



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ Τ.Ε

**Διερεύνηση κεραιών για έξυπνες
εφαρμογές (Smart Health) ενδο-
σωματικών δικτύων (Body Area Networks)**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΟΥ

ΓΕΩΡΓΙΟΥ Α. ΣΤΥΛΙΑΝΟΥ

A.M. 2010222

Επιβλέπων Καθηγητής : Δρ. Θεόφιλος Χρυσικός

Σπάρτη, Σεπτέμβριος 2018



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ Τ.Ε

"Με πλήρη επίγνωση των συνεπειών του νόμου περί πνευματικών δικαιωμάτων, δηλώνω ενυπογράφως ότι είμαι αποκλειστικός συγγραφέας της παρούσας Πτυχιακής Εργασίας, για την ολοκλήρωση της οποίας κάθε βοήθεια είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται λεπτομερώς στην εργασία αυτή. Έχω αναφέρει πλήρως και με σαφείς αναφορές, όλες τις πηγές χρήσης δεδομένων, απόψεων, θέσεων και προτάσεων, ιδεών και λεκτικών αναφορών, είτε κατά κυριολεξία είτε βάση επιστημονικής παράφρασης. Αναλαμβάνω την προσωπική και ατομική ευθύνη ότι σε περίπτωση αποτυχίας στην υλοποίηση των ανωτέρω δηλωθέντων στοιχείων, είμαι υπόλογος έναντι λογοκλοπής, γεγονός που σημαίνει αποτυχία στην Πτυχιακή μου Εργασία και κατά συνέπεια αποτυχία απόκτησης του Τίτλου Σπουδών, πέραν των λοιπών συνεπειών του νόμου περί πνευματικών δικαιωμάτων. Δηλώνω, συνεπώς, ότι αυτή η Πτυχιακή Εργασία προετοιμάστηκε και ολοκληρώθηκε από εμένα προσωπικά και αποκλειστικά και ότι, αναλαμβάνω πλήρως όλες τις συνέπειες του νόμου στην περίπτωση κατά την οποία αποδειχθεί, διαχρονικά, ότι η εργασία αυτή ή τμήμα της δε μου ανήκει διότι είναι προϊόν λογοκλοπής άλλης πνευματικής ιδιοκτησίας."

Όνομα και Επώνυμο Συγγραφέα (Με Κεφαλαία):

Υπογραφή (Ολογράφως, χωρίς μονογραφή):

Ημερομηνία (Ημέρα – Μήνας – Έτος):

Πρόλογος

Η πτυχιακή εργασία που ακολουθεί εξετάζει τον τρόπο με τον οποίο η πρόσφατη τεχνολογία της ασύρματης επικοινωνίας θέτει τις βάσεις για δημιουργία και εξέλιξη ευρηματικών εφαρμογών στον ιατρικό τομέα που μας οδηγούν στην «έξυπνη υγεία». Από την πρώτη γενιά συσκευών ασύρματης επικοινωνίας wlan έχουμε περάσει σε τεχνολογίες spread spectrum, WBAN, σε έξυπνες συσκευές, στην τηλειατρική και έχουμε φτάσει στην έξυπνη και κινητή υγεία. Καταγράφονται οι βασικές θεωρητικές έννοιες της ασύρματης επικοινωνίας και μετάδοσης, της τηλειατρικής και η μετάβαση τους στην κινητή υγεία. Η μεγαλύτερη σήμερα πρόκληση της ασύρματης τεχνολογίας στον τομέα της υγείας είναι το ασύρματο δίκτυο του ανθρώπινου σώματος (WBAN). Μελετώνται τα βασικά στοιχεία και οι εφαρμογές του και παρουσιάζεται το διεθνές πρότυπο IEEE 802.15.6. Τέλος παρουσιάζεται πλατφόρμα WHEAMO, μία νέα ευρηματική πλατφόρμα στον χώρο του «e-health», η οποία στοχεύει να δώσει μακροπρόθεσμη λύση στο πρόβλημα παρακολούθησης, εντοπισμού και καταγραφής σε πραγματικό χρόνο των σοβαρών προβλημάτων υγείας που σχετίζονται με το πάγκρεας και αναλύεται η αρχιτεκτονική δομή της.

Contents

1. Ασύρματες επικοινωνίες και «έξυπνη υγεία»	6
1.1. Ασύρματα δίκτυα και επικοινωνίες	6
1.2. Έξυπνη υγεία.....	11
2. Βασικές αρχές μοντελοποίησης καναλιών και ασύρματων επικοινωνιών....	15
2.1. Ασύρματη επικοινωνία	15
2.2. Βασικές αρχές ασύρματης μετάδοσης.....	19
3. Έξυπνη Υγεία: Από την Τηλεϊατρική στην «κινητή υγεία» (m-HEALTH)	22
3.1. Ορισμός Τηλεϊατρικής.....	22
3.2. Κινητή Υγεία (m-Health) και κατηγορίες.....	23
3.3. Η μετάβαση από την Τηλεϊατρική στο m-HEALTH και οι προκλήσεις στο σύστημα υγείας	25
3.4. IoT και Έξυπνη υγεία.....	28
4. Ασύρματο δίκτυο ανθρωπίνου σώματος	31
4.1. Ορισμός	31
4.2. Η ανάπτυξη του WBAN.....	32
4.3. Το IEEE 802.15.6 BAN.....	34
4.4. Βασικά Στοιχεία και Εφαρμογές του WBAN	36
5. ΚΕΡΑΙΕΣ ΣΤΑ ΕΝΔΟΣΩΜΑΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ.....	42
5.1 ΕΛΑΧΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ	43
5.2 ΘΕΜΑΤΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ.....	44
5.3 ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΑΣΥΡΜΑΤΗΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ	45
5.4 ΘΕΜΑΤΑ ΒΙΟΣΥΜΒΑΤΟΤΗΤΑΣ.....	45
5.5 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΜΕΤΡΗΣΗ ΕΜΦΥΤΕΥΣΙΜΗΣ ΚΕΡΑΙΑΣ.....	45
5.6 ΕΜΦΥΤΕΥΣΗ ΚΕΡΑΙΩΝ ΣΤΟ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟ ΣΩΜΑ	46
6. On-line παρακολούθηση και εντοπισμός θεμάτων υγείας που σχετίζονται με το Πάγκρεας.....	48
6.1. Εισαγωγή	48
6.2. Πλατφόρμα WHEAMO.....	48
6.3. Αρχιτεκτονική του συστήματος	51
Συζήτηση - Συμπεράσματα	54
Βιβλιογραφικές Αναφορές	57

1. Ασύρματες επικοινωνίες και «έξυπνη υγεία»

1.1. Ασύρματα δίκτυα και επικοινωνίες

Με την ταχύτητα ανάπτυξης των προτύπων IEEE και την γιγάντωση της βιομηχανίας κατασκευαστών αντίστοιχων συσκευών, κρίθηκε αναγκαία η διασφάλιση της συμβατότητας μεταξύ των διάφορων συσκευών για την προστασία του αγοραστή. Έτσι το 1999 ιδρύθηκε η WECA (Wireless Ethernet Compatibility Alliance), ένας μη κερδοσκοπικός οργανισμός που σκοπό έχει την πιστοποίηση ασύρματων 802.11 συσκευών. Σε αυτό τον οργανισμό συμμετέχουν κατασκευαστές ολοκληρωμένων κυκλωμάτων, παροχής υπηρεσιών WLAN, κατασκευαστές υπολογιστών, κατασκευαστές λογισμικού κ.α. Μερικές από τις εταιρίες που μετέχουν είναι οι 3Com, Aironet, Apple, Breezecom, Compaq, Dell, Fujitsu, IBM, Lucent Technologies, Nokia, Samsung, Symbol Technologies, Zoom (Baek, 2012).

Η ένωση αυτή επινόησε μία σειρά από δοκιμές προκειμένου να πιστοποιηθεί η συμβατότητα των IEEE προϊόντων. Οι συσκευές οι οποίες κατάφεραν να περάσουν με επιτυχία από αυτές τις δοκιμές, αποκτούσαν το λογότυπο Wi-Fi (Wireless Fidelity). Το λογότυπο αυτό αποτελεί κατά συνέπεια μία πιστοποίηση για τον υποψήφιο αγοραστή μιας συσκευής και μία εγγύηση για την επένδυση του. Ο καταναλωτής αγοράζοντας μία συσκευή με το λογότυπο αυτό, έχει την εγγύηση ότι η συσκευή θα συνεργαστεί με οποιαδήποτε άλλη συσκευή φέρει επίσης το λογότυπο (Muhammad, 2017).

Ως ασύρματο τοπικό δίκτυο (WLAN) ορίζεται ένα σύστημα επικοινωνίας μέσω ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων ανάμεσα σε σταθερούς ή κινητούς χρήστες επιτρέποντας την μεταξύ τους διασύνδεση και ανταλλαγή δεδομένων. Η πρώτη γενιά συσκευών WLAN με τη χαμηλή ταχύτητα

διάδοσης και την έλλειψη προτύπων δεν ήταν ιδιαίτερα διαδεδομένη. Όμως τα σύγχρονα συστήματα είναι δυνατόν να μεταφέρουν δεδομένα σε αποδεκτές ταχύτητες. Επίσης, νέες συσκευές και προϊόντα ασύρματης πρόσβασης βασιζόμενα σε τεχνολογίες spread spectrum ραδιοφωνικά κύματα, υπέρυθρες ακτίνες, κυψελοειδείς και δορυφορικές επικοινωνίες, είναι πια πραγματικότητα (Baek, 2012).

Σήμερα υπάρχει στην αγορά ένας τεράστιος αριθμός από νέες συσκευές και προϊόντα ασύρματης επικοινωνίας που βασίζονται σε νέες τεχνολογίες και πρότυπα. Τα τελευταία χρόνια οι κινητοί υπολογιστές, οι οποίοι ενσωματώνουν τεχνολογία ασύρματης πρόσβασης, είναι διαθέσιμοι για το ευρύ κοινό, αφού έχουν πλέον χαμηλό κόστος, ικανοποιητική υπολογιστική ισχύ και ποιότητα υπηρεσιών παρόμοια με τους σταθερούς υπολογιστές (Abbasi et al., 2014).

Μερικά από τα κυριότερα πλεονεκτήματα των ασύρματων τοπικών δικτύων είναι τα εξής (Rappaport, 2002):

- Ευκολία (Convenience): Η ασύρματη φύση αυτών των δικτύων επιτρέπει στους χρήστες να έχουν πρόσβαση στους πόρους ενός δικτύου, από σχεδόν οποιαδήποτε τοποθεσία χωρίς να πρέπει να βρίσκονται στο σπίτι ή στο γραφείο. Με την αύξηση της χρήσης φορητών υπολογιστών, αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό.
- Κινητικότητα (mobility): Τα WLAN παρέχουν τη δυνατότητα στους χρήστες για πρόσβαση σε πληροφορίες ενώ βρίσκονται σε κίνηση. Αυτή η ευχέρεια στην κίνηση υποστηρίζει την παραγωγικότητα και τις ευκαιρίες για εξυπηρέτηση οι οποίες δεν είναι δυνατές με ενσύρματα δίκτυα. Οι εφαρμογές που στηρίζονται στην κινητικότητα κατά τη χρήση συσκευών σε ένα WLAN συμπεριλαμβάνουν και αυτές που στηρίζονται στην πρόσβαση δεδομένων σε πραγματικό

χρόνο-τα οποία είναι συνήθως υποθηκευμένα σε βάσεις δεδομένων. Μία τέτοια εφαρμογή συναντάμε στους αγώνες ταχύτητας. Τα αυτοκίνητα έχουν σύνθετα συστήματα επεξεργασίας που παρακολουθούν και ελέγχουν τα διάφορα όργανα που βρίσκονται στο αυτοκίνητο. Όταν το αυτοκίνητο περνάει μπροστά από τη βάση της ομάδας στα pit, οι πληροφορίες αυτές φορτώνονται στον κεντρικό υπολογιστή, καθιστώντας ικανή μια ανάλυση σε πραγματικό χρόνο της επίδοσης του αυτοκινήτου.

- Ταχύτητα και ευελιξία εγκατάστασης: Η εγκατάσταση ενός WLAN εξαλείφει την ανάγκη της χρήσης των καλωδίων η οποία απαιτεί συνήθως κόπο και χρόνο, ενώ η ασύρματη τεχνολογία επιτρέπει τη διασύνδεση δικτύων η οποία υπό άλλες συνθήκες θα ήταν αδύνατη. Μακροπρόθεσμα, η εγκατάσταση, η αναβάθμιση και το κόστος συντήρησης των συστημάτων WLAN, τα καθιστούν μια οικονομικότερη λύση. Υπάρχουν και μερικά περιβάλλοντα στα οποία τα ασύρματα τοπικά δίκτυα αποτελούν καλύτερη λύση από ένα δίκτυο με καλώδιο. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν (Baig, 2013):
 - Περιβάλλοντα μεγάλων εκτάσεων, όπως οι χώροι παραγωγής ενός εργοστασίου ή μιας αποθήκης.
 - Πολύ παλιά κτίρια, στα οποία είτε απαγορεύεται η οποιαδήποτε τροποποίηση των κτιριακών εγκαταστάσεων, είτε η καλωδίωση είναι ανεπαρκής ή ανύπαρκτη.
 - Μικρά γραφεία, όπου η εγκατάσταση και η συντήρηση ενός ενσύρματου δικτύου δεν είναι οικονομική. Μειωμένο κόστος χρήσης: Παρότι η αρχική επένδυση για ένα εξοπλισμό WLAN μπορεί να είναι υψηλότερη από μια ενσύρματη σύνδεση, το συνολικό κόστος λειτουργίας μπορεί να είναι σημαντικά χαμηλότερο, καθώς

μακροπρόθεσμα τα κέρδη είναι μεγαλύτερα σε περιβάλλοντα όπου απαιτούνται πολλές μετακινήσεις.

- Συμβατότητα: Τα ασύρματα δίκτυα διαφοροποιούνται για να ικανοποιήσουν τις ανάγκες συγκεκριμένων εγκαταστάσεων και εφαρμογών. Οι διαμορφώσεις αλλάζουν εύκολα από μικρά δίκτυα κατάλληλα για έναν μικρό αριθμό χρηστών σε πλήρως ανεπτυγμένα δίκτυα που καλύπτουν εκατοντάδες χρήστες.
- Διασύνδεση: Μια άλλη περίπτωση της διεύρυνσης είναι και η διασύνδεση δυο ή παραπάνω αυτόνομων τοπικών δικτύων που βρίσκονται σε διαφορετικούς χώρους. Για παράδειγμα αν είναι δύσκολο να χρησιμοποιήσουμε οπτικές ίνες για να ενώσουμε δίκτυα σε διαφορετικά κτίρια (λόγω εδάφους, κόστους, αδειών κ.τ.λ.) συμφέρει να χρησιμοποιήσουμε ασύρματη ζεύξη. Στην περίπτωση αυτή, χρησιμοποιείται μια ασύρματη σύνδεση από σημείο-σε-σημείο (wireless point-to-point link) μεταξύ των δύο κτιρίων (Muhammad, 2017).

Η χρήση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων (ραδιοκυμάτων και υπέρυθρης ακτινοβολίας) για την μεταφορά πληροφορίας κάνουν τα ασύρματα δίκτυα ευπρόσβλητα σε πολλά φαινόμενα παρεμβολής, τα οποία αλλοιώνουν την επικοινωνία των χρηστών. Τα κυριότερα από αυτά τα προβλήματα αναφέρονται στη συνέχεια (Baek, 2012):

- Παρεμβολή λόγω πολλαπλών διαδρομών: Σήματα που μεταδίδονται είναι δυνατόν να συνδυαστούν με ανακλώμενα σήματα από επιφάνειες ή εμπόδια που βρίσκονται στην ευθεία μετάδοσης του σήματος.

- Path loss: Οι απώλειες που μπορεί να έχουμε σε μια ασύρματη επικοινωνία από το «path loss» εξαρτώνται άμεσα από την ύπαρξη ή μη οπτικής επαφής (LOS: Line Of Sight)
- Παρεμβολές ραδιοσημάτων: Οι παρεμβολές από ραδιοσήματα (Radio Signal Interfernece) διαχωρίζονται σε Εσωτερικές (inward) και Εξωτερικές (outward).
- Διαχείριση ενέργειας: Θα πρέπει να επιλέγονται προϊόντα για σωστή διαχείριση ενέργειας, ώστε να μεγιστοποιείται η αυτονομία του δικτύου.
- Ασυμβατότητα συστημάτων: Για το στήσιμο ενός WLAN θα πρέπει να λάβουμε υπόψη και την ασυμβατότητα μεταξύ προϊόντων διαφορετικών κατασκευαστών.
- Προστασία της υγείας των γρηστών: Τα ασύρματα LAN που χρησιμοποιούν την τεχνική μετάδοσης με υπέρυθρες ακτίνες, θα πρέπει να περιορίζουν την ισχύ του εκπεμπόμενου σήματος στο ανώτερο όριο των 2 Watts, για να αποφευχθούν προβλήματα υγείας

Μερικοί από τους χώρους στους οποίους μπορούμε να δούμε θετικά αποτελέσματα με τη χρήση των ασύρματων δικτύων είναι οι παρακάτω (Rappaport, 2002):

- ✓ Επιχειρήσεις: Μέσω της ασύρματης πρόσβασης, οι εργαζόμενοι σε μια επιχείρηση μπορούν να χρησιμοποιήσουν το κινητό δίκτυο για πρόσβαση σε e-mail, σε αρχεία και αναζήτηση στο Internet, ανεξάρτητα από την περιοχή που βρίσκεται το γραφείο.
- ✓ Εκπαίδευση: Σε ακαδημαϊκούς χώρους οι φοιτητές έχουν πρόσβαση μέσω κινητών υπολογιστών σε πανεπιστημιακό δίκτυο ενώ εφαρμόζεται εύκολα και η τηλεεκπαίδευση.

- ✓ Υγεία: Οι εργαζόμενοι σε φορείς υγείας εκμεταλλεύονται τις υπηρεσίες ασύρματης πρόσβασης για την αναβάθμιση της εργασίας τους και την φροντίδα των ασθενών τους, καθώς περιορίζονται προβλήματα που σχετίζονται με τη γραφειοκρατία.

Στην παρούσα εργασία θα επικεντρωθούμε, όμως, αποκλειστικά στον τομέα της υγείας και τις εφαρμογές των ασύρματων επικοινωνιών που δημιουργούν τελικά τη λεγόμενη «έξυπνη υγεία» (smart health) (Muhammad, 2017).

1.2. Έξυπνη υγεία

Τα τελευταία χρόνια οι εφαρμογές για έξυπνες συσκευές λαμβάνουν μια ραγδαία αποδοχή από έναν συνεχώς αυξανόμενο αριθμό πληθυσμού, γεγονός που οφείλεται στην ταχεία εξάπλωση των έξυπνων συσκευών, και ιδιαίτερα των έξυπνων κινητών τηλεφώνων (smartphones). Η σύγχρονη αυτή τεχνολογία, που υποστηρίζεται από ένα σύνολο πλατφόρμων, δύναται να προσφέρει ενδιαφέρουσες διευκολύνσεις για τους τομείς της Υγείας και της Ιατρικής (Baig, 2013).

Η αυξημένη υιοθέτηση της κινητής τεχνολογίας επιτρέπει την περαιτέρω διεύρυνση των εφαρμογών έξυπνων συσκευών στον χώρο της ηλεκτρονικής υγείας (eHealth). Συγκεκριμένα, οι εφαρμογές που πραγματεύονται θέματα υγείας και ιατρικής ανήκουν στο πεδίο της «κινητής» υγείας (mHealth). Διαφαίνεται λοιπόν, ότι η οντότητα mHealth εντάσσεται στον χώρο της ηλεκτρονικής υγείας ως υποσύνολό της (Baek, 2012).

Οι εφαρμογές υγείας ή ιατρικές εφαρμογές, χρησιμοποιούν πολλαπλές λειτουργίες και δυνατότητες ενός έξυπνου τηλεφώνου, όπως για παράδειγμα, η αποστολή και λήψη μηνυμάτων και ειδοποιήσεων, η

αξιοποίηση λειτουργιών των κινητών τηλεπικοινωνιών ή η τοπική αποθήκευση ιατρικών δεδομένων.

Ήδη, είναι διαθέσιμος ένας μεγάλος αριθμός τέτοιων εφαρμογών που απευθύνονται σε πολλαπλές κατηγορίες χρηστών και έχουν σχεδιαστεί με σκοπό να ανταποκριθούν και να λειτουργούν επικουρικά σε ένα σύνολο διαφορετικών κλινικών περιπτώσεων. Οι εφαρμογές αυτές χρησιμοποιούν περιορισμένους πόρους οι οποίοι μπορούν να παρέχονται από κινητές συσκευές σε αντίθεση με υπερκαταναλωτικές ιατρικές εφαρμογές των οποίων η λειτουργία απαιτεί σταθερά υπολογιστικά συστήματα (Solanas, 2014).

Παρατηρείται μάλιστα ότι, συνεχώς και περισσότεροι ιατροί και επιστήμονες του χώρου της Υγείας εγκαθιστούν εφαρμογές έξυπνης υγείας στα προσωπικά τους κινητά τηλέφωνα οι οποίες τους επιτρέπουν την εξ αποστάσεως παρακολούθηση ή διαχείριση ιατρικών δεδομένων και μια πληθώρα παράλληλων άλλων λειτουργιών. Ταυτόχρονα, πολλοί ασθενείς επωφελούνται ήδη από τη χρήση των εφαρμογών έξυπνης υγείας οι οποίες τους διευκολύνουν να βελτιώσουν την ποιότητας της ζωής και της υγείας τους (Abbasi et al., 2014).

Η ραγδαία εξάπλωση των κινητών συσκευών προσφέρει μια άνευ προηγουμένου ευκαιρία παροχής ιατρικής υποστήριξης σε άτομα που έχουν ανάγκη σε οποιονδήποτε χώρο και χρόνο. Οι σημερινές εφαρμογές έξυπνης υγείας καλύπτουν ένα μεγάλο εύρος ιατρικών περιπτώσεων. Σύμφωνα με εκτιμήσεις, οι εφαρμογές έξυπνης υγείας που ήταν διαθέσιμες το 2014 στα ηλεκτρονικά καταστήματα διάθεσης εφαρμογών των εταιρειών Apple και Google, App Store και Google Play αντίστοιχα, έφτασαν τις 100.000. (Baig, 2013).

Οι εφαρμογές αυτές επεκτείνονται σε έναν ευρύ άξονα ιατρικών περιπτώσεων ο οποίος μπορεί να έχει ως αφετηρία βασικές εφαρμογές έξυπνης υγείας που εξυπηρετούν απλές ανάγκες ενός ατόμου, όπως η υπενθύμιση λήψης μιας ιατροφαρμακευτικής ουσίας με τη μορφή μιας ειδοποίησης. Εναλλακτικά, εφαρμογές έξυπνης υγείας μπορούν να ανταποκριθούν σε σημαντικά πιο σύνθετες λειτουργίες όπως η λήψη και καταγραφή ζωτικών σημάτων σε πραγματικό χρόνο με την βοήθεια πρόσθετου ιατροτεχνολογικού εξοπλισμού που συνδέεται ενσύρματα ή ασύρματα στην έξυπνη συσκευή, η προσπέλαση - ή ακόμα και τοπική αποθήκευση - ιατρικών δεδομένων, ή η επικουρική συμμετοχή τους σε συστήματα υποστήριξης λήψης κλινικών αποφάσεων (Solanas, 2014).

Η βασική κατηγοριοποίηση που λαμβάνουν οι εφαρμογές έξυπνης υγείας στα ηλεκτρονικά καταστήματα μέχρι σήμερα περιορίζεται σε δυο μόνο κατηγορίες, την κατηγορία “Medical” και την κατηγορία “Health and Fitness”, χωρίς να υπάρχει σαφής διάκριση στα χαρακτηριστικά των εφαρμογών που εντάσσονται σε καθεμιά από τις προαναφερθείσες κατηγορίες (Baig, 2013).

Πολλές από τις εφαρμογές έξυπνης υγείας λειτουργούν σε συνδυασμό με την προσάρτηση πρόσθετων ιατροτεχνολογικών εξαρτημάτων τα οποία φέρουν εξειδικευμένους τύπους αισθητήρων ούτως ώστε να διεξάγουν τις απαραίτητες μετρήσεις ζωτικών σημάτων. Για παράδειγμα, έχουν αναπτυχθεί εφαρμογές οι οποίες συνοδεύονται από ένα σύνολο ηλεκτροδίων κατάλληλων για χρήση σε ηλεκτροκαρδιογράφημα (ΗΚΓ) και ο συνδυασμός τους αποτελεί ένα πιστοποιημένο μετρητικό όργανο ικανό να ανταποκριθεί με ακρίβεια σε περιβάλλοντα εκτός των ιατρικών χώρων (Solanas, 2014).

Ασθενείς που πάσχουν από διαβήτη μπορούν να συνδέσουν και να συγχρονίσουν την κινητή συσκευή τους με έναν μετρητή σακχάρου αίματος

ο οποίος σε συνδυασμό με την κατάλληλη εφαρμογή θα είναι ικανός να παρακολουθεί τα επίπεδα γλυκόζης στο αίμα καταγράφοντάς τα ή αποστέλλοντας τα στον θεράποντα ιατρό μέσω μιας τυπικής σύνδεσης στο διαδίκτυο. Γενικότερα, οι εφαρμογές που συνοδεύονται από επιπλέον ιατροτεχνολογικό εξοπλισμό ποικίλουν (Baek, 2012).

Σε μια έξυπνη κινητή συσκευή μπορούν να προσαρτηθούν συσκευές που μπορούν να λαμβάνουν τυπικά ζωτικά σήματα όπως η θερμοκρασία, μετατρέποντας την έξυπνη συσκευή σε θερμόμετρο, ή να προσαρτηθούν σε αυτή εξειδικευμένα ιατρικά όργανα όπως ένα σύγχρονο οφθαλμοσκόπιο. Είναι προφανές ότι η χρήση τέτοιων εφαρμογών και του συνοδευτικού εξοπλισμού τους πρέπει να χαρακτηρίζεται από ασφάλεια και αξιοπιστία. Για αυτόν τον λόγο πολλές εφαρμογές καλούνται να αξιολογηθούν από οργανισμούς αξιολόγησης και εφόσον υπακούσουν στους εκάστοτε κανονισμούς που έχουν θεσπιστεί για τον ιατροτεχνολογικό εξοπλισμό να εντάσσονται σε αυτόν με επιτυχία (Solanas, 2014).

2. Βασικές αρχές μοντελοποίησης καναλιών και ασύρματων επικοινωνιών

2.1. Ασύρματη επικοινωνία

Στο κεφάλαιο αυτό καταγράφονται βασικές θεωρητικές έννοιες όπου περιγράφονται τα διάφορα προβλήματα διάδοσης, δίδοντας μια σύντομη περιγραφή των φυσικών φαινομένων που εμπλέκονται. Στη συνέχεια, αφού παρουσιαστούν τα τρία φαινόμενα, τα οποία επηρεάζουν τη διάδοση του ασύρματου τηλεπικοινωνιακού σήματος, αναλύονται οι διαλείψεις μικρής και μεγάλης κλίμακας και παρατίθενται στατιστικά μοντέλα, τα οποία μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε για την περιγραφή ασύρματων καναλιών αναλόγως τις συνθήκες κάτω από τις οποίες πρέπει να υφίστανται (Rappaport, 2002).

Με τον όρο ασύρματη τηλεπικοινωνία ή ραδιοζεύξεις, εννοούμε τη διάδοση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων (τα οποία μεταφέρουν τις πληροφορίες), στον χώρο υπεράνω της επιφάνειας της γης. Ένα σύστημα ασύρματης τηλεπικοινωνίας αποτελείται από τα εξής στοιχεία : τον πομπό (transmitter), τη γραμμή τροφοδοσίας (feeder) του πομπού με την κεραία εκπομπής, την κεραία εκπομπής (transmitting antenna), το χώρο διαδόσεως ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων (path), την κεραία λήψεως (receiving antenna), τη γραμμή σύνδεσης (feeder) της κεραίας λήψεως με το δέκτη, το δέκτη (receiver), τους πύργους εγκατάστασης (tower) των κεραιών (όπου κρίνεται απαραίτητο) (Pahlavan & Krishnamurthy, 2011).

Η διάδοση κατά μήκος των γραμμών τροφοδοσίας εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά των γραμμών και των συνθέτων αντιστάσεων στα άκρα τους. Η διάδοση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων από την κεραία

εκπομπής στην κεραία λήψεως εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά των κεραιών εκπομπής και λήψεως και από τις φυσικές ιδιότητες της ατμόσφαιρας όπου πραγματοποιείται η διάδοση. Πρέπει να σημειωθεί ότι κατά τη διάδοση στην ατμόσφαιρα, υφίστανται μεταβολές τόσο τα πλάτη όσο και οι φάσεις των ηλεκτρικών σημάτων. Για να μεταβιβαστεί η ηλεκτρομαγνητική ενέργεια από την κεραία εκπομπής στην κεραία λήψεως, απαιτείται η συχνότητα των ρευμάτων που πραγματοποιούν την ακτινοβολία της ενέργειας να είναι αρκετά υψηλή και μεγαλύτερη ενός ορισμένου κατώτερου ορίου, το οποίο εξαρτάται από τις διαστάσεις των κεραιών (Boulos, 2014).

Επίσης ο χώρος υπεράνω της γης θεωρείται ως ένα μέσο ενιαίο, ομοιογενές και ισότροπο, έτσι ώστε μια ηλεκτρομαγνητική διαταραχή που παράγεται σε ένα σημείο του ελεύθερου χώρου, διαδίδεται προς όλες τις κατευθύνσεις γύρω από το σημείο αυτό. Συνεπώς για να πραγματοποιήσουμε ταυτόχρονα δύο ή περισσότερες ραδιοηλεκτρικές ζεύξεις, απαιτούνται ειδικά τεχνάσματα ώστε να διακρίνουμε τα σήματα της μίας ζεύξεως από αυτά της άλλης. Οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται είναι οι εξής (Rappaport, 2002):

- ✓ χρησιμοποίηση ζωνοπερατών φίλτρων, τα οποία επιτρέπουν τη διέλευση χωρίς εξασθένιση κυματομορφών ορισμένων συχνοτήτων, ενώ εξασθενούν σημαντικά κυματομορφές άλλων συχνοτήτων. Για την πραγματοποίηση δύο ταυτόχρονων ραδιοζεύξεων, παράγονται δύο διαφορετικές φέρουσες συχνότητες και μετά την εκπομπή τους στον ελεύθερο χώρο υπάρχουν ταυτόχρονα και τα δύο ηλεκτρομαγνητικά κύματα. Έτσι, τοποθετούμε στην είσοδο του δέκτη ένα φίλτρο, το οποίο επιτρέπει τη διέλευση σημάτων της επιθυμητής συχνότητας που είναι ίση ή παραπλήσια εκείνης που παράγεται στον πομπό.

- ✓ χρησιμοποίηση κατάλληλων κατευθυντικών κεραιών εκπομπής και λήψεως. Υπάρχουν κεραιές εκπομπής, οι οποίες εκπέμπουν ισχυρά ηλεκτρομαγνητικά κύματα εντός ενός περιορισμένου κώνου, ενώ εκτός αυτού τα εκπεμπόμενα κύματα είναι τόσο εξασθενημένα που δεν επιδρούν σε άλλους δέκτες. Το ίδιο συμβαίνει και με τις κεραιές λήψεως. Η δυσκολία που προκύπτει από τον περιορισμό της ενέργειας εντός μιας προκαθορισμένης γωνίας, εξαρτάται από τις απαιτούμενες διαστάσεις των κεραιών σε συνάρτηση με τη συχνότητα του ηλεκτρομαγνητικού κύματος. Για παράδειγμα, η γωνία ακτινοβολίας μιας κεραιάς στο οριζόντιο επίπεδο, δίνεται προσεγγιστικά από τη σχέση $\alpha = 60\lambda/l$ μοίρες, όπου λ είναι το χρησιμοποιούμενο μήκος κύματος και l η οριζόντια διάσταση της κεραιάς. Έτσι, για μια στενή δέσμη ακτινοβολίας της τάξεως της 1 μοίρας, απαιτείται $l = 60\lambda$. Συνεπώς αν η χρησιμοποιούμενη συχνότητα είναι $f = 1$ MHz, τότε προκύπτει $l = 18$ Km (!), ενώ αν $f = 1$ GHz θα είναι $l = 18$ m (ισχύει $\lambda = c/f$, όπου $c = 3 \cdot 10^8$ m/s είναι η ταχύτητα του φωτός). Από τα παραπάνω προκύπτει ότι για κεραιές μεγάλης κατευθυντικότητας πρέπει να χρησιμοποιούνται οι υψηλότερες συχνότητες του φάσματος των ραδιοσυχνοτήτων.
- ✓ Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα ορισμένης συχνότητας υφίστανται ισχυρή απόσβεση κατά τη διάδοσή τους πέραν ορισμένων αποστάσεων. Έτσι είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν ηλεκτρομαγνητικά κύματα της ίδιας συχνότητας σε ταυτόχρονες ζεύξεις, σε περιοχές όμως που δεν βρίσκονται σε οπτική επαφή.

Από τα παραπάνω, προκύπτει ότι κατά τη σχεδίαση ενός συστήματος ασύρματης τηλεπικοινωνίας, θα πρέπει να ληφθούν υπόψη τα εξής:

(α) όσο υψηλότερη είναι η φέρουσα συχνότητα, τόσο μεγαλύτερο είναι το εύρος ζώνης και τόσο μικρότερες οι διαστάσεις των κεραίων για ορισμένο κέρδος (gain) των 53 κεραίων. Αυτό όμως συνεπάγεται μικρότερη απόδοση και αξιοπιστία των ενισχυτών (β) μεγάλες κεραίες, σημαίνει μεγάλο κέρδος αλλά και αύξηση του κόστους του σταθμού (γ) η τοποθέτηση κεραίων σε ψηλούς πύργους ή σε ψηλά βουνά, έχει ως αποτέλεσμα την κάλυψη μεγαλύτερων αποστάσεων αλλά και την αύξηση του κόστους κατασκευής και συντήρησης των σταθμών (δ) η πραγματοποίηση ραδιοζεύξεων με μεγάλο εύρος ζώνης είναι επιθυμητή διότι αυξάνεται η ικανότητα του συστήματος, όμως πολλές φορές μια δεύτερη παράλληλη ζεύξη μπορεί να αποτελεί μια καλύτερη οικονομικά και τεχνικά λύση (Solanas, 2014).

Η ασύρματη διάδοση καθίσταται δύσκολη τόσο σε εξωτερικές περιοχές όσο και σε εσωτερικές, λόγω των πολλών αντικειμένων που παρεμβάλλονται μεταξύ του πομπού και του δέκτη. Αυτά τα αντικείμενα έχουν σαν αποτέλεσμα την εμφάνιση διάθλασης, ανάκλασης και σκέδασης στο σήμα το οποίο εκπέμπεται.

Ανάκλαση έχουμε όταν το κύμα προσπίπτει σε αντικείμενα μεγάλων διαστάσεων. Διάθλαση όταν η περιοχή που μεσολαβεί μεταξύ πομπού και δέκτη είναι ανομοιογενής. Σε αυτή την περίπτωση το πρωτεύον κύμα στην ουσία δε φτάνει ποτέ στο δέκτη, αλλά λόγω ανακλάσεων φτάνουν δευτερεύοντα κύματα, αυτή η εκδοχή εμφανίζεται περισσότερο στην περίπτωση που πομπός και δέκτης δεν έχουν οπτική επαφή (Boulos, 2014).

Τέλος το φαινόμενο της σκέδασης εμφανίζεται, όταν τα αντικείμενα τα οποία παρεμβάλλονται μεταξύ πομπού και δέκτη είναι αρκετά μικρότερα από το μήκος κύματος, για παράδειγμα μπορούμε να σκεφτούμε τα φύλλα των δέντρων. Λόγω των παραπάνω φαινομένων δημιουργούνται τα εξής προβλήματα κατά την ασύρματη διάδοση:

- ❖ Απώλειες διαδρομής (path losses)
- ❖ Σκίαση (shadowing)
- ❖ Διαλείψεις (fading)

2.2.Βασικές αρχές ασύρματης μετάδοσης

Τα απλούστερα στατιστικά μοντέλα που εφαρμόζονται είναι τα μοντέλα Rayleigh και Rice. Εντούτοις, η ευελιξία αυτών των μοντέλων είναι πάρα πολύ περιορισμένη και συχνά μη επαρκής για ικανοποιητική προσαρμογή στα στατιστικά μεγέθη πραγματικών καναλιών που επηρεάζονται από σκίαση. Τέτοια σύνθετα περιβάλλοντα διάδοσης δημιουργούνται όταν οι διαλείψεις πολλαπλής διαδρομής συνυπάρχουν με το φαινόμενο της σκίασης. Οπότε σε αυτή την περίπτωση χρησιμοποιούμε πιο σύνθετα μοντέλα όπως το μοντέλο Nakagami (Rappaport, 2002).

Το μοντέλο του Rayleigh χρησιμοποιείται όταν έχουμε διάδοση στην τροπόσφαιρα και στην ιονόσφαιρα, αλλά κυρίως για την διάδοση σε μία αστική περιοχή με πολύ υψηλή κτιριακή δόμηση. Επίσης μια πολύ βασική προϋπόθεση για να χρησιμοποιήσουμε αυτό το μοντέλο, είναι να μην υπάρχει κυρίαρχη επιβατική ακτίνα σε ζεύξη οπτικής επαφής. Σε αυτό το μοντέλο έχουμε φαινόμενα μικρής κλίμακας διαλείψεων (Pahlavan & Krishnamurthy, 2011).

Οι διαλείψεις κατά Rice ακολουθούν ένα στοχαστικό μοντέλο που βασίζεται σε σήματα πολυόδευσης, αλλά η επιβατική ακτίνα ζεύξης οπτικής επαφής είναι η κυρίαρχη. Ένα κανάλι διαλείψεων Rice μπορεί να περιγραφεί με δύο παραμέτρους, Ω είναι ο λόγος μεταξύ της ισχύος στην άμεση διαδρομή προς την ισχύ στις άλλες διαδρομές και Ω είναι η συνολική ισχύς και από τις

δύο διαδρομές και δρα ως παράγοντας κλιμάκωσης της κατανομής. (Pahlavan & Krishnamurthy, 2011).

Για να μπορέσουμε να προσεγγίσουμε τις απώλειες, όταν έχουμε μία ασύρματη διάδοση, χρησιμοποιούμε κάποια στατιστικά μοντέλα αναλόγως την περιοχή όπου εργαζόμαστε. Αυτά τα μοντέλα έχουν δημιουργηθεί βάση αληθινών μετρήσεων στην εκάστοτε γεωγραφική περιοχή και βασίζονται στα μοντέλα διαλείψεων.

Σύμφωνα με το *Μοντέλο Ελεύθερου Χρόνου*, αν δεν ορίζονται τα χαρακτηριστικά μετάδοσης ενός καναλιού, συνήθως συμπεραίνεται ότι η εξασθένηση του σήματος με την απόσταση συμπεριφέρεται, σαν η διάδοση να πραγματοποιείται σε ιδανικό ελεύθερο χώρο. Το μοντέλο του ελεύθερου χώρου μεταχειρίζεται την περιοχή μεταξύ των κεραιών μετάδοσης και λήψης ως ελεύθερη από αντικείμενα, που μπορούν να απορροφήσουν ή να ανακλάσουν την ενέργεια ραδιοσυχνότητας (RF) (Rappaport, 2002).

Επίσης υποθέτει ότι, μέσα σε αυτήν την περιοχή, η ατμόσφαιρα συμπεριφέρεται ως τέλεια ομοιόμορφο και μη απορροφητικό μέσο. Επιπλέον, η γη αντιμετωπίζεται σαν να βρίσκεται σε άπειρη απόσταση από το μεταδιδόμενο σήμα (ή ισοδύναμα, σαν να έχει αμελητέο συντελεστή ανάκλασης). Βασικά, σε αυτό το εξιδανικευμένο μοντέλο ελεύθερου χώρου, η μείωση της ενέργειας RF μεταξύ πομπού και δέκτη συμπεριφέρεται σύμφωνα με το νόμο αντιστρόφου τετραγώνου. Η λαμβανόμενη ισχύς εκφρασμένη σε σχέση με την εκπεμπόμενη ισχύ μειώνεται από έναν παράγοντα $L_s(d)$. Αυτός ο παράγοντας, που εκφράζεται κατωτέρω, ονομάζεται απώλεια διαδρομής (path loss) ή απώλεια ελεύθερου χώρου (free space loss) και προϋποθέτει πως η κεραία λήψης είναι ιστροπική (Rappaport, 2002).

Το μοντέλο Okumura είναι για αστικές περιοχές ,δημιουργήθηκε χρησιμοποιώντας δεδομένα που συλλέχθηκαν στην πόλη του Τόκιου στην Ιαπωνία. Το μοντέλο είναι ιδανικό για χρήση σε πυκνοκατοικημένες πόλεις, αλλά όχι για πολλά ψηλά κτήρια (Pahlavan & Krishnamurthy, 2011). Το μοντέλο αυτό χρησίμευσε ως βάση για την μοντέλο Hata. Ο τύπος που το περιγράφει είναι: $L50 (dB) = LF + A(f,d) - G(ht_e) - G(hr_e) - GAREA :$

- Όπου L_f είναι η απώλεια όδευσης ελεύθερου χώρου
- $G(H_t_e)$ είναι το κέρδος της κεραίας μετάδοσης
- $G(H_r_e)$ είναι το κέρδος της κεραίας λήψης
- $GAREA$ είναι το κέρδος που οφείλεται στον τύπο του περιβάλλοντος

$H_t_e = H_t_s - H_g_o$ (H_t_s είναι το ύψος της κεραίας σταθμού βάσης και H_g_o το μέσο επίπεδο εδάφους σε μία ζώνη 3-15 km γύρω από τον πομπό του σταθμού βάσης.

- $G(ht_e) = 20 \log(ht_e/200)$ $1000m > ht_e > 30m$
- $G(hr_e) = 10 \log(hr_e/3)$ $10m > hr_e > 3m$
- $G(hr_e) = 10 \log(hr_e/3), hr_e$

Το μοντέλο Hata είναι μια αναπτυγμένη έκδοση του μοντέλου Okumura, είναι το πιο ευρέως χρησιμοποιούμενο μοντέλο διάδοσης, για την πρόβλεψη των απωλειών σε κατοικημένες περιοχές. Αυτό το μοντέλο ενσωματώνει πληροφορίες από το μοντέλο Okumura και αναπτύσσεται περαιτέρω λαμβάνοντας υπόψη τις επιπτώσεις των περιθλάσεων, ανακλάσεων και σκεδάσεων που προκαλούνται από τη δομή της πόλης. Το μοντέλο αυτό χρησιμοποιείται για την προσέγγιση των απωλειών για: αστικές περιοχές και ημιαστικές περιοχές (Pahlavan & Krishnamurthy, 2011).

3. Έξυπνη Υγεία: Από την Τηλεϊατρική στην «κινητή υγεία» (m-HEALTH)

3.1. Ορισμός Τηλεϊατρικής

Η τηλεϊατρική αφορά στη χρήση των τεχνολογιών πληροφοριών και επικοινωνίας (ΤΠΕ) για τη βελτίωση της υγείας των ασθενών, μέσω της αυξημένης πρόσβασης σε φροντίδα και ιατρική πληροφόρηση. Σύμφωνα με τους Perednia et al η πρόοδος της τηλεϊατρικής και η συνεχής διεύρυνση των δυνατοτήτων της οφείλονται σε μεγάλο βαθμό στην πρόοδο των ΤΠΕ αλλά και στις νέες ανάγκες κοινωνίας και ασθενών που διαρκώς ανακύπτουν (Perednia et al., 1995).

Ο χρόνος τον οποίο χρειάζεται η πληροφορία για να μεταδοθεί και η αλληλεπίδραση είναι καθοριστικοί για την διάκριση των εφαρμογών της τηλεϊατρικής σε ασύγχρονο ή σύγχρονο και σε εφαρμογές από επαγγελματία υγείας προς επαγγελματία υγείας ή επαγγελματία υγείας προς ασθενή αντίστοιχα. Η σύγχρονη επικοινωνία (real time) απαιτεί την ταυτόχρονη παρουσία των δύο ή περισσότερων μερών την ίδια χρονική στιγμή και έναν επικοινωνιακό δίαυλο μεταξύ τους για την ανταλλαγή της απαιτούμενης πληροφορίας (Pattichis et al., 2002).

Η τηλεϊατρική ξεκίνησε τη δεκαετία του '60 ωθούμενη ουσιαστικά από στρατιωτικές ανάγκες και από τον τομέα του διαστήματος, καθώς εκείνη την εποχή ελάχιστοι μπορούσαν να έχουν τον κατάλληλο εξοπλισμό. Στη συνέχεια, στην πιο πρόσφατη μορφή της, εμφανίστηκε στα μέσα με τέλη του 19ου αιώνα, με τα πρώτα αποτελέσματα να επιδεικνύονται στις αρχές, ενώ κατά τον 20ο αιώνα χαρακτηρίστηκε από την μετάδοση ηλεκτροκαρδιογραφήματος μέσω απλής τηλεφωνικής γραμμής.

Κάποια παραδείγματα πρώιμης υιοθέτησης της τηλεϊατρικής αφορούσαν την συμβουλευτική από απόσταση μεταξύ εξειδικευμένων ιατρών από ένα ψυχιατρικό ινστιτούτο προς τους γενικούς ιατρούς ενός ψυχιατρικού νοσοκομείου και την παροχή εξειδικευμένης έμπειρης ιατρικής γνώμης από ένα νοσοκομείο αναφοράς σε ένα ιατρικό κέντρο ενός αεροδρομίου (Krupinski, 2009).

Οι συνεχείς εξελίξεις στον τομέα των νέων τεχνολογιών πληροφορίας και επικοινωνιών σε συνδυασμό με τις ολοένα και αυξημένες ανάγκες της κοινωνίας αποτελούν την κινητήρια δύναμη της τηλεϊατρικής, η οποία παρουσιάζει καινοτόμες προσεγγίσεις, νέες προοπτικές και λύσεις και καλύτερες υπηρεσίες φροντίδας υγείας (Pattichis et al., 2002).

3.2. Κινητή Υγεία (m-Health) και κατηγορίες

Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (Π.Ο.Υ.) ορίζει την «κινητή» υγεία, γνωστή ως mobile health (συντ. m-health), ως «την άσκηση της ατομικής και δημόσιας υγείας από φορητές συσκευές όπως κινητά τηλέφωνα, συσκευές παρακολούθησης του ασθενή και άλλες ασύρματες συσκευές» (World Health Organization Report, 2010). Στον ορισμό αυτό προστίθεται από την έκθεση της ευρωπαϊκής επιτροπής ότι στον χώρο αυτό περιλαμβάνονται και οι κατάλληλες εφαρμογές κινητής τηλεφωνίας που έχουν σχεδιαστεί προκειμένου να προωθηθούν ένας υγιής τρόπος ζωής στο πληθυσμό, η ατομική καθοδήγηση στη προσωπική παρακολούθηση της κατάστασης του ασθενούς από τον ίδιο, υπενθυμίσεις φαρμακοληψίας και επίσης της άμεσης επικοινωνίας του θεράποντα ιατρού με τον ασθενή.

Η αγορά m-health περιλαμβάνει μια ευρεία γκάμα υπηρεσιών και εφαρμογών. Οι διαθέσιμες στον παρόντα χρόνο εφαρμογές κατηγοριοποιούνται έπειτα από μελέτη σε δύο μεγάλες κατηγορίες. Σε

αυτές που αφορούν αποκλειστικά και μόνο τον ασθενή και αυτές που έχουν ως σκοπό να βελτιώσουν και να ενισχύσουν την ιατροφαρμακευτική φροντίδα. Σύμφωνα με πρόσφατες εκτιμήσεις, σήμερα διατίθενται 97.000 εφαρμογές m-Health σε πολλαπλές πλατφόρμες στην παγκόσμια αγορά. Το 30% των εφαρμογών στοχεύουν στους επαγγελματίες υγειονομικής περίθαλψης, διευκολύνοντας την πρόσβαση σε δεδομένα του ασθενούς, την παροχή συμβουλών στους ασθενείς και την παρακολούθησή τους, τη διαγνωστική απεικόνιση, τις φαρμακευτικές πληροφορίες, κ.λπ (Mulvaney, 2017). Το υπόλοιπο 70% των εφαρμογών αυτών έχουν ως στόχο τους τομείς ευεξίας και φυσικής κατάστασης των καταναλωτών.

Οι m-health εφαρμογές επιτρέπουν στον ασθενή να μένει ενεργός και ταυτόχρονα υπεύθυνος. Ταυτόχρονα, η δουλειά του εκάστοτε γιατρού απλοποιείται και διευκολύνεται με αποτέλεσμα να αυξάνεται η αποτελεσματικότητά της. Πρόκειται για ένα πολλά υποσχόμενο πεδίο ηλεκτρονικών υπηρεσιών που έχει περισσότερο ως στόχο να συμπληρώσει το παραδοσιακό σύστημα υγειονομικής περίθαλψης παρά να το αντικαταστήσει. Φυσικά, αφορμή για να αποκτήσει ένα τόσο μεγάλο ενδιαφέρον το m-health είναι η ραγδαία ανάπτυξη των δυνατοτήτων των κινητών τηλεφώνων (smartphones) με τη παράλληλη ευρεία αποδοχή και χρήση τους από το καταναλωτικό κοινό. Έτσι δίνεται η δυνατότητα της χρήσης των παραπάνω εφαρμογών σε ένα πολύ μεγάλο κομμάτι του πληθυσμού (Silva et al., 2015).

Ακριβώς αυτή η δυνατότητα της μαζικής διείσδυσης του m-health στη κοινωνία σε συνδυασμό με το καινοτόμο του χαρακτήρα του είναι που θα προκαλέσει σημαντικές αλλαγές σε όλο το φάσμα της κοινωνίας τα επόμενα χρόνια. Από οικονομικής άποψης, η ανάπτυξη του m-health θα μειώσει την αυξανόμενη δημοσιονομική πίεση των συστημάτων περίθαλψης των κρατών λόγω προκλήσεων της σύγχρονης εποχής όπως η

γήρανση του πληθυσμού κ.α..Από κοινωνικής άποψης, οι υπηρεσίες m-Health αναμένεται να συμβάλλουν στην καθιέρωση υγειονομικής περίθαλψης που θέτει περισσότερο τον ασθενή στο επίκεντρο, και στην υποστήριξη της στροφής προς την πρόληψη και στην ταυτόχρονη βελτίωση της αποτελεσματικότητας του συστήματος υγείας. Όταν αναφερόμαστε για υπηρεσίες m-health θα πρέπει να συμπεριληφθεί μια ευρεία γκάμα ειδών εφαρμογών.

Οι κατηγορίες υπηρεσιών m-Health που αναμένεται να ξεχωρίσουν τα επόμενα χρόνια έχουν ποικίλα χαρακτηριστικά (Silva et al., 2015). Θα επιτρέπουν την παρακολούθηση του ασθενούς από τον θεράποντα ιατρό, την διάγνωση την πρόληψη και την χορήγηση θεραπευτικής αγωγής. Επιπρόσθετα, θα ενισχύουν την προώθηση ενός περισσότερου υγιεινού τρόπου ζωής και θα επιτρέπουν την συλλογή δεδομένων και την βελτίωση των υπηρεσιών υγείας. Τέλος, η «κινητή» υγεία καλείται να αντιμετωπίσει προκλήσεις όσον αφορά ζητήματα όπως νομικού περιεχόμενου πχ. τήρηση των προσωπικών δεδομένων του ασθενή, γνώση του χειρισμού αυτών των εφαρμογών από όλους.

3.3. Η μετάβαση από την Τηλεϊατρική στο m-HEALTH και οι προκλήσεις στο σύστημα υγείας

Η προοδευτική γήρανση του πληθυσμού σε περιοχές όπως η Ιαπωνία, η δυτική Ευρώπη κ.λπ. μέχρι το 2030 και η συνακόλουθη αύξηση των ποσοστών των ηλικιωμένων, πιστεύεται ότι θα οδηγήσει σε αύξηση των δαπανών για την υγεία εκ μέρους των κρατών. Στην ίδια θέση φαίνεται να βρίσκεται και η Ελλάδα καθώς το δημογραφικό της πρόβλημα αναμένεται οξύ για εκείνα τα χρόνια, με το ποσοστό των ηλικιωμένων να κυμαίνεται στο 40% περίπου. Αυτό θα έχει ως επακόλουθο οι ασθενείς που νοσούν από

διαβήτη, καρκίνο και καρδιαγγειακά προβλήματα επίσης να αυξηθούν. (Istepanian, et al., 2006). Στις αναπτυσσόμενες χώρες, από την άλλη πλευρά, τα προβλήματα στον τομέα της υγείας είναι ευδιάκριτα διαφορετικά και σχετίζονται κυρίως με τις ανεπαρκείς υποδομές και την έλλειψη προσωπικού με πείρα και εξειδίκευση. (Donner & Mechael, 2012).

Όλα τα παραπάνω μας οδηγούν στο συμπέρασμα ότι το υγειονομικό σύστημα δέχεται σήμερα μεγάλη πίεση η οποία αναμένεται να αυξηθεί προοδευτικά. Η ανάπτυξη του m-health ενδέχεται να μπορεί να συμβάλει στην εξοικονόμηση πόρων ιδίως μέσα από τη θεραπεία χρόνιων νοσημάτων (διαβήτης, υπέρταση, καρκίνος, Alzheimer κλπ.) όπου και δαπανάται ένα μεγάλο ποσοστό των διαθέσιμων πόρων. Λόγω της πολυπλοκότητας τους η μείωση των δαπανών εμπεριέχεται σε πολλά σημεία (Vaidya et al., 2017):

Στο εξής η διάγνωση θα επιτρέπεται απευθείας από το κινητό τηλέφωνο πχ. με ειδοποίηση θα ενημερώνεται για τυχόν καρδιακές αρρυθμίες ο ασθενής αποτρέποντας έτσι την διακομιδή του ασθενούς στο νοσοκομείο. Ο ασθενής, ο οποίος στο εξής θα έχει μία καλύτερη ποιότητα ζωής παίρνοντας απόσταση από το νοσοκομείο και τις ανεπιθύμητες επισκέψεις θα δέχεται ειδοποίηση ώστε να πάρει την φαρμακευτική δόση του, ενώ θα καταστεί ευκολότερη η πρόληψη δυνητικών παρενεργειών . Η συλλογή δεδομένων από τους πάσχοντες σε μία βάση δεδομένων θα δώσει στην επιστημονική κοινότητα το περιθώριο για περαιτέρω έρευνα. Επιπλέον, οι εφαρμογές επιτρέπουν στους ασθενείς να αναλάβουν έναν πιο ενεργό ρόλο στη δική τους υγειονομική περίθαλψη με τη διαχείριση των ραντεβού, την ενημέρωση των συνταγών, και την πρόσβαση τους σε μητρώα υγείας. (The Boston Consulting, 2012). Τα στοιχεία δείχνουν ότι το 86 τοις εκατό των γυναικών που χρησιμοποιούν τη «κινητή» υγεία υποβάλλονται σε προ

συμπτωματικό έλεγχο του καρκίνου του μαστού (σε σύγκριση με το μέσο όρο του 57 τοις εκατό).

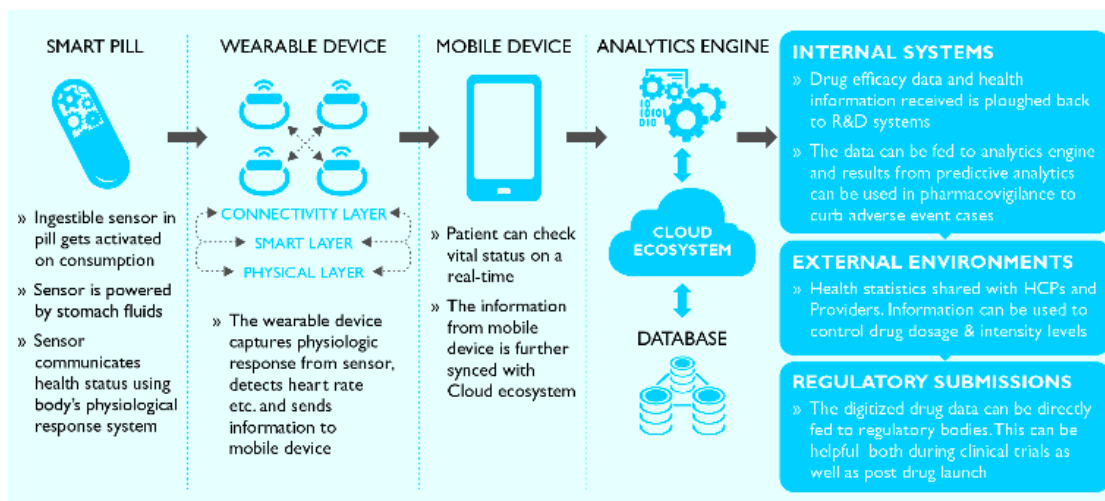
Το m-health αναμένεται να είναι ένα σημαντικό συστατικό της παροχής υγειονομικής περίθαλψης στο μέλλον. Ωστόσο, είναι απίθανο να συναντήσει μια ευρεία αποδοχή χωρίς μια συντονισμένη προσπάθεια από τις κυβερνήσεις, το επιστημονικό προσωπικό, τους φορείς εκμετάλλευσης κινητών επικοινωνιών και κατασκευαστές συσκευών σε όλη την υδρόγειο (Silva et al., 2015). Η ανάπτυξη του m-health προσκρούει σε σημαντικά και κυρίως ευαίσθητα κοινωνικά και νομικά ζητήματα όπως την ασφάλεια των δεδομένων και την ανωνυμία. Οι περισσότεροι γιατροί αναρωτιούνται αν όντως οι πάροχοι μπορούν να προστατέψουν την ανωνυμία και την εμπιστευτικότητα των ασθενών τους. Αμφισβητούν επίσης, τις προθέσεις και την αξιοπιστία εκείνων που θα κατασκευάσουν τις κατάλληλες πλατφόρμες των εφαρμογών (Gleason, 2015). Το νομικό πλαίσιο είναι πολύ αυστηρό όσο αναφορά τα ατομικά ζητήματα υγείας στις περισσότερες χώρες και σίγουρα η μεταφορά τέτοιων δεδομένων μέσω των κινητών τηλεφώνων προσκρούει πάνω σε αυτές τις δικλίδες.

3.4. ΙοΤ και Έξυπνη υγεία.

Ο χώρος της έξυπνης υγείας δεν περιορίζεται στα νοσοκομεία και στα εργαστήρια. Η πληθώρα των εφαρμογών καθιστά την ενότητα smarth health ικανή να δημιουργήσει το δικό της οικοσύστημα μέσα στην ευρύτερη έννοια του ΙοΤ (internet of things). Τι είναι όμως το ΙοΤ; Είναι μια τεχνολογία, κάποιο πρωτόκολλο, ή ένα προκαθορισμένο βασίλιο ad-hoc τερματικών; Το ιντερνετ των πραγμάτων είναι ένα οικοσύστημα συσκευών και οντοτήτων διασυνδεδεμένων με τέτοιο τρόπο που το καθιστά πανταχού παρών και εύρωστο ως προς τις δυνατότητες του. Με την σειρά του το οικοσύστημα της έξυπνης υγείας είναι ένα υπερσύνολο διασυνδεδεμένων βιοαισθητήρων, τερματικών παρακολούθησης και συμβατικών συσκευών (υπολογιστές, κινητά τηλέφωνα κλπ) τα οποία προσφέρουν ένα πλέγμα αξιόλογης παρακολούθησης σε πραγματικό χρόνο όχι μόνο ασθενών αλλά και ανεξάρτητων προσώπων. Ο σχεδιασμός του συστήματος πίσω από αυτό το οικοσύστημα μπορεί να περιλαμβάνει εμφυτεύματα, wearables, smarth phones και την τελευταία λέξη της σύγχρονης επιστήμης υπολογιστών. Ένα έξυπνο χάπι το οποίο ενεργοποιείται κατά την πέψη και μας επικοινωνεί δεδομένα υγείας με βάση την αντίδραση του σώματος, μια συσκευή wearable (smart watch κλπ) που είναι σε θέση να αναγνωρίσει της αντιδράσεις αυτές όπως οι παλμοί της καρδιάς και να τις αποστείλει, ένα smartwatch από το οποίο ο εκάστοτε χρήστης μπορεί να ενημερωθεί σε πραγματικό χρόνο για ενδείξεις ζωτικής σημασίας. Επιπρόσθετα υπάρχει η δυνατότητα οι πληροφορίες αυτές να μεταφορτοθούν σε ένα άλλο οικοσύστημα, αυτό του cloud computing και σε βάσεις δεδομένων που αυτό φιλοξενεί. Κατ' αυτόν τον τρόπο λειτουργούν διαδραστικά τρία συστήματα:

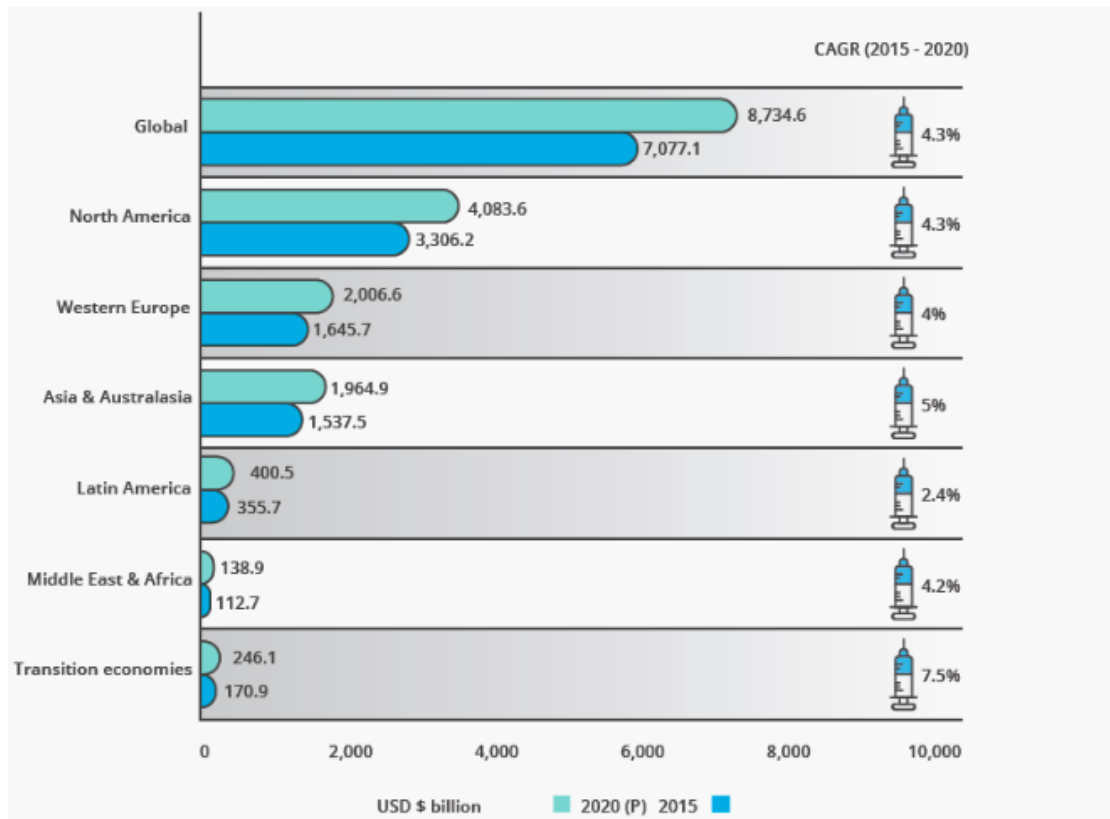
- εσωτερικό σύστημα όπου τα στοιχεία επάρκειας φαρμάκων και δεδομένων υγείας προωθούνται στο τμήμα έρευνας και ανάπτυξης για περαιτέρω ανάλυση
- εξωτερικό σύστημα όπου τα στατιστικά της υγείας μειράζονται ανάμεσα σε ιατρικό προσωπικό και παρόχους

- Ρυθμιστικοί φορείς, στους οποίους δεδομένα όπως η αποτελεσματικότητα ενός φαρμάκου αποστέλλονται ψηφιοποιημένα για ρυθμιστικές διαδικασίες.



Εικόνα 1 –smart health ecosystem

Ο τομέας της έξυπνης υγείας δεν αφορά μόνο την επιστήμη, αλλά αποτελεί ταυτόχρονα επιχειρηματική δραστηριότητα. Επενδύσεις, μακροχρόνιος σχεδιασμός κεφαλαιουχικών έξοδων και λειτουργικών δαπάνων, ρυθμιστικοί φορείς και αρχές, ιδέες προερχόμενες από τον ιδιωτικό τομέα αλλά και η συμμετοχή κυβερνήσεων είναι κάποιες από τις ενέργειες που ο τομέας της έξυπνης υγείας μπορεί να προκαλέσει. (Chrysikos panel discussion WTS 2018)



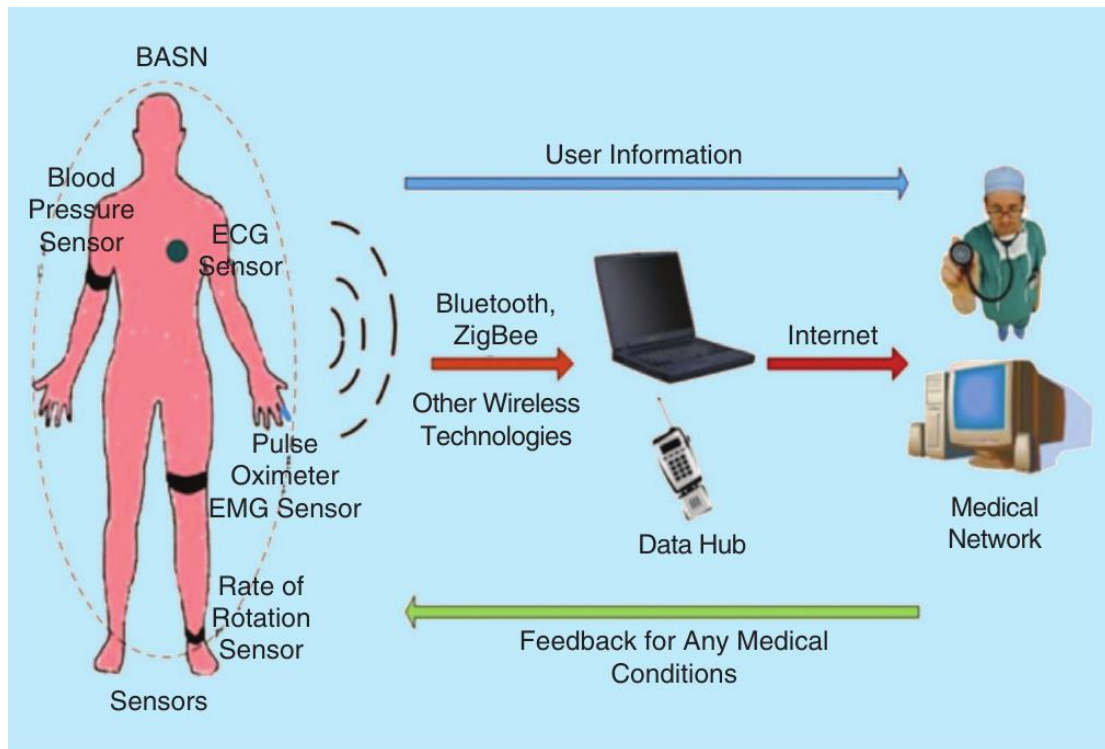
Εικόνα 2–Health Care Spendings

4. Ασύρματο δίκτυο ανθρωπίνου σώματος

4.1. Ορισμός

Ως ασύρματο δίκτυο ανθρωπίνου σώματος (wireless body area network or body sensor network) ορίζεται ένα ασύρματο δίκτυο το οποίο αποτελείται από ηλεκτρονικές συσκευές οι οποίες μπορούν είτε να εμφυτευθούν στο εσωτερικό του ανθρώπινου οργανισμού και ονομάζονται εμφυτεύματα (implants) είτε να τοποθετηθούν πάνω στο ανθρώπινο σώμα εξωτερικά ή υποδόρια και καλούνται wearable technology. Υπάρχει, τέλος, και η περίπτωση των συσκευών που μπορούν να μεταφερθούν σε διαφορετικά σημεία, μέσα σε τσέπες ρούχων, στο χέρι ή ακόμη και μέσα σε τσάντες.

Τον τελευταίο καιρό παρατηρείται τεράστια ανάπτυξη στην περιοχή των body area networks, η οποία αφορά κυρίως την σμίκρυνση αυτών των συσκευών και ιδιαίτερα των εμφυτευμάτων τα οποία χρειάζεται να είναι σε μέγεθος χιλιοστών. Άλλη μία ανάπτυξη είναι αυτές οι μικρές συσκευές που μπορεί να είναι πάνω από μία ή δύο ανάλογα την περίπτωση και να αποτελούν κόμβους (body sensor units) οι οποίοι ελέγχονται από ένα κεντρικό σημείο κόμβο (single body central unit). Μεγαλύτερες συσκευές, το μέγεθος των οποίων φτάνει τα μερικά δέκατα του μέτρου, παίζουν και αυτές σημαντικό ρόλο για ένα τέτοιου είδους δίκτυο και λειτουργούν ως data hubs, data gateways καθώς και προσφέρουν μία διεπαφή στον χρήστη για να βλέπει και να διαχειρίζεται BAN applications in situ.



Εικόνα 3-Βασική δομή ενός Body Area Network

4.2. Η ανάπτυξη του WBAN

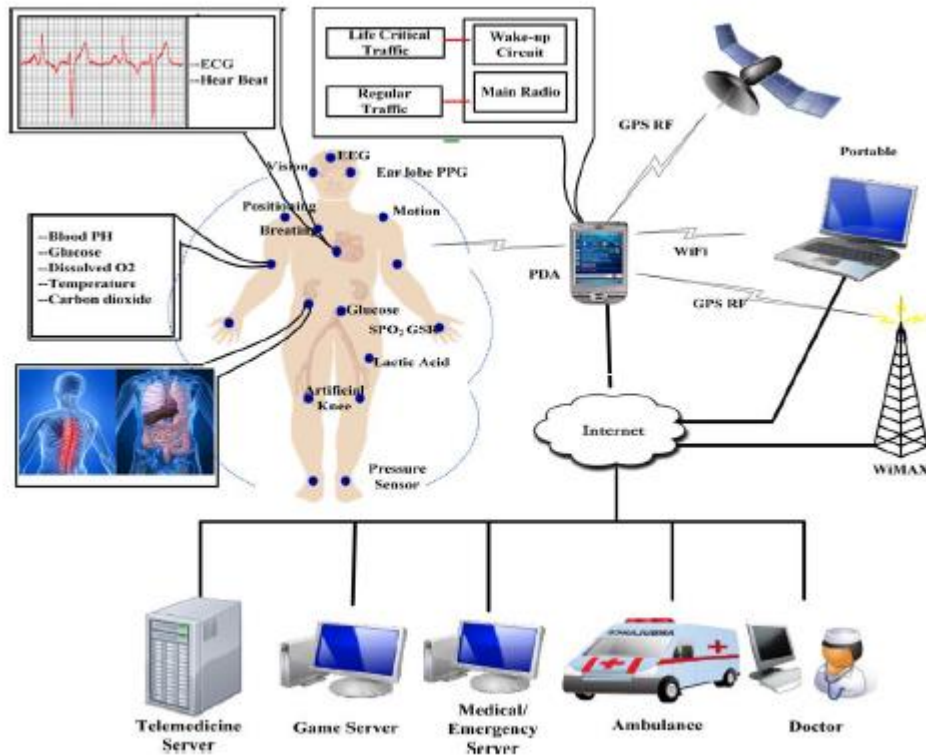
Η ανάπτυξη της WBAN τεχνολογίας άρχισε γύρω στο 1995 και υπήρξε μία επέκταση της ιδέας να χρησιμοποιηθούν τα ήδη υπάρχοντα wireless personal networks (WPAN) για να εξυπηρετήσουν επικοινωνίες πάνω, κοντά και γύρω από το ανθρώπινο σώμα. Το 2001, ο όρος 'BAN', χρησιμοποιείται για να αναφερθεί σε συστήματα τα οποία ήταν εξολοκλήρου πάνω είτε μέσα στο ανθρώπινο σώμα. Το WBAN δίκτυο μπορεί να χρησιμοποιήσει WPAN τεχνολογίες ως gateways για να έχει ευρύτερο φάσμα εμβέλειας. Διαμέσω αυτών των gateways, είναι εφικτό να συνδέονται αυτές οι wearable συσκευές που βρίσκονται πάνω στο σώμα στο internet. Με αυτό τον τρόπο, οι ειδικοί ιατρικών υποθέσεων μπορούν να έχουν πρόσβαση σε δεδομένα ασθενών online χρησιμοποιώντας το

διαδίκτυο και ανεξαρτήτως από την φυσική θέση του ασθενούς (Gu et al., 2009).

Τα νέα ασύρματα δίκτυα αποτελούμενα από αισθητήρες (wireless sensor networks), χρησιμοποιούνται σε μία πληθώρα εφαρμογών όπως την παρακολούθηση της κυκλοφορίας, των διαφόρων υποδομών και την υγεία. Η εφαρμογή τους στο δίκτυο ανθρώπινου σώματος θα μπορεί στο εξής να υποστηρίξει χαμηλού κόστους και συνεχή παρακολούθηση της υγείας ενός ασθενούς και αναβαθμίσεις στο ιστορικό του σε πραγματικό χρόνο μέσω του internet (Akyildiz & Vuran, 2010). Οι έξυπνοι αισθητήρες μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε για την έγκαιρη διάγνωση είτε για την παρακολούθηση της πορείας τους ασθενούς με την βοήθεια υπολογιστή. Οι εμφυτευμένοι αυτοί σένσορες θα συλλέγουν τις διάφορες φυσιολογικές αλλαγές με σκοπό να παρακολουθείται η κατάσταση υγείας του ασθενούς ανεξάρτητα από την τοποθεσία στην οποία βρίσκεται ο καθένας (Ko et al., 2010). Το μικρό μέγεθος, η ευρύτητα στην περιοχή τοποθέτησης και το γεγονός πως δεν γίνονται αντιληπτοί από τον άνθρωπο που τους φέρει καθιστά τους αισθητήρες άκρως αποτελεσματικούς.

Οι πληροφορίες που θα συλλέγονται θα μεταδίδονται ασύρματα σε μία εξωτερική μονάδα επεξεργασίας. Αυτή η συσκευή με την σειρά της θα μεταδίδει άμεσα όλες τις πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο στους γιατρούς. Εάν εντοπιστεί μία έκτακτη ανάγκη οι ειδικοί θα ειδοποιούν άμεσα τους ασθενείς στέλνοντας κατάλληλα μηνύματα ή συναγερμούς.

Ωστόσο, παρόλο που η συγκεκριμένη τεχνολογία είναι ακόμα σε πρώιμο στάδιο, όπως και η τεχνολογία που αφορά τις ανάγκες των αισθητήρων, δεν παύει να είναι ένας τομέας ο οποίος ερευνάται σε τεράστιο βαθμό και στο μέλλον θα αποτελέσει μία καινοτομία στον τομέα της παγκόσμιας υγείας, βοηθώντας παράλληλα την ανάπτυξη και εδραίωση ιδεών όπως η τηλεϊατρική και η κινητή ιατρική (mobile health) (Adibi, 2015).



Εικόνα 4-Αρχιτεκτονική BAN με διάφορες εφαρμογές βίο-σενσώρων

4.3. Το IEEE 802.15.6 BAN

IEEE standards αξιοποιούνται παγκοσμίως για να βοηθήσουν τις εταιρίες και τις βιομηχανίες να μεγιστοποιήσουν τις ερευνητικές τους προσπάθειες, να επεκτείνουν τις επιχειρηματικές τους δραστηριότητες, να δημιουργήσουν εμπιστοσύνη στο καταναλωτικό κοινό και να αυξήσουν τα επίπεδα ασφαλείας. Το standard της IEEE 802.15.6 είναι η νεότερη έκδοση των standard για τα body area networks (WBAN). Τα WBAN υποστηρίζουν μία πληθώρα εφαρμογών όπως είναι η παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο της υγείας ενός ασθενούς.

Η πιο νέα έκδοση του standard στοχεύει στο να παρέχει ένα διεθνές πρότυπο για επικοινωνίες που θα χαρακτηρίζονται από χαμηλή ενέργεια καθώς και από ασύρματες επικοινωνίες περιορισμένου εύρους και υψηλής εμπιστοσύνης μέσα στο κοντινό εύρος του ανθρώπινου σώματος. Παράλληλα, θα υποστηρίζουν μία πληθώρα από ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων ανάλογα με την εφαρμογή. Από το συγκεκριμένο πρότυπο καθορίζονται ασύρματες επικοινωνίες περιορισμένης εμβέλειας στο κοντινό περιβάλλον ή μέσα στο ανθρώπινο σώμα, αλλά όχι αποκλειστικά σε ανθρώπινο οργανισμό (Smith et al., 2013).

Αυτό το πρότυπο αξιοποιεί μπάντες συχνοτήτων από την ISM (Industrial Scientific and Medical) band καθώς και από άλλες μπάντες συχνοτήτων που εγκρίνονται από οργανισμούς υγείας. Η ISM είναι η επιστημονική, ιατρική και βιομηχανική μπάντα στα 2.45 GHz.

Κρίνεται απαραίτητη η προστασία από παρεμβολές χαμηλής ενέργειας και σταθερούς ρυθμούς μετάδοσης πάνω από 10Mbps για την υποστήριξη της ποιότητας των παρεχόμενων υπηρεσιών. Το πρότυπο αυτό λαμβάνει υπόψιν και επιδράσεις από κεραίες λόγω της παρουσίας του ανθρώπινου σώματος. Επίσης, το διάγραμμα ακτινοβολίας για κάθε κεραία προσαρμόζεται κατάλληλα ώστε να μειώσει όσο το δυνατό περισσότερο το δείκτη ειδικής απορρόφησης (SAR). Τέλος υπάρχουν και αλλαγές στα χαρακτηριστικά της κεραίας λόγω της κίνησης του χρήστη. Το IEEE 802.15.6 έχει στόχο να παρέχει πιστοποίηση, ακεραιότητα, εμπιστοσύνη και προστασία προσωπικών δεδομένων. Όλοι οι κόμβοι και διανομείς (hubs) έχουν την δυνατότητα επιλογής 3 επιπέδων ασφαλείας.

Πρώτη περίπτωση είναι η επικοινωνία χωρίς ασφάλεια (level 0). Η δεύτερη περίπτωση είναι η πιστοποίηση χωρίς κρυπτογράφηση (level 1) και η τρίτη είναι η πιστοποίηση με κρυπτογράφηση (level 2). Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας παροχής ασφαλείας πρέπει ο κόμβος ή ο διανομέας να διαλέξει

ένα κατάλληλο επίπεδο ασφάλειας. Σε περίπτωση επικοινωνίας ένα προς ένα (ένας αποστολέας στο δίκτυο στέλνει σε έναν παραλήπτη) ένα προ διαμοιρασμένο ή καινούργιο κλειδί (MK, master key) ενεργοποιείται. Ένα κλειδί τύπου pairwise temporal key (PTK) παράγεται και χρησιμοποιείται για κάθε session. Σε επικοινωνία με πολλούς κόμβους, δίνεται ένα κλειδί τύπου group temporal key (GTK) και χρησιμοποιείται από όλα τα μέλη του group. Όλοι οι κόμβοι και οι διανομείς σε ένα WBAN πρέπει να περάσουν από συγκεκριμένα στάδια στο επίπεδο MAC πριν ξεκινήσουν να ανταλλάσσουν δεδομένα. Η παροχή ασφάλειας είναι μια διαδικασία για να αναγνωρίσει ένας κόμβος του δικτύου έναν άλλο κόμβο του δικτύου προκειμένου να αρχίσουν την επικοινωνία (Elhadj et al., 2015).

4.4. Βασικά Στοιχεία και Εφαρμογές του WBAN

Ένα τυπικό BAN χρειάζεται σένσορες που παρέχουν συνεχώς πληροφορίες για διάφορες ζωτικές συνθήκες και εντοπιστές κίνησης (accelerometers) που βοηθούν στην εύρεση της θέσης αυτού που παρακολουθείται. Επίσης χρειάζεται κάποιου είδους επικοινωνία ώστε να μεταδίδει τα σήματα σε ειδικούς που παρακολουθούν την κατάσταση υγείας ενός ασθενούς. Ένα τυπικό λοιπόν δίκτυο θα περιλάμβανε τα εξής (Hu et al., 2017):

- Σένσορες
- Έναν επεξεργαστή
- Έναν πομποδέκτη
- Μία μπαταρία

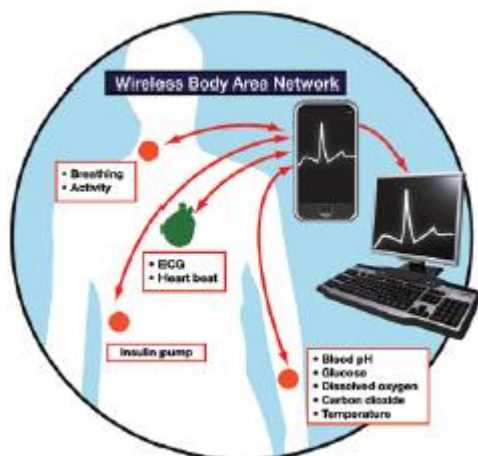
Μέχρι στιγμής έχουν αναπτυχθεί σένσορες για ηλεκτροκαρδιογράφημα και για τον κορεσμό οξυγόνου. Άλλοι σένσορες όπως ο σένσορας για την μέτρηση της πίεσης του αίματος, για ηλεκτροεγκεφαλογράφημα καθώς και για PDA (personal digital assistant) είναι ακόμη υπό ανάπτυξη.

Διάφορες εφαρμογές των BAN αναμένονται να εμφανιστούν κυρίως στον τομέα της υγείας, κυρίως για συνεχή παρακολούθηση ασθενών καθώς και για συνεχή παρακολούθηση καίριων ζωτικών παραμέτρων ασθενών που πάσχουν από χρόνιες παθήσεις, όπως διαβήτης, άσθμα και καρδιακά προβλήματα. Ένα BAN δίκτυο στην θέση του ασθενούς θα μπορεί να ενημερώσει το νοσοκομείο, ακόμα και για μία καρδιακή προσβολή πριν καν ακόμα αυτή συμβεί, από την μέτρηση κατάλληλων σημάτων και την παρακολούθηση μεταβολών αυτών. Ακόμα, είναι δυνατόν να χορηγεί μέσω κατάλληλα εμφυτευμένου implant ινσουλίνη σε διαβητικούς ασθενείς, όταν διαπιστώνεται πως τα επίπεδα γλυκόζης έχουν πέσει. Αυτή η συγκεκριμένη εφαρμογή θα παρουσιαστεί και θα μελετηθεί στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Άλλες εφαρμογές περιλαμβάνουν, συστήματα για χρήση σε αθλήματα, στον στρατό καθώς και σε συστήματα ασφαλείας (Zhu et al., 2016).

Γενικότερα, Οι ασύρματες τηλεπικοινωνίες έχουν αλλάξει άρδην το τοπίο των μοντέρνων εφαρμογών, όχι μόνο στην κινητή τηλεφωνία και στην ραδιοφωνία, αλλά και στο πεδίο των ιατρικών εφαρμογών. Τις τελευταίες δεκαετίες, διάφορες έρευνες που πραγματοποιήθηκαν στο συγκεκριμένο πεδίο, έδωσαν την δυνατότητα στους επιστήμονες και στην βιομηχανία να ανακαλύψουν ενδιαφέροντα ευρήματα, τα οποία άνοιξαν τον δρόμο για ανάπτυξη της μοντέρνας τηλεϊατρικής. Η νέα τάση στο συγκεκριμένο πεδίο ερευνών, τόσο του παρόντος όσο και του μέλλοντος, είναι η θεμελίωση θεωρητικών και πειραματικών ευρημάτων που θα επιτρέπουν την παρακολούθηση των ανθρώπινων οργάνων και γενικότερα της φυσικής κατάστασης του ανθρώπου-ασθενούς με εμφυτεύματα τα οποία θα τοποθετούνται μέσα στο ανθρώπινο σώμα. Δηλαδή περνάμε από την γενική κατάσταση δικτύων ανθρώπινου σώματος σε δίκτυα που βρίσκονται

μέσα στο σώμα του ανθρώπου και περιλαμβάνουν είτε εμφυτεύματα είτε σένσορες (Poon et al., 2015).

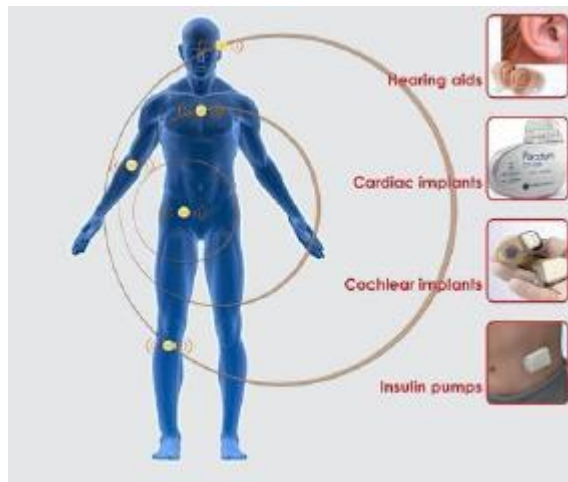
Ο διαβήτης μπορεί να προκαλέσει και άλλα σοβαρά συνεπακόλουθα προβλήματα υγείας όπως προβλήματα στην καρδιά, εγκεφαλικό επεισόδιο, υψηλή αρτηριακή πίεση, τύφλωση, πρόβλημα στα νεφρά καθώς και ακρωτηριασμούς. Ένας βίο-σένσορας εμφυτευμένος στον ασθενή θα μπορούσε να παρέχει μία συνεχόμενη, πιο ακριβή και λιγότερο επεμβατική μέθοδο παρακολούθησης των επιπέδων γλυκόζης, μεταδίδοντας τα συγκεκριμένα δεδομένα σε ένα ασύρματο PDA ή σε ένα terminal και να εκχύει ινσουλίνη αυτόματα όταν τα επίπεδα γλυκόζης είναι κάτω από το προκαθορισμένο όριο. Κάποιες βασικές παράμετροι για έναν σένσορα γλυκόζης πάντως είναι ότι απαιτεί μερικά Kbps για μεταφορά δεδομένων, πολύ χαμηλή κατανάλωση ενέργειας, υψηλό quality of service και υψηλή παροχή ασφαλούς μεταφοράς δεδομένων (Martinkova & Pohanka, 2015).



Εικόνα 5-Εφαρμογή In-Body Area Networks

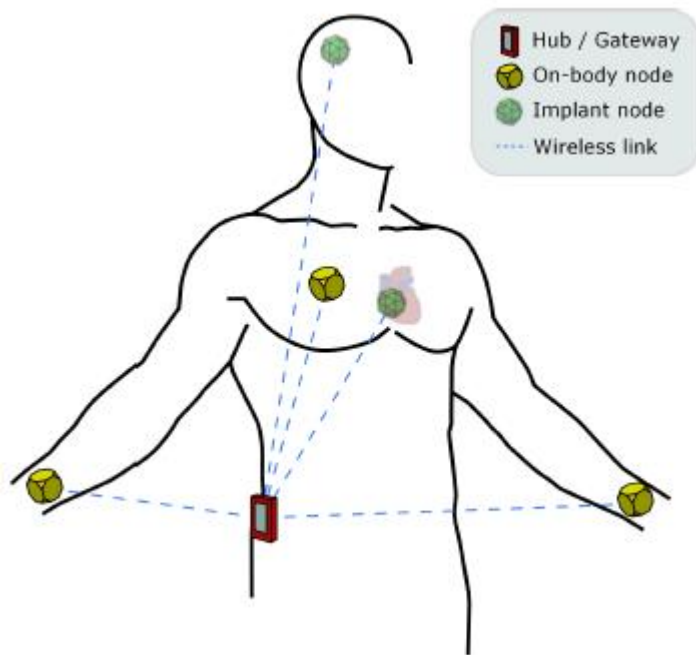
Σήμερα υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός από εμφυτεύματα που είτε χρησιμοποιούνται είτε είναι υπό ανάπτυξη. Κοινά παραδείγματα είναι ο βηματοδότης εγκεφάλου για την ασθένεια του Πάρκινσον, εμφυτεύματα που εκχύουν φάρμακο, εμφυτεύματα cochlea, και καταγραφείς σημάτων

από τα νεύρα για χρήση σε προσθετική ρομποτική (Cavuoto, 2004). Όλα αυτά τα εμφυτεύματα μεταφέρουν δεδομένα, είτε προς την μία είτε και προς τις δύο κατευθύνσεις. Η ταχύτητα μεταφοράς των δεδομένων διαφέρει ωστόσο από εφαρμογή σε εφαρμογή.



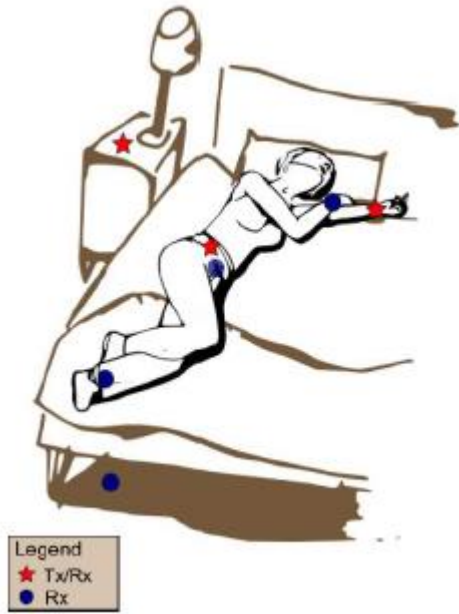
Εικόνα 6-Παραδείγματα εφαρμογών εμφυτευμάτων στον άνθρωπο

Ένα BAN σε έναν άντρα, περιέχει έναν κεντρικό κόμβο (hub), τους κόμβους των αισθητήρων και τους εσωτερικούς και εξωτερικούς συνδέσμους του σώματος, όπως απεικονίζεται στην παρακάτω εικόνα (Smith et al., 2013).



Εικόνα 7-Απεικόνιση BAN σε έναν άντρα

Το ραδιοφωνικό κανάλι BAN για τη δραστηριότητα του ύπνου είναι ένα απαιτητικό κανάλι BAN επειδή οι δίαυλοι μετάδοσης μπορούν να μπλοκαριστούν εντελώς για πολύ μεγάλες χρονικές περιόδους (καθώς οι άνθρωποι κινούνται σχετικά λίγο, ενώ κοιμούνται). Στην πραγματικότητα, οι μεγαλύτερες απώλειες έχουν παρατηρηθεί κατά τη διάρκεια των μετρήσεων του καναλιού όπου τα άτομα κοιμούνται, με την ένταση του σήματος να πέφτει κάτω από την ευαισθησία του δέκτη για περιόδους αρκετών λεπτών. Μια διάταξη του πειράματος ύπνου απεικονίζεται στο παρακάτω σχήμα (Smith et al., 2013).



Εικόνα 8-Απεικόνιση διάταξης πειράματος ύπνου

5. ΚΕΡΑΙΕΣ ΣΤΑ ΕΝΔΟΣΩΜΑΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ

Με την ραγδαία ανάπτυξη της ασύρματης τεχνολογίας, τα ασύρματα σωματοκεντρικά βιομετρικά συστήματα επικοινωνίας (BWCS) βρίσκονται στο κέντρο των μελλοντικών επικοινωνιών.

Η ασύρματη σωματοκεντρική επικοινωνία περιλαμβάνει επικοινωνίες :

- επί του σώματος που σημαίνει επικοινωνία ανάμεσα σε επί του σώματος/συσκευές που μπορούν να φορεθούν
- εκτός του σώματος, που σημαίνει επικοινωνία προερχόμενη εκτός του σώματος σε μία επί του σώματος συσκευή και
- εντός του σώματος, που ορίζεται ως επικοινωνία σε μία εμφυτευμένη συσκευή ή αισθητήρα.

Από τα παραπάνω, κεραίες και μετάδοση σήματος είναι τα βασικότερα σημεία του BWCS.

Σε αντίθεση με τις συσκευές επικοινωνίας επί του σώματος και εκτός του σώματος, οι εμφυτεύσιμες κεραίες παρουσιάζουν πολλές προσκλήσεις εξαιτίας του περιορισμένου και σύνθετου περιβάλλοντος δράσης τους εντός του ανθρώπινου σώματος.

Γι' αυτόν ακριβώς το λόγο οι εμφυτεύσιμες κεραίες απαιτείται να συνδυάζουν και να καλύπτουν πολλές διαφορετικές απαιτήσεις μεταξύ των οποίων :

- συμπαγές και ελαχιστοποιημένο μέγεθος (ελαχιστοποίηση),
- ασφάλεια για τον ασθενή,
- δυνατότητα ασύρματης επικοινωνίας,
- θέματα βιοσυμβατότητας,
- κατανάλωση ενέργειας και
- μακρά διάρκεια ζωής των εμφυτευόμενων κυκλωμάτων.

5.1 ΕΛΑΧΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ

Χάριν της τεχνολογίας ενσωματωμένων συστημάτων, τα εμφυτεύσιμα κυκλώματα σχεδιάζονται με την τεχνολογία CMOS με αποτέλεσμα ο ενσωματωμένος επεξεργαστής τους να είναι πολύ μικρός και κατάλληλος για βιοιατρικές συσκευές. Παράλληλα, η εμφυτεύσιμη κεραία καταλαμβάνει αρκετό χώρο στη βιοιατρική συσκευή επειδή οι εμφυτεύσιμες συσκευές λειτουργούν σε πολύ χαμηλή συχνότητα, τυπικά δηλαδή στις ζώνες MICS (402-405 MHz) ή MedRadio (401-406 MHz).

Μέθοδοι Ελαχιστοποίησης

- **Υψηλής διαπερατότητας διηλεκτρικό υπόστρωμα**
Είναι η ευκολότερη μέθοδος μείωσης των διαστάσεων των εμφυτεύσιμων κεραιών. Η υψηλή διαπερατότητα θα μπορούσε να μειώσει το ενεργό μήκος κύματος και έτσι να προκαλέσει την υψηλή συχνότητα να μετακινηθεί προς χαμηλότερη συχνότητα.
- **Χρήση κεραίας PIFA (Planar inverted-F antenna structure) – Δομή επίπεδης κεραίας ανεστραμμένου F**
Δύο είδη κεραιών έχουν σχεδιαστεί και συζητηθεί, ήτοι μία κεραία με σπιράλ μικροτσιπ και μία επίπεδη ανεστραμμένου F κεραία. Η κεραία PIFA αποδείχθηκε ως ο καλύτερος τύπος κεραίας για μείωση του μεγέθους, συγκρινόμενη με την κεραία μικροτσιπ.μεγένο
- **Επιμήκυνση της διαδρομής ρεύματος του σώματος**
Με την επιμήκυνση της διαδρομής ρεύματος, η ηχηρή συχνότητα της κεραίας μπορεί να μετατεθεί σε χαμηλότερη ηχηρή συχνότητα με αποτέλεσμα την μείωση μεγέθους της.
- **Τεχνική φόρτωσης για ταύτιση της αντίστασης**

Η μέθοδος φόρτωσης χρησιμοποιείται για να βελτιωθεί η ταύτιση αντίστασης.

➤ **Υψηλότερη συχνότητα λειτουργίας**

Η συχνότητα αυτή θα έχει μικρότερο μήκος κύματος με αποτέλεσμα η κεραία σε υψηλότερη συχνότητα να μπορεί να σχεδιαστεί με μικρό όγκο.

5.2 ΘΕΜΑΤΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

➤ **Οι τιμές SAR (Specific absorption rate)** είναι μειωμένες για να διατηρηθεί η ασφάλεια των ασθενών. Εφαρμόζεται εδώ το πρότυπο IEEE C 95.1-2005 το οποίο περιορίζει την μέση τιμή SAR σε κάθε 10 g ιστού σε σχήμα κύβου σε λιγότερο από 2W/kg.

➤ **Συγκεκριμένη απορρόφηση (Specific Absorption)** ανά παλμό, η οποία χρησιμοποιείται για να εισαχθούν επιπρόσθετοι περιορισμοί για παλμικές εκπμπές.

➤ **Εστιασμένο όριο θερμοκρασίας.**

Είναι πολύ σημαντικό η θερμοκρασία του ιστού που περιβάλλει την εμφυτευμένη συσκευή να μη αυξηθεί πάνω από 1-2 βαθμούς.

➤ **Αποτελεσματική ιστροπική ακτινοβολούμενη ισχύς (EIRP).**

Η αξιολόγηση της τιμής του EIRP είναι πολύ σημαντική κατά την σύγκριση της ακτινοβολίας από την εκπέμπουσα κεραία έναντι των ρυθμιστικών ορίων, για παράδειγμα αν μία εμφυτευσιμη κεραία χρησιμοποιείται ως κεραία μετάδοσης για ασύρματα δεδομένα τηλεμετρίας το επίπεδο εισερχόμενης ισχύος της κεραίας θα έπρεπε να είναι περιορισμένο για λόγους ασφάλειας.

5.3 ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΑΣΥΡΜΑΤΗΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ

Τυπικά οι εμφυτεύσιμες κεραίες δρουν ως κεραίες εκπομπής και οι εξωτερικές κεραίες ως κεραίες λήψης. Αυτή η μετάδοση ορίζεται ως up-link transmission, όταν η εσωτερική κεραία εκπέμπει δεδομένα και ως down-link transmission όταν εκπέμπει η εξωτερική κεραία.

5.4 ΘΕΜΑΤΑ ΒΙΟΣΥΜΒΑΤΟΤΗΤΑΣ

Οι εμφυτεύσιμες συσκευές πρέπει να είναι βιοσυμβατές για μακροχρόνια χρήση με σκοπό να εξασφαλιστεί η ασφάλεια του ασθενούς. Παρ' όλα αυτά, τα περισσότερα υλικά δεν είναι βιοσυμβατά.

Υπάρχουν δύο τυπικές μέθοδοι για να ξεπεραστεί το πρόβλημα βιοσυμβατότητας των υλικών. Η πρώτη είναι ο σχεδιασμός κεραίων από βιοσυμβατά υλικά, όπως το Teflon, Macor και Ceramic Alumina. Η δεύτερη, είναι η ενθλάκωση της εμφυτεύσιμης κεραίας μέσα σε ένα λεπτό κέλυφος βιοσυμβατού υλικού χαμηλής απώλειας.

5.5 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΜΕΤΡΗΣΗ ΕΜΦΥΤΕΥΣΙΜΗΣ ΚΕΡΑΙΑΣ

Με δεδομένο ότι το περιβάλλον των εμφυτεύσιμων κεραίων είναι πολύ σύνθετο, για το σχεδιασμό τους μπορούν να χρησιμοποιηθούν προγράμματα προσομείωσης, όπως το High Frequency Structure Simulator, το CST Microwave Suite, το XFDTD, κλπ. \Με σκοπό να επιτευχθεί πιο αποδοτική προσομείωση, χρησιμοποιούνται επίσης το Μοντέλο ενός στρώματος δέρματος, το Μοντέλο τριών στρωμάτων ιστού και το Μοντέλο 2/3 Μυός, ως τυπικά μοντέλα για εμφύτευση κεραίων. Για την μέτρηση της κεραίας πραγματοποιούνται μετρήσεις In Vitro και In Vivo.

5.6 ΕΜΦΥΤΕΥΣΗ ΚΕΡΑΙΩΝ ΣΤΟ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟ ΣΩΜΑ

Εμφυτεύσεις κεραιών στο ανθρώπινο σώμα πραγματοποιούνται εκτενώς σε περιπτώσεις Υποθερμίας και Βιοηλεκτρομετρίας. Επιπρόσθετα, πέρα από τις ιατρικές θεραπείες και διαγνώσεις, οι τηλεπικοινωνίες είναι εξίσου σημαντικές λειτουργίες για εμφύτευση κεραιών με σκοπό την εκπομπή διαγνωστικών πληροφοριών.

Στις περιπτώσεις υποθερμίας και βιοηλεκτρομετρίας, οι κεραιές μπορούν να εμφυτευθούν στο εσωτερικό του ανθρώπινου κρανίου και του σώματος. Εάν η κεραία εμφυτευθεί στο ανθρώπινο κρανίο, τα χαρακτηριστικά δεδομένα από την κεραία αποκτούνται με την χρήση της λειτουργίας επέκτασης του Green (Green's function expansions).

Τα ηλεκτρομαγνητικά χαρακτηριστικά (EM) μίας κεραιάς εμφυτευμένης σε ανθρώπινο κρανίο μπορούν να αναλυθούν με την χρήση δύο αριθμητικών κωδίκων : την Σφαιρική Δυαδική Λειτουργία του Green (Spherical dyadic Green's function – DGF)) και την Finite difference time domain (FDTD).

Τα χαρακτηριστικά ενός δίπολου εμφυτευμένου εντός του ανθρώπινου κρανίου έχουν αναλυθεί με σύγκριση των αποτελεσμάτων των δύο παραπάνω τεχνικών.

Οι κατανομές που αποκτήθηκαν από τους δύο παραπάνω κωδικούς είναι χρήσιμες όχι μόνο στην κατανόηση των ιδιοτήτων της εμφυτευμένης κεραιάς και την εκτέλεση παραμετρικών μελετών, αλλά επίσης για να εκτιμηθεί με πόση ακρίβεια ο κώδικας DGF είναι σε θέση να παράξει τα χαρακτηριστικά δεδομένα της δίπολης κεραιάς στο κέντρο του ανθρώπινου εγκεφάλου.

Επιπλέον, τα αποτελέσματα προσομοίωσης FDTD δείχνουν ότι ένας ώμος έχει μεγαλύτερη επίδραση στο πεδίο εξωτερικά του κεφαλιού από το πεδίο εσωτερικά του κεφαλιού, όταν το δίπολο έχει τοποθετηθεί στο κέντρο του εγκεφάλου.

Ως αποτέλεσμα προτείνεται ότι μεγάλο μέρος του ανθρώπινου σώματος (λαιμός, ώμος, κλπ.) θα πρέπει να περιληφθούν στην γεωμετρία προσομείωσης του FDTD ώστε να αποκτηθούν ορθές κατανομές πεδίων εξωτερικά του εγκεφάλου όταν η κεραία λειτουργεί στην βιοιατρική ζώνη συχνοτήτων 402-405 MHz.

Τα υψηλά χαρακτηριστικά της χαμηλού προφίλ εμφυτευμένης κεραίας τοποθετημένης στην αριστερή πλευρά του θώρακα μεγιστοποιήθηκαν με την χρήση δύο απλοποιημένων εκπροσωπήσεων (δύο και μιάς στρώσης δομές) του ανθρώπινου σώματος. Βασιζόμενοι στις προσομειώσεις του FDTD οι επιστήμονες σχεδίασαν ένα μικροτσιπ σπειροειδούς τύπου και κεραία PIFA στη ζώνη 402-405 MHz τα οποία ταίριαξαν καλά με τον περιβάλλοντα βιολογικό ιστό.

Παρότι τα δείγματα εκπομπής είναι παρόμοια το ένα με το άλλο, η κεραία PIFA έχει πλεονεκτήματα έναντι της κεραίας μικροσίπ, δηλαδή μικρότερη διάσταση και υψηλότερη αποτελεσματικότητα εκπομπής.

Η μέγιστη ισχύς παράδοσης και για τις δύο κεραίες βρέθηκε τέτοια που οι τιμές SAR των κεραίων να εμπίπτουν στους περιορισμούς ANSI.

6. On-line παρακολούθηση και εντοπισμός θεμάτων υγείας που σχετίζονται με το Πάγκρεας

6.1. Εισαγωγή

Η παρακολούθηση των θεμάτων υγείας που σχετίζονται με το πάγκρεας σε πραγματικό χρόνο και εκτός του χώρου του ιατρείου αποτελεί πρόκληση στον ευρύ τομέα της ηλεκτρονικής υγείας. Η εργασία (Chrysikos et al., 2017) εισάγει το WHEAMO, μια νέα πλατφόρμα ηλεκτρονικής υγείας η οποία χρησιμοποιεί ιατρικά εμφυτεύματα (βιοαισθητήρες), τα οποία λειτουργούν ως κεραίες που φυτεύονται στο πάγκρεας. Το WHEAMO χρησιμοποιεί ασύρματη διάδοση εντός σώματος για την παρακολούθηση, και την καταγραφή κρίσιμων παραμέτρων για σοβαρές παθήσεις, όπως η γλυκόζη. Το σήμα φτάνει στο δέρμα και κατόπιν μεταδίδεται σε ένα εσωτερικό περιβάλλον (π.χ. ιατρικό χώρο) πάνω σε ένα τερματικό εξοπλισμό, ο οποίος χρησιμοποιεί μηχανισμούς μηχανικής μάθησης (machine learning) για το σκοπό της πρόβλεψης. Οι οποίοι επίσης παρέχουν και εξατομικευμένες συστάσεις προς διάφορους χρήστες του WHEAMO (π.χ. ιατρικό προσωπικό, υγειονομική περίθαλψη, ασθενείς). Ο εξατομικευμένος χαρακτήρας των παρεχόμενων συστάσεων βασίζεται στα μοναδικά χαρακτηριστικά των ασθενών μέσω μιας βάσης δεδομένων.

6.2. Πλατφόρμα WHEAMO

Η πλατφόρμα WHEAMO είναι μια νέα εφαρμογή ασύρματης ιατρικής παρακολούθησης/περίθαλψης που σκοπό έχει να παράσχει έγκαιρη και σε πραγματικό χρόνο παρακολούθηση/διάγνωση των ασθενειών του παγκρέατος .

Η πλατφόρμα WHEAMO παρουσιάστηκε τον Ιούνιο του 2016 και η έρευνα που προηγήθηκε βασίστηκε στη μοντελοποίηση των καναλιών διάδοσης και την αποτελεσματική άντληση των δεδομένων που λαμβάνει το εμφύτευμα στις ζώνες MICS (Medical Implant Communication System) και ISM (Industrial Scientific and Medical) , με σκοπό την ανάλυση τους από το εργαστήριο.

Η πλατφόρμα αυτή συλλέγει, καταγράφει, αποθηκεύει και διανέμει τις πληροφορίες εκείνες που παρέχονται από το ιατρικό εμφύτευμα εντός του σώματος του ασθενούς , οι οποίες στη συνέχεια αναλύονται από το αρμόδιο εργαστήριο, ώστε να ολοκληρωθεί η κατάλληλη πρόβλεψη για τον εκάστοτε ασθενή.

Μοντελοποίηση καναλιών και χαρακτηρισμός απώλειας διαδρομής στην ενδοσωματική διάδοση (In-body propagation).

Η επιστημονική μελέτη των Chrysikos et al. (2016), δημιούργησε ένα σύνολο εμπειρικών δεδομένων εφαρμόζοντας ένα κανάλι διάδοσης δεδομένων μέσα στο ανθρώπινο σώμα μέσω πομπού,

ο οποίος εμφυτεύτηκε βαθιά σε αυτό, σε βαθύτερο όμως σημείο από εκείνο των περισσότερων δημοσιευμένων μελετών μέχρι εκείνη την στιγμή. Στοιχεία αντλήθηκαν από δυο περιπτώσεις ασθενών, ενήλικος άνδρας και ενήλικη γυναίκα αντίστοιχα, με την τοποθέτηση δίπολου μισού κύματος, επιτρέποντας επαρκή διάδοση σήματος μέχρι την επιφάνεια του δέρματος και έγινε καταγραφή των τιμών απορρόφησης σήματος, όπου η μέγιστη τιμή SAR βρέθηκε πολύ κάτω από τα επιτρεπτά όρια.

Τα αποτελέσματα της μελέτης αποκάλυψαν ότι η ζώνη επικοινωνίας ιατρικών εμφυτευμάτων (MICS) είναι πιο κατάλληλη για εφαρμογές που αφορούν το πάγκρεας, οι οποίες, στην περίπτωση της παρακολούθησης της γλυκόζης, είναι κρίσιμης σημασίας για την ηλεκτρονική υγεία και την τηλεμετρία στην ιατρική επιστήμη και πρακτική. Επιλέχθηκε η χρήση διπολικής κεραίας καθώς ο τύπος αυτός είναι περισσότερο διερευνημένος και πιο συχνά χρησιμοποιούμενος, απλός στην χρήση του και χαμηλού κόστους. Διαπιστώθηκαν διαφορές που σχετίζονταν με το φύλο, αλλά σε όλες τις περιπτώσεις, οι λογαριθμικές τιμές της μέσης λαμβανόμενης ισχύος ακολούθησαν την κατανομή Gaussian, επιβεβαιώνοντας το λογαριθμικό κανονικό μοντέλο μεγάλης κλίμακας εξασθένισης.

Μικρής κλίμακας εξασθένιση για την εντός-σώματος διάδοση από-πάγκρεας-στο-δέρμα (pancreas-to-skin in-body propagation)

Η δεύτερη μελέτη (Chrysikos et al., 2017b) στόχευε στον χαρακτηρισμό των διακυμάνσεων μικρής κλίμακας της έντασης του σήματος (ηλεκτρικό πεδίο) και της πυκνότητας ισχύος λόγω της εξασθένισης των πολλαπλών διαδρομών για το κανάλι της εντός-σώματος διάδοσης από το πάγκρεας-στο-δέρμα, για τις ζώνες 402,5 MHz και 2,45 GHz.

Για τη ζώνη MICS στα 402,5 MHz, για τις διακυμάνσεις της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου επιβεβαιώθηκε η κανονική κατανομή.

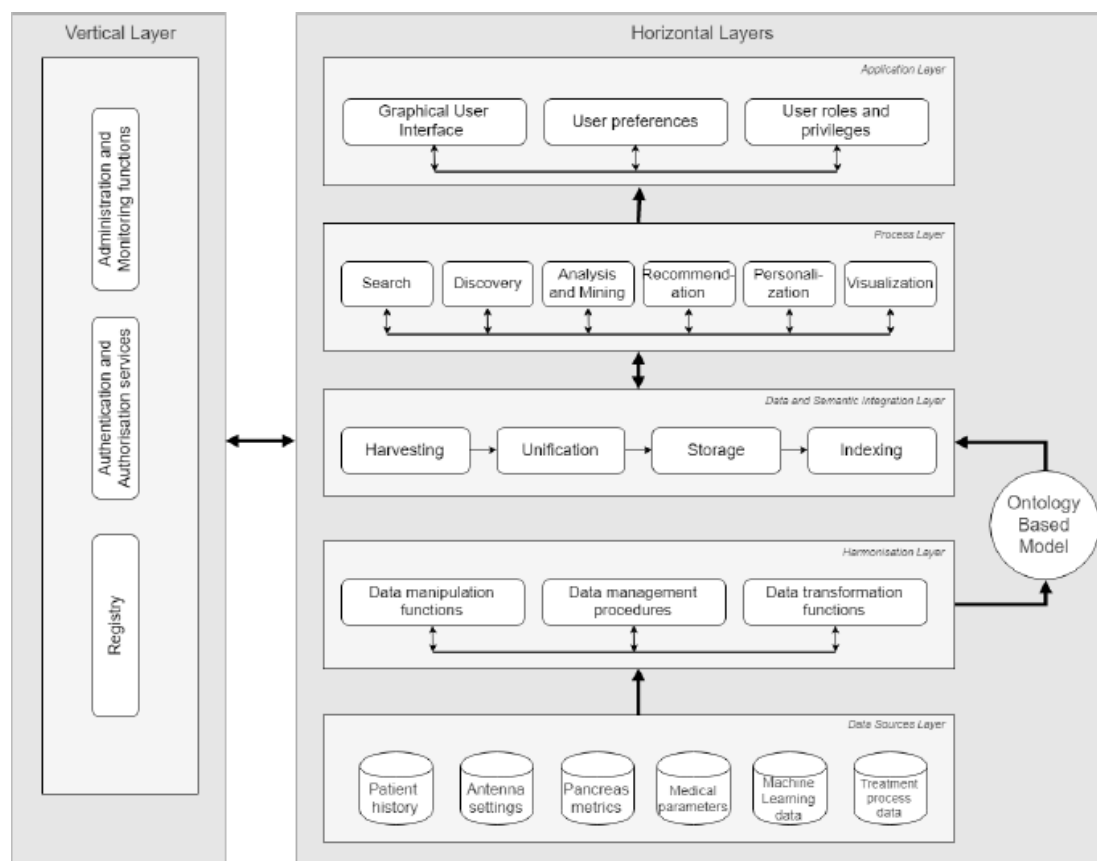
Οι περιπτώσεις πυκνότητας ισχύος ακολούθησαν την εκθετική κατανομή.

Η ζώνη των 2,45 GHz (ISM) παρείχε μεγαλύτερη ευελιξία στις διακυμάνσεις της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου. Η κανονική κατανομή και οι κατανομές ακραίων τιμών χρησιμοποιήθηκαν για να περιγράψουν τις περιπτώσεις εξασθένισης του αρσενικού δείγματος, ενώ για την περίπτωση του θηλυκού χρησιμοποιήθηκε η εκθετική κατανομή.

Από την εργασία επίσης προέκυψε ότι για τις διακυμάνσεις της πυκνότητας ισχύος, οι εκθετικές κατανομές παραμένουν το καλύτερο εργαλείο προσαρμογής για τις μικρές κλίμακες εξασθενήσεις.

6.3. Αρχιτεκτονική του συστήματος

Το σύστημα πληροφοριών WHEAMO έχει κατασκευαστεί χρησιμοποιώντας την αρχιτεκτονική ανοιχτού επιπέδου (open-layered). Η πλατφόρμα αποτελείται από πέντε οριζόντια και ένα κατακόρυφο επίπεδο. Κάθε οριζόντιο επίπεδο παρέχει λειτουργικότητα στα υψηλότερα οριζόντια επίπεδα. Το κάθετο επίπεδο παρέχει μηχανισμούς στα οριζόντια επίπεδα έτσι ώστε να αλληλεπιδρούν μεταξύ τους.



Εικόνα 9-Αρχιτεκτονική Πλατφόρμας WHEAMO

Οριζόντια επίπεδα

Οι πηγές δεδομένων παρέχουν πληροφορίες που απαιτούνται από την πλατφόρμα. Ωστόσο, τα δεδομένα ενδέχεται να εκπροσωπούνται με ποικίλες μορφές. Μια κατηγορία χρησιμοποιείται από κάθε πάροχο δεδομένων για να συνδεθεί με την πλατφόρμα. Χρησιμοποιώντας αυτή την κλάση, ο πάροχος των δεδομένων περιγράφει τα δεδομένα, τις λειτουργίες χειρισμού και τις διαδικασίες διαχείρισης δεδομένων. Συμπεριλαμβάνονται επίσης και τα μεταδεδομένα (meta-data), τα οποία παρέχουν πληροφορίες σχετικά με την ασφάλεια των δεδομένων που μεταφέρονται.

Το επίπεδο δεδομένων και η σημασιολογική τους ενσωμάτωση περιλαμβάνει τις λειτουργίες που απαιτούνται για την ενοποίηση των πληροφοριών. Αυτές έχουν συλλεχθεί από τους παρόχους δεδομένων και από τη δημιουργία μιας πλούσιας και αποτελεσματικής αποθήκευσης δεδομένων που υποστηρίζει διάφορες λειτουργίες.

Η διαδικασία συλλογής αφορά την περιοδική αποθήκευση των δεδομένων από τους εγγεγραμμένους παρόχους δεδομένων, τα οποία σχολιάζονται με την πηγή τους, την ημερομηνία και την ώρα που έχουν συλλεχθεί. Επίσης, η διαδικασία της ενοποίησης αναλαμβάνει να ενώσει τις ροές δεδομένων τις οποίες τα μετατρέπει σε κατάλληλες μορφές, με στόχο τη δημιουργία μιας ολοκληρωμένης και ενοποιημένης βάσης δεδομένων. Η διαδικασία αποθήκευσης δημιουργεί ένα και μόνιμο αντίγραφο των δεδομένων τοπικά και μετασχηματίζεται κατά τέτοιο τρόπο ώστε να ταιριάζει με το μοντέλο οντολογίας της πλατφόρμας. Τέλος, η διαδικασία εύρεσης δημιουργεί ειδικές δομές για την υποστήριξη της ομαδοποίησης και άλλων τεχνικών μηχανικής μάθησης.

Σχετικά με το Οντολογικό μοντέλο δεδομένων, τα δεδομένα αποθηκεύονται σε μορφή οντολογίας, το οποίο επιτρέπει την ενσωμάτωση της σημασιολογίας και επίσης διασφαλίζει την ακεραιότητα και τη συνοχή των δεδομένων. Στο επίπεδο διεργασίας οι τελικοί χρήστες μπορούν να αναζητήσουν και να ανακαλύψουν πληροφορίες. Οι ανακτημένες πληροφορίες αναλύονται μέσω τεχνικών εξόρυξης δεδομένων. Οι τεχνικές αυτές μέσω της Online παρακολούθησης «μαθαίνουν» τον εκάστοτε ασθενή και μπορούν να προβλέψουν τις μελλοντικές του καταστάσεις. Αυτό το στάδιο της ανάλυσης και της εξόρυξης δεδομένων βρίσκει τα πρότυπα ενδιαφέροντος (pattern recognition) και έτσι επιτυγχάνει το σκοπό του. Είναι προφανές ότι όσο περισσότερα δεδομένα έχουμε, τόσο καλύτερα εκπαιδεύεται ένας ταξινομητής και ως εκ τούτου παράγει καλύτερα αποτελέσματα στις προβλέψεις του.

Το επίπεδο εφαρμογής παρέχει την εφαρμογή που επιτρέπει στους χρήστες να έχουν πρόσβαση στην πλατφόρμα (π.χ. ιατρικό προσωπικό, ασθενείς). Κάθε τελικός χρήστης θα χρειαστεί να δημιουργήσει έναν λογαριασμό, να προβάλει και να χειριστεί δεδομένα βάσει των προνομίων του και του ρόλου του.

Συζήτηση - Συμπεράσματα

Η m-health αποσκοπεί στην προώθηση ενός υγιεινού τρόπου ζωής του κοινού και στην καθημερινή παρακολούθηση της κατάστασης της υγείας των ασθενών για διάφορες παθήσεις. Κρίσιμος παράγοντας διάδοσης αυτής της καινοτόμου εφαρμογής είναι η ευρεία χρήση των smartphones (έξυπνες συσκευές). Με βάση τα στατιστικά στοιχεία, η χρήση smartphones αυξάνεται ραγδαία σε παγκόσμιο επίπεδο τα τελευταία χρόνια. Η ανάπτυξη του m-health καθίσταται ως αντίμετρο μπροστά στις μελλοντικές προκλήσεις των συστημάτων υγείας. Η γήρανση του πληθυσμού, οι λιγοστοί οικονομικοί πόροι και η έλλειψη εξειδικευμένου ιατρικού προσωπικού δυσχεραίνουν την βιωσιμότητα αλλά και την ικανοποίηση που λαμβάνουν οι ασθενείς από το σύστημα υγείας των χωρών τους. Οι εφαρμογές m-health εξυπηρετούν μια γκάμα δραστηριοτήτων ανάλογα με το σκοπό χρήσης τους. Κυριότερες δραστηριότητες είναι αυτές που αφορούν τη προώθηση ενός υγιεινού τρόπου ζωής, την πρόληψη και ενημέρωση από νοσήματα και τέλος αυτές που συνεισφέρουν στη διάγνωση, τη παρακολούθηση και τη θεραπεία των ασθενών.

Υπάρχει ένα εύρος παραγόντων που επηρεάζει το κοινό στην λήψη της απόφασης να υιοθετήσει την εφαρμογή m-health. Οι παράγοντες αυτοί είναι το κόστος της εφαρμογής, τα δημογραφικά χαρακτηριστικά του κοινού, όπως η ηλικία και το εισόδημά του, η χρησιμότητα και η ικανοποίηση από τη χρήση της εφαρμογής, η δυσκολία ή ευκολία υιοθέτησης της τεχνολογίας και της καινοτομίας, η άμεση πρόσβαση στα προσωπικά δεδομένα υγείας του ασθενή, η εμπιστοσύνη του κοινού στην εφαρμογή, η επίγνωση της κατάστασης υγείας του, κλπ.

Η προσαρμογή στη καινοτομία και την αποδοχή των νέων τεχνολογιών από τους επαγγελματίες υγείας θεωρείται το μεγάλο ερωτηματικό που καλείται να διερευνηθεί. Οι δημόσιες αρχές, τα Μ.Μ.Ε αλλά και οι ίδιοι οι χρήστες καλούνται να συμβάλλουν θετικά στη προώθηση του m-health. Αντίθετα, το υψηλό κόστος απόκτησης των συσκευών, τα λάθη στην επεξεργασία των δεδομένων από τις συσκευές, η παραβίαση των προσωπικών δεδομένων από τρίτους, η απρόσωπη άρα και δυσάρεστη επαφή με τον θεράποντα ιατρό και η δυσκολία ενσωμάτωσης της τεχνολογίας στην καθημερινότητα των ηλικιωμένων ατόμων θεωρούνται βασικοί παράγοντες που προκαλούν την αποτροπή από τη χρήση της νέας αυτής τεχνολογίας.

Ασύρματο δίκτυο ανθρωπίνου σώματος (wireless body area network or body sensor network) καλείται το ασύρματο δίκτυο το οποίο αποτελείται από ηλεκτρονικές συσκευές οι οποίες μπορούν είτε να εμφυτευθούν εσωτερικά του ανθρώπινου οργανισμού είτε να φορεθούν πάνω στο ανθρώπινο σώμα εξωτερικά ή υποδόρια. Οι συσκευές οι οποίες εμφυτεύονται εσωτερικά του ανθρώπινου σώματος ονομάζονται εμφυτεύματα (implants). Σε αντίθεση, οι συσκευές οι οποίες είναι τοποθετημένες σε ένα σταθερό σημείο πάνω στο δέρμα ή μερικά χιλιοστά κάτω από το δέρμα καλούνται wearables. Επιπρόσθετα υπάρχει και η κατηγορία στην οποία συγκαταλέγονται οι συσκευές οι οποίες μπορούν να μεταφερθούν σε διαφορετικά σημεία, μέσα σε τσέπες ρούχων, στο χέρι ή ακόμη και μέσα σε τσάντες.

Τον τελευταίο καιρό παρατηρείται τεράστια ανάπτυξη στην περιοχή των body area networks, η οποία αφορά κυρίως την σμίκρυνση αυτών των συσκευών και ιδιαίτερα των εμφυτευμάτων τα οποία χρειάζεται να είναι σε μέγεθος χιλιοστών. Άλλη μία ανάπτυξη είναι αυτές οι μικρές συσκευές που μπορεί να είναι πάνω από μία ή δύο κατά περίπτωση, να αποτελούν

κόμβους (body sensor units) οι οποίοι ελέγχονται από ένα κεντρικό σημείο κόμβο (single body central unit).

Επιπρόσθετα, στην παρούσα έρευνα διερευνήθηκαν τα οφέλη και τα πλεονεκτήματα που παρέχει η εφαρμογή WHEAMO, μια καινοτόμος πλατφόρμα ηλεκτρονικής υγείας που στοχεύει στην παρακολούθηση, τον εντοπισμό και την καταγραφή κρίσιμων παραμέτρων οι οποίες σχετίζονται με το πάγκρεας. Ο στόχος της πλατφόρμας είναι να βοηθήσει το ιατρικό προσωπικό να εντοπίσει εγκαίρως τις παγκρεατικές διαταραχές. Το WHEAMO βασίζεται σε ένα σύνολο ιατρικών εμφυτευμάτων που εμφυτεύονται στο πάγκρεας. Επίσης, υποστηρίζει ένα προσαρμοστικό διαδραστικό σύστημα που βασίζεται στην γνώση που παρέχει προσωπικές συμβουλές σε πραγματικό χρόνο για τους ασθενείς και το ιατρικό προσωπικό.

Βιβλιογραφικές Αναφορές

- Abbasi, A., Adjeroh, D., Dredze, M., Paul, M. J., Zahedi, F. M., Zhao, H. & Huesch, M. D. (2014). Social media analytics for smart health. *IEEE Intelligent Systems*, 29(2), 60-80.
- Adibi, S. (Ed.). (2015). *Mobile health: a technology road map* (Vol. 5). Springer.
- Akyildiz, I. F., & Vuran, M. C. (2010). *Wireless sensor networks* (Vol. 4). John Wiley & Sons.
- Baek, H. J., Chung, G. S., Kim, K. K., & Park, K. S. (2012). A smart health monitoring chair for nonintrusive measurement of biological signals. *IEEE transactions on Information Technology in Biomedicine*, 16(1), 150-158.
- Baig, M. M., & Gholamhosseini, H. (2013). Smart health monitoring systems: an overview of design and modeling. *Journal of medical systems*, 37(2), 9898.
- Boulos, K., Brewer, A., Karimkhani, C., Buller, D. & Dellavalle, R. (2014). "Mobile medical and health apps: state of the art, concerns, regulatory control and certification," *Online Journal of Public Health Informatics*, vol. 5, no. 3.
- Cavuoto, J. (2004). Neural engineering's image problem. *IEEE spectrum*, 41(4), 32-37.
- Chrysikos, T., Zisi, I., Katsini, C., Raptis, G. E., & Kotsopoulos, S. (2017, November). Monitoring, Tracking, and Recording Pancreas-Related Health Issues in Real Time. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 931, No. 1, p. 012016). IOP Publishing.
- Chrysikos, T., Zisi, I., & Kotsopoulos, S. (2016, April). Channel modeling and path loss characterization for in-body propagation at MICS and ISM bands. In *Wireless Telecommunications Symposium (WTS), 2016* (pp. 1-7). IEEE.
- Chrysikos, T., Zisi, I., & Kotsopoulos, S. (2017b, April). Investigation of small-scale fading for pancreas-to-skin in-body propagation. In *Wireless Telecommunications Symposium (WTS), 2017* (pp. 1-9). IEEE.
- IEEE Standards Association. (2008). *IEEE 802.15: WPAN™ task group 6 (TG6) body area networks*.
- Donner, J., & Mechael, P. (Eds.). (2012). *mHealth in Practice: Mobile technology for health promotion in the developing world*. A&C Black.

- Elhadj, H. B., Chaari, L., Boudjit, S., & Kamoun, L. (2015). Node and Hub Data Gathering Architectures for Healthcare Applications based on IEEE 802.15. 6 Standard. *International Journal of E-Health and Medical Communications (IJEHMC)*, 6(3), 38-62.
- Gleason, A. W. (2015). mHealth—Opportunities for transforming global health care and barriers to adoption. *Journal of Electronic Resources in Medical Libraries*, 12(2), 114-125.
- Gu, Y., Lo, A., & Niemegeers, I. (2009). A survey of indoor positioning systems for wireless personal networks. *IEEE Communications surveys & tutorials*, 11(1), 13-32.
- Hu, F., Liu, X., Shao, M., Sui, D., & Wang, L. (2017). Wireless energy and information transfer in WBAN: An overview. *IEEE Network*, 31(3), 90-96.
- Istepanian, R., Laxminarayan, S., & Pattichis, C. S. (2006). *M-health*. New York, NY: Springer Science+ Business Media, Incorporated.
- Ko, J., Lu, C., Srivastava, M. B., Stankovic, J. A., Terzis, A., & Welsh, M. (2010). Wireless sensor networks for healthcare. *Proceedings of the IEEE*, 98(11), 1947-1960.
- Krupinski, E. A. (2009). History of telemedicine: evolution, context, and transformation. *Telemedicine and e-Health*, 15(8), 804-805.
- Martinkova, P., & Pohanka, M. (2015). Biosensors for blood glucose and diabetes diagnosis: evolution, construction, and current status. *Analytical Letters*, 48(16), 2509-2532.
- Muhammad, G., Rahman, S. M. M., Alelaiwi, A., & Alamri, A. (2017). Smart health solution integrating IoT and cloud: a case study of voice pathology monitoring. *IEEE Communications Magazine*, 55(1), 69-73.
- Mulvaney, D. (2017). Current state and future promise of m-Health. *mHealth*, 3(5).
- Pahlavan, K., & Krishnamurthy, P. (2011). *Principles of wireless networks: A unified approach*. Prentice Hall PTR.
- Pattichis, C. S., Kyriacou, E., Voskarides, S., Pattichis, M. S., Istepanian, R., & Schizas, C. N. (2002). Wireless telemedicine systems: an overview. *IEEE Antennas and Propagation Magazine*, 44(2), 143-153.
- Perednia, D. A., & Allen, A. (1995). Telemedicine technology and clinical applications. *Jama*, 273(6), 483-488.
- Poon, C. C., Lo, B. P., Yuce, M. R., Alomainy, A., & Hao, Y. (2015). Body sensor networks: In the era of big data and beyond. *IEEE reviews in biomedical engineering*, 8, 4-16.

- Rappaport, T. S. (2002). *Wireless Communications--Principles and Practice*, (The Book End). *Microwave Journal*, 45(12), 128-129.
- Silva, B. M., Rodrigues, J. J., de la Torre Díez, I., López-Coronado, M., & Saleem, K. (2015). Mobile-health: A review of current state in 2015. *Journal of biomedical informatics*, 56, 265-272.
- Smith, D. B., Miniutti, D., Lamahewa, T. A., & Hanlen, L. W. (2013). Propagation models for body-area networks: A survey and new outlook. *IEEE Antennas and Propagation Magazine*, 55(5), 97-117.
- Solanas, A., Patsakis, C., Conti, M., Vlachos, I. S., Ramos, V., Falcone, F. & Martinez-Balleste, A. (2014). Smart health: a context-aware health paradigm within smart cities. *IEEE Communications Magazine*, 52(8), 74-81.
- Vaidya, R. V., & Trivedi, D. K. (2017, July). M-health: A complete healthcare solution. In *Computing Methodologies and Communication (ICCMC)*, 2017 International Conference on (pp. 556-561). IEEE.
- WHO, 2015. A practical guide for engaging with mobile network operators in mHealth for reproductive, maternal, newborn and child health.
- Zhu, X. Q., Guo, Y. X., & Wu, W. (2016). A compact dual-band antenna for wireless body-area network applications. *IEEE Antennas Wireless Propag. Lett.*, 15, 98-101.