

Τ.Ε.Ι. ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ

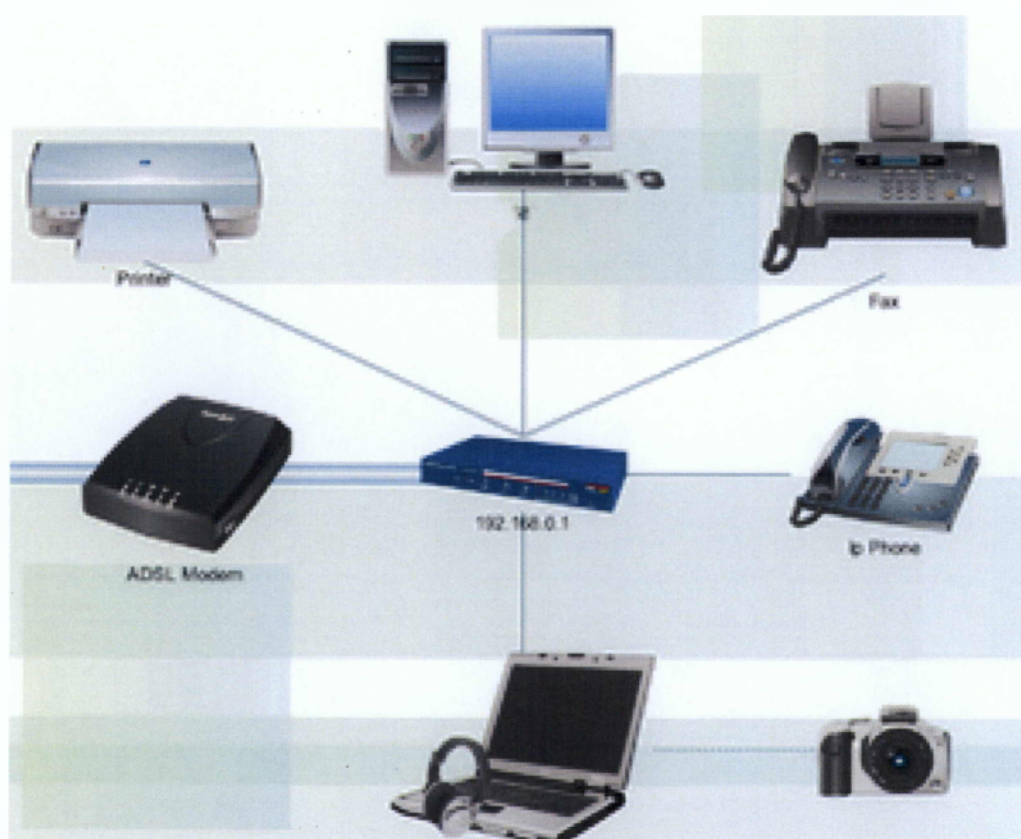


ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΣΠΑΡΤΗΣ

- 2011 -

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΜΑ: Εισαγωγή στα δίκτυα προσωπικού χώρου μικρής εμβέλειας (PAN NETWORKS) Personal area networks.



ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ: ΝΕΦΡΟΥ ΜΑΡΙΝΑ

ΑΜ:2006154

ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΝΑΣΤΑΚΟΣ ΜΙΧΑΛΗΣ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ:

Πρόλογος	5
Ευχαριστίες	6
Εισαγωγή	7
1. Κεφάλαιο 1 ^ο : Η Έννοια και η Λειτουργία των Ασύρματων Δικτύων	9
1.1 Ασύρματη Επανάσταση	9
1.1.1 Τι εννοούμε όταν αναφερόμαστε στα PAN Networks	9
1.1.2 Τι Είναι τα Ασύρματα Δίκτυα.....	11
1.1.3 Για Ποιο Λόγο η Ασύρματη Δικτύωση Θεωρείται Αποτελεσματικότερη.....	13
1.1.4 Σε Ποιες Περιπτώσεις δεν Χρειάζεται Ασύρματη Δικτύωση	16
1.2 Κατηγορίες Ασύρματων Δικτύων	17
1.2.1 Κατηγορία Ασύρματα Δίκτυα LAN	17
1.2.2 Κατηγορία Ασύρματα Δίκτυα WAN & MAN.....	20
1.3 Ασύρματα Πρότυπα Δικτύωσης	21
1.4 Η Οικογένεια Πρωτοκόλλων 802.11.....	24
1.4.1 Το Πρωτόκολλο 802.11	24
1.4.2 Το Πρωτόκολλο 802.11b.....	27
1.4.3 Το Πρωτόκολλο 802.11a.....	29
1.4.4 Το Πρωτόκολλο 802.11g	29
1.4.5 Πρωτόκολλο 802.11h	31
1.4.6 Πρωτόκολλο 802.11e	31
1.4.7 Πρωτόκολλο 802.11c,d,f	33
1.4.8 Πρωτόκολλο 802.11i	33
2. Κεφάλαιο 2 ^ο : Ασύρματα Πρότυπα Δικτύωσης και «Οικογένεια» Πρωτοκόλλων	35

2.1	Τι Ορίζονται ως Ασύρματα Δίκτυα PAN	35
2.2	Δίκτυα PAN και VPN- Private Personal Networks- Ιδιωτικά Ιδεατά Δίκτυα.....	37
2.3	Ασύρματο Δίκτυο PAN και Πρωτόκολλο IEEE 802.15.4	40
2.3.1	Συστατικά του Δικτύου PAN.....	41
2.4	Τοπολογία Πρωτοκόλλου και το Οποίο Αναφέρεται στη Λειτουργία του Ασυρμάτου Δικτύου PAN.....	42
2.5	Αρχιτεκτονική Πρωτοκόλλου	47
2.6	Ζώνες Συχνοτήτων για Λειτουργία PAN.....	49
2.7	Επίπεδα του Προτύπου για Λειτουργία PAN	50
2.8	Διαφορές Πρωτοκόλλου IEEE 802.15.4 (2003) και πρωτοκόλλου IEEE 802.15.4 (2006) για Λειτουργία PAN	51
3.	Κεφάλαιο 3 ^ο : Πρόσβαση και Καναλιών Διαμόρφωσης για Υπόστρωμα IEEE 802.15.4 και το οποίο Αναφέρεται στη Λειτουργία του Ασυρμάτου Δικτύου PAN	53
3.1	Λειτουργίες Υποστρώματος IEEE 802.15.4 στα Ασύρματα Δίκτυα και Υπηρεσίες Δεδομένων και το οποίο Αναφέρεται Συγκεκριμένα στη Λειτουργία του Ασυρμάτου Δικτύου PAN	53
3.2	Υπόστρωμα Λειτουργίας Ασυρμάτου Δικτύου PAN	59
3.3	Πεδίο Ελέγχου Πλαισίου στο Ασύρματο Δίκτυο PAN.....	62
4.	Κεφάλαιο 4 ^ο : Οι Μελλοντικές Χρήσεις των PAN Networks	68
	Επίλογος – Συμπεράσματα.....	75
	Βιβλιογραφία	77

Πρόλογος

Βασικός σκοπός της παρούσας πτυχιακής εργασίας, είναι να καταγράψω και να αναλύσω την λειτουργία των ασυρμάτων δικτύων και κυρίως των αποκαλούμενων PAN Networks ή διαφορετικά γνωστά ως Personal Area Networks και τα οποία χρησιμοποιούνται ως προσωπικά δίκτυα χώρου μικρής εμβέλειας. Προκειμένου να επιτύχω το σκοπό αυτό, προχωρώ στην ανάλυση των διαφόρων ειδών δικτύων εκτός των PAN και τα οποία εντοπίζονται στις μέρες μας καθώς επίσης και στην λειτουργία και χαρακτηριστικά των Ασυρμάτων Δικτύων και των αντίστοιχων πλεονεκτημάτων αλλά και μειονεκτημάτων που εμφανίζουν.

Αντίστοιχα σε επόμενο κεφάλαιο της παρούσης εργασίας, αναλύονται οι λειτουργίες και τα χαρακτηριστικά των δικτύων PAN Networks καθώς το τρόπο που εκείνα λειτουργούν με ειδική μνεία στις αρχιτεκτονικές τους δομές και στις διεπαφές τους, στα πρωτόκολλα επικοινωνίας που διαθέτουν αλλά και σε θέματα ασφαλείας που σχετίζονται με τα συγκεκριμένα δίκτυα. Επίσης, ποιες οι τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται σχετικά, ποιο το υπόβαθρο πίσω από αυτές τις τεχνολογίες και ποιες επίσης οι δυνατότητες επέκτασης αυτών με κάποια εξωτερικά δίκτυα.

Ευχαριστίες

Ένα πολύ μεγάλο ευχαριστώ στον Καθηγητή μου και επιβλέποντα της συγκεκριμένης πτυχιακής εργασίας Κο. Μιχάλη Ναστάκο για την πολύ μεγάλη βοήθεια του κατά την διάρκεια της έρευνας μου.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω όλους τους ειδικούς αλλά και εκείνους που ασχολούνται με τις κατηγορίες και μορφές εφαρμογής ασυρμάτων δικτύων στην Ελλάδα και οι οποίοι με βοήθησαν σε υπέρτατο βαθμό στην καταγραφή των απόψεων τους σχετικά με το τρόπο που λειτουργούν τα δίκτυα αυτά, τις κατηγορίες στις οποίες διαχωρίζονται αλλά και στις περιπτώσεις όπου το κάθε ασύρματο δίκτυο μπορεί να προσφέρει σημαντικά αποτελέσματα.

Τέλος, θα επιθυμούσα να αποστείλω τις ευχαριστίες μου στα μέλη της οικογενείας μου αλλά και τους φίλους μου, οι οποίοι όλο αυτόν τον καιρό της προετοιμασίας της συγκεκριμένης εργασίας αλλά και έρευνας με στήριξαν σε υπέρτατο βαθμό.

Εισαγωγή

Στην συγκεκριμένη πτυχιακή εργασία και έρευνα μου δόθηκε η ευκαιρία να εξετάσω διεξοδικά το φαινόμενο της λειτουργίας των ασυρμάτων δικτύων και συγκεκριμένα των δικτύων PAN στην καθημερινή ζωή των απλών ανθρώπων αλλά και στην αγορά των επιχειρήσεων, καθώς και την ασφάλεια που μπορούν να επιτύχουν οι επιχειρήσεις αυτές όσον αφορά την ροή των πληροφοριών τους εντός και εκτός του χώρου εργασίας.

Αποτελεί αδιαμφισβήτητο γεγονός πως ζούμε σε μια εποχή όπου ο «πόλεμος» της πληροφορικής και εξέλιξης της τεχνολογίας με σκοπό την απόκτηση περισσότερων πληροφοριών, έχει αποσπάσει την προσοχή των ειδικών της επιστήμης αυτής και οι οποίοι εργάζονται στις επιχειρήσεις αυτές, των κυβερνητικών αξιωματούχων αλλά και του ευρύτερου πληθυσμού ο οποίος επιθυμεί να χρησιμοποιεί τις διαδικτυακές υπηρεσίες με άνετο και αρκετές φορές μικρό κόστος.

Ο όρος «*ασύρματα δίκτυα*» χρησιμοποιείται στις μέρες μας για να δηλώσει ένα διεθνές φάσμα ενεργειών αλλά και ανταλλαγής πληροφοριών μεταξύ των ατόμων και επιχειρήσεων χρησιμοποιώντας την τελευταία εξέλιξη της τεχνολογίας και η οποία αναφέρεται σε πρόσβαση στον παγκόσμιο διαδικτυακό χώρο από οποιοδήποτε σημείο μπορεί κανείς να βρίσκεται.

Σκοπός της συγκεκριμένης εργασίας και έρευνας και όπως αναφέρθηκε παραπάνω, είναι να παραθέσω και να αναλύσω λεπτομερώς τις έννοιες των ασυρμάτων δικτύων και συγκεκριμένα του PAN, ποιες οι λειτουργίες και κατηγορίες των πρωτοκόλλων, καθώς και να προσφέρω μια γενικότερη εικόνα ως προς την αναγκαιότητα και εξυπηρέτηση που προσφέρει το συγκεκριμένο

δίκτυο στις απλές καθημερινές ανάγκες των ανθρώπων αλλά και των επιχειρήσεων ανά τον κόσμο. Επιπλέον προσπαθώ να περιγράψω την τεχνολογία που χρησιμοποιείται στο συγκεκριμένο δίκτυο και ποιες οι δυνατότητες του και τα πλαίσια προστασίας του. Δυνατότητες οι οποίες μπορούν να προσφέρουν σημαντική βοήθεια στις επιχειρήσεις που θα τις χρησιμοποιήσουν, αλλά και στους υπευθύνους και ειδικούς αυτών.

1. Κεφάλαιο 1^ο : Η Έννοια και η Λειτουργία των Ασύρματων Δικτύων

1.1 Ασύρματη Επανάσταση

1.1.1 Τι εννοούμε όταν αναφερόμαστε στα PAN Networks

Στο σημείο αυτό θα κάνουμε μια αναφορά στα δίκτυα προσωπικού χώρου μικρής εμβέλειας, που είναι και το κύριο θέμα της παρούσας εργασίας για να έχουμε μια πρώτη άποψη για την τεχνολογία αυτή. Ωστόσο πιο αναλυτική αναφορά θα γίνει στο δεύτερο κεφάλαιο της εργασίας μας.

Ένας ορισμός θα ήταν ότι τα PAN Networks είναι η ικανότητα των ανθρώπων να στήνουν ένα δίκτυο στο δικό τους προσωπικό χώρο είτε αφορά το σπίτι τους ή την εργασία τους, χωρίς να χρησιμοποιούμε κανέναν είδους καλωδίωση, με σκοπό είτε την ανταλλαγή πληροφοριών με άλλους χρήστες, είτε την απλή ενημέρωση του χρήστη χωρίς να είναι υποχρεωτική η ανταλλαγή πληροφοριών είτε η επικοινωνία μεταξύ των χρηστών χωρίς κανένα κόστος.

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 επείγοντως ένα μέσο για να πραγματοποιήσει μια διασύνδεση μεταξύ συσκευών που μπορούν να μεταφερθούν με το ανθρώπινο σώμα 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.

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.

1.1.2 Τι Είναι τα Ασύρματα Δίκτυα

Τα ασύρματα δίκτυα ή διαφορετικά Wi-Fi Networks - εμφανίζονται πλέον ολοένα και περισσότερο στη ζωή μας. Θεωρούνται η εξέλιξη των ενσύρματων δικτύων και αποτελούν ίσως κατά το κοινώς λεγόμενο, το μέλλον στην επικοινωνία μεταξύ των συσκευών. Μιλώντας κανείς για ασύρματα δίκτυα αναφέρεται στη σύνδεση μεταξύ 2 ή περισσότερων ηλεκτρονικών υπολογιστών με σκοπό την ανταλλαγή δεδομένων χωρίς όμως να παρεμβάλλονται καλώδια ή κάποιο είδος οργανικής σύνδεσης ανάμεσά τους¹.

Ο συγκεκριμένος όρος δεν είναι ιδιαίτερα σαφής σε έναν χρήστη ο οποίος δεν είναι επαρκώς εξοικειωμένος με τις νέες τεχνολογίες για το λόγο ότι αποδίδει μόνο ένα μικρό μέρος της ευρείας χρήσης που μπορούν αυτά τα συστήματα να έχουν. Για παράδειγμα μπορεί να αναφερθεί πως τα στοιχεία ενός ηλεκτρονικού υπολογιστή περιέχονται πια σε κινητά τηλέφωνα, φορητές συσκευές ήχου και εικόνας, υπολογιστές παλάμης, εκτυπωτές και γενικά συσκευές γραφείου, κάτι που σημαίνει πως όλα αυτά έχουν πλέον τη δυνατότητα να συνδεθούν σε ένα ασύρματο δίκτυο.

Όπως όμως κάθε μέθοδος σύνδεσης συστημάτων, έτσι και τα ασύρματα δίκτυα ακολουθούν πιστά κάποια πρωτόκολλα και πρότυπα μοντέλα τα οποία τις περισσότερες φορές ορίζονται από διεθνείς οργανισμούς όπως το Ινστιτούτο Ηλεκτρολόγων Μηχανικών - IEEE - μη κερδοσκοπικός οργανισμός ο οποίος ασχολείται και με την προτυποποίηση τεχνικών μέσων και τεχνολογιών) το οποίο όρισε τα πρωτόκολλα 802.11a, 802.11b, 208.11g και άλλα ενώ ταυτόχρονα ανέπτυξε και το γνωστό Bluetooth - πρωτόκολλο

¹ Pfleeger, C., P., 1997, "Security in Computing", Prentice Hall

802.15 και το οποίο ανήκει στην κατηγορία των PAN ή γνωστό ως Personal Area Networks². Για την επικοινωνία αυτή χρησιμοποιούνται κάποιες υψηλές συχνότητες της τάξης των 2.4 Gigahertz ή ελεύθερη ζώνη. Οι λόγοι για τους οποίους τα ασύρματα δίκτυα πιθανώς διαδραματίσουν κυρίαρχο ρόλο στη σύνδεση μεταξύ υπολογιστών στο μέλλον είναι πολλοί και αναφέρονται ως ακολούθως :

- Παρέχουν κάποιες πραγματικά μεγάλες ταχύτητες μεταφοράς δεδομένων από κάποιες εκατοντάδες Kbps (kilo bits per second), έως και πολλές δεκάδες Mbps, αναφορικά στα 54 Mbps για το 802.11a και g, με τη διαφορά όμως ότι το a λειτουργεί στα 5 GHz ενώ το g στα 2.4 GHz και 11Mbps για το 802.11b το μέγιστο, γύρω στα 5 στην πράξη.
- Η υλοποίηση τους στις μέρες μας έχει πολύ χαμηλό κόστος, υπολογίζεται περίπου στα 150 ευρώ και είναι προσιτό στον καθένα που επιθυμεί να εγκαταστήσει ένα τέτοιο δίκτυο, ενώ η τεχνογνωσία για αυτό παρέχεται εν αφθονία στο διαδίκτυο
- Η εμβέλεια τους είναι επαρκής και κυμαίνεται ανάλογα με τη χρήση που απαιτεί ο κάθε χρήστης. Έτσι για σύνδεση μεταξύ οικιακών συσκευών χρησιμοποιείται κυρίως το Bluetooth που έχει εμβέλεια έως τα 10 μέτρα και μπορεί να φτάσει τα 100 μέτρα αλλά με συσκευές υψηλότερης ενέργειας. Για τη δημιουργία ενός τοπικού, οικιακού δικτύου το οποίο χρησιμοποιείται συνήθως για ανταλλαγή ψηφιακών αρχείων ή για παιχνίδια πολλαπλών παικτών, χρησιμοποιούνται τα 802.11a, 802.11b και 802.11g, με εμβέλεια από 40 μέτρα για κλειστούς χώρους ως 100 μετρα και πολύ περισσότερο έως και 300 μέτρα για ανοικτούς χώρους.

² McCarthy, L., 1997, "Intranet Security", Prentice Hall

- Για σύνδεση μεταξύ κτιριακών εγκαταστάσεων επιχειρήσεων τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιούνται νέες τεχνολογίες οι οποίες φτάνουν σε εμβέλεια τα 4 χιλιόμετρα. Απαραίτητη όμως προϋπόθεση για τις παραπάνω κατηγορίες έτσι ώστε αυτές να αποδώσουν τα μέγιστα θεωρείται η οπτική επαφή, και αν αυτή δεν είναι δυνατή, τότε είναι πολύ πιθανή η αποφυγή μεσολάβησης μεταλλικών αντικειμένων ή αντικειμένων που περιέχουν νερό.
- Τα ασύρματα δίκτυα παρέχουν μια μεγάλη διευκόλυνση καθώς σημαίνουν το τέρμα με τα πολλά καλώδια που όλους λίγο πολύ τους έχουν κουράσει στην δικτύωση τους στο Ίντερνετ

1.1.3 Για ποιο Λόγο η Ασύρματη Δικτύωση Θεωρείται Αποτελεσματικότερη

Η χρήση του ασύρματου μέσου μετάδοσης διαθέτει μια σειρά από πλεονεκτήματα τα οποία αναφέρονται ως ακολούθως :

➤ Κινητικότητα Χρήστη

Οι χρήστες έχουν την ικανότητα να μετακινούνται εντός της εμβέλειας του ασύρματου δικτύου, δηλαδή σε χώρο στον οποίο θα έχουν επαρκές σήμα, διατηρώντας έτσι την συνδεσιμότητα τους με αυτό. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την μεγαλύτερη παραγωγικότητα και αποτελεσματικότητα στο εργασιακό περιβάλλον και όχι μόνο.

➤ Ευκολία, Ευελιξία και Απλότητα Εγκατάστασης

Δεν χρειάζεται κάποιος να εγκαταστήσει καλωδιώσεις μέσα από τοίχους και ταβάνια. Μπορεί να γίνει η δικτύωση σε μέρη όπου η καλωδίωση

θα ήταν αδύνατη, ή μη επιθυμητή, όπως η δικτύωση γραφείων τα οποία βρίσκονται σε μεγάλη απόσταση μεταξύ τους. Η εγκατάσταση στις περισσότερες των περιπτώσεων μπορεί να διεξαχθεί εύκολα αν ακολουθηθούν κάποιοι βασικοί κανόνες εγκατάστασης στη κάθε περίπτωση.

➤ *Κλιμάκωση, Δυνατότητα Επέκτασης*

Τα ασύρματα δίκτυα μπορούν να διαρθρωθούν σε ένα πλήθος από τοπολογίες, έτσι ώστε να ταιριάζουν στις απαιτήσεις των διαφόρων εφαρμογών. Οι τοπολογίες αλλάζουν εύκολα αλλά και επεκτείνονται από απλά δίκτυα με μικρό αριθμό χρηστών, ως μεγάλες δομές δικτύων με εκατοντάδες χρήστες και δυνατότητα περιαγωγής, δηλαδή του *roaming*.

➤ *Κόστος*

Παρά το γεγονός ότι το αρχικό κόστος εγκατάστασης θεωρείται υψηλότερο σε σχέση με τις λύσεις ενσύρματης δικτύωσης, το κόστος για όλη τη διάρκεια ζωής της επένδυσης μπορεί να είναι ιδιαίτερως μικρότερο, ιδιαίτερα σε δυναμικό περιβάλλον που απαιτεί συχνές αλλαγές, αναδιαρθρώσεις και μετακινήσεις. Επιπλέον το κόστος υλοποίησης - εγκατάστασης και συντήρησης - διαχείρισης του δικτύου είναι επίσης πολύ μικρό. Το σημαντικότερο μέρος του κόστους είναι η αγορά του εξοπλισμού. Επίσης με την εμφάνιση των περισσότερων κατασκευαστών και τον έντονο ανταγωνισμό μεταξύ τους το κόστος έχει μειωθεί αισθητά, ενώ παράλληλα οι συσκευές έχουν αποκτήσει περισσότερα ποιοτικά χαρακτηριστικά. Έτσι, ενώ το 2000 ένα σημείο πρόσβασης - Access Point - είχε κόστος 1000-2000\$, τώρα έχει κόστος δέκα φορές μικρότερο κόστος. Μάλιστα τα περιθώρια

κέρδους έχουν συμπιεστεί σε πολύ μεγάλο βαθμό για τους κατασκευαστές και προς όφελος βέβαια του κάθε καταναλωτή.

➤ *Ταχύτητες Μετάδοσης*

Όσο περισσότερο αναπτύσσεται η τεχνολογία γίνεται δυνατή η μετάδοση μεγαλύτερων ρυθμών δεδομένων. Ήδη ο μέγιστος ρυθμός μετάδοσης δεδομένων, από τα 2Mbps που μπορούσαν να επιτευχθούν αρχικά, έφτασε στις μέρες μας σε ταχύτητες πάνω από 100Mbps ενώ ήδη έχουν εξαγγελθεί ακόμα μεγαλύτερες ταχύτητες για το μέλλον.

➤ *Αξιοπιστία - Ανεξαρτησία*

Ένα ασύρματο δίκτυο το οποίο είναι κατάλληλα διαμορφωμένο μπορεί να διαθέτει μεγάλη αξιοπιστία. Έτσι μπορεί να σχεδιαστεί με απώτερο σκοπό να μπορεί να «εργάζεται» όταν συμβαίνουν διακοπές ρεύματος και να περιλαμβάνει πολλές εναλλακτικές διαδρομές έως οι υπηρεσίες φθάσουν στον χρήστη.

➤ *Εμβέλεια*

Η εμβέλεια ενός ασύρματου δικτύου σε ένα περιβάλλον γραφείου μπορεί να είναι μερικές δεκάδες μέτρα. Τα ραδιοκύματα σε κάθε εσωτερικό χώρο έχουν να διαπεράσουν τοίχους και οροφές οπότε υποκύπτουν σε μια σημαντική απόσβεση. Σε ανοικτό χώρο όπου υπάρχει οπτική επαφή ανάμεσα στις ασύρματες συσκευές, οι αποστάσεις οι οποίες μπορούν να καλυφθούν είναι μεγαλύτερες.

➤ *Συμβατότητα με το Υπάρχον Δίκτυο*

Τα περισσότερα ασύρματα δίκτυα διαθέτουν ένα προτυποποιημένο τρόπο σύνδεσης με τα υπάρχοντα ενσύρματα δίκτυα. Με το τρόπο αυτό, η προσθήκη ασύρματης δικτύωσης σε υπάρχουσες δομές δικτύων μπορεί να επιτευχθεί με τον ευκολότερο τρόπο. Πολλές φορές δε, αποτελούν και επέκταση ενός ενσύρματου δικτύου.

1.1.4 Σε Ποιες Περιπτώσεις Δεν Χρειάζεται Ασύρματη Δικτύωση

Η χρήση της ασύρματης τεχνολογίας σε καμία περίπτωση δεν παραγκωνίζει τις λύσεις της ενσύρματης δικτύωσης³. Οι δύο «οικογένειες» τεχνολογιών θεωρούνται συμπληρωματικές και όχι ανταγωνιστικές. Δεν θα πρέπει να γίνεται χρήση της ασύρματης τεχνολογίας στις ακόλουθες περιπτώσεις :

- Όταν ο χρήστης διαθέτει κατευθείαν εύκολη πρόσβαση στο ενσύρματο δίκτυο, για παράδειγμα αναφέρεται η σύνδεση ενός δύο υπολογιστών που βρίσκονται δίπλα δίπλα σε ένα γραφείο με ένα απλό *ethernet* καλώδιο
- Στις περιπτώσεις όπου ο χρήστης και η εφαρμογή απαιτεί αρκετά μεγάλο ρυθμό μετάδοσης, όπου δεν μπορεί να καλυφθεί από το ασύρματο δίκτυο. Έτσι για παράδειγμα εάν κάποιος επιθυμεί μια διασύνδεση με ρυθμό 1Gbps, μπορεί να την υλοποιήσει με πολύ χαμηλό κόστος με συσκευές οι οποίες υποστηρίζουν *Gigabit Ethernet* και την κατάλληλη καλωδίωση. Η ασύρματη τεχνολογία δεν προβλέπεται να φτάσει ποτέ αυτές τις ταχύτητες. Επιπρόσθετα, ήδη

³ Adams, J., 1998, "*The next world war*", Simon and Schuster

έχουν κυκλοφορήσει λύσεις ενσύρματης δικτύωσης οι οποίες φτάνουν στα 10Gbps αν και δεν είναι κοινή ακόμα η χρήση τους⁴.

- Σε δίκτυα τα οποία απαιτούν μεγάλο βαθμό ασφαλείας, οι ενσύρματες λύσεις είναι σαφώς καλύτερες. Σε ένα καλώδιο το οποίο θεωρείται ήδη προστατευμένο κάτω από ψευδοπατώματα, δεν είναι δυνατή η φυσική πρόσβαση στο καλώδιο προκειμένου να γίνει υποκλοπή. Αντίθετα, στην περίπτωση κάποιας ασύρματης υλοποίησης, επειδή δεν είναι δυνατό να περιορίσει κανείς τα ραδιοκύματα, είναι εύκολο να γίνει ανίχνευση της μεταδιδόμενης πληροφορίας. Σε περίπτωση δε όπου η πληροφορία δεν είναι κωδικοποιημένη μπορεί να διεξαχθεί ανάκτηση της. Για μπορέσουν όμως να φτάσουν σε παρόμοιο βαθμό ασφαλείας τα ασύρματα δίκτυα, θα πρέπει να εφαρμοστούν σε αυτά περίπλοκες τεχνικές αυθεντικοποίησης και κωδικοποίησης και μάλιστα σε ένα επίπεδο εφαρμογής. Άλλωστε αυτός είναι και ένας από τους λόγους που δεν χρησιμοποιούνται σε κρίσιμες στρατιωτικές εφαρμογές οι συμβατικές ασύρματες τεχνολογίες, για παράδειγμα επικοινωνία συσκευών, εφαρμογών, προσωπικού, σε ένα πολεμικό πλοίο ή εντός μιας στρατιωτικής βάσης.
- Σε περιοχές οι οποίες έχουν μεγάλο ηλεκτρομαγνητικό θόρυβο, γεγονός που έχει ως αποτέλεσμα κάποιες προβληματικές και μη αξιόπιστες συνδέσεις.

1.2 Κατηγορίες Ασύρματων Δικτύων

1.2.1 Κατηγορία Ασύρματα Δίκτυα LAN

⁴ Adams, J., 1998, "The next world war", Simon and Schuster

Ένα ασύρματο τοπικό δίκτυο υπό μορφή LAN επιτρέπει ουσιαστικά τη σύνδεση των υπολογιστών χωρίς καλώδια. Αν κάποιος για παράδειγμα σε μια επιχείρηση χρειάζεται ένα έγγραφο και βρίσκεται στην αίθουσα συσκέψεων, τότε μπορεί απλα με την ασύρματη σύνδεση LAN να το ανακτήσει από έναν άλλο υπολογιστή. Με ένα ασύρματο δίκτυο LAN κάτι τέτοιο καθιστάται ιδιαίτερος εύκολο, καθώς χρησιμοποιεί ραδιοκύματα για να επιτρέψει τη σύνδεση και την επικοινωνία κινητών συσκευών εντός μιας συγκεκριμένης εμβέλειας⁵. Τα πλεονεκτήματα της ασύρματης δικτύωσης LAN είναι βραχυπρόθεσμα και μακροπρόθεσμα και αναφέρονται ως ακολούθως :

- *Ευκολία χρήσης.* Στις μέρες μας όλοι οι φορητοί υπολογιστές και πολλά κινητά τηλέφωνα είναι εξοπλισμένα με τεχνολογία Wi-Fi η οποία απαιτείται για απευθείας σύνδεση σε ένα ασύρματο δίκτυο LAN. Οι εργαζόμενοι μπορούν να συνδέονται με ασφάλεια στους πόρους του δικτύου της κάθε εταιρίας από οπουδήποτε εντός της εμβέλειας κάλυψης του δικτύου. Η περιοχή κάλυψης είναι κατά κανόνα οι εγκαταστάσεις της επιχείρησής όπου εργάζονται, ωστόσο μπορεί να επεκτείνεται και σε περισσότερα κτίρια
- *Φορητότητα.* Οι εργαζόμενοι μπορούν να παραμένουν συνδεδεμένοι στο δίκτυο, ακόμα και όταν δεν βρίσκονται στο γραφείο τους εντός της επιχείρησης. Οι συμμετέχοντες σε συσκέψεις μπορούν να έχουν πρόσβαση σε έγγραφα και εφαρμογές ταυτόχρονα. Οι πωλητές μπορούν να εντοπίζουν στο δίκτυο σημαντικές λεπτομέρειες από οποιαδήποτε τοποθεσία και αν βρίσκονται.

⁵ Pfleeger, C., P., 1997, "Security in Computing", Prentice Hall

- *Παραγωγικότητα.* Η πρόσβαση στις πληροφορίες και στις βασικές εφαρμογές της εταιρείας μπορεί να υποστηρίξει το προσωπικό κατά τη διεκπεραίωση των εργασιών και να ενθαρρύνει τη συνεργασία. Οι επισκέπτες όπως πελάτες, συνεργάτες ή προμηθευτές μπορούν επίσης να έχουν πρόσβαση υψηλής ασφαλείας στο Ίντερνετ και στα επιχειρηματικά δεδομένα τους.
- *Εύκολη ρύθμιση.* Εφόσον δεν απαιτείται η τοποθέτηση καλωδίων σε ένα χώρο, τότε η εγκατάσταση μπορεί να ολοκληρωθεί γρήγορα και οικονομικά. Τα ασύρματα δίκτυα LAN διευκολύνουν επίσης τη συνδεσιμότητα δικτύου σε κάποιους δυσπρόσιτους χώρους, όπως οι αποθήκες ή οι εγκαταστάσεις εργοστασιακής παραγωγής.
- *Δυνατότητα κλιμάκωσης.* Καθώς οι διάφορες επιχειρηματικές δραστηριότητες των επιχειρήσεων αναπτύσσονται, ενδεχομένως να απαιτείται άμεση επέκταση του δικτύου τους. Τα ασύρματα δίκτυα μπορούν κατά κανόνα να επεκταθούν με τον υπάρχοντα εξοπλισμό, ενώ ένα ενσύρματο δίκτυο ενδέχεται να απαιτεί κάποια επιπλέον καλωδίωση.
- *Ασφάλεια.* Ο έλεγχος και η διαχείριση της πρόσβασης στο ασύρματο δίκτυο των επιχειρήσεων θεωρείται μέγιστης σημασίας για την επιτυχία τους. Οι εξελιγμένες δυνατότητες της τεχνολογίας Wi-Fi προσφέρουν μια ισχυρή προστασία, ώστε τα δεδομένα των επιχειρήσεων να είναι εύκολα προσβάσιμα μόνο από τους χρήστες στους οποίους επιτρέπεται η πρόσβαση.
- *Κόστος.* Μπορεί να αποδειχθεί οικονομικότερη η λειτουργία ενός ασύρματου δικτύου LAN, το οποίο εξαλείφει ή μειώνει το κόστος

καλωδίωσης σε περιπτώσεις μετακόμισης, αναδιάταξης ή επέκτασης γραφείων της κάθε επιχείρησης

1.2.2 Κατηγορία Ασύρματα Δίκτυα WAN & MAN

Ένα ασύρματο WAN ή διαφορετικά Wide Area Network θεωρείται ένα δίκτυο ασύρματων υπηρεσιών το οποίο λειτουργεί πέρα από ένα κτίριο και παρέχεται από κάποιον φορέα, όπως το φορέα κινητής τηλεφωνίας που χρησιμοποιείτε⁶. Σε ένα ασύρματο WAN, μπορεί κανείς να μεταβεί ασύρματα στο δίκτυο φωνητικών υπηρεσιών ή δεδομένων αντί να συνδέσει το *notebook* σε μια τηλεφωνική υποδοχή και να καλέσει τον αριθμό σύνδεσης στο Ίντερνετ ή να συνδεθεί σε ένα δημόσιο hot-spot. Σε ένα ασύρματο δίκτυο WAN, κάθε φορητή συσκευή επικοινωνεί με το σταθμό βάσης της υπηρεσίας παροχής.

Τα ασύρματα δίκτυα WAN θεωρούνται μια από τις πιο συνηθισμένες μορφές ενός ασύρματου δικτύου ευρείας περιοχής. Πολλοί άνθρωποι σε όλο τον κόσμο χρησιμοποιούν τα κινητά τους τηλέφωνα για να συνδεθούν σε κάποιο *Δημόσιο Τηλεφωνικό Δίκτυο* ή διαφορετικά Public Switched Telephone Network - PSTN. Οι διάφορες εταιρείες παροχής υπηρεσιών κινητής τηλεφωνίας έχουν επενδύσει αστρονομικά ποσά για τη δημιουργία μιας επικοινωνιακής δομής, η οποία θα μπορεί να συνδέσει τις κεραίες τους μέσω κάποιων κέντρων μεταγωγής κινητών τηλεπικοινωνιών σε κάποιο κεντρικό κόμβο και από εκεί στο αντίστοιχο δημόσιο τηλεφωνικό δίκτυο.

Έχουν επίσης αναπτυχθεί πολλά πρότυπα για τις κινητές τηλεπικοινωνίες στην Ευρώπη και στις Ηνωμένες Πολιτείες, καθώς άλλα είναι προσανατολισμένα στην αναλογική και άλλα στην ψηφιακή τεχνολογία. Τέλος

⁶ Adams, J., 1998, *"The next world war"*, Simon and Schuster

οι υπηρεσίες παροχής εγκαθιστούν δίκτυα σταθμών βάσης, παρόμοιους με τους σταθμούς κινητής τηλεφωνίας σε μεγάλες γεωγραφικές περιοχές, παρέχοντας ουσιαστικά κάλυψη σε μεγάλες περιοχές, ακόμα και χώρες.

Σχετικά με τα ασύρματα δίκτυα MAN, θα ήταν χρήσιμο να αναφερθεί πως η ανάπτυξη των Μητροπολιτικών Δικτύων στην Περιφέρεια μιας χώρας θα μπορούσε να παρομοιαστεί με τη διάνοιξη μίας «Εθνικής Οδού» η οποία φέρνει την ευρυζωνικότητα σε κάθε σημείο του χάρτη. Ως Μητροπολιτικά Δίκτυα (MAN) ορίζονται τα ευρυζωνικά δίκτυα, τα οποία αναπτύσσονται κυρίως σε πόλεις και στα οποία συνδέονται χρήστες όπως δημόσιοι φορείς, επιχειρήσεις, πολίτες, κ.λπ. με τη χρήση Η/Υ ή άλλων ηλεκτρονικών μέσων σε κάποιες πολύ υψηλές ταχύτητες⁷. Τα ασύρματα αυτά δίκτυα χρησιμοποιούν συνήθως οπτικές ίνες και ασύρματες τεχνολογίες και το μέγεθός τους είναι μεγαλύτερο από τα τοπικά δίκτυα δηλαδή τα Local Area Networks - LAN και μικρότερο από τα δίκτυα ευρείας περιοχής όπως Wide Area Networks - WAN. Με δεδομένο ότι η έννοια των Μητροπολιτικών Δικτύων θεωρείται στενά συνυφασμένη με την ευρυζωνικότητα, θα μπορούσε κανείς να λάβει υπόψιν του αρχικά τα πλεονεκτήματα που προσφέρονται από αυτή και ακολούθως να επεκταθεί στα ασύρματα δίκτυα MAN.

1.3 Ασύρματα Πρότυπα Δικτύωσης

Η ασύρματη δικτύωση 802.11 και η οποία ονομάζεται επίσης και "Wi-Fi", αποτελεί ένα σύνολο πρωτοκόλλων τα οποία χρησιμοποιούνται ευρέως σε μικρά τοπικά δίκτυα⁸. Ένα άλλο πρωτόκολλο είναι εκείνο το οποίο

⁷ Σταμάτης, Κ., Ν., 2002, «Η Αβέβαιη Κοινωνία της Γνώσης», Εκδόσεις Σαββάλας

⁸ McCarthy, L., 1997, "Intranet Security", Prentice Hall

ονομάζεται Bluetooth και όπως ήδη αναλύθηκε στις προηγούμενες ενότητες αυτής της πτυχιακής εργασίας, επιτρέπει στις συσκευές να επικοινωνούν ασύρματα αλλά είναι χρήσιμο μόνο για επικοινωνία πολύ μικρής εμβέλειας και γενικότερα δεν χρησιμοποιείται για οικιακή δικτύωση. Το Bluetooth μπορεί επίσης να είναι χρήσιμο για τη δικτύωση προσωπικών συσκευών μέσα στα όρια μιας μικρής περιοχής. Ένα τέτοιο δίκτυο συχνά καλείται δίκτυο προσωπικής περιοχής ή διαφορετικά γνωστό ως Personal Area Network – PAN.

Στην πραγματικότητα το πρωτόκολλο 802.11 περιλαμβάνει πολλαπλά διαφορετικά πρωτόκολλα. Τα τελευταία γράμματα δηλαδή τα 802.11a ή 802.11b υποδεικνύουν τις διάφορες ταχύτητες και ζώνες συχνοτήτων που χρησιμοποιούνται. Οι σημαντικότερες ζώνες συχνοτήτων και ταχύτητες είναι το πρότυπο 802.11g το οποίο επικοινωνεί στα 54 Mbps. Ο εξοπλισμός 100/125 Mbps 802.11g θα εκπέμπει με τη διπλάσια ταχύτητα όταν χρησιμοποιείται με άλλο εξοπλισμό 100/125 Mbps. Επιπρόσθετα, θα "χαμηλώσει" για να επικοινωνήσει με 802.11g στα 54 Mbps ή 802.11b στα 11 ή τα 22 Mbps. Το πρότυπο 802.11b επικοινωνεί στα 11 Mbps. Ο εξοπλισμός 22 Mbps 802.11b θα εκπέμπει με τη διπλάσια ακριβώς ταχύτητα όταν χρησιμοποιείται με άλλο εξοπλισμό 22 Mbps. Επίσης, θα "χαμηλώσει" για να επικοινωνήσει με 802.11b στα 11 Mbps⁹.

Θα πρέπει να σημειωθεί πως τα πρότυπα 802.11a και 802.11b δεν είναι άμεσα συμβατά μεταξύ τους, αλλά ίσως στο μέλλον δημιουργηθούν προϊόντα για να "γεφυρωθούν" αποτελεσματικά τα δύο δίκτυα και να

⁹ Pfleeger, C., P., 1997, "Security in Computing", Prentice Hall

επιτρέψουν στις συσκευές αυτές να επικοινωνούν μεταξύ τους. Αυτή τη στιγμή πάντως, όλα τα ασύρματα προϊόντα της εταιρίας *U.S. Robotics* για παράδειγμα χρησιμοποιούν το πρωτόκολλο 802.11b, σε ταχύτητες 11 Mbps ή 22 Mbps ή το πρωτόκολλο 802.11g στα 54 Mbps, στα 100 Mbps ή στα 125 Mbps¹⁰.

Έτσι λοιπόν σήμερα βλέπουμε πολλούς χρήστες οι οποίοι έχουν δημιουργήσει από μόνοι τους, χωρίς πολλές γνώσεις πάνω σε δίκτυα, ένα ασύρματο δίκτυο. Υπάρχουν πολυκατοικίες οι οποίες προχωρούν σε τέτοιες εγκαταστάσεις, πόλεις 150.000 κατοίκων να έχουν 220 χρήστες δικτυωμένους μεταξύ τους όπως το Ηράκλειο Κρήτης για παράδειγμα, το οποίο αποτελεί ένα από τα μεγαλύτερα δίκτυα της Ελλάδος. Εκτός των άλλων βέβαια η Αθήνα η οποία σήμερα αριθμεί πάνω από 4.000 χρήστες συνδεδεμένους αυτοβούλως στο ίδιο δίκτυο και θα πρέπει να σημειωθεί ότι είναι το δίκτυο με τους περισσότερους κόμβους σε όλη την Ευρώπη- και η Θεσσαλονίκη η οποία αριθμεί περίπου στους 800 χρήστες.

Όμως δεν σταματάει εκεί η τεχνολογία, αεροδρόμια, καφετέριες και πανεπιστήμια έχουν δημιουργήσει "hot spots", δηλαδή σε κάποιο σημείο της εγκατάστασης υπάρχει συσκευή η οποία επιτρέπει σε μια κάποια εμβέλεια του χώρου, πρόσβαση μέσω ασύρματης τεχνολογίας στο διαδίκτυο μέσω μιας φορητής συσκευής, όπως φορητός υπολογιστής, υπολογιστής παλάμης, κλπ. Η υπηρεσία παρέχεται άλλες φορές με χρέωση και άλλες όχι. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι στο Διεθνές Αεροδρόμιο Αθηνών «Ελ. Βενιζέλος» η υπηρεσία

¹⁰ Adams, J., 1998, *"The next world war"*, Simon and Schuster

έχει χρέωση 10 ευρώ για 3 ώρες πρόσβαση που πρέπει να χρησιμοποιηθούν σε ένα μήνα.

1.4 Η Οικογένεια Πρωτοκόλλων 802.11

1.4.1 Το Πρωτόκολλο 802.11

Όπως αναφέρθηκε και στις παραπάνω σελίδες, η οικογένεια πρωτοκόλλων 802.11 περιλαμβάνει πολλαπλά και διαφορετικά πρωτόκολλα. Τα τελευταία γράμματα (δηλαδή τα 802.11a) υποδεικνύουν τις διάφορες ταχύτητες και ζώνες συχνοτήτων που χρησιμοποιούνται οι οποίες αναφέρονται στον ακόλουθο πίνακα¹¹ :

<i>Πρότυπο</i>	<i>Ταχύτητα</i>	<i>ζώνη 2,5 GH</i>	<i>ζώνη 5 GHz</i>	<i>Λεπτομέρειες</i>
802.11	1-2 Mbps	X		Αυτό το πρότυπο είναι παλαιότερο και τα περισσότερα προϊόντα στην αγορά δεν το υποστηρίζουν.
802.11a	54 Mbps		X	Αυτή τη στιγμή, κυκλοφορούν στην αγορά ορισμένα προϊόντα που χρησιμοποιούν αυτό το πρότυπο, αλλά δεν είναι συμβατά με οποιαδήποτε από τα προϊόντα που χρησιμοποιούν τη συχνότητα των 2,5 GHz. Ως αποτέλεσμα, δεν είναι συμβατά με τον

¹¹ Pflieger, C., P., 1997, "Security in Computing", Prentice Hall

				εξοπλισμό 802.11b που ίσως χρησιμοποιείτε.
802.11b (11 Mbps)	11 Mbps	X		Τα ασύρματα προϊόντα πρόσβασης των 11 Mbps χρησιμοποιούν αυτό το πρότυπο. Αυτά τα προϊόντα είναι ιδιαίτερα προσιτά και συμβατά με τα προϊόντα 802.11b που κατασκευάζονται από άλλες εταιρείες.
802.11b (22 Mbps)	22 Mbps	X		Τα ασύρματα προϊόντα πρόσβασης των 22 Mbps είναι συμβατά με το πρότυπο 802.11b (στα 11 Mbps) και είναι συμβατά με το πρότυπο 802.11g (στα 54/100/125 Mbps). Τα προϊόντα των 22 Mbps είναι συμβατά με τις παλαιότερες και τις νεότερες εκδόσεις αυτών των προτύπων. Όταν χρησιμοποιούνται με τα προϊόντα των 11 Mbps, αυτά τα προϊόντα σας δίνουν ένα ισχυρότερο σήμα, μεγαλύτερο εύρος και 70% μεγαλύτερο χώρο κάλυψης.
802.11g	54 Mbps	X		Τα ασύρματα προϊόντα πρόσβασης των 54 Mbps είναι συμβατά με το πρότυπο 802.11b (στα 11 και τα 22 Mbps) και είναι συμβατά με τα ασύρματα προϊόντα πρόσβασης των 100/125 Mbps. Αν έχετε προϊόντα 22 Mbps 802.11b, θα έχετε τη δυνατότητα να προσθέσετε προϊόντα

			802.11g χωρίς να χρειαστεί να αντικαταστήσετε τον τρέχοντα εξοπλισμό σας.
802.11g (Wireless Turbo)	100/125 Mbps	X	Τα ασύρματα προϊόντα πρόσβασης των 100/125 Mbps είναι συμβατά με το πρότυπο 802.11g (στα 100 και τα 54 Mbps) και με το 802.11b (στα 11 και τα 22 Mbps). Αν έχετε προϊόντα 22 Mbps 802.11b ή προϊόντα 802.11g στα 54 Mbps, θα έχετε τη δυνατότητα να προσθέσετε προϊόντα 802.11g χωρίς να χρειαστεί να αντικαταστήσετε τον τρέχοντα εξοπλισμό σας.
802.11g (Wireless MAXg)	125 Mbps	X	Τα ασύρματα προϊόντα πρόσβασης των 125 Mbps είναι συμβατά με το πρότυπο 802.11g (στα 125 και τα 54 Mbps) και με το 802.11b (στα 11). Αν έχετε προϊόντα 802.11b ή προϊόντα 802.11g στα 54 Mbps, θα έχετε τη δυνατότητα να προσθέσετε προϊόντα Wireless MAXg 802.11g χωρίς να χρειαστεί να αντικαταστήσετε τον τρέχοντα εξοπλισμό σας.

Η 802.11 θεωρείται μια οικογένεια προτύπων η οποία περιγράφει τη λειτουργία των ασύρματων τοπικών δικτύων όπως WLAN ή Wireless Local Access Network. Περιγράφονται τα δύο πρώτα επίπεδα του O.S.I., δηλαδή το

φυσικό επίπεδο PHY - Physical Layer και το επίπεδο σύνδεσης δεδομένων όπως MAC - Medium Access Control. Τα πρωτόκολλα αυτά δημοσιεύονται από την IEEE γεγονός που είναι σημαντικό για την διαλειτουργικότητα, δηλαδή την ικανότητα συνεργασίας των συσκευών που το ακολουθούν.

Η IEEE 802.11 περιγράφει μόνο τα δύο κατώτερα επίπεδα του OSI, επιτρέποντας έτσι σε οποιαδήποτε εφαρμογή να μπορεί να εργάζεται πάνω σε συσκευή 802.11 όπως ακριβώς θα εργαζόταν πάνω από *Ethernet*. Οι συσκευές 802.11 δηλαδή μπορούν και μεταφέρουν διαφανώς την πληροφορία από τα πιο πάνω επίπεδα του OSI.

Το έτος 1997, μετά από επτά χρόνια μελέτης, η IEEE δημοσίευσε επιτέλους το πρότυπο IEEE 802.11, το πρώτο πρότυπο για την ασύρματη δικτύωση. Το πρότυπο αυτό προβλέπει ρυθμούς μετάδοσης 1 και 2 Mbps. Η μετάδοση γίνεται με ασύρματο τρόπο με χρήση διαμόρφωσης FHSS ή DSSS σε ζώνες συχνοτήτων 915MHz, 2.4GHz, 5.2GHz ή υπέρυθρη μετάδοση στα 850nm ως 900nm ¹². Υποστηρίζει επίσης δυνατότητες όπως την προτεραιοποίηση της κίνησης, υποστήριξη εφαρμογών πραγματικού χρόνου και διαχείριση ισχύος συσκευής. Το πρότυπο γνώρισε βέβαια περιορισμένη επιτυχία λόγω των πολύ χαμηλών ρυθμών μετάδοσης.

1.4.5 Το Πρωτόκολλο 802.11b

Το πρωτόκολλο 802.11b αναπτύχθηκε το έτος 1999 και αποτελεί μια επέκταση στο αρχικό πρότυπο. Συγκεκριμένα υποστηρίζει τη μετάδοση επιπλέον σε ρυθμούς 5.5 και 11Mbps με κωδικοποίηση CCK -

¹² Pfleeger, C., P., 1997, "Security in Computing", Prentice Hall

Complementary Code Keying. Μια δεύτερη κωδικοποίηση, η PBCC - Packet Binary Convolutional Code ορίστηκε για προαιρετική υλοποίηση υποστηρίζοντας μετάδοση 5.5 και 11Mbps και έχοντας βέβαια ελαφρά καλύτερη ευαισθησία δέκτη με αντίτιμο την πολυπλοκότητα. Η μετάδοση τους γίνεται στη ζώνη συχνοτήτων των 2.4GHz Είναι το πιο δημοφιλές από όλα τα πρότυπα και το πρότυπο με τη μεγαλύτερη διαλειτουργικότητα, όντας ένα στιβαρό, αποτελεσματικό και δοκιμασμένο πρότυπο.

Οι προσθήκες της 802.11b και σε σχέση με την 802.11 αφορούν μόνο τον τρόπο μετάδοσης, ενώ ο τρόπος πρόσβασης των συσκευών και οι τρόποι λειτουργίας μένουν οι ίδιοι. Μια συσκευή η οποία εργάζεται ακολουθώντας το 802.11b, υλοποιεί και τους τρόπους μετάδοσης του 802.11 και έτσι μπορεί να θεωρείται συμβατή με αυτό. Αυτή η ιδιότητα ονομάζεται συμβατότητα προς τα πίσω, δηλαδή ότι οι καινούργιες συσκευές θα μπορούν να συνεργαστούν και με παλιότερες, προκειμένου να μην αναγκαστεί ο καταναλωτής να αλλάξει εξ ολοκλήρου τον εξοπλισμό του για ένα ασύρματο δίκτυο.

Τέλος θα πρέπει να σημειωθεί πως το δίκτυο 802.11b ή WI-FI παρέχει μετάδοση 11 Mbps στη ζώνη 2.4 GHz. Δεν είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί με το 802.11a εντούτοις. Προσφέρει πρόσβαση σε κάποια δεδομένα σε απόσταση μέχρι τα 100 μέτρα από το σταθμό βάσης. Η ισχύς που ορίζει το στάνταρτ στις εξόδους κεραίας των εμπορικών συσκευών είναι τα 0.2mw. Στο αρχικό πρωτόκολλο του 802.11, καθορίζονται δύο τρόποι κωδικοποίησης, ο FHSS - Frequency Hopping Spread Spectrum) και ο DSSS - Direct Sequence Spread Spectrum¹³.

¹³ McCarthy, L., 1997, "Intranet Security", Prentice Hall

1.4.6 Το Πρωτόκολλο 802.11a

Το έτος 1999 δημιουργήθηκε η επέκταση στο αρχικό πρότυπο που προβλέπει τη μετάδοση στη ζώνη συχνοτήτων U-NII των 5GHz με ρυθμούς μετάδοσης 1, 2, 5.5, 11, 6, 12, 24 Mbps και προαιρετικά 36, 48, 54 Mbps χρησιμοποιώντας τη OFDM - Orthogonal Frequency Division Multiplexing) διαμόρφωση¹⁴. Η επέκταση αυτή αποσκοπούσε να καλύψει την άμεση ανάγκη για μεγαλύτερους ρυθμούς μετάδοσης. Επιλέχθηκε λοιπόν η λειτουργία σε μια υψηλότερη ζώνη συχνοτήτων, αφενός για να καταστεί δυνατόν να υποστηριχθούν οι μεγαλύτεροι ρυθμοί και αφετέρου ώστε να μην υπάρχει παρεμβολή από τις προηγούμενες συσκευές.

Οι αντίστοιχες βέβαια συσκευές είναι ασύμβατες με αυτές που εργάζονται με το 802.11b, αφού ο τρόπος μετάδοσης τους αλλά και οι ραδιοσυχνότητες που χρησιμοποιούνται είναι διαφορετικές. Το πρωτόκολλο 802.11a μπορεί και παρέχει μια μετάδοση μέχρι 54 Mbps στη ζώνη των 5GHz καθώς και λιγότερο δυναμικό για παρεμβολή σε ραδιοσυχνότητα από το 802.11b και το 802.11g. Σε σχετικά μικρότερη εμβέλεια και περίπου τα 60 μέτρα από το 802.11b καθώς επίσης δεν είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί ταυτόχρονα με το 802.11b¹⁵.

1.4.7 Το Πρωτόκολλο 802.11g

Το πρωτόκολλο 802.11g παρέχει μια μετάδοση μέχρι 54 Mbps και τυπικά στα 22 Mbps στη ζώνη 2.4 GHz. Θεωρείται ότι είναι ουσιαστικά ο

¹⁴ Pflieger, C., P., 1997, "Security in Computing", Prentice Hall

¹⁵ Pflieger, C., P., 1997, "Security in Computing", Prentice Hall

διάδοχος του και συμβατός με το 802.11b. Προσφέρει μια πρόσβαση υψηλής ταχύτητας σε δεδομένα σε απόσταση μέχρι 100 μέτρα από το σταθμό βάσης. Το πρωτόκολλο 802.11g αποτελεί επέκταση στο 802.11b ώστε να υποστηρίζει μεγαλύτερους ρυθμούς. Με το τρόπο αυτό και εκτός από τους ρυθμούς μετάδοσης του 802.11b, με CCK διαμόρφωση, μπορεί και υποστηρίζει και ρυθμούς μέχρι 54Mbps χρησιμοποιώντας την OFDM διαμόρφωση. Οι αντίστοιχες συσκευές εργάζονται στη ζώνη συχνοτήτων των 2.4GHz, διατηρώντας έτσι την συμβατότητα προς τα πίσω με το 802.11b¹⁶.

Κάποια προϊόντα wireless είναι βασισμένα στο πρωτόκολλο 802.11g στα 54Mbps, το νέο standard ασύρματης δικτύωσης το οποίο είναι σχεδόν 5 φορές ταχύτερο από το παλαιότερο μοντέλο 802.11b. Καθώς όμως με το παλαιότερο αυτό πρωτόκολλο μοιράζονται την ίδια συχνότητα στα 2.4GHz, οι ασύρματες συσκευές μπορούν να συνεργαστούν και με εξοπλισμό 802.11b στα 11Mbps. Το 802.11g επιτρέπει σε κάποιον να συνδέσει συσκευές wireless στο δίκτυο. Καθώς και τα δύο standards είναι ενσωματωμένα, μπορεί κάποιος να προστατεύει την επένδυσή του σε υφιστάμενη υποδομή 802.11b, και να ενοποιεί τους clients του δικτύου στο νέο, ταχύτερο standard Wireless καθώς οι ανάγκες του μεγαλώνουν.

Τέλος θα πρέπει να αναφερθεί πως για την προστασία του κάθε δικτύου, το 802.11g μπορεί να κρυπτογραφήσει όλες τις ασύρματες μεταδόσεις δεδομένων και να υποστηρίζει το εργοστασιακό πρότυπο ασφαλείας WPA. Το φίλτρο MAC διευθύνσεων επιτρέπει στους χρήστες να επιλέξουν ποιος θα έχει πρόσβαση στο ασύρματο δίκτυο. Η

¹⁶ Σταμάτης, Κ., Ν., 2002, «Η Αβέβαιη Κοινωνία της Γνώσης», Εκδόσεις Σαββάλας

παραμετροποίηση γίνεται πολύ απλά, με το εργαλείο παραμετροποίησης που είναι βασισμένο σε μονάδα web.

1.4.5 Πρωτόκολλο 802.11h

Το πρωτόκολλο 802.11h είναι ένα πρότυπο, συμπληρωματικό του IEEE 802.11 και συμβατό με τους ευρωπαϊκούς κανονισμούς. Προσθέτει έναν σωστό έλεγχο της ισχύος της μετάδοσης και επιλογή δυναμικής συχνότητας. Η ιδιότητα του δικτύου 802.11h+d βέβαια ρυθμίζει τις παραμέτρους προηγμένου ελέγχου ραδιοεπικοινωνίας της κάρτας wireless WLAN του κάθε υπολογιστή μέσω συνδεδεμένου ρούτερ / AP¹⁷. Τα στοιχεία ελέγχου ενεργοποιούνται φυσικά όταν η ιδιότητα 802.11h+d έχει ρυθμιστεί σε θέση "Χαλαρή 11h", "Χαλαρή 11h+d", ή "Βασική 11h". Όταν η ρύθμιση είναι "Βασική 11h", η κάρτα wireless WLAN του υπολογιστή συνδέεται μόνο σε σημεία πρόσβασης που υποστηρίζουν πρωτόκολλα IEEE 802.11h κατά τη λειτουργία και σε περιοχές με ειδικούς περιορισμούς όσον αφορά τις ραδιοεπικοινωνίες.

Όταν η ρύθμιση είναι "Βασική 11h", ο προσαρμογέας της κάρτας δεν περιορίζει τις συνδέσεις βάσει της υποστήριξης ασύρματου μεταξύ ρούτερ/AP IEEE 802.11h. Όταν τέλος η ρύθμιση είναι "Βασική 11h+d", ο προσαρμογέας της κάρτας δεν περιορίζει τις συνδέσεις βάσει του ασύρματου ρούτερ/AP IEEE 802.11h ή IEEE 802.11d της υποστήριξης¹⁸.

1.4.6 Πρωτόκολλο 802.11e

¹⁷ Pfleeger, C., P., 1997, "Security in Computing", Prentice Hall

¹⁸ Σταμάτης, Κ., Ν., 2002, «Η Αβέβαιη Κοινωνία της Γνώσης», Εκδόσεις Σαββάλας

802.11e ή QoS το οποίο προσπαθεί να διασφαλίσει ποιότητα υπηρεσιών για εφαρμογές πραγματικού χρόνου που εκτελούνται πάνω σε ένα WLAN ελαχιστοποιώντας ή μεγιστοποιώντας ένα από τα παρακάτω κριτήρια: μέση καθυστέρηση από άκρο σε άκρο, μέση μεταβολή της καθυστέρηση ή μέσο ποσοστό επιτυχούς παράδοσης πλαισίων. Αυτό το επιτυγχάνει βελτιώνοντας τους μηχανισμούς DCF και PCF με τους μηχανισμούς EDCF, ο οποίος αναθέτει προτεραιότητες στα πλαίσια δεδομένων ανάλογα με το πόσο χρονικά κρίσιμη είναι η παράδοση τους και με τα μεγαλύτερης προτεραιότητας πλαίσια να έχουν περισσότερες πιθανότητες να κερδίσουν στον ανταγωνισμό για την πρόσβαση στο κοινό μέσο, και HCF, ο οποίος περιορίζει το μέγιστο χρόνο δέσμευσης του καναλιού από ένα τερματικό, αντίστοιχα¹⁹.

Στο πεδίο των τηλεπικοινωνιών και των δικτύων υπολογιστών ο όρος ποιότητα υπηρεσιών (αγγλιστί Quality of Service, QoS) αναφέρεται σε μηχανισμούς διασφάλισης της στατικής ανάθεσης δικτυακών πόρων σε συνδέσεις οι οποίες το απαιτούν. Η ποιότητα υπηρεσιών υλοποιείται με απόδοση προτεραιοτήτων στις διαφορετικές συνδέσεις ενός δικτύου, έτσι ώστε όσες χρειάζονται σταθερούς πόρους (π.χ. εφαρμογές πραγματικού χρόνου, όπως βιντεοδιάσκεψη ή άλλες υπηρεσίες πολυμέσων) να είναι βέβαιο ότι τους διαθέτουν.

Οι εν λόγω πόροι διασφαλίζουν χαρακτηριστικά της σύνδεσης όπως τον απαιτούμενο ρυθμό μετάδοσης δεδομένων, την απαιτούμενη καθυστέρηση, μεταβολή της καθυστέρησης, πιθανότητα απώλειας πακέτων κλπ. Οι μηχανισμοί ποιότητας υπηρεσιών παρέχουν εγγυήσεις για τη

¹⁹ Pfleeger, C., P., 1997, "Security in Computing", Prentice Hall

σταθερότητα ενός ή περισσότερων από αυτά τα χαρακτηριστικά της σύνδεσης υπό συνθήκες συμφόρησης και περιορισμένης χωρητικότητας του τηλεπικοινωνιακού καναλιού. Επίσης η ποιότητα υπηρεσιών είναι απαραίτητη μόνο σε δίκτυα μεταγωγής πακέτων, αφού σε δίκτυα μεταγωγής κυκλώματος ο τύπος και τα χαρακτηριστικά κάθε σύνδεσης γίνονται αντικείμενο διαπραγμάτευσης κατά την εγκαθίδρυση της τελευταίας και παραμένουν σταθερά μέχρι τον τερματισμό της²⁰.

1.4.9 Πρωτόκολλο 802.11c,d,f

Το πρωτόκολλο 802.11c,d,f διαχωρίζονται με βάση το βαθμό λειτουργιών τους και αναφέρονται ως ακολούθως :

- *Πρωτόκολλο 802.11c το οποίο έχει ως σκοπό τη λειτουργία γεφύρωσης (bridging) πλαισίων 802.11*
- *Το πρωτόκολλο 802.11d το οποίο λειτουργεί με επεκτάσεις στο πρότυπο ώστε να λειτουργεί σε επιπλέον ρυθμιστικά πλαίσια δηλαδή άλλες ζώνες συχνοτήτων*
- *Το πρωτόκολλο 802.11f το οποίο αποτελεί μια συνιστώμενη πρακτική για το πρωτόκολλο IAPP - Inter Access Point Protocol*

1.4.10 Πρωτόκολλο 802.11i

Το πρωτόκολλο 802.11i εμπλουτίζει ουσιαστικά το υπόστρωμα MAC προκειμένου να αντιμετωπίσει τα ζητήματα ασφαλείας που σχετίζονται με το Wired Equivalent Privacy (WEP)²¹. Οι αλγόριθμοι της κρυπτογράφησης που

²⁰ McCarthy, L., 1997, "Intranet Security", Prentice Hall

²¹ Σταμάτης, Κ., Ν., 2002, «Η Αβέβαιη Κοινωνία της Γνώσης», Εκδόσεις Σαββάλας

χρησιμοποιούνται στις μέρες μας, όπως ο WEP - Wired Equivalent Privacy, ο WPA - Wi-Fi Protected Access και IP SEC παρουσιάζουν κάποια σημαντικά προβλήματα. Για παράδειγμα μπορεί να αναφερθεί πως ο πρώτος εμφανίζει σημαντικά κενά ασφαλείας, ο WPA ενώ έρχεται να καλύψει τα κενά του WEP, στην πραγματικότητα δεν καλύπτει την ουσιαστική ασφάλεια στα ασύρματα τοπικά δίκτυα. Τέλος, ο IP SEC εφαρμόζεται τοπικά σε κάθε χρήστη και καλύπτει *Point-to-Point* συνδέσεις.

Το υπάρχον βέβαια πρότυπο πρωτόκολλο 802.11 προδιαγράφει τη χρήση σχετικά αδύναμων, στατικών κρυπτογραφικών κλειδιών χωρίς καμία απολύτως μορφή διαχείρισης της κατανομής των κλειδιών. Αυτό προσφέρει τη δυνατότητα σε *hackers* να αποκτήσουν σημαντική πρόσβαση και να αποκρυπτογραφήσουν δεδομένα του ασύρματου δικτύου (WLAN) τα οποία έχουν κρυπτογραφηθεί με τον αλγόριθμο WEP. Η ομάδα αναθεώρησης του 802.11i θα προσπαθήσει να αντικαταστήσει το WEP και την υποστήριξή του σε συσκευές, αρχικά με την δημιουργία ενός ανώτερου πρωτοκόλλου ασφαλείας και προς τα πίσω συμβατό με το WEP, και τελικά με την πλήρη κατάργησή του.

2. Κεφάλαιο 2^ο : Ασύρματα Πρότυπα Δικτύωσης και «Οικογένεια» Πρωτοκόλλων

2.1 Τι Ορίζονται ως Ασύρματα Δίκτυα PAN

Το προσωπικό δίκτυο (PAN) Bluetooth θεωρείται μια τεχνολογία η οποία επιτρέπει στα άτομα να δημιουργήσουν ένα δίκτυο *Ethernet* με ασύρματες συνδέσεις μεταξύ των φορητών υπολογιστών, κινητών τηλεφώνων και συσκευές χειρός²². Μπορεί επίσης κανείς να συνδέσει τους τύπους συσκευών με δυνατότητα Bluetooth, οι οποίες είναι συμβατές με προσωπικά δίκτυα όπως η συσκευή χρήστη προσωπικού δικτύου (PANU), συσκευή δικτύου ad hoc ομάδας (GN) ή συσκευή σημείου πρόσβασης σε δίκτυο (NAP) και οι οποίες θα αναλυθούν σε επόμενο κεφάλαιο αυτής της πτυχιακής εργασίας.

Οι συσκευές PANU με δυνατότητα Bluetooth δημιουργούν ένα δίκτυο ad-hoc το οποίο συμπεριλαμβάνει τον υπολογιστή του κάθε ατόμου και τη συσκευή. Οι συσκευές GN με δυνατότητα Bluetooth δημιουργούν ένα δίκτυο ad-hoc το οποίο συμπεριλαμβάνει τον υπολογιστή του κάθε ατόμου, τη συσκευή GN και άλλες συσκευές PANU οι οποίες είναι όλες μαζί συνδεδεμένες με την ίδια συσκευή GN. Τέλος οι συσκευές NAP με δυνατότητα Bluetooth, επιτρέπει στα άτομα να συνδέσουν τον υπολογιστή τους σε ένα μεγαλύτερο δίκτυο, όπως σε ένα οικιακό δίκτυο, σε ένα εταιρικό δίκτυο ή στο Ίντερνετ απευθείας²³.

²² McCarthy, L., 1997, "*Intranet Security*", Prentice Hall

²³ IEEE Standard 802.15.4a -2007, August 31, 2007

Τι κάνει όμως το Bluetooth; Θα πρέπει να αναφερθεί πως το Bluetooth αναφέρεται σε μια ανοικτή προδιαγραφή για μια τεχνολογία η οποία έχει σκοπό να επιτρέψει τις περιορισμένου φάσματος ασύρματες μεταδόσεις φωνής και στοιχείων σε οποιοδήποτε μέρος στον κόσμο. Αυτή η συνάμα απλή και απλή περιγραφή της Bluetooth τεχνολογίας περιλαμβάνει κάποια διάφορα σημεία που είναι βασικά στην κατανόησή της. Το πρώτο σημείο είναι η «ανοικτή» προδιαγραφή της η οποία εντοπίζεται στην ειδική ομάδα ενδιαφέροντος Bluetooth – SIG και η οποία έχει παραγάγει μια προδιαγραφή για την ασύρματη επικοινωνία Bluetooth και η οποία είναι δημόσια διαθέσιμη με ελεύθερο δικαίωμα πρόσβασης.

Το δεύτερο σημείο είναι το περιορισμένου φάσματος ραδιόφωνο στο οποίο υπάρχουν πολλές περιπτώσεις περιορισμένου φάσματος ψηφιακής επικοινωνίας μεταξύ των συσκευών υπολογισμού και επικοινωνιών. Στις μέρες μας ένα μεγάλο μέρος αυτής της επικοινωνίας πραγματοποιείται χωρίς τη χρήση καλωδίων. Αυτά τα καλώδια συνδέονται με ένα πλήθος συσκευών χρησιμοποιώντας και με μια ευρεία ποικιλία των συνδέσμων, μεγεθών και αριθμού δικτύων τα οποία προσφέρουν συγκεκριμένα πλεονεκτήματα στους χρήστες²⁴.

Με την τεχνολογία Bluetooth, αυτές οι συσκευές μπορούν να επικοινωνήσουν χωρίς καλώδια και πέρα από ένα ενιαίο κτιριακό συγκρότημα, χρησιμοποιώντας ουσιαστικά τα ραδιοκύματα για να μεταδώσουν και να λάβουν τα απαιτούμενα στοιχεία. Η ασύρματη τεχνολογία Bluetooth έχει σχεδιαστεί συγκεκριμένα για τις περιορισμένου φάσματος έως

²⁴ IEEE Standard 802.15.4a -2007, August 31, 2007

και 10 μέτρα και αντίστοιχες επικοινωνίες με αποτέλεσμα αυτό το σχέδιο να χρησιμοποιεί μια πολύ μικρή κατανάλωση ισχύος, η οποία καθιστά την τεχνολογία αυτή ιδιαίτερα αποτελεσματική και άμεση.

2.2 Δίκτυα PAN και VPN – Virtual Private Networks – Ιδιωτικά Ιδεατά Δίκτυα

Ένα δίκτυο που επικεντρώνεται στο να συνδέει απλά σταθερά σημεία δεν είναι πλέον αρκετό για πολλές επιχειρήσεις. Έτσι, επιχειρήσεις που δραστηριοποιούνται σε περισσότερα από ένα σημεία (καταστήματα, γραφεία) πολύ συχνά αντιμετωπίζουν προβλήματα επικοινωνίας ή λειτουργίας που απορρέουν από τη γεωγραφική απόσταση²⁵.

Σε αυτές ακριβώς τις επιχειρήσεις απευθύνεται ένα Ιδεατό Ιδιωτικό Δίκτυο - Virtual Private Network - VPN το οποίο συνδυάζει τα πλεονεκτήματα των ιδιωτικών και των δημοσίων δικτύων με τις λειτουργίες του PAN, επιτρέποντας σε μια διάσπαρτη εταιρία να έχει την αίσθηση ενός ιδιωτικού δικτύου μέσω της χρήσης ενός δημόσιου δικτύου για τη μεταφορά δεδομένων και πληροφοριών. Κατά συνέπεια μπορεί να προσφέρει λύσεις σε θέματα επικοινωνίας, οργάνωσης, διαχείρισης και κατανομής πληροφοριών σε όλα τα τμήματα και τα υποκαταστήματα μιας επιχείρησης, όπου κι αν βρίσκονται, και κυρίως με εγγυήσεις²⁶.

²⁵ Rosenoer, J., 1997, "CyberLaw", Springer – Verlag

²⁶ Timplon, H., F., Ruthberg, Z., G., 1993, "Handbook of Information Security Management", Acerbic

Η βασική ιδέα των VPNs είναι να εκμεταλλευτούν τα πλεονεκτήματα της ανοιχτής αρχιτεκτονικής της επικοινωνίας π.χ. το εικονικό και ευρέως χρησιμοποιούμενο "shared infrastructure" του internet αλλά ταυτόχρονα να ανταποκριθούν και να αντιμετωπίσουν τους κινδύνους όσον αφορά την ασφάλεια των πληροφοριών. Ένα VPN εξασφαλίζει την μεταφορά των ευαίσθητων δεδομένων μέσα από διάφορα όχι και τόσο προστατευμένα δίκτυα (LANs, WANs, private και δημοσιά δίκτυα) ώστε να μπορούν να έχουν πρόσβαση σε αυτά μόνο εξουσιοδοτημένοι οργανισμοί και άτομα ίδιες με τις λειτουργίες του PAN.

Πιο συγκεκριμένα, ο ακριβής ορισμός που θα μπορούσε κανείς να δώσει για το εικονικό ιδιωτικό δίκτυο και την εφαρμογή του σε ένα δίκτυο PAN είναι ο εξής²⁷. Μια τεχνολογία που χρησιμοποιεί κρυπτογράφηση και σήραγγα IP για να μπορεί ένας οργανισμός με πολλές τοποθεσίες να χρησιμοποιεί συνδέσεις internet χαμηλού κόστους μεταξύ των τοποθεσιών, αλλά και να μπορεί να διατηρεί τα δεδομένα εμπιστευτικά. Οι αντίστοιχες λοιπόν ορολογίες με τις λειτουργίες του PAN εμφανίζονται ως εξής :

- "virtual" : Σημαίνει ότι ενώ από την πλευρά του χρήστη φαίνεται σαν να μιλάμε για ένα απλό σύστημα δικτύου, στην πραγματικότητα πίσω από ένα VPN βρίσκονται πολλά κομμάτια από συστήματα άλλων δικτύων.
- "private": Σημαίνει ότι η επικοινωνία γίνεται εμπιστευτικά και όχι δημόσια εφόσον αποτελείτε από ασφαλή δίαυλο επικοινωνίας μεταξύ ενός απομακρυσμένου χρήστη και των συστημάτων της επιχείρησης, επομένως ο κίνδυνος για διάφορες επιπλοκές ελαχιστοποιείται.

²⁷ Hager, N., 1996, "Secret Power", Craig Cotton Publishing, New Zealand, 1996

- "network" : Σημαίνει ότι μια καλά επιλεγμένη ομάδα από υπολογιστικά συστήματα ενώνονται μεταξύ τους και με τη βοήθεια ενός πρωτοκόλλου (TCP/IP οικογένεια πρωτοκόλλων) μπορούν να επικοινωνούν.

Στην πραγματικότητα, τα VPN όπως και τα PAN προσφέρουν πρόσβαση στο Internet και επικοινωνία ανάμεσα σε γραφεία/καταστήματα μιας επιχείρησης που βρίσκονται σε διαφορετικές γεωγραφικές τοποθεσίες χρησιμοποιώντας το ήδη υπάρχον δημόσιο δίκτυο (κυρίως internet) και όχι ακριβές μισθωμένες γραμμές. Την ίδια στιγμή, τα VPN όπως και τα PAN παρέχουν τον ίδιο βαθμό ασφαλείας με τα ιδιωτικά δίκτυα εφόσον αποτελούν ένα κρυπτογραφημένο τούνελ χρησιμοποιώντας συγκεκριμένα πρωτόκολλα, ενώ εκμεταλλεύονται αποτελεσματικά τις οικονομίες κλίμακας που δημιουργούνται.

Το VPN όπως και τα PAN, αποτελεί επίσης ιδιαίτερα αποτελεσματικό τρόπο ανταλλαγής σημαντικών πληροφοριών και δεδομένων με χαμηλό κόστος. Καθώς οι επιχειρήσεις δεν είναι πλέον αναγκασμένες να επενδύσουν στην απαραίτητη υποδομή. Με αυτό τον τρόπο μπορούν να μειώσουν ακόμη περισσότερο το λειτουργικό τους κόστος με το να αναθέτουν τις υπηρεσίες δικτύου σε παρόχους τέτοιων υπηρεσιών (ψηφιακό outsourcing)²⁸.

Τα VPN όπως και τα PAN χωρίζονται σε τρεις γενικές κατηγορίες: αυτά που βασίζονται στον εξοπλισμό, αυτά που βασίζονται στα firewall και όσα χρησιμοποιούν ανεξάρτητες εφαρμογές. Απλούστερα είναι τα VPN που

²⁸ Tipton, H., F., Ruthberg, Z., G., 1993, "Handbook of Information Security Management", Acerbic

βασίζονται στον εξοπλισμό, ωστόσο συχνά δεν είναι τόσο ευέλικτα όσο τα VPN που χρησιμοποιούν λογισμικό. Ασφαλέστερα όλων θεωρούνται τα δίκτυα που βασίζονται σε firewall. Ωστόσο, αν γίνει υπέρ-φόρτωση του firewall, ενδέχεται να προκύψουν ζητήματα απόδοσης²⁹.

Τα VPN χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες, απομακρυσμένης πρόσβασης, intranets και extranets. Τα remote access VPNs συνδέουν τηλεργαζόμενους, κινούμενους χρήστες ή ακόμα και μικρότερα απομακρυσμένα γραφεία με περιορισμένη κίνηση από και προς το WAN της επιχείρησης και των συλλογικών υπολογιστικών της πόρων.

Τα intranet VPNs συνδέουν σταθερά σημεία, παρακλάδια και γραφεία σπιτιών με το WAN της επιχείρησης. Τα extranet VPNs επεκτείνουν την περιορισμένη πρόσβαση στους υπολογιστικούς πόρους της επιχείρησης στους διάφορους συνεργάτες της που μπορεί να είναι προμηθευτές ή πελάτες επιτρέποντας πρόσβαση σε διαμοιράσιμη πληροφορία. Κάθε τύπος VPN έχει διαφορετικά θέματα ασφάλειας και ποιότητας παρεχόμενων υπηρεσιών να αντιμετωπίσει.

2.3 Ασύρματο Δίκτυο PAN και Πρωτόκολλο IEEE 802.15.4

Το Ινστιτούτο Ηλεκτρολόγων και Ηλεκτρονικών Μηχανικών (Institute of Electrical and Electronics Engineers - IEEE) οριστικοποίησε τον Οκτώβριο του 2003 το πρωτόκολλο 802.15.4 και το οποίο αναφέρεται στη λειτουργία του ασυρμάτου δικτύου PAN. Το πρότυπο αυτό καλύπτει το φυσικό επίπεδο και το επίπεδο Ελέγχου Προσπέλασης Μέσων (MAC) ενός ασύρματου δικτύου προσωπικής περιοχής με χαμηλό ρυθμό μετάδοσης το οποίο είναι

²⁹ Hager, N., 1996, "Secret Power", Craig Cotton Publishing, New Zealand, 1996

γνωστό και ως Low-Rate Wireless Personal Area Network - WPAN. Τα κύρια χαρακτηριστικά γνωρίσματα αυτού του πρωτοκόλλου είναι η ευελιξία, το χαμηλό κόστος, η πολύ χαμηλή κατανάλωση ενέργειας και ο χαμηλός ρυθμός μετάδοσης σε ένα αδόμητο δίκτυο με ικανότητα αυτοοργάνωσης με τη χρήση φτηνών, σταθερών, φορητών και κινούμενων συσκευών³⁰.

Το πρωτόκολλο αυτό αναπτύχθηκε με σκοπό να καλύψει τις ανάγκες εφαρμογών με χαλαρές απαιτήσεις ρυθμοαπόδοσης που δεν μπορούν να χειριστούν την κατανάλωση ισχύος των βαριών στοιβών πρωτοκόλλων. Οι κύριοι στόχοι ενός LR-WPAN είναι ευκολία εγκατάστασης, η αξιόπιστη μεταφορά δεδομένων, η περιορισμένου εύρους λειτουργία, το εξαιρετικά χαμηλό κόστος, και η λογική διάρκεια ζωής διατηρώντας παράλληλα ένα απλό και ευέλικτο πρωτόκολλο.

Οι εφαρμογές του 802.15.4 και το οποίο αναφέρεται στη λειτουργία του ασυρμάτου δικτύου PAN επεκτείνονται σε πολλούς τομείς κάποιιοι από τους οποίους είναι: τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων, το έξυπνο σπίτι με τις αυτοματοποιημένες λειτουργίες, η δικτύωση του σπιτιού όπου διάφορες συσκευές συνδέονται με ένα προσωπικό υπολογιστή, η ασφάλεια του σπιτιού και ούτω καθεξής. Οι περισσότερες από αυτές τις εφαρμογές απαιτούν χαμηλούς ρυθμούς μετάδοσης bits (μέχρι μερικές λίγες εκατοντάδες kbps), μέτριες μέσες καθυστερήσεις και για ορισμένους κόμβους είναι ιδιαίτερα επιθυμητό να μειωθεί η κατανάλωση ενέργειας στο ελάχιστο³¹.

³⁰ IEEE Standard 802.15.4a -2007, August 31, 2007

³¹ Hager, N., 1996, "Secret Power", Craig Cotton Publishing, New Zealand, 1996

Το πρωτόκολλο IEEE 802.15.4 είναι το πρώτο ανοικτό πρότυπο για ασύρματα δίκτυα αισθητήρων χαμηλού ρυθμού μετάδοσης (low-rate wireless personal area network - LR-WPAN). Σχεδιάστηκε ως ένα ευέλικτο πρότυπο κατάλληλο για αρκετές τοπολογίες δικτύων και εφαρμογές αισθητήρων και περιέχει χαρακτηριστικά σχεδιασμένα για να επιτρέπουν χαμηλή κατανάλωση και υλοποίηση χαμηλού κόστους³².

2.3.1 Συστατικά του Δικτύου PAN

Το πρωτόκολλο 802.15.4 και το οποίο αναφέρεται στη λειτουργία του ασυρμάτου δικτύου PAN ορίζει τρεις τύπους κόμβων³³:

- *Συντονιστής Δικτύου Προσωπικής περιοχής ή Συντονιστής PAN (PAN Coordinator)*. Αποτελεί το βασικό ελεγκτή (κύρια οντότητα) του δικτύου, που αναγνωρίζει την περιοχή του προσωπικού δικτύου και με τον οποίο συσχετίζονται οι υπόλοιποι κόμβοι. Μέσω της μετάδοσης των πλαισίων αναγνωριστικών σημάτων που περιέχουν την αναγνώριση της ταυτότητας του Συντονιστή PAN και άλλων σχετικών πληροφοριών παρέχει υπηρεσίες συγχρονισμού το δίκτυο.
- *Συντονιστής (Coordinator)*. Έχει τις ίδιες λειτουργίες με τον Συντονιστή PAN με εξαίρεση ότι δεν δημιουργεί το δικό του PAN. Ένας Συντονιστής συνδέεται σε έναν Συντονιστή PAN και παρέχει τοπικές υπηρεσίες συγχρονισμού στους κόμβους που βρίσκονται εντός της εμβέλειάς του μεταδίδοντας πλαίσια αναγνωριστικών σημάτων, που περιέχουν την αναγνώριση της ταυτότητας του PAN που καθορίζεται

³² IEEE Standard 802.15.4a -2007, August 31, 2007

³³ McCarthy, L., 1997, "Intranet Security", Prentice Hall

από τον Συντονιστή PAN στο οποίο συνδέεται, καθώς και άλλη σχετική πληροφορία.

- *Απλός ή Υποτελής κόμβος (Simple or slave node)*. Είναι ένας κόμβος που δεν έχει δυνατότητες συντονισμού. Συνδέεται ως υποτελής στον Συντονιστή PAN (ή σε έναν απλό Συντονιστή) προκειμένου να συγχρονιστεί με τους υπόλοιπους κόμβους του δικτύου. Στο πρωτόκολλο αυτό, οι δύο πρώτοι τύποι κόμβων αποκαλούνται Πλήρης Λειτουργικότητας Συσσκευές (Full Function Devices - FFD), που σημαίνει πως μπορούν να εκτελέσουν όλες τις λειτουργίες του πρωτοκόλλου προκειμένου να διασφαλίσουν το συγχρονισμό των συσκευών και τη διαχείριση του δικτύου.
- *Ο τρίτος τύπος αναφέρεται ως Μειωμένης Λειτουργικότητας Συσσκευή (Reduced Function Device - RFD)* υπονοώντας πως ο κόμβος λειτουργεί με μια ελάχιστη εφαρμογή του IEEE της 802.15.4 πρωτοκόλλου, χωρίς αυτό να σημαίνει απαραίτητα πως οι συσκευές που χρησιμοποιούνται ως απλοί κόμβοι είναι RFD.

2.4 Τοπολογία Πρωτοκόλλου και το Οποίο Αναφέρεται στη Λειτουργία του Ασυρμάτου Δικτύου PAN

Σε ένα δίκτυο υλοποιημένο με το πρωτόκολλο IEEE 802.15.4 και το οποίο αναφέρεται στη λειτουργία του ασυρμάτου δικτύου PAN υπάρχουν δύο τύποι συσκευών (κόμβων), πλήρους λειτουργίας (full functional device – FFD) και περιορισμένης λειτουργίας (reduced function device – RFD). Οι πλήρους λειτουργίας συσκευές έχουν τρεις τρόπους υπηρεσιών, ως συντονιστής του δικτύου (personal area network – PAN), απλός συντονιστής ή απλός κόμβος.

Μπορεί να επικοινωνήσει με FFD's και με RFD's, ενώ οι κόμβοι RFD μόνο με FFD κόμβους³⁴.

Οι περιορισμένης λειτουργίας κόμβοι προορίζονται για απλές εφαρμογές όπως διακόπτες ή αισθητήρες, και δεν έχουν ανάγκη να στέλνουν μεγάλα πακέτα πληροφοριών. Συνδέονται με ένα μόνο FFD κάθε φορά. Οι κόμβοι ορίζονται είτε με μια 64-bit IEEE διεύθυνση είτε με μια 16-bit «μικρή» διεύθυνση κατά τη διάρκεια της συσχέτισης. Έτσι ένα απλό IEEE 802.15.4 δίκτυο μπορεί να υποστηρίξει μέχρι 65535 ($2^{16}-1$) κόμβος έχοντας τη διεύθυνση 0xFFFF ως διεύθυνση πολυεκπομπής (broadcast). Οι τοπολογίες που υποστηρίζονται από το IEEE 802.15.4 είναι (α) αστέρα, (β) σημείου προς σημείου peer-to-peer και (γ) τοπολογία Συστάδας – Δένδρου³⁵.

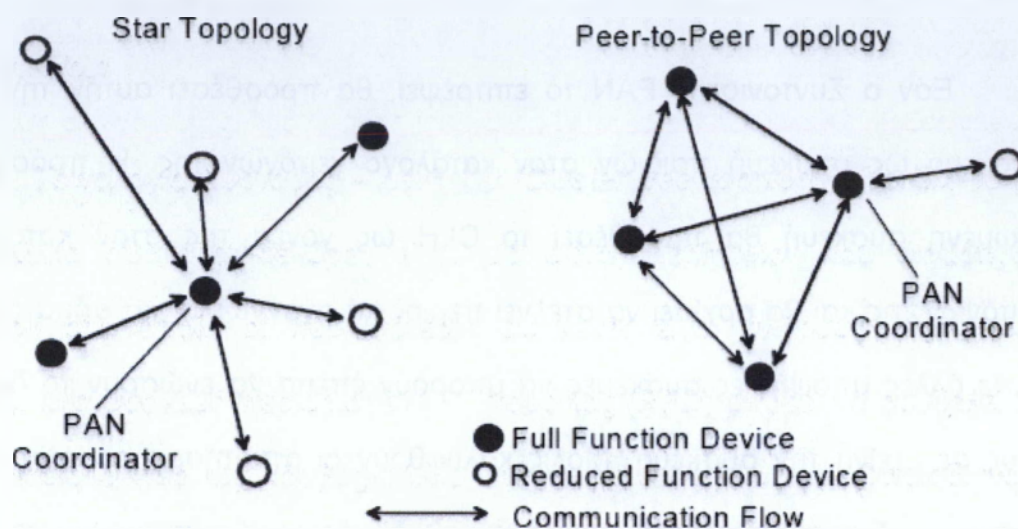
Τοπολογία αστέρα (star): Σε αυτή υπάρχει ο συντονιστής του δικτύου, ο οποίος εγκαθιστά συνδέσεις σημείου προς σημείο με άλλες συσκευές. Επίσης ο συντονιστής λειτουργεί και ως δρομολογητής για τη μεταφορά των δεδομένων μεταξύ των άλλων συσκευών, αφού αυτές δεν μπορούν να επικοινωνήσουν απευθείας.

Τοπολογία σημείου προς σημείο (peer-to-peer): Κάθε συσκευή εγκαθιστά συνδέσεις σημείου προς σημείο με άλλες συσκευές που βρίσκονται μέσα στην εμβέλεια της. Με αυτό τον τρόπο δημιουργούνται δίκτυα που έχουν τη μορφή δένδρου (cluster tree) ή πλέγματος (mesh). Με τη βοήθεια αλγορίθμων δρομολόγησης, όλες οι συσκευές μπορούν να επικοινωνήσουν μεταξύ τους. Πολλά τέτοια δίκτυα μπορούν να ενωθούν μεταξύ τους και να

³⁴ IEEE Standard 802.15.4a -2007, August 31, 2007

³⁵ McCarthy, L., 1997, "Intranet Security", Prentice Hall

σχηματίσουν ένα μεγαλύτερο. Στο μεγαλύτερο δίκτυο υπάρχει μόνο ένας συντονιστής δικτύου (PAN coordinator), ενώ κάθε μικρότερο δίκτυο έχει από ένα δρομολογητή.



Εικόνα Νο.1

Τοπολογία Συστάδας - Δένδρου (Cluster tree topology): Το δίκτυο με τοπολογία συστάδας-δένδρου είναι μια ειδική περίπτωση του διομήτιμου δικτύου στο οποίο οι περισσότερες συσκευές είναι πλήρους λειτουργίας (FFD). Μία συσκευή περιορισμένης λειτουργίας (RFD) μπορεί να συνδεθεί σε ένα τέτοιο δίκτυο ως κόμβος-φύλλο στο τέλος ενός κλαδιού. Οποιαδήποτε από τις πλήρους λειτουργίας συσκευές μπορούν να ενεργήσουν ως συντονιστές και να παρέχουν τις υπηρεσίες συγχρονισμού σε άλλες συσκευές και τους συντονιστές. Μόνο ένας από αυτούς τους συντονιστές εντούτοις είναι ο Συντονιστής PAN.

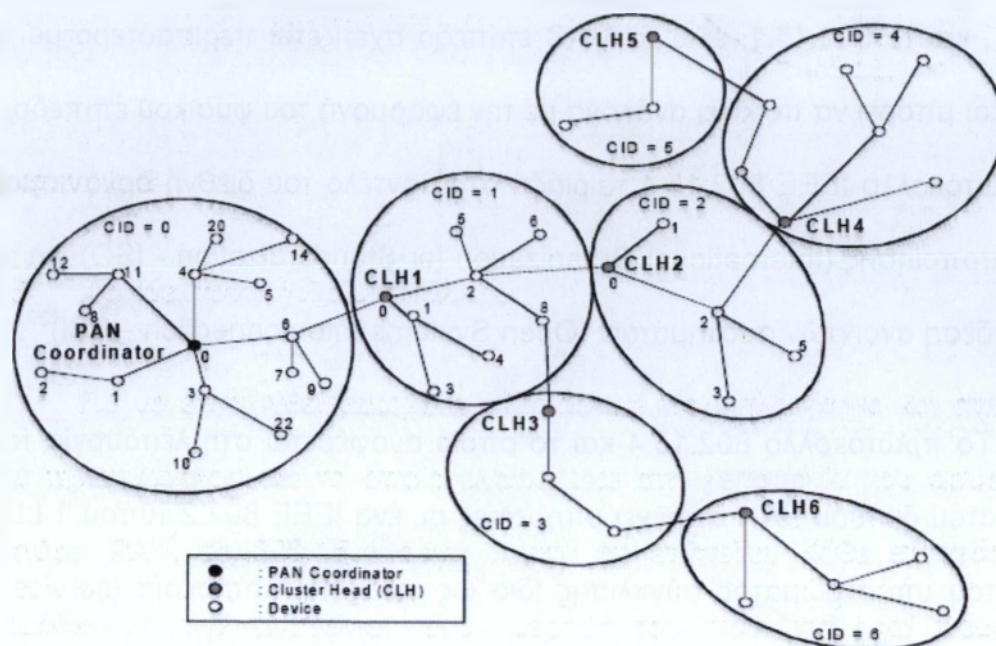
Ο Συντονιστής PAN διαμορφώνει την πρώτη συστάδα ορίζοντας τον εαυτό του ως επικεφαλή αυτής (Cluster Head - CLH) με ένα αναγνωριστικό μηδενικό αριθμό συστάδας (Cluster Identifier - CID), επιλέγοντας ένα

αχρησιμοποίητο αναγνωριστικό αριθμό PAN, και εκπέμποντας πλαίσια αναγνωριστικών σημάτων στις γειτονικές συσκευές με ευρυεκπομπή. Μια υποψήφια συσκευή που λαμβάνει ένα πλαίσιο αναγνωριστικού σήματος μπορεί να εισέλθει στο δίκτυο του CLH³⁶.

Εάν ο Συντονιστής PAN το επιτρέπει, θα προσθέσει αυτήν την νέα συσκευή ως συσκευή παιδιών στον κατάλογο γειτόνων της. Η πρόσφατα ενωμένη συσκευή θα προσθέσει το CLH ως γονέα της στον κατάλογο γειτόνων της και θα αρχίσει να στέλνει περιοδικά αναγνωριστικά σήματα έτσι ώστε άλλες υποψήφιες συσκευές να μπορούν έπειτα να ενώσουν το δίκτυο τους σε εκείνη την συσκευή. Μόλις καλυφθούν οι απαιτήσεις εφαρμογής ή δικτύων, ο Συντονιστής PAN μπορεί να καθοδηγήσει μια συσκευή για να γίνει το ο επικεφαλής μια νέας συστάδας δίπλα στην πρώτη. Το πλεονέκτημα αυτής της δομής είναι η αυξανόμενη περιοχή κάλυψης εις βάρος όμως της καθυστέρησης των μηνυμάτων λήψης³⁷

³⁶ Hager, N., 1996, "*Secret Power*", Craig Cotton Publishing, New Zealand, 1996

³⁷ IEEE Standard 802.15.4a -2007, August 31, 2007



Εικόνα No.2

2.5 Αρχιτεκτονική Πρωτοκόλλου

Για να επιτευχθεί μειωμένη σχεδιαστική πολυπλοκότητα και απλότητα του πρωτοκόλλου και το οποίο αναφέρεται στη λειτουργία του ασυρμάτου δικτύου PAN, το 802.15.4 οργανώνεται σε επίπεδα. Κάθε επίπεδο είναι αρμόδιο για την υλοποίηση ενός μέρους του προτύπου και προσφέρει υπηρεσίες στα υψηλότερα επίπεδα. Το σχεδιάγραμμα των επιπέδων είναι βασισμένο στο πρότυπο OSI (Open Systems Interconnection) με τα επτά επίπεδα. Το πρωτόκολλο IEEE 802 χωρίζει το στρώμα ζεύξης δεδομένων (Data Link Layer - DLL) σε δύο υποεπίπεδα, το επίπεδο ελέγχου πρόσβασης μέσων (MAC) και το επίπεδο ελέγχου λογικού συνδέσμου (Logical Link Control - LLC)³⁸.

Το επίπεδο ελέγχου λογικού συνδέσμου (LLC) είναι τυποποιημένο στο πρωτόκολλο 802.2 και είναι κοινό μεταξύ των 802 προτύπων όπως το 802.3,

³⁸ McCarthy, L., 1997, "Intranet Security", Prentice Hall

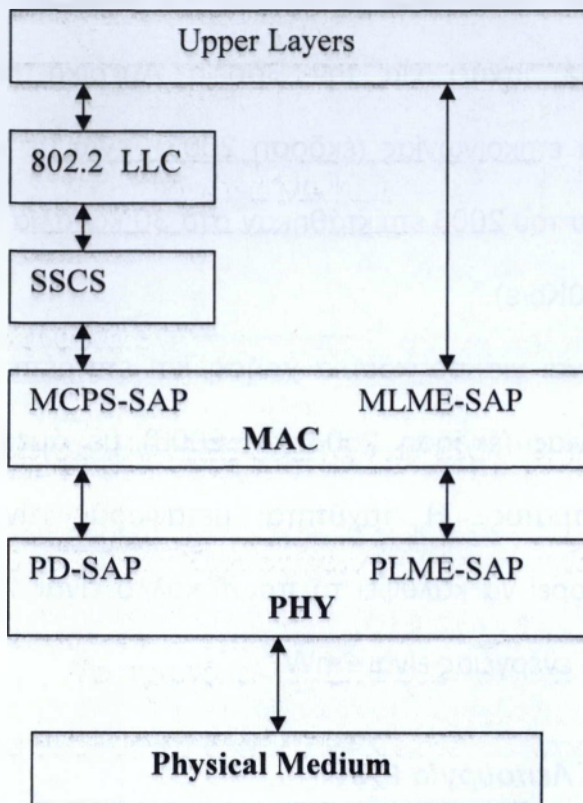
802.11, και το 802.15.1, ενώ το MAC επίπεδο σχετίζεται περισσότερο με το υλικό και μπορεί να ποικίλει ανάλογα με την εφαρμογή του φυσικού επιπέδου. Το πρωτόκολλο IEEE 802.15.4 ταιριάζει στο μοντέλο του διεθνή οργανισμού προτυποποίησης (International Organization for Standardization - ISO) για τη διασύνδεση ανοιχτών συστημάτων (Open Systems Interconnection - OSI)³⁹.

Το πρωτόκολλο 802.15.4 και το οποίο αναφέρεται στη λειτουργία του ασυρμάτου δικτύου PAN παρέχει υπηρεσίες σε ένα IEEE 802.2 τύπου 1 LLC μέσω του υποστρώματος σύγκλισης ίδιο ως προς την υπηρεσία (service - specific convergence sublayer - SSCS), ή ένα ιδιόκτητο LLC μπορεί να έχει πρόσβαση στις MAC υπηρεσίες άμεσα χωρίς να περάσει από το SSCS. Το SSCS εξασφαλίζει τη συμβατότητα μεταξύ των διαφορετικών LLC υποεπιπέδων και επιτρέπει στο MAC να είναι προσβάσιμο από ένα σύνολο σημείων πρόσβασης. Χρησιμοποιώντας αυτό το μοντέλο, το 802.15.4 MAC παρέχει γνωρίσματα που δεν χρησιμοποιούνται από το 802.2, και επομένως επιτρέπει πιο σύνθετες τοπολογίες δικτύων. Οι διεπαφές μεταξύ των επιπέδων χρησιμεύουν στο να καθορίσουν τις λογικές συνδέσεις που περιγράφονται στο πρότυπο.

Μια συσκευή LR-WPAN περιλαμβάνει ένα φυσικό επίπεδο (Physical Layer - PHY), που περιέχει τον πομποδέκτη (RF) μαζί με το χαμηλού επιπέδου μηχανισμό ελέγχου του, και ένα υποεπίπεδο MAC που παρέχει πρόσβαση στο φυσικό κανάλι για όλους τους τύπους μεταφορών. Τα ανώτερα επίπεδα συμπεριλαμβάνουν το επίπεδο δικτύου, που παρέχει τη διαμόρφωση

³⁹ IEEE Standard 802.15.4a -2007, August 31, 2007

του δικτύου, το χειρισμό, και τη δρομολόγηση των μηνυμάτων, και το επίπεδο εφαρμογών, που παρέχει την προοριζόμενη λειτουργία της συσκευής⁴⁰.



Εικόνα Νο.3

Πρωτόκολλο IEEE 802.15.4 και ISO-OSI μοντέλο δικτύων, Σχήμα 3

2.6 Ζώνες Συχνοτήτων για Λειτουργία PAN

Το πρωτόκολλο IEEE 802.15.4 και το οποίο αναφέρεται στη λειτουργία του ασυρμάτου δικτύου PAN εκπέμπει στις παρακάτω μπάντες συχνοτήτων⁴¹:

⁴⁰ Σταμάτης, Κ., Ν., 2002, «Η Αβέβαιη Κοινωνία της Γνώσης», Εκδόσεις Σαββάλας

⁴¹ Schneier, B., 1996, "Applied Cryptography", Prentice Hall

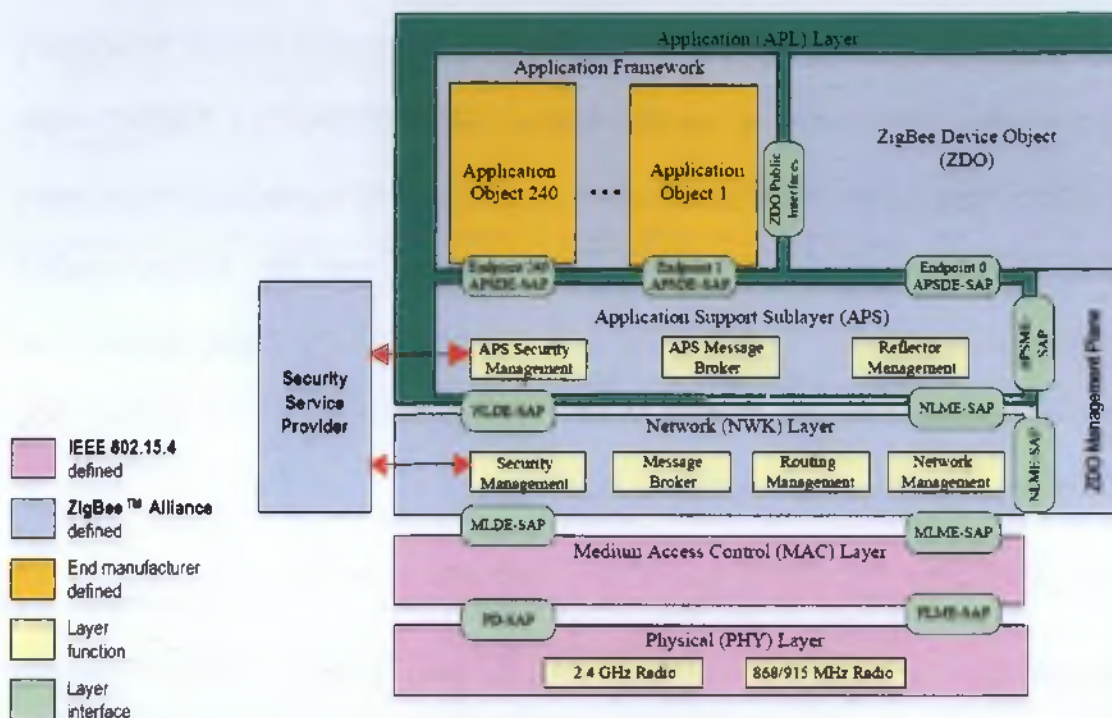
- Η συχνότητα 868-868,6 MHz , ισχύει για την Ευρώπη και επιτρέπεται μόνο ένα κανάλι επικοινωνίας (σύμφωνα με τη έκδοση 2003 και 2006) με άμεση ακολουθία φάσματος. Η ταχύτητα μεταφοράς έως (20Kb/s).
- Η συχνότητα 902-928 MHz, ισχύει για την Βόρεια Αμερική και επιτρέπεται μέχρι 10 κανάλια επικοινωνίας (έκδοση 2003), ενώ με τη νέα έκδοση του πρωτοκόλλου του 2006 επεκτάθηκαν στα 30 κανάλια Η ταχύτητα μεταφοράς είναι (40Kb/s).
- Η συχνότητα 2.450 MHz, είναι για παγκόσμια χρήση και επιτρέπεται μέχρι 16 κανάλια επικοινωνίας (έκδοση 2003 και 2006) με άμεση ακολουθία επέκτασης φάσματος. Η ταχύτητα μεταφοράς είναι (250Kb/s). Το εύρος που μπορεί να καλύψει το πρωτόκολλο είναι 10-100μέτρα (m). Η κατανάλωση ενέργειας είναι 1mW^{42} .

2.7 Επίπεδα του Προτύπου για Λειτουργία PAN

Το πρωτόκολλο IEEE 802.15.4 και το οποίο αναφέρεται στη λειτουργία του ασυρμάτου δικτύου PAN προσδιορίζει το Φυσικό επίπεδο (PHY) και το επίπεδο διασύνδεσης δεδομένων για χαμηλού ρυθμού μετάδοσης ασύρματα δίκτυα (LR-WPAN's). Το αυτό αποτελεί την βάση του Zigbee το οποίο ουσιαστικά «κάθεται» πάνω στο 802.15.4. Το πρότυπο ZigBee, ακολουθεί τη διαστρωμάτωση κατά OSI αλλά εναντιθέσει με τα επτά επίπεδα που προβλέπονται, έχει μόνο τέσσερα. Τα δύο πρώτα επίπεδα (α) φυσικό επίπεδο (PHY) και (β) υπόστρωμα (MAC), δημιουργήθηκαν από την IEEE και αποτελούν το 802.15.4 . Η ZigBee Alliance στηριζόμενη πάνω σε αυτό το πρωτόκολλο πρόσθεσε άλλα δύο επίπεδα, το επίπεδο του δικτύου (Network-

⁴² Σταμάτης, Κ., Ν., 2002, «Η Αβέβαιη Κοινωνία της Γνώσης», Εκδόσεις Σαββάλας

NWK) και το επίπεδο της εφαρμογής (Application-APL). Το παρακάτω σχήμα δείχνει σε λεπτομέρεια τα επίπεδα τα οποία θα αναλύσουμε στην πορεία⁴³.



Εικόνα Νο.4 - Επίπεδα του προτύπου IEEE 802.15.4, Σχήμα 4

2.8 Διαφορές Πρωτοκόλλου IEEE 802.15.4 (2003) και πρωτοκόλλου IEEE 802.15.4 (2006) για Λειτουργία PAN

Η έκδοση του πρωτοκόλλου IEEE 802.15.4 του 2006 και το οποίο αναφέρεται στη λειτουργία του ασυρμάτου δικτύου PAN βελτιώνει την ταχύτητα αποστολής δεδομένων στις 868/915 MHz καθώς και τις μπάντες στα 100 και 250 kbit/s (από 20 και 40 kbit/s). Η έκδοση του 2003, είναι εκείνη η

⁴³ Schneier, B., 1996, "Applied Cryptography", Prentice Hall

οποία προσδιορίζει τέσσερα (4) φυσικά επίπεδα ανάλογως την τεχνική διαμόρφωσης που χρησιμοποιείται (3 σε DSSS και 1 σε PSSS).

Για την έκδοση του 2006, θα πρέπει να σημειωθεί πως η πρόσβαση στο φυσικό μέσο γίνεται μέσω του πρωτοκόλλου CSMA/CA - Carrier sense multiple access with collision avoidance με πολλαπλή πρόσβαση ανίχνευσης φέρουσας με αποφυγή συγκρούσεων. Τα δίκτυα που δεν χρησιμοποιούν μηχανισμούς ραδιοφάρου κάνουν χρήση μιας παραλλαγής χωρίς θυρίδες που βασίζεται στην παρακολούθηση του μέσου, βελτιωμένου με την χρήση ενός αλγορίθμου random exponential backoff⁴⁴.

Τα μηνύματα επιβεβαίωσης είναι προαιρετικά σε συγκεκριμένες περιπτώσεις στις οποίες θεωρείται ότι έχει γίνει σωστά η λήψη. Εάν μια συσκευή δεν μπορεί να επεξεργαστεί ένα πλαίσιο σε μια χρονική στιγμή, δεν επιβεβαιώνει την λήψη του και μια επανεκπομπή λόγω λήξης του χρόνου μπορεί να συμβεί μέχρι κάποιο αριθμό. Όσον αφορά τις ασφαλείς επικοινωνίες, το MAC υποεπίπεδο παρέχει υπηρεσίες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τα ανώτερα επίπεδα για να επιτευχθεί το επιθυμητό επίπεδο ασφάλειας.

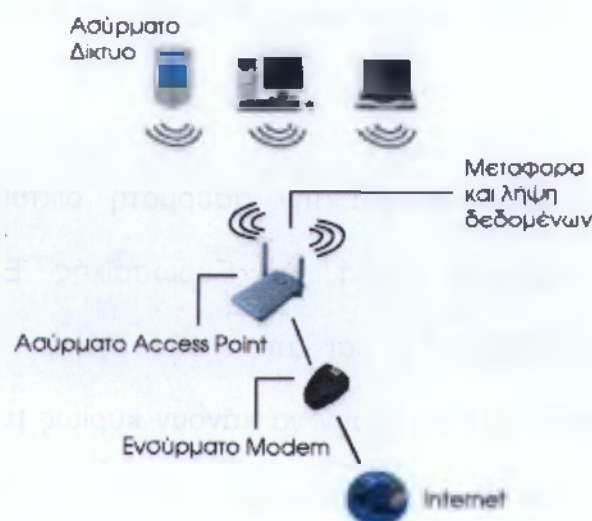
Έτσι μπορεί από το ανώτερο επίπεδο να οριστούν τα κλειδιά για την υλοποίηση συμμετρικής κρυπτογραφίας για την προστασία του πακέτου των δεδομένων και την λήψη του μόνο από συγκεκριμένες συσκευές. Ο τύπος της κρυπτογραφίας που χρησιμοποιείται ονομάζεται συμμετρικός επειδή χρησιμοποιείται το ίδιο κλειδί για την κρυπτογράφηση και για την αποκρυπτογράφηση.

⁴⁴ IEEE Standard 802.15.4a -2007, August 31, 2007

3. Κεφάλαιο 3^ο : Πρόσβαση και Καναλιών Διαμόρφωσης για Υπόστρωμα IEEE 802.15.4 και το οποίο Αναφέρεται στη Λειτουργία του Ασυρμάτου Δικτύου PAN

3.1 Λειτουργίες Υποστρώματος IEEE 802.15.4 στα Ασύρματα Δίκτυα και Υπηρεσίες Δεδομένων και το οποίο Αναφέρεται Συγκεκριμένα στη Λειτουργία του Ασυρμάτου Δικτύου PAN

Η ανάγκη για γρήγορη μεταφορά δεδομένων μέσω δικτύων με χαμηλό κόστος σχεδιασμού και συντήρησης, έχει ως αποτέλεσμα τη ραγδαία εξέλιξη της ασύρματης τεχνολογίας και η οποία αναφέρεται στη λειτουργία του ασυρμάτου δικτύου PAN. Δίκτυα για κάθε επιχείρηση, χωρίς περιορισμούς από τη μορφολογία του χώρου, προσφέρουν πρόσβαση σε πόρους τοπικών δικτύων ή στο internet. Σήμερα, με την αύξηση χρήσης φορητών Η/Υ εντός και εκτός επαγγελματικού χώρου, γίνεται αναγκαία η ανάπτυξη ασυρμάτων δικτύων Η/Υ.

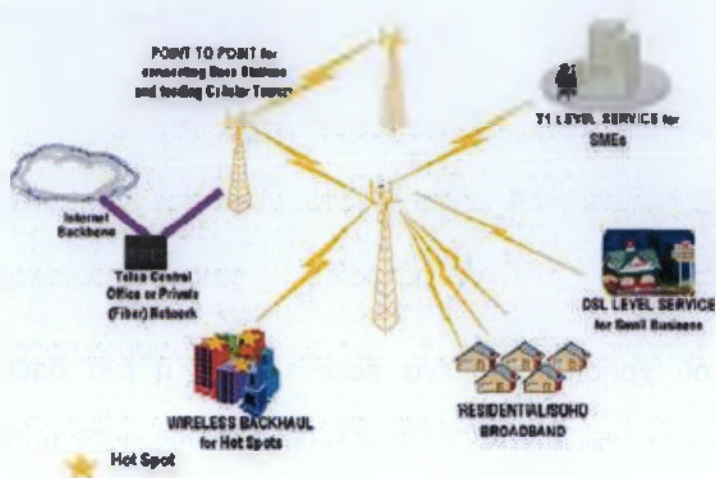


Εικόνα Νο.5

Μέχρι πρόσφατα τα προϊόντα ασύρματης τεχνολογίας αντιμετώπιζονταν ανεξάρτητα από τις κατασκευάστριες εταιρείες τους και τα περισσότερα ήταν μη συμβατά με τα υπόλοιπα. Η τεχνολογία προσέφερε προϊόντα αργών ταχυτήτων, ακριβά και ήταν μοιρασμένη σε δυο διαφορετικά στρατόπεδα: της ασύρματης επικοινωνίας (για εξωτερικούς χώρους με χρήση ειδικού εξοπλισμού GSM, GPRS), και της ενσύρματης. Με την ωρίμανση όμως των βιομηχανικών στάνταρτ και την εξέλιξη της τεχνολογίας, η αγορά υποδέχεται σήμερα την ασύρματη τεχνολογία.

Ένα ασύρματο τοπικό δίκτυο (Wireless Local Area Network-WLAN) είναι ένα επικοινωνιακό σύστημα που χρησιμοποιείται ως επέκταση ή εναλλακτική λύση ενός κοινού ενσύρματου δικτύου (Ethernet) και επιτρέπει στον κινητό χρήστη την ασύρματη μετάδοση και λήψη δεδομένων. Τα ασύρματα δίκτυα που λειτουργούν στο φάσμα συχνοτήτων ελεύθερης πρόσβασης (κοινόχρηστη μπάντα, ISM band 2400-2484MHz) ακολουθούν τις αρχές σχεδίασης των τοπικών δικτύων υπολογιστών. Η υλοποίηση των τοπικών δικτύων υπολογιστών βασίζεται σε κάποια πρότυπα που θεσπίζει το ινστιτούτο ηλεκτρολόγων ηλεκτρονικών μηχανικών IEEE και που παίρνουν συνήθως κάποιο όνομα σχετικό με αυτόν (IEEE802.16, IEEE802.3-το γνωστό Ethernet κλπ.).

Έτσι και τα πρότυπα για την ασύρματη δικτύωση που έχουν επικρατήσει στη σημερινή αγορά της Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι τα IEEE80211.b και IEEE80211.g και αποτελούν εξέλιξη του παλαιότερου IEEE802.11. Οι διαφορές τους έχουν να κάνουν κυρίως με τη διαμόρφωση που χρησιμοποιούν και την μέγιστη ταχύτητα μετάδοσης που υποστηρίζουν. Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται ένα απλό ευρυζωνικό ασύρματο δίκτυο:



Εικόνα Νο.6

Τα ασύρματα ευρυζωνικά δίκτυα και τα οποία αναφέρονται στη λειτουργία του ασυρμάτου δικτύου PAN επιτυγχάνουν ασύρματες συνδέσεις χρησιμοποιώντας μικροκύματα ή χιλιοστομετρικά ραδιοκύματα, χρησιμοποιούν επιτρεπτές συχνοτικές μπάντες και παρέχουν δημόσιες δικτυακές υπηρεσίες σε πελάτες με χρηματικό ποσό. Επίσης, είναι μητροπολιτικά σε κλίμακα και παρέχουν ικανοποιητική μεταφορά ετερογενών μηνυμάτων, με βασικό στόχο την ποιότητα παροχής υπηρεσιών (QoS). Υπάρχουν δύο είδη ασύρματου δικτύου⁴⁵:

- ad-hoc ή peer-to-peer ασύρματο δίκτυο που αποτελείται από έναν αριθμό Η/Υ, εξοπλισμένων με κάρτα (interface) ασύρματου δικτύου. Ο κάθε Η/Υ μπορεί να συνδεθεί απ' ευθείας με άλλους που έχουν ίδια κάρτα μοιράζοντας αρχεία, εκτυπωτές και άλλους πόρους. Για να συνδεθούν οι παραπάνω Η/Υ με ενσύρματα δίκτυα πρέπει ο ένας Η/Υ

⁴⁵ Tipton, H., F., Ruthberg, Z., G., 1993, "Handbook of Information Security Management", Acerbic

να είναι εξοπλισμένος με ειδικό λογισμικό και να λειτουργεί ως bridge (bridging).

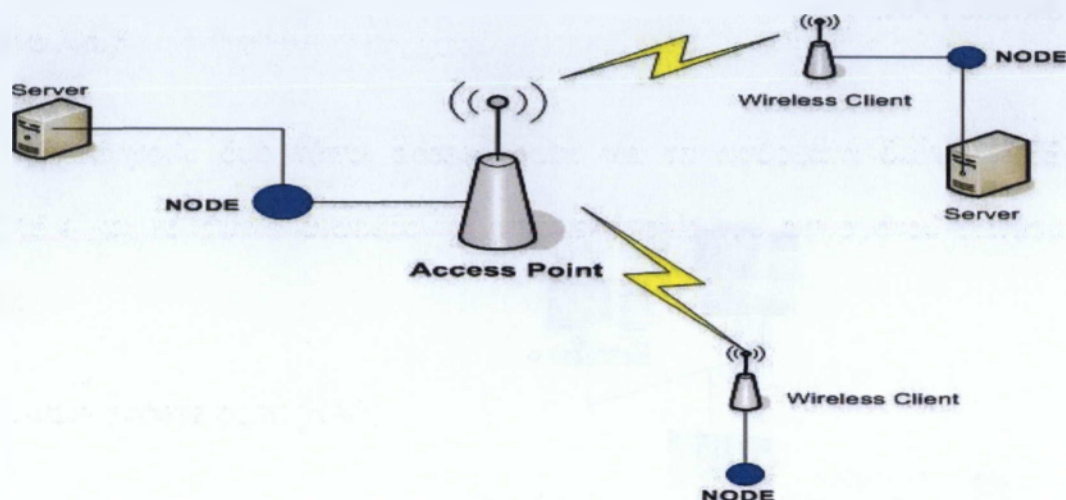


-
- ασύρματο δίκτυο που χρησιμοποιεί ένα access point ή ένα base station. Σ' αυτόν τον τύπο δικτύου το access point λειτουργεί ως hub, παρέχοντας σύνδεση μεταξύ των ασύρματων τερματικών. Το access point προσφέρει επίσης σύνδεση του ασύρματου με το ενσύρματο δίκτυο Η/Υ, επιτρέποντας ασύρματους Η/Υ να προσπελάσουν συσκευές και υπηρεσίες δικτύου, όπως file servers & Internet.

Πιο συγκεκριμένα, στον τρόπο λειτουργίας υποδομής (infrastructure mode) δύο ενδιάμεσοι κόμβοι δεν ανταλλάσσουν ποτέ απευθείας πακέτα πληροφορίας αλλά πάντοτε μέσω ενός ενδιάμεσου κεντρικού σημείου πρόσβασης (access point). Οι κόμβοι του δικτύου συνδέονται ασύρματα («κουμπώνουν» όπως συνήθως αναφέρεται) ως πελάτες (clients) στο σημείο πρόσβασης (access point).

Έπειτα από την διαδικασία αυτή που καλείται association κάθε κόμβος αποστέλλει τα πακέτα πληροφορίας του στο access point και αυτό αναλαμβάνει την αποστολή τους στον τελικό αποδέκτη. Το κέρδος είναι ότι δεν είναι απαραίτητο κάθε κόμβος του δικτύου να «βλέπει», δηλαδή να είναι στην εμβέλεια εκπομπής και λήψης, κάθε πιθανού κόμβου συνομιλητή, αλλά αρκεί να βλέπει το σημείο πρόσβασης (access point). Το access point

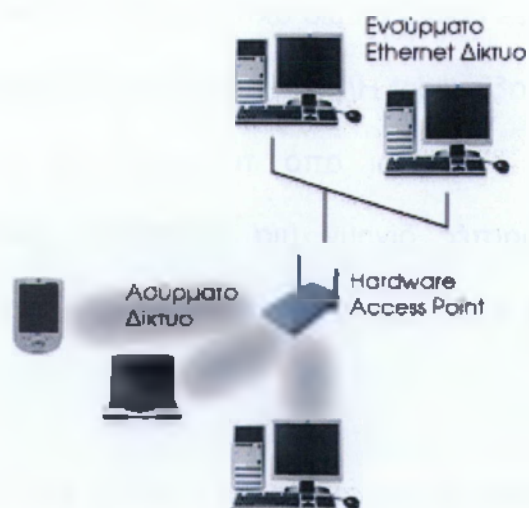
αναλαμβάνει επίσης την κεντρική διαχείριση των διακινούμενων πακέτων όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:



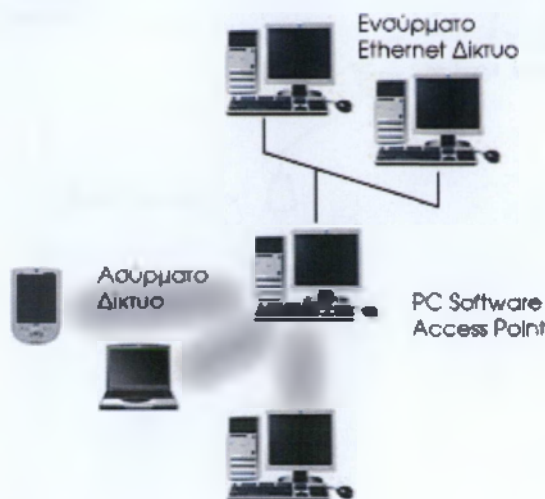
Εικόνα Νο.7

Υπάρχουν δυο τύποι access point για τα ασύρματα δίκτυα IEEE 802.15.4 και το οποίο αναφέρονται στη λειτουργία του ασυρμάτου δικτύου PAN:

•hardware access point (HAP)



software access points που τρέχουν σε Η/Υ εξοπλισμένο με κάρτα ασύρματου δικτύου και το οποίο αναφέρεται στη λειτουργία του ασυρμάτου δικτύου PAN.



Εικόνα Νο.8

Όσον αναφορά την απόσταση που μπορεί να καλύψει τα ασύρματα δίκτυα IEEE 802.15.4 και το οποίο αναφέρεται στη λειτουργία του ασυρμάτου δικτύου PAN ισχύει το εξής. Κάθε access point έχει μια ακτίνα εμβέλειας μέσα στην οποία μια ασύρματη σύνδεση μεταξύ client Η/Υ και access point μπορεί να λειτουργεί. Η απόσταση πάντα εξαρτάται από τις συνθήκες που επικρατούν στο χώρο. Οι κατασκευαστές δίνουν μια απόσταση καλής λειτουργίας, ωστόσο αν αγγίξουμε τα όριά της, η ποιότητα της σύνδεσης ελαττώνεται.

Τυπικά η απόσταση σε εσωτερικούς χώρους κυμαίνεται μεταξύ 45.72m - 91.44m ποδιών (όχι μεγαλύτερη), μερικές φορές μπορεί να είναι μικρότερη, αν η κατασκευή του κτιρίου δεν βοηθήσει τη μετάδοση του σήματος.

Η απόσταση που καλύπτει σε εξωτερικούς χώρους μπορεί να είναι μέχρι 304.8m, αλλά αν δε βοηθά η μορφολογία και οι συνθήκες του χώρου, είναι μικρότερη. Μπορεί το ασύρματο δίκτυο να επεκταθεί σε περιοχές με δύσκολη μορφολογία με τη χρήση περισσότερων access point⁴⁶.

Τα σήματα πληροφορίας από και προς τους κόμβους του ασύρματου δικτύου διαδίδονται με τη μορφή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας στο κοινό μέσο που είναι ο αέρας. Και μόνο αυτό το γεγονός αποτελεί περιοριστικό παράγοντα. Όπως είπαμε, η φύση του μέσου διάδοσης (αέρας) αλλά και του φορέα(ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία συγκεκριμένου φάσματος συχνοτήτων) καθιστά την ταυτόχρονη χρήση του μέσου από δύο πομπούς απαγορευτική.

Εφόσον η εκπομπή και η λήψη πραγματοποιείται στην ίδια ζώνη συχνοτήτων ο δίαυλος επικοινωνίας είναι μονόδρομος κάθε στιγμή (half-duplex). Μπορούμε να πούμε ότι αναλογεί με την τοπολογία κοινού διαύλου (common bus) στα ενσύρματα τοπικά δίκτυα όπου κάθε στιγμή ένας κόμβος επιτρέπεται να εκπέμπει. Έτσι η επικοινωνία γίνεται σε κάποιο προκαθορισμένο εύρος συχνοτήτων που αποτελεί το λεγόμενο κανάλι (channel). Η ελεύθερη ζώνη συχνοτήτων 2.4GHz χωρίζεται σε 14 κανάλια. Στην Ευρώπη χρησιμοποιούνται τα πρώτα 13 από αυτά, στην Αμερική τα 11 και στην Ιαπωνία τα 1447.

3.2 Υπόστρωμα Λειτουργίας Ασύρματου Δικτύου PAN

⁴⁶ Hager, N., 1996, "Secret Power", Craig Cotton Publishing, New Zealand, 1996

⁴⁷ Tipton, H., F., Ruthberg, Z., G., 1993, "Handbook of Information Security Management", Acerbic

Το ασύρματο δίκτυο PAN προσφέρει τρεις λειτουργικές ζώνες συχνότητας: 2.4 GHz, 915 MHz και 868 MHz. Υπάρχει ένα κανάλι μεταξύ των 868 και 868.6 MHz, 10 κανάλια μεταξύ των 902 και 928 MHz, και 16 κανάλια μεταξύ των 2.4 και 2.4835 GHz. Οι ρυθμοί μετάδοσης δεδομένων είναι 250 kbps στα 2.4 GHz, 40 kbps στα 915 MHz και 20 kbps στα 868 MHz. Οι χαμηλότερες συχνότητες είναι καταλληλότερες για τις μεγαλύτερης εμβέλειας μεταδόσεις λόγω των χαμηλότερων απωλειών διάδοσης. Εντούτοις, το πλεονέκτημα της υψηλού ρυθμού μετάδοσης δεδομένων είναι η υψηλότερη ρυθμοαπόδοση, η μικρότερη καθυστέρηση και οι χαμηλότεροι κύκλοι λειτουργίας⁴⁸.

Το φυσικό επίπεδο (Physical Layer - PHY) στο ασύρματο δίκτυο PAN παρέχει δύο υπηρεσίες: την υπηρεσία δεδομένων και την υπηρεσία διαχείρισης φυσικού επιπέδου που διασυνδέεται με το φυσικό επίπεδο διαχείρισης οντότητας (Physical Layer Management Entity - PLME). Η υπηρεσία δεδομένων του φυσικού επιπέδου επιτρέπει τη μετάδοση και την λήψη των μονάδων δεδομένων του φυσικού επιπέδου (PPDU) μέσω του φυσικού καναλιού.

Το φυσικό επίπεδο είναι εκείνο που συσχετίζεται άμεσα με το κανάλι μετάδοσης και κάνει εφικτή την αποστολή και λήψη των πακέτων που δημιουργήθηκαν στα ανώτερα επίπεδα. Οι αρμοδιότητές του είναι οι ακόλουθες⁴⁹:

⁴⁸ Hager, N., 1996, "Secret Power", Craig Cotton Publishing, New Zealand, 1996

⁴⁹ McCarthy, L., 1997, "Intranet Security", Prentice Hall

Ενεργοποίηση και απενεργοποίηση του ραδιοπομποδέκτη. Ο ραδιοπομποδέκτης μπορεί να λειτουργήσει σε μία από τις τρεις καταστάσεις: εκπομπή, λήψη ή ύπνος. Κατόπιν αιτήσεως του υποεπιπέδου MAC, η συσκευή λήψης/εκπομπής ανοίγει ή κλείνει. Τα πρότυπα προτείνουν ότι ο χρόνος που απαιτείται για τη μετάβαση από την κατάσταση εκπομπής στην κατάσταση λήψης και αντίστροφα δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερος από 12 σύμβολα.

Ενεργειακή ανίχνευση δεκτών (Receiver Energy Detection - ED). Είναι η εκτίμηση της λαμβανόμενης ενέργειας σημάτων μέσα στο εύρος ζώνης του καναλιού του 802.15.4 στο ασύρματο δίκτυο PAN. Δεν περιλαμβάνει προσδιορισμό ή αποκωδικοποίηση οποιοδήποτε σημάτων στο κανάλι. Το πρότυπο συστήνει ότι η διάρκεια ενεργειακής ανίχνευσης πρέπει να είναι ίση με 8 σύμβολα. Αυτή η μέτρηση χρησιμοποιείται χαρακτηριστικά για να καθορίσει εάν το κανάλι είναι απασχολημένο ή όχι κατά την διαδικασία αξιολόγησης καθαρού καναλιού (Clear Channel Assessment - CCA) ή από τον αλγόριθμο επιλογής καναλιών του επιπέδου Δικτύου.

Ένδειξη ποιότητας ζεύξης (Link Quality Indication - LQI) για τα ληφθέντα πακέτα. Η μέτρηση LQI πραγματοποιείται για κάθε ληφθέν πακέτο. Το φυσικό επίπεδο χρησιμοποιεί το ED του λήπτη, ένα ποσοστό σήματος προς θόρυβο, ή ένα συνδυασμό αυτών για τη μέτρηση της ισχύος ή και της ποιότητας μιας ζεύξης, μέσω της οποίας λαμβάνεται ένα πακέτο.

Αξιολόγηση Καθαρού Καναλιού (Clear Channel Assessment - CCA). Η CCA λειτουργία είναι αρμόδια για την αναφορά της κατάστασης της κατάστασης του μέσου: απασχολημένο ή μη. Η CCA εκτελείται με τρεις λειτουργικούς τρόπους:

- *Ενεργειακή ανίχνευση (Energy Detection mode)*. Το CCA αναφέρει ότι το μέσο είναι απασχολημένο αν η λαμβανόμενη ενέργεια είναι πάνω από ένα δεδομένο κατώφλι, που καλείται κατώτατο όριο ED.

-*Επαίσθηση φέρουσας (Carrier Sense mode)*. Το CCA αναφέρει ότι το μέσο είναι απασχολημένο αν ανιχνεύσει ένα σήμα με τη διαμόρφωση και τα χαρακτηριστικά εξάπλωσης του πρωτοκόλλου IEEE 802.15.4 και με λαμβανόμενη ενέργεια μεγαλύτερη ή μικρότερη από το κατώτατο όριο ED.

-*Επαίσθηση φέρουσας με ενεργειακή ανίχνευσης (Carrier Sense with Energy Detection mode)*. Αυτό είναι ένας συνδυασμός των προαναφερθέντων τεχνικών. Το CCA αναφέρει ότι το μέσο είναι απασχολημένο μόνο εάν ανιχνεύει ένα σήμα με τη διαμόρφωση και τα χαρακτηριστικά εξάπλωσης του IEEE 802.15.4 και με τη λαμβανόμενη ενέργεια επάνω από το κατώτατο όριο ED.

-*Επιλογή συχνότητας καναλιού*. Οι ασύρματες ζεύξεις υπό το 802.15.4 πρότυπο μπορούν να λειτουργήσουν σε 27 διαφορετικά κανάλια. Έτσι, το φυσικό επίπεδο είναι υπεύθυνο για τη μετάθεση του πομποδέκτη σε ένα συγκεκριμένο κανάλι όταν λάβει αίτημα από το MAC υπό-επίπεδο.

Αποστολή και λήψη δεδομένων. Αυτή είναι η βασική λειτουργία του φυσικού επιπέδου. Για το σκοπό αυτό εφαρμόζεται διαμόρφωση και spreading τεχνικές.

3.3 Πεδίο Ελέγχου Πλαισίου στο Ασύρματο Δίκτυο PAN

Έχει μήκος 2 bytes και η δομή του φαίνεται στο σχήμα και αποτελείται από τα παρακάτω υποπεδία⁵⁰:

- Τύπος πλαισίου (frame type) που καθορίζει τον τύπο του πλαισίου (δεδομένα, επιβεβαίωση, εντολή ή αναγνωριστικό σήμα).
- Ασφάλεια (security) που καθορίζει αν το πλαίσιο είναι κρυπτογραφημένο.
- Πλαίσιο που εκκρεμεί (frame pending) που καθορίζει εάν ο αποστολέας έχει και άλλα δεδομένα να στείλει στον παραλήπτη.
- Αίτημα επιβεβαίωσης (acknowledgment request) που καθορίζει εάν ο αποστολέας θέλει να λάβει επιβεβαίωση για το πλαίσιο.
- Intra-PAN γενική δομή ενός πλαισίου MAC που καθορίζει εάν το πλαίσιο θα σταλεί μέσα στο ίδιο PAN ή σε διαφορετικό.
- Μορφή διεύθυνσης προορισμού (destination addressing mode) που καθορίζει τον τύπο, την ύπαρξη και το μέγεθος των υποπεδίων προορισμού στα πεδία διευθύνσεων.
- Μορφή διεύθυνσης πηγής (source addressing mode) που καθορίζει τον τύπο, την ύπαρξη και το μέγεθος των υποπεδίων πηγής στα πεδία διευθύνσεων.
- Υπάρχουν συνολικά και 5 bits κρατημένα για μελλοντική χρήση, 3 bits μετά το Intra-PAN και 2 bits μετά τη μορφή διεύθυνσης προορισμού.

Στο τρόπο λειτουργίας με αναγνωριστικά σήματα, τα πλαίσια των σημάτων αυτών στέλνονται περιοδικά από τον Συντονιστή PAN για να συγχρονίσουν τις συσχετισμένες συσκευές, να προσδιορίσουν το PAN, και για να περιγράψουν τη δομή του υπερπλαισίου. Το Διάστημα Αναγνωριστικών

⁵⁰ Rosenoer, J., 1997, "CyberLaw", Springer – Verlag

Σημάτων (Beacon Interval - BI) καθορίζει το χρόνο μεταξύ δύο διαδοχικών πλαισίων αναγνωριστικών σημάτων, και περιλαμβάνει μια ενεργό περίοδο και, προαιρετικά, μια ανενεργό περίοδο⁵¹.

Η ενεργή περίοδος, καλείται υπερπλαίσιο (superframe) και διαιρείται σε 16 ίσες χρονοθυρίδες, κατά τη διάρκεια των οποίων επιτρέπονται οι μεταδόσεις πλαισίων. Κατά τη διάρκεια της ανενεργού περιόδου (εάν υπάρχει), όλοι οι κόμβοι μπορούν να εισαχθούν στην κατάσταση ύπνου (τρόπος λειτουργίας με χαμηλή κατανάλωση ενέργειας), εξοικονομώντας ενέργεια με τον τρόπο αυτό.

Το πλαίσιο αναγνωριστικών σημάτων διαβιβάζεται στην πρώτη χρονοθυρίδα κάθε υπερπλαισίου. Εάν ένας συντονιστής δεν επιθυμεί να χρησιμοποιήσει τη δομή υπερπλαισίου, παύει τις μεταδόσεις των αναγνωριστικών σημάτων. Το Διάστημα Αναγνωριστικών Σημάτων (BI) και η Διάρκεια του Υπερπλαισίου (Superframe Duration - SD) καθορίζονται από δύο παραμέτρους, την Τάξη Αναγνωριστικού Σήματος (Beacon Order - BO) και την Τάξη Υπερπλαισίου (Superframe Order - SO), αντίστοιχα. Το Διάστημα Αναγνωριστικών Σημάτων ορίζεται ως εξής⁵²:

$$BI = aBaseSuperframeDuration * 2^{BO}, \text{ όπου } 0 \leq BO \leq 14 \text{ (1)}$$

Η Διάρκεια του Υπερπλαισίου, που αντιστοιχεί στην ενεργό περίοδο, ορίζεται ως εξής:

⁵¹ Hager, N., 1996, "Secret Power", Craig Cotton Publishing, New Zealand, 1996

⁵² Taylor, A., 1999, "The Hackers", Routledge

$SD = aBaseSuperframeDuration * 2SO$, όπου $0 \leq SO \leq BO \leq 14$, όπου $0 \leq SO \leq BO \leq 14$ (2)

Στις εξισώσεις [1], [2] το $aBaseSuperframeDuration$ δείχνει την ελάχιστη διάρκεια του υπερπλαισίου, που αντιστοιχεί σε $SO = 0$. Αυτή η διάρκεια καθορίζεται σε 960 σύμβολα (IEEE 802.15.4 στο ασύρματο δίκτυο PAN πρότυπα 2003) (όπου ένα σύμβολο αντιστοιχεί σε τέσσερα bit) ή σε 15.36ms θεωρώντας ρυθμό μετάδοσης δεδομένων ίσο με 250 kbps στη ζώνη συχνότητας 2.4 GHz. Σε αυτήν την περίπτωση, κάθε χρονοθυρίδα έχει διάρκεια ίση με $15:36/16 = 0:96ms$.

Εξ' ορισμού, οι κόμβοι ανταγωνίζονται για τη πρόσβαση στο μέσο χρησιμοποιώντας θυριδωτό CSMA/CA κατά τη διάρκεια της περιόδου πρόσβασης με διαμάχη (Contention Access Period - CAP). Ένας κόμβος υπολογίζει την καθυστέρηση υποχώρησης με βάση έναν τυχαίο αριθμό περιόδων υποχώρησης, και εκτελεί δύο CCAs πριν εκπέμψει. Για τις εφαρμογές που απαιτούν χαμηλή καθυστέρηση ή εφαρμογές που απαιτούν το συγκεκριμένο εύρος ζώνης δεδομένων, ο Συντονιστής PAN αφιερώνει μέρος του ενεργού υπερπλαισίου σε εκείνη την εφαρμογή.

Αυτά τα τμήματα καλούνται Εγγυημένες Χρονοθυρίδες (Guaranteed Time Slots - GTS) και διαμορφώνουν την περίοδο πρόσβασης χωρίς διαμάχη (Contention Free period - CFP), η οποία εμφανίζεται πάντα στο τέλος του ενεργού υπερπλαισίου και αρχίζει στο όριο της χρονοθυρίδας αμέσως μετά την περίοδο CAP. Ο Συντονιστής PAN μπορεί να διαθέσει μέχρι επτά GTSs, και ένα GTS μπορεί να καταλάβει περισσότερες από μια χρονοθυρίδες. Το CFP ενεργοποιείται κατόπιν αιτήσεως από έναν κόμβο στον Συντονιστή PAN για τη διάθεση των GTS ανάλογα με τις απαιτήσεις του κόμβου.

Οι πληροφορίες για το Διάστημα Αναγνωριστικών Σημάτων και τη Διάρκεια του Υπερπλαισίου ενσωματώνονται σε κάθε πλαίσιο αναγνωριστικών σημάτων που στέλνεται από τον Συντονιστή PAN Coordinator (ή οποιοδήποτε αλλοδήποτε Συντονιστή) στον τομέα προδιαγραφών του υπερπλαισίου. Επομένως, κάθε κόμβος που λαμβάνει το πλαίσιο αναγνωριστικών σημάτων πρέπει να αποκωδικοποιήσει σωστά τις πληροφορίες για τη δομή του υπερπλαισίου, και να συγχρονιστεί με τον Συντονιστή PAN και συνεπώς με τους άλλους κόμβους.

Η περίοδος CAP αρχίζει αμέσως μετά από το πλαίσιο αναγνωριστικών σημάτων και τελειώνει πριν από την αρχή του CFP (εάν υπάρχει). Διαφορετικά, η περίοδος CAP τελειώνει στο τέλος του ενεργού μέρους του υπερπλαισίου. Κατά τη διάρκεια της CAP, οι κόμβοι μπορούν να επικοινωνήσουν χρησιμοποιώντας θυριδωτό CSMA/CA ενώ παράλληλα εξασφαλίζουν ότι οι συναλλαγές τους (πλαίσιο δεδομένων + διάστημα μεταξύ πλαισίων + επιβεβαίωση λήψης) θα τελειώσουν πριν από το τέλος της CAP διαφορετικά η μετάδοση αναβάλλεται για το επόμενο υπερπλαίσιο.

Τέλος, η περίοδος CFP αρχίζει αμέσως μετά από το τέλος της CAP και πρέπει να ολοκληρωθεί πριν από την έναρξη του επόμενου πλαισίου αναγνωριστικών σημάτων. Όλα τα GTSS που μπορεί να διατεθούν από τον Συντονιστή PAN βρίσκονται στο CFP και πρέπει να καταλάβουν συνεχόμενες χρονοθυρίδες. Το CFP μπορεί επομένως να αυξηθεί ή να συρρικνωθεί ανάλογα με το συνολικό μήκος όλων των GTSS. Οι μεταδόσεις στο CFP δεν γίνονται με διαμάχη μεταξύ των κόμβων και επομένως δεν χρησιμοποιούν το μηχανισμό CSMA/CA. Επιπλέον, ένα πλαίσιο μπορεί μόνο να διαβιβαστεί εάν

η συναλλαγή (πλαίσιο δεδομένων + διάστημα μεταξύ πλαισίων + επιβεβαίωση λήψης) θα τελειώσει πριν από το τέλος του αντίστοιχου GTS⁵³.

⁵³ Hager, N., 1996, "Secret Power", Craig Cotton Publishing, New Zealand, 1996

4. Κεφάλαιο 4^ο : Οι Μελλοντικές Χρήσεις των PAN Networks

Στο πρώτο κεφάλαιο κάναμε μια αναφορά στους λόγους που θα μπορούσαν μελλοντικά τα δίκτυα PAN να διαδραματίσουν ένα πολύ σημαντικό παράγοντα και θα τα επισημάνουμε στο κεφάλαιο αυτό άλλη μια φορά.

Στο κόσμο της ταχύτητας που ζούμε και που θέλουμε όλοι να τα προλάβουμε όλα, η ταχύτητα της μετάδοσης της πληροφορίας διαδραματίζει σπουδαιότατο ρόλο και είναι ο σημαντικότερος ρόλος που έχουν τα προσωπικά δίκτυα που εξετάζουμε στην παρούσα εργασία. Το σημαντικό επίσης είναι ότι ο όγκος των πληροφοριών δεν έχει περιορισμό, μιλώντας πάντα στα λογικά πλαίσια. Έτσι, μπορούμε να ανταλλάσουμε πληροφορίες μεταξύ μας χωρίς να μας προβληματίζει ο όγκος αυτών των πληροφοριών.

Ένας σημαντικός παράγοντας που εξετάζουμε σήμερα και πολύ περισσότερο στο μέλλον είναι το οικονομικό κόστος. Παγκοσμίως, η οικονομική κατάσταση είναι ασταθής και τα πράγματα δεν φαίνεται να καλυτερεύουν στο μέλλον αλλά μάλλον θα ισχύει το αντίστροφο. Γι' αυτό ακριβώς το λόγο, οτιδήποτε κάνουμε εμείς οι άνθρωποι θα πρέπει πρώτιστα να εξετάζουμε το κόστος του. Το δίκτυο που συζητάμε έχει πολύ χαμηλό κόστος για να το εγκαταστήσει κανείς σήμερα και στο μέλλον τα πράγματα να είναι ακόμα καλύτερα σε αυτό το κομμάτι. Το γεγονός ότι μπορεί οποιoσδήποτε να βρει πληροφορίες σχετικές με την εγκατάσταση του, εντελώς δωρεάν μέσα από το διαδίκτυο και μάλιστα πληθώρα σχετικών πληροφοριών, είναι επίσης ένας πολύ σημαντικός παράγοντας.

Τα δίκτυα PAN είναι ιδιαίτερα δημοφιλή διότι πέραν από τα πλεονεκτήματα που προαναφέραμε, έχουν μεγάλη εμβέλεια. Τι εννοούμε με αυτό; Εννοούμε ότι ο χρήστης μπορεί να κινείται και να δουλεύει σε οποιοδήποτε σημείο του σπιτιού του ή του γραφείου του χωρίς να έχει περιορισμό και κυρίως χωρίς να χρειάζεται να σέρνει μαζί του καλώδια. Αυτή είναι και η πιο ιδεατή διαφορά του ασύρματου δικτύου με αυτή του ενσύρματου. Το σήμα φτάνει παντού μέσα στο σπίτι ή στο γραφείο και ο χρήστης έχει ελευθερία κινήσεων.

Σε ότι αφορά το επαγγελματικό κομμάτι στο οποίο τα δίκτυα PAN κερδίζουν συνεχώς έδαφος, η εξέλιξη της τεχνολογίας τουλάχιστον στην παρούσα φάση δίνει την δυνατότητα να συνδεθούν κτιριακές εγκαταστάσεις με εμβέλεια 4 χιλιομέτρων. Φανταζόμαστε ότι στο μέλλον οι δυνατότητες θα είναι πολλαπλάσιες.

Στο σημείο αυτό θα θέλαμε να επισημάνουμε πόσο σημαντικό είναι το οικονομικό κόστος για τους εργοδότες των επιχειρήσεων, που ανέκαθεν το κύριο μέλημα τους είναι να διεκπεραιώνεται η δουλειά με όσο το δυνατόν χαμηλότερο κόστος. Φανταστείτε λοιπόν πόσο σημαντικές είναι αυτές οι τεχνολογίες με τα τόσο χαμηλά κόστη γι' αυτούς και πόσο πιο ωφελιμένοι θα βγούν μελλοντικά με την εξέλιξη αυτών των τεχνολογιών.

Ο τομέας των κινητών και ασύρματων δικτύων και υπηρεσιών, όπως όλα δείχνουν έχει μπει δυναμικά στην κοινωνία της πληροφορίας, προσφέροντας και μονοπωλώντας ένα μεγάλο πλήθος υπηρεσιών, διεκδικώντας μερίδιο της παγκόσμιας οικονομίας, κινώντας το ενδιαφέρον της επιστήμης της πληροφορικής. Έχει όμως και το χρέος να εξελιχθεί, να

αντιμετωπίσει προκλήσεις, να προσφέρει καινούριες και καλύτερες υπηρεσίες. Οι ασύρματες και κινητές επικοινωνίες είναι ακόμα νέες, έχουν άγνωστα, σίγουρα μεγάλα περιθώρια εξέλιξης, επηρεάζονται όμως από πολιτική κρατών, οικονομικά δεδομένα, υπάρχουσα τηλεπικοινωνιακή υποδομή, νοοτροπία χρηστών, ενώ οι ίδιες μπορούν να χωριστούν σε διαφορετικές τεχνολογίες και διαφορετικές αγορές που ανταγωνίζονται μεταξύ τους. Η εξέλιξη τους είναι δύσκολο να προβλεφθεί, το μόνο σίγουρο είναι ότι η εξέλιξη θα συνεχιστεί και μάλιστα με γρήγορους ρυθμούς.

Περνώντας στις υπηρεσίες παγκοσμίου ιστού, έχουμε τα δίκτυα τρίτης γενιάς τα οποία σχεδιάστηκαν πριν από περίπου μισή δεκαετία ενώ τώρα ουσιαστικά αφομοιώνονται από το αγοραστικό κοινό και μπαίνουν σε πραγματική λειτουργία. Ενώ ήδη σχεδιάζονται τα δίκτυα τέταρτης γενιάς που αναμένεται να μπουν στην ζωή μας στην επόμενη δεκαετία, η ανάπτυξη τους δεν μπορεί να μην επηρεαστεί, μάλλον περιοριστεί, από την υπάρχουσα τηλεπικοινωνιακή υποδομή. Μια υποδομή που υλοποιήθηκε για τα δίκτυα δεύτερης γενιάς, σχεδιασμένα πριν από μια δεκαετία. Είναι σαφές λοιπόν ότι οι ευθύνες πίσω από οποιαδήποτε αλλαγή, είναι μεγάλες, ειδικά όταν γνωρίζουμε ότι πάνω σε αυτές θα κινηθούν επενδύσεις σεβαστής αξίας.

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 υπερύθρων

συναντώνται σε ασύρματα πληκτρολόγια, TV remote controls, εκτυπωτές, ρολόγια (τα οποία μπορούμε να συγχρονίσουμε με το PC μας, κτλ.), και σειριακούς προσαρμογείς.

Μια ακόμα πρόκληση είναι η αντιμετώπιση του θέματος της ετερογένειας μεταξύ διαφορετικών συσκευών, κυψελωτών δικτύων, κρατών, τεχνολογιών δικτύωσης και μετάδοσης δεδομένων. Αυτή η ετερογένεια ήταν πολύ φυσιολογική και δικαιολογημένη στα πρώτα χρόνια των κινητών επικοινωνιών, αφού οι τεχνολογίες ήταν ακόμα νέες και ανώριμες, η αγορά ήταν επίσης ανώριμη, ενώ στους διάφορους φορείς υπηρεσιών, ήταν ευκολότερο και ασφαλέστερο να επεκταθούν μονοπωλιακά σε μικρά τμήματα αγορών, πριν καθοριστεί ένα σύνολο τεχνολογιών και πρωτοκόλλων σε παγκόσμιο επίπεδο. Είναι πλέον όμως ανάγκη της παγκόσμιας αγοράς να επιτευχθεί ένα κοινό μοντέλο επικοινωνιών, τουλάχιστον για την μεταφορά δεδομένων. Στα δίκτυα τρίτης γενιάς ήδη εξασφαλίστηκε η τεχνολογία μετάδοσης CDMA σε όλη την γή, ενώ το WAP τείνει να καταλήξει σε μια μόνο markup γλώσσα, την X-HTML MP στην οποία στρέφεται και το I-mode. Είναι λογικό λοιπόν να δούμε στα επόμενα χρόνια μια συμβατότητα σε παγκόσμιο επίπεδο, τουλάχιστον στην μεταφορά δεδομένων, η οποία θα είναι η βάση για την ανάπτυξη υπηρεσιών στο χώρο των τηλεπικοινωνιών.

Ο κόσμος των τηλεπικοινωνιών, περιμένει ακόμα την στιγμή που η εγκατάσταση και διατήρηση δορυφορικών συστημάτων θα φτάσουν σε ένα κόστος αρκετά χαμηλό ώστε να μπορούν να προσφέρουν υπηρεσίες σε όλους τους πολίτες. Όταν γίνει κάτι τέτοιο, είναι βέβαιο ότι τα δορυφορικά

δίκτυα θα συνεργαστούν και θα συνυπάρξουν με τα κυψελωτά δίκτυα, προφέροντας κάλυψη σε όλα πρακτικά τα σημεία του πλανήτη.

Σε επίπεδο ποιότητας υπηρεσιών, η κατάσταση είναι ακόμα πιο ασαφής αφού θα εξαρτηθεί από όλους τους παραπάνω παράγοντες. Οι υπηρεσίες θα στηριχθούν στις υπάρχουσες τεχνολογίες και θα προσπαθήσουν να τις εκμεταλλευτούν όσο καλύτερα γίνεται. Γενικότερα λοιπόν η εξέλιξη των μελλοντικών κινητών επικοινωνιών είναι αδύνατον να προβλεφθεί. Ακόμα και το ενδεχόμενο να αποτύχουν τα δίκτυα τρίτης γενιάς και να περάσουμε πρόωρα στα δίκτυα τέταρτης, είναι για πολλούς πολύ πιθανό. Ακόμα και οι ειδικοί του χώρου είναι περίεργοι να δούνε τι θα συμβεί.

Επίλογος - Συμπεράσματα

Βασικός σκοπός της παρούσας πτυχιακής εργασίας, ήταν να καταγράψω και να αναλύσω την λειτουργία των ασυρμάτων δικτύων και κυρίως των αποκαλούμενων PAN Networks ή διαφορετικά γνωστά ως Personal Area Networks και τα οποία χρησιμοποιούνται ως προσωπικά δίκτυα χώρου μικρής εμβέλειας. Προκειμένου να επιτύχω το σκοπό αυτό, προχωρώ στην ανάλυση των διαφόρων ειδών δικτύων εκτός του PAN και τα οποία εντοπίζονται στις μέρες μας καθώς επίσης και στην λειτουργία και χαρακτηριστικά των Ασυρμάτων Δικτύων και των αντίστοιχων πλεονεκτημάτων αλλά και μειονεκτημάτων που εμφανίζουν.

Το προσωπικό δίκτυο (PAN) Bluetooth θεωρείται μια τεχνολογία η οποία επιτρέπει στα άτομα να δημιουργήσουν ένα δίκτυο *Ethernet* με ασύρματες συνδέσεις μεταξύ των φορητών υπολογιστών, κινητών τηλεφώνων και συσκευές χειρός⁵⁴. Μπορεί επίσης κανείς να συνδέσει τους τύπους συσκευών με δυνατότητα Bluetooth, οι οποίες είναι συμβατές με προσωπικά δίκτυα όπως η συσκευή χρήστη προσωπικού δικτύου (PANU), συσκευή δικτύου ad hoc ομάδας (GN) ή συσκευή σημείου πρόσβασης σε δίκτυο (NAP) και οι οποίες θα αναλυθούν σε επόμενο κεφάλαιο αυτής της πτυχιακής εργασίας.

Οι εφαρμογές του 802.15.4 και το οποίο αναφέρεται στη λειτουργία του ασυρμάτου δικτύου PAN επεκτείνονται σε πολλούς τομείς κάμποι από τους οποίους είναι: τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων, το έξυπνο σπίτι με τις

⁵⁴ McCarthy, L., 1997, "Intranet Security", Prentice Hall

αυτοματοποιημένες λειτουργίες, η δικτύωση του σπιτιού όπου διάφορες συσκευές συνδέονται με ένα προσωπικό υπολογιστή, η ασφάλεια του σπιτιού και ούτω καθεξής.

Σε ένα δίκτυο υλοποιημένο με το πρωτόκολλο IEEE 802.15.4 και το οποίο αναφέρεται στη λειτουργία του ασυρμάτου δικτύου PAN υπάρχουν δύο τύποι συσκευών (κόμβων), πλήρους λειτουργίας (full functional device – FFD) και περιορισμένης λειτουργίας (reduced function device – RFD). Οι πλήρους λειτουργίας συσκευές έχουν τρεις τρόπους υπηρεσιών, ως συντονιστής του δικτύου (personal area network – PAN), απλός συντονιστής ή απλός κόμβος.

Περιληπτικά, θα λέγαμε ότι η σημερινή χρήση των δικτύων μικρής εμβέλειας είναι η μετάδοση και ανταλλαγή πληροφοριών με ταχύτητα, εμπιστευτικότητα και χαμηλό κόστος. Σε ότι αφορά την μελλοντική χρήση των συγκεκριμένων δικτύων, θα γίνεται με τον ίδιο σκοπό απλά το πιθανότερο είναι λόγω της εξέλιξης της τεχνολογίας, τα πράγματα θα γίνονται πιο απλά, πιο γρήγορα και ίσως με την χρήση νέων συσκευών, προσαρμοσμένων στις νέες ανάγκες.

Η παρούσα εργασία χωρίστηκε σε τέσσερα κεφάλαια. Στο πρώτο κεφάλαιο έγινε αναφορά στην έννοια και στην λειτουργία των ασυρμάτων δικτύων. Σε διάφορες υποενότητες αναλύθηκαν διεξοδικά τα ασύρματα δίκτυα και οι κατηγορίες τους. Το ίδιο έγινε και με τα πρωτοκόλλων 802.11. Στο δεύτερο κεφάλαιο αναλύθηκαν τα ασύρματα πρότυπα δικτύωσης και έγινε πιο εκτενής αναφορά στο κυρίως θέμα της εργασίας μας, στα δίκτυα προσωπικού χώρου μικρής εμβέλειας (PAN NETWORKS).

Το τρίτο κεφάλαιο που ονομάσαμε «Πρόσβαση και Καναλιών Διαμόρφωσης για Υπόστρωμα IEEE 802.15.4 και το οποίο Αναφέρεται στη Λειτουργία του Ασυρμάτου Δικτύου PAN» αφορά το πιο περίπλοκο κομμάτι που δεν είναι άλλο από την λειτουργία του PAN. Τέλος, στο τέταρτο κεφάλαιο έγινε αναφορά στις μελλοντικές χρήσεις των PAN Networks, τουλάχιστον σε ότι είμαστε σε θέση να γνωρίζουμε.

Ανακεφαλαιώνοντας, θα μπορούσαμε να πούμε ότι ζούμε στην εποχή της τεχνολογίας και συνεπώς οι εξελίξεις είναι συνεχείς. Το διαδίκτυο αποτελεί πλέον αναπόσπαστο κομμάτι κάθε σπιτιού, πόσο μάλλον για τους ανθρώπους που το χρησιμοποιούν στην δουλειά τους. Επιπρόσθετα, οι απαιτήσεις των χρηστών μεγαλώνουν και η αναβάθμιση των υπηρεσιών που προσφέρονται από τις εταιρείες που ασχολούνται με το internet, πρέπει να είναι συνεχής, για να παραμένουν και οι χρήστες ευχαριστημένοι.

Βιβλιογραφία

- ❖ Adams, J., 1998, *"The next world war"*, Simon and Schuster
- ❖ BloomBecker, B., 1990, *"Spectacular Computer Crimes"*, Dow Jones – Irwin
- ❖ Ransom, A. W., 1994, *"Who Owns Information"*, Basic Books
- ❖ Cavoukian, A., Tapscott, D., 1997, *"Who Knows"*, McGraw-Hill
- ❖ Denning, D., E., 1982, *"Cryptography and Data Security"*, Addison – Wesley
- ❖ Diffie, W., Landau, S., 1998, *"Beyond Calculation"*, The MIT Press
- ❖ Hager, N., 1996, *"Secret Power"*, Craig Cotton Publishing, New Zealand, 1996
- ❖ Libicki, G., M., 1995, *"What information is warfare?"*, National Defense University of USA
- ❖ McCarthy, L., 1997, *"Intranet Security"*, Prentice Hall
- ❖ Meinel, C., P., 1998, *"The Happy Hacker"*, American Eagle Publications
- ❖ Pfleeger, C., P., 1997, *"Security in Computing"*, Prentice Hall
- ❖ Rosenoer, J., 1997, *"CyberLaw"*, Springer – Verlag
- ❖ Tipton, H., F., Ruthberg, Z., G., 1993, *"Handbook of Information Security Management"*, Acerbic
- ❖ Saunders et all, (2005), *"Specified ways for research and analysis of data"*, Prentice Hall
- ❖ Sekaran U., (1992), *"Research Methods for Business, A Skill Building Approach"*. New York: John Wiles and Sons Inc.
- ❖ Schneier, B., 1996, *"Applied Cryptography"*, Prentice Hall

- ❖ Slade, P., 1994, "*Guide to Computer Viruses*", Springer – Verlag
- ❖ Schweizer, P., 1993, "*Friendly Spies*", The Atlantic Monthly Press
- ❖ Sterling, B., 1992, "*The Hacker Crackdown*", Bantam
- ❖ Taylor, A., 1999, "*The Hackers*", Routledge
- ❖ Wayner, P., 1996, "*Disappearing Cryptography*", Academic Press
- ❖ Zikmund W.G., (2000), "*Business Research Methods*". London: Harcourt college publishers.
- ❖ Σταμάτης, Κ., Ν., 2002, «*Η Αβέβαιη Κοινωνία της Γνώσης*», Εκδόσεις Σαββάλας
- ❖ Εθνικό Κέντρο Τεκμηρίωσης: <http://www.ekt.gr>
- ❖ Γενική Διεύθυνση "*Κοινωνία της Πληροφορίας*" της Ευρωπαϊκής Επιτροπής:
http://europa.eu.int/comm/dgs/information_society/index_en.htm
- ❖ www.eseeurope.org
- ❖ IEEE Standard 802.15.4a -2007, August 31, 2007
- ❖ IEEE Standard 802.15.4 -2003 , October 1, 2003