter-Receiver και επικοινωνίας μεταξύ διαχείρισης και ασθενοφόρου ώστε όταν αυτό πλησιάσει 100 μέτρα από το οποιοδήποτε φανάρι αυτό να μετατραπεί σε «πράσινο» ώστε να υπάρξει η ελεύθερη διαδρομή και η έγκαιρη προσέλευση στο νοσοκομείο (Moje, Kumbhar, Shinde, & Korke, 2016).

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα εργασία παρουσιάσαμε περιπτώσεις εφαρμογής των χαρακτηριστικών ασύρματων δικτύων αισθητήρων στο τομέα της ιατρικής. Είναι σίγουρα φανερό ότι τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων μπορούν να χρησιμοποιηθούν ευρέως στις εφαρμογές υγειονομικής περίθαλψης και ότι ο συγκεκριμένος ερευνητικός τομέας βρίσκεται σε φάση υψηλής δραστηριότητας. Αναλύσαμε περιπτώσεις ανάπτυξης ασύρματων προσωπικών δικτύων (Personal Area Networks και Body Area Networks), τα οποία κάνοντας χρήση τεχνολογιών μικρής εμβέλειας, όπως του πρωτοκόλλου Bluetooth και του ανερχόμενου πρωτοκόλλου Zigbee, έχουν γνωρίσει σημαντική άνθηση.

Η αξιοποίηση των τεχνολογιών αυτών για την ανάπτυξη ασύρματων δικτύων αισθητήρων έχει χρησιμοποιηθεί για την παροχή υπηρεσιών κατ' οίκον περίθαλψης, την παρακολούθηση και την διαχείριση ασθενών με αναπνευστικά και καρδιαγγειακά προβλήματα, ακόμη και ασθενών με κινητικά προβλήματα. Ο εφοδιασμός κάθε ασθενή σε ένα νοσοκομείο ή κλινική με μικρούς, φορητούς αισθητήρες για καταγραφή βασικών παραμέτρων διευκολύνει τους γιατρούς και το νοσηλευτικό προσωπικό να παρακολουθούν συνεχώς την κατάσταση του ασθενή απομακρυσμένα, χωρίς απαραίτητα να έχουν άμεση επαφή, επεμβαίνοντας εγκαίρως όπου αυτό απαιτείται. Στην πιθανή περίπτωση έκτακτης ανάγκης ή ενός σοβαρού περιστατικού, η ίδια η τεχνολογία αποτελεί το απόλυτο εργαλείο των ιατρών, έτσι ώστε να προσφέρουν την πολύτιμη βοήθειά τους σε ένα πιθανώς μεγαλύτερο αριθμό πασχόντων. Εκτός αυτού, σε επείγουσες καταστάσεις ανακοπής καρδιάς ή διακοπής αναπνοής, αποστέλλονται άμεσες ειδοποιήσεις αλλαγής της κατάστασης του ασθενούς με σκοπό την άμεση ανταπόκριση των θεραπειών (Aguirre, et al., 2016).

Όλες αυτές οι πρωτότυπες εφαρμογές ασύρματων δικτύων αισθητήρων είναι ικανές να μειώσουν στο ελάχιστο την πιθανότητα εκδήλωσης ασθενειών, αυξάνοντας την αποδοτικότητα των ιατρών με παράλληλη μείωση των δαπανών στην υγειονομική περίθαλψη. Στο γεγονός αυτό συντελεί και η ανάπτυξη ενός συστήματος ασύρματων επικοινωνιών και φορέσιμων τεχνολογιών με στόχο την ελαχιστοποίηση του βάρους και του μεγέθους των αισθητήρων, έτσι ώστε να επιτύχουμε πλήρη αποδοχή από τους χρήστες και παράλληλα αδιάκοπη συνδεσιμότητα, αξιοπιστία, ενοποίηση συστήματος και μηδενική ενόχληση.

Παρόλη την θετική επίδραση των ασύρματων δικτύων στον τομέα της υγείας, η εισαγωγή της κινητής τεχνολογίας μέσα στα νοσοκομεία όπλισε μεν τους ιατρούς με περισσότερα εργαλεία, οδήγησε όμως σε μια υπερφόρτωση από δεδομένα τεχνολογίας, τα οποία αποτελούν, αδιαμφισβήτητα, ένα σημαντικό εμπόδιο για την σωστή εκτέλεση των καθηκόντων τους. Εκτός αυτού, παρατηρείται συχνά το γεγονός, η χρήση των συγκεκριμένων εφαρμογών να προκαλεί ανησυχία σχετικά με την ιδιωτικότητα και την ασφάλεια των στοιχείων των ασθενών. Σίγουρα, οι περισσότερες από τις εξελιγμένες συσκευές χρησιμοποιούν ασφαλείς μεθόδους μετάδοσης πληροφοριών και επικοινωνίας. Παρόλα αυτά, θεωρείται πολύ πιθανό να αντιμετωπίσουν περιστατικά επίθεσης από 'χακερ' (Sutner, 2015).

Βρισκόμαστε σε μια χώρα με πολλές ακριτικές περιοχές και νησιά, είναι δύσκολο, δαπανηρό και χρονοβόρο να αναπτυχθούν δομές δημόσιας υγείας και νοσοκομειακής περίθαλψης. Στο σημείο αυτό, κρίνεται σκόπιμη η εφαρμογή των παραπάνω συστημάτων και δυνατοτήτων αυτής της τεχνολογίας για την απομακρυσμένη παρακολούθηση, διάγνωση με σκοπό την αποφυγή έκτακτων ιατρικών περιστατικών και καταστάσεων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Wikipedia*. (2016, Μάιος 9). Ανάκτηση από https://en.wikipedia.org/wiki/Internet_of_Things
- Aguirre, E., Led, S., Lopez-Iturri, P., Azpilicueta, L., Serrano, L., & Falcone, F. (2016, Μάρτιος 1). Implementation of Context Aware e-Health Environments Based on Social Sensor Networks. *Sensors 2016*.
- Aminian, M., & Naji, H. R. (2013). *A Hospital Healthcare Monitoring System Using Wireless Sensor Networks*. Health & Medical Informatics.
- António Pereira, Nelson Nunes, Nelson Nunes, Nuno Costa, Hugo Fernandes, & João Barroso. (2015). *Blind Guide: an ultrasound sensor-based body area network for guiding blind people*. 6th International Conference on Software Development and Technologies for Enhancing Accessibility and Fighting Infoexclusion. Elsevier B.
- inflibnet*. (n.d.). Retrieved from http://shodhganga.inflibnet.ac.in/bitstream/10603/35507/6/06_chapter%201.pdf
- Jassas, M. S., Qasem, A. A., & Mahmoud, Q. H. (2015, Μάιος 3). A Smart System Connecting e-Health Sensors and the Cloud. Halifax, Canada.
- Jyothilakshmi, P., Dr. Rekha, K. R., & Dr. Nataraj, K. R. (2016). *Patient Assistance System in a Super Speciality Hospital using a Kinect Sensor Camera*. International Conference on Electrical, Electronics, and Optimization Techniques (ICEEOT) - 2016.
- Kakria, P., Tripathi, N. K., & Kitipawang, P. (2015). *A Real-Time Health Monitoring System for Remote Cardiac*. Hindawi Publishing Corporation.
- Lal, A., & Kulkarni, G. A. (2016). *A Review of Wireless sensor networks System for monitoring of Asthma Trigger Factors*. International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering.
- Lo, B. P., Thiemjarus, S., King, R., & Yang, G.-Z. (n.d.). *BODY SENSOR NETWORK – A WIRELESS SENSOR PLATFORM FOR PERVASIVE HEALTHCARE MONITORING*. Imperial College London, South Kensington Campus, Department of Computing, London, United Kingdom.
- Moje, P. R., Kumbhar, A., Shinde, R., & Korke, S. (2016). *Automatic Ambulance Rescue System*. INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATIVE RESEARCH IN ELECTRICAL, ELECTRONICS, INSTRUMENTATION AND CONTROL ENGINEERING.
- Pansiot, J., Stoyanov, D., McIlwraith, D., Lo, B. P., & Yang, G. Z. (n.d.). *Ambient and Wearable Sensor Fusion for Activity Recognition in Healthcare Monitoring*

Systems. Aachen University. Germany: 4th International Workshop on Wearable and Implantable Body Sensor Networks .

Song, A., Si, G., & Jiang, X. (2015). *Remote monitoring system based on ZigBee wireless sensor network*. Northeastern University at Qinhuangdao, School of Control Engineering. Qinhuangdao, China: Atlantis Press.

Sutner, S. (2015, Μάρτιος 4). *techtarget*. Retrieved from internetofthingsagenda.techtarget: <http://internetofthingsagenda.techtarget.com/news/2240241712/Internet-of-Things-applications-moving-into-healthcare>

techtarget. (n.d.). Retrieved 2016, from searchhealthit: <http://searchhealthit.techtarget.com/essentialguide/A-guide-to-healthcare-IoT-possibilities-and-obstacles>

Torres, R. L., Visvanathan, R., Hoskins, S., Hengel, A. v., & Ranasinghe, D. C. (2016, Απρίλιος 15). Effectiveness of a Batteryless and Wireless Wearable Sensor System for Identifying Bed and Chair Exits in Healthy Older People. *Sensors*.

wikipedia. (2016, Μάιος 4). Retrieved from https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CF%83%CF%8D%CF%81%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%BF_%CE%B4%CE%AF%CE%BA%CF%84%CF%85%CE%BF_%CE%B1%CE%B9%CF%83%CE%B8%CE%B7%CF%84%CE%AE%CF%81%CF%89%CE%BD

Μακρή, X. A. (2011). *Μελέτη Συνόπαρξης Ασύρματων Δικτύων Αισθητήρων και Δικτύων Wi-Fi σε Πραγματικό Περιβάλλον*. ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ, ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ ΤΟΜΕΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΛΙΚΩΝ, Αθήνα.

Πολύζος, Γ. (2015, Οκτώβριος 27). Η εποχή του Internet of Things. naftemporiki.gr.