

**Πανεπιστήμιο Μακεδονίας**

**University of Macedonia**

**ΔΠΜΣ Πληροφοριακά Συστήματα**

**Master in Information Systems**

**Μάθημα: Δίκτυα Υπολογιστών**

**Course: Computer Networks**

**Καθηγητής Α. Α. Οικονομίδης**

**Professor A. A. Economides**

## *A systematic review for the use of Wireless Body Area Networks*

### *Μία συστηματική αναθεώρηση για την χρήση των Ασύρματων Σωματικών Δικτύων*

Φοιτήτρια: Χατζημιχάλη Ισμήνη

A.M.: mis16041

Θεσσαλονίκη Μάιος 2016

## Περίληψη

Ο όρος Internet of Things (IoT) αναφέρεται σε ένα δίκτυο από αντικείμενα και συσκευές τα οποία σε συνδυασμό με ηλεκτρονικά συστήματα, λογισμικά, αισθητήρες και την διασύνδεση του διαδικτύου είναι ικανά να συλλέγουν και να ανταλλάσσουν δεδομένα για διάφορους χώρους όπως είναι και ο χώρος της υγείας . Τα IoT ελέγχουν από απόσταση, ενώνοντας τον πραγματικό κόσμο με τον διαδικτυακό έχοντας οικονομικά και αποδοτικά οφέλη. Κύριο αντικείμενο της εργασίας αυτής αποτελεί η παρουσίαση, η μελέτη και η κατανόηση των πιο σημαντικών αισθητήρων (sensors) οι οποίοι χρησιμοποιούνται στον τομέα της υγείας. Συγκεκριμένα, θα δοθεί ο ορισμός του τι είναι τα Ασύρματα Σωματικά Δίκτυα (Wireless Body Area Networks - WBAN) και θα συνεχίσουμε μελετώντας και παρουσιάζοντας συγκεκριμένους αισθητήρες (sensors) που χάριν αυτών έχει επιτευχθεί όχι μόνο η πρόληψη από ασθένειες αλλά κι η διευκόλυνση της ζωής πολλών ανθρώπων .

### Abstract

The Internet of Things (IoT) is the network of objects and other devices or items which embedded with software, sensors, hardware and network connectivity are able to collect and send data to various public sections such as in modern medicine. The IoT inspect from a distance, connecting the world with the network and as a consequence we gain economics and effectively results. The main reason of this tutorial is the presentation, the consideration and the apprehension of the most important sensors which are useful to the medicine. Specifically, we will definite what is the Wireless Body Area Network WBAN and we will continue studying and introducing a number of sensors ,because of these we achieve not only the disease prevention but a better daily life for people, as well.

## Παρουσίαση Θέματος

### Ασύρματα Σωματικά Δίκτυα

Η πρόοδος της τεχνολογίας τον 21<sup>ο</sup> αιώνα δε θα μπορούσε να μην επηρεάσει και τον τομέα της υγείας. Ο κλάδος των σωματικών δικτύων , Body Area Network ( BAN ) , ή όπως είναι ευρέως γνωστά με την ονομασία ασύρματα σωματικά δίκτυα , Wireless Body Area Network (WBAN) (Jovanov, Milenkovic, Otto & Groen, 2005) αποτελείται από ένα σύνολο ασύρματων υπολογιστικών συσκευών. Η ανάπτυξη των ασύρματων αυτών δικτύων ξεκίνησε το 1995. Αρχικά χρησιμοποιήθηκαν στα Wireless Personal Area Networks. Έξι χρόνια αργότερα, ο όρος αυτός καθιερώθηκε και ξεκίνησε η περαιτέρω μελέτη.

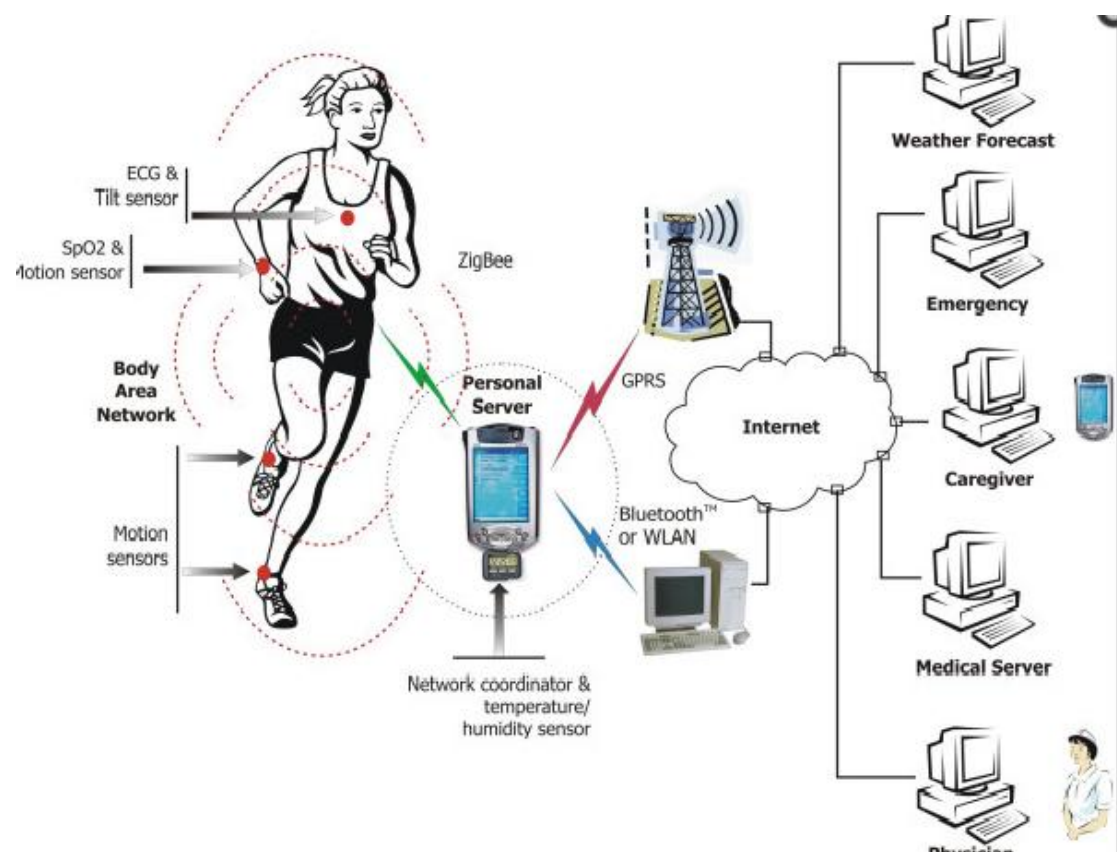
Τμήματα των συσκευών αυτών τοποθετούνται είτε μέσα στο σώμα ,ως εμφυτεύματα, είτε σε συγκεκριμένα σημεία πάνω στο σώμα, τα οποία, ύστερα από έρευνες, θεωρούνται τα πιο κατάλληλα για να μας δώσουν ακριβή και αξιόπιστα αποτελέσματα. Η σύνδεση των συσκευών αυτών με το Internet και η γρήγορη ανάλυση των αποτελεσμάτων που μας δίνουν τα σήματα που παράγουν έχουν ως αποτέλεσμα την γρήγορη ενημέρωση των ασθενών που χρησιμοποιούν τους αισθητήρες αυτούς μέσω των μηνυμάτων που λαμβάνουν από τους ιατρούς.

Ο κλάδος των WBAN είναι ένας διεπιστημονικός χώρος καθώς γίνονται συνεχώς προσπάθειες να συνδυαστεί το χαμηλό οικονομικό κόστος των συσκευών και υπηρεσιών με την πιο γρήγορη και αξιόπιστη μετάδοση των σημάτων που λαμβάνουν ιατροί κι ασθενείς. Συνδυάζει την ανάπτυξη της ασύρματης και κινητής τεχνολογίας. Για τη δημιουργία των αισθητήρων αυτών λαμβάνεται υπόψη ,επιπλέον , ότι πρέπει να μην περιορίζουν τον ασθενή στις καθημερινές του δραστηριότητες. Επομένως το βάρος και ο σχεδιασμός των συσκευών αυτών βρίσκεται σε διαρκή ανάπτυξη.

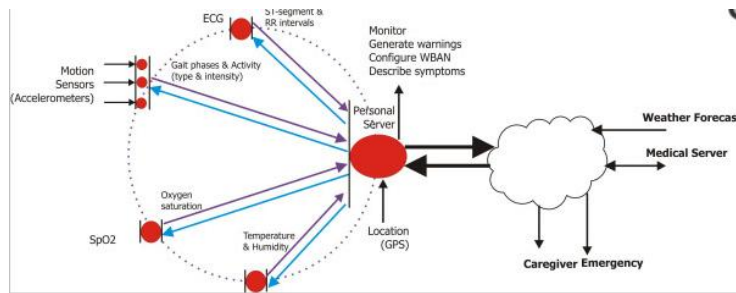
Στην εργασία αυτή θα παρουσιαστεί από πια μέρη αποτελείται η αρχιτεκτονική των WBAN sensor και στη συνέχεια θα προχωρήσουμε στη μελέτη κάποιων φυσιολογικών αισθητήρων (physiological sensors).

## Σχετικά με την αρχιτεκτονική του συστήματος

Η συνεχής τεχνολογική ανάπτυξη των ενσωματωμένων κυκλωμάτων, της ασύρματης επικοινωνίας και η δυνατότητα της εξέλιξης των αισθητήρων σε όλο και πιο μικρές και διακριτικές συσκευές συντελούν στην ολοένα και πιο γρήγορη άνθηση του τομέα των WBAN sensors. Οι συσκευές αυτές συνδέουν ασύρματα μέσω της χρήσης του συστήματος ZigBee, Bluetooth ή άλλων τεχνολογιών και πρωτοκόλλων, τον προσωπικό διακομιστή που είναι τοποθετημένος στο σώμα του ασθενή με τον server του ιατρού ή του νοσοκομείου δίνοντας τις κατάλληλες πληροφορίες στον ασθενή ή δραστηριοποιώντας ακόμα και τους ίδιους τους ιατρούς στέλνοντας εξειδικευμένο προσωπικό ή πηγαίνοντας κι οι ίδιοι στο σημείο όπου βρίσκεται ο ασθενής. Έχοντας ως κεντρικό άξονα τις βάσεις δεδομένων του ασθενούς από προηγούμενες μετρήσεις καθώς και τις επιτρεπτές τιμές και τα όρια, χρησιμοποιούνται συγκεκριμένοι αλγόριθμοι που αξιοποιούν τα δεδομένα αυτά και δια μέσου των αισθητήρων και του περιβάλλοντος παρέχονται οι κατάλληλες συμβουλές. Στην παρακάτω εικόνα γίνεται αντιληπτή αυτή η ενέργεια έχοντας ως παράδειγμα έναν ECG sensor, έναν motion sensor και έναν SpO2 sensor.



Εικόνα 1 : Οι “έξυπνοι” αισθητήρες των WBAN για την παρακολούθηση των ασθενών

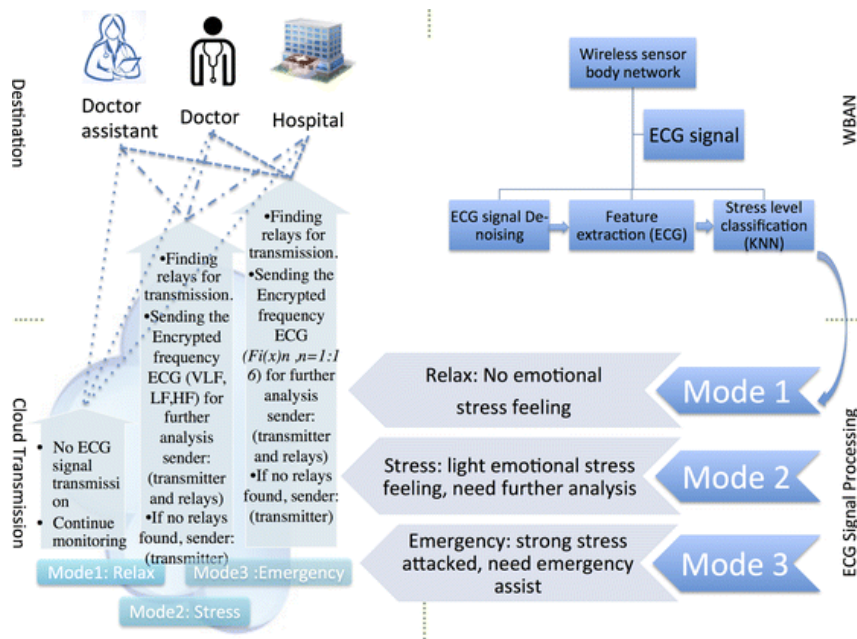


Εικόνα 2 : Η εσωτερική ροή μετάδοσης των δεδομένων για τα WBAN

### Ο αισθητήρας ECG

Ένα ασύρματο σωματικό δίκτυο WBAN μπορεί να περιλαμβάνει διαφορετικούς sensors ανάλογα με τον τελικό χρήστη της εφαρμογής (Jovanov, Milenkovic, Otto & Groen, 2005). Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι ένας ασφαλές αισθητήρας ηλεκτροκαρδιογραφήματος (ECG) η μεταφορά των σημάτων από τον οποίο αποτρέπει τους ασθενείς με διάφορες παθήσεις της καρδιάς από διάφορα ατυχήματα (Xu & Hua, 2016). Με κύριο γνώμονα την τελευταία λέξη της τεχνολογίας στις συσκευές της κινητής τηλεφωνίας, οι συσκευές είναι εφοδιασμένες με συχνότητες υψηλής ταχύτητας δεδομένων, επαρκή διάρκεια ζωής της μπαταρίας και μία διαδραστική μεταξύ πολλών πομπών επικοινωνία. Για τα σύγχρονα κινητά τα οποία βασίζονται στην κωδικοποίηση και την μεταφορά σημάτων, ένα νέο σύστημα κρυπτογράφησης το ‘dynamic AES’ γεννήθηκε μέσω των σημάτων του ECG sensor. Εξαιτίας του συστήματος αυτού, η ασφάλεια και η δυναμικότητα των σημάτων του ECG sensor έχει βελτιωθεί σε μεγάλο βαθμό.

Οι συντελεστές για να δούμε την υγεία ενός ανθρώπου ονομάζονται biomedical signals και χρησιμοποιούνται ως συνεχές σήματα. Τα ECG σήματα αναφέρονται στον έλεγχο της λειτουργίας της καρδιάς και με την μεταφορά τους προς τον ιατρό ή το νοσοκομείο τα σήματα αναλύουν το άγχος σε μικρότερες υποκατηγορίες σημάτων : και συμβάλλουν στην ανίχνευση, στον προσδιορισμό και την ταύτιση με το πόσο σοβαρό είναι το πρόβλημα.



Εικόνα 3 : Μία γενική περιγραφή

Από τους sensors που τοποθετούνται πάνω στο σώμα συλλέγονται τα ECG σήματα. Μέσω των φίλτρων LPF και HPF απομακρύνονται από τα σήματα διάφοροι ήχοι. Στη συνέχεια τα επίπεδα του άγχους προσδιορίζονται (mode 1, mode 2, mode 3) και μέσα από κανάλια που συνδέονται με το Internet για την εισαγωγή και εξαγωγή (multiple- input and multiple-output MIMO) σημάτων γίνεται η κωδικοποίηση και μεταφορά.

Για την ακριβέστερη κατηγοριοποίηση των επιπέδων του άγχους, χρησιμοποιήθηκαν ενδογενή χαρακτηριστικά τα οποία προσέγγισαν τα πραγματικά προβλήματα και πέτυχαν αξιόλογα αποτελέσματα ως προς την ασφάλη και την χαμηλή κατανάλωση ενέργειας των κινητών τηλεφώνων.

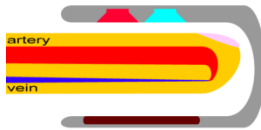
Το ECG είναι ένα συνεχές σήμα καθώς αρχικά κατατάσσει τα επίπεδα άγχους, κωδικοποιείται με ασφάλεια και προσπαθεί να μεταφερθεί (Xu & Hua, 2016). Αν βρεθεί Multi-relay στέλνει κρυπτογραφημένο ECG σήμα, διαφορετικά θα στείλει ένα κρυπτογραφημένο σήμα. Τέλος, οι γιατροί λαμβάνουν το σήμα και γίνεται η ανάλυση. Τα ECG σήματα αναλύονται σε 16 βαθμίδες συχνότητων όπου μέσα απ' αυτά παίρνουμε 6 διαφορετικά χαρακτηριστικά. Τα χαρακτηριστικά αυτά εισάγονται στην πιο κοντινή ταξινόμηση KNN classification. Όταν το ποσοστό είναι μεταξύ 88.33% με 79.27% είναι αρκετά καλό όμως πρέπει να προσθέσουμε κι άλλα για να ξεπεράσουμε το 90%. Το σήμα της χαμηλής συχνότητας LF αγγίζει μόνο του το 79.27%, το αντίστοιχο για την HF είναι το 88.33%. Ο συνδυασμός τους ξεπερνά το 90%. Όπως και όταν είμαστε στο 'mode 1 = relax' κανένα σήμα ECG δε χρειάζεται να μεταδοθεί ενώ στο επίπεδο 'mode 3 = emergency' σήματα μεταφέρονται χωρίς να μας νοιάζει το ενεργειακό κόστος. Με την χρήση του αλγορίθμου AES επιτυγχάνουμε την ασφάλη μετάδοση των σημάτων αλλά και το χαμηλότερο

ενεργειακό κόστος. Ο αλγόριθμος αυτός χωρίζει καθεμία συχνότητα  $kf_i (k=1..16)$  σε 180 μικρότερα δείγματα. Δημιουργεί 10 blocks καθένα από τα οποία μετατρέπεται στο δυαδικό σύστημα. Έτσι μεταδίδονται  $4 \cdot 18 = 72 \text{Bits}$  για κάθε επίπεδο.

Ένα σοβαρό μειονέκτημα που έχει αποδειχτεί είναι πως δε μπορεί να βρει όλες τις ασθένειες που αφορούν την καρδιά. Ακόμη μπορεί να πρόκειται για μια στιγμιαία «αρρυθμία» και να πανικοβληθεί ο ασθενής.

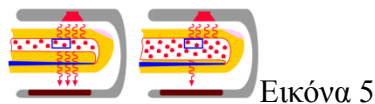
### Λειτουργία και αρχιτεκτονική του SpO<sub>2</sub> sensor

Ο αισθητήρας SpO<sub>2</sub> μετράει την αιμοσφαιρίνη στο αίμα που είναι υπεύθυνη για την μεταφορά του οξυγόνου.



Εικόνα 4 : το δάχτυλο τοποθετείται μέσα στην ειδική εσοχή. Πάνω βλέπουμε με κόκκινο και γαλάζιο χρώμα την ερυθρή και την υπέρυθη ακτινοβολία, κάτω τον ανιχνευτή τους και μέσα στο δάχτυλο την αρτηρία.

Το φως που φτάνει στον ανιχνευτή επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες. Γενικότερα, όσο περισσότερη είναι η ακτινοβολία που απορροφάται τόσο λιγότερη φτάνει στον ανιχνευτή. Δηλαδή όσο περισσότερη είναι η αιμοσφαιρίνη, τόσο περισσότερη ακτινοβολία απορροφάται όπως φαίνεται και στην Εικόνα 5.



Επίσης, σημαντικό ρόλο παίζει και το πλάτος της αρτηρίας. Αν και μπορεί να έχουμε την ίδια συγκέντρωση αιμοσφαιρίνης στην πιο παχιά αρτηρία το φως έχει να διανύσει περισσότερη απόσταση και συναντά περισσότερα μόρια αιμοσφαιρίνης σε αντίθεση με την πιο λεπτή αρτηρία. Συνεπώς η απορρόφηση είναι μεγαλύτερη.

Ένα ακόμη σημείο που είναι σημαντικό να αναφερθεί είναι πως τα οξυγονωμένα αιμοσφαίρια απορροφούν μεγαλύτερη ποσότητα υπέρυθρης ακτινοβολίας και τα μη οξυγονωμένα μεγαλύτερη ποσότητα ερυθρής. Αυτό οφείλεται στα διαφορετικά μήκη των κυμάτων και των δυο. Η λειτουργία του SpO<sub>2</sub> βασίζεται πάνω στο ποσοστό απορρόφησης των δύο ακτινοβολιών από το αίμα και στη μεταξύ τους διαφορά που παρουσιάζουν στα μεταξύ τους στάδια. (how pulse oximeters work, n.d.) Επιπρόσθετα, πέρα από τις δύο αυτές ακτινοβολίες, φως και από τον φυσικό χώρο απορροφάται. Το πρόβλημα αυτό όμως έχει ξεπεραστεί ως εξής: αρχικά ανάβει η ερυθρή ακτινοβολία και απορροφάται μέρος αυτής και του φυσικού φωτός. Εν συνεχεία, ανάβει μόνο η υπέρυθη. Απορροφάται μέρος αυτής και του φυσικού φωτός. Τέλος, κλείνουν κι οι δυο πηγές και απορροφάται μόνο το φως που υπάρχει στο δωμάτιο.

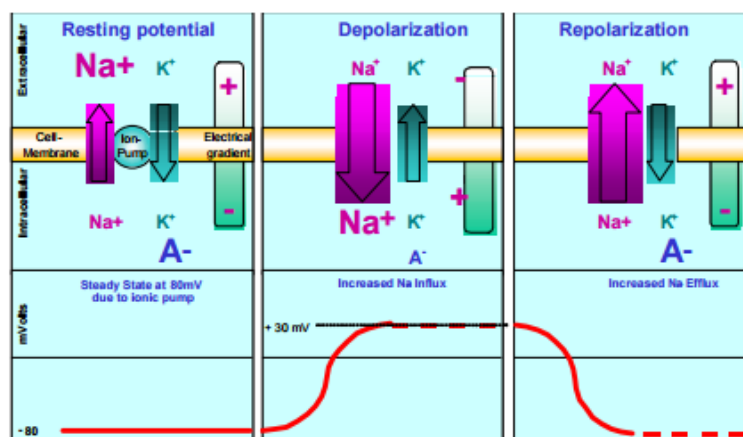
Μέσω της βοήθειας των μαθηματικών, υπολογίζεται το ποσοστό αυτής και αφαιρείται και από τις δύο ακτινοβολίες.

Κάποια σημαντικά μειονεκτήματα είναι τα ακόλουθα: το δάχτυλο πρέπει να είναι τοποθετημένο ολόκληρο μέσα στην εσοχή και σε οριζόντια – ευθεία θέση. Σε κάθε άλλη περίπτωση δεν θα υπάρξει αξιόπιστη καταγραφή. Το φως του δωματίου να μην είναι πολύ έντονο δηλαδή η τιμή του κύματός του να μην ξεπερνά κατά πολύ τις τιμές των δυο ακτινοβολιών. Τέλος ,διάφορες συσκευές που εκπέμπουν κάποια ακτινοβολία καθώς και τα βερνίκια νυχιών επηρεάζουν τις μετρήσεις.

## Ο αισθητήρας EMG

Ο αισθητήρας ηλεκτρομυογραφήματος EMG είναι ακόμα σε πειραματικό στάδιο .Σκοπός του είναι η ανάπτυξη, η καταγραφή και η ανάλυση των σημάτων που παράγονται από τους μύες είτε με φυσιολογικό τρόπο π.χ. άθληση, χειρωνακτική εργασία, διατροφή (Kinesiological EMG), είτε με την διέγερσή τους μέσω του ρεύματος (Neurological EMG).

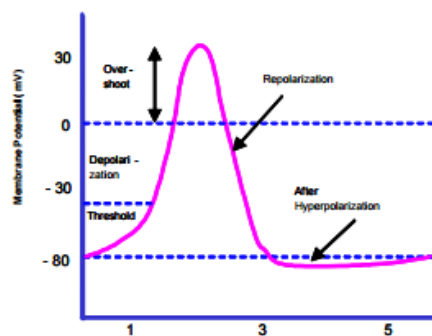
Οι ίνες των μυών σε συνδυασμό με τον έλεγχο του νεύρου αποτελούν έναν σημαντικό παράγοντα στην φυσιολογία των μυών. Η μέθοδος της ημι αδιαπέραστης μεμβράνης (semi-permeable membrane) περιγράφει την ηλεκτρική διέγερση στο εξωτερικό περίβλημα των μυών(Konrad P.,2006). Η διαφορά στον αριθμό των ιόντων ανάμεσα στο εξωτερικό και εσωτερικό μέρος της επιφάνειας του μυός δημιουργεί μια πιθανή χαλάρωση στην ίνα της μεμβράνης του(-80 με -90 mV ). Αυτή η διαφορά που οφείλεται σε φυσιολογικές διεργασίες των μυών έχει ως αποτέλεσμα την αρνητική διέγερση του εσωτερικού του σε σχέση με το περιβάλλον έξω από αυτόν. Με την συμβολή της κεντρικής αρτηρίας του μηχανήματος μεταφέρεται το αποτέλεσμα στο κεντρικό νεύρο. Μετά την μετάδοσή του στις άκρες της κινητής ίνας του νεύρου(motor endplates), ένα πιθανό σήμα σχηματίζεται στην ίνα του μυός η οποία διεγείρεται από το motor unit. Η εξάπλωση των σημάτων αυτών στην μεμβράνη της ίνας του μυός μεταβάλλεται και ιόντα  $\text{Na}^+$  «ρέουν». Όλο αυτό προκαλεί στην μεμβράνη εναλλασσόμενη εκπόλωση και αποθήκευση των αντιθέτων ιόντων (Depolarization and Repolarization) .





Εικόνα 6 : Εικονική αναπαράσταση του φαινομένου Depolarization and Repolarization των μεμβρανών

Σε περίπτωση που η μαζική εισροή των  $\text{Na}^+$  ξεπεράσει το επιτρεπόμενο όριο, η εκπόλωση της μεμβράνης προκαλεί μια ενέργεια εξαιτίας της απότομης εναλλαγής – από  $-80 \text{ mV}$  σε  $30 \text{ mV}$ . Η “ηλεκτρική έκρηξη” που δημιουργείται αποθηκεύεται (Depolarization) και κατά τη διάρκεια της περιόδου (Repolarization) η αποθηκευμένη ενέργεια εξαπλώνεται προς όλες τις κατευθύνσεις του μυός και μέσα σε αυτόν χάρη του συστήματος.

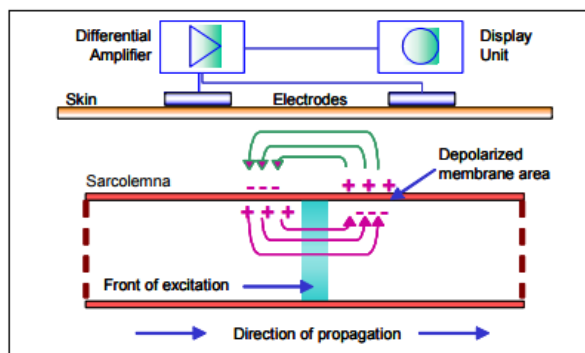


Εικόνα 7 : Η ενέργεια, η αποθήκευση και η

μεταφορά της

Το σήμα του EMG βασίζεται στο σύνολο των πιθανών ενεργειών της μεμβράνης της ίνας των μυών που δημιουργούνται από την διαδικασία depolarization and repolarization.

Εικόνα 8 : Η πορεία της ζώνης εκπόλωσης



Το ερώτημα που γεννάται είναι πώς από μια μονοπολική ενέργεια δημιουργείται ένα διπολικό σήμα. Καθώς η κίνηση αρχίζει και κατευθύνεται προς το ζεύγος των ηλεκτροδίων, την χρονική στιγμή που φτάνει στο πρώτο καλώδιο βρίσκονται στην μέγιστη τιμή τους. Στο μέσο της μεταξύ τους διαδρομής είναι ίσα (zero line) και μόλις φτάσουν στο δεύτερο καλώδιο παίρνουν την ελάχιστη τιμή τους. Με αυτόν τον τρόπο δημιουργείται η διπολικότητα.

Κάτι ακόμα που αξίζει να αναφερθεί, είναι πως δε λαμβάνεται μόνο ένα σήμα αλλά πολλά μαζί και το σύνολό τους μεταδίδεται στην συσκευή κι αυτό γιατί η συσκευή

(motor unit) αποτελείται από διαφορετικά σε μέγεθος και σχήμα αλλά και απόσταση μεταξύ τους καλώδια τα οποία τοποθετούνται στο σώμα.

Ένα μειονέκτημα που θα μπορούσε να αναφερθεί είναι πως καθώς τα επίπεδα του δέρματος και οι ιστοί αποτελούν ένα φίλτρο για το σήμα που μεταδίδεται, επί της ουσίας το σήμα που λαμβάνεται και αναλύεται αφορά το σήμα της συσκευής.

Μέσω της χρήσης του EMG μπορούμε να δούμε το εσωτερικό των μυών και να έχουμε μια εικόνα της κατάστασής τους. Επίσης, βοηθάει τους γιατρούς στη λήψη σωστών αποφάσεων πριν και μετά από κάποια εγχείρηση αλλά και τους ασθενείς με σκοπό να βρουν τον σωστό μυ και να φροντίσουν γι αυτόν. Τέλος, συντελεί στην καλύτερη ανάλυση των αθλητικών δραστηριοτήτων αλλά και στις σωστές συμβουλές σχετικά με τις σωστές διατροφικές συνήθειες.

### **Ο αισθητήρας EOG**

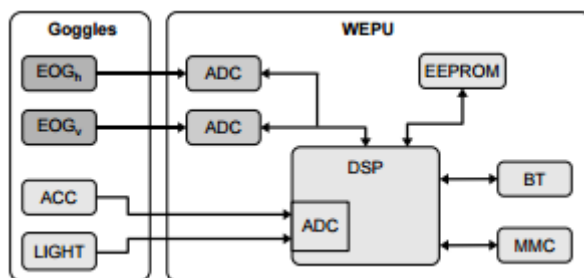
Οι αισθητήρες EOG αποτελούν μία νέα καινοτομία καθώς λειτουργούν σαν ένα ενσωματωμένο πρόγραμμα που καταγράφει τις κινήσεις του ματιού. Αποτελείται από μία συσκευή, καλώδια τοποθετημένα περιμετρικά γύρω από τα μάτια, και μία ακόμα συσκευή, ελαφριά και διακριτική, η οποία έχει πάνω της ένα DSP για την απευθείας μετάδοση των σημάτων του EOG. Έχουν την δυνατότητα να αποθηκεύουν και να καταγράφουν τα δεδομένα μέσα από τα σήματα για μεγάλο χρονικό διάστημα και με Bluetooth να μεταφέρονται στην απομακρυσμένη συσκευή. Οι πληροφορίες που λαμβάνουμε μας βοηθάνε να μάθουμε περισσότερα σχετικά με τον χρήστη και τις δυνατότητές του με το διάβασμα, την συγκέντρωσή του, την αποφασιστικότητα και την οπτική του μνήμη. Μας δίνει λοιπόν διανοητικές πληροφορίες τις οποίες δεν μπορούμε να μάθουμε με πιο απτά μέσα. Εσκεμμένες κινήσεις των ματιών δίνουν τα “σήματα” μεταξύ των συσκευών και των χρηστών (Bulling, Roggen & Troster, n.d.).

Τα μάτια αποτελούν την αρχή ενός σταθερού πιθανού ηλεκτρικού πεδίου, το οποίο μπορεί να γίνει αντιληπτό και στο απόλυτο σκοτάδι αλλά και με κλειστά τα μάτια. Προέρχεται κι αυτό από ένα δίπολο δηλαδή από την δημιουργία ενός θετικού πόλου στην επιφάνεια του ματιού (κερατοειδής χιτώνας cornea) και ενός αρνητικού πόλου στο μέρος του ματιού που απορροφά το φως (αμφιβληστροειδής χιτώνας retina). Για να παραχθεί χρησιμοποιούνται δυο ζευγάρια καλωδίων τα οποία τοποθετούνται πάνω στο δέρμα σε κατάλληλες θέσεις κοντά στα μάτια. Όταν τα μάτια μετακινηθούν από το κέντρο προς την περιφέρεια, το μέρος του ματιού που απορροφά το φως έρχεται κοντά στο ένα καλώδιο ενώ η επιφάνεια αγγίζει το αντίθετο. Με αυτόν τον τρόπο ένα σήμα δημιουργείται από τις παρατηρούμενες κινήσεις του ματιού.

Αν και με την χρήση του EOG θα μπορούσαμε να έχουμε έναν πλούτο πληροφοριών ωστόσο βρίσκεται ακόμα στις αρχές της ανάπτυξής του καθώς οι χρήστες πρέπει να παραμένουν ακίνητοι και η επεξεργασία των σημάτων ολοκληρώνεται offline χρησιμοποιώντας ηλεκτρονικούς υπολογιστές, desktop computers. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η χρήση του EOG για την αναγνώριση

περίπλοκων σημάτων σε συνδυασμό με τη χρήση κινητών συσκευών που μπορούν να φορεθούν. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι τα γυαλιά goggles. Τα πλεονεκτήματά τους είναι πως μπορούν να φορεθούν, είναι φορητά, ελαφριά, δεν απαιτούν μεγάλη ποσότητα ενέργειας και αποθηκεύουν άμεσα τα δεδομένα. Τέλος, για να μειωθούν οι αλλοιώσεις του σήματος EOG και η μετατροπή του από αναλογικό σε ψηφιακό, ένας αισθητήρας φωτός και ένα επιταχυνσιόμετρο χρησιμοποιούνται. Ο σκελετός τους είναι σχεδιασμένος έτσι ώστε να προσαρμόζεται και να αγκαλιάζει τα σημεία πάνω και κάτω από τα μάτια στα οποία τοποθετούνται τα καλώδια.

Ολόκληρο το σύστημα αποτελείται από δύο τεμάχια: τα γυαλιά που έχουν μέσα τους ενσωματωμένα τα καλώδια και έναν επεξεργαστή σήματος (ονομάζεται WEPU, Wearable EOG Processing Unit). Έχει βάρος μόλις 188g και τροφοδοτείται από μια Li-polymer μπαταρία 3.7V/1500 mAh η οποία βρίσκεται πάνω στον WEPU. Η συνολική κατανάλωση ενέργειας είναι 769 mW όταν αποθηκεύει δεδομένα στον MMC και 828.4 mW όταν μεταδίδει δεδομένα στον απομακρυσμένο υπολογιστή μέσω Bluetooth.



Εικόνα 9 : Η αρχιτεκτονική των δυο μερών του υλικού των γυαλιών που βασίζονται στο EOG σήμα EOG<sub>h</sub>, EOG<sub>v</sub>, accelerometer (ACC), light sensor (LIGHT), analog-digital converters (ADC), (DPS) digital signal processing, (EEPROM) Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory, Bluetooth module (BT) και MMC card για αποθήκευση και μεταφορά δεδομένων.

Σε αντίθεση με το ECG το EOG σήμα είναι μη προβλέψιμο και όχι επαναλαμβανόμενο. Ακόμα έχει επιπλέον χαρακτηριστικά τα οποία για να προσδιοριστούν χρειάζεται μία περαιτέρω επεξεργασία του αντίστοιχου EOG σήματος.

### Ο αισθητήρας EEG

Η ταξινόμηση των κινήσεων των ματιών σε πραγματικό χρόνο είναι αποτέλεσμα της καταγραφής προς ποια κατεύθυνση κοιτάει κάθε στιγμή ο άνθρωπος αλλά και στην ακολουθία με την οποία τα μάτια «ακολουθούν» το ένα το άλλο. Η λειτουργία πολλών συσκευών βασίζεται στα EOG σήματα. Όμως λόγω των μειονεκτημάτων που αναφέρθηκαν παραπάνω τα EEG σήματα αποτελούν μια εναλλακτική μέθοδο και υπερτερούν μιας και απαιτούν λιγότερες συσκευές και με την βοήθεια των EOG σημάτων δίνουν τα κατάλληλα χαρακτηριστικά των κινήσεων

των ματιών. Τα EEG σήματα δεν περιορίζουν το οπτικό πεδίο και είναι ικανά να διαχωρίζουν τις τέσσερις κεντρικές κινήσεις του ματιού (Abdelkader, N., B., Duk, S., Hiroyuki, K., Natsue, Y. & Yasuharu, K., 2015).

Χρησιμοποιώντας μία συσκευή η οποία αποτελείται από δύο καλώδια και τοποθετείται στο αυτί, καταγράφονται τα EEG σήματα. Μια online ανάλυση των σημάτων μας δίνει τον ακριβή χρόνο που το μάτι άρχισε την κίνησή του και τον διαχωρισμό των κινήσεών του σε έξι κλάσεις (πάνω, κάτω, αριστερά, δεξιά, κοίταγμα στο κέντρο και το ανοιγοκλείσιμο τους). Σημειώνεται ότι εξετάζεται η κίνηση και όχι η θέση του ματιού. Τα σήματα μεταφέρονται από τον ενισχυτή στον υπολογιστή χρησιμοποιώντας sliding window (ένα αξιόπιστο και αποτελεσματικό πρωτόκολλο μετάδοσης δεδομένων). Δύο σήματα υπολογίζονται. Το πρώτο μεγιστοποιεί το περιθώριο ανάμεσα στις τρεις κλάσεις (αριστερά, δεξιά, πάνω ή κάτω) ενώ το δεύτερο διαχωρίζει τις πάνω και κάτω διευθύνσεις χρησιμοποιώντας το άθροισμα των σημάτων και από τα δυο καλώδια. Το γεγονός ότι υπολογίζεται και δεύτερο σήμα προκύπτει καθώς καθένα από τα μάτια πιστεύετε ότι κινείται με διαφορετική γωνία.

Για την χρήση των EEG σημάτων απαιτείται φθηνό software και hardware υλικό που θα είναι ικανό να υποστηρίξει την υψηλή πολυπλοκότητα της ανάλυσης των σημάτων. (Lopez-Gordo, M.A., Padilla, P. & Pelayo Valle, F., 2016) Επιπλέον, ο λιγότερος εξοπλισμός διευκολύνει την καθημερινότητα του ασθενούς. Χρησιμοποιείται κυρίως στη νευρολογία, σε ασθένειες που έχουν να κάνουν με αυτόν τον τομέα αλλά και για την συστηματική εναλλαγή των λειτουργιών του εγκεφάλου τόσο για την ανάπτυξή του όσο και για την θεραπεία του.

## Συμπεράσματα

Στην εργασία αυτή παρουσιάστηκαν κάποιοι γνωστοί στον τομέα της Ιατρικής και των Body Area Network αισθητήρες. Μέσα από τα σήματα που παράγουν με φυσικό ή τεχνικό τρόπο, οι πληροφορίες που μας δίνουν είναι σημαντικές όχι μόνο για την ζωή των ασθενών αλλά και για την έρευνα των επιστημόνων πάνω στα θέματα της Ιατρικής.

Θέματα που φάνηκαν να παρουσιάζουν οι sensors που αναλύσαμε και που ακόμη χρήζουν περαιτέρω εξέλιξης έχουν να κάνουν κυρίως σε ότι αφορά την ασφάλεια μεταφοράς των δεδομένων, καθώς διάφοροι ήχοι hums είναι ικανοί να τα αλλοιώσουν, αλλά και η χρήση όλο και λιγότερων και πιο έξυπνων αλγορίθμων και συσκευών απαιτούνται. Ακόμη είναι αναμενόμενο να απαιτείται η βελτίωση της εμφάνισής τους αλλά και του βάρους τους μιας και χρησιμοποιούνται καθημερινά από τους ανθρώπους.

Το σύστημα υγείας οποιασδήποτε χώρας μπορεί να επωφεληθεί από τις συσκευές αυτές μιας και οι ιατροί θα μπορούν να ασχοληθούν και με άλλα περιστατικά που οφείλονται σε τροχαία ατυχήματα και απαιτούν την άμεση επέμβασή τους, οι ασθενείς που μένουν μακριά να έχουν πιο άμεση και γρήγορη βοήθεια αλλά και οι ηλικιωμένοι να μπορούν να ενημερώνονται για την κατάσταση της υγείας τους.

Ο κλάδος αυτός είναι ήδη στα πρώτα βήματα της εξέλιξης του και οι sensors που αναφέρθηκαν είναι δυνατόν να συνδυαστούν με ήδη υπάρχοντες συσκευές με σκοπό την καλύτερη εξυπηρέτηση των ασθενών. Λόγου χάρη τα αναπηρικά καροτσάκια σε συνδυασμό με την χρήση των EOG και EEG sensors θα μπορούσαν μέσω των σημάτων που λαμβάνουν από τον εγκέφαλο του ασθενούς και μέσω του συστήματος ZigBee να προβλέπουν τις επόμενες κινήσεις του δηλαδή προς τα πού θέλει να πάει, τι προσπαθεί να κοιτάξει και το πώς αισθάνεται.

## Βιβλιογραφία

en.wikipedia.org (n.d.) /wiki/Body\_area\_network

Xu ,H. & Hua,K.(2016,15 January) Secured ECG signal transmission for human emotional stress classification in wireless body area networks, *EURASIP Journal on Information Security*

Keisuke, K.,Nakanishi,Y.,Hideaki,S.,Hiroto,T.,Nur Alia A.,B.,H.,M. & Shigeru,T.(2015) Physical Monitoring in Daily Life by Remote Body Area Network System. Retrieved from:iopscience.iop.org<http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/588/1/012015/pdf>

How pulse oximeters work explained simply.(n.d.).Retrieved from:  
[http://www.howequipmentworks.com/pulse\\_oximeter/](http://www.howequipmentworks.com/pulse_oximeter/)

Jovanov,E.,Milenkovic,A.,Otto,C.&Groen,P.(2005) *A wireless body area network of intelligent motion sensors for computer assisted physical rehabilitation*.doi: [10.1186/1743-0003-2-6](https://doi.org/10.1186/1743-0003-2-6)

Bulling,A.,Roggen,D.&Troster,G.(n.d.) Wearable EOG goggles:Seamless sensing and context-awareness in everyday environments, *Wearable Computing Laboratory, Switzerland*

Abdelkader,N.,B.,Duk,S.,Hiroyuki,K.,Natsue,Y.&Yasuharu,K.(2015) Online classification algorithm for eye-movement-based communication systems using two temporal EEG sensors, *Biomedical Signal Processing and Control* ,16,40-47

Konrad,P.(2006,March) *The ABC of EMG, A Practical Introduction to Kinesiological Electromyography, Version 1.4*,Noraxon USA

Al-Angari,H.,Kanitz,G.,Tarantino,S.&Cipriani,C.(2016 February) Distance and mutual information methods for EMG feature and channel subset selection for classification of hand movements, *Biomedical Signal Processing and Control*,27,24-31

Brown,B.,Marmor,M.,Zrenner,E.,Brigell,M.&Bach,M.(2006) ISCEV Standard for Clinical Electrooculography(EOG)., *Documenta Ophthalmologica*,13, 3, pp205-212

Gharbali,A.,Fonseca,J.,M.,Najdi,S.&Rezaii,T.(2016) Automatic EOG and EMG Artifact Removal Method for Sleep Stage Classification, *Technological Innovation for Cyber-Physical Systems of the series IFIP Advances in Information and Communication Technology*,470,142-150

- Esfahani,A.,Mantas,G.,Silva,H.,Rodriguez,J.&Neves J.C.(April 2016) An efficient MAC-based scheme against pollution attacks in XOR network coding-enabled WBANs for remote patient monitoring systems, *EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking*
- Lopez-Gordo,M.A.,Padilla,P.&Pelayo Valle,F.(2016) A proposal for bio-synchronized transmission of EEG/ERP data, *EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking*
- Gang,A.,Mehta,J.&Majumdar,A.(2015) Recovering Partially Sampled EEG Signals Using Learned Dictionaries, Machine Intelligence and Signal Processing,390,67-76