

Α.Τ.Ε.Ι. ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ & ΠΟΛΥΜΕΣΩΝ



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Θέμα: "θεωρητική μελέτη ανάλυση και υλοποίηση εφαρμογής τηλεεκπαίδευσης με εξοπλισμό που υλοποιεί το πρωτόκολλο 802.11 ασύρματης δικτύωσης".

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ: ΠΟΜΠΟΔΑΚΗΣ ΚΩΣΤΑΣ
ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ: ΧΟΥΣΤΟΥΛΑΚΗΣ ΑΝΤΩΝΙΟΣ
ΧΑΣΟΥΡΑΚΗΣ ΠΟΛΥΔΩΡΟΣ

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ :

Καθ .
Καθ .
Καθ .

ΗΡΑΚΛΕΙΟ
2008

Είμαστε στην ευχάριστη θέση να παρουσιάσουμε μια δουλειά η οποία μας ταλάνισε ευχάριστα για αρκετούς μήνες όμως από αυτήν αποκομίσαμε πλήθος εμπειριών και έγινε αντικείμενο εποικοδομητικών προβληματισμών. Δεν αναλωθήκαμε μόνο σε θεωρητικές προσεγγίσεις αλλά μέσα από αυτές οδηγηθήκαμε σε χρήσιμα συμπεράσματα με χειροπιαστά αποτελέσματα. Στόχος μας εξ' αρχής ήταν η υλοποίηση ενός δικτύου το οποίο θα είχε τον ρόλο του ασύρματου διαύλου επικοινωνίας μεταξύ του Α.Τ.Ε.Ι. Κρήτης και της περιοχής της Φοινικιάς Ηρακλείου.

Προσπαθήσαμε η θεωρητική προσέγγιση αλλά και η περιγραφή του έργου που υλοποιήσαμε να είναι όσο το δυνατό λιγότερο κουραστική και αντιστρόφως ανάλογα κατανοητή από τον αναγνώστη.

Στην προσπάθεια μας αυτή αρωγοί ήταν οι οικογένειες μας τις οποίες ευχαριστούμε θερμά που μας στηρίζουν όλα αυτά τα χρόνια αλλά και τον εισηγητή μας Πομποδάκη Κώστα που χωρίς αυτόν δεν θα υπήρχε ετούτη η πτυχιακή εργασία.

*ΧΟΥΣΤΟΥΛΑΚΗΣ ΑΝΤΩΝΙΟΣ
ΧΑΣΟΥΡΑΚΗΣ ΠΟΛΥΔΩΡΟΣ*

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	4
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 «Η ΤΗΛΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΟΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ»	5
1.1 «Τηλεκπαίδευση (E-learning)».....	5
1.1.1 <i>Πλεονεκτήματα Τηλεκπαίδευσης</i>	6
1.1.2 <i>Απαιτήσεις Τηλεκπαίδευσης</i>	8
1.2 «Τηλεδιάσκεψη».....	9
1.3 «Προϋποθέσεις εφαρμογής τηλεκπαίδευσης».....	10
1.4 «Τύποι Συμπίεσης Video (Compression Formats)».....	11
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 «ΥΠΑΡΧΟΥΣΕΣ ΥΠΟΔΟΜΕΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΤΗΛΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ»	13
2.1 «Ενσύρματες ευρυζωνικές Τεχνολογίες».....	13
2.1.1 <i>Τεχνολογίες xDSL</i>	13
2.2 «Ασύρματες ευρυζωνικές τεχνολογίες».....	14
2.2.1 <i>Wi-Fi</i>	14
2.2.2 <i>WiMAX</i>	14
2.2.3 <i>3G/ UMTS (Universal Mobile Telecommunications)</i>	15
2.2.4 <i>Δορυφορικές Τεχνολογίες (Hellas- Sat)</i>	17
2.2.5 <i>WiBro</i>	17
2.2.6 <i>Κινητή Ευρυζωνική Ασύρματη Πρόσβαση</i>	17
2.3 «Επιλογή Ασύρματης δικτύωσης».....	19
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 «ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΣΥΡΜΑΤΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ»	20
3.1 «Εισαγωγή στα ασύρματα δίκτυα».....	20
3.2 «Πλεονεκτήματα ασυρμάτων δικτύων».....	21
3.3 «Υπάρχουσες κατηγορίες ασυρμάτων δικτύων».....	24
3.3.1 <i>HIPERLAN (High Performance Radio LAN)</i>	24
3.3.2 <i>Home RF</i>	27
3.3.3 <i>Τεχνολογία Bluetooth</i>	28
3.3.4 <i>General Packet Radio Service (GPRS)</i>	30
3.3.5 <i>LMDS (Local Multipoint Distribution Service)</i>	33
3.3.6 <i>MMDS (Microwave Multipoint Distribution Service)</i>	36
3.3.7 <i>Το πρότυπο IEEE 802.11</i>	39
3.3.8 <i>WIMAX</i>	40
3.3.9 <i>Τεχνολογία MIMO</i>	41
3.4 «Ανάλυση προτύπων».....	41
3.5 «Κριτήρια επιλογής πρότυπου g».....	43
3.6 «Υφιστάμενο καθεστώς για WLAN στην Ελλάδα».....	45
3.6.1 <i>Σταθερή Ασύρματη Πρόσβαση</i>	45
3.7 «Τοπολογία ασύρματων δικτύων».....	45
3.7.1 <i>Point-to-point</i>	45
3.7.2 <i>Point-to-multipoint</i>	46
3.7.3 <i>Ad hoc topology</i>	47
3.7.4 <i>Infrastructure topology</i>	48
3.8 «Ασφάλεια στα ασύρματα δίκτυα».....	52
3.8.1 <i>Κρυπτογράφηση στο 802.11 πρότυπο</i>	52
3.8.2 <i>Μηχανισμοί πιστοποίησης στο 802.11 πρότυπο</i>	54
3.8.3 <i>Μηχανισμοί πιστοποίησης μέσω MAC διευθύνσεων</i>	56
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 «ΔΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ»	57
4.1 «Σημεία πρόσβασης (Access Points)».....	57

4.1.1 <i>Bridge και access point</i>	58
4.2 «Ασύρματες κάρτες δικτύου (Wireless Network Cards)».....	59
4.3 «Περιγραφή του δικού μας AP (Level One WAP-0005)».....	60
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 «ΚΕΡΑΙΕΣ ΑΣΥΡΜΑΤΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ»	62
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 «ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΜΑΣ»	65
6.1 «Περιγραφή έργου»	65
6.2 «Εξοπλισμός Δικτύου»	66
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 «ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΜΑΣ»	70
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 «ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ»	77
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9 «ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ-ΠΗΓΕΣ»	78

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΡΓΟΥ

Σκοπός του έργου είναι να δημιουργηθεί ένα αυτόνομο ασύρματο δίκτυο μέσω του οποίου θα μπορούν φοιτητές του Α.Τ.Ε.Ι. Κρήτης να επικοινωνούν, να ενημερώνονται, να βλέπουν και να κατανοούν θεωρητικές έννοιες μέσα από την διαδικασία της πρακτικής εφαρμογής και της τηλεδιάσκεψης οποιαδήποτε στιγμή θεωρηθεί αναγκαίο. Το δίκτυο το οποίο στήθηκε ενώνει ασύρματα το Τ.Ε.Ι και συγκεκριμένα το νέο κτήριο όπου στεγάζονται οι καινούργιες αίθουσες της ΣΤΕΦ αλλά και άλλων σχολών, με μια επιχείρηση κατασκευής αεραγωγών με μονάδες παραγωγής τελευταίας τεχνολογίας, στην περιοχή της Φοινικιάς. Η απόσταση μεταξύ των δυο σταθμών (*κεραιών όπου η δομή τους θα περιγραφεί αναλυτικότερα στα παρακάτω κεφαλαία*) είναι περίπου στα 1.3 km και έχει άμεση οπτική επαφή ο ένας με τον άλλο.

Το έργο που υλοποιήθηκε είναι ουσιαστικά βασισμένο στην ανάπτυξη ενός ασύρματου δικτύου ικανού να επιτρέπει την αμφίδρομη μεταφορά δεδομένων είτε πρόκειται για εικόνα, για ήχο ή και τα δύο μαζί. Το δίκτυο βασίζεται στο πρωτόκολλο IEEE 802.11 το οποίο είναι πρότυπο όπου καθορίζει τον έλεγχο πρόσβασης μέσου (MAC) και τα φυσικά στρώματα (PHY) για ένα LAN με ασύρματη σύνδεση. Το πρότυπο αυτό εξετάζει την τοπική δικτύωση όπου οι συνδεδεμένοι εξυπηρετητές επικοινωνούν ασύρματα αποστέλλοντας δεδομένα αμφίδρομα. Η εφαρμογή της τηλεδιάσκεψης που θα υλοποιηθεί μέσω αυτού του δικτύου και βασισμένη στο πρωτόκολλο αυτό (IEEE 802.11) θα δίνει την δυνατότητα στους σπουδαστές αλλά και σε όποιον άλλο χρησιμοποιεί την εφαρμογή αυτή να μπορεί να βλέπει να ακούει και να επικοινωνεί άμεσα μέσω οπτικών μέσων (κάμερες) υψηλής ανάλυσης και ευκρίνειας. Αυτά είναι με λίγα λόγια η εφαρμογή μας και ας ξεκινήσουμε να την αναλύουμε.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

«Η ΤΗΛΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΟΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ»

1.1 «Τηλεκπαίδευση (E-learning)»

Η ελληνική μετάφρασή του όρου, τηλεκπαίδευση (εκπαίδευση από μακριά), δεν αποτυπώνει ακριβώς την έννοια, ίσως πιο σωστή θα ήταν η μετάφραση **ηλεκτρονική μάθηση**. Η έννοια e-learning είναι αρκετά γενική και περιλαμβάνει οποιαδήποτε μορφή εκπαίδευσης χρησιμοποιεί τους πόρους του δικτύου ή γενικότερα τις δυνατότητες των ηλεκτρονικών υπολογιστών. Για να προσδιορίσουμε καλύτερα την έννοια της τηλεκπαίδευσης έχουν καθοριστεί τρεις διαφορετικές μορφές:

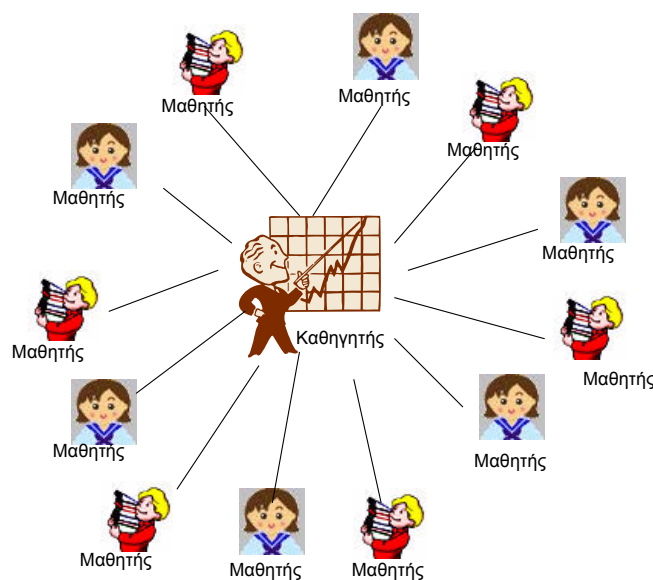
Η τηλεκπαίδευση σε εξατομικευμένο ρυθμό (self-paced training). Σε αυτή την περίπτωση προσφέρονται στον εκπαιδευόμενο συνδυασμός εκπαιδευτικών υλικών (βιβλία, αναφορές στο δίκτυο, μαγνητοσκοπημένα μαθήματα, σημειώσεις, προγράμματα εκμάθησης βασισμένα σε υπολογιστή κτλ), συνήθως χωρισμένα σε ενότητες (μαθήματα), τα οποία χρησιμοποιεί με το δικό του ρυθμό, αποφασίζει δηλαδή ο ίδιος πότε και πού θα τα χρησιμοποιήσει. Δεν υπάρχει επικοινωνία με διδάσκοντα ή με άλλους μαθητές.

Η Ασύγχρονη τηλεκπαίδευση. Η περίπτωση αυτή μοιάζει αρκετά με την προηγούμενη. Παρέχεται στους συμμετέχοντες η δυνατότητα να εργαστούν με το υλικό προς διδασκαλία **οπουδήποτε και οποτεδήποτε** έχοντας όμως παράλληλα δυνατότητα ασύγχρονης επικοινωνίας με τους υπόλοιπους συμμετέχοντες και με τον εκπαιδευτή. Το υλικό διδασκαλίας δεν είναι απαραίτητο να έχει δοθεί όλο από την έναρξη του μαθήματος αλλά μπορεί να προσφέρεται τους εκπαιδευόμενους σταδιακά. Ο ρυθμός διεξαγωγής καθορίζεται από τον εκπαιδευτή σε συνεργασία πάντα με τους εκπαιδευόμενους.

Η σύγχρονη τηλεκπαίδευση. Σε αυτή την περίπτωση το μάθημα γίνεται κανονικά αλλά οι μαθητές και ο καθηγητής μπορούν να βρίσκονται σε διαφορετικό τόπο ο καθένας και χρησιμοποιώντας τεχνολογίες τηλεδιάσκεψης να βρίσκονται όλοι σε μία εικονική αίθουσα διδασκαλίας. Η διεξαγωγή του μαθήματος γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε να προσφέρει τις ίδιες ή και παραπάνω δυνατότητες με αυτές που προσφέρονται σε μία κανονική αίθουσα.

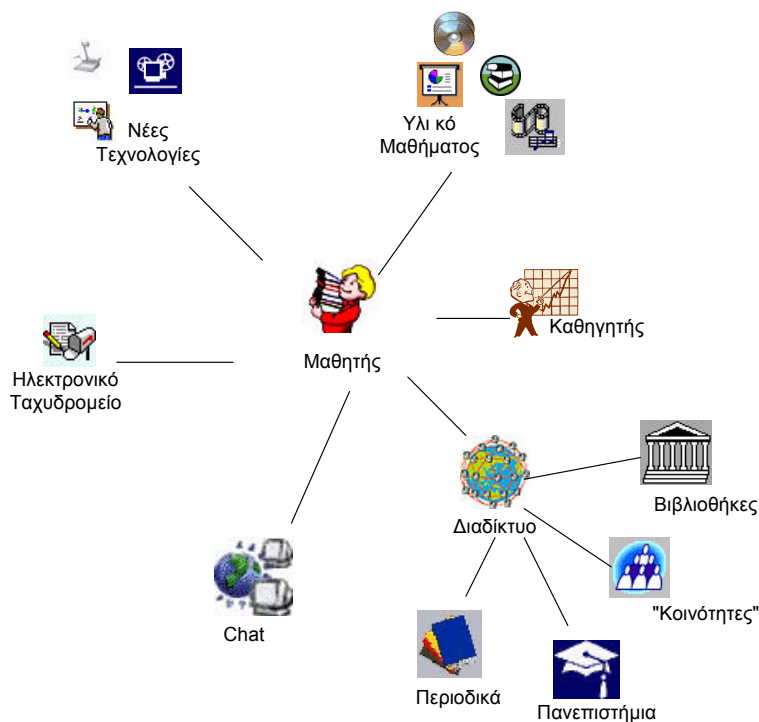
1.1.1 Πλεονεκτήματα Τηλεκπαίδευσης

Η τηλεκπαίδευση έφερε επανάσταση στο χώρο της εκπαίδευσης. Μέχρι τώρα, η κλασική μορφή εκπαίδευσης ήταν «δασκαλοκεντρική» (σχ 1), επικεντρωνόταν δηλαδή στις ανάγκες του διδάσκοντα και οι εκπαιδευόμενοι ήταν υποχρεωμένοι να προσαρμοστούν σε αυτές. Αν σκεφτούμε όμως τους μαθητές σαν πελάτες θα δούμε ότι η σχέση θα έπρεπε να είναι η ανάποδη, η εκπαίδευση πρέπει να είναι «μαθητοκεντρική» (σχ. 2). Η τηλεκπαίδευση φέρνει το μαθητή στο κέντρο.



Σχ. 1

Μέσω του διαδικτύου μπορεί να έχει πρόσβαση σε πλούσιο πληροφοριακό υλικό (διεθνή πανεπιστήμια, βιβλιοθήκες κλπ). Ο εκπαιδευόμενος μπορεί να προσαρμόσει τα μαθήματά του και να δημιουργήσει ένα πρόγραμμα που να καλύπτει τις ανάγκες του. Έτσι είναι εφικτή πλέον η δια βίου κατάρτιση αφού το μάθημα μπορεί να διαμορφωθεί σύμφωνα με τις προτιμήσεις και το χρόνο του μαθητή.



Σχ. 2

Χάρη στην τηλεεκπαίδευση δίνεται η δυνατότητα στο μαθητή να παρακολουθεί το μάθημα από παντού και όποτε θέλει. Το εκπαιδευτικό υλικό είναι πάντα και από παντού προσβάσιμο. Με τη βοήθεια της σύγχρονης τηλεεκπαίδευσης κερδίζεται πολύτιμος χρόνος και μειώνεται το κόστος από άσκοπες μετακινήσεις. Δίνεται η δυνατότητα σε περισσότερους να παρακολουθήσουν, εύκολα και χωρίς κόστος, διαλέξεις ειδικών και να υπάρχουν συνεργασίες μεταξύ πανεπιστημίων.

Ο εκπαιδευτής έχει τη δυνατότητα να εμπλουτίσει το μαθησιακό υλικό, να χρησιμοποιήσει καινούριες τεχνολογίες (πολυμέσα κλπ) που κάνουν το μάθημα πιο ενδιαφέρον και προσφέρουν περισσότερες δυνατότητες. Σε έρευνες που έχουν γίνει, κυρίως σε σχολεία στην Αμερική, έχει αποδειχθεί ότι οι μαθητές κατανοούν και αφομοιώνουν πολύ πιο εύκολα το μαθησιακό υλικό όταν αυτό τους δίνεται με παραστατικό τρόπο, κάτι το οποίο με τη χρήση των υπολογιστών και των προσφερόμενων τεχνολογιών είναι πλέον εφικτό για όλα τα μαθήματα. Το υλικό που παράγεται μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί και έτσι δίνεται η δυνατότητα στον εκπαιδευτή να ασχολείται μόνο με την ενημέρωση και τον εμπλουτισμό του υλικού και όχι με την εκ νέου δημιουργία του κάθε φορά που διδάσκεται το μάθημα. Επίσης από τη στιγμή που το μαθησιακό υλικό είναι διαθέσιμο στο διαδίκτυο δίνεται η δυνατότητα να δημιουργηθεί μία κοινή βάση για πολλά θέματα και μία ενιαία πηγή πληροφόρησης. Το υλικό αυτό θα είναι μία προσφορά στην κοινότητα του διαδικτύου.

Είναι πιο εύκολη η παρακολούθηση της προόδου των μαθητών από τον καθηγητή και σωστότερη η αξιολόγησή τους. Επίσης είναι πιο αντικειμενική η αξιολόγηση των καθηγητών και των μαθημάτων που

προσφέρονται όπως επίσης και η πιστοποίηση των γνώσεων και των δεξιοτήτων από τη στιγμή που το υλικό είναι προσβάσιμο από όλους.

Ένα από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα της τηλεκπαίδευσης είναι η ουσιαστικά «άπειρη» δυνατότητα επέκτασης. Δεν υπάρχει περιορισμός στον αριθμό των συμμετεχόντων. Στην σύγχρονη τηλεκπαίδευση βέβαια υπάρχει φυσικός περιορισμός από το εύρος ζώνης του δικτύου που χρησιμοποιείται αλλά επειδή η σύγχρονη τηλεκπαίδευση πραγματοποιείται συνήθως από ειδικά διαμορφωμένες αίθουσες, τόσο για τον καθηγητή όσο και για το μαθητή και άρα πρακτικά μπορεί μεγάλος αριθμός φοιτητών να παρακολουθήσει το μάθημα. Επίσης μέσα από την τηλεκπαίδευση δίνεται σε άτομα πιο συνεσταλμένα η δυνατότητα να συμμετέχουν ενεργά. Κυρίως στην ασύγχρονη τηλεκπαίδευση που η επικοινωνία είναι ως επί το πλείστον ασύγχρονη δίνεται η δυνατότητα σε όλους τους μαθητές να πάρουν μέρος και να συνεισφέρουν στις συζητήσεις που αφορούν το μάθημα.

1.1.2 Απαιτήσεις Τηλεκπαίδευσης

Όπως αναφέρθηκε και στον ορισμό της σύγχρονης τηλεκπαίδευσης για να είναι εφικτή η πραγματοποίηση μαθήματος μέσω σύγχρονης τηλεκπαίδευσης θα πρέπει η εικονική αίθουσα να προσφέρει τουλάχιστον όλες τις δυνατότητες που προσφέρει και μία κανονική αίθουσα :

Ηλεκτρονικός ασπροπίνακας. Ο πίνακας είναι το σημαντικότερο μέσο που χρησιμοποιούν οι καθηγητές για τη διδασκαλία στην αίθουσα. Είναι απαραίτητο λοιπόν να δίνεται αυτή η δυνατότητα στον καθηγητή και σε μία εικονική αίθουσα.

Αλληλεπιδραστική (δύο δρόμων) οπτικοακουστική επικοινωνία μεταξύ των συμμετεχόντων. Είναι πολύ σημαντικό για την επιτυχία του μαθήματος να υπάρχει πολύ καλής ποιότητα επικοινωνία μεταξύ των συμμετεχόντων έτσι ώστε να εξαλείφεται η απόσταση και να δημιουργείται η εντύπωση ότι βρίσκονται όλοι στον ίδιο χώρο. Προφανώς προτεραιότητα δίνεται στον ήχο αλλά δεν πρέπει να υποτιμηθεί η αναγκαιότητα του βίντεο αφού έχει αποδειχθεί στην πράξη ότι όταν πέφτει η ποιότητα του βίντεο χάνεται το ενδιαφέρον των συμμετεχόντων.

Δυνατότητα για από κοινού χρήση εφαρμογής (application sharing). Είναι απαραίτητο για τον καθηγητή να μπορεί να παρουσιάσει ψηφιακό υλικό στους σπουδαστές (power point presentation, web browser, word document, κτλ). Όπως στην κλασική τάξη ο καθηγητής έχει τη δυνατότητα να δείξει διαφάνειες στους μαθητές, είναι απαραίτητο για τον καθηγητή να μπορεί να παρουσιάσει το υλικό του μαθήματος και στην εικονική τάξη (power point presentation). Με αυτή τη δυνατότητα

δίνεται και η ευκαιρία για εκμάθηση μίας εφαρμογής μέσα από την τηλεεκπαίδευση.

Οι παραπάνω απαιτήσεις είναι οι ελάχιστες που πρέπει να ικανοποιεί μία εικονική αίθουσα. Απ' τη στιγμή όμως που προσφέρονται στην υπηρεσία του καθηγητή προηγμένες τεχνολογικές δυνατότητες μπορεί να τις εκμεταλλευτεί για να εμπλουτίσει το μάθημα του και με άλλα στοιχεία. Π.χ.

- Προβολή βίντεο
- Ταυτόχρονη πλοήγηση σε δικτυακούς τόπους
- Χρησιμοποίηση και άλλων εφαρμογών εκτός από εφαρμογές για παρουσιάσεις.
- Χρησιμοποίηση προγραμμάτων προσομοίωσης. Με αυτό τον τρόπο μπορούν να πραγματοποιηθούν και εικονικά εργαστήρια (virtual laboratories)
- Να μπορεί γενικά να μιλά και να κινείται με φυσικό τρόπο, όπως θα έκανε και σε μία παραδοσιακή διάλεξη. Να μην χρειάζεται να ασχοληθεί με την τεχνική πλευρά των συστημάτων, ώστε να μπορεί να επικεντρώσει την προσοχή του στο καθαυτό αντικείμενο της διάλεξης.
- Να υπάρχουν εργαλεία απομακρυσμένης διαχείρισης υπολογιστικών συστημάτων - απαραίτητη προϋπόθεση για την διασφάλιση της αμεσότητας καθηγητή-μαθητή.

1.2 «Τηλεδιάσκεψη»

Για την Σύγχρονη τηλεεκπαίδευση, απαιτούνται συστήματα τηλεδιάσκεψης (videoconference) τα οποία μεταφέρουν εικόνα, ήχο και δεδομένα μεταξύ του εκπαιδευτή και των εκπαιδευομένων. Τα συστήματα τηλεδιάσκεψης όσον αφορά στην τηλεπικοινωνιακή υποδομή που χρησιμοποιείται, διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες:

- Συστήματα συμβατά με το πρότυπο H.320 της ITU-T, για επικοινωνία πάνω από συνδέσεις ISDN.
- Συστήματα συμβατά με το πρότυπο H.323 της ITU-T, για επικοινωνία πάνω από δίκτυα TCP/IP.
- Συστήματα συμβατά και με τα δύο παραπάνω πρότυπα (H.320/H.323).

Το H.320 και το H.323 είναι πρωτόκολλα «ομπρέλες» δηλαδή πρότυπα τα οποία υποστηρίζουν πρωτόκολλα για μετάδοση video, ήχου, εφαρμογές χρήσης από κοινού.

Συγκεκριμένα για την από κοινού χρήση εφαρμογών χρησιμοποιείται το πρωτόκολλο T.120.

Έχουν αναπτυχθεί και άλλες πλατφόρμες για τηλεδιάσκεψη οι οποίες δεν βασίζονται στα παραπάνω πρότυπα. Ένα παράδειγμα αποτελεί το VRVS (Virtual Rooms Videoconferencing Systems), πλατφόρμα που έχει αναπτυχθεί από το Caltech (California Institute of Technology). Το VRVS αποτελεί μία online πλατφόρμα στην οποία υπάρχουν εικονικές αίθουσες και μπορεί οποιοδήποτε μέλος να κλείσει μία αίθουσα και οι υπόλοιποι να συμμετέχουν στην συνάντηση αυτή. Το VRVS για την από κοινού χρήση εφαρμογών χρησιμοποιεί το VNC (λογισμικό σε JAVA). Το λογισμικό VNC μπορούμε εύκολα να το βρούμε στο διαδίκτυο, είναι μια client-server εφαρμογή ανοιχτού κώδικα και το χρησιμοποιούμε σε εφαρμογές απομακρυσμένου ελέγχου.

1.3 «Προϋποθέσεις εφαρμογής τηλεκπαίδευσης»

Όπως φαίνεται και από την προηγούμενη παράγραφο δεν μπορεί οποιοδήποτε μάθημα να γίνει με τη μορφή της σύγχρονης τηλεκπαίδευσης. Θα πρέπει όλοι οι συμμετέχοντες να είναι συνδεδεμένοι σε δίκτυο υψηλών ταχυτήτων έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η καλή ποιότητα βίντεο και ήχου και να είναι εφικτή η από κοινού χρήση εφαρμογών. Επίσης, χρειάζεται τουλάχιστον ένα άτομο για τεχνική υποστήριξη στο μάθημα, προκειμένου να ασχολείται με δικτυακά και άλλα προβλήματα που μπορεί να προκύψουν από τη χρήση νέων τεχνολογιών και να υποστηρίζει τον καθηγητή ο οποίος μπορεί να μην είναι εξοικειωμένος με τα τεχνολογικά μέσα.

1.4 «Τύποι Συμπίεσης Video (Compression Formats)»

Τα διάφορα formats του ψηφιακού video μπορούμε να τα κατηγοριοποιήσουμε ως προδιαγραφές συμπίεσης video και προδιαγραφές ομαδοποίησης και συγκέντρωσης πολυμέσων – κινούμενη εικόνα και ήχο(Media Packaging).Όπως έχουμε ήδη αναφέρει υπάρχουν διάφορα είδη τεχνικών συμπίεσης video. Εμείς θα επιχειρήσουμε εδώ μια σύντομη απαρίθμηση τους κάνοντας παράλληλα κάποια συμπληρωματικά σχόλια. *Ανοικτά Πρότυπα Συμπίεσης Video (Open Video Compression Standards)*

MPEG-1: Το πρότυπο αυτό βασίζεται στη παρατήρηση ότι το σύνολο των διαδοχικών εικόνων μιας ακολουθίας video θα διαφέρει λίγο με αποτέλεσμα να έχουμε αρκετή πλεονάζουσα πληροφορία. Η συμπίεση που επιτυγχάνει είναι της τάξης του 26:1. Το πρότυπο MPEG-1 είχε σαν αρχικό στόχο την αποθήκευση συγχρονισμένου ήχου και έγχρωμης κινούμενης εικόνας σε οπτικό δίσκο (CD-ROM). Αυτός ήταν ο λόγος όπου το για το ηχητικό κανάλι δεσμεύτηκαν 200 ως 320 Kbps (για ποιότητα ήχου εφάμιλλης του CD) ενώ για την κινούμενη εικόνα είναι 1.15 έως 1.2 Mbps. Η ποιότητα της εικόνας είναι επιπέδου ενός οικιακού video (VCR).

MPEG-2 ή H.262: Το MPEG-2 απευθύνεται σε εφαρμογές με μεγάλες απαιτήσεις στην ποιότητα του video. Μάλιστα αρχικά προοριζόταν για συμπίεση video με ποιότητα στούντιο και απαιτούμενο bandwidth από 4 έως 6Mbps. Καθώς όμως ενσωμάτωσε και το MPEG-3, το οποίο εγκαταλείφθηκε, υποστηρίζει πλέον και διάφορα είδη τηλεόρασης υψηλής ευκρίνειας (HDTV). Το πρότυπο απαιτεί μεταβλητούς ρυθμούς μετάδοσης, καθώς ο βαθμός συμπίεσης μεταβάλλεται αντιστρόφως ανάλογα με την πολυπλοκότητα των πλαισίων που κωδικοποιούνται

MPEG-4: Το MPEG-4 προορίζεται για εφαρμογές με πολύ μικρό διαθέσιμο bandwidth πχ 4.8 έως 64Kbps. Δηλαδή bandwidth όπου με τους παραδοσιακούς αλγόριθμους η αποστολή video είναι απαγορευτική. Το πεδίο εφαρμογής του είναι πολύ ευρύ και προσανατολίζεται κυρίως σε εφαρμογές τηλεδιάσκεψης . Το πρότυπο αυτό βρίσκεται σε εξέλιξη και η ολοκλήρωση του πρόκειται να αλλάξει αρκετά τον χώρο της τηλεκπαίδευσης. Χρησιμοποιείται επίσης σε δίκτυα με μικρό διαθέσιμο bandwidth ανά συνδρομητή, όπως σε εφαρμογές του Internet, εφαρμογές Video streaming ,καθώς υποστηρίζεται και από τις περισσότερες δικτυακές κάμερες.

H.261: Είναι το πρότυπο που καθορίζει τον τρόπο όπου η εικόνα συμπιέζεται και κωδικοποιείται για μετάδοση πάνω από δίκτυα χαμηλών ταχυτήτων. Χρησιμοποιείται από τα περισσότερα συστήματα τηλεδιάσκεψης ώστε να εξασφαλίζεται η μεταξύ τους συμβατότητα.

H.263, H.263+: Είναι μία παραλλαγή του H.261 αλλά είναι ειδικά σχεδιασμένο για μετάδοση με χαμηλό bit rate. Χρησιμοποιείται στο πρότυπο H.324 για δίκτυα τύπου General Switched Telephone Network (GSTN), δηλαδή απλές τηλεφωνικές αναλογικές γραμμές, και στο πρότυπο H.323 για δίκτυα IP ταχυτήτων 64-128kbps.

MJPEG (Motion JPEG): Το πρότυπο αυτό βασίζει τη συμπίεση του video στον εντοπισμό και στην εξάλειψη του χωρικού πλεονάσματος των εικόνων που αποτελούν το video. Δηλαδή συμπιέζονται ξεχωριστά οι εικόνες που το αποτελούν, γεγονός που του προσδίδει αντοχή σε λάθη κατά την μετάδοση (καθώς κάθε καρέ είναι ανεξάρτητο) αλλά και δυνατότητα επέμβασης σε επίπεδο καρέ.

DV: DV-25 (25 Mbps), DV-50 (50 Mbps)

Πίνακας 1: Μία συγκριτική ανάλυση κάποιων από τα παραπάνω πρότυπα φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

Standard	Bandwidth	Compression ratio	Rate	Loss
Motion JPEG	1-10 Mbps	7-27:1	Variable	Yes
MPEG-1	1.2-2 Mbps	100:1	Variable	Yes
MPEG-2 (H.262)	4-60 Mbps	30-100:1	Variable	Yes
H.261	64 Kbps 2 Mbps	24:1	Constant	
DVI	1.2-2.5 Mbps	160:1		Yes
CCIR 723	34-45 Mbps	3-5:1		
MPEG-4	4.8-64 Kbps	60:1	Variable	Yes

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

«ΥΠΑΡΧΟΥΣΕΣ ΥΠΟΔΟΜΕΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΤΗΛΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ»

Οι κυριότερες ευρυζωνικές τεχνολογίες μπορούν να ταξινομηθούν σε δύο βασικές κατηγορίες: τις ενσύρματες και τις ασύρματες. Αυτές με τη σειρά τους χωρίζονται στις εξής επιμέρους τεχνολογίες. Έχουμε λοιπόν:

Ενσύρματες ευρυζωνικές τεχνολογίες:

- ✓ Δίκτυα Τεχνολογίας xDSL

Ασύρματες ευρυζωνικές τεχνολογίες:

- ✓ Wi-Fi,
- ✓ Wi-Max
- ✓ 3G/ UMTS
- ✓ Δορυφορικές Τεχνολογίες (Hellas Sat)

2.1 «Ενσύρματες ευρυζωνικές Τεχνολογίες»

2.1.1 Τεχνολογίες xDSL

Το DSL (Digital Subscriber Line) είναι μια τεχνολογία που επιτρέπει τη μεταφορά δεδομένων με υψηλή ταχύτητα, μέσω των ήδη υφιστάμενων τηλεφωνικών γραμμών, που στη συντριπτική τους πλειοψηφία, εξυπηρετούν τις τηλεπικοινωνιακές ανάγκες όλου του πλανήτη. Το “x” στη συντομογραφία προκύπτει από την ύπαρξη πολλών διαφορετικών και ασύμβατων προδιαγραφών, οι οποίες καλύπτουν διαφορετικές ανάγκες. Ανάλογα με τον τρόπο διαμόρφωσης του σήματος και την δυνατότητα συμμετρικής ή ασύμμετρης μετάδοσης υπάρχουν διαφορετικά είδη xDSL εκ των οποίων οι πιο σημαντικές είναι οι παρακάτω.

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται συνοπτικά τα χαρακτηριστικά των διαφόρων xDSL τεχνολογιών

<i>Τύπος</i>	<i>Μέγιστη Αποστολή Δεδομένων</i>	<i>Μέγιστη Λήψη Δεδομένων</i>	<i>Μέγιστη Απόσταση</i>
<i>ADSL</i>	<i>800 Kbps</i>	<i>8 Mbps</i>	<i>5,500 m</i>
<i>HDSL</i>	<i>1.54 Mbps</i>	<i>1.54 Mbps</i>	<i>3,650 m</i>
<i>VDSL</i>	<i>16 Mbps</i>	<i>52 Mbps</i>	<i>1,200 m</i>
<i>SDSL</i>	<i>2.3 Mbps</i>	<i>2.3 Mbps</i>	<i>6,700 m</i>
<i>MSDSL</i>	<i>2 Mbps</i>	<i>2 Mbps</i>	<i>8,800 m</i>
<i>RADSL</i>	<i>1 Mbps</i>	<i>7 Mbps</i>	<i>5,500 m</i>
<i>IDSL</i>	<i>144 Kbps</i>	<i>144Kbps</i>	<i>10,700 m</i>

Πίνακας 2

2.2 «Ασύρματες ευρυζωνικές τεχνολογίες»

2.2.1 Wi-Fi

Το Wi-Fi (Wireless Fidelity) είναι ακριβώς αυτό που υπονοεί το όνομά του στα αγγλικά: Ασύρματη πρόσβαση στο Διαδίκτυο με υψηλές ταχύτητες. Χωρίς να χρειάζεται καλωδίωση και με τη χρήση του πρωτοκόλλου IEEE802.11, το Wi-Fi προσφέρει την απόλυτη ελευθερία στη σύνδεση. Μοναδική προϋπόθεση, ο υπολογιστής ή το κινητό τηλέφωνο του χρήστη να βρίσκονται εντός της εμβέλειας ενός σταθμού Wi-Fi(του λεγόμενου και hotspot) διαθέτοντας βέβαια και το απαραίτητο υλικό(π.χ. ασύρματη εσωτερική κάρτα) και λογισμικό.

2.2.2 WiMAX

Είναι το πρότυπο 802.16 που υιοθετήθηκε το 2003 από την IEEE προκειμένου να ικανοποιήσει τις απαιτήσεις για ασύρματη πρόσβαση ευρείας ζώνης. Λειτουργεί με παρεμφερή τρόπο με το Wi-Fi , ωστόσο με πολύ μεγαλύτερη εμβέλεια. Ταυτόχρονα παρέχει υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης, ασφαλή μετάδοση και υπηρεσίες υψηλής ποιότητας.

Το αρχικό πρωτόκολλο του WiMax όριζε το WiMax στο εύρος των 10 με 66 GHz. Το πρωτόκολλο 802.16a αναβαθμίστηκε το 2004 σε 802.16-2004 προσθέτοντας προδιαγραφές για το εύρος 2 με 11 GHz. Το

802.16-2004 αναβαθμίστηκε στο 802.16e το 2005 και χρησιμοποιεί τύπο συχνότητας scalable orthogonal frequency-division multiple access (SOFDMA) ο οποίος συγκρούεται με την έκδοση OFDM-256 που χρησιμοποιείται από το 802.16d. Οι πιο εξελιγμένες μορφές πρωτοκόλλων, συμπεριλαμβανομένου και του 802.16e, χρησιμοποιούν Multiple Antenna Support δια μέσω του συστήματος Multiple-input multiple-output (MIMO) το οποίο παραπέμπει στη χρήση Multiple Antenna και από τον πομπό και από τον δέκτη. Αυτό μπορεί να επιφέρει θετικά αποτελέσματα στον τομέα της κάλυψης, της ατομικής εγκατάστασης, της αποτελεσματικής χρήσης και της ευρυζωνικής αποτελεσματικότητας. Το 802.16e προσθέτει την ικανότητα για κάλυψη σε περίπτωση κίνησης του χρήστη.

Οικονομικό και εμπορικό ενδιαφέρον εντοπίζεται στα πρωτόκολλα 802.16d και 802.16e, αφού οι χαμηλότερες συχνότητες όταν χρησιμοποιούνται σε αυτές τις παραλλαγές δεν χαρακτηρίζονται από έμφυτη εξασθένηση του σήματος και γι' αυτό διαθέτουν βελτιωμένο εύρος και ικανότητα στη διαπερατότητα κτηρίων. Ήδη σήμερα, αρκετά δίκτυα ανά τον κόσμο χρησιμοποιούν για εμπορικούς σκοπούς πιστοποιημένο εξοπλισμό με WiMax, συμβατό με το υποπρωτόκολλο 802.16d.

Οι βασικότερες χρήσεις του είναι για:

- ✓ Δίκτυα κορμού στα κυψελωτά συστήματα κινητής τηλεφωνίας
- ✓ Broadband on Demand
- ✓ Παρέχει κάλυψη σε περιοχές που είναι αδύνατον να καλυφθούν με χρήση χαλκού ή οπτικής ίνας

2.2.3 3G/ UMTS (Universal Mobile Telecommunications)

Πρόκειται για την εξέλιξη σε σχέση με την χωρητικότητα, την ταχύτητα μετάδοσης των δεδομένων και την ύπαρξη νέων υπηρεσιών, των κινητών δικτύων 2ης γενιάς. Και τα δύο από τα κύρια 3G συστήματα, CDMA 2000 και UMTS, ανταγωνίζονται με το WiMax. Και τα δύο είναι ικανά να προσφέρουν DSL-κλάσης διαδικτυακή πρόσβαση και παράλληλα τηλεφωνικές υπηρεσίες. Μάλιστα το UMTS προκειμένου να συναγωνιστεί την επικείμενη τεχνολογία του WiMax αναβαθμίστηκε

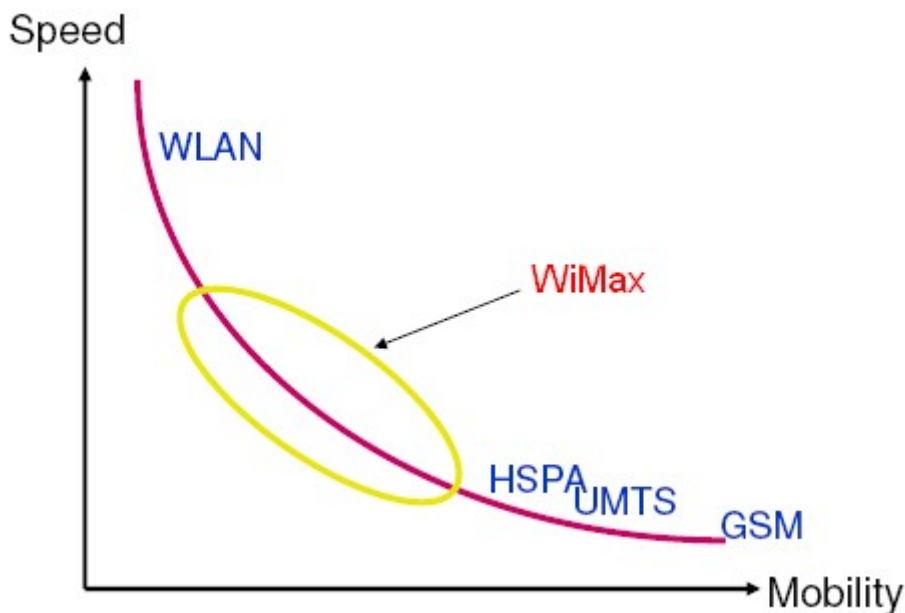
άμεσα και φέρει την ονομασία UMTS-TDD. Αυτό μπορεί να χρησιμοποιεί το ίδιο bandwidth με του WiMax και επιπλέον εξασφαλίζεται στους χρήστες πείρα απο προηγούμενη χρήση σε αντίθεση με το WiMax.

Οι 3G τεχνολογίες κινητής τηλεφωνίας συνήθως πλεονεκτούν απο τις ήδη οχυρωμένες υποδομές, διότι αναβαθμίζονται με βάση τις παλιότερες τεχνολογίες. Δηλαδή οι χρήστες μπορεί συχνά να υποπίπτουν σε παλιότερες τεχνολογίες, όταν βρίσκονται εκτός εμβέλειας των αναβαθμισμένων εξοπλισμών.

Τα κύρια πρότυπα κινητής τηλεφωνίας έχουν ήδη αναπτυχθεί και αποτελούν την τεχνολογία 4G. Χαρακτηριστικά της είναι το υψηλό εύρος ζώνης (bandwidth), η μικρή καθυστέρηση και το γεγονός ότι όλα τα IP-δίκτυα με υπηρεσίες ομιλίας θα ενσωματωθούν στην παραπάνω τεχνολογία. Με τις εξελίξεις των διάφορων προτύπων και συστημάτων του χώρου αυτού, όπως το GSM/UMTS για να “εισέλθει“ στο 4G χρησιμοποίησε το 3GPP, έτσι και το CDMA 2000 αναπτύχθηκε σε Ultra Mobile Broadband (το οποίο είναι υπο κατασκευή ακόμη). Αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα η διαδικτυακή ταχύτητα να συγκρίνεται και να ξεπερνά ορισμένες φορές αυτή του WiMax.

Τέλος σε μερικές περιοχές του πλανήτη η διαθεσιμότητα του UMTS και η γενική επιθυμία για τυποποίηση ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, δεν επιτρέπουν στο WiMax να έχει κάποιο μερίδιο συχνοτήτων.

διάγραμμα σύγκρισης WiMax-3G



2.2.4 Δορυφορικές Τεχνολογίες (Hellas- Sat)

Η δορυφορική τεχνολογία προσφέρει αμφίδρομες ευρυζωνικές υπηρεσίες μετάδοσης φωνής, δεδομένων, εικόνας και video μέσω του δορυφόρου. Οι υπηρεσίες της HELLAS SAT είναι διαθέσιμες τόσο σε περιοχές όπου οι επίγειες ευρυζωνικές συνδέσεις δεν υπάρχουν όσο και σε περιοχές όπου δεν υπάρχει επίγεια τηλεπικοινωνιακή υποδομή.

2.2.5 WiBro

Η βιομηχανία ηλεκτρονικών και τηλεπικοινωνιών της Νότιας Κορέας κάτω από την ηγεσία της Samsung Electronics και ETRI έχει αναπτύξει ένα δικό της πρωτόκολλο το WiBro. Στο τέλος του 2004 η Intel και η LG Electronics συμφώνησαν πως τα πρωτόκολλα WiBro και WiMAX ήταν παρόμοια.

Το WiBro υποστηρίζεται από την κυβέρνηση της Νότιας Κορέας με την απαίτηση να δαπανά για κάθε φορέα πάνω από 1.000.000\$ για την ανάπτυξη του. Η Κορέα προσπάθησε να εξελίξει το WiBro σε τοπική και ενδεχομένως και εθνική εναλλακτική επιλογή κυψελωτών συστημάτων στα 3.5 G ή 4 G. Αλλά το WiBro συναντήθηκε με το WiMAX και εναρμονίστηκε με το παρόμοιο του OFDMA 802.16e πρωτόκολλο.

Αυτό που κάνει το WiBro να ξεχωρίσει είναι ότι είναι μια κινητή τεχνολογία, πολύ καλά μελετημένη για ασύρματες υπηρεσίες, και το γεγονός ότι η ανάπτυξη του έγινε σε ένα περιβάλλον σύνθετο και ευρυζωνικά κορεσμένο. Έτσι το WiBro θα αναδυθεί εναντίον τεχνολογιών, όπως το 3G και υψηλής ευρυζωνικότητας καλωδιακές τεχνολογίες. Οπότε θα ενισχυθούν οι επαρχιακές αγορές που πάσχουν από μη ανεπτυγμένες ασύρματες τεχνολογίες, δηλαδή αγορές που θεωρούνται κατάλληλες για εφαρμογή του WiMAX.

2.2.6 Κινητή Ευρυζωνική Ασύρματη Πρόσβαση

Η *Κινητή Ευρυζωνική Ασύρματη Πρόσβαση* είναι μία τεχνολογία που αναπτύσσεται τον τελευταίο καιρό με βάση το πρωτόκολλο IEEE 802.20. Η τεχνολογία αυτή λόγω της ευρείας κάλυψης που πρόκειται να έχει λέγεται ότι είναι το τελευταίο σκαλοπάτι του παγκόσμιου δικτύου GAN (Global Area Network).

Το δίκτυο αυτό θα λειτουργεί παρόμοια με τα σημερινά δίκτυα κινητής τηλεφωνίας, όπου οι χρήστες του θα έχουν την δυνατότητα να ταξιδεύουν ανά τον κόσμο και να εξακολουθούν να έχουν πρόσβαση στο δίκτυο συνεχώς. Το δίκτυο θα έχει αρκετή ευρυζωνικότητα, για να

προσφέρει Διαδικτυακή πρόσβαση, συγκρίσιμη με αυτή των υπαρχόντων καλωδιακών δικτύων που χρησιμοποιούν modem, και θα μπορούν να έχουν πρόσβαση τα κινητά τηλέφωνα, τα laptops και κινητές συσκευές επόμενης γενιάς. Τέλος θα μπορεί κανείς να έχει πρόσβαση στο δίκτυο αυτό ακόμη και εάν κινείται με ταχύτητες της τάξεως των 350km/h.

Σύγκριση μεταξύ ασύρματων τεχνολογιών

Standard	Family	Primary Use	Radio Tech	Downlink (Mbps)	Uplink (Mbps)	Notes
802.16e	WiMAX	Mobile Internet	MIMO-SOFDMA	70	70	Quoted speeds only achievable at very short ranges, more practically 10 Mbps at 10 km.
HIPERMAN	HIPERMAN	Mobile Internet	OFDM	56.9	56.9	
WiBro	WiBro	Mobile Internet	OFDMA	50	50	Mobile range (900 m)
iBurst	iBurst 802.20	Mobile Internet	HC-SDMA	64	64	3-12 km
UMTS W-CDMA HSDPA+HSUPA	UMTS/3GSM	Mobile Internet	CDMA/FDD	.384 14.4	.384 5.76	HSDPA widely deployed. Typical downlink rates today 1-2Mbps, ~200kbps uplink; future downlink up to 28.8Mbps.
UMTS-TDD	UMTS/3GSM	Mobile Internet	CDMA/TDD	16	16	Reported speeds according to IPWireless using 16QAM modulation similar to HSDPA+HSUPA
LTE UMTS	UMTS/4GSM	General 4G	OFDMA/MIMO/SC-FDMA (HSOPA)	>100	>50	Still in development
1xRTT	CDMA2000	Mobile Internet	CDMA	0.144	0.144	Obsoleted by EV-DO
EV-DO 1x Rev. 0 EV-DO 1x Rev.A EV-DO Rev.B	CDMA2000	Mobile Internet	CDMA/FDD	2.45 3.1 4.9xN	0.15 1.8 1.8xN	Rev B note: N is the number of 1.25 MHz chunks of spectrum used. Not yet deployed.

2.3 «Επιλογή Ασύρματης δικτύωσης»

Σύμφωνα με τα παραπάνω και λαμβάνοντας υπόψη τις απαιτήσεις της τηλεεκπαίδευσης για υψηλό εύρος ζώνης (αποκλείουμε ISDN,PSTN) κατά την μετάδοση των δεδομένων και την μη ύπαρξη ενσύρματης υποδομής (αποκλείουμε xDSL, μισθωμένη γραμμή) στην επιχείρηση της φοινηκιάς που αποτελεί βασικό κόμβο του δικτύου μας αλλά και το υψηλό κόστος χρήσης δορυφορικής σύνδεσης καταλήγουμε στην τεχνολογία της ασύρματης δικτύωσης για την δημιουργία ζεύξης μεταφοράς δεδομένων (data,video) που πληροί τις προϋποθέσεις για την επιτυχή και ασφαλή υλοποίηση της εφαρμογής μας. Αναλυτικότερα το εύρος ζώνης που απαιτείται για την επιτυχημένη αμφίδρομη επικοινωνία είναι:

- Για τις κάμερες μας από την στιγμή που χρησιμοποιούν το πρότυπο συμπίεσης MPEG2 και σύμφωνα με τις μετρήσεις μας, χρειαζόμαστε περίπου 2-4 Mbps.
- Οι απαιτήσεις για τον ήχο κυμαίνονται από 8-128 Kbps
- Για το κείμενο οι απαιτήσεις είναι σχεδόν αμελητέες.

Βάση αυτών των απαιτήσεων για την αμφίδρομη επικοινωνία με ήχο βίντεο και κείμενο και υστέρη από την μελέτη καθώς και τις μετρήσεις που πήραμε από το δίκτυο μας αλλά και για όλους τους λόγους που αναφερθήκαν και αναλύθηκαν παραπάνω παρατηρούμε ότι η επιλογή της ασύρματης δικτύωσης είναι ιδανική (η ασύρματη μας ζεύξη προσφέρει ρυθμούς μετάδοσης έως και 24 Mbps) για την επίτευξη του σκοπού μας δηλαδή την τηλεδιάσκεψη.

Συγκριτικός πίνακας διαφορών κάθε τεχνολογίας

Μέθοδος	Συν	Πλην
Αναλογική τηλεφωνική γραμμή(PSTN)	Οικονομική και διατίθεται σχεδόν παγκοσμίως	Πολύ χαμηλό εύρος ζώνης. Χρειάζεται πρόσθετη γραμμή (καθώς δεν μπορεί να χρησιμοποιείται ταυτόχρονα με φωνητικές επικοινωνίες).
xDSL /	Διατίθενται διάφορες	Δεν είναι πάντα διαθέσιμη,
Δορυφορική	Ικανοποιητικό εύρος ζώνης. Παρέχονται υπηρεσίες και σε αγροτικές περιοχές.	Επηρεάζεται από τις κακές καιρικές συνθήκες. Μάλλον ψηλό κόστος.
Ασύρματο δίκτυο	Κινητή πρόσβαση από δημόσιες τοποθεσίες (αεροδρόμια, καφετερίες, κλπ.).	Τα σημεία πρόσβασης (θερμά σημεία) δεν υπάρχουν εκτός αστικών περιοχών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

«ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΣΥΡΜΑΤΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ»

3.1 «Εισαγωγή στα ασύρματα δίκτυα»

Ασύρματο τοπικό δίκτυο (WLAN) είναι ένα σύστημα επικοινωνίας δια μέσω ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων μεταξύ σταθερών ή κινητών χρηστών και επιτρέπει τη μεταξύ τους διασύνδεση και μεταφορά δεδομένων. Τα ασύρματα δίκτυα και γενικότερα οι ασύρματες συνδέσεις αποτελούν μία ιδιαίτερα ευέλικτη λύση, ως επέκταση των ενσύρματων δικτύων ή ακόμα ως εναλλακτική λύση για υλοποίηση ολοκληρωμένων δικτύων.

Ασύρματα δίκτυα υπάρχουν εδώ και αρκετά χρόνια από διάφορους κατασκευαστές, αλλά η ταχύτητα που προσέφεραν (1,5Mbps) ήταν μικρή και δεν υπήρχε συμβατότητα μεταξύ τους.

Ο χώρος της ασύρματης επικοινωνίας και των προτύπων, τα οποία την καθορίζουν, βρίσκονται συνεχώς σε εξέλιξη. Οι μεγαλύτερες εταιρίες έχουν χωριστεί σε ομάδες και αναπτύσσουν ανταγωνιστικές τεχνολογίες με σκοπό την κυριαρχία σε μια αγορά που εκτινάσσεται στα ύψη από μέρα σε μέρα.

Επίσης, ένας αριθμός από καινούργιες συσκευές και προϊόντα ασύρματης επικοινωνίας που βασίζονται σε τεχνολογίες όπως spread-spectrum ραδιοφωνικά κύματα, υπέρυθρες ακτίνες, κυψελοειδείς και δορυφορικές επικοινωνίες, είναι πλέον διαθέσιμα.

Τα πρώτα ασύρματα δίκτυα που εμφανίστηκαν ήταν τα ραδιοδίκτυα δεδομένων (Data) τεχνολογίας TCP/IP. Οι πρώτες τεχνικές μεταγωγής πακέτων αναπτύχθηκαν γύρω στο 1964, ενώ ο όρος «Packet» προτάθηκε από τον D. W. Davies του National Physical Laboratory της Μεγ. Βρετανίας. Οι έρευνες του εργαστηρίου αυτού οδήγησαν στο σημερινό διεθνές δημόσιο δίκτυο μεταγωγής πακέτων X.25. Το X25 αποτέλεσε ένα πρωτόκολλο της ITU για δίκτυα WAN, το οποίο καθορίζει πως συνδέονται οι συσκευές του χρήστη και του δικτύου. Είναι ανεξάρτητο από τον τύπο των συστημάτων τα οποία είναι συνδεδεμένα στο δίκτυο. Το X.25 χρησιμοποιείται κυρίως στα δίκτυα μεταγωγής πακέτου κοινών φορέων, όπως είναι οι τηλεπικοινωνιακές εταιρίες. Οι συνδρομητές χρεώνονται ανάλογα με τη χρήση του δικτύου.

Η τεχνολογία των ασυρμάτων δικτύων μετάδοσης πακέτων άρχισε να αναπτύσσεται στην δεκαετία 1970-1980, αν και η μεγάλη ανάπτυξή

της συμπίπτει με την διάδοση των μικροϋπολογιστών στην δεκαετία 1980-1990. Λόγω των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών του μέσου μεταδόσεως τα ασύρματα δίκτυα χρησιμοποιούν εξειδικευμένα πρωτόκολλα για το υποεπίπεδο πρόσβασης μέσου (Medium Access Control) και το επίπεδο σύνδεσης δεδομένων (Data Link Layer) και συχνά και για ανώτερα επίπεδα (π.χ. δρομολόγηση πακέτων).

Σήμερα είναι διαθέσιμος ένας αριθμός από καινούργιες συσκευές και προϊόντα ασύρματης επικοινωνίας που βασίζονται σε νέες τεχνολογίες και νέα πρότυπα. Τα τελευταία χρόνια οι κινητοί υπολογιστές (notebook, laptop, palmtop) που ενσωματώνουν τεχνολογία ασύρματης πρόσβασης, είναι διαθέσιμοι και ελκυστικοί για το ευρύ κοινό, αφού έχουν πλέον συγκρίσιμο κόστος, υπολογιστική ισχύ και ποιότητα υπηρεσιών με τους σταθερούς υπολογιστές. Όλα αυτά έχουν σαν αποτέλεσμα την έρευνα για την ανάπτυξη προτύπων για την υποστήριξη των ασύρματων επικοινωνιών.

Την τελευταία δεκαετία πολλά είναι τα πρότυπα που διεκδικούν ένα κομμάτι της αγοράς Bluetooth, HIPERLAN, HomeRF, 802.11a, 802.11b, 802.11g είναι κάποια από τα πολυδιαφημιζόμενα ονόματα προτύπων.

Σε επόμενα κεφάλαια, θα περιγράψουμε αναλυτικότερα τα πρότυπα 802.11 και πως αυτά καθίστανται τα καταλληλότερα πρότυπα ασύρματων δικτύων για τη μεταφορά δεδομένων αλλά και για τις απαιτήσεις της εφαρμογής μας. Λιγότερο αναλυτικά θα γνωρίσουμε τους υπόλοιπους τύπους προτύπων που αναφέραμε.

3.2 «Πλεονεκτήματα ασυρμάτων δικτύων»

Κινητικότητα (mobility): Τα WLAN δίνουν τη δυνατότητα σε χρήστες οι οποίοι είναι εν κινήσει (σε μεταφορικά μέσα, αεροδρόμια, συσκέψεις, εξυπηρέτηση πελατών), να έχουν πρόσβαση σε πληροφορίες όταν και όπου τις χρειάζονται. Σε αντίθεση με τα ενσύρματα δίκτυα που δεν παρέχουν αυτή τη κινητικότητα. Αξίζει να αναφερθούν κάποιες Αμερικανικές έρευνες, ενδεικτικές της ‘αναγκαιότητας’ πλέον, της κινητικότητας των WLAN:

Από το 70% των επιχειρηματιών που ταξιδεύουν και φέρουν laptop, το 68% εξέφρασε ενδιαφέρον στην ασύρματη πρόσβαση Διαδικτύου στα ξενοδοχεία, στα αεροπλάνα και στους αερολιμένες (Src: McKinsey/Arizona, 2000)

93% των επιχειρηματιών, ενδιαφέρονται για την χρησιμοποίηση μιας ασύρματης υπηρεσίας του τοπικού LAN στους αερολιμένες, 60% στα café ή εστιατόρια (Src: BWCS, 2001)

Όταν αυτό είναι δυνατόν, το 97% των Αμερικανών ταξιδιωτών επιλέγουν ένα άλλο αερολιμένα ή ξενοδοχείο όταν δεν υπάρχει διαθέσιμο WLAN (Src: Boingo, 2001).

Ταχύτητα και ευελιξία εγκατάστασης: Η εγκατάσταση ενός WLAN εξαλείφει την ανάγκη της χρήσης των καλωδίων η οποία απαιτεί συνήθως μελέτη, χρόνο και αρκετό κόστος λόγω των απαιτούμενων τροποποιήσεων των κτιριακών εγκαταστάσεων, όπου δεν έχει προβλεφθεί. Η ασύρματη τεχνολογία επιτρέπει την υλοποίηση δικτύων η οποία υπό άλλες συνθήκες θα ήταν αδύνατη.

Μακροπρόθεσμα, η εγκατάσταση, η αναβάθμιση και το κόστος συντήρησης των συστημάτων WLAN, αποτελούν μια οικονομικότερη λύση

Υπάρχουν και μερικά περιβάλλοντα στα οποία τα ασύρματα τοπικά δίκτυα αποτελούν καλύτερη λύση από ένα δίκτυο με καλώδιο. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν:

- Περιβάλλοντα μεγάλων εκτάσεων, όπως οι χώροι παραγωγής ενός εργοστασίου ή μιας αποθήκης.
- Πολύ παλιά κτίρια, στα οποία είτε απαγορεύεται η οποιαδήποτε τροποποίηση των κτιριακών εγκαταστάσεων, είτε η καλωδίωση είναι ανεπαρκής ή ανύπαρκτη
- Μικρά γραφεία, όπου η εγκατάσταση και η συντήρηση ενός ενσύρματου δικτύου είναι αντιοικονομική

Επεκτασιμότητα: Αποτελεί μια από τις συχνότερα παρουσιαζόμενες ανάγκες των ήδη εγκατεστημένων τοπικών ενσύρματων δικτύων, καθώς οι απαιτήσεις δικτύωσης όλο ένα αυξάνονται. Η ενσύρματη επέκταση των LANs, είναι μια διαδικασία ιδιαίτερα δύσκολη και όχι πάντα εφικτή, αφού συχνά προϋποθέτει αλλαγές της κτιριακής υποδομής και επεμβάσεις εντός του χώρου εργασίας. Τα ασύρματα μέσα προσπερνούν τα παραπάνω προβλήματα, δίνοντας μια ευέλικτη λύση.

Διασύνδεση: Μια άλλη συνιστώσα της επεκτασιμότητας, είναι και η διασύνδεση δυο ή παραπάνω αυτόνομων τοπικών δικτύων που βρίσκονται σε διαφορετικούς χώρους(διαφορετικά κτιριακά συγκροτήματα γειτονικά ή απομακρυσμένα, εντός των ορίων μιας πόλης, των προαστίων της κ.λ.π)

Για παράδειγμα αν είναι δύσκολο να ενώσουμε δύο δίκτυα σε δύο διαφορετικά κτίρια με μια οπτική ίνα (λόγω εδάφους, κόστους, αδειών κ.τ.λ.) συμφέρει να χρησιμοποιήσουμε ασύρματες μεθόδους ,δεδομένου ότι το ασύρματο μέσο μπορεί να φθάσει σε θέσεις που το καλώδιο δεν μπορεί. Στην περίπτωση αυτή, χρησιμοποιείται μια ασύρματη σύνδεση από σημείο- σε- σημείο (wireless point-to-point link) μεταξύ των δύο κτιρίων. Οι συσκευές που συνήθως διασυνδέονται είναι γέφυρες ή δρομολογητές.

Συμβατότητα: Τα WLAN μπορούν να υλοποιηθούν, σε μια ποικιλία από τύπους για να ικανοποιήσουν τις ανάγκες συγκεκριμένων εγκαταστάσεων και εφαρμογών. Οι διαμορφώσεις αλλάζουν εύκολα και επεκτείνονται από μικρά δίκτυα κατάλληλα για έναν μικρό αριθμό χρηστών μέχρι πλήρως ανεπτυγμένα δίκτυα που καλύπτουν εκατοντάδες χρήστες.

Η εξέλιξη στον τομέα της ασύρματης δικτύωσης, ο σχεδιασμός και η υλοποίηση καινούργιων προτύπων δίνει έμφαση στην ενσωμάτωση-συμβατότητα προϋπαρχόντων τεχνολογιών.

Επίσης λόγω της ευρείας ανταπόκρισης στην αγορά, οι κατασκευαστές ενσωματώνουν ασύρματη επικοινωνία σε ολοένα και περισσότερες περιφερικές συσκευές (Palmtops, PDA, Laptops, Barcode readers, Δικτυακοί εκτυπωτές, Digital Scanners, Wireless Cameras, κλπ) και εξειδικευμένες για ιατρική χρήση συσκευές. Ακόμα τελευταία έχουν κυκλοφορήσει wireless modules, ολοκληρωμένες ασύρματες κάρτες που επιτρέπουν τη δικτύωση οποιονδήποτε ψηφιακών συσκευών εξειδικευμένων και μη.

Μειωμένο κόστος: Ενώ η αρχική επένδυση που απαιτείται για τον εξοπλισμό και την εγκατάσταση ενός WLAN μπορεί σε μερικές περιπτώσεις να είναι υψηλότερη από το αντίστοιχο κόστος για μια ενσύρματη δικτύωση, το συνολικό κόστος λειτουργίας μπορεί να είναι σημαντικά χαμηλότερο, καθώς τα μακροπρόθεσμα κέρδη είναι πολύ μεγαλύτερα σε δυναμικά περιβάλλοντα όπου απαιτούνται πολύ συχνές μετακινήσεις και αλλαγές.

Ακόμα, το κόστος συντήρησης και τροποποίησης στα ενσύρματα δίκτυα είναι πολλαπλάσιο από αυτό των ασυρμάτων.

Νομαδική πρόσβαση: Η νομαδική πρόσβαση είναι χρήσιμη σε χώρους όπως μια επιχείρηση, ή μια πανεπιστημιούπολη, όπου τα κτίρια βρίσκονται συγκεντρωμένα ανά ομάδες. Στις περιπτώσεις αυτές, οι χρήστες μπορούν να μετακινούνται μέσα στο χώρο της επιχείρησης ή του πανεπιστημίου και με τους φορητούς υπολογιστές τους να προσπελαίνουν αρχεία των servers και των υπολογιστών που βρίσκονται συνδεδεμένοι σε κάποιο τοπικό δίκτυο.

Πάνω στη νομαδική πρόσβαση επιχειρήσεων, βασίζεται ένα πολύ μεγάλο κομμάτι της διαφημιστικής καμπάνιας μεγάλων εταιριών ασυρμάτων δικτύων, όπου από έρευνές τους έχει προκύψει ότι τα οφέλη κάθε επιχείρησης που οι εργαζόμενοι της κάνουν χρήση της ασύρματης δικτύωσης μέσω laptops, είναι πολύπλευρα. Μια πρόσφατη μελέτη που πραγματοποιήθηκε από τη NOP World—Technology για την Cisco Systems δείχνει ότι μπορεί έτσι κάποιος να αυξήσει μια έως δύο ώρες ημερησίως την παραγωγικότητα, ανά εργαζόμενο, κάνοντας χρήση ασύρματης σύνδεσης. Σήμερα, 45 εκατομμύρια επαγγελματίες εργάζονται 'εν κινήσει'.

3.3 «Υπάρχουσες κατηγορίες ασυρμάτων δικτύων»

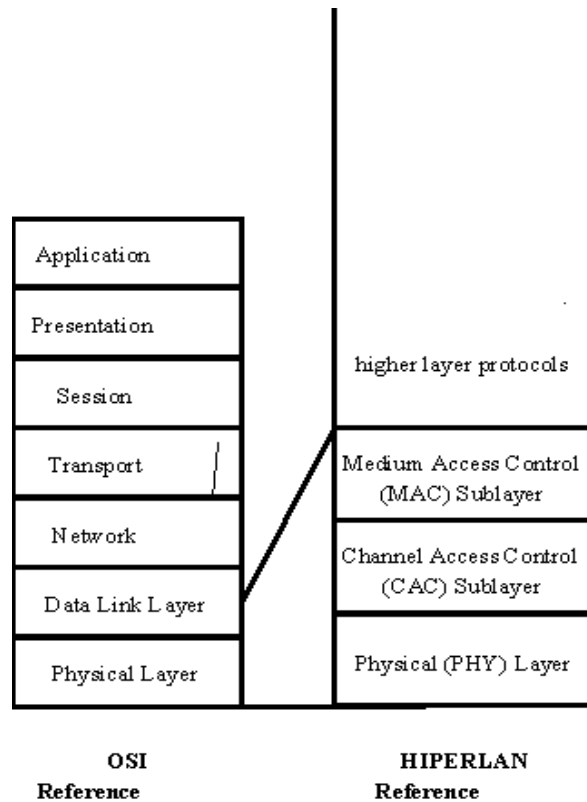
«Ένα πρωτόκολλο επικοινωνίας, είναι ένα σύνολο κανόνων οι οποίοι καθορίζουν τον τρόπο δια- σύνδεσης των συστημάτων που επικοινωνούν, καθώς και τον τρόπο πρόσβασης των κόμβων στο μέσο μετάδοσης»

3.3.1 HIPERLAN (High Performance Radio LAN)

Ο αντίστοιχος ευρωπαϊκός οργανισμός του FCC στις ΗΠΑ, Conference European des Administrations des Posts et des Telegraphes (CEPT), διένειμε 150 MHz καθαρού ηλεκτρομαγνητικού φάσματος στα 5.1 GHz, για υψηλής αξίας δεδομένων ασύρματα LANs. Το ευρωπαϊκό ινστιτούτο προτύπων για τηλεπικοινωνίες (European Telecommunications Standards Institute, ETSI), ανάθεσε σε μία υποομάδα τεχνικών, να ορίσουν τα πρότυπα σε αυτές τις ζώνες. Ο τωρινός σχεδιασμός είναι για πέντε κανάλια, το καθένα περίπου 23.5 Mb/s (HIPERLAN Standard 1996). Η μετάδοση σε αυτές τις ζώνες είναι ελεύθερη, αλλά υπόκειται στους περιορισμούς του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος.

Το HIPERLAN περιορίζεται στα δύο χαμηλότερα επίπεδα του OSI (Open Systems Interconnect), το φυσικό επίπεδο και το επίπεδο σύνδεσης δεδομένων. Ειδικότερα, το μοντέλο αναφοράς αποτελείται από το υπό-επίπεδο ελέγχου προσπέλασης του μέσου (MAC), το υπό-επίπεδο ελέγχου προσπέλασης του καναλιού (CAC), και το φυσικό επίπεδο.

Το ινστιτούτο ETSI-RES10 έχει ορίσει το HIPERLAN ως ένα ασύρματο δίκτυο LAN που επιτρέπει σταθερή ζεύξη κινούμενων σταθμών, με χαμηλό όριο ταχύτητας 1-2 m/s. Σε μια μετάδοση ισχύος 1W, ένα δίκτυο HIPERLAN παρέχει μία ακτίνα λήψης 50m μέσα σε εσωτερικό χώρο περίπου.



Σχ. 4

Το HiperLAN υπάρχει σε δύο εκδόσεις, τη HiperLAN Type 1 που τυποποιήθηκε το 1996 και υποστηρίζει ταχύτητες μέχρι 24Mbps και τη HiperLAN Type 2, η ανάπτυξη της οποίας δεν έχει ακόμη ολοκληρωθεί και που θα υποστηρίζει ταχύτητες μέχρι 54Mbps. Αμφότερες οι εκδόσεις του HiperLAN χρησιμοποιούν τη συχνότητα των 5GHz, η οποία στην Αμερική και στην Ιαπωνία είναι ελεύθερη και στην Ευρώπη έχει επισήμως παραχωρηθεί για χρήση από τα ασύρματα δίκτυα, με αποτέλεσμα αφενός μεν να μη δημιουργούνται προβλήματα με τα δίκτυα που τρέχουν στα 2,4GHz και αφετέρου οι συσκευές HiperLAN να μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε οποιοδήποτε μέρος του κόσμου χωρίς τροποποιήσεις.

HIPERLAN I: Χρησιμοποιεί μια παραλλαγή του CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance), που στηρίζεται στο χρόνο ζωής του πακέτου, την προτεραιότητα των πακέτων και τις αναμεταδόσεις στο επίπεδο MAC (Μέσο ελέγχου πρόσβασης).

HIPERLAN II: Χρησιμοποιεί την τεχνική διαμόρφωσης OFDM (Ορθογώνιος πολυπλέκτης διαίρεσης συχνότητας), ενώ υποστηρίζει

διάφορους ρυθμούς μετάδοσης 6,9,12,18,27,36 και 54 Mbps. Είναι ένα σύστημα ασυρμάτου ATM (Τρόπος ασύγχρονης μεταφοράς), ενώ το πρωτόκολλο που χρησιμοποιείται στο υπόστρωμα MAC στηρίζεται σε μια διαφοροποιημένη λειτουργία της τεχνικής TDMA (Time Division Multiple Access).

	HIPERLAN 1	HIPERLAN 2	HIPERLAN 3	HIPERLAN 4
Application	wireless LAN	access to ATM fixed networks	wireless local loop	point-to-point wireless ATM connections
Frequency	5.1-5.3GHz			17.2-17.3GHz
Topology	decentralized ad-hoc/infrastructure	cellular, centralized	point-to-multipoint	point-to-point
Antenna	omni-directional		directional	
Range	50 m	50-100 m	5000 m	150 m
QoS	statistical	ATM traffic classes (VBR, CBR, ABR, UBR)		
Mobility	<10m/s		stationary	
Interface	conventional LAN	ATM networks		
Data rate	23.5 Mbit/s	>20 Mbit/s		155 Mbit/s
Power conservation	yes		not necessary	

Πίνακας 4: Πρότυπα HIPERLAN

Μια άλλη ιδιαιτερότητα του HiperLAN είναι επίσης το ad hoc roaming, η δυνατότητα δηλαδή της αυτόματης προώθησης των δεδομένων από access point σε access point σε περίπτωση που ο δέκτης δεν βρίσκεται στο βεληνεκές του πομπό. Εκτός από αυτό, η υπεροχή στην ταχύτητα και η δυνατότητα QoS (Quality Of Service, Ποιότητα Υπηρεσιών) που μόνο το HiperLAN έχει από τα πρότυπα ασύρματης δικτύωσης. Με το QoS μπορούν τα πακέτα δεδομένων να κατηγοριοποιούνται και να αποκτούν διαφορετική σειρά προτεραιότητας ανάλογα με το είδος τους. Έτσι, τα πακέτα που αφορούν ένα video π.χ., μπορεί να έχουν μεγαλύτερη προτεραιότητα κατά τη μεταφορά, με αποτέλεσμα την πιο ομαλή εμφάνισή του. Το HiperLAN2, σε αντίθεση με όλα τα υπόλοιπα πρότυπα, είναι συμβατό με μια τεράστια ποικιλία δικτύων γιατί, εκτός από το να συνδέεται με δίκτυα Ethernet, έχει τη δυνατότητα και για μεταφορά πακέτων IP, Firewire, ATM, UMTS κ.ά.

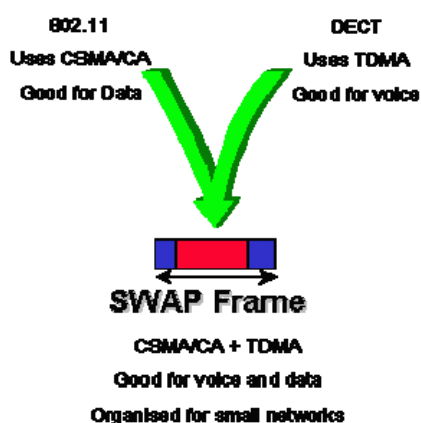
Τα ETSI project BRAN (ραδιοδίκτυα ευρυζωνικής πρόσβασης) αναπτύσσουν μια νέα γενεά προτύπων που θα υποστηρίξει και τα ασύγχρονα δεδομένα και τις υπηρεσίες στις οποίες ο χρόνος μετάδοσης είναι κρίσιμος (π.χ. η φωνή και το βίντεο), για να επιτύχουν μια αποδεκτή ποιότητα της υπηρεσίας (QoS). Ένα από αυτά τα πρότυπα είναι το High Performance Radio Local Area Network type 2 (HIPERLAN/2) που θα υποστηρίξει μετάδοση multimedia εφαρμογών μεταξύ διαφορετικών ευρυζωνικών κεντρικών δικτύων και κινητών τερματικών.

3.3.2 Home RF

Τον Μάρτιο του 1998 η ομάδα εργασίας HomeRF ανέπτυξε μια ενιαία προδιαγραφή, το κοινό ασύρματο πρωτόκολλο εφαρμογής SWAP (Shared Wireless Access Protocol). Η συχνότητα λειτουργίας είναι τα 2.4 GHz. Το πρότυπο HomeRF 2.0 για τις ασύρματες μεταδόσεις χρησιμοποιεί στο φυσικό στρώμα την τεχνική FHSS, (την τεχνική αναπήδησης συχνότητας Frequency Hopping) και υποστηρίζει ταχύτητες διαμεταγωγής των δεδομένων που ανέρχονται στα 10Mbit/s και χρησιμοποιείται για την ασύρματη ενδοεπικοινωνία μεταξύ των ηλεκτρικών συσκευών, όπως ηλεκτρονικοί υπολογιστές, ασύρματα τηλέφωνα DECT, PDAs, ενώ χρησιμοποιείται και από ορισμένες συσκευές ήχου και εικόνας.

Το SWAP χρησιμοποιεί στο υπόστρωμα MAC ένα πρωτόκολλο, το οποίο συνδυάζει χαρακτηριστικά και λειτουργίες από το DECT και το 802.11.

Το HomeRF μπορεί πλέον να εφαρμοστεί εκτός από τις Η.Π.Α και σε προϊόντα που προορίζονται για την Ευρωπαϊκή αγορά. Αυτό προήλθε ύστερα από την αλλαγή των κανόνων που θέσπισε ο ETSI (European Telecommunications Standards Institute) που αφορούν τη διαχείριση της συχνότητας των 2,4GHz. Ο Ευρωπαϊκός όμιλος HomeRF ιδρύθηκε στα τέλη του 2001.



Σχ.5 Προέλευση Swap

Υπόστρωμα MAC του HomeRF

Το MAC του SWAP παρέχει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά γνωρίσματα:

1. Καλή υποστήριξη για τη φωνή και στοιχεία με τη χρησιμοποίηση και TDMA (Time Division Multiple Access) και των μηχανισμών πρόσβασης CSMA/ CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance).
2. Υποστήριξη για 4 υψηλής ποιότητας συνδέσεις φωνής. ρυθμό απόδοσης δεδομένων 1.6Mbps. Ασφάλεια δεδομένων.
3. Διαχείριση δύναμης για τους ισόχρονους και ασύγχρονους κόμβους.
4. 24 bit Network ID.

3.3.3 Τεχνολογία Bluetooth

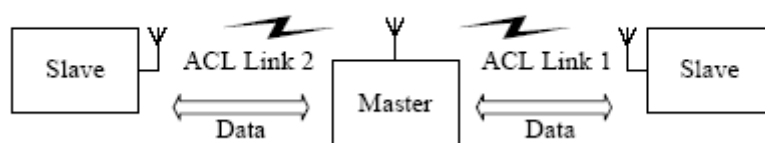
Το πρότυπο Bluetooth που δημιουργήθηκε από τις Ericsson, IBM, Toshiba, Intel, Nokia και Motorola και υποστηρίζεται και από άλλες πολλές εταιρίες, είναι το de facto πρότυπο περιορισμένου φάσματος ασύρματης τεχνολογίας με σκοπό να συνδέσει ποικίλες ηλεκτρονικές συσκευές, (κινητά, PDA, PC, εκτυπωτές, fax, modem, πληκτρολόγια κ.τ.λ.) με χαμηλή κατανάλωση (0,01W) και χαμηλό κόστος. Τα δίκτυα αυτά ονομάζονται PAN (Personal Area Networks, Δίκτυα Προσωπικού Χώρου) γιατί σε αντίθεση με τα LAN, ο χώρος ο οποίος καλύπτεται είναι πολύ λίγα μέτρα. Τα PAN έχουν ουσιαστικά σχεδιαστεί με σκοπό να επιτρέπουν την αντικατάσταση των καλωδίων και των υπέρυθρων συνδέσεων.

Το Bluetooth λειτουργεί στη βιομηχανική επιστημονική ζώνη συχνότητας ιατρικής (ISM) 2.4GHz. Χάρη στην frequency hopping τεχνική, το Bluetooth έχει ως σκοπό θεωρητικά να είναι άνοσο στις παρεμβάσεις στην ανωτέρω ζώνη συχνότητας, επιτυγχάνοντας ένα συνολικό, ακατέργαστο εύρος ζώνης 1Mbit/s μέσα στην χαρακτηριστική απόσταση των 10m (για Power Class 2 και 3 Bluetooth συσκευές) μέχρι 100m (για Power Class 1 συσκευές).

Η ταχύτητα μεταφοράς δεδομένων είναι μέχρι 1Mbps ενώ είναι δυνατή και η ταυτόχρονη μεταφορά ήχου. Το Bluetooth υποστηρίζει τόσο άμεση επικοινωνία ανάμεσα σε δύο συσκευές (point to point) όσο και επικοινωνία πολλών συσκευών με ένα access point (point to multipoint). Η χωρητικότητά του είναι 8 συσκευές ανά δίκτυο αλλά η μέθοδος εναλλαγής συχνοτήτων (1600 εναλλαγές ανά δευτερόλεπτο σε

79 κανάλια) επιτρέπει σε περισσότερα από 1 δίκτυα να συνυπάρχουν στον ίδιο χώρο. Η ελάχιστη απόσταση ανάμεσα στον πομπό και το δέκτη είναι 10 εκατοστά και η μέγιστη 100 μέτρα. Από πλευράς ασφάλειας, αν και το Bluetooth δεν παρέχει ιδιαίτερα υψηλό επίπεδο, η μικρή του εμβέλεια περιορίζει τον κίνδυνο.

Το παρακάτω σχήμα απεικονίζει μια τυπική μορφή διασύνδεσης μεταξύ τριών συσκευών Bluetooth. Η μία από αυτές αποτελεί τον Master της σύνδεσης, ενώ οι άλλες δύο καλούνται Slaves. Κάθε Master μπορεί να συνδεθεί με μέχρι επτά Slaves μέσω ασύγχρονων (Asynchronous Connection-Less, ACL) συνδέσεων τύπου μεταγωγής πακέτου, αποτελώντας μια τοπολογία piconet. Οι ACL συνδέσεις μπορούν να είναι και τύπου σημείο -σε-πολλαπλά σημεία (point-to-multipoint) με δυνατότητα ταυτόχρονης εκπομπής από τον Master προς όλους τους Slaves (broadcasting), ενώ παρέχουν πραγματικές ταχύτητες μετάδοσης μέχρι και 721kbps. Η ορθότητα της μετάδοσης εξασφαλίζεται μέσω ενός μηχανισμού επαναμετάδοσης των χαμένων πακέτων, ο οποίος όμως μειώνει δραματικά το μετρούμενο ρυθμό μετάδοσης των δεδομένων, ειδικά σε περιβάλλοντα όπου υπάρχει ηλεκτρομαγνητική παρεμβολή στην περιοχή των 2.4GHz.



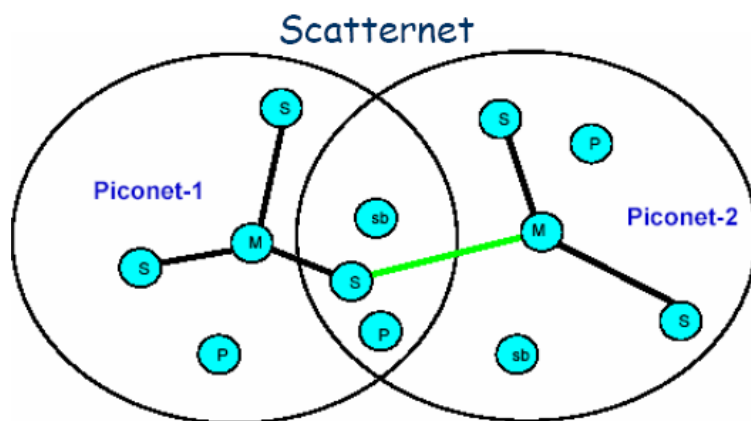
Σχ. 6: Χαρακτηριστική οργάνωση σύνδεσης Bluetooth

Κατά τη διάρκεια μιας σύνδεσης ACL, δύο κατηγορίες πακέτων μπορούν να χρησιμοποιηθούν: Το Data-Medium rate (DM) packets και το Data-High rate (DH) packets. Η διαφορά τους είναι ότι τα τελευταία δεν περιλαμβάνουν Forward Error Correction (FEC) πληροφορίες. Υπάρχουν τρία DM και τρεις τύποι πακέτων DH που καλούνται DM1, DM3, DM5 και DH1, DH3, DH5 αντίστοιχα. Ένα DM3 πακέτο είναι ένα εκτεταμένο DM1 πακέτο. Ενώ ένα DM1 πακέτο στέλνεται κατά τη διάρκεια μιας ενιαίας μετάδοσης slot, 3 DM υιοθετούν το χρόνο τρία slots κ.λ.π.... Το ίδιο πράγμα αντιπροσωπεύει όλο τον άλλο τύπο πακέτων ACL. Υπάρχει επίσης ένα άλλο πακέτο ACL αποκαλούμενο τύπος AUX1, το οποίο δεν αναμεταδίδεται ποτέ.

Η προδιαγραφή Bluetooth επιτρέπει την ασύρματη επικοινωνία συσκευών μέσω σύγχρονων συνδέσεων (Synchronous Connection-

Oriented, SCO), οι οποίες αποτελούν σημείο – σε - σημείο συνδέσεις μεταξύ ενός Master κι ενός Slave.

Κάθε Master συσκευή μπορεί να αποκαταστήσει ταυτόχρονα μέχρι τρεις το πολύ SCO συνδέσεις. Οι SCO συνδέσεις είναι κατάλληλες για την εξυπηρέτηση χρονικά κρίσιμων εφαρμογών και εγγυώνται σταθερό ρυθμό μετάδοσης ίσο προς 64kbit/s.



M: master
S: slave
Sb: stand by
P: parket/hold

Σχ. 7: Αρχιτεκτονική Bluetooth

3.3.4 General Packet Radio Service (GPRS)

Η υπηρεσία GPRS αναπτύχθηκε τα τελευταία χρόνια ως μια προσπάθεια ενίσχυσης του συστήματος κινητής τηλεφωνίας GSM, ώστε το τελευταίο να μπορεί να χειριστεί αποδοτικά κίνηση δεδομένων (data traffic) ανάμεσα σε υπολογιστικά συστήματα. Ως εκ τούτου η τεχνολογία

GPRS δεν είναι αυτόνομη αλλά επικουρική στην υπάρχουσα υποδομή του GSM. Πιο αναλυτικά : Προσφέρει παγκόσμια κάλυψη, όπως ακριβώς και το GSM. Η πρόσβαση στις GPRS υπηρεσίες είναι τυποποιημένη, μέσω του GSM προτύπου. Είναι ένα δίκτυο μεταγωγής πακέτου (packet-switched). Υλοποιεί μια σαφή διάκριση μεταξύ του δικτυακού συστήματος (NSS- Network Switching System) και του συστήματος ράδιο-επαφής (BSS – Base Station System) με δυνατότητα χρήσης διαφορετικών τεχνολογιών σε καθένα από αυτά. Υποστηρίζει ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων από λίγα bps έως 171.2 kbps. Προσφέρει χρέωση βάσει του ανταλλασσόμενου όγκου της πληροφορίας, επιτρέποντας έτσι σε ένα χρήστη να είναι ενεργός (active) για μεγάλες χρονικές περιόδους χωρίς να απαιτείται η αποσύνδεση του από το δίκτυο κάθε φορά που δεν έχει κάτι να μεταδώσει. Παρέχει βέλτιστη χρήση των πόρων της ράδιο-επαφής με παραχώρηση χρονοθυρίδων σε κάθε χρήστη μόνο εφόσον έχει κάτι να μεταδώσει.

Υποστηρίζει τόσο Point-to-Point (PTP) επικοινωνία με ή χωρίς σύνδεση (connection oriented ή connectionless) όσο και Point-to-Multipoint (PTM). Συγκεκριμένα υποστηρίζει PTM-Multicast (PTM-M) και PTM-Groupcast (PTM-G) επικοινωνία. Στη πρώτη φάση της υλοποίησης θα υποστηριχθούν μόνο PTP υπηρεσίες, ενώ οι PTM υπηρεσίες θα υλοποιηθούν σε επόμενο στάδιο. Υποστηρίζει διασύνδεση με εξωτερικά δίκτυα δεδομένων (Packet Data Networks-PDNs) ανεξαρτήτως της τεχνολογίας τους : IP δίκτυα (π.χ. Internet), δίκτυα X.25, άλλα και δημόσια δίκτυα κινητών υπηρεσιών (Public Land Mobile Networks – PLMNs) Οι εφαρμογές του GPRS περιλαμβάνουν από απλό «σερφάρισμα» στο Internet, μέχρι μετάδοση φωνής και video.

Εφαρμογή	Παράδειγμα εφαρμογής
WWW	Ανάκτηση σελίδων
FTP	Μεταφορά αρχείων
E-mail	Αποστολή μηνυμάτων
Telnet	Πρόσβαση σε απομακρυσμένα τερματικά
Video	Τηλεσυνδιάσκεψη
Εφαρμογές RTTI (Real Time Traffic Information)	Διοίκηση στόλου, Καθοδήγηση πορείας
Εφαρμογές τηλεματικής	Μεταφορά χρημάτων

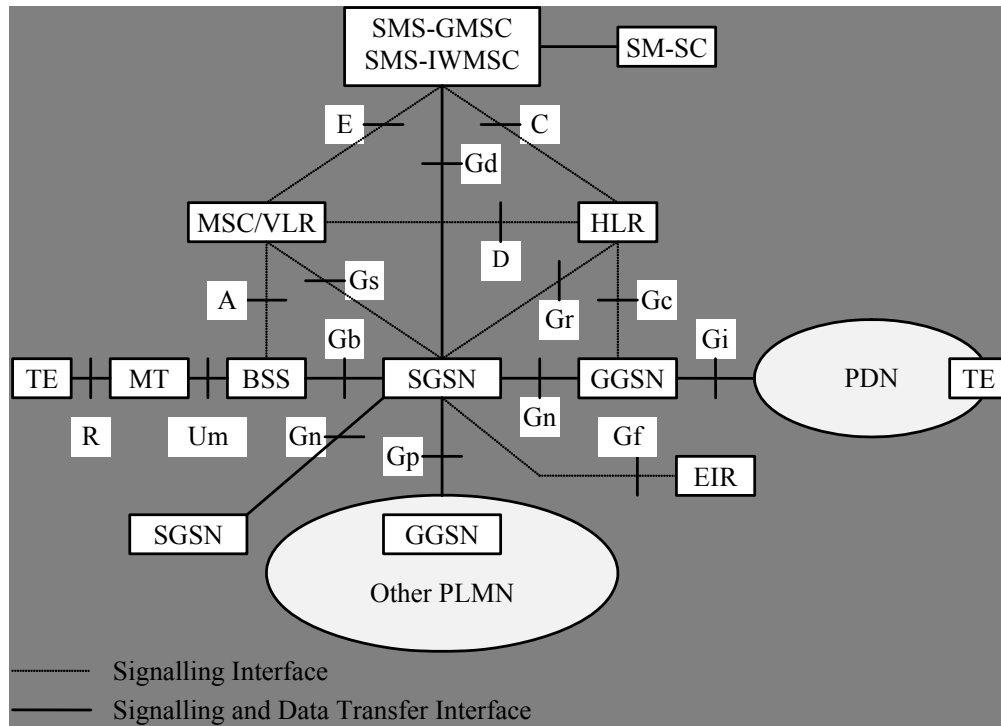
Πίνακας 5. Πιθανές εφαρμογές του GPRS

Η Λογική Αρχιτεκτονική του GPRS Η υλοποίηση της υπηρεσίας GPRS γίνεται με την προσθήκη δύο νέου τύπου κόμβων στην υπάρχουσα GSM υποδομή. Οι κόμβοι αυτοί, γνωστοί ως GSNs (GPRS Support Nodes), είναι υπεύθυνοι για την παροχή GPRS υπηρεσιών στους συνδρομητές του δικτύου και διακρίνονται σε :

- **SGSN (Serving GPRS Support Node)** ο οποίος είναι υπεύθυνος για την εξυπηρέτηση των κινητών σταθμών (Mobile Stations – MSs) που βρίσκονται στη δικαιοδοσία του. Οι λειτουργίες του SGSN περιλαμβάνουν:
 1. Authentication, ciphering.
 2. Διαχείριση Κινητικότητας (Mobility Management –MM).
 3. Διαχείριση των λογικών συνδέσεων (Logical Link Management) στη διεύθυνση SGSN→MS.
 4. Δρομολόγηση και μετάδοση πακέτων.
 5. Χρέωση συνδρομητών.
 6. Διασύνδεση με τις βάσεις δεδομένων του GPRS (HLR, VLR, EIR).

- **GGSN (Gateway GPRS Support Node)** ο οποίος αποτελεί και τη πύλη επικοινωνίας με εξωτερικά δίκτυα μεταγωγής πακέτων. Οι βασικές του λειτουργίες περιλαμβάνουν:
 1. Διαχείριση Κινητικότητας (Mobility Management –MM).
 2. Διασύνδεση με εξωτερικά δίκτυα δεδομένων. Στο παρών στάδιο υποστηρίζονται τα 2 ευρύτερα διαδεδομένα δίκτυα μεταγωγής πακέτου : IP και X.25.
 3. Διασύνδεση με άλλα PLMNs.
 4. Δρομολόγηση και μετάδοση πακέτων.

Τα SGSNs και GGSNs συνδέονται μεταξύ τους, είτε απευθείας είτε μέσω ενδιάμεσων κόμβων, συνιστώντας έτσι ένα IP δίκτυο. Το δίκτυο αυτό είναι το δίκτυο κορμού του GPRS (GPRS backbone ή GPRS core).



Σχ. 8 . Οντότητες και διεπαφές της αρχιτεκτονικής GPRS

Εποπτικά κοιτώντας κανείς, θα μπορούσε να πει ότι τα SGSN και GGSN στο GPRS αντιστοιχούν στα MSC και GMSC του GSM. Η λειτουργικότητά τους είναι παρεμφερής τα μεν πρώτα (SGSN και GGSN) για τη μεταγωγή πακέτων τα δε δεύτερα (MSC και GMSC) για την μεταγωγή κυκλώματος.

Στο Σχ απεικονίζεται η λογική αρχιτεκτονική και οι διεπαφές (interfaces) ενός τυπικού GPRS δικτύου. Από το σχήμα αυτό καθίσταται σαφές ότι το GPRS αποτελεί επέκταση του GSM και όχι κάτι ανεξάρτητο. Ως εκ τούτου ολόκληρο το υποσύστημα του σταθμού βάσης (BSS) επαναχρησιμοποιείται στο GPRS με τις απαραίτητες αλλαγές-προσθήκες που απαιτούνται για την υποστήριξη των νέων υπηρεσιών. Το ίδιο ακριβώς συμβαίνει και με όλες τις βάσεις δεδομένων (HLR, VLR, EIR) που είχαν οριστεί στο GSM οι οποίες απλά ενισχύονται ώστε να κρατάνε πρόσθετες πληροφορίες που αφορούν την GPRS επικοινωνία. Το GPRS έχει ήδη τυποποιηθεί από το ETSI (European Telecommunication Standardization Institute) (<http://www.etsi.org/>).

3.3.5 LMDS (Local Multipoint Distribution Service)

Είναι ένα ευρυζωνικό (25-31 GHz), ασύρματο point-to-multipoint σύστημα επικοινωνίας που λειτουργεί σε συχνότητες πάνω από 20 GHz, (αναλόγως τη χώρα χορήγησης αδειών), που μπορεί να χρησιμοποιηθεί

για την αμφίδρομη (διπλής κατεύθυνσης) παροχή ψηφιακής φωνής-δεδομένων-video-Internet-τηλεοπτικές υπηρεσίες.

Local: Τα χαρακτηριστικά του ύψους αυτού της συχνότητας που χρησιμοποιείται (GHz), δηλαδή του εύρους ζώνης LMDS περιορίζουν την ακτίνα κάλυψης σε μια κυψέλη, ακτίνας περίπου 5Km. (Κυψελωτή αρχιτεκτονική).

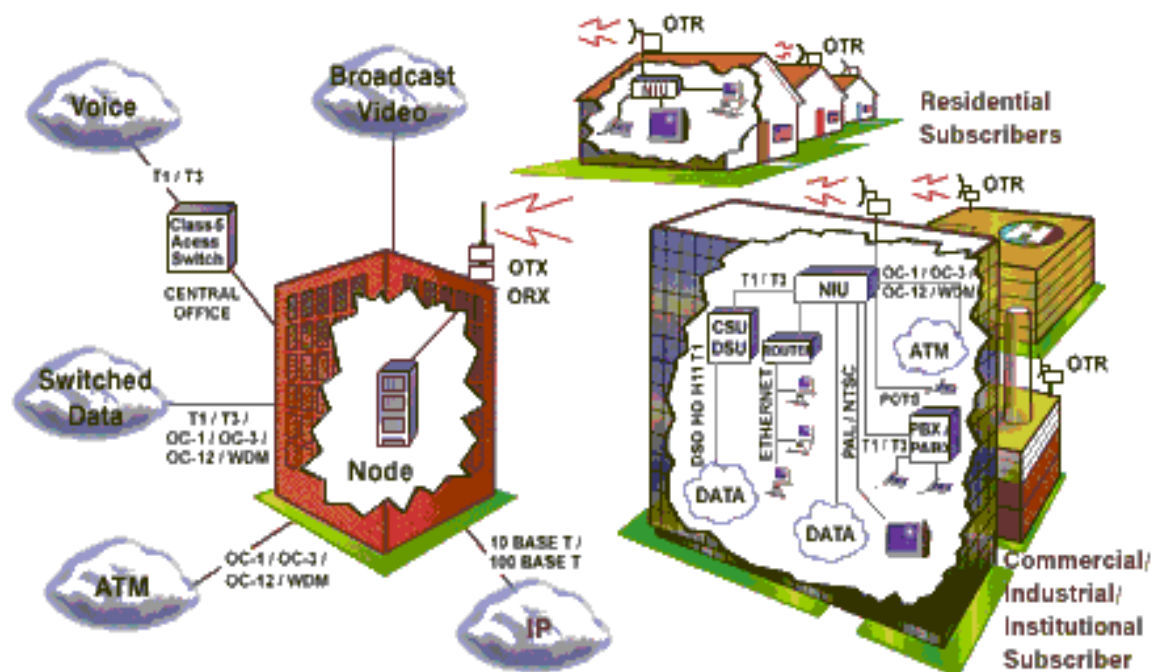
Multipoint: Δείχνει ότι τα σήματα διαβιβάζονται με μια point-to-multipoint (ένα προς πολλά), Broadcast μέθοδο. Το ασύρματο μονοπάτι της επιστροφής από τον απλό χρήστη (συνδρομητή) στον κεντρικό σταθμό είναι μια point-to-point εκπομπή.

Distribution: Αναφέρεται στη διανομή του σήματος, το οποίο μπορεί να αποτελείται από ταυτόχρονη εκπομπή φωνής, δεδομένων, Internet, video κλπ.

Service: Υπονοεί τη φύση της σχέσης μεταξύ διακομιστή και πελάτη (Server-Client), που είναι εξολοκλήρου εξαρτώμενες από την επιλογή του διακομιστή.

Η κυψελωτή αρχιτεκτονική είναι απαραίτητη για την ευρύτερη κάλυψη μιας περιοχής, π.χ. μιας πόλης, από τη στιγμή από τη στιγμή που για την ασύρματη επικοινωνία αυτού του είδους απαιτείται οπτική επαφή πομπού-δέκτη, εν αντιθέσει άλλων ασυρμάτων δικτύων χαμηλότερων συχνοτήτων, π.χ. κινητή τηλεφωνία όπου το σήμα είναι δυνατόν να διαπεράσει φυσικά εμπόδια όπως κτήρια κ.α.

Ταυτόχρονα μέσω ανακλαστήρων και επαναληπτών είναι δυνατή η επίτευξη ισχυρού-ικανού σήματος στις περιοχές των σκιών και η επίτευξη μεγαλύτερης κάλυψης.



Αρχιτεκτονική δικτύου LMDS

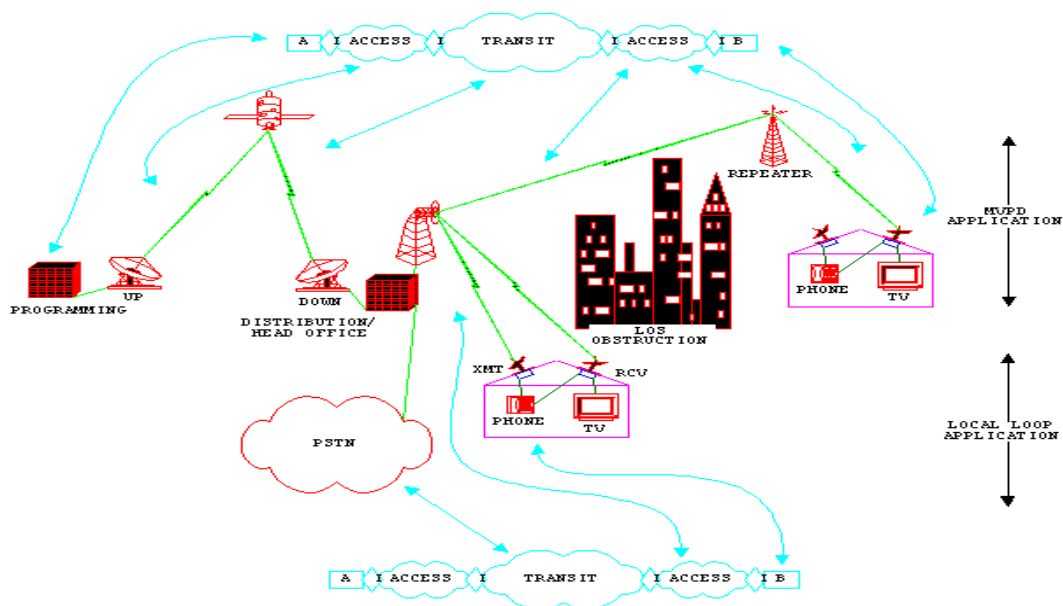
Ένα LMDS σύστημα αποτελείται από: Υποσταθμό διανομής σήματος (κεντρικούς) ή NOC δηλ. Network Operate Center των οποίων η υποδομή και η λειτουργία μπορεί να βασίζεται στη λήψη των διαφόρων υπηρεσιών που πρέπει να διανεμηθούν στην κυψέλη, από ένα σύστημα οπτικών ινών Sonet τύπου ή δορυφορική τροφοδοσία.

Ένα δικτυακό κέντρο το οποίο θα επεξεργάζεται τα δεδομένα και θα χειρίζεται το πρωτόκολλο επικοινωνίας τις τεχνικές ασύρματης πρόσβασης όπως για παράδειγμα τεχνικές CDMA-FHSS-TSSS για τον έλεγχο ροής δεδομένων και την ασφάλεια της επικοινωνίας.

Τον εξοπλισμό των πομποδεκτών (κεραία) του σταθμού τοποθετημένο στο κατάλληλο σημείο ώστε να εξασφαλίζει καλύτερη οπτική επικοινωνία στους δέκτες και φυσικά τον εξοπλισμό των πελατών-συνδρομητών, Receiver-Decoder-Modulator- up και down Converter-Antenna.

Οφέλη

Χαμηλό κόστος δεδομένου ότι ένα μέρος του δικτυακού εξοπλισμού π.χ εξοπλισμός χρηστών (πελατών) δεν υφίσταται έως ότου ενεργοποιηθούν οι συνδρομές τους. Εύκολη χωροθετική και γρήγορη υλοποίηση εφόσον αποφεύγονται οι εγκαταστάσεις καλωδιώσεων, που είναι η πιο δύσκολη υλοποιήσιμη διαδικασία. Ευκολία και ταχύτητα επέκτασης και αποφυγή πολλών περιορισμών στην επεκτασιμότητα του δικτύου. Οικονομική συντήρηση και λειτουργικό κόστος.



Σχ. 10 : LMDS System

Παράδειγμα χρήσης LMDS

Χρησιμοποιώντας μόνο το εύρος ζώνης των 850MHz ενός LMDS συστήματος, μαζί με ένα σχέδιο διαμόρφωσης όπως η χρησιμοποίηση οριζόντιων και κάθετων πολωμένων τομέων, θα μπορούσε να συμπεριληφθεί σε αυτό ο αριθμός των 100T1 γραμμών (1,544Mbps)

Μια χαρακτηριστική εμπορική χρήση των LMDS μπορεί να παρέχει μια σύνδεση που να λαμβάνει δεδομένα με ταχύτητα 51,84-155,52 Mbps και μια σύνδεση επιστροφής T1 (1,544 Mbps). Αυτή η δυναμική παρέχει τη δυνατότητα να παρασχεθεί η συσκευασία υπηρεσιών πλήρης δικτυακή υπηρεσία Internet, με πολύ μεγάλη ταχύτητα πρόσβασης υπηρεσίες Video- φωνής (πραγματικού χρόνου) DAVIC Digital Audio-Video-Council 1GHz του φάσματος. Το LMDS μπορεί να παρέχει έως 288 κανάλια ψηφιακής ποιοτικής τηλεόρασης και παρέχει την δυνατότητα για: πλήρη δικτυακή υπηρεσία, ψηφιακή τηλεόραση-ραδιόφωνο DAVIC (τηλεσυνδιάσκεψη), εργασία στο σπίτι Τηλεϊατρική

3.3.6 MMDS (Microwave Multipoint Distribution Service)

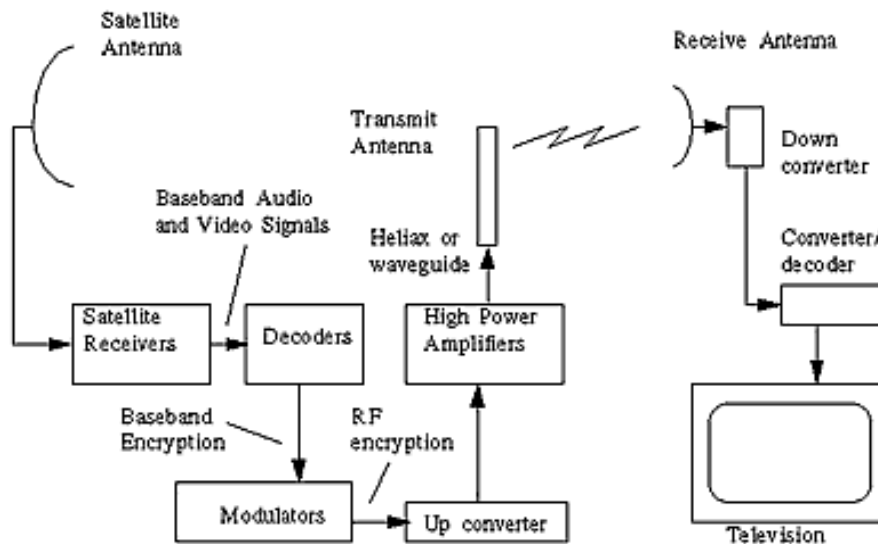
Το Multichannel Multipoint Distribution Service (MMDS), αναφερόμενο επίσης ως *microwave multipoint distribution service*, αντιπροσωπεύει μια ασύρματη ευρυζωνική τεχνολογία. Το MMDS λειτουργεί στα 2.5- 2.7 GHz frequency spectrum, χαμηλότερα από τα 28-31 GHz που χρησιμοποιεί το LMDS. Μπορεί να υποστηρίξει ρυθμό δεδομένων έως και 10Mbps.

Στις Η.Π.Α ο FCC έχει σχεδιάσει 100 MHz από το παρακείμενο εύρος ζώνης που αρχίζει από τα 5.8 GHz στην ISM band, για ευρείας ζώνης ασύρματης πρόσβασης, χωρίς την ανάγκη χορήγησης άδειας. Επειδή δεν υπάρχει ανάγκη να χορηγηθεί άδεια, ελαχιστοποιείται ο χρόνος και το κόστος που θα απαιτούνταν για την παροχή της ευρυζωνικής πρόσβασης.

Χρησιμοποιείται για τη μετάδοση τηλεοπτικών υπηρεσιών και για τα TV σήματα με εύρος ζώνης 6MHz, μόνο 33 κανάλια μπορούν να συμπεριληφθούν σε ένα σύστημα MMDS.

Υψηλότερες περιοχές συχνότητας δεν επιλέγονται για το λόγο της εξασθένισης του σήματος από φυσικά εμπόδια (κτίρια κ.α)

Η χαρακτηριστική οργάνωση ενός συστήματος MMDS εμφανίζεται στο σχήμα.



Σχ. 11

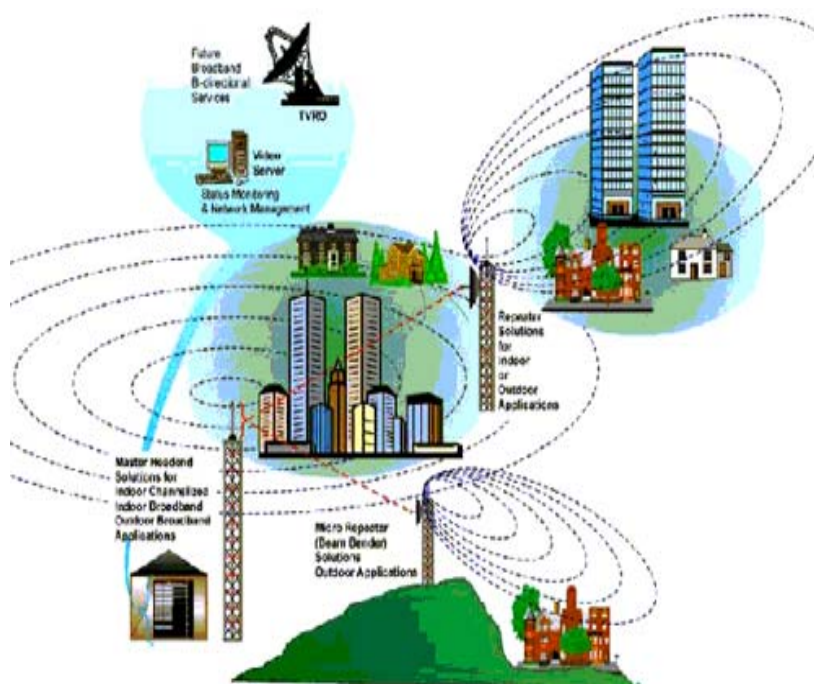
Σύστημα MMDS

Η τυπική συνδεσμολογία ενός συστήματος MMDS αποτελείται από την συσκευή κεφαλής (συσκευή λήψης δορυφορικών σημάτων , ραδιοπομπό , άλλη συσκευή broadcast , κεραία λήψης, ενισχυτές υψηλής ισχύος) και από την συσκευή λήψης σε κάθε θέση του συνδρομητή (κεραία , διάταξη μετατροπής συχνότητας, και διάταξη set top.

Τα σήματα για εκπομπή MMDS πηγάζουν από μια ποικιλία πηγών όπως καλωδιακές πηγές. Τα δορυφορικά επίγεια και καλωδιακά προγράμματα που παραδίδονται, πρόσθετα σε τοπικές υπηρεσίες ευρείας ζώνης, περιλαμβάνουν το υλικό που παραδίδεται σε άλλα MMDS. Όλες οι δορυφορικά παραδιδόμενες μορφές βασικής ζώνης επαναδιαμορφώνονται και στην συνέχεια μεταφέρονται στις μικροκυματικές συχνότητες.

Τα επίγεια παραδιδόμενα σήματα συνήθως διαβιβάζονται από ένα ετερόδουνο επεξεργαστή πριν γίνει μετατροπή στις επιθυμητές συχνότητες MMDS. Αναμεταδοτικοί σταθμοί μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να επανακατευθύνουν τα σήματα MMDS σε άλλες περιοχές.

Η ακτίνα μιας κεραίας MMDS μπορεί να φθάσει σε 35 μίλια ενώ η ισχύς εκπομπής συνήθως είναι 1 έως 100 Watt που είναι κάτω από την ισχύ εκπομπής τηλεοπτικών σημάτων στην περιοχή VHF UHF. Η εκπομπή γίνεται με πάνελ μικρού μεγέθους (παρόμοια με αυτά της εκπομπής κινητής τηλεφωνίας) ή με κάτοπτρα δορυφορικού τύπου αν πρόκειται για εκπομπή στενής δέσμης και μακρινής απόστασης (link), δίνοντας έτσι την δυνατότητα να προστατευθεί οπτικά το περιβάλλον παραδοσιακών οικισμών. Τα συστήματα μπορούν με την απαιτούμενη μελέτη να καλύψουν και περισσότερες από μια πόλη, χωριό ή οικισμό. Ένα από τα άλλα του πλεονεκτήματα είναι η αποφυγή της εκσκαφής των δρόμων, που απαιτείται για τα κλασσικά καλωδιακά δίκτυα, και φυσικά η πόντιση ειδικών καλωδίων και η τοποθέτηση ειδικών ενισχυτών.



Σχ. 12: Σύστημα MMDS

Ένα σύστημα MMDS έχει κυψελωτή αρχιτεκτονική και η κάλυψη που παρέχει μια κυψέλη είναι μεγαλύτερη από αυτή της LMDS αναλόγως της ισχύος που επιλέγεται.

Μια ορθογώνια κεραία παραβολική διαμορφωμένη ρυθμίζεται για να λάβει κάθετα ή οριζόντια πολωμένα σήματα, (ή και τα δύο), στις εγκαταστάσεις κάθε τελικού χρήστη. Τα σήματα μικροκυμάτων περνούν έπειτα μέσω ενός down-converter που μετατρέπει τις συχνότητες σημάτων στο πρότυπο καλώδιο VHF ή τις UHF συχνότητες καναλιών. Τα σήματα TV μπορούν στη συνέχεια να περάσουν άμεσα σε ένα σύνολο TV ή έναν set-top converter.

3.3.7 Το πρότυπο IEEE 802.11

Το πρότυπο αυτό ανέπτυξε τις προδιαγραφές του Φυσικού Επιπέδου (PHY) και του Επιπέδου Προσπέλασης Μέσου (MAC) για την ασύρματη επικοινωνία σταθερών, φορητών και κινητών σταθμών σ' ένα WLAN. Συγκεκριμένα περιγράφει το πως μία συσκευή, που ακολουθεί το IEEE 802.11, θα λειτουργήσει σε ένα δίκτυο με υποδομή και σε ένα πολλαπλά επικαλυπτόμενο (multiple overlapping) WLAN, καθώς επίσης τις διαδικασίες του MAC επιπέδου και τις απαιτήσεις πιστοποίησης μιας τέτοιας συσκευής.

Το IEEE 802.11 έχει σαν στόχο να αναπτύξει τις προδιαγραφές του επιπέδου MAC, το οποίο είναι ανεξάρτητο του φυσικού επιπέδου. Οι τεχνικές μετάδοσης στο φυσικό (PHY) επίπεδο και οι αντίστοιχοι ρυθμοί δεδομένων είναι: *Frequency Hopping Spread Spectrum με 1 Mbps, Direct Sequence Spread Spectrum με 1 ή 2 Mbps, Infrared (Υπέρυθρες) με 1 ή 2 Mbps.*

Το πρότυπο 802.11 ορίζει τρία διαφορετικά φυσικά επίπεδα (PHY). Η ύπαρξη περισσότερων από ένα επιλογών για το φυσικό επίπεδο επιτρέπει στους σχεδιαστές συστημάτων να επιλέγουν κάθε φορά την τεχνολογία εκείνη, η οποία ταιριάζει καλύτερα με το κόστος, την απόδοση και το προφίλ των λειτουργιών μιας συγκεκριμένης εφαρμογής. Ειδικότερα, το πρότυπο προσδιορίζει ένα οπτικό PHY που χρησιμοποιεί υπέρυθρες ακτίνες για τη μετάδοση δεδομένων και δύο ραδιοσυχνότητας (RF-based), τα οποία λειτουργούν στην περιοχή συχνοτήτων των 2,4 GHz (από 2,4 - 2,4835 GHz) του ISM.

Οι δύο διαφορετικές τεχνολογίες PHY ραδιοσυχνότητας ανήκουν στην κατηγορία των τεχνικών *διασποράς φάσματος (spread spectrum techniques)*. Οι τεχνολογίες διασποράς φάσματος που προσδιορίζει το 802.11 για τα δύο PHY ραδιοσυχνότητας είναι η τεχνική διασποράς φάσματος άμεσης ακολουθίας (*Direct Sequence Spread Spectrum* -

DSSS) και η τεχνική διασποράς φάσματος αναπήδησης συχνότητας (*Frequency Hopping Spread Spectrum – FHSS*)

Το μικρό εύρος κάλυψης που έχει το υπέρυθρο PHY το καθιστά κατάλληλο μόνο για εφαρμογές κλειστού χώρου, όπως ένα μικρό γραφείο, ένα δωμάτιο, κλπ. Αντίθετα, οι άλλοι δύο τύποι PHY μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε εφαρμογές όπου υπάρχει η ανάγκη κάλυψης μεγάλων περιοχών (ανοικτών ή κλειστών), όπως είναι ένα νοσοκομείο, μια πανεπιστημιούπολη, τα κτίρια μιας επιχείρησης, κλπ.

3.3.8 WIMAX

Πρόκειται για μια σχετικά καινούρια οικογένεια προτύπων. Η αρχή έγινε τον Δεκέμβριο του 2001 όταν το πρώτο 802.16 πρότυπο εγκρίθηκε για να το ακολουθήσουν στη συνέχεια τα πρότυπα 802.16a, 802.16b και 802.16c προκειμένου να αντιμετωπίσουν θέματα που σχετίζονταν με το φάσμα συχνοτήτων, την ποιότητα εξυπηρέτησης και τη διαλειτουργικότητα.

Τον Σεπτέμβριο του 2003 αναπτύχθηκε το 802.16d για να αντιμετωπίσει ζητήματα του ETSI, ενώ την 1η Οκτωβρίου 2004 δημοσιοποιήθηκε το 802.16-2004, το οποίο και αναίρεσε όλες τις προηγούμενες εκδόσεις του προτύπου. Η τελευταία εξέλιξη της οικογένειας είναι το πρότυπο 802.16e το οποίο ενεκρίθει στις 7 Δεκεμβρίου 2005 και δημοσιεύθηκε στις 28 Φεβρουαρίου 2006. Αν και θεωρητικά δεν αναιρεί το πρότυπο 802.16-2004, αυτό ισχύει πρακτικά, όπως αναφέρεται και στη συνέχεια. Όπως φαίνεται και από τα παραπάνω στοιχεία πρόκειται για μια οικογένεια προτύπων εξαιρετικά νέα, η οποία εξελίσσεται συνεχώς μέχρι σήμερα και για το λόγο αυτό δεν υπάρχουν αρκετά προϊόντα και κατασκευαστές οι οποίοι να υποστηρίζουν το πρότυπο.

Δυο επιπλέον παράγοντες που συνηγορούν στην άποψη ότι η σχετική αγορά είναι ακόμη ανώριμη, είναι το εύρος συχνοτήτων που υποστηρίζει το πρότυπο καθώς και η τεχνική διαμόρφωσης. Σχετικά με το εύρος συχνοτήτων, το πρότυπο 802.16-2004 αναφέρεται σε ένα εξαιρετικά εκτεταμένο φάσμα συχνοτήτων, από τα 2-66GHz. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να έχουν παρουσιαστεί στην αγορά προϊόντα, τα οποία υποστηρίζουν διάφορες μπάντες και όχι μια συγκεκριμένη όπως συμβαίνει με τα πρότυπα της οικογένειας 802.11. Συνεπώς, υπάρχει ήδη εξαρχής μια πολυδιάσπαση της αγοράς, με τα περισσότερα προϊόντα να απευθύνονται στις ανεπτυγμένες, ευρυζωνικά, αγορές (Ν.Α. Ασία, Η.Π.Α.) και όχι στην ελληνική. Για το λόγο αυτό υπάρχουν ελάχιστα προϊόντα για την μπάντα των 5GHz, και η οποία είναι μη αδειοδοτούμενη μπάντα στην χώρα μας.

3.3.9 Τεχνολογία MIMO

Η τεχνολογία MIMO υπόσχεται και παρέχει σημαντική βελτίωση στην ακτίνα δράσης, στην ισχύ του σήματος και στην αξιοπιστία του ασύρματου LAN. Η διαφορά μεταξύ των ασύρματων τεχνολογιών 802.11b/g και της MIMO (Multiple Input Multiple Output) τεχνολογίας, είναι ότι η MIMO τεχνολογία χρησιμοποιεί πολλαπλές κεραιές εκπομπής και πολλαπλές κεραιές λήψης.

3.4 «Ανάλυση προτύπων»

Το 1997 η IEEE υιοθέτησε το πρώτο πρότυπο ασύρματων τοπικών δικτύων (WLAN), το IEEE 802.11. Το πρότυπο αυτό καθορίζει τον έλεγχο πρόσβασης μέσου (MAC) και τα φυσικά στρώματα (PHY) για ένα LAN με ασύρματη σύνδεση. Το πρότυπο αυτό εξετάζει την τοπική δικτύωση όπου οι συνδεδεμένες συσκευές επικοινωνούν μέσω του αέρα με άλλες συσκευές που βρίσκονται κοντά ή μια στην άλλη.

Από την αρχική καθιέρωση της ομάδας εργασίας 802.11, αυτή έχει επεκταθεί σε πολυάριθμες στοιχειώδεις ομάδες, που καθορίζονται από τα γράμματα a μέχρι το i. Οι ομάδες a, b, και c έχουν ολοκληρώσει την εργασία τους, και τα αποτελέσματα προστέθηκαν στα αρχικά πρότυπα.

Οι στοιχειώδεις ομάδες εργασίας του προτύπου 802.11 είναι:

802.11a - Δημιούργησε ένα πρότυπο για λειτουργία WLAN στη ζώνη 5 GHz, με ρυθμούς μεταφοράς δεδομένων μέχρι 54 Mbps. Συνήθως όμως οι επικοινωνίες πραγματοποιούνται στα 6Mbps, 12Mbps ή στα 24Mbps και χρησιμοποιείται πολυπλεξία επιμερισμού συχνότητας. Χρησιμοποιείται σε ασύρματα δίκτυα ATM. Δημοσιεύτηκε το 1999 και τα προϊόντα βασισμένα σε αυτά τα πρότυπα αναμένονται στις αρχές του 2002. Οι εργασίες του προτύπου αυτού έχουν ολοκληρωθεί.

802.11b - Δημιούργησε ένα πρότυπο (επίσης γνωστό ως WiFi) για λειτουργία WLAN στη ζώνη 2.4 GHz, με ρυθμούς μεταφοράς δεδομένων μέχρι 11 Mbps. Η μέθοδος διαμόρφωσης που χρησιμοποιήθηκε στο 802.11 ήταν το κλείδωμα μεταλλαγής φάσης ή διαμόρφωση διακριτής φάσης, phase-shift keying (psk). Η μέθοδος διαμόρφωσης που επιλέχθηκε για το 802.11b είναι γνωστή ως complementary code keying (cck) και παρέχει μεγαλύτερους ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων.

Δημοσιεύτηκε το 1999. Προϊόντα βασισμένα στο 802.11b κυκλοφορούν ευρέως στην αγορά και αυτό έχει ολοκληρώσει τις εργασίες της.

802.11c - Παρέχει τεκμηρίωση για συγκεκριμένες διαδικασίες επιπέδου MAC του 802.11 στο ISO/ IEC (Διεθνής Οργανισμός για την Τυποποίηση / Διεθνής Ηλεκτροτεχνική Επιτροπή) 10038 πρότυπο (IEEE 802.1D). Η εργασία του ολοκληρώθηκε.

802.11d - Δημοσιεύει ορισμούς και απαιτήσεις για να επιτρέψει στο πρότυπο 802.11 να λειτουργήσει στις χώρες που δεν εξυπηρετούνται αυτήν την περίοδο από το πρότυπο. Σε εξέλιξη.

802.11e - Προσπαθεί να εμπλουτίσει το MAC επίπεδο του 802.11 για να αυξήσει την ποιότητα της παρεχόμενης υπηρεσίας. Το πρώτο ασύρματο πρότυπο για οικιακό ή εταιρικό δικτυακό περιβάλλον. Παρέχει χαρακτηριστικά ποιότητας υπηρεσιών και υποστήριξη πολυμέσων στα υπάρχοντα ασύρματα πρότυπα IEEE 802.11a και IEEE 802.11b ενώ ταυτόχρονα είναι και συμβατό με αυτά. Η ποιότητα υπηρεσιών και υποστήριξη πολυμέσων είναι ένας κρίσιμος παράγοντας στα ασύρματα οικιακά δίκτυα που θέλουμε να παρέχουν φωνή, video και ήχο (video on demand, audio on demand, voice over ip, υψηλής ταχύτητας πρόσβαση στο internet). Αυτή την στιγμή το πρότυπο αυτό βρίσκεται σε εξέλιξη.

802.11f - Αναπτύσσει τις συνιστώμενες πρακτικές για την εφαρμογή ορισμών του 802.11 για τα σημεία πρόσβασης και τα συστήματα διανομής. Ο σκοπός είναι να αυξηθεί η συμβατότητα μεταξύ των συσκευών σημείου πρόσβασης διαφορετικών προμηθευτών. Σε εξέλιξη.

802.11g - Αναπτύσσει μια επέκταση υψηλότερης-ταχύτητας του PHY επιπέδου στο 802.11b πρότυπο, διατηρώντας την προς τα πίσω συμβατότητα με τις υπάρχουσες 802.11b συσκευές. εφαρμόζεται σε ασύρματα τοπικά δίκτυα και παρέχει ρυθμούς μετάδοσης άνω των 20mbps στη μάντα των 2.4GHz. Αυτό είναι το πρότυπο που εγκρίθηκε πιο πρόσφατα και παρέχει ασύρματη μετάδοση με ταχύτητες μέχρι και 54mbps συγκριτικά με τα 11mbps του προτύπου 802.11b. Το πρότυπο αυτό βρίσκεται σε εξέλιξη.

802.11h - Ενισχύει τα επίπεδα MAC του 802.11 και PHY του 802.11a για να παρέχει τις επεκτάσεις διαχείρισης και ελέγχου δικτύων, για τη διαχείριση του φάσματος και της ισχύος μετάδοσης στη ζώνη 5 GHz. Αυτό θα επιτρέψει τη ρυθμιστική αποδοχή των προτύπων σε μερικές ευρωπαϊκές χώρες. Σε εξέλιξη.

802.11i - προσθέτει στο 802.11 πρότυπο ασύρματων τοπικών δικτύων, το πρωτόκολλο ασφάλειας advanced encryption standard (aes).

802.11n πρόκειται για σχέδιο (draft) προτύπου της οικογένειας 802.11 και το οποίο βρίσκεται υπό εξέλιξη. Πρόκειται για εξέλιξη των υπάρχοντων προτύπων της οικογένειας 802.11 με σκοπό την αύξηση της ταχύτητας στα 540Mbps (θεωρητικά, πρακτικά περί τα 200Mbps) και της απόστασης μετάδοσης. Θα λειτουργεί στην μάντα των 2,4GHz και θα

χρησιμοποιεί την τεχνολογία MIMO (Multiple-input Multiple-output). Αν και έχουν εμφανιστεί στην αγορά προϊόντα τα οποία υποστηρίζουν τα drafts του προτύπου, πρότυπο δεν υπάρχει και αναμένεται εγκριθεί περί τα μέσα του 2007. Για το λόγο αυτό δεν προτείνεται να χρησιμοποιηθεί η συγκεκριμένη τεχνολογία, αν και η δυνατότητα υποστήριξης του draft προτύπου και η εν συνεχεία αναβάθμισή του, μέσω λογισμικού, στο εγκεκριμένο πρότυπο θα αξιολογηθεί θετικά.

3.5 «Κριτήρια επιλογής πρότυπου g»

Τα ασύρματα δίκτυα έχουν αρχίσει να γίνονται μέρος της καθημερινής ενασχόλησής μας με τους υπολογιστές. Το 802.11g είναι το τελευταίο πρωτόκολλο που επισημοποιήθηκε από τον υπεύθυνο οργανισμό IEEE και προσφέρει ταχύτητες κατά πολύ μεγαλύτερες από εκείνες του προκατόχου του 802.11b. Θεωρείται ότι είναι ο διάδοχος του και συμβατός με το 802.11b.

Όπως το 802.11b, το 802.11g παρέχει μια μετάδοση μέχρι 54 Mbps (τυπικά 22 Mbps) στη ζώνη 2.4 GHz και προσφέρει πρόσβαση υψηλής ταχύτητας σε δεδομένα σε απόσταση μέχρι 100 μέτρα από το σταθμό βάσης, όντας έτσι προς τα πίσω συμβατό με συσκευές που κυκλοφορούν ήδη στο εμπόριο. Όλα τα Access Points 802.11g είναι συμβατά και μπορούν να εξυπηρετήσουν και clients 802.11b, να λειτουργήσουν δηλαδή σε mixed mode. Η μέχρι σήμερα πρακτική δείχνει πάντως ότι παρουσιάζονται προβλήματα στην ταχύτητα του δικτύου, όταν ένα Access Point 802.11g καλείται να εξυπηρετήσει ταυτόχρονα 802.11b και 802.11g. Οι συσκευές 802.11g δεν είναι μεγαλύτερης ισχύος από τις 802.11b. Το πρότυπο επιτυγχάνει τη μεγαλύτερη ταχύτητα δικτύωσης, χρησιμοποιώντας διαφορετική διαμόρφωση του σήματος, την Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM), η οποία χρησιμοποιείται και από το 802.11a. Αυτό άλλωστε είναι που κάνει τη διαφορά στην ταχύτητα δικτύωσης. Η διαμόρφωση σήματος του 802.11b, Direct-Sequence Spread Spectrum (DSSS), δεν αποδεικνύεται στην πράξη το ίδιο καλή.

Ένα ζήτημα είναι ότι η παρουσία ενός 802.11b χρήστη σε ένα 802.11g δίκτυο απαιτεί τη χρήση RTS / CTS (request to send / clear-to-send), το οποίο δημιουργεί ουσιαστικό πρόβλημα και μειώνει σημαντικά την απόδοση για όλους τους 802.11b και 802.11g χρήστες. Το RTS / CTS εξασφαλίζει ότι ο σταθμός που κάνει την αποστολή, να μεταδίδει πρώτα ένα πλαίσιο RTS και να λαμβάνει ένα πλαίσιο CTS από το access point προτού στείλει δεδομένα. Ένας συνδυασμός από 802.11b και 802.11g

χρήστες απαιτεί RTS / CTS προκειμένου να αποφευχθούν συγκρούσεις επειδή οι 802.11b σταθμοί δεν μπορούν να ακούσουν τους 802.11g σταθμούς χρησιμοποιώντας OFDM.

Η ομάδα αναθεώρησης IEEE 802.11g, στα μέσα του 2003 ολοκλήρωσε τις εργασίες της και εξέδωσε το πρότυπο 802.11g, το οποίο επεκτείνει το 802.11b.

Είναι αλήθεια ότι το 802.11g παρέμεινε αρκετά σταθερό κατά τη διάρκεια της πιστοποίησης από τον οργανισμό IEEE. Αυτό βοήθησε αρκετούς κατασκευαστές να εξελίξουν και να παρουσιάσουν στην αγορά μοντέλα συμβατά με το 802.11g πριν ακόμα από την παρουσίαση του προτύπου από τον οργανισμό το καλοκαίρι του 2003. Το 802.11g έχει μια παραλλαγή σε super G(108g) με θεωρητικούς ρυθμούς μετάδοσης έως 108 Mbps. Είναι μια εξέλιξη του προτύπου G το οποίο χρησιμοποιήσαμε και στο δίκτυο μας, και επιτύχαμε καλύτερες αποδόσεις από το πρότυπο 802.11g αλλά το απορρίπτουμε για το λόγο ότι δεν υποστηρίζετε ακόμα από όλα τα Access Points.

Στην εργασία μας αλλά και στην εφαρμογή που θα υλοποιήσουμε, μετά από προσεχτική μελέτη επιλέξαμε να χρησιμοποιήσουμε το πρότυπο 802.11g. Το βασικότερο του πλεονέκτημα είναι ότι είναι ταχύτερο σε σχέση με τα προηγούμενα και κυρίως με το 802.11b. Έχει σχεδιαστεί να είναι συμβατό με τα αλλά και είναι η συνέχεια του 802.11b αφού και αυτό λειτουργεί στην μπάντα των 2.4 GHZ και παρέχει υψηλές ταχύτητες σε απόσταση 3 έως 5 χιλιομέτρων με χαμηλό κόστος κόμβων και τερματικών σε σχέση με τα άλλα.

3.6 «Υφιστάμενο καθεστώς για WLAN στην Ελλάδα»

3.6.1 Σταθερή Ασύρματη Πρόσβαση

Ως Σταθερή Ασύρματη Πρόσβαση (ΣΑΠ) ορίζεται η εφαρμογή της ασύρματης πρόσβασης, στην οποία η τοποθεσία του τερματισμού του χρήστη και του σημείου πρόσβασης του δημόσιου τηλεπικοινωνιακού δικτύου, στο οποίο συνδέεται ο χρήστης, είναι σταθερά, με χρήση αποκλειστικά και μόνο ραδιοσυχνοτήτων που έχουν εκχωρηθεί για το σκοπό αυτό. Δεδομένου του καθορισμού των ζωνών Σταθερής

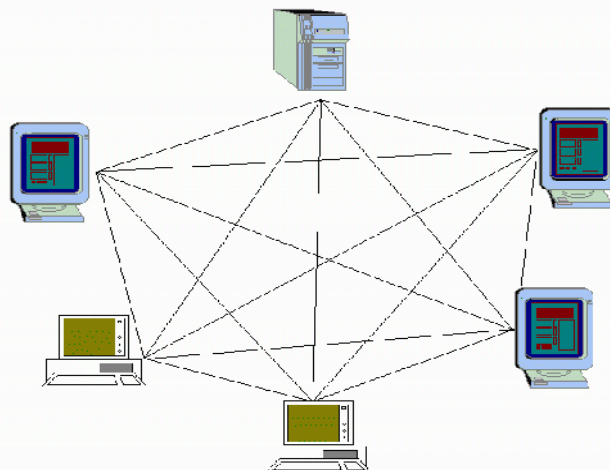
3.7 «Τοπολογία ασύρματων δικτύων»

3.7.1 Point-to-point

Το βασικό χαρακτηριστικό της σύνδεσης από point to point connection είναι η σύνδεση μόνο δύο σταθμών κάθε φορά.

Πρόκειται για την απλούστερη μορφή επικοινωνίας μεταξύ δύο σταθμών, που επιτυγχάνεται με απευθείας σύνδεσή τους με κάποια γραμμή επικοινωνίας. Όταν δύο κόμβοι δεν επικοινωνούν με απευθείας σύνδεση, έχουν τη δυνατότητα να επικοινωνήσουν μέσω κάποιων άλλων κόμβων, με αποτέλεσμα η επικοινωνία να γίνεται τμηματικά. Φυσικά δεν είναι απαραίτητο η επικοινωνία δύο κόμβων να γίνεται πάντα μέσω των ίδιων γραμμών μετάδοσης, αφού είναι δυνατόν να αλλάξει η διαδρομή για διάφορους λόγους. Στο πλαίσιο αυτό, έχουν αναπτυχθεί ειδικές τεχνικές για τον έλεγχο και τον καθορισμό της δρομολόγησης των δεδομένων από τον αποστολέα στον παραλήπτη. Γνωστά δίκτυα με συνδέσεις από σημείο σε σημείο, είναι τα δίκτυα δεδομένων ευρείας περιοχής, το διαδίκτυο (peer to peer), καθώς και άλλα τηλεπικοινωνιακά δίκτυα, όπως για παράδειγμα το τηλεφωνικό δίκτυο κλπ. Από τις γνωστές τοπολογίες δικτύων που έχουν μελετηθεί, η τοπολογία αστέρα και η τοπολογία δέντρου, είναι παραδείγματα τοπολογιών που λειτουργούν με σύνδεση point to point.

Fully Connected Point-to-Point Network



Σχ. 13: Δίκτυο Point-to-point

Στις περιπτώσεις κατά τις οποίες τα ασύρματα τοπικά δίκτυα χρησιμοποιούν συνδέσεις από σημείο σε σημείο, η επικοινωνία πραγματοποιείται είτε μεταξύ δύο σταθερών σημείων, είτε μεταξύ δύο σημείων, από τα οποία το ένα ή και τα δύο, βρίσκονται σε κίνηση. Επικοινωνίες αυτής της μορφής, αφορούν κυρίως τα ραδιοκύματα ή τα μικροκύματα τα οποία χρησιμοποιούνται ευρύτατα στην επικοινωνία μεγάλων αποστάσεων. Νεότερες εφαρμογές στηρίζονται τόσο στα επίγεια συστήματα οπτικών κυμάτων (laser) με οπτική επαφή, όσο και στα επίγεια συστήματα μικροκυμάτων.

Μικροκύματα χρησιμοποιούνται και σε ορισμένες εφαρμογές της ασύρματης δικτύωσης μικρής εμβέλειας, όπως είναι το άνοιγμα θυρίδων ή θυρών ασφαλείας, τα συστήματα ασφαλείας, τα συστήματα ενεργοποίησης ηλεκτρονικών συσκευών, οι βομβητές, κλπ.

3.7.2 Point-to-multipoint

Το κύριο παράδειγμα point to multipoint επικοινωνίας αποτελεί η broadcast μετάδοση. Είναι ταυτόχρονη επικοινωνία περισσότερων από δύο κόμβων. Τα δίκτυα εκπομπής διαθέτουν ένα και μοναδικό κανάλι επικοινωνίας, το οποίο μοιράζονται όλοι οι κόμβοι που είναι συνδεδεμένοι στο δίκτυο. Αποτέλεσμα αυτής της σύνδεσης, είναι ότι το κάθε μήνυμα που αποστέλλεται σε κάποιο σταθμό, παραλαμβάνεται από όλους ανεξαρτήτως τους χρήστες που βρίσκονται συνδεδεμένοι στο δίκτυο. Για το λόγο αυτό ο σύνδεσμος αυτής της μορφής, λέγεται και (point to multipoint connection) επικοινωνία ενός προς πολλούς. Το μήνυμα που στέλνεται από ένα κόμβο σε ένα άλλο, είναι εφοδιασμένο με

τη διεύθυνση του παραλήπτη, και λαμβάνεται από όλους τους κόμβους που είναι συνδεδεμένοι στο δίκτυο. Όταν ένας κόμβος δεχθεί το μήνυμα, ελέγχει τη διεύθυνση του παραλήπτη. Αν η διεύθυνσή του ταυτίζεται με τη διεύθυνση του παραλήπτη, τότε παραλαμβάνει το μήνυμα, διαφορετικά το αγνοεί.

Παραδείγματα δικτύων point to multipoint εκπομπής είναι τα δίκτυα του ραδιοφώνου και της τηλεόρασης, ενώ περιοριζόμενοι στην περίπτωση των δικτύων υπολογιστών, τέτοια δίκτυα είναι για παράδειγμα αυτά που κάνουν χρήση της τεχνολογίας LMDS.

3.7.3 *Ad hoc topology*

Τα Ad Hoc δίκτυα δημιουργούνται όταν τουλάχιστον δυο ανεξάρτητοι 802.11 σταθμοί δημιουργήσουν ένα ασύρματο δίκτυο απευθείας μεταξύ τους, δηλαδή χωρίς τη χρήση access points. Τα δίκτυα αυτά δεν χρειάζονται σχεδίαση ή site survey, είναι τοπικής σημασίας και, συνήθως, έχουν μικρή διάρκεια ύπαρξης αφού χρησιμοποιούνται κύρια για τη μεταφορά δεδομένων. Αντίθετα με τα ESS (στα οποία θα αναφερθούμε στη συνέχεια), οι ασύρματοι σταθμοί συνδέονται μεταξύ τους και μόνο, με αποτέλεσμα να δημιουργείται ένα BSS, το οποίο δε συνδέεται σε κάποιο ενσύρματο δίκτυο. Δεν υπάρχει κάποιο πρότυπο το οποίο να υπαγορεύει τον αριθμό των σταθμών που μπορεί να είναι σε ένα IBSS ούτε υπάρχει κάποιος μηχανισμός για αναμετάδοση. Επειδή στα IBSS δίκτυα δεν υπάρχει κάποιο access point, ο χρονισμός ελέγχεται με κατανομημένο τρόπο. Ο σταθμός που δημιουργεί το IBSS δίκτυο, καθορίζει τη χρονική περίοδο ενός σημαντήρα (beacon interval) με σκοπό να δημιουργήσει ένα σύνολο από target beacon transmission times (TBTT).

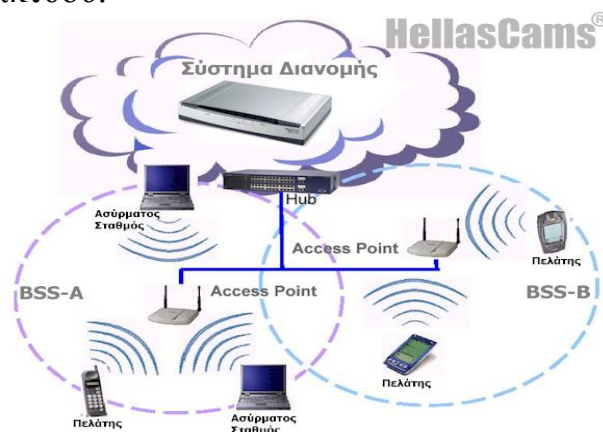
Όταν φτάσει η χρονική στιγμή του TBTT, κάθε σταθμός μέσα στο IBSS δίκτυο κάνει τις παρακάτω ενέργειες: Αναστέλλει όποιον backoff χρονιστή εκκρεμεί από προηγούμενα TBTT, καθορίζει μια νέα τυχαία καθυστέρηση αν ένας σημαντήρας φτάσει πριν τελειώσει η τυχαία καθυστέρηση, τότε επανεργοποιεί τους backoff χρονιστές. Αν δεν φτάσει ένας σημαντήρας και τελειώσει η τυχαία καθυστέρηση τότε στέλνει ένα σημαντήρα και επανεργοποιεί τους backoff χρονιστές. Όπως φαίνεται από τα παραπάνω, στα IBSS δίκτυα ο χρονισμός είναι μια κατανομημένη διαδικασία αντί να ελέγχεται από έναν σταθμό ή ένα access point. Επειδή τα δίκτυα IBSS έχουν το πρόβλημα της ανυπαρξίας κόμβου (hidden node problem), είναι πιθανό να αποσταλούν πολλοί σημαντήρες από πολλούς σταθμούς μέσα στην χρονική περίοδο του ενός σημαντήρα. Ωστόσο, αυτό επιτρέπεται από το πρότυπο και δεν δημιουργεί προβλήματα στην επικοινωνία αφού οι σταθμοί ψάχνουν για

την λήψη του πρώτου σημαντήρα που σχετίζεται με τη δική τους, τυχαία, καθυστέρηση. Ένθετο στον σημαντήρα είναι το timer synchronization function (TSF).

Κάθε σταθμός συγκρίνει το TSF με το δικό του χρονιστή και αν η τιμή του TSF είναι μεγαλύτερη από τη δική του, που σημαίνει ότι το ρολόι του αποστολέα είναι πιο γρήγορο, αναβαθμίζει τον χρονιστή του στην νέα, μεγαλύτερη τιμή. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα όλοι οι σταθμοί στο IBSS δίκτυο να συγχρονίζουν τα ρολόγια τους στο πιο γρήγορο. Σε μεγάλα IBSS δίκτυα, όπου δεν επικοινωνούν απευθείας όλοι οι σταθμοί, απαιτείται κάποιο χρονικό διάστημα ώστε να ανανεωθούν όλα τα ρολόγια.

3.7.4 Infrastructure topology

Είναι μια πιο σύνθετη τοπολογία ασύρματης δικτύωσης. Σε αυτήν το ασύρματο δίκτυο έχει μια κυψελοειδή μορφή, αποτελούμενο από έναν αριθμό από κυψέλες. Σε κάθε κυψέλη υπάρχει ένας σημείο πρόσβασης (AP, Access Point) και ένας αριθμός από ασύρματους σταθμούς, οι οποίοι εξυπηρετούνται από το AP και γι' αυτό ονομάζονται και πελάτες. Η κυψέλη ονομάζεται σύμφωνα με την ορολογία του προτύπου BSS (Basic Service Set), αποτελείται από έναν αριθμό ασύρματων σταθμών και ένα σημείο πρόσβασης (AP). Το BSS είναι το βασικό δομικό στοιχείο ενός ασύρματου δικτύου.

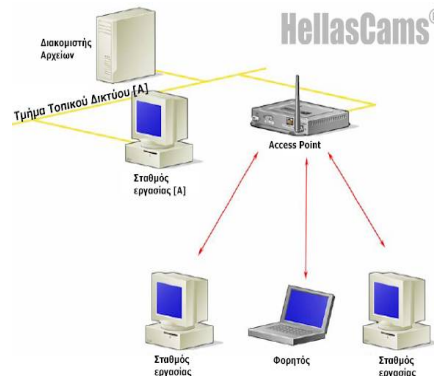


Σχ. 14

Δύο τύποι υπηρεσίας ορίζονται ανάλογα με τον αριθμό των AP, άρα και των κυψελών:

1. Infrastructure Basic Service Set

Αποτελείται από μία κυψέλη εξυπηρετούμενη από ένα σημείο πρόσβασης. Όλοι οι ασύρματοι σταθμοί στην κυψέλη επικοινωνούν μόνο με το σημείο πρόσβασης (AP). Έτσι αν ένας σταθμός θελήσει να επικοινωνήσει με έναν άλλον στέλνει τα πακέτα προς το AP και αυτό τα επανεκπέμπει προς τον τελικό προορισμό. Με αυτό τον τρόπο δεν χρειάζεται



Σχ. 15

οι σταθμοί να βρίσκονται ο ένας εντός της εμβέλειας των άλλων. Είναι αρκετό ο κάθε σταθμός να είναι εντός της εμβέλειας του AP. Έτσι η εμβέλεια, δηλαδή η μέγιστη απόσταση επικοινωνίας, είναι η διπλάσια από αυτήν στην Ad-Hoc τοπολογία και είναι δυνατή η επικοινωνία μεταξύ σταθμών που δεν βρίσκονται ο ένας εντός της εμβέλειας του άλλου. Επίσης, το AP μπορεί να παρέχει και σύνδεση σε ένα σύστημα διανομής (Distribution System), το οποίο να παρέχει σύνδεση ανάμεσα στο AP και άλλα δίκτυα. Έτσι, κάθε σταθμός έχει πρόσβαση σε οποιοδήποτε άλλον καθώς και στο σύστημα διανομής, εάν αυτό υπάρχει. Οι ασύρματοι σταθμοί που θα βρεθούν εντός της εμβέλειας του AP μπορούν να επικοινωνήσουν μεταξύ τους μέσω του AP ή και με το AP.

Το AP παρέχει τη λειτουργία της μεταγωγής (relay) των πακέτων μεταξύ των ασύρματων σταθμών ή μεταξύ των ασύρματων σταθμών και του συστήματος διανομής. Μπορούμε να πούμε επομένως ότι το AP επιτελεί τις λειτουργίες γέφυρας(bridge).

Πόσους ασύρματους σταθμούς πρέπει να έχει ένα AP;

Ισοδύναμα το ερώτημα αφορά το πλήθος των ασύρματων συσκευών σε μια κυψέλη. Όσο περισσότερους πελάτες έχει ένα AP, τόσο ελαττώνεται ο ρυθμός μετάδοσης που μπορεί να έχει ο καθένας. Το συνολικό εύρος που έχει διαθέσιμο ένα AP έχει ανώτατο όριο και αυτό το εύρος πρέπει να το μοιραστούν οι πελάτες.

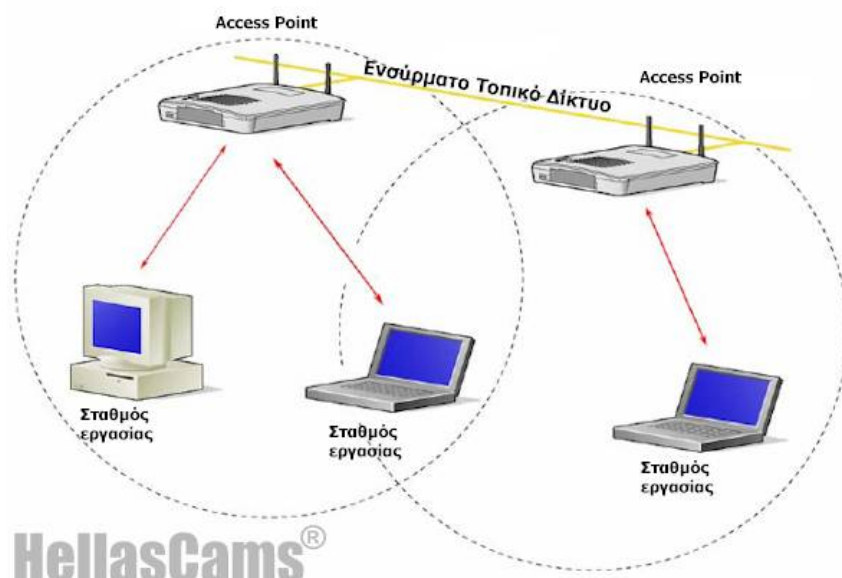
Έτσι αν ένας πελάτης μόνο στέλνει και λαμβάνει δεδομένα με το AP, όλο το εύρος είναι διαθέσιμο σε αυτόν, αν δύο πελάτες θελήσουν να ανταλλάξουν δεδομένα το διαθέσιμο εύρος, αυτόματα μοιράζεται στους δύο. Μάλιστα, το εύρος θα μοιραστεί στους χρήστες όχι όμως με ισοδύναμο τρόπο, αλλά ανάλογα με την ποιότητα ζεύξης που έχει ο καθένας με το AP. Έτσι κάποιος πελάτης που βρίσκεται πιο κοντά και μπορεί να επικοινωνεί χρησιμοποιώντας ρυθμό 11Mbps θα πάρει περισσότερο εύρος από κάποιον που είναι σε μεγαλύτερη απόσταση και λειτουργεί με άλλο ρυθμό π.χ. 2Mbps.

Επίσης, όσον αυξάνεται ο αριθμός των πελατών τόσο αυξάνεται και η πιθανότητα συγκρούσεων και άρα μειώνεται ο συνολικός ρυθμός μετάδοσης του συστήματος. Από την άλλη πλευρά, αν έχουμε πολύ λίγους πελάτες σε ένα AP δεν το αξιοποιούμε πλήρως. Έτσι θα υπάρχουν μεγάλοι χρονικοί περίοδοι όπου το AP θα μπορεί να υποστηρίξει κάποιο ρυθμό αλλά οι υπάρχοντες χρήστες δεν θα το εκμεταλλεύονται. Αυτό, προφανώς, δεν είναι καθόλου αποδοτικό από οικονομική άποψη.

Κατά συνέπεια, υπάρχει ένας βέλτιστος αριθμός χρηστών ανά AP. Αυτός ο αριθμός εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά των χρηστών. Αν, δηλαδή, χρησιμοποιούν μεγάλο εύρος πρέπει να εγκαταστήσουμε περισσότερα AP. Ένας τυπικός αριθμός όπου το AP μπορεί να λειτουργεί αποτελεσματικά είναι 15 -50 πελάτες.

2. ESS-Extended Service Set

Αποτελείται από έναν αριθμό κυψελών. Κάθε κυψέλη εξυπηρετείται από ένα σημείο πρόσβασης (AP), και τα AP είναι διασυνδεδεμένα μεταξύ τους με μία δομή δικτύου μετάδοσης.



Σχ. 16

Ο σκοπός της τοπολογίας αυτής είναι να μεγαλώσει την εμβέλεια ασύρματης κάλυψης. Τέτοιες περιπτώσεις είναι για παράδειγμα, όταν ένα μόνο AP δεν μπορεί να καλύψει μια περιοχή ή ένα χώρο ή μπορεί να το καλύψει αλλά όχι με επαρκή ποιότητα. Σε μια τέτοια περίπτωση εγκαθιστούμε έναν αριθμό από AP σε κατάλληλα επιλεγμένα σημεία, ώστε να καλύψουμε όλους τους χώρους με ικανοποιητική ποιότητα και στη συνέχεια διασυνδέουμε τα AP μεταξύ τους. Μία τέτοια περίπτωση είναι η κάλυψη των χώρων ενός κτιρίου. Ανάλογα με την τοπολογία του, θα χρειαστεί να εγκατασταθεί ένα AP ανά όροφο ή ίσως και ανά αίθουσα. Τα AP μπορεί να είναι διασυνδεδεμένα σε ένα απλό ενσύρματο ethernet δίκτυο. Σε αυτή την κυψελοειδή δομή δικτύου, ένας ασύρματος σταθμός μπορεί να μετακινείται από τη μία κυψέλη στην άλλη, χωρίς να χάνει τη διασύνδεση του. Αυτή η δυνατότητα ονομάζεται περιαγωγή.

3. DS-Distribution System.

Ορίζεται επίσης σαν σύστημα διανομής. Είναι το δίκτυο το οποίο συνδέει τα AP μεταξύ τους καθώς και με τα υπόλοιπα δίκτυα. Το πρότυπο 802.11 δεν ορίζει τη μορφή του, έτσι μπορεί να είναι ένα ενσύρματο δίκτυο ethernet 803.2, κάποιο ασύρματο ειδικής μορφής είτε μπορεί και να είναι και ασύρματο 802.11, Ad-Hoc ή κάποια άλλη τεχνολογία. Προφανώς, ένα ασύρματο δίκτυο μπορεί να περιλαμβάνει ένα οποιαδήποτε συνδυασμό από τις παραπάνω τοπολογίες. Η πολύ μεγάλη ευελιξία στη σχεδίαση είναι ένα από τα βασικά πλεονεκτήματα της συγκεκριμένης.

3.8 «Ασφάλεια στα ασύρματα δίκτυα»

3.8.1 Κρυπτογράφηση στο 802.11 πρότυπο

Το 802.11 πρότυπο παρέχει εμπιστευτικότητα στα δεδομένα μέσω του WEP αλγόριθμου. Το WEP βασίζεται στο RC4, το οποίο είναι συμμετρικός stream αλγόριθμος κρυπτογράφησης. Η συμμετρική τεχνική του RC4 απαιτεί από τα στατικά κλειδιά 40 ή 104 bits να είναι παραμετροποιημένα στις ασύρματες τερματικές συσκευές και σημεία πρόσβασης (access points). Το WEP είχε επιλεγεί λόγω της πολύ μικρής επεξεργαστικής ισχύος που απαιτεί κατά την χρήση του. Παρόλο που οι συσκευές 802.11 είναι πολύ διαδεδομένες σήμερα, η κατάσταση ήταν πολύ διαφορετική το 1997.

Η πλειοψηφία των συσκευών ήταν application specific devices (ASDs). Παραδείγματα ASDs, είναι τα barcode scanners, τα tablet PCs και τα 802.11-τηλέφωνα. Το λογισμικό των ASDs δεν απαιτούσε μεγάλη επεξεργαστική ισχύ με αποτέλεσμα οι συσκευές αυτές είχαν επεξεργαστές πολύ μικρής επεξεργαστικής ισχύος. Το WEP, το οποίο υλοποιείται με 30 γραμμών κώδικα, δεν απαιτεί επεξεργαστική ισχύ και ήταν ιδανικό για τα ASDs. Για την αποφυγή του ECB mode κρυπτογράφησης, το WEP χρησιμοποιεί ένα 24-bit IV, που προστίθεται στο κλειδί πριν το επεξεργαστεί ο RC4 αλγόριθμος κρυπτογράφησης. Το IV πρέπει να αλλάζει σε κάθε frame προκειμένου να αποφεύγονται οι IV “συγκρούσεις”. Οι IV “συγκρούσεις” γίνονται όταν το IV και το WEP κλειδί παραμένουν ίδια, με αποτέλεσμα να χρησιμοποιείται η ίδια ακολουθία κλειδιού για την κρυπτογράφηση ενός frame. Η “σύγκρουση” αυτή δίνει τη δυνατότητα σε κακόβουλους να υπολογίσουν με καλύτερες προϋποθέσεις τα μη κρυπτογραφημένα δεδομένα με βάσει τις ομοιότητες στα κρυπτογραφημένα δεδομένα.

Ο σκοπός της χρήσης του IV είναι η αποφυγή τέτοιων περιπτώσεων και έτσι είναι πολύ σημαντικό να αλλάζει συχνά το IV. Οι περισσότεροι κατασκευαστές ασύρματου δικτυακού εξοπλισμού προσφέρουν την δυνατότητα χρήσης διαφορετικού IV ανά πλαίσιο. Το 802.11 πρότυπο απαιτεί τη χρήση ίδιων WEP κλειδιών, που θα είναι στατικά παραμετροποιημένα στις ασύρματες συσκευές και τις συσκευές υποδομής και διασύνδεσης. Το πρότυπο επιτρέπει την παραμετροποίηση τεσσάρων WEP κλειδιών ανά συσκευή. Στην κρυπτογράφηση όμως των εξερχόμενων πλαισίων χρησιμοποιείται μόνο το ένα. Η WEP κρυπτογράφηση χρησιμοποιείται μόνο σε frames και κατά την διάρκεια του Shared Key authentication. Το WEP κρυπτογραφεί μόνο τα δεδομένα και το integrity check value (ICV) από το σύνολο του 802.11 frame. Όλα τα άλλα πεδία μένουν χωρίς κρυπτογράφηση. Μάλιστα το IV δεν

κρυπτογραφείται αφού το χρειάζεται ο παραλήπτης για να αποκρυπτογραφήσει το πλαίσιο. Επίσης, το 802.11 πρότυπο ορίζει ένα 32-bit αριθμό (integrity check value - ICV) που ελέγχει την σωστή μετάδοση του πλαισίου. Το ICV υπολογίζεται από όλα τα πεδία του πλαισίου με την χρήση μιας cyclic redundancy check (CRC)-32 πολυωνυμικής συνάρτησης. Ο αποστολέας του πλαισίου υπολογίζει την τιμή του ICV και το βάζει στο πεδίο του ICV στο πλαίσιο. Το ICV κρυπτογραφείται από το WEP και έτσι δεν φαίνεται στους κακόβουλους.

Ο δέκτης αποκρυπτογραφεί το πλαίσιο, υπολογίζει την τιμή του ICV και την συγκρίνει με την τιμή που υπολογίζει ο ίδιος. Εάν οι τιμές αυτές είναι ίδιες, τότε το πλαίσιο μεταδόθηκε χωρίς σφάλματα. Αν υπάρχει διαφορά στις τιμές του ICV, τότε το πλαίσιο μεταδόθηκε με σφάλμα και απορρίπτεται.

Ελαττώματα στην WEP κρυπτογράφηση

Η πιο σημαντική και επικίνδυνη ευπάθεια του 802.11 προτύπου παρουσιάστηκε από τρεις κρυπτογράφους, τους Fluhrer, Mantin και Shamir. Στην ανάλυσή τους παρουσίασαν έναν παθητικό τρόπο συλλογής συγκεκριμένων πλαισίων από ένα WLAN, τα οποία μπορούν να δώσουν το κρυφό WEP κλειδί. Η ευπάθεια του 802.11 βρίσκεται στον τρόπο που έχει υλοποιηθεί το key scheduling algorithm (KSA) του WEP από τον RC4 stream αλγόριθμο κρυπτογράφησης. Ένας αριθμός από IVs (αποκαλούμενα και ως weak IVs) μπορούν να αποκαλύψουν bytes από το WEP κλειδί μετά από στατιστική ανάλυση. Ερευνητές στο AT&T και στο πανεπιστήμιο Rice καθώς και η ομάδα ανάπτυξης του λογισμικού AirSnort, πραγματοποίησαν επιθέσεις στο 802.11 με βάση την παραπάνω ευπάθεια και επαλήθευσαν ότι είναι δυνατή η εύρεση WEP κλειδίων είτε με 40 είτε με 104 bits μήκους, ύστερα από 4 εκατομμύρια frames.

Για 802.11b ασύρματα δίκτυα με αυξημένη δικτυακή κίνηση, αυτό μεταφράζεται σε 1 ώρα μέχρι να βρεθεί το WEP κλειδί. Η ευπάθεια αυτή καθιστά το WEP αναξιόπιστο μηχανισμό ασφαλείας. Η επίθεση είναι παθητικού τύπου αφού ο κακόβουλος απλώς ανιχνεύει ένα BSS και συλλέγει τα πλαίσια που εκπέμπονται. Σε αντίθεση με την ευπάθεια της shared key πιστοποίησης, η επίθεση των Fluhrer, Mantin και Shamir εξάγει το πραγματικό WEP κλειδί και όχι απλώς την ακολουθία του κλειδιού. Αυτή η πληροφορία επιτρέπει στον κακόβουλο να έχει πρόσβαση στο BSS σαν πιστοποιημένη συσκευή, χωρίς να το αντιληφθούν οι διαχειριστές του δικτύου. Επιπρόσθετα έχει ανακοινωθεί μια, δεύτερης γενιάς, επίθεση στο WEP, η οποία όμως βρίσκεται ακόμη στη θεωρία και δεν έχει γίνει πράξη. Αυτή η επίθεση χρησιμοποιεί την ίδια αρχή που χρησιμοποιείται στην επίθεση κατά της shared key πιστοποίησης, δηλαδή η αντιστοίχιση των μη κρυπτογραφημένων

δεδομένων με κρυπτογραφημένα δεδομένα και μέσω της οποίας εξάγεται η ακολουθία του WEP κλειδιού.

Η ακολουθία του WEP κλειδιού όμως είναι χρήσιμη για την αποκρυπτογράφηση των frames για ένα δεδομένο ζεύγος IV και WEP κλειδιού καθώς και για συγκεκριμένου μήκους frames. Θεωρητικά, ένας κακόβουλος θα πρέπει να συλλέξει όσο το δυνατό περισσότερες ακολουθίες WEP κλειδιού μπορεί, ώστε να κατασκευάσει μια βάση δεδομένων από ακολουθίες WEP κλειδιού και να αποκρυπτογραφεί όλα τα, διαφορετικών μηκών, frames. Σε WLANs όπου δε χρησιμοποιείται η shared key πιστοποίηση, η τεχνική του frame bit flipping δίνει τη δυνατότητα στον κακόβουλο να εξάγει έναν μεγάλο αριθμό ακολουθιών

3.8.2 Μηχανισμοί πιστοποίησης στο 802.11 πρότυπο

Το 802.11 πρότυπο περιγράφει δυο μηχανισμούς για την πιστοποίηση WLAN χρηστών:

1. Open authentication Το open authentication είναι ένας μηδενικός (null) αλγόριθμος πιστοποίησης. Το access point δέχεται κάθε αίτηση για πιστοποίηση. Μπορεί εκ πρώτης ο αλγόριθμος αυτός να ακούγεται άχρηστος, αλλά έχει την δικιά του ιδιαίτερη σημασία στα 802.11 δίκτυα. Οι απαιτήσεις για πιστοποίηση επιτρέπουν στις συσκευές τη γρήγορη πρόσβαση στο δίκτυο. Ο έλεγχος της πρόσβασης στο open authentication εξαρτάται από τα παραμετροποιημένα WEP κλειδιά στις ασύρματες τερματικές συσκευές και τα APs. Οι ασύρματες τερματικές συσκευές και τα APs πρέπει να έχουν τα ίδια WEP κλειδιά για να μπορούν να επικοινωνήσουν. Αν δεν είναι ενεργοποιημένο το WEP στο ασύρματο δίκτυο τότε δεν υπάρχει ασφάλεια στο BSS. Κάθε ασύρματη συσκευή θα μπορεί να συνδεθεί στο BSS και όλα τα πλαίσια θα εκπέμπονται χωρίς κρυπτογράφηση. Μετά το open authentication και τη διαδικασία της συσχέτισης, η ασύρματη συσκευή μπορεί να επικοινωνήσει με το ασύρματο δίκτυο. Αν οι δικτυακές συσκευές έχουν διαφορετικά WEP κλειδιά, τότε κάθε πλαίσιο που θα λαμβάνεται θα απορρίπτεται. Αυτή η λειτουργία προσφέρει, στην ουσία, τον έλεγχο της πρόσβασης στο BSS.

2. Shared Key authentication Σε αντίθεση με το open authentication, η shared key πιστοποίηση απαιτεί τόσο την ενεργοποίηση του WEP όσο και τα WEP κλειδιά να είναι ίδια. Τα παρακάτω σημεία περιγράφουν την διαδικασία πιστοποίησης μέσω shared key. 1. Η ασύρματη συσκευή στέλνει μια αίτηση πιστοποίησης στο AP για να γίνει η πιστοποίηση. 2. Το AP απαντάει στην συσκευή με ένα cleartext challenge πλαίσιο. 3. Η ασύρματη συσκευή κρυπτογραφεί το challenge πλαίσιο και το

στέλνει στο AP. 4. Αν το AP μπορέσει να αποκρυπτογράφησει το πλαίσιο και το περιεχόμενο είναι το ίδιο με το αρχικό πλαίσιο που έστειλε, τότε αποστέλλεται στην ασύρματη συσκευή ένα πλαίσιο επιτυχούς πιστοποίησης. 5. Η ασύρματη συσκευή μπορεί να έχει πρόσβαση στο ασύρματο δίκτυο. Η συλλογιστική πίσω από τη shared key πιστοποίηση είναι παρόμοια με αυτή του open authentication με WEP κλειδιά, ως μέσο για τον έλεγχο της πρόσβασης. Η διαφορά μεταξύ των δυο μεθόδων είναι ότι η ασύρματη συσκευή δεν μπορεί να επικοινωνήσει με τη shared key πιστοποίηση αν δεν είναι σωστά τα WEP κλειδιά.

Αδυναμίες ασφάλειας στο 802.11 πρότυπο

Οι προηγούμενες παράγραφοι εξετάζουν την ασφάλεια και συγκεκριμένα την κρυπτογράφηση και πιστοποίηση του προτύπου 802.11. Δεν είναι, ωστόσο, μυστικό ότι η ασφάλεια του 802.11 προτύπου είναι ελαττωματική.

Ελαττώματα στο open authentication

Το open authentication δεν παρέχει σε ένα AP κάποιον τρόπο για να καθορίσει εάν ένας ασύρματος σταθμός είναι έγκυρος ή όχι. Η αδυναμία αυτή επιφέρει ελαττωματική ασφάλεια εάν η WEP κρυπτογράφηση δεν είναι ενεργοποιημένη στο WLAN. Ακόμη και εάν το στατικό WEP είναι ενεργοποιημένο στις συσκευές του WLAN, το open authentication δεν παρέχει κανενός είδους εξακρίβωσης για το ποιος χρησιμοποιεί τη δικτυακή συσκευή. Μια πιστοποιημένη συσκευή στα χέρια ενός μη πιστοποιημένου χρήστη μπορεί να επιφέρει το ίδιο αποτέλεσμα με το να μην υπάρχει καθόλου ασφάλεια στο δίκτυο.

Ελαττώματα στο shared key authentication

Η shared key πιστοποίηση προϋποθέτει ότι οι δικτυακοί σταθμοί χρησιμοποιούν ένα προκαθορισμένο WEP κλειδί ώστε να κρυπτογραφήσουν το challenge κείμενο, το οποίο στέλνει το AP. Το AP πιστοποιεί τον σταθμό εργασίας αποκρυπτογραφώντας τη shared-key απάντησή του και επαληθεύοντας το challenge κείμενο. Η διαδικασία της ανταλλαγής του challenge κείμενου πραγματοποιείται πάνω από την ασύρματη σύνδεση και είναι επιρρεπής στην plaintext επίθεση. Η ευπάθεια αυτή της shared key πιστοποίησης βασίζεται στις μαθηματικές αρχές που υπάρχουν πίσω από την κρυπτογράφηση. Στην μέθοδο αυτή, η κρυπτογράφηση είναι η λογική πράξη exclusive OR (XOR) του challenge κειμένου με την ακολουθία του κλειδιού. Αν τα μη κρυπτογραφημένα

δεδομένα γίνουν XOR με τα κρυπτογραφημένα δεδομένα τότε το αποτέλεσμα είναι η ακολουθία του κλειδιού για το WEP κλειδί και το IV.

Ένας κακόβουλος μπορεί να ανιχνεύσει το plaintext challenge και την κρυπτογραφημένη απάντηση. Με την απλή πράξη XOR ανάμεσα στις δυο τιμές μπορεί να αποκτήσει την έγκυρη ακολουθία κλειδιού. Έτσι, κάποιος κακόβουλος μπορεί να αποκρυπτογραφήσει τα frames που έχουν το ίδιο μήκος με την ακολουθία κλειδιού, αφού το IV της ακολουθίας κλειδιού που βρίσκει είναι το ίδιο με αυτό του κρυπτογραφημένου πλαισίου.

3.8.3 Μηχανισμοί πιστοποίησης μέσω MAC διευθύνσεων

Η πιστοποίηση μέσω MAC διευθύνσεων δεν ορίζεται στο 802.11 πρότυπο αλλά υποστηρίζεται από τους περισσότερους κατασκευαστές ασύρματου δικτυακού εξοπλισμού. Η πιστοποίηση αυτή, επαληθεύει τη MAC διεύθυνση της συσκευής με βάση μια λίστα από MAC διευθύνσεις, η οποία είναι παραμετροποιημένη είτε τοπικά σε ένα AP είτε σε ένα εξωτερικό εξυπηρετητή πιστοποίησης (authentication server). Η MAC address πιστοποίηση ενισχύει τις open και shared key πιστοποιήσεις, μειώνοντας τις πιθανότητες για μη πιστοποιημένη πρόσβαση στο ασύρματο δίκτυο. Για παράδειγμα, ο διαχειριστής ενός ασύρματου δικτύου μπορεί να επιθυμεί να περιορίσει την πρόσβαση των χρηστών σε ένα AP. Μέσω των open και shared key μηχανισμών δεν μπορεί να επιτευχθεί κάτι τέτοιο. Ωστόσο, μέσω της MAC πιστοποίησης πραγματοποιείται ο επιθυμητός έλεγχος της πρόσβασης πολύ εύκολα.

Ελαττώματα στην MAC address πιστοποίηση

Οι MAC διευθύνσεις στέλνονται χωρίς κρυπτογράφηση σε όλα τα 802.11 frames, όπως ορίζει το 802.11 πρότυπο. Σαν αποτέλεσμα, τα WLANs που χρησιμοποιούν τη MAC πιστοποίηση είναι ευάλωτα σε έναν επίβουλο, ο οποίος κάνει MAC address spoofing με μια έγκυρη MAC address. Το MAC address spoofing είναι εφικτό στις ασύρματες 802.11 κάρτες δικτύου (NICs) που επιτρέπουν την εγγραφή πάνω από την universally administered address (UAA) με οποιαδήποτε MAC διεύθυνση της επιλογής του χρήστη (locally administered address -LAA). Η UAA είναι η MAC address που βρίσκεται προγραμματισμένη στην ROM μνήμη της κάρτας δικτύου από τον κατασκευαστή. Ένας κακόβουλος μπορεί να χρησιμοποιήσει έναν αναλυτή πρωτοκόλλου (protocol analyzer) προκειμένου να βρει μια έγκυρη, για το BSS, MAC διεύθυνση και μια LAA κάρτα δικτύου, προκειμένου να κάνει MAC address spoofing.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

«ΔΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ»

Στο προηγούμενο κεφάλαιο περιγράψαμε την τοπολογία των ασυρμάτων δικτύων που χρησιμοποιούνται για την υλοποίησή τους. Τα κύρια δομικά στοιχεία που αποτελούν τις παραπάνω τοπολογίες που περιγράψαμε (ad-hoc, infrastructure, point-to-point, point-to-multipoint) είναι οι ασύρματες κάρτες δικτύου και τα access points. Οι χρήστες των ασύρματων δικτύων μπορεί να χρησιμοποιούν διάφορες συσκευές όπως είναι οι προσωπικοί υπολογιστές, τα laptops και τα PDAs. Η χρήση των ασύρματων δικτύων από σταθερούς υπολογιστές έχει το πλεονέκτημα της μη χρησιμοποίησης καλωδίων. Τα laptops και τα PDAs, λόγω του μικρού μεγέθους τους, έρχονται πλέον από το εργοστάσιο με κάρτες ασύρματου δικτύου ενώ υπάρχουν και εξειδικευμένες συσκευές όπως είναι τα barcode readers και τα ιατρικά όργανα που συνδέονται σε ασύρματα LANs.

4.1 «Σημεία πρόσβασης (Access Points)»

Η αρχική φιλοσοφία των access points (συστήματα πρώτης γενιάς) ήταν η ύπαρξη μιας ασύρματης κάρτας δικτύου για την επικοινωνία με τους χρήστες και μιας ενσύρματης κάρτας δικτύου για την επικοινωνία με ενσύρματο δίκτυο (Ethernet). Ωστόσο, η φιλοσοφία αυτή ήταν περιοριστική αφού για τη δημιουργία ενός ασύρματου δικτύου κορμού (με μπάντα λειτουργίας τα 5GHz, για παράδειγμα) και πρόσβασης (με μπάντα λειτουργίας τα 2,4GHz, για παράδειγμα) υπήρχε η ανάγκη για την αγορά, εγκατάσταση, διαχείριση και συντήρηση δυο συστημάτων ανά σημείο!

Στη συνέχεια αναπτύχθηκαν συστήματα δεύτερης γενιάς τα οποία υποστήριζαν και τις δυο μπάντες (b/g και a), είχαν δηλαδή δυο ασύρματες κάρτες δικτύου, μια για την κάθε μια μπάντα, ικανοποιώντας καλύτερα τις σχετικές απαιτήσεις. Στα συστήματα δεύτερης γενιάς περιλαμβάνονται και εκείνα τα συστήματα τα οποία μπορούν να υποστηρίξουν και μια επιπλέον μπάντα από αυτές των b/g και a. Η μπάντα αυτή είναι συνήθως των 4,9 GHz, η οποία χρησιμοποιείται σε εφαρμογές δημόσιας ασφάλειας και τα συστήματα αυτά χαρακτηρίζονται ως triband.

Ωστόσο, σήμερα έχουν παρουσιαστεί αρκετές λύσεις τρίτης γενιάς οι οποίες διαθέτουν από τέσσερις έως οκτώ ασύρματες κάρτες δικτύου, και οι οποίες μπορούν να υποστηρίξουν κάθε δυνατό συνδυασμό των προτύπων b/g και a. Σκοπός των συστημάτων τρίτης γενιάς είναι να άρουν τα μειονεκτήματα των πολυκατευθυντικών κεραιών που χρησιμοποιούνταν στα συστήματα δεύτερης γενιάς, με τη χρήση πολλαπλών, κατευθυντικών ή τομεακών, κεραιών. Μάλιστα αρκετά από τα συστήματα αυτά που έχουν παρουσιαστεί διαθέτουν δυο ή και τρεις ενσύρματες κάρτες δικτύου.

Τέλος, θα πρέπει να αναφερθεί ότι τα τέταρτης γενιάς συστήματα, τα οποία θα παρουσιαστούν στο εγγύς μέλλον, θα είναι υβριδικά, δηλαδή θα υποστηρίζουν τα πρότυπα 802.11 και 802.16 και θα διαθέτουν πολλαπλές ενσύρματες και ασύρματες κάρτες δικτύου. Κάθε access point διαθέτει λογισμικό το οποίο είναι απαραίτητο για την πραγματοποίηση μιας σειράς από λειτουργίες με την σημαντικότερη να είναι η επικοινωνία μεταξύ του ασύρματου και του ενσύρματου δικτύου. Πέραν της βασικής λειτουργικότητας που παρέχει το λογισμικό αυτό, προσφέρει μια σειρά από επιπλέον δυνατότητες, όπως είναι για παράδειγμα η δρομολόγηση της κίνησης, η παροχή ποιότητας εξυπηρέτησης, η εφαρμογή πολιτικών ασφαλείας, η ολοκληρωμένη, απομακρυσμένη και ασφαλής διαχείριση του εξοπλισμού και συντήρηση του λογισμικού. Η συντριπτική πλειοψηφία των access points διαθέτει μια σειριακή θύρα RS-232 για την παραμετροποίηση του εξοπλισμού είτε τοπικά με τη χρήση σειριακού καλωδίου και τερματικού είτε απομακρυσμένα με τη χρήση modem και τερματικού. Επίσης, διαθέτει διεπαφή διαχείρισης μέσω web (web management interface), με τη χρήση ενσωματωμένου http server, και με σκοπό την απομακρυσμένη διαχείριση και συντήρηση του εξοπλισμού μέσω της ενσύρματης ή/και της ασύρματης κάρτας δικτύου. Στην περίπτωση αυτή χρησιμοποιούνται ειδικές τεχνικές προστασίας της επικοινωνίας (Secure HTTP) μεταξύ διαχειριστή και εξοπλισμού access point.

4.1.1 *Bridge και access point*

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να τονιστεί για μια ακόμη φορά η διαφορά μεταξύ ενός AP και ενός bridge. Η λειτουργία των APs είναι να διασυνδέουν πολλαπλούς ασύρματους χρήστες μεταξύ τους. Επιπλέον, διασυνδέουν τους χρήστες στο ενσύρματο δίκτυο. Για παράδειγμα, πολλοί ασύρματοι χρήστες με εξοπλισμό 802.11g μπορούν να συνδεθούν σε ένα AP με σκοπό να επικοινωνήσουν μεταξύ τους, αλλά και να

μοιραστούν τη σύνδεση και τις υπηρεσίες που τους παρέχει το AP στο ενσύρματο Ethernet δίκτυο. Αντίθετα, το bridge δε διασυνδέει χρήστες αλλά δίκτυα και μόνο.

Επίσης, θα πρέπει να διευκρινιστεί ότι είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί ένα bridge σε ασύρματα δίκτυα εσωτερικού χώρου. Για παράδειγμα, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα bridge για τη διασύνδεση του ενσύρματου δικτύου με ένα απομακρυσμένο ασύρματο δίκτυο, το οποίο μπορεί να περιλαμβάνει κατ' ελάχιστο ένα AP και το οποίο έχει ως σκοπό την παροχή δικτύωσης σε απομακρυσμένους χρήστες. Στην προκειμένη περίπτωση το AP διαθέτει bridge λειτουργικότητα αφού το uplink που χρησιμοποιεί δεν είναι ενσύρματο αλλά ασύρματο. Τα τελευταία χρόνια υπάρχει μια τάση στην αγορά για την ενσωμάτωση της AP και bridge λειτουργικότητας, ιδιαίτερα στα προϊόντα για ασύρματα MANs.

4.2 «Ασύρματες κάρτες δικτύου (*Wireless Network Cards*)»

Ένα πολύ σημαντικό συστατικό στοιχείο των ασύρματων δικτύων είναι οι ασύρματες κάρτες δικτύου, οι οποίες υλοποιούν την διασύνδεση με το ασύρματο LAN. Η ασύρματη κάρτα δικτύου συνήθως καλύπτει ένα πρότυπο του 802.11, δηλαδή είτε το 802.11a είτε το 802.11b/g. Ωστόσο, τα τελευταία δυο χρόνια έχουν παρουσιαστεί στην αγορά κάρτες που καλύπτουν όλα τα Wi-Fi πρότυπα (triband) κατά τρόπο οικονομικό. Οι ασύρματες κάρτες δικτύου διατίθενται σε διάφορους τύπους, μεταξύ των οποίων είναι και οι ακόλουθοι: ISA, PCI, PC card, mini-PCI και CF.

4.3 «Περιγραφή του δικού μας AP (Level One WAP-0005)»

Το Access Point(AP) που θα χρησιμοποιήσουμε στην εργασία μας είναι της εταιρείας LevelOne (108Mbps PoE Access Point). Το LevelOne υποστηρίζει το πρότυπο 802.11g αλλά και το 802.11b. Επιτρέπει μετάδοση πακέτων πάνω από 54 Mbps καθώς και ασύρματες συνδέσεις στα 108 Mbps, για το μέγιστο δυνατό throughput. Υποστηρίζει τα πρωτόκολλα TCP/IP, NetBEUI, ARP, DHCP client, HTTP, FTP και TFTP.

Οι βασικές ρυθμίσεις του AP που από εκεί μπορεί ο χρήστης να επιλέξει ανάλογα με τις ανάγκες του φαίνονται στο Σχ.18. Το AP μπορεί να λειτουργήσει σε 4 διαφορετικές καταστάσεις βοηθώντας τους χρήστες να ελίσσονται άνετα στήνοντας το δίκτυο τους στις διαφορετικές απαιτήσεις που έχει ο καθένας. Αυτές είναι :

1. Η λειτουργία AP, όπου λειτουργεί σαν ένα κανονικό AP.
2. Η λειτουργία Client/Repeater, αντιδρά σαν Client ή σαν Repeater για ένα άλλο AP. Αν επιλεγθεί αυτή η λειτουργία από τον χρήστη θα πρέπει να παρέχει την Mac Address του άλλου AP . Σε αυτήν την λειτουργία όλη η κίνηση στέλνεται σε συγκεκριμένο AP.
3. Η λειτουργία Client που λειτουργεί σαν ένας απλός Client για ένα άλλο συγκεκριμένο AP.
4. Τέλος έχουμε την λειτουργία του Repeater που λειτουργεί σαν ένας απλός Repeater για ένα άλλο συγκεκριμένο AP

Basic Settings

Operation

Wireless Mode: 802.11b and 802.11g

AP Mode: Access Point

Remote AP

MAC Address: [] Select AP

Broadcast SSID

Bridge Mode: None (disable)

PTP Bridge AP

MAC Address: []

In PTMP mode, only allow specified APs

Set PTMP APs

Parameters

Channel No: Automatic

Current Channel No: 1

Save Cancel Help

Σχ.18

Μια ακόμα από τις πιο βασικές επιλογές του Access Point για την σωστή ζεύξη των κεραιών είναι και η διαχείριση του Bridge Mode. Υπάρχουν 2 επιλογές που χρησιμοποιούνται ανάλογα με τις απαιτήσεις του δικτύου.

1. **Point-to-Point Bridge (PTP)** όπου “γεφυρώνεται” μονάχα με ένα άλλο AP όπου επιτυγχάνεται γράφοντας την διεύθυνση MAC του άλλου AP στο κατάλληλο πεδίο.
2. **Point-to-Multi-Point Bridge (PTMP)** χρησιμοποιείται σαν “κύριος” σταθμός σε ένα σύνολο σταθμών με Bridge Mode ζεύξεων και οι υπόλοιποι σταθμοί συνδέονται μαζί του με point-to-point Bridge χρησιμοποιώντας την δική του Mac Address στέλνοντας όλη την κίνηση στο “κύριο” σταθμό.

Τέλος το Access Point (wap-0005) προσφέρει επίσης λύσεις σε επίπεδο επιχειρήσεων με πολύ καλά αποτελέσματα αφού είναι εξοπλισμένο με εξελιγμένα χαρακτηριστικά ασφαλείας χρησιμοποιώντας μεθόδους κρυπτογράφησης με κλειδιά WEP και WAP.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

«ΚΕΡΑΙΕΣ ΑΣΥΡΜΑΤΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ»

Οι κεραίες που χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία του ασύρματου δικτύου είναι το δεύτερο εξαιρετικά σημαντικό συστατικό του στοιχείου, το οποίο θα επηρεάσει τόσο την ορθή όσο και την αποδοτική λειτουργία του δικτύου. Η αρχή που θα χρησιμοποιηθεί στην υλοποίηση του δικτύου είναι η χρήση όσο το δυνατό πιο κατευθυντικών κεραιών τόσο στο backbone όσο και στο access δίκτυο.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, η, υψηλής κατευθυντικότητας, κεραία έχει πολύ στενό εύρος δέσμης και η ισχύς του σήματος μειώνεται ραγδαία έξω από την κύρια δέσμη (λοβό). Αυτό παρέχει δυο εξαιρετικά σημαντικά πλεονεκτήματα: το πρώτο είναι ότι οι δέκτες δεν προσλαμβάνουν το σύνολο του θορύβου και των παρεμβολών που υπάρχει στο περιβάλλον παρά μόνο αυτά που υπάρχουν στο στενό aperture της κεραίας. Το δεύτερο είναι ότι η μεταδιδόμενη ενέργεια ενυπάρχει σε μια πολύ μικρή περιοχή, και κατά συνέπεια δε δημιουργεί παρεμβολή σε μια μεγάλη περιοχή. Τέλος, ο ενεργός ασύρματος εξοπλισμός δε χρειάζεται να δουλεύει στα μέγιστα της ισχύος του, αυξάνοντας κατά αυτόν τον τρόπο την θερμική, ηλεκτρική και μηχανική καταπόνησή του.

Κεραίες υπάρχουν σε μια ποικιλία σχημάτων και μεγεθών. Υπάρχει μια ποικιλία διαφορετικών κεραιών εντός μιας συγκεκριμένης μπάνας συχνοτήτων. Κάθε κεραία έχει συγκεκριμένα χαρακτηριστικά, τα οποία την κάνουν κατάλληλη για συγκεκριμένους σκοπούς. Γενικά, η επιλογή της κεραίας είναι ένα από τα πλέον σημαντικά ζητήματα για την υλοποίηση ενός ασύρματου συστήματος δεδομένων.

Η τέλεια κεραία είναι γνωστή και ως ισοτροπικής ακτινοβολίας (isotropic radiator). Δημιουργεί μια τέλεια ενεργειακή σφαίρα γύρω από αυτήν και η οποία έχει την ίδια ένταση προς όλες τις κατευθύνσεις. Οι ισοτροπικές κεραίες υφίστανται στη θεωρία και όχι στον πραγματικό κόσμο. Το πλέον συναφές οπτικό ανάλογο της ισοτροπικής κεραίας θα μπορούσε να είναι ο ήλιος. Θεωρώντας ότι το σύνολο της ισχύος του πομπού εκπέμπεται από την κεραία, η ποσότητα της ισχύος που ρέει διαμέσω μιας νοητής σφαίρας θα είναι ίδια με την ενέργεια που εξέπεμψε η κεραία αυτή. Συνεπώς, η μέση πυκνότητα ισχύος, που μετριέται σε W/M^2 , στην επιφάνεια της σφαίρας μπορεί να οριστεί ως ο λόγος της συνολικής ισχύος προς την επιφάνεια της σφαίρας.

Η απλούστερη κεραία του πραγματικού κόσμου είναι το δίπολο (dipole). Το δίπολο μπορεί να αποτελείται πολύ απλά από δυο κομμάτια σύρματος, ίσου μήκους, τα οποία θα πρέπει να είναι μικρότερα σε μήκος από την επιθυμητή συχνότητα συντονισμού. Η κάλυψη που

δημιουργείται από ένα δίπολο είναι σχήματος σπείρας (torus) ή donut. Τώρα, εάν η διπολική κεραία εκπέμψει την ίδια ποσότητα ενέργειας με μια ισοτροπική κεραία, η μέση πυκνότητα ισχύος της σπείρας, ίδιας διαμέτρου με την σφαίρα, θα είναι 2.1 dB υψηλότερη από την αντίστοιχη της ισότροπης, αφού η σπείρα έχει μικρότερη επιφάνεια από ότι η σφαίρα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η κεραία να λειτουργεί ως ενισχυτής και παρουσιάζει, φαινομενικά, κέρδος! Η ίδια ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας οδηγείται και στις δυο κεραίες, αλλά η ένταση του δημιουργούμενου πεδίου σε κάποια απόσταση από τις κεραίες είναι μεγαλύτερη στο δίπολο από ότι στην ισοτροπική κεραία, μόνο και μόνο επειδή η ενέργεια διαχέεται σε μικρότερη περιοχή!

Δυο συνηθισμένοι όροι που έχει κανείς ακούσει για τον προσδιορισμό του κέρδους μιας κεραίας είναι τα dBi και dBd. Οι όροι αυτοί ορίζονται ως: τα dB κέρδους με σημείο αναφοράς την Ισοτροπική (Isotrope) κεραία (dBi) και τα dB κέρδους με σημείο αναφοράς το δίπολο (dipole) (dBd). Για παράδειγμα, ένα δίπολο έχει 2.1 dBi κέρδους, αλλά 0 dBd κέρδους. Είναι κρίσιμο να γνωρίζει κανείς ποιο σύστημα αναφοράς χρησιμοποιεί ο κατασκευαστής της κεραίας, γιατί αυτό θα επηρεάσει τους υπολογισμούς των απωλειών διαδρομής και ισχύος που θα αναφερθούν στη συνέχεια. Οι διπολικές και οι ισοτροπικές κεραίες είναι ολοκατευθυντικές (omnidirectional) και το οποίο σημαίνει ότι δημιουργούν ένα πεδίο 360 μοιρών γύρω από αυτές.

Ένα τρίτο είδος κεραίας είναι η κατευθυντική κεραία. Η κεραία αυτή είναι σχεδιασμένη με τέτοιο τρόπο ώστε να συγκεντρώνει την ακτινοβολία της σε μια κατεύθυνση, με κάλυψη που θα μπορούσε να παρομοιαστεί με έναν κώνο. Το οπτικό αντίστοιχό του θα μπορούσε να είναι ο φακός. Επαναλαμβάνεται για μια ακόμη φορά ότι οι κεραίες αυτές έχουν κέρδος σε σχέση με την ισοτροπική, γιατί η ενέργεια συγκεντρώνεται σε μικρότερη περιοχή. Οι κεραίες διαθέτουν διαγράμματα κάλυψης που ορίζονται σε δυο επίπεδα: στο οριζόντιο και στο κάθετο. Οι omnidirectional κεραίες είναι διαθέσιμες με κέρδη από 2.1 dBi έως 15 dBi. Καθώς το οριζόντιο διάγραμμα κάλυψης της κεραίας είναι ήδη προσδιορισμένο ως omnidirectional, ο τρόπος που ο σχεδιαστής θα επιτύχει το κέρδος των κεραίων αυτών εξαρτάται από τη μείωση του κάθετου μεγέθους της σπείρας ή τον κύριο λοβό (lobe) της κεραίας. Το κάθετο μέγεθος του λοβού της κεραίας είναι αυτό που συνηθίζεται να ορίζεται ως κέρδος της κεραίας. Ο κύριος λοβός (επίσης, γνωστό και ως κύρια δέσμη-beam) προσδιορίζεται από τη γωνία των 3 dB ή της μισής ενέργειάς του, το οποίο σημαίνει ότι εντός της γωνίας της κεντρικής δέσμης εσωκλείεται η μισή ισχύς που εκπέμπει η κεραία, με το υπόλοιπο μισό να "χάνεται" εκτός της γωνίας αυτής (μείωση κατά το ήμισυ μεταφράζεται σε μείωση κατά 3 dB). Καθώς το κέρδος αυξάνει το κάθετο εύρος της δέσμης γίνεται στενότερο. Σε κάθε υψηλού κέρδους κεραία αυτή η δέσμη μπορεί να μειωθεί σε λιγότερο από δέκα μοίρες.

Στη συνέχεια περιγράφεται ένα ενδεχόμενο πρόβλημα. Εάν μια κεραία με μια πολύ στενή κάθετη δέσμη εγκατασταθεί σε μια εξαιρετικά υψηλή θέση πάνω από την περιοχή που είναι να καλυφθεί, υπάρχει μεγάλη πιθανότητα το μεγαλύτερο μέρος του κέρδους να σπαταληθεί και αυτό γιατί η ισχύς στον κύριο λοβό σημαδεύει τον ορίζοντα και όχι τους δέκτες στο επίπεδο του εδάφους γύρω από την κεραία. Ένας δευτερεύον λοβός έχει σημαντικά μικρότερη ισχύ από ότι ο κύριος που εξυπηρετεί τον οποιοδήποτε δέκτη πλησίον του. Παράλληλα, δεν είναι μόνο ότι η ισχύς του κύριου λοβού που σπαταλάτε, αλλά και το γεγονός ότι μπορεί να μεταβληθεί σε παρεμβολές των υπολοίπων χρηστών στην ίδια συχνότητα.

Οι σχεδιαστές κεραιών έχουν έναν τρόπο να διορθώσουν την κατάσταση αυτή και η οποία καλείται **electrical downtilt**. Στις κεραιές αυτές ο κύριος λοβός δε σημαδεύει τον ορίζοντα. Αντίθετα η κύρια δέσμη λαμβάνει κλίση (“tilted”) μερικών μοιρών προς τη γη. Αυτό βοηθά στο να κατευθυνθεί η ισχύς όπου είναι χρήσιμη και οπωσδήποτε εγγύτερα στο έδαφος. Ο προσδιορισμός της, προς τα κάτω, κλίσης που θα χρησιμοποιηθεί είναι αποτέλεσμα βασικού γεωμετρικού υπολογισμού. Θα πρέπει να προσδιοριστεί η περιοχή που πρόκειται να καλυφθεί, να επιλεγεί το ύψος της κεραίας καθώς και η, προς τα κάτω κλίση, με σκοπό η κύρια δέσμη να καλύπτει το 25% της εξωτερικής περιοχής κάλυψης. Οι κατευθυντικές κεραιές είναι διαθέσιμες με αρκετά διαγράμματα κάλυψης. Είναι ευκολότερο να λάβει κανείς υψηλά κέρδη από μια κατευθυντική κεραία λόγω της εκπομπής ενέργειας σε λιγότερο από 360 μοίρες. Κοινά οριζόντια διαγράμματα είναι οι 180, 120, 100, 90, 60, 45, 30 και 15 μοίρες. Οι κεραιές αυτές είναι χρήσιμες για την παροχή κάλυψης σε ελεγχόμενες περιοχές.

Επίσης, άλλες κεραιές είναι σχεδιασμένες για να υποστηρίζουν ζεύξεις σημείου προς σημείο (point to-point links). Οι κεραιές αυτές κατασκευάζονται με έναν παραβολικό ανακλαστή ο οποίος εστιάζει την ενέργεια σε μια δέσμη η οποία μπορεί να είναι τόσο στενή όσο 2 μοίρες. Όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα, συγκρινόμενη με μια κεραία 120 μοιρών που συνήθως χρησιμοποιείται για να παράσχει κάλυψη ευρείας περιοχής, η κεραία με παραβολικό ανακλαστή έχει εξαιρετικά στενό διάγραμμα κάλυψης. Ωστόσο, λόγω του υψηλού κέρδους της μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να επεκτείνει την εμβέλεια ενός συστήματος σε μια σταθερή θέση εκτός της ονομαστικής περιοχής κάλυψης μιας κεραίας ευρύτερης δέσμης. Η επιλογή της κεραίας που θα έχει τον κατάλληλο συνδυασμό κέρδους και κάλυψης είναι κρίσιμη για τη διασφάλιση ότι το ράδιο σύστημα θα παράσχει την κατάλληλη κάλυψη στην προβλεπόμενη περιοχή χωρίς να δημιουργεί σημαντικά προβλήματα παρεμβολών σε μη επιθυμητές περιοχές.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

«ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΜΑΣ»

6.1 «Περιγραφή έργου»

Εξετάζοντας εκτενέστερα το παραπάνω θεωρητικό υπόβαθρο και έχοντας ήδη αποφασίσει ότι τον τίτλο του έργου(όπως περιγράφεται στο εισαγωγικό μέρος) κρίθηκε απαραίτητο να πραγματοποιήσουμε τις απαραίτητες επαφές τόσο με τον ιδιοκτήτη της εταιρείας παραγωγής αεραγωγών όσο και με τον υπεύθυνο του εργαστηρίου ατμολεβητών του Α.Τ.Ε.Ι. Κρήτης για να εξασφαλίσουμε τις απαραίτητες εγκρίσεις που θα μας επέτρεπαν την εγκατάσταση του εξοπλισμού του Ασύρματου Δικτύου μας.

Το αμέσως επόμενο βήμα ήταν η διερεύνηση του χώρου και η εύρεση του καταλληλότερου σημείου για την τοποθέτηση των κεραιών, των “access points”, των “switches”, των δικτυακών καμερών αλλά και του καλωδίου μεταφοράς δεδομένων λαμβάνοντας υπόψη:

Τη βέλτιστη απόδοση του δικτύου

Τις κλιματολογικές συνθήκες(αέρα-υγρασία-υπερβολική ζέστη)

Τη προστασία του δικτύου από άλλη ανθρώπινη παρέμβαση

Τη προστασία των εργαζομένων από ενδεχόμενα ατυχήματα

Την απρόσκοπτη λειτουργία του δικτύου στην πάροδο του χρόνου

Κατ’ αρχήν μελετώντας τα εγχειρίδια και ακολουθώντας τις υποδείξεις του επιβλέποντα καθηγητή προχωρήσαμε στην συναρμολόγηση των κεραιών καθώς και του ιστού που απαιτούνταν για την εξασφάλιση της οπτικής επαφής μεταξύ τους. Στη συνέχεια έγινε δοκιμαστική εφαρμογή των ρυθμίσεων στα “access points” σύμφωνα με τις απαιτήσεις του δικτύου μας αλλά και η λήψη στιγμιότυπων από τις δικτυακές κάμερες.

Έχοντας πλέον εξασφαλίσει την απόλυτη συμβατότητα του δικτυακού μας εξοπλισμού πειραματικά, προχωρήσαμε στην εγκατάσταση του στα προκαθορισμένα σημεία.

Στην επιχείρηση κατασκευής αεραγωγών κρίθηκε απαραίτητο η κεραία να εγκατασταθεί στο ψηλότερο εκ των δύο επιπέδων της οροφής του κτιρίου γεγονός που μας δυσκόλεψε αρκετά λόγω ύψους αλλά και μικρής στατικότητας του δαπέδου αφού το υλικό κατασκευής και επίστρωσης ήταν μεταλλικό με κλίση. Απαιτήθηκε σχετικά μεγάλο μήκος καλωδίου μεταφοράς δεδομένων αλλά και ρεύματος προκειμένου να εξασφαλιστεί η απαραίτητη ασφάλεια προς τους εργαζομένους της

επιχείρησης όπως προαναφέραμε. Τέλος η τοποθέτηση της δικτυακής κάμερας ήταν αρκετά χρονοβόρα διαδικασία αφού σίγουρα έπρεπε να τοποθετηθεί σε σχετικά ψηλό σημείο που όμως να μην αναιρεί την βέλτιστη γωνία και ποιότητα λήψης από την παραγωγική διαδικασία.

Στο Α.Τ.Ε.Ι. Κρήτης η αντίστοιχη διαδικασία ήταν αρκετά ευκολότερη δεδομένου της άμεσης πρόσβασης που υπήρχε στην οροφή του νέου κτιρίου της ΣΤΕΦ αλλά και της μικρής απόστασης για την διασύνδεση του “access point” και της κεραίας, με την κάμερα και τον υπολογιστή του εργαστηρίου.

Το δίκτυο ήταν έτοιμο για χρήση κατόπιν τεσσάρων επαναλαμβανόμενων συναντήσεων για την αποκομιδή δεδομένων αλλά και την εξασφάλιση της οπτικής επαφής με την καλύτερη δυνατή εφαρμογή των ρυθμίσεων στον δικτυακό εξοπλισμό επιτυγχάνοντας έτσι την καλύτερη δυνατή απόδοση του Ασύρματου Δικτύου μας.

6.2 «Εξοπλισμός Δικτύου»

Μετά από ώριμη σκέψη αλλά και τους λογούς που αναλύσαμε παραπάνω γενικά για τα δίκτυα αλλά και ειδικά για την ασύρματη τεχνολογία τα πλεονεκτήματα που προσφέρουν και καθώς εξυπηρετούν καλύτερα το σκοπό μας, επιλέξαμε με τον ίδιο τρόπο και το κατάλληλο εξοπλισμό για αυτήν την τεχνολογία.

Έτσι για την κατασκευή του δικτύου μας χρειάστηκε αναλυτικά ο εξής εξοπλισμός :

- 2 κεραίες τύπου Grid με τα εξής χαρακτηριστικά:
 - i) Gain 15-24 dbi ii) Οριζόντιο άνοιγμα 10-22 μοίρες iii) Κάθετο άνοιγμα 8-17 μοίρες iv) Κάθετο άνοιγμα 8-17 μοίρες v) Front to back 17-25*



Σχ. 17

- 2 ομοαξονικά καλώδια καθώς και καλώδιο δικτύου τύπου RJ-45 τα οποία ήταν απαραίτητα για τις συνδέσεις κεραίας με ενισχυτή και AP με Switches αλλά και με τα PC μας.



Σχ. 18



Σχ. 19

- 2 υδατοστεγή πλαστικά ηλεκτρολογικά κουτιά τα οποία είναι απόλυτα στεγανά, δηλαδή ακόμα και με εκτόξευση νερού υπό πίεση να μην εισχωρεί νερό στο εσωτερικό τους. Επίσης έχουν λογικό κόστος και δουλεύονται εύκολα ανάλογα με τις ανάγκες μας.



Σχ. 20

- 2 access point μάρκας Level One 108Mbps Poe του οποίου η περιγραφή έγινε σε προηγούμενο κεφάλαιο.



Σχ. 21

- 2 κάμερες τύπου D-Link (DCS-950g) με δυνατότητα ενσύρματης αλλά και ασύρματης πρόσβασης στο δίκτυο υποστηρίζοντας το πρότυπο 802.11g. αρκετά καλά χαρακτηριστικά όπως καλές λήψεις βίντεο σε σημεία με χαμηλό φωτισμό, δυνατότητα λήψης φωτογραφίας κατά την διάρκεια της βιντεοσκόπησης, λήψη βίντεο και αποθήκευση της ταινίας στο σκληρό.



Σχ. 22

- 2 switches τύπου Level One για την σύνδεση της κάθε access point και κάμερας με τον υπολογιστή. Παρέχει δυνατότητα

διασύνδεσης 5 δικτυακών συσκευών σε ταχύτητες 10 ή 100 Mbps αντίστοιχα.



- 2 ενισχυτές τύπου Planet (WBT-500/1000) όπου χρησιμοποιούνται για να αυξήσουν την εμβέλεια της ασύρματης μας επικοινωνίας. Χωρίζεται σε 2 μέρη στον WBT-500 όπου παρέχει στην έξοδο του 500mW (27 dBm) ισχύ και στον WBT-1000 όπου παρέχει στην έξοδο του 1W (30dBm) ισχύ. Τέλος είναι συμβατοί με τα πρότυπα 802.11b και 802.11g, οι συχνότητες λειτουργίας τους κυμαίνονται από 2400 έως 2500MHz.

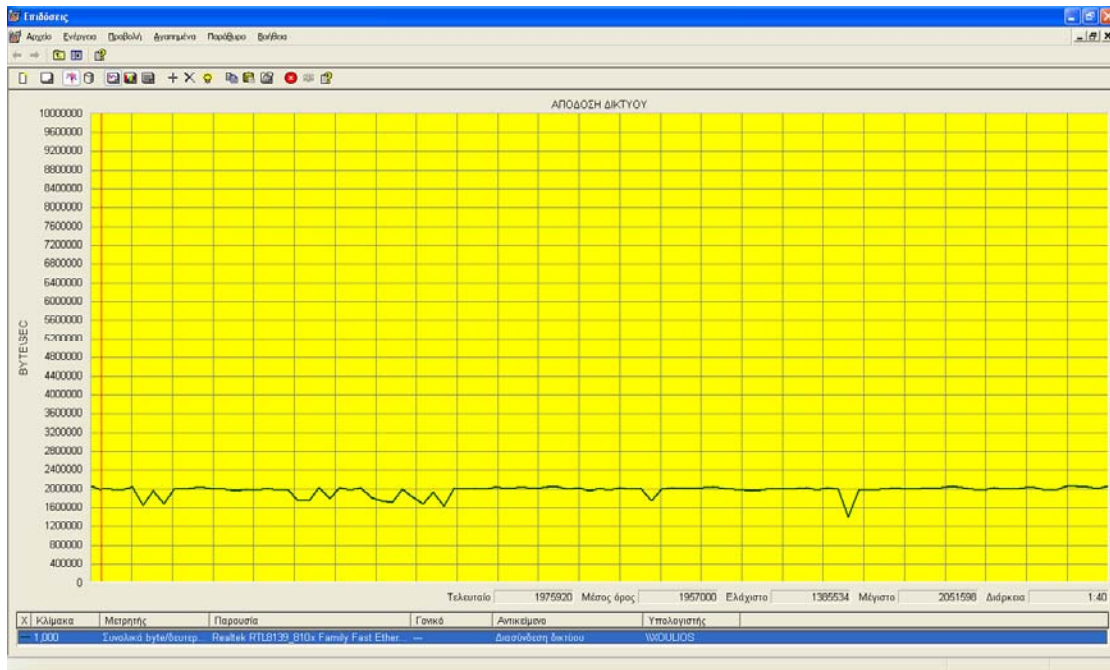


Σχ. 24

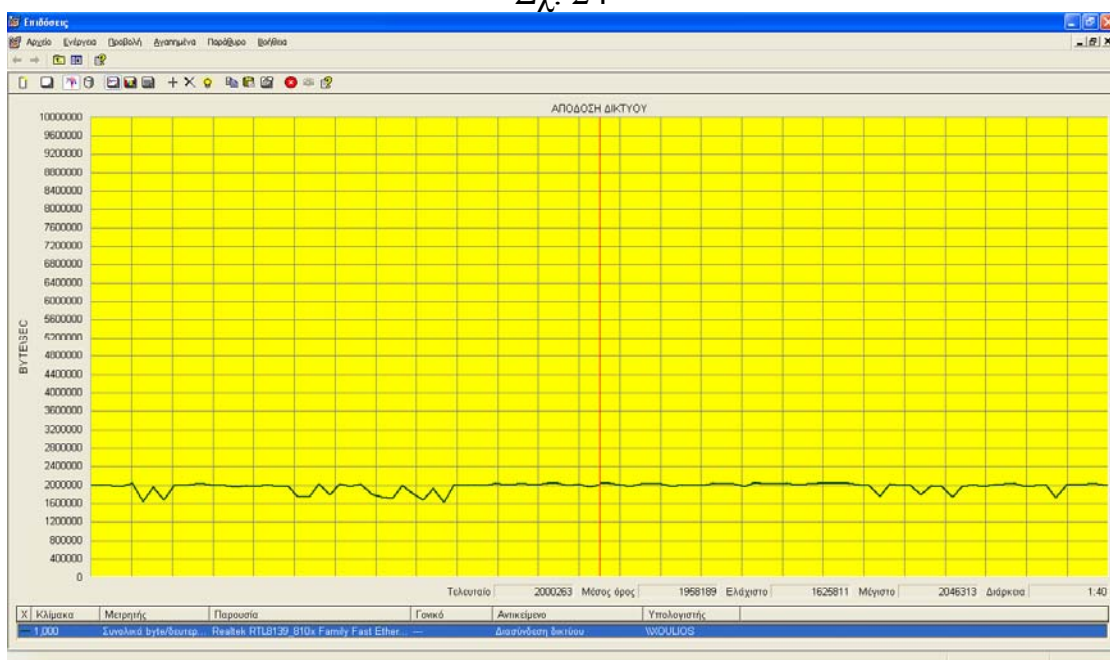
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

«ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΜΑΣ»

Αρχικά μετρήσαμε την απόδοση του δικτύου με 2 κάμερες και αμφίδρομο ήχο. Μεταφέραμε ένα αρχείο χωρητικότητας 1.44 GB σε 14 λεπτά έχοντας το access point ρυθμισμένο στην επιλογή για υποστήριξη του 802.11g και 802.11b προτύπου(σχ.24,σχ.25). Σύμφωνα και με το διάγραμμα μας ο ρυθμός μετάδοσης του δικτύου κυμαίνεται από 1,6 Mb\sec έως 2,05 Mb\sec.

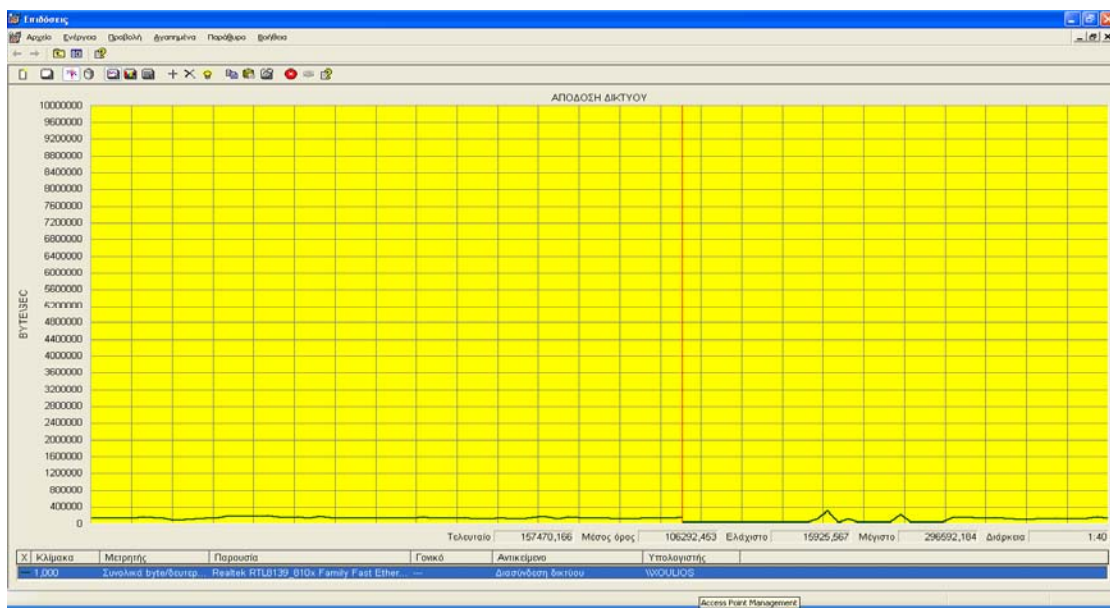


Σχ. 24

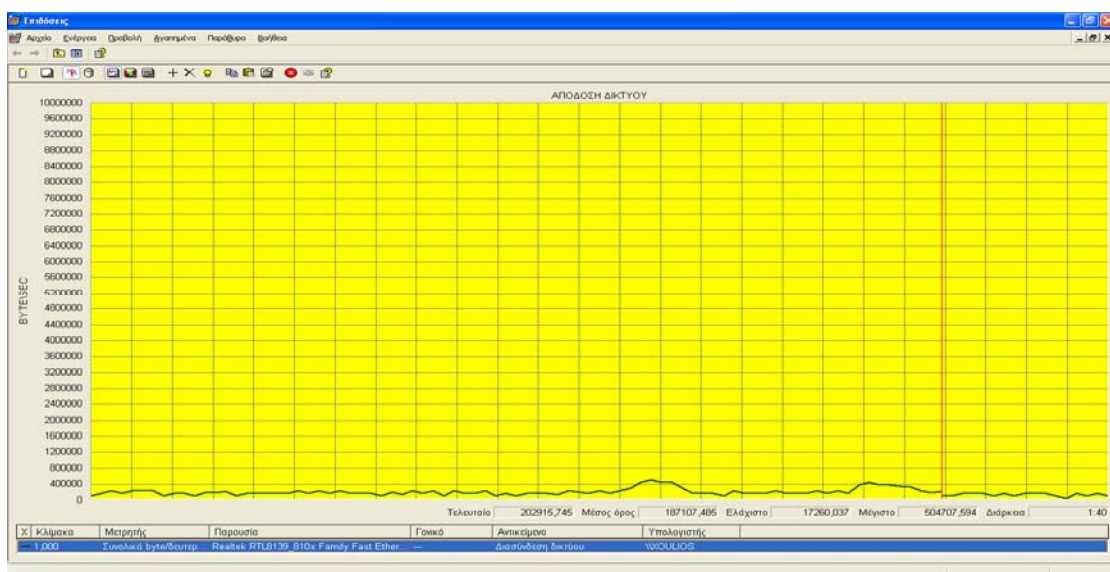


Σχ. 25

Στην συνέχεια η μέτρηση μας εστιάστηκε στην αναπαραγωγή κάποιων format αρχείων βίντεο (σε 802.11g και 802.11b πρότυπου) για να δούμε την λειτουργία του δικτύου. Αρχικά αναπαράγαμε ένα αρχείο βίντεο μορφής mpeg4 που παρατηρούμε τον ρυθμό μετάδοσης του δικτύου να πέφτει αρκετά και να κυμαίνεται από 158 Kb\sec σε 290 Kb\sec (σχ.26) πράγμα φυσιολογικό αφού το βίντεο μορφής mpeg4 χρησιμοποιείται σε εφαρμογές που χρησιμοποιούν χαμηλό εύρος ζώνης. Η επόμενη μέτρηση έγινε στην αναπαραγωγή του βίντεο μορφής Mpeg2 (σχ.27) παρατηρούμε ρυθμός μετάδοσης ανεβαίνει καθώς απαιτείται μεγαλύτερο εύρος ζώνης γι αυτή τη μορφή και επίσης παρουσιάζει μεταβολές στο ρυθμό μετάδοσης πράγμα που φαίνεται και από το διάγραμμα(σχ. 27).

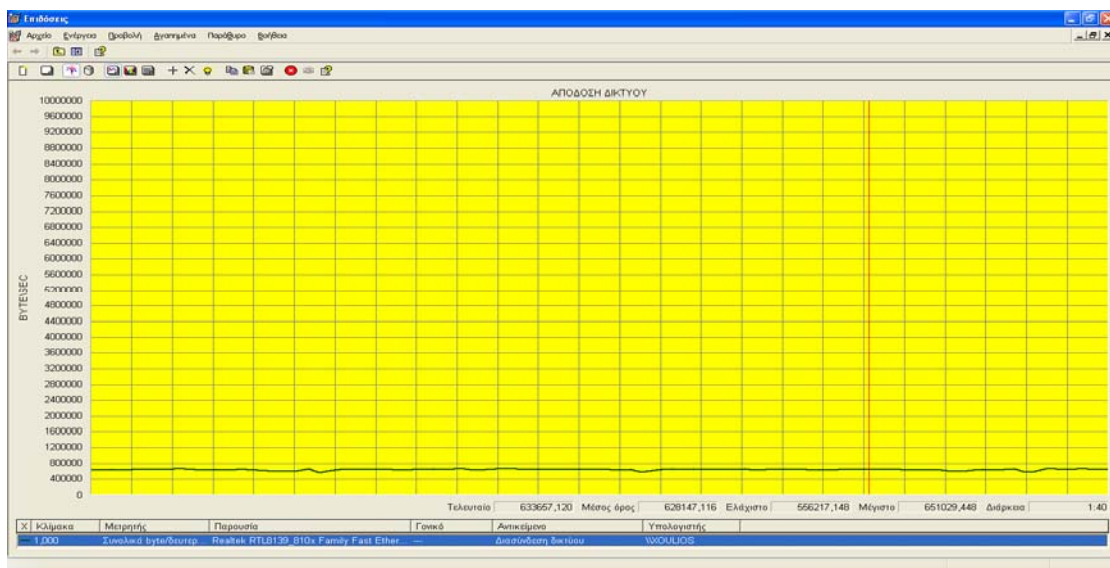


Σχ. 26



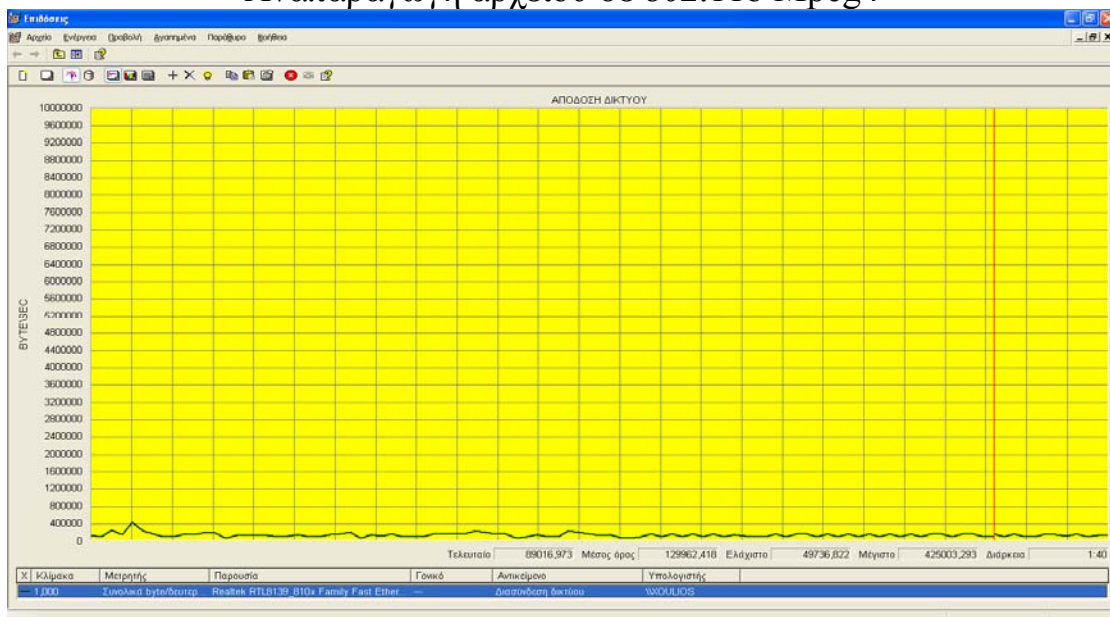
Σχ. 27

Η επόμενη μέτρηση που κάναμε ήταν πάνω στην λειτουργία μόνο του προτύπου 802.11b μεταφέροντας ένα αρχείο χωρητικότητας 1.44 Gb σε 50 λεπτά (σχ.28). Παρατηρούμε ότι ο ρυθμός μετάδοσης μειώνεται πάρα πολύ σύμφωνα και με τις προηγούμενες μετρήσεις. Αυτό οφείλεται στο ότι αυτό το πρότυπο περιορίζεται σε ρυθμούς μετάδοσης μέχρι και 11Mbps (περίπου 1,3 Mbyte/sec) γι αυτό έχουμε και ένα μέσο όρο στα 628Kb/sec από το δίκτυο μας. Στην συνέχεια έγινε αναπαραγωγή αρχείων Mpeg4 (σχ.28) και Mpeg2 (σχ.29) με μεταβολές οι οποίες ήταν ανεμενόμενες σύμφωνα με τις προδιαγραφές τους που αναφέραμε και στις προηγούμενες μετρήσεις απλα η παρατήρηση που κάνουμε εδώ είναι ότι προτιμότερο είναι το αρχείο Mpeg4 αφού έχει μικροτερο ευρος ζωνης από το αρχείο Mpeg2.



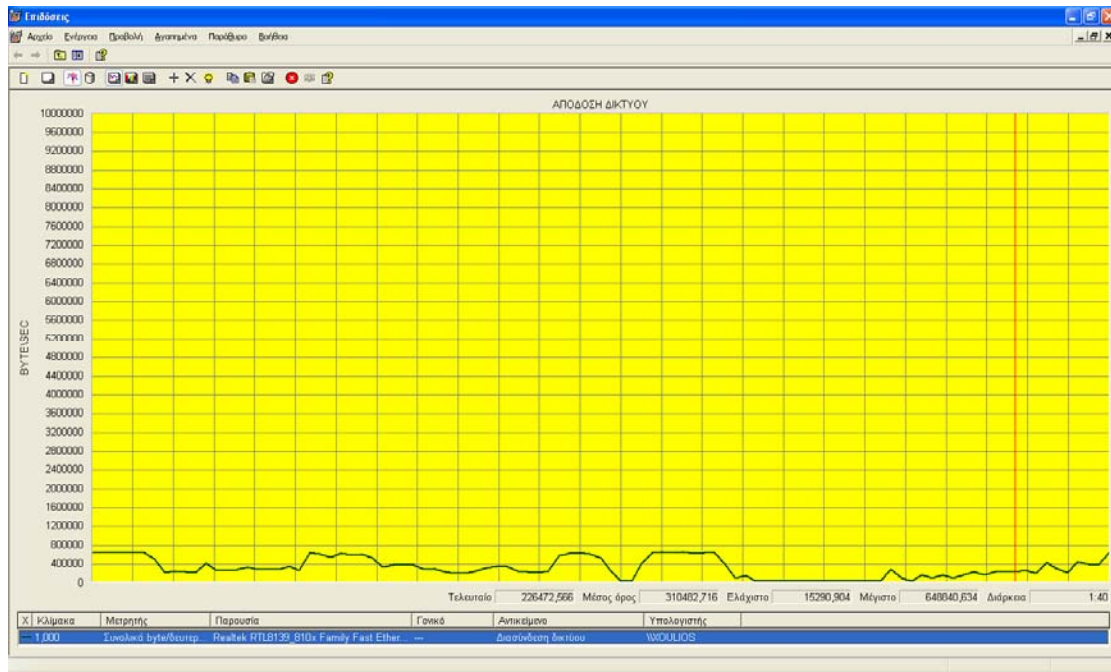
Σχ. 28

Αναπαραγωγή αρχείου σε 802.11b Mpeg4



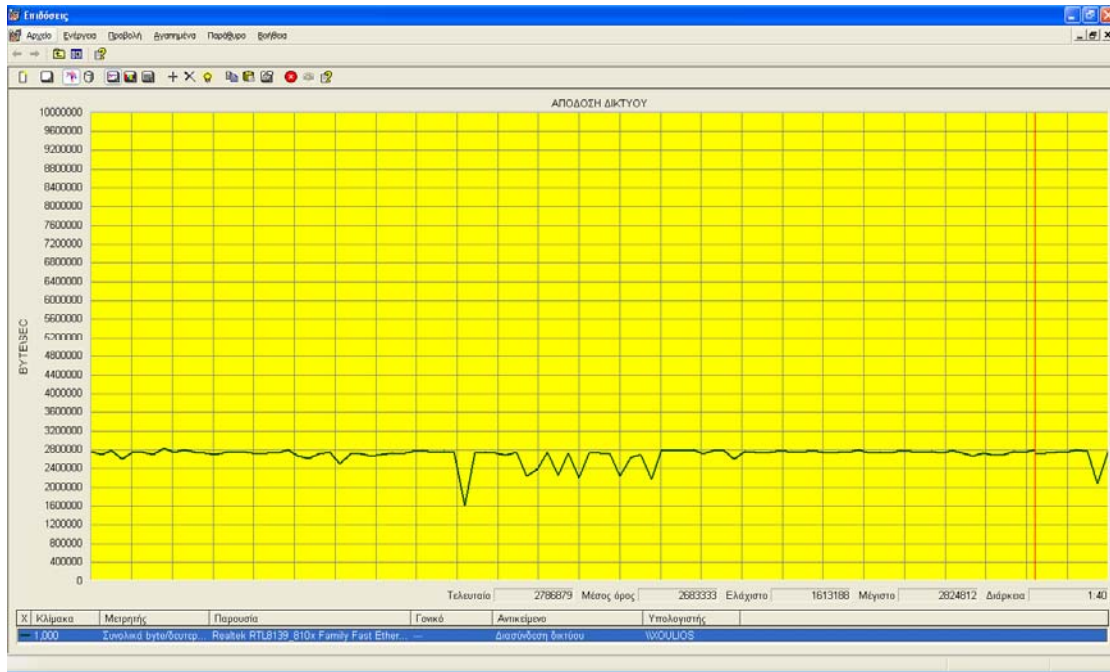
Σχ. 29

Αναπαραγωγή αρχείου σε 802.11b Mpeg2



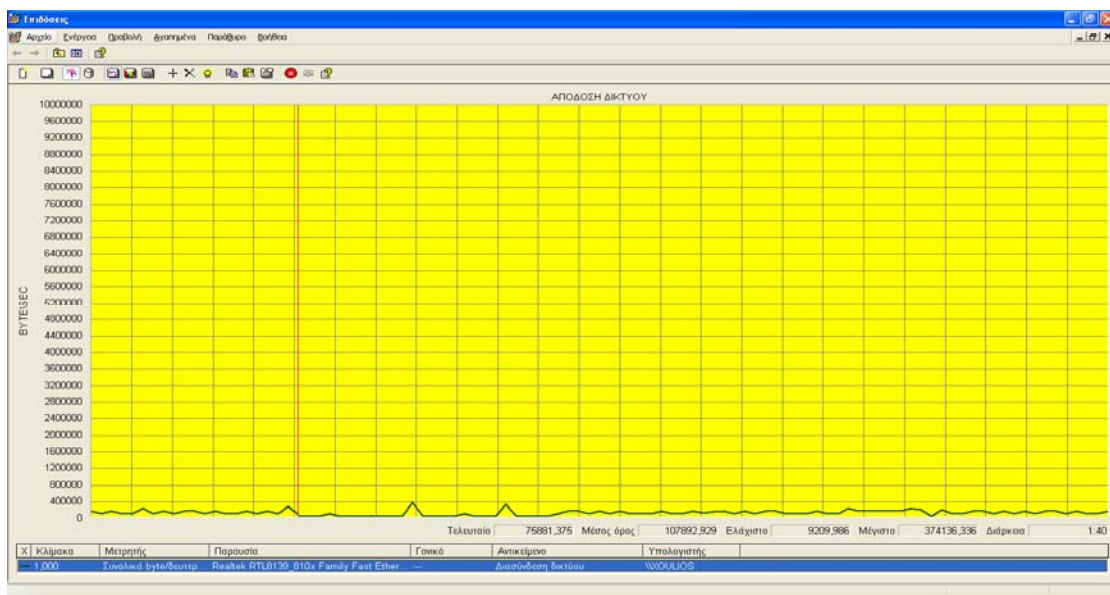
Σχ.30

Εδώ παρατηρούμε ότι ένα αρχείο μεγεθους 1.44GB χρειάζεται 11λεπτα για να μεταφερθει στο προτυπο 802.11g. Αναφερθηκαμε παραπανω κατά την αναλυση των προτυπων ότι το 802.11g μπορεί να προσφερει ταχυτητες ανω των 20Mbps (2.5MBps). Στο παρακατω διαγραμμα (σχ. 31) φαινεται ότι οι ταχυτητες του δικτυου μας είναι ατα μεσο ορο 2.68MBps όπως ακριβως υπολογιζεται στις θεωρητικες μας προσεγγισεις.



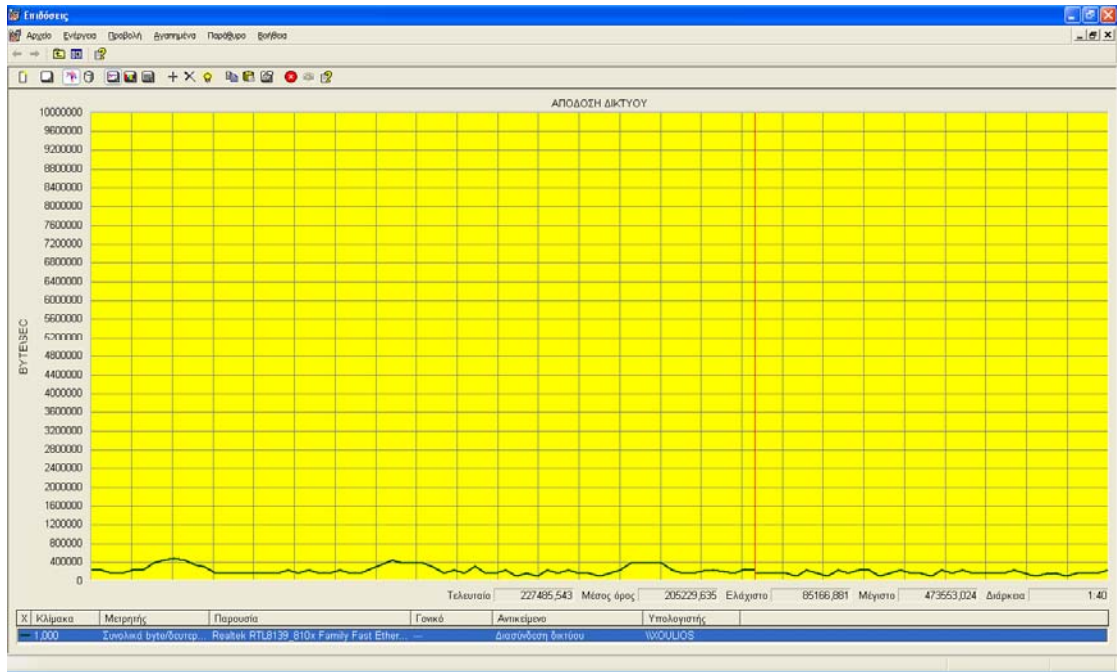
Σχ. 31

Διάγραμμα μεταφοράς δεδομένων (στο πρότυπο 802.11g) όταν υπάρχει αναπαραγωγή αρχείου βίντεο τύπου Mpeg4. Παρατηρούμε ότι το διάγραμμα μας είναι όμοιο με αυτό των παραπάνω προτύπων αφού το bandwidth για την αναπαραγωγή του Mpeg4 παραμένει σταθερό.



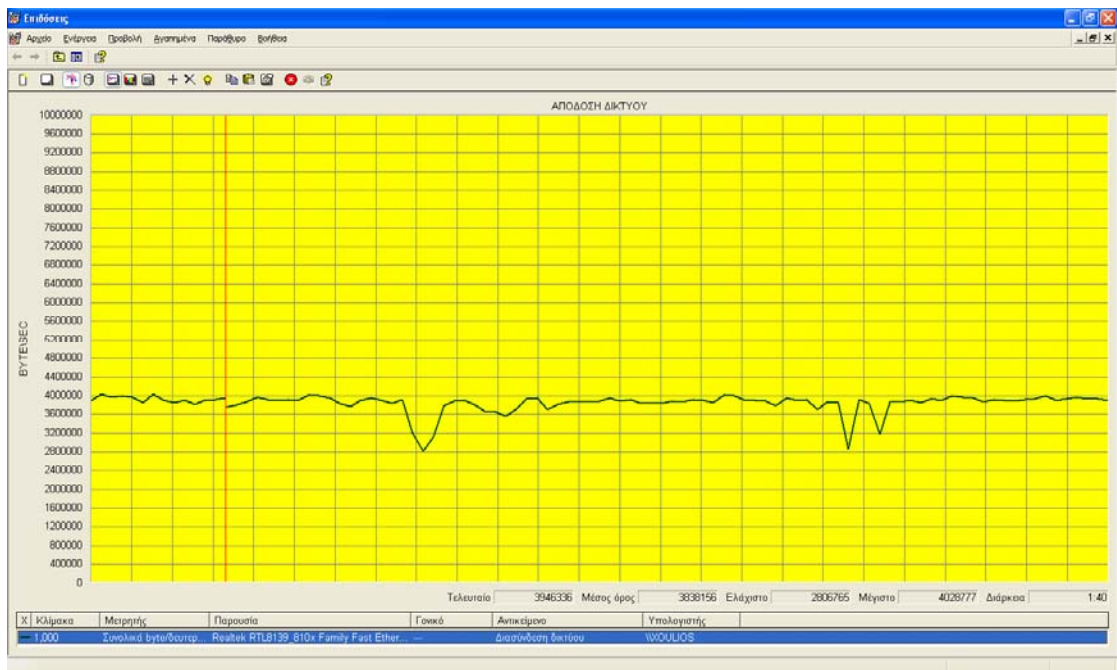
Σχ. 32

Αναπαραγωγή αρχείου βίντεο Mpeg2 σε 802.11g.



Σχ. 33

Μεταφορά αρχείου 1.44GB σε 8 λεπτά στο πρότυπο 802.11 super g (108Mbps). Παρατηρούμε ότι ο ρυθμός μεταδοσης δεδομένων αυξάνεται κατά περίπου 1.2 Mbps σε σχέση με το 802.11g.



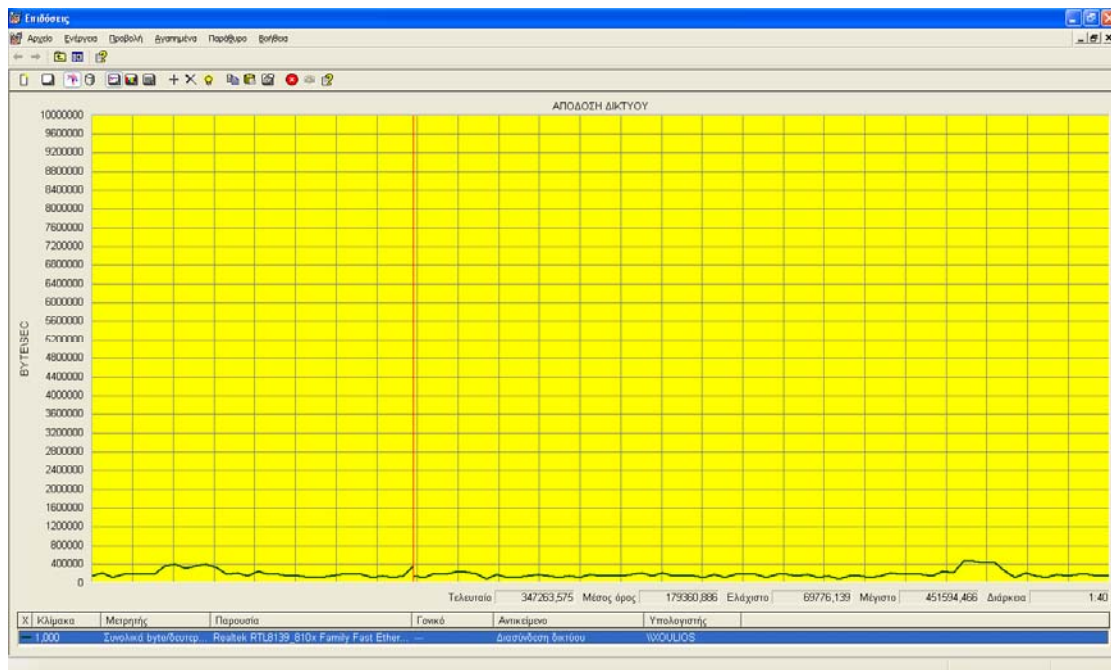
Σχ. 34

Αναπαραγωγή αρχείου βίντεο Mpeg4 σε 802.11 super g.(108Mbps).



Σχ. 35

Αναπαραγωγή αρχείου βίντεο Mpeg2 σε 802.11 super g(108Mbps).



Σχ. 36

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

«ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ»

Μετά από προσεκτική και πολύμηνη μελέτη της πτυχιακής μας εργασίας φτάσαμε στο τέλος της, με αποκόμιση γνώσεων πάνω στο τομέα των ασύρματων δικτύων και των τεχνολογιών τους.

Τα συμπεράσματα στα οποία καταλήγουμε για τον τομέα αυτόν επικεντρώνονται κυρίως στα πλεονεκτήματα και τις λύσεις που προσφέρουν τα ασύρματα δίκτυα σε απλούς αλλά και σε εξειδικευμένους χρήστες και ειδικότερα στον τομέα της τηλεεκπαίδευσης.

Οι τεχνολογικές δυνατότητες τύπου **DHCP server**, **υπηρεσίας NAT** που οι σύγχρονες ασύρματες δικτυακές συσκευές της κατηγορίας αυτής ενσωματώνουν, αποτελούν μεγάλο πλεονέκτημα στη διαχείριση και εξυπηρέτηση μεγάλου αριθμού χρηστών (και μάλιστα μη σταθερών χρηστών). Η **ταχύτητα** και **ευελιξία** εγκατάστασης η **άμεση επεκτασιμότητα** η δυνατότητα **κινητικότητας** (mobility- roaming), η **συμβατότητα** μεταξύ των διαφόρων κατηγοριών του προτύπου 802.11 , η μεγάλη σταθερότητα και το χαμηλό κόστος , καθιστούν την κατηγορία αυτή της ασύρματης δικτύωσης μια από τις πιο αξιόλογες προτάσεις για πάρα πολλές εφαρμογές και σίγουρα για την εφαρμογή τηλεεκπαίδευσης.

Ιδανική σε περιπτώσεις όπου υπάρχει ανάγκη επέκτασης ενός ήδη προϋπάρχοντος ενσύρματου δικτύου, όπου εύκολα αντιμετωπίζονται προβλήματα διευθυνσειοδότησης IP και συνυπολογίζεται η δυσκολία τοποθέτησης νέων καλωδιώσεων σε ήδη διαμορφωμένο και εν λειτουργία περιβάλλον.

Σίγουρα υπάρχουν περιορισμοί και μειονεκτήματα τα οποία εντοπίζονται κυρίως σε ορισμένες εφαρμογές που απαιτούν πραγματικού χρόνου μεταφορά και αναπαραγωγή υψηλών προδιαγραφών Video όπως παρατηρήσαμε και παραπάνω, στα οποία ήδη δίνονται λύσεις με τα πρότυπα 802.11g και 108 αλλά και με άλλα πρότυπα που όσο αναπτύσσετε η τεχνολογία των ασυρμάτων δικτύων θα επιλύονται τελείως αυτά τα προβλήματα.

Τέλος παρατηρούμε ότι η τεχνολογία των ασυρμάτων δικτύων είναι κατά την γνώμη μας ιδανική για την εφαρμογή της τηλεεκπαίδευσης αφού πληροί τις προδιαγραφές για να ανταπεξέλθει στις απαιτήσεις της εφαρμογής συμβάλλοντας πάρα πολύ στην εκπαίδευση των μαθητών-φοιτητών ακόμα από και από το σπίτι τους (μέσα στα πλαίσια εκπομπής ασυρμάτων δικτύων) με κόστος μόνο τον ασύρματο εξοπλισμό, αλλά με τεράστια οφέλη για όλους τους εμπλεκόμενους στην εφαρμογή

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

«ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ-ΠΗΓΕΣ»

<http://ngia.rootforge.org/>

<http://www.city.academic.gr/cosc/wlan1.html>

<http://wifi.think.gr/>

http://ngia.rootforge.org/content/Downloads/WiFi/HTML%20Pages/Deployment%20Information%20-%20White%20Papers%20-%20IEEE%20802_11%20Tutorial.htm

<http://www.greekcigarettes.com/wireless-router.htm>

<http://www.e-mobility2001.org/result.php?Keywords=wifi&host=www.e-mobility2001.org&relay=1>

[http:// www.bluetooth.com](http://www.bluetooth.com)

www.cisco.com

<http://www.wirelessethernet.org>

[http:// www.hiperlan.com](http://www.hiperlan.com)

<http://el.wikipedia.org/wiki>

**«A Study of Wireless Compressed Digital-audio Transmission»:
Andreas Floros, Marios Koutroubas, Nicolas-Alexander Tatlas and
John Mourjopoulos.**

**«Εισαγωγή στα Ασύρματα Δίκτυα»: Δρ.Ε.Μ.Πάλλης. Έκδοση,
Α.Τ.Ε.Ι Κρήτης.**

**«Wireless Broadband, Networks Handbook, 3G, LMDS & Wireless
Internet» John R. Vacca. Εκδόσεις Osborne 2001.**

**«Encyclopedia Of Networking» (Second Edition) Werner Feibel.
Εκδόσεις Network Press 1995.**

**«Secure Authentication, Access Control, and Data Privacy on
Wireless LANs» White Paper, January 2002, Funk Software, Inc.**

**«IEEE 802.11 Procedures Dave Halasz and Nancy Cam-Winget »
December 2002 Cisco Systems, Inc.**

**«Ο Ρόλος των Ασυρμάτων Τοπικών Δικτύων στις Κινητές
Επικοινωνίες Τέταρτης Γενιάς - Προοπτικές, Προβλήματα και
Λύσεις» Δρ. Νίκος Πασσάς Πανεπιστήμιο Αθηνών 2003.**