

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περίληψη.....	σελ.2
Ασύρματα σωματικά δίκτυα.....	σελ.3
Παρακολούθηση ασθενών.....	σελ.4
Τύποι συσκευών WBAN.....	σελ.5
Τύποι αισθητήρων.....	σελ.6
Επικοινωνία συσκευών WBAN.....	σελ.7
Εσωτερική επικοινωνία.....	σελ.7
Εξωτερική επικοινωνία.....	σελ.8
Ασφάλεια.....	σελ.9
Θέματα διαχείρισης ενέργειας.....	σελ.13
Εφαρμογές τεχνολογίας WBAN.....	σελ.13
Εφαρμογές στην υγεία.....	σελ.13
Εφαρμογές στην επικοινωνία ανθρώπου-υπολογιστή.....	σελ.14
Συμπεράσματα.....	σελ.15
Βιβλιογραφία.....	σελ.16
Παράρτημα.....	σελ.20
Σχήμα.1.Επικοινωνία στο εσωτερικό και εξωτερικό ενός WBAN συστήματος.....	σελ.20
Σχήμα 2.Διασύνδεση συστήματοςWBAN με εξωτερικά δίκτυα .	σελ.21
Πίνακας 1.Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα μεθόδων αυθεντικοποίησης.....	σελ.22

Περίληψη

Αντικείμενο της εργασίας αυτής αποτελεί η μελέτη των ασύρματων σωματικών δικτύων (Wireless Body Area Networks - WBAN) ως μέρος του συστήματος παρακολούθησης υγείας ασύρματης τηλεϊατρικής. Αρχικά γίνεται μία σύντομη αναφορά για τη χρήση του WBAN για την πραγματοποίηση της ιδέας της mHealth (mobile Health), ενώ στη συνέχεια γίνεται περιγραφή της αρχιτεκτονικής του συστήματος ασύρματης τηλεϊατρικής, περιγράφοντας τα μέρη από τα οποία αποτελείται μία πλατφόρμα WBAN. Έπειτα, περιγράφεται η επικοινωνία σε ένα ένα σύστημα WBAN που λαμβάνει χώρα τόσο μεταξύ των συσκευών του (intra-WBAN) όσο και μεταξύ των συσκευών και εξωτερικών δικτύων (extra-WBAN). Στη συνέχεια παρουσιάζονται θέματα ασφάλειας που αφορούν τις πλατφόρμες WBAN, αλλά και θέματα διαχείρισης ενέργειας. Τέλος, αναλύονται οι εφαρμογές της WBAN τεχνολογίας τόσο στο χώρο της τηλεϊατρικής όσο και σε άλλους χώρους, ενώ επίσης παρατίθενται τα συμπεράσματα της εργασίας αυτής, καθώς και προτάσεις για μελλοντική έρευνα.

Abstract

The aim of this paper is the study of Wireless Body Area Networks (WBAN) as part of the wireless monitoring telemedicine systems. Initially, a short report is written on the use of WBAN to the realization of the idea of mHealth (mobile Health), while afterwards a description is given of the architecture of wireless telemedicine systems, describing the parts by which a WBAN is constituted. Then, the communication in a WBAN is described both between its' devices (intra-WBAN) and between its' devices and other networks (extra-WBAN). Afterwards, there are described security and power supply issues. Finally, there are analyzed the applications of WBAN in the sector of telemedicine and other sectors, while also are mentioned the conclusions of this work, as well as proposals on future research.

Ασύρματα Σωματικά Δίκτυα

Τα τελευταία χρόνια, τα φορητά συστήματα παρακολούθησης για την υγεία έχουν κερδίσει την προσοχή από διάφορους ερευνητές για να μειώσουν το κόστος του συστήματος υγείας. Για το σκοπό αυτό, διάφοροι αισθητήρες τοποθετούνται στα ρούχα, στο ανθρώπινο σώμα ή κάτω από το ανθρώπινο σώμα. Αν αυτοί οι αισθητήρες εξοπλιστούν με μία ασύρματη διεπαφή, τότε η τεχνολογία που προκύπτει ονομάζεται Σωματικοί Αισθητήρες ή όπως είναι ευρέως διαδεδομένα Wirelless Body Area Network (WBAN) (Jovanov, Milenkovic, Otto, & Groen, 2005). Ο όρος αυτός προτάθηκε αρχικά από τον (Van Dam, PITCHERS, & Barnard, 2001) και προσέλκυσε το ενδιαφέρον διάφορων ερευνητών (Schmidt, Norgall, Morsdorf, Bernhard, T. & von der G'ün, 2002; Otto, Milenkovic, Sanders, & Jovanov, 2006; Jurik & Weaver, 2008).

Ένα WBAN παρέχει συνεχή παρακολούθηση και ανατροφοδότηση σε πραγματικό χρόνο τόσο στον άνθρωπο που φέρει τον αισθητήρα αυτό όσο και στο ιατρικό προσωπικό. Επίσης, οι μετρήσεις μπορούν να καταγραφούν για ένα μεγάλο χρονικό διάστημα με σκοπό να βελτιωθεί η ποιότητα των δεδομένων (Park & Jayaraman, 2003). Τα προτερήματα της τεχνολογίας WBAN πηγάζουν από την ανάπτυξη της ασύρματης τεχνολογίας και της φορητής τεχνολογίας, γιατί μοιράζονται τον ίδιο στόχο: ελαχιστοποίηση του βάρους και του μεγέθους των αισθητήρων που είναι κριτικής σημασίας για την αποδοχή της τεχνολογίας από τους χρήστες, τη φορητότητα και την αξιοπιστία.

Στην εργασία αυτή θα μελετήσουμε την τεχνολογία WBAN. Πιο συγκεκριμένα, θα παρουσιαστεί η αρχιτεκτονική της και οι συσκευές από τις οποίες αποτελείται ένα τυπικό σύστημα WBAN, ενώ επίσης θα αναφερθούν ζητήματα ασφάλειας και διαχείρισης της ενέργειας στα συστήματα αυτά.

Παρακολούθηση Ασθενών

Σύμφωνα με τον παγκόσμιο οργανισμό υγείας (World Health Organization) το 30% των θανάτων οφείλεται σε καρδιαγγειακές παθήσεις (CardioVascular Disease). Αυτοί οι θάνατοι μπορούν συχνά να αποφευχθούν με την κατάλληλη παρακολούθηση. Το παράδειγμα αυτό αποδεικνύει την ανάγκη για συνεχή παρακολούθηση και τη χρησιμότητα της τεχνολογίας WBAN. Σε πολλά άλλα παραδείγματα ασθενειών θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί η συνεχής παρακολούθηση, όπως το άσθμα, η νόσος Αλτσχάιμερ, η νόσος Πάρκινσον κ.τ.λ. (Park & Jayaraman, 2003; Latre, Vermeeren, Moerman, Martens, & Demeester, 2004).

Η τεχνολογία WBAN παρέχει τη συνδεσιμότητα για να υποστηρίζονται οι ηλικιωμένοι ούτως ώστε να διαχειρίζονται σωστά την καθημερινότητά τους και την ιατρική τους κατάσταση (Drude, 2007). Οι αισθητήρες WBAN παρέχει τη δυνατότητα για συνεχή παρακολούθηση των βιολογικών παραμέτρων ασχέτως αν ο ασθενής είναι στο νοσοκομείο, στο σπίτι ή σε κίνηση. Επιπλέον, τα δεδομένα που συλλέγονται κατά τη διάρκεια ενός μεγάλου χρονικού διαστήματος μέσω των αισθητήρων WBAN παρέχουν πιο ξεκάθαρη άποψη στους γιατρούς από τα δεδομένα που συλλέγονται σε ένα μικρό χρονικό διάστημα κατά τη νοσηλεία στο νοσοκομείο (Park & Jayaraman, 2003). Οπότε, μέσω των αισθητήρων WBAN οι ασθενείς είναι ελεύθεροι να κινούνται ελεύθερα και όχι να μένουν σε ένα κρεβάτι ενός νοσοκομείου.

Ένας αισθητήρας WBAN μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη βοήθεια των ανθρώπων με μειωμένες κινητικές ικανότητες. Για παράδειγμα, ένας παραπληγικός μπορεί να εξοπλιστεί με αισθητήρες που θα προσδιορίζουν τις θέσεις των παιδιών ή με αισθητήρες που θα συνδέονται με τους νευρώνες (Li, Takizawa, Zhen, & Kohno, 2007). Πρόσθετα, οι αισθητήρες που τοποθετούνται στα πόδια μπορούν να διεγείρουν τους μυς των ποδιών.

Άλλη μία περιοχή που μπορεί να εφαρμοστούν οι αισθητήρες WBAN είναι η περιοχή της δημόσιας ασφάλειας όπου οι αισθητήρες αυτοί μπορούν να χρησιμοποιηθούν από πυροσβέστες, αστυνομικούς ή στρατιωτικές δυνάμεις (Hoyt, Reifman, Coster, & Buller, 2002). Οι αισθητήρες WBAN μπορούν για παράδειγμα να παρακολουθούν το επίπεδο τοξικών στον αέρα και να ενημερώνουν τους πυροσβέστες ή τις στρατιωτικές δυνάμεις αν μια ζωή κινδυνεύει από το επίπεδο που ανιχνεύεται. Επίσης, οι αισθητήρες WBAN διευκολύνουν πολύ την αποτελεσματικότερη προπόνηση των επαγγελματιών ασθενών.

Τύποι συσκευών WBAN

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται οι διάφοροι ασύρματοι τύποι συσκευών της τεχνολογίας WBAN:

1. Αισθητήρας (sensor)

Μία συσκευή που συλλέγει βιολογικά δεδομένα, επεξεργάζεται τα δεδομένα και αν είναι απαραίτητο τότε ενημερώνει ασύρματα. Η συσκευή αυτή αποτελείται από διάφορα μέρη, όπως το υλικό του αισθητήρα, μία μπαταρία, ένα επεξεργαστή, μνήμη και ένα πομπό ή δέκτη (Akyildiz, Su, Sankarasubramaniam, & Cayirci, 2002).

2. Ενεργοποιητής (actuator)

Μία συσκευή που δρα σύμφωνα με τα δεδομένα που έχουν συλλεχθεί από τους αισθητήρες ή μέσω διάδρασης με το χρήστη. Τα μέρη από τα οποία αποτελείται ένας ενεργοποιητής είναι παρόμοια με του αισθητήρα, δηλαδή το υλικό του ενεργοποιητή, μία μπαταρία, ένα επεξεργαστή, μνήμη και ένα πομπό ή δέκτη.

3. Προσωπική Συσκευή (Personal Device)

Μία συσκευή που συλλέγει όλες τις πληροφορίες που συλλέγονται από τους αισθητήρες και τους ενεργοποιητές και πληροφορεί το χρήστη είτε μέσω ενός

ενεργοποιητή είτε μέσω κάποιων LED. Τα μέρη από τα οποία αποτελείται η συσκευή είναι μια μπαταρία, ένας μεγάλος επεξεργαστής, μνήμη και ένας δέκτης. Η συσκευή αυτή καλείται επίσης και Μονάδα Ελέγχου Σώματος (Body Control Unit) (Schmidt, Norgall, Morsdorf, Bernhard, & von der G"un, 2002).

Πολλοί διαφορετικοί τύποι αισθητήρων και ενεργοποιητών χρησιμοποιούνται στην τεχνολογία WBAN. Ο αριθμός των αισθητήρων και ενεργοποιητών που χρησιμοποιούνται επίσης περιορίζεται από τη φύση του δικτύου. Ο αριθμός αυτός κυμαίνεται στην περιοχή από 20 έως 50 (Otto, Milenkovic, Sanders, & Jovanov, 2006).

Τύποι Αισθητήρων

Οι αισθητήρες που χρησιμοποιούνται στα WBAN μπορούν να τους καταταγούν στις παρακάτω κατηγορίες:

- Ηλεκτρόδια για τη μέτρηση ηλεκτροκαρδιογραφήματος, ηλεκτρομυογραφήματος, ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος
 - Ένας αισθητήρας ηλεκτροκαρδιογραφήματος (ECG - electrocardiogram) για παρακολούθηση της καρδιακής δραστηριότητας
 - Ένας αισθητήρας ηλεκτρομυογραφήματος (EMG - electromyography) για παρακολούθηση μυϊκής δραστηριότητας
 - Ένας αισθητήρας ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος (EEG - electroencephalography) για παρακολούθηση της εγκεφαλικής ηλεκτρικής δραστηριότητας
- Αισθητήρας αρτηριακής πίεσης
- Αισθητήρας κλίσης για την παρακολούθηση της θέσης του κορμού
- Αισθητήρας αναπνοής για την παρακολούθηση της αναπνοής

- Αισθητήρες κίνησης που χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση της δραστηριότητας του χρήστη
- Οξύμετρα παλμών/σφυγμών για τη μέτρηση του κορεσμού του οξυγόνου
- Άλλοι αισθητήρες

Επικοινωνία συσκευών WBAN

Η επικοινωνία μεταξύ των συσκευών WBAN διακρίνεται σε δύο τύπους: intra-WBAN και extra-WBAN. Η intra-WBAN επικοινωνία αναφέρεται στην επικοινωνία μεταξύ των συσκευών του WBAN. Η extra-WBAN επικοινωνία είναι η επικοινωνία μεταξύ των αισθητήρων ή των ενεργοποιητών και του εξωτερικού του WBAN. Για την extra-WBAN επικοινωνία χρησιμοποιείται μία πύλη εξόδου και μία Κινητή Μονάδα Βάσης (Mobile Base Unit), όπως φαίνεται και στο σχήμα 1.

Η intra-WBAN επικοινωνία ελέγχει την πληροφορία που συλλέγεται στο σώμα μεταξύ των αισθητήρων ή των ενεργοποιητών και της Κινητής Μονάδας Βάσης (Latre et al., 2007; Watteyne, Auge-Blum, Dohler, & Barthel, 2007), ενώ η extra-WBAN επικοινωνία χειρίζεται την επικοινωνία μεταξύ της Κινητής Μονάδας Βάσης και του εξωτερικού δικτύου (Jovanov, Milenkovic, Otto, & Groen, 2005; Milenkovic, Otto, & Jovanov, 2006).

Εσωτερική Επικοινωνία

Η επικοινωνία στο εσωτερικό του WBAN βασίζεται σε ένα ασύρματο μέσο και μπορεί να επιτυγχάνεται είτε μέσω της αγωγιμότητας του δέρματος είτε μέσω υπέρυθρου φωτός. Εκτός, από αυτές τις επιλογές υπάρχουν και άλλα δύο ασύρματα πρότυπα για ασύρματη επικοινωνία μικρής κλίμακας. Τα πρότυπα αυτά είναι τα Bluetooth Low Energy και ZigBee. Το Bluetooth είναι ένα πρότυπο ασύρματης επικοινωνίας (IEEE 802.15) που βασίζεται σε ραδιοκύματα. Η περιοχή που μπορεί να καλύψει το πρότυπο αυτό φτάνει τα 100 μέτρα, ενώ υποστηρίζει

ταχύτητες μέχρι 721 Kbps. Το πλεονέκτημα του Bluetooth είναι ότι προσφέρει ένα φιλικό προς το χρήστη τρόπο δικτύωσης, ενώ το μειονέκτημα του είναι η υψηλή κατανάλωση ισχύος. Μια καταλληλότερη τεχνολογία για ασύρματα δίκτυα αισθητήρων είναι το Bluetooth Low Energy, η οποία απευθύνεται σε συσκευές που έχουν πολύ μικρή χωρητικότητα μπαταρίας. Οι συσκευές WBAN επωφελούνται από την λιγότερη κατανάλωση ισχύος και μπορούν να συνδέονται για περισσότερο χρονικό διάστημα.

Το πρότυπο ZigBee, που είναι γνωστό και σαν RF-lite, είναι ένα πρότυπο ασύρματης επικοινωνίας (IEEE 802.15.4) χαμηλού κόστους και χαμηλής ισχύος. Το μειονέκτημα του ZigBee είναι ότι υποστηρίζει σχετικά χαμηλό ρυθμό δεδομένων, που φτάνει τα 250 Kbps και μπορεί να καλύψει μια περιοχή το πολύ 50 μέτρων.

Εξωτερική Επικοινωνία

Η εξωτερική επικοινωνία του WBAN βασίζεται σε ασύρματες τεχνολογίες, όπως το Bluetooth, το GSM, το UMTS και το GPRS. Η επιλογή της τεχνολογίας εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την περιοχή κάλυψης και τις απαιτήσεις εκπομπής. Άλλα κριτήρια που τίθενται, όπως η αξιοπιστία και η ασφάλεια, καλύπτεται από πρωτόκολλα του επιπέδου εφαρμογής. Η επιλογή τεχνολογιών, όπως GSM, GPRS και UMTS, είναι ίσως η καταλληλότερη επιλογή γιατί προσφέρει τη δυνατότητα στους χρήστες του WBAN να είναι πραγματικά κινητοί, δηλαδή να έχουν τη δυνατότητα πηγαίνουν οπουδήποτε χωρίς να χάνουν τη συνδεσιμότητά τους.

Το GSM, μια τεχνολογία δεύτερης γενιάς (2G), είναι ένα δίκτυο φωνής και χρησιμοποιείται σε πολλές χώρες. Η τεχνολογία GSM μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως δίκτυο δεδομένων με ελάχιστο ρυθμό μετάδοσης 9,6 Kbps στην κάτω ζεύξη (downlink) και 14,4 Kbps στην άνω ζεύξη (uplink). Το GSM, μια τεχνολογία της γενιάς 2.5G, είναι ένα δίκτυο φωνής και δεδομένων και χρησιμοποιείται πάνω στην εσωτερική υποδομή του GSM. Οι χρονικές σχισμές, που δε

χρησιμοποιούνται από το GSM για συνδέσεις φωνής, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για μετάδοση δεδομένων από το πρωτόκολλ GPRS. Οι ταχύτητες μετάδοσης που προσφέρει το GPRS φτάνουν περίπου τα 50 Kbps που αποτελεί μια σημαντική βελτίωση έναντι του GSM. Το UMTS, μια τεχνολογία τρίτης γενιάς (3G), είναι ένα δίκτυο δεδομένων στα οποία οι ταχύτητες μετάδοσης μπορούν να φτάσουν μέχρι και τα 2 Mbps.

Και ενώ η περιοχή κάλυψης της τεχνολογίας WBAN περιορίζεται στα 2 μέτρα, με την σύνδεση με αυτές τις τεχνολογίες, GSM, GPRS και UMTS, μπορεί να εξαπλώσει την ακτίνα κάλυψης της σε μια πολύ μεγάλη περιοχή, όπως φαίνεται και στο σχήμα 2.

Ασφάλεια

Η αποστολή των πληροφοριών μεταξύ των αισθητήρων σε ένα WBAN υπόκειται στις ακόλουθες απαιτήσεις ασφαλείας: εμπιστευτικότητα δεδομένων, αυθεντικότητα δεδομένων, και την ακεραιότητα δεδομένων. Εμπιστευτικότητα δεδομένων σημαίνει ότι οι διαβιβαζόμενες πληροφορίες είναι αυστηρά προσωπικές και μπορούν μόνο να προσεγγιστούν από εξουσιοδοτημένα πρόσωπα, π.χ. τον θεράποντα ιατρό του ασθενούς. Αυτό, συνήθως, επιτυγχάνεται με την κρυπτογράφηση των πληροφοριών πριν από την αποστολή τους, χρησιμοποιώντας ένα μυστικό κλειδί που μπορεί να είναι είτε συμμετρικό είτε ασύμμετρο. Τα στοιχεία γνησιότητας παρέχουν τα μέσα να διασφαλίσουμε ότι οι πληροφορίες εστάλησαν από τον ισχυριζόμενο ως αποστολέα. Η ακεραιότητα των δεδομένων μας εξασφαλίζει ότι οι ληφθείσες πληροφορίες δεν έχουν αλλοιωθεί.

Η ιδιωτικότητα απαιτεί αποτελεσματικές τεχνικές αυθεντικοποίησης στο WBAN. Τα συστήματα αυθεντικοποίησης είναι δυνατό να κατηγοριοποιηθούν με βάση τη μέθοδο η οποία αξιοποιείται για την πιστοποίηση της ταυτότητας ενός χρήστη. Οι μέθοδοι αυτοί διαχωρίζονται με βάση τα εξής χαρακτηριστικά (NIST – William, Burr, Dodson, & Polk, 2006).

- Κάτι που το λογικό υποκείμενο γνωρίζει (πχ. ένα συνθηματικό ή ένα PIN)
- Κάτι που το λογικό υποκείμενο κατέχει (μαγνητική συσκευή αναγνώρισης πχ έξυπνη κάρτα ή ψηφιακό πιστοποιητικό)
- Κάτι που χαρακτηρίζει το λογικό υποκείμενο με βάση μονοσήμαντα βιομετρικά χαρακτηριστικά του (συστήματα βιομετρικής τεχνολογίας, πχ. εφαρμογές δακτυλικών αποτυπωμάτων, αναγνώριση φωνής και ίριδας ματιού)
- Συνδυασμός των προηγούμενων τριών τύπων.

Η πρώτη μέθοδος είναι ίσως και η ευκολότερη για χρήση όταν στη διαδικασία αυθεντικοποίησης εμπλέκονται μηχανές. Παραδείγματα σχετικών μέσων αυθεντικοποίησης είναι τα συνθηματικά, τα PINs (Personal Identification Numbers), οι συνθηματικές φράσεις, και πληροφορίες σχετικές με το άτομο ή την οικογένεια κάποιου που δεν είναι ευρέως γνωστές. Τα πλεονεκτήματα της μεθόδου αυτής είναι:

- Το μέσο αυθεντικοποίησης είναι πάντα στην κατοχή του χρήστη.
- Το μέσο αυθεντικοποίησης μπορεί να αλλάξει εύκολα.
- Η προστασία του μέσου αυθεντικοποίησης είναι σχετικά εύκολη.

Η δεύτερη μέθοδος δεν είναι τόσο επιρρεπής σε αντιγραφή όσο η πρώτη. Η μέθοδος αυτή βασίζεται στην κατοχή από τον αυθεντικοποιούμενο ενός αντικειμένου, π.χ. μιας κάρτας (απλής, μαγνητικής, έξυπνης), ενός κλειδιού ή μιας γεννήτριας πρόκλησης – απάντησης. Είναι φανερό ότι ο ιδιοκτήτης των αντικειμένων αυτών πρέπει να καταβάλει προσπάθεια να τα προστατεύσει από κλοπή ή απώλεια. Ακριβώς αυτά τα δύο προβλήματα είναι και τα βασικά μειονεκτήματα αυτής της μεθόδου αυθεντικοποίησης.

Η τρίτη μέθοδος βασίζεται στην αναγνώριση και επαλήθευση ατομικών χαρακτηριστικών του αυθεντικοποιούμενου. Χαρακτηριστικά που έχουν κατά καιρούς προταθεί ως πιθανά για τέτοια

χρήση κατηγοριοποιούνται σε φυσιολογικά (ή ανθρωπομετρικά) χαρακτηριστικά και σε χαρακτηριστικά συμπεριφοράς. Η μέθοδος αυτή είναι πολύ αποτελεσματικότερη από τις άλλες δύο και πλησιάζει περισσότερο στον ανθρώπινο τρόπο της επαλήθευσης της ταυτότητας κάποιου.

Η τελευταία μέθοδος αυθεντικοποίησης απαιτεί από το χρήστη να συνδέεται με τοσύστημα από ένα σημείο που ανήκει σε μια προκαθορισμένη λίστα σημείων. Παραδείγματα της μεθόδου αυτής αποτελούν η απαίτηση των συστημάτων Unix ο διαχειριστής να συνδέεται μόνο από την κονσόλα ή από ένα συγκεκριμένο τερματικό. Στον πίνακα 1 παρουσιάζονται τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της κάθε μίας μεθόδου.

Οι μηχανισμοί ασφαλείας που χρησιμοποιούνται στα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων δεν παρέχουν τις επιθυμητές λύσεις που πρέπει να χρησιμοποιούνται στα WBAN τα οποία έχουν ειδικά χαρακτηριστικά που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά τον σχεδιασμό της αρχιτεκτονικής ασφάλειας. Ο αριθμός των αισθητήρων του ανθρώπινου σώματος, καθώς και η απόσταση μεταξύ των διαφόρων κόμβων, συνήθως είναι αρκετά περιορισμένη. Επιπλέον, οι αισθητήρες που είναι εγκατεστημένοι σε ένα WBAN είναι υπό την εποπτεία ενός ατόμου που γνωρίζει τις συσκευές αυτές. Αυτό σημαίνει ότι είναι δύσκολο για έναν εισβολέα να έχει αποκτήσει άμεση πρόσβαση στους κόμβους αυτούς χωρίς να ανιχνευθεί. Κατά το σχεδιασμό των πρωτοκόλλων ασφαλείας για WBAN, τα χαρακτηριστικά αυτά θα πρέπει να ληφθούν υπόψη προκειμένου να καθοριστούν οι βέλτιστες λύσεις σε σχέση με τους διαθέσιμους πόρους στο συγκεκριμένο περιβάλλον. Αν και η παροχή επαρκούς ασφάλειας αποτελεί καίριο παράγοντα για την αποδοχή των WBAN, παρόλα αυτά λίγη έρευνα έχει γίνει στο συγκεκριμένο τομέα. Ένα από τα πιο κρίσιμα στοιχεία για την υποστήριξη της αρχιτεκτονικής ασφάλειας είναι το κλειδί διαχείρισής του. Περαιτέρω, η ασφάλεια και η προστασία των μηχανισμών προστασίας

χρησιμοποιούν ένα χαρακτηριστικό μέρος των διαθέσιμων πόρων και κατά συνέπεια πρέπει να γίνουν ενεργειακά αποδοτικοί και λιγότερο ενεργοβόροι.

Μια λύση για την ακεραιότητα και την ανανέωση των δεδομένων προτάθηκε στην εργασία (Balasubramanyn, Thamilarasu, & Sridhar, 2007). Ο αλγόριθμός τους για την ακεραιότητα των δεδομένων βασίζεται στη μέτρηση του επιτρεπόμενου χρονικού ορίου επιστροφής και είναι υπολογιστικά εφικτός (Guennoun, Zandi, & El-Khatib, 2008). Στην εργασία (Singelee, 2008) ένας μηχανισμός ασφαλείας προστέθηκε στο πρωτόκολλο CICADA. Με αυτόν τον τρόπο, το πρωτόκολλο CICADA έγινε ένα από τα πρώτα πρωτόκολλα, όπου οι κατάλληλοι μηχανισμοί ασφαλείας ενσωμάτωσαν το πρωτόκολλο επικοινωνίας με παράλληλη αντιμετώπιση του κύκλου ζωής των αισθητήρων.

Μία άλλη πολλά υποσχόμενη λύση για τη διαχείριση κλειδών είναι η χρήση βιομετρικών στοιχείων. Η Βιομετρική είναι μια τεχνική γνωστή ως αυτόματη αναγνώριση και επαλήθευση ενός ατόμου μέσα από τα συμπεριφοριστικά χαρακτηριστικά του. Στην εργασία (Gyselinckx, 2008) προτείνεται ένας αλγόριθμος που βασίζεται σε βιομετρικά δεδομένα και μπορούν να χρησιμοποιηθεί για να διασφαλιστεί η αυθεντικότητα, η εμπιστευτικότητα και η ακεραιότητα των διαβιβαζόμενων δεδομένων μεταξύ μιας προσωπικής συσκευής και όλων των άλλων κόμβων. Αλγόριθμοι που χρησιμοποιούν την καρδιακή συχνότητα με σκοπό να παράγουν ένα κλειδί παρουσιάζονται στις εργασίες (Bao, Poon, Zhang, & Shen, 2008; Bui & Hatzinakos, 2008). Οι προγραμματιστές της τεχνολογίας WBAN θα πρέπει να λάβουν υπόψη τα ζητήματα προστασίας της ιδιωτικότητας.

Θέματα Διαχείρισης Ενέργειας

Όλες οι συσκευές του WBAN απαιτούν μια ενεργειακή πηγή για τη συλλογή δεδομένων, την προεπεξεργασία των δεδομένων και την μετάδοσή τους, οπότε δημιουργήθηκαν κατάλληλες ενεργειακές πηγές. Οι περισσότερες συσκευές WBAN είναι εξοπλισμένες με μπαταρίες, οι οποίες μπορεί να μην αντικατασταθούν ποτέ, όπως για παράδειγμα σε περιπτώσεις που έχουν εμφυτευθεί μέσα στο ανθρώπινο σώμα. Για το λόγο αυτό τεχνικές όπως η απομακρυσμένη επαναφόρτιση μπαταρίας, είναι πολύ σημαντικές. Άλλες τεχνικές που χρησιμοποιούνται είναι η φόρτιση η φόρτιση των μπαταριών μέσω άλλων ειδών ενέργειας, όπως της κινητικής που χρησιμοποιείται για να φορτίσει τις μπαταρίες από την κίνηση του ανθρώπου που φέρει τις WBAN συσκευές. Επίσης, ερευνητές στο MIT έχουν αναφέρει πρόσφατα ότι ασύρματες μεταδόσεις ενέργειας σε ηλεκτρονικές συσκευές από μικρή απόσταση είναι εφικτές χρησιμοποιώντας ηλεκτρομαγνητικά επιφανειακά κύματα (evanescent waves) (Kurs et al., 2007).

Εφαρμογές της τεχνολογίας WBAN

Εφαρμογές στην Υγεία

Η τεχνολογία WBAN όπως αναλύσαμε και σε προηγούμενο κεφάλαιο βρίσκει άμεση εφαρμογή στο χώρο της υγείας με την παρακολούθηση των ασθενών, οι οποίοι δε χρειάζεται να βρίσκονται στο νοσοκομείο αλλά μπορούν να κινούνται στο φυσικό τους περιβάλλον. Το έργο CodeBlue στο Πανεπιστήμιο Harvard (Shnayder et al., 2005) αφορά ένα νοσοκομειακό περιβάλλον όπου πολλαπλοί κόμβοι μπορούν να τοποθετηθούν σε κάποιο τοίχο. Οι ασθενείς μπορούν να εγγραφούν στο δίκτυο αυτό με τη διαδικασία της πολυεκπομπής.

Βασισμένο στην αρχιτεκτονική του έργου CodeBlue είναι και το έργο Advanced Health and Disaster Aid Network (AID-N) που κατασκευάζεται στο Πανεπιστήμιο John Hopkins (Gao et

al., 2007) για μαζικά ατυχήματα που μπορούν να τύχουν σε ασθενείς. Στο έργο αυτό έχουν προστεθεί πρόσθετες ασύρματες δυνατότητες, όπως WiFi και κυβελωτά δίκτυα. Ένα άλλο έργο που αναπτύσσεται είναι το Wearable Health Monitoring Systems (WHMS). Το έργο αυτό αναπτύσσεται από το Πανεπιστήμιο Alabama (Milenkovic, Otto, & Jovanov, 2006) και στοχεύει σε μεγάλης κλίμακας τηλεϊατρικά συστήματα για παρακολούθηση ασθενών. Αντίθετα με τα έργα CodeBlue και AID-N, το WHMS έχει μια τοπολογία αστέρα για κάθε ασθενή, που συνδέεται μέσω WiFi ή κυβελωτού δικτύου σε ένα ιατρικό πάροχο.

Εφαρμογές στην Επικοινωνία Ανθρώπου – Υπολογιστή

Οι παραδοσιακές διεπαφές εισόδου του υπολογιστή, όπως το πληκτρολόγιο, το ποντίκι ή οι οθόνες αφής, μπορούν να αντικατασταθούν από συσκευές WBAN που μπορούν αυτόματα να αναγνωρίζουν τις ανθρώπινες κινήσεις και δραστηριότητες και τους ανθρώπινους μορφασμούς.

Οι άνθρωποι με μειωμένες κινητικές ικανότητες μπορούν να ωφεληθούν από την τεχνολογία WBAN. Η intra-WBAN επικοινωνία που προτείνονται στο (Ruiz & Shimamoto, 2006) μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να βοηθήσουν τους ανθρώπους με αναπηρία. Για παράδειγμα, ένας αισθητήρας μπορεί να μπει στα παπούτσια ενός ανθρώπου με μειωμένη όραση και να του στέλνει φωνητικά μηνύματα με την τρέχουσα τοποθεσία που βρίσκεται. Έρευνες στο Πανεπιστήμιο του MIT Media Lab έχουν παράγει το MITHril (Pentland, 2004), το οποίο είναι μια φορέσιμη υπολογιστική πλατφόρμα που περιλαμβάνει ηλεκτροδιαγράφημα, θερμοκρασία σώματος και ένα αισθητήρες σώματος.

Επίσης, το Microsystems Platform for Mobile Services and Applications (MIMOSA) (Jantunen, Laine, Huuskonen, Trossen, & Ermolov, 2004) είναι ένα ερευνητικό πρόγραμμα παρόμοιο με το WHMS, αλλά χρησιμοποιεί ένα κινητό τηλέφωνο που αποτελεί την Κινητή Μονάδα Βάσης του συστήματος WBAN.

Συμπεράσματα

Η τεχνολογία WBAN διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στις φιλόδοξες εφαρμογές της παρακολούθησης ασθενών και απολαμβάνει ένα μεγάλο μερίδιο της αγοράς αυτής. Στην εργασία αυτή παραθέσαμε μια αναλυτική αναφορά των της πολλά υποσχόμενης αυτής τεχνολογίας, περιλαμβάνοντας θέματα για την αρχιτεκτονική, επικοινωνία, ασφάλεια, διαχείριση ενέργειας και τις εφαρμογές της.

Η τεχνολογία WBAN αναμένεται να είναι μια πολύ χρήσιμη τεχνολογία και να προσφέρει πολλά οφέλη σε ασθενείς, ιατρικό προσωπικό και στην κοινωνικά γενικότερα με τη συνεχή παρακολούθηση και πρόωρη εύρεση πιθανών απειλών. Με την τρέχουσα τεχνολογική επανάσταση, οι αισθητήρες και οι ενεργοποιητές θα εφαρμοστούν ευρέως στο ανθρώπινο σώμα, με αποτέλεσμα να βελτιώσουν την ποιότητα ζωής.

Ενώ η τεχνολογία WBAN υπόσχεται πολλές διευκολύνσεις στον τομέα της παρακούθησης ασθενών, υπάρχουν πολλά ανοικτά ζητήματα που πρέπει να επιλυθούν. Πιο συγκεκριμένα, σε εφαρμογές που χρησιμοποιείται η τεχνολογία WBAN και είναι κρίσιμη για τη ζωή των ασθενών, πρέπει πρώτα να γίνουν διεξοδικές μελέτες και πειράματα πριν εφαρμοστεί η τεχνολογία αυτή. Επίσης, ένα άλλο ανοικτό ζήτημα είναι ο σχεδιασμός των πρωτοκόλλων ασφαλείας για το WBAN. Τα χαρακτηριστικά της τεχνολογίας θα πρέπει να ληφθούν υπόψη προκειμένου να καθοριστούν οι βέλτιστες λύσεις σε σχέση με τους διαθέσιμους πόρους στο συγκεκριμένο περιβάλλον.

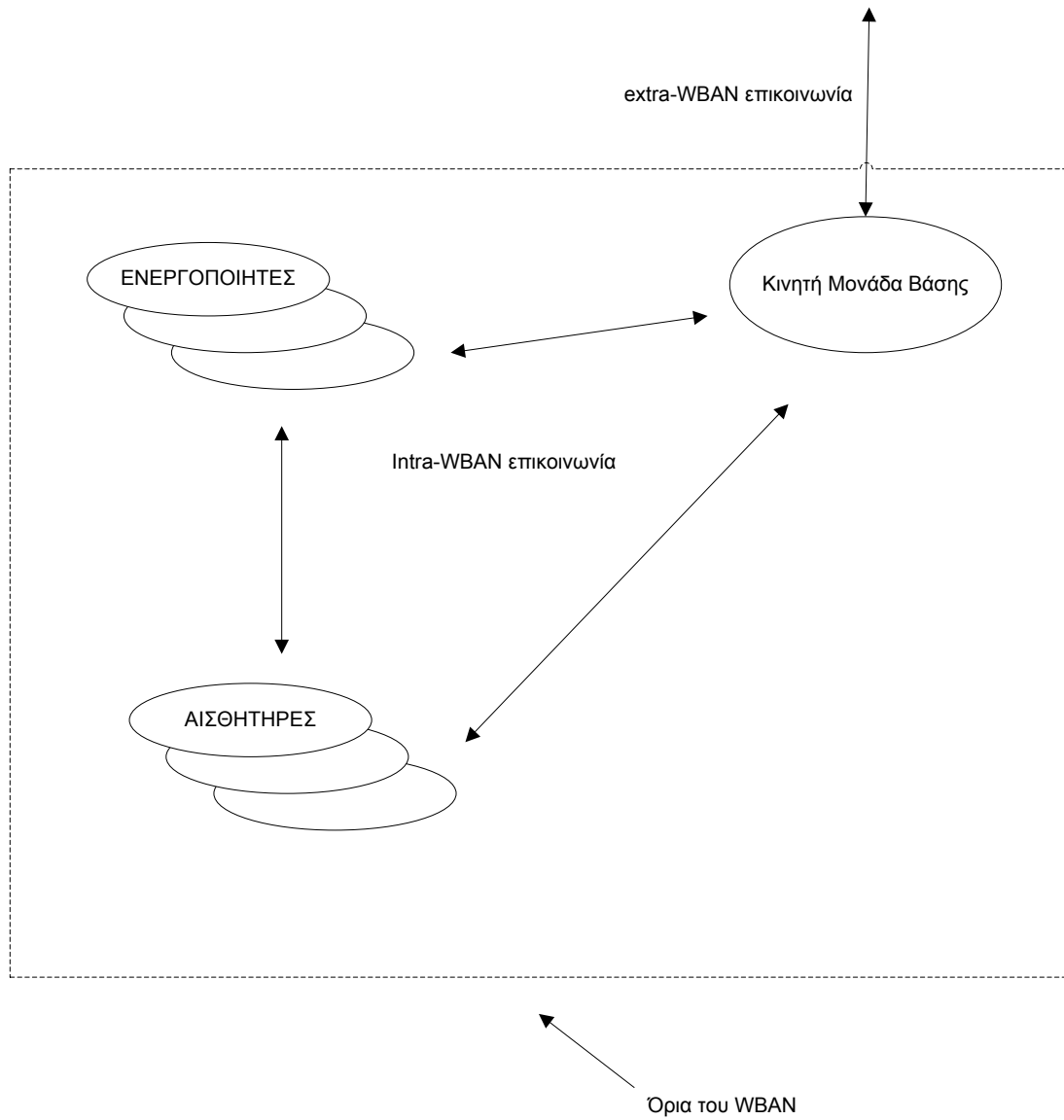
Βιβλιογραφία

- Akyildiz, I., Su, W., Sankarasubramaniam, Y., & Cayirci, E., A survey on sensor networks, *IEEE Communications Magazine*, 40(8), 102 - 114.
- Balasubramanyan, V., Thamilarasu, G., & Sridhar, R. (2007). Security solution for data integrity in wireless biosensor networks, in *Distributed Computing Systems Workshops, ICDCSW '07. 27th International Conference on, Toronto, Ont.*, 79 - 79.
- Bao, S., Poon, S., Zhang, Y., & Shen, L., Using the timing information of heartbeats as an entity identifier to secure body sensor network, *Information Technology in Biomedicine, IEEE Transactions on*, 12(6), 772 – 779.
- Drude, S. (2007). Requirements and application scenarios for body area networks, in *Mobile and Wireless Communications Summit, 16th IST*, Budapest, Hungary, 1 - 5.
- Gao, T., Massey, T., Selavo, L., Crawford, D., Bor-rong Chen, Lorincz, K., Shnayder, V., Hauenstein, L., Dabiri, F., Jeng, J., Chanmugam, A., White, D., Sarrafzadeh, M., Welsh, M. (2007). The Advanced Health and Disaster Aid Network: A Lightweight Wireless Medical System for Triage, *IEEE Trans. Biomedical Circuits and Sys.*, 1(3), 203 –216.
- Guennoun, M., Zandi, M., & El-Khatib, K. (2008). On the use of biometrics to secure wireless biosensor networks, in *Information and Communication Technologies: From Theory to Applications, ICTTA 2008. 3rd International Conference on, Damascus*, 1 - 5.
- Gyselinckx, B., Van Hoof, C., Ryckaert, J., Yazicioglu, R., Fiorini, P. & Leonov, V. (2005). Human++: autonomous wireless sensors for body area networks, in *Custom Integrated Circuits Conference, Proceedings of the IEEE 2005*, 13 - 19

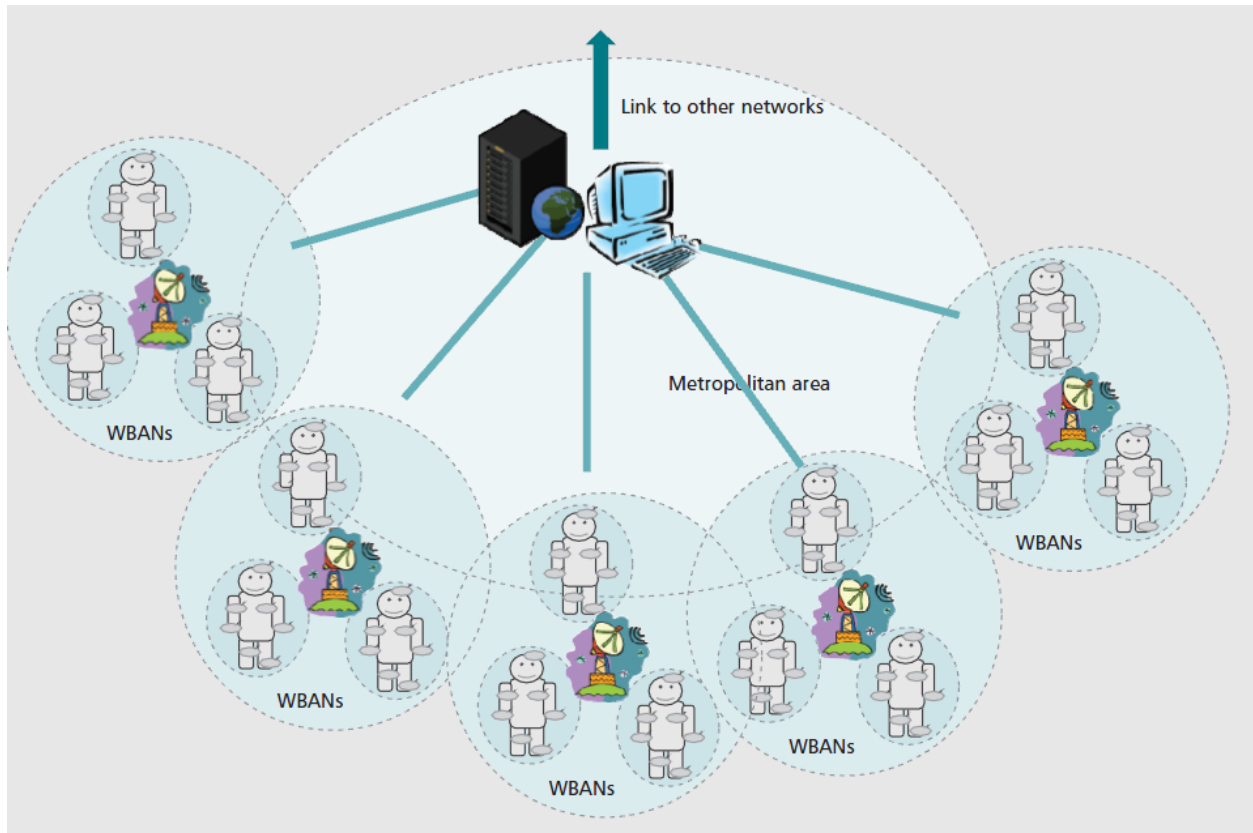
- Hoyt, R., Reifman, J., Coster, T., & Buller, M. (2002). Combat medical informatics: present and future, in *Proceedings of the AMIA 2002 annual symposium*, San Antonio, TX, 335- 339.
- Jantunen, I., Laine, H., Huuskonen, P., Trossen, D., & Ermolov, V. (2004). Smart Sensor Architecture for Mobile-Terminal-Centric Ambient Intelligence, *Sensors and Actuators A: Physical*, 142(1), 352 – 360.
- Jovanov, E., Milenkovic, A., Otto, C., & de Groen, P. (2005). A wireless body area network of intelligent motion sensors for computed assisted physical rehabilitation. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 2 - 6.
- Jurik, A., & Weaver, A. (2008). Remote medical monitoring, *Computer*, 41(4), 96 – 99.
- Kurs, A., Karalis, A., Moffatt, R., Joannopoulos, J., Fisher, P., Soljacic, M. (2007). Wireless Power Transfer via Strongly Coupled Magnetic Resonances, *Science*, 317(5834), 83 – 86.
- Latre, B., Vermeeren, G., Moerman, I., Martens, L., & Demeester, P. (2004). Networking and propagation issues in body area networks, in *11th Symposium on Communications and Vehicular Technology in the Benelux, SCVT*, Ghent, Belgium.
- Latre, B., Braem, B., Moerman, I., Blondia, C., Reusens, E., Joseph, W., & Demeester, P. (2007). A low-delay protocol for multihop wireless body area networks, in *4th Annual International Conference on Mobile and Ubiquitous Systems: Networking & Services, Workshop PerNets*, Philadelphia, PA, USA, 479 - 486.
- Li, H., Takizawa, K., Zhen, B., & Kohno, R. (2007). Body area network and its standardization at IEEE 802.15.MBAN, in *Mobile and Wireless Communications Summit, 16th IST*, Budapest, Hungary, 1 - 5.

- Lo, B., & Yang, G. (2006). Body sensor networks: Infrastructure for life science sensing research, in *Life Science Systems and Applications Workshop, IEEE/NLM*, Bethesda, MD, 1- 2.
- Milenkovic, A., Otto, C., & Jovanov, E. (2006). Wireless sensor networks for personal health monitoring: Issues and an implementation, *Computer Communications, Wireless Sensor Networks and Wired/Wireless Internet Communications*, 29(13-14), 2521 – 2533.
- NIST – William, E., Burr, D, Dodson, W., Polk, T. (2006). Electronic Authentication Guideline, Retrieved from http://csrc.nist.gov/publications/nistpubs/800-63/SP800-63V1_0_2.pdf
- Otto, C., Milenkovic, A., Sanders, C., & Jovanov, E., System architecture of a wireless body area sensor network for ubiquitous health monitoring, *Journal of Mobile Multimedia*, 1(4), 307 – 326.
- Park, S. & Jayaraman, S. (2003). Enhancing the quality of life through wearable technology. *Engineering in Medicine and Biology Magazine, IEEE*, 22, 41 – 48.
- Pentland, S. (2004). Healthwear: Medical Technology Becomes Wearable, *Computer*, 37(5), 42 –49.
- Poon, C., Zhang, Y., & Bao, S. (2006). A novel biometrics method to secure wireless body area sensor networks for telemedicine and m-health, *IEEE Communications Magazine*, 44(4), 73 – 81.
- Ruiz, J., & Shimamoto, S. (2006). Novel Communication Services Based on Human Body and Environment Interaction: Applications inside Trains and Applications for Handicapped People, *Proc. IEEE WCNC 2006*, Las Vegas, NV.

- Schmidt, R., Norgall, T., Morsdorf, J., Bernhard, J., & von der G"un, T. (2002). Body area network ban - a key infrastructure element for patient-centered medical applications. *Biomedizinische Technik, Biomedical engineering*, 47(1), 365 – 368.
- Shnayder, V., Chen, B., Lorincz, K., Thaddeus, R., Jones, F., & Welsh, M. (2005). Sensor Networks for Medical Care, *Harvard Univ. tech. rep. TR-08-05*, Retrieved from <http://delivery.acm.org/10.1145/1100000/1098979/p314-shnayder.pdf?key1=1098979&key2=1612725921&coll=DL&dl=ACM&CFID=5778117&CFTOKEN=62572991>
- Singelee, D., Latre, B., Braem, B., De Soete, M., De Cleyn, P., Preneel, B., Moerman, I., & Blondia, C. (2008). A secure crosslayer protocol for multi hop wireless body area networks, in *7th International Conference on AD-HOC Networks & Wireless (ADHOCNOW 2008)*, vol. LNCS 5198, France, 94 - 107
- Van Dam, K., Pitchers, S., & Barnard, M. (2001). Body area networks: Towards a wearable future. in *Proceedings of WWRF kick of meeting*, Munich, Germany, 6-7.
- Watteyne, T., Auge-Blum, S., Dohler, M., & Barthel, D. (2007). Anybody: a self-organization protocol for body area networks, in *Second International Conference on Body Area Networks (BodyNets)*, Florence, Italy.



Σχήμα 1: Επικοινωνία στο εσωτερικό και εξωτερικό ενός WBAN συστήματος



Σχήμα 2: Διασύνδεση συστήματος WBAN με εξωτερικά δίκτυα

Πίνακας 1
Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα μεθόδων αυθεντικοποίησης

Μέθοδος	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Κάτι που γνωρίζεις	<ol style="list-style-type: none"> 1. Εύκολη υλοποίηση και εφαρμογή 2. Τροποποιούνται εύκολα 3. Δε χάνονται ή κλέβονται 4. Αν και είναι απλά στη χρήση τους, στην περίπτωση που είναι ένας μοναδικός συνδυασμός αριθμών και γραμμάτων, δεν αποκαλύπτονται εύκολα 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Τα τεκμήρια αυθεντικοποίησης εύκολα μπορούν να αντιγραφούν 2. Συνήθως είναι εύκολο να τα μαντέψει κανείς, χωρίς ιδιαίτερες τεχνικές γνώσεις 3. Συνήθως μπορούν να αποκαλυφθούν με αυτοματοποιημένες μεθόδους
Κάτι που έχεις	<ol style="list-style-type: none"> 1. Δεν αντιγράφονται εύκολα καθώς κατασκευάζονται από ειδικά υλικά τα οποία δεν είναι ευρέως διαθέσιμα 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Υψηλό κόστος 2. Μπορούν να χαθούν ή να κλαπούν
Κάτι που είσαι	<ol style="list-style-type: none"> 1. Παρέχουν μεγαλύτερη ασφάλεια από τον Τύπο I και Τύπο II. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Δυσκολίες στην κατασκευή αξιόπιστων συσκευών αναγνώρισης με χαμηλό κόστος 2. Δεν είναι αλάνθαστα

**Πανεπιστήμιο Μακεδονίας
ΔΠΜΣ στα Πληροφοριακά Συστήματα
Δίκτυα Υπολογιστών
Καθηγητής Α.Α Οικονομίδης**

**Wireless Body Area Networks
(Ασύρματα Σωματικά Δίκτυα)**

Τζίκας Εμμανουήλ

Θεσσαλονίκη, Ιανουάριος 2011

