

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

" ΑΣΥΡΜΑΤΑ ΔΙΚΤΥΑ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ ΣΤΟΝ ΤΟΜΕΑ ΤΗΣ ΙΑΤΡΙΚΗΣ
ΚΑΙ ΜΙΚΡΟΚΕΡΑΙΕΣ "

ΚΑΡΡΑ ΦΩΤΕΙΝΗ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΤΖΗΜΑΣ ΓΙΑΝΝΗΣ

ΠΑΤΡΑ 13/09/2020

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή Πάτρα, Ημερομηνία

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

1. Ονοματεπώνυμο, Υπογραφή
2. Ονοματεπώνυμο, Υπογραφή
3. Ονοματεπώνυμο, Υπογραφή

Υπεύθυνη Δήλωση Φοιτητή

Βεβαιώνω ότι είμαι συγγραφέας αυτής της εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης έχω αναφέρει τις όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε αυτές αναφέρονται ακριβώς είτε παραφρασμένες. Επίσης βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία προετοιμάστηκε από εμένα προσωπικά ειδικά για τη συγκεκριμένη εργασία.

Η έγκριση της διπλωματικής εργασίας από το Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Πανεπιστημίου Πελοποννήσου δεν υποδηλώνει απαραίτητως και αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα εκ μέρους του Τμήματος.

Η παρούσα εργασία αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία της φοιτήτριας Καρρά Φωτεινής που την εκπόνησε. Στο πλαίσιο της πολιτικής ανοικτής πρόσβασης ο συγγραφέας/δημιουργός εκχωρεί στο Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου, μη αποκλειστική άδεια χρήσης του δικαιώματος αναπαραγωγής, προσαρμογής, δημόσιου δανεισμού, παρουσίασης στο κοινό και ψηφιακής διάχυσής τους διεθνώς, σε ηλεκτρονική μορφή και σε οποιοδήποτε μέσο, για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, άνευ ανταλλάγματος και για όλο το χρόνο διάρκειας των δικαιωμάτων πνευματικής ιδιοκτησίας. Η ανοικτή πρόσβαση στο πλήρες κείμενο για μελέτη και ανάγνωση δεν σημαίνει καθ' οιονδήποτε τρόπο παραχώρηση δικαιωμάτων διανοητικής ιδιοκτησίας του συγγραφέα/δημιουργού ούτε επιτρέπει την αναπαραγωγή, αναδημοσίευση, αντιγραφή, αποθήκευση, πώληση, εμπορική χρήση, μετάδοση, διανομή, έκδοση, εκτέλεση, «μεταφόρτωση» (downloading), «ανάρτηση» (uploading), μετάφραση, τροποποίηση με οποιονδήποτε τρόπο, τμηματικά ή περιληπτικά της εργασίας, χωρίς τη ρητή προηγούμενη έγγραφη συναίνεση του συγγραφέα/δημιουργού. Ο συγγραφέας/δημιουργός διατηρεί το σύνολο των ηθικών και περιουσιακών του δικαιωμάτων.

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στον επιβλέποντα καθηγητή του Τμήματος Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών κύριο Τζήμα Γιάννη για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε στο συγκεκριμένο θέμα καθώς και την δυνατότητα να ανακαλύψω και να μάθω ένα τόσο ενδιαφέρον αντικείμενο που απασχολεί πολλούς ερευνητές.

Δεν θα μπορούσα να μην ευχαριστήσω όλους του καθηγητές που είχα όλα αυτά τα χρόνια της μέχρι στιγμής ακαδημαϊκής μου ζωής, για τις γνώσεις που μου μετέδωσαν. Ιδιαίτερα οφείλω ένα ευχαριστώ στους καθηγητές της κατεύθυνσης μου ‘ Μηχανικών Δικτύων ’, διότι καθόλι την διάρκεια παρακολούθησης των μαθημάτων της κατεύθυνσης ήταν πάντα πρόθυμοι και πλήρως επεξηγηματικοί.

Τέλος ένα μεγάλο και εγκάρδιο ευχαριστώ αξίζουν οι γονείς μου Γεώργιος και Βασιλική Καρρά , η αδερφή μου Ιωάννα Καρρά , που όλα αυτά τα χρόνια με στηρίζουν και δεν με αφήνουν στιγμή να παρατήσω να όνειρα μου. Πέραν αυτής της πολύτιμης στήριξης μου έδωσαν όλα τα εφόδια ώστε να γίνω ένας σωστός Άνθρωπος και αυτό είναι κάτι που δεν μαθαίνεται αλλά μεταδίδεται.

Φωτεινή Καρρά
Πάτρα, 2020

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της συγγραφής της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η γνωριμία μας με τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων (WSN) στον τομέα της υγείας, καθώς και την επίδραση των κεραιών σε αυτά. Επιπρόσθετα αναφερόμαστε και σε εμφυτεύσιμες κεραιές για ιατρικές εφαρμογές.

Αρχικά μελετάμε τα χαρακτηριστικά και τις απαιτήσεις των ασύρματων δικτύων καθώς και τις εφαρμογές τους σε διάφορους τομείς.

Στην συνέχεια μελετάμε την σύνδεση των ασύρματων δικτύων αισθητήρων με τον τομέα της υγείας καθώς είναι ένας τομέας ο οποίος εξελίσσεται συνεχώς λόγω των πολλών προτερημάτων που προσφέρει τόσο σε ασθενείς όσο και σε ιατρικό προσωπικό. Εμβαθύνουμε λοιπόν σε εφαρμογές αυτών όπως είναι η ρομποτική, το Codeblue, το mHealth καθώς και άλλες εφαρμογές που αναλύονται στο κεφάλαιο 2.

Στο κεφάλαιο 3 αναφέρουμε πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των ασύρματων δικτύων αισθητήρων στην ιατρική και ξεκινάμε να μελετάμε τις κεραιές και τον σχεδιασμό τους στον τομέα αυτό.

Στο 4^ο κεφάλαιο έχουμε πλέον εξοικειωθεί με τις κεραιές και αναλύουμε τις ζώνες συχνότητας, προκλήσεις στην διαδικασία σχεδιασμού των κεραιών, Uplink, Downlink, εξισώσεις Maxwell. Τέλος κατηγοριοποιούμε τις κεραιές και παρουσιάζουμε την χρήση κάθε μίας.

Το τελευταίο μας κεφάλαιο αφιερώθηκε σε μία μεγάλη κατηγορία που έχει προκαλέσει διαφωνίες από επιστήμονες και όχι μόνο. Αναφέρομαι στις εμφυτεύσιμες κεραιές για εφαρμογές ασύμμετρης ιατρικής τηλεμετρίας. Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζουμε την διαδικασία σχεδιασμού αυτών των κεραιών και περιορισμούς κατά την υλοποίησή τους. Τέλος βάζουμε σε κατηγορίες τις εμφυτεύσιμες κεραιές και μελετάμε κάποιους συγκεκριμένους τύπους κεραιών.

ABSTRACT

The purpose of writing this thesis is to acquaint us with wireless sensor networks (WSN) in the field of health, as well as the effect of antennas on them. In addition, we refer to implantable antennas for medical applications.

We first study the features and requirements of wireless networks as well as their applications in various fields.

Then we study the connection of wireless sensor networks with the health sector as it is an area that is constantly evolving due to the many advantages it offers to both patients and medical staff. So we delved into applications such as robotics, Codeblue, mHealth and other applications discussed in Chapter 2.

In Chapter 3 we report the advantages and disadvantages of wireless sensor networks in medicine and begin to study antennas and their design in this area.

In Chapter 4 we are now familiar with antennas and analyzing the frequency bands, challenges in the antenna design process, Uplink, Downlink, Maxwell equations. Finally, we categorize the antennas and present the use of each one.

Our last chapter was devoted to a large category that has caused controversy from scientists and beyond. I am referring to implantable antennas for asymmetric medical telemetry applications. In this chapter we present the design process of these antennas and limitations in their implementation. Finally, we categorize the implantable antennas and study some specific types of antennas.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.....	10
ΑΣΥΡΜΑΤΑ ΔΙΚΤΥΑ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ (WIRELESS SENSOR NETWORKS)	
1.1. Ορισμός.....	10
1.2. Λειτουργία κόμβων (Λογισμικό).....	11
1.3. Χαρακτηριστικά και απαιτήσεις των WSN.....	12
1.4. Εφαρμογές.....	14
1.4.1. Περιβαλλοντικές εφαρμογές.....	14
1.4.2. Εφαρμογές υγείας.....	16
1.4.3. Οικιακές εφαρμογές.....	17
1.4.4. Βιομηχανικές εφαρμογές.....	17
1.4.5. Στρατιωτικές εφαρμογές.....	17
1.5. Σχεδιαστικές προκλήσεις.....	17
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.....	20
ΑΣΥΡΜΑΤΑ ΔΙΚΤΥΑ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ ΣΤΟΝ ΤΟΜΕΑ ΤΗΣ ΙΑΤΡΙΚΗΣ	
2.1. Ασύρματα δίκτυα αισθητήρων στην υγεία.....	20
2.2.1. Codeblue.....	22
2.2.2. Ρομποτική και χειρουργικό σύστημα Davinci.....	23
2.2.3. cardio.net, medtronic και biotronic.....	25
2.2.4. Blind guide solution.....	27
2.2.5. Mobile health.....	27
2.2. Εφαρμογές mHealth.....	29
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.....	33
3.1. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των WSN στην υγεία.....	33
3.2. Σχεδιασμός κεραιών για ασύρματα δίκτυα.....	35
3.3. Παράμετροι απόδοσης κεραίας.....	36
3.4. Απόδοση και χαρακτηρισμός κεραίας two sleeve.....	37
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.....	40
ΜΙΚΡΟΚΕΡΑΙΕΣ ΣΕ ΔΙΚΤΥΑ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ ΣΤΟΝ ΤΟΜΕΑ ΟΠΩΣ ΙΑΤΡΙΚΗΣ.....	
4.1. Εισαγωγή.....	40
4.2. Προκλήσεις στην διαδικασία σχεδιασμού.....	41
4.3. Ζώνες συχνοτήτων.....	42
4.4. ITU-R.....	43
4.4.1. Uplink.....	44
4.4.2. Downlink.....	45
4.5. Διάδοση κυμάτων.....	45
4.5.1. Εξίσωση Maxwell.....	46
4.5.2. Δεδομένα υλικού και μετρήσεις.....	46
4.5.3. Δεδομένα ιστών.....	47
4.5.4. Προσομοίωση ιστών.....	47
4.5.5. Σκίαση.....	48
4.6. Κεραίες στον τομέα όπως υγείας.....	48
4.6.1. Συρματοκεραία (Wire antenna).....	49
4.6.2. Microstrip κεραία.....	49
4.6.3. Επίπεδη ανεστραμμένη κεραία F (PIFA).....	50

4.6.4. Κεραία βρόχου (Loop antenna).....	51
4.6.5. Ελικοειδής κεραία.....	52
4.7. SAR.....	53

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 Εμφυτεύσιμες Κεραίες για Εφαρμογές Ασύρματης Ιατρικής Τηλεμετρίας.....	56
5.1. Εισαγωγή.....	56
5.2. Σχεδίαση και βελτιστοποίηση ευρυζωνικών εμφυτεύσιμων κεραιών.....	57
5.3. Έρευνα κεραιών για εμφυτεύματα.....	57
5.4. Περιορισμοί στη διαδικασία σχεδιασμού.....	57
5.5. Διαδικασία σχεδιασμού.....	59
5.6. Κοχλιακό εμφύτευμα.....	60
5.7. Κατηγοριοποίηση των εμφυτευμάτων.....	62
5.8. Έρευνα κεραιών διπλής ζώνης.....	63
5.9. Έρευνα κυκλικών πολωμένων κεραιών.....	66
5.10. Έρευνα κεραιών κάγουλας.....	67
BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	70

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΑΣΥΡΜΑΤΑ ΔΙΚΤΥΑ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ(WIRELESS SENSOR NETWORKS

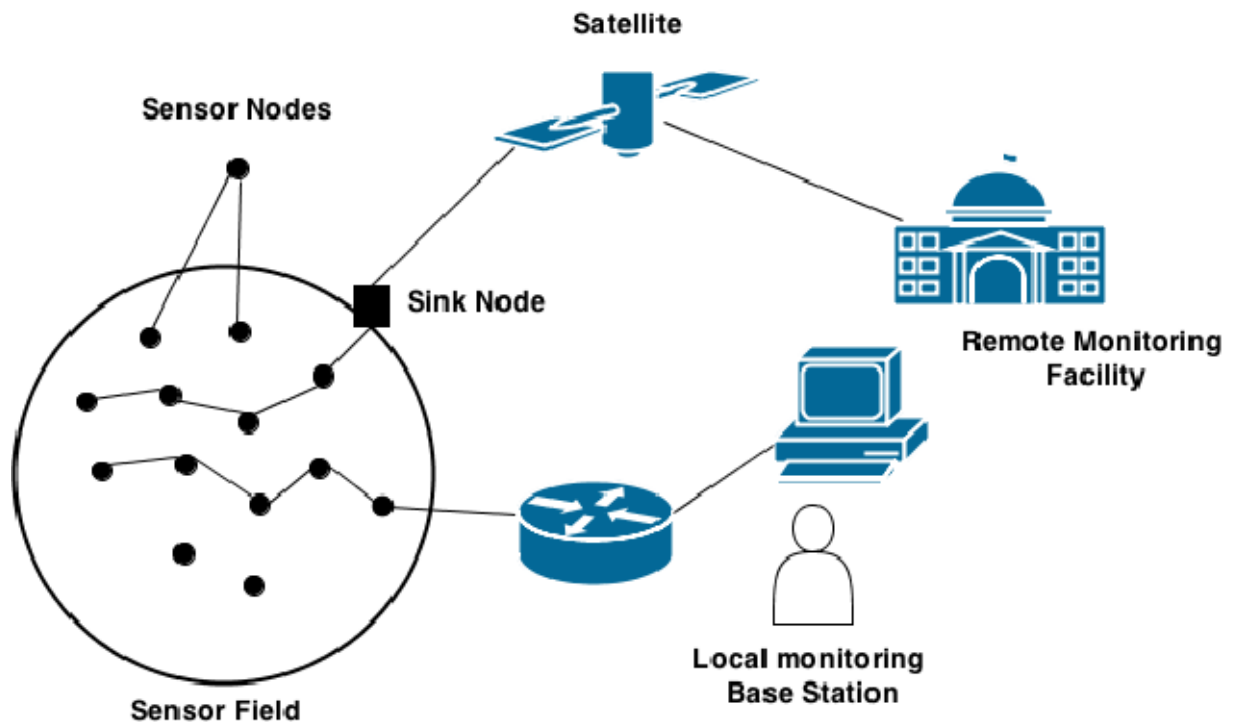
1.1. Ορισμός

Σαν ασύρματο δίκτυο αισθητήρων (wireless sensor network – WSN) ορίζεται ένα δίκτυο το οποίο αποτελείται από πολλούς ενεργειακά αυτόνομους κόμβους. Αυτοί οι κόμβοι μπορούν να αντιλαμβάνονται και να παρατηρούν διάφορα φυσικά μεγέθη (ήχο, κίνηση, εικόνα, θερμοκρασία, υγρασία, πίεση κ.α). Επίσης έχουν την δυνατότητα να μεταδίδουν την επεξεργασμένη ή και μη επεξεργασμένη μέτρηση, ώστε να φτάσει σε έναν σταθμό βάσης (base station). Η επικοινωνία μεταξύ των κόμβων είναι αμφίδρομη, δηλαδή όπως στέλνουν πληροφορίες στον σταθμό βάσης έτσι και ο σταθμός βάσης μπορεί να στείλει ο ίδιος πληροφορίες.

Η χρήση της ασύρματης τεχνολογίας αυξήθηκε ραγδαία λόγω ευκολίας και οικονομικής αποδοτικότητας. Συνήθως, οι αισθητήρες αναπτύσσονται με τρόπο υψηλής πυκνότητας και σε μεγάλες ποσότητες. Οι ασύρματοι κόμβοι αισθητήρων είναι συμπαγείς, ελαφριοί και έχουν μπαταρίες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε σχεδόν οποιοδήποτε περιβάλλον. Κάθε κόμβος αισθητήρα αποτελείται από τέσσερα εξαρτήματα: μια μονάδα ισχύος, μια μονάδα πομποδέκτη, μια μονάδα ανίχνευσης και μια μονάδα επεξεργασίας.

Ο κόμβος μπορεί να έχει κάποια εξαρτήματα που εξαρτώνται από την εφαρμογή, όπως η γεννήτρια ισχύος, το σύστημα εύρεσης θέσης και ο κινητοποιητής. Η επικοινωνία μεταξύ των κόμβων γίνεται με ασύρματο τρόπο, και έτσι, το όνομα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων.

Στα πιο σύγχρονα δίκτυα η ανταλλαγή των πληροφοριών είναι αμφίδρομη καθιστώντας επιτρεπτό τον έλεγχο της δραστηριότητας των αισθητήρων. Το βασικό κίνητρο για την ανάπτυξη των ασυρμάτων δικτύων αισθητήρων ήταν οι στρατιωτικές εφαρμογές και πιο συγκεκριμένα η παρακολούθηση του πεδίου μάχης. Στην σημερινή εποχή αυτά τα δίκτυα χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές υγείας, σε περιβαλλοντικές εφαρμογές, σε βιομηχανικές εφαρμογές και σε πολλές ακόμα που αναλύουμε στην ενότητα 1.4.



Εικόνα 1.1. Αρχιτεκτονική Ασύρματου δικτύου αισθητήρων

1.2. Λειτουργία κόμβων (Λογισμικό)

Τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων έχουν δύο βασικές λειτουργίες. Η πρώτη αφορά το σύνολο των κόμβων με αισθητήρες και η δεύτερη αφορά τον κόμβο που συνδέεται με το υπολογιστικό σύστημα.

- Στους κόμβους με αισθητήρες, ο μικροεπεξεργαστής μαζεύει πληροφορίες από το περιβάλλον, τις ψηφιοποιεί και τέλος τις μετατρέπει σε πακέτα ώστε να φτάσουν στον πιο κοντικό κόμβο με τελικό προορισμό τον κόμβο Συλλέκτη. Εκτός από αυτή την αρμοδιότητα είναι υπεύθυνος για την αναμετάδοση των πληροφοριών που λαμβάνονται από τους κόμβους.
- Ο κόμβος «Συλλέκτης» αφού λάβει τα πακέτα από τους κοντινούς κόμβους, επικοινωνεί με το υπολογιστικό σύστημα για την αποστολή αυτών των πακέτων. Ορίζεται ως «Xmesh» το δίκτυο επικοινωνίας των πακέτων που δημιουργείται από την διαδικασία που αναφέραμε με τους κόμβους.

Οι συγκεκριμένοι κόμβοι διαθέτουν λειτουργικό σύστημα TinyOS. Παρέχοντα εργαλεία για το λογισμικό αυτό και για την δημιουργία προγραμμάτων. Οι κόμβοι οι οποίοι είναι έτοιμοι για χρήση έχουν προγραμματιστεί με το κατάλληλο λογισμικό. Επομένως στους κόμβους με αισθητήρες γίνεται η λήψη και η αποστολή πληροφοριών ενώ στον κόμβο Συλλέκτη το λογισμικό του είναι υπεύθυνο για να στείλει την πληροφορία σε ένα υπολογιστικό σύστημα.

Για να πραγματοποιηθεί σύνδεση του κόμβου Συλλέκτη με το υπολογιστικό σύστημα γίνεται μέσω μίας θύρας USB. Στην πράξη τα πράγματα διαφέρουν. Μέσα στον κόμβο αυτό γίνεται μια ολόκληρη διαδικασία μετατροπής του σήματος από USB σε ένα πρωτόκολλο σειριακής θύρας που ονομάζεται RS232. Με αυτόν τον τρόπο η επικοινωνία του υπολογιστικού συστήματος και του κόμβου Συλλέκτη επιτυγχάνεται χωρίς να δημιουργούνται προβλήματα.

1.3. Χαρακτηριστικά και απαιτήσεις των WSN

A. Χαμηλή κατανάλωση ενέργειας

- Όταν αδειάσουν οι μπαταρίες που τροφοδοτούν τους κόμβους το δίκτυο καταστρέφεται.
- Όσο πιο χαμηλή κατανάλωση έχουμε, τόσο πιο χαμηλό είναι το κόστος συντήρησης και έχουμε μεγαλύτερη διάρκεια ζωής της μπαταρίας.
- Μία καλή επιλογή είναι οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας οι οποίες παρουσιάζουν αρκετούς περιορισμούς κατά την χρήση τους και εξαρτώνται άμεσα από την τοποθεσία, με αποτέλεσμα να γίνονται μη εύχρηστες.

B. Προγραμματισμένη λειτουργία κόμβων

- Οι κόμβοι θα πρέπει να είναι προγραμματισμένοι να κάνουν βασικές λειτουργίες όπως να πάρουν τα αποτελέσματα, τότε να τα πάρουν και να ξέρουν που να τα στείλουν.
- Θα πρέπει οι κόμβοι να ανανεώνονται συνέχεια με νέα δεδομένα και να προγραμματίζονται εξ αρχής το δίκτυο όταν αυτό απαιτείται.

Γ. Χαμηλό κόστος παραγωγής

- Με τα δεδομένα που επικρατούν μέχρι σήμερα η μελέτη ενός μεγάλου δικτύου με κόμβους δεν μπορεί να γίνει γιατί θα χρειαστεί τεράστια δαπάνη χρημάτων για την εγκατάσταση μεγάλου αριθμού κόμβων ανά κάποια μέτρα.

Δ. Άμεση δημιουργία δικτύου

- Πλέον τα περισσότερα δίκτυα με το λογισμικό που έχουν μπορούν άμεσα να χαρτογραφήσουν και να δημιουργήσουν ένα δίκτυο.

Ε. Εύκολη προσαρμογή

- Τα δίκτυα προσαρμόζονται πολύ εύκολα στα νέα δεδομένα. Σε περίπτωση που κάποιοι κόμβοι καταστραφούν δεν δημιουργείται πρόβλημα στο δίκτυο καθώς οι κόμβοι βρίσκουν τρόπους για να διατηρείται η συνοχή μεταξύ τους.

Ζ. Απλός σχεδιασμός

- Για να εκτελεστούν οι διεργασίες του κάθε δικτύου οι κόμβοι σχεδιάζουν απλούς αλλά ταυτόχρονα αποδοτικούς αλγορίθμους για την αποφυγή λαθών.

Η. Αποδοτικότητα

- Η αποδοτικότητα του δικτύου επιτυγχάνεται με το γεγονός ότι τα πακέτα μεταδίδονται χωρίς να υπάρχουν σφάλματα ή έστω με μειωμένα σφάλματα που δεν επηρεάζουν το σύνολο. Αυτό αυξάνει και την αξιοπιστία του δικτύου.

Θ. Sensing

- Είναι μία τεχνική κατά την οποία συλλέγονται δεδομένα από ένα περιβαλλοντικό φαινόμενο ή μία διεργασία έχοντας καταγεγραμμένα γεγονότα του φαινομένου αυτού. Μερικά παραδείγματα είναι η αλλαγή της θερμοκρασίας ή της ξηρότητας της ατμόσφαιρας κ.α.

Ι. Transducer

- Είναι μια τεχνική μετατροπής ενέργειας από μία μορφή σε μία άλλη. Για παράδειγμα αν κάποιος χρειάζεται να κάνει κάποιες μετρήσεις κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας με αυτή την τεχνική θα μπορούσε να στείλει ηχητικά κύματα και στην συνέχεια να δέχεται ηχώ έτσι ώστε ο ηχογράφος να μπορεί να ερμηνεύσει τι υπάρχει κάτω από την επιφάνεια του νερού.

Κόμβοι αισθητήρων μπορούν να χαρακτηριστούν ως μικροί υπολογιστές. Αποτελούνται κυρίως από μια μονάδα επεξεργασίας, μία συσκευή επικοινωνίας που συνήθως είναι ράδιο πομποδέκτες και τέλος κάποια πηγή ενέργειας. Οι base station είναι πιο ισχυροί καθώς αυτοί στέλνουν και δέχονται την πληροφορία. Σημαντικό ρόλο παίζουν και οι δρομολογητές (routers) οι οποίοι είναι υπεύθυνοι για την αποστολή και λήψη πακέτων μεταξύ ενός η περισσότερων διακομιστών. Η δρομολόγηση είναι απαραίτητη λειτουργία. Κάθε δρομολογητής έχει ένα η περισσότερα πρωτόκολλα δρομολόγησης που σύμφωνα με αυτά κρίνεται κάθε φορά ποιος δρομολογητής είναι κατάλληλος για να μεταφέρει τα πακέτα.

1.4. Εφαρμογές

Οι εφαρμογές των ασύρματων δικτύων αισθητήρων ποικίλουν. Σήμερα, οι ερευνητές εξερευνούν ενεργά και πειραματίζονται με καινοτόμες εφαρμογές σε διάφορες περιοχές

1.4.1. Περιβαλλοντικές εφαρμογές

Τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων βρίσκουν πολλές εφαρμογές στον τομέα του περιβάλλοντος. Οι αισθητήρες μπορούν να παρακολουθούν δασικές πυρκαγιές, φαινόμενα ρύπανσης του αέρα και την ποιότητα του αέρα, διάφορα φυσικά φαινόμενα όπως πλημμύρες κατολισθήσεις και πολλά άλλα που αναφέρω παρακάτω.

- **Παρακολούθηση ποιότητας του αέρα**

Στις μέρες μας είναι ανησυχητικός ο βαθμός με τον οποίο αυξάνεται η ρύπανση του αέρα για αυτό τον λόγο πρέπει να υπάρχουν συχνές μετρήσεις για να παρατηρείται ο ρυθμός μεταβολής του φαινομένου. Εάν οι κόμβοι αισθητήρων παρουσιάσουν μεγάλη αύξηση στην ρύπανση του αέρα ενημερώνονται οι αρμόδιοι ώστε να ληφθούν μέτρα προστασίας για τον άνθρωπο αλλά και το περιβάλλον. Σε ένα περιβάλλον όπου το πρόβλημα είναι πολύ μεγαλύτερο οι αισθητήρες έχουν βοηθήσει στην πρόληψη της ρύπανσης του αέρα και έτσι δεν υπάρχουν περιβαλλοντικές αλλαγές που θα μπορούσαν να είναι καταστροφικές. Οι αισθητήρες έχουν χωριστεί σε δύο βασικές κατηγορίες:

- **Εσωτερικοί αισθητήρες:**

Σε μερικές περιπτώσεις χρειάζονται εξειδικευμένοι μηχανισμοί για να ελέγχουν σε μόνιμη βάση την ρύπανση από επιβλαβή αέρα. Σε αυτές τις περιπτώσεις χρησιμοποιούμε εσωτερικούς αισθητήρες.

➤ **Εξωτερικοί αισθητήρες**

Στους εξωτερικούς αισθητήρες ανήκουν οι αισθητήρες οι οποίοι κοστίζουν πολύ παραπάνω από τους εσωτερικούς καθώς πρέπει να πληρούν κάποιες προϋποθέσεις για να μπου σε εξωτερικό χώρο. Θα πρέπει να είναι πιο ανθεκτικοί σε καιρικά φαινόμενα (κρύο, χιόνι, υπερβολική θερμοκρασία τους καλοκαιρινούς μήνες) και να εξοικονομούν ενέργεια ώστε να μην χρειάζονται ανατροφοδότηση η αλλαγή σε μικρά χρονικά διαστήματα.

- **Παρακολούθηση ρύπανσης του αέρα**

Σχετίζεται αυτή η κατηγορία με την παρακολούθηση της ποιότητας του αέρα. Οι λόγοι είναι ίδιοι με από πάνω. Σε χώρες του εξωτερικού όπως είναι το Λονδίνο ή η Στοκχόλμη έχουν προνοήσει και έχουν εγκαταστήσει ασύρματους και ενσύρματους αισθητήρες για την παρακολούθηση της ρύπανσης του αέρα με σκοπό της προφύλαξη των πολιτών.

- **Ανίχνευση δασικών πυρκαγιών**

Για την ανίχνευση δασικών πυρκαγιών μπορούν να χρησιμοποιούν ασύρματα δίκτυα αισθητήρων. Οι αισθητήρες θα ανιχνεύουν αν πρόκειται να πιάσει φωτιά η αν εκδηλώθηκε φωτιά. Ανάλογα με την υγρασία που θα ανιχνεύεται στα δέντρα η στην ατμόσφαιρα θα μπορεί να βγάλει ένα έγκυρο αποτέλεσμα για το αν έχει πιάσει φωτιά. Όπως αντιλαμβανόμαστε είναι πολύ σημαντικό να προλάβουμε μια φωτιά και αυτό συμβάλει ταυτόχρονα και στους 2 τομείς παραπάνω που αναφέραμε.

- **Ανίχνευση κατολισθήσεων**

Με αυτό το σύστημα ανίχνευσης θα μπορούμε παρατηρούμε το έδαφος και τις μετακινήσεις που πραγματοποιούνται. Έτσι μπορούμε να προλάβουμε κάποια κατολίσθηση που μπορεί να προκαλέσει σοβαρά ατυχήματα που πριν την χρήση αισθητήρων ήταν αδύνατον να το γνωρίζουμε.

- **Παρακολούθηση ποιότητας των υδάτων**

Με την χρήση ασύρματων δικτύων αισθητήρων για την παρακολούθηση των υδάτων μπορούμε να παρακολουθούμε σε περιοχές με δύσκολη πρόσβαση την ποιότητα των υδάτων. Επίσης χρησιμοποιείται αυτή η διαδικασία σε ποτάμια, ωκεανούς, λίμνες κ.α. για την ανάλυση της ποιότητας του νερού.

- **Πρόληψη φυσικών καταστροφών**

Οι ασύρματοι κόμβοι τοποθετούνται μέσα σε ποτάμια τα οποία μπορεί να υπερχειλίσουν σε συνδυασμό με κάποια ακραία καιρικά φαινόμενα. Με αυτόν τον τρόπο μπορούμε σε μόνιμη βάση να ελέγχουμε την στάθμη του νερού και να προλάβουμε καταστάσεις.

1.4.2. Εφαρμογές υγείας

- Οι ασθενείς παρακολουθούνται 24 ώρες το 24ωρο.
- Οι γιατροί μπορούν να παρακολουθούν φυσιολογικές και μη λειτουργίες του οργανισμού τους.
- Μέσα από τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων επιτυγχάνεται έγκαιρη διάγνωση.
- Τόσο οι ασθενείς όσο και το ιατρικό προσωπικό μπορούν να ελέγχονται.

1.4.3. Οικιακές εφαρμογές

Τα WSN μπορούν να είναι ενσωματωμένα μέσα στο σπίτι ακόμα και σε οικιακές εφαρμογές:

- Φούρνος, ψυγείο κ.α.
- Ηχεία Bluetooth
- Έξυπνα σπίτια
- Κλιματισμός σπιτιού

Οι αισθητήρες αυτοί είναι σχεδιασμένοι για την διευκολύνουν την καθημερινότητα του ανθρώπου. Μπορούν να είναι συνδεδεμένοι μεταξύ τους άλλα και με εξωτερικά δίκτυα όπως internet.

1.4.4. Βιομηχανικές εφαρμογές

- Παρακολούθηση περιοχών με μεγάλη πιθανότητα αύξησης καταστροφών.
- Ειδοποίηση μηχανικών για πιθανή επερχόμενη βλάβη
- Έλεγχος υπογείων αγωγών
- Έλεγχος μηχανημάτων
- Εντοπισμός οχημάτων και ενημέρωση της κατάστασης τους
- Ορθή λειτουργία της παραγωγής
- Ασφάλεια του προσωπικού
- Κατασκευή ασφαλών χώρων εργασίας

1.4.5. Στρατιωτικές εφαρμογές

- Παρακολούθηση του εξοπλισμού
- Εκτίμηση ζημιών μετά από μία μάχη
- Παρακολούθηση των στρατιωτικών εγκαταστάσεων
- Αναγνώριση των αντιπάλων στο πεδίο της μάχης
- Ανίχνευση πυρηνικών, χημικών επιθέσεων κ.α.
- Συλλογή δεδομένων για την θέση των αντιπάλων

1.5. Σχεδιαστικές προκλήσεις

A. Αντοχή στα σφάλματα και αξιοπιστία

Κάποια αισθητήρες είναι λογικό να ξεμείνουν από ενέργεια ή να καταστραφούν από διάφορους περιβαλλοντικούς παράγοντες. Η αξιοπιστία που σου παρέχει αυτή η σχεδιαστική πρόκληση είναι ότι το δίκτυο θα λειτουργεί σωστά ακόμα και να υπάρχουν ορισμένες επιπλοκές.

B. Επεκτασιμότητα

Οι δρομολογητές λειτουργούν σύμφωνα με πρωτόκολλα και αυτά με την σειρά τους δημιουργούν αλγόριθμους. Αυτοί οι αλγόριθμοι πρέπει να λειτουργούν σωστά ανεξάρτητα από το πλήθος των αισθητήρων.

Γ. Κόστος υλοποίησης

Για να θεωρηθεί αποτελεσματική η δημιουργία των ασύρματων κόμβων αισθητήρων θα πρέπει να έχει χαμηλότερο κόστος από τις μεθόδους που χρησιμοποιούνταν μέχρι τώρα ώστε να παρουσιάζει πλεονέκτημα έναντι των παλιών μεθόδων.

Δ. Περιορισμοί στην κατασκευή τους

Οι αισθητήρες είναι εξαιρετικά μικροί. Το σχεδιαστικό πρόβλημα ήταν να χωρέσουν μέσα τους :

- Σύστημα που θα μπορεί να εντοπίζει την θέση του κόμβου κάθε στιγμή.
- Σύστημα που θα καθορίζει την σωστή λειτουργία κίνησης.

Ε. Τοπολογία

- Θα πρέπει να γνωρίζουμε πως επικοινωνούν οι αισθητήρες μεταξύ τους.
- Σε ποια θέση είναι τοποθετημένοι οι αισθητήρες.
- Πιθανές αλλαγές που προκύπτουν μετά την τοποθέτηση (αντικατάσταση χαλασμένων αισθητήρων, επαναπροσδιορισμός της θέσης τους).
- Αλλαγές που προκύπτουν μετά την αντικατάσταση των αισθητήρων.

Ζ. Περιβαλλοντικές προκλήσεις

Ανάλογα με το περιβάλλον στο οποίο βρίσκονται οι αισθητήρες θα πρέπει να λειτουργούν 24 ώρες το 24ωρο και να δίνουν έγκαιρα αποτελέσματα χωρίς σφάλματα. Για αυτό το λόγο και σε περιοχές που είναι απαγορευτική η παρουσία του ανθρώπου (μέσα σε θάλασσες και ωκεανούς, σε περιοχές μολυσμένες από πυρηνικά κ.α.) τοποθετούνται αυτοί οι αισθητήρες και με αυτό τον τρόπο έχουμε μελέτη του κάθε φαινομένου από απόσταση.

Η. Μέσο μετάδοσης

- Με υπέρυθρες ακτίνες όπου δεν παρουσιάζονται παρεμβολές
- Με RF που είναι οι ραδιοσυχνότητες και μελετάμε παρακάτω στο κομμάτι της ιατρική κυρίως
- Με οπτική επαφή

Θ. Ενέργεια που απαιτείται

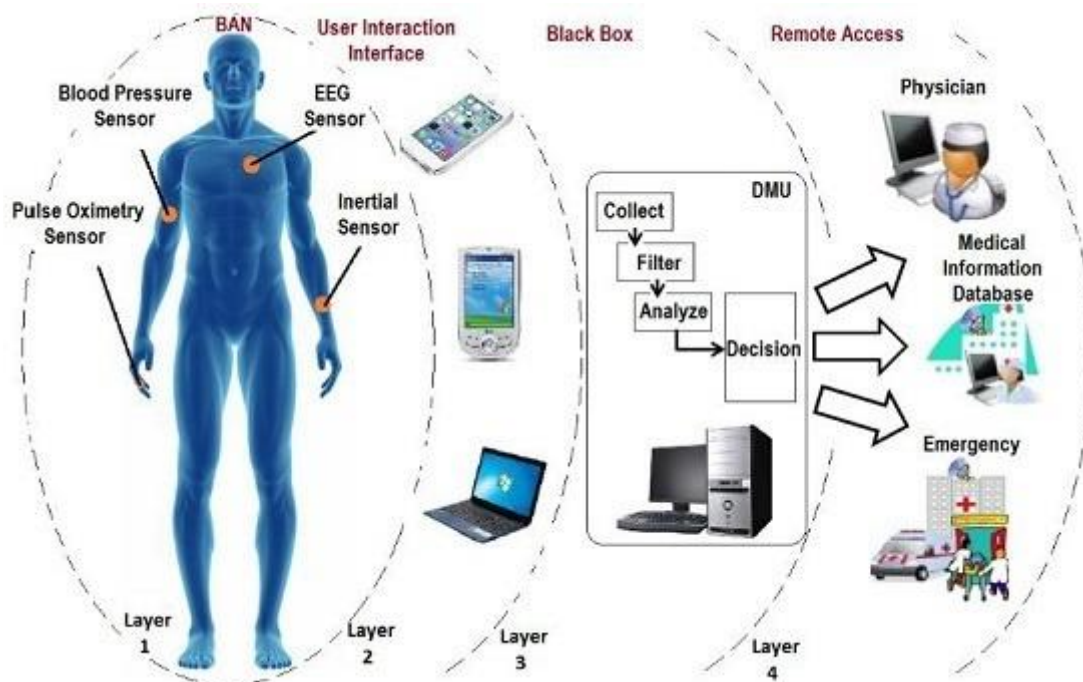
Οι ασύρματοι αισθητήρες έχουν μικρή αντοχή επειδή αποτελούνται από μπαταρία. Σε πολλές περιπτώσεις δεν γίνεται δυνατή η τροφοδότηση του αισθητήρα με μπαταρία και αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να πραγματοποιούνται αλλαγές στην τοπολογία και να αποδιοργανώνεται το δίκτυο μας. Για αυτό το λόγο όλο και μεγαλύτερη είναι η ανάγκη για να βρίσκονται πιο αποδοτικές πηγές ενέργειας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΑΣΥΡΜΑΤΑ ΔΙΚΤΥΑ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ ΣΤΟΝ ΤΟΜΕΑ ΤΗΣ ΙΑΤΡΙΚΗΣ

2.1. Ασύρματα δίκτυα αισθητήρων στην υγεία

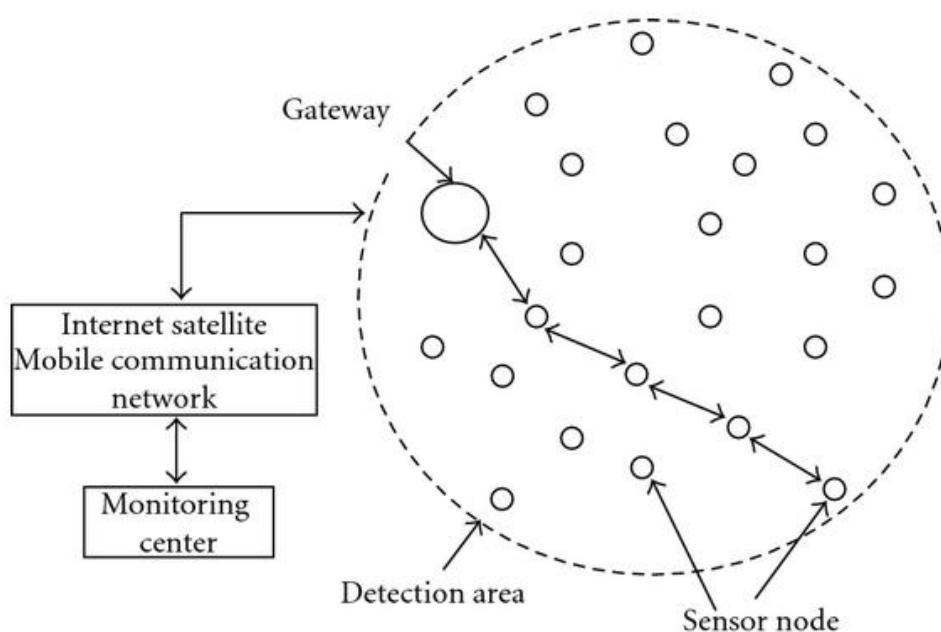
Στον τομέα της υγείας, οι ασύρματοι αισθητήρες (Body Sensor Network) εξελίσσονται με μικρότερα βήματα σε σχέση με άλλους τομείς καθώς η πολυπλοκότητα του ανθρώπινου σώματος και οι όποιες επιπτώσεις κάνουν τη χρήση των αισθητήρων δυσκολότερη. Παρά το γεγονός αυτό, έχουν αναπτυχθεί διάφορα συστήματα με την εφαρμογή νέων τεχνολογιών, κάνοντας ευκολότερη την καθημερινότητα των ανθρώπων που πάσχουν αλλά και του ιατρικού προσωπικού. Κάποιες 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.



Εικόνα 2.1. WSN στον τομέα όπως υγείας

Σαν αποτέλεσμα των δυνατοτήτων αυτής της 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 που βρίσκονται πλέον στην καθημερινή του ζωή. Αντιθέτως, ελλοχεύει και ο κίνδυνος για υπερτροφοδότηση των ιατρών με δεδομένα τα οποία μπορεί να σταθούν τροχοπέδη στο λειτουργήμα τους. Έτσι πολλά νοσοκομεία και ιατρικοί φορείς ακολουθούν συγκεκριμένη πολιτική ασφαλείας για την αποφυγή του φαινομένου.

Τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων (WSN) θεωρούνται μία από όπως πιο σημαντικές τεχνολογίες του 21^{ου} αιώνα, οι οποίες θα έχουν βαθύ αντίκτυπο στον μελλοντικό τρόπο ζωής της ανθρωπότητας. Ένα τυπικό ασύρματο δίκτυο αισθητήρων αποτελείται από στάδια ασύρματης επικοινωνίας, απόκτησης δεδομένων, επεξεργασίας και σύντηξης. Οι κόμβοι αισθητήρων αυτό-οργανώνονται μέσω ενός συγκεκριμένου πρωτοκόλλου και μπορούν να δέχονται πληροφορίες σχετικά με το περιβάλλον, συνεργαζόμενοι για την ολοκλήρωση συγκεκριμένων εργασιών. Η τεχνολογία εκτείνεται σε πολλά πεδία, όπως ασύρματη επικοινωνία, τεχνολογία δικτύου, ολοκληρωμένα κυκλώματα, τεχνολογία αισθητήρων, μικροηλεκτρομηχανικά συστήματα (MEMS) και ενσωματωμένα συστήματα. Αναφέρουμε μόνο μερικά από αυτά. Τον Φεβρουάριο του 2003, το «Technology Review», ένα περιοδικό που δημοσιεύθηκε στις Ηνωμένες Πολιτείες, επέλεξε δέκα εκτεταμένες επιπτώσεις των αναδυόμενων τεχνολογιών, όπου τα δίκτυα αισθητήρων κατατάχθηκαν στην πρώτη θέση. Το Υπουργείο Άμυνας των ΗΠΑ έδωσε υψηλή προτεραιότητα στα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων και το έθεσε ως σημαντικό ερευνητικό πεδίο, δημιουργώντας μια σειρά στρατιωτικών ερευνητικών έργων. Η Intel, η Microsoft και άλλες εταιρείες έχουν πραγματοποιήσει κάποια έρευνα στον τομέα.



Σχήμα 2.1 (α) Απεικονίζει την τυπική βασική αρχιτεκτονική όπως δικτύου αισθητήρων

Όχι μόνο οι βιομηχανικοί και αμυντικοί οργανισμοί έχουν δείξει έντονο ενδιαφέρον για ασύρματα δίκτυα αισθητήρων, ορισμένα πανεπιστήμια παγκόσμιας κλάσης όπως το UCLA, το MIT, το Πανεπιστήμιο Cornell και το Πανεπιστήμιο της Καλιφόρνια, το Μπέρκλεϋ έχουν πραγματοποιήσει έρευνα για το WSN και πέτυχαν κάποια αποτελέσματα. Το Πανεπιστήμιο της Καλιφόρνια στο Μπέρκλεϋ παρουσίασε τη μέθοδο ανακατασκευής συνδεσιμότητας δικτύου για τη θέση του αισθητήρα, με βάση τη συσχέτιση των τρόπων κωδικοποίησης δεδομένων. Για τον προσδιορισμό της θέσης των κόμβων του δικτύου αισθητήρων ανέπτυξαν ένα λειτουργικό σύστημα αισθητήρων, το TinyOS. Το Ινστιτούτο Τεχνολογίας της Μασαχουσέτης μελέτησε πλαίσια ολοκλήρωσης συστημάτων διαχείρισης ροής δεδομένων αισθητήρα δικτύου, βελτιστοποίηση ερωτημάτων, έλεγχο συμφόρησης δικτύου για σκοπούς εξοικονόμησης ενέργειας, καθώς και τεχνολογίες μεσαίου λογισμικού όπως εντοπισμός θέσης, παρακολούθηση, δικτύωση και κλιμάκωση αλγορίθμων για δίκτυα αισθητήρων μεγάλης κλίμακας. Αυτές οι μελέτες έλαβαν υποστήριξη NSF, DARPA και Air Force Space Laboratory. Η ZigBee Alliance και η IEEE ανέπτυξαν όπως πρότυπα κινεζικής έκδοσης IEEE 802.15.4c.

2.2.1. Codeblue

Το CodeBlue βασίζεται στο λογισμικό που έχουν και οι κόμβοι αισθητήρων και αυτό είναι το TinyOS. Το λογισμικό αυτό αποτελείται από πολλά πρωτόκολλα τα οποία συνδέουν τους ιατρικούς αισθητήρες με υπολογιστές, tablet, κινητά κ.α.

Το «Code blue» χρησιμοποιείται για να υποδείξει έναν ασθενή που απαιτεί ανάνηψη ή που χρειάζεται άμεση ιατρική φροντίδα, συχνότερα ως αποτέλεσμα αναπνευστικής ανακοπής ή καρδιακής ανακοπής. Κάθε νοσοκομείο θέτει μια πολιτική για να καθορίσει ποιες μονάδες παρέχουν προσωπικό για κάλυψη κώδικα. Θεωρητικά κάθε ιατρός μπορεί να ανταποκριθεί σε έναν κωδικό, αλλά στην πράξη η ομάδα περιορίζεται σε άτομα με προχωρημένη υποστήριξη καρδιακής ζωής ή άλλη ισοδύναμη εκπαίδευση ανάνηψης. Συχνά αυτές οι ομάδες στελεχώνονται από γιατρούς, αναπνευστικούς θεραπευτές, φαρμακοποιούς, και νοσοκόμες. Επικεφαλής όμως της ομάδας κώδικα θα είναι ιατρός που θα παρακολουθείται σε οποιαδήποτε ομάδα κώδικα. Αυτό το άτομο είναι υπεύθυνο για τη προσπάθεια ανάνηψης και λέγεται ότι «τρέχει τον κώδικα». Συνήθως, χρησιμοποιείται ως περίπτωση έκτακτης ανάγκης και όταν ένας γιατρός ή χειρουργός καλεί «Code Blue!» αντιπροσωπεύει έκτακτη ανάγκη.

2.2.2. Ρομποτική και χειρουργικό σύστημα Davinci

Η Ρομποτική είναι ένας κλάδος που τείνει να χρησιμοποιείται ολοένα και συχνότερα στη σύγχρονη εποχή. Είναι κλάδος της Μηχανοηλεκτρονικής επιστήμης, και εξετάζει τον συνδυασμό διάφορων ιατρικών εξαρτημάτων μεταξύ τους. Με την ρομποτική διαδικασία πολλά λεπτά χειρουργεία μπορούν πλέον να πραγματοποιηθούν με πιο ανώδυνο τρόπο συγκριτικά με τις παλιές μεθόδους. Επομένως είναι μία διαδικασία ακριβείας και τον έλεγχο των εξαρτημάτων αυτών τον έχει ακόμα ο γιατρός. Είναι μια επιστήμη που εξελίσσεται συνεχώς και στο μέλλον θα δείξει αν μπορεί να σταθεί μόνη της χωρίς την ανθρώπινη παρέμβαση.

Ορίζουμε ένα RWSN ως ασύρματο δίκτυο που περιλαμβάνει ένα σύνολο ρομποτικών κόμβων με ελεγχόμενη κινητικότητα και ένα σύνολο κόμβων εξοπλισμένων με αισθητήρες. Ιδανικά, ο κάθε κόμβος του ρομποτικού δικτύου αισθητήρων θα πρέπει να έχει ελεγχόμενη κινητικότητα, ένα σύνολο με αισθητήρες και δυνατότητες ασύρματης επικοινωνίας. Επιπλέον, ένα RWSN είναι συνήθως αναμενόμενο ότι θα είναι σε θέση να πληροί ή να εγγυάται ορισμένες απαιτήσεις απόδοσης επικοινωνίας που επιβάλλονται από τα περιβάλλοντα εφαρμογής, καθώς και ελάχιστο ρυθμό σφάλματος bit (BER).



Εικόνα 2.2.2 (α) Χρήση ρομποτικής στην ιατρική

Το χειρουργικό σύστημα Da Vinci ανήκει στην Intuitive Surgical η οποία είναι η πρώτη που κατάφερε να μετατρέψει την διαδικασία του χειρουργείου σε ψηφιακή μορφή. Το Da Vinci πήρε έγκριση το 2000 και η FDA ενέκρινε αυτό δημιουργώντας έναν τεράστιο ανταγωνισμό. Το FDA είναι μια ομοσπονδιακή υπηρεσία του Υπουργείου Υγείας και Ανθρωπίνων Υπηρεσιών και είναι υπεύθυνο για την προστασία και την προώθηση της δημόσιας υγείας. Η Intuitive Surgical χρειάστηκε να κάνει πολλές δοκιμές και μελέτες μέχρι να καταφέρει να κυριαρχήσει σε ένα τόσο ανταγωνιστικό τομέα όπως είναι αυτός της υγείας.

Το ρομποτικό σύστημα Da Vinci χρησιμοποιείται σε χειρουργεία που δεν μπορεί να φτάσει το ανθρώπινο χέρι και προκαλεί πολύ λιγότερο τραυματισμό από μία κανονική τομή. Αποτελείται από το ρομπότ με τους ειδικούς βραχίονες, τον ενδοσκοπικό πύργο και τη χειρουργική κονσόλα. Η αποκατάσταση του ασθενή είναι πολύ πιο γρήγορη και ανώδυνη. Πιο συγκεκριμένα ο χειρουργός χειρίζεται από απόσταση και με μεγάλη ακρίβεια τους βραχίονες όπως φαίνεται και στην εικόνα [εικόνα 2.2.2 (β)] , και έχει την δυνατότητα να αλλάζει τα εργαλεία που βρίσκονται στους βραχίονες. Ο χειρουργός κατευθύνει και συντονίζει το όλο σύστημα μέσω της χειρουργικής κονσόλας, έχοντας μπροστά του μια μεγεθυσμένη και τρισδιάστατη εικόνα του χειρουργικού πεδίου. Η χειρουργική κονσόλα διαθέτει λαβές, όπου τοποθετεί τα δάκτυλά του ο χειρουργός και κινεί τους ειδικούς μοχλούς σα να χρησιμοποιεί τα χέρια του.

Κάθε κίνηση του χειρουργού αναπαράγεται με απόλυτη ακρίβεια και σταθερότητα στο χειρουργικό πεδίο από τους χειρουργικούς βραχίονες του ρομπότ, το οποίο τοποθετείται συνήθως στα αριστερά του ασθενούς. Εκεί βρίσκεται και η ομάδα του χειρουργού. Ο χειρουργός μέσω ειδικών φακών αντιλαμβάνεται το χειρουργικό πεδίο και συνομιλεί και συνεργάζεται με το ρομπότ και την υπόλοιπη χειρουργική ομάδα. Τέλος ο ενδοσκοπικός πύργος ελέγχου αποτελείται από δύο κάμερες, σύστημα αυτόματης ρύθμισης εικόνας, video monitor υψηλής ευκρίνειας και άλλες χρήσιμες συσκευές.



Εικόνα 2.2.2. (β) Σύστημα Da Vinci

2.2.3. Cardionet, Medtronic και biotronic

Η CardioNet είναι η πιο γνωστή εταιρεία στον χώρο Mobile Cardiac Telemetry για πρωτοπόρο Τηλεμετρία Mobile Cardiac Outpatient ή MCOT. Ξεκινώντας το 1999, η CardioNet είναι η εταιρεία που είχε το όραμα να οδηγήσει την περιπατητική παρακολούθηση στο επόμενο επίπεδο. Η εταιρεία ιδρύθηκε με βάση την ιδέα για να καλύψει το κενό από τεχνολογικούς περιορισμούς της παραδοσιακής καρδιακής παρακολούθησης (παρακολούθηση Holter και Event) για να μπορεί να παρακολουθεί τον καρδιακό παλμό του ασθενούς (σε πραγματικό χρόνο) 24 ώρες το 24ωρο. Η CardioNet άνοιξε το πρώτο εργαστήριο το 2002 στη Φιλαδέλφεια.

Για το CardioNet, ο «χρόνος είναι ουσιαστικός» κατά τη διάγνωση ασθενών με σημαντικές καρδιακές αρρυθμικές διαταραχές. Η τεχνολογία MCOT™ από το CardioNet ήταν η πρώτη που προσέφερε αξιόπιστη λύση παρακολούθησης EGG σε πραγματικό χρόνο, όπου η παρακολούθηση 24-48 ωρών και η εγγραφή βρόχου δεν ήταν επαρκής για τη λήψη σχετικών κλινικών πληροφοριών.



Εικόνα 2.2.3. CardioNet

Η CardioNet , ένα απομακρυσμένο σύστημα παρακολούθησης της καρδιάς και μεταδίδει σήματα ECG σε τοπική συσκευή PDA ενώ στην συνέχεια αποστέλλεται στον κεντρικό διακομιστή χρησιμοποιώντας ένα δίκτυο κινητής τηλεφωνίας. Αυτή η εφαρμογή αποτελείται από τρία κύρια μέρη. Το μικρό τρίποδο κρεμαστό μενταγιόν συσκευής παρακολούθησης ECG στο λαιμό ή σε ζώνη κλιπ, το τοπικό PDA ως τοπικό διακομιστή και το τηλεχειριστήριο κέντρο παρακολούθησης. Η συσκευή παρακολούθησης επικοινωνεί με PDA μέσω ασύρματης σύνδεσης. Η συσκευή PDA αναλύει και αποθηκεύει τη κυματομορφή και ενημερώνει την απομακρυσμένη παρακολούθηση σε περίπτωση που η διακύμανση των μετρήσεων υπερβαίνει το καθορισμένο αριθμό. Αν γίνει αυτό το προσωπικό του συστήματος απομακρυσμένης παρακολούθησης παίρνει κατάλληλη δράση για τα ληφθέντα δεδομένα. Εάν κατηγοριοποιούν ως ρουτίνα συμβάν, και στη συνέχεια περιλαμβάνεται στην καθημερινή αναφορά του χρήστη αναλαμβάνουν άμεση δράση για παράδειγμα, ενημερώνοντας τον ιατρό και κλήση στον ασθενή λέγοντας του τι πρέπει να κάνει.

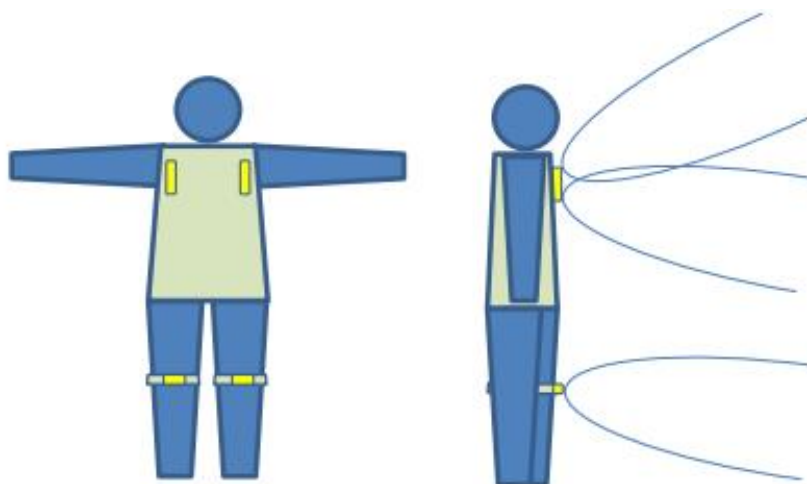
Η Medtronic αναπτύσσει και κατασκευάζει συσκευές και θεραπείες για τη θεραπεία περισσότερων από 30 χρόνιων παθήσεων, όπως καρδιακή ανεπάρκεια, νόσος Parkinson, ακράτεια ούρων, σύνδρομο Down, παχυσαρκία, χρόνιος πόνος, διαταραχές όπως σπονδυλικής στήλης και διαβήτη.

Η Biotronik GmbH and Co έχει σχεδιάσει τα περισσότερα εμφυτεύματα για την αντιμετώπιση καρδιακών προβλημάτων χωρίς να πρέπει να καταβάλει κάποια προσπάθεια ο ασθενής, εφόσον μιλάμε για ασύρματη παρακολούθηση του προβλήματος του. Τα εμφυτεύματα αυτόματα συλλέγουν δεδομένα και τα στέλνουν σε μια εξωτερική συσκευή η οποία μπορεί να ναι κάποιος υπολογιστής η ακόμα και το κινητό. Όπως θα δούμε στο τελευταίο κεφάλαιο με τα εμφυτεύματα σε συγκεκριμένες συχνότητες υπάρχει ελάχιστη

εξασθένηση και αυτό είναι που πρέπει να πετύχουμε. Τέλος τα δεδομένα στέλνονται στον γιατρό που επιβλέπει τον ασθενή και κάνει την κατάλληλη διάγνωση.

2.2.4. Blind guide solution

Η λύση Blind Guide χρησιμοποιείται για ανίχνευση εμποδίων για χρήση από τυφλούς, χωρίς να παρεμβαίνει στη χρήση του λευκού μαστουνιού ή του σκύλου Seeing Eye. Το Blind Guide βασίζεται σε ένα σύνολο ασύρματων κόμβων αισθητήρων με αισθητήρες υπερήχων τοποθετημένους στρατηγικά στο άνθρωπο σώμα.



Εικόνα 2.2.4. Παρουσίαση blind guide

Το πρωτότυπο Blind Guide είναι τοποθετημένο σε ένα φορετό μπουφάν με ένα σύνολο ελαστικών ταινιών. Το σακάκι περιλαμβάνει υλικό για ανίχνευση εμποδίων στο επίπεδο του κεφαλιού και του στήθους, ενώ οι ελαστικές ταινίες περιλαμβάνουν υλικό για ανίχνευση εμποδίων στο επίπεδο του ποδιού. Οι ελαστικές ταινίες πρέπει να χρησιμοποιούνται στα πόδια, κοντά στα γόνατα, από τυφλούς που δεν χρησιμοποιούν το λευκό μαστούνη ή το σκυλί Seeing Eye. Τα τυφλά άτομα που χρησιμοποιούν το σκυλί Seeing Eye ή το λευκό μαστούνη δεν πρέπει να χρησιμοποιούν ελαστικές ταινίες γιατί οι αισθητήρες θα ανιχνεύσουν το λευκό μαστούνη ή το σκυλί Seeing Eye ως εμπόδιο.

2.2.5. Mobile health

Η κινητή υγεία (mhealth) είναι ένας ταχέως αναπτυσσόμενος τομέας στον τομέα της ψηφιακής υγείας παρέχοντας υποστήριξη, παράδοση και παρέμβαση υγειονομικής περίθαλψης μέσω κινητών τεχνολογιών όπως smartphone, tablet και φορητά. Ενώ το mhealth

αναφέρεται σε κινητές συσκευές που μπορούν να μεταδίδουν δεδομένα, τα κινητά τηλέφωνα είναι σήμερα η πιο δημοφιλής πλατφόρμα για την παράδοση της υγείας. Ενενήντα τέσσερα τοις εκατό του γενικού πληθυσμού στο Ηνωμένο Βασίλειο κατέχουν ή χρησιμοποιούν κινητό τηλέφωνο , καθιστώντας τα κινητά τηλέφωνα μια βέλτιστη πλατφόρμα παράδοσης για παρεμβάσεις υγείας.

Το mHealth είναι στην ουσία η κινητή υγεία. Τον όρο τον χρησιμοποιούμε για να δείξουμε το πώς η υγεία συνδέεται με την τεχνολογία μέσω κινητών, ρολογιών, PDA και πολλών ακόμα συσκευών. Το πεδίο mHealth έχει αναδειχθεί ως υπό-τμήμα του eHealth. Οι εφαρμογές mHealth με τη χρήση κινητών συσκευών βοηθούν πολύ στον τομέα της υγείας καθώς συλλέγουν και στέλνουν δεδομένα προτού κάποιος ασθενής παρουσιάσει μία δυσλειτουργία. Επίσης χρησιμοποιούνται για την καλύτερη συνεννόηση μεταξύ του ιατρικού και νοσηλευτικού προσωπικού. Η εκπαίδευση μέσα από αυτές τις εφαρμογές είναι εξίσου σημαντική. Αυτές και μερικές ακόμα εφαρμογές mhealth παρουσιάζονται παρακάτω.



Εικόνα 2.2.4 Mobile health

2.2. Εφαρμογές mHealth

Οι εφαρμογές mHealth έχουν σχεδιαστεί για να υποστηρίζουν διαγνωστικές διαδικασίες, να βοηθούν τη λήψη αποφάσεων γιατρού για θεραπείες και να προωθούν την εκπαίδευση που σχετίζεται με ασθένειες για γιατρούς και άτομα που βρίσκονται υπό θεραπεία. Η κινητή υγεία έχει όπως δυνατότητες στην ιατρική και, εάν χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με ανθρώπινους παράγοντες μπορεί να βελτιώσει την πρόσβαση στην περίθαλψη, το πεδίο εφαρμογής και την ποιότητα των υπηρεσιών υγειονομικής περίθαλψης που μπορούν να παρέχονται. Ορισμένες εφαρμογές κινητής υγείας μπορεί να βελτιώσουν την υγειονομική περίθαλψη.

Ενώ υπάρχουν άλλοι, η έκθεση του Ιδρύματος των Ηνωμένων Εθνών του 2009 και του Ιδρύματος Vodafone παρουσιάζει επτά κατηγορίες εφαρμογών στο πεδίο mHealth:

- Εκπαίδευση και ευαισθητοποίηση
- Γραμμή βοήθειας
- Διαγνωστική υποστήριξη και υποστήριξη θεραπείας
- Επικοινωνία και κατάρτιση των εργαζομένων στον τομέα όπως υγείας
- Παρακολούθηση ασθενειών και επιδημιών
- Απομακρυσμένη παρακολούθηση
- Απομακρυσμένη συλλογή δεδομένων

Εκπαίδευση και ευαισθητοποίηση

Τα προγράμματα εκπαίδευσης και ευαισθητοποίησης στο πεδίο mHealth αφορούν κυρίως τη διάδοση μαζικών πληροφοριών από πηγή σε παραλήπτη μέσω υπηρεσιών σύντομων μηνυμάτων (SMS). Στις εφαρμογές εκπαίδευσης και ευαισθητοποίησης τα μηνύματα SMS αποστέλλονται απευθείας στα τηλέφωνα των χρηστών για να προσφέρουν πληροφορίες σχετικά με διάφορα θέματα, συμπεριλαμβανομένων μεθόδων δοκιμών και θεραπείας, διαθεσιμότητας υπηρεσιών υγείας και διαχείρισης ασθενειών. Τα SMS παρέχουν ένα πλεονέκτημα ότι είναι σχετικά διακριτικό, προσφέροντας στους ασθενείς εμπιστευτικότητα σε περιβάλλοντα όπου η ασθένεια (ειδικά το HIV / AIDS) είναι συχνά ταμπού. Επιπρόσθετα, τα SMS παρέχουν έναν δρόμο για να φτάσετε σε εκτεταμένες περιοχές – όπως αγροτικές περιοχές – οι οποίες μπορεί να έχουν περιορισμένη πρόσβαση σε πληροφορίες και εκπαίδευση για τη δημόσια υγεία, κλινικές υγείας και έλλειμμα εργαζομένων στον τομέα όπως υγείας.

Γραμμή βοήθειας

Η γραμμή βοήθειας αποτελείται συνήθως από έναν συγκεκριμένο αριθμό τηλεφώνου που μπορεί να καλέσει κάθε άτομο για να αποκτήσει πρόσβαση σε μια σειρά ιατρικών υπηρεσιών. Αυτές περιλαμβάνουν τηλεφωνικές συμβουλές, συμβουλές, παράπονα υπηρεσιών και πληροφορίες σχετικά με εγκαταστάσεις, φάρμακα, εξοπλισμό ή / και διαθέσιμες κινητές κλινικές υγείας.

Διαγνωστική υποστήριξη και υποστήριξη θεραπείας

Τα διαγνωστικά συστήματα και τα συστήματα υποστήριξης θεραπείας είναι συνήθως σχεδιασμένα για να συμβουλεύουν ανθρώπους που εργάζονται στον τομέα της υγείας. Παρόλο που μερικές φορές δίνονται εφαρμογές σε κινητά τηλέφωνα για να βοηθηθεί η διάγνωση, άλλες φορές η διάγνωση γίνεται αμέσως. Αυτή η μέθοδος είναι γνωστή και ως Τηλεϊατρική. Με αυτή τη μέθοδο ο ασθενής απομακρυσμένα μπορεί να μάθει τι έχει στέλνοντας απλά μια εικόνα στον γιατρό του. Αυτό έχει αρχίσει να λαμβάνει χώρα διότι πολλοί ασθενείς βρίσκονται μακριά από την πόλη (χωριά, απομακρυσμένα νησιά) και άλλοι δεν έχουν την οικονομική δυνατότητα να κάνουν μεγάλα ταξίδια.

Επικοινωνία και κατάρτιση των εργαζομένων στον τομέα της υγείας

Όσον αφορά την επικοινωνία και την κατάρτιση των εργαζομένων που δουλεύουν στην υγεία τους δίνεται η δυνατότητα μέσα από το κινητό τους ή τον υπολογιστή τους να μάθουν και να επικοινωνήσουν. Αυτή η διαδικασία για να υλοποιηθεί συνεπάγεται και σύνδεση των εργαζομένων αυτών με διάφορες πηγές ιατρικών πληροφοριών όπως υπουργεία υγείας ή οποιαδήποτε άλλη πηγή πληροφοριών.

Παρακολούθηση ασθενειών και επιδημιών

Τα έργα σε αυτήν την περιοχή λειτουργούν για να χρησιμοποιούν την ικανότητα των κινητών τηλεφώνων να συλλέγουν και να μεταδίδουν δεδομένα γρήγορα, φθηνά και σχετικά αποτελεσματικά. Τα δεδομένα που αφορούν την τοποθεσία και τα επίπεδα συγκεκριμένων ασθενειών (όπως ελονοσία, HIV / AIDS, φυματίωση, γρίπη των πτηνών) μπορούν να βοηθήσουν ιατρικά συστήματα ή υπουργεία υγείας ή όπως οργανισμούς να εντοπίσουν κρούσματα και να στοχεύσουν καλύτερα στους ιατρικούς πόρους σε περιοχές με μεγαλύτερες ανάγκες. Τέτοια έργα μπορούν να είναι ιδιαίτερα χρήσιμα σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης, προκειμένου να προσδιοριστεί πού βρίσκονται οι μεγαλύτερες ιατρικές ανάγκες σε μια χώρα.

Απομακρυσμένη παρακολούθηση και συλλογή δεδομένων

Η απομακρυσμένη παρακολούθηση και υποστήριξη μίας θεραπείας χρειάζεται περισσότερη συμμετοχή. Σε περιβάλλοντα περιορισμένων πόρων και κλινών η απομακρυσμένη παρακολούθηση βοηθάει τους γιατρούς να εξετάζουν καλύτερα τον ασθενή και να έχουν πλήρη εικόνα της κατάστασης του. Τέτοια έργα μπορούν να λειτουργούν μέσω αμφίδρομου συστήματος επικοινωνιών.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Συμπερασματικά, με την χρήση εφαρμογών mhealth στην υγειονομική περίθαλψη οδηγούμαστε σε αύξηση της ευκολίας και της αποτελεσματικότητας της συγκέντρωσης πληροφοριών, μεταφοράς τους, αποθήκευσης και ανάλυσης τους. Οι επίσημες μελέτες και οι προκαταρκτικές αξιολογήσεις έργων καταδεικνύουν αυτήν τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας της παροχής υγειονομικής περίθαλψης μέσω κινητής τεχνολογίας. Ωστόσο, το mHealth δεν πρέπει να θεωρείται πανάκεια για την υγειονομική περίθαλψη. Πιθανά οργανωτικά ζητήματα περιλαμβάνουν τη διασφάλιση κατάλληλης χρήσης και σωστής φροντίδας του ακουστικού, των χαμένων ή κλεμμένων τηλεφώνων και τη σημαντική εκτίμηση του κόστους που σχετίζεται με την αγορά εξοπλισμού. Υπάρχει επομένως μια δυσκολία στη σύγκριση και στην στάθμιση των παρεμβάσεων mHealth έναντι άλλων παρεμβάσεων προτεραιότητας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3.1. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των WSN στην υγεία

Το κύριο πλεονέκτημα του ασύρματου δικτύου αισθητήρων είναι ότι ξεπερνά τα μειονεκτήματα των ενσύρματων δικτύων αισθητήρων. Σε ενσύρματα δίκτυα αισθητήρων δημιουργείται μια έντονη κατάσταση με καλώδια και δημιουργεί επιπλοκές, και ως εκ τούτου ο ασθενής είναι περιορισμένος. Το WSN διασφαλίζει την κινητικότητα του ασθενούς καθώς παρέχει ευκολία στη διαχείριση του προσωπικού του νοσοκομείου.

Το WSN στην υγειονομική περίθαλψη έχει τα ακόλουθα οφέλη:

Ευελιξία: Το σύστημα συλλέγει και επικοινωνεί ασύρματα με ελάχιστη είσοδο από τον ασθενή. Δεν απαιτείται ο ασθενής να περιορίζεται στο κρεβάτι του.

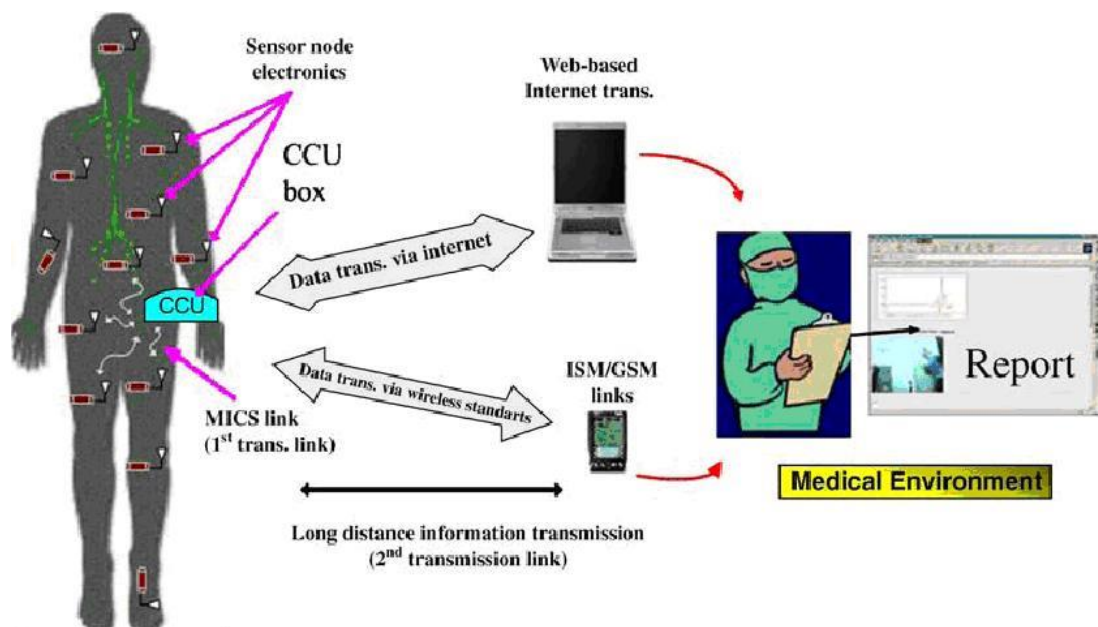
Πάντα ενεργό: Τα φυσιολογικά και περιβαλλοντικά δεδομένα μπορούν να παρακολουθούνται συνεχώς επιτρέποντας την απόκριση σε πραγματικό χρόνο από τους φροντιστές. Τα WSN επιτρέπουν στους ασθενείς να παρακολουθούνται και να παραμένουν πάντα υπό ιατρικό έλεγχο.

Αυτό-οργάνωση: Οι γιατροί μπορούν να αλλάξουν την αποστολή του δικτύου καθώς οι ιατρικές ανάγκες αλλάζουν.

Χαμηλό κόστος: Η χρήση WSN στην υγειονομική περίθαλψη παρέχει υποδομή επικοινωνίας χαμηλού κόστους που είναι κατάλληλη για παρακολούθηση.

Το μεγαλύτερο μειονέκτημα των ασύρματων δικτύων αισθητήρων είναι ότι όταν φυτεύεται μέσα στο ανθρώπινο σώμα, οι ασθενείς αισθάνονται ανασφαλείς. Θεωρούν ότι το απόρρητό αποκαλύπτεται και αυτοί έχουν ψυχολογική πίεση στο μυαλό τους. Άλλο ένα μειονέκτημα της χρήσης ασύρματων δικτύων αισθητήρων είναι ότι το κόστος συντήρησης αυτών των κόμβων αισθητήρων είναι μια μεγάλη δαπάνη για τον ασθενή επειδή οι κόμβοι αισθητήρων είναι ακριβοί.

Αν και οι εφαρμογές υγειονομικής περίθαλψης του WSN έχουν σημαντικά οφέλη, αντιμετωπίζουν ορισμένες προκλήσεις όπως χαμηλή ισχύς, περιορισμένος υπολογισμός, χαμηλό εύρος ζώνης, αξιόπιστη μετάδοση δεδομένων, συνεχής λειτουργία, παρεμβολές, υποστήριξη κινητικότητας κόμβων, ευπάθεια, ασφάλεια, έγκαιρη παράδοση δεδομένων, προστασία προσωπικών δεδομένων, συμφόρηση και κανονιστικοί περιορισμοί. Οι συσκευές WSN είναι γενικά περιορισμένες όσον αφορά την ισχύ, τον υπολογισμό και την επικοινωνία. Η χαμηλή ποσότητα ισχύος περιορίζει άμεσα τον υπολογισμό. Τα WSN είναι ευάλωτα σε διάφορα σφάλματα αισθητήρα και αυτή η ευπάθεια εμποδίζει την αποτελεσματική και έγκαιρη ανταπόκριση σε εφαρμογές υγειονομικής περίθαλψης. Η ασφάλεια είναι ένα σημαντικό ζήτημα για οποιοδήποτε σύστημα, ειδικά σε WSN υγειονομικής περίθαλψης, όπου ασχολούμαστε με ευαίσθητα ιατρικά δεδομένα ατόμων. Η παραβίαση της ασφάλειας σε εφαρμογές υγειονομικής περίθαλψης των WSNs αποτελεί μείζονα ανησυχία. Το απόρρητο είναι μια άλλη σημαντική ανησυχία των ασθενών και το μεγαλύτερο εμπόδιο στην ανάπτυξη ηλεκτρονικής υγειονομικής περίθαλψης. Οι εφαρμογές υγειονομικής περίθαλψης επιβάλλουν περιορισμούς στην αξιοπιστία από άκρο σε άκρο, η οποία μετρά πόσο καλά αποδίδει το σύστημα παρουσία διαταραχών. Η συμφόρηση πρέπει να περιοριστεί, καθώς επηρεάζει τη ροή δεδομένων και την καθυστέρηση στην παράδοση δεδομένων. Η ενοποίηση πολλαπλών συσκευών ανίχνευσης που λειτουργούν σε διαφορετικές συχνότητες προκαλεί δυσλειτουργικό πρόβλημα.



Εικόνα 3.1. WSN εμφυτευμένοι μέσα σε ανθρώπινο σώμα

3.2. Σχεδιασμός κεραιών για ασύρματα δίκτυα

Τα WSN μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε πολλές εφαρμογές. Όπως αναμενόταν. Οι εφαρμογές διαφοροποιούνται μεταξύ τους γιατί κάθε μία μπορεί να απαιτεί διαφορετική ανάπτυξη κόμβου, επομένως, πολύ αντίθετες τοπολογίες. Αυτό το γεγονός μπορεί να μειώσει δραστικά την πιθανότητα εύρεσης μίας πλήρως σχεδιασμένης και χαρακτηρισμένης κεραιάς κατάλληλη για ένα συγκεκριμένο WSN.

Η κεραιά αποτελεί το σημαντικότερο στοιχείο των ασύρματων δικτύων γιατί αυτή είναι υπεύθυνη για μετάδοση των δεδομένων και του hardware. Μία μετάδοση για να είναι επιτυχής χρειάζεται κεραιές με μεγάλη απόδοση λόγω των προβλημάτων που αναφέρθηκαν παραπάνω. Οι κεραιές που χρησιμοποιούμε στα δίκτυα αισθητήρων είναι κατευθυντικές ή ισοτροπικές. Ανάλογα με τις ανάγκες επιλέγεται και η κατάλληλη κεραιά. Οι κατευθυντικές κεραιές έχουν μικρό εύρος κάλυψης αλλά λιγότερες παρεμβολές και το σήμα μας μπορεί να φτάσει αρκετά μακριά αναλλοίωτο. Οι ισοτροπικές κεραιές σε αντίθεση με τις κατευθυντικές έχουν αρκετές παρεμβολές και το τελικό σήμα είναι αλλοιωμένο. Τα αγώγιμα υλικά (χαλκός, αλουμίνιο, μέταλλο) προκαλούν ιδιαίτερα μεγάλες αλλοιώσεις. Τα μη αγώγιμα υλικά μπορούν να προκαλέσουν και αυτά αλλοιώσεις. Επομένως είναι πιθανό τα διαγράμματα εκπομπής να διαφέρουν μέσα σε ένα σύστημα. Για αυτό τον λόγο πρέπει να γίνεται πάντα χαρτογράφηση για να είναι όσο το δυνατόν πιο επιτυχής ένας σχεδιασμός.

3.3. Παράμετροι απόδοσης κεραιάς

Μια σύντομη επισκόπηση των παραμέτρων της κεραιάς δίνεται παρακάτω.

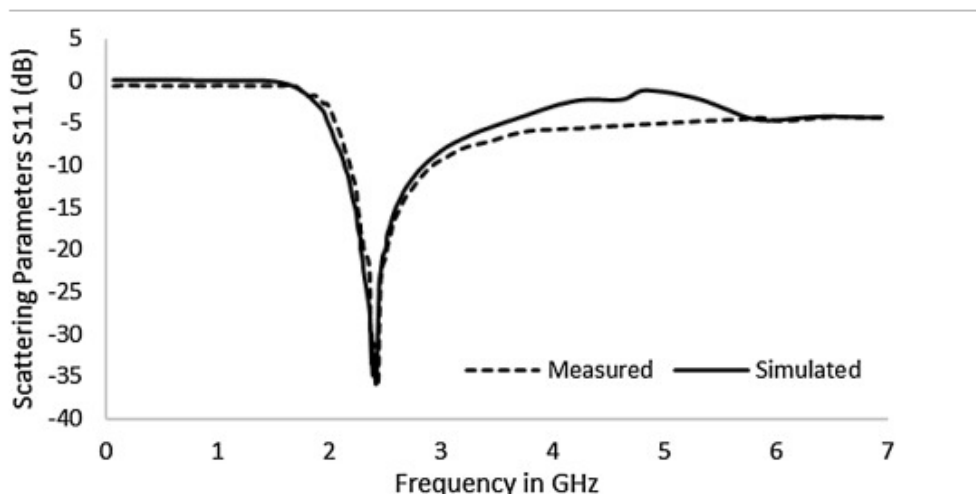
- **Πόλωση:** Η πόλωση της κεραιάς ως προς μια συγκεκριμένη διεύθυνση καθορίζεται από την πόλωση του παραγόμενου από την κεραιά κύματος σε αυτή τη διεύθυνση και σε μεγάλη απόσταση.
- **Κατευθυντικότητα:** Η κατευθυντικότητα της κεραιάς είναι ο λόγος της μέγιστης έντασης ακτινοβολίας (ισχύς ανά μονάδα επιφάνειας) που εκπέμπεται από την κεραιά στη μέγιστη διεύθυνση διαιρούμενος με την ένταση που εκπέμπεται από μια υποθετική ισοτροπική κεραιά που εκπέμπει την ίδια συνολική ισχύ με αυτήν της κεραιάς. Η κατεύθυνση είναι λόγος χωρίς διάσταση και μπορεί να εκφράζεται αριθμητικά ή σε ντεσιμπέλ (dB). Η κατευθυντικότητα είναι πανομοιότυπη με την μέγιστη τιμή του κέρδους. Αυτές οι τιμές καθορίζονται χωρίς να σχετίζονται με την απόδοση της κεραιάς, επομένως διαφέρουν από το κέρδος ισχύος (ή απλά το «κέρδος») του οποίου η τιμή μειώνεται από την απόδοση της κεραιάς.

- **Κέρδος ισχύος και απόδοση κεραίας:** Το κέρδος ως παράμετρος μετρά την κατεύθυνση μιας δεδομένης κεραίας. Μια κεραία με χαμηλό κέρδος εκπέμπει ακτινοβολία σε πολλές κατευθύνσεις εξίσου, ενώ μια κεραία υψηλού κέρδους κατά προτίμηση ακτινοβολεί σε συγκεκριμένες κατευθύνσεις. Συγκεκριμένα, το κέρδος κέρδους ή ισχύος μιας κεραίας ορίζεται ως ο λόγος της έντασης (ισχύς ανά μονάδα επιφάνειας) που ακτινοβολείται από την κεραία σε μια δεδομένη κατεύθυνση σε μια αυθαίρετη απόσταση διαιρούμενη με την ένταση που εκπέμπεται στην ίδια απόσταση από μια υποθετική ιστροπική κεραία.
- **Σχέδιο κεραίας:** Το σχέδιο κεραίας είναι μια γραφική αναπαράσταση σε τρεις διαστάσεις του σχεδίου ακτινοβολίας της κεραίας. Η απόδοση της ακτινοβολίας της κεραίας μετριέται συνήθως και καταγράφεται σε δύο ορθογώνια κύρια επίπεδα. Το σχέδιο σχεδιάζεται συνήθως είτε σε πολικές ή ορθογώνιες συντεταγμένες. Η μορφή των περισσότερων σταθμών βάσης έχουν ένα κύριο λοβό και είναι αρκετοί μικροί λοβοί, που ονομάζονται πλευρικοί λοβοί.
- **Εύρος ζώνης συχνότητας:** Το IEEE (Ινστιτούτο Ηλεκτρολόγων και Ηλεκτρονικών Μηχανικών — IEEE) ορίζει το εύρος ζώνης ως «Το εύρος των συχνοτήτων εντός των οποίων η απόδοση της κεραίας, σε σχέση με κάποια χαρακτηριστικά, συμμορφώνεται με ένα καθορισμένο πρότυπο.» Με άλλα λόγια, το εύρος ζώνης εξαρτάται από τη συνολική αποτελεσματικότητα της κεραίας μέσω του εύρους συχνοτήτων, οπότε αυτές οι παράμετροι πρέπει να κατανοηθούν ώστε να χαρακτηρίζουν πλήρως τις δυνατότητες εύρους ζώνης μιας κεραίας. Αυτός ο ορισμός μπορεί να χρησιμεύσει ως πρακτικός ορισμός, ωστόσο, στην πράξη, το εύρος ζώνης καθορίζεται τυπικά μετρώντας ένα χαρακτηριστικό όπως SWR (Λόγος στάσιμων κυμάτων) ή ακτινοβολημένη ισχύ πάνω στο εύρος συχνοτήτων που ενδιαφέρει.
- **Μοτίβο ακτινοβολίας:** Το μοτίβο ακτινοβολίας είναι μια γραφική απεικόνιση της σχετικής αντοχής πεδίου που μεταδίδεται από ή λαμβάνεται από την κεραία και δείχνει πλευρικούς λοβούς. Εάν η ακτινοβολία της κεραίας είναι συμμετρική γύρω από έναν άξονα (όπως συμβαίνει στο δίπολο, στις ελικοειδείς και στις παραβολικές κεραίες) αρκεί ένα μοναδικό γράφημα.
- **Αποδοτικότητα:** Η αποδοτικότητα είναι ο λόγος ισχύος που ακτινοβολείται πραγματικά από μια κεραία από την ηλεκτρική ισχύ που λαμβάνει από έναν πομπό. Η απόδοση ορίζεται ως η αναλογία της ισχύος που εκπέμπεται από τη συνολική ισχύ που

χρησιμοποιείται από την κεραία. Συνολική ισχύς = ενέργεια που ακτινοβολείται + απώλεια ισχύος.

3.4. Απόδοση και χαρακτηρισμός κεραίας two sleeve.

Τα προσομοιωμένα και μετρημένα αποτελέσματα της κεραίας απεικονίζονται στο Σχήμα 1.



Σχήμα 1. Προσομοιωμένα έναντι μετρημένων αποτελεσμάτων.

Η μετρούμενη τιμή για απώλεια επιστροφής είναι -37 dB στα 2,44 GHz. Τα προσομοιωμένα αποτελέσματα συμφωνούν με τα αποτελέσματα της μέτρησης. Η απώλεια επιστροφής σε dB σε σχέση με τη συχνότητα σε GHz για την προτεινόμενη κεραία απεικονίζει ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί για βιοϊατρικές εφαρμογές στα 2,45 GHz. Η προτεινόμενη κεραία καλύπτει τη συχνότητα ζώνης ISM (από 2,131 GHz έως 2,813 GHz) για βιοϊατρικές εφαρμογές με εύρος ζώνης 682 MHz ($S_{11} < -10$ dB). Οι ανθρώπινοι ιστοί (δέρμα / λίπος / μυς) με το πάχος όπως και οι διηλεκτρικές ιδιότητες για τους μυς, το λίπος, το δέρμα καταγράφεται στο Σχήμα 2, Σχήμα 3, αντίστοιχα.

Στην πραγματικότητα, δεν υπάρχει σημαντική αλλαγή στα χαρακτηριστικά αντιστοίχισης ενσωματώνοντας το μυϊκό μοντέλο. Αλλάζει μόνο η διηλεκτρική σταθερά κατά 20% και η συχνότητα συντονισμού κατά 4%.

Ανθρώπινοι ιστοί	Πάχος σε mm
Δέρμα	4

Λίπος	4
Υπόστρωμα κεραίας	1.6
Μυς	8

Σχήμα 2. Ανθρώπινοι ιστοί και το πάχος τους για την προτεινόμενη κεραία

Ιστός	Επιτρεπτότητα ϵ_r	Αγωγιμότητα σ (S / m)
Μυς	52.7	1.73
Δέρμα	38	1.46
Λίπος	5.28	0.10
Οστό	18.54	0.80

Σχήμα 3. Διηλεκτρικές ιδιότητες ανθρώπινων ιστών

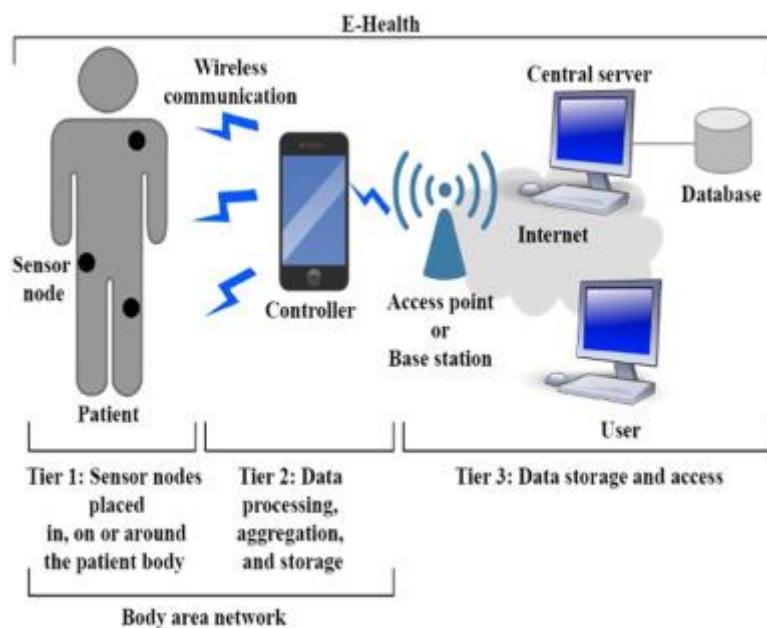
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΜΙΚΡΟΚΕΡΑΙΕΣ ΣΕ ΔΙΚΤΥΑ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ ΣΤΟΝ ΤΟΜΕΑ ΟΠΩΣ ΙΑΤΡΙΚΗΣ

4.1. Εισαγωγή

Έχει σημειωθεί ραγδαία αύξηση των ιατρικών και υγειονομικών συσκευών που ενσωματώνουν ασύρματα τεχνολογία. Μια ιατρική συσκευή με ασύρματη δυνατότητα, στο εξής καλούμενη ασύρματη ιατρική συσκευή, χρησιμοποιεί ηλεκτρομαγνητικά κύματα και κεραίες ραδιοσυχνότητας (RF) για τη συλλογή και μεταφορά πλούσιων, συχνά κρίσιμων στο χρόνο, δεδομένων κατά τη διάρκεια ιατρικών θεραπειών, διαγνωστικών διαδικασιών, κλινική έρευνα και παροχή υγειονομικής περίθαλψης. Αυτές οι ασύρματες ιατρικές συσκευές τοποθετούνται συνήθως μέσα ή έξω από το ανθρώπινο σώμα και εκτελεί διάφορες λειτουργίες όπως:

- Μεταφορά δεδομένων από συσκευή σε άλλη συσκευή και από συσκευή σε εξωτερική μονάδα ελέγχου (στατικό ή κινητό), π.χ. ένα έξυπνο τηλέφωνο ή ένα νοσηλευτικό σταθμό.
- Παρακολούθηση της υγείας του ασθενούς από επαγγελματίες υγείας όπως καρδιακός ρυθμός, αίμα επίπεδα γλυκόζης και αρτηριακή πίεση κ.λπ.
- Έλεγχος και προγραμματισμός συσκευών για την διαχείριση των προβλημάτων που έχουν σχέση με τη συσκευή γρήγορα, εύκολα και ελάχιστα.



Εικόνα 4.1. Ασύρματοι κόμβοι εμφυτευμένοι μέσα σε ασθενή

Για να επιτευχθούν αυτές οι λειτουργίες, μια ασύρματη ιατρική συσκευή χρειάζεται συμπαγή υψηλή απόδοση κεραίες. Η έρευνα και ανάπτυξη κεραιών και προσφέρει σημαντικά πλεονεκτήματα στον ιατρικήβιομηχανία, στους επαγγελματίες υγείας και τους ασθενείς. Πρώτον, οι κεραίες εξαλείφουν την ανάγκη για φυσικά καλώδια που συνδέουν έναν ασθενή σε ιατρικό κρεβάτι. Αυτό αυξάνει την κινητικότητα των ασθενών και η άνεση παρέχει ταυτόχρονα συνδεσιμότητα δεδομένων σε πραγματικό χρόνο με επαγγελματίες υγείας (γιατροί, νοσοκόμες κλπ) όλο το εικοσιτετράωρο ανεξάρτητα από την τοποθεσία των ασθενών (νοσοκομείο, σπίτι, γραφείο κ.λπ.). Δεύτερον, οι κεραίες επιτρέπουν στις ιατρικές συσκευές να είναι φορητές και να φοριούνται σε σύγκριση με τους ογκώδεις ιατρικούς εξοπλισμούς που χρησιμοποιείται σήμερα στη βιομηχανία. Αυτό επιταχύνει το ανάπτυξη και ανάπτυξη δυνητικά μικρών ιατρικών συσκευών με χαμηλό κόστος.

Σε αυτό το πλαίσιο, οι κεραίες που προορίζονται για συνδεσιμότητα ιατρικών συσκευών ταξινομούνται σε τρεις κατηγορίες:

- 1) κεραίες εντός του σώματος που τοποθετούνται μέσα στο ανθρώπινο σώμα όπως εμφυτεύσιμες.
- 2) κεραίες σώματος που είναι προσωρινά ή μόνιμα τοποθετημένες στην επιφάνεια του σώματος ή είναι ενσωματωμένο σε φορετά ρούχα και
- 3) εξωτερικές κεραίες τοποθετημένες σε συσκευές παρακολούθησης / ελέγχου.

4.2. Προκλήσεις στην διαδικασία σχεδιασμού

Η διαδικασία σχεδιασμού κεραίας έχει συναφείς προκλήσεις καθώς πρέπει η κεραία να είναι συμπαγής και κατάλληλη για μικρές περιοχές, θα πρέπει να ενσωματώνεται αποτελεσματικά ή να συμμορφώνεται με την ιατρική συσκευή και η ηλεκτρομαγνητική της απόδοση πρέπει να χαρακτηρίζεται λεπτομερώς.

Οι κεραίες για ιατρικά βοηθήματα εμφυτεύματος και η βιοτεμετρία δημιουργούν πρόσθετες προκλήσεις.

Η πρόκληση είναι πώς να συμπίεσετε την κεραία σε μικρότερους χώρους και να διατηρήσετε καλή απόδοση και προδιαγραφές του προϊόντος ιατρικής συσκευής σχετικά με τα επίπεδα ισχύος, εύρος ζώνης και ποιότητα της ασύρματης διεπαφής.

Ο σχεδιασμός κεραίας για ασύρματες ιατρικές συσκευές πραγματοποιείται συνήθως χρησιμοποιώντας 3D πλήρους κύματος αριθμητικοί ηλεκτρομαγνητικοί διαλύτες όπως ANSYS HFSS

είναι ένα λογισμικό 3D ηλεκτρομαγνητικής προσομοίωσης (EM) για το σχεδιασμό και την προσομοίωση ηλεκτρονικών προϊόντων υψηλής συχνότητας, όπως κεραίες) και CST (Το CST είναι ένα πακέτο λογισμικού ανάλυσης 3D και έχει υψηλή απόδοση για το σχεδιασμό, την ανάλυση και τη βελτιστοποίηση ηλεκτρομαγνητικών (EM) εξαρτημάτων και συστημάτων).

4.3. Ζώνες συχνοτήτων

Η απόδοση της κεραίας συνδέεται με τη συχνότητα λειτουργίας και την επιλογή μιας συγκεκριμένης ζώνης συχνοτήτων που υπαγορεύεται από την ανταλλαγή μεταξύ της απώλειας μέσω σώματος, ταχύτητα επικοινωνίας και μικρογραφία συσκευής. Γενικά, για ιατρική συσκευή συνδεσιμότητα τόσο κοντά στο πεδίο (επαγωγική ζεύξη) όσο και στο μακρινό πεδίο (ακτινοβολούμενη ενέργεια RF) μπορεί να χρησιμοποιηθεί επικοινωνία από τυποποιημένες τεχνολογίες WiFi, Bluetooth και επικοινωνίες κοντά στο πεδίο (NFC). Μια λεπτομερής αλλά μη εξαντλητική λίστα ιατρικών συχνοτήτων, οι ζώνες που διατίθενται από τις ρυθμιστικές αρχές του φάσματος και οι τύποι κεραιών δίνονται στο Πίνακα 1. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι στο παρελθόν υπήρχαν κεραίες πηνίου χαμηλής συχνότητας και χρησιμοποιούνταν συνήθως για τη δημιουργία επαγωγικών δεσμών.

	Frequency Band	Typical Antenna	Applications	Notes
Wi-Fi	2.4/5 GHz	dual-band Patch, patch arrays, MIMO antennas	Smart hospital beds, oxygen monitors, infusion pumps, mobile nursing stations	10-150 m, Up to 1Mbps
Bluetooth (BLE, low energy) version 4.0	2404-2478 MHz	PCB mount chip antenna, IFAs, monopoles, PIFA	Indoor navigation for patients, connectivity btw device and smartphone for health data monitoring	Short range, 2m
Wireless Medical Telemetry Service (WMTS)	608-614 MHz, 1395-1400 MHz and 1427-1432 MHz	PIFAs, planar meandered dipoles	Implant biotelemetry, intraocular unit for retinal prosthesis, capsule endoscopy	>250 kbps
MedRadio / micropower networks (MMN)	413-457 MHz [413-419, 426-432, 438-444, 451-457] MHz	Planar meandered line dipoles and its variations	Transmit/relay data for Implanted & body-worn medical devices for diagnostic and therapeutic functions	1 m, <25 uW EIRP
Medical body area networks (MBAN)	2360-2400 MHz	Planar monopoles, vertical monopoles, IFAs	On-body/wearable sensors controlled by a unit in close proximity (a few cm) of body	Low power
Medical Implant Communication Services (MICS)	[401-402, 402-405, 403.5-403.8(MITS) and 405-406 (MEDS)] MHz	Stacked PIFA, Chip/PCB mount ceramic antennas	2-way biotelemetry btw implanted device and external hub for diagnosis and/or therapy.	2-4 m, <25 uW EIRP
ISM	[433.1-434.8, 868-868.6, 902.8-928.0] MHz 2400-2483.5 MHz	Stacked PIFA dual/tri/quad band, planar meandered dipoles	Short range biotelemetry with implant antennas with dual-frequency operation.	<10m, <250 kbps
UWB	[3.1-5, 6-10, 22-29(USA)] GHz	Printed monopoles, circular/elliptical slots, Vivaldi-type arrays	Breast-cancer detection, neural activity monitoring, wireless channel characterisation in hospital environments	>1m, High data rate
WiMax	2.3/2.5/3.5 GHz	Panel-mount types, Patch/printed dipole arrays	Hospital intranet, Telemedicine services btw hospitals/clinics or ambulances/hospitals for pre-diagnosis	> 1 km, high data rate

Πίνακας 1. Ζώνες συχνοτήτων που χρησιμοποιούνται από κεραίες για συνδεσιμότητα εντός σώματος, σώματος και εξωτερικής ιατρικής συσκευής

Γενικά, οι εμφυτευμένες κεραίες / σώμα χρησιμοποιούν ζώνη MICS 400MHz, ISM 900MHz / 2.4GHz ζώνες ή ένα χαμηλότερο τμήμα όπως ζώνης FCC UWB (π.χ. 3,1-4,5 GHz). Επιπλέον, ορισμένες κεραίες bodyworn και εξωτερικές κεραίες τοποθετημένες σε φορητούς σταθμούς νοσηλείας χρησιμοποιούν κινητά δίκτυα ή WiMAX στα 2,5 / 3,5 GHz. Οι τύποι κεραιών που χρησιμοποιούνται συνήθως είναι τυπωμένα επιθέματα, δίπολα μαιμανδρικής γραμμής, PIFA πολλαπλών στρωμάτων, έλικα και σπείρες. Οι συσσωρευμένες πολυεπίπεδες PIFA είναι καλοί υποψήφιοι για εμφυτεύσιμες συσκευές καθώς μπορούν να επιτύχουν διπλή και τριπλή ζώνη λειτουργίας σε ζώνες MICS 402MHz και ζώνες ISM 433/900 / 2450MHz σε μικρό μέγεθος. Έλικας και οι σπειροειδείς κεραίες είναι συνήθως κατάλληλες για κατάποση συσκευών όπως τα ενδοσκόπια ασύρματης κάψουλας λόγω της ικανότητάς τους να παράγουν κυκλική πόλωση που βοηθά στην αντιστάθμιση της σύνδεσης λόγω του προσανατολισμού της κάψουλας στο σώμα. Οι κεραίες μικροσκοπικού βρόχου ή διπόλου είναι χρήσιμες σε ενέσιμες συσκευές για εφαρμογές νευροδιέγερσης ενώ υπερ-ευρεία κεραία (UWB) Κυκλικά / ελλειπτικά μπαλώματα / κουλοχέρηδες χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο για εφαρμογές με υψηλό ρυθμό δεδομένων όπως η απεικόνιση καρκίνου του μαστού υψηλής ανάλυσης.

4.4. ITU-R

Ως ITU-R ορίζεται η Διεθνής Ένωση Τηλεπικοινωνιών (International Telecommunication Union) η οποία έχει δώσει κάποιες προδιαγραφές για επικοινωνία σε συχνότητα 402-405 MHz. Σε αυτή την συχνότητα δεν υπάρχουν παρεμβολές. Οι προδιαγραφές αυτές φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Uplink from implant	ITU-R	Maximum from MICS
BW	200 kHz	
TX Power	-2 dBm	15.5 dBm
Antenna Gain	-31.5 dBi	
EIRP	-33.5 dBm	-16 dBm
Free Space Loss 2m	30.5 dB	
Fade Margin	10 dB	
Excess Loss	15 dB	
Base station antenna gain	2 dBi	
Received power at base	-87 dBm	-69.5 dBm
Receiver noise at input	-101 dBm	
Downlink to implant	ITU-R	Maximum from MICS
BW	25 kHz	
TX Power	-22 dBm	-18 dBm
Antenna Gain	2 dBi	
EIRP	-20 dBm	-16 dBm
Free Space Loss 2m	30.5 dB	
Fade Margin	10 dB	
Excess Loss	15 dB	
Body antenna gain	-30.5 dBi	
Received power in body	-106 dBm	-102 dBm
Receiver noise at input	-121 dBm	

Εικόνα 4.4. Προδιαγραφές ITU-R

4.4.1. Uplink

Το εύρος ζώνης στου υπολογισμούς της ITU-R είναι 200 kHz ενώ το μέγιστο διαθέσιμο εύρος ζώνης για ιατρικές εφαρμογές είναι 300 kHz. Το πλεονέκτημα της χρήσης μικρότερου εύρους ζώνης είναι ότι ο θόρυβος στο δέκτη είναι χαμηλότερος. Ο θερμικός θόρυβος ισχύος είναι ανάλογος του εύρους ζώνης σύμφωνα με τον τύπο: ισχύος είναι ανάλογος με το εύρος ζώνης και δίνεται από τον τύπο: $N = kTB$

όπου η σταθερά Boltzmann είναι $k = 1,38 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$, T είναι η απόλυτη θερμοκρασία σε Kelvin, και B το εύρος ζώνης ενεργού θορύβου, το οποίο είναι περίπου ίσο με το εύρος ζώνης της διαμόρφωσης. Το N λοιπόν μετριέται σε (W).

Η μεταδιδόμενη ισχύς (TX) από τον κόμβο είναι -2 dBm ή 600 μW . Το επίπεδο ισχύος TX δεν δίνεται άμεσα από το πρότυπο MICS. Το TX εξαρτάται από τα αποτελέσματα, από τους υπολογισμούς του προϋπολογισμού συνδέσμου και από τη διαθέσιμη ισχύ από τη μπαταρία και την απόδοση του κυκλώματος. Το μόνο όριο είναι ότι το EIRP (Αποτελεσματική ακτινοβολημένη ισχύς) όπου πρέπει να είναι μικρότερο από τη μέγιστη ισχύ που έχει οριστεί στο πρότυπο MICS. Αν το κέρδος της κεραίας είναι -31.5 dBi τότε το EIRP είναι -33.5 dBm το οποίο είναι εντός ορίων (απέχει 17.5 dB από το μέγιστο επιτρεπτό), τότε μια πιθανή εξήγηση για αυτό είναι η χαμηλή ισχύς εξόδου που επιλέγεται για τη μείωση της κατανάλωσης και την αύξηση του χρόνου ζωής του κόμβου. Για μια πρόχειρη εκτίμηση των απωλειών κάνουμε την παραδοχή ότι οι απώλειες είναι απώλειες ελεύθερου χώρου, δηλαδή 30.5 dB για απόσταση 2 m. Αυτό ισχύει μόνο αν οι κόμβοι είναι αρκετά μακριά μεταξύ τους και από τους base station ώστε να ληφθούν υπόψη συνθήκες μακρινού πεδίου. Για μήκος κύματος λ και απόσταση πομπού – δέκτη d οι απώλειες ελεύθερου χώρου είναι:

$$\text{Απώλειες ελεύθερου χώρου} = \left(\frac{\lambda}{4\pi d}\right)^2$$

Σε αυτές τις απώλειες προσθέτουμε και σκίαση 10dB όπου οφείλεται σε κινήσεις του ασθενή και απώλειες πόλωσης. Το κέρδος της κεραίας λήψης στο σταθμό βάσης είναι συνήθως +2 dBi, σαν κεραία διπόλου. Αυτό δίνει συνολική λαμβανόμενη ισχύ στην είσοδο του σταθμού βάσης -87 dBm. Το επίπεδο θορύβου στο σημείο αυτό υπολογίζεται σε +20 dB πάνω από το κατώφλι θερμικού θορύβου και σε αυτό προστίθεται ο θόρυβος του δέκτη του σταθμού βάσης, ο οποίος είναι 4 dB.

4.4.2. Downlink

Οι παράμετροι του Downlink με το εμφύτευμα είναι παρόμοιες με αυτές του uplink. Μία διαφορά είναι ότι το εύρος ζώνης δίνεται ως 25 kHz. Βέβαια η επικοινωνία από τους σταθμούς βάσης στους κόμβους περιορίζεται στην ενημέρωση κάποιων παραμέτρων συνήθως, και δεν έχει τις απαιτήσεις με εκείνη των κόμβων στους σταθμούς, οι οποίοι στέλνουν την ουσιαστική πληροφορία. Έτσι μειώνεται η ταχύτητα επικοινωνίας. Αυτό δεν σημαίνει ότι το ποσοστό θορύβου θα μείνει ίδιο. Αυτή η τιμή θορύβου έχει οριστεί στα 9 dB. Επιπλέον, η ισχύς εξόδου του σταθμού βάσης δίνεται ως -22 dBm. Αυτό δίνει EIRP -20 dBm ή 10 μ W. Ο προτεινόμενος προϋπολογισμός συνδέσμου χρησιμοποιεί διαμόρφωση FSK (Διαμόρφωση μετατόπισης συχνότητας), μη καθορισμένου τύπου, και στα δύο uplink και downlink. Εάν υποθέσουμε συνεκτικό FSK, οι αντίστοιχοι ρυθμοί bit αυξάνονται περίπου 200 kbit / s από το εμφύτευμα και 25 kbit / s κάτω. Αυτό λαμβάνεται με απόδοση 1 bit / s / Hz.

Συμπεράσματα

Οι περισσότεροι από όπως αριθμούς στον προϋπολογισμό συνδέσμου ITU-R δίνονται χωρίς καμία αναφορά. Κρίσιμες είναι το κέρδος της εμφυτευμένης κεραίας και του εσωτερικού κύματος χαρακτηριστικά διάδοσης στη ζώνη MICS. Για να υπάρξει καλή λειτουργία σύνδεσης πρέπει να τηρούμε την σκίαση και το περιθώριο απωλειών.

4.5. Διάδοση κυμάτων

Είναι γνωστό ότι ένα αντικείμενο στο οποίο είναι συνδεδεμένη μια κεραία επηρεάζει την απόδοση όπως κεραίας. Κατά συνέπεια, όταν εισάγουμε μια κεραία σε ένα αντικείμενο, όπως στην περίπτωση μας είναι το ιατρικό εμφύτευμα με κεραία τοποθετημένη σε ασθενή, δεν μπορούμε να διαχωρίσουμε την κεραία από το αντικείμενο που την περιβάλλει. Εάν το μήκος κύματος είναι πολύ μικρότερο από το μέγεθος του αντικειμένου, τότε πρέπει να συμπεριλάβουμε μόνο τα μέρη του αντικειμένου που βρίσκονται κοντά στην κεραία.

Συχνότητες που αφορούν τις συχνότητες λειτουργίας εφαρμογών υγείας έχουν ορίσει το μήκος κύματος στα 403,5 MHz στον αέρα είναι 0,74 m και περίπου 0,09 m στο σώμα. Το σώμα του ασθενή που καλύπτει την κεραία πρέπει να υπολογιστεί για το μακρινό πεδίο. Αυτό συμβαίνει γιατί στις περιπτώσεις αυτές το σώμα λειτουργεί σαν μη στατικό περιβάλλον μέσω με απώλειες, το οποίο εκτείνεται από το κοντινό πεδίο όπως κεραίας μέχρι και το μακρινό (σε κάποιες τουλάχιστον διαστάσεις). Δεν νοείται λοιπόν μελέτη κεραιών για τέτοιου είδους εφαρμογές χωρίς να έχουν αναλυθεί προηγουμένως οι ηλεκτρομαγνητικές ιδιότητες του ανθρώπινου σώματος. Αν δεν μελετήσουμε την εφαρμογή της κεραίας, δε μπορούμε και να εκτιμήσουμε την επίδραση όπως στο σώμα του ασθενούς.

4.5.1. Εξίσωση Maxwell

Οι εξισώσεις Maxwell είναι απαραίτητες για τον σχεδιασμό κεραιών.

$$\nabla \cdot D = \rho$$

$$\nabla \cdot B = 0$$

$$\nabla \times E = -j\omega B$$

$$\nabla \times H = J + J_s + j\omega D$$

Όπου D είναι η πυκνότητα ηλεκτρικής ροής, E είναι το ηλεκτρικό πεδίο, B είναι η πυκνότητα μαγνητικής ροής, H είναι το μαγνητικό πεδίο, ρ είναι η πυκνότητα φορτίου, J είναι η πυκνότητα ρεύματος και J_s είναι η πρόσθετη πυκνότητα ρεύματος πηγών στην κεραία.

Σε γραμμικά ιστροπικά υλικά ισχύει:

$$D = \epsilon E$$

$$H = \frac{B}{\mu}$$

$$J = \sigma E$$

Όπου η διηλεκτρική σταθερά ϵ , η μαγνητική διαπερατότητα μ , και η ειδική αγωγιμότητα σ , είναι κατά κανόνα μιγαδικές και εξαρτώνται από τη συχνότητα.

4.5.2. Δεδομένα υλικού και μετρήσεις

Όταν μετράμε τη διαπερατότητα όπως υλικού, λαμβάνουμε την περίπλοκη διαπερατότητα ϵ_c . Κάνοντας λοιπόν μετρήσεις σε μία μόνο συχνότητα δε μπορούμε να διαχωρίσουμε την ειδική αγωγιμότητα σ/ω από τη φανταστική διηλεκτρική σταθερά απωλειών ϵ'' . Ανιχνευτές μέτρησης, όπως το Agilent 89010, δίνουν μόνο το πραγματικό μέρος ϵ_{er} και την εφαπτομένη απώλειας $\tan \delta$.

Τα φανταστικά μέρη των ϵ και σ οφείλονται σε υστέρηση στην ηλεκτρομαγνητική απόκριση των υλικών. Πιο συγκεκριμένα το ϵ'' οφείλεται στην απόκριση πόλωσης του υλικού και το σ στην υστέρηση στην απόκριση αγωγιμότητας η οποία προκαλείται από ισχυρά ιόντα.

4.5.3. Δεδομένα ιστών

Η αποτελεσματική ελαστικότητα ϵ_{er} και η αγωγιμότητα σ_e διαφορετικών ανθρώπινων ιστών που είναι σχετικά με τα ιατρικά εμφυτεύματα δίνονται στον Πίνακα 4.5.3. Παρατηρούμε ότι ο λιπώδης ιστός είναι εμφανώς διαφορετικός τόσο από το δέρμα όσο και από το μυϊκό ιστό καθώς έχει πολύ πιο χαμηλή διηλεκτρική σταθερά και ειδική αγωγιμότητα.

Ιστός	ϵ_{er}	σ_e (S/m)
Μυς	57.1	0.796
Λίπος	5.6	0.041
Πνεύμονας	23.8	0.375
Δέρμα(στεγνό)	46.7	0.690
Δέρμα(υγρό)	49.8	0.670
Οστό	22.4	0.235
Εγκέφαλος – φαιά ουσία	57.4	0.739
Εγκέφαλος – λευκή ουσία	42.0	0.445

Πίνακας 4.5.3. Διηλεκτρικές παράμετροι του ανθρώπινου ιστού στα 403,5 MHz

4.5.4. Προσομοίωση ιστών

Για να ελέγξουμε την απόδοση της κεραίας μιας εμφυτευμένης κεραίας στο εργαστήριο, εμείς χρησιμοποιήσαμε υγρά προσομοίωσης ιστών. Τα υγρά αυτά είναι ίδια με αυτά που χρησιμοποιούμε για να μετρήσουμε τον ειδικό ρυθμό απορρόφησης (SAR) κατά την αξιολόγηση των φορητών συσκευών. Αυτά τα υγρά περιέχουν υλικά σε συγκεκριμένες αναλογίες, ώστε να πλησιάζουν την σύσταση των ανθρώπινων ιστών. Έχουμε πληροφορίες για την προσομοίωση μυϊκού και εγκεφαλικού ιστού [Πίνακας 4.5.4.] Το HEC που υπάρχει στον πίνακα είναι μία αδρανής ουσία που απορροφά νερό και αυξάνει το ιξώδες του διαλύματος.

Ιστός	Νερό (H ₂ O)	Ζάχαρη	Αλάτι (NaCl)	HEC
Μυς	52.4%	45.0%	1.4%	1.0%

Εγκεφαλικός ιστός	40.4%	56.0%	2.5%	1.0%
-------------------	-------	-------	------	------

Πίνακας 4.5.4. Προσομοίωση μυϊκού και εγκεφαλικού ιστού.

Σε πραγματικούς ιστούς υπάρχουν αποκλίσεις.

Υλικό προσομοίωσης	ϵ_{er}	σ_e (S/m)
Μυς	62.5	0.9
Εγκέφαλος	50.3	0.75

Πίνακας 4.5.4. (β) Διαπερατότητα και αγωγιμότητα στα 403,5 MHz για τον προσομοιωμένο ιστό.

4.5.5. Σκίαση

Στις ασύρματες επικοινωνίες, η σκίαση είναι παραλλαγή της εξασθένησης του σήματος με διάφορες μεταβλητές. Αυτές οι μεταβλητές περιλαμβάνουν χρόνο, γεωγραφική θέση και ραδιοσυχνότητα. Η σκίαση συχνά διαμορφώνεται ως τυχαία διαδικασία. Το κανάλι σκίασης είναι ένα κανάλι επικοινωνίας που βιώνει εξασθένηση. Η σκίαση οφείλεται σε διάφορες ανακλάσεις πάνω σε διάφορες επιφάνειες (πάτωμα, τοίχος, και επιφάνειες του δωματίου) με αποτέλεσμα να υπάρχουν διαφορές στην ένταση ανάλογα με την θέση και την τοποθεσία του ασθενή.

4.6. Κεραίες στον τομέα όπωσης υγείας

Πολλές κεραίες έχουν χρησιμοποιηθεί στον τομέα της υγείας. Οι κεραίες που έχουν χρησιμοποιηθεί σε εφαρμογές βιοιατρικής τηλεμετρίας είναι οι κεραίες πηνίου. Οι κεραίες αυτές είναι καλές μόνο σε χαμηλές συχνότητες και μικρές αποστάσεις. Εκτός από τις κεραίες πηνίου μεγάλο ενδιαφέρον έχουν και οι ακόλουθες κεραίες:

- Συρματοκεραία (Wire antenna)
- Microstrip κεραία
- Επίπεδη ανεστραμμένη κεραία F (PIFA)
- Κεραία βρόχου (Loop antenna)
- Ελικοειδής κεραία

4.6.1. Συρματοκεραία (Wire antenna)

Μια wire κεραία είναι μια ράδιο κεραία που αποτελείται από ένα μακρύ καλώδιο που αιωρείται πάνω από το έδαφος, του οποίου το μήκος δεν έχει σχέση με το μήκος κύματος των ραδιοκυμάτων που χρησιμοποιούνται, αλλά συνήθως επιλέγεται περισσότερο για ευκολία. Το σύρμα μπορεί να είναι ίσιο ή να είναι κολλημένο εμπρός-πίσω ανάμεσα σε δέντρα ή τοίχους. Τέτοιες κεραίες συνήθως δεν είναι τόσο αποτελεσματικές όσο οι κεραίες των οποίων το μήκος ρυθμίζεται ώστε να αντηχεί στο μήκος κύματος που θα χρησιμοποιηθεί. Οι κεραίες τυχαίου σύρματος είναι ένας τύπος μονοπολικής κεραίας και η άλλη πλευρά του ακροδέκτη κεραίας δέκτη ή πομπού πρέπει να είναι συνδεδεμένη σε γείωση.

Οι συρματοκεραίες χρησιμοποιούνται ευρέως ως κεραίες λήψης σε ζώνες μεγάλου κύματος, μεσαίου κύματος και βραχείων κυμάτων, καθώς και κεραίες μετάδοσης σε αυτές τις ζώνες για μικρούς εξωτερικούς, προσωρινούς ή έκτακτους σταθμούς μετάδοσης, καθώς και σε καταστάσεις όπου δεν μπορούν να εγκατασταθούν πιο μόνιμες κεραίες .

Συχνά, οι wire κεραίες αναφέρονται (ανακριβώς) ως κεραίες μεγάλου σύρματος (long-wire antenna). Οι long-wire antenna απαιτούν μήκος μεγαλύτερο από ένα τέταρτο μήκος κύματος ($\lambda / 4$) ή μισό ($\lambda / 2$) των ραδιοκυμάτων

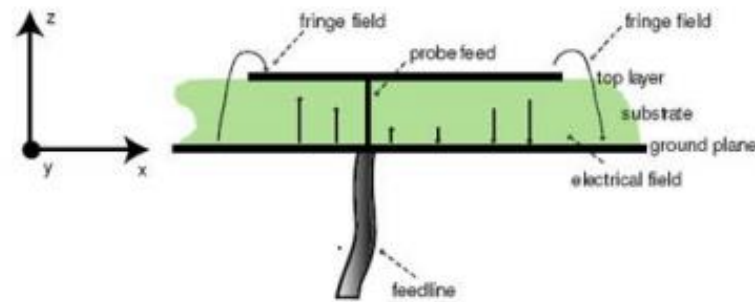
Ωστόσο, μπορεί να προκύψουν προβλήματα όταν το μήκος του λεγόμενου τυχαίου σύρματος είναι πολλαπλάσιο του μήκους κύματος στη συχνότητα μετάδοσης. Αυτό μειώνει την απόδοση όπως κεραίας και πρέπει να αποφεύγεται.

4.6.2. Microstrip κεραία

Οι κεραίες έχουν χρησιμοποιηθεί εδώ και πολύ καιρό σε πολλές ιατρικές εφαρμογές όπως, απεικόνιση μικροκυμάτων, ιατρικά εμφυτεύματα, θεραπείες υπερθερμίας και ασύρματη παρακολούθηση ευεξίας. Η μείωση του μεγέθους και της πολυπλοκότητας των κεραίων που χρησιμοποιούνται σε αυτές τις εφαρμογές ήταν ο πρωταρχικός στόχος όπως πρόσφατης έρευνας κεραίων. Σε πολλές ιατρικές εφαρμογές εξακολουθούν να χρησιμοποιούν ογκώδη συστήματα κεραίων που εμποδίζουν την αποτελεσματικότητα και την εφαρμογή τους παρά το υψηλό δυναμικό εφαρμογής.

Οι κεραίες Microstrip, που αναφέρονται και ως κεραίες patch, είναι άνετες σε επίπεδες και μη επιφάνειες, μηχανικά στιβαρές όταν τοποθετούνται σε άκαμπτες επιφάνειες και συμβατές με MMIC (Μονολιθικά ολοκληρωμένα κυκλώματα μικροκυμάτων) . Στην περιοχή της ασύρματης επικοινωνίας, οι κεραίες microstrip ενδιαφέρουν εμφυτεύσιμες εφαρμογές λόγω του σχεδιασμού τους και της ευελιξίας του. Επιπλέον, όταν επιλέγεται συγκεκριμένο σχήμα

της κεραίας αυτής η λειτουργία του patch, είναι πολύ ευέλικτα όσον αφορά το συντονισμό, την συχνότητα, την πόλωση, το μοτίβο και τη σύνθετη αντίσταση.



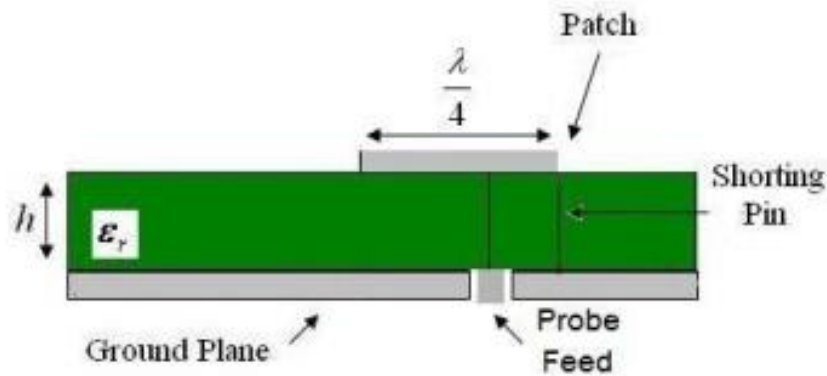
Σχήμα 4.6.2 Patch κεραία στην βασική της μορφή.

Στο κέντρο του επιθέματος, το ηλεκτρικό πεδίο είναι μηδέν, στην μία πλευρά είναι μέγιστο (θετικό) και στην άλλη πλευρά ελάχιστο (αρνητικό). Πρέπει να αναφερθεί ότι το ελάχιστο και το μέγιστο συνεχώς αλλάζει πλευρά σύμφωνα με τη στιγμιαία φάση του εφαρμοζόμενου σήματος. Το ηλεκτρικό πεδίο δεν σταματά απότομα στο εξωτερικό άκρο του μπαλώματος όπως σε μια κοιλότητα. Μάλλον, τα πεδία επεκτείνουν την εξωτερική περιφέρεια σε μερικά βαθμούς. Ως αποτέλεσμα, αυτές οι επεκτάσεις πεδίου, γνωστές ως πεδία περιθωρίου, προκαλούν την ακτινοβολία του επιθέματος. Ωστόσο, υπάρχουν μέθοδοι στις οποίες αυξάνεται το ύψος του υποστρώματος, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για επέκταση την αποδοτικότητα και το εύρος ζώνης

4.6.3. Επίπεδη ανεστραμμένη κεραία F (PIFA)

Οι σχεδιαστές κεραίων αναζητούν πάντα δημιουργικούς τρόπους βελτίωσης όπως απόδοσης. Μία μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε στον σχεδιασμό κεραίας patch είναι να εισαγάγει καρφίτσες βραχυκυκλώματος (από το έμπλαστρο στο επίπεδο γείωσης) σε διάφορες μεριές που οδηγούν στην κεραία Planar Inverted-F (PIFA).

Το PIFA χρησιμοποιείται όλο και περισσότερο σε εφαρμογές εμφυτεύσιμων συσκευών. Η κεραία είναι συντονισμένη στο μήκος τετάρτου κύματος (μειώνοντας έτσι τον απαιτούμενο χώρο που απαιτείται στο εμφύτευμα), και έχει συνήθως καλές ιδιότητες SAR. Η PIFA μοιάζει με ανεστραμμένο F, το οποίο εξηγεί το όνομα PIFA. Η κεραία Planar Inverted-F είναι δημοφιλής επειδή έχει χαμηλό προφίλ και πανκατευθυντικό μοτίβο. Το PIFA εμφανίζεται από μια πλάγια όψη στο Σχήμα 4.6.3.



Σχήμα 4.6.3. PIFA

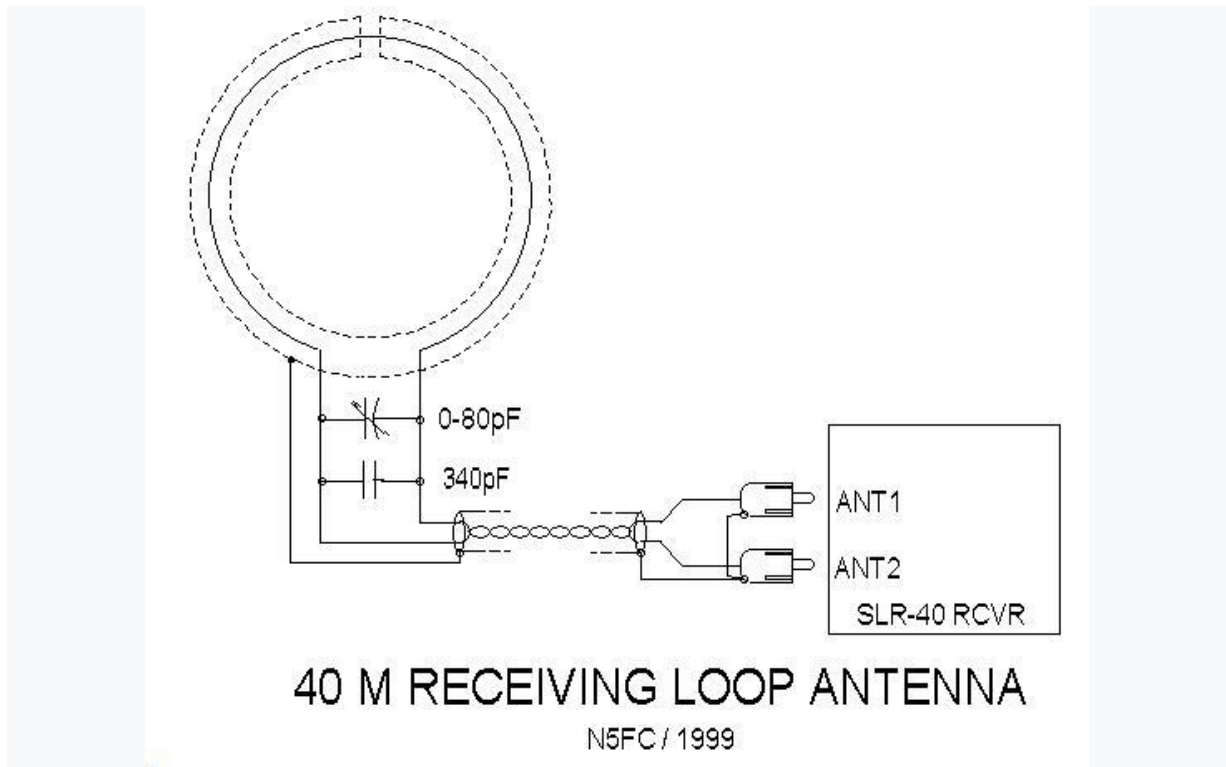
Τα πεδία περιθωρίου που είναι υπεύθυνα για την ακτινοβολία είναι βραχυκυκλωμένα στο άκρο, έτσι μόνο τα πεδία πλησιέστερα στην γραμμή μετάδοσης ακτινοβολούν. Κατά συνέπεια, το κέρδος μειώνεται, αλλά η κεραία patch διατηρεί όπως βασικές ιδιότητες με ένα patch μήκους κύματος, αλλά μειώνεται σε μέγεθος 50%.

Το PIFA είναι συντονισμένο σε μήκος κύματος τετάρτου. Η τροφοδοσία τοποθετείται μεταξύ του ανοιχτού και βραχυκυκλωμένου άκρου, και η θέση ελέγχει την αντίσταση εισόδου. Όσο πιο κοντά η τροφογή είναι στον βραχίονα βραχυκύκλωσης, η σύνθετη αντίσταση μειώνεται.

4.6.4. Κεραία βρόχου (Loop antenna)

Η κεραία βρόχου είναι ένας απλός, φθηνός και πολύ ευέλικτος τύπος κεραίας που αναφέρεται σε ένα ακτινοβόλο στοιχείο κατασκευασμένο από ένα πηνίο με μία ή περισσότερες στροφές. Στην τρέχουσα εποχή, οι κεραίες βρόχου έχουν υιοθετηθεί για ασύρματες επικοινωνίες.

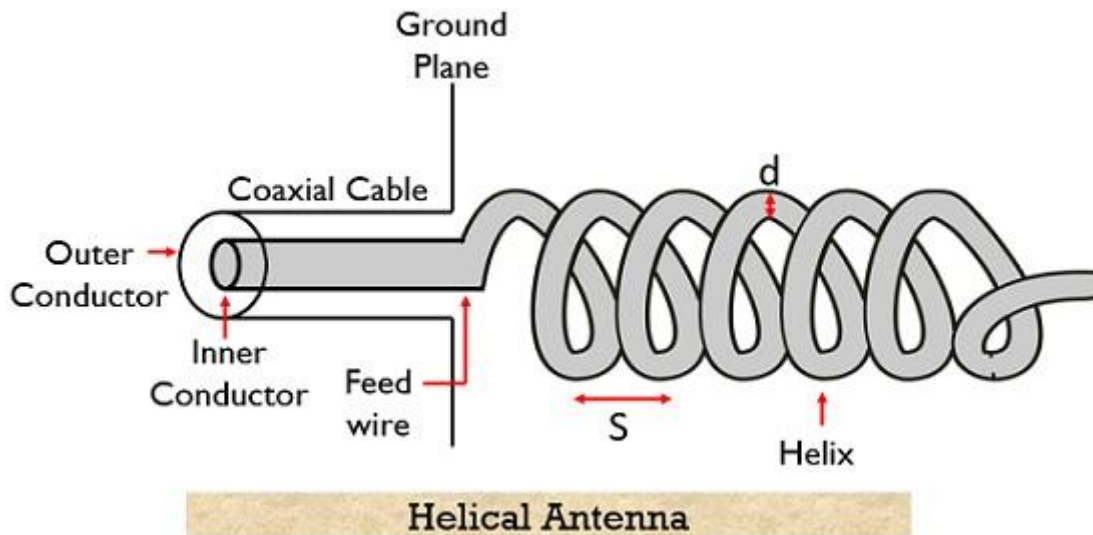
Το κύριο χαρακτηριστικό της κεραίας βρόχου που την κάνει ενδιαφέρουσα ως εμφυτεύσιμη κεραία είναι το γεγονός ότι οι βρόχοι έχουν ένα κυρίως μαγνητικό κοντινό πεδίο και έτσι είναι σημαντική η παράμετρος του περιβάλλοντος χώρου του υλικού. Με αυτόν τον τρόπο θα μπορούσε να μειωθεί το πρόβλημα των βιολογικών ιστών γύρω από την κεραία.



Σχήμα 4.6.4. Κεραία βρόχου

4.6.5. Ελικοειδής κεραίες

Έχει παρατηρηθεί αυξημένο ενδιαφέρον για τη θερμοθεραπεία με χρήση μικροκυμάτων την τελευταία δεκαετία. Ένας μεγάλος αριθμός συσκευών έχει σχεδιαστεί και δοκιμαστεί για την παραγωγή θεραπευτικής θέρμανσης για ιατρικές εφαρμογές και ειδικότερα υπερθέρμιας μικροκυμάτων (για τη θεραπεία όγκων διαφορετικών). Μεταξύ αυτών των συσκευών αυτό που τους ενδιέφερε ήταν η μελέτη των παρενθετικών ομοαξονικών εφαρμογών και πιο συγκεκριμένα των εφαρμογών ενδοκοιλιακής εφαρμογής. Χρησιμοποιούνται γενικά στην ουρολογία για τη θέρμανση των όγκων ή για τη βελτίωση των ιατρικών θεραπειών όπως η ακτινοθεραπεία ή η χημειοθεραπεία. Οι κεραίες ελικοειδούς τύπου έχουν σχεδιαστεί έτσι ώστε να μειώνουν τη ζώνη θέρμανσης κατά μήκος του καλωδίου προκειμένου να αποφευχθεί πιθανή θερμική νέκρωση.



Εικόνα 4.6.5. Ελικοειδής κεραία

4.7. SAR

Ο ρυθμός ειδικής απορρόφησης (*SAR*) είναι ένα μέγεθος που εκφράζει τον ρυθμό απορρόφησης της ακτινοβολίας ραδιοσυχνοτήτων από τους ιστούς του ανθρώπινου σώματος. Ορίζεται ως την ενέργεια που απορροφάται από ορισμένη μάζα ιστού (ειδική απορρόφηση) μέσα σε ορισμένο χρόνο και μετριέται σε W/kg. Το SAR χρησιμοποιείται και στα τηλέφωνα μετρώντας την ακτινοβολία που εκπέμπεται.

Από την Ευρωπαϊκή Ένωση το όριο του SAR για συσκευές που κυκλοφορούν είναι στα 2 W/kg, ενώ στις Ηνωμένες Πολιτείες το όριο του SAR είναι στα 1,6 W/kg. Για τον κόσμο που δεν χρησιμοποιούν κινητά η δεν εργάζεται σε χώρο με ακτινοβολία το όριο είναι στα 0,08 W/kg. Στα 4 W/kg (διπλάσιο ποσοστό από την οδηγία της ΕΕ) εμφανίζεται στον άνθρωπο αύξηση θερμοκρασίας.

Η μέτρηση του ρυθμού ειδικής απορρόφησης γίνεται με εκπομπή ακτινοβολίας σε ανθρώπινα ομοιώματα (phantoms) και μέτρηση της ακτινοβολίας που απορροφάται. Τα ομοιώματα είναι φτιαγμένα έτσι ώστε να μιμούνται τις ιδιότητες του ανθρώπινου ιστού. Οι μετρήσεις λαμβάνονται για τις θέσεις και αποστάσεις του κινητού από το ομοίωμα και τα ποσοστά χρήσης στις αντίστοιχες θέσεις χρησιμοποιούνται ως συντελεστές στάθμισης.

$$SAR = \frac{P}{\rho} = (\sigma |E|)^2 / \rho$$

Όπου το P είναι η δύναμη που απορροφάται στον ιστό [W], |E| είναι το μέγεθος του διανύσματος ισχύος ηλεκτρικού πεδίου [V / m], ρ είναι η πυκνότητα μάζας και σ είναι η ηλεκτρική αγωγιμότητα [S / m].

Ιστός	Πυκνότητα ρ (kg m^{-3})
Δέρμα	1.10×10^3
Κανονικό στήθος	0.92×10^3
Όγκος μαστού	1.04×10^3

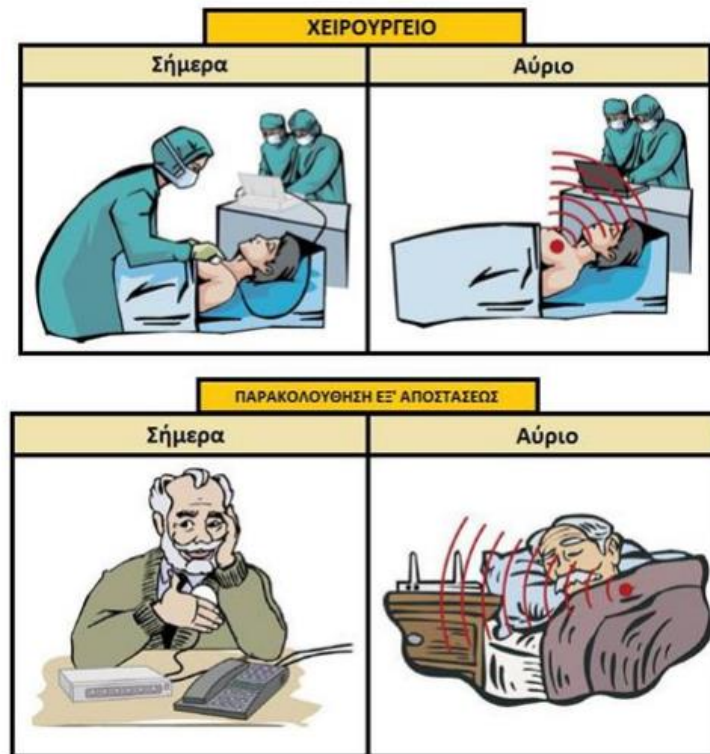
Πίνακας 4.7. Πυκνότητα διαφορετικών ιστών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

Εμφυτεύσιμες Κεραίες για Εφαρμογές Ασύρματης Ιατρικής Τηλεμετρίας

5.1. Εισαγωγή

Ο σχεδιασμός των κεραιών για επικοινωνία με εμφυτεύματα μέσα στο ανθρώπινο σώμα έχει λάβει μεγάλη προσοχή από την ερευνητική κοινότητα. Ο σχεδιασμός αυτών των κεραιών είναι αρκετά προκλητικός, καθώς υπάρχει ένα όριο στην ποσότητα ισχύος που μπορεί να μεταδοθεί και στο μέγεθος αυτών των συσκευών. Ο περιορισμός της ισχύος μετάδοσης οφείλεται στην ποσότητα ισχύος της μπαταρίας που διατίθεται καθώς και σε ανησυχίες σχετικά με την έκθεση του ανθρώπινου σώματος σε ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία. Συνήθως, αυτές οι συσκευές επιτρέπεται να έχουν μέγιστη ισχύ μετάδοσης 25 μW (-16 dBm), η οποία είναι αρκετά ανεπαρκής σε υψηλότερες συχνότητες ειδικά όταν ενσωματώνονται βαθιά στον ιστό. Σήμερα αυτά τα εμφυτεύματα χρησιμοποιούνται για την παρακολούθηση και τη διευκόλυνση όπως λειτουργίας διαφόρων ανθρώπινων οργάνων, για παράδειγμα, ως καρδιακών βηματοδοτών.



Εικόνα 5.1. Ασύρματη τηλεμετρία

5.2. Σχεδίαση και βελτιστοποίηση ευρυζωνικών εμφυτεύσιμων κεραιών

Για την παρακολούθηση ασθενών καθώς και την πρόληψη και θεραπεία ασθενειών χρησιμοποιούνται τόσο εσωτερικές όσο και εξωτερικές εμφυτεύσιμες διατάξεις. Αυτές οι διατάξεις συνδέονται με τις εμφυτεύσιμες κεραιές οι οποίες μπορούν να στέλνουν σημαντικά δεδομένα για την υγεία του ασθενή σε κάποια εξωτερική διάταξη.

5.3. Έρευνα κεραιών για εμφυτεύματα

Εξετάστηκαν διάφορα διαφορετικά σχέδια κεραιών για ιατρικά εμφυτεύματα. Έχουν ληφθεί υπόψη σχέδια σπειροειδούς και κεραιάς και οι ειδικοί έχουν προσομοιώσει την απόδοση αυτών των κεραιών χρησιμοποιώντας ένα μόνο κομμάτι μυών και έναν ρεαλιστικό ανθρώπινο ώμο. Τα αποτελέσματα επαληθεύονται πειραματικά χρησιμοποιώντας ένα υλικό προσομοίωσης ιστών που αποτελείται από TX-151, ζάχαρη, αλάτι και νερό. Μελετάται η επίδραση του σχήματος και του μεγέθους του διηλεκτρικού καθώς και η θέση του σημείου τροφοδοσίας στην απόδοση όπως κεραιάς.

Μια παρόμοια ανάλυση είναι η κεραιά και η επίπεδη κεραιά ανεστραμμένου F (PIFA). Ωστόσο, οι ειδικοί έχουν επικεντρωθεί κυρίως στον ανθρώπινο εγκέφαλο χρησιμοποιώντας ένα μοντέλο έξι στρωμάτων (εγκέφαλος, CSF, Dura, οστά, λίπος και δέρμα). Τα αποτελέσματα επαληθεύονται ξανά χρησιμοποιώντας ένα υγρό προσομοίωσης ανθρώπινου ιστού κατασκευασμένο από απιονισμένο νερό, σάκχαρο, αλάτι και κυτταρίνη.

5.4. Περιορισμοί στη διαδικασία σχεδιασμού

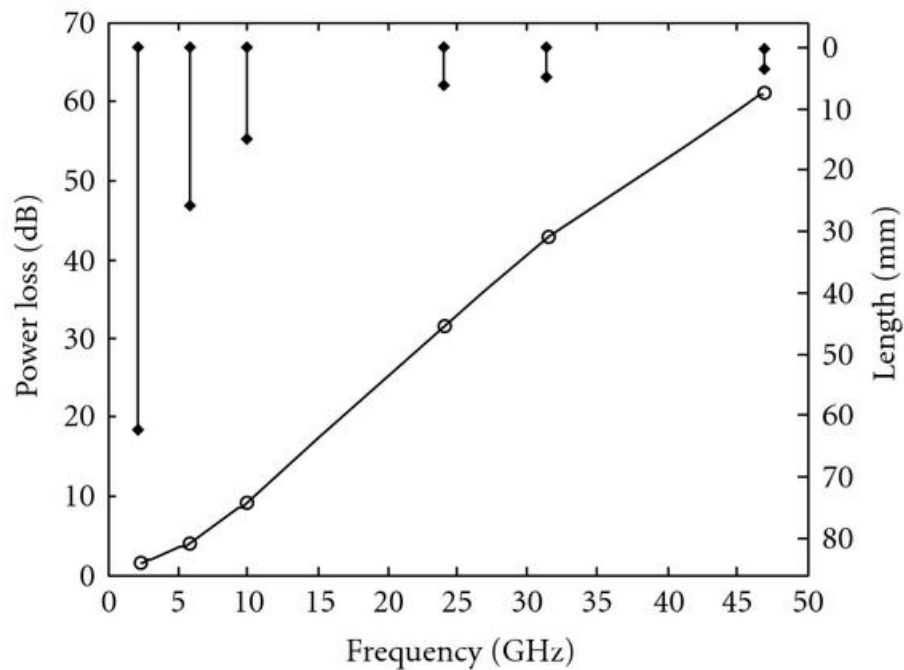
Ο σχεδιασμός της κεραιάς Microstrip είναι ένας αρκετά ώριμος τομέας και πολλά σχέδια έχουν προταθεί όλα αυτά τα χρόνια. Όπως συμβαίνει με οποιονδήποτε άλλο σχεδιασμό κεραιάς, το μέγεθος της μικροστάσεως είναι ανάλογο με το μήκος κύματος στη συχνότητα λειτουργίας. Για συχνότητα 402 MHz, το μήκος κύματος του ηλεκτρομαγνητικού κύματος είναι περίπου 0,75 m. Επομένως είναι προφανές ότι οποιαδήποτε κεραιά με διαστάσεις συγκρίσιμες με αυτό το μήκος κύματος δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για εμφύτευμα. Η τεχνική που χρησιμοποιείται για να αντιμετωπιστεί αυτό το πρόβλημα είναι ο σχεδιασμός μιας αγωγίσιμης επιφάνειας που περιστρέφεται κατά μήκος της επιφάνειας του υποστρώματος. Η συχνότητα συντονισμού της μικροστάσεως στη συνέχεια είναι ανάλογη με το συνολικό μήκος της σπείρας και όχι με το μήκος οποιουδήποτε μεμονωμένου στοιχείου. Αν και αυτό οδηγεί σε μείωση μεγέθους, εξακολουθεί να μην είναι αρκετά κατάλληλο για εμφύτευμα. Έχουμε διερευνήσει την ιδέα της χρήσης μιας ορθογώνιας κεραιάς μπαλώματος που έχει σχεδιαστεί για να λειτουργεί σε συχνότητες των χιλιοστομέτρων. Είναι πολύ γνωστό ότι σε αυτές τις συχνότητες το ηλεκτρομαγνητικό κύμα βιώνει πολύ υψηλή εξασθένηση, ωστόσο, το εμφύτευμα δεν χρειάζεται να τοποθετηθεί βαθιά μέσα στον ιστό και με σωστό συνδυασμό λήψης μετάδοσης γίνεται δυνατή η διατήρηση αξιόπιστης επικοινωνίας.

Το βάθος διείσδυσης όπως μέσου ορίζεται ως

$$\delta=1/\alpha$$

όπου α είναι η σταθερά εξασθένησης.

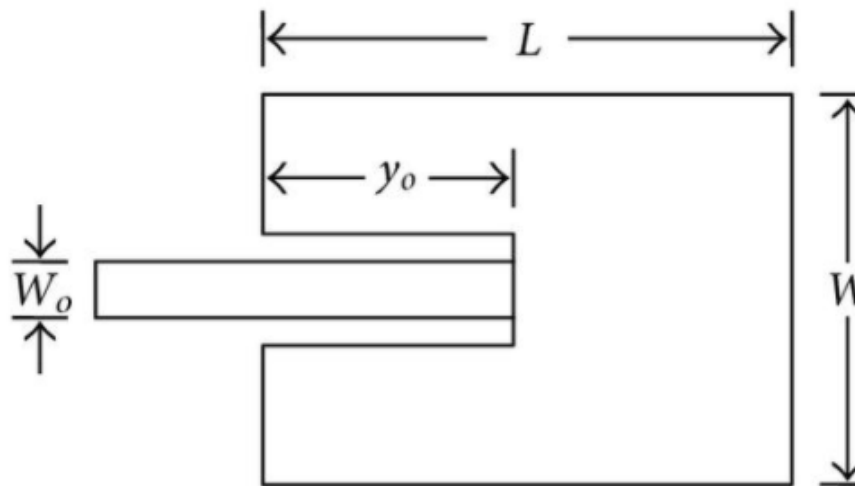
Έχει παρατηρηθεί ότι στο κύμα χιλιοστών το μεγαλύτερο μέρος της απώλειας συμβαίνει εντός του πρώτου στρώματος, δηλαδή του δέρματος. Υπάρχει σχετικά μικρότερη απώλεια στο λίπος και στα διηλεκτρικά όρια. Το σχήμα 1 δείχνει την απώλεια ισχύος εντός του στρώματος του δέρματος ως συνάρτηση της συχνότητας. Όπως εμφανίζονται τα αντίστοιχα μισά μήκη κύματος που πρέπει να χρησιμεύσουν ως κατευθυντήρια γραμμή για το μέγεθος της κεραίας. Το πραγματικό μέγεθος της κεραίας εξαρτάται όπως από το υλικό του υποστρώματος. Ωστόσο, οποιαδήποτε μείωση στο μέγεθος θα ήταν ανάλογη στο εύρος συχνοτήτων.



Εικόνα 5.3.3. Απώλεια ισχύος εντός 4 mm από το δέρμα. Εμφανίζονται όπως τα αντίστοιχα μισά μήκη κύματος.

5.5. Διαδικασία σχεδιασμού

Μια κεραία microstrip μπορεί να σχεδιαστεί με το μοντέλο γραμμής μετάδοσης ή με το μοντέλο κοιλότητας (υπάρχουν πιο περίπλοκα μοντέλα που ταιριάζουν σε ένα συγκεκριμένο σχέδιο). Έχει παρατηρηθεί ότι το μοντέλο γραμμής μετάδοσης δεδομένου είναι αρκετά απλό στην εφαρμογή και οδηγεί σε σχέδια κεραιών με αρκετά καλή απόδοση όσον αφορά την απώλεια επιστροφής και την απόδοση. Είναι αρκετά κατάλληλο για τα ορθογώνια σχέδια (άλλα δημοφιλή σχέδια περιλαμβάνουν κυκλικά, ελλειπτικά και παρόμοια με δίσκους). Ο σχεδιασμός ξεκινά με την επιλογή της συχνότητας λειτουργίας f , την επιλογή του υποστρώματος ϵ_r με την απαιτούμενη διαπερατότητα h και τον καθορισμό του πλάτους του υποστρώματος. Παχιά υποστρώματα με χαμηλή διαπερατότητα, προκύπτει σε σχέδια κεραιών με υψηλή απόδοση και μεγάλα εύρη ζώνης. Λεπτά υποστρώματα με υψηλή διαπερατότητα οδηγούν σε μικρότερο μέγεθος κεραίας αλλά με χαμηλότερο εύρος ζώνης και απώλεια υψηλής ακτινοβολίας.



Εικόνα 5.3.4. Patch κεραία με τροφοδοσία γραμμής.

Σύμφωνα με το μοντέλο γραμμής μετάδοσης, το μήκος και το πλάτος του επιθέματος υπολογίζονται ως:

$$W = \frac{v_o}{2f_r} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}},$$
$$L = \frac{v_o}{2f_r \sqrt{\epsilon_{\text{reff}}}} - 2\Delta L,$$

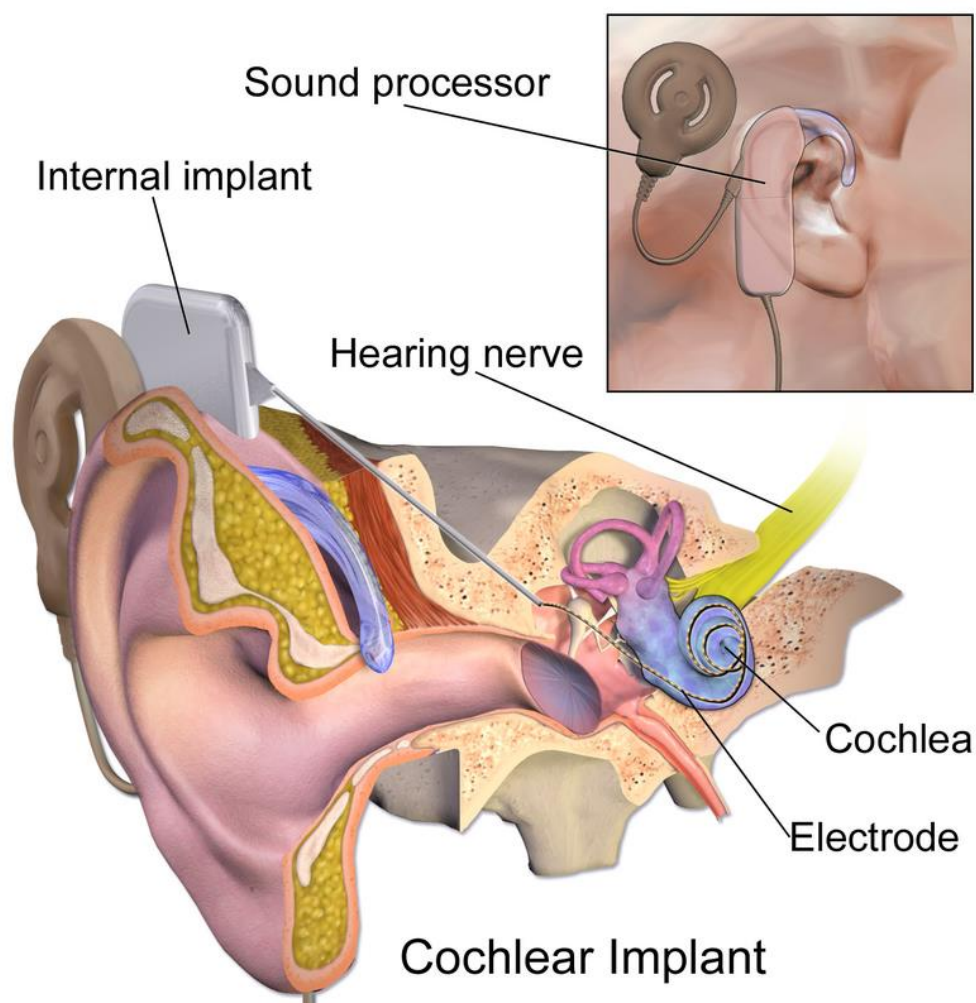
Όπου v είναι σταθερά (ταχύτητα του φωτός), ϵ_{reff} είναι η πραγματική διαπερατότητα και $2\Delta L$ είναι η επέκταση σε μήκος λόγω εφέ περιθωρίου.

5.6. Κοχλιακό εμφύτευμα

Χαρακτηρίζεται ως κοχλιακό εμφύτευμα (CI) μια χειρουργικά εμφυτευμένη νευροπροθετική συσκευή ώστε να παρέχει σε ένα άτομο με μέτρια έως βαθιά αισθητηριακή νευρική απώλεια ακοής μια τροποποιημένη αίσθηση του ήχου. Το CI παρακάμπτει την κανονική ακουστική διαδικασία ακοής για να την αντικαταστήσει με ηλεκτρικά σήματα που διεγείρουν άμεσα το ακουστικό νεύρο. Ένα άτομο με κοχλιακό εμφύτευμα που λαμβάνει εντατική ακουστική εκπαίδευση μπορεί να μάθει να ερμηνεύει αυτά τα σήματα ως ήχο και ομιλία. Ωστόσο, το ένα τρίτο των κωφών παιδιών δεν αναπτύσσουν γλώσσα εάν συμμετέχουν μόνο σε πρόγραμμα CI και δεν κάνουν νοηματική γλώσσας.

Το εμφύτευμα έχει δύο κύρια συστατικά. Το εξωτερικό αξεσουάρ μπορεί να φορεθεί πίσω από το αυτί, αλλά μπορεί να συνδεθεί με ρούχα, για παράδειγμα, σε μικρά παιδιά.

Ο επεξεργαστής ήχου, περιέχει μικρόφωνα, ηλεκτρονικά που περιλαμβάνουν μάρκες επεξεργασίας ψηφιακού σήματος, μια μπαταρία και ένα πηνίο που στέλνει ένα σήμα στο εμφύτευμα και εν συνεχεία σε όλο το δέρμα. Το εσωτερικό συστατικό, το πραγματικό εμφύτευμα δηλαδή, αποτελείται από ένα πηνίο για τη λήψη σημάτων, ηλεκτρονικών και μια σειρά ηλεκτροδίων τοποθετημένων στον κοχλία, τα οποία διεγείρουν το κοχλιακό νεύρο.



Εικόνα 5.6. Κοχλιακό εμφύτευμα

Από την εμφάνιση των πρώτων εμφυτευμάτων μέχρι και σήμερα η αντίληψη του λόγου μέσω του εμφυτεύματος έχει αυξηθεί σταθερά. Πολλοί άνθρωποι που χρησιμοποιούν σύγχρονα εμφυτεύματα κερδίζουν εύλογες έως καλές δεξιότητες ακοής και ομιλίας μετά την εμφύτευση.

Ωστόσο, για τα προ-γλωσσικά παιδιά, ο κίνδυνος να μην αποκτήσουν ομιλούμενη γλώσσα ακόμη και με εμφύτευμα μπορεί να είναι τόσο υψηλός όσο το 30%. Μία από τις προκλήσεις που πρέπει να αντιμετωπιστούν είναι ότι οι δεξιότητες κατανόησης της ακοής και της ομιλίας μετά την εμφύτευση διαφέρουν ανάλογα των ασθενή και το πρόβλημα. Διάφοροι παράγοντες όπως η διάρκεια και η αιτία απώλειας ακοής, ο τρόπος με τον οποίο βρίσκεται το εμφύτευμα στον κοχλία, η συνολική υγεία του κοχλιακού νεύρου, αλλά και οι ατομικές δυνατότητες εκμάθησης θεωρείται ότι συμβάλλουν σε αυτήν την παραλλαγή.

5.7. Κατηγοριοποίηση των εμφυτευμάτων

Τα εμφυτεύματα μπορούν να κατηγοριοποιηθούν κατά προσέγγιση σε ομάδες με εφαρμογή:

- **Αισθητήρια και νευρολογικά:** Τα αισθητήρια και νευρολογικά εμφυτεύματα χρησιμοποιούνται για διαταραχές που επηρεάζουν κύριες αισθήσεις και τον εγκέφαλο, καθώς και νευρολογικές διαταραχές. Χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο στη θεραπεία καταστάσεων όπως καταρράκτης, γλαύκωμα, κερατόκωνος και διαταραχές της όρασης. Επίσης χρησιμοποιούνται σε προβλήματα απώλειας ακοής, καθώς και ασθένειες του μέσου ωτός όπως η ωτίτιδα. Τέλος χρησιμοποιείται σε νευρολογικές παθήσεις όπως η επιληψία, το Πάρκινσον και η κατάθλιψη. Στα παραδείγματα περιλαμβάνεται και το κοχλιακό εμφύτευμα που αναφέραμε παραπάνω.
- **Καρδιαγγειακά:** Τα καρδιαγγειακά ιατρικά βοηθήματα εμφυτεύονται σε περιπτώσεις όπου η καρδιά, οι βαλβίδες και το υπόλοιπο του κυκλοφορικού συστήματος βρίσκονται σε διαταραχή. Χρησιμοποιούνται για τη θεραπεία καταστάσεων όπως καρδιακή ανεπάρκεια, καρδιακή αρρυθμία, κοιλιακή ταχυκαρδία, βαλβιδική καρδιακή νόσο, στηθάγχη και αθηροσκλήρωση. Στα παραδείγματα περιλαμβάνονται η τεχνητή καρδιά, η τεχνητή καρδιακή βαλβίδα, ο εμφυτεύσιμος καρδιο-απινιδωτής, ο καρδιακός βηματοδότης.
- **Ορθοπεδικά:** Τα ορθοπεδικά εμφυτεύματα βοηθούν στην ανακούφιση των προβλημάτων με τα οστά και τις αρθρώσεις του σώματος. Χρησιμοποιούνται για τη θεραπεία καταγμάτων οστών, οστεοαρθρίτιδας, σκολίωσης, στένωσης της σπονδυλικής στήλης και χρόνιου πόνου. Τα παραδείγματα περιλαμβάνουν μια μεγάλη ποικιλία από καρφίτσες, ράβδους, βίδες και πλάκες που χρησιμοποιούνται για την αγκύρωση των σπασμένων οστών ενώ θεραπεύονται. Μεγάλο ενδιαφέρον παρουσιάζει η δοκιμασία των μεταλλικών ποτηριών με βάση το μαγνήσιο με προσθήκη ψευδαργύρου και ασβεστίου για βιοαποικοδομήσιμα ιατρικά εμφυτεύματα.
- **Ηλεκτρικά:** Τα ηλεκτρικά εμφυτεύματα χρησιμοποιούνται για την ανακούφιση του πόνου σε παθήσεις όπως είναι η ρευματοειδή αρθρίτιδα. Το ηλεκτρικό εμφύτευμα είναι ενσωματωμένο στο λαιμό ασθενών, το εμφύτευμα στέλνει ηλεκτρικά σήματα σε ηλεκτρόδια. Η εφαρμογή της συσκευής δοκιμάζεται ως εναλλακτική λύση για τη θεραπεία ασθενών με ρευματοειδή αρθρίτιδα για τη διάρκεια ζωής όπως.

- **Αντισύλληψη:** Τα αντισυλληπτικά εμφυτεύματα χρησιμοποιούνται κυρίως για την πρόληψη μίας ανεπιθύμητης εγκυμοσύνης και τη θεραπεία καταστάσεων όπως μη παθολογικών μορφών μηνορραγίας. Παραδείγματα περιλαμβάνουν ενδομήτριες συσκευές με βάση χαλκό και ορμόνες.
- **Αισθητικά:** Καλλυντικά εμφυτεύματα – συχνά προσθετικά – προσπαθούν να επαναφέρουν ένα μέρος του σώματος σε ένα αποδεκτό αισθητικό πρότυπο. Χρησιμοποιούνται ως συνέχεια της μαστεκτομής λόγω καρκίνου του μαστού, για τη διόρθωση ορισμένων μορφών παραμόρφωσης και για την τροποποίηση των πτυχών του σώματος (όπως στην αύξηση των γλουτών και στην αύξηση του πηγουνιού). Στα παραδείγματα περιλαμβάνονται το εμφύτευμα μαστού, η προσθετική μύτη, η οφθαλμική πρόσθεση και το ενέσιμο πληρωτικό.

5.8. Έρευνα κεραιών διπλής ζώνης

Σε αυτό το κεφάλαιο θα παρουσιάσουμε μερικές από τις κεραιές διπλής ζώνης που έχουν προταθεί από ερευνητές για βιοϊατρικές εφαρμογές. Η έρευνα για την εμφυτεύσιμη κεραία για ιατρική εφαρμογή είναι στο MICS, υπηρεσίες ραδιοεπικοινωνιών ιατρικών συσκευών (MedRadio) και ζώνες λειτουργίας ISM.

Οι υποδερμικοί βιοαισθητήρες συνδέονται με RF πομπό έξω από το ανθρώπινο σώμα για την παρακολούθηση της γλυκόζης σε έναν ασθενή. Ένα μειονέκτημα αυτού του συστήματος είναι η αντικατάσταση του αισθητήρα γλυκόζης μετά από κάθε δύο-τρία ημέρες καθώς και ότι απαιτείται μεγάλος χρόνος απόκρισης για τον αισθητήρα. Το 2008 αναπτύχθηκε ένα σύστημα που παρακολουθεί τα επίπεδα γλυκόζης στο ανθρώπινο σώμα συνεχώς (Karacolak et al).

Στον πίνακα που ακολουθεί περιγράφεται ο τύπος κεραίας, παράμετροι κεραίας και ποσοστό εύρους ζώνης. Το e_r δείχνει την διηλεκτρική σταθερά, το $\tan\delta$ είναι η εφαπτομένη απώλειας και το h είναι το πάχος του αντίστοιχου υποστρώματος. Ο Πίνακας 5.8. παρέχει πληροφορίες σχετικά με κεραιές διπλής ζώνης. Ως εκ τούτου, βελτίωσε την ποιότητα του ζωές ασθενών που πάσχουν από διαβήτη.

(Sánchez-Fernández et al., 2010) σχεδίασε κεραία, η οποία αποτελείται από διαμόρφωση πολλών στρωμάτων και το ακτινοβολούμενο στοιχείο και το feedline, βρισκόταν σε διαφορετικό επίπεδο. Ο Duan et al. το (2012) πρότεινε μία κεραία διπλής ζώνης διαφορετικής τροφοδοσίας που είναι εύκολα συνδέεται με διαφορεικά κυκλώματα και εξαλείφει την απώλεια.

Liu et al. (2012) υιοθέτησε μια μικρή εμφυτεύσιμη κεραία διπλής ζώνης για βιοϊατρική εφαρμογή. Ο Xu et al. (2012) σχεδίασε μια διπλή επίπεδη κεραία ανεστραμμένου F (PIFA) προσθέτοντας ένα ανοιχτό άκρο υποδοχή σε επίπεδο γείωσης που είναι χρήσιμο για την ενίσχυση του BW για επικοινωνία τηλεμετρίας.

Kiourti et al. (2014) πρότεινε ένα on body επαναληπτή στο σώμα. Λαμβάνει σήματα από το IMD και το αναμεταδίδει στη συσκευή ελέγχου. Ο στόχος ενός επαναλήπτη είναι να επεκτείνει το εύρος τηλεμετρίας του IMD λαμβάνοντας αδύναμα σήματα από το IMD και την αναμετάδοση σε εξωτερική συσκευή. Σε περίπτωση υψηλής συχνότητας, οι ζώνες ISM επιτρέπουν μικρές, σχεδιασμένες και αποτελεσματικές κεραίες, οι οποίες είναι κατάλληλες για χρήση στο σώμα. Το πλεονέκτημα αυτής της διαμόρφωσης είναι ότι παρέχει τον ασθενή ασφάλεια έναντι ηλεκτρομαγνητικού πεδίου (EM), εξαλείφει το EM παρεμβολές και βοηθά στην αύξηση της διάρκειας ζωής του IMD.

Οι Xu και Guo (2014) ανέπτυξε μικροσκοπική κεραία διπλής ζώνης για εμφυτεύσιμη ασύρματη επικοινωνία.

Ο Duan et al. (2014) παρουσίασε μια κεραία με χωρητικότητα διπλής ζώνης στις ζώνες MICS και ISM. Το προτεινόμενο σύστημα αποτελείται από δύο επιλογές, τον ύπνο και τρόπους αφύπνισης.

Ο Liu et al. (2016) ανέπτυξε διαφορετική ροή κεραίας διπλής ζώνης και χρησιμοποιείται για βιομετρία κοντά στο πεδίο εφαρμογής.

Οι Lei και Guo (2014) σχεδίασαν διαφορετική τροφοδοσία διπλής ζώνης εμφυτεύσιμη κεραία. Για να επιτύχετε μείωση μεγέθους αυτής της κεραίας, υλοποιείται βραχυκύκλωμα.

Cho πέτυχε μείωση μεγάλου μεγέθους της εμφυτεύσιμης κεραίας κατά βραχυκύκλωμα και ανοικτή υποδοχή σε επίπεδο γείωσης, και χρησιμοποιείται για ασύρματη βιοτεμετρία (Cho and Yoo, 2016).

Αναφορές	Τύπος κεραίας	Παράμετροι κεραίας	(%) Εύρος ζώνης
Karacolak et al., 2008	Κεραία patch μαιάνδρου /	Size=1265.6 mm ³ $e_r = 10,2$, $\tan\delta = 0,003$, $h = 0,635$ mm	35,3% στο συγκρότημα MICS 7,1% στο συγκρότημα ISM
(Sánchez-Fernández et al., 2010	Κεραία patch λωρίδας	Size=1375,4 mm ³ $e_r = 10,2$, $\tan\delta =$ δεν προσδιορίζεται, $h = 1,27$ mm	Πολύ στενό εύρος ζώνης
(Duan et al., 2012	Σπειροειδής κεραία με διαφορετική τροφοδοσία	Size=480,6mm ³ $e_r = 10,2$, $\tan\delta = 0,0023$, $h = 0,635$	7,3% στα 433,9 MHz 5,4% στα 542,4 MHz

		mm	
(Liu et al., 2012)	Σπειροειδής κεραία patch και επίπεδη ανεστραμμένη κεραία	Size=691.5mm ³ =e _r 10.2, tanδ = 0.0023, h = 1.37 mm	13% στο συγκρότημα MICS 4.4% στο συγκρότημα ISM
(Xu et al., 2012)	Κεραία σχήματος P με λωρίδα μαιάνδρου	Size= 468.1mm ³ e _r = 10.2, tanδ = 0.0035, h = 0.635 mm	52,6% στα 356 MHz έως 610 MHz 4,4% στα 2,42 έως 2,53 GHz
(Kiourti et al., 2014)	Τριγωνικές κεραίες patch	Κεραία 1. Size=399mm ³ e _r =10.2, tanδ = 0.003, h = 0.635 mm Κεραία 2. Size=6720mm ³ e _r =4.4, tanδ = 0.02, h = 1.6mm	20,2% MedRadio ζώνη 20,1% στο συγκρότημα ISM
(Xu and Guo, 2014)	Σπειροειδής διπολική κεραία	Size= 67.8mm ³ e _r =10.2, tanδ = 0.035, h = 0.635 mm	47,5% στο συγκρότημα MICS 31,6% στο συγκρότημα ISM
(Duan et al., 2014)	Κεραία PIFA	Size=179.0mm ³ e _r =10.2, tanδ = 0.0035, h = 10.2 mm	49,5% στα 321 MHz έως 532 MHz 24,1% στα 2,15 GHz έως 2,74GHz
(Liu et al., 2016)	Συμμετρική κεραία με μαιάνδρους	Size=642.6mm ³ e _r =10.2, tanδ = 0.0023, h = 0.635 mm	7,4% στα 389 MHz έως 419 MHz 6,6% στα 2395 MHz έως 2563 MHz
(Lei and Guo, 2014)	Διαφορετικά τροφοδοτημένη με μαιάνδρους και κεραία σε σχήμα L	Size=308.6mm ³ e _r =10.2, tanδ = 0.0035, h = 0.635 mm	7,9% στα 403,5 MHz 6,1% στα 2,44 GHz
(Cho and Yoo, 2016)	Συμμετρική κεραία PIFA	Size=31.5mm ³ e _r =10.2, tanδ = 0.0035, h = 0.25 mm	21,8% στο MICS συγκρότημα 8,6% στο συγκρότημα ISM

(Liu et al., 2014)	Συμμετρική κεραία σχήματος P που τροφοδοτείται με διαφορετικό τρόπο	Size=642.62mm ³ $e_r=10.2$, $\tan\delta = 0.0023$, $h = 0.635$ mm	7,4% στα 389 έως 419 MHz 6,6% στις 2395 έως 2363 MHz
(dhun and Xu, 2017)	Συμβατή κεραία L-ριγέ	Size=76.2mm ³ $e_r=10.2$, $\tan\delta = 0.0035$, $h = 0.635$ mm	16,2% στα 1,4 GHz 34,8% στα 2,45 GHz
(Akbarpour1 and Chamaani1, 2017)	PIFA κεραία	Size=2788.5mm ³ $e_r=4$ και 3,37 $h = 1,6$ mm και 0,5 mm	5,9% στο συγκρότημα MICS 1,2% στο συγκρότημα ISM
(Blauert and Kiourti, 2018)	Κεραία patch σε σχήμα E	Size=91.44mm ³ $e_r=10.2$, $\tan\delta = 0.0035$, $h = 0.635$ mm	Δεν διευκρινίζεται

5.9. Έρευνα κυκλικών πολωμένων κεραιών

Για ασύρματες εφαρμογές, η μείωση της ταχύτητας πολλαπλών διαδρομών και των χαμηλών bit error έχει σχεδιαστεί και μπορεί να επιτευχθεί με κυκλική πόλωση. Επίσης, η εμφυτευσιμη κεραία πρέπει να διατηρεί σταθερό προσανατολισμό προς τον δέκτη. Αλλά λόγω της στάσης του σώματος και της κίνησης του ανθρώπινου ιστού, είναι δύσκολο. Προς την εξάλειψη αυτών των ζητημάτων, οι κυκλικές πολικές (CP) κεραιές θα να είναι η καλύτερη λύση. Αυτές οι κεραιές έχουν μια ασυλία στον μεταβαλλόμενο προσανατολισμό του πομπού και του δέκτη. Έτσι, αυτό προσφέρει καλύτερη κινητικότητα, μείωση πολλαπλών διαδρομών, βελτίωση στα χαμηλότερα ποσοστά σφάλματος bit και σταθερότητα συνδέσμου.

Αναφορές	Τύπος κεραίας	Παράμετροι κεραίας	(%) Εύρος ζώνης
(Liu et al., 2014)	Κεραία patch μονής τροφοδοσίας	Size=127 mm ³ $e_r=10.2$, $\tan\delta = 0.003$, $h = 0.635$ mm	7,74% στα 2,36 GHz έως 2,55 GHz
(Liu et al., 2014)	Κυκλική κεραία patch	Size=361.89mm ³ $e_r=10.2$, $\tan\delta =$	26% στα 2,4 GHz έως 2,48 GHz

		0.0022, h = 0.635 mm	
(Xu et al., 2015)	Τετραγωνικός βρόχος	Size= 214.6mm ³ e _r =10.2, tanδ = 0.0035, h = 0.635 mm	29,4% στα 709 MHz έως 954 MHz 27,8% στα 737 MHz έως 975 MHz
(Li et al., 2016)	Κεραία patch μόνης τροφοδοσίας	Size=127mm ³ e _r =10.2, tanδ = 0.003, h = δεν διευκρινίζεται	14,03% στα 2,32 GHz έως 2,67 GHz
(Liu et al., 2017)	Συμβατικό τετράγωνο patch και patch σχήματος C κεραίας	Size=91.75mm ³ e _r =10.2, tanδ = 0.003, h = 0.635 mm	13% στα 2,31 GHz έως 2,63 GHz
(Zhang et al., 2017)	Κεραία τετράγωνου patch	Size=285.75mm ³ e _r =10.2, tanδ = 0.0035, h = 0.635 mm	10,6% στα 865 MHz έως 962 MHz
(Liu et al., 2018)	Κεραία τετραγώνου με μαιάνδρους	Size= 153.67mm ³ e _r =10.2, tanδ = Not specified, h = 0.635 mm	17% στα 828 MHz έως 982 MHz

5.10. Έρευνα κεραιών κάψουλας

Στην τελευταία κατηγορία έχουμε παραθέσει μερικούς από τους τύπους κεραιών, τη λειτουργία τους την συχνότητα και την κεραία της κάψουλας. Το κίνητρο πίσω από τον σχεδιασμό μιας τέτοιας κεραίας είναι ότι βελτιώνει το εύρος μετάδοσης μέσα σε ένα ανθρώπινο σώμα. Όμως, υπάρχουν δυσκολίες όπως χαμηλή απόδοση ακτινοβολίας, ισχυρή σύνδεση με απώλεια κ.α.

Ref. No.	Antenna type	Frequency of operation	Antenna parameters	Gain
(Izdebski <i>et al.</i> , 2009)	Multilayer spiral meandered dipole antenna	1.4 GHz	Size = 286 mm ² Substrate-Polyethylene $\epsilon_r = 2.2$, $\tan\delta =$ Not specified, $h = 0.127$ mm	-26dB
(Merli <i>et al.</i> , 2011)	Multilayer helical antenna	401-406 MHz 2.4-2.5 GHz	Size-321 mm ² Substrate – Roger TMM10 (alumina), copper metallization, PEEK (Polyetheretherketones) ϵ_r of copper = 9.2, $\tan\delta = 0.0022$, $h = 35$ μ m ϵ_r of PEEK = 3.2, $\tan\delta = 0.01$	-28.8 dB -18.5 dB
(Mahe <i>et al.</i> , 2012)	Microstrip and meandered antenna	434 MHz	Size = 119 mm ² Substrate FR4 $\epsilon_r = 4.4$, $\tan\delta = 0.0035$, $h = 1.58$ mm	-33dB
(Psathas <i>et al.</i> , 2013)	Microstrip antenna	402 MHz	Size = 240 mm ² Substrate-Rogers RT/Duroid 5880, $\epsilon_r = 2.2$, $\tan\delta =$ Not specified, $h = 0.127$ mm	-29.64 dB
(Liu <i>et al.</i> , 2014)	CSRRantenna	2.45 GHz	Size = 286 mm ² Substrate-Rogers 3010 $\epsilon_r = 10.2$, $\tan\delta = 0.0022$, $h = 0.635$ mm	-32dB
(Alrawashdeh <i>et al.</i> , 2015)	Asymmetric dipole antenna	401-406 MHz, 433.1-434.8 MHz, 868-868.5 MHz, 902.8-928 MHz and 2.45 GHz	Size = 75 mm ² Substrate-Polyimide $\epsilon_r =$ Not specified, $\tan\delta =$ Not specified $h = 0.0254$ mm	-25dB
(Xu <i>et al.</i> , 2015)	Asymmetric dipole fed	402 MHz	Size = 264 mm ² Substrate-Rogers 3010 $\epsilon_r = 10.2$, $\tan\delta = 0.0035$, $h = 0.635$ mm	-37dB
(Nikolayev <i>et al.</i> , 2017)	Microstrip antenna	434 MHz	Size = 119 mm ² It consists three substrates 1. Rogers ULTRALAM 3850 HT, $\epsilon_r = 2.9$, $\tan\delta = 0.002$, $h = 9$ μ m 2. Rogers XT/Duroid $\epsilon_r = 3.23$ $\tan\delta = 0.0035$, $h =$ Not specified 3. DuPont Pyralux AP (polyimide) $\epsilon_r = 3.4$, $\tan\delta = 0.002$, $h =$ Not specified	-33.4dB
(Faerber <i>et al.</i> , 2018)	Multilayer helical with meandered shape antenna	433 MHz	Size = 300 mm ² Substrate-Not specified $\epsilon_r =$ Not specified, $\tan\delta =$ Not specified Thickness of substrate = Not specified	-23dB

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

[1] <http://www.apel.ee.upatras.gr/pk/dipl/AndreouCh/2011-Andreou-PPT.pdf>

[2]

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

[3]

<https://eclass.uop.gr/modules/document/file.php/DIT146/%CE%91%CF%83%CF%8D%CF%81%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B1%20%CE%94%CE%AF%CE%BA%CF%84%CF%85%CE%B1%20%CE%91%CE%B9%CF%83%CE%B8%CE%B7%CF%84%CE%AE%CF%81%CF%89%CE%BD%201.pdf>

[4] <https://www.ceid.upatras.gr/webpages/faculty/papaioan/dchmnt/2018-19/wn-lectures/data-aggregation-wsn.pdf>

[5] <https://www.quora.com/What-are-the-medical-applications-of-wireless-sensor-network-WSN>

[6] <https://www.hindawi.com/journals/js/2012/156329/>

[7]

https://www.researchgate.net/publication/316985507_Robotic_Wireless_Sensor_Networks

[8] <https://www.euroclinic.gr/article/susthma-xeirourgikis-da-vinci/>

[9] <http://cardiacmonitoring.com/mobile-cardiac-telemetry/companies/cardionet/>

[10]

https://www.researchgate.net/publication/267736684_An_Overview_of_the_Impact_of_Wireless_Sensor_Networks_in_Medical_Health_Care

[11] <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1705/1705.06021.pdf>

[12] <https://www.addiction-ssa.org/knowledge-hub/what-is-mobile-health/>

[13] <https://en.wikipedia.org/wiki/MHealth>

[14]

https://www.researchgate.net/publication/327139922_Wireless_Sensor_Networks_for_Health_care

[15] <https://www.hindawi.com/journals/ijap/2008/167980/>

[16]

https://www.researchgate.net/publication/328477370_Antennas_for_Wireless_Medical_Devices

[17] <https://www.google.com/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Fwww.elprocus.com%2Fwp-content%2Fuploads%2F2015%2F12%2FBAN.jpg&imgrefurl=https%3A%2F%2Fwww.elprocus.com%2Fban-body-area-network%2F&tbnid=EZ6RQBSyyy9eQM&vet=10CBcQxiAoB2oXChMIoKvwx9WL7AIVA AAAAB0AAAAAEAw..i&docid=ao7J-7lcsceq7M&w=480&h=300&itg=1&q=antennas%20in%20medicine%20on%20body&ved=0CBcQxiAoB2oXChMIoKvwx9WL7AIVA AAAAB0AAAAAEAw#imgsrc=EZ6RQBSyyy9eQM&imgdii=BRWFJdEEwI-QuM>

[18] <https://portal.research.lu.se/portal/files/4668475/1672041.pdf>

[19] <https://www.hindawi.com/journals/ijap/2012/745426/>

- [20] https://en.wikipedia.org/wiki/Random_wire_antenna
- [21] <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2314717216300940>
- [22] https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%95%CE%B9%CE%B4%CE%B9%CE%BA%CF%8C%CF%82_%CF%81%CF%85%CE%B8%CE%BC%CF%8C%CF%82_%CE%B1%CF%80%CE%BF%CF%81%CF%81%CF%8C%CF%86%CE%B7%CF%83%CE%B7%CF%82
- [23] <http://www.diva-portal.se/smash/get/diva2:1113435/FULLTEXT01.pdf>
- [24] https://www.researchgate.net/publication/267953248_Helical_antenna_for_medical_application#fullTextFileContent
- [25] https://repository.kallipos.gr/bitstream/11419/2716/4/02_chapter_06.pdf
- [26] https://en.wikipedia.org/wiki/Antenna_measurement
- [27] https://www.researchgate.net/publication/283981688_Blind_Guide_An_Ultrasound_Sensor-based_Body_Area_Network_for_Guiding_Blind_People
- [28] https://en.wikipedia.org/wiki/Cochlear_implant
- [29] [https://en.wikipedia.org/wiki/Implant_\(medicine\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Implant_(medicine))
- [30] <http://www.cslab.ece.ntua.gr/moodle/OSlab/linux-TNG-WSN.pdf>

[31]

<https://www.researchgate.net/publication/335343953> A review on antennas for biomedical implants used for IoT based health care