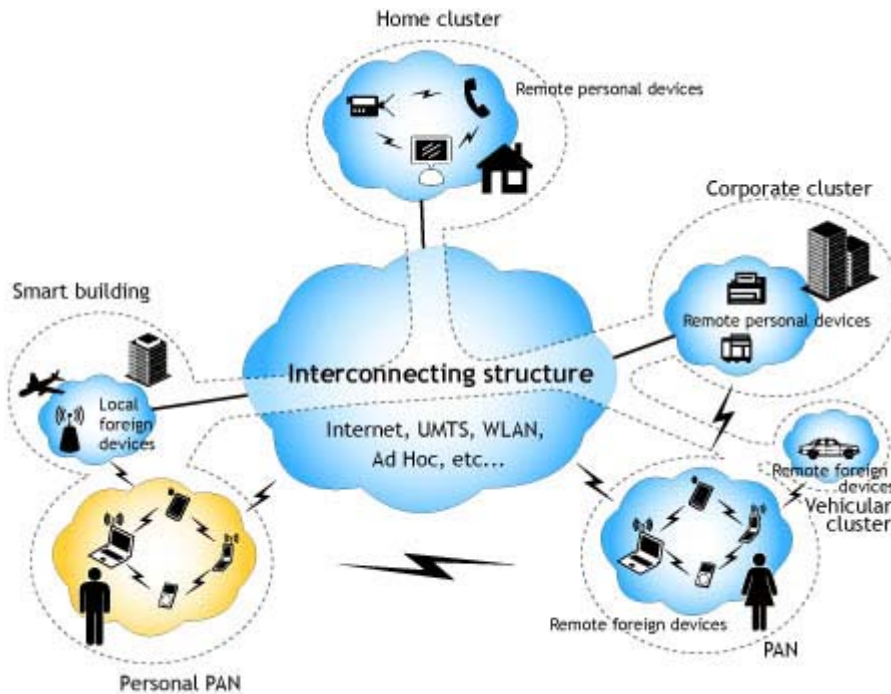
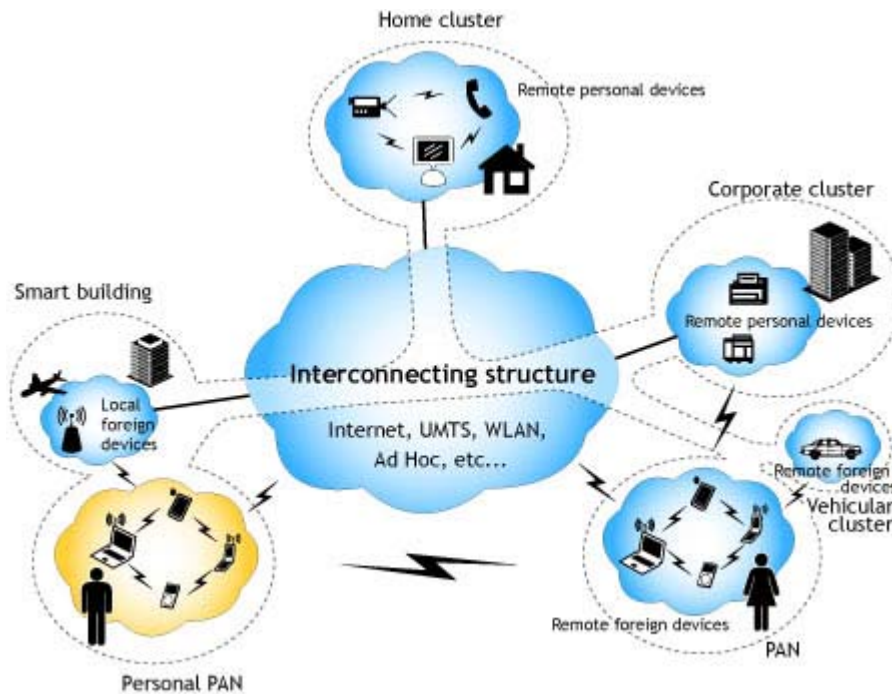


# Body and Personal Area Networks (PANs)



**Karamanou Areti,  
University of Macedonia,  
Master Information Systems,  
Networking Technologies,  
Professors: A.A. Economides & A. Pomportsis,  
Thessaloniki, February 2007**

# Δίκτυα Προσωπικής Περιοχής



**Καραμάνου Αρετή,  
Πανεπιστήμιο Μακεδονίας,  
ΔΠΜΣ Πληροφοριακά Συστήματα,  
Τεχνολογίες Τηλεπικοινωνιών και Δικτύων,  
Καθηγητές: Α.Α. Οικονομίδης & Α. Πομπόρτσας,  
Θεσσαλονίκη, Φεβρουάριος 2007**

## **Abstract**

The field of electronic communication has come a long way from the days of bulky radio trans-receivers. Today a large fraction of this field is focussed on making communication more '*personal*', more individual-oriented. The aim being that the user can communicate effectively with any other individual or for that matter with any component of his environment. As a result with electronic devices becoming smaller, lower in power requirements, and less expensive, we have begun to adorn our bodies with personal information and communication appliances. Such devices include cellular phones, personal digital assistants (PDAs), pocket video games, and pagers. The next step is obviously to enable these devices to communicate with each other and also with the individual, effectively forming a network around the user. This is the concept of a Personal Area Network (PAN). If all this sounds like some far of dream in the mind of a frizzy haired scientist it isn't. Scientists at IBM are perfecting a new Personal Area Network technology that uses the natural electrical conductivity of the human body to transmit electronic data.

## Περίληψη

Ο τομέας των ηλεκτρονικών επικοινωνιών έχει πλέον ξεπεράσει κατά πολύ τις ημέρες των bulky πομποδεκτών ραδιοκυμάτων. Σήμερα, ένα μεγάλο ποσοστό αυτού του τομέα στηρίζεται στην μετατροπή των τηλεπικοινωνιών σε πιο προσωπική και ανεξάρτητη μορφή. Στόχος είναι οι χρήστες να μπορούν αν επικοινωνούν αποτελεσματικά με οποιοδήποτε άλλο χρήστη και επιπλέον με οποιοδήποτε άλλο στοιχείο του περιβάλλοντός τους. Όσο λοιπόν οι ηλεκτρονικές συσκευές γίνονται όλο και πιο μικρές, με μικρότερες ενεργειακές απαιτήσεις, και λιγότερο ακριβές, έχουμε αρχίσει να υπερφορτώνουμε το σώμα μας με προσωπικές πληροφορίες και συσκευές επικοινωνίας. Τέτοιου είδους συσκευές είναι τα κινητά τηλέφωνα, τα PDAs, τα ηλεκτρονικά παιχνίδια τσέπης, και οι pagers. Προφανώς λοιπόν το επόμενο βήμα είναι να επιτρέψουμε σε αυτές τις συσκευές να επικοινωνήσουν μεταξύ τους και με κάθε χρήστη, δημιουργώντας αποτελεσματικά ένα δίκτυο γύρω από αυτόν. Αυτό είναι και το θέμα των Personal Area Network (PAN).

## Table of Contents

1. Introduction.....	7
2. PAN Background.....	8
3. Using the body as a communication medium.....	9
3.1 Passing the electric current through the body.....	12
3.2 Modulation Strategies.....	12
3.3 Data transmission speeds.....	13
3.4 Power and Security.....	13
3.5 PAN Devices.....	14
4. State of Technology.....	15
4.1 Issues and Concerns.....	16
4.2 Applications of the Technology.....	17
4.3 Using The Body to Transfer Power.....	18
4.4 Why Electrostatic and not Infrared Communication?.....	19
4.5 Why Electrostatic and not Communication using RF?.....	19
4.6 Case Study: Mobile Kärpät.....	21
4.7 Expanding The Horizons Of PANS.....	21
5. Conclusion.....	22
6. References.....	24

## Περιεχόμενα

1. Εισαγωγή.....	7
2. Το υπόβαθρο της τεχνολογίας PAN.....	8
3. Χρησιμοποιώντας το σώμα σαν μέσο μεταφοράς.....	9
3.1 Πέρασμα του ηλεκτρικού ρεύματος μέσα από το σώμα.....	12
3.2 Στρατηγικές Διαμόρφωσης.....	12
3.3 Ταχύτητες Μεταφοράς Δεδομένων.....	13
3.4 Ενέργεια και Ασφάλεια.....	13
3.5 Συσκευές PAN .....	14
4. Παρουσίαση της Τεχνολογίας.....	15
4.1 Διάφορα Θέματα.....	16
4.2 Εφαρμογές της Τεχνολογίας.....	17
4.3 Χρήση του Σώματος για Μεταφορά Ενέργειας.....	18
4.4 Γιατί Ηλεκτροστατική και όχι μεταφορά μέσω Υπερύθρων;...19	
4.5 Γιατί Ηλεκτροστατική και όχι μεταφορά με RF;.....	19
4.6 Case Study: Mobile Kärpät.....	21
4.7 Επέκταση των Οριζόντων των PANs.....	21
5. Επίλογος – Συμπεράσματα.....	22
6. Βιβλιογραφία.....	24

## 1. Εισαγωγή

Έχετε ποτέ αναρωτηθεί πόσο χρόνο ξοδεύουμε κάθε μέρα προσπαθώντας, να έρθουμε σε επικοινωνία με την οικογένειά μας, τους φίλους ή τους συναδέλφους μας; Πόσο χρόνο ξοδεύουμε για να έχουμε πρόσβαση σε πληροφορίες που είναι κρίσιμες για τις καθημερινές μας δραστηριότητες; Έχοντας σαν στόχο να κρατάμε συνέχεια επαφή με άτομα που μας ενδιαφέρουν και χρειαζόμαστε, και επιπλέον να έχουμε πρόσβαση σε οποιαδήποτε χρήσιμη πληροφορία, οπουδήποτε και αν βρισκόμαστε και οποιαδήποτε σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή, είμαστε αναγκασμένοι να μεταφέρουμε μαζί μας πάρα πολλές συσκευές. Τυπικά, κάποιος μπορεί να χρειάζεται να μεταφέρει πάνω του ένα κινητό τηλέφωνο, ένα PDA, ένα φορητό υπολογιστή, ένα mp3-player κτλ. Μπορεί να είναι πολύ απαραίτητο να το κάνουμε αυτό, αλλά κάποια στιγμή αρχίζουν και τα προβλήματα. Αυτά αφορούν όλη αυτή την πολυπλοκότητα του να χρησιμοποιείς τόσες πολλές διαφορετικές συσκευές, του να καταφέρεις να διατηρήσεις κάποιο συγχρονισμό ανάμεσά τους και φυσικά η ενόχληση του να τα κουβαλάς μαζί σου συνέχεια. Κάποιος ο οποίος μεταφέρει ένα ρολόι, ένα κινητό τηλέφωνο, ένα mp3-player, ένα PDA, και έναν φορητό υπολογιστή, είναι αναγκασμένος να κουβαλάει ταυτόχρονα πέντε οθόνες, τρία πληκτρολόγια, δυο speakers, δυο μικρόφωνα και τρεις συσκευές επικοινωνίας[1]. Όλη αυτή η υπερφόρτωση συσκευών εισόδου/εξόδου αποτελεί προϊόν ανικανότητας των συσκευών να ανταλλάσσουν δεδομένα. Με την κατάλληλη διαδίκτυωση όμως όλες οι παραπάνω συσκευές μπορούν να διατηρούν κοινοχρησία εισόδου/εξόδου, αποθήκευσης και άλλων υπολογιστικών πόρων.

Το πρόβλημα επομένως αφορά την ανικανότητα αυτών των συσκευών να επικοινωνούν μεταξύ τους με χαρακτηριστικό την διαφάνεια. Και δεν πρόκειται φυσικά για κάποιο εφιαλτικό σενάριο δικτύωσης όλων αυτών των συσκευών μέσω καλωδίων, αλλά η λύση η οποία προτείνεται βασίζεται στις παρακάτω παραδοχές. Επιδιώκουμε λοιπόν:

- Να αφαιρέσουμε οποιαδήποτε πλεονάζουσα συσκευή εισόδου/εξόδου ή αποθηκευτική συσκευή.
- Να επιλέξουμε έναν άμεσο και διάφανο τρόπο ενδοεπικοινωνίας

- Ασφάλεια: Η μεταφορά δεδομένων ανάμεσα στις συσκευές πρέπει να είναι ασφαλής και θα πρέπει να περιορίζεται στις υπάρχουσες συσκευές.
- Η κατανάλωση ενέργειας να είναι πολύ μικρή (έως και μηδενική)
- Να εξασφαλίσουμε την ικανότητα να επεκτείνουμε την εμβέλεια της επικοινωνίας ανάμεσα στις συσκευές και σε επιπλέον συσκευές, όπως σταθεροί υπολογιστές κτλ.

Ποιες λοιπόν θα μπορούσαν να είναι οι εφικτές λύσεις στο παραπάνω πρόβλημα; Ένας τρόπος μεταφοράς δεδομένων μεταξύ δυο συσκευών είναι η χρήση εκπομπής ραδιοκυμάτων - RF (Radio Frequency). Καθώς η ολοένα και αυξανόμενη χρήση των συσκευών ασύρματης τεχνολογίας (π.χ. κινητά τηλέφωνα, και RF LANs) έχει σαν αποτέλεσμα την κάλυψη του περιορισμένου φάσματος RF, η επικοινωνία κοντινού πεδίου αποτελεί μια εναλλακτική λύση στην υπερφόρτωση των ραδιοκυμάτων με δεδομένα. Επιπλέον, δεν θα πάψουμε ποτέ να συνδέουμε τις RF επικοινωνίες με πρωτεύοντα θέματα ασφάλειας των δεδομένων. Οι μακρινού πεδίου RF επικοινωνίες μεταφέρουν πάντα την υποψία της διαρροής και παρεμβολής εξαιτίας των ισοτροπικών ιδιοτήτων ενός ραδιοπομπού. Ένα άλλο ζήτημα αφορά επίσης την κατανάλωση ενέργειας. Από την άλλη, η τεχνολογία των υπέρυθρων (IR) θα μπορούσε να αποτελεί άλλη μια εφικτή λύση, όμως όχι και τόσο κατάλληλη για επικοινωνία μεταξύ συσκευών ενσωματωμένων σε πορτοφόλια, τσέπες ρούχων κτλ. Η τεχνολογία IR βασίζεται σε μεταφορά οπτικής επαφής, πράγμα που την καθιστά δύσκολη στο να διατηρηθεί σε συσκευές που είναι τοποθετημένες πάνω στο ανθρώπινο σώμα και οι οποίες βρίσκονται διαρκώς σε κίνηση. Παράλληλα, η διάχυτη χρήση της τεχνολογίας IR, απαιτεί υψηλή οπτική ενέργεια, η οποία συνήθως αναφέρεται σε εκατοντάδες milliwatts. Σε αντίθεση με τις παραπάνω τεχνολογίες, τα Personal Area Networks, εφαρμόζονται σε κοντινά πεδία, χρησιμοποιώντας το ηλεκτρικό τους πεδίο. Οι PAN συσκευές οι οποίες χρησιμοποιούν ηλεκτροστατική ζεύξη, αντιμετωπίζουν το ανθρώπινο σώμα σαν ένα «βρεγμένο καλώδιο» και μπορούν να λειτουργήσουν με διαφορετικά milliwatts ενέργειας.

## **2. Το υπόβαθρο της τεχνολογίας PAN**

Η ανάπτυξη των Δικτύων Προσωπικής Περιοχής (PANs), προήλθε έπειτα από μια συνάντηση μεταξύ του Personal Information Architecture Group με υπεύθυνο τον



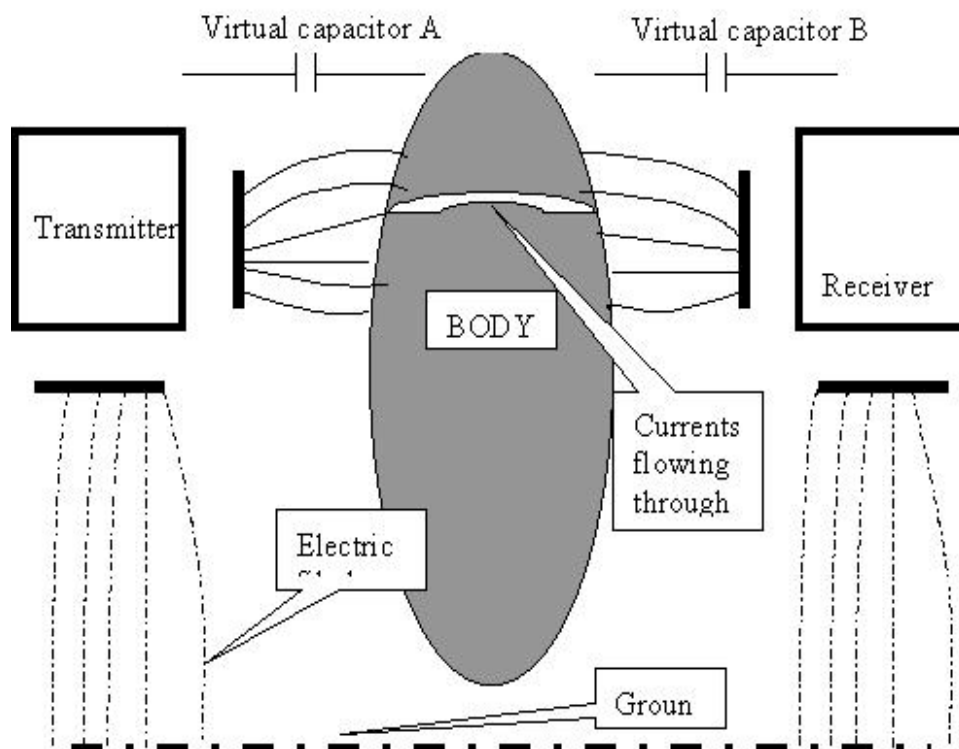
καθηγητή Mike Hawley και του Physics and Media Group με υπεύθυνο τον καθηγητή Neil Gershenfeld, στο Media Laboratory του MIT. Η ομάδα του καθηγητή Hawley, χρειαζόταν επειγόντως ένα μέσο για να πραγματοποιήσει μια διασύνδεση μεταξύ συσκευών που μπορούν να μεταφερθούν με το ανθρώπινο σώμα [1] ενώ ταυτόχρονα η ομάδα του καθηγητή Gershenfeld χρησιμοποιούσαν το ηλεκτρικό πεδίο για να πραγματοποιήσουν κάποιες μετρήσεις θέσεων. Όταν λοιπόν τοποθετούσαν το χέρι κάποιου ανάμεσα σε κεραιές, η πράξη αυτή επηρέαζε την χωρητικότητα, σχετικά με την μέτρηση της θέσης. Η συσχέτιση αυτή αποδείχτηκε πολύ χρήσιμη, εφόσον τελικά κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι, μέσω της διαμόρφωσής του, το ηλεκτρικό πεδίο που χρησιμοποιήθηκε για δεδομένα ανίχνευσης θέσεων, μπορεί να μεταφερθεί διάμεσο του ανθρώπινου σώματος.

Τέλος, τα Personal Area Networks (PAN), στην ουσία αναφέρονται στην χρήση ενός κοντινού ηλεκτρικού πεδίου, με σκοπό την αποστολή δεδομένων μεταξύ διαφόρων συσκευών, χρησιμοποιώντας το ανθρώπινο σώμα ως μέσο. Για τον λόγο αυτό, τα Personal Area Networks, δεν θα πρέπει να συγχέονται με δίκτυα που αφορούν τεχνολογία Bluetooth. Η τεχνολογία Bluetooth αποτελεί ράδιο-τεχνολογία μακρινού πεδίου ανάμεσα σε συσκευές στην ζώνη ISM. Παρ' όλ' αυτά, η τεχνολογία Bluetooth μπορεί στην ουσία να χρησιμοποιηθεί με την μορφή δυναμικό, που θα συμβάλλει στην επέκταση της χρήσης των δικτύων προσωπικής περιοχής σε περαιτέρω συσκευές και δίκτυα.

### **3. Χρησιμοποιώντας το σώμα σαν μέσο μεταφοράς**

Στα PAN, για να καταφέρουν να επικοινωνήσουν δυο συσκευές χρησιμοποιώντας το σώμα σαν μέσο, είναι απαραίτητη η παρουσία ενός PAN πομπού και ενός PAN αποδέκτη, και οι δυο εκ των οποίων χρησιμοποιούν ενέργεια την οποία τους διοχετεύουν μπαταρίες. Ο PAN πομπός, δημιουργεί μια ζεύξη μεταξύ μικρής μεταφοράς ρεύματος μέσω του ανθρώπινου σώματος και του δέκτη. Ο πομπός δεν χρειάζεται να βρίσκεται σε άμεση επαφή με το δέρμα. Ο πυκνωτής, είναι μια μικρή συσκευή με δύο μεταλλικές πλάκες ανεξάρτητες μεταξύ τους, οι οποίες μπορούν να διατηρούν ηλεκτρικό ρεύμα. Κάθε φορά που ρέει εναλλακτικό ρεύμα σε κάποιο κύκλωμα που περιλαμβάνει πυκνωτή, αναπτύσσεται ηλεκτρικό φορτίο ανάμεσα στις δυο πλάκες του πυκνωτή, οι οποίες είναι ηλεκτρικά απομονωμένες η μια από την άλλη. Το ηλεκτρικό αυτό φορτίο είναι πραγματικό και μεταφέρεται από την συσκευή PAN στο ανθρώπινο σώμα. Σε ένα PAN, τα ηλεκτρόδια του πομπού φτάνουν στο

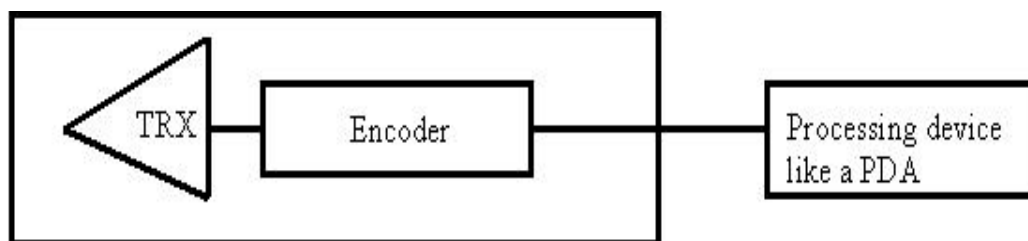
σώμα, και το δέρμα λειτουργεί σαν ένας πυκνωτής. Με την διαμόρφωση του ηλεκτρικού ρεύματος, το ηλεκτρικό φορτίο ανάμεσα στον πομπό και στο σώμα διαμορφώνεται επίσης. Σαν αποτέλεσμα τα δεδομένα μπορούν να μεταφερθούν κατευθείαν στον δέκτη (μέσω του ηλεκτρικού ρεύματος που ρέει μέσα από το ανθρώπινο σώμα, το οποίο αλληλεπιδρά με το σώμα με τον ίδιο ακριβώς τρόπο). Όπως γίνεται και με ένα ηλεκτρικό κύκλωμα, είναι απαραίτητο να υπάρχει μια διαδρομή επιστροφής έτσι ώστε να ολοκληρωθεί το κύκλωμά μας. Την διαδρομή αυτή επιστροφής την παρέχει το γήινο έδαφος, το οποίο συμπεριλαμβάνει όλους τους αγωγούς στο περιβάλλον οι οποίοι είναι σε κοντινή απόσταση με τις συσκευές PAN. Το γήινο έδαφος πρέπει να είναι ηλεκτρικά απομονωμένο από το ανθρώπινο σώμα έτσι ώστε να αποφευχθεί τυχόν βραχυκύκλωμα στο επικοινωνιακό κύκλωμα. Η διαδικασία που περιγράφηκε παραπάνω, φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα (Σχήμα 1).



Σχήμα 1

Ο πομπός στο σχήμα δημιουργεί ζεύξη μεταξύ ηλεκτρικού ρεύματος και ανθρώπινου σώματος. Η πλάκα του πομπού και το ανθρώπινο σώμα λειτουργούν σαν πυκνωτής (A). Φυσιολογικό ηλεκτρικό ρεύμα ρέει μέσα στο ανθρώπινο σώμα και μέρος αυτού

συναντά το άλλο άκρο, όπου το σώμα και η πλάκα του δέκτη λειτουργούν επίσης σαν πυκνωτής (B). Και πάλι, το ηλεκτρικό ρεύμα ρέει ανάμεσα στο σώμα και τον δέκτη σαν φορτίο του πυκνωτή. Το άλλο ηλεκτρόδιο του δέκτη, το οποίο ακουμπάει στο έδαφος μαζί με το έδαφος λειτουργούν σαν ένας τρίτος πυκνωτής (C), ενώ το έδαφος και το άλλο ηλεκτρόδιο του πομπού λειτουργούν σαν τον τέταρτο πυκνωτή (D). Εφόσον το έδαφος έχει πάντα μηδενική αντίσταση, δημιουργούνται ηλεκτρικά πεδία ανάμεσα στο έδαφος και τα ηλεκτρόδια και επομένως δημιουργείται η διαδρομή επιστροφής για το ηλεκτρικό ρεύμα. Κατά αυτόν τον τρόπο, το ρεύμα, και συγχρόνως τα δεδομένα, μπορούν να μεταδοθούν από τον πομπό στον δέκτη σαν σε οποιοδήποτε άλλο απλό ηλεκτρικό κύκλωμα. Τόσο οι πομποί όσο και οι δέκτες, αποτελούνται κυρίως από έναν κωδικοποιητή και/ή έναν αποκωδικοποιητή ακολουθούμενους από κυκλώματα αποστολής και αποδοχής. Επομένως τυπικά, ο κωδικοποιητής θα κωδικοποιεί τα δεδομένα εισόδου σε κατάλληλη μορφή και με τα οποία θα τροφοδοτεί ένα κύκλωμα αποστολής δεδομένων, που με την σειρά του θα τα μετατρέπει σε ηλεκτρικό ρεύμα. Από την πλευρά του δέκτη, λαμβάνεται το ηλεκτρικό ρεύμα, ενισχύεται και μετατρέπεται σε δεδομένα. Ο αποκωδικοποιητής τότε αποκωδικοποιεί τα δεδομένα αυτά σε ακολουθίες από bits πληροφορίας τα οποία θα μπορούν να χρησιμοποιηθούν από την συσκευή. Το παρακάτω σχήμα δείχνει έναν συνηθισμένο πομπό. Ο δέκτης είναι παρόμοιος, με την διαφορά ότι το TRX αντικαθίσταται από ένα RX και ο αποκωδικοποιητής από έναν κωδικοποιητή. and a decoder replacing an encoder.



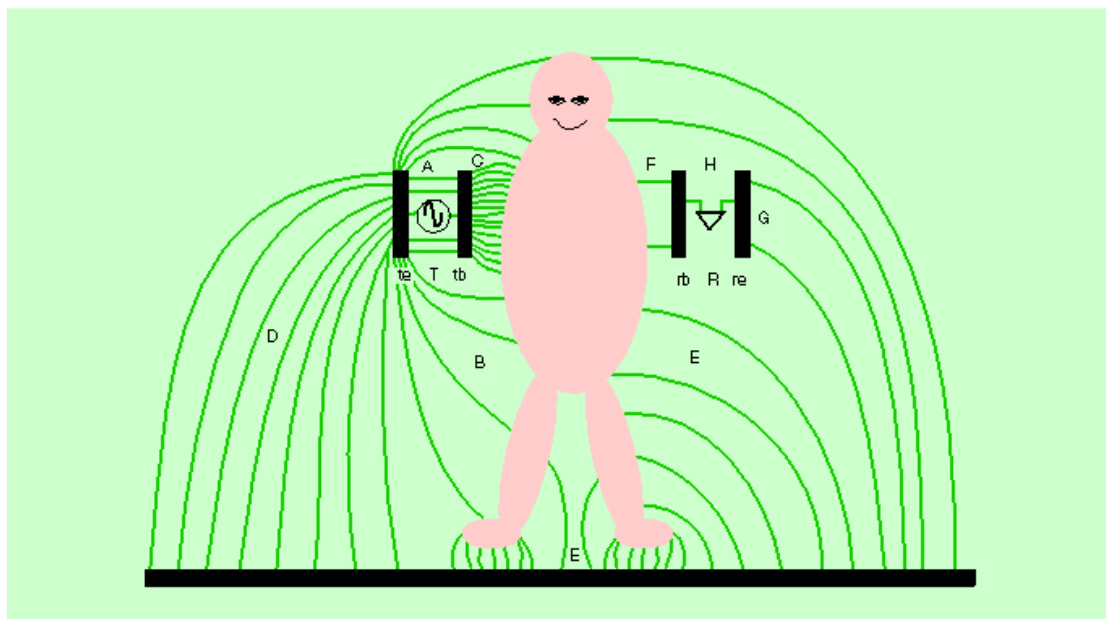
Σχήμα 2

Το PAN βασίζεται σε ένα standard δικτύου ISO 7498 επτά επιπέδων[4] του International Organization for Standardization. Μια μεγάλη ποικιλία συσκευών μπορούν να αλληλεπιδρούν μεταξύ τους χρησιμοποιώντας κάποια μορφή

πολυπλεξίας χρόνου (time multiplexing). Μια άλλη εναλλακτική λύση θα μπορούσε να είναι η Code division multiplexing

### 3.1 Πέρασμα του ηλεκτρικού ρεύματος μέσα από το σώμα

Η ροή ηλεκτρικού ρεύματος μέσα από το σώμα μας δεν είναι κάτι που πρέπει να μας φοβίζει. Είναι ένα φαινόμενο που συμβαίνει πολύ συχνά. Τα ανθρώπινα νεύρα, οι αισθήσεις και η ανθρώπινη σκέψη, όλα είναι απόρροια μεταφορών ηλεκτρικού φορτίου. Το ηλεκτρικό ρεύμα που χρησιμοποιείται από τα PANs είναι το ένα δισεκατομμυριοστό του ενός Ampere (δηλαδή ένα nano-ampere) – πολύ μικρότερο λοιπό από το ηλεκτρικό ρεύμα που ρέει υπό φυσιολογικές συνθήκες στο ανθρώπινο σώμα. Κάθε φορά για παράδειγμα που χτενίζουμε τα μαλλιά μας, δημιουργούμε 1000 φορές περισσότερο ηλεκτρικό φορτίο από ότι σε μια σύνδεση PAN. Η φυσιολογική αλμυρότητα του ανθρώπινου σώματος το καθιστά έναν τέλειο αγωγό ηλεκτρικού ρεύματος. Η PAN τεχνολογία εκμεταλλεύεται την ιδιότητά του αυτή, δημιουργώντας εξωτερικό ηλεκτρικό πεδίο το οποίο προωθεί μία πάρα πολύ μικρή ποσότητα ρεύματος μέσα στο σώμα, μέσω του οποίου μεταφέρονται τα δεδομένα.



Σχήμα 3- Πέρασμα ηλεκτρικού ρεύματος από το σώμα

### 3.2 Στρατηγικές Διαμόρφωσης

Έχουν εκτιμηθεί δυο στρατηγικές διαμόρφωσης για PANs. Μια είναι η on-off keying, κατά την οποία τα δεδομένα αναπαριστώνται από την παρουσία ή απουσία ηλεκτρικού ρεύματος. Η στρατηγική αυτή είναι πολύ απλή, όμως απαιτείται

υψηλότερη τάση εάν θέλουμε να βελτιώσουμε την απόδοση SNR. Ένα άμεσα συνεχόμενο φάσμα διαμορφώνει τον μεταφορέα με ακολουθία PN (pseudonoise), παράγοντας παράλληλα ευρυζωνική μεταφορά, η οποία είναι πολύ μεγαλύτερη από το εύρος μηνύματος. Χρησιμοποιείται επιπλέον Symbol-synchronous PN διαμόρφωση όπου το message bit 1 παριστάνεται με την μεταφορά μιας ολόκληρης ακολουθίας, ενώ το message bit 0 παριστάνεται με την μεταφορά της ανεστραμμένης PN ακολουθίας. Η απόδοση signal-to-noise αυξάνεται με το μήκος της ακολουθίας PN έχοντας ως στόχο την φασματική εξάπλωση, οι διακόπτες καθοδηγούνται από την ακολουθία PN και το ολοκληρωμένο αποτέλεσμα, το οποίο είναι και η συσχέτιση, συγκρίνεται με δυο άκρα. Αν η συσχέτιση είναι μεγαλύτερη από ένα θετικό άκρο, τότε το message bit είναι 1. Αν η συσχέτιση είναι μικρότερη από ένα αρνητικό άκρο, τότε το message bit είναι 0. Τέλος, αν η συσχέτιση είναι ανάμεσα σε αυτά τα δυο άκρα (dead zone), δεν παραλαμβάνεται κανένα message bit.

### **3.3 Ταχύτητες Μεταφοράς Δεδομένων**

Θεωρητικά, οι συσκευές PAN μπορούν να επικοινωνήσουν με 417 Kbits το δευτερόλεπτο, αν θεωρηθεί σφάλμα SNR των 10db. Το πρωτότυπο του PAN πομποδέκτη υλοποιεί ένα 2400 bits-per-second modem. Τα τηλεφωνικά modems έχουν ωθήσει την διαμόρφωση και την επεξεργασία του ψηφιακού σήματος στα πρακτικά όριά τους. Η εφαρμογή μιας τεχνικής τηλεφωνίας modem σε συσκευές PAN, μπορεί να επιφέρει χωρητικότητα καναλιού της τάξης των 100 Kbits το δευτερόλεπτο. Η συμπίεση των δεδομένων μπορεί να αυξήσει επιπλέον την αποτελεσματική χωρητικότητα ενός PAN καναλιού επικοινωνίας.

### **3.4 Ενέργεια και Ασφάλεια**

Η στρατηγική κοντινού πεδίου στις επικοινωνίες που έχει υιοθετηθεί από τα PANs, τους δίνει ένα σοβαρό προβάδισμα απέναντι στις λύσεις που στηρίζονται στην τεχνολογία RF. Οι εξαιρετικά μικρές ποσότητες ηλεκτρικού ρεύματος που απαιτούνται, εξασφαλίζουν επίσης ότι οι PAN συσκευές δεν θα αποφέρουν υπερβολική απορροή της πολύτιμης μπαταρίας. Επιπλέον, με την χρήση χαμηλών συχνοτήτων και λίγης ενέργειας, εξασφαλίζεται ότι το σήμα δεν θα διαδοθεί πολύ

μακριά πέρα από το σώμα, με αποτέλεσμα μόνο οι συσκευές οι οποίες μεταφέρονται από τον χρήστη ή από άτομα που βρίσκονται σε άμεση επαφή με αυτόν, θα μπορούν να το αναγνωρίσουν. Από την άλλη μεριά, οι συνέπειες του κοντινού πεδίου δίνουν επίσης στο PAN πλεονέκτημα απέναντι στις μεθόδους που χρησιμοποιούν ασύρματη επικοινωνία μικρής εμβέλειας. Η ηλεκτροστατική ζεύξη κοντινού πεδίου είναι ανάλογη με την επιφάνεια του ηλεκτροδίου. Η απόδοση της μετάδοσης μακρινού πεδίου μεγιστοποιείται με το ταίριασμα της εμπέδησης του πομπού με τον ελεύθερο χώρο (free space). Οι συσκευές PAN οι οποίες είναι περίπου 25 με 80 millimeters μεγάλες, θα χρειαστούν πομπό ορισμένων gigahertz για να είναι αποτελεσματική η μεταφορά. Εφόσον η ενέργεια που καταναλώνεται από ηλεκτρονικά κομμάτια αυξάνεται με την συχνότητα, οποιαδήποτε αύξηση στην συχνότητα του πομπού πέρα από αυτήν που απαιτείται για να μεταφέρει την πληροφορία, αυξάνει την κατανάλωση ενέργειας. Η επικοινωνία κοντινού πεδίου μπορεί αντίθετα να λειτουργήσει σε πολύ χαμηλές συχνότητες (0.1 με 1 megahertz) που μπορούν να παραχθούν απευθείας από έναν φθινό μικροελεγκτή. Για παράδειγμα, ο πρωτότυπος πομπός PAN λειτουργεί στα 330 kilohertz (KHz) με 30 volts και ένα 10-picofarad ηλεκτρόδιο, καταναλώνοντας 1.5 milliwatts τα οποία αποφορτίζουν την χωρητικότητα του ηλεκτροδίου. Η πλειοψηφία αυτής της ενέργειας ανακυκλώνεται. Ακόμα και σε χαμηλή ενέργεια, τα RF κύματα μπορούν να αναγνωριστούν σε μια αρκετά μεγάλη απόσταση από την πηγή. Αυτό συμβαίνει γιατί τα RF κύματα εξασθενίζουν με το τετράγωνο της απόστασης, ενώ τα ηλεκτρικά πεδία εξασθενίζουν με τον κύβο της απόστασης, παρέχοντας έτσι ένα βασικό πλεονέκτημα όσο αφορά την ασφάλεια.

Ανεξάρτητα από την μικρή εμβέλεια όμως, η ασφάλεια μπορεί ακόμη να αποτελεί πρόβλημα. Η χρήση του ανθρώπινου σώματος σε PAN θα μπορούσε να είναι τόσο καλό αλλά και τόσο κακό όσο και η χρήση μιας τηλεφωνικής γραμμής, με αποτέλεσμα να απαιτείται η υιοθέτηση μεθόδου κωδικοποίησης έτσι ώστε τα δεδομένα να φαίνονται σαν ένα τυχαίο ρεύμα από bits σε οποιονδήποτε παρεμβολέα.

### **3.5 Συσκευές PAN**

Οποιαδήποτε συσκευή την οποία μπορούμε να μεταφέρουμε μπορεί να είναι μια υποψήφια συσκευή που θα λειτουργήσει σαν PAN. Ένα ρολόι, ένας δέκτης τηλεειδοποίησης (pager), ένα κινητό τηλέφωνο, ένα PDA, μια πιστωτική κάρτα ή

ακόμη και ένα παπούτσι! Σε αυτό το σημείο μπορούμε πλέον να διαπιστώσουμε πως τα PAN μπορούν να συμβάλλουν στην αφαίρεση των πλεοναζόντων συσκευών ΙΟs και αποθηκευτικών συσκευών. Το ρολόι μας μπορεί να είναι μια επιλογή για οθόνη. Το PDA μπορεί να λειτουργήσει σαν συσκευή αποθήκευσης. Το κινητό τηλέφωνο ή ο pager μπορεί να λειτουργήσει σαν μέσω διασύνδεσης με τον έξω κόσμο. Με όλα αυτά, όχι μόνο θα γλιτώσουμε από χώρο, αλλά και επιπλέον θα μειωθεί κατά πολύ το κόστος ιδιοκτησίας και συντήρησης τέτοιων συσκευών. Ας σκεφτούμε το παρακάτω σενάριο. Παίρνουμε ένα μήνυμα στον pager μας τον οποίο έχουμε κρεμάσει στην ζώνη μας. Χρησιμοποιώντας έναν PAN pager μπορούμε να κάνουμε upload το μήνυμα στο ρολόι μας. Ειδοποιούμαστε με κάποιο beep και έτσι μπορούμε πολύ εύκολα να δούμε το μήνυμα από το ρολόι μας. Την ίδια χρονική στιγμή, ο pager στέλνει την πληροφορία στο PDA μας, το οποίο είναι τοποθετημένο σε κάποια τσέπη μας και το οποίο ψάχνει στον κατάλογο διευθύνσεων για να εντοπίσει το τηλέφωνο του αποστολέα. Το μήνυμα μπορεί επίσης να αποθηκευτεί για μελλοντική πρόσβαση σε αυτό. Το PDA στην συνέχεια στέλνει την πληροφορία στο κινητό μας τηλέφωνο μέσω του σώματός μας και το επιθυμητό νούμερο έχει ήδη καλεστεί για μας. Αρκεί να πατήσουμε το 'YES' και μπορούμε πλέον να μιλήσουμε στο άτομο που θέλουμε. Το κινητό μας πλέον δεν χρειάζεται να διατηρεί τηλεφωνικό κατάλογο, επομένως δεν χρειάζεται αποθηκευτική μνήμη, ενώ ο pager δεν χρειάζεται οθόνη. Το PDA μπορεί να λειτουργήσει σαν ένας server από πληροφορίες και όλες οι υπόλοιπες συσκευές μπορούν να αποκτούν πρόσβαση σε αυτό για οποιαδήποτε δεδομένα χρειάζονται. Όλες αυτές οι συσκευές δημιουργούν ένα δίκτυο και επικοινωνούν μεταξύ τους με διαφάνεια χωρίς την δική μας παρέμβαση, διαμοιραζόμενες συγχρόνως πόρους και ικανότητες, και, σαν αποτέλεσμα, κάνοντας την ζωή μας πολύ πιο εύκολη και απλή!

#### **4. Παρουσίαση της Τεχνολογίας**

Ένα πρωτότυπο PAN έχει αναπτυχθεί για να καθορίσει την ψηφιακή ανταλλαγή δεδομένων μέσω του ανθρώπινου σώματος βασισμένο στην χρήση ηλεκτρονικού κυκλώματος μπαταρίας χαμηλού κόστους για εξασφάλιση ενέργειας. Ο ανιχνευτής έχει ισχύ 1 ampere ηλεκτρικού ρεύματος και χρησιμοποιείται συγχρόνως με ένα αναλογικό διπολικό ψαλιδιστή, ο οποίος ελέγχεται από έναν ψηφιακό μικροελεγκτή. Ο ανιχνευτής ενσωματώνει με συγχρονισμένο τρόπο την μικρή

ποσότητα του ηλεκτρικού φορτίου που έχει αποδεχτεί (π.χ., 50 picoamperes, 330 KHz) σε τάση που μπορεί να μετρηθεί από έναν αργό, χαμηλής ανάλυσης αναλογικό-σε-ψηφιακό μετατροπέα (50 KHz, 8 bits) που παρέχεται από τον μικροελεγκτή. Ο PAN πομποδέκτης χρησιμοποιεί πέντε άλλους συντελεστές, οι οποίοι κοστίζουν λιγότερο από \$10. Συνολικά, οι αναλογικοί συντελεστές και ο μικροελεγκτής μπορούν να συνδυαστούν σε ένα μοναδικό CMOS (complementary metal-oxide semiconductor) ολοκληρωμένο κύκλωμα με σκοπό να παράγει έναν χαμηλού κόστους ολοκληρωμένο PAN πομποδέκτη.

#### 4.1 Διάφορα Θέματα

Το βασικότερο θέμα αφορά την ασφάλεια. Με την υπάρχουσα γενιά των συστημάτων PAN, η μεταφορά των δεδομένων από την μια συσκευή στην άλλη έχει γίνει πλέον μια πολύ απλή διαδικασία. Αυτό όμως αυξάνει το ρίσκο της μεταφοράς δεδομένων κατά λάθος από την συσκευή μας στην συσκευή κάποιου άλλου. Μας είναι πολύ εύκολο να μεταφέρουμε τον μυστικό κωδικό στο μηχάνημα, όμως δεν πρέπει να συμβαίνει το ίδιο αν κάποιος με αγγίξει την ώρα που το κάνω. Απαιτείται λοιπόν αρκετή δουλειά κρυπτογράφησης.

Η ισχύς του σήματος και η παρεμβολή παίζουν ουσιαστικό ρόλο στο να αποφασίσουμε την τοποθεσία στην οποία πρέπει να βρίσκεται η συσκευή. Η πρώτη γενιά συστημάτων έπρεπε να έχει τοποθετηθεί στα πόδια, επειδή το σήμα ήταν πιο ισχυρό εκεί εξαιτίας της μικρής απόστασης από το έδαφος. Τα πόδια όμως δεν είναι και το πιο λογικό μέρος στο οποίο θα μπορούσε κάποιος να τοποθετήσει, για παράδειγμα, την πιστωτική του κάρτα. Έτσι, απαιτείται η θεσμοποίηση των δεύτερης γενιάς PAN πομποδεκτών, οι οποίοι θα μπορούν να λειτουργούν αποτελεσματικά από τα πορτοφόλια και τις τσέπες μας. Επιπλέον, το σώμα θα πρέπει να απομονωθεί από το έδαφος έτσι ώστε να λειτουργεί το σύστημα με τον σωστό τρόπο. Σε κάποιο πείραμα που πραγματοποιήθηκε, αποδείχθηκε η ισχύς του σήματος πέφτει αξιόλογα αν κάποιος κάθεται με γυμνά πόδια στο έδαφος.

Η αμέσως επόμενη εξέλιξη η οποία απαιτείται είναι αυτή των μονολιθικών συσκευών. Για να γίνει η μεταφορά των συσκευών PAN εφικτή, όλα τα εξαρτήματα, όπως η μπαταρία και ο μικροεπεξεργαστής, πρέπει να σχεδιαστούν σαν μια μόνο συμπαγή μονάδα.



## 4.2 Εφαρμογές της Τεχνολογίας

Σύμφωνα με τον Tom Zimmerman, *"One of the great potential commercial applications for this is to replace the half-dozen pieces of plastic you have in your wallet, which are all doing the same thing, identifying you. But they all do it in a slightly different way. Either you wait on a line and hand a card to a teller, who types a number into a computer, or you swipe a card through a reader, or, with a calling card, you punch in a dozen digits, then dial your long distance number, and if you make a mistake you have to do it all again. So, it's inconvenient and insecure"*.

Έχουν προταθεί πολλές άλλες εφαρμογές οι οποίες υπογραμμίζουν την αναγκαιότητα της τεχνολογίας. Αυτές συμπεριλαμβάνουν:

- Την επόμενη φορά που χρειαστεί να ανταλλάξετε business cards απλά δώστε το χέρι. Η ηλεκτρονική σας κάρτα μεταφέρεται αυτόματα από την συσκευή σας, μέσω του σώματος σας, στο άλλο άτομο μέσω του χεριού και μέσω του σώματος του στην δική του ηλεκτρονική συσκευή, και το αντίθετο.
- Μπαίνετε σε ένα supermarket και οι προτιμήσεις σας σε μάρκες προϊόντων αυτόματα μεταφέρονται στην βάση δεδομένων του supermarket από μια PAN συσκευή στο πόδι σας σε έναν PAN αποδέκτη στον όροφο του supermarket (εννοείται βέβαια πως έχετε δώσει την έγκρισή σας, ενώ το supermarket μπορεί να προσφέρει κάποια έκπτωση στους πελάτες που θέλουν να τους μεταδώσουν τέτοιου είδους πληροφορίες.).
- Μπορείτε να μεταφέρετε πληροφορίες ανάμεσα σε όλα τα είδη ηλεκτρονικών συσκευών: κινητά τηλέφωνα, pagers, personal digital assistants (PDAs) και smart cards. Για παράδειγμα, όταν κάποιος σας στέλνει ένα τηλεφωνικό νούμερο στον pager σας, μπορείτε να μεταφέρετε αυτόματα το νούμερο αυτό στο κινητό σας τηλέφωνο.
- Δεν υπάρχει πλέον πρόβλημα συμφωνίας δεδομένων των τηλεφωνικών καταλόγων και διευθύνσεων του PDA, κινητού τηλεφώνου κτλ. Αυτό μπορεί πλέον να γίνει πολύ εύκολα στο PAN σας
- Αν θέλετε να πραγματοποιήσετε ένα τηλεφώνημα μακρινής απόστασης χρησιμοποιώντας την προπληρωμένη κάρτα σας, δεν χρειάζεται πλέον να

εισάγετε το PIN σας πρώτα. Το τηλέφωνο μπορεί να αποκτήσει το PIN από την στιγμή που ακουμπάτε το πληκτρολόγιο. Το PIN μεταφέρεται με ασφάλεια από την προπληρωμένη σας κάρτα που βρίσκεται στην τσέπη σας, στο τηλέφωνο με ένα απλό άγγιγμα.

- Ασκήσεις για το σπίτι των μαθητών, βαθμοί, λίστα για ψώνια και υπενθυμίσεις μπορούν πλέον να ανταλλάσσονται αυτόματα ανάμεσα στα μέλη της οικογένειας κατά την ώρα για παράδειγμα, ενός γεύματος.
- Σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης οι γιατροί μπορούν να πάρουν άμεσα όλες τις προσωπικές σας ιατρικές πληροφορίες μόνο με το άγγιγμα ενός σας δακτύλου.
- Όταν φτάνετε το απόγευμα στο σπίτι σας μπορείτε να ανοίξετε αμέσως την πόρτα του σπιτιού απλά ακουμπώντας το πόμολο. Ένας κωδικός αναγνώρισης θα μεταφερθεί από το σώμα σας στο πόμολο της πόρτας έτσι ώστε αυτή να ξεκλειδωθεί και να ανοίξει.

### 4.3 Χρήση του Σώματος για Μεταφορά Ενέργειας

Πρόσφατα ανακαλύφθηκε ότι μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε το ανθρώπινο σώμα, όχι μόνο για την μεταφορά δεδομένων, αλλά και για την μεταφορά ενέργειας.[4]. Αυτή η παρατήρηση μπορεί να σημαίνει πολλά. Μπορεί για παράδειγμα να τοποθετηθεί μια συσκευή στο παπούτσι σας, η οποία θα έχει τη δυνατότητα να μετατρέπει την μηχανική ενέργεια που παράγεται κατά την διάρκεια του περπατήματος, σε ηλεκτρική ενέργεια η οποία μπορεί να μεταφερθεί μέσω του σώματος σε κάποια άλλη συσκευή, δίνοντας της την δυνατότητα να την χρησιμοποιήσει για να πραγματοποιεί τις απαραίτητες λειτουργίες της. Η διαδικασία αυτή λοιπόν μπορεί να αποτελεί λύση σε πολλά προβλήματα ενέργειας. Το παπούτσι που αναφέραμε στο παράδειγμα, είναι ένα αντικείμενο το οποίο μεταφέρουμε πάντα μαζί μας, όπου και αν πάμε, επομένως θα μπορούσε να είναι η ιδανική τοποθεσία για να τοποθετήσουμε μια τέτοιου είδους συσκευή.

Το κάθε στοιχείο πληροφορίας το οποίο δεχόμαστε από το σώμα μας, περικλείει κάποια μικρή, αλλά όχι μηδενική ποσότητα ενέργειας. Η επιπλέον ενέργεια λοιπόν η οποία προέρχεται από την αποδοχή και διαφοροποίηση των bits πληροφορίας μπορεί να χρησιμοποιηθεί με σκοπό την αυτό-παροχή ενέργειας στο

κύκλωμα. Αν ένα κύκλωμα απαιτεί μια μικρή μόνο ποσότητα ρεύματος για να λειτουργήσει, τότε είναι πιθανό μια προσεκτική σχεδίαση να μας οδηγήσει στην απόκτηση ρεύματος από τα σήματα δεδομένων που προέρχονται από το ίδιο το κύκλωμα.

Έχει αποδειχτεί ότι, κάτω από ορισμένες συνθήκες, διαθέσιμη ενέργεια των 200mW στα 1.0 MHz στα χέρια μας μπορεί να καταλήξει σε ανάκτηση περίπου 20mW φιλτραρισμένης DC ενέργειας στο πόδι.

#### **4.4 Γιατί Ηλεκτροστατική και όχι μεταφορά μέσω Υπερύθρων;**

Η επικοινωνία που στηρίζεται στην τεχνολογία των υπερύθρων στηρίζεται σε τρόπο μεταφοράς που δεν είναι κατάλληλος για συσκευές που μπορούν να τοποθετηθούν σε πορτοφόλια, τσέπες ρούχων κτλ. Από την μια μεριά προσφέρουν μεγαλύτερο εύρος συχνοτήτων από αυτό που μπορεί να προσφέρουν τα ηλεκτροστατικά μέσα, αφού η συχνότητα του οπτικού μεταφορέα είναι μεγαλύτερου εύρους από τον μεταφορέα της PAN συσκευής. Οι μεταδότες υπερύθρων παρ' όλ' αυτά, πρέπει να παράγουν ένα μεγάλο ποσό ενέργειας, στο επίπεδο των εκατοντάδων milliwatts, σε αντίθεση με τις ηλεκτροστατικά συζευγμένες PAN συσκευές, οι οποίες μπορούν να λειτουργήσουν με λίγα μόνο milliwatts. Γι' αυτό και είναι πολύ πιο χρήσιμο και οικονομικό να χρησιμοποιούμε τις συσκευές αυτές εις βάρος των συσκευών με τεχνολογία υπερύθρων.

#### **4.5 Γιατί Ηλεκτροστατική και όχι μεταφορά με RF;**

Ένας προφανής ανταγωνιστής της ηλεκτροστατικής ζεύξης σαν φυσικό κανάλι επικοινωνίας για μια PAN συσκευή είναι η μεταφορά μέσω εκπομπής ραδιοκυμάτων. Τα μεγαλύτερα πλεονεκτήματα των ραδιοκυμάτων, σε σχέση με την ηλεκτροστατική ζεύξη, είναι το μεγαλύτερο εύρος συχνοτήτων και οι υψηλότερες συχνότητες. Η ηλεκτροστατική ζεύξη μπορεί να θεωρηθεί σαν την χαμηλότερο άκρο συχνότητας των ραδιοκυμάτων, αφού ο μηχανισμός ζεύξης ενέργειας προς οποιοδήποτε δέκτη μέσω ενός μήκος κύματος ενός πομπού ραδιοκυμάτων είναι στην ουσία ηλεκτροστατικός ή μαγνητοστατικός [Weston91, Mills93, Ramo94]. Θεωρώντας ότι η απόσταση λειτουργίας μιας PAN συσκευής είναι μικρότερη από 2 μέτρα, η συχνότητα ενός πομπού ραδιοκυμάτων θα χρειαζόταν περισσότερο από 150 MHz για να λειτουργήσει σε μεγαλύτερες αποστάσεις. Η μεγαλύτερη όμως διαφορά

ανάμεσα στις 2 τεχνολογίες αφορά καθαρά τον σχεδιασμό της κεραίας. Με σκοπό την μεγιστοποίηση της ηλεκτροστατικής ζεύξης, η ηλεκτροδιακή περιοχή μεγιστοποιείται. Από την άλλη μεριά, με σκοπό την μεγιστοποίηση της ισχύος του σήματος του ραδιοκύματος, η ηλεκτρική εμπέδηση του αποστολέα πρέπει να ταιριάζει με αυτή του ελεύθερου χώρου. Η ισχύς των μεταφερόμενων ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων αποτελεί λειτουργία της ροής ρεύματος από την κεραία, η οποία είναι ευθέως ανάλογη της αντίστασης της κεραίας. Το μέγιστο ρεύμα από την κεραία επιτυγχάνεται με την λειτουργία της κεραίας σε συντονισμό, δηλαδή η αντίσταση τείνει στο μηδέν. Το μικρότερο μήκος κεραίας για να επιτύχουμε συντονισμό είναι το μισό του μήκους κύματος. Λαμβάνοντας υπόψη ότι οι περισσότερες PAN συσκευές είναι από 25 έως και 80 χιλιοστά μεγάλες, απαιτούνται περισσότερα από 3.75 GHz.

Δεν είναι καθόλου σπάνιο πολλοί άνθρωποι να βρίσκονται συγκεντρωμένοι σε ένα μικρό χώρο, όπως σε μέσα μαζικής μεταφοράς, ανελκυστήρες κτλ. Κάτω από αυτές τις συνθήκες, θα ήταν απαράδεκτο για μια PAN συσκευή να αποτύχει την διασύνδεση με κάποιο από τα κοντινά PAN συστήματα. Η ταυτόχρονη λειτουργία πολλών πομπών ραδιοκυμάτων αποτελεί πρόκληση για τους σχεδιαστές ασύρματων LANs. Η άμεση λύση φαίνεται να βασίζεται στο «άκουσε πριν αρχίσεις την μεταφορά» και μετέφερε καταναλώνοντας μόνο την ενέργεια που είναι απαραίτητη για να σε ακούσει ο ακροατής [Pahlavan95]. Επιπλέον, οι μεταφορείς ραδιοκυμάτων αποτελούν στην ουσία ένα είδος «μόλυνσης» προς όλους τους υπόλοιπους δέκτες εκτός από τον επιθυμητό. Ο αριθμός των καταναλωτών ασυρμάτων προϊόντων, κινητών τηλεφώνων και ασύρματων τηλεφώνων ολοένα και αυξάνεται με αποτέλεσμα το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα να αποτελεί πεπερασμένη πηγή. Κατά αυτόν τον τρόπο, τα κανάλια επικοινωνίας τα οποία έχουν παρόμοιες ή και καλύτερες εναλλακτικές λύσεις μέσων μεταφοράς, θα πρέπει να προτιμούν αυτά εις βάρος του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος. Εάν τα προσωπικά συστήματα επικοινωνίας γίνουν τόσο κοινόχρηστα όσο και τα ρολόγια ή οι πιστωτικές, θα καταφέρουμε να ξεφύγουμε από δραματική αύξηση της ηλεκτρομαγνητικής μόλυνσης.

#### 4.6 Case Study: Mobile Kärpät

Το Oulun Kärpät [15] είναι ένα από τα μεγαλύτερα σωματεία που συμμετέχουν στο τουρνουά χόκεϋ Finnish ice, το οποίο κέρδισε το πρωτάθλημα την χρονιά 2003-04. Το Oulun Kärpät στηρίζεται στην παραγωγή ψηφιακού υλικού (ειδήσεις, αποτελέσματα αγώνων κτλ.), το οποίο και διαθέτει στο ευρύ κοινό μέσω του δημοφιλούς web site του, προσελκύνοντας έτσι περίπου 10.000 ημερήσιους επισκέπτες. Το σωματείο αυτό επιπλέον, παρέχει και κάποιες WAP σελίδες για τους χρήστες κινητών τηλεφώνων. Σκοπός του Mobile Kärpät case study είναι αποφασίσει αν η εμπειρία των θεατών στο γήπεδο θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί κατάλληλα, ώστε να τους παρέχει πρόσβαση σε πληροφορίες κατά την διάρκεια του αγώνα

Η λύση που προτάθηκε βασίζεται στην ασύρματη διανομή πλούσιου υλικού μέσω του κινητού τηλεφώνου. Αρχικά, «ανέβαζαν», στατικά δεδομένα σε ένα WPAN σημείο εξυπηρέτησης, από το οποίο οι χρήστες μπορούσαν να τα «κατεβάσουν» με τεχνολογία Bluetooth. Τα δυναμικά δεδομένα δημιουργούνται real-time, κατά τη χρήση της υπηρεσίας που «κατέβαζαν» οι χρήστες μέσω του δικτύου του κινητού τηλεφώνου. Η σχέση μεταξύ της φύσης των δεδομένων (στατικά vs δυναμικά) και της τεχνολογίας που χρησιμοποιήθηκε (WPAN/Bluetooth vs GPRS) είναι εύκολη προς κατανόηση. Η υπηρεσία αυτή αξιολογήθηκε μέσω της χρήσης αληθινών χρηστών σε πραγματικό περιβάλλον. Παρόλα τα κάποια τεχνικά προβλήματα που δημιουργήθηκαν λόγω της υπερφόρτωσης του GPRS, οι περισσότεροι χρήστες βρήκαν την υπηρεσία χρήσιμη και συγχρόνως διασκεδαστική.

#### 4.7 Επέκταση των Οριζόντων των PANs

Ακριβώς όπως και η διαδικτύωση μεταξύ συσκευών έχει ανοίξει τον δρόμο για ένα μεγάλο φάσμα εφαρμογών, η διαδικτύωση των δικτύων μπορεί να διανοίξει ακόμη περισσότερο τους ορίζοντές μας. Μπορεί η τεχνολογία PAN να περιορίζεται στην επικοινωνία μεταξύ συσκευών που μπορούμε να μεταφέρουμε ή να έρθουμε σε επαφή, η χρήση τεχνολογιών όπως το Bluetooth, το δίκτυο προσωπικής περιοχής μπορεί να συνδεθεί με τον έξω κόσμο. Ένα ρολόι ή ένα κινητό μπορεί να επιτρέπουν την χρήση της τεχνολογίας bluetooth και να συμπεριφερθούν σαν τον μεσολαβητή του δικτύου προσωπικής περιοχής και του έξω κόσμου. Ας αναλογιστούμε το παράδειγμα της λήψης ενός μηνύματος στον pager, και την αποστολή του στο ρολόι χρησιμοποιώντας τεχνολογία PAN. Αν το ρολόι επιτρέπει την χρήση του Bluetooth

και κάθεστε στο γραφείο σας μπροστά από τον σταθερό σας υπολογιστή, το ρολόι θα μπορούσε να στείλει το μήνυμα στο PC άμεσα, και εσείς θα μπορούσατε να δείτε το μήνυμα σε ένα pop-up παράθυρο στην οθόνη του υπολογιστή. Ακόμη, αν δεν έχετε κάποιο PDA στην τσέπη σας, το ρολόι θα μπορούσε να ανταλλάσσει δεδομένα με το PC ή το Laptop σας, χρησιμοποιώντας τεχνολογία Bluetooth και κάνοντας upload τον τηλεφωνικό αριθμό στο κινητό σας χρησιμοποιώντας το δίκτυο προσωπικής περιοχής σας. Το Bluetooth είναι ραδιο-τεχνολογία μικρού εύρους, η οποία επιτρέπει άμεση δημιουργία δικτύων ανάμεσα σε συσκευές που βρίσκονται σε απόσταση 10m..

Θα πρέπει επίσης να παρατηρηθεί ότι η εμβέλεια και η αποτελεσματικότητα ενός PAN, Bluetooth, και IrDA εξαρτάται από τη φύση της εφαρμογής. Όπου απαιτείται επικοινωνία υψηλής ταχύτητας μεταξύ συσκευών, η PAN δεν μπορεί να ανταγωνιστεί τις ταχύτητες που παρέχονται από το Bluetooth ή το IrDA. Και πάλι όμως, τα επίπεδα ενέργειας που απαιτούνται στο PAN το μετατρέπουν τελικά σε πολύ καλύτερη επιλογή για το είδος των εφαρμογών που αναφέρθηκαν. Επομένως, θα παρατηρήσουμε την παρουσία Bluetooth σε εφαρμογές όπως σύνδεση ποικίλων συσκευών μέσα σε σπίτια, γραφεία κτλ, αφού είναι και η πιο κατάλληλη τεχνολογία για ασύρματα ακουστικά κινητών, ψηφιακές μηχανές, notebook computers, PDAs κτλ. Ήδη στην αγορά είναι αρκετά διαδεδομένη η χρήση τέτοιων προϊόντων που χρησιμοποιούν Bluetooth. Από την άλλη, η τεχνολογία IrDA είναι μια point-to-point, μεταφορά δεδομένων, που σχεδιάστηκε για να λειτουργεί σε απόσταση 0 με 1 μέτρο, και σε ταχύτητες των 9600 bps μέχρι και 16 Mbps και χρησιμοποιώντας υπέρυθρες ακτινοβολίες. Οι συσκευές υπέρυθρων συναντώνται σε ασύρματα πληκτρολόγια, TV remote controls, εκτυπωτές, ρολόγια (τα οποία μπορούμε να συγχρονίσουμε με το PC μας, κτλ.), και σειριακούς προσαρμογείς.

## **5. Επίλογος – Συμπεράσματα**

Η επιτυχία σε οποιαδήποτε τεχνολογία εξαρτάται, όχι μόνο στο τι υπόσχεται ότι θα επιτύχει, αλλά και στο τι μπορεί πραγματικά να προσφέρει. Ακριβώς το ίδιο ισχύει λοιπόν και με τα PANs. Όμοια με τα υπόλοιπα συστήματα επικοινωνίας και μεταφοράς δεδομένων, στα PAN υπάρχει μια απόλυτη εξισορρόπηση ανάμεσα στην πρόσβαση, την άνεση που προσφέρουν, και στην ασφάλεια. Η τεχνολογία αυτή βρίσκεται ακόμη σε στάδιο προτυποποίησης και το μεγαλύτερο μέρος της δουλειάς που έχει επιτευχθεί αφορά κυρίως τα χαμηλότερα επίπεδα, και αποσκοπεί στην

πραγματοποίηση μεταφορών μέσω του σώματος με τρόπο αποτελεσματικό και αξιόπιστο. Απαιτείται λοιπόν ακόμη πολλή δουλειά στα υψηλότερα επίπεδα, και κυρίως σε θέματα που αφορούν την ασφάλεια, την επαλήθευση ταυτότητας και την αξιοπιστία. Επιπλέον, η ευαισθησία και το bit rate πρέπει να αυξηθούν, με στόχο την δημιουργία ενός πομποδέκτη σε μέγεθος ρολογιού. Η εξισορρόπηση ανάμεσα στο κόστος, την ταχύτητα, το μέγεθος, την ενέργεια και το εύρος λειτουργίας απαιτεί περαιτέρω ανάλυση και ποσοτικοποίηση, έτσι ώστε να καταλήξουμε σε πρακτικές PAN συσκευές. Οι συσκευές αυτές θα πρέπει να έχουν όσο το δυνατόν μικρότερο μέγεθος και θα πρέπει να παρέχουν ένα καλό πλαίσιο ανάπτυξης, το οποίο θα ακολουθεί την όλη έμπνευση και διάθεση των σχεδιαστών.

Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα υπέρ των PANs είναι το γεγονός ότι διανοίγει μια νέα πορεία στον τομέα των δικτύων. Τα δίκτυα προσωπικής περιοχής δείχνουν να είναι μια πολύ φυσική επανάσταση στον κόσμο των δικτύων, στον οποίο κυριαρχούν επίσης τα δίκτυα ευρείας περιοχής (wide area networks), τα μητροπολιτικά δίκτυα (metropolitan area networks), τα τοπικά δίκτυα (local area networks) και τα μικρού εύρους δίκτυα συσκευών (piconets) τα οποία χρησιμοποιούν Bluetooth και IrDA. Τα δίκτυα προσωπικής περιοχής έχουν κάνει την πιο πρόσφατη είσοδο στον τομέα αυτό, και, μέχρι τώρα τουλάχιστον, δεν ανταγωνίζονται με καμία από τις υπόλοιπες τεχνολογίες. Εστιάζουν σε πολύ διαφορετικές περιοχές και αυτός είναι και ο λόγος που ήρθαν για να μείνουν

## Βιβλιογραφία

1. Mobile Kärpät – A Case Study in Wireless Personal Area Networking, Timo Ojala, Jani Korhonen, Tiia Sutinen, Pekka Parhi, Lauri Aalto, Mobile Kärpät – A Case Study in Wireless Personal Area Networking, MediaTeam Oulu, University of Oulu
2. O. Shivers, BodyTalk and the BodyNet: A Personal Information Infrastructure, Personal Information Architecture Note 1, MIT Laboratory for Computer Science, Cambridge, MA (December 1, 1993).
3. T. G. Zimmerman, J. R. Smith, J. A. Paradiso, D. Allport, and N. Gershenfeld, "Applying Electric Field Sensing to Human-Computer Interfaces," CHI'95 Human Factors in Computing Systems, Denver, May 9-11, 1995, ACM Press, New York.
4. W. Stalling, Networking Standards, Addison-Wesley Publishing Co., Reading, MA (1993), pp. 23-26.
5. A. B. Carlson, Communication Systems, Third Edition, McGraw-Hill Book Company, New York (1986), pp. 230, 401, 514-536, 554.
6. Intrabody buses for data and power: E. Rehmi Post, Matt Reynolds, Matthew Gray, Joe Paradiso, Neil Gershenfeld. Physics and Media, MIT Media Lab.
7. N. Gershenfeld, T. G. Zimmerman, and D. Allport, *Non-Contact System for Sensing and Signaling by Externally Induced Intra-Body Currents*, U.S. Patent Application (May 8, 1995).
8. K. Pahlavan, T. H. Probert, and M. E. Chase, "Trends in Local Wireless Networks," *IEEE Communications Magazine* **33**, No. 3, 88-95 (March 1995).
9. T. G. Zimmerman, *Personal Area Networks (PAN): Near-Field Intra-Body Communication*, M.S. thesis, MIT Media Laboratory, Cambridge, MA (September 1995).