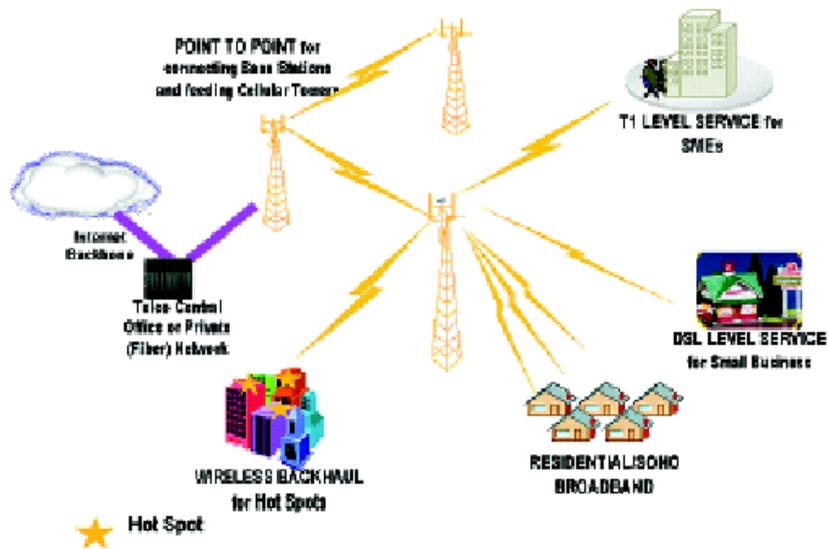


ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕ ΘΕΜΑ

ΑΣΥΡΜΑΤΑ ΔΙΚΤΥΑ



ΤΗΣ ΔΑΣΚΑΛΟΥ ΔΗΜΗΤΡΑΣ

ΙΟΥΛΙΟΣ 2008

ΥΠΕΥΘΥΝΗ ΔΗΛΩΣΗ ΠΡΩΤΟΤΥΠΗΣ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ

Δηλώνω υπεύθυνα ότι η παρακάτω πτυχιακή εργασία είναι πρωτότυπη. Τυχόν πηγές και βιβλιογραφία αναφέρονται.

Η Δηλούσα
Δασκάλου Δήμητρα

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	3
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.....	5
ΑΣΥΡΜΑΤΑ ΔΙΚΤΥΑ	5
WIFI	8
WIMAX.....	12
ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ	20
ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ.....	21
ΑΣΥΡΜΑΤΑ ΤΟΠΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ	22
ΥΠΕΡΥΘΡΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ	22
ΜΙΚΡΟΚΥΜΑΤΑ.....	23
IEEE 802.11	24
ΑΣΥΡΜΑΤΑ ΠΡΟΣΩΠΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ	28
ΚΙΝΗΤΑ AD HOC ΔΙΚΤΥΑ	31
ΚΙΝΗΤΟ IP	33
ΚΟΙΝΑ ΑΣΥΡΜΑΤΑ ΔΙΚΤΥΑ.....	35
ΤΙ ΕΙΝΑΙ CDPD (CELLULAR DIGITAL PACKET DATA)	36
ΤΙ ΕΙΝΑΙ HSCSD (HIGH SPEED CIRCUIT SWITCHED DATA)	36
ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΤΟ PDC-P (PACKET DATA CELLULAR).....	38
ΤΙ ΕΙΝΑΙ GPRS (GENERAL PACKET RADIO SERVICE).....	39
ΤΙ ΕΙΝΑΙ CDMA-2000 1XRTT.....	40
CDMA-2000 1XRTT ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ	40
ΥΛΙΚΟ ΓΙΑ CDMA-2000 1XRTT	40
- 200 CDMA 1XRTT BY ANY OTHER NAME	41
ΤΙ ΕΙΝΑΙ BLUETOOTH.....	42
ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ BLUETOOTH	42
BLUETOOTH RF PROPERTIES.....	43
<i>Διαβίβαση Δυνατοτήτων</i>	43
PICONETS Η ΠΡΟΣΩΠΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ	44
BLUETOOTH POWER ΤΑΞΕΙΣ	45
ΤΡΟΠΟΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ BLUETOOTH.....	ΣΦΑΛΜΑ! ΔΕΝ ΕΧΕΙ ΟΡΙΣΤΕΙ ΣΕΛΙΔΟΔΕΙΚΤΗΣ.
BLUETOOTH ENANTI INFRARED	47
ΤΙ ΕΙΝΑΙ IRDA.....	49
WIMAX.....	50
ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ	51
IEEE 802.16E-2005.....	51
ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ.....	53
ΤΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ (MAC LAYER/ DATA LINK LAYER).....	53
ΦΥΣΙΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ.....	54
ΑΝΤΑΓΩΝΙΖΟΜΕΝΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ.....	55
3G ΚΑΙ 4G ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΙΝΗΤΗΣ ΤΗΛΕΦΩΝΙΑΣ	55
ΚΙΝΗΤΗ ΕΥΡΥΖΩΝΙΚΗ ΑΣΥΡΜΑΤΗ ΠΡΟΣΒΑΣΗ	56
ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΤΡΑΜΜΕΝΑ ΣΤΟ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ	56
WIMAX ΚΑΙ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ.....	57

ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ	59
ΉΔΗ ΥΠΑΡΧΟΥΣΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ	60
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.....	61
ΔΙΚΤΥΟ ΣΤΟ ΣΠΙΤΙ	61
ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΑΣΥΡΜΑΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ.....	61
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	63

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΑΣΥΡΜΑΤΑ ΔΙΚΤΥΑ

Ο βασιλιάς Harald Bluetooth έζησε στη Δανία από το 910 μ.Χ. έως το 940 μ.Χ. Το όνομα Bluetooth (ή Blataand στη γλώσσα των Βίκινγκς) καμία σχέση δεν έχει με μπλε δόντια. Σημαίνει σκοτεινό χρώμα, όπως δηλαδή και το χρώμα των μαλλιών του, το οποίο ήταν ιδιαίτερα ασυνήθιστο για Σκανδιναβό. Η ύπαρξη του βασιλιά Harald Bluetooth θα μας ήταν εντελώς άγνωστη αν δεν είχε ενώσει τις σκανδιναβικές χώρες και αν η Ericsson δεν είχε δώσει το όνομά του στο νέο πρωτόκολλο ασύρματης επικοινωνίας που ανέπτυξε μαζί με άλλες μεγάλες εταιρίες του χώρου.

Ο χώρος της ασύρματης επικοινωνίας και των προτύπων, τα οποία θα την καθορίζουν, όμως, βρίσκεται ακόμη στα σπάργανα. Οι μεγαλύτερες εταιρίες έχουν χωριστεί σε ομάδες και αναπτύσσουν ανταγωνιστικές τεχνολογίες με σκοπό την κυριαρχία σε μια αγορά που αναμένεται μέσα στα επόμενα δύο χρόνια να εκτοξευτεί σε μερικά δισεκατομμύρια δολάρια.

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.

Τα νέα πρότυπα που παρέχουν μεγαλύτερη ευκολία, όπως το Bluetooth, μεγαλύτερες ταχύτητες, όπως το IEEE802.11b, τυποποιήθηκαν το 2000. Οπότε και αυτά που δεν είχαν ακόμη τυποποιηθεί, όπως τα IEEE802.11a και HiperLAN2, είναι εξίσου δυνατοί αντίπαλοι στη μάχη της επικράτησης, λόγω των υψηλών τους δυνατοτήτων.

Τον τελευταίο καιρό ο χώρος της ασύρματης επικοινωνίας βρίσκεται σε αναβρασμό: Αναλυτές υποστηρίζουν πότε τη μία και πότε την άλλη τεχνολογία, κάποιες εταιρίες αλλάζουν στρατόπεδα ενώ άλλες εταιρίες παίζουν σε δύο ταμπλό. Η κατάσταση μόλις τώρα δείχνει να σταθεροποιείται κάπως και τα πράγματα αποσαφηνίζονται. Τα ασύρματα δίκτυα επιτρέπουν σε ηλεκτρονικές συσκευές (από υπολογιστές μέχρι video) να επικοινωνούν μεταξύ τους και να ανταλλάσσουν δεδομένα χωρίς την ύπαρξη καλωδίων. Σε όλα τα νέα πρότυπα ασύρματων δικτύων, εκτός από το πρότυπο IrDA (Σύνδεσμος για τα Υπέρυθρα Δεδομένα), το οποίο

ούτως ή άλλως δεν αφορά ασύρματα δίκτυα αλλά ασύρματη επικοινωνία, δεν απαιτείται οπτική επαφή. Σε κάθε ασύρματο δίκτυο υπάρχουν δύο μέρη: η ασύρματη κάρτα δικτύου (wireless LAN adapter), η οποία επικοινωνεί είτε με άλλες συσκευές που έχουν ασύρματη κάρτα δικτύου, είτε με τον πομποδέκτη-κόμβο (Access Point) που λειτουργεί και ως γέφυρα με το ενσύρματο δίκτυο. Η κάρτα δικτύου μοιάζει με μια τυπική κάρτα δικτύου (είτε σε ISA ή PCI για σταθερούς υπολογιστές, είτε σε PC Card για φορητούς) με μια μικρή κεραία, ενώ ο πομποδέκτης έχει τις διαστάσεις ενός βιβλίου και, εκτός από την κεραία, έχει και τα κατάλληλα βύσματα για σύνδεση με σταθερό δίκτυο. Οσον αφορά την ασφάλεια, τα πιο πολλά ασύρματα δίκτυα χρησιμοποιούν επίσης μεθόδους εξουσιοδότησης των συνδεόμενων και κρυπτογράφησης των δεδομένων. Αρκετά πρότυπα χρησιμοποιούν την τεχνική εναλλαγής συχνότητας (frequency hopping) σύμφωνα με την οποία ο κάθε πομποδέκτης αλλάζει συχνότητα μετά την αποστολή/λήψη ενός πακέτου δεδομένων αποφεύγοντας έτσι τα παράσιτα.



Εικόνα 1 ACCESS POINT THE COMPAQ

Το Bluetooth αναπτύχθηκε αρχικά από την Ericsson ως αντικατάσταση των καλωδίων μεταξύ φορητών υπολογιστών και κινητών τηλεφωνικών συσκευών για την πρόσβαση στο διαδίκτυο. Η ειδική ομάδα ενδιαφέροντος Bluetooth (Bluetooth Special Interests Group) είναι μια βιομηχανική κοινοπραξία που συγκροτήθηκε στη συνέχεια από εταιρίες του χώρου για να εξελιχθεί το σύστημα σε διεθνές πρότυπο. Λειτουργεί στο «αδέσμευτο» φάσμα συχνοτήτων των 2,4 GHz (όπως και το Wi-Fi), ώστε οι συσκευές που το ενσωματώνουν να μπορούν να λειτουργήσουν ελεύθερα σε οποιοδήποτε σημείο του πλανήτη, ενώ επιτυγχάνει ταχύτητες έως 1 Mb/s σε απόσταση 10-15, ανάλογα με την ισχύ του πομποδέκτη.

Οι συσκευές που διασυνδέονται μέσω του συστήματος διαμορφώνουν μικρά δίκτυα που αναφέρονται ως piconets. Κάθε σταθμός σε ένα piconet ορίζεται ως master και αναλαμβάνει το ρόλο του συντονιστή της μετάδοσης. Μεταδόσεις επιτρέπονται μόνο μεταξύ του master και ενός ή περισσότερων κόμβων του δικτύου, οι οποίοι με τη σειρά τους ονομάζονται slaves. Ένας slave μπορεί να επικοινωνήσει μόνο με τον master μετά από δική του άδεια. Ένα piconet μπορεί να περιέχει μέχρι οκτώ συσκευές (ένας master και μέχρι επτά slaves). Σε οποιοδήποτε σταθμό μπορεί

να οριστεί ο ρόλος του master, και είναι συνήθως αυτός που αρχικοποιεί την επικοινωνία. Το Bluetooth χρησιμοποιεί μεταπήδηση συχνοτήτων (frequency hopping) οι οποίες έχουν απόσταση 1MHz. Μέχρι 80 τέτοιες συχνότητες μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη μπάντα των 2,4 GHz συνολικού εύρους ζώνης 80 MHz. Οι συσκευές σε ένα piconet αλλάζουν τη συχνότητα μετά από κάθε μετάδοση σύμφωνα με μία από κοινού συμφωνημένη ακολουθία ώστε να ελαχιστοποιήσουν τις παρεμβολές και τις υποκλοπές. Ο master ενός piconet παρέχει την ταυτότητα του piconet, την ακολουθία μεταπήδησης και το ρολόι του συστημάτων που συντονίζει όλες τις μεταδόσεις στο piconet.

Αξιοσημείωτο γνώρισμα της τεχνολογίας Bluetooth είναι η δυνατότητα αναβάθμισης και επέκτασής της, ώστε να μπορεί να ενσωματωθεί σε νέα προϊόντα. Το Bluetooth SIG ονομάζει αυτές τις επεκτάσεις «Προφίλ» (profiles) και ήδη έχει παρουσιάσει αρκετά για διάφορες «αγορές» (εκτύπωσης, φωτογραφίας, αυτοκίνητο, δικτύωσης κ.α.).

Μέχρι σήμερα έχουν κάνει την εμφάνισή τους οι ακόλουθες εκδόσεις Bluetooth:

Έκδοση 1.0: Η αρχική έκδοση η οποία είχε πολλά προβλήματα συμβατότητας καθώς απαιτούσε συγκεκριμένο εξοπλισμό.

Έκδοση 1.1: Διορθώθηκαν πολλά προβλήματα της αρχικής έκδοσης και προστέθηκε δείκτης ισχύος σήματος.

Έκδοση 1.2: Έγινε ταχύτερη η ανακάλυψη σταθμών και η εγκατάσταση σύνδεσης, ενώ η ταχύτητα μετάδοσης αυξήθηκε από 721Kbps σε 1Mbps.

Έκδοση 2.0: Είναι συμβατή με την 1.1 ενώ παρέχει μεγαλύτερες ταχύτητες μετάδοσης (μέχρι 3Mbps) σε πολύ μικρότερη κατανάλωση.

WiFi

Η αρχιτεκτονική του συστήματος καλύπτει τόσο δομημένες τοπολογίες (κυψελωτές) όσο και αδόμητες (ad-hoc). Βασικό της στοιχείο είναι ο σταθμός (Station - STA), δηλαδή οποιαδήποτε συσκευή διαθέτει μια διεπαφή συμβατή με το πρότυπο IEEE 802.11 και επιθυμεί να συνδεθεί και να μεταδώσει στο σύστημα. Στις δομημένες τοπολογίες, η μετάδοση γίνεται μόνο από/προς το Σημείο Πρόσβασης (Access Point -AP), δηλαδή του σταθμού εκείνου που διαθέτει και διεπαφή με σταθερό δίκτυο (π.χ., Ethernet), ενώ στις αδόμητες απευθείας σε οποιοδήποτε άλλο σταθμό στην περιοχή κάλυψης. Το σύνολο των σταθμών και σημείων πρόσβασης που αποτελούν ένα ασύρματο δίκτυο WiFi ονομάζεται Basic Service Set (BSS) στις δομημένες τοπολογίες και Independent Basic Service Set (IBSS) στις αδόμητες.

Η εξέλιξη του προτύπου ακολούθησε μια βήμα-προς-βήμα προσέγγιση, σύμφωνα με την οποία, στην αρχή σχεδιάστηκε ένα απλό σύστημα περιορισμένης σχετικά λειτουργικότητας, και στη συνέχεια επεκτάθηκε, και συνεχίζει να επεκτείνεται με προσθήκες, οι οποίες στόχο έχουν να βελτιώσουν αρχικές αδυναμίες και παραλήψεις. Παρακάτω αναφερόμαστε συνοπτικά στις βασικές εξελίξεις.

802.11: Η πρώτη έκδοση του προτύπου, η οποία υποστήριζε ταχύτητα 1 και 2Mbps στη μπάνα των 2,4GHz με χρήση τεχνικών frequency hopping και direct sequence.

802.11a: Επέκταση φυσικού επιπέδου για ασύρματα τοπικά δίκτυα στην μπάνα των 5 GHz, το οποίο χρησιμοποιεί διαμόρφωση Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM). Αποτελείται από οκτώ διαθέσιμα μη-επικαλυπτόμενα ασύρματα κανάλια, τα οποία έχουν ρυθμό μετάδοσης έως 54 Mbps το καθένα.

802.11b: Επέκταση φυσικού επιπέδου για ασύρματα τοπικά δίκτυα στην μπάνα των 2,4 GHz. Είναι υπεύθυνο για την αναβάθμιση του αρχικού φυσικού επιπέδου του 802.11 προσθέτοντας τους ρυθμούς 5.5 Mbps και 11 Mbps μέσω πυκνότερης διαμόρφωσης. Αποτελείται από τρία διαθέσιμα μη-επικαλυπτόμενα ασύρματα κανάλια, τα οποία έχουν ρυθμό μετάδοσης έως 11 Mbps το καθένα.

802.11e: Είναι ένα συμπληρωματικό πρωτόκολλο για το επίπεδο πολλαπλής πρόσβασης του 802.11 το οποίο παρέχει βελτιωμένη ποιότητα υπηρεσίας. Στοχεύει

σε μια από τις βασικές αδυναμίες του κλασσικού 802.11 πρωτοκόλλου, δηλαδή στην έλλειψη δυνατότητας παροχής διαφοροποιημένης μεταχείρισης σε διαφορετικές κατηγορίες κίνησης.

802.11g: Πρότυπο φυσικού επιπέδου για ασύρματα τοπικά δίκτυα στη μπάνα των 2,4 GHz. Αποτελείται από τρία διαθέσιμα μη-επικαλυπτόμενα ασύρματα κανάλια, τα οποία έχουν ρυθμό μετάδοσης έως 54 Mbps το καθένα με χρήση OFDM. Είναι το πιο διαδεδομένο πρότυπο φυσικού επιπέδου σήμερα.

802.11i: Είναι ένα συμπληρωματικό πρότυπο για βελτίωση της ασφάλειας του συστήματος. Παρέχει έναν εναλλακτικό μηχανισμό του κλασσικού Wired Equivalent Privacy - WEP με καινούριες μεθόδους κρυπτογράφησης και πιστοποίησης.

Το βασικότερο συστατικό του προτύπου IEEE 802.11 είναι το πρωτόκολλο πολλαπλής πρόσβασης (Multiple Access Control -MAC), το οποίο ελέγχει τη μετάδοση πολλών σταθμών στην ίδια περιοχή. Το πρωτόκολλο περιέχει τους εξής δύο μηχανισμούς πρόσβασης: το Distributed Coordination Function (DCF) και το Point Coordination Function (PCF). Ο DCF είναι ο βασικός μηχανισμός πρόσβασης και υποχρεωτικός για όλα τα συστήματα που υλοποιούν το πρότυπο. Βασίζεται στην ανίχνευση φέροντος και στην αποφυγή σύγκρουσης (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance - CSMA/CA). Αυτό σημαίνει ότι ένας σταθμός περιμένει μέχρι να περιέλθει το ασύρματο μέσο σε απραξία, προτού προχωρήσει σε μετάδοση πακέτου (carrier sense), ενώ διαθέτει μηχανισμούς για την αποφυγή των συγκρούσεων (collision avoidance). Το CSMA/CA είναι παρόμοιο με το CSMA/CD του Ethernet, μόνο που λόγω της φύσεως του ασύρματου μέσου, η ανίχνευση σύγκρουσης κατά τη διάρκεια της μετάδοσης δεν είναι εφικτή. Ο μηχανισμός PCF είναι προαιρετικός και εφαρμόζεται μόνο στις δομημένες τοπολογίες. Βασίζεται στη σταθμοσκόπηση (polling) των σταθμών από το Σημείο Πρόσβασης, δίνοντας κάθε φορά δυνατότητα μετάδοσης σε διαφορετικό σταθμό, χωρίς ανταγωνισμό. Οι μηχανισμοί DCF και PCF μπορούν να πολυπλέκονται στο χρόνο σε ένα υπερπλαίσιο (superframe), το οποίο αποτελείται από μια περίοδο PCF στην οποία δεν υπάρχει ανταγωνισμός (Contention-Free Period - CFP), ακολουθούμενη από μια περίοδο DCF στην οποία υπάρχει ανταγωνισμός (Contention Period - CP) για πρόσβαση στο μέσο, επαναλαμβανόμενα στο χρόνο.

Ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα στα πρωτόκολλα ανίχνευσης φέροντος, άρα και στο DCF, είναι το πρόβλημα του κρυμμένου τερματικού. Ένα ζευγάρι ασύρματων συσκευών θεωρείται κρυμμένο (η μια συσκευή είναι κρυμμένη από την άλλη) αν η μια συσκευή δεν μπορεί να ακούσει τη μετάδοση της άλλης. Το φαινόμενο αυτό καθιστά την ανίχνευση φέροντος μη αποδοτική, αφού είναι πιθανό να οδηγήσει σε συγκρούσεις. Για παράδειγμα, θεωρούμε ότι δύο ασύρματοι σταθμοί A και C είναι κρυμμένοι ο ένας από τον άλλο, αλλά και οι δυο επιθυμούν να μεταδώσουν σε ένα τρίτο σταθμό B. Όταν ο A μεταδίδει στον B, η διαδικασία ανίχνευσης φέροντος του C δεν αντιλαμβάνεται κάποια μετάδοση και έτσι ο C θεωρεί (λανθασμένα) ότι μπορεί να ξεκινήσει μια μετάδοση στον B άμεσα. Είναι φανερό ότι ο C θα δημιουργήσει παρεμβολή στην επικοινωνία του A με τον B με αποτέλεσμα να υπάρξει σύγκρουση και ο B να μη λάβει σωστά τα δεδομένα ούτε του A αλλά ούτε και του C.

Για να μειωθεί το πρόβλημα του κρυμμένου τερματικού που υπάρχει εκ φύσεως σε κάθε ασύρματο CSMA σύστημα, πριν από κάθε μετάδοση δεδομένων στο DCF προηγούνται τα μηνύματα Request-to-Send (RTS) και Clear-to-Send (CTS). Συγκεκριμένα, πριν μεταδώσει τα δεδομένα του ένας σταθμός (π.χ. A) μεταδίδει ένα μικρό RTS πακέτο, στο οποίο ο αποδέκτης (π.χ., B) απαντά με ένα CTS πακέτο. Τα RTS και CTS πακέτα περιέχουν πληροφορίες για το χρόνο που απαιτείται για τη μετάδοση των δεδομένων, ώστε ακόμα και αν κάποιος σταθμός (π.χ. C) δεν ακούσει το RTS, να ακούσει το CTS και να μην επιχειρήσει μετάδοση κατά τη χρονική αυτή περίοδο. Ο χρονοδιακόπτης που χρησιμοποιούν οι σταθμοί για την αδρανοποίησή τους από το μέσο λέγεται Network Allocation Vector (NAV). Επίσης, μετά από κάθε επιτυχή μετάδοση, ο παραλήπτης αποστέλλει επιβεβαίωση (acknowledgement -ACK) ώστε να ενημερώσει τον αποστολέα. Η μέθοδος επιβεβαίωσης μέσω μηνύματος (και όχι μέσω ανίχνευσης φέροντος κατά τη μετάδοση) επιβάλλεται στα ασύρματα δίκτυα, καθώς δεν είναι εφικτή η ταυτόχρονη μετάδοση και ανίχνευση όπως στα ενσύρματα (π.χ., Ethernet).

Έτσι λοιπόν μπορούμε να πούμε ότι η μετάδοση μέσω DCF περιλαμβάνει επαναλαμβανόμενους κύκλους μετάδοσης μηνυμάτων της μορφής RTS/CTS/Data/ACK. Οι σταθμοί επιχειρούν να μεταδώσουν επιτυχώς το RTS, ώστε να δεσμεύσουν το κανάλι και να μπορέσουν να μεταδώσουν χωρίς ανταγωνισμό τα

δεδομένα τους. Άρα συγκρούσεις μπορούν να συμβούν μόνο σε ταυτόχρονες μεταδόσεις του RTS.

Ο PCF είναι ένας προαιρετικός μηχανισμός, ο οποίος υποστηρίζει μετάδοση πακέτων χωρίς ανταγωνισμό και στην υποστήριξη υπηρεσιών ευαίσθητων στο χρόνο, όπως κινούμενη εικόνα και φωνή, μειώνοντας τις συγκρούσεις. Χρησιμοποιείται ένας Point Coordinator (PC), ο οποίος βρίσκεται μέσα στο Σημείο Πρόσβασης και σταθμοσκοπεί (poll) όλους τους σταθμούς που έχει εγγεγραμμένους στη λίστα του. Ο PC έχει τη δυνατότητα να αφαιρέσει από τη λίστα ένα σταθμό για κάποιο χρονικό διάστημα, αν παρατηρήσει ότι ο συγκεκριμένος σταθμός δεν έχει καθόλου πακέτα να μεταδώσει για ένα συνεχόμενο αριθμό προσπαθειών. Επίσης, οι σταθμοί έχουν τη δυνατότητα να ζητήσουν από τον PC να μην τους εγγράψει στη λίστα σταθμοσκόπησης, όταν βρίσκονται σε κατάσταση ελάχιστης κατανάλωσης ισχύος (power-save mode).

Η χρήση του PCF ξεκινά όποτε ο PC κρίνει ότι οι συγκρούσεις έχουν φτάσει σε ένα επικίνδυνα υψηλό ποσοστό. Η έναρξη της CFP γίνεται με ένα πακέτο συγχρονισμού (beacon), ακολουθούμενο από τα μηνύματα σταθμοσκόπησης (CF-Poll), δεδομένων (Data), επιβεβαιώσεων (CF-ACK) ή συνδυασμούς αυτών. Η δυνατότητα να συνδυάζονται πακέτα σταθμοσκόπησης (poll) με επιβεβαιώσεις, σχεδιάστηκε για να βελτιωθεί η απόδοση του πρωτοκόλλου, μειώνοντας τα απαιτούμενα μηνύματα. Αν κάποιος σταθμός δεν ανταποκριθεί στο CF-Poll που του έγινε, τότε ο PC συνεχίζει με τον επόμενο σταθμό της λίστας. Αν κάποιος σταθμός δεν έχει δεδομένα να στείλει, όταν του ζητηθεί από τον PC, τότε στέλνει ένα κενό (null) πακέτο. Η CFP τελειώνει με ένα ειδικό μήνυμα του PC (CF-End) οπότε και οι σταθμοί αλλάζουν τον τρόπο λειτουργίας τους σε DCF και ξαναρχίζουν τον ανταγωνισμό.

WiMax

Τα δίκτυα WiMax βασίζονται στο πρότυπο IEEE 802.16 που ορίζει τα χαρακτηριστικά για ένα μητροπολιτικό ασύρματο δίκτυο ευρυζωνικής πρόσβασης. Ουσιαστικά, αποτελεί μία εναλλακτική λύση σε σχέση με τα ενσύρματα δίκτυα τεχνολογίας DSL. Μπορεί να καλύψει μεγάλες γεωγραφικές περιοχές, χωρίς το κόστος εγκατάστασης υποδομής όμοιας με αυτή που απαιτείται στα ενσύρματα δίκτυα. Το πρότυπο 802.16 παρέχει στους χρήστες ταχύτητες πρόσβασης ανάλογες του DSL ή και μεγαλύτερες και λειτουργεί σε μία ευρεία μπάντα συχνοτήτων 2 έως 66 GHz, υποστηρίζοντας ταχύτητες μετάδοσης που μπορούν να αγγίξουν τα 72 Mbps. Οι προδιαγραφές που έχουν θεσπιστεί από την IEEE για τη δημιουργία επιτυχούς ζεύξης αναφέρουν μία θεωρητική απόσταση της τάξης των 50 Km που όμως σε πειραματικές μετρήσεις περιορίζεται στα 10 Km.

Λόγω των μεγάλων αποστάσεων που καλύπτει και ταυτόχρονα τους υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης που μπορεί να παρέχει, το πρότυπο WiMax βρίσκει πολλές εφαρμογές, λύνοντας σημαντικά προβλήματα. Τρεις είναι οι βασικότερες χρήσεις του:

Δίκτυο κορμού στα κυβελωτά συστήματα κινητής τηλεφωνίας. Η εισαγωγή του προτύπου αυτού αναμένεται να μειώσει σημαντικά το κόστος εξάπλωσης των δικτύων κινητής τηλεφωνίας μιας και αποτελεί μια οικονομικότερη πρόταση, αν συγκριθεί με την οπτική ίνα, για τις εταιρίες κινητής τηλεφωνίας. Εξασφαλίζει ταυτόχρονα αξιοπιστία και υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης που απαιτούν τα δίκτυα κορμού των κινητών δικτύων επικοινωνιών.

- **Broadband on Demand.** Παρέχει υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης κάνοντας εφικτή τη χρήση της τεχνολογίας για εφαρμογές πραγματικού χρόνου κάτι που με το πρότυπο IEEE 802.11 σε μεγάλες αποστάσεις δεν ήταν εφικτό.
- Παρέχει κάλυψη σε περιοχές που είναι αδύνατο να καλυφθούν με χρήση χαλκού ή οπτικής ίνας. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν συμπλήρωμα δικτύων οπτικών ινών σε τμήματα του εδάφους στα οποία το κόστος εγκατάστασης και συντήρησης δικτύων οπτικών ινών είναι απαγορευτικό.

Το αρχικό πρότυπο 802.16, όπως έχει καθοριστεί το 2001, υποστηρίζει συχνότητες από 10 έως 66 GHz. Αυτό οφείλεται κυρίως στο γεγονός ότι το μεγαλύτερο μέρος των παραπάνω συχνοτήτων ήταν παγκοσμίως διαθέσιμο κατά την αρχική φάση προδιαγραφής του πρωτοκόλλου. Όμως, τα μικρά μήκη κύματος των συχνοτήτων αυτών, δημιουργούσαν όπως είναι φυσικό πολλά προβλήματα στην υλοποίηση. Η λύση ήρθε από μια νέα μελέτη που ολοκληρώθηκε στο τέλος του 2002. Πρόκειται για το 802.16a, που υποστηρίζει συχνότητες στο εύρος 2-11 GHz, περιλαμβάνοντας αδειοδοτημένο και μη φάσμα. Συγκριτικά λοιπόν, με τις υψηλές συχνότητες, η ζώνη του 802.16a παρέχει τη δυνατότητα πρόσβασης σε πολύ περισσότερους συνδρομητές ελαχιστοποίηση του κόστους, παρ' όλο που υπάρχει χαμηλότερος ρυθμός μετάδοσης δεδομένων. Αυτό βέβαια προϋποθέτει υπηρεσίες που θα απευθύνονται κυρίως σε ιδιώτες και σε μικρού με μεσαίου μεγέθους εταιρίες.

Το πρότυπο IEEE802.16 μπορεί να υποστηρίξει πολλαπλές υπηρεσίες με διαφορετικές απαιτήσεις σε ποιότητα υπηρεσίας η καθυστέρηση. Το πρότυπο ορίζει τους μηχανισμούς και τις λειτουργίες που ελέγχουν την επικοινωνία και την μετάδοση δεδομένων μεταξύ του Σταθμού Βάσης (Base Station - BS) και των σταθμών συνδρομητών (Subscriber Stations - SSS). Στην κατεύθυνση από τον σταθμό βάσης προς τον συνδρομητή (downlink) η μετάδοση είναι απλή καθώς δεν υπάρχει ανταγωνισμός (μόνο ο Σταθμός Βάσης μεταδίδει). Στην αντίθετη κατεύθυνση

(uplink), προβλέπεται ένα προηγμένο πρωτόκολλο πολλαπλής πρόσβασης το οποίο επιτρέπει τη δυναμική δέσμευση εύρους ζώνης. Κάθε συνδρομητής μπορεί να ζητήσει από τον Σταθμό Βάσης να του ανατεθούν χρονοθυρίδες ανά πλαίσιο ανάλογα με τις εκάστοτε ανάγκες του. Αυτό επιτυγχάνεται είτε μέσω αιτήσεων του συνδρομητή είτε μέσω σχετικών ερωτήσεων του Σταθμού Βάσης. Πρέπει να αναφερθεί ότι το πρότυπο 802.16 προβλέπει δύο δυνατούς τρόπου λειτουργίας.

Λειτουργία σημείου προς πολλαπλά σημεία (point-to-multipoint), όπου αφορά την κλασσική κυβελωτή τοπολογία, και λειτουργία πλέγματος (mesh mode) όπου κάθε συνδρομητής μπορεί να μιλήσει απευθείας με κάποιον άλλον.

Οι υπηρεσίες οι οποίες μπορεί να χρησιμοποιηθούν από τους τελικούς χρήστες διαφέρουν στην φύση τους και στις απαιτήσεις τους. Έτσι μπορούν να υποστηριχθούν υπηρεσίες μεταφοράς δεδομένων, φωνής, ακόμα και βίντεο. Για την υποστήριξη όλων αυτών των διαφορετικών υπηρεσιών, το επίπεδο πολλαπλής πρόσβασης έχει τη δυνατότητα εξυπηρέτησης τόσο σταθερής, όσο και μεταβαλλόμενης (bursty) κίνηση. Κάθε υπηρεσία κατηγοριοποιείται και σε διαφορετική κλάση ανάλογα με την ποιότητα υπηρεσίας που απαιτεί. Το πρότυπο IEEE802.16 διαθέτει τέσσερις διαφορετικές κλάσεις υπηρεσιών. Την "Unsolicited Grant Service" (UGS), η οποία υποστηρίζει υπηρεσίες σταθερού ρυθμού που γεννούν πακέτα σταθερού μήκους σε περιοδική βάση, την "Real-Time Polling Service (rtPS)" ,η οποία υποστηρίζει εφαρμογές πραγματικού χρόνου που παράγουν πακέτα μεταβλητού μήκους όπως VoIP, streaming video, streaming audio, την "non-Real Time Polling Service" (nrtPS), η οποία σχεδιάστηκε για εφαρμογές που απαιτούν μεγάλο εύρος ζώνης αλλά όμως ανέχονται μεγαλύτερες καθυστερήσεις, και τέλος την "Best Effort" (BE), η οποία αναφέρεται σε υπηρεσίες όπου δεν υπάρχει καμία εγγύηση για την καθυστέρηση ή το εύρος ζώνης που θα της ανατεθεί για την μεταφορά των δεδομένων της. Επιπλέον, κάθε υπηρεσία μπορεί να περιγράψει τις απαιτήσεις για ποιότητα υπηρεσίας μέσω αναλυτικών παραμέτρων που δηλώνονται προς το Σημείο Πρόσβασης κατά την αρχικοποίησή της. Αυτό δίνει τη δυνατότητα παροχής ιδιαίτερα εξειδικευμένης ποιότητας ανά υπηρεσία.

Σημαντική στην εξέλιξη του συστήματος είναι η επέκταση 802.16e η οποία επιτρέπει την ενσωμάτωση κινούμενων σταθμών συνδρομητή μέσω ανάλογων

επεκτάσεων στο φυσικό επίπεδο. Η επέκταση έδωσε τη δυνατότητα υλοποίησης του συστήματος σε φορητούς υπολογιστές και υπολογιστές παλάμης, ώστε να θεωρείται πλέον συμπληρωματική ή ακόμα και ανταγωνιστική τεχνολογία του UMTS σε αστικές περιοχές. Μερικά από τα χαρακτηριστικά που υιοθετεί το 802.16e είναι τα ακόλουθα:

- **Υψηλοί Ρυθμοί Δεδομένων:** Με τις νέες τεχνολογίες των «Έξυπνων» Κεραιών, τις προχωρημένες μεθόδους κωδικοποίησης και διαμόρφωσης, επιτυγχάνονται μέγιστοι ρυθμοί στην κάθοδο (downlink) ως 63Mbps και στην άνοδο (uplink) 28 Mbps ανά τομέα, σε κανάλι μεγέθους 10MHz.
- **Ποιότητα Υπηρεσίας (QoS):** Επιτυγχάνεται με το βέλτιστο διαμοιρασμό του χώρου, των συχνοτήτων και των χρονοθυρίδων, με ελάχιστη σπατάλη πόρων.
- **Κλιμάκωση:** Η σύστημα μπορεί να λειτουργήσει σε διάφορες ζώνες του φάσματος, με συχνότητες από 1,25 ως 20MHz ανάλογα με τις απαιτήσεις της εφαρμογής. Έτσι είναι δυνατή η παροχή αυξημένου εύρους ζώνης ανάλογα με την υπηρεσία σε αραιοκατοικημένες περιοχές, ενώ αντίθετα στα πυκνοκατοικημένα αστικά κέντρα είναι δυνατή η αύξηση της χωρητικότητας των συνδρομητών.

Κινητικότητα: Βελτιστοποίηση των τεχνικών μεταπομπής (handover) με καθυστερήσεις μικρότερες από 50 msec, για την υποστήριξη υπηρεσιών πραγματικού χρόνου (π.χ. VoIP) χωρίς υποβάθμιση της ποιότητας υπηρεσίας. Το πρότυπο Bluetooth που δημιουργήθηκε από τις Ericsson, IBM, Toshiba, Intel, Nokia και Motorola και υποστηρίζεται από άλλες 1900 εταιρίες, είναι το de facto πρότυπο για μικρών επιδόσεων ασύρματη δικτύωση ηλεκτρονικών συσκευών (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 την κατάργηση των καλωδίων. Η ταχύτητα μεταφοράς δεδομένων είναι μέχρι 1Mbps ενώ είναι δυνατή και η ταυτόχρονη μεταφορά ήχου. Η συχνότητα που εκπέμπονται τα δεδομένα είναι τα 2,4GHz ενώ χρησιμοποιείται η τεχνική εναλλαγής συχνότητας. 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 10 μέτρα. Από πλευράς ασφάλειας, αν και το Bluetooth δεν παρέχει ιδιαίτερα υψηλό επίπεδο, η μικρή του εμβέλεια περιορίζει τον κίνδυνο.

Η κυκλοφορία των συσκευών που υποστηρίζουν το Bluetooth έχει ήδη αρχίσει με τη μορφή κινητών τηλεφώνων και καρτών δικτύου για υπολογιστές. Δεδομένου ότι το κόστος υλοποίησης του Bluetooth είναι πολύ μικρό, μέχρι το τέλος του 2001 το 80% των κινητών τηλεφώνων το έχει ενσωματώνει και η επικράτησή του θεωρείται δεδομένη. Εταιρείες όπως η Palm και η Microsoft έχουν ήδη ανακοινώσει υποστήριξη του Bluetooth στα μελλοντικά προϊόντα τους.

Αν το Bluetooth στοχεύει στο να καταργήσει τα καλώδια που συνδέουν τα διάφορα gadgets και περιφερειακά μεταξύ τους και με τον υπολογιστή, το πρωτόκολλο IEEE 802.11b στοχεύει στο να καταργήσει τα καλώδια ανάμεσα στους υπολογιστές. Το 802.11 είναι το όνομα του project της ομάδας εργασίας του IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers, Ινστιτούτο Ηλεκτρολόγων και Ηλεκτρονικών Μηχανικών) για τα ασύρματα δίκτυα. Το IEEE 802.11, το οποίο δημιουργήθηκε τον Ιούνιο του 1997, έχει ταχύτητα 2Mbps και είναι το πρότυπο που ακολουθούσαν μέχρι τώρα τα ασύρματα δίκτυα Ethernet. Η έκδοση IEEE 802.11b (γνωστή και ως IEEE 802.11 High Rate ή Wi-Fi) δημιουργήθηκε τον Ιούλιο του 1998 και έχει ταχύτητα 11Mbps ενώ η έκδοση IEEE 802.11a, που βρίσκεται ακόμη στο στάδιο της ανάπτυξης, προβλέπει ταχύτητες μέχρι 54Mbps. Το IEEE802.11b είναι, ουσιαστικά, το στάνταρ στα ασύρματα δίκτυα Ethernet και υποστηρίζει τόσο επικοινωνία point to point (η οποία ονομάζεται ad hoc) όσο και επικοινωνία point to multipoint. Οι υπολογιστές που βρίσκονται στον ίδιο χώρο, π.χ., μπορούν να οριστούν σε κατάσταση ad hoc και να επικοινωνήσουν άμεσα μεταξύ τους. Η ανάγκη για access point προκύπτει όταν χρειάζεται επικοινωνία με ενσύρματα δίκτυα και/ή περιφερειακά ή στην περίπτωση του roaming (π.χ. όταν ο χρήστης ενός φορητού υπολογιστή πρέπει να κινείται μέσα σ' ένα κτίριο). Μέρος επίσης του 802.11b αποτελεί και το WEP (Wired Equivalent Privacy, μυστικότητα αντίστοιχη με τα καλωδιωμένα δίκτυα) το οποίο χρησιμοποιεί τον αλγόριθμο RC4 και προσφέρει τη δυνατότητα εξουσιοδότησης του κάθε κόμβου και κρυπτογράφησης των δεδομένων. Όπως και το Bluetooth, λειτουργεί και αυτό στα 2,4GHz και χρησιμοποιείται και εδώ η τεχνική εναλλαγής συχνότητας. Η συχνότητα αυτή, η ίδια που χρησιμοποιείται και

από τους φούρνους μικροκυμάτων, επιλέχθηκε διότι είναι ελεύθερη και δεν απαιτείται έκδοση αδείας για τις συσκευές που τη χρησιμοποιούν. Η χρήση, όμως, κοινής συχνότητας και από τα δύο πρότυπα μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα στην συνύπαρξή τους. Οι παρεμβολές μπορεί να προκύψουν εάν τα δύο δίκτυα βρίσκονται πολύ κοντά και προσπαθούν να λειτουργήσουν ταυτόχρονα. Οι παρεμβολές θα οδηγήσουν σε λάθος μεταφορά των δεδομένων και αυτόματα θα επαναληφθεί η μεταφορά του χαμένου πακέτου σε άλλη συχνότητα. Το Bluetooth, όμως, μεταφέρει μικρότερα πακέτα και δοκιμάζει εναλλακτικές συχνότητες 600 φορές ταχύτερα από το IEEE802.11b, με αποτέλεσμα, ουσιαστικά, το πρώτο να μπλοκάρει το δεύτερο μειώνοντας δραματικά την ταχύτητά του. Ήδη έχει σχηματιστεί η ομάδα IEEE802.15 η οποία έχει ως σκοπό την ελαχιστοποίηση των παρεμβολών ανάμεσα στα δύο αυτά πρότυπα και την ομαλή τους συνύπαρξη.



Εικόνα 2 Ασύρματη κάρτα δικτύου της **compaq**

Μια τρίτη εναλλακτική πρόταση είναι το πρότυπο HomeRF, το οποίο προωθείται από την Proxim (μετοχές της οποίας έχουν η Intel και η Motorola) και για το οποίο έχουν δηλώσει υποστήριξη εταιρίες όπως η Hewlett Packard. Το HomeRF στηρίζεται στην τεχνολογία SWAP (Shared Wireless Access Protocol, μοιραζόμενο ασύρματο πρωτόκολλο πρόσβασης). Το SWAP συνδυάζει στοιχεία από το IEEE802.11 μαζί με ιδέες από το ευρωπαϊκό σύστημα ψηφιακής ασύρματης τηλεφωνίας DECT (Digital Enhanced Cordless Telephone) φτιάχνοντας έτσι ένα φθινό πρότυπο για μεταφορά ήχου και δεδομένων με ταχύτητα μέχρι 2Mbps. Αν και το HomeRF υποστηρίζει ταυτόχρονη μεταφορά ήχου και δεδομένων, η χαμηλή ταχύτητα που προσφέρει σε συνδυασμό με το κόστος υλοποίησής του, που είναι παρόμοιο με αυτό του IEEE802.11b, δεν του δίνει ιδιαίτερες προοπτικές επιτυχίας. Τα υπόλοιπα τεχνικά χαρακτηριστικά του HomeRF είναι ίδια με αυτά του IEEE802.11 έχοντας τα ίδια προβλήματα παρεμβολών με το Bluetooth.

Η τελευταία εναλλακτική πρόταση είναι το πρότυπο HiperLAN το οποίο αναπτύσσεται από το ETSI (European Telecommunications Standardization Institute, Ευρωπαϊκό Ινστιτούτο Τυποποίησης Τηλεπικοινωνιών) και υποστηρίζεται από διάφορες εταιρίες του χώρου. Μέχρι στιγμής προϊόντα που να στηρίζονται στο πρότυπο HiperLAN έχουν αναγγελθεί από μία μόνο εταιρία, αλλά έντονο ενδιαφέρον για την υλοποίησή του έχουν εκδηλώσει πολλές ακόμη εταιρίες. 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. 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 παραλήπτης δεν βρίσκεται στο βεληνεκές του αποστολέα. 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.

Απ' όλες τις παραπάνω εναλλακτικές, το Bluetooth είναι αυτό που αναμένεται να έχει την πιο άμεση επικράτηση, κυρίως λόγω του χαμηλού του κόστους και της ευκολίας που προσφέρει. Οι υπόλοιπες από τις παραπάνω λύσεις δεν έχουν ως σκοπό την άμεση αντικατάσταση του πατροπαράδοτου καλωδιωμένου Ethernet, λόγω της δυσανάλογης σχέσης κόστους/ταχύτητας που έχουν αυτή τη στιγμή, αλλά και των χαμηλών επιδόσεων. Πρότυπα με υψηλές, σχετικά, επιδόσεις όπως το HiperLAN2 και το ανταγωνιστικό του IEEE802.11a, δεν αναμένεται να δουν το φως της ημέρας μέχρι το τέλος του 2001. Πολύ σύντομα όμως η ασύρματη δικτύωση θα μπει στη ζωή μας και θα την αλλάξει ριζικά. Η εξάλειψη των καλωδίων θα δώσει τη δυνατότητα στους κατασκευαστές να αλλάξουν (επιτέλους) την κλασική εικόνα του υπολογιστή.

Θα μπορούμε πλέον κάθε φορά να τοποθετούμε τον εκτυπωτή στο βολικότερο για μας σημείο, βγάζοντάς τον από την πρίζα, πηγαίνοντάς τον στην άλλη άκρη του δωματίου, ενώ θα έχουμε τη δυνατότητα να τοποθετούμε ελεύθερα τον υπολογιστή σε απόσταση από τη θέση που καθόμαστε. Έτσι, σιγά-σιγά, το PC θα μπορέσει να αφομοιωθεί από τον περιβάλλοντα χώρο. Η μέρα που οι υπολογιστές θα αποτελούν τμήμα ενός επίπλου ή ενός έργου τέχνης δεν είναι μακριά.

Μέθοδοι μετάδοσης

Για τη μετάδοση του σήματος υπάρχουν δύο βασικές μέθοδοι: η εκπομπή στενής ζώνης (narrow band) και η εξάπλωση φάσματος (spread spectrum). Η πρώτη είναι η παραδοσιακή μέθοδος χαμηλού κόστους, χαμηλής ασφάλειας και χαμηλής αξιοπιστίας, κατά την οποία το εύρος ζώνης του εκπεμπόμενου κύματος είναι κατά πολύ μικρότερο από την κεντρική συχνότητα σε Hz. Κάθε τεχνική στενής ζώνης συμπεριλαμβάνει και μία τυποποιημένη διαδικασία διαμόρφωσης με φέρον κύμα (AM,FM για αναλογικά δεδομένα και ASK,FSK,PSK για ψηφιακά δεδομένα).

Η δεύτερη μέθοδος είναι πιο πρόσφατη, παρέχει υψηλή αξιοπιστία και ασφάλεια σε υψηλό κόστος και βασίζεται στη διαμόρφωση της πληροφορίας προτού εκπεμφθεί με έναν κώδικα εξάπλωσης ο οποίος έχει ως αποτέλεσμα την εξάπλωση του εκπεμπόμενου φάσματος σε μεγάλο εύρος ζώνης. Αυτή η εξάπλωση οδηγεί και σε πολλαπλασιασμό του δυνατού ρυθμού μετάδοσης δεδομένων στο φυσικό επίπεδο, σύμφωνα με το Θεώρημα Σάνον. Οι διάφορες μέθοδοι εξάπλωσης φάσματος συμπεριλαμβάνουν και μία τεχνική διαμόρφωσης, η τελευταία όμως έχει επικρατήσει να ονομάζεται διαμόρφωση μόνο σε εκπομπές στενής ζώνης.

Συνήθως η εξάπλωση φάσματος υλοποιείται με μία από τις παρακάτω τρεις μεθόδους:

- Frequency Hopping (FHSS)

Το εύρος ζώνης χωρίζεται σε υποζώνες συχνοτήτων, καθεμία από τις οποίες έχει εύρος ανάλογο μίας εκπομπής στενής ζώνης, και ο κώδικας εξάπλωσης ουσιαστικά καθορίζει σε ποια υποζώνη θα μεταπηδά η επικοινωνία σε τακτά χρονικά διαστήματα. Τόσο ο πομπός όσο και ο δέκτης θα πρέπει να συντονίζονται διαρκώς σε διαφορετική φέρουσα συχνότητα με τον ίδιο τρόπο (ο οποίος καθορίζεται από τον κώδικα) και στις ίδιες χρονικές στιγμές. Ως αποτέλεσμα κάποιος τρίτος που δε γνωρίζει τον κώδικα δεν μπορεί να υποκλέψει πληροφορία ή να παρεμβληθεί στη μετάδοση παρά ελάχιστα, αφού δε θα γνωρίζει πότε να συντονιστεί σε άλλη συχνότητα και σε ποια.

- Direct Sequence (DSSS)

Για κάθε bit που πρόκειται να μεταδοθεί εκπέμπεται στην πραγματικότητα μία άλλη ακολουθία πολλών bit (η οποία εξαρτάται από τον κώδικα εξάπλωσης). Ο μόνος τρόπος για να γίνει αυτό διατηρώντας τον ίδιο πραγματικό ρυθμό μετάδοσης είναι η διεύρυνση του χρησιμοποιούμενου φάσματος και η ταυτόχρονη ολική χρήση του. Το πλεονέκτημα είναι κι εδώ η αυξημένη ασφάλεια αφού ο κώδικας εξάπλωσης κρυπτογραφεί κατά κάποιον τρόπο τα εκπεμπόμενα δεδομένα.

- Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM)

Ανίχνευση σφαλμάτων

Κατά τη μετάδοση δεδομένων εφαρμόζονται αλγόριθμοι ανίχνευσης σφαλμάτων στα ληφθέντα πλαίσια. Ανάλογα με το πρωτόκολλο επικοινωνίας, μόλις ο παραλήπτης αναγνωρίσει πως το πλαίσιο που έλαβε είναι εσφαλμένο είτε ζητά να του ξανασταλεί (σύνηθες σε αξιόπιστες ενσύρματες γραμμές) είτε επιχειρεί να το επιδιορθώσει (σύνηθες σε ασύρματα δίκτυα). Στην τελευταία περίπτωση η διόρθωση είναι εφικτή με αλγορίθμους ανίχνευσης και διόρθωσης σφαλμάτων (FEC). Και οι δύο μηχανισμοί υλοποιούνται με αθροίσματα ελέγχου που τοποθετεί ο αποστολέας στο τέλος του πλαισίου δεδομένων, ακολουθίες bit οι οποίες υπολογίζονται με ειδικό τρόπο και εξαρτώνται από τα εκπεμπόμενα δεδομένα. Αυτό που μεταδίδεται είναι η κωδικολέξη, το σύνολο των δεδομένων και του αθροίσματος ελέγχου, και όχι μόνο τα αρχικά δεδομένα. Οι αλγόριθμοι ανίχνευσης (άρτια ή περιττή ισοτιμία, CRC κλπ) στον παραλήπτη εξάγουν το άθροισμα ελέγχου από τη ληφθείσα κωδικολέξη και ελέγχουν αν ισούται με αυτό που θα έπρεπε να είναι -το οποίο υπολογίζεται επί τόπου από τα ληφθέντα δεδομένα με τον ίδιο τρόπο που το υπολόγισε ο αποστολέας. Αν διαφέρουν σημαίνει πως υπήρξε σφάλμα. Από την άλλη οι αλγόριθμοι FEC διατηρούν μία λίστα έγκυρων κωδικολέξεων και αν μία ληφθείσα κωδικολέξη είναι άκυρη αντικαθίσταται από την πιο κοντινή της κατά Hamming (δηλαδή bit προς bit) στη σχετική λίστα. Υπάρχουν πρωτόκολλα που υλοποιούν και FEC και αλγορίθμους ανίχνευσης λαθών (συνήθως CRC), ώστε αν ο FEC αποτύχει να επιδιορθώσει ένα πλαίσιο να ζητηθεί επανεκπομπή του. Μία άλλη σημαντική τεχνική στις ασύρματες επικοινωνίες για την αντιμετώπιση των ξαφνικών ριπών θορύβου είναι το Block Interleaving: αντί να εκπέμπονται μεμονωμένα πλαίσια με ενσωματωμένα αθροίσματα ελέγχου, πολλά διαφορετικά πλαίσια αναμειγνύονται με κάποιον

προκαθορισμένο τρόπο σε επίπεδο bit και ο παραλήπτης τα αποπλέκει καταλήγοντας στα αρχικά πλαίσια. Έτσι, μία ριπή θορύβου διαμοιράζεται σε πολλά πλαίσια καταστρέφοντας μικρός μέρος του καθενός, μία κατάσταση αντιμετωπίσιμη με FEC, αντί να καταστρέψει ολοσχερώς ένα πλαίσιο.

Ασύρματα τοπικά δίκτυα

Τα ασύρματα τοπικά δίκτυα (WLAN) παρέχουν ευελιξία, κινητικότητα και - υπό προϋποθέσεις- χαμηλότερο κόστος από τα ενσύρματα. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε για ασύρματη επέκταση ενός προϋπάρχοντος ενσύρματου δικτύου, με έναν κύριο κόμβο να συνδέεται μέσω Ethernet με το LAN και να επικοινωνεί ασύρματα με άλλους σταθμούς, είτε για διασύνδεση LAN σε διαφορετικά κτίρια, συνήθως με συνδέσεις από σημείο σε σημείο μεταξύ γεφυρών ή δρομολογητών των επιμέρους LAN, είτε για παροδική ασύρματη ζεύξη μεταξύ LAN και κινητού τερματικού (νομαδική πρόσβαση), είτε τέλος για δικτύωση *ad hoc* / *αδόμητη* -προσωρινά ασύρματα δίκτυα ομότιμων κόμβων που δεν απαιτούν καμία προϋπάρχουσα υποδομή, δημιουργούνται δυναμικά και στα οποία ένας σταθμός πρέπει οπωσδήποτε να είναι στην εμβέλεια ενός άλλου για να επικοινωνήσουν. Τα WLAN λειτουργούν με ένα από τα τρία ακόλουθα φυσικά μέσα: υπέρυθρες ακτίνες, μικροκύματα με εξάπλωση φάσματος, μικροκύματα με στενή ζώνη.

Υπέρυθρη ακτινοβολία

Οι υπέρυθρες ακτίνες έχουν τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

- Δε διαπερνούν τοίχους
- Μεγάλη συχνότητα, άρα μεγάλο εύρος ζώνης και υψηλός ρυθμός μετάδοσης δεδομένων
- Μέσα σε ένα δωμάτιο υπάρχει κάλυψη παντού λόγω ανάκλασης στο ταβάνι
- Λόγω υψηλής κατευθυντικότητας είναι απαραίτητη η οπτική επαφή με ένα σημείο πρόσβασης στο ταβάνι
- Μικρή υποστήριξη κινητικότητας λόγω του προηγούμενου περιορισμού
- Ελεύθερη εκπομπή χωρίς ανάγκη άδειας

- Φτηνός εξοπλισμός, χωρίς κεραία, υψηλή ασφάλεια λόγω περιορισμένης εμβέλειας

Υπάρχουν τρεις μέθοδοι αξιοποίησης των υπέρυθρων στις τηλεπικοινωνίες: με κατευθυντικά δίκτυα, που δε σχετίζονται με WLAN και ουσιαστικά είναι μεγάλου μήκους ζεύξεις από σημείο σε σημείο και με υψηλή κατευθυντικότητα, με μη κατευθυντικά δίκτυα, WLAN όπου υπάρχει ένα σημείο πρόσβασης-σταθμός βάσης στο ταβάνι ο οποίος δρα ως αμφίδρομος επαναλήπτης και προς τον οποίον εκπέμπουν όλα τα τερματικά με κατευθυνόμενη ακτίνα, και με δίκτυα διάχυσης, όπου ο προαναφερόμενος σταθμός βάσης στην οροφή δεν είναι συσκευή αλλά ένα σημείο με την ικανότητα να διαχέει την ακτινοβολία που προσπίπτει επάνω του προς όλες τις κατευθύνσεις (η διαχεόμενη ακτινοβολία λαμβάνεται στη συνέχεια από τα τερματικά).

ΜΙΚΡΟΚΥΜΑΤΑ

Τα μικροκύματα έχουν αντίθετες ιδιότητες από τις υπέρυθρες στις τηλεπικοινωνίες (π.χ. η εμβέλεια τους μπορεί να φτάσει τα 30-50 μέτρα ανεξαρτήτως εμποδίων ή τοίχων) άρα οι εφαρμογές τους διαφέρουν σημαντικά. Στην περίπτωση των WLAN εξάπλωσης φάσματος υπάρχουν δύο τρόποι λειτουργίας: ομότιμα, όπου δεν υπάρχει κάποιος κεντρικός σταθμός βάσης-σημείο πρόσβασης, οι κόμβοι είναι ισότιμοι και η πρόσβαση στο κοινό μέσο ρυθμίζεται από κάποιο καταναμημένο πρωτόκολλο όπως το CSMA (έτσι λειτουργούν τα ad hoc WLAN), και με σημείο πρόσβασης, έναν κεντρικό κόμβο του τοπικού δικτύου δηλαδή -συνήθως συνδεδεμένο σε ενσύρματο δίκτυο κορμού (π.χ. στο Internet ή σε κάποιο μεγάλο Ethernet LAN)- ο οποίος αναλαμβάνει τον έλεγχο πρόσβασης στο κοινό μέσο και δρα ως αμφίδρομος επαναλήπτης. Τα WLAN με σημείο πρόσβασης ονομάζονται δίκτυα υποδομής ή δομημένα (infrastructure). Το σύνηθες μοντέλο που περιγράφει τέτοια δίκτυα είναι το εξής: υπάρχει ένα ενσύρματο δίκτυο κορμού (σύστημα κατανομής, DS) στο οποίο συνδέονται τα σημεία πρόσβασης (AP). Μία ομάδα κοινών κόμβων (STA) που επικοινωνούν ασύρματα με ένα συγκεκριμένο AP σε συγκεκριμένη συχνότητα ονομάζεται Βασικό Σύνολο Υπηρεσιών (BSS). Τα BSS διασυνδέονται μεταξύ τους μέσω του DS. Ας σημειωθεί ότι μπορεί τα STA ενός BSS να μην είναι όλα στην εμβέλεια όλων αλλά πρέπει οπωσδήποτε όλα να είναι στην εμβέλεια του σημείου πρόσβασης.

IEEE 802.11

Η οικογένεια πρωτοκόλλων IEEE 802.11 αποτελεί το καθιερωμένο πρότυπο της βιομηχανίας στο χώρο των ασύρματων τοπικών δικτύων. Όλα τα πρωτόκολλα 802.11x έχουν κοινό υποεπίπεδο MAC και διαφέρουν στο φυσικό μέσο. Το υποεπίπεδο LLC, που αναλαμβάνει τον έλεγχο ροής, τον έλεγχο σφαλμάτων και τη διασύνδεση προς το επίπεδο δικτύου, ταυτίζεται με το καθιερωμένο κοινό πρωτόκολλο 802.2 που χρησιμοποιείται και στο Ethernet και στα περισσότερα ενσύρματα τοπικά δίκτυα -με αποτέλεσμα την άμεση και χωρίς ανάγκη μετατροπών συνδεσιμότητα ενός 802.11 WLAN με το Internet ή άλλα WAN/διαδίκτυα που χρησιμοποιούν το IP ως πρωτόκολλο δικτύου. Το βασικό πρωτόκολλο MAC του 802.11 είναι το DCF, το οποίο βασίζεται στη μέθοδο CSMA/CA, ενώ στα δομημένα WLAN πάνω από το DCF τρέχει επιπλέον το πρωτόκολλο PCF το οποίο, αξιοποιώντας το AP, προσφέρει στα τερματικά όταν χρειάζεται πρόσβαση στο κοινό μέσο χωρίς ανταγωνισμό και συγκρούσεις.

Το DCF δίνει λύση στα, έμφυτα στις ασύρματες επικοινωνίες, προβλήματα του κρυμμένου τερματικού και του εκτεθειμένου τερματικού, τα οποία είναι και ο λόγος για τον οποίον δεν μπορεί να εφαρμοστεί η μέθοδος CSMA/CD του Ethernet σε WLAN. Το πρόβλημα του κρυμμένου τερματικού έγκειται στο ότι αν ένα τερματικό Γ εκπέμπει σε ένα τερματικό Β, ένα άλλο τερματικό Α που θέλει να αποστείλει δεδομένα στο Β αλλά είναι εκτός εμβέλειας του Γ δε θα ανιχνεύσει ότι το κανάλι είναι απασχολημένο και θα εκπέμψει. Το αντίστροφο πρόβλημα του εκτεθειμένου τερματικού αφορά το ότι ένα τερματικό Α μπορεί να μη μεταδώσει πλαίσιο σε ένα άλλο τερματικό Β, νομίζοντας ότι το κανάλι είναι κατειλημμένο γιατί ανιχνεύει εκπομπή από ένα τερματικό Γ προς ένα τερματικό Δ. Τα Γ και Δ όμως είναι εκτός εμβέλειας του Β άρα στην πραγματικότητα δεν επρόκειτο να γίνει σύγκρουση.

Τα προβλήματα αυτά επιλύονται συνήθως με την ανίχνευση εικονικού καναλιού (με πλαίσια ελέγχου RTS και CTS) που εκτελεί το DCF: η κεντρική ιδέα πίσω από τη λειτουργία του πρωτοκόλλου είναι η μετάθεση των συγκρούσεων μεταξύ των πλαισίων σε μικρά πλαίσια ελέγχου (RTS, CTS), αντί για τα πλαίσια δεδομένων, ώστε να εξοικονομείται εύρος ζώνης. Συγκεκριμένα, ένας σταθμός που θέλει να

εκπέμπει αποστέλλει ένα πακέτο RTS στον παραλήπτη ζητώντας έτσι άδεια να καταλάβει το κανάλι. Αν ο παραλήπτης είναι διαθέσιμος απαντά με ένα πλαίσιο CTS, το οποίο μόλις ληφθεί από τον αποστολέα τού δίνει τη δυνατότητα να αρχίσει να εκπέμπει τα δεδομένα του (ενεργοποιώντας ταυτόχρονα ένα χρονόμετρο επιβεβαίωσης) χωρίς πιθανότητα σύγκρουσης, αφού οι υπόλοιποι κόμβοι που άκουσαν το RTS ή το CTS γνωρίζουν ότι το κανάλι είναι κατειλημμένο και εισέρχονται σε κατάσταση αναμονής για κατάλληλο χρονικό διάστημα (NAV), το οποίο υπολογίζεται από τις πληροφορίες που μεταφέρουν τα πλαίσια ελέγχου. Όταν λήξει το διάστημα αυτό οι κόμβοι που έχουν πλαίσια προς αποστολή επιχειρούν να καταλάβουν το κανάλι με την ίδια διαδικασία αλλά σε διαφορετικές χρονικές στιγμές (με χρήση του αλγορίθμου δυαδικής εκθετικής οπισθοχώρησης που χρησιμοποιείται και στο CSMA/CD), ώστε να μειωθεί η πιθανότητα σύγκρουσης. Αν παρ' όλα αυτά δύο σταθμοί συγκρουστούν τίθενται ξανά σε αναμονή, περιμένουν ένα τυχαίο χρονικό διάστημα και ξαναπροσπαθούν.

Το PCF ενεργοποιείται αυτόματα για συγκεκριμένα διαστήματα όταν το AP το κρίνει απαραίτητο ώστε, αν π.χ. πρόκειται να μεταδοθεί χρονικά κρίσιμη πληροφορία να εξασφαλιστεί ότι δε θα υπάρξουν συγκρούσεις για κάποιο διάστημα. Στην αρχή κάθε τέτοιας περιόδου χωρίς ανταγωνισμό το AP στέλνει σε όλους τους κόμβους ένα πλαίσιο συγχρονισμού (Beacon) και στη συνέχεια διαμοιράζει το χρόνο σε θυρίδες και αναθέτει σε κάθε σταθμό μία θυρίδα κατά την οποία μόνο αυτός μπορεί να εκπέμπει ή να λάβει δεδομένα. Τα πλαίσια από έναν κόμβο A σε έναν κόμβο B μπορούν είτε να μεταδοθούν από τον A στο AP (κατά τη θυρίδα του A) και στη συνέχεια από τον AP στον B (κατά τη θυρίδα του B), είτε απευθείας από τον A στον B κατά τη θυρίδα του A. Η έναρξη κάθε θυρίδας σηματοδοτείται από την αποστολή ενός πλαισίου ελέγχου Poll από τον AP στον κόμβο που του ανήκει η τρέχουσα θυρίδα.

Στη δομημένη λειτουργία των πρωτοκόλλων 802.11 υπάρχει μέριμνα για υποστήριξη κινητικότητας κόμβων μεταξύ διαφορετικών BSS διασυνδεδεμένων με DS. Η μετακίνηση τέτοιου είδους ονομάζεται μεταγωγή. Τρία είδη λειτουργιών κινητικότητας υποστηρίζονται για τους σταθμούς: συσχέτιση, επανασυσχέτιση, αποσυσχέτιση. Η συσχέτιση γίνεται από έναν κόμβο είτε παθητικά (αναμονή για πλαίσιο PCF Beacon από κάποιο AP) είτε ενεργητικά (αποστολή πλαισίου Probe

προς AP) και αφορά την ένταξη του σε ένα BSS με διαπραγμάτευση και αρχικοποίηση παραμέτρων. Η επανασυσχέτιση επιτρέπει τη μετάβαση σταθμού από ένα BSS σε ένα άλλο, με το DS να φροντίζει να ενημερωθούν κατάλληλα τα ενδιαφερόμενα AP. Κατά τη διάρκεια της μεταγωγής δεν παραδίδονται πλαίσια οπότε τα ανώτερα επίπεδα θα πρέπει να μεριμνήσουν για την ορθή παράδοση τους. Τέλος η αποσυσχέτιση μπορεί να εκκινήσει είτε από το τερματικό είτε από το AP και αφορά τον τερματισμό της σύζευξης. Εκτός της κινητικότητας των χρηστών, μία άλλη πιθανή αιτία επανασυσχέτισης είναι η χαμηλή ποιότητα σήματος -η οποία συνεπάγεται χαμηλό ρυθμό μετάδοσης δεδομένων- σε ένα BSS, οπότε ο σταθμός ανιχνεύει το κανάλι για να βρει ένα άλλο AP με το οποίο θα επιτυγχάνει υψηλότερη ποιότητα επικοινωνίας.

Άλλο ζήτημα είναι η ασφάλεια των δεδομένων. Τα πρωτόκολλα 802.11 περιλαμβάνουν έναν προαιρετικό μηχανισμό πιστοποίησης κόμβων (μόνο για δομημένα δίκτυα) και κρυπτογράφησης δεδομένων, ονόματι WEP, ο οποίος λειτουργεί ως εξής: μετά τη συσχέτιση ενός σταθμού σε ένα BSS ο κόμβος στέλνει στο AP ένα αίτημα πιστοποίησης ταυτότητας. Το AP απαντά στέλνοντας του ένα τυχαίο κείμενο το οποίο ο κόμβος κρυπτογραφεί, χρησιμοποιώντας ένα κλειδί που έχει ρυθμιστεί από τους χρήστες του τοπικού δικτύου και είναι κοινό σε όλους τους κόμβους, και στέλνει πίσω στο σημείο πρόσβασης. Το AP επιβεβαιώνει ότι το κείμενο που έλαβε είναι η ορθά κρυπτογραφημένη, σύμφωνα με το σωστό κλειδί, εκδοχή αυτού που έστειλε και απαντά με μια επιβεβαίωση πιστοποίησης η οποία αναθέτει μία ταυτότητα στον κόμβο (η οποία γίνεται γνωστή και στους άλλους κόμβους). Από εκείνη τη στιγμή κι έπειτα ο σταθμός μπορεί να ανταλλάξει δεδομένα στο WLAN με την ταυτότητα αυτή. Όταν ο κόμβος επιθυμεί να αποχωρήσει από το δίκτυο στέλνει ένα αίτημα αποπιστοποίησης πριν την αποσυσχέτιση. Για την αποφυγή υποκλοπών τα δεδομένα που διακινούνται στο δίκτυο κρυπτογραφούνται με ένα κρυφό κλειδί 40-bit (το ίδιο με αυτό της πιστοποίησης), το οποίο συνδυάζεται με μια γεννήτρια bit και το αποτέλεσμα συνδυάζεται με τα δεδομένα μέσω λογικού XOR για να επιτευχθεί η κρυπτογράφηση. Στον παραλήπτη ακολουθείται η αντίστροφη διαδικασία.

Η πλαισίωση των δεδομένων στα δίκτυα 802.11 δε γίνεται από το υποεπίπεδο LLC, παρόλο που η δομή του πλαισίου μοιάζει πολύ με την τυπική του 802.2, αλλά

από το υποεπίπεδο MAC (το οποίο προδιαγράφεται από το πρωτόκολλο ενώ το LLC όχι) ώστε να υποστηρίζονται επιπλέον πεδία στην κεφαλίδα του επιπέδου συνδέσμου μετάδοσης δεδομένων. Τα πεδία αυτά αφορούν κυρίως τη διάκριση των μεταδιδόμενων πλαισίων σε πλαίσια δεδομένων, διαχείρισης (αιτήσεις και απαντήσεις συσχέτισης, επανασυσχέτισης, αποσυσχέτισης, πιστοποίησης, αποπιστοποίησης, Beacon) ή ελέγχου (Poll, RTS, CTS, επιβεβαιώσεις, τέλος περιόδου χωρίς ανταγωνισμό), καθώς και την υποστήριξη των λειτουργιών που προδιαγράφει το πρωτόκολλο (WEP, κατακερματισμός πλαισίων σε μικρά θραύσματα όταν υπάρχει θόρυβος στο κανάλι, μετάβαση κόμβου σε κατάσταση εξοικονόμησης ενέργειας όταν μένει αδρανής κλπ). Επίσης το πλαίσιο περιέχει ένα άθροισμα ελέγχου CRC και έως τέσσερις 48-bit (όπως στο Ethernet) διευθύνσεις υποεπιπέδου MAC: διεύθυνση τρέχοντος παραλήπτη, τρέχοντος αποστολέα, αρχικού παραλήπτη, αρχικού αποστολέα. Με αυτά τα τέσσερα πεδία διευθύνσεων είναι δυνατή η ανταλλαγή πλαισίων δεδομένων μεταξύ διαφορετικών BSS που διασυνδέονται με ένα DS.

Τα πρωτόκολλα 802.11 που έχουν εμφανιστεί στην αγορά είναι:

- Κλασικό 802.11

Σε αχρηστία πλέον, ρυθμός μετάδοσης 1-2 Mbps, συχνότητες στη ζώνη των 2.4 GHz, μέθοδος μετάδοσης FHSS ή DSSS

- 802.11b ή Wi-Fi

Το πλέον επιτυχημένο εμπορικά, ρυθμός μετάδοσης 11 Mbps, συχνότητες στη ζώνη των 2.4 GHz, μέθοδος μετάδοσης DSSS

- 802.11g

Μάλλον διάδοχος του Wi-Fi, ρυθμός μετάδοσης 54 Mbps, συχνότητες στη ζώνη των 2.4 GHz, μέθοδος μετάδοσης OFDM

- 802.11a

Άγνωστη ακόμα η εμπορική του πορεία, ρυθμός μετάδοσης 54 Mbps, συχνότητες στη ζώνη των 5 GHz, μέθοδος μετάδοσης OFDM

Εκτός αυτών έχουν προταθεί και κάποιες επεκτάσεις τους οι οποίες δεν έχουν υλοποιηθεί σε εμπορικά προϊόντα και έχουν περισσότερο ακαδημαϊκό ενδιαφέρον. Οι σπουδαιότερες είναι το 802.11f ή IAPP, το οποίο επιτρέπει άμεση επικοινωνία μεταξύ διαφορετικών AP ώστε να εξαιρεθεί η απώλεια πλαισίων κατά τη μεταγωγή και ο σχετικός μηχανισμός ενεργοποιείται από ένα αίτημα επανασυσχέτισης, και το 802.11e ή QoS το οποίο προσπαθεί να διασφαλίσει ποιότητα υπηρεσιών για εφαρμογές πραγματικού χρόνου που τρέχουν πάνω σε ένα WLAN ελαχιστοποιώντας ή μεγιστοποιώντας ένα από τα παρακάτω κριτήρια: μέση καθυστέρηση από άκρο σε άκρο, μέση μεταβολή της καθυστέρηση ή μέσο ποσοστό επιτυχούς παράδοσης πλαισίων. Αυτό το επιτυγχάνει βελτιώνοντας τους μηχανισμούς DCF και PCF με τους μηχανισμούς EDCF, ο οποίος αναθέτει προτεραιότητες στα πλαίσια δεδομένων ανάλογα με το πόσο χρονικά κρίσιμη είναι η παράδοση τους και με τα μεγαλύτερης προτεραιότητας πλαίσια να έχουν περισσότερες πιθανότητες να κερδίσουν στον ανταγωνισμό για την πρόσβαση στο κοινό μέσο, και HCF, ο οποίος περιορίζει το μέγιστο χρόνο δέσμευσης του καναλιού από ένα τερματικό, αντίστοιχα.

Ασύρματα προσωπικά δίκτυα

Μία κλίμακα μεγέθους κάτω από τα WLAN βρίσκονται τα WPAN, τοπικά δίκτυα πολύ μικρής εμβέλειας με σκοπό την ασύρματη και ad hoc δικτύωση ετερογενών φορητών συσκευών. Το σπουδαιότερο πρότυπο στο χώρο αυτό είναι η οικογένεια πρωτοκόλλων Bluetooth που σχεδιάστηκε από μία ομάδα εταιρειών και υιοθετήθηκε στη συνέχεια από την IEEE ως το πρότυπο 802.15 για WPAN. Οι βασικότερες προδιαγραφές αφορούν το φυσικό επίπεδο και το υποεπίπεδο MAC, όπου έχουν δημιουργηθεί διαφορετικά πρωτόκολλα για διαφορετικές εφαρμογές και τα οποία ονομάζονται προφίλ (π.χ. προφίλ ασύρματου τηλεφώνου, προφίλ πρόσβασης σε LAN κλπ). Κάθε προφίλ περιλαμβάνει πρότυπα για όλα τα επίπεδα και προσφέρει λύσεις για τη διασύνδεση με διαφορετικά δίκτυα μεγαλύτερης κλίμακας. Από φυσική άποψη το Bluetooth λειτουργεί περίπου στα 2.4 GHz, κάνει χρήση της μεθόδου εξάπλωσης φάσματος FHSS με την τακτική αλλαγή της συχνότητας να καθορίζεται ψευδοτυχαία από έναν κεντρικό κόμβο, τον κόμβο Master, και

προδιαγράφει τρία επίπεδα ισχύος της εκπομπής από τα οποία εξαρτάται και η εμβέλεια επικοινωνίας (πάντα μικρότερη των 10 μέτρων σε PAN).

Η βασική δομική μονάδα ενός δικτύου Bluetooth είναι το piconet, στο οποίο όλοι οι κόμβοι που μετέχουν (μέχρι 7 κόμβοι Slaves) μοιράζονται τον ίδιο κώδικα εξάπλωσης και υπόκεινται στον έλεγχο ενός κοινού Master. Ο τελευταίος διαμοιράζει στους σταθμούς Slaves την πρόσβαση στο κοινό μέσο με τη μέθοδο TDMA/TDD, όπου ο χρόνος διαμερίζεται σε αυστηρές χρονοθυρίδες, ο Master εκπέμπει στις περιττές και οι Slaves στις άρτιες (εναλλάξ), κάθε κόμβος που θέλει να εκπέμψει λαμβάνει περιοδικά από τον Master το δικαίωμα μετάδοσης σε 1, 3 ή 5 συνεχόμενες χρονοθυρίδες και κατά τη διάρκεια εκπομπής ενός πλαισίου δε γίνεται αναπήδηση συχνότητας. Τα τερματικά μεταδίδουν μόνο στον Master, ο οποίος αποστέλλει στη συνέχεια τα πλαίσια τους προς τον τελικό παραλήπτη, και διακρίνονται από μία παγκόσμια μοναδική 48-bit διεύθυνση. Δύο ή περισσότερα piconet μπορούν να βρίσκονται στον ίδιο χώρο, με τους κόμβους να μπορούν να συμμετέχουν σε παραπάνω από ένα ταυτόχρονα, και να επικοινωνούν μεταξύ τους δημιουργώντας ένα μεγαλύτερης κλίμακας scatternet. Υπάρχουν δύο τύποι συνδέσεων:

1) Σύγχρονες ή SCO Επιτρέπουν τη διέλευση χρονικά κρίσιμων πληροφοριών (τυπικά φωνής), κάθε κόμβος μπορεί να δεσμεύσει μόνο μέχρι μία χρονοθυρίδα, έχουν ρυθμό μετάδοσης 64 kbps, υλοποιούν συνδεοστρεφή επικοινωνία αυστηρά από σημείο σε σημείο, χρησιμοποιούν FEC και δεν υπάρχουν επανεκπομπές ή επιβεβαιώσεις.

2) Ασύγχρονες ή ACL Τυπικά χρησιμοποιούνται για τη μετάδοση δεδομένων, κάθε κόμβος μπορεί να δεσμεύσει 1, 3 ή 5 χρονοθυρίδες για την εκπομπή ενός πλαισίου, είναι ασυνδεσμικές με έλεγχο ροής, έλεγχο σφαλμάτων (με αριθμούς ακολουθίας 1-bit και θετικές/αρνητικές επιβεβαιώσεις) και δυνατότητα πολυδιανομής, ενώ ο ρυθμός μετάδοσης μπορεί να ανέβει ως τα 724 kbps.

Ένα piconet σχηματίζεται από έναν κόμβο που επιθυμεί να γίνει Master (διαδικασία Inquiry). Ο Master είναι υπεύθυνος για τις μεταβολές της τοπολογίας (εισαγωγές, αποχωρήσεις κόμβων και συντονισμός τους -διαδικασία Page). Η ακολουθία των ενεργειών είναι ως εξής: ο δυνάμει Master κόμβος εκκινεί τη διαδικασία ανίχνευσης πιθανών Slaves εκπέμποντας ένα μήνυμα Inquiry που περιέχει

έναν κώδικα ονόματι IAC. Κάθε κόμβος που λαμβάνει ένα τέτοιο μήνυμα απαντά με πλαίσιο που περιέχει τη διεύθυνση του και πληροφορίες συγχρονισμού, ενώ στη συνέχεια αναμένει μήνυμα Page. Ο Master λαμβάνει αυτά τα πλαίσια των Slaves, χρησιμοποιεί τις διευθύνσεις των τελευταίων για να υπολογίσει τον κώδικα εξάπλωσης του Frequency Hopping και αποστέλλει στους Slaves που βρέθηκαν ένα μήνυμα Page που περιέχει έναν κώδικα DAC. Οι Slaves απαντούν με τον κώδικα IAC (ένα είδος πιστοποίησης) και ο κεντρικός Master τους στέλνει τον κώδικα εξάπλωσης. Οι Slaves επιβεβαιώνουν τη λήψη, συνδέονται κι έτσι το piconet σχηματίστηκε. Οι συνδεδεμένοι κόμβοι μπορούν να είναι κάθε στιγμή είτε Active (συμμετέχουν ενεργά στο δίκτυο ανταλλάσσοντας δεδομένα), είτε Sniff (ακούν σε συγκεκριμένες χρονοθυρίδες), είτε Hold (όπου μπορούν να μεταφέρουν μόνο φωνή, με σύνδεση SCO, κι έχουν μειωμένη κατανάλωση ισχύος), είτε τέλος Parked (είναι μέλη του δικτύου αλλά δεν ακούν το κανάλι και δεν ανταλλάσσουν δεδομένα). Οι κόμβοι Active, Sniff και Hold αναγνωρίζονται από διευθύνσεις 3-bit (έως 7 ενεργοί Slaves), ενώ οι κόμβοι Parked από διευθύνσεις 8-bit (έως 256 ανενεργοί Slaves).

Υπάρχουν τέσσερις διαφορετικοί τύποι πλαισίων SCO και έξι τύποι ACL. Σε όλους όμως υπάρχει ένας κώδικας πρόσβασης, ο οποίος είναι είτε ο IAC, είτε ο DAC είτε ο CAC και σκοπεύει στο συγχρονισμό της αναπήδησης συχνοτήτων του FHSS μεταξύ του Master και των Slaves, μία κεφαλίδα υποεπιπέδου MAC με άθροισμα ελέγχου CRC και το ωφέλιμο φορτίο. Το τελευταίο ουσιαστικά είναι ένα πλαίσιο υποεπιπέδου LLC το οποίο μπορεί να έχει μια δική του κεφαλίδα, μεταφέρουσα στοιχεία για τη λογική σύνδεση του LLC στην οποία ανήκει το πλαίσιο και το μήκος του ωφέλιμου φορτίου, την πληροφορία προς μετάδοση και ίσως έναν κώδικα CRC ή/και FEC. Οι διαφορετικοί τύποι πλαισίων MAC του Bluetooth διαφοροποιούνται στο ωφέλιμο φορτίο: οι τύποι SCO είναι ο High Quality Voice 1, στον οποίον τα 2/3 του μήκους του ωφέλιμου φορτίου του πλαισίου είναι κώδικας FEC (με αποτέλεσμα μικρή απώλεια πλαισίων αλλά μειωμένο ρυθμό μετάδοσης δεδομένων) και τα υπόλοιπα πληροφορίες φωνής, ο High Quality Voice 2, στον οποίον το 1/3 του μήκους του ωφέλιμου φορτίου του πλαισίου είναι κώδικας FEC και τα υπόλοιπα πληροφορίες φωνής, ο High Quality Voice 3, στο ωφέλιμο φορτίου του οποίου υπάρχουν μόνο πληροφορίες φωνής, και ο Data-Voice, ο οποίος έχει κώδικα FEC ίσο με το 1/3 του συνολικού μήκους του πλαισίου, κώδικα CRC, την κεφαλίδα LLC που προαναφέρθηκε, πληροφορίες φωνής και πληροφορίες δεδομένων. Οι τύποι ACL από

την άλλη επίσης υποστηρίζουν διαφορετικούς ρυθμούς μετάδοσης και απώλειας πακέτων (όπου υψηλός ρυθμός μετάδοσης=μικρό μήκος κώδικα FEC=υψηλή απώλεια πακέτων) μεταφέρουν μόνο πληροφορίες δεδομένων και διακρίνονται σε Data Medium Rate 1,3 και 5, καθώς και Data High Rate 1,3 και 5.

Όλα τα προαναφερόμενα καθορίζονται από τα πρωτόκολλα Radio (φυσικό επίπεδο) και Baseband (υποεπίπεδο MAC) του προτύπου Bluetooth, με ελαφρές διαφορές ανάλογα με το προφίλ. Παράλληλα με το πρωτόκολλο Baseband τρέχει το πρωτόκολλο LMP, που επίσης προδιαγράφεται από το πρότυπο και αναλαμβάνει υπηρεσίες ελέγχου και διαχείρισης δικτύου: πιστοποίηση κόμβων, κρυπτογράφηση πληροφορίας, συγχρονισμός ρολογιού για το FHSS, προσαρμογή ισχύος εκπομπής με βάση τη λαμβανόμενη ισχύ, επιλογή κατάλληλου τύπου πλαισίου MAC ανάλογα με το κανάλι, εγκαθίδρυση συνδέσεων SCO κλπ. Πάνω από αυτά τρέχει το πρωτόκολλο υποεπιπέδου LLC του Bluetooth, το L2CAP, το οποίο ενεργοποιείται μόνο για συνδέσεις ACL, υλοποιεί λογικές συνδέσεις πάνω από τις φυσικές ζεύξεις, καθορίζει κριτήρια ποιότητας υπηρεσιών για κάθε σύνδεση, πολυπλέκει πολλές λογικές συνδέσεις σε μία φυσική κλπ.

Κινητά ad hoc δίκτυα

Μία κλίμακα μεγέθους πάνω από τα WLAN βρίσκονται τα MANET (Κινητά Ad Hoc Δίκτυα), τα οποία ουσιαστικά είναι ασύρματα ad hoc LAN με ενσωματωμένο επίπεδο δικτύου όπου κάθε κόμβος λειτουργεί και ως δρομολογητής. Στόχος τους είναι να παρέχουν τη δυνατότητα άμεσης λογικής ζεύξης, χωρίς προϋπάρχουσα υποδομή, από όλους τους κόμβους σε όλους τους κόμβους ακόμα και αν ο παραλήπτης είναι εκτός εμβέλειας του αποστολέα. Οι μέθοδοι δρομολόγησης στα MANET μοιάζουν με τις αντίστοιχες των ενσύρματων δικτύων (όπως του Internet) αλλά πρέπει επιπλέον να αντιμετωπίσουν την κινητικότητα των κόμβων και τη χαμηλή ποιότητα επικοινωνίας (λόγω θορύβου, διαλείψεων κλπ). Ένα καθολικό ζήτημα των αλγορίθμων δρομολόγησης είναι το πώς θα βρουν τη χρυσή τομή μεταξύ ακρίβειας αποτελεσμάτων, η οποία απαιτεί συχνή συλλογή πληροφοριών για την τοπολογία του δικτύου ώστε η δρομολόγηση των δεδομένων να βελτιστοποιείται, και μικρής επιβάρυνσης δρομολόγησης, αφού η συλλογή πληροφοριών γίνεται με ανταλλαγή πακέτων που καταναλώνει πόρους του δικτύου. Οι αλγόριθμοι λοιπόν

κατηγοριοποιούνται ανάλογα με τη συχνότητα ανανέωσης της τοπολογίας τους σε περιοδικούς, όπου οι τακτές ανανέώσεις οδηγούν σε μεγαλύτερη ακρίβεια αλλά και μεγαλύτερο φόρτο, και αιτούμενης ανανέωσης, όπου οι πιθανές διαδρομές των πακέτων ανακαλύπτονται όταν ζητούνται με αποτέλεσμα καθυστέρηση στην παράδοση των δεδομένων αλλά μικρότερο φόρτο δρομολόγησης. Επίσης μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ανάλογα με τη γνώση που έχουν για την τοπολογία του δικτύου: με τις μεθόδους Distance Vector κάθε κόμβος γνωρίζει μόνο τις αποστάσεις του από τους γείτονες του ενώ με τις μεθόδους Link State κάθε κόμβος γνωρίζει την κατάσταση όλου του δικτύου.

Οι πιο σημαντικοί αλγόριθμοι είναι ο DSDV, περιοδικός και Distance Vector, ο AODV, αιτούμενης ανανέωσης και Distance Vector, και ο DSR, αιτούμενης ανανέωσης και Source Routing. Ο DSDV βασίζεται στον κλασικό αλγόριθμο Bellman-Ford, όπου αποφεύγεται ο σχηματισμός βρόχων στην τοπολογία με χρήση αριθμών ακολουθίας, οι διαδρομές που βρίσκονται αποθηκεύονται σε πίνακες δρομολόγησης και οι τελευταίοι αποστέλλονται στο δίκτυο για ενημέρωση των υπολοίπων κόμβων (είτε ολόκληροι είτε τμηματικά). Ο AODV μοιάζει με τον προηγούμενο αλλά είναι αιτούμενης ανανέωσης και χρησιμοποιεί πλημμύρα για την εύρεση των διαδρομών. Ο DSR είναι αιτούμενης ανανέωσης, επίσης ανακαλύπτει τις διαδρομές με πλημμύρα, κρατά αυτές που βρίσκει σε μια κρυφή μνήμη ώστε να επαναχρησιμοποιηθούν και υλοποιεί για την εύρεση των διαδρομών την εξής μεθοδολογία (source routing): κάθε πακέτο πλημμύρας, περνώντας από διαδοχικούς κόμβους ώσπου να φτάσει στον ζητούμενο, καταγράφει επάνω του το δρομολόγιο που ακολουθεί. Ο παραλήπτης, όταν του έρθει το πρώτο πακέτο πλημμύρας (αυτό δηλαδή που ακολούθησε την πιο σύντομη διαδρομή), το στέλνει πίσω και αγνοεί τα επόμενα. Έτσι ο αποστολέας μαθαίνει το βέλτιστο δρομολόγιο και το αποθηκεύει στην κρυφή του μνήμη για να κάνει από εκεί κι έπειτα τη δρομολόγηση. Στην πράξη τα δίκτυα MANET μπορούν να υλοποιηθούν με πρωτόκολλα 802.11 και με χρήση της τυπικής στοίβας TCP/IP, μόνο που επειδή το IP δεν είναι πρωτόκολλο κατάλληλο για δυναμικά ad hoc δίκτυα χρησιμοποιούνται οι διευθύνσεις MAC ως σταθερές διευθύνσεις επιπέδου δικτύου. Έτσι δημιουργείται η ψευδαίσθηση μίας μη ιεραρχικής παραλλαγής δικτύου IP όπου όλοι οι κόμβοι είναι ισότιμοι και έχουν αμετάβλητες διευθύνσεις ασχέτως της θέσης τους.

Κινητό IP

Τα ασύρματα τοπικά δίκτυα σχεδιάστηκαν με γνώμονα να αποτελέσουν τμήματα του Internet και γι' αυτό δεν προδιαγράφεται στα περισσότερα σχετικά πρότυπα επίπεδο δικτύου: μπορούν να ενοποιηθούν με το Internet μέσω της στοίβας πρωτοκόλλων TCP/IP, κάτι εφικτό αφού το υποεπίπεδο LLC τους είναι το τυπικό 802.2 παρέχοντας μία κοινή διασύνδεση στο ανώτερο επίπεδο, είτε από κάτω του βρίσκεται Ethernet, είτε Wi-Fi είτε οτιδήποτε άλλο. Όμως τόσο το κύριο πρωτόκολλο δικτύου του Internet, το IP, όσο και το κύριο πρωτόκολλο μεταφοράς, το TCP, δεν έχουν βέλτιστη απόδοση σε WLAN με κινητούς κόμβους γιατί σχεδιάστηκαν παλαιότερα με δεδομένο ότι οι κόμβοι είναι σταθεροί, οι συνδέσεις αμετάβλητες και ο ρυθμός σφαλμάτων μετάδοσης ή απώλειας πακέτων χαμηλός. Λόγω της διαρκούς μεταβολής της τοπολογίας των WLAN (κόμβοι εισέρχονται, εξέρχονται, μετακινούνται) και του υψηλού θορύβου που καθιστά τα ασύρματα κανάλια αναξιόπιστα, το TCP, που είναι συνδεοστρεφές και αξιόπιστο, υποφέρει στα WLAN από καθυστερήσεις στην επικοινωνία λόγω καταστροφής των συνδέσεων και αποτυχημένων μεταδόσεων (με επιπλέον παρενέργεια τη μικρή αξιοποίηση του φυσικού μέσου γιατί ο έλεγχος ροής του TCP μειώνει εσφαλμένα το παράθυρο του αποστολέα, νομίζοντας ότι ο παραλήπτης δεν μπορεί να αντεπεξέλθει ενώ στην πραγματικότητα τα πακέτα απλά χάθηκαν λόγω υψηλού θορύβου), το UDP παραμένει μάλλον ανεπηρέαστο αλλά έτσι κι αλλιώς είναι ασυνδεσμικό και αναξιόπιστο πρωτόκολλο, ενώ το IP, το οποίο είναι αναξιόπιστο και στηρίζεται στα ανώτερα επίπεδα για να διασφαλιστεί η ορθή παράδοση των δεδομένων, παρουσιάζει αστοχίες στη δρομολόγηση και πάσχει από το πρόβλημα της κινητικότητας. Το τελευταίο έγκειται στο ότι ένας κόμβος συνδεδεμένος σε ένα IP υποδίκτυο A, εκ του οποίου προκύπτει μία μοναδική διεύθυνση IP (έστω X) του κόμβου, αν μετακινηθεί σε άλλο υποδίκτυο B τα πακέτα που απευθύνονται σε αυτόν δε θα δρομολογούνται πλέον σωστά αφού θα εξακολουθήσουν να παραδίδονται στο υποδίκτυο A λόγω της μορφής της διεύθυνσης X. Έτσι προέκυψε το πρωτόκολλο δικτύου Mobile IP, πλήρως συμβατό με το IP, που επιλύει αυτό το ζήτημα. Σε αυτό κάθε σταθμός αναγνωρίζεται μονοσήμαντα από μία σταθερή, "οικεία" διεύθυνση IP, η οποία αντιστοιχεί στο "οικείο" δίκτυο του, και όταν μετακινείται σε άλλο υποδίκτυο του ανατίθεται και μία δεύτερη προσωρινή διεύθυνση. Στο οικείο δίκτυο υπάρχει ένας κόμβος, ονόματι οικείου πράκτορα, ο οποίος ουσιαστικά υλοποιεί το Mobile IP

διατηρώντας διαρκώς αντιστοιχίες μεταξύ οικείας και προσωρινής διεύθυνσης και ανακατευθύνει έτσι τα πακέτα που απευθύνονται στο μετακινημένο σταθμό προς την ορθή προσωρινή διεύθυνση. Στο σταθμό τα πακέτα παραδίδονται από τον ξένο πράκτορα, τον οικείο πράκτορα δηλαδή του δικτύου στο οποίο μετακινήθηκε. Μια πιθανή βελτιστοποίηση είναι η παράκαμψη του οικείου πράκτορα με άμεση ενημέρωση του αποστολέα για την προσωρινή διεύθυνση του παραλήπτη.

Κοινά ασύρματα δίκτυα

Κυριότεροι τύποι ασυρμάτων δικτύων περιλαμβάνουν:

<u>DPD</u>	<u>C</u> Κυψελωτών ψηφιακών δεδομένων πακέτου
<u>SCSD</u>	<u>H</u> High Speed Circuit Switched Data
<u>DC-P</u>	<u>P</u> Πακέτων δεδομένων κυψελοειδή
<u>PRS</u>	<u>G</u> General Packet Radio Service
<u>xRTT</u>	<u>I</u> 1x ραδιοφωνικής μετάδοσης τεχνολογίας
<u>Bluetooth</u>	<u>B</u>
<u>DA</u>	<u>I</u>
<u>MDS</u>	<u>M</u> Multichannel Multipoint Distribution Service
<u>MDS</u>	<u>L</u> Local Multipoint Distribution Service
<u>iMAX</u>	<u>W</u> Διαλειτουργικότητα σε παγκόσμιο επίπεδο για την πρόσβαση μικροκυμάτων
<u>802.11</u>	<u>8</u> Wi-Fi

Τι είναι CDPD (Cellular Digital Packet Data)

Σταθερό / Κινητό	Κινητό
Κυκλώματος / Packet	Πακέτου (Α κύκλωμα μεταγωγής παραλλαγή, CS-CDPD, υπάρχει ήδη.)
Max Bandwidth	19.2Kb
Range	Περιοχή κάλυψης του δικτύου υποδοχής
Συχνότητα	Συχνότητα του δικτύου υποδοχής
Υποδοχής Network	Κυτταρικής
Καθορισμού	CTIA (Cellular Telecommunications and Internet Association)
URL	http://www.wow-com.com/

Το CDPD (Cellular Digital Packet Data) είναι μια προδιαγραφή για την υποστήριξη ασύρματης πρόσβασης στο Internet και άλλα δημόσια δίκτυα μεταγωγής πακέτου όπως τα κινητά τηλεφωνικά δίκτυα. Το CDPD υποστηρίζει το πρωτόκολλο TCP / IP και Connectionless Network Protocol (CLNP). CDPD χρησιμοποιεί την κρυπτογράφηση RC4 με 40 bit κλειδιά για την κρυπτογράφηση.

Το CDPD ορίζεται στο πρότυπο IS-732.

Τι είναι HSCSD (High Speed Circuit Switched Data)

Σταθερό / Κινητό	Κινητό
Κυκλώματος / Packet	Κυκλώματος
Max Bandwidth	57.6Kb
Range	Περιοχή κάλυψης του δικτύου υποδοχής
Συχνότητα	Συχνότητα του δικτύου υποδοχής
Υποδοχής Network	GSM

Definer	ETSI (European Telecommunications Standards Institute)
URL	http://www.etsi.org/

Το HSCSD (High Speed Circuit Switched Data) είναι μια προδιαγραφή για τη μεταφορά δεδομένων πάνω από δίκτυα GSM. Το HSCSD χρησιμοποιεί μέχρι τέσσερις 9.6Kb η 14.4Kb κατανομής του διαθέσιμου χρόνου, για συνολικό εύρος ζώνης του 38.4Kb η 57.6Kb.

14.4Kb χρονοθυρίδες είναι διαθέσιμες μόνο για GSM δίκτυα που λειτουργούν σε 1800MHz. 900Mhz δίκτυα GSM είναι περιορισμένες σε 9.6Kb χρονοθυρίδες. Ως εκ τούτου, είναι περιορισμένη σε HSCSD 38.4Kbps για 900Mhz δίκτυα GSM. HSCSD μπορεί να επιτευχθεί μόνο 57.6Kbps για 1800Mhz δίκτυα GSM.

Τι είναι το PDC-P (Packet Data Cellular)

PDC-P (Packet Data Cellular) είναι μια τεχνική μεταγωγής πακέτων που χρησιμοποιείται από την NTT DoCoMo στην Ιαπωνία. Το PDC-P χρησιμοποιεί μέχρι τρία TDMA κανάλια, των 9.6Kb για ένα μέγιστο συνολικό εύρος ζώνης του 28.8Kb.

Σταθερό / Κινητό	Κινητό
Κυκλώματος / Packet	Πακέτα
Max Bandwidth	28.8Kb
Range	Περιοχή κάλυψης του δικτύου υποδοχής
Συχνότητα	Συχνότητα του δικτύου υποδοχής
Υποδοχής Network	NTT DoCoMo i-mode
Καθορισμού	NTT DoCoMo
URL	http://www.nttdocomo.com/

Τι είναι GPRS (General Packet Radio Service)

Το GPRS (General Packet Radio Service) είναι μια προδιαγραφή για τη μεταφορά δεδομένων σε TDMA και GSM δίκτυα.

Το GPRS χρησιμοποιεί μέχρι οκτώ TDMA timeslots, των 9.05Kb ή 13.4Kb για συνολικό εύρος ζώνης 72.4Kb ή των 107.2Kb. GPRS υποστηρίζει το πρωτόκολλο TCP / IP και X.25 επικοινωνιών.

Σταθερό / Κινητό	Κινητά
Circuit / Packet	Packet
Max Bandwidth	107.2Kb
Εύρος	Περιοχή κάλυψης του δικτύου στη χώρα υποδοχής
Συχνότητα	Συχνότητα του δικτύου στη χώρα υποδοχής
Host Network	TDMA, GSM
Definer	<u>ETSI</u>

Τι είναι CDMA-2000 1xRTT

Το CDMA-2000 1xRTT είναι το πρωτόκολλο που αναπτύχθηκε από την Qualcomm.

CDMA-2000 CDMA 1xRTT είναι μια έκδοση του IMT-2000 πρότυπο, το οποίο αναπτύχθηκε από τη Διεθνή Ένωση Τηλεπικοινωνιών (ITU).

Verizon και η Sprint και οι δυο λειτουργούν CDMA-2000 1xRTT υπηρεσιών στις Ηνωμένες Πολιτείες.

CDMA-2000 1xRTT Προδιαγραφές

Σταθερό / Κινητό	Κινητό
Κυκλώματος / Packet	Πακέτα
Max Bandwidth	144Kb
Range	Περιοχή κάλυψης του δικτύου υποδοχής
Συχνότητα	Συχνότητα του δικτύου υποδοχής
Υποδοχής Network	CDMA
Καθορισμού	CDG (CDMA Development Group)
URL	http://www.cdg.org

Υλικό για CDMA-2000 1xRTT

Ένας κατάλογος των CDMA-2000 1xRTT με συσκευές είναι διαθέσιμες στην [ιστοσελίδα CDG](http://www.cdg.org).

- 200 CDMA 1xRTT By Any Other Name

CDMA-2000 1xRTT αναφέρεται επίσης ως 3G1X και IMT-CDMA Multi-Carrier. CDMA-2000 1xRTT είναι επίσης μέρος της IS-2000 CDMA πρότυπο.

Τι είναι Bluetooth

Το Bluetooth είναι μια προδιαγραφή για μικρής απόστασης ασύρματη επικοινωνία μεταξύ δύο συσκευών.

Προδιαγραφές Bluetooth

Σταθερό / Κινητό	Κινητά
Circuit / Packet	Αμφότεροι
Max Bandwidth	1 MB
Εύρος	10 μ.
Συχνότητα	2.40GHz-2.483.5Ghz (ΗΠΑ και Ευρώπη) ή 2.472Ghz-2.497Ghz (Ιαπωνία)
Host Network	Κανένα
Definer	<u>Bluetooth SIG</u>

Το όνομα της τεχνολογίας Bluetooth προέρχεται από τον Harald Bluetooth, ένας Δανός βασιλιάς που κατάφερε να εδραιώσει τη Δανία και ένα μέρος της Νορβηγίας στη Δεκαετία 1900. Το Bluetooth είναι μια τεχνολογία δικτύωσης που δεν βασίζεται σε έλεγχο του χρήστη ή μεγάλα ποσά ενέργειας. Κρατώντας τη μετάδοση ισχύος σε μια εξαιρετικά χαμηλή ρύθμιση (1 milliwatt), είναι ιδανικό για κινητές συσκευές που λειτουργούν μπαταρία. Επιπλέον, Bluetooth, δεν επικαλείται τον χρήστη καθώς μπορεί να εντοπίσει αυτόματα και να επικοινωνήσει με άλλες συσκευές Bluetooth χωρίς την παρέμβασή του.

Η τεχνολογία Bluetooth, στηρίζεται σε δύο πράγματα, σε μια ραδιοφωνική συχνότητα και στο πρωτόκολλο λογισμικού που επιτρέπει την ανταλλαγή δεδομένων με άλλες συσκευές. Συσκευές με δυνατότητα Bluetooth μπορούν να μεταδώσουν δεδομένα σε άλλες συσκευές που δεν έχουν οπτική επαφή με το

χρήστη. Επιτρέπει επίσης διάφορες συσκευές να επικοινωνούν χρησιμοποιώντας ορισμένους κανόνες, όπως η ποσότητα των δεδομένων που θα σταλούν, το είδος της επικοινωνίας μεταξύ των συσκευών και η ραδιοφωνική συχνότητα ή συχνότητες που αυτή η ανταλλαγή θα λάβει χώρα.

Bluetooth RF Properties

Ραδιοκύματα χαμηλής ενέργειας είναι το κύριο σύστημα μετάδοσης σε δίκτυα Bluetooth. Η συχνότητα των συσκευών Bluetooth κυμαίνεται από 2,402 GHz έως 2,480 GHz, μια περιοχή συχνοτήτων, ειδικά από τη διεθνή συμφωνία για ιατρικές, βιομηχανικές και επιστημονικές συσκευές.

Διαβίβαση Δυνατοτήτων

Άλλες συσκευές της αγοράς που χρησιμοποιούν ίδια ISM μπάντα είναι γκαράζ για το άνοιγμα. Τα ασύρματα τηλέφωνα, παιδικά μόνιτορ, κλπ. και όλα αυτά τα βοηθήματα συμβάλλουν στην αύξηση του κινδύνου παρεμβολών μεταξύ των συσκευών Bluetooth. Για να αποφευχθεί αυτό, οι συσκευές Bluetooth χρησιμοποιούν μόνο περίπου το 1 milliwatt της ισχύος στη μετάδοση των σημάτων. Αυτό καθιστά ως αποτελεσματικό φάσμα μιας συσκευής Bluetooth περίπου 32 ποδών ή δέκα μέτρα και έτσι περιορίζει τις πιθανότητες παρεμβολών από άλλες συσκευές που βρίσκονται κοντά.

Ωστόσο, η χαμηλή απαιτούμενη ισχύς μετάδοσης των συσκευών Bluetooth τις καθιστούν ικανές να επικοινωνούν με άλλες συσκευές Bluetooth που δεν βρίσκονται στο οπτικό τους πεδίο. Αυτό σημαίνει ότι μια συσκευή Bluetooth μπορεί να συνδεθεί με έναν προσωπικό υπολογιστή για μεταφορά αρχείων, ακόμη και αν ο υπολογιστής βρίσκεται σε ένα εντελώς διαφορετικό δωμάτιο στο σπίτι.

Bluetooth δεν είναι ένας one-on-one τρόπος μετάδοσης δεδομένων, αλλά μπορεί να επικοινωνεί με μέχρι οκτώ συσκευές εντός της ακτίνας μετάδοσης στον ίδιο χρόνο. Μια συσκευή Bluetooth θα χρησιμοποιήσει το πολύ 1600 και διαφορετικές συχνότητες και επιλέγει τυχαία μια κάθε δευτερόλεπτο κατά τη διάρκεια της μετάδοσής του σήματος ώστε να ελαχιστοποιήσει τις πιθανότητες παρεμβολής με άλλες συσκευές που χρησιμοποιούν την ίδια συχνότητα.

Piconets ή προσωπικά δίκτυα

Με τη χρήση 48-bit διευθύνσεων στις συσκευές Bluetooth, είναι δυνατόν να δημιουργηθούν πολλά προσωπικά δίκτυα ή piconets στην ίδια περιοχή. Αυτό σημαίνει ότι ,αφού δυο συσκευές (π.χ. ένα τηλέφωνο και μια ασύρματη συσκευή) επικοινωνούν σε διαφορετική περιοχή συχνοτήτων δεν παρεμβάλλονται σε άλλες Bluetooth συσκευές στον ίδιο χώρο (ή δωμάτιο).

Δεδομένου ότι κάθε συσκευή σε ένα piconet είναι συγχρονισμένη σε συχνότητα-hopping, η πιθανότητα των δύο piconets να παρεμβάλλονται το ένα με το άλλο στην ίδια συχνότητα την ίδια στιγμή είναι ελάχιστη. Επιπλέον, δεδομένου ότι το piconets αλλάζει συχνότητα 1600 φορές κάθε δευτερόλεπτο, μια σύγκρουση μεταξύ δύο piconets θα διαρκέσει μόνο ένα κλάσμα του δευτερολέπτου. Σε αυτές τις συσκευές Bluetooth μπορεί να προστεθεί κατάλληλο λογισμικό, που θα διορθώνει λάθη παρεμβολών, αυξάνοντας έτσι την απόδοση του δικτύου επικοινωνίας.

Bluetooth Power τάξεις

Τύπος	Power Level	Λειτουργική Range
Κατηγορία 3 Devices	100mW	Μέχρι 100 μ.
Κατηγορία 2 Devices	10mW	Μέχρι 10 μ.
Class 1 Devices	1mW	0.1-10 μ.

Η ασφάλεια Bluetooth βασίζεται στην συσκευή ελέγχου ταυτότητας, . Κάθε συσκευή είτε είναι αξιόπιστη ή έχει συσκευές Bluetooth που εντοπίζονται κατά τη μοναδική 48-bit αναγνωριστικά στοιχεία, όπως Ethernet διευθύνσεις MAC.

Το Bluetooth, παρέχει τρεις μεθόδους ασφάλειας

Code	Όνομα	Περιγραφή
	Μη ασφαλές	Καμιά Ασφάλεια
	Υπηρεσία ασφαλείας σε επίπεδο	Παρέχεται πρόσβαση στις επιμέρους υπηρεσίες
	Link επιπέδου ασφαλείας	Ασφάλεια επιβάλλεται σε ένα κοινό επίπεδο για όλες τις εφαρμογές κατά την έναρξη της σύνδεσης

Επίπεδα ασφαλείας Bluetooth

Το Bluetooth διαθέτει τρία πιθανά επίπεδα ασφαλείας

ode	Περιγραφή
	Δεν απαιτείται πιστοποίηση ή εξουσιοδότηση
	Απαιτείται πιστοποίηση, δεν απαιτείται εξουσιοδότηση.
	Πιστοποίηση και εξουσιοδότηση είναι υποχρεωτικά

Μειονεκτήματα ασφάλειας στο Bluetooth

Τα μειονεκτήματα του Bluetooth είναι:

- Η δημιουργία κλειδιού πιστοποίησης στο Bluetooth είναι αδύναμη. Αυτό το σχήμα μπορεί να χρησιμοποιήσει έναν στατικό αριθμό ή έναν αριθμό για ένα χρονικό διάστημα, που μπορεί να μειώσει την αποτελεσματικότητα της γνησιότητας.
- Η δημιουργία κλειδιού πιστοποίησης είναι προς μια κατεύθυνση. Ο έλεγχος ταυτότητας είναι ευπαθής στις wan-in-the-widdle επιθέσεις. Ο αμοιβαίος έλεγχος μέσω επιβεβαίωσης ταυτότητας θα πρέπει να χρησιμοποιούνται.
- Τα κλειδιά που χρησιμοποιούνται από το Bluetooth είναι αδύναμα. Η αρχικοποίηση του κλειδιού πρέπει να είναι πιο εύρωστη και το κλειδί που δημιουργείται μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί. Αντίστοιχα μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα σύνολο κλειδιών.
- Το master κλειδί μοιράζεται μεταξύ των συνδέσεων Bluetooth. Αυτό το κλειδί είναι ευρέως γνωστό και μπορεί να είναι καλύτερο απ' όπου χρησιμοποιείται.
- Ο αλγόριθμος κρυπτογράφησης, που χρησιμοποιείται στο σύστημα Bluetooth χρησιμοποιεί ενιαίο αλγόριθμο και επιτρέπει επανάληψη

γνησιότητας. Μια πιο ισχυρή μέθοδος που περιορίζει τα όρια της γνησιότητας και αυξάνει την κρυπτογράφηση πρέπει να χρησιμοποιηθεί.

- Οι υλοποιήσεις Bluetooth περιορίζουν το εύρος των αριθμών PIN. Ένας αριθμός PIN αποτελείται από τέσσερα ψηφία και την επεκτασιμότητα για μεγαλύτερα περιβάλλοντα είναι δύσκολη.

Bluetooth έναντι Infrared

Τα κύρια πλεονεκτήματα της τεχνολογίας Bluetooth έναντι άλλων τεχνολογιών επικοινωνίας είναι το γεγονός ότι είναι φθηνή, ασύρματη και αυτόματη.

Μια τεχνολογία μετάδοσης δεδομένων Bluetooth είναι συγκρίσιμη με IrDA ή της υπέρυθρης επικοινωνίας, μοιάζει πολύ με τις συσκευές που χρησιμοποιούνται για να ελέγχουν την τηλεόραση, το στερεοφωνικό, κλιματιστικό κλπ. Το μεγάλο μειονέκτημα της εν λόγω είδους τεχνολογίας, ωστόσο, είναι η απαίτηση ότι οι δύο συσκευές για την εγκατάσταση επικοινωνίας πρέπει να είναι εντός οπτικού πεδίου. Μπορεί λοιπόν να επιτευχθεί έλεγχος συσκευών με υπέρυθρες μόνο αν η μια 'βλέπει' την άλλη. Οι συσκευές Bluetooth μπορούν να επικοινωνούν η μια με την άλλη, ακόμα και όταν δεν είναι στο ίδιο δωμάτιο. Στην πραγματικότητα, ακόμη και με χαμηλή ισχύ, μια συσκευή Bluetooth μπορεί να επικοινωνήσει με κάποια άλλη συσκευή που βρίσκεται εντός της ακτίνας δέκα μέτρων ανεξάρτητα από τοίχους, παράθυρα, ή άλλα φυσικά εμπόδια.

Η υπέρυθρη τεχνολογία περιορίζει την επικοινωνία των συσκευών ένα σε ένα. Έτσι, μια IR συσκευή ελέγχου μπορεί να ελέγξει μόνο μία ηλεκτρονική συσκευή, κάθε φορά. Από την άλλη πλευρά, οι συσκευές Bluetooth είναι ικανές να επικοινωνούν με πολλές συσκευές σε κάθε δεδομένη στιγμή.

Οι Infrared συσκευές, ωστόσο, είναι λιγότερο ευάλωτες στις παρεμβολές από τις Bluetooth συσκευές. Αυτό σημαίνει ότι μπορείτε να είστε σίγουροι ότι τα δεδομένα θα αποστέλλονται στην αποδέκτη χωρίς οποιαδήποτε στρέβλωση ή ανακρίβεια. Βελτιώσεις στην τεχνολογία Bluetooth, ωστόσο, ελαχιστοποιούν το πρόβλημα αυτό, επιτρέποντας σε συσκευές Bluetooth να αλλάζουν συχνότητες και να

επικοινωνούν, εντός μιας συγκεκριμένης περιοχής συχνότητων. Ως εκ τούτου, αν και εξακολουθεί να υπάρχει κίνδυνος παρεμβολών, οι πιθανότητες να συμβαίνει είναι πολύ ελάχιστες. Εάν αυτό συμβαίνει, θα είναι μόνο για ένα πολύ σύντομο χρονικό διάστημα και το διαθέσιμο λογισμικό μπορεί να διορθώσει τέτοια λάθη.

Τι είναι IrDA

Σταθερό / Κινητό	Κινητό
Κυκλώματος / Packet	Point to Point
Max Bandwidth	16Mb
Range	1M
Συχνότητα	Υπέρυθρες
Υποδοχής Network	Όχι
Καθορισμού	Τα δεδομένα σύνδεσης υπέρυθρων
URL	http://www.irda.org/

IrDA χρησιμοποιείται για υψηλής ταχύτητας μικρού βεληνεκούς, οπτική επαφή, από σημείο σε σημείο ασύρματη μεταφορά δεδομένων - κατάλληλα για HPCs, ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές, συσκευές χειρός συλλογής δεδομένων, κλπ.

Η IrDA πρότυπα δεν προσδιορίζει οποιαδήποτε μέτρα ασφαλείας

WiMAX

Τεχνολογία ασύρματης δικτύωσης η οποία λειτουργεί με παρεμφερή τρόπο με το Wi-Fi , ωστόσο με πολύ μεγαλύτερη εμβέλεια. Συγκεκριμένα, ενώ το Wi-Fi εξασφαλίζει εμβέλεια επικοινωνίας μέχρι 100 μέτρα, το WiMax φθάνει τα 35 χιλιόμετρα ή και παραπάνω.

Μέχρι σήμερα το Wi-Fi επέτρεπε την πρόσβαση στο Internet σε πολύ μικρή εμβέλεια γύρω από hotspots, όπως σε αεροδρόμια, συνεδριακούς χώρους ή ξενοδοχεία. Το WiMAX θα είναι σε θέση να κάνει το ίδιο σε εμβέλεια ολόκληρης πόλης, τα κτήρια της οποίας θα καλύπτουν με το σήμα τους οι ISP.

Το WiMAX θα χρησιμοποιείται για την παροχή υπηρεσιών ευρυζωνικής πρόσβασης στο Internet σε τελικούς χρήστες, με εξοπλισμό ιδιαίτερα εύκολο στην εγκατάσταση. Με τον ίδιο τρόπο που σήμερα εγκαθιστά κανείς στον υπολογιστή του μια κάρτα δικτύωσης Wi-Fi, μελλοντικά θα εγκαθιστά μια κάρτα WiMAX η οποία θα του επιτρέπει να χρησιμοποιήσει από τον οικιακό του χώρο (και όχι μόνο) τις ασύρματες υπηρεσίες που παρέχουν οι ISP.

Το WiMAX έχει σημαντικά πλεονεκτήματα έναντι των σημερινών ασύρματων και ενσύρματων συνδέσεων:

- Ιδιωτικές εταιρείες θα έχουν τη δυνατότητα να αναπτύξουν ανεξάρτητα ασύρματα δίκτυα τηλεπικοινωνιών και υπηρεσιών Internet, με πολύ μεγάλη ευκολία, καθώς δεν απαιτείται η εγκατάσταση καλωδίων σε κάθε σημείο της χώρας. Έτσι θα δημιουργηθούν συνθήκες πραγματικού τηλεπικοινωνιακού ανταγωνισμού και στη χώρα μας.
- Ο συνδρομητής θα μπορεί να χρησιμοποιήσει τη σύνδεσή του από οπουδήποτε ακόμη και εν κινήσει μέσα στην πόλη ή και ολόκληρη τη χώρα. Κάτι που δεν είναι εφικτό με τις σημερινές συνδέσεις ADSL, ούτε και με την τεχνολογία Wi-Fi, λόγω της περιορισμένης της εμβέλειας.

- Ένα δίκτυο WiMAX που θα καλύπτει μια μεγαλούπολη μπορεί να εγκατασταθεί σε λίγες μέρες, σε αντίθεση με ένα αντίστοιχο ενσύρματο δίκτυο που θα χρειαζόταν πολλούς μήνες ή και χρόνια.

- Μετακομίζοντας σε άλλη περιοχή, ο συνδρομητής δεν θα χρειαστεί να κάνει ενεργοποίηση ευρυζωνικής σύνδεσης στον νέο του χώρο, όπως ισχύει για τις γραμμές ADSL. Αφού θα καλύπτεται από το ασύρματο σήμα του παρόχου υπηρεσιών WiMAX, μπορεί να αρχίσει άμεσα να χρησιμοποιεί τη σύνδεσή του.

Λόγω των υψηλών ταχυτήτων μετάδοσης δεδομένων, το WiMAX θα επιτρέπει επίσης την πραγματοποίηση τηλεφωνικών κλήσεων ή ακόμη και βιντεοκλήσεων.

Πρωτόκολλα

Τα συστήματα WiMax και Mobile WiMax που χρησιμοποιούνται μέχρι σήμερα βασίζονται στο IEEE 802.16e-2005, το οποίο καθιερώθηκε το Δεκέμβριο του 2005. Είναι μια τροποποίηση πρωτοκόλλου IEEE 802.16-2004 και έτσι το παρόν πρωτόκολλο είναι το 802.16-2004, τροποποιημένο από το 802.16-2005, οι εφαρμογές τους πρέπει να διαβάζονται ταυτόχρονα ώστε να γίνουν κατανοητά.

Το πρωτόκολλο IEEE 802.16-2004 απευθύνεται σε σταθερά συστήματα. Αντικατέστησε τα πρωτόκολλα 802.16-2001, 802.16c-2002, 802.16a-2003.

IEEE 802.16e-2005

Το πρωτόκολλο IEEE 802.16e-2005 βελτιώνεται με το πρωτόκολλο 802.16-2004 με τις εξής τροποποιήσεις:

- Διαβάθμιση του συστήματος FFT (Fast Fourier Transform) στο bandwidth των καναλιών, ώστε να διατηρείται σταθερο το επίπεδο μεταφοράς δια μέσου καναλιών διαφορετικού εύρους.(1.25 -20 MHz).

Τα συνεχή κενά της μεταφοράς οδηγούν σε ένα υψηλότερο φάσμα αποδοτικότητας σε ευρεία κανάλια, και σε μείωση του κόστους στα πιο στενά κανάλια. Είναι γνωστό επίσης σαν Scalable OFDMA (SOFDMA).

- Βελτίωσε την κάλυψη χρησιμοποιώντας εξελιγμένες κεραιές, τοποθετημένες σε ποικίλους συνδυασμούς.
- Βελτίωσε την κάλυψη εισάγοντας συστήματα κεραιών πολλαπλής εισόδου και πολλαπλής εξόδου (Multiple Input Multiple Output - MIMO).
- Βελτίωσε την ικανότητα του να διεισδύει καλύτερα σε εσωτερικούς χώρους.
- Χρησιμοποίησε νέες τεχνολογίες κωδικοποίησης όπως Turbo Coding και Low-Density Parity Check (LDPC), αυξάνοντας έτσι την ασφάλεια.
- Έδωσε τη δυνατότητα στους administrators να εναλλάσσουν την κάλυψη για τη δυναμικότητα και το αντίστροφο.
- Ο νέος αλγόριθμος FFT επιτρέπει μεγαλύτερες καθυστερήσεις στη μεταφορά δεδομένων κ έτσι είναι περισσότερο ανθεκτικό σε παρεμβολές πολλών διαφορετικών μονοπατιών στη μεταφορά δεδομένων.
- Αύξησε την ποιότητα , ευνοώντας έτσι τις εφαρμογές πραγματικού χρόνου, μετατρέποντας το έτσι στο πλέον κατάλληλο για εφαρμογές VoIP.
- Αύξησε την υποστήριξη για κινητικότητα των συνδρομητών, κάτι το οποίο αποτελεί ένα από τα πιο σημαντικά σημεία του πρωτοκόλλου 802.16-2005 και είναι πολύ βασικό για την εξέλιξη του 'Mobile WiMax'.

Οι πωλητές του 802.16 d τονίζουν πως το 802.16-2004 προσφέρει το προνόμιο διαθέσιμων προϊόντων για σταθερή πρόσβαση. Είναι αρκετά γνωστό μεταξύ των εναλλακτικών παρόχων και τελεστών σε τομείς που αναπτύσσονται εξαιτίας του χαμηλού του κόστους ανάπτυξης και της απόδοσης του σε σταθερό περιβάλλον. Το 802.16-2004 είναι επίσης ένα δυναμικό πρωτόκολλο για backhaul ασύρματων βασικών σταθμών όπως συμβαίνει στην κινητή τηλεφωνία στο WiFi και στο mobile WiMAX.

Το SOFDMA (χρησιμοποιείται στο 802.16e-2005) και OFDM256 (802.16d) δεν είναι συμβατά και έτσι όλος ο εξοπλισμός θα πρέπει να αλλάζει όταν ένας

χειριστής θελήσει να χρησιμοποιήσει το παλιότερο πρωτόκολλο. Ωστόσο υπάρχουν κατασκευαστές που σχεδιάζουν να δημιουργήσουν συστήματα που θα είναι συμβατά με το SOFDMA και με παλιότερα πρωτόκολλα. Έτσι θα γίνεται πιο εύκολα η αλλαγή στα δίκτυα που έχουν ήδη επενδύσει στο σύστημα OFDM256. Αυτή η δυνατότητα θα επιρρεάσει μικρό σχετικά αριθμό χρηστών και χειριστών.

Τεχνικές Πληροφορίες

Το WiMax περιγράφεται και υλοποιείται ενδομηματικά με το πρωτόκολλο IEEE 802.16 των ασύρματων δικτύων, όπως και το WiFi υλοποιείται από το πρωτόκολλο IEEE 802.11. Ωστόσο το WiMax λειτουργεί πολύ διαφορετικά από το WiFi .

Το επίπεδο σύνδεσης δεδομένων (MAC layer/ Data Link Layer)

Στο WiFi το MAC layer (media access controller) χρησιμοποιεί ανταγωνιστική πρόσβαση, δηλαδή όλοι οι συνδρομητές που επιθυμούν να μεταφέρουν δεδομένα μέσω ενός wireless access point συναγωνίζονται συνεχώς για “το ποιός θα τραβήξει την προσοχή του access point (AP)”. Αυτό το χαρακτηριστικό μπορεί να γίνει αιτία ώστε ένας απομακρυσμένος χρήστης από το AP να μην μπορεί επανειλημμένα να αποκτήσει πρόσβαση, ή να διακόπτεται διαρκώς η σύνδεση του εξ αιτίας πιο κοντινών στο AP χρήστες. Έτσι μειώνεται σημαντικά η εκπομπή και η μεταφορά δεδομένων. Επομένως η σύνδεση δεν χαρακτηρίζεται από υψηλή ποιότητα, και εφαρμογές που βασίζονται στην ποιότητα δεν μπορούν να εκτελεστούν σωστά. Παραδείγματα τέτοιων εφαρμογών είναι η Voice over IP (VoIP) και η IPTV, για τις οποίες η ποιότητα της σύνδεσης είναι κύριο χαρακτηριστικό και καθορίζει, το ποσοστό των δεδομένων που μεταφέρονται και το αν η μεταφορά θα είναι επιτυχής, συνεχής και δε θα διακόπτεται.

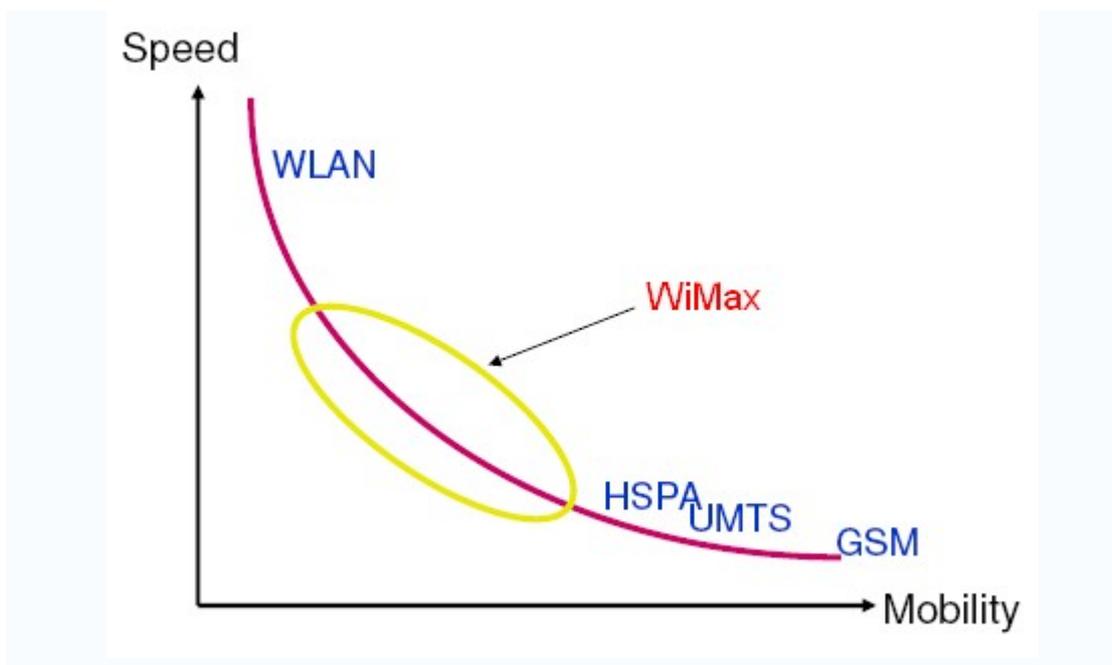
Αντίθετα το 802.16 MAC χρησιμοποιεί έναν αλγόριθμο για τον οποίο ο συνδρομητής «συναγωνίζεται» μια μόνο φορά (με την αρχική εγγραφή του στο δίκτυο). Από κει και έπειτα έχει καθοριστεί ο τρόπος σύνδεσης του από το base station πρόσβασης. Ο χρόνος σύνδεσης με τον καιρό μπορεί να ποικίλει, είτε να μεγαλώνει είτε να μικραίνει, ωστόσο η σύνδεση θα πραγματοποιείται. Ο αλγόριθμος του πρωτοκόλλου 802.16 είναι αρκετά σταθερός ακόμα και όταν το δίκτυο είναι

υπερφορτωμένο και ο αριθμός των συνδεδεμένων συνδρομητών είναι πολύ μεγάλος(αντίθετα με το 802.11). Επίσης μπορεί να είναι ευρυζωνικός πιο αποτελεσματικός. Ο αλγόριθμος επίσης επιτρέπει στον base station να ελέγχει την ποιότητα της υπηρεσίας (QoS) κατανέμοντας το χρόνο που χρειάζεται να διαθέσει για τις διάφορες εφαρμογές των συνδρομητών.

ΦΥΣΙΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ

Το αρχικό πρωτόκολλο του WiMax ορίζει 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 αντικρούεται με την έκδοση OFDM-256 το οποίο 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 εξασθένιση του σήματος και γι' αυτό διαθέτουν βελτιωμένο εύρος και ικανότητα στη διαπερατότητα κτιρίων. Ήδη σήμερα, αρκετά δίκτυα ανά τον κόσμο χρησιμοποιούν για εμπορικούς σκοπούς πιστοποιημένο εξοπλισμό με WiMax, συμβατό με το υποπρωτόκολλο 802.16d.

Ανταγωνιζόμενες Τεχνολογίες



Εντός της σφαίρας του ανταγωνισμού, το WiMax έχει να αντιμετωπίσει κυρίως από τα υπάρχοντα διαδεδομένα αναπτυσσόμενα ασύρματα συστήματα όπως είναι το UMTS και το CDMA 2000 καθώς και ορισμένα συστήματα που “προσανατολίζονται” στον διαδικτυακό χώρο όπως είναι το HIPERMAN και το WiBro.

3G και 4G Τεχνολογίες Κινητής Τηλεφωνίας

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 από προηγούμενη χρήση σε αντίθεση με το WiMax.

Οι 3G τεχνολογίες κινητής τηλεφωνίας συνήθως πλεονεκτούν από 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 στάνταρ της κινητής τηλεφωνίας έχουν ήδη αναπτυχθεί και αποτελούν τη τεχνολογία 4G. Χαρακτηριστικά της είναι το υψηλό 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.

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 υπάρχοντων 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.

Συστήματα Στραμμένα στο Διαδίκτυο

Τα τελευταία ασύρματα πρότυπα στον τομέα του διαδικτύου, όπως αυτό του ευρωπαϊκού HIPERMAN και του Κορεάτικου WiBro, αποτελούν κομμάτι του WiMAX και δεν είναι τόσο ανταγωνιστικά αλλά περισσότερο συμπληρωματικά του.

Λόγω του μικρού πλήθους λύσεων στο κινητό Internet, όπως είναι σε μερικές καφετέριες στα αεροδρόμια κτλ, το γνωστό σύστημα WiFi 802.11 b/g είναι ήδη ανεπτυγμένο και αδύναμο συγχρόνως για περαιτέρω ανάπτυξη του. Έτσι δημιουργείται μία παραπάνω ανάγκη σε αρκετούς χρήστες για μία πιο ευρεία κάλυψη που πιστεύεται ότι μπορεί το WiMax να παρέχει με τις υπηρεσίες του.

WiMAX και Περιορισμοί

Μία απο τις κοινές παρανοήσεις που πιθανώς συμβαίνουν στο WiMAX είναι το ότι πρόκειται να αποδίδει ταχύτητα της τάξεως των 70 Mbit/s σε απόσταση 48 χιλιομέτρων. Το παραπάνω είναι αληθές αλλά σε ιδανικές συνθήκες, συνεπώς στις περισσότερες περιπτώσεις δεν θα υφίστανται τέτοιου μεγέθους ταχύτητες σε τέτοιες αποστάσεις. Πρακτικά, σε περιβάλλοντα όπως είναι οι επαρχιακές περιοχές όπου οι κεραιές μετάδοσης θα έχουν οπτική επαφή και θα απέχουν μεταξύ τους 10 χιλιόμετρα θα αγγίζουν ταχύτητες της τάξης των 10 Mbit/s. Σε αστικά όμως περιβάλλοντα πιθανώς το 30% των κεραιών μετάδοσης να μην έχουν οπτική επαφή και συνεπώς οι χρήστες θα αγγίζουν ταχύτητες της τάξεως των 10 Mbit/s σε απόσταση 2 χιλιομέτρων. Άλλο ένα εξέχον θέμα για τις αδυναμίες του WiMAX είναι το ότι οι χρήστες στους διάφορους οριοθετημένους τομείς που θα βρίσκονται πρόκειται να μοιράζονται το bandwidth. Συνεπώς αναλόγως με την απασχόληση του δικτύου στους διάφορους τομείς θα εξαρτάται και η ανάλογη απόδοση. Τυπικά η κάθε κυψέλη θα μπορεί να παρέχει 100 Mbit/s backhaul. Οπότε αρκετοί χρήστες θα έχουν ένα εύρος υπηρεσιών 2, 4, 6, 8 ή 10 Mbit/s ούτως ώστε να μπορεί να διαμοιράζεται το φάσμα συχνοτήτων. Το παραπάνω μοντέλο μοιάζει αρκετά με αυτό του δικτύου GSM και του UMTS.

Σε αυτό το σημείο οφείλεται να αναρτηθεί ο παρακάτω πίνακας ο οποίος αναφέρεται στις διάφορες ασύρματες τεχνολογίες και δείχνει μόνο τις μέγιστές τους ταχύτητες που μπορούν να επιτευχθούν σε ιδανικές συνθήκες, και ενδεχομένως να παραπλανούν ορισμένες φορές.

Σύγκριση μεταξύ ασύρματων τεχνολογιών

Standard	Family	Primary	Radio Tech	Downlink	Uplink	Notes
-----------------	---------------	----------------	-------------------	-----------------	---------------	--------------

		Use		(Mbps)	(Mbps)	
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 phone	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 UMS	UMTS/4GSM	General 4G	OFDMA/MIMO/SC-FDMA (HSOPA)	>100	>50	Still in development
1xRTT	CDMA2000	Mobile phone	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

Ήδη υπάρχουσες τεχνολογίες

Το WiMAX Forum έχει μια λίστα με περισσότερες από 250 δοκιμές για WiMAX. Μέχρι στιγμής οι προσπάθειες πραγματοποιούνται σύμφωνα με τα standards που αναφέρονται στο ανώτερο κείμενο. Την 1η Μαΐου 2007 εγκρίθηκε η πρώτη κάρτα σύνδεσης για laptop με το WiMAX (First WIMAX-class Laptop Card). Η Intel επίσης ανακοίνωσε πως θα συνεργαστεί με μια εταιρία που ονομάζεται Clearwire ώστε να προωθήσουν το WiMAX ακόμη περισσότερο. Η Clearwire σχεδιάζει να στέλνει δεδομένα μέσω base stations WiMAX σε μικρότερα ασύρματα modems.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΔΙΚΤΥΟ ΣΤΟ ΣΠΙΤΙ

Η εγκατάσταση ενός ασύρματου δικτύου ξεκινά με την εξασφάλιση του ότι ο υπολογιστής έχει τη σωστή συσκευή για ασύρματη σύνδεση στο διαδίκτυο. Τα περισσότερα από τα νέα μοντέλα που διατίθενται σήμερα στην αγορά έχουν ενσωματωμένη ασύρματη κάρτα

ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΑΣΥΡΜΑΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ

Internet Caffe - Διασύνδεση ίντερνετ Καφέ μεταξύ τους για να παίζουν οι χρήστες δυκτιακά παιχνίδια μεταξύ των franchises καταστημάτων.

HOT SPOT - Δημιουργία **HOT SPOT** στα συνεδριακά κέντρα ξενοδοχείων και σε εμπορικά κέντρα.

Εταιρικά δίκτυα - Εγκατάσταση ασύρματου δικτύου μεταξύ μιας εταιρίας με 3 υποκαταστήματα σε 2 διαφορετικές πόλεις.

Δημόσιο - Δημιουργία ασύρματου δικτύου σε δήμους για την διασύνδεση Δημαρχείου με ΚΕΠ και σχολεία (e-government υπηρεσιών) , παράλληλα την παροχή δωρεάν Internet στους πολίτες του δήμου.

Ασύρματος ISP - Εγκατάσταση ασύρματου δικτύου σε ιδιωτικό φορέα για παροχή Internet στην τοπική κοινωνία.

Έλλειψη ΟΤΕ - Εγκατάσταση ασύρματου δικτύου και εγκατάσταση VOIP Server σε περιοχές όπου δεν υπάρχει υποδομή ΟΤΕ.

Physical Site Survey - Ένας μηχανικός ασύρματων δικτύων της AMD Telecom εξειδικευμένος στον σχεδιασμό δικτύων θα έρθει στον χώρο σας να συζητήσετε και να καταγράψει τις ανάγκες, τις εφαρμογές και τις ταχύτητες που χρειάζεται το δίκτυο σας για να λειτουργήσει . χωρίς delay. Ο μηχανικός θα κάνει μιας επιτόπια έρευνα για να διευκρινιστεί ο εξοπλισμός που θα χρησιμοποιηθεί για την κάλυψη της δικτυακής υποδομής (ταχύτητας κ.α.) . Το physical site survey περιλαμβάνει:

- Καθορισμός θέσεις των Access Points
- Μετρήσεις τις στάθμης σήματος μεταξύ των Access Point και των απομακρυσμένων σημείων.
- Διευκρίνιση πιθανών παρεμβολών σήματος RF
- Έρευνα εναλλακτικών σημείων εγκατάστασης του Σταθμού Βάσης
- Αξιολόγηση του υπάρχων δικτύου , εξοπλισμού , ασφάλειας , καλωδίωσης , παροχής ρεύματος

Site Survey Report – Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν από το physical site survey χρησιμοποιούνται για την ανάπτυξη περιεκτικών προδιαγραφών εγκατάστασης. Αυτό το περιλαμβάνει την ανάλυση της περιήγησης στον χώρο σας και τον τελικό σχεδιασμό βασικών ; επιλογές κάλυψης των αναγκών σας, καθώς επίσης και ειδικών αναγκών όπως περιοριστήτων σε συγκεκριμένους χρήστες και πολλαπλά VLAN για λόγους ασφαλείας.

Assessment Review - Τα συμπεράσματα της έκθεσής μας, των ερευνών και αξιολόγησης ισχυρών αναθεωρούνται σε ακόλουθες διαβουλεύσεις με τον μηχανικό μας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΑΣΥΡΜΑΤΑ ΔΙΚΤΥΑ :ΕΥΑΓ. ΠΑΠΑΠΕΤΡΟΥ

www.microsoft.com

www.pixmania.com

www.papaki.panteion.gr