



ΑΤΕΙ ΚΑΒΑΛΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

ΤΗΛΕΜΑΤΙΚΗ

ΜΕΡΟΣ Γ

«ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΣΥΓΧΡΟΝΩΝ ΑΣΥΡΜΑΤΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ»

Κωνσταντίνος Γεωργακόπουλος
Μηχανικός Πληροφορικής , MSc

Τμήμα Βιομηχανικής Πληροφορικής
Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών

Τ.Ε.Ι Καβάλας

Δεκέμβριος 2007

Περιεχόμενα

1. Εισαγωγή	3
2. Γενικά χαρακτηριστικά ασυρμάτων δικτύων	3
2.1 Μετάδοση με ραδιοκύματα.....	3
2.1.1 Γενικά.....	3
2.1.2 Τρόποι αμφίδρομης μετάδοσης.....	5
2.2 Αντιμετώπιση παρεμβολών	6
2.2.1 Τεχνικές Spread Spectrum.....	6
2.2.2 Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS)	7
2.2.3 Frequency Hopping Spread Spectrum (FHSS).....	8
2.3 Κεραίες μετάδοσης	8
2.3.1 Γενικά.....	8
2.3.2 Τύποι κεραιών	9
2.3.3 Ενίσχυση Σήματος (Gain)	10
2.3.4 Εύρος ακτινοβολίας (half-power beamwidth)	10
3. Ασύρματα τοπικά δίκτυα (WLAN)	11
3.1 Γενικά.....	11
3.2 Τρόποι σύνδεσης.....	12
3.3 802.11b.....	16
3.4 802.11a.....	17
3.5 802.11g.....	18
3.6 Dual-band και Tri-band	18
3.7 Νέες τεχνολογίες – 802.11n.....	18
4. Ασύρματα μητροπολιτικά δίκτυα (WMAN)	19
4.1 Γενικά.....	19
4.2 802.11x σε ασύρματα μητροπολιτικά δίκτυα	19
4.3 WiMAX	20
5. Ασύρματα προσωπικά δίκτυα (WPAN)	20
5.1 Γενικά.....	20
5.2 Bluetooth.....	21
5.3 Zigbee	22
6. Ασφάλεια τοπικών ασύρματων δικτύων	23
7. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα ασυρμάτων δικτύων	24
7.1 Πλεονεκτήματα των ασύρματων τοπικών δικτύων	24
7.2 Μειονεκτήματα των ασύρματων τοπικών δικτύων	25
7.3 Χρήσεις των ασύρματων τοπικών δικτύων	26

1. Εισαγωγή

Ο τρόπος με τον οποίο εργάζονται οι άνθρωποι σε ηλεκτρονικούς υπολογιστές έχει αλλάξει κατά πολύ τα τελευταία χρόνια. Η παραδοσιακή εικόνα του ανθρώπου ο οποίος κάθεται στο γραφείο του για να χρησιμοποιήσει τον προσωπικό του υπολογιστή δεν είναι πλέον ένας κοινός τόπος καθώς η ανάγκη για συνεχή χρήση κάποια μορφής ηλεκτρονικού υπολογιστή ασχέτως του σημείου που βρίσκεται κάποιος είναι διαρκώς αυξανόμενη.

Οι άνθρωποι που χρησιμοποιούν ηλεκτρονικούς υπολογιστές στην καθημερινότητα τους δεν μπορούν πλέον να περιορίζονται στα πλαίσια ενός γραφείου. Έχουν την ανάγκη να μπορούν να χρησιμοποιούν τις δυνατότητες ενός υπολογιστή παντού και μάλιστα με εύκολο τρόπο. Η χρήση υπολογιστή στην οποία γίνεται αναφορά εδώ βέβαια είναι συνυφασμένη με την ταυτόχρονη χρήση των δικτύων στα οποία διασυνδέονται οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές. Το να χρησιμοποιεί πλέον κάποιος έναν υπολογιστή δεν είναι τόσο ισχυρό πλεονέκτημα εάν αυτός ο υπολογιστής δεν συνδέεται σε κάποιο είδος δικτύου πληροφοριών.

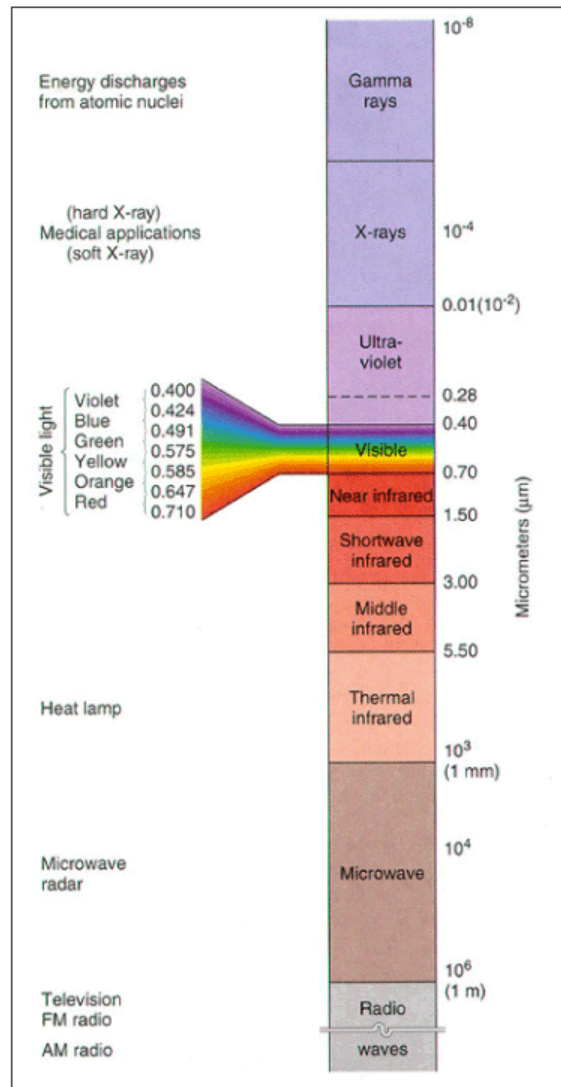
Η χρήση των φορητών υπολογιστών έλυσε το πρόβλημα της φορητότητας των υπολογιστών και τα τελευταία χρόνια οι διαρκώς αναπτυσσόμενες τεχνολογίες ασυρμάτων δικτύων έλυσαν το πρόβλημα της διασύνδεσης αυτών των υπολογιστών. Η χρήση ενός φορητού υπολογιστή με ασύρματη σύνδεση σε κάποιο τοπικό δίκτυο και κατ' επέκταση με το διαδίκτυο είναι πλέον μια συνηθισμένη υπόθεση σε πάρα πολλούς χώρους. Εγκαταστάσεις τοπικών ασύρματων δικτύων υπάρχουν πλέον σε πάρα πολλούς δημόσιους χώρους, από αεροδρόμια και αίθουσες συνεδρίων μέχρι κοινόχρηστους χώρους πανεπιστημίων και εταιρειών. Επιπλέον, ασύρματες συνδέσεις ενώνουν απομακρυσμένα δίκτυα (π.χ δύο κτίρια σε μια πόλη) δίνοντας λύσεις εκεί που τα καλώδια δεν μπορούν. Τέλος, ασύρματες συνδέσεις δεδομένων χρησιμοποιούνται από την κινητή τηλεφωνία μέχρι τις κοντινές συνδέσεις και ανταλλαγές αρχείων μεταξύ κινητών με την τεχνολογία Bluetooth.

2. Γενικά χαρακτηριστικά ασυρμάτων δικτύων

2.1 Μετάδοση με ραδιοκύματα

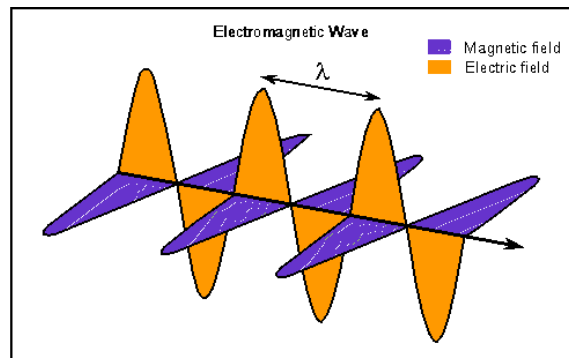
2.1.1 Γενικά

Η ασύρματη επικοινωνία επιτυγχάνεται μεταξύ ενός πομπού και ενός δέκτη μεταδίδοντας την πληροφορία κωδικοποιημένη σε ραδιοκύματα τα οποία μεταδίδονται στον ελεύθερο χώρο μεταξύ των δύο σημείων. Με τον όρο ραδιοκύματα εννοούμε τα ηλεκτρομαγνητικά σήματα τα οποία έχουν μήκος κύματος της τάξεως των χιλιοστών και μεγαλύτερο (εικόνες 1 και 2). Σε αυτά περιλαμβάνονται τα μικροκύματα που χρησιμοποιούνται από τεχνολογίες όπως οι φούρνοι μικροκυμάτων και τα ασύρματα τοπικά δίκτυα αλλά και ραδιοκύματα με μεγαλύτερα μήκη κύματος όπως τα FM και τα AM.



Εικόνα 1. Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα.

Τα ραδιοκύματα περιλαμβάνουν τα σήματα με μήκος κύματος από 1mm (μικροκύματα) και μεγαλύτερο (FM radio, AM radio).



Εικόνα 2. Ηλεκτρομαγνητική μετάδοση: Μαγνητικό και ηλεκτρικό πεδίο.

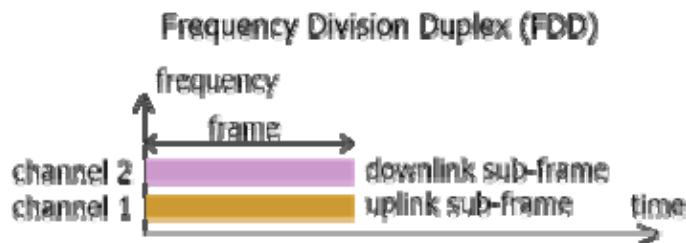
Κάποιες ασύρματες επικοινωνίες, όπως το ραδιόφωνο (FM και AM), λαμβάνουν χώρα μόνο προς τη μια κατεύθυνση και συχνά αναφέρονται σαν **broadcast** ασύρματες επικοινωνίες καθώς είναι πολύ συχνά επικοινωνία ενός προς πολλούς (**one to many**). Σε άλλες μορφές ασύρματης επικοινωνίας η επικοινωνία είναι αμφίδρομη και οι συσκευές που μετέχουν στην επικοινωνία επιτρέπουν την λήψη και την μετάδοση ραδιοκυμάτων προς και από όλες τις άλλες συσκευές. Σε αυτού του τύπου τις μεταδόσεις η επικοινωνία μπορεί να είναι σημείου με σημείο (**point to point** όπως σε δικτυακές συνδέσεις μεταξύ κτιρίων ή πόλεων) ή σημείου με πολλά σημεία (**point to multipoint** όπως στα ασύρματα τοπικά δίκτυα καθώς και στα κυψελοειδή δίκτυα κινητής τηλεφωνίας).

2.1.2 Τρόποι αμφίδρομης μετάδοσης

Στα ασύρματα δίκτυα δεδομένων όπως αυτά που χρησιμοποιούνται σήμερα για την δικτύωση υπολογιστών η επικοινωνία λαμβάνει χώρα και προς τις δύο κατευθύνσεις καθώς οι υπολογιστές πρέπει να είναι σε θέση και να λαμβάνουν αλλά και να αποστέλλουν δεδομένα είτε ταυτόχρονα (**full duplex**) είτε εναλλασσόμενοι μεταξύ κατάστασης μετάδοσης και λήψης (**half duplex**). Η ασύρματη αμφίδρομη επικοινωνία σε αυτά τα δίκτυα επιτυγχάνεται κυρίως με δύο τεχνολογίες:

Frequency Division Duplex (FDD):

Με αυτή τη μέθοδο χρησιμοποιούνται διαφορετικές συχνότητες για την μετάδοση και για τη λήψη και οι δύο συχνότητες έχουν τέτοια απόσταση ώστε να αποφεύγονται παρεμβολές (εικόνα 3). Η τεχνολογία FDD παρέχει μια πραγματική full duplex λύση αλλά επίσης έχει το πρόβλημα της δέσμευσης φάσματος συχνοτήτων (άρα bandwidth) και για τη μετάδοση και για τη λήψη. Πιο απλά, χρησιμοποιώντας μεγαλύτερο φάσμα συχνοτήτων η επικοινωνία μπορεί να περιοριστεί σε σχέση με τον όγκο της πληροφορίας που μπορεί να μεταφέρει.



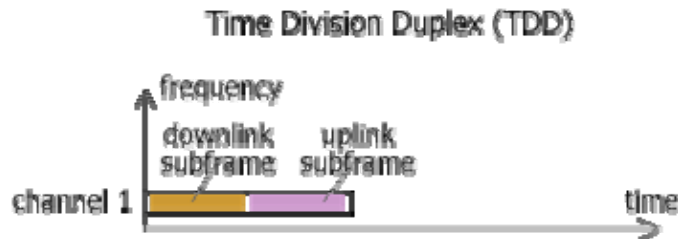
Εικόνα 3. Frequency Division Duplex.

Χρησιμοποιούνται διαφορετικά κανάλια συχνοτήτων για την λήψη και τη μετάδοση. Με αυτό τον τρόπο ένας σταθμός μπορεί να λαμβάνει και να αποστέλλει δεδομένα ταυτόχρονα.

Time Division Duplex (TDD)

Αντί της δέσμευσης διαφορετικής συχνότητας για την λήψη και την μετάδοση, η μέθοδος TDD πραγματοποιεί και την μετάδοση και την λήψη στην ίδια συχνότητα με την διαφορά ότι η μετάδοση και η λήψη εναλλάσσονται περιοδικά κατά την διάρκεια της επικοινωνίας (εικόνα 4). Παρόλο που αυτή η μέθοδος ουσιαστικά λειτουργεί σαν **half-duplex** (μονόδρομη) επικοινωνία στο φυσικό επίπεδο και απαιτεί από τις συσκευές να

μπορούν να εναλλάσσονται πολύ γρήγορα μεταξύ της κατάστασης μετάδοσης και της κατάστασης λήψης, πρόκειται για μια λύση η οποία μπορεί να είναι ιδιαίτερα αποδοτική σε σχέση με την χρήση και αξιοποίηση του φάσματος συχνοτήτων.



Εικόνα 4. Time Division Duplex.

Η μετάδοση πραγματοποιείται σε ένα κανάλι συχνοτήτων. Ο σταθμός εναλλάσσεται μεταξύ κατάστασης εκπομπής και κατάσταση λήψης περιοδικά. Παρόλο που υπάρχει αμφίδρομη επικοινωνία αυτή δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί ταυτόχρονα (*Half Duplex*).

2.2 Αντιμετώπιση παρεμβολών

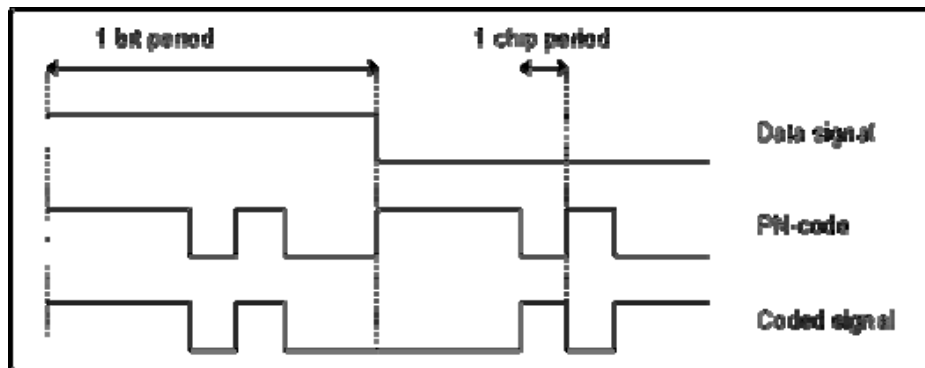
Όλες οι ασύρματες επικοινωνίες πάσχουν από το πρόβλημα το παρεμβολών. Για να το αντιληφθεί κανείς αυτό αρκεί να σκεφτεί ότι οι συσκευές των σύγχρονων τοπικών ασύρματων δικτύων και οι φούρνοι μικροκυμάτων λειτουργούν στην ίδια συχνότητα. Τα ασύρματα δίκτυα δέχονται επίσης παρεμβολές και από άλλες πηγές όπως ηλεκτρικά καλώδια υψηλής τάσης, ηλεκτρογεννήτριες κ.λ.π. Επίσης κανείς δεν μπορεί να αποκλείσει το γεγονός της επιτηδευμένης παρεμπόδισης της επικοινωνίας (**jamming**). Το πρόβλημα αυτό είναι τόσο παλιό όσο και η ίδια η ύπαρξη των ραδιοκυμάτων. Οι μέθοδοι που αναπτύχθηκαν για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος είναι πολύ παλιές και παρακάτω παρουσιάζονται οι κύριες μέθοδοι που χρησιμοποιούνται από τα σύγχρονα ασύρματα δίκτυα δεδομένων.

2.1.1 Τεχνικές Spread Spectrum

Ο όρος spread spectrum (εξάπλωσης φάσματος) είναι πολύ παλιός στο χώρο των ασύρματων τηλεπικοινωνιών και αναφέρεται στις τεχνικές με τις οποίες η ασύρματη μετάδοση πραγματοποιείται χρησιμοποιώντας συχνότητες σε μεγαλύτερο εύρος ζώνης από ότι θα ήταν απολύτως απαραίτητο για την μετάδοση της πληροφορίας. Επί της ουσίας γίνεται μια «εξάπλωση» της πληροφορίας σε μεγαλύτερο εύρος συχνοτήτων σε σχέση με το αρχικό σήμα. Οι τεχνικές αυτές χρησιμοποιούνται για διάφορους λόγους ο πιο βασικός από τους οποίους είναι η μείωση των παρεμβολών από άλλα σήματα καθώς το σήμα δεν μεταδίδεται σε μια μόνο συχνότητα. Άλλοι λόγοι για τους οποίους χρησιμοποιήθηκαν κατά καιρούς τέτοιες τεχνικές είναι η ασφάλεια από υποκλοπές του σήματος, αντίσταση στην εξασθένηση του σήματος καθώς και η δυνατότητα χρήσης του μέσου από πολλές συσκευές ταυτόχρονα (multiple access). Οι πιο διαδεδομένες τεχνικές spread spectrum που χρησιμοποιούνται και στα σύγχρονα ασύρματα δίκτυα δεδομένων είναι οι Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS – Συνεχούς Ακολουθίας Εξάπλωσης Φάσματος) και Frequency Hopping Spread Spectrum (FHSS – Αναπήδησης Συχνότητας Εξάπλωσης Φάσματος).

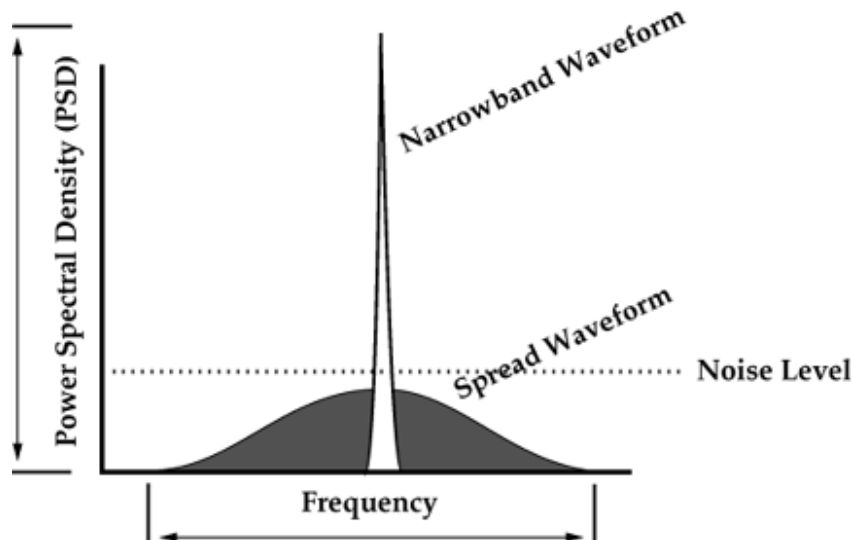
2.1.2 Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS)

Στην τεχνική DSSS το μεταδιδόμενο σήμα κωδικοποιείται κατά φάση με ψευδό-τυχαία τμήματα «τεχνητού θορύβου» τα οποία ονομάζονται **chips**. Ουσιαστικά κάθε μεταδιδόμενο bit δεδομένων πολλαπλασιάζεται με αυτό το σήμα του τεχνητού θορύβου το οποίο είναι εναλλαγή των τιμών -1 και 1 σε συχνότητα πολύ μεγαλύτερη του αρχικού σήματος (εικόνες 5 και 6). Με αυτό τον τρόπο η ενέργεια της μετάδοσης εξαπλώνεται σε μεγαλύτερο εύρος ζώνης. Η ακολουθία των σημάτων του ψευδό-θορύβου είναι εκ των προτέρων γνωστή τόσο στον πομπό όσο και στον δέκτη. Ο δέκτης επειδή γνωρίζει την ακολουθία του τεχνητού θορύβου μπορεί να αποκωδικοποιήσει το σήμα και να ανακτήσει την αρχική πληροφορία.



Εικόνα 5. Direct Sequence Spread Spectrum.

Τα δεδομένα (*data signal*) κωδικοποιούνται με το σήμα «τεχνητού θορύβου» (*PN-code*) και παράγεται το τελικό σήμα που εκπέμπεται (*coded signal*).

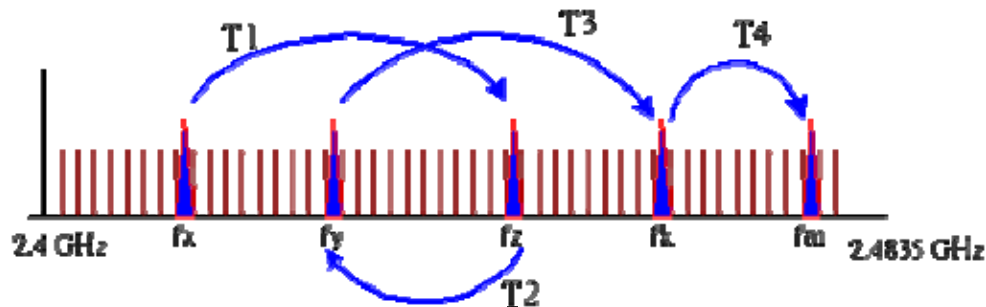


Εικόνα 6. Direct Sequence Spread Spectrum.

Η ωφέλιμη πληροφορία (*Narrowband waveform*) πλαισιώνεται με το σήμα «τεχνητού θορύβου» (*spread waveform*) και εξαπλώνεται στο φάσμα συχνοτήτων.

2.1.3 Frequency Hopping Spread Spectrum (FHSS)

Με την τεχνική FHSS ο πομπός εναλλάσσει την συχνότητα εκπομπής του πολύ γρήγορα μεταξύ κάποιων προσυμφωνημένων (μεταξύ πομπού και δέκτη) συχνοτήτων. Σαν αποτέλεσμα το εύρος ζώνης που απασχολείται από την μετάδοση είναι μεγαλύτερο από το ελάχιστο δυνατό (εάν η μετάδοση πραγματοποιούταν σε ένα κανάλι) (εικόνα 7). Επειδή η συχνότητα της μετάδοσης αλλάζει πολύ γρήγορα είναι πολύ δύσκολο να παρεμβληθεί άλλο σήμα στη μετάδοση. Ένα από τα δύσκολα τεχνικά σημεία της τεχνικής FHSS είναι ο συγχρονισμός πομπού και δέκτη (καθώς πρέπει να εναλλάσσονται ταυτόχρονα). Η τεχνική αυτή χρησιμοποιείται και σε στρατιωτικές επικοινωνίες όπου η σειρά εναλλαγής των συχνοτήτων συμφωνείται μεταξύ πομπού και δέκτη (δεν είναι γνωστή σε κάποιον τρίτο) και προστατεύεται με κρυπτογραφικές μεθόδους.



Εικόνα 7. Frequency Hopping Spread Spectrum.

Ο σταθμός μεταδίδει (και αντίστοιχα λαμβάνει) σε διαφορετικές συχνότητες (f_x, f_y, f_z κ.λ.π) στη διάρκεια του χρόνου (T_1, T_2, T_3 κ.λ.π).

2.3 Κεραίες μετάδοσης

2.3.1 Γενικά

Η κεραία είναι το κομμάτι εκείνο των συσκευών ασύρματης επικοινωνίας το οποίο ακτινοβολεί και δέχεται το ηλεκτρομαγνητικό σήμα που μεταδίδεται στον αέρα. Πιο συγκεκριμένα, η μετάδοση είναι μια διαταραχή στο ηλεκτρομαγνητικό πεδίο που ακτινοβολεί συνεχώς η κεραία. Η διαταραχή αυτή παράγεται από τη συσκευή μετάδοσης μεταβάλλοντας την τιμή της τάσης του ρεύματος σε σχέση με το χρόνο με συγκεκριμένη συχνότητα. Αντίστοιχα κατά τη λήψη ενός σήματος η κεραία είναι αυτή που δέχεται το σήμα το οποίο στη συνέχεια ερμηνεύεται σαν δεδομένα από τη συσκευή μετάδοσης / λήψης. Συνήθως τα χαρακτηριστικά τα οποία σχετίζονται με την μετάδοση και την λήψη σε μια κεραία είναι αντίστοιχα και για τις δύο λειτουργίες της κεραίας.

Υπάρχουν πολλά τεχνικά χαρακτηριστικά τα οποία σχετίζονται με τη λειτουργία μια κεραίας αλλά τα βασικά είναι ο τύπος της κεραίας, η ενίσχυση του σήματος που παρέχει και το εύρος της ακτινοβολίας της κεραίας. Με βάση αυτά τα χαρακτηριστικά αυτά μπορεί κάποιος να κατανοήσει καλύτερα ποια κεραία πρέπει να χρησιμοποιήσει σε κάθε περίπτωση που υπάρχει η ανάγκη για την υλοποίηση ενός ασυρμάτου δικτύου.

2.3.2 Τύποι κεραιών

Υπάρχουν πολλοί τύποι κεραιών αλλά σε γενικές γραμμές χωρίζονται σε τρεις βασικές κατηγορίες σε σχέση με τον τρόπο που ακτινοβολούν το σήμα μετάδοσης:

Μη κατευθυντικές κεραιές (omnidirectional):

Οι μη κατευθυντικές κεραιές ακτινοβολούν κυκλικά (360 μοίρες) στον οριζόντιο άξονα και ενισχύουν το σήμα μειώνοντας την εκπομπή στον κάθετο άξονα. Χρησιμοποιούνται κυρίως σε τοπικά ασύρματα δίκτυα και σε τοπολογίες point-to-multipoint όπου υπάρχει η ανάγκη για την κάλυψη ενός μεγάλου χώρου (π.χ ενός ορόφου). Παραδείγματα τέτοιων κεραιών είναι οι κάθετες κεραιές (εικόνες 8 και 9). Οι κεραιές αυτές αποτελούν συνήθως και τις πιο οικονομικές λύσεις.



Εικόνες 8 και 9. Μη κατευθυντικές κεραιές (omni-directional).

Κεραιές διπλής κατεύθυνσης (bidirectional):

Οι κεραιές διπλής κατεύθυνσης ακτινοβολούν προς δύο αντίθετες κατευθύνσεις στον οριζόντιο άξονα και σε γωνίες 60 έως 120 μοίρες σε κάθε κατεύθυνση (εικόνα 10). Χρησιμοποιούνται κυρίως για να καλύψουν την επικοινωνία κατά μήκος ενός δρόμου ή ενός διαδρόμου. Οι κεραιές αυτές έχουν συνήθως κάλυψη και στον κάθετο άξονα καθώς και μεγαλύτερη ενίσχυση του σήματος σε σχέση με τις μη-κατευθυντικές (γεγονός που τις καθιστά και πιο ακριβές).



Εικόνα 10. Κεραία διπλής κατεύθυνσης (bi-directional).

Κατευθυντικές κεραίες (directional):

Οι κατευθυντικές κεραίες εκπέμπουν προς μόνο μια κατεύθυνση και συνήθως σε μικρή γωνία εκπομπής συγκεντρώνοντας την ισχύ του σήματος προς τη συγκεκριμένη κατεύθυνση. Είναι οι πιο ισχυρές από τους διαθέσιμους τύπους κεραιών και παρέχουν κάλυψη σε πολύ μεγάλες αποστάσεις αλλά με μικρή γωνία κάλυψης. Λόγω αυτών των χαρακτηριστικών τους χρησιμοποιούνται κυρίως για την δημιουργία συνδέσεων point-to-point μεταξύ απομακρυσμένων σημείων όπως κτίρια ή ακόμα και μεταξύ πόλεων. Παραδείγματα τέτοιων κεραιών είναι τα παραβολικά «πιάτα» και οι κεραίες πλέγματος (εικόνες 11 και 12).



Εικόνες 11 και 12. Κατευθυντικές κεραίες (directional).

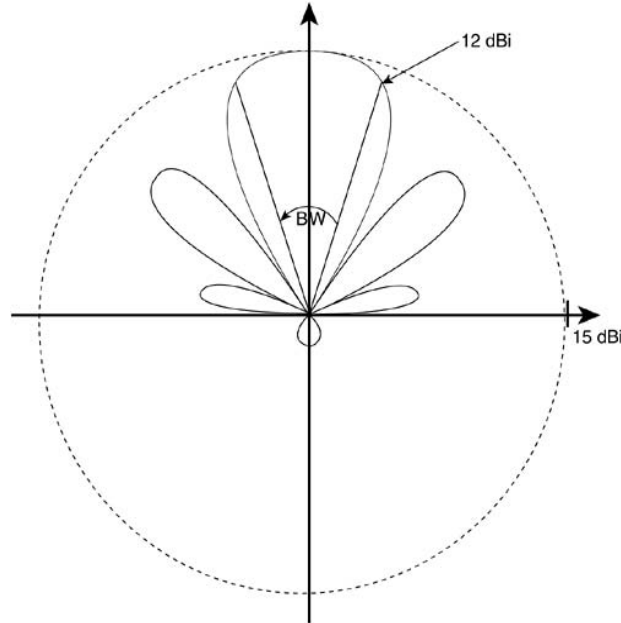
2.3.3 Ενίσχυση Σήματος (Gain)

Η ενίσχυση σήματος είναι το χαρακτηριστικό της κεραίας το οποίο δηλώνει τον βαθμό στον οποίο η κεραία ενισχύει το σήμα προς την προτιμώμενη κατεύθυνση. Μετράται σε μονάδες dBi που υποδηλώνουν τα decibel σε σχέση με μια θεωρητική έννοια που ονομάζεται isotropic radiator (ουσιαστικά πρόκειται για μια θεωρητική κεραία η οποία ακτινοβολεί το ίδιο προς όλες τις κατευθύνσεις). Τυπικές τιμές για την ενίσχυση του σήματος σε απλές εξωτερικές κεραίες είναι από 3 έως 7 dBi ενώ οι κατευθυντικές κεραίες μπορεί να έχουν τιμές για την ενίσχυση σήματος της τάξης των 24 dBi.

2.3.4 Εύρος ακτινοβολίας (half-power beamwidth)

Το εύρος ακτινοβολίας μιας κεραίας είναι τυπικά το εύρος (γωνία) στο μοτίβο ακτινοβολίας της κεραίας εκτός του οποίου η ακτινοβολία της κεραίας μειώνεται στο μισό της μέγιστης τιμής της. Η τιμή αυτή είναι πολύ σημαντική για να κατανοήσει κανείς το δραστικό πεδίο κάλυψης μιας κεραίας. Για παράδειγμα μια κατευθυντική κεραία μπορεί να έχει ένα εύρος ακτινοβολίας λίγων μοιρών. Εκτός αυτής της γωνίας το σήμα

εκπομπής μειώνεται δραστικά αν και αυτό εξαρτάται από το σχεδιασμό της κεραίας (εικόνα 13).



Εικόνα 13. Μοτίβο ακτινοβολίας και εύρος ακτινοβολίας σε κατευθυντική κεραία.

3. Ασύρματα τοπικά δίκτυα (WLAN)

3.1 Γενικά

Τα τοπικά ασύρματα δίκτυα (Wireless Local Area Networks – WLAN) είναι τυπικά παρόμοια με τα τοπικά δίκτυα τα οποία είναι συνδεδεμένα με κάποια μορφή καλωδίωση. Καλύπτουν μια μικρή γεωγραφική περιοχή η οποία τυπικά μπορεί να είναι ένα εργαστήριο υπολογιστών, ένας όροφος κ.λ.π. Υπάρχουν διάφορες τοπολογίες στα ασύρματα τοπικά δίκτυα αναλόγως με τον τρόπο με τον οποίο πραγματοποιείται η επικοινωνία αλλά τυπικά οι σταθμοί εργασίας συνδέονται χρησιμοποιώντας ασύρματες κάρτες δικτύου σε κάποιο κεντρικό διανομέα ο οποίος ονομάζεται access point.

Ένα ασύρματο τοπικό δίκτυο λειτουργεί με παρόμοιο τρόπο με τον οποίο λειτουργεί ένα τοπικό δίκτυο Ethernet. Τα δεδομένα των εφαρμογών κερματίζονται σε πακέτα και μεταδίδονται στους άλλους σταθμούς εργασίας. Η διαφορά, φυσικά, είναι ότι τα πακέτα μεταδίδονται μέσω ραδιοκυμάτων και όχι μέσω καλωδίων. Όπως και στην περίπτωση του Ethernet (των 10mbps) το μέσο μετάδοσης είναι κοινό, η επικοινωνία είναι Half-duplex και μόνο ένας σταθμός μπορεί να μεταδίδει πληροφορίες κάθε δεδομένη στιγμή. Ο συναγωνισμός μεταξύ των σταθμών εργασίας για πρόσβαση στο μέσο μετάδοσης γίνεται με ένα πρωτόκολλο Ανίχνευσης Σήματος / Πολλαπλής Πρόσβασης με αποφυγή συγκρούσεων (Carrier Sense / Multiple Access with Collision Avoidance, CSMA/CA).

Υπάρχουν πολλά ανταγωνιστικά πρότυπα για ασύρματη δικτύωση σήμερα. Τα πιο δημοφιλή βέβαια (και τα οποία χρησιμοποιούνται πιο πολύ στο εμπόριο) είναι οι διάφορες εκδόσεις του πρότυπου IEEE 802.11. Αυτά είναι το 802.11b (γνωστό και ως Wi-Fi), το 802.11g (επέκταση του 802.11b) και το 802.11a.. Το πρότυπο 802.11 το διαχειρίζεται η Wi-Fi Alliance, γνωστή πιο παλιά ως WECA, ένας μη κερδοσκοπικός οργανισμός που σχηματίστηκε το 1999 για να πιστοποιήσει την διαλειτουργικότητα των προϊόντων ασύρματης τοπικής δικτύωσης.

3.2 Τρόποι σύνδεσης

Όπως είναι γνωστό, τα ασύρματα τοπικά δίκτυα επιτρέπουν στους σταθμούς εργασίας να επικοινωνούν μέσω μετάδοσης ραδιοκυμάτων. Το ασύρματο τοπικό δίκτυο μπορεί να είναι ήδη συνδεδεμένο σε ένα υπάρχον ενσύρματο τοπικό δίκτυο σαν επέκταση αυτού ή μπορεί να είναι η βάση για ένα νέο δίκτυο. Παρόλο που τα ασύρματα δίκτυα εφαρμόζονται και σε εσωτερικούς και σε εξωτερικούς χώρους, τα ασύρματα τοπικά δίκτυα ταιριάζουν ειδικότερα σε εσωτερικούς χώρους όπως γραφεία, ακαδημαϊκά ιδρύματα, ξενοδοχεία, νοσοκομεία κ.λ.π. Οι υπολογιστές χρησιμοποιούν ασύρματες κάρτες δικτύου (εικόνες 14-16) για να συνδεθούν.

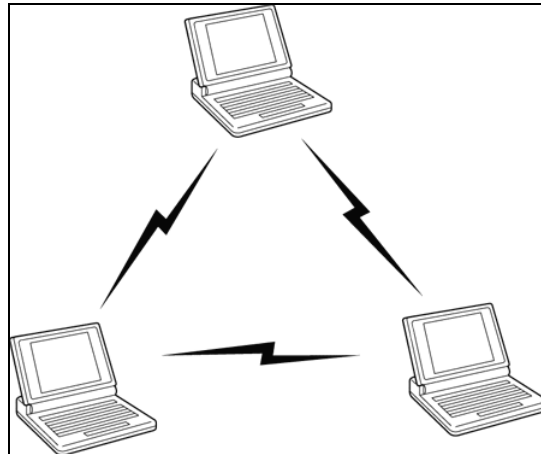


Εικόνες 14-16. Ασύρματες κάρτες δικτύου με διάφορες συνδεσμολογίες.
(PCMCIA, PCI και USB από αριστερά προς τα δεξιά)

Η βασική μονάδα ενός ασύρματου τοπικού δικτύου είναι η κυψέλη. Η κυψέλη είναι η περιοχή όπου λαμβάνει χώρα η ασύρματη επικοινωνία. Η περιοχή κάλυψης μιας κυψέλης εξαρτάται από την ισχύ του μεταδιδόμενου σήματος και του τύπου και της κατασκευής των τοίχων, των χωρισμάτων και άλλων φυσικών χαρακτηριστικών του εσωτερικού χώρου. Όλοι οι ασύρματοι σταθμοί εργασίας μπορούν να μετακινούνται ελεύθερα μέσα στην κυψέλη.

Independent Basic Service Set (IBSS) ή Ad hoc δίκτυα:

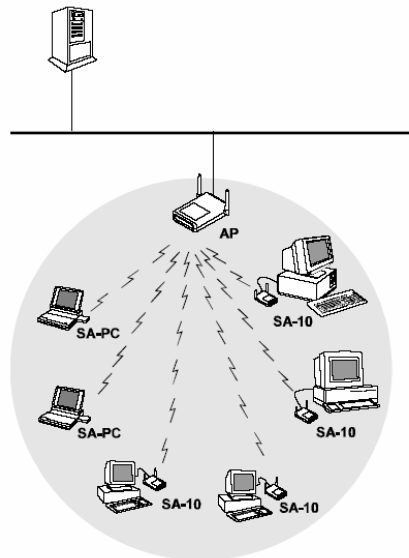
Στα **Ad-hoc** ασύρματα τοπικά δίκτυα δεν υπάρχει κάποιος κεντρικός διανομέας ο οποίος αναλαμβάνει τη διασύνδεση των υπολογιστών. Οι υπολογιστές επικοινωνούν ο ένας με τον άλλο σε μια αυτόνομη οργάνωση η οποία δημιουργείται και καταργείται κατά βούληση χωρίς να υπάρχει μια μόνιμη κεντρική υποδομή (εικόνα 17).



Εικόνα 17. Κυψέλη ad-hoc ασύρματου τοπικού δικτύου.

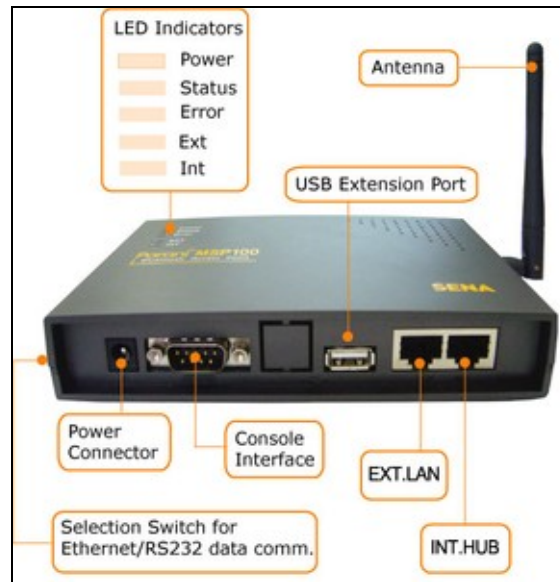
Basic Service Set (BSS) δίκτυα:

Στα δίκτυα BSS η επικοινωνία μεταξύ των σταθμών επιτυγχάνεται με έναν κεντρικό ασύρματο διανομέα ο οποίος ονομάζεται **Access Point** (εικόνες 18 και 19). Ο διανομέας αυτός λειτουργεί όπως τα Hub ή Switch στα καλωδιακά δίκτυα Ethernet. Το Access Point μπορεί να είναι συνδεδεμένο ή όχι με καλώδιο σε ένα δίκτυο κορμού ώστε να προωθεί την κίνηση των ασύρματων σταθμών.



Εικόνα 18. Η κυψέλη ενός τοπικού ασύρματου δικτύου τοπολογίας BSS.

Το Access Point (AP) αναλαμβάνει την επικοινωνία μεταξύ των σταθμών και μπορεί να είναι συνδεδεμένο ή όχι σε ένα δίκτυο κορμού.



Εικόνα 19. Ένα τυπικό Access Point.

Στην BSS τοπολογία η περιοχή κάλυψης του Access point αποτελεί την κυψέλη του δικτύου. Κάθε σταθμός στην κυψέλη χρησιμοποιεί ένα μοναδικό αναγνωριστικό το οποίο ονομάζεται **SSID** (Service Set Identifier) για την επικοινωνία και το οποίο ορίζεται στο Access Point από τον διαχειριστή του δικτύου. Οι σταθμοί πρέπει να γνωρίζουν το SSID του δικτύου για να συνδεθούν.

Σε πολλές περιπτώσεις, όπως σε οικιακά ασύρματα δίκτυα, το Access Point μπορεί να συνδέεται απευθείας στο Internet μέσω συνήθως xDSL συνδέσεων. Σε αυτή την περίπτωση το Access Point λειτουργεί σαν ένας ασύρματος δρομολογητής (**wireless router**) για τους σταθμούς που συνδέονται σε αυτόν (εικόνα 20).

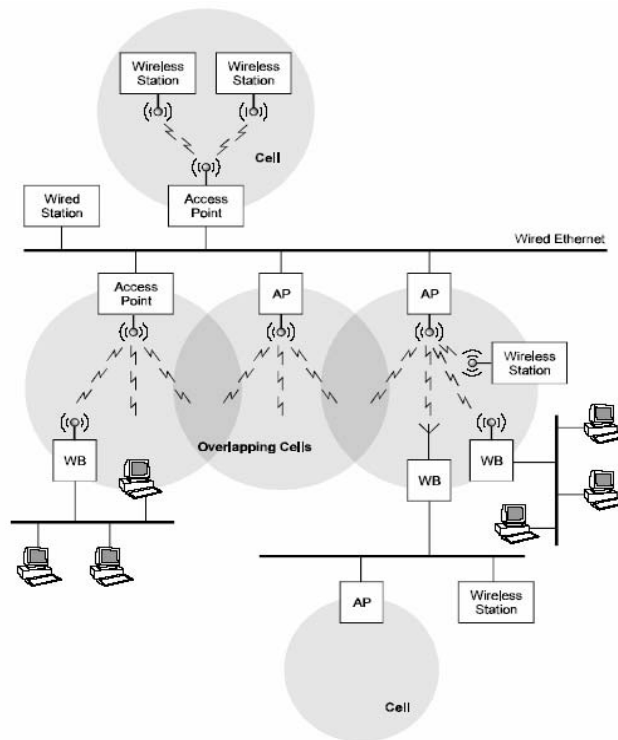


Εικόνα 20. Ένας τυπικός ασύρματος δρομολογητής.

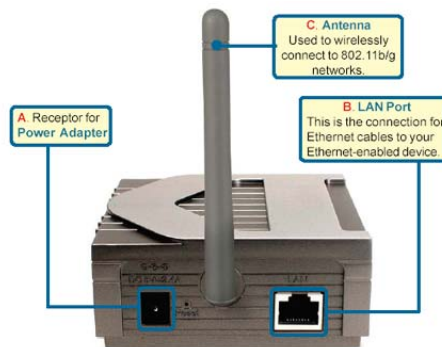
Τα Access Point δεν διαφέρουν πολύ στην όψη από τους Wireless Routers. Παρόλα αυτά τα Access Points δεν μπορούν να προωθήσουν την κίνηση από τους ασύρματους σταθμούς.

Extended Service Set (ESS) δίκτυα:

Στην περίπτωση που υπάρχουν πολλά BSS δίκτυα τα οποία συνδέονται με ένα ενσύρματο δίκτυο κορμού για να σχηματίσουν ένα ευρύτερο δίκτυο τότε η τοπολογία ονομάζεται **ESS** (εικόνα 21). Σε αυτά τα δίκτυα μπορεί να υπάρχουν και συσκευές οι οποίες ονομάζονται ασύρματες γέφυρες (**Wireless Bridge**, εικόνα 22). Η ακτίνα κάλυψης του συστήματος μπορεί να αυξηθεί έτσι με την συνένωση πολλών σημείων ασύρματης ζεύξης.



Εικόνα 21. Extended Service Set τοπολογία.

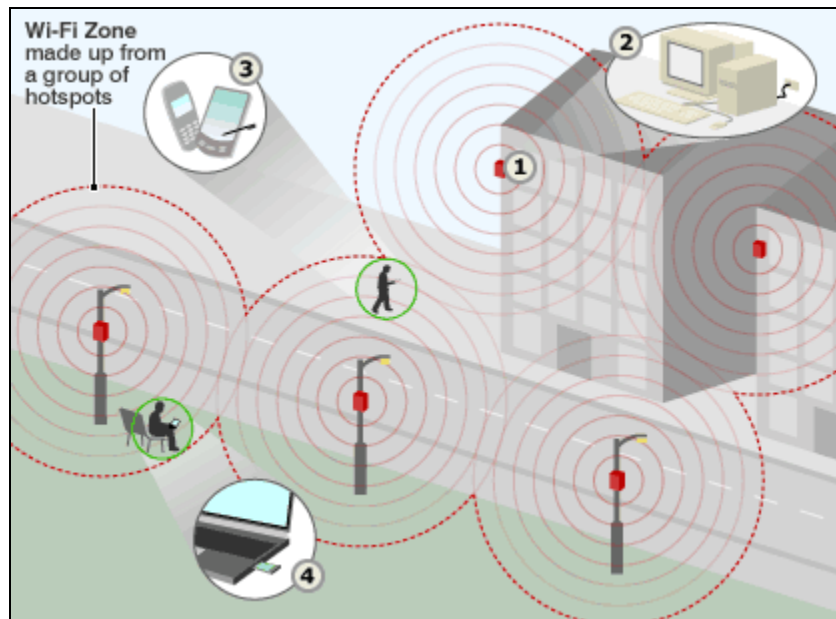


Εικόνα 22. Μια τυπική ασύρματη γέφυρα.

Τυπικά οι ασύρματες γέφυρες χρησιμοποιούνται για να ενώσουν ασύρματα και ενσύρματα δίκτυα

Hot Spots:

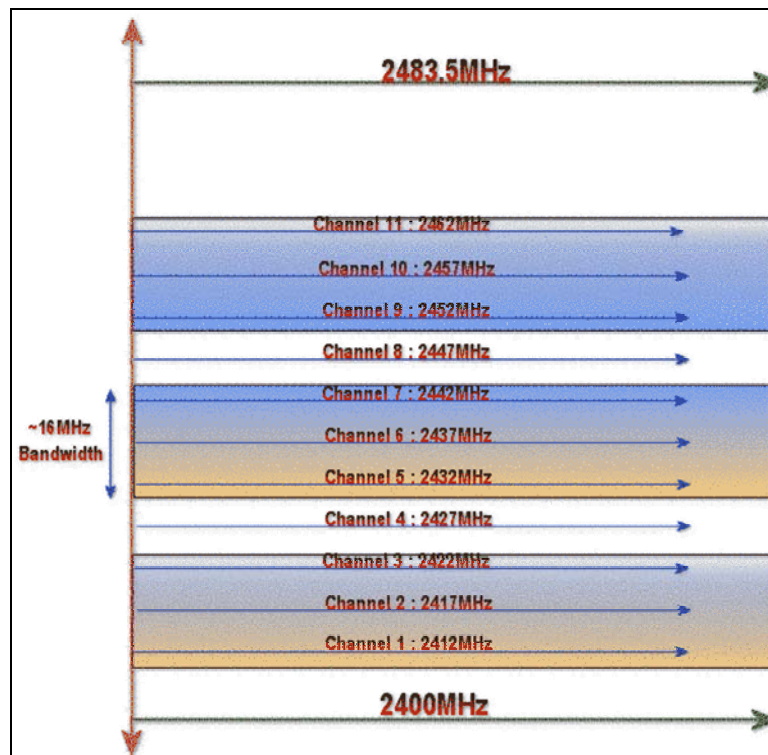
Ο όρος Hot Spot αναφέρεται στα τοπικά ασύρματα δίκτυα τα οποία παρέχουν πρόσβαση στο Internet και βρίσκονται σε δημόσιους χώρους. Συνήθως είναι προσβάσιμα δωρεάν ή με κάποιο αντίτιμο. Τέτοιο χώροι είναι τυπικά αεροδρόμια, café ή ακόμα και μεγάλοι κεντρικοί δημόσιοι χώροι σε μια πόλη. Ένα Hot Spot μπορεί να αποτελείται απλά από μια BSS τοπολογία με ασύρματο δρομολογητή που συνδέεται στο Internet ή να απλώνεται σε μεγαλύτερη έκταση με τη χρήση ESS τοπολογίας η οποία περιλαμβάνει και σύνδεση στο Internet (εικόνα 23).



Εικόνα 23. Μια περιοχή όπου πολλά Hot Spots δημιουργούν μια ESS τοπολογία.

3.3 802.11b

Το 802.11b είναι το πρώτο πρότυπο που χρησιμοποιήθηκε ευρέως στα τοπικά ασύρματα δίκτυα. Είναι σε γενικές γραμμές μια τεχνολογία μικροκυμάτων που χρησιμοποιεί την μπάντα ISM στα 2.4-2.483GHz για επικοινωνία χωρίζοντας το εύρος των συχνοτήτων σε τρεις μη αλληλοκαλυπτόμενες περιοχές (κανάλια) (εικόνα 24). Η συγκεκριμένη μπάντα χρησιμοποιείται ευρέως από συσκευές όπως ασύρματα τηλέφωνα και φούρνους μικροκυμάτων. Το 802.11b παρέχει ταχύτητες 11mbps σε half-duplex οι οποίες μοιράζονται μεταξύ όλων των σταθμών που συνδέονται στο ίδια ασύρματη βάση (Access Point). Λόγω επιβαρύνσεων στη μεταδιδόμενη πληροφορία από τα πρωτόκολλα διασύνδεσης, το ωφέλιμο bandwidth μειώνεται στα 6mbps. Η τυπική απόσταση μεταξύ συσκευών είναι περί τα 30 μέτρα σε εσωτερικό χώρο και πάνω από 120 μέτρα σε εξωτερικό χώρο. Αυτές οι αποστάσεις μπορούν να αυξηθούν τοποθετώντας εξωτερικές κεραιές που ενισχύουν το σήμα.



Εικόνα 24. Η μπάντα ISM και τα τρία κανάλια εύρους 16MHz που ορίζει το πρότυπο 802.11b.

3.4 802.11a

Το πρότυπο 802.11a εισήλθε στην αγορά αφού το 802.11b είχε ήδη ένα μεγάλο μερίδιο αυτής. Παρόλα αυτά η τεχνολογία που χρησιμοποιεί προσφέρει αρκετά πλεονεκτήματα σε σχέση με αυτή του 802.11b. Χρησιμοποιεί τις μπάντες UNII στα 5 GHz για μετάδοση που είναι γενικά πολύ λιγότερο χρησιμοποιούμενη από αυτή των 2,4 GHz, οπότε και με λιγότερες παρεμβολές. Οι τρεις μπάντες UNII χωρίζονται με τρόπο σχετικό με την καταλληλότητα τους για μετάδοση σε εσωτερικά ή εξωτερικά περιβάλλοντα και επιτρέπουν την δημιουργία μακρινών ασύρματων ζεύξεων σε μεγάλες ταχύτητες. Το 802.11a παρέχει ταχύτητες μέχρι 54 mpps (ωφέλιμο περί τα 25 mpps), μια αύξηση στην ταχύτητα πέντε φορές από το 802.11b. Αυτό καθίσταται δυνατό λόγω μιας ανώτερης τεχνικής διαμόρφωσης των ραδιοκυμάτων που λέγεται OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing). Παρόλα αυτά οι υψηλότερες ραδιοσυχνότητες μειώνουν κατά πολύ την απόσταση κάλυψης καθώς και την διεισδυτική δύναμη του 802.11a, ειδικά σε εσωτερικούς χώρους. Εκεί που μια μετάδοση 802.11b θα περνούσε έναν τοίχο, μια μετάδοση 802.11a μπορεί να εμποδιστεί. Το γεγονός αυτό μπορεί να εμποδίσει την εγκατάσταση σε μεγάλη κλίμακα ενός δικτύου 802.11a καθώς απαιτούνται πιο πολλά Access Points για την κάλυψη του χώρου.

3.5 802.11g

Το 802.11g είναι το τελευταίο πρότυπο ασύρματης δικτύωσης και το οποίο έχει επικυρωθεί μόλις πρόσφατα. Το 802.11g είναι στην πραγματικότητα μια τροποποίηση του προτύπου 802.11b επιτρέποντας ταχύτητες 54 Mbps στην μάντα ISM των 2,4 Ghz χρησιμοποιώντας την διαμόρφωση σήματος που χρησιμοποιεί και το πρότυπο 802.11a. Το 802.11g αντιμετωπίζει τους περιορισμούς σε bandwidth του 802.11b και παράλληλα προσφέρει την διεισδυτική δύναμη της μάντας των μικροκυμάτων καθώς και την ικανότητα μετάδοσης σε μεγάλες αποστάσεις. Παρόλα αυτά δεν περιορίζει το πρόβλημα της συμφόρησης στην συγκεκριμένη μάντα στην οποία λειτουργούν πολλές συσκευές. Το 802.11g είναι επίσης περιορισμένο σε τρία μη αλληλοεπικαλυπτόμενα κανάλια όπως και ο προκάτοχος του, το 802.11b. Το 802.11g μπορεί να έχει τα ίδια προβλήματα απόδοσης όπως και το 802.11b λόγω της συμβατότητας προς τα πίσω που έχει. Εάν ένας σταθμός 802.11b είναι παρόν σε ένα δίκτυο 802.11g, όλοι οι σταθμοί θα πρέπει να χρησιμοποιήσουν την διαμόρφωση σήματος του 802.11b για συμβατότητα. Παρόλα αυτά σε ένα καθαρά 802.11g δίκτυο μπορεί κάποιος να εκμεταλλευτεί πλήρως τις ικανότητες της τεχνολογίας. Επίσης, σαν σημείωση, μια εξωτερική κεραία που λειτουργεί σε 802.11b δίκτυο μπορεί να λειτουργήσει και σε 802.11g μειώνοντας έτσι το κόστος αναβάθμισης.

3.6 Dual-band και Tri-band

Ο όρος Tri-band είναι σχετικά λανθασμένος αλλά αναφέρεται εδώ καθώς πολλά προϊόντα (Access points και κάρτες) που κυκλοφορούν στο εμπόριο τον χρησιμοποιούν. Ο όρος αναφέρεται σε συσκευές Dual band που υποστηρίζουν ταυτόχρονα και το 802.11a και το 802.11g πρότυπο (οπότε και το 802.11b αφού το 802.11g είναι προς τα πίσω συμβατό με το 802.11b). Ο όρος Dual-band αναφέρεται σε συσκευές που υποστηρίζουν ταυτόχρονα τα πρότυπα 802.11a και 802.11b (συσκευές που υποστηρίζουν ταυτόχρονα τα 802.11g και b δεν αναφέρονται σαν Dual-band λόγω της προς τα πίσω συμβατότητας). Η εγκατάσταση συσκευών Tri-band είναι μια εξαιρετική μέθοδος για να αυξήσει κανείς την πυκνότητα των κυψελών και να αυξήσει το bandwidth χωρίς να θυσιάσει την συμβατότητα. Αφού τα 802.11a και τα 802.11g/b χρησιμοποιούν διαφορετικές ραδιοσυχνότητες, οι παρεμβολές δεν είναι θέμα. Οι υψηλής προτεραιότητας σταθμοί μπορούν να τοποθετηθούν στο δίκτυο 802.11a για μεγαλύτερες ταχύτητες ενώ οι χαμηλότερης προτεραιότητας στο 802.11g/b δίκτυο.

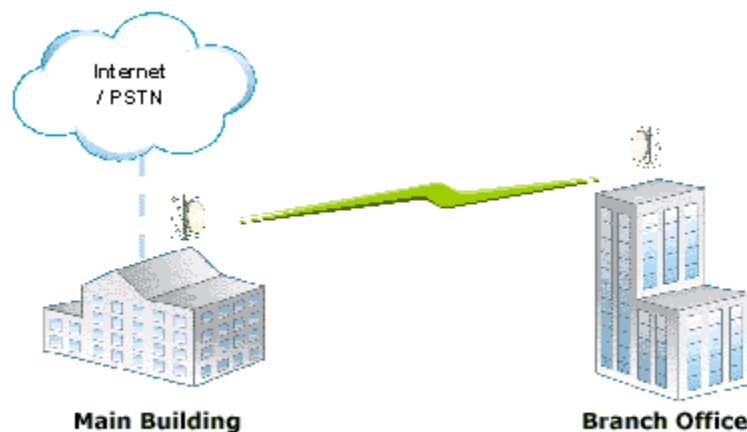
3.7 Νέες τεχνολογίες – 802.11n

Το νέο πρότυπο της ασύρματης τοπικής δικτύωσης το οποίο αναπτύσσεται από τον οργανισμό IEEE ονομάζεται 802.11n και ακόμα βρίσκεται στο στάδιο του σχεδιασμού. Το νέο αυτό πρότυπο υπόσχεται σημαντικά γρηγορότερες ταχύτητες μετάδοσης. Κάποιοι ελπίζουν ότι θα είναι γρηγορότερο και από τα παραδοσιακά καλωδιακά δίκτυα Ethernet (10 mbps) και Fast Ethernet (100 mbps). Επιπλέον θα ενσωματώνει νέες τεχνολογίες οι οποίες θα του επιτρέπουν να συνυπάρχει με συσκευές οι οποίες λειτουργούν με τα προαναφερθέντα πρότυπα χωρίς να επηρεάζεται η λειτουργία του.

4. Ασύρματα μητροπολιτικά δίκτυα (WMAN)

4.1 Γενικά

Σε αντιστοιχία με τα μητροπολιτικά δίκτυα (MAN) τα οποία συνδέουν απομακρυσμένα σημεία με την χρήση καλωδίων και τεχνολογιών όπως το Frame Relay, το HLDS και τις τεχνολογίες xDSL, τα ασύρματα μητροπολιτικά δίκτυα (Wireless Metropolitan Area Networks – WMAN) αποτελούνται από την ασύρματη διασύνδεση σημείων τα οποία τυπικά απέχουν πολύ μεταξύ τους. Τυπικά παραδείγματα μητροπολιτικών ασύρματων συνδέσεων είναι η σύνδεση δύο κτιρίων μιας εταιρείας στην ίδια πόλη, η διασύνδεση δύο σημείων σε διαφορετικές πόλεις κ.λ.π. Η βασική διαφορά με τα τοπικά ασύρματα δίκτυα είναι το υλικό το οποίο χρησιμοποιείται στη διασύνδεση καθώς τυπικά η διασύνδεση γίνεται μεταξύ δύο σημείων (point-to-point) και η απόσταση είναι μεγαλύτερη (εικόνα 25). Έτσι για την ασύρματη διασύνδεση δύο απομακρυσμένων σημείων θα πρέπει πιθανώς να χρησιμοποιηθεί μια κατευθυντική κεραία υψηλής ισχύος ώστε το σήμα να μην εξασθενεί και να μπορέσει να εστιάσει την ισχύ του στην απέναντι κεραία.



Εικόνα 25. Τυπική point to point σύνδεση σε WMAN.

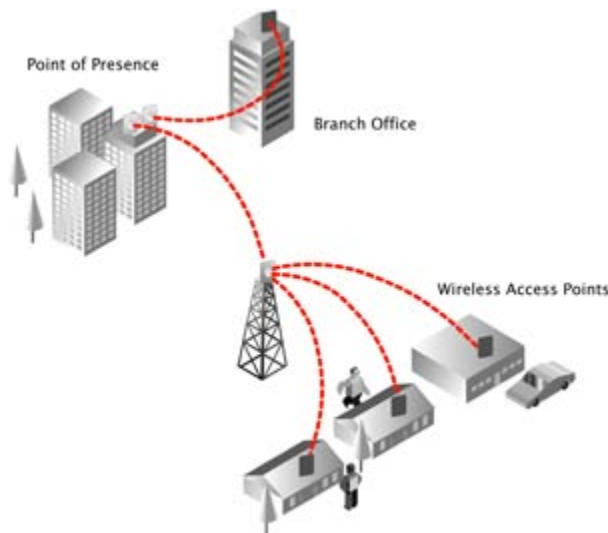
4.2 802.11x σε ασύρματα μητροπολιτικά δίκτυα

Τα πρωτόκολλα 802.11x που περιγράφηκαν προηγουμένως για τα ασύρματα τοπικά δίκτυα είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν και σε μητροπολιτικές συνδέσεις χρησιμοποιώντας όμως όπως περιγράφηκε διαφορετικές κεραίες και διαφορετικές γεννήτριες σήματος. Η ισχύς του σήματος, η εξασθένιση του και η κατευθυντικότητα είναι σε αυτές τις περιπτώσεις καθοριστικοί παράγοντες. Η ισχύς του σήματος καθορίζεται τόσο από την ισχύ του πομποδέκτη που παράγει το σήμα όσο και από την ενίσχυση που παρέχει η κεραία. Είναι σημαντικό επίσης να διαπιστωθεί ότι ανάμεσα στα δύο σημεία τα οποία πρόκειται να διασυνδεθούν υπάρχει οπτική επαφή στη νοητή ευθεία καθώς τα πρωτόκολλα 802.11x απαιτούν οπτική επαφή μεταξύ των συσκευών. Η έρευνα αυτή μπορεί να γίνει με τη χρήση τοπογραφικών χαρτών, συστήματα GPS και επιτόπια

αυτοψία των περιοχών. Όσο λιγότερα εμπόδια υπάρχουν μεταξύ των συσκευών τόσο ποιοτικότερο θα είναι το σήμα διασύνδεσης.

4.3 WiMAX

Ο όρος WiMAX αναφέρεται στα πρότυπα 802.16x τα οποία αναπτύσσονται τα τελευταία χρόνια με σκοπό να παρέχουν υψηλές ταχύτητες και υπηρεσίες mobility σε ασύρματες μητροπολιτικές συνδέσεις. Οι συνδέσεις αυτές μπορούν να είναι είτε point-to-point είτε κυψελοειδείς όπως στα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας (εικόνα 26). Η κωδικοποίηση του σήματος είναι OFDM η οποία επιτρέπει μεγάλες ταχύτητες και ο σκοπός της τεχνολογίας είναι να παρέχει ένα εναλλακτικό των τεχνολογιών xDSL σε σημεία που οι τεχνολογίες αυτές δεν μπορούν για κάποιο λόγο να υλοποιηθούν (π.χ απαρχαιωμένο τηλεφωνικό δίκτυο).



Εικόνα 26. Τυπική WiMAX τοπολογία.

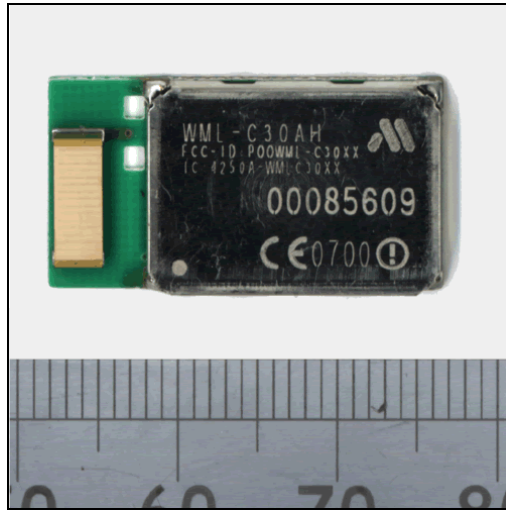
5. Ασύρματα προσωπικά δίκτυα (WPAN)

5.1 Γενικά

Ο όρος ασύρματα προσωπικά δίκτυα (Wireless Personal Area Networks – WPAN) είναι σχετικά σύγχρονος όρος και αναφέρεται στις σύγχρονες τεχνολογίες οι οποίες επιτρέπουν την ασύρματη διασύνδεση και επικοινωνία σε αποστάσεις λίγων μέτρων φορητών προσωπικών συσκευών όπως είναι τα κινητά τηλέφωνα, τα PDA's και οι Ultra Mobile υπολογιστές μεταξύ πολλών άλλων. Η επικοινωνία αυτή επιτρέπει στις συσκευές αυτές υπηρεσίες όπως ανταλλαγή αρχείων, διαμοίραση εφαρμογών, άμεση επικοινωνία κ.λ.π.

5.2 Bluetooth

Το Bluetooth είναι ένα βιομηχανικό πρότυπο για ασύρματα προσωπικά δίκτυα το οποίο επιτρέπει τη σύνδεση και επικοινωνία σε μια πλειάδα συσκευών όπως κινητά τηλέφωνα, laptop, εκτυπωτές, ψηφιακές κάμερες κ.λ.π. μέσω μιας ασφαλούς ραδιοσυχνότητας. Το πρότυπο Bluetooth αναπτύσσεται από το Bluetooth Special Interest Group. Το πρότυπο αυτό σχεδιάστηκε έχοντας υπόψη την χαμηλή κατανάλωση ρεύματος και την δημιουργία συσκευών λήψης / μετάδοσης οι οποίες θα έχουν πολύ μικρό μέγεθος και χαηλό κόστος (εικόνα 27).



Εικόνα 27. Τυπικός πομποδέκτης Bluetooth.

Η ραδιοσυχνότητα στην οποία λειτουργεί το Bluetooth είναι η ίδια με τα πρότυπα Wi-Fi αλλά το Bluetooth χρησιμοποιεί πολύ μικρότερη ισχύ και διαφορετικούς τρόπους πολύπλεξης του σήματος. Ως αποτέλεσμα, είναι αποτελεσματικό σε αποστάσεις που τυπικά κινούνται από 1-10 μέτρα και σε χαμηλότερες ταχύτητες. Επιπλέον βρίσκει διαφορετικές εφαρμογές από τα πρότυπα Wi-Fi καθώς το δεύτερο θεωρείται ένα τύπος ασύρματου Ethernet ενώ το Bluetooth θεωρείται μια μορφή ασύρματης USB σύνδεσης. Το πρότυπο Bluetooth χρησιμοποιείται τυπικά στις εξής εφαρμογές:

- Έλεγχος και επικοινωνία μεταξύ κινητών τηλεφώνων και περιφερειακών συσκευών (π.χ headset).
- Ασύρματη επικοινωνία μεταξύ υπολογιστών και περιφερειακών συσκευών όπως ποντίκι, πληκτρολόγιο και εκτυπωτές.
- Αντικατάσταση των επικοινωνιών που τυπικά χρησιμοποιούσαν την υπέρυθρη ακτινοβολία (IrDA). Για παράδειγμα κάποιες σύγχρονες κονσόλες παιχνιδιών

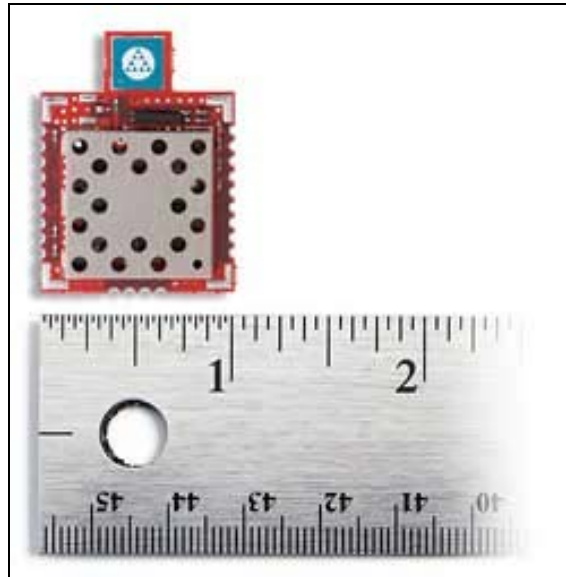
χρησιμοποιούν το Bluetooth για την επικοινωνία με τα χειριστήρια που διαθέτουν.

- Dial-Up πρόσβαση στο Internet μέσω κινητών τηλεφώνων για υπολογιστές που διαθέτουν Bluetooth.

Το τελευταίο πρότυπο Bluetooth είναι το 2.0 το οποίο επιτρέπει θεωρητικά ταχύτητες μέχρι τα 2.1 mbps ενώ η διαμόρφωση του σήματος γίνεται με μια τεχνική παρόμοια με την Frequency Hopping Spread Spectrum η οποία παρέχει ασφάλεια και προστασία από παρεμβολές. Σε επίπεδο προστασίας της επικοινωνίας το πρότυπο ενσωματώνει δυνατές κρυπτογραφικές μεθόδους καθώς και δυναμική δημιουργία κλειδιών για την προστασία των δεδομένων.

5.3 Zigbee

Ο όρος Zigbee αναφέρεται στο πρότυπο IEEE 802.15.4 το οποίο περιγράφει μια ομάδα πρωτοκόλλων για την επικοινωνία ραδιοσυσκευών πολύ μικρού μεγέθους, κόστους και πολύ χαμηλής ισχύος (εικόνα 28). Το πρότυπο στοχεύει στα ασύρματα προσωπικά δίκτυα και συγκεκριμένα στοχεύει στην αντικατάσταση του Bluetooth καθώς οι ραδιοσυσκευές του πρότυπου Zigbee είναι πιο φτηνές και απαιτούν περίπου το 50% του κώδικα που χρειάζεται μια συσκευή Bluetooth για τον έλεγχο τους (κατά συνέπεια απαιτούν λιγότερο χώρο στη μνήμη της φορητής συσκευής – γεγονός σημαντικό για τις μικρές μνήμες). Το πρότυπο χρησιμοποιεί τις ίδιες συχνότητες με το Bluetooth μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ασύρματη επικοινωνία χαμηλών ταχυτήτων όπου η ασφάλεια και η διάρκεια ζωής της μπαταρίας είναι τα βασικά στοιχεία.



Εικόνα 28. Ένας πομποδέκτης Zigbee.

6. Ασφάλεια τοπικών ασύρματων δικτύων

Κάθε δικτυακή υποδομή έχει τρία βασικά στοιχεία τα οποία θα πρέπει να ληφθούν υπόψη σχετικά με την ασφάλεια του δικτύου: την εμπιστευτικότητα, την ακεραιότητα και τον έλεγχο πρόσβασης. Στην περίπτωση ενός ασύρματου δικτύου η ικανοποίηση και των τριών αυτών αναγκών δεν είναι απλή υπόθεση καθώς το ασύρματο μέσο όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως δεν είναι ασφαλές από τη φύση του. Τα στοιχεία γενικά που θα πρέπει να ικανοποιούνται είναι:

- Εξασφάλιση της εμπιστευτικότητας σε φυσικό επίπεδο με χρήση κρυπτογράφησης. Ακόμα και αν κάποιος υποκλέψει δεδομένα δεν θα πρέπει να είναι σε θέση να τα διαβάσει.
- Προστασία του δικτύου από μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση. Κάθε άτομο που χρησιμοποιεί το δίκτυο θα πρέπει να είναι πιστοποιημένο μέσω κατάλληλων ασφαλών μηχανισμών.
- Εξασφάλιση της ακεραιότητας των δεδομένων και αποφυγής παραχάραξης τους με κατάλληλους μηχανισμούς.

Τα παραπάνω δεν είναι σε θέση από μόνο του κάποιο πρωτόκολλο να τα εξασφαλίσει. Κάθε κατασκευαστής έχει ενσωματώσει διαφορετικούς μηχανισμούς ασφαλείας όποτε και η τελική επιλογή θα γίνει με βάση την αξιολόγηση του υλικού.

Όταν αναπτύσσονταν τα πρώτα συστήματα 802.11b ήταν φανερό ότι θα ήταν αναγκαία κάποια μορφή κρυπτογράφησης των δεδομένων η οποία θα συνόδευε το πρότυπο. Από τη στιγμή που ένα ασύρματο τοπικό δίκτυο είναι μια τεχνολογία βασισμένη σε εκπομπές broadcast, κάθε σταθμός που βρίσκεται σε κάποια απόσταση από έναν σταθμό που εκπέμπει μπορεί να «ακούσει» την εκπομπή, οπότε και να την υποκλέψει.

Για την αντιμετώπιση του γεγονότος αυτού αναπτύχθηκε το Wired Equivalent Privacy (ή WEP). Το WEP ήταν βασισμένο στον αλγόριθμο RC4 και υλοποιήσεις του υπήρχαν τόσο με 64-bit μήκος κλειδιού όσο και με 128-bit. Το WEP είχε μια ασθενή υλοποίηση ενός πίνακα αρχικοποίησης 24-bit. Στις πιο πολλές υλοποιήσεις ο πίνακας αρχικοποιεί το την ασύρματη συσκευή μετάδοσης με μηδέν και αυξάνει κατά ένα για κάθε πακέτο που στέλνεται. Σε ένα αρκετά φορτωμένο δίκτυο οι αριθμοί του πίνακα (2^{24}) μπορούν να εξαντληθούν σε περίπου 8 ώρες και μετά ο πίνακας επιστρέφει στην τιμή μηδέν και αρχίζει να αυξάνει κατά ένα ξανά. Καθώς αυτός ο πίνακας μεταδίδεται μη κρυπτογραφημένος, το κλειδί κρυπτογράφησης υπόκειται σε μια γρήγορη brute-force επίθεση από εργαλεία όπως το AirSnort.

Σαν απάντηση στα προβλήματα του WEP οι διάφοροι κατασκευαστές υλοποίησαν δικά τους σχήματα κρυπτογράφησης και ελέγχου πρόσβασης για να εξασφαλίσουν την ακεραιότητα των δεδομένων. Η Cisco για παράδειγμα υλοποίησε το Lightweight Extensible Authentication Protocol, ένα υποσύνολο του πρότυπου EAP που

χρησιμοποιείται για έλεγχο πρόσβασης μέσω Radius καθώς και κρυπτογράφηση σε επίπεδο πακέτου χρησιμοποιώντας μια αρχική έκδοση ενός ισχυρού συστήματος κρυπτογράφησης που ονομάζεται Temporal Key Integrity Protocol (TKIP).

Σήμερα το τοπίο της ασφάλειας / κρυπτογράφησης στα ασύρματα δίκτυα έχει αλλάξει προς το καλύτερο με την εισαγωγή του Wi-Fi Protected Access (ή WPA) . Το WPA είναι ένα υποσύνολο του 802.11i προτύπου πρόσβασης. Είναι μια συνολική λύση για τον έλεγχο πρόσβασης καθώς και την κρυπτογράφηση, χρησιμοποιώντας τα πρότυπα 802.1x και EAP για την πιστοποίηση των χρηστών και το πρότυπο TKIP με μεθόδους ελέγχου της ακεραιότητας για την αποφυγή επιθέσεων τύπου Man-in-the-middle (παραχάραξη πακέτων). Το WPA είναι σχεδιασμένο για να είναι προς τα εμπρός συμβατό με το 802.11i.

7. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα ασύρματων δικτύων

7.1 Πλεονεκτήματα των ασύρματων τοπικών δικτύων

Τα βασικά πλεονεκτήματα που παρέχει ένα ασύρματο τοπικό δίκτυο προέρχονται από την φύση της ασύρματης τεχνολογίας η οποία προσφέρει πολλές ευκολίες. Έτσι, τα βασικότερα πλεονεκτήματα αυτών των δικτύων είναι:

- Οι χρήστες που συνδέονται ασύρματα σε ένα δίκτυο έχουν μια εύκολη, «διαφανή» δικτυακή εμπειρία παρόμοια με αυτή που έχουν οι χρήστες των (συνέχεια συνδεδεμένων) κινητών τηλεφώνων. Ένα καλά σχεδιασμένο δίκτυο επιτρέπει την πρόσβαση με μια φορητή συσκευή ασχέτως από την τοποθεσία του χρήστη. Επιπλέον οι τωρινές υλοποιήσεις των ασύρματων τεχνολογιών επιτρέπουν υψηλές ταχύτητες αλλά και την συνύπαρξη πολλών τύπων δεδομένων , όπως streaming voice over ip και απλά δεδομένα δικτύου τα οποία συνυπάρχουν σε διαφορετικές ραδιοσυχνότητες.
- Ευκολία υλοποίησης. Το να υλοποιήσει κανείς ένα ασύρματο δίκτυο είναι πολύ πιο εύκολο και απλό από την παραδοσιακή υλοποίηση με καλωδιοποίηση. Για παράδειγμα μπορεί να διασυνδέσει κάποιος δύο κτίρια χωρίς το κόστος της εγκατάστασης οπτικών ινών μεταξύ των κτιρίων. Μια ασύρματη συσκευή σε έναν όροφο μπορεί να προσφέρει πρόσβαση στο δίκτυο σε όλο τον όροφο χωρίς την επιβάρυνση της διερεύνησης προβλημάτων στην (πολύπλοκη πολλές φορές) καλωδίωση.
- Χαμηλότερο κόστος επέκτασης. Τα ασύρματα δίκτυα επιτρέπουν την γρήγορη , εύκολη και με μικρό κόστος επέκταση δικτύων σε περιοχές που είτε η καλωδίωση είναι πολύ δύσκολη να υλοποιηθεί είτε η υπάρχουσα είναι πολύ δύσκολο να επεκταθεί.

- Γρήγορη εγκατάσταση / τοποθέτηση. Ένα ασύρματο δίκτυο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν εργαλείο γρήγορης εγκατάστασης για ένα υποκατάστημα μιας εταιρείας ή απομακρυσμένης περιοχής. Εάν οι απαιτήσεις σε bandwidth δεν είναι ιδιαίτερα υψηλές μια ασύρματη συσκευή μπορεί να παρέχει δικτυακή διασύνδεση σε αρκετούς χρήστες χωρίς το χρόνο και τα έξοδα που χρειάζεται η καλωδίωση για να παρέχει τα ίδια σε κάθε χρήστη. Με την ασύρματη τεχνολογία η πρόσβαση στο δίκτυο μιας απομακρυσμένης περιοχής μπορεί να υλοποιηθεί σε ώρες αντί για μέρες.

Τα παραπάνω σαφή πλεονεκτήματα των ασύρματων δικτύων οδηγούν σε κάποια άλλα τα οποία είναι πιο σχετικά με την ακαδημαϊκή εκπαίδευση, όπως:

- Η δικτύωση των φοιτητών και των υπαλλήλων του ιδρύματος με το ακαδημαϊκό δίκτυο και το διαδίκτυο σε αίθουσες διδασκαλίας, εργαστήρια, κοιτώνες και κοινόχρηστες περιοχές, ακόμα και σε εξωτερικούς χώρους.
- Η επέκταση του ακαδημαϊκού δικτύου με μικρό κόστος ακόμα και σε σημεία που πλέον η καλωδίωση είναι δύσκολη, αν όχι αδύνατη.
- Μεγαλύτερη ευελιξία – δεν υπάρχει πλέον η ανάγκη για την μεταφορά των συνδέσεων του τοπικού δικτύου όταν διαμορφώνονται ξανά χώροι όπως γραφεία ή αίθουσες.
- Εύκολη εγκατάσταση δικτυακών συνδέσεων σε μέρη τα οποία χρησιμοποιούνται προσωρινά.
- Εύκολη πρόσβαση των φοιτητών και των υπαλλήλων σε δικτυακές συσκευές όπως εκτυπωτές, σαρωτές και εξυπηρετητές.

7.2 Μειονεκτήματα των ασύρματων τοπικών δικτύων

Κάθε τεχνολογία έχει και τα μειονεκτήματα της και τα ασύρματα τοπικά δίκτυα δεν αποτελούν εξαίρεση. Πολλές από τις ευκολίες που προσφέρουν έχουν σαν συνέπεια κάποιες αδυναμίες, οι κυριότερες από τις οποίες είναι:

- Το μέσο στην ασύρματη μετάδοση είναι κοινόχρηστο και half-duplex. Τα σημερινά ασύρματα τοπικά δίκτυα λειτουργούν παρόμοια με τα παλιά δίκτυα τεχνολογίας Ethernet. Μόνο ένας σταθμός εργασίας μπορεί να μεταδίδει κάθε στιγμή δεδομένα. Το γεγονός αυτό καθιστά το δίκτυο ευάλωτο σε ένα φαινόμενο

γνωστό ως “slamming” δηλαδή την απασχόληση του δικτύου για πολλή ώρα από έναν μόνο σταθμό (εάν π.χ αυτός ο σταθμός μεταφέρει ένα πολύ μεγάλο αρχείο). Τα ασύρματα δίκτυα τύπου Dual-Band περιορίζουν αυτό το πρόβλημα επιτρέποντας σε δεδομένα τύπου streaming και δεδομένα τύπου μεταφοράς αρχείων να διαχωρίζονται σε διαφορετικές συχνότητες.

- Ένα ασύρματο δίκτυο έχει σημαντικά χαμηλότερο bandwidth από τα σημερινά δίκτυα καλωδίων. Οι πιο πολλές εταιρείες και ακαδημαϊκά ιδρύματα έχουν εγκαταστήσει δίκτυα μεταγωγής ταχυτήτων 100mbps στους σταθμούς εργασίας και 100mbps ή 1000mbps στον κορμό του δικτύου και στους εξυπηρετητές. Το να υπερφορτώσει κανείς τέτοια δίκτυα (ειδικά μόνο ένας υπολογιστής) είναι εξαιρετικά δύσκολο. Ένα ασύρματο δίκτυο τεχνολογίας 802.11b μπορεί να εξασφαλίσει ταχύτητα 11mbps σε έναν μόνο σταθμό εργασίας κάθε φορά. Το αντίστοιχο σε ασύρματα δίκτυα τεχνολογίας 802.11a ή 802.11g είναι 54mbps (σε έναν μόνο σταθμό εργασίας κάθε φορά). Επιπλέον η επιβάρυνση του δικτύου από τα πρωτόκολλα ασύρματης διασύνδεσης, διαχείρισης και αποφυγής συγκρούσεων τυπικά μειώνει το χρήσιμο bandwidth στο 45-50%. Έτσι το ωφέλιμο bandwidth στα δίκτυα 802.11b είναι περί τα 6mbps ενώ στα 802.11a και 802.11g περί τα 25mbps.
- Τα ασύρματα δίκτυα είναι ευάλωτα σε παρεμβολές. Εάν ένας ισχυρός αναμεταδότης, που λειτουργεί στην ίδια ραδιοσυχνότητα με ένα ασύρματο δίκτυο, βρίσκεται κοντά στο δίκτυο τότε το δίκτυο μπορεί να καταστεί άχρηστο. Αυτό φυσικά μπορεί να γίνει και με κακόβουλη πρόθεση από κάποιον ο οποίος θέλει να εξαπολύσει μια επίθεση προς το δίκτυο.
- Τα ασύρματα δίκτυα είναι ευάλωτα σε επιθέσεις. Από τη στιγμή που το ασύρματο μέσο είναι κοινόχρηστο, όλοι οι ασύρματοι σταθμοί εργασίας μπορούν να «δουν» όλη την κίνηση που διασχίζει το μέσο ακριβώς με τον ίδιο τρόπο που ισχύει στους διασυνδεδεμένους με καλώδιο σε ένα hub σταθμούς εργασίας σε ένα Ethernet δίκτυο. Εάν δεν ληφθούν κάποια μέτρα για την προστασία των δεδομένων που μεταδίδονται στο μέσο τότε αυτά μπορούν να διαβαστούν από εξωτερικούς ή εσωτερικούς κακόβουλους χρήστες. Μια πολιτική ασφαλείας είναι απαραίτητη σε κάθε εγκατάσταση ασύρματου δικτύου.
- Τα ασύρματα δίκτυα δεν είναι ασφαλή εξ’ ορισμού. Πρέπει να ληφθεί υπόψη η ασφάλιση του δικτύου σε πολλά επίπεδα συμπεριλαμβανομένων του ποιος έχει πρόσβαση στο μέσο καθώς και της παράνομης υποκλοπής δεδομένων. Τεχνολογίες όπως το WPA έχουν μειώσει σημαντικά τους κινδύνους τέτοιων δικτύων.

7.3 Χρήσεις των ασύρματων τοπικών δικτύων

Δεδομένων των πλεονεκτημάτων των ασύρματων δικτύων μπορεί κανείς να σκεφτεί πολλές χρήσεις για μια εγκατάσταση ασύρματου δικτύου. Οι πιο τυπικές από αυτές είναι:

- Πρόσβαση σε e-mail.
- Πρόσβαση σε ημερολόγιο και κοινόχρηστες επαφές μέσω κατάλληλων προγραμμάτων (π.χ Lotus Notes).
- Ανταλλαγή άμεσων μηνυμάτων.
- Πρόσβαση σε web sites.
- Εφαρμογές υποστήριξης συνεργασίας με χαμηλές απαιτήσεις σε bandwidth (π.χ ένα κείμενο word το οποίο συζητείται σε ένα δωμάτιο σύσκεψης).

Σε αντιδιαστολή , οι παρακάτω εφαρμογές τυπικά είναι ακατάλληλες για ένα ασύρματο δίκτυο. Αυτό δεν σημαίνει ότι δεν μπορούν να δουλέψουν σε ένα ασύρματο δίκτυο , απλά τυπικά η απόδοσή τους σε ένα ασύρματο δίκτυο είναι φτωχή:

- Εφαρμογές streaming πολυμέσων (έχουν την τάση να υπερφορτώνουν το μέσο. Π.χ το 802.11b μπορεί να χειριστεί τρεις ασυμπιεστές streaming ροές φωνής ενώ οι ροές video υπερφορτώνουν το μέσο).
- Εργασίες με μεγάλα αρχεία καθώς η μεταφορά μεγάλων αρχείων τείνει να μονοπωλεί το μέσο από τον σταθμό που μεταφέρει το αρχείο.
- Εφαρμογές που χρειάζονται υψηλή ποιότητα στις υπηρεσίες (QoS).

Σε γενικές γραμμές οι εφαρμογές με χαμηλές απαιτήσεις σε bandwidth και οι οποίες μεταδίδουν σε κάποιες στιγμές δεδομένα (όχι όλη την ώρα - bursty εφαρμογές) είναι πιο κατάλληλες για ένα ασύρματο δίκτυο από τις εφαρμογές με υψηλές απαιτήσεις σε bandwidth οι οποίες έχουν την μορφή ροής (stream) στην μετάδοσης των δεδομένων.