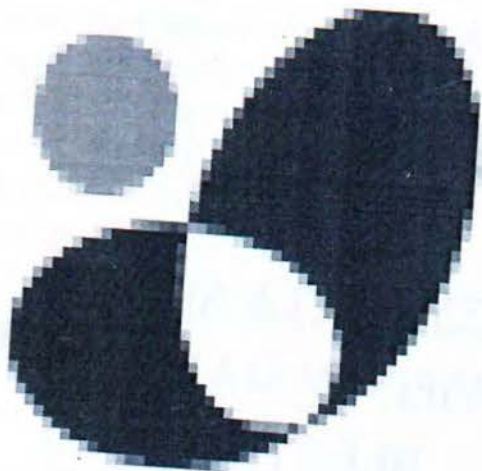




®
SI
AY



WIMAX



ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ
ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΑΣΥΡΜΑΤΑ ΔΙΚΤΥΑ

**LMDS – WiFi – WiMAX – HiperLAN –
BLUETOOTH**

ΠΑΛΕΣΣΑΣ ΔΗΜΗΤΡΗΣ

ΑΜ 29959

ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2011

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ.....	2
----------------------------	---

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 – ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΩΝ ΑΣΥΡΜΑΤΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ

1.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΩΝ ΑΣΥΡΜΑΤΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ.....	10
1.2. ΧΡΗΣΗ ΑΣΥΡΜΑΤΩΝ ΤΟΠΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ.....	12
1.2.1. ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΑΣΥΡΜΑΤΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ.....	13
1.3. ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΣΤΟ ΠΑΡΕΛΘΟΝ.....	13
1.4. ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟ ΚΑΘΕΣΤΩΣ ΑΣΥΡΜΑΤΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	14
1.4.1. ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΩΝ 2.4 GHz.....	15
1.4.2. ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΩΝ 5 GHz.....	15
1.5. ΒΑΣΙΚΕΣ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΠΡΟΤΥΠΩΝ ΑΣΥΡΜΑΤΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ.....	16
1.6. ΒΑΣΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ WLAN.....	17

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 – ΑΣΥΡΜΑΤΑ ΔΙΚΤΥΑ HIPERLAN

2.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟ ΠΡΟΤΥΠΟ HIPERLAN.....	19
2.2. ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΤΟΥ HIPERLAN	19
2.2.1. HIPERLAN ΤΥΠΟΣ 1 (HIPERLAN/1).....	19
2.2.2. HIPERLAN ΤΥΠΟΣ 2 (HIPERLAN/2).....	20
2.3. ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΔΙΚΤΥΩΝ HIPERLAN.....	20
2.4. ΑΝΤΙΛΟΓΟΣ ΚΑΙ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΕΙΣ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ.....	21

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 – ΑΣΥΡΜΑΤΑ ΔΙΚΤΥΑ BLUETOOTH

3.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ BLUETOOTH.....	22
3.1.1. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΦΟΡΑ ΤΗΣ ΟΝΟΜΑΣΙΑΣ BLUETOOTH.....	22
3.1.2. ΤΡΟΠΟΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΣΥΣΚΕΥΩΝ.....	23
3.2. ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΤΡΟΠΟΥ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΠΡΟΤΥΠΟΥ.....	24
3.3. ΤΑ ΘΕΤΙΚΑ ΜΙΑΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ ΜΕ BLUETOOTH.....	25
3.3.1. ΦΤΗΝΑ MICROCHIP.....	26
3.3.2. ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΣΥΝΟΜΙΛΙΕΣ.....	26
3.3.3. ΦΩΝΗ, ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΚΑΙ ΗΧΟΣ.....	26
3.3.4. ΑΠΟΦΥΓΗ ΠΑΡΕΜΒΟΛΩΝ.....	26

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ
ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 – ΑΣΥΡΜΑΤΑ ΔΙΚΤΥΑ LMDS

4.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΑ ΔΙΚΤΥΑ LMDS.....	28
4.2. ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ LMDS.....	28
4.3. ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΧΡΗΣΗΣ ΜΙΑΣ ΤΕΤΟΙΑΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ.....	31
4.3.1. ΕΥΚΟΛΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ.....	31
4.3.2. ΑΠΛΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ.....	31
4.3.3. ΧΑΜΗΛΟΤΕΡΟ ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΙ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΕΞΟΔΩΝ.....	32
4.3.4. ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑ ΚΑΙ ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΤΗΤΑ.....	32
4.3.5. ΑΜΕΣΗ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΒΛΑΒΩΝ.....	32
4.3.6. ΕΥΚΟΛΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΚΑΙ ΕΠΕΚΤΑΣΗ.....	32
4.4. ΤΡΟΠΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ LMDS.....	33
4.5. ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ.....	34
4.6. ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ LMDS.....	34
4.7. ΤΑ ΚΥΡΙΑΡΧΑ ΤΜΗΜΑΤΑ ΤΟΥ LMDS.....	34
4.7.1. ΚΕΝΤΡΟ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΔΙΚΤΥΟΥ (NOC).....	34
4.7.2. ΥΠΟΔΟΜΗ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ.....	34
4.7.3. ΣΤΑΘΜΟΣ ΒΑΣΗΣ.....	37
4.7.3.1. ΨΗΦΙΑΚΗ ΣΥΜΠΙΕΣΗ ΣΗΜΑΤΟΣ.....	37
4.7.3.2. ΕΝΣΥΡΜΑΤΕΣ ΚΑΙ ΑΣΥΡΜΑΤΕΣ ΔΙΕΠΑΦΕΣ.....	37
4.7.3.3. ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΚΑΙ ΑΠΟΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ.....	38
4.7.4. ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΠΕΛΑΤΗ (CPE).....	38
4.7.4.1. ΣΥΝΔΕΣΗ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ ΠΕΛΑΤΗ ΜΕ ΔΙΚΤΥΟ.....	39
4.8. ΑΔΕΙΟΔΟΤΗΣΗ ΓΙΑ ΤΟ LMDS.....	39
4.9. ΤΟ LMDS ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	39
4.10. LMDS ΚΑΙ ΥΓΕΙΑ.....	40
4.11. ΧΡΗΣΕΙΣ ΤΟΥ LMDS.....	40

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 – ΑΣΥΡΜΑΤΑ ΔΙΚΤΥΑ WiFi (802.11)

5.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΑ ΔΙΚΤΥΑ WiFi.....	42
5.2. ΟΙ ΒΑΣΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ ΤΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ WiFi.....	43
5.3. ΔΟΜΗ ΤΩΝ ΑΣΥΡΜΑΤΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ WiFi.....	45
5.3.1. ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ ΦΑΣΜΑΤΟΣ.....	45
5.3.2. ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΠΡΟΤΥΠΩΝ WiFi (802.11).....	46
5.3.2.1. IEEE 802.11.....	46
5.3.2.2. IEEE 802.11a.....	47
5.3.2.4. IEEE 802.11b.....	47
5.3.2.4. IEEE 802.11c.....	47
5.3.2.5. IEEE 802.11d.....	47
5.3.2.6. IEEE 802.11e.....	48
5.3.2.7. IEEE 802.11f.....	48
5.3.2.8. IEEE 802.11g.....	48
5.3.2.9. IEEE 802.11h.....	48
5.3.2.10. IEEE 802.11i.....	49
5.3.3. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΩΝ ΠΡΟΤΥΠΩΝ.....	49
5.3.4. ΕΜΒΕΛΕΙΑ ΑΣΥΡΜΑΤΩΝ ΠΡΟΤΥΠΩΝ.....	52

5.4. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΙΚΡΟΚΥΜΑΤΙΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ.....	52
5.5. ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΜΙΚΡΟΚΥΜΑΤΙΚΩΝ ΖΕΥΞΕΩΝ.....	53
5.5.1. ΟΡΙΑ ΙΣΧΥΟΣ Η/Μ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ.....	55
5.5.2. ΕΠΗΡΕΑΣΜΟΣ ΔΙΑΔΟΣΗΣ ΑΠΟ ΦΥΣΙΚΑ ΕΜΠΟΔΙΑ.....	57
5.6. ΤΥΠΟΙ ΣΥΣΚΕΥΩΝ ΓΙΑ WiFi ΔΙΚΤΥΩΣΗ.....	57
5.6.1. ΣΗΜΕΙΟ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ (AP/ACCESS POINT).....	58
5.6.1.1. ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΟΥ AP.....	59
5.6.1.2. ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΟΥ AP.....	59
5.6.2. ΑΣΥΡΜΑΤΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ.....	59
5.7. ΤΡΟΠΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΩΝ ΑΣΥΡΜΑΤΩΝ ΣΥΝΔΕΣΕΩΝ.....	59
5.7.1. ΤΟΠΟΛΟΓΙΑ IBSS ή Ad-HOC.....	60
5.7.2. ΤΟΠΟΛΟΓΙΑ INFRASTRUCTURE MODE.....	61
5.7.2.1. INFRASTRUCTURE BASIC SERVICE SET.....	61
5.7.2.2. ESS, EXTENDED SERVICE SET.....	63
5.7.2.3. ΑΛΛΟΙ ΤΡΟΠΟΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ.....	64
5.7.2.3.1. ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΗΣ (REPEATER).....	65
5.7.2.3.2. ΓΕΦΥΡΑ (BRIDGE).....	65
5.8. ΑΠΑΡΑΙΤΗΤΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΣΕ ΚΟΜΒΟ ΠΕΛΑΤΗ.....	67
5.8.1. ΜΕ ΑΣΥΡΜΑΤΗ ΚΑΡΤΑ ΔΙΚΤΥΟΥ.....	70
5.8.2. ΜΕ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΣΥΣΚΕΥΗ ΑΣΥΡΜΑΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ.....	71
5.9. ΑΣΥΡΜΑΤΕΣ ΚΑΡΤΕΣ ΔΙΚΤΥΟΥ.....	72
5.9.1. ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ PCMCIA ΚΑΡΤΑΣ ΣΕ WINXP.....	73
5.9.2. ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΑΣΥΡΜΑΤΗΣ ΚΑΡΤΑΣ.....	73
5.10. ΕΙΔΗ ΚΕΡΑΙΩΝ ΓΙΑ ΕΠΕΚΤΑΣΗ ΕΜΒΕΛΕΙΑΣ ΑΣΥΡΜ/ΔΙΚΤΥΟΥ.....	76
5.10.1. ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΚΕΡΑΙΩΝ.....	76
5.10.1.1. ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΓΙΑ ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΥΠΟΥ ΚΕΡΑΙΑΣ.....	77
5.10.1.1.1. ΚΑΤΕΥΘΥΝΤΙΚΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΕΙΔΟΣ ΚΕΡΑΙΑΣ.....	77
5.10.1.1.2. ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ.....	77
5.10.1.1.3. ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ.....	77
5.10.1.1.4. ΔΙΑΚΡΙΤΙΚΟΤΗΤΑ.....	78
5.10.1.1.5. ΚΟΣΤΟΣ.....	78
5.10.1.1.6. ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗ ΚΕΡΑΙΑΣ.....	78
5.10.2. Η ΚΑΤΕΥΘΥΝΤΙΚΗ ΚΕΡΑΙΑ (DIRECTIONAL).....	79
5.10.3. Η ΠΟΛΥΚΑΤΕΥΘΥΝΤΙΚΗ ΚΕΡΑΙΑ (OMNI).....	80
5.10.4. Η SECTOR ANTENNA.....	80
5.10.5. Η FLAT PANEL ANTENNA.....	81
5.10.6. ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗΣ ΚΑΛΥΨΗΣ ΤΩΝ ΚΕΡΑΙΩΝ.....	81
5.10.7. ΚΑΛΩΔΙΑ ΚΕΡΑΙΑΣ.....	83
5.10.8. PIG TAIL.....	84
5.11. ΣΥΣΚΕΥΕΣ ACCESS POINT (AP).....	85
5.11.1. ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΟΠΟΘΕΣΙΑΣ ΓΙΑ ΤΟ ACCESS POINT.....	86
5.11.2. ΟΔΗΓΙΕΣ ΓΙΑ ΣΩΣΤΗ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΤΟΥ AP.....	87
5.12. ΑΝΑΛΥΣΗ dB ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΙΣΧΥΟΣ.....	88
5.13. ΤΡΟΠΟΣ ΚΑΙ ΒΑΣΙΚΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΤΟΥ WiFi.....	92
5.13.1. ΑΥΘΕΝΤΙΚΟΠΟΙΗΣΗ.....	92
5.13.2. ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	93
5.13.3. ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ.....	93
5.13.4. ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	93
5.13.5. ΠΕΡΙΑΓΩΓΗ.....	94
5.13.6. ΠΡΟΣΒΑΣΗ ΣΤΟ ΜΕΣΟ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ(MAC).....	94
5.13.7. ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ ΛΑΘΩΝ.....	96
5.13.8. ΚΑΤΑΤΜΗΣΗ ΠΑΚΕΤΩΝ.....	96

5.13.9. ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΙΣΧΥΟΣ.....	96
5.13.10. ΡΑΔΙΟΜΕΤΑΔΟΣΗ.....	96
5.13.11. ΠΡΑΚΤΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ ΓΙΑ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ WiFi.....	102
5.13.12. ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΡΥΘΜΟΥ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ.....	102
5.13.13. ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ.....	103
5.14. ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ ΦΑΣΜΑΤΟΣ.....	104
5.14.1. ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ ΦΑΣΜΑΤΟΣ (SS).....	104
5.14.2. ΟΡΘΟΓΩΝΙΑ ΠΟΛΥΠΛΕΞΙΑ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ (OFDM).....	105
5.15. ΚΑΝΑΛΙΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ.....	106
5.15.1. ΑΔΕΙΟΔΟΤΗΣΗ.....	106
5.16. ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΑΣΥΡΜΑΤΩΝ ΤΟΠΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ.....	107
5.16.1. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟ.....	108
5.16.2. ΕΠΙΠΕΔΟ ΔΙΚΤΥΟΥ.....	108
5.16.3. ESSID.....	108
5.16.4. WEP (WIRED EQUIVALENT ENCRYPTION).....	109
5.16.4.1. WPA PROTECTED ACCESS.....	109
5.16.4.2. EAP (EXTENSIBLE AUTHENTICATION PROTOCOL).....	110
5.16.5. ΦΙΛΤΡΟ MAC ΔΙΕΥΘΥΝΣΕΩΝ.....	110
5.16.6. ΕΠΙΠΕΔΟ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ.....	110
5.16.7. ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΧΡΗΣΤΗ.....	111
5.16.8. ΚΡΥΠΤΟΓΡΑΦΗΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	112
5.17. ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗ ΣΥΝΕΙΔΗΣΗ ΚΑΙ ΣΤΙΣ ΡΑΔΙΟ ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ.....	113
5.17.1. ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗ ΣΥΝΕΙΔΗΣΗ ΣΤΙΣ ΡΑΔΙΟΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ.....	113
5.17.2. ΡΥΘΙΑΣΗ ΤΟΥ ΡΑΔΙΟΦΑΣΜΑΤΟΣ.....	114
5.17.3. ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΕΣ ΠΡΑΚΤΙΚΕΣ.....	115
5.17.4. ΧΡΗΣΗ ΠΟΙΟΤΙΚΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ.....	116
5.17.5. ΧΡΗΣΗ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΥ ΠΡΟΤΥΠΟΥ.....	116
5.17.6. ΚΑΝΑΛΙ ΕΚΠΟΜΠΗΣ.....	117
5.17.7. ΙΣΧΥΣ ΕΚΠΟΜΠΗΣ.....	117
5.17.8. ΚΕΡΑΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ.....	117
5.18. ΘΕΜΑΤΑ ΥΓΕΙΑΣ.....	118
5.18.1. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	119
5.19. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΑΣΥΡΜΑΤΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ.....	119
5.19.1. HOT SPOTS.....	119
5.19.2. ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΑ.....	120
5.19.3. ΧΩΡΟΙ ΨΥΧΑΓΩΓΙΑΣ.....	121
5.19.4. ΞΕΝΟΔΟΧΕΙΑΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ.....	121
5.19.5. ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΑ ΙΔΡΥΜΑΤΑ.....	121
5.19.6. ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΑ.....	122
5.19.7. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	122
5.19.8. ΟΙΚΙΑΚΗ ΔΙΚΤΥΩΣΗ.....	124
5.19.9. ΑΛΛΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ.....	125
5.19.10. ΑΓΟΡΑ ΚΙΝΗΤΩΝ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ.....	126
5.20. ΡΔΑ Η ΕΠΑΝΑΣΤΑΣΗ ΣΤΗΝ ΦΟΡΗΤΟΤΗΤΑ.....	127
5.20.1. ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΑΣΥΡΜΑΤΗΣ ΣΥΝΔΕΣΗΣ.....	128
5.20.2. ΑΣΥΡΜΑΤΗ ΣΥΝΔΕΣΗ ΜΕ PALM OS.....	128
5.21. ΕΛΛΗΝΙΚΕΣ ΚΟΙΝΟΤΗΤΕΣ WiFi.....	130

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 – ΑΣΥΡΜΑΤΑ ΔΙΚΤΥΑ WiMAX (802.16)

6.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΑ ΔΙΚΤΥΑ WiMAX.....	131
6.2. Η ΑΝΑΓΚΗ ΓΙΑ ΜΙΑ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΗ ΜΟΡΦΗ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ.....	132
6.3. Η ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΣΥΜΒΑΤΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ PSTN.....	133
6.3.1. ΜΕΤΑΓΩΓΗ.....	133
6.3.2. ΜΕΤΑΦΟΡΑ.....	133
6.3.3. ΠΡΟΣΒΑΣΗ.....	134
6.4. ΑΝΤΙΚΑΘΙΣΤΩΝΤΑΣ ΤΟ PSTN.....	134
6.5. ΔΟΜΗ ΕΝΟΣ ΔΙΚΤΥΟΥ WiMAX.....	135
6.5.1. ΦΥΣΙΚΟ ΣΤΡΩΜΑ (PHYSICAL LAYER).....	138
6.5.1.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	138
6.5.1.2. Η ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΣΤΡΩΜΑΤΟΣ.....	139
6.5.1.2.1. OFDM.....	140
6.5.1.2.2. TDD ΚΑΙ FDD.....	140
6.5.1.3. ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΡΟΣΑΡΜΟΖΟΜΕΝΩΝ ΚΕΡΑΙΩΝ (AAS).....	141
6.5.1.4. ΠΑΡΑΛΛΑΓΕΣ ΤΟΥ WiMAX.....	142
6.5.1.4.1. OFDM ΠΑΡΑΛΛΑΓΕΣ 2-11 GHz.....	142
6.5.1.4.1.1. WirelessMAN – OFDM.....	143
6.5.1.4.1.2. WirelessMAN – OFDMA.....	144
6.5.1.4.1.3. WirelessHUMAN (WIRELESS HIGH SPEED MAN).....	145
6.5.1.4.1.4. WirelessMAN – SC 10-66 GHz.....	145
6.5.1.4.1.5. WirelessMAN – SCa 2-11 GHz.....	149
6.5.1.5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ ΓΙΑ ΤΟ ΦΥΣΙΚΟ ΣΤΡΩΜΑ.....	150
6.5.2. ΤΟ ΣΤΡΩΜΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ ΣΤΟ ΜΕΣΟ (MAC).....	150
6.5.2.1. Η ΣΧΕΣΗ ΤΟΥ MAC ΜΕ ΤΟ ΦΥΣΙΚΟ ΣΤΡΩΜΑ (PHY).....	150
6.5.2.2. ΤΟ MAC ΚΑΙ Η ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΟΥ WiMAX.....	151
6.5.2.3. ΤΑΞΕΙΣ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ ΚΑΙ QOS.....	152
6.5.2.4. ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ ΣΥΓΚΛΙΣΗΣ ΕΙΔΙΚΩΝ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ.....	154
6.5.2.5. ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ ΚΟΙΝΟΥ ΜΕΡΟΥΣ (CPS).....	154
6.5.2.5.1. ΜΟΡΦΕΣ MAC PDU.....	154
6.5.2.5.2. ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΤΩΝ MAC PDU ΚΑΙ SDU.....	155
6.5.2.5.3. ΠΑΚΕΤΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΤΜΗΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗ (PAF).....	156
6.5.2.5.4. ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ PDU ΚΑΙ ARQ.....	157
6.5.2.5.5. ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ ΕΠΙΠΕΔΟΥ PHY Κ ΔΟΜΗ ΠΛΑΙΣΙΟΥ.....	157
6.5.2.6. ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ ΣΥΓΚΛΙΣΗΣ ΕΚΠΟΜΠΗΣ (TC).....	158
6.6. ΤΡΟΠΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ WiMAX.....	159
6.6.1. ΑΠΟΚΤΗΣΗ ΚΑΝΑΛΙΟΥ.....	159
6.6.2. ΑΡΧΙΚΗ ΕΥΡΕΣΗ ΕΜΒΕΛΕΙΑΣ Κ ΔΙΑΠΡΑΓΜΑΤΕΥΣΗ ΜΕ SS.....	159
6.6.3. ΑΥΘΕΝΤΙΚΟΠΟΙΗΣΗ SS ΚΑΙ ΚΑΤΑΧΩΡΗΣΗ.....	160
6.6.4. ΣΥΝΔΕΤΙΚΟΤΗΤΑ IP.....	161
6.6.5. ΑΡΧΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΣΥΝΔΕΣΗΣ.....	162
6.6.6. RADIO LINK CONTROL (RLC).....	162
6.6.7. UL (ΑΝΟΔΙΚΗ ΖΕΥΞΗ).....	164
6.6.8. ΡΟΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑΣ (SERVICE FLOW).....	164
6.6.9. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ.....	166
6.7. ΕΝΣΤΑΣΕΙΣ ΣΤΑ ΑΣΥΡΜΑΤΑ ΔΙΚΤΥΑ.....	167
6.7.1. ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΥΠΗΡΕΣΙΑΣ (QOS) ΣΤΟ WiMAX.....	167
6.7.1.1. ΓΕΝΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ.....	168
6.7.1.2. Η ΠΡΟΚΛΗΣΗ.....	168
6.7.1.3. ΣΥΜΒΑΤΙΚΟΙ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ QOS.....	169

6.7.1.3.1. FDD/TDD/OFDM.....	169
6.7.1.3.2. FORWARD ERROR CORRECTION (FEC).....	170
6.7.1.4. Ο ΡΟΛΟΣ ΤΟΥ ΕΥΡΟΥΣ ΖΩΝΗΣ ΓΙΑ QOS ΣΤΟ WiMAX.....	171
6.7.1.4.1. ΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΕΚΧΩΡΗΣΕΙΣ ΕΥΡΟΥΣ ΖΩΝΗΣ.....	171
6.7.1.4.2. FFT (FAST FOURIER TRANSFORM).....	175
6.7.1.4.3. QPSK ENANTION QAM.....	176
6.7.1.4.4. ΠΟΛΥΠΛΕΞΙΑ ΜΕ OFDM.....	178
6.7.1.4.5. Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΟΥ OFDM ΣΤΟ WiMAX.....	179
6.7.1.4.6. QOS: ΔΙΟΡΘΩΣΗ ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΔΙΕΜΠΛΟΚΗ.....	180
6.7.1.5. ΜΕΤΡΑ QOS ΒΑΣΗ ΤΩΝ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΩΝ ΤΟΥ WiMAX.....	180
6.7.1.5.1. ΘΕΩΡΙΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ.....	180
6.7.1.5.2. ΡΟΕΣ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ.....	181
6.7.1.5.3. ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΥ.....	182
6.7.1.5.4. ΤΑΞΕΙΣ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ.....	183
6.7.1.5.5. ΕΞΟΥΣΙΟΔΟΤΗΣΗ.....	184
6.7.1.5.6. ΕΙΔΗ ΡΟΩΝ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ.....	185
6.7.1.5.7. ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΡΟΗΣ ΥΠΗΡΕΣΙΑΣ.....	187
6.7.1.6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ.....	187
6.7.2. ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΣΤΑ ΔΙΚΤΥΑ 802.16 WiMAX.....	188
6.7.2.1. ΤΟ ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ.....	188
6.7.2.2. Η ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΣΤΟ WiMAX.....	188
6.7.2.3. ΚΡΥΠΤΟΓΡΑΦΗΣΗ ΠΑΚΕΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	189
6.7.2.4. ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΛΕΙΔΙΩΝ.....	189
6.7.2.5. ΣΥΣΧΕΤΙΣΕΙΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ.....	191
6.7.2.5.1. ΤΟ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ PKM.....	192
6.7.2.6. ΚΡΥΠΤΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	194
6.7.2.7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ.....	195
6.7.3. ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΩΝ ΠΑΡΕΜΒΟΛΩΝ ΣΤΟ WiMAX.....	196
6.7.3.1. ΠΑΡΕΜΒΟΛΕΣ – ΜΕΡΙΚΕΣ ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ.....	196
6.7.3.2. ΟΡΙΣΜΟΣ ΠΑΡΕΜΒΟΛΩΝ.....	196
6.7.3.3. ΜΟΡΦΕΣ ΠΑΡΕΜΒΟΛΩΝ.....	198
6.7.3.4. ΑΝΤΙΜΕΤΡΑ ΠΑΡΕΜΒΟΛΩΝ.....	200
6.7.3.4.1. ΑΛΛΑΓΗ ΚΑΝΑΛΙΩΝ ΣΤΙΣ ΖΩΝΕΣ ISM / U-NII.....	200
6.7.3.4.2. Η ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΗΣ ΑΠΟΣΤΑΣΗΣ.....	201
6.7.3.4.3. ΤΕΧΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΙΣΧΥΟΣ.....	202
6.7.3.4.4. ΕΣΩΤΕΡΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ ΠΑΡΕΜΒΟΛΩΝ (CoCh).....	202
6.7.3.4.5. ΠΟΛΥ-ΟΔΙΚΗ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ ΚΑΙ ΕΞΑΣΘΕΝΗΣΗ.....	202
6.7.3.5. OFDM ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΠΑΡΕΜΒΟΛΩΝ.....	203
6.7.3.5.1. ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ ΠΟΛΥ-ΟΔΙΚΗΣ ΔΙΑΔΟΣΗΣ.....	203
6.7.3.5.2. ΧΕΙΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΠΑΡΕΜΒΟΛΩΝ ISI.....	205
6.7.3.6. ΜΕΙΩΣΗ ΠΑΡΕΜΒΟΛΩΝ ΜΕ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΕΡΑΙΩΝ.....	205
6.7.3.6.1. ΠΟΛΛΑΠΛΕΣ ΚΕΡΑΙΕΣ: AAS.....	206
6.7.3.6.2. ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΟΣΑΡΜΟΣΤΙΚΩΝ ΚΕΡΑΙΩΝ (AA).....	207
6.7.3.7. ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΕΠΙΛΟΓΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ.....	209
6.7.4. ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ WiMAX.....	210
6.7.5. ΤΟ WiMAX ΜΙΑ ΔΙΑΣΠΑΣΤΙΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ.....	212
6.7.5.1. ΤΟ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑ ΤΟΥ WiMAX.....	213
6.7.5.2. ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΤΩΝ ΑΣΥΡΜΑΤΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ.....	213
6.7.5.3. ΚΑΛΥΤΕΡΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΖΩΗΣ ΜΕ ΤΑ ΑΣΥΡΜΑΤΑ ΔΙΚΤΥΑ.....	213
6.7.5.4. ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΗ ΣΤΗΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ Τ/Ε.....	214
6.7.5.5. ΣΑΝ ΔΙΑΣΠΑΣΤΙΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ.....	215
6.7.5.6. ΔΙΑΤΑΡΑΞΗ ΣΤΙΣ ΤΗΛΕΦΩΝΙΚΕΣ ΕΤΑΙΡΙΕΣ.....	216

6.7.5.7. Πως ΘΑ ΔΙΑΣΠΑΣΕΙ ΤΗΝ Τ/Φ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ.....	217
6.7.5.7.1. ΦΘΗΝΟΤΕΡΟ.....	217
6.7.5.7.2. ΑΠΛΟΥΣΤΕΡΟ.....	217
6.7.5.7.3. ΜΙΚΡΟΤΕΡΟ.....	218
6.7.5.7.4. ΠΙΟ ΒΟΛΙΚΟ ΣΤΗ ΧΡΗΣΗ.....	218
6.7.5.7.5. ΒΟΗΘΑ ΣΤΗΝ ΑΠΟΔΟΜΗΣΗ.....	218
6.7.5.8. ΔΙΑΤΑΡΑΞΗ ΣΤΙΣ ΕΤΑΙΡΙΕΣ ΚΑΛΩΔΙΑΚΗΣ/ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΗΣ.....	219
6.7.5.9. ΔΙΑΤΑΡΑΞΗ ΣΤΙΣ ΕΤΑΙΡΙΕΣ ΚΙΝΗΤΗΣ ΤΗΛΕΦΩΝΙΑΣ.....	219
6.7.5.10. ΔΙΑΤΑΡΑΞΗ ΣΤΗΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ BACKHAUL.....	219
6.7.5.11. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ.....	220
6.7.6. ΤΟ WiMAX ΠΟΛΙΟΡΚΕΙ ΤΟ 3G.....	220
6.7.7. MOBILE WiMAX.....	221
6.7.7.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	221
6.7.7.2. ΥΨΗΛΟΙ ΡΥΘΜΟΙ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ.....	222
6.7.7.3. QUALITY OF SERVICE.....	222
6.7.7.4. ΠΡΟΣΑΡΜΟΣΤΙΚΟΤΗΤΑ (SCALABILITY).....	222
6.7.7.5. ΑΣΦΑΛΕΙΑ.....	222
6.7.7.6. ΚΙΝΗΤΙΚΟΤΗΤΑ.....	223
6.7.7.7. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ MOBILE WiMAX.....	223
6.7.7.8. ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ.....	224
6.7.7.8.1. ΥΨΗΛΟΙ ΡΥΘΜΟΙ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ.....	225
6.7.7.8.2. QUALITY OF SERVICE.....	225
6.7.7.8.3. ΠΡΟΣΑΡΜΟΣΤΙΚΟΤΗΤΑ.....	225
6.7.7.9. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ.....	227
6.7.8. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΟΥ WiMAX.....	227
6.7.9. ΤΟ WiMAX ΣΤΟ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟ.....	229
6.7.10.ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	230
6.7.11. ΤΟ ΜΕΓΑΛΟ ΣΤΟΙΧΗΜΑ ΤΟΥ WiMAX.....	233

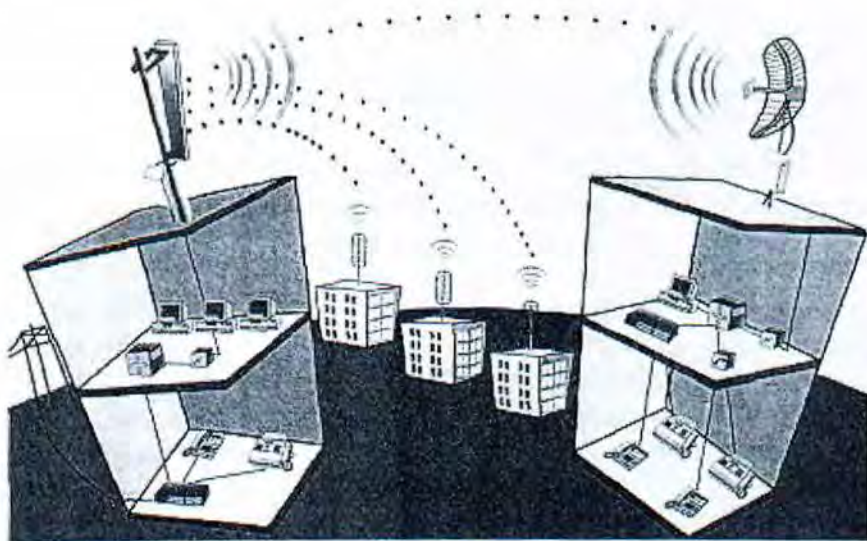
Εισαγωγή

1.1. Ιστορία των ασύρματων δικτύων

Στο μάθημα της μετάδοσης δεδομένων και δικτύων υπολογιστών μαθαίνουμε ότι "τηλεπικοινωνία είναι η επικοινωνία μεταξύ ανθρώπων (ή και μηχανών) που βρίσκονται σε απόσταση μεταξύ τους και συνίσταται στη μετάδοση πληροφοριών που επιτυγχάνει ένας πομπός προς έναν δέκτη". Από τα αρχαία χρόνια οι άνθρωποι έβρισκαν τρόπους να επικοινωνούν από απόσταση. Ξεκινώντας από τους αγγελιοφόρους, δρομείς δηλαδή, που έκαναν τη μεταφορά προφορικών και γραπτών μηνυμάτων, περνώντας στις φρυκτωρίες που ήταν ένα σύστημα μεταβίβασης φωτεινών σημάτων με διαδοχικό άναμμα φωτιάς στις κορυφές βουνών και που χρησιμοποιήθηκαν για στρατιωτικούς κυρίως σκοπούς από την εποχή του τρωικού πόλεμου έως τους βυζαντινούς χρόνους από τους Έλληνες, και στις πυρσίδες που ήταν ο πρώτος οπτικός τηλεγράφος που αναφέρεται στην ιστορία, μέχρι τα ταχυδρομικά περιστέρια και τα τύμπανα των αφρικανικών φυλών και τα σήματα καπνού των ινδιάνων, φτάσαμε τελικά στο πρώτο πραγματικά ασύρματο τρόπο επικοινωνίας σύμφωνα με τον ορισμό που χρησιμοποιούμε και σήμερα. Ήταν ο ασύρματος του Μαρκόνι ο οποίος άρχισε να πειραματίζεται με τον ηλεκτρομαγνητισμό το 1894 και πέτυχε την πρώτη μετάδοση μηνύματος χωρίς την χρήση συρμάτων. Αυτή του η εφεύρεση χρησιμοποιήθηκε στα πλοία και χρησιμοποιούταν ακόμα και πριν από λίγα χρόνια. Συχνά δε τον ασυρματιστή του πλοίου τον αποκαλούσαν μαρκόνι. Τον περασμένο αιώνα έγινε ένα μεγάλο άλμα τις τηλεπικοινωνίες. Κι αυτό έγινε με τη χρήση δορυφόρων που επέτρεψε με αυτό τον τρόπο την εύκολη διασύνδεση απομακρυσμένων περιοχών της υδρογείου και κατήργησε την ανάγκη χρήσης συρμάτινων αγωγών τεράστιου μήκους ή την χρήση πολλών και ισχυρών επίγειων αναμεταδοτών. Όσον αφορά την ιστορία ο πρώτος τηλεπικοινωνιακός δορυφόρος εκτοξεύτηκε από τη nasa στις 12 Αυγούστου 1960.

Με την δημιουργία λοιπόν των πρώτων δικτύων ηλεκτρονικών υπολογιστών, παράλληλα με τις μεθόδους που αναπτύχθηκαν για ενσύρματη σύνδεση των κόμβων, είχαμε και την προσπάθεια δημιουργίας ασύρματων τοπικών δικτύων που θα αποδέσμευε την επικοινωνία από τα ενσύρματα μέσα. Η ασύρματη επικοινωνία χρησιμοποιεί τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα τα οποία μεταδίδονται στη γήινη ατμόσφαιρα ή στο διάστημα έτσι για παράδειγμα τα ραδιοκύματα (με συχνότητες από 3KHz μέχρι 300MHz), χρησιμοποιούνται στα ασύρματα τηλέφωνα, στην κινητή τηλεφωνία, στη ραδιοεπικοινωνία, τη ραδιοφωνική και τηλεοπτική μετάδοση. Τα μικροκύματα (με συχνότητες από 300MHz μέχρι 300GHz)) χρησιμοποιούνται στη ραδιοφωνική και τηλεοπτική μετάδοση και σε διάφορες μικροκυματικές ζεύξεις. Ακόμα και υπέρυθρη ακτινοβολία χρησιμοποιείται για ψηφιακή επικοινωνία σε δίκτυα περιορισμένης γεωγραφικής εμβέλειας.

Σήμερα τα ασύρματα τοπικά δίκτυα υπολογιστών, υλοποιούνται βασισμένα στις προδιαγραφές που ορίζει η οικογένεια πρωτοκόλλων του IEEE 802.11 και που στην ουσία είναι τον πρότυπο Ethernet και το csma/ca, δηλαδή το πρωτόκολλο πολλαπλής πρόσβασης με ανίχνευση φέροντος και αποφυγή συγκρούσεων. Ενδεικτικά αναφέρουμε το 802.11b που είναι τεχνολογία ασύρματης μετάδοσης που επιτρέπει ταχύτητες μέχρι 11Mbps και το 802.11g που είναι τεχνολογία ασύρματης μετάδοσης που επιτρέπει ταχύτητες μέχρι 54Mbps. Η κάρτα δικτύου που χρησιμοποιείται στην υλοποίηση, κάνοντας χρήση της ασύρματης τεχνολογίας επιτυγχάνει την ίδια δικτύωση με μια κλασική κάρτα δικτύου, αλλά χωρίς καλώδια. Μια ειδική περίπτωση που μας ενδιαφέρει ιδιαίτερα, είναι το hotspot, το οποίο είναι το ασύρματο δίκτυο στο οποίο ο χρήστης μπορεί να έχει πρόσβαση στο internet.



Οι τεχνολογίες ασύρματης δικτύωσης τα τελευταία χρόνια έχουν γνωρίσει σημαντική εξέλιξη, καθώς από τα πλεονεκτήματά τους επωφελούνται τόσο οι παροχείς υπηρεσιών μετάδοσης δεδομένων, όσο και οι ιδιώτες ή οι απλοί χρήστες. Η ευκολία εγκατάστασης ενός ασύρματου δικτύου, οδήγησε στην ανάπτυξη σήμερα εκατομμυρίων δικτύων Wi-Fi σε ολόκληρο τον πλανήτη. Παρόλα αυτά, το Wi-Fi αντιμετωπίζει μειονεκτήματα που έρχεται να λύσει μια νέα τεχνολογία, η οποία ακούει στο όνομα WiMAX.

Κάνοντας μια ανασκόπηση του τρόπου με τον οποίο η συντριπτική πλειοψηφία των σημερινών χρηστών πλοηγείται στο διαδίκτυο, μάλλον η πιο συνηθισμένη εικόνα που σχηματίζει κανείς στο μυαλό του είναι αυτή των καλωδίων που απαιτούνται για τη σύνδεση του ηλεκτρονικού υπολογιστή με κάποιο modem ή router. Η πρόσβαση στο Internet μέσω ενσύρματων δικτύων μπορεί να παρουσιάζει σαν πλεονέκτημα την υψηλή σταθερότητα της σύνδεσης, ωστόσο περιορίζει σημαντικά την ευελιξία του χρήστη, ο οποίος θα πρέπει να βρίσκεται σε ένα σταθερό σημείο προκειμένου να χρησιμοποιήσει τις υπηρεσίες του διαδικτύου.

Το 2003 η IEEE υιοθέτησε το πρότυπο 802.16 γνωστό και σαν WiMAX, ώστε να ικανοποιήσει τις απαιτήσεις για ασύρματη πρόσβαση (με σταθερούς ρυθμούς) ευρείας ζώνης. Όπως συμβαίνει με τα πρότυπα της σειράς 802 για ασύρματα τοπικά δίκτυα, έτσι και το 802.16 καθορίζει μια οικογένεια προτύπων με επιλογές για συγκεκριμένες ρυθμίσεις.

Το πρότυπο αυτό σχεδιάστηκε ώστε να λειτουργεί σε μια ευρεία μπάντα συχνοτήτων η οποία εκτείνεται από 2 ως 66 GHz. Υποστηρίζει ταχύτητες μετάδοσης ως και 72 Mbps στον αέρα ενώ η πραγματική ταχύτητα στο Ethernet υπολογίζεται στα 50 Mbps. Οι αποστάσεις που μπορεί να καλυφθούν ξεπερνούν τα 50 Km σε συνθήκες οπτικής επαφής. Μια σημαντική διαφορά του προτύπου IEEE 802.16 (WiMAX) σε σχέση με το IEEE 802.11 (WiFi) είναι ότι το πρώτο μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε συνθήκες μη οπτικής επαφής φυσικά με ρυθμούς μετάδοσης πολύ χαμηλότερους των 50 Mbps.

1.2. Χρήση ασυρμάτων τοπικών δικτύων

Ενδεικτικά, τα ασύρματα δίκτυα μπορούν να χρησιμοποιηθούν μέσα στο χώρο μιας επιχείρησης, μιας σχολικής μονάδας, μιας δημόσιας υπηρεσίας, κ.λ.π., για:

- Επικοινωνία των υπολογιστών χωρίς τη χρήση και το κόστος της δομημένης καλωδίωσης
- Επέκταση του ήδη υπάρχοντος δικτύου με αμελητέο κόστος και υποδομή
- Χρήση ασύρματης τηλεφωνίας μέσα από το ήδη υπάρχον ασύρματο δίκτυο
- Επισκόπηση χωρών χρησιμοποιώντας ασύρματες κάμερες
- Ως hotspot. Το hotspot είναι ένα ασύρματο σημείο πρόσβασης στο internet. Στην πραγματικότητα, δεν είναι απλώς ένα σημείο, αλλά μια περιοχή η οποία καλύπτεται από συσκευές που επιτρέπουν και διαχειρίζονται την ασύρματη πρόσβαση των χρηστών στο internet. Ένα hotspot μπορεί να έχει εμβέλεια από μερικά μέτρα και να φτάσει ακόμη και το ένα χιλιόμετρο κάλυψης, αν αυτό είναι επιθυμητό. Ένας χρήστης, εκμεταλλευόμενος τις δυνατότητες που του παρέχει η ασύρματη σύνδεση του με το hotspot, είναι σε θέση να πραγματοποιήσει στον υπολογιστή του οποιαδήποτε εργασία έχει σχέση με το internet σαν να ήταν στο σπίτι του ή στο γραφείο του. Αυτό σημαίνει ότι ο χρήστης του hotspot μπορεί να το χρησιμοποιήσει για τις ακόλουθες εργασίες:
 - Πλοήγηση στο Διαδίκτυο (web surfing)
 - Ανταλλαγή αρχείων και online επικοινωνία μεταξύ των χρηστών
 - Πρόσβαση σε εφαρμογές πολυμεσικού περιεχομένου (multimedia), για τη λήψη εικόνων, διαδραστικού βίντεο και μουσικής
 - Λήψη ενημερωτικού ή εκπαιδευτικού περιεχομένου

Ειδικά στα πλαίσια της εργασίας, σκοπεύουμε να εκμεταλλευτούμε όλες αυτές τις δυνατότητες σε εφαρμογές τηλε-εκπαίδευσης και online επικοινωνίας

1.2.1. Πλεονεκτήματα από τη χρήση ασυρμάτων τοπικών δικτύων

Τα ασύρματα δίκτυα έχουν φέρει αλλαγή στον τρόπο επικοινωνίας των υπολογιστών, αλλά και των χρηστών τους. Με την αύξηση του αριθμού των συσκευών που αλληλεπιδρούν με τους υπολογιστές τα ασύρματα δίκτυα μπορούν να προσφέρουν λύσεις, οι οποίες θα βελτιώσουν την επικοινωνία και θα αυξήσουν την αποδοτικότητα π.χ. σε ένα εργασιακό χώρο όπως μια εταιρεία, μια τράπεζα αλλά και μια σχολική μονάδα ή σε ένα νοσοκομείο. Με τη χρήση των ασύρματων δικτύων η επικοινωνία γίνεται πιο άμεση, το δίκτυο παρέχει κάλυψη χωρίς περιορισμούς και η επέκτασή του γίνεται πολύ πιο εύκολα και με αμελητέο κόστος.

Ο εξοπλισμός που χρησιμοποιείται είναι εντελώς ακίνδυνος για τον ανθρώπινο οργανισμό. Η ακτινοβολία είναι μη ιονίζουσα και τα επίπεδα ακτινοβολίας είναι πολύ πιο χαμηλά από τα επιτρεπτά για τον ανθρώπινο οργανισμό όρια. Αρκεί να αναφέρουμε ότι μια ασύρματη κάρτα δικτύου (802.11b) ακτινοβολεί ισχύ 50 - 100 mwatt, ενώ ένα κινητό τηλέφωνο φτάνει και τα 2000 mwatt. Επιπλέον, τα ασύρματα δίκτυα προσφέρουν διασύνδεση τοπικών δικτύων μεταξύ τους, όπως των καταστημάτων της επιχείρησης ή των εργαστηρίων ενός σχολικού εργαστηριακού κέντρου, επιτρέποντας τα ακόλουθα:

- Επικοινωνία των υπολογιστών συνολικά και ανεξάρτητα από την τοποθεσία
- Φωνητική επικοινωνία μεταξύ των δικτύων χωρίς κόστος
- Μείωση των τηλεπικοινωνιακών εξόδων με το μοίρασμα μιας σύνδεσης με το Διαδίκτυο προς όλα τα υποδίκτυα
- Ακόμα και επισκόπηση χώρων χρησιμοποιώντας ασύρματες κάμερες

1.3. Αναδρομή στο παρελθόν

Τα τελευταία χρόνια γνώρισε σημαντική απήχηση σε παγκόσμια κλίμακα μια εξελιγμένη τεχνολογία ασύρματης δικτύωσης, το Wi-Fi, το οποίο απλοποιεί τις διαδικασίες σύνδεσης ενός χρήστη με το Internet. Το Wi-Fi όμως, αν και αρκετά απλό στη χρήση, δεν έφερε την πραγματική επανάσταση, που όλοι περίμεναν και αυτό οφείλεται κατά κύριο λόγο στην περιορισμένη εμβέλεια της κάλυψής του. Στην πραγματικότητα η εν λόγω τεχνολογία αξιοποιήθηκε κυρίως για σύνδεση ηλεκτρονικών υπολογιστών και δρομολογητών (routers) σε οικιακούς ή εταιρικούς χώρους και όχι για την παροχή υπηρεσιών πρόσβασης στο Internet σε μια γεωγραφικά εκτεταμένη περιοχή. Με την εμβέλειά του να περιορίζεται στα 100 μέτρα, δεν θα μπορούσε φυσικά να περιμένει κανείς κάτι διαφορετικό.

Το μειονέκτημα της περιορισμένης εμβέλειας του Wi-Fi άφησε σαν μοναδική λύση για τους χρήστες που επιθυμούν μόνιμη πρόσβαση στο διαδίκτυο εν κινήσει, τη χρήση των τεχνολογιών GPRS και 3G, μέσω των GSM και UMTS δικτύων κινητής τηλεφωνίας. Οι εν λόγω τεχνολογίες προσφέρουν μεν σταθερή σύνδεση σε κάθε σημείο όπου υπάρχει κάλυψη σήματος από το

δίκτυο, κάτι που πρακτικά σημαίνει ότι ο συνδρομητής μπορεί να πλοηγείται στα web sites που τον ενδιαφέρουν, να «κατεβάζει» τα e-mail του και να χρησιμοποιεί οποιαδήποτε άλλη υπηρεσία του Internet ακόμη και στη διάρκεια ενός ταξιδιού από τη μία άκρη μιας χώρας στην άλλη, χωρίς καμία σχεδόν διακοπή της σύνδεσης.

Όμως τόσο το GPRS όσο και το 3G διαθέτουν ένα σημαντικό μειονέκτημα, που κράτησε μειωμένη τη συνδρομητική βάση: τις υψηλές χρεώσεις. Παρόλο που ο χρήστης είναι σε συνεχή σύνδεση με το Internet, χωρίς να υφίσταται χρονοχρέωση, η κοστολόγηση της πρόσβασης γίνεται σύμφωνα με τον όγκο των διακινούμενων δεδομένων. Ενδεικτικά στη χώρα μας, 1 MB δεδομένων που στέλνει ή λαμβάνει ο συνδρομητής GPRS/3G φθάνει να κοστολογείται μέχρι και 5 ευρώ, κάτι που καθιστά απαγορευτική τη χρήση της υπηρεσίας ακόμη και για πλοήγηση σε web sites λίγα λεπτά καθημερινά.

Έτσι λοιπόν φτάνοντας στο σήμερα όλα τα σύγχρονα Ασύρματα Τοπικά Δίκτυα (Wireless Local Area Networks – WLANs) αποτελούν επεκτάσεις ή ανταγωνιστική τεχνολογία των σταθερών τοπικών δικτύων σε κτίρια ή περιοχές μικρού εύρους. Πολλαπλά φέροντα πολυπλέκονται με βάση κυρίως την τεχνική διάχυτου φάσματος (spread-spectrum), η οποία καταναλώνει μεγαλύτερο εύρος ζώνης σε σχέση με ανταγωνιστικές τεχνολογίες, εντούτοις προσφέρει υψηλές ταχύτητες. Τα συγκριτικά πλεονεκτήματα των Wireless LAN είναι:

- η ευκολία και ταχύτητα εγκατάστασης και λειτουργίας,
- το χαμηλό λειτουργικό κόστος και κόστος εξάπλωσης,
- οι υψηλοί ρυθμοί μετάδοσης και λήψης δεδομένων,
- οι μεγάλες δυνατότητες κλιμάκωσης.

1.4. Υφιστάμενο καθεστώς για τα ασύρματα τοπικά δίκτυα (WLAN) στην Ελλάδα

Έτσι λοιπόν ως Σταθερή Ασύρματη Πρόσβαση (ΣΑΠ), ορίζεται η εφαρμογή της ασύρματης πρόσβασης στην οποία η τοποθεσία του τερματισμού του χρήστη καθώς και του σημείου πρόσβασης του δημόσιου τηλεπικοινωνιακού δικτύου όπου συνδέεται και ο χρήστης, είναι σταθερά, με χρήση αποκλειστικά και μόνο ραδιοσυχνοτήτων όπου έχουν εκχωρηθεί ειδικά για το σκοπό αυτό.

Δεδομένου του καθορισμού των ζωνών Σταθερής Ασύρματης Πρόσβασης με Υπουργική Απόφαση στα 3,6 και 26GHz και της χορήγησης των σχετικών αδειών με τη διαδικασία της δημοπρασίας το Δεκέμβριο του 2000, δεν έχει επιτραπεί μέχρι σήμερα η χρήση των 2,4GHz για την παροχή υπηρεσιών ΣΑΠ.

1.4.1. Περιοχή 2,4GHz

Δεν απαιτείται Εκχώρηση Ραδιοσυχνότητας για τη λειτουργία Σταθμών Ραδιοεπικοινωνιών, οι οποίοι πληρούν τις παρακάτω προϋποθέσεις (απόφαση ΕΕΤΤ 254/72, ΦΕΚ 895/Β/1672002/άρθρο 5):

1. Εκπέμπουν και λαμβάνουν στην περιοχή ραδιοσυχνοτήτων 2.400 - 2.483,5 MHz (ISM band).
2. Χρησιμοποιούν τεχνολογία διασποράς φάσματος (Spread Spectrum).
3. Είναι πλήρως συμβατοί με το εναρμονισμένο πρότυπο EN 300 328 του ETSI.

Χρειάζεται ειδική άδεια για παροχή τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών, με τη χρήση αυτής της συχνότητας σε τρίτους. Στον Κάτοχο της Άδειας, δίδεται το δικαίωμα παροχής Δημόσιων Κινητών Τηλεπικοινωνιακών Υπηρεσιών Ασύρματων Τοπικών Δικτύων σε δημόσιους χώρους (hotspots), με χρήση ραδιοεξοπλισμού συμβατού με το πρότυπο EN 300 328 του ETSI, που χρησιμοποιεί ραδιοσυχνότητες που βρίσκονται στη ζώνη 2.400-2.483,5MHz.

Ο κάτοχος της άδειας αποδέχεται ότι στους σταθμούς ραδιοεπικοινωνιών που εγκαθίστανται και οι οποίοι λειτουργούν στη ζώνη 2.400-2.483,5MHz για την παροχή Δημόσιων Κινητών Τηλεπικοινωνιακών Υπηρεσιών Ασύρματων Τοπικών Δικτύων, δεν παρέχεται προστασία από τυχόν παρεμβολές, ούτε επιτρέπεται οι σταθμοί αυτοί να προκαλούν επιζήμιες παρεμβολές σε άλλους σταθμούς ραδιοεπικοινωνίας. Τέλος, ο κάτοχος της Άδειας δεν επιτρέπεται να παρέχει υπηρεσίες Σταθερής Ασύρματης Πρόσβασης (δεν επιτρέπεται η ζεύξη σημείου προς σημείο) και δεν επιτρέπεται να αναπτύξει Δημόσιο Τηλεπικοινωνιακό Δίκτυο Κορμού, κάνοντας χρήση ραδιοσυχνοτήτων, που βρίσκονται στη ζώνη 2.400-2.483,5MHz.

1.4.2. Περιοχή 5GHz

Γενικά, για τις περιοχές 5.150-5.250, 5.250-5.350, 5.470-5.725MHz και 1 7,1 - 1 7,3GHz, (ΦΕΚ 979/Β11672003, παρ. 3/ιδ) επιτρέπεται χωρίς άδεια, η λειτουργία συσκευών μικρής εμβέλειας, οι οποίες είναι σύμφωνες με το Προεδρικό Διάταγμα 44/2002, τη Σύσταση ERC/REC 70-03 και τα Πρότυπα EN 3008361, 2, 3 και 4, για την υλοποίηση τοπικών ασύρματων δικτύων με πρωτόκολλο HIPERLAN, σε εσωτερικούς μόνο χώρους.

Στη ζώνη συχνοτήτων 5470 – 5725 MHz, επιτρέπεται η λειτουργία συσκευών που χρησιμοποιούνται για συστήματα ασύρματης πρόσβασης συμπεριλαμβανομένων των τοπικών δικτύων ραδιοεπικοινωνιών (WAS/RLAN) και είναι σύμφωνες με τις απαιτήσεις του Προεδρικού Διατάγματος 44/2002, τη Σύσταση ERC/REC 70-03 και τις διατάξεις της Απόφασης της Επιτροπής των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων 2005/513/ΕΚ. Η χρήση των συστημάτων αυτών επιτρέπεται σε εσωτερικούς ή /και εξωτερικούς χώρους.

Η δημιουργία τέτοιων δικτύων σε εξωτερικούς χώρους, επιτρέπεται πάντα μόνο μετά από άδεια της ΕΕΤΤ, η οποία χορηγείται ύστερα από σύμφωνη γνώμη του Υπουργείου Εθνικής Αμύνης. Παρομοίως, με την περιοχή των 2,4GHz, δεν επιτρέπονται ζεύξεις σημείου προς σημείο. Δοθέντος του γεγονότος ότι η εγκατάσταση δικτύων σε εξωτερικούς χώρους απαιτεί τη σύμφωνη γνώμη του ΓΕΕΘΑ, καθίσταται πολύ δύσκολη έως αδύνατη, η χορήγηση αδειών για παροχή υπηρεσιών στο κοινό, λόγω του ότι θα πρέπει οι παροχείς να καθορίζουν εκ των προτέρων και με την αίτηση τους, τους χώρους στους οποίους επιθυμούν να εγκαταστήσουν δίκτυα για την παροχή υπηρεσιών.

1.5. Βασικές κατηγορίες προτύπων στα Ασύρματα Τοπικά Δίκτυα

Υπάρχουν κάποιες βασικές κατηγορίες προτύπων για Ασύρματα Τοπικά Δίκτυα το **ETSI** (European Telecommunications Standards Institute) με το **HIPERLAN** (High Performance European Radio LAN), το **IEEE** (Institute of Electronic and Electrical Engineers) με το 802.11 WLAN (γνωστό και σαν **WiFi**) μαζί με το 802.16 WLAN (γνωστό και σαν **WiMAX**) και τέλος το διαδεδομένο πλέον σε όλους μας μέσω των κινητών συσκευών **Bluetooth**.

Στις σελίδες που έπεται να ακολουθήσουν θα αναπτύξω και εν μέρη θα δοκιμάσω να προσπαθήσω ν'αναλύσω τις σημαντικότερες τεχνολογίες ασύρματων τοπικών δικτύων δηλαδή **HIPERLAN**, **802.11**, **802.16**, **Bluetooth** καθώς και το βαθύτερα γνωστό στους κύκλους των μικρών/μεσαίων επιχειρήσεων **LMDS**.

Όλα αυτά τα πρότυπα καλύπτουν το φυσικό επίπεδο και το επίπεδο πρόσβασης στο μέσο (Medium Access Control - **MAC**) του μοντέλου αναφοράς κατά **OSI** (Open Systems Interconnection).

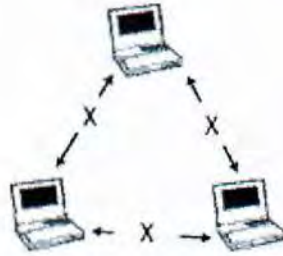
Μια τυπική διάταξη **WLAN** μπορεί να περιλαμβάνει – πλην των τερματικών σταθμών - ένα ή περισσότερα σημεία πρόσβασης (Access Points – **APs**), τα οποία μπορεί να διασυνδέονται για να παρέχουν μεγαλύτερη κάλυψη.

1.6. Βασικές Διατάξεις WLAN

Βάση αυτών διακρίνουμε τις ακόλουθες **Βασικές Διατάξεις WLAN**.

- **Η ανεξάρτητη διάταξη**, στην οποία οι χρήστες συνδέονται απευθείας μεταξύ τους, χωρίς τη διαμεσολάβηση AP (

- Σχήμα 1),



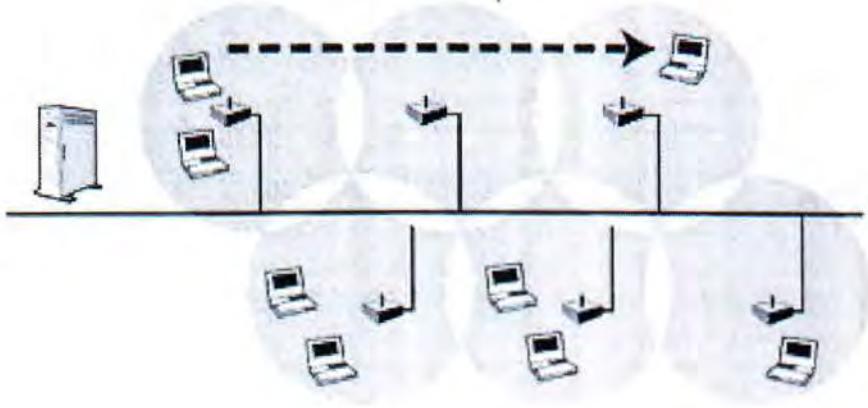
Σχήμα 1. Ανεξάρτητη διάταξη.

- **Η ανεξάρτητη διάταξη με μεσολάβηση AP ως επαναλήπτη** (Σχήμα 2), το οποίο αυξάνει την επιτρεπόμενη απόσταση των τερματικών,



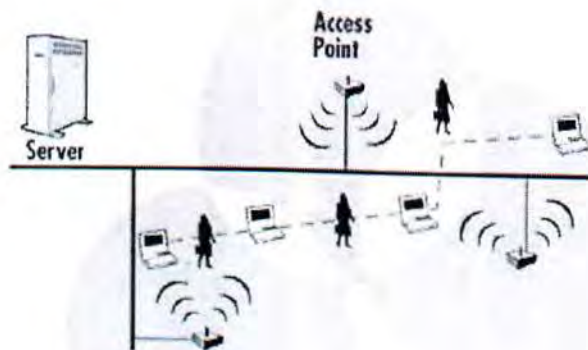
Σχήμα 2. Ανεξάρτητη διάταξη με χρήση AP ως επαναλήπτη.

- **WLAN με σταθερή υποδομή** (Σχήμα 3), όπου πολλαπλά APs συνδέονται με το σταθερό δίκτυο, αυξάνοντας την κάλυψη και την χωρητικότητα του δικτύου πρόσβασης,



Σχήμα 3. WLAN με σταθερή υποδομή.

- **Κυψελωτό WLAN** (Σχήμα 4), όπου οι κυψέλες κάλυψης των APs επικαλύπτονται, παρέχοντας δυνατότητες συνεχούς επικοινωνίας.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 – ΑΣΥΡΜΑΤΑ ΔΙΚΤΥΑ HIPERLAN

2.1. Εισαγωγή στο πρότυπο του *HIPERLAN*

Θα ξεκινήσω λοιπόν την αναφορά μου στα ασύρματα δίκτυα, με τις διάφορες κατηγορίες του *HIPERLAN* (High Performance Radio LAN). Αποτελεί ένα πρότυπο όπου αναπτύχθηκε στις ευρωπαϊκές χώρες ως υψηλής ταχύτητας WLAN και είναι παρόμοιο με το αμερικάνικο πρότυπο IEEE 802.11.

2.2. Κατηγορίες του *HIPERLAN*

Υπάρχουν δύο τύποι προδιαγραφών, το HiperLAN/1 και το HiperLAN/2 όπου και τα δύο πρότυπα αυτά έχουν υιοθετηθεί από το ETSI.

2.2.1. HIPERLAN / 1

- **HIPERLAN τύπος 1 (HIPERLAN/1)**

Το HiperLAN/1 αναπτύχθηκε το 1996 από το ETSI (European Telecoms Standardization Institute δηλαδή Ευρωπαϊκό Ινστιτούτο Τυποποίησης Τηλεπικοινωνιών) και αποτελεί μια εναλλακτική πρόταση WLAN όπου προσφέρει ταχύτητες δεδομένων μέχρι 20Mbps και αναφέρεται κυρίως σε ad-hoc δίκτυα χωρίς όμως να εγγυάται την ποιότητα υπηρεσιών.

Χρησιμοποιεί την 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. Το HIPERLAN/1 μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για την επέκταση των ενσύρματων τοπικών δικτύων και μπορεί να προσφέρει διασύνδεση που βασίζεται σε κατευθυνόμενη επικοινωνία του τύπου one-to-one ή σε μεταδόσεις του τύπου one-to-many. Ο ρυθμός μετάδοσης φτάνει τα 20Mbit/s, ενώ η μπάνα λειτουργίας βρίσκεται στα 5GHz.

2.2.2. HIPERLAN / 2

- **HIPERLAN τύπος 2 (HIPERLAN/2)**

Η ράδιο επαφή αυτή προορίζεται για να παρέχει ασύρματη πρόσβαση μικρής εμβέλειας (30m σε εσωτερικούς χώρους, έως και 150m σε εξωτερικούς) σε χρήστες ακίνητων ή κινούμενων τερματικών από τοπικό επίπεδο σε δίκτυα υποδομής IP, ATM και UMTS. Η επικοινωνία αυτή επιτυγχάνεται μέσω των σημείων πρόσβασης (Access Points) τα οποία είναι συνδεδεμένα απευθείας στο δίκτυο κορμού ενός δικτύου IP, Firewire, ATM ή UMTS.

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.

Πρόκειται για ένα πρότυπο τοπικού ασύρματου δικτύου το οποίο προορίζεται για τη δημιουργία υψηλών επιδόσεων ασύρματου δικτύου χωρίς την ύπαρξη ενσύρματης υποδομής. Πολλαπλά HIPERLAN μπορούν να συνυπάρξουν στην ίδια γεωγραφική περιοχή, χωρίς να επηρεάζονται μεταξύ τους.

2.3. Δυνατότητες δικτύων HiperLAN

Το HiperLAN/2 προσφέρει ταχύτητες δεδομένων μέχρι 54Mbps στην ίδια ζώνη ραδιοσυχνότητας, καθώς και καλύτερη ποιότητα υπηρεσιών. Το φυσικό μέσο μετάδοσης είναι το ίδιο με αυτό του 802.11a και το ETSI συνεργάστηκε με το IEEE για την ανάπτυξη του. Δεδομένου ότι ο χαμηλότερος ρυθμός μετάδοσης του 802.11a περιορίζει τη χρήση του, ειδικά στις εφαρμογές πολυμέσων, η υψηλότερη ταχύτητα του HiperLAN, αν και είναι πιθανόν να κοστίζει περισσότερο, αποτελεί μια αποτελεσματική εναλλακτική τεχνολογία για ορισμένες εφαρμογές WLAN, ιδιαίτερα αυτές που περιλαμβάνουν μετάδοση τηλεοπτικών εικόνων. Το HiperLAN είναι βασισμένο στην τεχνολογία ασύγχρονης μεταφοράς (ATM) και προσφέρει καλύτερη ποιότητα υπηρεσιών από τις αντίστοιχες του 802.11.

Τα δίκτυα HIPERLAN/2 έχουν δυνατότητες υποστήριξης μετά πομπών συνδέσεων μεταξύ των access points και των σταθμών βάσης των άλλων δικτύων 3^{ης} γενιάς. Επιπλέον, από την πλευρά του χρήστη, ένα τέτοιο δίκτυο, διαθέτοντας τους απαιτούμενους ρυθμούς μετάδοσης, θα πρέπει να παρέχει την ποιότητα υπηρεσίας (QoS) αντίστοιχης των δικτύων IP και ATM. Έτσι, στο HIPERLAN/2 υποστηρίζονται ρυθμοί μέχρι και 54Mbit/s, ενώ η μπάνα συχνοτήτων είναι η ίδια με αυτή του τύπου 1 (5GHz).

Οι ταχύτητες μετάδοσης του προτύπου αυτού εξαρτώνται από την ψηφιακή διαμόρφωση που χρησιμοποιείται και αυτή δεν είναι άλλη από την OFDM διαμόρφωση (όπως και το 802.11^{a/g}) που είναι ότι καλύτερο υπάρχει σήμερα στο χώρο των ασύρματων τοπικών δικτύων.

2.4. Ο αντίλογος καθώς και μια πρώτη γεύση των διαμορφώσεων (DSSS, FHSS και OFDM) που χρησιμοποιούνται.

Στο άλλο στρατόπεδο μόλις τον Ιούνιο του 1997, το **IEEE** (Institute of Electrical and Electronic Engineers) οριστικοποίησε το αρχικό πρότυπο ασύρματης τοπικής δικτύωσης το IEEE 802.11. Αυτό προέβλεπε λειτουργία στη ζώνη συχνοτήτων των 2.4GHz με ρυθμούς μετάδοσης 1 και 2Mbps. Η τεχνολογία που προέβλεπε ήταν **FHSS** (frequency hopping spread spectrum) ή **DSSS** (direct sequence spread spectrum). Οι DSSS, FHSS και OFDM είναι διαφορετικοί τρόποι να χωρίσει κανείς την μπάντα των 2.4GHz σε κανάλια.

Το DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum) συγκεντρώνει γειτονικές υπό-περιοχές συχνοτήτων σε ευρυζωνικά κανάλια (τα οποία αλληλοκαλύπτονται – overlap) ενώ το FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum) χρησιμοποιεί αυτές τις υπό-περιοχές ανεξάρτητα μεταπηδώντας από τη μία στην άλλη σε προκαθορισμένα χρονικά διαστήματα (frequency hopping).

Το SS (Spread Spectrum) αναφέρεται στην γενικότερη τεχνική της εξάπλωσης της ισχύος του σήματος σε μία ευρεία ζώνη για την απαλλαγή από διάφορες μορφές θορύβου ή παρεμβολών, συμπεριλαμβανομένου και του jamming.

Από την άλλη το OFDM είναι μέθοδος διαμόρφωσης SS η οποία μεταδίδει πολλαπλά σήματα ταυτόχρονα μέσα από ένα κοινό μονοπάτι μετάδοσης. Θα μπορούσαμε να πούμε ότι η OFDM διαμόρφωση είναι αρκετά πιο άπληστη σε φάσμα από ότι η DSSS, γι αυτό και αυξάνει την ταχύτητα του πρωτοκόλλου (802.11g Versus 802.11b) μεν, αλλά δημιουργεί πλείστα μύρια προβλήματα δε, τα οποία αν δεν αντιμετωπιστούν σωστά καθιστούν την δημιουργία ενός WLAN community πολύ δύσκολη υπόθεση.

Τόσο τα DSSS FHSS και OFDM αναφέρονται στο πρότυπο 802.11. Ωστόσο, είναι εντελώς ασύμβατα μεταξύ τους! Για αυτό πρέπει να εξασφαλιστεί ότι οι κάρτες που πρόκειται να επικοινωνούν μεταξύ τους χρησιμοποιούν την ίδια μέθοδο διαμόρφωσης..

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 – ΔΙΚΤΥΑ BLUETOOTH

3.1. Εισαγωγή στο Bluetooth

Ένα άλλο πρωτόκολλο ίσως και το γνωστότερο από όλα για τη ραδιο-επικοινωνία μεταξύ συσκευών σε μικρές αποστάσεις (της τάξης των 10m) είναι και το **Bluetooth**.



Τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα αναφορικά του προτύπου είναι η σταθερότητα, η μικρή πολυπλοκότητα, το χαμηλό κόστος και η χαμηλή κατανάλωση ενέργειας.

3.1.1. Ιστορική αναφορά της ονομασίας Bluetooth

Όταν στα τέλη της δεκαετίας του 1990 η Ericsson έθετε τις βάσεις για την ανάπτυξη της τεχνολογίας που θα επέτρεπε την ασύρματη σύνδεση ψηφιακών συσκευών, κλήθηκε να επιλέξει το όνομα, με το οποίο αυτή θα γίνονταν αργότερα γνωστή σε όλο τον κόσμο. Οι Σουηδοί ήταν βέβαιοι ότι η τεχνολογία τους θα κατακτήσει τον κόσμο και θα φέρει ακόμη πιο κοντά τους ανθρώπους και τις συσκευές τους. Οι Σκανδιναβοί πιστεύουν ότι κάτι ανάλογο έκανε και ο Δανός Βασιλιάς Harald Blatand (ή Bluetooth), που έζησε στα τέλη του 10ου αιώνα μ.Χ. κατακτώντας με τον άτρωτο στρατό του και τα ατρόμητα πλοία του πολλές χώρες, ενώ λέγεται ότι κατάφερε να ενώσει τη Δανία με τη Νορβηγία. Η ιστορία έχει ως εξής.

Στη Δανία από το 910 μ.Χ. ως το 940 μ.Χ. έζησε ο βασιλιάς Harald Blatand. Ο Blatand ήταν ο πρωτότοκος υιός του βασιλιά Gorm, που κυβερνούσε για πολλά έτη την Jutland, τη μεγαλύτερη χερσόνησο της Δανίας. Ο Harald έμαθε από μικρός να τιμά την οικογένειά του και να τιμά τις παραδόσεις των Βίκινγκς. Στην εποχή του, οι περισσότεροι Σκανδιναβοί ήταν αγρότες, ενώ οι φτωχότεροι και ασθενέστεροι υπηρετούσαν τους βασιλιάδες ως σκλάβοι. Σε αυτήν την κοινωνία μεγάλωσε ο Harald Blatand (Bluetooth), το όνομα του οποίου έχει τις ρίζες του σε 2 αρχαίες δανέζικες λέξεις: bla (που σημαίνει σκουρόδερμος) και tan που σημαίνει γενναίος άνδρας.

Το όνομα Bluetooth λοιπόν (ή Blataand στη γλώσσα των Βίκινγκς) δεν έχει καμία απολύτως σχέση με δόντια και μάλιστα μπλε. Το Blataand 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 ήταν εντελώς άγνωστη σε όλους πλην των ιστορικών ή των φανατικών της ιστορίας των Βίκινγκς, αν η Ericsson δεν είχε δώσει το όνομά του στο πρωτόκολλο ασύρματης επικοινωνίας που ανέπτυξε μαζί με άλλες μεγάλες εταιρείες του χώρου. Ο χώρος όμως της ασύρματης επικοινωνίας και των προτύπων τα οποία θα την καθορίζουν βρίσκεται εδώ και τρία περίπου χρόνια σε συνεχή ανάπτυξη.

3.1.2. Τρόποι επικοινωνίας ηλεκτρονικών συσκευών

Τον τελευταίο ενάμιση χρόνο ο χώρος της ασύρματης επικοινωνίας βρίσκεται σε αναβρασμό: Αναλυτές υποστηρίζουν πότε τη μία και πότε την άλλη τεχνολογία, κάποιες εταιρείες αλλάζουν στρατόπεδα ενώ άλλες εταιρείες 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 ως 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 (Infrared Data Association), το οποίο ούτως ή άλλως δεν αφορά ασύρματα δίκτυα αλλά ασύρματη επικοινωνία, δεν απαιτείται οπτική επαφή.

Η τέχνη λοιπόν της σύνδεσης ηλεκτρονικών συσκευών γίνεται ολοένα πιο σύνθετη κάθε μέρα. Όταν δύο συσκευές συνδέονται μεταξύ τους για αρχή θα πρέπει να "συμφωνήσουν" σε κάποια ερωτήματα πριν ακόμα αρχίσει η επικοινωνία τους. Το πρώτο ερώτημα είναι για τον τρόπο επικοινωνίας. Πιο συγκεκριμένα, θα επικοινωνήσουν χρησιμοποιώντας καλώδια ή με την βοήθεια κάποιας μορφής σημάτων? Αν χρησιμοποιηθούν καλώδια πόσα θα χρησιμοποιηθούν? 1,2 ή περισσότερα?

Μόλις λοιπόν αυτά τα ερωτήματα απαντηθούν, εμφανίζονται άλλα ερωτήματα! Πόσα δεδομένα θα στέλνονται κάθε φορά?

Για παράδειγμα οι σειριακές θύρες στέλνουν 1 bit κάθε φορά, ενώ οι παράλληλες πολλά ταυτόχρονα. Πως θα επικοινωνούν μεταξύ τους; Όλα τα μέρη σε μία ηλεκτρονική επικοινωνία πρέπει να γνωρίζουν κάθε bit που στέλνεται;

Πιο συγκεκριμένα θα πρέπει να δημιουργηθεί ένα σύνολο από εντολές και κανόνες επικοινωνίας (πρωτόκολλο επικοινωνίας), που θα γνωρίζουν οι δύο συσκευές;

"Στήνοντας" μια επικοινωνία μεταξύ διαφορετικών ηλεκτρονικών συσκευών πολύ συχνά απαιτεί πλήθος από καλώδια, συνδέσμους, κάρτες, κ.λ.π.

Σίγουρα καταλαβαίνουμε όλοι ότι χρειαζόμαστε ένα πιο απλό τρόπο επικοινωνίας ηλεκτρονικών συσκευών. Εδώ έρχεται η τεχνολογία Bluetooth και μας προσφέρει αυτό που ψάχνουμε. Το bluetooth είναι τεχνολογία που έχει

αναπτυχθεί από μια ομάδα κατασκευαστών και επιτρέπει την ασύρματη σύνδεση ηλεκτρονικών συσκευών, όπως για παράδειγμα Η/Υ, κινητά τηλέφωνα, πληκτρολόγια και άλλα, χωρίς καλώδια και πολύπλοκες ενέργειες του χρήστη.

3.2. Ανάλυση του τρόπου λειτουργίας του προτύπου.

Το πρότυπο λοιπόν Bluetooth που δημιουργήθηκε από τις Ericsson, IBM, Toshiba, Intel, Nokia και Motorola και υποστηρίζεται από άλλες 1.900 εταιρείες, είναι το de facto πρότυπο για μικρών επιδόσεων ασύρματη δικτύωση ηλεκτρονικών συσκευών (κινητά, PDA, PC, εκτυπωτές, fax, modem, πληκτρολόγια κτλ.) 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 ως 1 Mbps ενώ είναι δυνατή και η ταυτόχρονη μεταφορά ήχου.

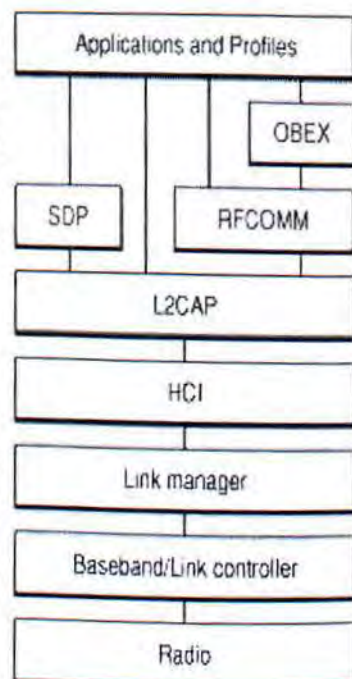


Το **Bluetooth** (802.15) όπως είπα λειτουργεί μέσα στην ελεύθερη μπάντα των **2.4GHz** και για να καταφέρει να καταστήσει τη ράδιο - επαφή αξιόπιστη, χρησιμοποιεί την τεχνική μεταπήδησης συχνότητας (frequency-hopping) σύμφωνα με την οποία ο κάθε πομποδέκτης αλλάζει συχνότητα μετά την αποστολή/λήψη ενός πακέτου δεδομένων αποφεύγοντας έτσι τα παράσιτα.

Η στοιβακή πρωτοκόλλων περιλαμβάνει το επίπεδο ράδιο-επαφής, το οποίο αποτελεί τη δι επαφή φυσικής σύνδεσης, το επίπεδο βασικής ζώνης (baseband) και το πρωτόκολλο διαχείρισης ζεύξης (Link Management Protocol - LMP), για την εγκαθίδρυση και τον έλεγχο των ζεύξεων ανάμεσα σε

συσκευές Bluetooth, τα οποία υλοποιούνται σε hardware/firmware.

Το επίπεδο ελεγκτή κόμβου (Host Controller Layer – HCL) προσαρμόζει το Bluetooth hardware στις απαιτήσεις του επιπέδου L2CAP (Logical Link Layer Control and Adaptation Protocol), το οποίο είναι υπεύθυνο για πολυπλεξία, τμηματοποίηση και επανασύνδεση (segmentation & reassembly) και παροχή κατάλληλης ποιότητας υπηρεσίας. Οι εφαρμογές μπορούν να τρέχουν κατευθείαν πάνω από το L2CAP ή μέσω πρωτοκόλλων υποστήριξης.



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 (1.600 εναλλαγές ανά δευτερόλεπτο σε 79 κανάλια) επιτρέπει σε περισσότερα από 1 δίκτυα να συνυπάρχουν στον ίδιο χώρο. Η ελάχιστη απόσταση ανάμεσα στον πομπό και στον 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, ως το τέλος του 2001 το 80% των κινητών τηλεφώνων θα το ενσωματώνει και η επικράτησή του θεωρείται δεδομένη. Εταιρείες όπως η Palm και η Microsoft έχουν ήδη ανακοινώσει υποστήριξη του Bluetooth στα μελλοντικά προϊόντα τους.

Το bluetooth δημιουργεί μια δικτυακή επικοινωνία και παρέχει αυτόματα

Τις συμφωνίες για τα μέσα επικοινωνίας (**physical level**). Χρησιμοποιεί ραδιοσυχνότητες για την επίτευξη της επικοινωνίας.

Τις συμφωνίες για τον τρόπο επικοινωνίας (**protocol level**). Πόσα δεδομένα θα στέλνονται από την μια συσκευή στην άλλη, πότε θα στέλνονται και πως θα καταλαβαίνουν οι συσκευές ότι το σήμα που λαμβάνουν είναι από την συσκευή που επικοινωνούν.

3.3. Τα θετικά μιας επικοινωνίας με Bluetooth είναι

- Ασύρματη επικοινωνία.
- Φτηνή (Φτηνά microchip).
- Αυτόματη.
- Αποφυγή παρεμβολών.

Η δικτυακή επικοινωνία με Bluetooth επιτυγχάνεται αποστέλλοντας δεδομένα με ραδιοκύματα. Χρησιμοποιεί τις συχνότητες μεταξύ 2.402 Ghz και 2.408 Ghz. Αυτό έχει καθοριστεί από τη διεθνή συμφωνία για την λειτουργία των βιομηχανικών, επιστημονικών και ιατρικών συσκευών.

Το bluetooth δεν μπερδεύεται με αυτές τις συσκευές γιατί στέλνει πολύ ασθενή σήματα, γι' αυτό και η επικοινωνία δεν μπορεί να επιτευχθεί σε μια απόσταση παραπάνω από 15 μέτρα περίπου. Η σύνδεση δεν απαιτεί να "βλέπει" η μία συσκευή την άλλη, όπως γίνεται με τις υπέρυθρες, ακόμα και ένας τοίχος αν χωρίζει τις συσκευές η επικοινωνία είναι εφικτή.

3.3.1. Φτηνά microchip

Κάθε κινητό τηλέφωνο που υποστηρίζει την τεχνολογία Bluetooth περιέχει ένα μικροσκοπικό φτηνό radio chip, το οποίο έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε να στέλνει δεδομένα μέσω μιας συγκεκριμένης ραδιοσυχνότητας σε ένα άλλο chip Bluetooth. Το chip του δέκτη, είτε πρόκειται για ηλεκτρονικό υπολογιστή είτε για κινητό τηλέφωνο είτε για άλλη συσκευή, μεταδίδει στη συνέχεια τα δεδομένα στη συσκευή λήψης.

Τα chip κατασκευάζονται εύκολα και η συνολική διαδικασία παραγωγής τους απαιτεί την κατανάλωση μικρής ποσότητας ενέργειας. Δεν είναι, λοιπόν, παράξενο το γεγονός ότι η τεχνολογία Bluetooth έχει εξελιχθεί σε πρότυπο στον τομέα των ασύρματων εφαρμογών.

Με την τεχνολογία Bluetooth η επικοινωνία γίνεται μέσω ραδιοκυμάτων σε συχνότητα 2,45 gigahertz περίπου. Αυτή τη ζώνη συχνοτήτων χρησιμοποιούν επίσης πολλές βιομηχανικές και ιατρικές συσκευές, καθώς και ορισμένες οικιακές συσκευές, όπως η συσκευή που ανοίγει την πόρτα του γκαράζ και η συσκευή ακρόασης δωματίου για μωρά.

3.3.2. Ηλεκτρονικές συνομιλίες

Όταν δύο συσκευές με Bluetooth βρίσκονται εντός εμβέλειας, πραγματοποιείται μια σύντομη ηλεκτρονική συνομιλία. Οι συσκευές αποφασίζουν εάν πρέπει ή δεν πρέπει να ανταλλάξουν δεδομένα. Εάν η απόφαση είναι θετική, σχηματίζουν ένα μικρό δίκτυο – εμείς συνήθως δεν χρειάζεται να κάνετε τίποτα. Αυτό συμβαίνει όταν χρησιμοποιείτε ένα ακουστικό ή ένα car kit της Nokia με δυνατότητα Bluetooth.

Όταν, όμως, στέλνετε δεδομένα από ένα κινητό τηλέφωνο σε ένα άλλο, τα πράγματα είναι λίγο διαφορετικά. Το πρόσωπο που δέχεται τα δεδομένα πρέπει να αποδεχτεί τη μεταφορά και ίσως χρειαστεί κωδικός πρόσβασης. Τα μέτρα αυτά λαμβάνονται για λόγους προστασίας του απορρήτου και ασφάλειας.

3.3.3. Φωνή, δεδομένα και ήχος

Οι συσκευές Bluetooth δεν ανταλλάσσουν μόνο μικρά πακέτα δεδομένων. Η τεχνολογία Bluetooth υποστηρίζει επίσης συνδέσεις φωνής και ήχου (άλλωστε πρόκειται για ραδιοκύματα).

3.3.4. Αποφυγή παρεμβολών

Ας υποθέσουμε ότι σε ένα δωμάτιο του σπιτιού σας έχετε ένα στερεοφωνικό σύστημα που χρησιμοποιεί τεχνολογία Bluetooth αντί για καλώδια, ένα νέο μοντέλο ασύρματου τηλεφώνου, μια συσκευή ακρόασης δωματίου για το μωρό, το κινητό σας τηλέφωνο και έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή. Γιατί δεν υπάρχουν παρεμβολές μεταξύ των συσκευών;

Πρόκειται για ένα από τα μεγαλύτερα πλεονεκτήματα της τεχνολογίας Bluetooth. Αναφέρθηκε προηγουμένως ότι λειτουργεί σε συχνότητα 2,45 GHz, αλλά ουσιαστικά χρησιμοποιεί τις συχνότητες από 2,40 έως 2,48 gigahertz. Σε αυτήν τη ζώνη υπάρχουν 79 κανάλια ραδιοσυχνότητας και μια συσκευή με Bluetooth μετακινείται τυχαία μεταξύ αυτών των 79 καναλιών 1.600 φορές ανά δευτερόλεπτο!

Όταν δύο ή περισσότερες συσκευές είναι συνδεδεμένες, μετακινούνται συγχρονισμένα. Εάν δύο διαφορετικές "συνομιλίες" συμπέσουν στο ίδιο κανάλι ραδιοσυχνότητας, ο χρόνος παρεμβολής είναι τόσο μικρός που δεν δημιουργεί κανένα απολύτως πρόβλημα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 – ΔΙΚΤΥΑ LMDS

4.1. Εισαγωγή ..στην εναλλακτική πρόταση ασυρμάτων δικτύων που φέρει το όνομα LMDS

Καθώς οι τεχνολογίες για υπηρεσίες LAN και WAN ευρείας ζώνης συνεχίζουν να εξελίσσονται με ταχύτατους ρυθμούς, ο αριθμός των εναλλακτικών προτάσεων και λύσεων συνεχίζει να αυξάνεται. Ενώ έως τώρα η προσοχή της αγοράς είχε επικεντρωθεί στις τεχνολογίες για καλωδιακά modem και x-DSL, η άφιξη των τεχνολογιών LMDS δηλώνει ότι το αποτέλεσμα της διαμάχης γύρω από τις υπηρεσίες και τα προϊόντα για ευρυζωνική πρόσβαση κάθε άλλο παρά έχει αποκρυσταλλωθεί.

4.2. Ανάπτυξη και ανάλυση της ασύρματης τεχνολογίας LMDS

Τι είναι το LMDS;

Ο απλός καταναλωτής είναι γεγονός ότι ίσως δεν έχει ξανακούσει τη λέξη LMDS, ή στην καλύτερη περίπτωση, ακόμη κι αν την έχει ακούσει, δεν γνωρίζει περί τίνος ακριβώς πρόκειται. Το γεγονός αυτό είναι απόλυτα δικαιολογημένο, καθώς, όπως ήδη αναφέρθηκε πιο πριν, το LMDS δεν απευθύνεται τόσο στον ιδιώτη, όσο στις μικρές, μεσαίες και μεγάλες επιχειρήσεις, ή σε οποιονδήποτε άλλο φορέα επιθυμεί να αποκτήσει πρόσβαση σε υπηρεσίες Internet, μετάδοσης δεδομένων, φωνής και εικόνας μέσα από μια ενιαία γραμμή.

Τα αρχικά του όρου LMDS προέρχονται από τις λέξεις Local Multipoint Distribution Service, οι οποίες σε ελεύθερη μετάφραση μπορούν να αποδοθούν ως «υπηρεσία τοπικής μετάδοσης προς πολλαπλά σημεία».

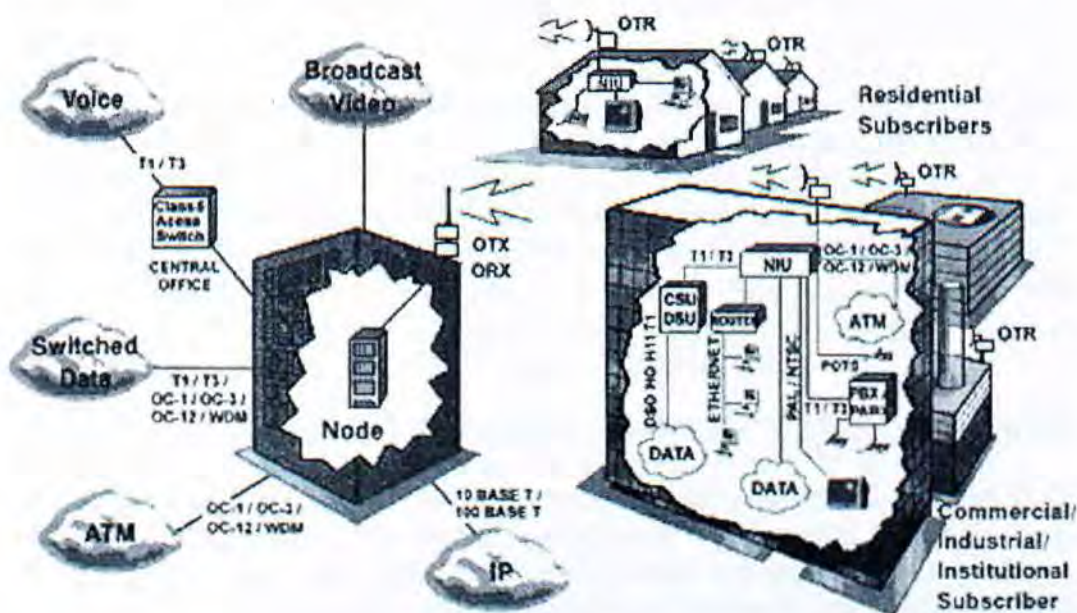
Το LMDS αποτελεί υπηρεσία ασύρματης παροχής υπηρεσιών με τη μέθοδο point to multipoint. Το τι σημαίνει ακριβώς αυτό, όπως και οι λοιπές λέξεις των αρχικών του, θα το εξετάσουμε εκτενώς στη συνέχεια.

Αρχικά το LMDS είχε σχεδιαστεί για την ασύρματη μετάδοση ψηφιακού τηλεοπτικού σήματος, προσφέροντας ποιότητα εικόνας και υπηρεσίες εφάμιλλες με αυτές ενός δορυφορικού τηλεοπτικού προγράμματος. Ωστόσο η χρήση του πολύ σύντομα επεκτάθηκε, προσφέροντας υπηρεσίες μετάδοσης όχι μόνο video, αλλά και φωνής και δεδομένων σε υψηλές ταχύτητες.

Το Local Multipoint Distribution System (LMDS), είναι η ευρυζωνική ασύρματη τεχνολογία, που χρησιμοποιείται για να μεταδώσει φωνή, δεδομένα/υπηρεσίες διαδικτύου και τηλεοπτικές υπηρεσίες στην περιοχή των 25GHz, καθώς και σε υψηλότερες συχνότητες. Ως αποτέλεσμα των χαρακτηριστικών διάδοσης του

σήματος, σε αυτό το φάσμα, το LMDS χρησιμοποιεί μια κυψελοειδή δικτυακή αρχιτεκτονική, αν και οι παρεχόμενες υπηρεσίες είναι σταθερές και όχι κινητές.

Είναι ένα σύστημα απευθείας μικροκυματικής μετάδοσης από μια τοπική κεραία στο σπίτι ή την επιχείρηση, εντός της ακτίνας οπτικής επαφής, αποτελώντας έτσι μια λύση στο αποκαλούμενο "πρόβλημα του τελευταίου μιλίου", προσφέροντας οικονομικές υπηρεσίες ευρείας ζώνης στους τελικούς χρήστες.



Το LMDS αποτελεί εναλλακτική λύση στην εγκατάσταση οπτικής ίνας για προσφορά ευρυζωνικών υπηρεσιών (όπου η δυνατότητα αυτή δεν υφίσταται αυτή την στιγμή δυστυχώς στην Ελλάδα).

Έτσι λοιπόν ανάλογα με την υλοποίηση, το **LMDS** προσφέρει ταχύτητες μέχρι 1.5Gbps προς το χρήστη (downstream) και 200Mbps από το χρήστη προς το δίκτυο (upstream), ωστόσο, μια πιο τυπική τιμή μετάδοσης δεδομένων αποτελεί η τιμή των 38 Mbps προς τον χρήστη. Το κόστος του LMDS θεωρείται πολύ χαμηλότερο από αυτό της εγκατάστασης οπτικών ινών ή της αναβάθμισης των συστημάτων καλωδιακής τηλεόρασης.

Μερικές υπηρεσίες **LMDS** προσφέρουν αμφίδρομη μετάδοση δεδομένων (symmetrical service) ενώ άλλες προσφέρουν μετάδοση μόνο προς τον χρήστη (asymmetrical service). Στην τελευταία αυτή περίπτωση η μετάδοση από τον χρήστη καλύπτεται με ενσύρματες συνδέσεις.

Επιπλέον των επενδύσεων που πρέπει να γίνουν από τους παροχείς υπηρεσιών τηλεπικοινωνίας για πομπούς, και οι χρήστες πρέπει να εγκαταστήσουν πομπούς που κοστίζουν από 150 έως 250 δολάρια. Όμως το κόστος για την εγκατάσταση **LMDS** είναι πολύ μικρότερο από αυτό που απαιτείται για την εγκατάσταση οπτικών ινών ή για την αναβάθμιση καλωδιακής τηλεόρασης.

Πιο συγκεκριμένα το σύστημα **LMDS** (Local Multipoint Distribution System), ανήκει στις τεχνολογίες πρόσβασης και βασίζεται στην μικροκυματική ασύρματη μετάδοση ευρείας ζώνης, από ένα σημείο προς πολλαπλά. Η μετάδοση γίνεται απευθείας από μία τοπική κεραιά προς οικίες και επιχειρήσεις που έχουν οπτική επαφή (line-of-sight) σε πεδίο συχνοτήτων άνω των 20 GHz(ανάλογα με τις άδειες που δίνονται σε κάθε χώρα). Η μετάδοση των δεδομένων γίνεται ασύρματα, ενώ οι σταθμοί είναι ακίνητοι σε αντίθεση με τις ασύρματες κινητές τεχνολογίες, όπου οι σταθμοί μπορούν να μετακινούνται.

Πρόκειται δηλαδή για μια πρόταση οικονομικής λύσης στο επονομαζόμενο πρόβλημα του «τελευταίου μιλίου» (last mile) φέρνοντας υπηρεσίες υψηλού εύρους ζώνης στον τελικό πελάτη. Το σύστημα είναι μια εναλλακτική λύση στην εγκατάσταση οπτικών ινών σε όλη τη διαδρομή μέχρι τον χρήστη ή στην προσαρμογή της καλωδιακής τηλεόρασης (cable TV) για παροχή υπηρεσιών ευρείας ζώνης.

Το ακρωνύμιο “**LMDS**” λοιπόν προκύπτει με την ακόλουθη λογική:

L (Local) - υποδηλώνει ότι τα χαρακτηριστικά μετάδοσης του σήματος σε αυτό το πεδίο συχνοτήτων περιορίζουν την δυνατή περιοχή κάλυψης μιας κυψέλης (cell). Πρόσφατες δοκιμές θέτουν την μέγιστη ακτίνα εκπομπής ενός **LMDS** συστήματος σε αστική περιοχή στα 5 μίλια.

M (Multipoint) – υποδηλώνει ότι τα σήματα μεταδίδονται από ένα σημείο σε πολλαπλά σημεία (point-to-multipoint) ή με ευρυεκπομπή (broadcast). Το ασύρματο μονοπάτι επιστροφής, από τον συνδρομητή στη κεραιά βάσης (base station) γίνεται με μετάδοση από σημείο σε σημείο (point-to-point).

D (Distribution) – αναφέρεται στην διανομή των σημάτων, που μπορεί να είναι φωνή, δεδομένα, κίνηση Internet ή video.

S (Service) – υποδηλώνει την σχέση μεταξύ του παροχέα και του πελάτη-συνδρομητή. Οι υπηρεσίες που προσφέρονται από ένα **LMDS** δίκτυο εξαρτώνται πλήρως από τις επιλογές του παροχέα.

4.3. Πλεονεκτήματα χρήσης μιας τέτοιας τεχνολογίας

Τα σταθερά ασύρματα δίκτυα έχουν αναπτυχθεί για να προσφέρουν αποκλειστικές συνδέσεις υψηλής ταχύτητας μεταξύ των κόμβων μεγάλης πυκνότητας ενός δικτύου. Οι πιο πρόσφατες εξελίξεις στην τεχνολογία μετάδοσης από σημείο προς πολλαπλά σημεία, προσφέρει στους παροχείς υπηρεσιών μια μέθοδο παροχής τοπικής πρόσβασης υψηλής χωρητικότητας, η οποία είναι λιγότερο δαπανηρή από μια ενσύρματη λύση, αναπτύσσεται πιο γρήγορα από ότι μια ενσύρματη μέθοδος και έχει τη δυνατότητα να παρέχει έναν συνδυασμό από εφαρμογές. Επιπλέον, επειδή ένα μεγάλο τμήμα του κόστους του ασύρματου δικτύου δεν καταβάλλεται μέχρι την εγκατάσταση του εξοπλισμού του πελάτη (CPE: Customer Premise Equipment), ο φορέας λειτουργίας του δικτύου (network service operator), μπορεί να ρυθμίσει τα έξοδα που θα καταβάλλει ώστε να συμπίπτουν χρονικά με την απόκτηση και υπογραφή νέων πελατών/ συνδρομητών. Η τεχνολογία **LMDS** παρέχει μια αποτελεσματική "last mile" λύση για τους κύριους παροχείς υπηρεσιών ενώ επιπλέον μπορεί να χρησιμοποιηθεί από παροχείς ανταγωνιστές για να προσφέρουν υπηρεσίες κατευθείαν στους τελικούς χρήστες

Σαν κυριότερα λοιπόν **πλεονεκτήματα του LMDS**, έναντι των μεθόδων ενσύρματης δικτύωσης, ξεχωρίζουμε τα ακόλουθα:

4.3.1. Εύκολη διαδικασία εγκατάστασης.

Όταν μια εταιρεία επιθυμεί να αποκτήσει πρόσβαση σε υπηρεσίες μετάδοσης φωνής και δεδομένων, ο χρόνος είναι πολύτιμος και κάθε ημέρα καθυστέρησης ισοδυναμεί με οικονομικές ζημιές γι'αυτην. Η απόκτηση μιας μισθωμένης ενσύρματης γραμμής είναι σε αρκετές περιπτώσεις εξαιρετικά χρονοβόρα, ιδίως σε απομακρυσμένες περιοχές. Μια σύνδεση LMDS αντίθετα, υλοποιείται σε πολύ μικρότερο χρονικό διάστημα, που συνήθως δεν ξεπερνά τις 10 έως 15 ημέρες. Ένας σταθμός βάσης του δικτύου παροχής των υπηρεσιών, είναι σε θέση να καλύψει άμεσα μεγάλες αποστάσεις. Ως εκ τούτου, αποφεύγεται η απώλεια χρόνου που θα προέκυπτε από την ανάγκη δημιουργίας καλωδιακού δικτύου. Επομένως και ευκολότερη εξάπλωση δικτύου σύμφωνα με τη ζήτηση (ευέλικτη αρχιτεκτονική που μπορεί να εγγυάται υπηρεσία και περιοχές κάλυψης εύκολα επεκτάσιμες ανάλογα με τις ανάγκες των πελατών) με λιγότερα έξοδα συντήρησης, διαχείρισης και λειτουργίας του δικτύου.

4.3.2. Απλός εξοπλισμός.

Το υλικό που απαιτείται για την εγκατάσταση μιας σύνδεσης LMDS, δεν έχει τη πολυπλοκότητα που απαιτείται από τον εξοπλισμό για την υλοποίηση ενός ενσύρματου δικτύου.

4.3.3. Χαμηλότερο κόστος και μεταβολή των εξόδων

Τα δύο προαναφερθέντα πλεονεκτήματα έχουν ως άμεσο αποτέλεσμα τη σημαντική μείωση του κόστους δημιουργίας της σύνδεσης. Η μείωση αυτή ωφελεί τόσο τον παροχό των υπηρεσιών, όσο και τον συνδρομητή. Λιγότερα έξοδα εισόδου με ευκολία αλλά και ταχύτητα ανάπτυξης της πλατφόρμας (τα συστήματα **LMDS** μπορούν να αναπτυχθούν πολύ γρήγορα με ελάχιστες επιπτώσεις στην κοινωνία και στο περιβάλλον).

Μεταβολή των εξόδων από σταθερά σε μεταβλητά στοιχεία κόστους (στα παραδοσιακά ενσύρματα δίκτυα, το μεγαλύτερο κομμάτι των επενδύσεων γίνεται στον τομέα της υποδομής, ενώ στο **LMDS** το μεγαλύτερο ποσοστό των δαπανών μεταφέρεται στο κομμάτι του εξοπλισμού του χρήστη (CPE), δηλαδή ο παροχέας ξοδεύει χρήματα μόνο όταν πράγματι ο χρήστης γίνει συνδρομητής ο οποίος μελλοντικά θα αποφέρει έσοδα). Με αποτέλεσμα να μην υπάρχει χαμένο κεφάλαιο όταν οι πελάτες επιλέξουν να αλλάξουν τον παροχέα του **LMDS** δικτύου και να προτιμήσουν κάποιον άλλο.

4.3.4. Αξιοπιστία και διαθεσιμότητα.

Μια ασύρματη σύνδεση υστερεί πάντοτε μιας αντίστοιχης ενσύρματης και αυτό φυσικά ισχύει και για το LMDS. Η διαθεσιμότητα μιας LMDS σύνδεσης φθάνει και το 99,99%, κάτι που αναμφισβήτητα αποτελεί σημαντικό πλεονέκτημα, ειδικά για το επιχειρηματικό κοινό προς το οποίο απευθύνεται. Οι περιπτώσεις όπου μπορούν να παρουσιαστούν προβλήματα συνδεσιμότητας είναι ελάχιστες. Στην πραγματικότητα, η μοναδική περίπτωση κατά την οποία το LMDS μπορεί να αντιμετωπίσει προβλήματα είναι σε εξαιρετικά άσχημες καιρικές συνθήκες, με καταρρακτώδη βροχόπτωση που περιορίζει σχεδόν στο... μηδέν την ορατότητα. Είναι προφανές ότι τέτοιες συνθήκες είναι εξαιρετικά σπάνιες, ειδικά για τη χώρα μας και ακόμα και αν παρουσιαστούν, είναι τοπικές και δεν διαρκούν παρά μόνο λίγα λεπτά. Επομένως, τα ενδεχόμενα να αντιμετωπίσει προβλήματα κάποιος συνδρομητής, είναι από ανύπαρκτα, έως ελάχιστα σε ετήσια βάση.

4.3.5. Άμεση αποκατάσταση βλαβών.

Οι πιθανότητες να παρουσιαστούν βλάβες σε μια σύνδεση LMDS είναι κυριολεκτικά μηδαμινές. Ακόμη όμως και αν παρουσιαστούν, η αποκατάστασή τους είναι θέμα ελάχιστου χρόνου. Σε μια ενσύρματη μισθωμένη σύνδεση η διόρθωση ενός προβλήματος συνδεσιμότητας ενδέχεται να χρειαστεί αρκετές ώρες.

4.3.6. Εύκολη αναβάθμιση και επέκταση.

Συχνά οι ανάγκες επικοινωνίας μιας επιχείρησης αυξάνονται με το πέρασμα του χρόνου. Η εξυπηρέτηση περισσότερων πελατών, καθώς και η εγκατάσταση περισσότερων παραρτημάτων σε νέες περιοχές, καθιστούν απαραίτητη τη δημιουργία νέων συνδέσεων και την αναβάθμιση των παρεχόμενων υπηρεσιών. Μια σύνδεση LMDS δύναται να αναβαθμιστεί πολύ ταχύτερα σε σχέση με μια καλωδιακή μισθωμένη γραμμή, κάτι που για την μεγάλη επιχείρηση συνεπάγεται όχι μόνο εξοικονόμηση χρόνου, αλλά και οικονομικό όφελος.

4.4. Τρόπος λειτουργίας του LMDS

Πώς λειτουργεί;

Μέχρι τα τέλη της δεκαετίας του 1990, ο πιο απλός και οικονομικός τρόπος για τη δικτύωση πολλών υπολογιστών μεταξύ τους, ήταν η δημιουργία ενός ενσύρματου LAN. Ενός δηλαδή τοπικού δικτύου, το οποίο θα βασιζόταν σε συνδέσεις μέσω καλωδίων, τα οποία θα έπρεπε να καλύπτουν την απόσταση μεταξύ των συνδεδεμένων μερών.

Αυτή η μέθοδος όμως ήταν κατάλληλη μόνο για την περίπτωση που οι υπολογιστές ήταν εγκατεστημένοι σε κοντινή απόσταση μεταξύ τους. Για συνδέσεις μεγάλων αποστάσεων, ήταν τότε απαραίτητη η δημιουργία καλωδιακού δικτύου πολλών χιλιομέτρων, με μισθωμένες γραμμές. Το κόστος δημιουργίας ενός τέτοιου δικτύου ήταν εξαιρετικά υψηλό, ενώ απαιτούσε και πολύ μεγάλο χρονικό διάστημα μέχρι να ολοκληρωθεί. Είχε ήδη γίνει προφανές ότι έπρεπε να χρησιμοποιηθεί κάποιος άλλος τρόπος δικτύωσης, ο οποίος θα ήταν οικονομικότερος, αλλά και πιο απλός στην υλοποίηση. Η λύση δεν άργησε να βρεθεί και ήταν η χρήση των ασύρματων τεχνολογιών. Το καλώδιο σαν μέσο διάδοσης έδωσε πλέον τη θέση του στα ηλεκτρομαγνητικά κύματα, με όσα πλεονεκτήματα συνεπάγεται αυτό.

Τα πλεονεκτήματα της χρήσης μιας ασύρματης τεχνολογίας δικτύωσης είναι πολυάριθμα. Το LMDS, ως ασύρματη τεχνολογία, εκμεταλλεύεται τα πλεονεκτήματα αυτά, τα οποία θα εξετάσουμε αναλυτικά στη συνέχεια. Προτού εξετάσουμε τα πλεονεκτήματά του, αξίζει να σταθούμε ιδιαίτερα στα αρχικά του και από πού προήλθε η ονομασία του.

Ο όρος Local σημαίνει ότι ο σταθμός βάσης (κεραία) του δικτύου παροχής των υπηρεσιών διαθέτει τοπική εμβέλεια, η οποία δεν ξεπερνά τα 5 χιλιόμετρα περίπου. Για περαιτέρω κάλυψη, τοποθετούνται πρόσθετοι σταθμοί βάσης, όπου κρίνεται απαραίτητο. Η λέξη Multipoint υποδηλώνει το γεγονός ότι κάθε σταθμός βάσης έχει τη δυνατότητα εκπομπής του σήματος προς πολλαπλά σημεία, εξυπηρετώντας πολλούς συνδρομητές ταυτόχρονα. Οι λέξεις Distribution Service σημαίνουν «υπηρεσία κατανομής». Μέσα από την ίδια υπηρεσία μεταδίδονται φωνή, ήχος και δεδομένα σε άριστη ποιότητα και ταχύτητα.

4.5. Τεχνικά χαρακτηριστικά

Το LMDS, ως ασύρματη τεχνολογία, χρησιμοποιεί ηλεκτρομαγνητικά κύματα για τη μετάδοση των πληροφοριών. Η συχνότητα που έχει εκχωρηθεί από τον FCC στα δίκτυα LMDS στην Αμερική είναι τα 28 GHz. Στην Ευρώπη όμως η τεχνολογία αυτή λειτουργεί σε υψηλότερη συχνότητα, που φθάνει τα 40 GHz. Κατά την έναρξη της λειτουργίας του, τα πρότυπα του LMDS βασίστηκαν στις ανάγκες μετάδοσης ψηφιακού τηλεοπτικού σήματος, σύμφωνα με Digital Video Broadcasting project (DVB). Τα πρότυπα αυτά παραχωρήθηκαν στη συνέχεια στον ETSI (European Telecommunications Standard Institute), οπότε και αναθεωρήθηκε η λειτουργία των μικροκυματικών ζεύξεων στις οποίες βασίζεται.

Σύμφωνα με τα αρχικά πρότυπα που καθόρισε το DVB, το LMDS έμοιαζε πάρα πολύ σε τρόπο λειτουργίας με την ψηφιακή δορυφορική τηλεόραση. Και οι δύο τεχνολογίες, χρησιμοποιούν τη διαμόρφωση σήματος QPSK (Quarternary Phase Shift Key), καθώς και τη μέθοδο διόρθωσης λαθών FEC (Forward Error Correction). Αργότερα, ένας άλλος διεθνής φορέας που έχει σχηματιστεί από μεγάλους παροχούς υπηρεσιών δεδομένων, ο DAVIC, προχώρησε σε μικρές τροποποιήσεις πάνω στα πρότυπα του DVB. Συγκεκριμένα, καθιέρωσε σαν εναλλακτική διαμόρφωση σήματος την 16-QAM, προχώρησε σε βελτιώσεις στη μέθοδο διόρθωσης λαθών και άφησε περιθώρια για τη μετέπειτα εξέλιξη της τεχνολογίας, ώστε να παρέχει ακόμη πιο βελτιωμένες υπηρεσίες.

Όπως συμβαίνει και στις υπηρεσίες κινητής τηλεφωνίας, το LMDS χρησιμοποιεί κάποιες μεθόδους χάρη στις οποίες είναι εφικτή η χρήση των ίδιων συχνοτήτων από πολλούς συνδρομητές ταυτόχρονα. Εν προκειμένω, το LMDS χρησιμοποιεί τις τεχνολογίες πολλαπλής πρόσβασης TDMA, FDMA και CDMA. Το TDMA (Time Division Multiple Access) παρέχει πρόσβαση σε πολλούς συνδρομητές, τεμαχίζοντας κάθε δευτερόλεπτο σε χρονοθυρίδες, ενώ το FDMA (Frequency Division Multiple Access) διαχωρίζει κάθε εύρος συχνοτήτων σε κανάλια λίγων MHz, που μπορεί να είναι 112, 56, 28, 14, 7 ή 3,5. Επιπλέον, το CDMA χρησιμοποιεί αλγόριθμους κωδικοποίησης για τη μεγαλύτερη αξιοποίηση του διαθέσιμου φάσματος συχνοτήτων από περισσότερους χρήστες τις υπηρεσίας LMDS.

Χωρίς τις μεθόδους αυτές, θα απαιτείτε πολύ μεγαλύτερο εύρος συχνοτήτων για τη λειτουργία του LMDS, ενώ παράλληλα, οι συνδρομητές που θα μπορούσαν να εξυπηρετηθούν στην ίδια περιοχή θα ήταν ελάχιστοι.

4.6. Τυπική αρχιτεκτονική συστήματος LMDS

Όσον αφορά τον τρόπο κάλυψης μιας ευρύτερης περιοχής, το LMDS ακολουθεί παρόμοια φιλοσοφία με αυτή των δικτύων κινητής τηλεφωνίας, έχουμε δηλαδή να κάνουμε με κυψελοειδή (cellular) κάλυψη. Κάθε σταθμός βάσης δημιουργεί έναν νοητό κύκλο κάλυψης, ενώ σε συμμετρικό σημείο, ως

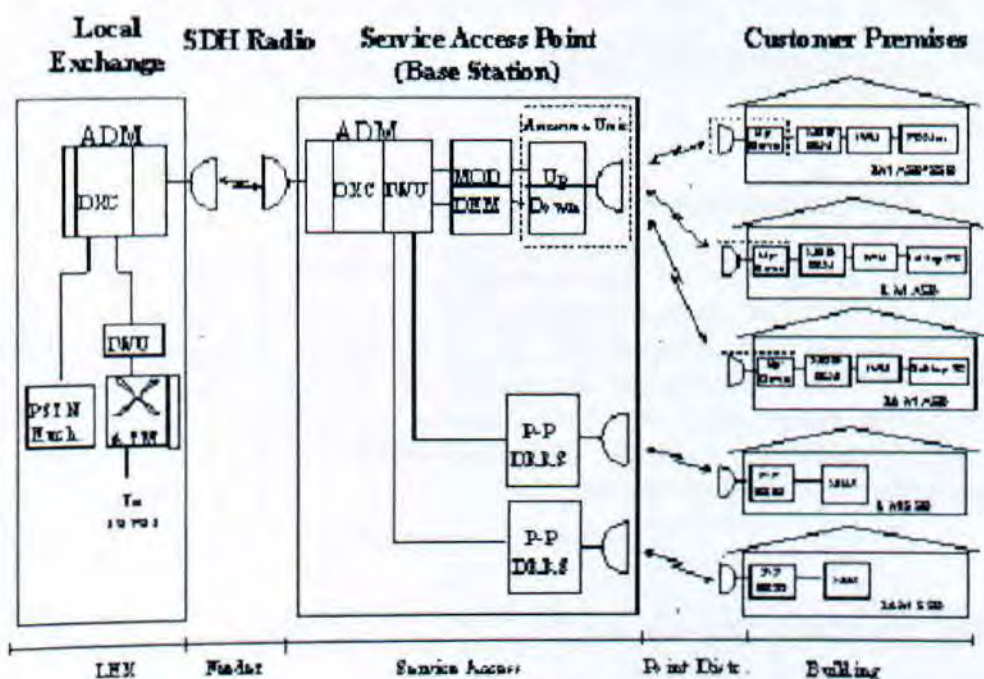
προς το σημείο όπου η λήψη σήματος εξασθενεί, τοποθετείται άλλος σταθμός βάσης. Έτσι, σχηματίζονται πολλοί κύκλοι, οι οποίοι σε κάποια σημεία τέμνονται, με τέτοιο τρόπο, που η γραμμή τομής τους σχηματίζει εξάγωνα σχήματα.

Ένας παροχέας **LMDS** συστήματος παρέχει διαφορετικές υπηρεσίες και υπάγεται σε διαφορετικά νομικά συστήματα, έχει διαφορετικούς οικονομικούς συνεργάτες και ακολουθεί διαφορετικό επιχειρηματικό σχέδιο, από κάποιον άλλο παροχέα. Κατά συνέπεια, οι αρχιτεκτονικές του συστήματος που μπορούν να χρησιμοποιηθούν μπορούν να διαφέρουν από παροχέα σε παροχέα.

Η πλειοψηφία των χειριστών του συστήματος χρησιμοποιούν την αρχιτεκτονική της ασύρματης πρόσβασης για επικοινωνία από ένα σημείο προς πολλαπλά, αλλά και τα συστήματα επικοινωνίας σημείο προς σημείο καθώς και τα συστήματα διανομής τηλεοπτικού σήματος μπορούν να υλοποιηθούν μέσω του **LMDS**. Αναμένεται οι υπηρεσίες **LMDS** να είναι ένας συνδυασμός φωνής, video και δεδομένων.

Η πιο συνηθισμένη αρχιτεκτονική είναι αυτή όπου ο εξοπλισμός του σταθμού βάσης είναι συστεγασμένος στο ίδιο κτίριο. Ο εσωτερικός ψηφιακός εξοπλισμός (DBS) συνδέεται με την υποδομή του δικτύου και ο εξωτερικός μικροκυματικός εξοπλισμός (RBS) είναι εγκατεστημένος στην οροφή του ίδιου Κτιρίου.

LMDS architecture



Η τεχνολογία **LMDS** χρησιμοποιεί την κυψελωτή αρχιτεκτονική, με ακτίνα κυψέλης 2Km. Για σχεδιαστικούς λόγους, κάθε κυψέλη χωρίζεται σε τομείς (sectors). Σε κάθε headend (κέντρο, κεφαλή δικτύου, σταθμός βάσης)

χρησιμοποιείται μια κεραία για την εκπομπή και τη λήψη σημάτων προς και από τους χρήστες ενός τομέα, η οποία αποτελεί τον RBS εξοπλισμό του σταθμού βάσης. Αντίστοιχα, κάθε πελάτης έχει μια κεραία για εκπομπή και λήψη από την κεραία του σταθμού βάσης, η οποία αποτελεί τον RT εξοπλισμό του πελάτη.

Όπως μπορεί κανείς να διαπιστώσει, αυτή η μέθοδος κάλυψης σχηματίζει ένα νοητό διάγραμμα που μοιάζει ιδιαίτερα με κυψέλη. Στην πραγματικότητα, η περιοχή κάλυψης γύρω από έναν σταθμό βάσης ποτέ δεν έχει κυκλικό σχήμα και κατά συνέπεια, η κυψέλη δεν παρουσιάζει την ακριβή ομοιομορφία στην οποία αναφερθήκαμε θεωρητικά. Διάφοροι παράγοντες, με κυριότερο αυτόν της διαμόρφωσης του εδάφους, επηρεάζουν την κάλυψη. Για τον λόγο αυτό, ενδέχεται σε ορισμένες περιοχές να απαιτούνται περισσότεροι σταθμοί βάσης, σε σχέση με κάποιες άλλες.

4.7. Τα κυρίαρχα τμήματα από τα οποία αποτελείται ένα δίκτυο LMDS είναι τα ακόλουθα

- το κέντρο λειτουργίας δικτύου (Networks Operation Center- NOC),
- την υποδομή των οπτικών ινών (fiber based infrastructure),
- τον σταθμό βάσης (Base Station) και
- τον εξοπλισμό του πελάτη (CPE).

4.7.1. Κέντρο λειτουργίας δικτύου (NOC)

Κάθε παροχός υπηρεσιών LMDS συνήθως διαθέτει περισσότερα του ενός κέντρα, εγκατεστημένα σε κεντρικά σημεία μιας πόλης ή χώρας. Τα κέντρα αυτά αναλαμβάνουν τη διαχείριση του δικτύου στην περιοχή αρμοδιοτήτων τους. Στο κέντρο λειτουργίας δικτύου (NOC) περιέχεται ο εξοπλισμός του συστήματος διαχείρισης του δικτύου (NMS), το οποίο διαχειρίζεται μεγάλες περιοχές του δικτύου πελατών. Πολλαπλά NOCs μπορούν να διασυνδεθούν μεταξύ τους με οπτικά ή ενσύρματα μέσα.

4.7.2. Υποδομή οπτικών ινών

Αν και το LMDS είναι ασύρματη τεχνολογία, η ύπαρξη των οπτικών ινών είναι απαραίτητη, κυρίως για τη σύνδεση των Network Operation Centers και των σταθμών βάσης μεταξύ τους. Επίσης, οι γραμμές οπτικών ινών σε ορισμένες περιπτώσεις λειτουργούν και ως εφεδρικές, για την περίπτωση που για οποιονδήποτε λόγο δεν είναι εφικτή η ασύρματη ζεύξη.

Έτσι λοιπόν η υποδομή των οπτικών ινών, τυπικά συνίσταται από:

- Τα συγχρονισμένα οπτικά δίκτυα (SONET) με συνδέσεις OC-12, OC-3
- και DS-3
- Τον εξοπλισμό του Central-Office (CO)
- Τα συστήματα μεταγωγής ATM και IP
- Τις διασυνδέσεις με το Internet και το δημόσιο τηλεφωνικό δίκτυο (PSTN)

4.7.3. Σταθμός βάσης

Ο σταθμός βάσης (BS) είναι το σημείο όπου γίνεται η μετατροπή των σημάτων και περνάν από την οπτική υποδομή σε ασύρματη υποδομή. Πρόκειται για τις κεραίες του δικτύου, οι οποίες αναλαμβάνουν τη μετάδοση των δεδομένων από και προς τους συνδρομητές.

Ο σταθμός βάσης συντίθεται από δύο τμήματα:

Τον **RBS (Radio Base Station)** εξοπλισμό: πρόκειται για τον εξοπλισμό μικροκυματικής εκπομπής και λήψης, που συνήθως είναι εγκατεστημένος στην οροφή ενός κτιρίου.

Τον **DBS (Digital Base Station)** εξοπλισμό: όπου εκτελούνται οι λειτουργίες διαμόρφωσης και αποδιαμόρφωσης και παρέχει την διεπαφή του δικτύου για τον τερματισμό της ίνας. Το RBS και το DBS συνδέονται μεταξύ τους με ένα καλώδιο.

4.7.3.1. Έπειτα ακολουθεί η ψηφιακή συμπίεση σήματος

Πρόκειται για την μετατροπή των αναλογικών τηλεοπτικών σημάτων σε υψηλά συμπιεσμένα ψηφιακά σήματα για τη διανομή τους από το μικροκυματικό σύστημα.

4.7.3.2. Ενσύρματες και ασύρματες διεπαφές

Ανάλογα με τις υπηρεσίες που προσφέρει ο παροχέας, ο εξοπλισμός δικτυακών κόμβων μπορεί να διαμορφωθεί έτσι ώστε να επεκτείνει τις υπηρεσίες video, φωνής και δεδομένων στο εύρος του **LMDS**. (Το ATM αναδεικνύεται ως το πιο πιθανό στάνταρ για την παράδοση υπηρεσιών φωνής, δεδομένων, διαδικτύου και video με το **LMDS**).

4.7.3.3. Διαμόρφωση και Αποδιαμόρφωση

Σήματα από το σύστημα πολυπλεξίας φωνής, δεδομένων και video διαμορφώνονται πριν ξεκινήσει η ασύρματη εκπομπή. Ομοίως, η κίνηση του μικροκυματικού λήπτη αποδιαμορφώνεται πριν ξεκινήσει η ενσύρματη εκπομπή.

Διαμόρφωση: Ένας ψηφιακός διαμορφωτής δέχεται μια ψηφιακή ροή και παρέχει ένα σήμα 4-QAM, 16-QAM ή 64-QAM ενδιάμεσης συχνότητας (IF: Intermediate Frequency) για τη διάδοσή του πάνω από το φάσμα του **LMDS**. Ο διαμορφωτής εκτελεί όλες τις λειτουργίες που απαιτούνται για τη διαμόρφωση του ψηφιακού video, της φωνής και των δεδομένων σε ενδιάμεσες συχνότητες πριν προωθηθούν στους ασύρματους αναμεταδότες.

Αποδιαμόρφωση: Ένας QAM αποδιαμορφωτής περιέχει δύο ξεχωριστά κανάλια αποδιαμόρφωσης, κάθε ένα από τα οποία είναι ικανό να δεχθεί σήματα μορφής 4-QAM, 16-QAM, 64-QAM σε ταχύτητες από 1 Mbps ως 10 Mbps.

Μια ακόμα λειτουργία του σταθμού βάσης, η οποία δεν είναι διαθέσιμη σε όλες τις αρχιτεκτονικές, είναι η τοπική μεταγωγή. Αν παρέχεται η λειτουργία της τοπικής μεταγωγής, οι συνδρομητές που είναι συνδεδεμένοι στον ίδιο σταθμό βάσης μπορούν να επικοινωνούν μεταξύ τους, χωρίς να χρησιμοποιήσουν/απασχολήσουν την υποδομή των οπτικών ινών. Αυτή η λειτουργία έχει ως αποτέλεσμα η τιμολόγηση, η διαχείριση του καναλιού πρόσβασης, η καταχώρηση και η πιστοποίηση να γίνονται τοπικά στο σταθμό βάσης. Η εναλλακτική αρχιτεκτονική σταθμού βάσης απλά παρέχει σύνδεση με την υποδομή των οπτικών ινών.

Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την συγκέντρωση όλης της κίνησης στους ATM κόμβους ή στο central office (CO) εξοπλισμό σε κάποιο σημείο της υποδομής των οπτικών ινών. Σε αυτό το σενάριο, αν δύο συνδρομητές που είναι συνδεδεμένοι στον ίδιο σταθμό βάσης θέλουν να επικοινωνήσουν μεταξύ τους, αυτό γίνεται σε μια κεντρική συγκεντρωμένη τοποθεσία. Η τιμολόγηση, η πιστοποίηση, η καταχώρηση και οι λειτουργίες διαχείρισης της κίνησης γίνονται κεντρικά.

4.7.4. Εξοπλισμός πελάτη (CPE)

Ο τρόπος διαμόρφωσης του εξοπλισμού του πελάτη (CPE) ποικίλλει πολύ από κατασκευαστή σε κατασκευαστή. Αρχικά, όλοι οι τρόποι, περιλαμβάνουν:

- ένα μικροκυματικό εξοπλισμό που τοποθετείται στον εξωτερικό χώρο με μια κεραία εκπομπής και λήψης (RT: Radio Termination) και
- ένα ψηφιακό εξοπλισμό (NT: Network Termination) που τοποθετείται στο εσωτερικό ενός κτιρίου και παρέχει τις λειτουργίες της διαμόρφωσης, αποδιαμόρφωσης, ελέγχου και την διεπαφή του χρήστη με τον υπόλοιπο δικτυακό εξοπλισμό του, όπως PC και τηλέφωνα.

4.7.4.1. Σύνδεση του εξοπλισμού του πελάτη με το υπόλοιπο ασύρματο δίκτυο

Ο εξοπλισμός του πελάτη, μπορεί να συνδεθεί με το υπόλοιπο ασύρματο δίκτυο, είτε χρησιμοποιώντας το σύστημα πολυπλεξίας TDMA (Time-Division Multiple Access), είτε την FDMA (Frequency-Division Multiple Access) είτε, τέλος, την CDMA (Code-Division Multiple Access). Η διεπαφή του εξοπλισμού του χρήστη θα είναι συμβατή με όλη την γκάμα των ψηφιακών σημάτων: DS-0, POTS, 10BaseT, μη δομημένο DS-1, δομημένο DS-1, frame relay, ATM25, serial ATM over T1, DS-3, OC-3 Και OC-1.

Η τοποθεσία του CPE μπορεί να είναι είτε σε μεγάλες επιχειρήσεις (πχ. κτίρια γραφείων, νοσοκομεία, πανεπιστημιούπολεις), όπου ο μικροκυματικός εξοπλισμός μοιράζεται από πολλούς χρήστες, είτε σε μικρά κτίρια, όπου θα συνδεθούν γραφεία που χρειάζονται 10BaseT και / ή 2 POTS γραμμές. Φυσικά απαιτείται διαφορετική διαμόρφωση του CPE εξοπλισμού και το κόστος εγκατάστασης διαφέρει, ανάλογα με την περίπτωση.

4.8. Αδειοδότηση για το LMDS

Άδειες για **LMDS** υπηρεσία μπορούν να δοθούν για να υποστηρίξουν διανομή

video, τηλεσυνεδρίαση με κινούμενη εικόνα, ασύρματη τηλεφωνία τοπικού βρόχου και πρόσβαση υψηλής ταχύτητας στο διαδίκτυο. Η πρώτη πιθανή αγορά του συστήματος **LMDS** θεωρείται ότι θα είναι η μετάδοση δεδομένων υψηλής ταχύτητας για επιχειρήσεις, η αλληλεπιδραστική (interactive) τηλεόραση και οι υπηρεσίες πολυμέσων από το Internet, καθώς και υπηρεσίες μετάδοσης φωνής (κυρίως ως συμπληρωματική υπηρεσία σε άλλες).

Πρέπει να τονιστεί ότι οι ρυθμιστικές συνθήκες για το **LMDS** που επικρατούν στην Ευρώπη χαρακτηρίζονται από έντονη ανομοιογένεια, ιδίως σε ότι αφορά τον τρόπο κατανομής και τον τύπο των αδειών, τα σχετικά χρονοδιαγράμματα, τις συχνότητες που θα χρησιμοποιηθούν και το εύρος που κατανέμεται σε κάθε operator. Η πρώτη άδεια **LMDS** που εκχωρήθηκε στην Ευρώπη ήταν στην Φιλανδία, στις αρχές του 1999, και στη συνέχεια ακολούθησε η Γερμανία τον Αύγουστο του 1999 και έπειτα η Ιρλανδία τον Σεπτέμβριο του ίδιου έτους. Οι περισσότερες από τις υπόλοιπες Ευρωπαϊκές χώρες ακολούθησαν και τους προσκομίστηκαν άδειες προς το τέλος του 2000

Συγκεκριμένα στην Ελλάδα δόθηκαν το Δεκέμβρη του 2000 5 άδειες με μέθοδο κατανομής την δημοπρασία για φάσμα συχνοτήτων 26GHz.

4.9. Το LMDS στην Ελλάδα

Το LMDS έχει κάνει τη δυναμική του εμφάνιση και στον τομέα των ευρυζωνικών υπηρεσιών και στη χώρα μας, παρέχοντας τα πλεονεκτήματά του στο ελληνικό κοινό. Οι εταιρείες που έχουν ανακοινώσει τη

δραστηριοποίησή τους στον τομέα των υπηρεσιών LMDS είναι η INTRACOM Forthnet και η Q-Telecom, έχοντας αναπτύξει δίκτυο εκτεταμένης εμβέλειας το οποίο επεκτείνεται συνεχώς. Οι παρεχόμενες ταχύτητες φθάνουν μέχρι και τα 34 Mbps ανά χρήστη, ενώ μέσα από την ίδια σύνδεση είναι εφικτή και η παροχή υπηρεσιών τηλεφωνίας.

Τον Μάιο του 2004 ξεκίνησε η παροχή των ανάλογων υπηρεσιών και από την Q-Telecom. Σύμφωνα με την εταιρεία, οι ταχύτητες πρόσβασης στο Internet φθάνουν ακόμη και τα 2 Mbps, ενώ μέσω του LMDS ο συνδρομητής περιλαμβάνονται υπηρεσίες σταθερής τηλεφωνίας, DNS, φιλοξενία web hosting, database και e-mail.

Οι προοπτικές για την εξέλιξη της τεχνολογίας αυτής στη χώρα μας είναι αισιόδοξες και όλα δείχνουν ότι ακόμη περισσότερες εταιρείες θα δραστηριοποιηθούν στον συγκεκριμένο τομέα.

4.10. LMDS και υγεία

Οι συζητήσεις που γίνονται τον τελευταίο καιρό σχετικά με την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία και τις επιπτώσεις της στην υγεία είναι πάρα πολλές. Οι επιστήμονες έχουν αποδείξει ότι τα ισχυρά ηλεκτρομαγνητικά πεδία προκαλούν αύξηση της θερμοκρασίας στους ιστούς του ανθρώπου. Τι συμβαίνει όμως με το LMDS; Είναι η ισχύς της ηλεκτρομαγνητικής του ακτινοβολίας υψηλή ή όχι; Κατά πόσο επηρεάζει την υγεία μας; Αυτά είναι τα ερωτήματα που έρχονται στο μυαλό του καθενός, μαθαίνοντας για τα τεχνικά χαρακτηριστικά αυτής της ασύρματης τεχνολογίας.

Τόσο ο FCC, όσο και οι παροχείς υπηρεσιών LMDS έχουν πραγματοποιήσει όλες τις απαραίτητες μετρήσεις και ελέγχους και έχουν διαπιστώσει ότι κανένας κίνδυνος δεν συντρέχει για την υγεία του κοινού. Αυτό οφείλεται κυρίως στους ακόλουθους λόγους:

Χαμηλή ισχύς εκπομπής, που όπως και στις περισσότερες μικροκυματικές ζεύξεις, δεν ξεπερνά τα 500 mW (0,5W). Σε απόσταση λίγων μόνο εκατοστών από την κεραία, η έκθεση στην ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία είναι μηδαμινή.

Κατάλληλη τοποθέτηση των κεραιών: για παν ενδεχόμενο οι κεραιές βρίσκονται τοποθετημένες σε ψηλά σημεία, μακριά από τους χώρους όπου κινούνται άνθρωποι. Επίσης η υψηλή τους κατευθυντικότητα, εξασφαλίζει ότι τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα δεν θα μεταδίδονται σε χαμηλούς χώρους, αλλά αντίθετα θα εστιάζονται μόνο μεταξύ σταθμού βάσης και κεραιάς που έχει εγκατασταθεί στην οροφή του κτιρίου του συνδρομητή.

4.11. Χρήσεις

Κάθε τεχνολογία είναι σημαντική, για διαφορετικούς λόγους. Ενώ το WLAN είναι ιδανικό για τις απομονωμένες περιοχές, το WiMAX προσφέρει ασύρματη

κάλυψη σε μεγάλες αποστάσεις. Το LMDS από την άλλη πλευρά, προσφέρει πολύ υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης, αλλά κυρίως σε σταθερούς προορισμούς, λόγω του σχετικά ογκώδους απαιτούμενου εξοπλισμού. Δεδομένου ότι η πληροφορική και οι επικοινωνίες συγκλίνουν σε ευρυ-ζωνικές ασύρματες πλατφόρμες και τεχνολογίες, η ανάγκη για αληθινή κινητικότητα θα γίνει επιτακτική. Όταν αυτό συμβεί, οι τεχνολογίες, η υποδομή, οι συσκευές και οι υπηρεσίες που θα επιτρέπουν στους χρήστες να μένουν συνδεδεμένοι, ακόμη και όταν αυτοί κινούνται σε οποιονδήποτε χώρο, θα πρέπει να είναι έτοιμες να λειτουργήσουν. Απώτερος σκοπός είναι η "πάντα καλύτερη δυνατή σύνδεση" του χρήστη (best connected), χρησιμοποιώντας τις προαναφερθείσες συμπληρωματικές ευρυζωνικές τεχνολογίες. Στην πραγματικότητα, η κινητικότητα που επιτρέπεται από την ασύρματη τεχνολογία, απαιτεί τη συμπληρωματικότητα των δικτύων και τη συνύπαρξη των τεχνολογιών - είτε αυτές είναι ενσύρματες είτε ασύρματες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 – ΑΣΥΡΜΑΤΑ ΔΙΚΤΥΑ WiFi (802.11)

5.1. Εισαγωγή στα δίκτυα WiFi (802.11)

Συνεχίζω τώρα παρακάτω με μια άλλη πολύ γνωστή οικογένεια ασύρματων δικτύων, αυτή στην οποία οι συσκευές βασίζονται στο πρότυπο **IEEE 802.11**



**The Standard for
Wireless Fidelity.**

Το Wi-Fi προέρχεται από τα αρχικά των «Wireless Fidelity» (Ψηφιακή Πιστότητα) και έχει επικρατήσει σαν όρος για το υψηλής συχνότητας ασύρματο τοπικό δίκτυο (WLAN). Αποτελεί ένα εύκολο ασύρματο τρόπο διασύνδεσης, που δίνει την δυνατότητα σύνδεσης και με το Internet.

Οι ασύρματες τεχνολογίες πρόσβασης χρησιμοποιούνται για να αντικαταστήσουν ή να επεκτείνουν ένα κοινό ενσύρματο δίκτυο (Ethernet) και επιτρέπουν στον κινητό χρήστη την ασύρματη μετάδοση και λήψη δεδομένων.

Τα Ασύρματα Τοπικά Δίκτυα (WLANs) ακολουθούν το πρότυπο IEEE 802.11, το πρώτο πρότυπο για ασύρματη δικτύωση το οποίο αναπτύχθηκε. Τα ασύρματα τοπικά δίκτυα τα οποία είναι συμβατά με το πρότυπο IEEE 802.11 ονομάζονται και δίκτυα Wi-Fi. Το 802.11 είναι μια οικογένεια προτύπων που αναφέρονται στη λειτουργία ασύρματων τοπικών δικτύων (WLAN, Wireless Local Access Network). Όλα τα πρότυπα της οικογένειας **IEEE 802.11** προδιαγράφουν τα χαρακτηριστικά του στρώματος στο **Φυσικό επίπεδο** (PHY, Physical Layer) και το **Επίπεδο σύνδεσης δεδομένων** (MAC, Medium Access Control). Τα πρωτόκολλα αυτά δημοσιεύονται από την IEEE γεγονός που είναι σημαντικό για την διαλειτουργικότητα, δηλαδή την ικανότητα συνεργασίας των συσκευών που τα ακολουθούν, επιτρέποντας έτσι σε οποιαδήποτε εφαρμογή να εργάζεται πάνω σε συσκευή 802.11 όπως ακριβώς θα εργαζόταν πάνω από Ethernet. Οι συσκευές 802.11 δηλαδή μεταφέρουν διαφανώς την πληροφορία στα υπολοιπα επίπεδα του OSI.

Το πρότυπο 802.11b αποδείχθηκε ιδιαίτερα επιτυχές και σήμερα υπάρχουν αρκετά προϊόντα στην αγορά τα οποία στηρίζονται σε αυτό. Επιπλέον, προϊόντα τα οποία βασίζονται στο πρότυπο 802.11a βρίσκονται στο στάδιο της κατασκευής, αν και η χρήση διαφορετικών συχνοτήτων καθιστά τις δύο τεχνολογίες ασύμβατες.

Με την ανάπτυξη των προτύπων από την IEEE και την εμφάνιση μεγάλου αριθμού κατασκευαστών αντίστοιχων συσκευών, φάνηκε από νωρίς η ανάγκη διασφάλισης της συμβατότητας μεταξύ των διάφορων συσκευών και προστασίας του αγοραστή.

Για το σκοπό αυτό ιδρύθηκε το 1999 η WECA (Wireless Ethernet Compatibility Alliance) Πρόκειται για ένα μη κερδοσκοπικό οργανισμό που σκοπό έχει τη πιστοποίηση ασύρματων 802.11 συσκευών. Στον οργανισμό αυτόν

μετέχουν κατασκευαστές ολοκληρωμένων κυκλωμάτων, παροχείς υπηρεσιών WLAN, κατασκευαστές υπολογιστών, κατασκευαστές λογισμικού. Μερικές από τις εταιρίες που μετέχουν είναι οι 3Com, Aironet, Apple, Breezecom, Cabletron, Compaq, Dell, Fujitsu, IBM, Intersil, Lucent Technologies, No Wires Needed, Nokia, Samsung, Symbol Technologies, Wayport, Zoom.



Η ένωση αυτή δημιούργησε μία **ακολουθία από δοκιμές** προκειμένου να δοκιμαστεί η συμβατότητα των IEEE 802.b προϊόντων. Οι συσκευές οι οποίες περνούσαν με **επιτυχία** τις δοκιμές αυτές, αποκτούσαν το λογότυπο **Wi-Fi** (Wireless Fidelity). Το λογότυπο αυτό αποτελεί κατά συνέπεια μία **πιστοποίηση** για τον υποψήφιο αγοραστή μιας συσκευής και μία εγγύηση για την επένδυση του. Ο καταναλωτής αγοράζοντας μία συσκευή με το λογότυπο αυτό, έχει την εγγύηση ότι η συσκευή θα συνεργαστεί με οποιαδήποτε άλλη συσκευή φέρει επίσης το λογότυπο.

Η πιστοποίηση αφορά λειτουργία 802.11b, 802.11g, 802.11a καθώς και WPA δυνατότητα (αφορά βελτιωμένη ασφάλεια σε ασύρματα δίκτυα). Να σημειωθεί ότι η WiFi πιστοποίηση στο 802.11g απαιτεί την υποστήριξη του ρυθμού 54Mbps, ενώ το επίσημο πρότυπο θέτει σαν υποχρεωτικούς τους ρυθμούς 1, 2, 5.5, 11, 6, 12, 24Mbps και οι ανώτεροι, 36, 48, 54Mbps ορίζονται σαν προαιρετικοί



5.2. Οι βασικές μονάδες των δικτύων WiFi

Έτσι λοιπόν τα ασύρματα δίκτυα 802.11 αποτελούνται από τις κάτωθι τέσσερις βασικές μονάδες:

- **Σημείο πρόσβασης (Access Point - AP):** Το AP είναι η μονάδα που παίζει το ρόλο γέφυρας μεταξύ του ενσύρματου και του ασύρματου δικτύου, μετατρέποντας κατάλληλα τα πλαίσια που ανταλλάσσονται

μεταξύ αυτών. Επιτελεί και πολλές άλλες λειτουργίες στο ασύρματο δίκτυο που θα αναφερθούν στη συνέχεια.

- **Σύστημα διανομής (Distribution System):** Το σύστημα διανομής ενώνει τα διάφορα AP του ίδιου δικτύου, επιτρέποντάς τους να ανταλλάσσουν πλαίσια. Το 802.11 δεν προσδιορίζει τον τρόπο που θα γίνεται αυτό.
- **Ασύρματο μέσο μετάδοσης (Wireless Medium):** Έχουν οριστεί διάφορα φυσικά στρώματα που χρησιμοποιούν είτε ραδιοσυχνότητες είτε υπέρυθρες ακτίνες για τη μετάδοση των πλαισίων μεταξύ των σταθμών του ασύρματου δικτύου.
- **Σταθμοί (Stations):** Οι σταθμοί που ανταλλάσσουν πληροφορία μέσω του ασυρμάτου δικτύου συνήθως είναι φορητές συσκευές (για παράδειγμα laptops ή PDAs) χωρίς όμως αυτό να είναι απαραίτητο.



Η βασική δομική μονάδα κάθε 802.11 δικτύου αποκαλείται Basic Service Set (BSS) και αποτελείται από μία ομάδα σταθμών που επικοινωνούν μεταξύ τους. Τα όρια του BSS καθορίζονται από την περιοχή ραδιοκάλυψης, που ονομάζεται Basic Service Area (BSA). Ένας σταθμός σε ένα BSS μπορεί να επικοινωνεί με οποιονδήποτε άλλο σταθμό στο ίδιο BSS. Η αρχιτεκτονική – τοπολογία σε αυτά τα δίκτυα αυτά εμφανίζεται με δύο μορφές, τη δομημένη (Infrastructure) και την τυχαία (Ad-hoc).

5.3. Δομή των ασυρμάτων δικτύων WiFi

Ένα WLAN 802.11 βασίζεται σε κυψελωτή δομή. Οι κυψέλες, οι οποίες ονομάζονται BSS (Basic Service Set), ορίζουν την περιοχή κάλυψης ενός σημείου πρόσβασης (Access Point - AP). Τα APs μπορεί να διασυνδεθούν μεταξύ τους μέσω ενός συστήματος διανομής (Distribution System - DS), το δε διασυνδεδεμένο WLAN – το οποίο περιλαμβάνει τα BSS, τα APs και το DS, καλείται Extended Service Set (ESS). Το πρότυπο ορίζει επίσης μια γέφυρα διασύνδεσης (portal) του 802.11 με άλλα 802 WLAN.

Τα πιο κοινά WLANs λειτουργούν στη μη αδειοδοτημένη περιοχή συχνοτήτων ISM (Industrial, Scientific and Medical) των 2,4 GHz και στην UNII (Unlicensed National Information Infrastructure) μπάντα των 5 GHz.

- Τα IEEE 802.11b WLANs λειτουργούν στη ζώνη 2,4 - 2.4835 GHz.
- Το πρότυπο IEEE 802.11a χρησιμοποιεί την περιοχή των 5 GHz UNII. Αυτή η περιοχή έχει εύρος 300 MHz και είναι χωρισμένη σε δύο υποπεριοχές. Η χαμηλότερη υποπεριοχή επεκτείνεται από 5,15 MHz ως 5,35 MHz. Η ανώτερη υποπεριοχή είναι από 5.725 MHz ως 5.825 MHz.

5.3.1. Τεχνικές Διαμόρφωσης Φάσματος

Στο φυσικό επίπεδο προδιαγράφονται δύο τεχνικές διαμόρφωσης (Απλωμένου Φάσματος):

- FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum)
- DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum)

Και στις δύο τεχνικές υποστηρίζονται ρυθμοί μετάδοσης 1 και 11Mbps στην ζώνη συχνοτήτων 2.4 - 2.4835GHz. Στην ζώνη συχνοτήτων 5GHz η τεχνική η οποία χρησιμοποιείται είναι η Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM). Οι ρυθμοί μετάδοσης μπορούν πλέον να αγγίξουν τα 54Mbps.

Συνολικά, ανάμεσα στα πλεονεκτήματα της W-LAN τεχνολογίας ξεχωρίζουμε την ευκολία υλοποίησης και το μικρό κόστος και για τον σταθμό βάσης καθώς και για τον χρήστη. Επίσης, είναι ελκυστικό καθώς προσφέρεται ένα σύνολο χαρακτηριστικών που εγγυώνται ασφάλεια πρόσβασης και μετάδοσης (ταυτοποίηση χρήστη, κρυπτογραφημένη μετάδοση) αλλά και δυνατότητες για υπηρεσίες περιαγωγής (roaming), όπου ένας συνδρομητής ενός τοπικού δικτύου μπορεί να συνδεθεί σε ένα άλλο W-LAN (π.χ. η περίπτωση των W-LAN που έχουν υλοποιηθεί σε αεροδρόμια). Όπως και στην περίπτωση των δικτύων κινητής τηλεφωνίας, απαιτούνται για την υπηρεσία roaming συμφωνίες μεταξύ των ιδιοκτητών τέτοιων δικτύων ή μέσω ειδικών εταιριών περιαγωγής (roaming brokers).

Το 802.11 είναι μια οικογένεια προδιαγραφών για ασύρματα τοπικά δίκτυα που αναπτύχθηκαν από ομάδες εργασίας του ινστιτούτου ηλεκτρολόγων και ηλεκτρονικών μηχανικών, το γνωστό institute of electrical and electronics engineers (IEEE).

Όλα τα πρότυπα που περιλαμβάνει το 802.11, χρησιμοποιούν το πρωτόκολλο ethernet και μέθοδο πολλαπλής πρόσβασης με ανίχνευση φέροντος και αποφυγή συγκρούσεων, το carrier sense multiple access with collision avoidance (csma/ca). Η μέθοδος διαμόρφωσης που χρησιμοποιήθηκε αρχικά ήταν το κλείδωμα μεταλλαγής φάσης ή διαμόρφωση διακριτής φάσης, phase-shift keying (psk). Σε νεότερες προδιαγραφές όμως, χρησιμοποιούνται και άλλα σχήματα ψηφιακής διαμόρφωσης, όπως το complementary code keying (cck). Οι νεότερες μέθοδοι διαμόρφωσης παρέχουν μεγαλύτερους ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων.

5.3.2. Κατηγορίες προτύπων WiFi (802.11)

Αυτή τη στιγμή υπάρχουν αρκετά πρότυπα στην οικογένεια 802.11.

Τα 802.11, 802.11a, 802.11b, 802.11c, 802.11d, 802.11e, 802.11f, 802.11g και αναμένεται να εγκριθούν τα 802.11h και 802.11i. Και τα 4 χρησιμοποιούν το πρωτόκολλο ethernet και μέθοδο πολλαπλής πρόσβασης με ανίχνευση φέροντος και αποφυγή συγκρούσεων, το carrier sense multiple access with collision avoidance (csma/ca).



5.3.2.1. Πρότυπο 802.11

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

5.3.2.2. Πρότυπο 802.11a

IEEE 802.11a: είναι μια επέκταση του 802.11 αλλά υποστηρίζει μεγαλύτερους ρυθμούς μετάδοσης με διαμόρφωση **OFDM** από **6** ως **54 Mbps**, στην ζώνη των **5GHz**. Η χρήση της OFDM, Orthogonal Frequency Division Multiplexing έχει σαν αποτέλεσμα την πιο αποτελεσματική χρήση του διαθέσιμου φάσματος. Συνήθως όμως οι επικοινωνίες πραγματοποιούνται στα 6Mbps, 12Mbps ή στα 24Mbps και χρησιμοποιείται πολυπλεξία επιμερισμού συχνότητας. Χρησιμοποιείται σε ασύρματα δίκτυα ATM.

Η λειτουργία στη ζώνη συχνοτήτων των 5GHz όπου υπάρχουν λιγότερες παρεμβολές και οι μεγάλοι ρυθμοί που υποστηρίζει το κάνουν μια καλή λύση για τις τωρινές και μελλοντικές ανάγκες, για εφαρμογές πολυμέσων σε πυκνό περιβάλλον. Αναμένεται ότι λόγω της καλύτερης επίδοσης του θα κυριαρχήσει στις ασύρματες εφαρμογές

5.3.2.3. Πρότυπο 802.11b

IEEE 802.11b: συνήθως το λέμε wi-fi και είναι συμβατό με το 802.11. Αναπτύχθηκε το 1999 και αποτελεί μια επέκταση στο αρχικό πρότυπο. Στην ουσία είναι το 802.11 με προσθήκη δύο μεγαλύτερων ρυθμών μετάδοσης, του **5.5Mbps** και του **11Mbps** και αναγκαστικά της τεχνικής φυσικού επιπέδου **DSSS** με χρήση κώδικα **CCK**. Η μέθοδος λοιπόν διαμόρφωσης που χρησιμοποιήθηκε στο 802.11 ήταν το κλείδωμα μεταλλαγής φάσης ή διαμόρφωση διακριτής φάσης, phase-shift keying (psk). Η μέθοδος διαμόρφωσης που επιλέχθηκε για το 802.11b είναι γνωστή ως **Complementary Code Keying (CCK)** και παρέχει ακόμα μεγαλύτερους ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων από ότι το 802.11

5.3.2.4. Πρότυπο 802.11c

IEEE 802.11c: Λειτουργία γεφύρωσης (bridging) πλαισίων 802.11. Οι κατασκευαστές χρησιμοποιούν αυτό το πρότυπο όταν κατασκευάζουν AP,

5.3.2.5. Πρότυπο 802.11d

IEEE 802.11d: Περιέχει επεκτάσεις στο πρότυπο ώστε να λειτουργεί σε επιπλέον ρυθμιστικά πλαίσια (άλλες ζώνες συχνοτήτων). Συγκεκριμένα ορίζει τις απαιτήσεις του φυσικού επιπέδου προκειμένου να ικανοποιούνται οι κανονισμοί και σε άλλες χώρες. Αυτό είναι σημαντικό ιδίως για τις ζώνες των 5GHz που οι συχνότητες διαφέρουν από χώρα σε χώρα.

5.3.2.6. Πρότυπο 802.11e

IEEE 802.11e: το πρώτο ασύρματο πρότυπο για οικιακό ή εταιρικό δικτυακό περιβάλλον. Παρέχει χαρακτηριστικά ποιότητας υπηρεσιών και υποστήριξη πολυμέσων στα υπάρχοντα ασύρματα πρότυπα IEEE 802.11a και IEEE 802.11b ενώ ταυτόχρονα είναι και συμβατό με αυτά. Η ποιότητα υπηρεσιών και υποστήριξη πολυμέσων είναι ένας κρίσιμος παράγοντας στα ασύρματα οικιακά δίκτυα που θέλουμε να παρέχουν φωνή, video και ήχο (video on demand, audio on demand, voice over ip, υψηλής ταχύτητας πρόσβαση στο internet). Επομένως τα βασικά χαρακτηριστικά του 802.11e είναι η υποστήριξη **QoS** στο MAC επίπεδο (**EDCF**, Enhanced DCF και **HCF**, Hybrid Coordination Function).

Επιπλέον παρέχει μηχανισμό προτεραιοποίησης της κίνησης στο 802.11 έτσι ώστε να βελτιστοποιηθεί η μετάδοση σε εφαρμογές πραγματικού χρόνου. (τέλος 2002). Το 802.11e υλοποιείται σε MAC επίπεδο οπότε η συμβατότητα παραμένει στο φυσικό επίπεδο. Σε κάποιες περιπτώσεις η επέκταση παρέχεται σαν μια απλή αναβάθμιση στο λειτουργικό των συσκευών.

5.3.2.7. Πρότυπο 802.11f

IEEE 802.11f: Το IEEE 802.11 δεν ορίζει την υλοποίηση της επικοινωνίας ανάμεσα στα σημεία πρόσβασης προκειμένου να υλοποιηθεί η περιαγωγή του χρήστη. Σαν αποτέλεσμα δεν υπάρχει συμβατότητα ανάμεσα στους κατασκευαστές σε αυτό το θέμα. Η επέκταση του 802.11f αναφέρεται στο πρωτόκολλο IAPP, Inter Access Point Protocol, περιγράφοντας την πληροφορία που χρειάζεται να ανταλλάξουν τα σημεία πρόσβασης προκειμένου να υποστηρίξουν λειτουργίες όπως της περιαγωγής. (τέλος 2002)

5.3.2.8. Πρότυπο 802.11g

IEEE 802.11g: εφαρμόζεται σε ασύρματα τοπικά δίκτυα και παρέχει ρυθμούς μετάδοσης άνω των 20mbps στη μπάντα των 2.4GHz. Αυτό είναι το πρότυπο που εγκρίθηκε πιο πρόσφατα και παρέχει ασύρματη μετάδοση σε σχετικά κοντινές αποστάσεις με ταχύτητες μέχρι και 54mbps συγκριτικά με τα 11mbps του πρότυπου 802.11b. Όπως και το 802.11b, το IEEE 802.11g λειτουργεί στη μπάντα των 2.4GHz οπότε είναι συμβατό με αυτό. Η διαμόρφωση που χρησιμοποιεί είναι η OFDM.

Το τμήμα που πληρώνουμε προκειμένου να υπάρχει συμβατότητα με το 802.11b είναι η μειωμένη διαπερατότητα λόγω του μηχανισμού RTS / CTS (request-to-send / clear-to-send) προκειμένου οι b σταθμοί να μην συγκρούονται με τους g.

5.3.2.9. Πρότυπο 802.11h

IEEE 802.11h: Διαχείριση φάσματος στο 802.11a **DCS**, Dynamic Channel Selection και **TPC**, Transmit Power Control. Αναφέρεται στις απαιτήσεις των ευρωπαϊκών κανονιστικών πλαισίων. Συγκεκριμένα παρέχει ένα κανάλι DCS (dynamic channel selection) και TPC (transmit power control) για τις συσκευές που εργάζονται στη ζώνη των 5GHz. Στην Ευρώπη υπάρχει το πρόβλημα της παρεμβολής με τις δορυφορικές επικοινωνίες, οι οποίες χαρακτηρίζονται ως "primary use", ενώ στις περισσότερες χώρες η ασύρματη δικτύωση χαρακτηρίζεται σαν "secondary use".

Με χρήση των DCS και TPC, αποφεύγονται οι παρεμβολές (τέλος 2003). Οι λειτουργίες αυτές απαιτούν αλλαγές σε φυσικό και σε MAC επίπεδο. Το 802.11h θα είναι το 802.11a **επόμενης γενιάς**, χωρίς όμως να χαθεί η **διαλειτουργικότητα** ανάμεσα τους.

5.3.2.10. Πρότυπο 802.11i

IEEE 802.11i: προσθέτει στο 802.11 πρότυπο ασύρματων τοπικών δικτύων, επεκτάσεις στο MAC επίπεδο για ενισχυμένη ασφάλεια, ώστε να αντιμετωπίσει τα θέματα ασφαλείας που έχουν προκύψει από το WEP. Το WEP αφορά χρήση αδύναμων στατικών κλειδιών χωρίς καμία διαχείριση της διανομής των κλειδιών. Η επέκταση 802.11i θα παρέχει δυνατότερες τεχνικές κρυπτογράφησης όπως η AES (Advanced Encryption Standard).

Πολλοί κατασκευαστές προσφέρουν τα προϊόντα τους, χωρίς όμως να υπάρχει η εγγύηση ότι αυτά θα έχουν διαλειτουργικότητα μεταξύ τους. Για την αντιμετώπιση αυτού του διαφαινόμενου προβλήματος, σχηματίστηκε το 1999 μία ένωση ή WECA, Wireless Ethernet Compatibility Alliance.

Στον οργανισμό αυτόν μετέχουν κατασκευαστές ολοκληρωμένων κυκλωμάτων, παροχείς υπηρεσιών WLAN, κατασκευαστές υπολογιστών, κατασκευαστές λογισμικού. Μερικές από τις εταιρίες που μετέχουν είναι οι 3Com, Aironet, Apple, Breezecom, Cabletron, Compaq, Dell, Fujitsu, IBM, Intersil, Lucent Technologies, No Wires Needed, Nokia, Samsung, Symbol Technologies, Wayport, Zoom.

Η ένωση αυτή δημιούργησε μία ακολουθία από δοκιμές προκειμένου να δοκιμαστεί η διαλειτουργικότητα των IEEE 802.b προϊόντων. Οι συσκευές οι οποίες περνούσαν με επιτυχία τις δοκιμές αυτές, αποκτούσαν το λογότυπο Wi-Fi. Το λογότυπο αυτό αποτελεί κατά συνέπεια μία πιστοποίηση για τον υποψήφιο αγοραστή μιας συσκευής και μία εγγύηση για την επένδυση του.

5.3.3. Χαρακτηριστικά και εφαρμογές των προτύπων

Το αρχικό πρότυπο 802.11 υποστηρίζοντας χαμηλό ρυθμό μετάδοσης, ανεπαρκή για αρκετές εφαρμογές και έχοντας να ανταγωνιστεί τις λύσεις

ενσύρματης δικτύωσης (ethernet 10/100Mbps) γνώρισε περιορισμένη επιτυχία. Ελάχιστες συσκευές υποστηρίζουν αποκλειστικά πλέον αυτό το παρωχημένο πρότυπο.

Το 802.11b έδωσε μεγαλύτερο ρυθμό μετάδοσης σε σχέση με το 802.11, επαρκή για τον μεγαλύτερο αριθμό εφαρμογών, ενώ είναι παράλληλα συμβατό με το 802.11, προστατεύοντας έτσι την επένδυση σε 802.11 εξοπλισμό. Η εμβέλεια του είναι ικανοποιητική για τις περισσότερες εφαρμογές.

Το 802.11g αυξάνει περαιτέρω τους ρυθμούς μετάδοσης, μένοντας συμβατό προς τα πίσω με το 802.11b. Με αυτό το τρόπο ο χρήστης μπορεί σταδιακά να επενδύει σε νεώτερο εξοπλισμό, χωρίς να αναγκάζεται να αντικαταστήσει εξ' ολοκλήρου τον παλιότερο. Η εμβέλεια του είναι μικρότερη από αυτή του 802.11b.

Το 802.11a υποστηρίζει μεγάλους ρυθμούς μετάδοσης, αλλά εργάζεται στην ζώνη των 5GHz. Λόγω της μεγαλύτερης συχνότητας λειτουργίας η απόσβεση του σήματος είναι μεγαλύτερη και ως εκ τούτου η εμβέλεια είναι μικρότερη.

Είναι οι τεχνολογίες συμπληρωματικές ή ανταγωνιστικές μεταξύ τους;

Η πραγματικότητα είναι ότι οι τεχνολογίες αυτές λειτουργούν μάλλον συμπληρωματικά καλύπτοντας η κάθε μία τις εφαρμογές που μπορεί καλύτερα.

- **Σύγκριση 802.11b/g – 802.11a**

Οι 802.11b/g έχουν το πλεονέκτημα ότι λειτουργούν στη ζώνη των 2.4GHz, η οποία παγκόσμια, είναι ελεύθερη προς χρήση με ελάχιστους ρυθμιστικούς περιορισμούς που θα δούμε πιο αναλυτικά όταν αναφερθούμε στα κανάλια λειτουργίας.

Από την άλλη πλευρά η ζώνη των 5GHz και η 802.11a έχει τη δυνατότητα να επιτρέψει υλοποίηση με περισσότερους χρήστες, μεγαλύτερη διαπερατότητα, καλύτερη σχεδίαση δικτύου, αλλά υπόκειται σε αρκετές χώρες σε σοβαρούς περιορισμούς ή δεν επιτρέπεται καθόλου η χρήση της. Αυτό μπορεί να οφείλεται στο ότι στην ίδια ζώνη υπάρχουν στρατιωτικές εφαρμογές, εκπομπές radar και υπάρχει κίνδυνος παρεμβολών σε υψίστης σημασίας συστήματα. Ήδη σε ευρωπαϊκές χώρες όπως η Αγγλία έχει απελευθερωθεί η ζώνη συχνοτήτων των 5GHz, ενώ σε άλλες χώρες όπως και η Ελλάδα αναμένεται να γίνει το ίδιο.

Επίσης λόγω της μεγαλύτερης συχνότητας λειτουργίας στο 802.11a η εμβέλεια, δηλαδή η μέγιστη απόσταση στην οποία είναι εφικτή η ασύρματη επικοινωνία, είναι αρκετά μικρότερη.

Τέλος ο εξοπλισμός 802.11a είναι ακριβότερος λόγω της μεγαλύτερης συχνότητας λειτουργίας, αλλά και της μικρότερης διείσδυσης του προτύπου στην αγορά.

- **Σύγκριση 802.11g – 802.11a**

Το 802.11g προσφέρει συμβατότητα προς τα πίσω με την 802.11b και επίσης μπορεί να θεωρηθεί σαν μία λύση κάλυψης, έχοντας μεγαλύτερη εμβέλεια από την 802.11a. Αντίθετα η 802.11a μπορεί να θεωρηθεί μια λύση για πυκνό και με μεγάλες ανάγκες ασύρματο δίκτυο.

- **Σύγκριση 802.11b – 802.11g**

Η 802.11g προσφέρει μια ομαλή μετάβαση προς μεγαλύτερους ρυθμούς, επιτρέποντας μας να συνεχίσουμε τη λειτουργία στην ζώνη των 2.4GHz. Η συμβατότητα προς τα πίσω με το 802.11b, προστατεύει τις επενδύσεις που έχουν ήδη γίνει, ενώ παράλληλα χρησιμοποιεί μια ανώτερη τεχνική μετάδοσης.

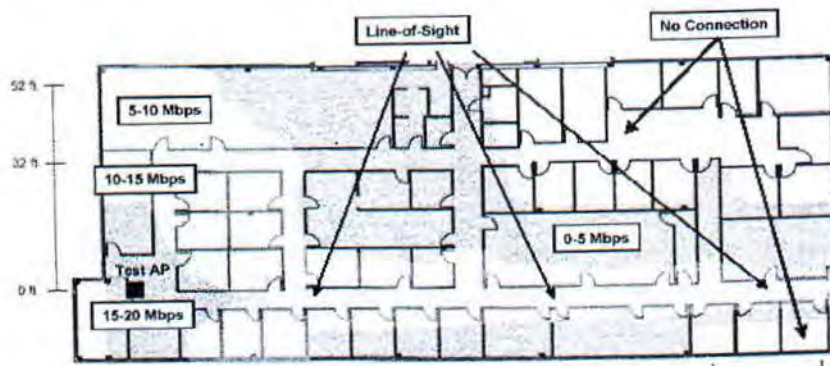
Η διαμόρφωση που χρησιμοποιεί απαιτεί περισσότερη λαμβανόμενη ισχύ, έχει δηλαδή χειρότερη ευαισθησία. Έτσι η εμβέλεια είναι μικρότερη από αυτή του 802.11b, αφού βέβαια δεν υπάρχει η δυνατότητα να αυξήσουμε την ισχύ εκπομπής των συσκευών μας. Για το λόγο αυτό η χρήση του περιορίζεται για κάλυψη εσωτερικών χώρων, μικρής σχετικά επιφάνειας.

Από την άλλη το 802.11g θα επιβαρύνει σημαντικά το ήδη φορτωμένο και κοντά στον κορεσμό φάσμα των 2.4GHz. Επίσης προβλήματα συμβατότητας – διαλειτουργικότητας ανάμεσα σε b-g, g-g συσκευές ενδέχεται να παρουσιαστούν, ενώ η απόδοση ενός ασύρματου δικτύου σε μικτό περιβάλλον με 802.11b και 802.11g συσκευές είναι σημαντικά μειωμένη.

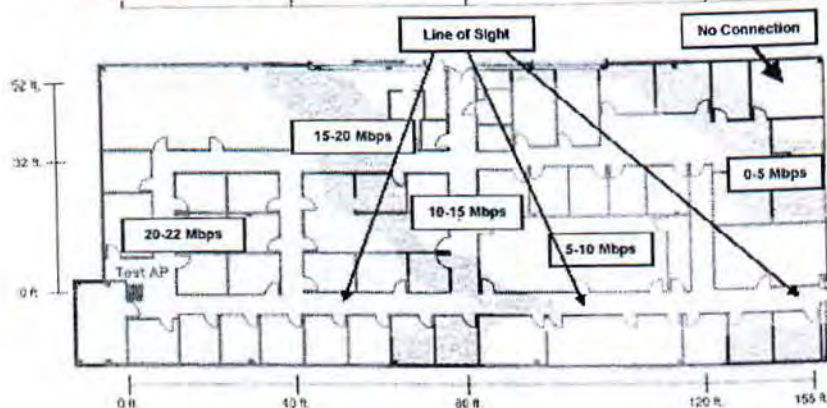
5.3.4. Εμβέλεια προτύπων

Στα παρακάτω σχήματα φαίνεται ενδεικτικά η εμβέλεια του κάθε πρωτοκόλλου, συναρτήσει του ρυθμού μετάδοσης

802.11a



802.11g



Η διαφορετική συμπεριφορά οφείλεται στη διαφορετική συχνότητα λειτουργίας των δύο προτύπων.

5.4. Χαρακτηριστικά μικροκυματικής ακτινοβολίας

Ακούγονται τόσα και τόσα για τις μικροκυματικές ακτινοβολίες και είναι λογικό να δημιουργούνται βάσιμα καθημερινά ερωτήματα από καθημερινούς ανθρώπους.

Όλες αυτές οι ασύρματες συσκευές μοιάζουν σαν φούρνοι μικροκυμάτων! Δε θα ψήσω τα μυαλά μου;

Όχι. (Είναι απίστευτο που ορισμένοι ανησυχούν γι' αυτό το ζήτημα και μετά ανάβουν τσιγάρο).

Πρώτον, η ισχύς του σήματος εξόδου μίας κάρτας είναι τυπικά λιγότερο από 100mW (συνήθως 30mW δεδομένων των νομικών περιορισμών). Ας γίνει λοιπόν σύγκριση αυτού του μεγέθους με την ισχύ του 1kW που ένας φούρνος μικροκυμάτων συγκεντρώνει σε μία μικρή περιοχή. Οι φούρνοι μικροκυμάτων λειτουργούν καθώς στους 2.4GHz το σήμα ασκεί ηλεκτρομαγνητική δύναμη στα μόρια του νερού και αυτά ταλαντώνονται τόσο γρήγορα που στο τέλος δε μπορούν να ακολουθήσουν τον ρυθμό και καθυστερούν.

Το αποτέλεσμα είναι τα μόρια αυτά να απορροφούν μέρος της ισχύος του σήματος και να το απελευθερώνουν με τη μορφή θερμότητας. Στην πραγματικότητα οποιοδήποτε σήμα με συχνότητα μεγαλύτερη από 2GHz ζεσταίνει το νερό. Τα 2.4GHz τα επέλεξαν για στατιστικούς και πρακτικούς σκοπούς (π.χ. εισχωρούν στο φαγητό πιο εύκολα).

Συνεπώς ακόμα και αν κρατήσεις μέσα στο στόμα σου την κεραία μίας ιδιαίτερα ενεργής ασύρματης κάρτας η ελάχιστη θερμότητα που παράγεται στο νερό που περιέχει το δέρμα σου, χάνεται αμέσως από την κυκλοφορία του αίματος.

Δεύτερον, η ακτινοβολία που εκπέμπεται από τις κεραίες μικροκυμάτων (όπως και από τους φούρνους μικροκυμάτων) είναι **μη ιονίζουσα ακτινοβολία**, αντίθετα από τις ακτίνες X (που χρησιμοποιούνται στις ακτινογραφίες) και το πλουτώνιο. Συνεπώς το DNA σου δε θα επηρεαστεί και δε θα πάθεις καρκίνο.

5.5. Επικινδυνότητα της μικροκυματικής ακτινοβολίας

Το πόσο επικίνδυνη είναι μια ακτινοβολία έχει να κάνει σε πρώτο λόγο με το πόση ενέργεια μεταφέρει, δηλαδή με το πόση ισχύ ανά μονάδα επιφάνειας εναποθέτει (Watt/m^2) και σε δεύτερο λόγο από την συχνότητα της ακτινοβολίας καθώς όσο μεγαλύτερη είναι η συχνότητα της ακτινοβολίας τόσο το λιγότερο εισχωρεί μέσα στα υλικά.

Εξάλλου οι ακτινοβολία από που εκπέμπεται από τα ασύρματα μοντεμ/ρούτερ από τις συσκευές Bluetooth και τις άλλες οικιακές συσκευές είναι μη-ιονίζουσες (σε αντίθεση με την ακτινοβολία γ ή την ακτινοβολία νετρονίων που ακολουθούν τις πυρηνικές διασπάσεις και είναι ιδιαίτερα ιονιστικές και επικίνδυνες) αυτό που θα τις έκανε επικίνδυνες είναι η ισχύ της ακτινοβολίας και για αυτό όλες αυτές οι συσκευές ακολουθούν τις προδιαγραφές που ορίζουν παγκόσμιοι οργανισμοί όπως ο IEEE και ο European Committee for Electrotechnical Standardization (CENELEC).

Οι έρευνες πάνω σε αυτό το θέμα γίνονται επάνω στο μάτι και το πως αυτό επηρεάζεται από τις ακτινοβολίες καθώς είναι το πιο ευαίσθητο όργανο του σώματος στις ακτινοβολίες. Από αυτές τις έρευνες προκύπτουν και τα όρια στην ισχύ των ακτινοβολιών που επιβάλλουν οι παραπάνω οργανισμοί ώστε να υπάρχει όσο μεγαλύτερη ασφάλεια γίνεται.

Τα κινητά λειτουργούν σε συχνότητες 1900-1920MHz και εκπέμπουν πιο ισχυρά μόνο κατά την διάρκεια της κλήσης ενώ όταν είναι σε αναμονή εκπέμπουν ένα πολύ ισχυρό σήμα ανά διαστήματα για να μένουν συνδεδεμένα με την κεραία-βάση κεραιές της κινητής τηλεφωνίας παρότι λένε οι περισσότεροι είναι λιγότερο επικίνδυνες όταν είναι μέσα στις πόλεις και μάλιστα η ακτινοβολία είναι μηδενική όταν είσαι κάτω ακριβώς από την κεραία (το σήμα το λαμβάνεις μέσω ανάκλασης) από ότι να βρίσκονται μακριά από την πόλη αφού θα πρέπει να αυξηθεί η ισχύ του σήματος οπότε και η ακτινοβολία θα γίνει πιο επικίνδυνη.

Όσο για την άθροιση των ακτινοβολιών αυτές δεν αθροίζονται αριθμητικά αλλά λόγω της κυματικής φύσης λαμβάνουν χώρα αλλά φαινόμενα, έτσι μπορεί σε έναν χώρο που υπάρχουν πολλές ακτινοβολίες σε κάποιο σημείο του να μην υπάρχει καθόλου ακτινοβολία ενώ σε κάποιο άλλο η ισχύς της ακτινοβολίας να είναι μεγάλη.

Γενικά πάντως μέχρι τώρα δεν έχει δειχθεί ότι οι ακτινοβολίες από τις οικιακές ασύρματες συσκευές είναι επικίνδυνες.

Κάποιοι εχθροί των κινητών τηλεφώνων δεν έχουν πεισθεί. Οι γραμμές μεταφοράς υψηλής τάσης του ηλεκτρικού δικτύου (της Δ.Ε.Η. δηλαδή) έχει αποδειχθεί ότι μπορούν να βλάψουν ελαφρώς την υγεία εξ αιτίας των απειροελάχιστων ποσοτήτων όζοντος και ελεύθερων χημικών ριζών που δημιουργούνται από τις μικρές σπίθες (που προκαλούν ένα χαρακτηριστικό βουητό) στις ενώσεις των καλωδίων.

Συνεπώς είναι **πιθανό** η ενέργεια των ασύρματων καρτών να προκαλεί μία άγνωστη προς το παρόν χημική αντίδραση στο σώμα σου. Μπορείς πάντα να τυλίξεις το κεφάλι σου με αλουμινόχαρτο και να αναπνέεις από μια αντιασφυξιγόνο μάσκα!



Δυστυχώς η συχνότητα που λειτουργεί ο Εξοπλισμός είναι 2.4GHz, με αποτέλεσμα η φύση των κυμάτων να είναι μικροκυματική. Οποιοδήποτε εμπόδιο (σίδηρο, νερό, δέντρα, πολυκατοικίες) απορροφά ή αντανακλά την ακτινοβολία, με αποτέλεσμα να μην μπορούμε να το "τρυπήσουμε". Υπάρχει

όμως η δυνατότητα για σχετικά μικρές αποστάσεις να συνδεθούμε μέσω ανάκλασης σε κάποια επιφάνεια, πχ μια διαφημιστική πινακίδα που βλέπουν και οι δυο Κόμβοι, ο τοίχος μιας πολυκατοικίας κλπ.

Κλείνοντας το συγκριμένο θέμα επειδή πολύ λόγος γίνεται για την ακτινοβολία και τους κινδύνους της και επειδή στο WiFi έχουμε πομπούς και κεραίες, ας δούμε ποσοτικά ποια είναι τα **όρια ισχύος** για την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία .

5.5.1. Όρια ισχύος ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας

Έτσι λοιπόν ακτινοβολώντας πάνω σε ανθρώπινα ομοιώματα και μετρώντας την άνοδο της θερμοκρασίας που η ακτινοβολία προκαλούσε βρέθηκαν κάποια όρια για την πυκνότητα ισχύος (ένταση πεδίου) τα οποία αν τα υπερβούμε έχουμε **μη αντιστρεπτή μεταβολή** στα κύτταρα μας

Συγκεκριμένα έχουμε το όριο **πυκνότητας ισχύος** του **1mW/cm²**, όπου επιτρέπεται περιορισμένης χρονικής διάρκειας έκθεση και το όριο του **10mw/cm²**, όπου δεν επιτρέπεται καμία έκθεση.

Πολλές φορές τα όρια δίνονται σε μονάδες **έντασης ηλεκτρικού πεδίου** (volt/m). Τα δύο μεγέθη συσχετίζονται άμεσα με την ακόλουθη σχέση:

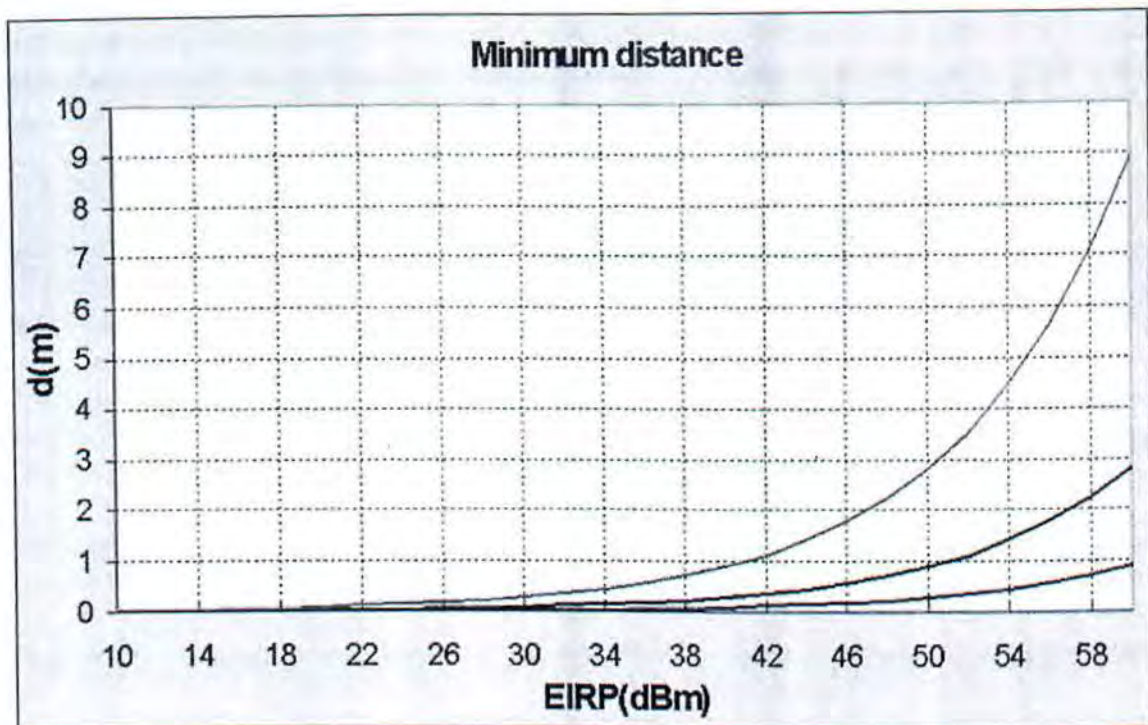
$$E = \sqrt{120 \pi S}$$

Τα όρια αυτά αν τα υπερβούμε έχουμε κάποια μεταβολή - καταστροφή ιστού - νευρώνων. Δεν έχουμε εγγύηση ότι αν είμαστε κάτω από αυτά τα όρια δεν έχουμε κάποιο πρόβλημα. Για την διερεύνηση των μακροχρόνιων επιπτώσεων απαραίτητη είναι επιδημιολογική έρευνα.

Στο παρακάτω σχήμα έχουμε συναρτήσει τις ισοδύναμα εκπεμπόμενης ισχύος (EIRP) την ελάχιστη απόσταση ασφαλείας. Δίνονται τρεις καμπύλες: Η κόκκινη αντιστοιχεί στο όριο των **10mw/cm²**, όπου έχουμε σοβαρές βλάβες ακόμα και για σύντομη έκθεση.

Η μπλε αντιστοιχεί στο όριο του **1mw/cm²**, όπου έχουμε βραχυχρόνιες επιπτώσεις των οποίων η έκταση ποικίλει από το χρόνο έκθεσης.

Η πράσινη αντιστοιχεί σε όριο **0.1mw/cm²**, όπου ισχύει σαν όριο όταν έχουμε ανοικτούς κυματοδηγούς και καλώδια τα οποία λειτουργούν σαν μικρές κεραίες. Αυτή την καμπύλη μπορούμε αυθαίρετα να θεωρήσουμε σαν όριο ασφαλείας για τις μακροχρόνιες επιπτώσεις έκθεσης σε ακτινοβολία. Στο σχήμα δεν φαίνεται εξάρτηση από τη συχνότητα γιατί έχουν ληφθεί υπόψη μόνο οι βραχυχρόνιες επιπτώσεις.



Παραδείγματα παίρνοντας όριο 1mw/cm²

Ένα κινητό GSM εκπέμπει 1 με 2 watt (όταν είναι μακριά από το σταθμό βάσης του) , άρα η απόσταση ασφαλείας είναι **10 cm** τουλάχιστον. Μία κεραία κινητής τηλεφωνίας στη χειρότερη περίπτωση έχει 40 watt ισχύ, με κέρδος κεραίας 10 db, άρα EIRP=400watt, άρα η ελάχιστη απόσταση είναι 2 μέτρα . Ένας πομπός ραδιοφώνου ή τηλεόρασης με ισχύ 30000 watt έχει ελάχιστη απόσταση 10μέτρα Ένα WiFi τερματικό, όπου η EIRP περιορίζεται εκ του νόμου στα 100 mW, έχει **απόσταση ασφαλείας τα 3 cm** .

Άρα ο γείτονας σας θα κινδυνεύσει από το WiFi , μόνο αν ακουμπήσει το κεφάλι του στη κεραία του WiFi (εξηγείστε του με επιχειρήματα ότι περισσότερο κινδυνεύει από το κινητό του) .

Επίσης για μία απόσταση **1 μέτρου** η ένταση πεδίου θα είναι **10000 φορές μικρότερη** από το όριο ασφαλείας και για μία απόσταση 10 μέτρων θα είναι 1000000 φορές μικρότερη . Συνεπώς μπορείτε άφοβα να τοποθετείται τις συσκευές σας, ακόμα και μέσα στο σπίτι, τηρώντας μόνο τον περιορισμό του **EIRP < 100 mW**

Μια συσκευή 100mw σε κεραία 20dBi θα έχει EIRP=40dBm, **άρα απόσταση ασφαλείας 0.3m.**

5.5.2. Επηηρεασμός διάδοσης από φυσικά εμπόδια

Μια άλλη φυσιολογική απορία είναι και το κατά ποσο δυσχεραίνουν την ασύρματη αυτή ζεύξη μας τυχόν εμπόδια που παρεμβάλλονται στο ενδιάμεσο.

Πόσο επηρεάζουν δηλαδή τα φυσικά εμπόδια πχ τα δέντρα αυτού του είδους τις ασύρματες επικοινωνίες;

Στους 2.4GHz το νερό μέσα και πάνω στα δέντρα απορροφά πολύ μεγάλο μέρος του σήματος (όπως επίσης οι άνθρωποι και το τσιμέντο καθώς ένα μεγάλο μέρος τους είναι νερό). Αν στήσεις το link σου μια στεγνή καλοκαιρινή μέρα και υπάρχουν δέντρα απέναντι που είναι επίσης στεγνά το link μπορεί να δουλεύει μια χαρά, αλλά το σήμα να εξαφανιστεί με την πρώτη βροχή. Ακόμα και η ομίχλη είναι πρόβλημα.

Ο μόνος τρόπος να γνωρίζεις κανείς αν το σήμα του επηρεάζεται από τα δέντρα και πόσο είναι να μετρήσει την ποιότητα του σήματος κατά τη διάρκεια μιας βροχής ή αμέσως μετά από αυτή. Ένας πρόχειρος κανόνας είναι **-3dB/m** για ένα στεγνό δάσος. Δεν είναι μόνο τα δέντρα που επηρεάζουν το σήμα. Η πρόβλεψη της διάδοσης των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων είναι ένα πολύ δύσκολο πρόβλημα.

5.6. Τύποι συσκευών για WiFi δικτύωση

Ορίζονται από το πρότυπο 802.11 οι εξής τύποι συσκευών:

Το σημείο πρόσβασης (Access Point) και ο ασύρματος σταθμός (wireless station). Και τα δύο μπορεί να είναι ένα PC ή Laptop ή κάποια συσκευή χειρός, εφοδιασμένα με την κατάλληλη κάρτα ή να είναι ξεχωριστή αυτόνομη συσκευή η οποία να επικοινωνεί με το PC με κάποιο τρόπο (Ethernet ή Usb).

Όταν λέμε ότι αυτή η συσκευή είναι σημείο πρόσβασης (AP) ή ασύρματος σταθμός (πελάτης), σημαίνει ότι έχει υλοποιημένες όλες τις αντίστοιχες λειτουργίες που προβλέπονται από το πρότυπο. Οι λειτουργίες που προβλέπονται για τον ασύρματο σταθμό είναι ένα υποσύνολο των λειτουργιών του AP.

Στη αγορά υπάρχουν συσκευές που μπορούν να λειτουργήσουν σαν AP, ή σαν ασύρματοι σταθμοί ή μας δίνουν τη δυνατότητα να επιλέξουμε έναν από τους δύο τρόπους.

5.6.1. Σημείο πρόσβασης (AP, Access Point)

Αναλαμβάνει τη λειτουργία της ραδιοεπικοινωνίας με τους ασύρματους σταθμούς στην κυψέλη. Λειτουργεί σαν σταθμός βάσης κάνοντας συγκέντρωση της κίνησης από τους ασύρματους σταθμούς και κατευθύνοντας την προς το υπόλοιπο δίκτυο και αναλαμβάνει τη μετάδοση πληροφορίας που προορίζεται από ένα ασύρματο σταθμό σε κάποιον άλλο, στην ίδια κυψέλη.

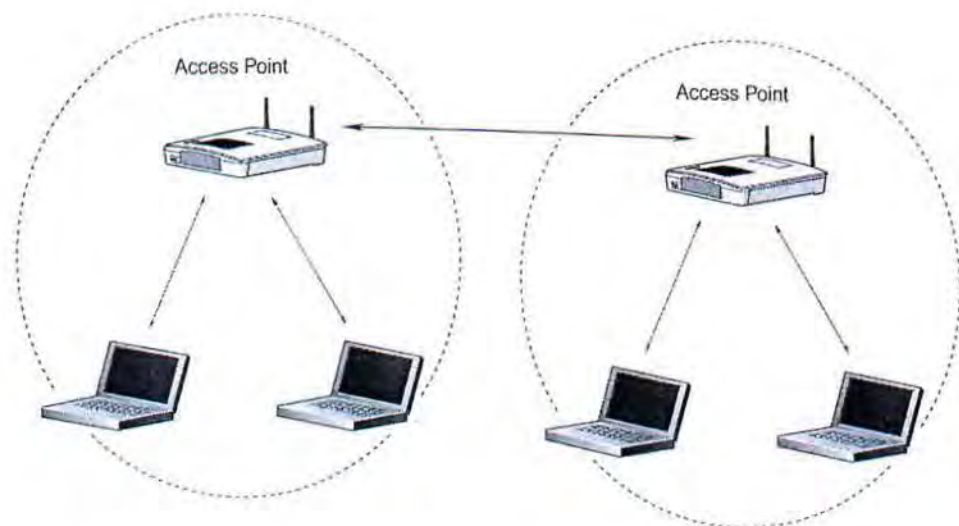
Άλλες λειτουργίες που αναλαμβάνει, είναι η αυθεντικοποίηση ενός καινούργιου σταθμού που ζητά πρόσβαση στο ασύρματο δίκτυο και η συσχέτιση μαζί του.

Συνήθως AP είναι εξωτερικές συσκευές, αλλά υπάρχει η δυνατότητα με χρήση λογισμικού να είναι και κάποια pci ή pcmcia κάρτα υπολογιστή. Οι λειτουργίες που εκτελούνται σε ένα AP είναι ένα υπερσύνολο των λειτουργιών που εκτελούνται σε έναν ασύρματο σταθμό.

Τα AP μπορούν να συνδεθούν μεταξύ τους με το σύστημα **WDS (Wireless Distribution System)**.

Σύμφωνα με το πρότυπο IEEE802.11 ορίζεται σαν σύστημα διανομής (Distribution System) το σύστημα το οποίο διασύνδεει τα AP των διαφόρων κυψελών, καθώς και με άλλα δίκτυα. Το σύστημα διανομής, είναι δηλαδή, υπεύθυνο για τη μεταφορά της πληροφορίας από μία κυψέλη σε μία άλλη ή προς άλλα δίκτυα. Μία μορφή που μπορεί να έχει το σύστημα διανομής είναι το WDS (Wireless Distribution System).

Το WDS είναι ένας τρόπος λειτουργίας του AP. Τα AP που μπορούν να υλοποιούν τη λειτουργία αυτή επικοινωνούν ασύρματα μεταξύ τους κατευθείαν και ταυτόχρονα, επικοινωνούν με τους ασύρματους σταθμούς πελάτες. Έτσι το βασικό χαρακτηριστικό είναι ότι μία μόνο συσκευή έχει δύο διαφορετικούς ρόλους.



5.6.1.1. Πλεονεκτήματα

Μειώνεται ο εξοπλισμός που απαιτείται, αφού δεν χρειάζεται επιπλέον εξοπλισμός για να συνδέσουμε τα AP μεταξύ τους. Η εγκατάσταση είναι γρήγορη και απλή. Οι συσκευές που υλοποιούν την δυνατότητα αυτή έχουν μικρό επιπλέον κόστος, αφού η λειτουργία αυτή μπορεί να υλοποιηθεί μόνο με λογισμικό. Το πρότυπο IEEE802.11 ήδη, προβλέπει την ανάπτυξη αυτής της δυνατότητας, χωρίς όμως να την περιγράφει-περιορίζει, αφήνοντας έτσι ελεύθερους τους κατασκευαστές να αναπτύξουν την δημιουργικότητα τους.

5.6.1.2 Μειονεκτήματα

Η συμβατότητα όσον αφορά το WDS δεν περιλαμβάνεται στις δοκιμές του WiFi. Κατά συνέπεια, η διαλειτουργικότητα δεν είναι εγγυημένη, για την ακρίβεια δεν υπάρχει εκτός από μεμονωμένες περιπτώσεις. Ο λόγος είναι ότι ο κάθε κατασκευαστής που το έχει ενσωματώσει στις συσκευές του έχει ακολουθήσει διαφορετική οδό για την υλοποίηση του

Επίσης, όσο μεγαλώνει η απόσταση τόσο πιο κατευθυντικές κεραίες χρειάζονται για τη διασύνδεση τους, άρα τόσο μειώνεται η κάλυψη που μπορούν να παρέχουν σαν AP. Τελικά, η συσκευή που έχει ενσωματωμένη λειτουργικότητα WDS, μοιράζει το διαθέσιμο εύρος για την επικοινωνία με τα άλλα AP, αλλά και με τους πελάτες.

5.6.2. Ασύρματος σταθμός

Αναλαμβάνει τη λειτουργία της ραδιοεπικοινωνίας με το AP της κυψέλης στην οποία βρίσκεται. Μπορεί να είναι pci, pcmcia, isa κάρτες σε ένα υπολογιστή, ή να πρόκειται για άλλου τύπου συσκευές, όπως τηλεφωνικές συσκευές με 802.11 λειτουργικότητα. Είναι απλούστεροι σε λειτουργικότητα από τους σταθμούς βάσης.

5.7. Τρόπος λειτουργίας των ασύρματων συνδέσεων

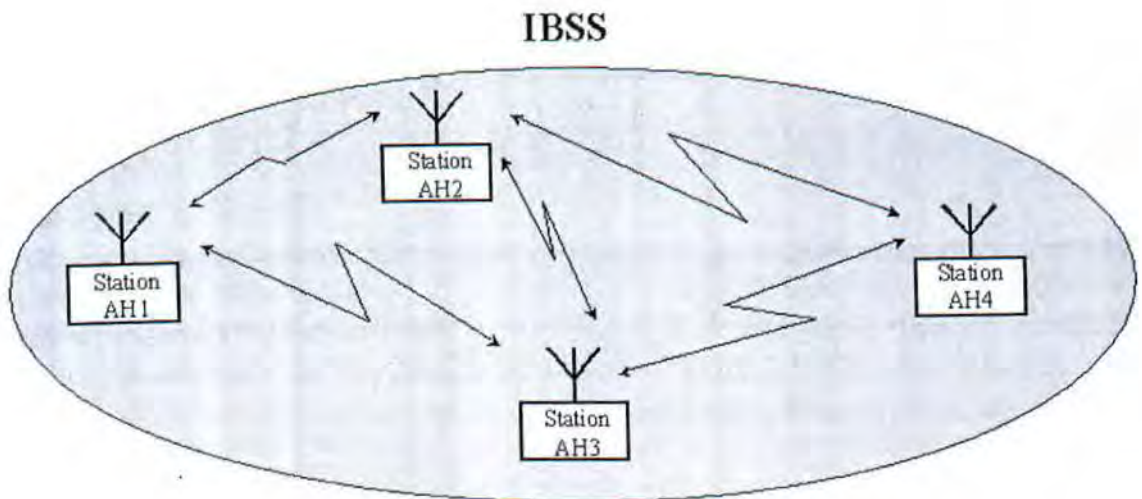
Η διάρθρωση ενός ασύρματου δικτύου IEEE 802.11 μπορεί να είναι πολύ απλή ως και αρκετά σύνθετη, έχοντας δυνατότητα για κλιμάκωση. Ορίζονται από το πρότυπο οι εξής τοπολογίες (και οι επακόλουθοι τρόποι λειτουργίας):

- Τοπολογία IBSS ή Ad-HOC
- Τοπολογία Infrastructure Mode
- Άλλοι τρόποι λειτουργίας

5.7.1. Τοπολογία IBSS ή Ad-HOC

IBSS, Independent Basic Service Set ή Peer-to-Peer ή Ad-Hoc.

Είναι η πιο βασική και η πιο απλή τοπολογία ασύρματης δικτύωσης. Οι ασύρματοι σταθμοί επικοινωνούν κατευθείαν μεταξύ τους, ένας προς έναν (peer to peer), χωρίς να υπάρχει κεντρικός σταθμός AP. Οι σταθμοί είναι ισότιμοι μεταξύ τους.



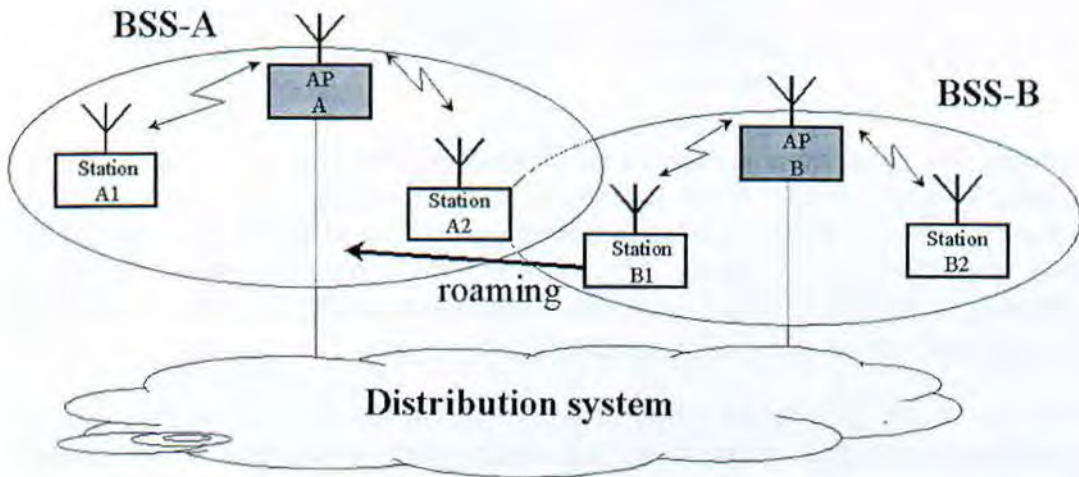
Βασικός περιορισμός είναι ότι θα πρέπει προκειμένου να γίνει επικοινωνία μεταξύ δύο σταθμών θα πρέπει να είναι ο ένας εντός της εμβέλειας του άλλου. Έτσι δεν υπάρχει η δυνατότητα μεταγωγής των δεδομένων μέσω ενός σταθμού προς κάποιον τρίτο, ώστε τα δεδομένα να περάσουν με διαφανή τρόπο από κάποιο σταθμό. Έχει βασικό λόγο ύπαρξης, την γρήγορη και εύκολη διάρθρωση ενός ασύρματου δικτύου στην περίπτωση που δεν υφίσταται ασύρματη υποδομή ή και δεν χρειάζεται ή για κάλυψη μικρών περιοχών.

Για παράδειγμα αν θέλουμε να διασυνδέσουμε δύο ή περισσότερους υπολογιστές σε ένα χώρο που δεν υπάρχει κάποια άλλη δομή ασύρματης δικτύωσης, ρυθμίζουμε τις αντίστοιχες ασύρματες κάρτες να εργάζονται σε Ad-Hoc τρόπο επικοινωνίας.

Σε αυτό τον τρόπο λειτουργίας μία συσκευή που θέλει να εκπέμψει, καταρχήν ελέγχει αν η ραδιοσυχνότητα είναι ελεύθερη. Αν είναι καταλυμένη περιμένει για κάποιο χρονικό διάστημα να ελευθερωθεί. Όταν βρει την ευκαιρία δοκιμάζει να εκπέμψει στέλνοντας πακέτα που περιέχουν την πληροφορία προς μετάδοση και επιπρόσθετη πληροφορία, όπως η διεύθυνση του παραλήπτη. Τα εκπεμπόμενα πακέτα τα ακούνε όλοι οι υπόλοιποι ασύρματοι σταθμοί. Αυτός που αναγνωρίζει τη δική του διεύθυνση σαν διεύθυνση παραλήπτη, παραλαμβάνει και επεξεργάζεται τα λαμβανόμενα πακέτα, οι υπόλοιποι απλά τα αγνοούν.

5.7.2. Τοπολογία Infrastructure Mode

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

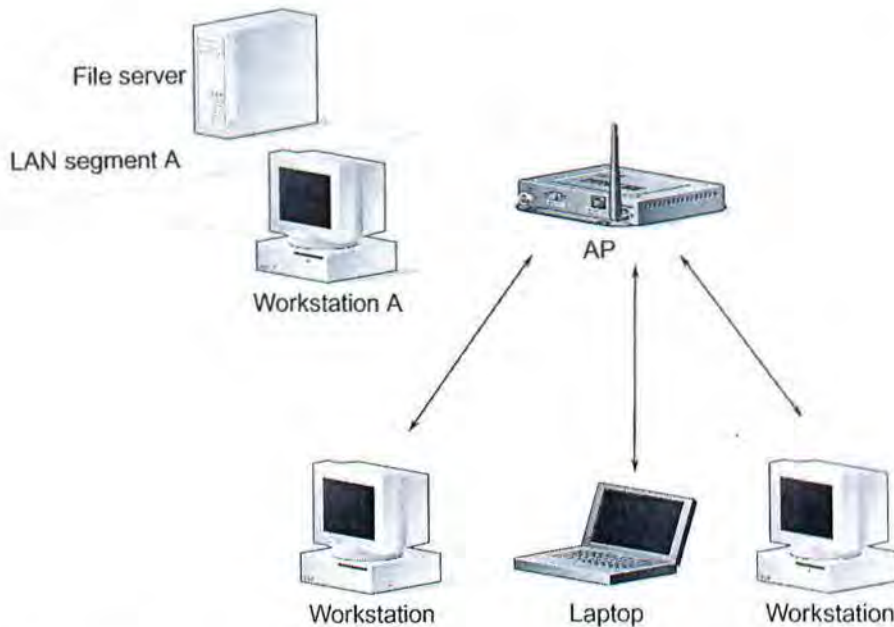


Δύο τύποι υπηρεσίας ορίζονται ανάλογα με τον αριθμό των AP, άρα και των κυψελών:

1. **Infrastructure Basic Service Set**
2. **ESS, Extended Service Set**

5.7.2.1. Infrastructure Basic Service Set

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



Με αυτό τον τρόπο δεν χρειάζεται οι σταθμοί να βρίσκονται ο ένας εντός της εμβέλειας των άλλων. Είναι αρκετό ο κάθε σταθμός να είναι εντός της εμβέλειας του AP. Έτσι η εμβέλεια, δηλαδή η μέγιστη απόσταση επικοινωνίας, είναι η διπλάσια από αυτήν στην Ad-Hoc τοπολογία και είναι δυνατή η επικοινωνία μεταξύ σταθμών που δεν βρίσκονται ο ένας εντός της εμβέλειας του άλλου.

Επίσης, το AP μπορεί να παρέχει και σύνδεση σε ένα σύστημα διανομής (Distribution System), το οποίο να παρέχει σύνδεση ανάμεσα στο AP και άλλα δίκτυα.

Έτσι, κάθε σταθμός έχει πρόσβαση σε οποιοδήποτε άλλον καθώς και στο σύστημα διανομής, εάν αυτό υπάρχει. Οι ασύρματοι σταθμοί που θα βρεθούν εντός της εμβέλειας του AP μπορούν να επικοινωνήσουν μεταξύ τους μέσω του AP ή και με το AP. Το AP παρέχει τη λειτουργία της μεταγωγής (relay) των πακέτων μεταξύ των ασύρματων σταθμών ή μεταξύ των ασύρματων σταθμών και του συστήματος διανομής. Μπορούμε να πούμε επομένως ότι το AP επιτελεί τις λειτουργίες γέφυρας (bridge).

Πόσους ασύρματους σταθμούς πρέπει να έχει ένα AP;

Ισοδύναμα το ερώτημα αφορά το πλήθος των ασύρματων συσκευών σε μια κυψέλη. Όσο περισσότερους πελάτες έχει ένα AP, τόσο ελαττώνεται ο ρυθμός μετάδοσης που μπορεί να έχει ο καθένας. Το συνολικό εύρος που έχει διαθέσιμο ένα AP έχει ανώτατο όριο και αυτό το εύρος πρέπει να το μοιραστούν οι πελάτες. Έτσι αν ένας πελάτης μόνο στέλνει και λαμβάνει δεδομένα με το AP, όλο το εύρος είναι διαθέσιμο σε αυτόν, αν δύο πελάτες θελήσουν να ανταλλάξουν δεδομένα το διαθέσιμο εύρος, αυτόματα μοιράζεται στους δύο.

Μάλιστα, το εύρος θα μοιραστεί στους χρήστες όχι όμως με ισοδύναμο τρόπο, αλλά ανάλογα με την ποιότητα ζεύξης που έχει ο καθένας με το AP. Έτσι κάποιος πελάτης που βρίσκεται πιο κοντά και μπορεί να επικοινωνεί

χρησιμοποιώντας ρυθμό 11Mbps θα πάρει περισσότερο εύρος από κάποιον που είναι σε μεγαλύτερη απόσταση και λειτουργεί με άλλο ρυθμό, π.χ 2Mbps. Επίσης, όσο αυξάνεται ο αριθμός των πελατών τόσο αυξάνεται και η πιθανότητα συγκρούσεων και άρα μειώνεται ο συνολικός ρυθμός μετάδοσης του συστήματος.

Από την άλλη πλευρά, αν έχουμε πολύ λίγους πελάτες σε ένα AP δεν το αξιοποιούμε πλήρως. Έτσι θα υπάρχουν μεγάλοι χρονικοί περίοδοι όπου το AP θα μπορεί να υποστηρίξει κάποιο ρυθμό αλλά οι υπάρχοντες χρήστες δεν θα το εκμεταλλεύονται. Αυτό, προφανώς, δεν είναι καθόλου αποδοτικό από οικονομική άποψη.

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

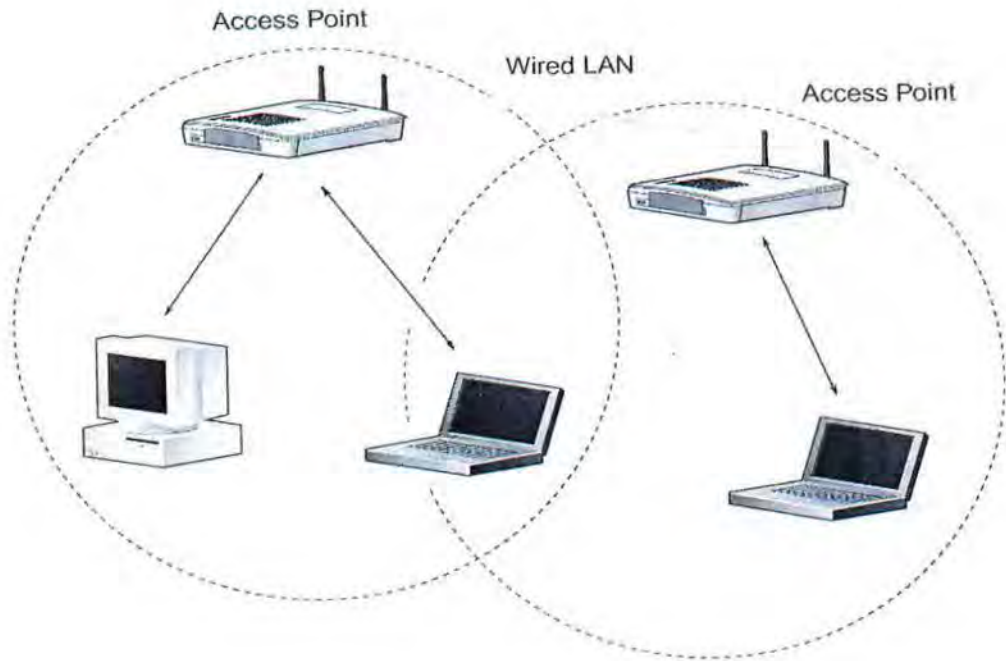
5.7.2.2. ESS, Extended Service Set

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

Ο σκοπός της τοπολογίας αυτής είναι να μεγαλώσει την εμβέλεια ασύρματης κάλυψης. Τέτοιες περιπτώσεις είναι για παράδειγμα, όταν ένα μόνο AP δεν μπορεί να καλύψει μια περιοχή ή ένα χώρο ή μπορεί να το καλύψει αλλά όχι με επαρκή ποιότητα. Σε μια τέτοια περίπτωση εγκαθιστούμε έναν αριθμό από AP σε κατάλληλα επιλεγμένα σημεία, ώστε να καλύψουμε όλους τους χώρους με ικανοποιητική ποιότητα και στη συνέχεια διασυνδέουμε τα AP μεταξύ τους.

Μία τέτοια περίπτωση είναι η κάλυψη των χώρων ενός κτιρίου. Ανάλογα με την τοπολογία του, θα χρειαστεί να εγκατασταθεί ένα AP ανά όροφο ή ίσως και ανά αίθουσα. Τα AP μπορεί να είναι διασυνδεδεμένα σε ένα απλό ενσύρματο ethernet δίκτυο.

Σε αυτή την κυψελοειδή δομή δικτύου, ένας ασύρματος σταθμός μπορεί να μετακινείται από τη μία κυψέλη στην άλλη, χωρίς να χάνει τη διασύνδεση του. Αυτή η δυνατότητα ονομάζεται περιαγωγή.



DS, Distribution System ορίζεται επίσης σαν σύστημα διανομής. Είναι το δίκτυο το οποίο συνδέει τα AP μεταξύ τους καθώς και με τα υπόλοιπα δίκτυα. Το πρότυπο 802.11 δεν ορίζει τη μορφή του, έτσι μπορεί να είναι ένα ενσύρματο δίκτυο ethernet 803.2, κάποιο ασύρματο ειδικής μορφής είτε μπορεί και να είναι και ασύρματο 802.11, Ad-Hoc ή κάποια άλλη τεχνολογία.

Προφανώς, ένα ασύρματο δίκτυο μπορεί να περιλαμβάνει ένα οποιαδήποτε συνδυασμό από τις παραπάνω τοπολογίες. Η πολύ μεγάλη ευελιξία στη σχεδίαση είναι ένα από τα βασικά πλεονεκτήματα της συγκεκριμένης τεχνολογίας.

5.7.2.3. Άλλοι τρόποι λειτουργίας

Εκτός των Ad-Hoc και infrastructure που περιγράφονται από το πρότυπο IEEE 802.11, υπάρχει και ένας αριθμός από τρόπους λειτουργίας εκτός προτύπου. Οι τρόποι αυτοί έχουν υλοποιηθεί από τους κατασκευαστές στα προϊόντα τους, προκειμένου να αυξήσουν την ευελιξία στη σχεδίαση ενός ασύρματου δικτύου και να δώσουν περισσότερες δυνατότητες. Με αυτόν τον τρόπο προσπαθούν να κάνουν τα προϊόντα τους πιο ελκυστικά στον καταναλωτή.

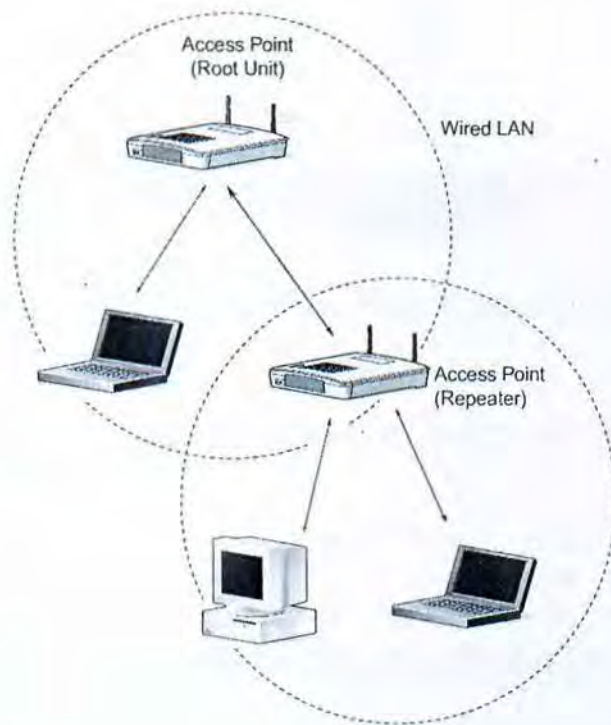
Από την άλλη πλευρά, αυτοί οι τρόποι λειτουργίας λειτουργούν συνήθως μόνο μεταξύ συσκευών του ίδιου κατασκευαστή, περιορίζοντας έτσι τον καταναλωτή να αγοράσει εξοπλισμό από ένα κατασκευαστή.

5.7.2.3.1. Επαναλήπτης (Repeater)

Οι συσκευές που μπορούν να λειτουργήσουν με αυτό τον τρόπο χρησιμοποιούνται για να αυξήσουν την κάλυψη από ένα AP. Ο αναμεταδότης είναι ένας φτηνός και απλός τρόπος να αυξήσουμε την κάλυψη από ένα σημείο πρόσβασης.

Στο σχήμα εικονίζεται ένας ασύρματος σταθμός ο οποίος είναι εκτός της εμβέλειας του AP. Ο αναμεταδότης λαμβάνει το σήμα από το AP και το επανεκπέμπει ενισχυμένο. Έτσι, ο ασύρματος σταθμός δέχεται επαρκές σήμα ώστε να λειτουργήσει ικανοποιητικά. Αντίστοιχα, το εκπεμπόμενο σήμα από τον σταθμό λαμβάνεται από τον αναμεταδότη και επανεκπέμπεται ενισχυμένο προς το AP.

Το μειονέκτημα των συσκευών αυτών είναι ότι δεν υπάρχει συμβατότητα ανάμεσα στις διάφορες υλοποιήσεις από διαφορετικούς κατασκευαστές και ότι το εύρος μειώνεται στο μισό αφού ο αναμεταδότης πρέπει να μοιράσει το χρόνο του για λήψη και επανεκπομπή της ίδιας πληροφορίας.

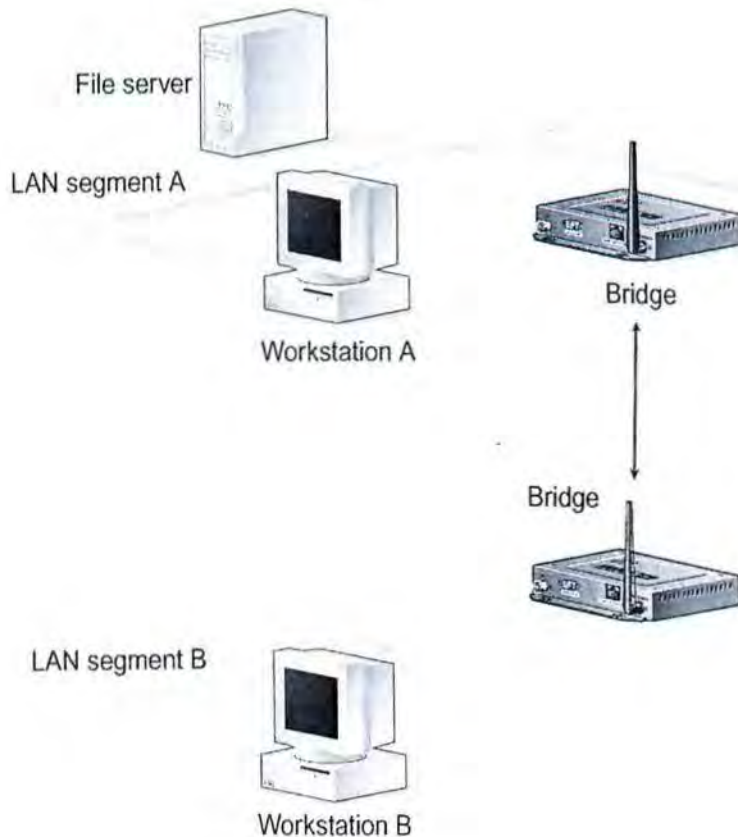


5.7.2.3.2. Γέφυρα (Bridge)

Υπάρχουν στην αγορά προϊόντα τα οποία προσφέρουν την λειτουργία της ασύρματης γεφύρωσης. Τα προϊόντα αυτά προσφέρουν ασύρματη σύνδεση σημείου προς σημείο και επιτρέπουν τη γεφύρωση δύο τοπικών δικτύων LAN, τα οποία δεν μπορούν να διασυνδεθούν με άλλο τρόπο. Έτσι στο παρακάτω

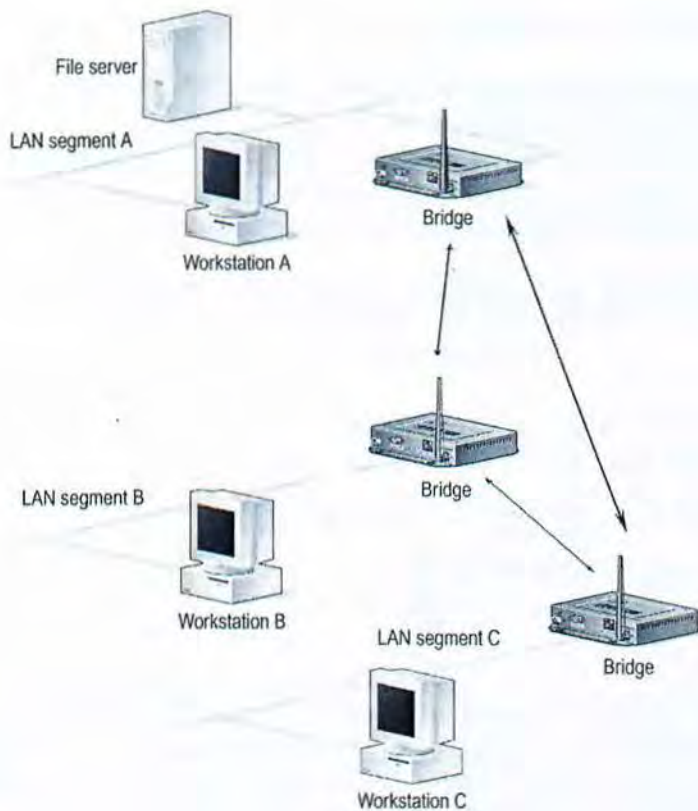
σχήμα οι υπολογιστές που βρίσκονται στο πρώτο LAN τμήμα θα μπορούν να επικοινωνήσουν με τους υπολογιστές του δεύτερου, ακριβώς σαν να βρίσκονταν στο ίδιο τοπικό δίκτυο.

Το είδος αυτό ασύρματης δικτύωσης, δεν είναι μέρος του επίσημου προτύπου 802.11 και ως εκ τούτου δεν υπάρχει συμβατότητα μεταξύ συσκευών που το υλοποιούν και είναι διαφορετικού κατασκευαστή. Ο χρήστης είναι αναγκασμένος να προμηθευτεί ολόκληρο τον εξοπλισμό του από ένα κατασκευαστή.



Γέφυρα σημείου προς πολλά σημεία (Bridge point to multipoint)

Παρόμοια με την προηγούμενη λειτουργία, μερικοί κατασκευαστές υλοποιούν τη λειτουργία της ασύρματης γεφύρωσης, ανάμεσα σε περισσότερες από δύο συσκευές. Ισχύει πάλι, ότι δεν υπάρχει συμβατότητα ανάμεσα σε συσκευές διαφορετικών κατασκευαστών.



5.8. Απαραίτητος εξοπλισμός σε κόμβο πελάτη ενός ασύρματου δικτύου.

Σίγουρα πολλοί θα αναρωτιούνται τι εξοπλισμό πρέπει να διαθέτουν για ένα τέτοιο επιχείρημα.

Επομένως τι χρειαζόμαστε ώστε να γίνω μέλος (κόμβος πελάτη) σε ένα ασύρματο δίκτυο?

Λοιπόν ένας πελάτης (client) σε ένα ασύρματο δίκτυο λειτουργεί περίπου όπως ένας χρήστης μιας σύνδεσης Internet. Για να συνδεθεί στο δίκτυο θα πρέπει να "στοχεύσει" με την Κεραία του σε έναν Κόμβο Δικτύου, κάτι ανάλογο με το να καλέσει τον τηλ. Αριθμό του Παροχέα Internet (ISP). Εφόσον είστε πελάτης (ανήκετε στον Κόμβο Πελάτη) δεν θα παρέχετε πρόσβαση σε άλλους δηλαδή δεν θα μπορούνε να συνδεθούνε στο δίκτυο άλλοι "στοχεύοντας" εσάς. Για να γίνει αυτό, πρέπει να γίνετε μέλος στον Κόμβο Δικτύου.

Βασικό στάδιο στην υλοποίηση ενός ασύρματου δικτύου είναι η επιλογή του εξοπλισμού. Ο εξοπλισμός θα πρέπει να ανταποκρίνεται στις ανάγκες της υλοποίησης, να ακολουθεί τους κανονισμούς, να τηρεί κάποιες προδιαγραφές, ενώ παράλληλα να έχει ένα λογικό κόστος.

Τα βασικά δομικά στοιχεία ενός ασύρματου συστήματος είναι η ασύρματη συσκευή και το αντίστοιχο κεραιοσύστημα. Υπάρχει μεγάλη ποικιλία συσκευών και κεραιών διαφόρων τύπων με διαφορετικές προδιαγραφές, ποιότητα κατασκευής και κόστος, η σωστή επιλογή ανάμεσα τους απαιτεί στοιχειώδη τουλάχιστον γνώση των χαρακτηριστικών τους.

Το παρακάτω σχήμα δείχνει ένα απλοποιημένο λειτουργικό διάγραμμα ενός ασύρματου συστήματος.



Στην κατεύθυνση της λήψης η κεραία συλλαμβάνει το ηλεκτρομαγνητικό κύμα, το μετατρέπει σε ηλεκτρικό και διαμέσου κατάλληλου καλωδίου το μεταφέρει στο δέκτη. Εκεί γίνεται ενίσχυση του σήματος, φιλτράρισμα του ώστε να απορριφθούν τα γειτονικά κανάλια και αποδιαμόρφωση του.

Το ανακτώμενο ψηφιακό σήμα οδηγείται μέσω κατάλληλης διεπαφής προς τον υπολογιστή μας.

Στην κατεύθυνση της εκπομπής το σήμα πληροφορίας μεταφέρεται στην ασύρματη συσκευή, όπου διαμορφώνεται στο κατάλληλο RF σήμα. Αυτό οδηγείται στην κεραία όπου και εκπέμπεται με τη μορφή ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων στο χώρο.

Πριν γίνει η εγκατάσταση ενός ασύρματου δικτύου WLAN, θα πρέπει να γνωρίζουμε τις δυνατότητες και τους περιορισμούς του εξοπλισμού που θα χρησιμοποιήσουμε. Ένας εμπειρικός κανόνας είναι να επιλέγονται συσκευές ίδιου κατασκευαστή, κάτι που μειώνει τον κίνδυνο να παρουσιαστούν ασυμβατότητες.

Αφού έχουμε στην κατοχή μας τον εξοπλισμό, θα πρέπει:

- Να επιλέξουμε τα σημεία όπου θα τοποθετήσουμε το ή τα σημεία πρόσβασης (βάση της περιοχής που θέλουμε να καλύψουμε και τις ιδιομορφίες του χώρου).
- Να συνδέσουμε και να ρυθμίσουμε το σημείο πρόσβασης στο υπάρχον δίκτυο.
- Να ρυθμίσουμε και να συνδέσουμε τις ασύρματες συσκευές στο AP
- Προαιρετικά μπορούμε να ασφαλίσουμε την ασύρματη σύνδεση ενεργοποιώντας την προστασία της.

Λόγω του ότι θα έχετε τη δυνατότητα να είστε συνδεδεμένοι 24 ώρες το 24ωρο στο δίκτυο θα μπορείτε να φιλοξενείτε διάφορες υπηρεσίες όπως game servers-ftp servers-audio/video streaming κλπ.

Για να γίνει λοιπόν κάποιος μέλος (δηλαδή να ανήκει στον κόμβο πελάτη ενός ασύρματου δικτύου) χρειάζεται ένα κατευθυντικό Interface που για να το φτιάξει έχει δύο επιλογές:

Ετσι λοιπόν αναλογα με τις **λειτουργίες** υπάρχουν αυτόνομες συσκευές που έχουν τη λειτουργικότητα ενός σημείου πρόσβασης, άλλες που έχουν αυτή ενός ασύρματου σταθμού. Επίσης κάποιες μας δίνουν την δυνατότητα επιλογής του τρόπου λειτουργίας και κάποιες ενσωματώνουν επιπρόσθετους τρόπους λειτουργίας όπως αυτές του επαναλήπτη (repeater) ή της ασύρματης γέφυρας (bridge). Είναι σημαντικό να θυμόμαστε ότι οι τρόποι λειτουργίας που υπόσχονται οι κατασκευαστές και είναι εκτός προτύπου δουλεύουν μόνο μεταξύ προϊόντων του ίδιου κατασκευαστή και κατά συνέπεια δεν θα πρέπει να αποτελούν κριτήριο για την επιλογή μας. Οι ασύρματες κάρτες από την άλλη πλευρά υλοποιούν μόνο τη λειτουργία του ασύρματου σταθμού. Εξαιρέση αποτελούν οι κάρτες που φέρουν Prism chipset, οι οποίες σε λειτουργικό Linux με χρήση κατάλληλων οδηγών μπορούν να λειτουργήσουν και σαν σημείο πρόσβασης (AP).

Διαφοροποίηση υπάρχει στις συσκευές ανάλογα με την **χρήση** δηλαδή το αν προορίζονται για εσωτερική ή εξωτερική χρήση. Αυτές για χρήση σε εξωτερικούς χώρους έχουν μεγαλύτερες ανοχές για τη θερμοκρασία λειτουργίας, μπορούν να δουλέψουν σε αντίξοο περιβάλλον, αλλά έχουν αρκετά υψηλότερη τιμή.

Οι συσκευές του εμπορίου ποικίλουν όσον αφορά τις **δυνατότητες** τους. Μερικές δυνατότητες μπορεί να είναι η ρύθμιση της ισχύος εκπομπής, η μέτρηση της στάθμης λήψης και του θορύβου, η ενσωμάτωση επιπλέον λειτουργιών ασφαλείας, η λήψη στατιστικών κ.α.

Η διαχείριση τους μπορεί να γίνει μέσω web διεπαφής, με telnet, με snmp, με κάποιο χρηστικό πρόγραμμα από τον κατασκευαστή.

Το **κόστος** παίζει και αυτό από μόνο του ένα μεγάλο ρολό. Η τιμή ενός σημείου πρόσβασης είναι ανώτερη ενός ασύρματου σταθμού και μπορεί να είναι από 100 ως 1000 ευρώ. Η τιμή μιας απλής ασύρματης κάρτας μπορεί να είναι από 50 ως 150 ευρώ.

Σαν πρώτες προτεραιότητες στις επιλογές μας βάζουμε την ασφάλεια και την τήρηση των κανονισμών. Η ζώνη μπορεί να είναι ελεύθερη αλλά διατηρούμε το δικαίωμα χρήσης της μόνο εφόσον συμμορφωνόμαστε με το κανονιστικό πλαίσιο χρήσης της.

Τηρούμε ευλαβικά τους κανόνες καλής σχεδίασης ραδιοδικτύου. Εκπέμπουμε μόνο προς την περιοχή που θέλουμε να καλύψουμε, χρησιμοποιούμε κατάλληλες και καλής ποιότητας κεραίες με μικρούς παρασιτικούς λοβούς και ποιοτικές συσκευές και το κυριότερο εκπέμπουμε μόνο τόσο όσο χρειάζεται.

Σεβόμαστε το πόρο που λέγεται ραδιοφάσμα προσπαθώντας να κάνουμε τη δουλειά μας, χωρίς να παρενοχλούμε τους άλλους και ρυπαίνοντας όσο το δυνατό λιγότερο τις ραδιοσυχνότητες.

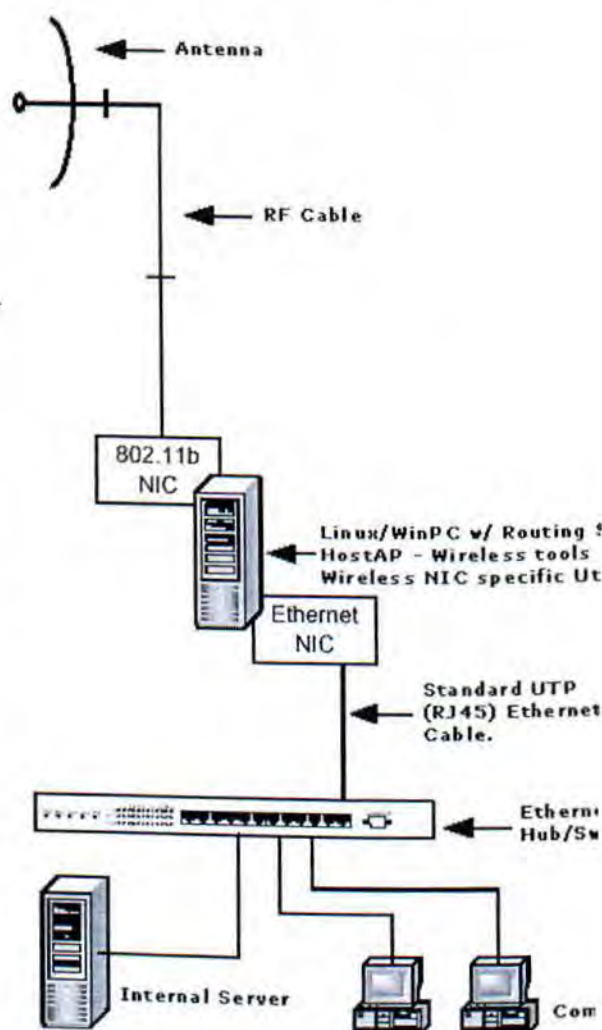
5.8.1. Με Ασύρματη Κάρτα Δικτύου

- Εδώ χρειάζεται μία Ασύρματη Κάρτα Δικτύου που να λειτουργεί στο πρωτόκολλο IEEE 802.11b και να υποστηρίζει την σύνδεση εξωτερικής Κεραίας.
- Ένα PigTail.
- Μία Κατευθυντική Κεραία.
- Τα απαραίτητα Καλώδια σύνδεσης.

Αν χρειαστεί να τοποθετηθεί Κεραία στην ταράτσα του σπιτιού /πολυκατοικίας σας και εσείς μένετε σε διαμέρισμα μακριά από αυτήν (πχ μένετε στον 3ο όροφο διαόροφης πολυκατοικίας), στην περίπτωση της Ασύρματης Κάρτας Δικτύου, θα χρειαστεί να ξοδέψετε αρκετά χρήματα σε Καλώδια και θα έχετε απώλειες και στο σήμα. Αντιθέτως, η λύση μιας Εξωτερικής Συσκευής Ασύρματου Δικτύου είναι πιο οικονομική και αποδοτική για την περίπτωσή σας, καθώς μπορεί να τοποθετηθεί στην ταράτσα και η επικοινωνία με τον υπολογιστή σας να γίνεται με φτηνά καλώδια UTP ή FTP με χρήση Ethernet που δεν έχει σημαντικές απώλειες.

Υλοποίηση με ασύρματη κάρτα

Ένας υπολογιστής σε Windows, Linux, BSD λειτουργικό φιλοξενεί την



ασύρματη κάρτα, αναλαμβάνοντας και κάποιες επιπρόσθετες λειτουργίες όπως για παράδειγμα δρομολόγηση, firewalling, και διάφορες υπηρεσίες όπως web hosting, ftp server κ.α.

Το τοπικό ενσύρματο δίκτυο μέσω του υπολογιστή αυτού έχει πρόσβαση στο ασύρματο δίκτυο. Φυσικά, η πιο απλή υλοποίηση θα περιλάμβανε τον υπολογιστή μας εφοδιασμένο με μια ασύρματη κάρτα.

5.8.2. Με Εξωτερική Συσκευή Ασύρματου Δικτύου

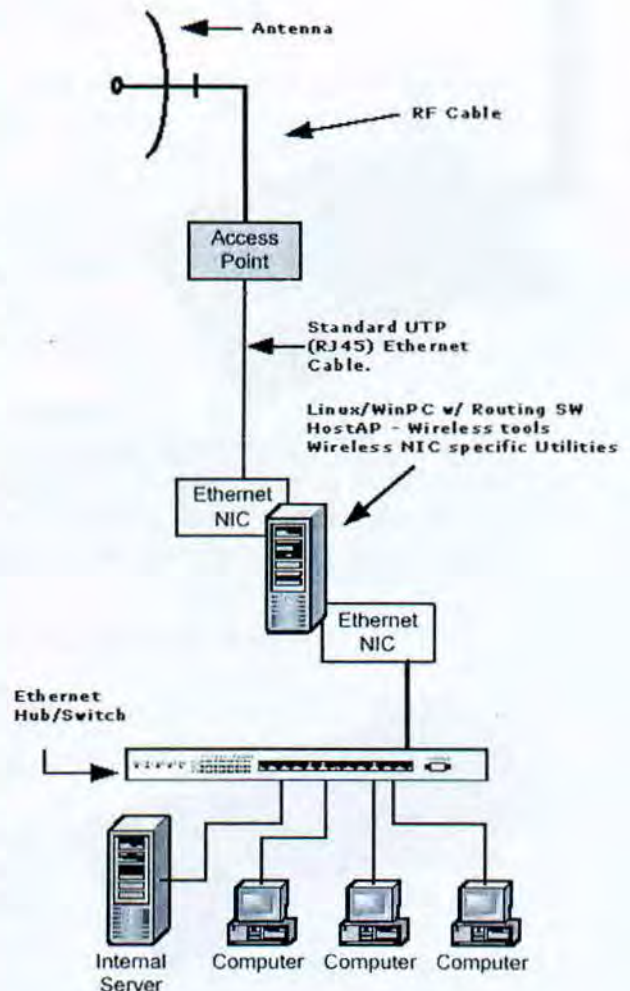
- Μία Εξωτερική Συσκευή Ασύρματου Δικτύου που να λειτουργεί στο πρωτόκολλο IEEE 802.11g και να υποστηρίζει την σύνδεση εξωτερικής Κεραίας.
- Ένα PigTail.
- Μία Κατευθυντική Κεραία.
- UTP καλώδιο.
- Ethernet Κάρτα Δικτύου

IEEE (Eye-triple-E): Institute of Electrical and Electronics Engineers (Ινστιτούτο Ηλεκτρολόγων και Ηλεκτρονικών Μηχανικών).

Είναι ένας μη κερδοσκοπικός οργανισμός που ασχολείται και με την προτυποποίηση τεχνικών μέσων και τεχνολογιών.

Υλοποίηση με αυτόνομη συσκευή

Η ίδια περίπτωση με πριν με τη διαφορά ότι τη λειτουργία της ασύρματης σύνδεσης την αναλαμβάνει εξωτερική συσκευή η οποία συνδέεται με ethernet στον υπολογιστή μας.



Ετσι λοιπόν αφού ανέφερα επιγραμματικά αυτά που χρειάζομαι στην συνέχεια θα ακολουθήσει και μια περαιτέρω επεξήγηση των όρων αυτών αλλά και του τρόπου υλοποίησής τους.

5.9. Ασύρματες κάρτες δικτύου

Για αρχή λοιπόν θα αναφερθώ στις...

Ασύρματες Κάρτες Δικτύου, για client χρήση, που χρησιμοποιούμε (εσωτερικές ή εξωτερικές) και μπορεί να είναι είτε pci ή pcmcia ή usb. Οι κάρτες αυτές είναι υπεύθυνες για την μετατροπή του ηλεκτρομαγνητικού κύματος σε ψηφιακό

Συνήθως, οι usb (εξωτερικές) κάρτες δεν έχουν δυνατότητα σύνδεσης με εξωτερική κεραία γι' αυτό δεν τις λαμβάνουμε υπόψη. Επομένως, θα χρησιμοποιήσουμε είτε pci είτε pcmcia. Οι pcmcia, είναι κάρτες που χρησιμοποιούνται σε φορητούς υπολογιστές και για την τοποθέτησή τους σε προσωπικό υπολογιστή (desktop) χρειάζεται ειδικός προσαρμογέας (adaptor).

Η πλειοψηφία των καρτών που κυκλοφορούν στο εμπόριο σήμερα είναι pcmcia, ενώ το κόστος τους μαζί με τον αντίστοιχο προσαρμογέα (adaptor) δεν ξεπερνά το κόστος μιας αντίστοιχης pci κάρτας. Η κάθε κάρτα επίσης έχει μία ισχύ εξόδου η οποία δίνεται από τον κατασκευαστή και δηλώνεται είτε σε mW είτε σε dBm (ενδεικτικά: 100mW = 20dbm).

Μερικές κάρτες οι οποίες έχουν το chipset Prism 2 ή 2.5 και με τη βοήθεια του κατάλληλου λογισμικού (Linux, HostAp), μπορούν να μετατραπούν σε AccessPoint, άρα η επιλογή τους ίσως είναι ιδανική για κάποιον που σκέφτεται να μεταπηδήσει αργότερα από client σε AccessPoint. Τέτοιες κάρτες είναι οι Senao, Engenius κ.α

Δίπλα στην εικόνα βλέπουμε μια τυπική ασύρματη κάρτα δικτύου για φορητούς υπολογιστές (laptops).

Έτσι λοιπόν αν θελήσουμε να συνδέσουμε 2 υπολογιστές που βρίσκονται σε κοντινή απόσταση δηλαδή μερικών μέτρων ή ένα-δυο ορόφων συνήθως η ενσωματωμένη κεραία στη κάρτα είναι επαρκή .



5.9.1. Εγκατάσταση Ασύρματης PCMCIA κάρτας σε WinXP

Τοποθέτηση της κάρτας στο φορητό υπολογιστή

- Σιγουρευτείτε ότι ο υπολογιστής είναι κλειστός.
- Τοποθετήστε την κάρτα δικτύου μέσα σε μία από τις δύο PCMCIA θύρες στην δεξιά ή την αριστερή πλευρά του υπολογιστή.



Μπορεί να χρειαστεί να αφαιρέσετε κάποιο κάλυμμα ή κάποια υπάρχουσα ψεύτικη κάρτα η οποία θα είναι ήδη μέσα στην θύρα. Για να το κάνετε αυτό πατήστε το κουμπί που υπάρχει ακριβώς δίπλα ή ξεκολλήστε το κάλυμμα.

Η κάρτα πρέπει να μπει στην θύρα με σχετική ευκολία και δεν πρέπει να την πιέσετε. Ένα μικρό μέρος της θα μείνει εκτός της θύρας. Πρέπει να τοποθετηθεί με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε το λογότυπο του κατασκευαστή να είναι στην πάνω μεριά.

Θύρα τοποθέτησης της ασύρματης κάρτας.

Είστε έτοιμοι να θέσετε σε λειτουργία τον υπολογιστή και να προχωρήσετε στην εγκατάσταση του λογισμικού.

5.9.2. Εγκατάσταση λογισμικού της ασύρματης κάρτας

Σημείωση: Οι παρακάτω οδηγίες έχουν δοκιμαστεί πάνω σε Cisco Aironet 350 series Wireless LAN Adapter και σε Lucent Technologies Orinoco 11 Mbit/s Fixed Wireless Gold κάρτα.

- Σιγουρευτείτε ότι έχετε εγκαταστήσει σωστά την κάρτα και ότι είστε μέσα στην περιοχή κάλυψης του δικτύου.
- Εκκινήστε τα Windows XP.

Η επιφάνεια εργασίας θα εμφανιστεί. Σύντομα θα εμφανιστεί μήνυμα στην δεξιά κάτω μεριά της οθόνης που θα σας ενημερώνει ότι βρέθηκε καινούργιο υλικό αναφέροντας την κάρτα που έχετε εισάγει.



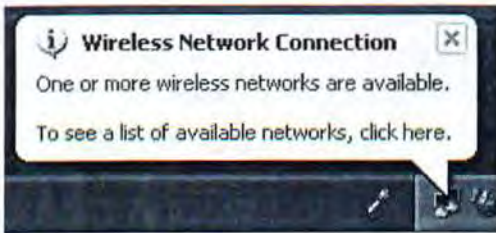
Εύρεση Νέου Υλικού

Μετά από μερικά δευτερόλεπτα και πάλι χωρίς να χρειαστεί να κάνετε κάποια κίνηση, θα εμφανιστεί άλλο ένα μήνυμα το οποίο θα σας ενημερώνει ότι φορτώνονται οι οδηγί της συσκευής, και όταν ολοκληρωθεί η διαδικασία επιτυχώς θα εμφανιστεί το παρακάτω παράθυρο.



Επιτυχή εγκατάσταση νέου υλικού

Από την στιγμή που θα έχει ενεργοποιηθεί η συσκευή ένα παράθυρο θα εμφανιστεί πάλι κάτω δεξιά της οθόνης, με την ένδειξη "Wireless Network Connection. One or more wireless networks are available..." ενημερώνοντας σας ότι υπάρχει κάποιο ασύρματο δίκτυο στην περιοχή. Κάντε κλικ εκεί που λέει "click here"



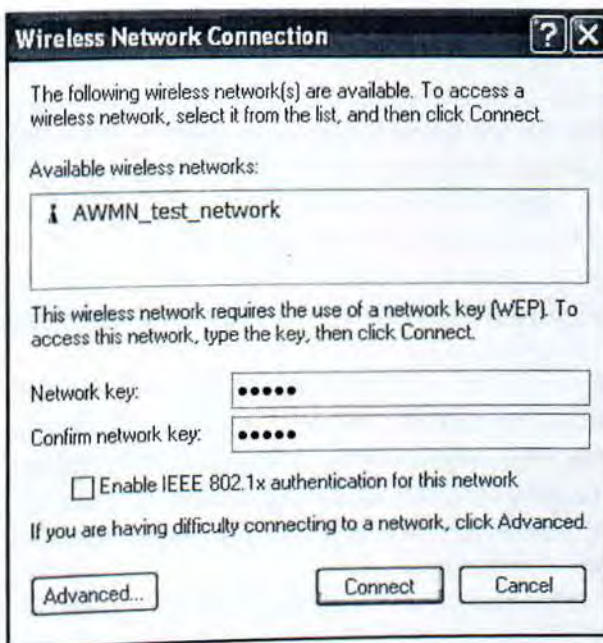
Pop-up Ασύρματης Σύνδεσης Δικτύου

Θα εμφανιστεί κάτω δεξιά της οθόνης ένα πλαίσιο όπου θα εμφανίζονται δύο επιλογές. Επιλέγουμε το "View Available Wireless Networks"



Εμφάνιση των διαθέσιμων ασύρματων δικτύων

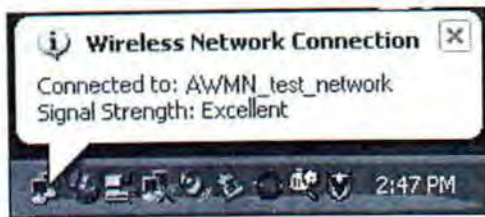
Επιλέξτε το δίκτυο που θέλετε να συνδεθείτε από την διαθέσιμη λίστα και στο πεδίο "Network key" βάλτε το κλειδί – κωδικό που σας έχει δοθεί σε περίπτωση που έχει ενεργοποιηθεί η προστασία της σύνδεσης. Επαναλάβετε τον κωδικό. Τις περισσότερες φορές αυτά είναι τα βήματα που αρκούν για να συνδεθείτε, οπότε πατάτε το κουμπί "Connect" χωρίς να επιλέξετε κάποια άλλη επιλογή.



Παράθυρο Ασύρματης Σύνδεσης
Του Δικτύου (σχήμα αριστερα)

Αν όλα τα βήματα έχουν εκτελεστεί επιτυχώς το επόμενο pop-up μήνυμα θα εμφανιστεί στο κάτω δεξιά μέρος της οθόνης (δείτε το σχήμα) — "Connected"

το: Όνομα του δικτύου" καθώς και την ισχύ του σήματος "signal strength:". Αν η ισχύ είναι χαμηλή δεν είναι ένδειξη λάθους εγκατάστασης. Προσπαθήστε να μετακινηθείτε σε διαφορετική τοποθεσία μέχρι να βελτιωθεί το σήμα.



Σχήμα: Pop-up Ασύρματης Σύνδεσης Δικτύου

5.10. Είδη κεραιών για επέκταση εμβέλειας του ασυρμάτου δικτύου.

Λίγοι από μας όμως που τους αρέσει σαν hobby να παίζουν με τα ασύρματα δίκτυα μπορούν να περιοριστούν στα όρια της εμβέλειας της κεραίας της κάρτας δικτύου.

Ο ρόλος της κεραίας είναι να μετατρέπει τα ηλεκτρικά σήματα σε ραδιοκύματα στην περίπτωση της εκπομπής και το αντίστροφο στην κατεύθυνση της λήψης.

5.10.1. Κατηγορίες κεραιών.

Στην περίπτωση της κάλυψης σε εσωτερικούς χώρους ή σε μικρές αποστάσεις η κεραία είναι ενσωματωμένη στην συσκευή, όπως συμβαίνει στις περισσότερες ασύρματες συσκευές. Στις περισσότερες μάλιστα συσκευές υπάρχουν δύο τέτοιες κεραίες ώστε να αντιμετωπίζονται το φαινόμενο των ανακλάσεων που είναι έντονο σε εσωτερικούς χώρους.

Αντίθετα σε περιπτώσεις κάλυψης εξωτερικών χώρων ή σε περιπτώσεις που θέλουμε να αυξήσουμε την εμβέλεια χρησιμοποιούμε εξωτερικές κεραίες. Αυτές έχουν την ιδιότητα να συγκεντρώνουν την ακτινοβολία σε συγκεκριμένες κατευθύνσεις.

Να σημειωθεί ότι η προσθήκη εξωτερικής κεραίας σε μια συσκευή, αυτόματα αλλάζει τα χαρακτηριστικά εκπομπής της, αφαιρώντας της την πιστοποίηση καταλληλότητας. Έτσι τούτο πρέπει να γίνεται σε εξοπλισμό που προβλέπει την προσθήκη εξωτερικής κεραίας και λαμβάνοντας υπόψη το ρυθμιστικό πλαίσιο, αλλά και τους κανόνες καλής σχεδίασης.

Σε αντίθετη περίπτωση παραβαίνουμε τον κανόνα χρήσης της ζώνης συχνοτήτων ISM.

Ανάλογα με το εύρος γωνιών στο οποίο εκπέμπουν οι κεραίες χωρίζονται σε κάποιους βασικούς τύπους. Μια κατευθυντική κεραία συγκεντρώνει την

εκπομπή της σε μια κατεύθυνση, έχοντας εύρος του κύριου λοβού ακτινοβολίας λίγες μοίρες, παρέχοντας έτσι μεγάλο κέρδος και δίνοντας την δυνατότητα για πραγματοποίηση ζεύξεων μεγάλων αποστάσεων. Υπάρχει η ομοιοκατευθυντική κεραία, η οποία εκπέμπει σε εύρος 360 μοιρών, προς όλες της κατευθύνσεις. Αυτές οι κεραίες καλό είναι να αποφεύγονται λόγω του μεγάλου ποσού θορύβου που προκαλούν. Τέλος οι κεραίες τομέα έχουν γωνία οριζόντιας κάλυψης από 40 έως 180 μοίρες.

Ένα χαρακτηριστικό της κεραίας, που είναι ενδεικτικό για την κατευθυντικότητα της είναι το κέρδος. Το κέρδος μετριέται σε μονάδες dBi και εκφράζει την ενίσχυση της εκπομπής μιας κεραίας προς μια κατεύθυνση σε σχέση με την περίπτωση που η ισχύς σκορπίζονταν ομοιόμορφα προς όλες τις κατευθύνσεις.

Έτσι, πρώτη επιλογή είναι ο τύπος της κεραίας και το κέρδος της ανάλογα με την περιοχή που θέλουμε να καλύψουμε και την εμβέλεια που θέλουμε να έχουμε.

5.10.1.1. Παράγοντες για επιλογή τύπου κεραίας

5.10.1.1.1. Πέρα από την **κατευθυντικότητα**, και το **είδος της κεραίας**, πρέπει να λάβουμε σοβαρά υπόψη κατά την επιλογή μας και μια σειρά από άλλους παράγοντες.

5.10.1.1.2. Εγκατάσταση

Κάποιες κεραίες είναι πιο εύκολες στην εγκατάσταση ή απαιτούν καλύτερη στήριξη. Διάφορες συνθήκες εγκατάστασης μπορούν να μας αποτρέψουν από την αγορά μίας κατά τα άλλα ενδεδειγμένης λύσης.

5.10.1.1.3. Ποιότητα κατασκευής

Αποτελεί ένα σημαντικό παράγοντα επιλογής. Όταν επιλέξουμε μια εσωτερική κεραία θα πρέπει να είναι κατασκευασμένη από υλικά τα οποία δεν είναι εύφλεκτα ή προκαλούν καπνούς και να μην είναι εύθραυστη. Μια εξωτερική κεραία θα πρέπει να έχει μεγάλη αντοχή στον χρόνο, και να αντέχει στις έντονες καιρικές συνθήκες είτε πρόκειται για βροχή-υγρασία, είτε για έντονο αέρα.

Ποιοτική κατασκευή σημαίνει ανωτερότητα στα ηλεκτρικά της χαρακτηριστικά. Έτσι, πρέπει να έχει καλό διάγραμμα ακτινοβολίας ώστε να παρεμβάλλει και να επηρεάζεται από παρεμβολές όσο το δυνατό πιο λίγο.

5.10.1.1.4. Διακριτικότητα

Κάποιες φορές για λόγους αισθητικής, κυρίως σε εσωτερικούς χώρους, καταφεύγουμε σε χρήση όσο το δυνατό πιο μικρών και διακριτικών κεραιών

5.10.1.1.5. Κόστος

Το κόστος μιας κεραίας διαφέρει όσο και η ποικιλομορφία της. Μερικές λύσεις είναι αρκετά πιο ακριβές, από κάποιες άλλες. Μια εξισορρόπηση μεταξύ κόστους και αποτελεσματικότητας, βάση των ιδιαίτερων αναγκών, είναι καλή τακτική.

5.10.1.1.6. Διασύνδεση κεραίας – συσκευής

Εκτός των κεραιών που είναι ενσωματωμένες στην ασύρματη συσκευή, στις υπόλοιπες μεταφέρουμε το ραδιοσήμα μέσω ομοαξονικού καλωδίου και συνδετήρων κατάλληλων προδιαγραφών.

Τι γίνεται όμως στην περίπτωση, που θελήσουμε να φτιάξουμε ένα ασύρματο δίκτυο με υπολογιστές όπου βρίσκονται σε μεγαλύτερη απόσταση??

Εδώ λοιπόν εφαρμόζεται πρακτικά η χρησιμοποίηση των κεραιών και τα βασικά είδη αυτών των εξωτερικών συσκευών είναι:

Η Κατευθυντική Κεραία (directional) και η ΠολυΚατευθυντική Κεραία (omnidirectional, omni).

Ακόμα, υπάρχουν οι **SectorAntennas** και οι **FlatPanel** κεραίες οι οποίες συνδυάζουν στοιχεία των παραπάνω. Η νομοθεσία για την Ελλάδα καθορίζει τα 20dBm (100mW) ως μέγιστη ισχύ εκπομπής (EIRP).

Ακολουθεί μια εις βάθος ανάλυση των βασικών αυτών τύπων κεραιών.

• 5.10.2. Η Κατευθυντική κεραία (directional)



Στην πιο συνηθισμένη μορφή τους, πρόκειται για παραβολικές κεραίες, των οποίων το "πίατο" είναι κατασκευασμένο από δικτυωτό σύρμα, εξ' ου και το Κεραία GridParabolic. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν για PointToPoint συνδέσεις, καθώς το Πρότυπο Εκπομπής τους είναι τέτοιο, ώστε να δημιουργεί μια σχετικά στενή δέσμη, που όμως μπορεί να φτάσει σε μεγαλύτερη απόσταση.

Το πλεονέκτημά τους είναι ότι, εκτός από τη μεγάλη απόσταση, λόγω της στενής δέσμης δεν είναι εύκολο να έχουν παρεμβολές και παράσιτα, έτσι ώστε η σύνδεση να είναι καθαρή. Ιδανικές περιπτώσεις για την χρήση τους είναι η σύνδεση δύο σημείων που

βρίσκονται σε μεγάλη απόσταση μεταξύ τους, αλλά και η σύνδεση ενός σημείου με ένα AccessPoint, το οποίο χρησιμοποιεί ομπι κεραία. Ένας άλλος τύπος κατευθυντικής κεραίας είναι η Yagi, η οποία εξωτερικά αποτελείται από έναν κύλινδρο. Κεραίες αυτού του τύπου είναι πολύ δημοφιλείς για ίδιο κατασκευές. Σήμερα ο πιο διαδεδομένος τύπος κατευθυντικών κεραιών είναι οι κυματοδηγοί με παθητικούς ανακλαστήρες (δορυφορικά πιάτα με feeders).

Ένα τέτοιο παράδειγμα μιας κεραίας είναι η **Grid Parabolic** η οποία είναι μια Κατευθυντική Κεραία με παραβολική σχεδίαση και πιάτο από δικτυωτό σύρμα.

Ήταν παλαιότερα το πιο διαδεδομένο είδος Κατευθυντικής Κεραίας, καθώς ήταν το πιο οικονομικό. Πιο πολύ στα δίκτυα συνηθίζεται να χρησιμοποιούμε τις κεραίες της Pacific Wireless ,της Equinox και της Andrews.Δεν χρησιμοποιούμε πλέον κεραίες της Stelladoradus καθότι έχουν πολύ μεγάλους πλευρικούς λοβούς που συλλέγουν αλλά και παράγουν θόρυβο. Πλέον το πιο διαδεδομένο είδος είναι τα δορυφορικά πιάτα με feeders όπως προ είπα λόγω της καλύτερης συμπεριφοράς τους σε συνθήκες υψηλού θορύβου.

- **5.10.3. Πολυκατευθυντική κεραία (omnidirectional, omni)**

Πρόκειται για κεραίες που, θεωρητικά, έχουν την ίδια ενίσχυση (gain) προς κάθε κατεύθυνση. Στην πράξη, το Πρότυπο Εκπομπής τους είναι τέτοιο, ώστε να δημιουργούν γύρω τους ένα πεδίο που μοιάζει με "λουκουμά", με αποτέλεσμα να έχουν μικρότερη ενίσχυση στον κατακόρυφο άξονα και μεγαλύτερη στον οριζόντιο. Το πόσο επίπεδος θα είναι αυτός ο "λουκουμάς" και τι έκταση θα έχει καθορίζεται από τα επιμέρους χαρακτηριστικά της κεραίας, και την ενίσχυση της (dB).

Αυτή η κεραία χρησιμοποιείται κατεξοχήν στους κόμβους οι οποίοι εξυπηρετούν τους διάφορους clients (Κόμβος Πελάτη) στην περιοχή τους, καθώς και στους κόμβους που είναι HotSpots δηλαδή PointToMultipoint συνδέσεις.

HotSpot

Ένα HotSpot είναι μια περιοχή που ένας υπολογιστής ή μία φορητή συσκευή με δυνατότητες ασύρματης σύνδεσης μπορεί να συνδεθεί στο Internet μέσω Ασύρματων AccessPoint. Ένα HotSpot μπορεί να αποτελείται από ένα ή πολλά AccessPoint, ώστε να καλύπτεται αρκετά μεγάλη έκταση. Παράδειγμα ενός HotSpot στην Αθήνα είναι το αεροδρόμιο "Ελευθέριος Βενιζέλος", όπου κανείς μπορεί να έχει δικτυακή πρόσβαση μέσω ασύρματων συσκευών.

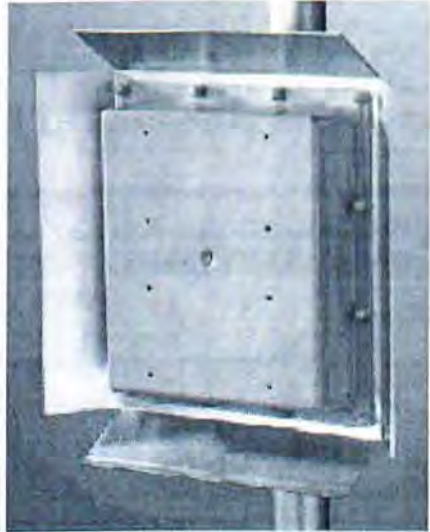
- **5.10.4. Sector Antenna**

Πρόκειται για κεραίες οι οποίες συνδυάζουν τις Κατευθυντικές Κεραίες με τις Πολύ κατευθυντικές Κεραίες. Το Πρότυπο Εκπομπής τους είναι τέτοιο (και διαφορετικό, ανάλογα τι θέλει ο κατασκευαστής) ώστε στο κάθετο επίπεδο να έχουν μια ευρεία γωνία εκπομπής (45, 60 90 120,180 μοίρες ή άλλες) ενώ στο οριζόντιο επίπεδο, μια άλλη, συνήθως μικρότερη γωνία εκπομπής. Και αυτές ιδανικά χρησιμοποιούνται για PointToMultipoint συνδέσεις, όπου δεν μας ενδιαφέρει να καλύψουμε όλη την περιοχή γύρω μας, αλλά να επικεντρώσουμε την εκπομπή προς μία γενική κατεύθυνση.

Επίσης χρησιμοποιούνται όταν δεν έχουμε Οπτική Επαφή 360 μοιρών (πχ πίσω μας είναι βουνό). Τότε μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε μια Sector Antenna ή δυο Sector Antennas συνδεδεμένες με Splitter.



• 5.10.5. FlatPanel Antenna



Model QD-2402

Έχουν παρόμοιο Πρότυπο Εκπομπής και χρήση με τις SectorAntenna. Η διαφορά τους, εκτός από το σχήμα τους, έγκειται στο γεγονός ότι και το οριζόντιο (H-plane) και το κάθετο (E-plane) Πρότυπο Εκπομπής τους είναι σχεδόν ίδιο, δηλαδή σχηματίζουν μια σφαίρα μπροστά από το σημείο εκπομπής. Από την άλλη οι SectorAntennas έχουν πλατιά δέσμη στην μία διάσταση και στενή στην άλλη.

Αυτά όσον αφορά τα είδη των κεραιών που χρησιμοποιούμε στα ασύρματα δίκτυα τώρα θα ασχοληθώ λιγάκι με τα επιμέρους στοιχεία του ασύρματου δικτύου.

5.10.6. Ανάλυση με παραδείγματα της απόστασης που μπορεί να καλύψει μια κεραία.

Δεν γνωρίζω πολλά από αυτά ειδικά με τις κεραιές και έχω ένα σωρο ερωτήσεις.

Πως μπορώ να δω πόση απόσταση καλύπτει μια κεραία ;

Όσον αφορά αυτό το ερώτημά δηλαδή το πόση απόσταση θα καλύψει μια κεραία αυτό έχει να κάνει με την ισχύ που θα της δώσεις. Από εκεί και πέρα εξαρτάται από την κατευθυντικότητά της. Υπάρχει κάποιος τύπος ο οποίος σου δίνει την ένταση του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου ενός πομπού σε μν ανά τετραγωνικό μέτρο.

Οι κεραιές λοιπόν δεν μετρούνται στο "πόσο μακριά πιάνουν", αλλά στο πόσο απολαβή έχουν (gain) που μετριέται σε dBi (dB σε σχέση με το ιστροπικό δίπολο).

Το ιστροπικό δίπολο είναι ένα ιδεατό δίπολο (δεν μπορεί δηλαδή να φτιαχτεί στην πράξη) το οποίο ακτινοβολεί το ίδιο τέλεια προς όλες τις κατευθύνσεις, κάτι σαν σφαιρικός λοβός ακτινοβολίας. Αυτή η κεραία λέμε ότι έχει 0 dBi κέρδος.

Όταν έχεις μια κεραία με gain π.χ. 17 dBi, σημαίνει ότι δίνει 17 dB κέρδος σε σχέση με το ιστροπικό δίπολο. Στην πράξη, αν με ένα ιστροπικό δίπολο έπρεπε ο πομπός σου να βγάζει 100 Watt για να φτάσει ικανοποιητικό σήμα στο σημείο που θες, με μια κεραία 17 dBi θα χρειαστείς μόνο 2 Watt για να φτάσει ακριβώς το ίδιο σήμα!

Οι αποστάσεις που μπορεί να εξυπηρετήσουν οι κεραιές, εξαρτώνται από την ισχύ που εκπέμπεις, την εξασθένηση που θα υποστεί το σήμα στην

ατμόσφαιρα ή/και τα εμπόδια, και την στάθμη σήματος στην λήψη που απαιτεί ο δέκτης που θα χρησιμοποιήσεις.

Π.χ., μια τυπική κάρτα δικτύου WiFi θέλει -90 dBm στάθμη λήψης στην είσοδό της για να "κλειδώσει" στα 2 Mbp/s. Ο τύπος που θα υπολογίσεις μέχρι που φτάνει το σήμα σου σε ικανοποιητικές στάθμες, είναι:

Στάθμη λήψης = Ισχύς εκπομπής - απώλειες καλωδίων στην εκπομπή + κέρδος κεραίας εκπομπής - απόσβεση διάδοσης + κέρδος κεραίας λήψης - απώλειες καλωδίων στη λήψη

Παράδειγμα

Με μια τυπική κάρτα δικτύου WiFi που βγάζει +15 dBm (32 mWatt) σε μια κεραία 24 dBi με καλώδιο που χάνει (σύμφωνα με τα στοιχεία του κατασκευαστή) 2 dB, η ενεργός ακτινοβολούμενη ισχύς σου θα είναι:

15-2+24=37, δηλαδή +37 dBm (5 Watt).

Σε μια απόσταση 20 χιλιομέτρων στους 2.4 Ghz το σήμα θα εξασθενήσει κατά:

32,4+(20*Log(D))+(20*Log(F)) => 32,4+(20*1,301)+(20*3.3802) =>

32,4+26+67,6 => 126 dB

Οπότε στο σημείο λήψης, η στάθμη του σήματος θα είναι:

+37 dBm μείον την απόσβεση των 126 dB => -89 dBm

Αν βάλεις στην λήψη μια ίδια κεραία με ίδια καλώδια, το τελικό σήμα που θα φτάσει στην είσοδο της WiFi κάρτας σου θα είναι:

-89 συν κέρδος κεραίας 24 dBi μείον απώλειες καλωδίων 2 dB => -67 dBm

όπου είναι μια υπεραρκετή στάθμη ακόμα και για 54 Mbp/s. Αυτή είναι η θεωρητική στάθμη που θα πάρεις με ιδανικές καιρικές συνθήκες, και βέβαια είσαι παράνομος μιας και η ενεργός ακτινοβολούμενη ισχύς σου υπερβαίνει το όριο των +20 dBm (100 mWatt) που ορίζει η EETT.

Για δίκτυο μεταξύ 2 υπολογιστών, ή θα βάλεις ένα Access Point και ένα Access Point Client, ή 2 κάρτες που να μπορούν να δουλέψουν σε AdHoc mode (peer-to-peer).

Το Access Point(θα το αναφέρω πιο κάτω αναλυτικότερα) όπως υποδηλώνει και το όνομά του, είναι το σημείο πρόσβασης. Πάνω σε ένα Access Point μπορούν να συνδεθούν (ασύρματα εννοείται) πολλοί Access Point Clients. Κάτι σαν σχέση server - clients δηλαδή.

5.10.7. Καλώδια κεραίας

Τι είναι το καλώδιο κεραίας (cable assembly, antenna cable);



Αυτό είναι το δεύτερο από τα δύο απαραίτητα καλώδια. Όταν η απόσταση της κεραίας από την κάρτα δικτύου είναι μεγαλύτερη από 50cm χρειάζεται ένα καλώδιο κεραίας που να συνδέει την

υποδοχή της κεραίας σου με το rigtail. Η υποδοχή στις περισσότερες κεραίες των 2.4GHz είναι συνήθως τύπου N-type θηλυκό (N-type female), οπότε χρειάζεται το ένα άκρο να είναι N-type αρσενικό και το άλλο συμβατό με το άκρο του rigtail που αντιστοιχεί στην κεραία.

Πρέπει να έχεις στο νου σου και τις απώλειες RF κατά μήκος του καλωδίου κεραίας. Ως μεγάλο μήκος καλωδίου θα μπορούσε να θεωρηθεί οτιδήποτε μεγαλύτερο από 10m αν χρησιμοποιείται RG213 (ή παρόμοιο καλώδιο με απώλειες 4 dB ανά μέτρο) και 18m αν χρησιμοποιείται LMR400 (ή παρόμοιο καλώδιο με απώλειες 0.5 dB ανά m).



Το RG213 κοστίζει γύρω στα €2.5/m και το LMR400 γύρω στα €7/m. Το LMR400 είναι καταπληκτικό: Η εξωτερική διάμετρος έχει πάχος 14mm, το εξωτερικό κέλυφος αποτελείται από συμπαγή χαλκό (που είναι όμως αυλακωτός για ευλυγισία) ο οποίος λυγίζει όπως οι υδραυλικοί χάλκινοι σωλήνες (χωρίς να χρειάζεται φλογοβόλο όμως) και ο κεντρικός αγωγός είναι ένας συμπαγής πυρήνας χαλκού / αλουμινίου με 4-5mm πάχος (σαν τη μύτη ενός

μολυβιού, ίσως λίγο πιο παχύ). Λυγίζετε εύκολα σε μία ακτίνα 20cm. Να έχεις υπόψη σου ότι μπορεί το καλώδιο να είναι καλό, είναι όμως υπερβολικό αν η απόσταση που θέλεις να καλύψεις είναι μικρή (λιγότερο από 1km) και connectors τύπου N για την άκρη αυτού του καλωδίου είναι σχετικά ακριβοί.

τον υπολογιστή μας (για να λειτουργήσει η λειτουργία P.O.E πρέπει να την υποστηρίζει το AP ή να γίνει ίδιο κατασκευή).

5.11.1. Επιλογή τοποθεσίας για το Access Point

Όταν ανοίγουμε την συσκευασία της συσκευής που λειτουργεί ως AP για να την δοκιμάσουμε είναι λογικό να την τοποθετήσουμε πάνω στο γραφείο μας και να κάνουμε την όλη συνδεσμολογία εκεί. Αυτό δεν είναι λάθος αν οι ασύρματες συσκευές που θα συνδεθούν στο AP βρίσκονται κοντά και είναι σε οπτική επαφή. Τις περισσότερες όμως φορές υπάρχουν φυσικά εμπόδια, όπως μεσοτοιχίες, μεταλλικά έπιπλα - χωρίσματα και οι ασύρματες συσκευές βρίσκονται σε κάποια απόσταση. Αυτά τα εμπόδια είναι ικανά να υποβαθμίσουν αρκετά την ποιότητα της σύνδεσης σε σημείο που η σύνδεση να μην είναι εφικτή. Έτσι, παρατηρούμε στις περισσότερες περιπτώσεις, ότι η εμβέλεια της συσκευής σε εσωτερικούς χώρους, είναι αρκετά μικρότερη σε πραγματικές συνθήκες, συγκριτικά με αυτή που αναγράφεται στην συσκευασία.

Αυτό είναι λογικό αν σκεφτούμε ότι τα ασύρματα δίκτυα χρησιμοποιούν ραδιοκύματα για να επικοινωνήσουν οι συσκευές, οπότε αυτά συμπεριφέρονται σύμφωνα με τις ιδιότητες τους και ακολουθούν τους νόμους της φυσικής, με αποτέλεσμα να επηρεάζονται είτε από φυσικά εμπόδια είτε από άλλες ραδιοκυματικές παρεμβολές.

Ένας τρόπος να αποφύγουμε την υποβάθμιση του σήματος, είναι να τοποθετήσουμε το σημείο πρόσβασης σε σημείο που να παρεμβάλλονται όσο το δυνατόν λιγότερα αντικείμενα. Έτσι, είναι σύνηθες να το τοποθετούμε σε ψηλά σημεία είτε πάνω στον τοίχο, είτε πάνω σε ένα ράφι. Η οπτική επαφή είναι ένας εμπειρικός κανόνας, αλλά στην πραγματικότητα αυτό που επιδιώκουμε είναι να υπάρχει ραδιοκυματική επαφή. Πως όμως μπορούμε να ελέγξουμε την περιοχή κάλυψης του AP καθώς και την ποιότητα του σήματος;

Επειδή η συμπεριφορά των ραδιοκυμάτων σε διάφορα υλικά ποικίλει (ανάκλαση, διάθλαση, μερική ή ολική απορρόφηση), συν το γεγονός ότι υπάρχουν και άλλοι παράγοντες που επιδρούν ο μόνος τρόπος να ελέγξουμε την ποιότητα του σήματος είναι να κάνουμε προσομοίωση της λειτουργίας ενός client σε διάφορα σημεία και να σημειώσουμε τα αποτελέσματα σε ένα χάρτη κάλυψης. Είναι σημαντικό να γίνεται έρευνα έτσι ώστε να εντοπίζονται τα σημεία όπου δεν υπάρχει κάλυψη ή η ποιότητα του σήματος είναι χαμηλή, κάτι που σημαίνει και μικρές ταχύτητες μεταφοράς δεδομένων. Εξίσου σημαντικό όμως με την επιδίωξη της κάλυψης μιας περιοχής πολλές φορές είναι και η αποφυγή της κάλυψης σε μια άλλη περιοχή, είτε από θέμα ασφάλειας, έτσι ώστε να μειώσουμε τα σημεία που μπορεί να αποτελέσουν σημείο εισβολής, είτε για να αποφύγουμε τυχών παρεμβολές από άλλες ασύρματες συσκευές που μπορούν να ανήκουν σε μας ή στον γείτονα μας.

Ένας πρόχειρος τρόπος είναι να χρησιμοποιήσουμε ένα φορητό υπολογιστή, εφοδιασμένο με μια ασύρματη κάρτα δικτύου και με κατάλληλο λογισμικό, με τον οποίο θα ελέγχουμε το σήμα που θα λαμβάνουμε σε διάφορα σημεία ενδιαφέροντος μας.

5.11.2. Μερικές οδηγίες για σωστή τοποθέτηση του AP

Είναι καλό να επιλέγονται ψηλά σημεία για την τοποθέτηση του, έτσι ώστε να αποφεύγονται διάφορα εμπόδια. (τοίχο, ψηλό ράφι κτλ)

Η συνήθης ανεπηρέαστη κάλυψη του είναι κυκλική, οπότε συνήθως επιλέγεται να τοποθετείται στο κέντρο ενός χώρου. Αν χρησιμοποιηθούν πάνω από ένα AP θα πρέπει να περιοριστεί στο ελάχιστο η κοινή περιοχή κάλυψης, οπότε τοποθετούνται σε απόσταση και αντιδιαμετρικά.

Πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι τα πιο αδύνατα σημεία κάλυψης βρίσκονται στην πάνω και κάτω μεριά της συσκευής που δουλεύει ως AP, κάτι ιδιαίτερα σημαντικό όταν σχεδιάζεται η κάλυψη ενός χώρου με πολλούς ορόφους.

Μην τοποθετείτε το Access Point κοντά σε μεταλλικές κατασκευές ή έπιπλα.

Μην τοποθετείτε το Access Point κοντά σε υδάτινες κατασκευές (ενυδρεία ή διακοσμητικά τρεχούμενα νερά)

Κρατήστε το AP σε απόσταση από άλλες συσκευές που λειτουργούν στην ίδια συχνότητα (όπως οι φούρνοι μικροκυμάτων και τα ασύρματα τηλέφωνα DECT)

Σε περίπτωση που δεν θέλουμε εξωτερική κάλυψη θα πρέπει να αποφύγουμε την τοποθέτηση της συσκευής που λειτουργεί ως AP δίπλα από το παράθυρο, ενώ σε αντίθετη περίπτωση θα πρέπει να συνδέσουμε εξωτερική κεραία.

Μην τοποθετείτε την συσκευή που λειτουργεί ως AP εκτεθειμένη σε εξωτερικό χώρο, εκτός αν οι προδιαγραφές του είναι για εξωτερική χρήση.

Κάθε ασύρματη συσκευή συνοδεύεται από αναλυτικές οδηγίες εγκατάστασης ανάλογα με το μοντέλο λειτουργίας της και την συνδεσμολογία που θα ακολουθήσουμε. Παρότι το περιβάλλον, ποικίλει από την μία συσκευή στην άλλη, και από το ένα λειτουργικό σύστημα στο άλλο, θα πρέπει να ορίσουμε οπωσδήποτε μερικά κύρια χαρακτηριστικά όπως:

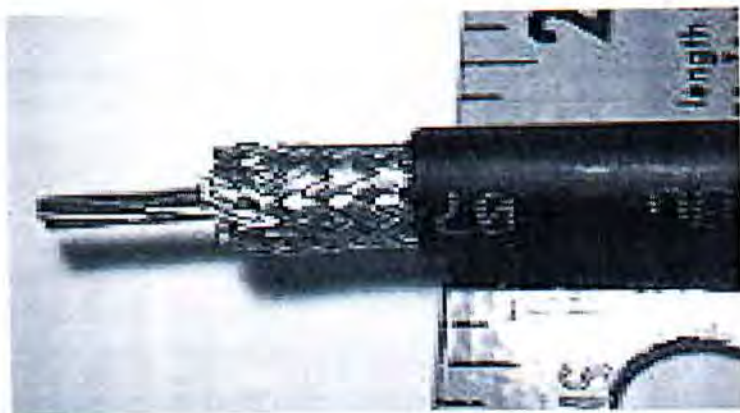
- Το SSID ή network id, (συνήθως το επιλέγουμε από μια λίστα με διαθέσιμα SSIDs)
- Τις ip διευθύνσεις (συνήθως αναγνωρίζονται και δίνονται αυτόματα από τον DHCP server του δικτύου).
- Την μέθοδο ασφάλειας που θα χρησιμοποιήσουμε (για να κάνουμε την σύνδεση θα πρέπει να εισάγουμε τον κωδικό που μας έχει δοθεί από τον administrator του ασύρματου δικτύου).
- Καθώς και τον τύπο σύνδεσης (εξαρτάται από τον τύπο συσκευής που θέλουμε να συνδέσουμε)

Τις περισσότερες φορές μαζί με την συσκευή παρέχεται και ένα ειδικό λογισμικό που επιτρέπει την ρύθμιση των διαφόρων παραμέτρων, είτε μέσω ενός web περιβάλλοντος είτε μέσω κάποιας ειδικής κονσόλας. Μερικές ακόμα συνηθισμένες ρυθμίσεις ενός σημείου πρόσβασης είναι το κανάλι λειτουργίας, η επιτρεπόμενη ταχύτητα σύνδεσης, ο τρόπος λειτουργίας (δείτε το

συνοδευτικό εγχειρίδιο που συνοδεύει την κάθε συσκευή για περισσότερες πληροφορίες).

Παρακάτω θα αναφερθούμε αναλυτικότερα σε μερικές τυπικές περιπτώσεις εγκατάστασης σε ασύρματο σταθμό.

Εδώ είναι και ένα link για τον υπολογισμό των απωλειών σήματος ανάλογα με τον τύπο και το μήκος του καλωδίου που θα χρησιμοποιηθεί: [Cable Loss Calculator](#)



5.12. Ανάλυση dB και υπολογισμός ισχύος

Από εδώ και κάτω λοιπόν θα κάνω μια παρένθεση και θα ξεκινήσω μια μικρή **dB ΑΝΑΛΥΣΗ** ώστε να “εμπειδωθούν” καλύτερα κάποιες έννοιες σχετικές με τον υπολογισμό ισχύς και άλλων σχετικών μεγεθών με τις ασύρματες επικοινωνίες.

dB (decibel) : Είναι ο λόγος της ισχύος δύο σημάτων. Είναι λογαριθμική κλίμακα και δίνεται από τον τύπο $dB=10 \cdot \log(P2/P1)$, όπου P1 η ισχύς του πρώτου σήματος (σε W) και P2 η ισχύς του δεύτερου σήματος. Χρησιμοποιείται για να δηλώσει την ενίσχυση (gain) ή την απώλεια (loss) ενός σήματος. Επειδή η κλίμακα είναι λογαριθμική, κάθε αύξηση / μείωση κατά 3 dB αντιστοιχεί σε διπλασιασμό / υποδιπλασιασμό του σήματος. Έτσι αύξηση κατά 10dB σημαίνει αύξηση της ισχύος κατά δέκα φορές, ενώ αύξηση κατά 20dB σημαίνει αύξηση της ισχύος κατά 100 φορές!

dBm: Μονάδα μέτρησης ισχύος, ξεκινώντας από την παραδοχή ότι 0dB αντιστοιχούν σε 1mW. Χρησιμοποιείται ιδιαίτερα για να εκφράσει την ισχύ εκπομπής των WiFi καρτών και AccessPoints. Έτσι, τα συνηθισμένα AccessPoints , όπως το DLink 900+ ή το Linksys Wap11 έχουν ισχύ 15dBm/32mW και 20dBm/100mW,

αντίστοιχα. Παρακάτω είναι και ένας βολικός πίνακας για την αντιστοίχιση dBm σε W:

dBd : Εκφράζει την ενίσχυση μιας κεραίας σε σχέση με μια δίπολη κεραία. Η τελευταία είναι η κεραία με την μικρότερη δυνατή ενίσχυση που μπορεί να κατασκευαστεί, Χρησιμοποιείται συνήθως για κεραίες που λειτουργούν κάτω από το 1GHz.

dBi : Εκφράζει την ενίσχυση μιας κεραίας σε σχέση με μια θεωρητική, ιστροπική (σημειακή) κεραία. η τελευταία υπάρχει μόνο στη θεωρία και δεν μπορεί να κατασκευαστεί, είναι όμως χρήσιμη για τους υπολογισμούς. Η δίπολη κεραία που αναφέρθηκε πιο πάνω έχει 2,14dBi gain σε σχέση με την ιστροπική κεραία.

Οπότε, αν έχουμε το gain μιας κεραίας σε dBd, εύκολα το μετατρέπουμε σε dBi σύμφωνα με τον τύπο: **dBi = dBd + 2,14**

EIRP (Effective Isotropic Radiated Power): Ορίζεται ως η ισχύς του σήματος στον κύριο λοβό της κεραίας σε σχέση με μια ιστροπική κεραία (0dB ενίσχυση). Ισούται με την ενίσχυση (gain) της κεραίας σε dBi συν την ισχύ του σήματος που δέχεται η κεραία από τον πομπό (το AccessPoint στην δική μας περίπτωση) σε dBm. Δηλαδή:
EIRP = dBi Κεραίας + dBm AccessPoint

Για παράδειγμα: το DLink 900+ έχει ισχύ *15dBm* και οι Grid Parabolic κεραίες που χρησιμοποιούμε ευρέως *15dBi* gain.

Έτσι, η EIRP είναι **15+15=30 dB = 1W**, δηλαδή πολύ παραπάνω από το επιτρεπτό όριο, πράγμα που σημαίνει ότι υπάρχει περιθώριο για απώλειες 10dB, ή ότι πρέπει να μειωθεί η ισχύς του Access Point.

Πλέον, η δυνατότητα μείωσης της ισχύος εξόδου υποστηρίζεται και από τα Dlink 900+ με πρόσφατο Firmware.

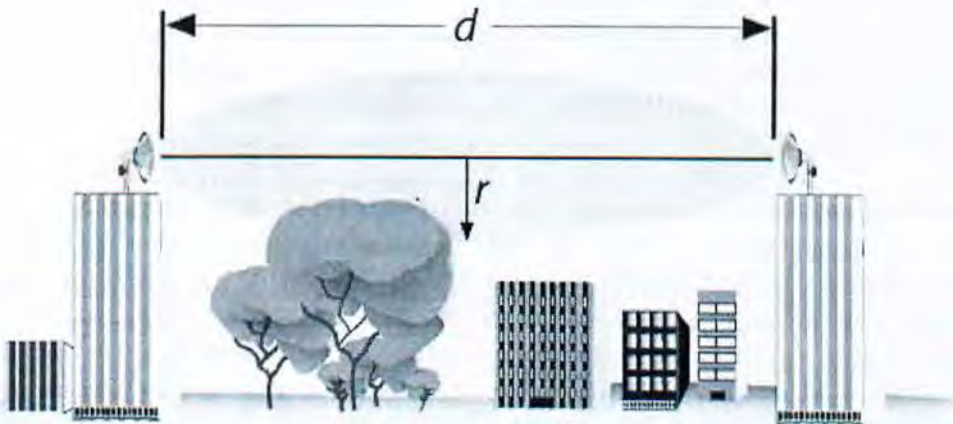
	Watts	dBm	Watts	dBm	Watts
0	1.0 Mw	16	40 mW	32	1.6 W
1	1.3 mW	17	50 mW	33	2.0 W
2	1.6 mW	18	63 mW	34	2.5 W
3	2.0 mW	19	79 mW	35	3.2 W
4	2.5 mW	20	100 mW	36	4.0 W
5	3.2 mW	21	126 mW	37	5.0 W
6	4 mW	22	158 mW	38	6.3 W
7	5 mW	23	200 mW	39	8.0 W
8	6 mW	24	250 mW	40	10 W
9	8 mW	25	316 mW	41	13 W
10	10 mW	26	398 mW	42	16 W
11	13 mW	27	500 mW	43	20 W
12	16 mW	28	630 mW	44	25 W
13	20 mW	29	800 mW	45	32 W
14	25 mW	30	1.0 W	46	40 W
15	32 mW	31	1.3 W	47	50 W

Σημαντικό: Η νομοθεσία για την Ελλάδα επιτρέπει ολική ισχύ εκπομπής 20dBm = 100mW

FSL (Free Space Loss): Είναι οι απώλειες του σήματος κατά την διαδρομή του στον αέρα. Υπολογίζεται σύμφωνα με τον τύπο: $FSL = 100 + 20\log D$, όπου D είναι η απόσταση σε χιλιόμετρα. Για παράδειγμα, οι απώλειες για απόσταση 3 Km είναι 109,55 dB. [Εδώ](#) είναι και ένας υπολογιστής FSL. Θεωρείται πως η FresnelZone είναι ελεύθερη εμποδίων. *Πρακτικός κανόνας: Για κάθε διπλασιασμό / υποδιπλασιασμό της απόστασης, το σήμα μειώνεται / αυξάνεται κατά 6dB*

System Operating Margin (SOM): Είναι η διαφορά του λαμβανόμενου σήματος (dBm) και της ευαισθησίας του δέκτη (dBm) για απρόσκοπτη λήψη. Αν δηλαδή το AccessPoint έχει ευαισθησία -83dB για λήψη στα 11Mb, λαμβάνει σήμα ισχύος -71 dB τότε το SOM είναι: $-71 - (-83) = 12$ dB. Γενικά θεωρείται πως για λήψη χωρίς προβλήματα, το SOM πρέπει να είναι μεγαλύτερο των 10dB.

FresnelZone: Πρόκειται για μια περιοχή που περιβάλλει την νοητή ευθεία της Οπτικής Επαφής. Έχει ελλειπτικό σχήμα του οποίου η μέγιστη διάμετρος (που βρίσκεται στο μέσον της απόστασης πομπού-δέκτη) έχει σχέση με την απόσταση των δύο σημείων.



$$r = 43.3 \times \sqrt{\frac{d}{4f}}$$

Στον τύπο που φαίνεται στην εικόνα, f είναι η συχνότητα σε GHz, d η απόσταση σε μίλια και r η μέγιστη ακτίνα της FresnelZone σε πόδια (ft). [Εδώ](#) είναι και ένας online υπολογιστής της FresnelZone. Εξαιτίας του της FresnelZone, είναι δυνατόν ένα link, παρά την καθαρή Οπτική Επαφή, να μην έχει καλό σήμα. Όταν μέσα στην FresnelZone παρεμβάλλεται ένα εμπόδιο (λόφος, δέντρα, κτίριο) επηρεάζει το σήμα με αποτέλεσμα την απώλεια της ισχύος του, έως και αρκετά dB. Θεωρείται ότι οι απώλειες αυτές δεν είναι σημαντικές, όταν μπορεί να επιτευχθεί το 80% της FresnelZone. Δηλαδή, αν έχει υπολογιστεί πως η μέγιστη ακτίνα της (δηλ. στο κέντρο της απόστασης) είναι 10 μέτρα, αν ένα κτίριο μας αφήνει 8 μέτρα απόσταση από την ευθεία της Οπτικής Επαφής, δεν θα έχουμε υπολογίσιμες απώλειες.

Η FresnelZone παίζει ρόλο και στο ύψος της κεραίας από το έδαφος (ή από την ταράτσα μιας πολυκατοικίας). Αν η κεραία δεν είναι στην άκρη της ταράτσας αλλά κάπου πιο κεντρικά, είναι δυνατόν η ίδια η πολυκατοικία να επηρεάσει το σήμα (με αντανakλάσεις που έχουν διαφορά φάσης) και να έχουμε απώλειες. Γι' αυτό, μικρές μεταβολές του ύψους της κεραίας μπορεί να έχουν μεγάλες διαφορές στο σήμα. Δεδομένου ότι στην Αθήνα έχουμε να κάνουμε κατά κανόνα με πολυκατοικίες, φαίνεται ότι αυτό το φαινόμενο θα επηρεάσει σημαντικά τα link, και γι'αυτό θα πρέπει να το λάβουμε υπόψη μας.

Η εμβέλεια των ασύρματων καρτών και συσκευών εξαρτάται από πολλές παραμέτρους: από την ποιότητα κατασκευής του προϊόντος (κυρίως από τον πομποδέκτη που ενσωματώνουν), από την τεχνολογία μετάδοσης που χρησιμοποιείται, από τον περιβάλλοντα χώρο και από την ταχύτητα μετάδοσης των δεδομένων. Οποιαδήποτε στιγμή βρεθούν δύο ή

περισσότεροι υπολογιστές στην ακτίνα δράσης των ασύρματων καρτών τους, αυτόματα συνθέτουν ένα ομότιμο δίκτυο (peer to peer).

Αυτή είναι και η απλούστερη μορφή ενός ασύρματου δικτύου, η οποία εξυπηρετεί περιορισμένες ανάγκες και τη συναντάμε περισσότερο στα οικιακά δίκτυα ή σε μικρά δίκτυα στο γραφείο. Όλοι οι υπολογιστές σε ένα ομότιμο δίκτυο έχουν τα ίδια δικαιώματα και μοιράζονται εξίσου τους πόρους του δικτύου. Για την επικοινωνία πολλών ανεξάρτητων δικτύων, που θα συνδέονται μεταξύ τους ή για την επικοινωνία ενός ασύρματου δικτύου με ένα ενσύρματο, χρησιμοποιούνται τα λεγόμενα Access Points (Σημεία Πρόσβασης).

Πρόκειται για ειδικές συσκευές, που διαθέτουν θύρα Ethernet και λειτουργούν κατά κάποιον τρόπο όπως τα hub, παρέχοντας όμως κάποιες επιπλέον δυνατότητες. Έχουν μεγαλύτερη ακτίνα δράσης από τις απλές ασύρματες κάρτες, επεκτείνοντας έτσι την εμβέλεια του ασύρματου δικτύου. Αυτό, με απλά λόγια σημαίνει ότι, αν δύο κόμβοι βρίσκονται έξω από την ακτίνα δράσης τους, είναι δυνατόν να επικοινωνήσουν μέσω του σημείου πρόσβασης. Επιπλέον, τα Access Points ελέγχουν την κίνηση του δικτύου, κατανέμουν ανάλογα με τον αριθμό των υπολογιστών το διαθέσιμο εύρος και φροντίζουν να κατευθύνουν τα πακέτα πληροφοριών.

Για την εμβέλεια τους ισχύει ό,τι και για τις απλές ασύρματες κάρτες, ενώ ο αριθμός των κόμβων που μπορούν να "σηκώσουν" εξαρτάται από τον κατασκευαστή.

5.13. Τρόπος λειτουργίας του WiFi

Σίγουρα παρόλη την εξάπλωση που έχει γνωρίσει το 802.11 υπάρχουν πολλοί ακόμα που αναρωτιούνται πως ακριβώς λειτουργεί και ποιές παράμετροι είναι που περιορίζουν τόσο την περαιτέρω εξάπλωση αν όχι την αντικατάσταση των ενσύρματων.

Για την καλύτερη **αξιοποίηση** των ασυρμάτων τεχνολογιών IEEE 802.11, είναι απαραίτητη η ύπαρξη βασικής γνώσης του τρόπου λειτουργίας του.

Οι βασικές λειτουργίες που ορίζονται για τις ασύρματες συσκευές, είναι οι ακόλουθες:

5.13.1. Αυθεντικοποίηση

Ορίζονται διαδικασίες αυθεντικοποίησης ώστε να ελεγχθεί η πρόσβαση στο ασύρματο δίκτυο. Χωρίς απόδειξη της ταυτότητας του ένας σταθμός δεν επιτρέπεται να έχει πρόσβαση στο ασύρματο δίκτυο. Με αυτό τον τρόπο, η πρόσβαση γίνεται ελεγχόμενη και αποτρέπεται η είσοδος κακόβουλων ή μη χρηστών.

5.13.2. Ασφάλεια δεδομένων

Στο ασύρματο δίκτυο όλοι οι σταθμοί καθώς και άλλες συσκευές μπορούν να αφουγκραστούν τα δεδομένα που ανταλλάσσονται, και έτσι να θέσουν σημαντικά προβλήματα ασφαλείας στο δίκτυο. Το πρότυπο προσφέρει μία υπηρεσία κρυπτογράφησης των δεδομένων. Η κρυπτογράφηση γίνεται με χρήση κλειδιών. Η λειτουργία αυτή, έχει σκοπό να παρέχει ένα ισοδύναμο επίπεδο προστασίας με αυτό που παρέχεται στα ενσύρματα δίκτυα, όπου η φυσική πρόσβαση είναι περιορισμένη. Απόλυτη προστασία των δεδομένων δεν υπάρχει αφού μπορεί να γίνει αποκρυπτογράφηση της πληροφορίας χρησιμοποιώντας κάποια κατάλληλη τεχνική. Ο αλγόριθμος που χρησιμοποιείται για την κρυπτογράφηση, ονομάζεται WEP (Wired Equivalent Privacy)

Με άλλα λόγια, το επίπεδο προστασίας που προσφέρεται είναι το στοιχειώδες, ενώ αν θέλουμε να μεταφέρουμε κρίσιμα δεδομένα, πρέπει να εφαρμόσουμε και άλλες μεθόδους ασφαλείας, όπως για παράδειγμα κρυπτογράφηση με το ipsec πρωτόκολλο.

5.13.3. Συσχέτιση

- Με τη λειτουργία αυτή δημιουργείται μία λογική σύνδεση μεταξύ ενός ασύρματου σταθμού και ενός σημείου πρόσβασης (AP). Κάθε σταθμός σχετίζεται με ένα AP, πριν του επιτραπεί να στείλει δεδομένα μέσω του AP. Ο ασύρματος σταθμός επικαλείται την υπηρεσία αυτή μόνο μία φορά, κατά την είσοδο του στην κυψέλη. Κάθε σταθμός σχετίζεται με μόνο ένα AP και ένα AP μπορεί να σχετιστεί με πολλούς σταθμούς. Περιοδικά ελέγχεται η σύνδεση αυτή. Αντίστοιχα, ορίζονται οι λειτουργίες της αποσυσχέτισης και της επανασυσχέτισης.

5.13.4. Μετάδοση δεδομένων

- Η λειτουργία αυτή αφορά την αξιόπιστη μεταφορά των πακέτων δεδομένων μεταξύ των ασύρματων συσκευών. Ο όρος αξιόπιστη μεταφορά σημαίνει ότι θα ζητηθεί επανεκπομπή των πακέτων με την πληροφορία, αν διαπιστωθεί ότι αυτά έχουν λάθη. Ο λόγος είναι ότι η ασύρματη μετάδοση είναι μη αξιόπιστη μετάδοση και πολλά πακέτα θα φτάσουν τελικά περιέχοντας λάθη. Έτσι, απαιτούνται διάφοροι μηχανισμοί, για παράδειγμα η ανίχνευση των λαθών και η επανεκπομπή πακέτων που ελήφθησαν με λάθη.

Προβλέπεται, έτσι, κώδικας ανίχνευσης των λαθών, ενώ τα νεώτερα 802.11a και 802.11g προβλέπουν επιπρόσθετα και κώδικα διόρθωσης λαθών. Επίσης, προβλέπεται μηχανισμός επιβεβαίωσης για κάθε σωστή αποστολή πακέτου.

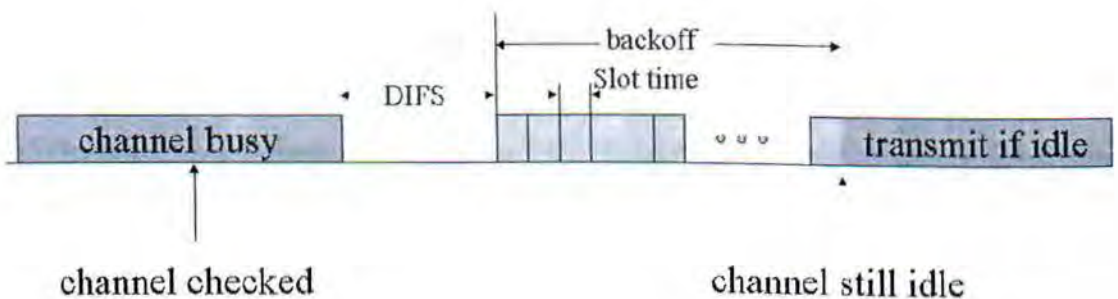
5.13.5. Περιαγωγή

Όταν ένας ασύρματος σταθμός βρεθεί εντός εμβέλειας ενός ή περισσοτέρων AP, διαλέγει εκείνο το AP το οποίο έχει καλύτερο σήμα ή την καλύτερη ποιότητα επικοινωνίας. Στη συνέχεια, γίνεται η συσχέτιση του ασύρματου σταθμού με το AP και είναι πλέον δυνατή η ασύρματη επικοινωνία. Περιοδικά γίνεται ανίχνευση των καναλιών και στην περίπτωση που βρεθεί κανάλι με καλύτερα χαρακτηριστικά, γίνεται επανασυσχέτιση με το καινούργιο AP και συντονισμός του σταθμού στην καινούρια συχνότητα. Η επανασυσχέτιση μπορεί να γίνει λόγω μετακίνησης του σταθμού ή μπορεί να γίνει σαν αποτέλεσμα υψηλού φόρτου στο δίκτυο, ώστε να βρεθεί καλύτερο AP. Με τον τρόπο αυτό υλοποιείται ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά του προτύπου που είναι η κινητικότητα των χρηστών.

5.13.6. Πρόσβαση στο μέσο μετάδοσης (MAC, Medium Access Control)

Οι ασύρματοι σταθμοί και το σημείο πρόσβασης προκειμένου να επικοινωνήσουν χρησιμοποιούν το ίδιο κανάλι, μια κοινή ραδιοσυχνότητα. Έτσι για να είναι δυνατή η ασύρματη επικοινωνία χρειάζεται ένας τρόπος, ένα πρωτόκολλο, που να καθορίζει τον τρόπο χρησιμοποίησης του μοναδικού καναλιού, από πολλούς χρήστες. Χωρίς την παρουσία παρόμοιου μηχανισμού αξιόπιστη ασύρματη μετάδοση δεν θα ήταν δυνατή, αφού η εκπομπή του ενός θα έπεφτε πάνω στην εκπομπή των άλλων.

Ο μηχανισμός που χρησιμοποιείται ονομάζεται CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance).



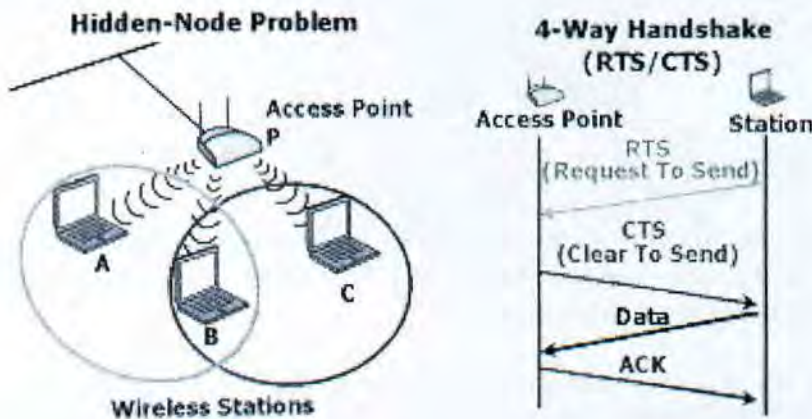
Σε αυτό τον μηχανισμό, ο υποψήφιος αποστολέας ακούει το κανάλι πριν εκπέμψει τα δεδομένα του. Αν διαπιστώσει ότι το κανάλι είναι κατελημμένο δεν προχωρά στην αποστολή, αλλά περιμένει. Αν διαπιστώσει ότι το κανάλι είναι ελεύθερο, περιμένει ένα τυχαίο μικρό χρονικό διάστημα και αν μετά το κανάλι εξακολουθεί να είναι κενό, προχωρά στην αποστολή.

Όταν το πακέτο πληροφορίας φτάσει στον παραλήπτη αυτός απαντά με ένα μήνυμα επιβεβαίωσης ότι το πακέτο έφτασε άθικτο (ACK). Ο αποστολέας έτσι ενημερώνεται για την τύχη του πακέτου του και ανάλογα προχωρά στην αποστολή του επόμενου ή ξαναστέλνει το πακέτο για το οποίο δεν πήρε επιβεβαίωση. Η επιβεβαίωση απαιτείται διότι οι ασύρματες συσκευές δεν έχουν την δυνατότητα να εκπέμπουν και να λαμβάνουν ταυτόχρονα. Με τον τρόπο αυτό μειώνεται η πιθανότητα συγκρούσεων (δηλαδή δύο ή περισσότεροι σταθμοί να εκπέμπουν ταυτόχρονα) και εξασφαλίζεται η αξιόπιστη μεταφορά των δεδομένων.

Το πρότυπο προβλέπει και έναν προαιρετικό τρόπο πρόσβασης στο ραδιοδιάλυο, κατά τον οποίο οι ασύρματοι σταθμοί που συνδέονται σε ένα σημείο πρόσβασης, αποκτούν διαφορετική αντιμετώπιση.

Ένα άλλο πρόβλημα – ιδιαιτερότητα της ασύρματης επικοινωνίας με 802.11 είναι το πρόβλημα του "κρυμμένου κόμβου". Σε αυτό, ένας ασύρματος σταθμός δεν μπορεί να "δει" κάποιον άλλον που εκπέμπει (hidden node problem), ενώ βλέπουν και οι δύο το σημείο πρόσβασης. Αυτό μπορεί να συμβαίνει λόγω απόστασης ή λόγω κάποιου εμποδίου, ή λόγω της χρήσης κατευθυντικών κεραιών από τους σταθμούς. Έτσι, στο παρακάτω σχήμα ο A δεν μπορεί να ανιχνεύσει την εκπομπή του C με αποτέλεσμα να αρχίσουν να εκπέμπουν και οι δύο μαζί, οπότε να έχουμε σύγκρουση και ο B να μην είναι δυνατό να ακούσει κανέναν.

Σε μια τέτοια περίπτωση ο σταθμός μη ανιχνεύοντας την εκπομπή του άλλου δοκιμάζει να εκπέμψει. Το αποτέλεσμα είναι να συμβεί σύγκρουση στα πακέτα, όπως αυτά λαμβάνονται από το AP.



Για την επίλυση αυτού του προβλήματος έχει προβλεφθεί από το IEEE 802.11 ένα προαιρετικό πρωτόκολλο, το **RTS/CTS** (Request to Send/Clear to Send). Όταν ένας σταθμός θέλει να εκπέμψει, ελέγχει καταρχήν αν το κανάλι είναι ελεύθερο, και αν ναι, στέλνει ένα μήνυμα RTS και περιμένει το AP να του απαντήσει με ένα μήνυμα CTS. Το μήνυμα αυτό λέει στους άλλους σταθμούς να καθυστερήσουν την μετάδοση τους (να κάνουν πίσω, να του δώσουν προτεραιότητα). Ο προορισμός απαντά με ένα μήνυμα CTS, το οποίο δίνει την άδεια στον αποστολέα να συνεχίσει. Δηλαδή το μήνυμα CTS προκαλεί

καθυστέρηση της εκπομπής ενός σταθμού μέχρι να βεβαιώσει το AP (που έχει αντίληψη όλων των σταθμών) ότι το φυσικό μέσο είναι ελεύθερο. Με αυτόν τον τρόπο ελαττώνεται η πιθανότητα συγκρούσεων

5.13.7. Ανίχνευση λαθών

Γίνεται ανίχνευση λαθών σε κάθε πακέτο που αποστέλλεται. Σε κάθε πακέτο προστίθεται κώδικας ανίχνευσης λαθών, ώστε ο δέκτης να μπορεί να αντιληφθεί αν το πακέτο περιέχει λάθη.

5.13.8. Κατάτμηση πακέτων

Προβλέπεται από το πρότυπο διαδικασία κατάτμησης των μεγάλων πακέτων σε άλλα μικρότερα. Αυτό γιατί, μικραίνοντας το μέγεθος του ελαττώνεται η πιθανότητα να απορριφθεί σαν λανθασμένο, άρα έχουμε λιγότερες επανεκπομπές πακέτων. Αυτό είναι χρήσιμο σε ασύρματη μετάδοση σε δύσκολες συνθήκες.

5.13.9. Διαχείριση ισχύος

Προβλέπεται λειτουργία εξοικονόμησης ενέργειας, η οποία μπορεί να είναι χρήσιμη σε φορητές συσκευές, προκειμένου να επεκτείνουν τη διάρκεια ζωής των μπαταριών τους. Σε αυτή, η συσκευή ενεργοποιείται κατά διαστήματα, καταναλώνοντας έτσι λιγότερη ενέργεια.

5.13.10. Ραδιομετάδοση

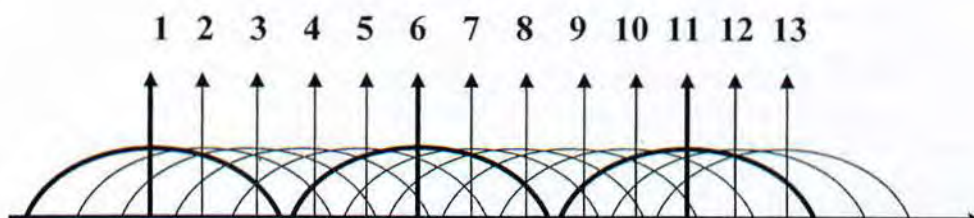
Για τη μετάδοση της πληροφορίας στην 802.11b χρησιμοποιείται η τεχνική DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum). Η DSSS είναι μια τεχνική εξάπλωσης φάσματος (spread spectrum).

Τούτο σημαίνει ότι το σήμα όταν εκπέμπεται, απλώνεται σε ένα αρκετά μεγαλύτερο εύρος συχνοτήτων, ενώ στη διαδικασία της λήψης του γίνεται το αντίστροφο. Η πολύτιμη ιδιότητα που έχουν παρόμοιες τεχνικές είναι ότι ο θόρυβος και οι τυχόν παρεμβολές απορρίπτονται σε μεγάλο βαθμό. Με τον τρόπο αυτό χρησιμοποιούμε για τη μετάδοση περισσότερο φάσμα συχνοτήτων, από την άλλη κερδίζουμε σε ποιότητα μετάδοσης.

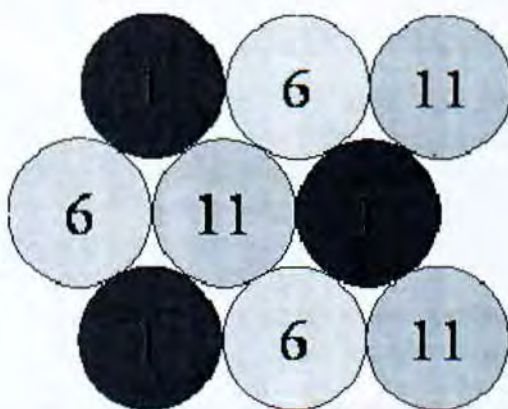
Για τη ραδιομετάδοση έχουν οριστεί για την Ευρώπη 13 κανάλια (11 για την Αμερική) σε απόσταση 5MHz μεταξύ τους, στη ζώνη συχνοτήτων των 2.4GHz. Οι κεντρικές συχνότητες είναι 2.412MHz, 2417MHz, ... 2.462GHz.

Τα κανάλια αυτά, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα είναι μερικώς επικαλυπτόμενα. Τα μη επικαλυπτόμενα είναι μόνο τρία, τα 1,6,11, δηλαδή

συσκευές που βρίσκονται στον ίδιο χώρο, για να μπορούν να λειτουργούν χωρίς η μία να παρεμβάλλεται στις άλλες, θα πρέπει να χρησιμοποιούν μη επικαλυπτόμενα κανάλια.

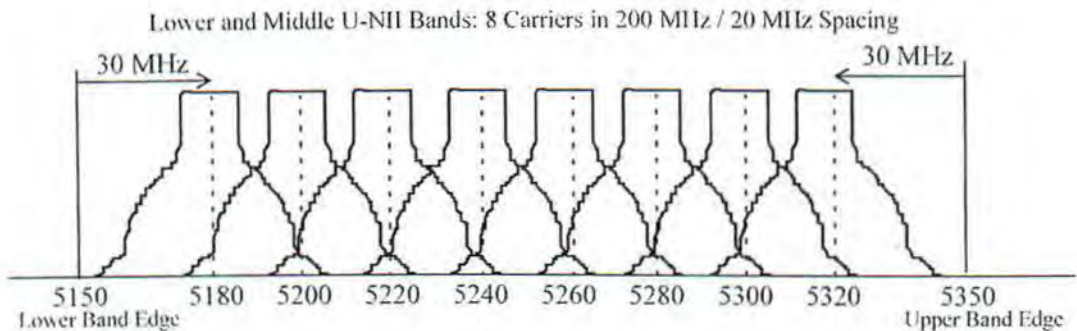


Έτσι λοιπόν και στο παρακάτω σχήμα φαίνεται πως έχουμε ορίσει τα κανάλια σε γειτονικές κυψέλες, προκειμένου να μην υπάρχουν παρεμβολές από μία στις γειτονικές της.



Για τη μετάδοση στο 802.11a και στο 802.11g χρησιμοποιείται η τεχνική OFDM. Πρόκειται για μια τεχνολογία δοκιμασμένη, στιβαρή που ταιριάζει απόλυτα (είναι ότι καλύτερο υπάρχει) για μετάδοση με υψηλούς ρυθμούς σε περιβάλλον WLAN δικτύων.

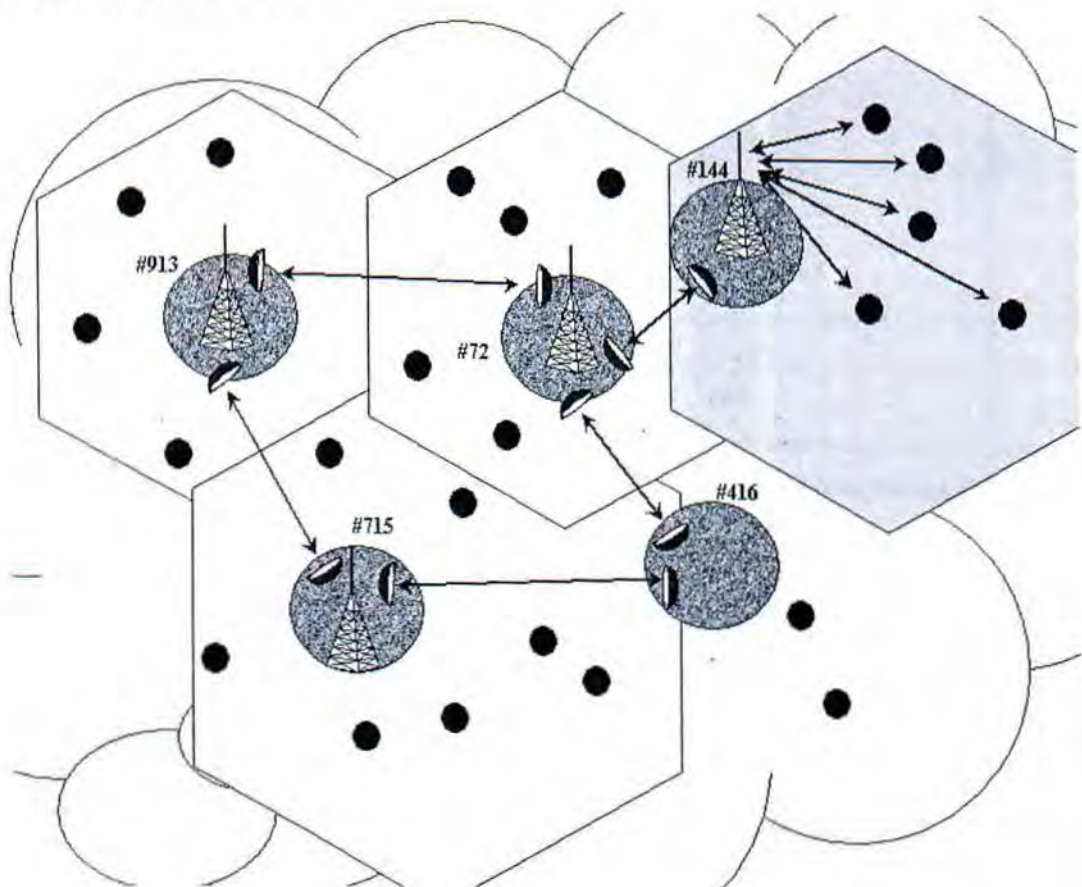
Για τη μετάδοση στο 802.11a έχουν οριστεί 12 κανάλια, εύρους 20MHz, σε απόσταση 20MHz μεταξύ τους σε τρεις ζώνες συχνοτήτων. Εδώ δεν υπάρχει επικάλυψη ανάμεσα στα κανάλια. Η χαμηλότερη ζώνη προορίζεται για χρήση σε εσωτερικό χώρο, ενώ η υψηλότερη που έχει τέσσερα κανάλια για χρήση σε εξωτερικό χώρο.



Έστω ότι έχουμε το δίκτυο του ακόλουθου σχήματος. Πρόκειται για ένα δίκτυο **κυψελοειδούς** μορφής, όπου ένας κεντρικός σταθμός παρέχει ραδιοκάλυψη μιας κυψέλης.

Κάθε ενδιαφερόμενος ασύρματος σταθμός πελάτη εφόσον βρίσκεται εντός της εμβέλειας της κυψέλης μπορεί να συνδεθεί στον κεντρικό σταθμό και μέσω αυτού να αποκτήσει πρόσβαση σε όλο το δίκτυο.

Επίσης οι κεντρικοί σταθμοί συνδέονται μεταξύ τους με **αφιερωμένες** ασύρματες συνδέσεις σημείου προς σημείο. Διακρίνουμε τους κεντρικούς σταθμούς #913, #715, #72, #416 οι οποίοι είναι συνδεδεμένοι σε τοπολογία **δακτυλίου** και τον #144.



Οι #913, #715, #72, #144 υλοποιούν δίκτυο μετάδοσης αλλά και δίκτυο πρόσβασης, ενώ ο #416 μόνο δίκτυο μετάδοσης.

Παρατηρούμε ότι υπάρχει αλληλοεπικάλυψη στις κυψέλες αλλά μπορεί να συμβεί να υπάρχουν και περιοχές χωρίς κάλυψη (σκιές).

Όλες οι γραμμούλες - συνδέσεις στα παραπάνω σχήματα έχουν υλοποιηθεί με το πρωτόκολλο IEEE802.11b.

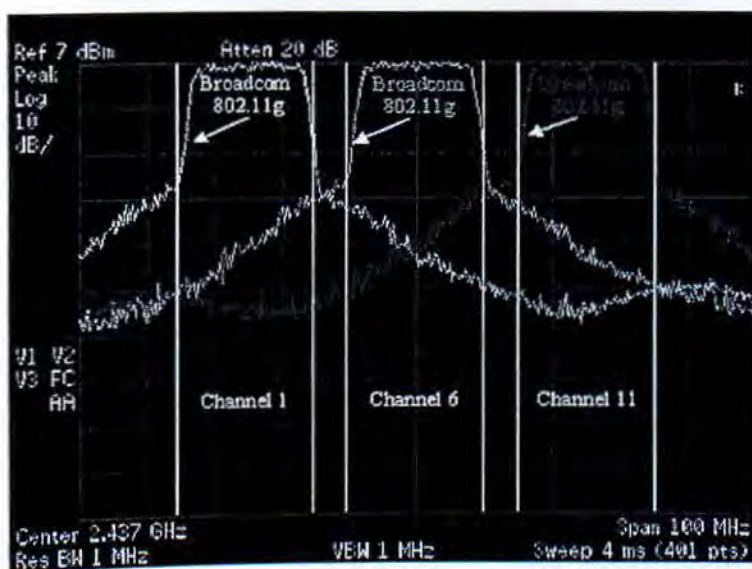
Θέλουμε μια συσκευή να έχει όσο το δυνατό λιγότερη ισχύ σε συχνότητες **γειτονικών** καναλιών ώστε να μην προκαλεί παρεμβολές σε συσκευές που λειτουργούν σε γειτονικά κανάλια και βρίσκονται σε κοντινή απόσταση. Καλύτερη εικόνα σημαίνει ότι ο κατασκευαστής έχει δουλέψει περισσότερο στο κομμάτι του **φιλτραρίσματος** του σήματος.

Το ζήτημα αυτό έχει ακόμα μεγαλύτερη σημασία σε **g** συσκευές. Εξαιτίας του ότι η διαμόρφωση που χρησιμοποιείται είναι πιο πολύπλοκη υπάρχει μια διελκυστική: Θέλουμε να **φιλτράρουμε** όσο το δυνατό περισσότερο το σήμα μας ώστε να μην παρενοχλήσουμε τα γειτονικά κανάλια, αλλά όχι τόσο ώστε να **αποκόψουμε** **χρήσιμη πληροφορία** από το σήμα μας.

Στο 802.11g το φάσμα έχει εύρος περίπου **16.25MHz** αποτελούμενο από **52 φέρουσες** μερικώς **επικαλυπτόμενες** σε απόσταση **312.5KHz** η μία από την άλλη. Το φάσμα είναι αρκετά **επίπεδο** στην ανώτερη περιοχή (1-2dB απόκλιση ανάμεσα στις φέρουσες) Αντίθετα στο 802.11b (μία μόνο φέρουσα συχνότητα) η φασματική κατανομή σε ένα κανάλι έχει τη μορφή **$\sin x/x$** , μια μορφή σαν **καμπάνα**.

Αποτέλεσμα του τελευταίου γεγονότος είναι ότι μπορούμε να χωρέσουμε **περισσότερα από 3 κανάλια** στη ζώνη των 2.4GHz (μέχρι και 5) παρότι αυτά θα **επικαλύπτονται μερικώς**. (φυσικά με κατάλληλες κεραιές - πολώσεις - σωστή διασπορά των κεραιών - εκπομπή στην ελάχιστη ισχύ)

Αντίθετα στο **g** το φάσμα είναι πιο γεμάτο (πιο **ορθογώνιο**). Εδώ αυστηρά πλέον τα κανάλια που είναι διαθέσιμα είναι **μόνον τρία**.



Μάλιστα αν δείτε και τη απαίτηση από την IEEE για την **απόρριψη γειτονικού καναλιού**, φαίνεται ότι ακόμα και συσκευές οι οποίες δουλεύουν σε g και βρίσκονται κοντά και σε γειτονικά κανάλια υπάρχει περίπτωση να αλληλοπαρεμβάλουν.

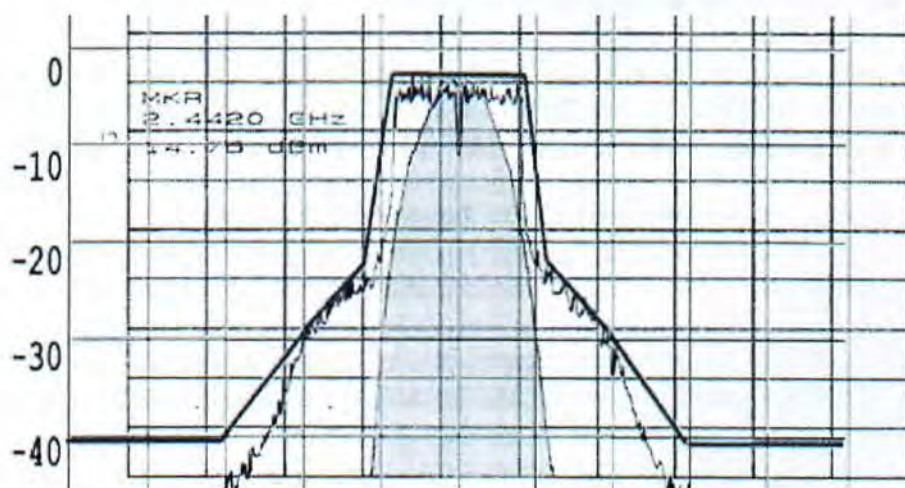
Αυτός είναι και ο λόγος που η **αντικατάσταση μιας b συσκευής από μια g στο ίδιο κανάλι και με την ίδια ισχύ οδηγεί σε υποβάθμιση** της ποιότητας των γειτονικών ζεύξεων.

Data rate (Mbits/s)	Minimum sensitivity (dBm)	Adjacent channel rejection (dB)	Alternate adjacent channel rejection (dB)
6	-82	16	32
9	-81	15	31
12	-79	13	29
18	-77	11	27
24	-74	8	24
36	-70	4	20
48	-66	0	16
54	-65	-4	15

Τέλος φαίνεται ότι οι **ιδιοταγείς** τρόποι μετάδοσης **TurboG, SuperG** κ.α όχι μόνο δεσμεύουν **διπλάσιο** φάσμα , αλλά στην πραγματικότητα δεν επιτρέπουν και σε συσκευές b και g να λειτουργήσουν στο υπόλοιπο φάσμα. Κατά συνέπεια οι τρόποι αυτοί περιορίζονται **αυστηρά** για χρήση σε **εσωτερικό** χώρο.



Συγκριτικό **φάσμα εκπομπής** ενός καλού **ετεροδύναμου 802.11b** πομποδέκτη με **Prism2.5** και ενός **ομόδυνου** μέτριου **802.11g** πομποδέκτη με broadcom2050 (πχ linksys WRT) στα 36Mbps.



Μπλε == > Prism2.5
 Μαύρο == > BR2050
 Κόκκινο ==> Μάσκα φάσματος από την IEEE

Παρατηρούμε την απολύτως ορθογώνια μορφή που έχει το φάσμα στο g (αποτελείται από ένα αριθμό από υποφέρουσες). Αυτό έχει επακόλουθο ότι προκαλεί **παρεμβολές** σε όλα τα άλλα γειτονικά στο φάσμα **b** και **g**, αλλά είναι και **πιο ευάλωτο σε παρεμβολές**.

Συγκεκριμένα στην περίπτωση μερικής επικάλυψης με κάποιο γειτονικό ραδιοσύστημα, οι ακραίες υποφέρουσες διαλύονται με αποτέλεσμα **όλη η ροή πληροφορίας να υποφέρει από μεγάλο ρυθμό λαθών**. Στο b κάτι τέτοιο δε συμβαίνει αφού υπάρχει **εφεδρεία** (redundancy) της πληροφορίας σε όλο το εύρος του εκπεμπόμενου φάσματος.

Η OFDM διαμόρφωση του g θεωρείται ανώτερη από την DSSS του b, αλλά αυτό με την προϋπόθεση **μη επικαλυπτόμενων καναλιών** και περιβάλλοντος χαμηλού θορύβου, **παρεμβολών**.

Επίσης για τη συγκεκριμένη g σχεδίαση βλέπουμε ότι λόγω κακού φιλτραρίσματος ή/και μέτριου τοπικού ταλαντωτή, υπάρχει σημαντική **εκπομπή πλευρικών** ακόμα και σε απόσταση 20MHz από τη φέρουσα (δηλαδή 4 κανάλια δεξιά και 4 αριστερά), το οποίο και εξηγεί γιατί όταν σηκώσουμε ένα g καταστρέφουμε τα υπόλοιπα b μας (σίγουρα τα δικά μας - μπορεί και των γειτόνων).

Αυτή την συμπεριφορά έχουμε δει πρακτικά και όταν το 2050 παίζει σε b mode. Είναι επομένως λογικό να υποθέσουμε ότι και το φάσμα του σε b απλώνει παρόμοια σε μεγάλο εύρος.

Παρατηρούμε επίσης πόσο κοντά είναι η εκπομπή του 2050 κοντά στη μάσκα της IEEE, το οποίο σημαίνει δεδομένων των πολύ ελαστικών προδιαγραφών που αυτή βάζει, ότι η σχεδίαση έγινε με τον **πιο φτηνό - ευτελή τρόπο** που θα μπορούσε να γίνει.

5.13.11. Πρακτικά συμπεράσματα για την χρήση του WiFi

Δεν χρησιμοποιούμε συσκευές με Turbo modes, 802.11g+, 108mbps καθότι καταλαμβάνουν ολόκληρο το φάσμα της μπάντας, με αποτέλεσμα να δημιουργείται επιπλέον θόρυβος και κορεσμός της μπάντας.

Δεν εκπέμπουμε με υπερβολική ισχύ, προσπαθούμε να τηρούμε πάντα τα νόμιμα όρια των 20dBm (EIRP, δηλαδή κέρδος κεραίας + ισχύς συσκευής - απώλειες καλωδίων),

Χρησιμοποιούμε το **802.11g αυστηρά σε εσωτερικό περιβάλλον** μόνο. Χρησιμοποιούμε τις συσκευές με 2050 Broadcom (πχ linksys wrt) με 802.11b ή g αυστηρά σε εσωτερικό περιβάλλον μόνο.

Το λάθος που μπορεί να κάνουμε είναι να αυξήσουμε **τέρμα** την ισχύ με το σκεπτικό ότι έτσι θα δουλέψει καλύτερα. Περισσότερη ισχύ σημαίνει **περισσότερο σήμα** στο δέκτη, αλλά και περισσότερα **άχρηστα παράγωγα**. Τελικά μετά από ένα κύκλο συνεχόμενων διαδοχικών αυξήσεων ερχόμαστε σε χειρότερο σημείο.

Παλιά ίσχυε ότι σε όσο εχθρικό περιβάλλον και να'σαι χρησιμοποιώντας ωμή βία, δηλ περισσότερη εκπεμπόμενη ισχύ, επιβιώνεις. Με τα καινούργια μηχανάκια αυτό δεν ισχύει, δυνατοί και αδύνατοι πομποί καταποντίζονται μαζί.

Επίσης πρόβλημα δεν υπάρχει μόνο στην εκπομπή αλλά και στη λήψη. Η ευαισθησία πρέπει να είναι κοντά σε αυτό που ανακοινώνουν οι κατασκευαστές αφού σε περιβάλλον μηδενικού θορύβου διαπιστώνουμε όντως καλή επίδοση.

Στην πόλη όμως ή σε εξωτερικό χώρο δεν τα καταφέρνει καλά. Το **φιλτράρισμα** του γίνεται στη βασική ζώνη, αφού προηγηθούν όλα τα στάδια ενίσχυσης. Τούτο σημαίνει ότι ισχυρές γειτονικές φέρουσες θα οδηγούν σε μη γραμμική λειτουργία τα στάδια ενίσχυσης προκαλώντας διάφορα παράγωγα **ενδοδιαμόρφωσης**.

Ισχυρά σήματα εκτός ISM ζώνης, επίσης πρέπει να διαλύουν το μηχανάκι αφού φιλτράρισμα σε RF και IF δεν υπάρχει. Η παλιά γενιά 802.11b είχε επιλεκτικά παθητικά και ακριβά φίλτρα SAW στην IF και έκοβε μαχαίρι τα ανεπιθύμητα, πριν τα κυρίως στάδια ενίσχυσης.

5.13.12. Δυναμική προσαρμογή ρυθμού μετάδοσης

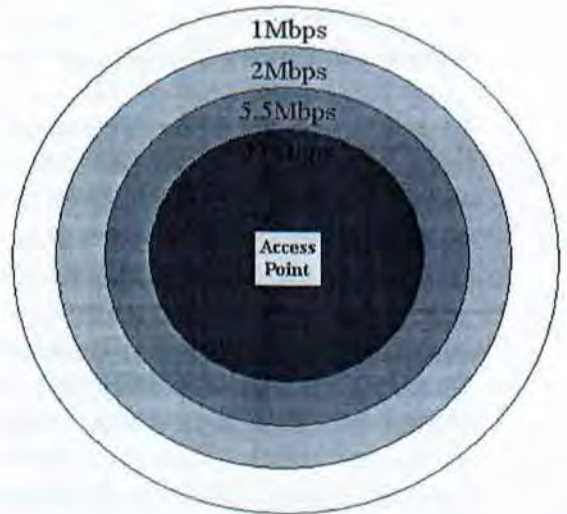
Το πρότυπο υποστηρίζει δυναμική προσαρμογή του ρυθμού μετάδοσης (dynamic rate shifting). Αυτό σημαίνει ότι αυτόματα θα επιλεγεί ο μέγιστος ρυθμός που μπορεί να υποστηριχθεί, ώστε να έχουμε αξιόπιστη μετάδοση, δηλαδή μετάδοση χωρίς λάθη.

Έτσι, όσο απομακρυνόμαστε από το σημείο πρόσβασης, τόσο ελαττώνεται το σήμα που λαμβάνουμε από αυτό και τόσο ελαττώνεται ο ρυθμός μετάδοσης για να μπορεί να υποστηριχθεί αξιόπιστη μετάδοση. Για παράδειγμα ο ρυθμός

μετάδοσης 1Mbps απαιτεί για τη χωρίς λάθη μετάδοση περίπου δέκα φορές μικρότερη ισχύ σήματος απ' ότι ο ρυθμός 11Mbps.

Ισοδύναμα, μπορούμε να ανταλλάξουμε απόσταση για μεγαλύτερο ρυθμό μετάδοσης. Έτσι, μπορούμε να έχουμε σύνδεση σε μεγαλύτερες αποστάσεις αλλά με μικρότερο ρυθμό μετάδοσης

Το ίδιο συμβαίνει όταν λόγω αυξημένου θορύβου ή παρεμβολών δεν μπορεί να υποστηριχθεί ο μεγαλύτερος ρυθμός. Η επικοινωνία γίνεται τότε σε κάποιον μικρότερο ρυθμό. Για τη σωστή λειτουργία του μηχανισμού υπάρχουν κάποια εσωτερικά κριτήρια για το πως και πότε θα γίνει η μετάβαση από ένα τρόπο μετάδοσης σε έναν άλλο. Η όλη διαδικασία της προσαρμογής είναι διαφανής στον χρήστη.



5.13.13. Ταχύτητα μετάδοσης

Το 802.11b υποστηρίζει ρυθμούς μετάδοσης 1, 2, 5.5, 11Mbps. Οι ταχύτητες αυτές είναι ονομαστικές και αναφέρονται στο ρυθμό μετάδοσης στο ραδιοδίαυλο. Η πραγματική ταχύτητα, αυτή που αντιλαμβάνεται ο χρήστης στον υπολογιστή του, είναι αρκετά μικρότερη, ως και το μισό της ονομαστικής.

Ο λόγος είναι ότι τα πακέτα που μεταφέρουν την πληροφορία, έχουν σημαντικό ποσοστό πλεονάζουσας πληροφορίας, όπως για παράδειγμα τον αύξοντα αριθμό πακέτου, ή πληροφορία για την ανίχνευση των λαθών. Αφετέρου υπάρχουν νεκρά διαστήματα, όπου δεν γίνεται μετάδοση, όπως και μεγάλος αριθμός μηνυμάτων που δεν περιέχουν χρήσιμη πληροφορία, όπως για παράδειγμα οι επιβεβαιώσεις για τη σωστή λήψη των πακέτων πληροφορίας.

Μπορούμε να πούμε ότι αυτό είναι ένα αντίτιμο, για να έχουμε αξιόπιστη ασύρματη μετάδοση, δηλαδή θυσιάζουμε ένα μέρος του ρυθμού μετάδοσης για να υλοποιήσουμε μηχανισμούς που θα βελτιώσουν τη ποιότητα της μετάδοσης.

Επιπλέον σε μετάδοση σε περιβάλλον με άσχημες συνθήκες μετάδοσης (θόρυβος, παρεμβολές), λόγω των επανεκπομπών πακέτων ο πραγματικός ρυθμός μετάδοσης υποβαθμίζεται ακόμα περισσότερο.

Αντίστοιχα το 802.11g και 802.11a έχουν ονομαστικούς ρυθμούς μετάδοσης 6, 12, 24, 36, 48, 54 Mbps με το 802.11g να υποστηρίζει για λόγους συμβατότητας με το 802.11b επιπλέον και τους ρυθμούς 1, 2, 5.5, 11Mbps. Οι πραγματικοί ρυθμοί μετάδοσης είναι και εδώ αρκετά μικρότεροι, μικρότεροι από το μισό του ονομαστικού και επηρεάζονται πολύ από τις συνθήκες μετάδοσης.

5.14. Τεχνικές διαμόρφωσης φάσματος.

5.14.1. Κωδικοποίηση διασποράς φάσματος (Spread Spectrum)

Η διασπορά φάσματος είναι η μέθοδος που χρησιμοποιείται για τη μετάδοση δεδομένων σε περισσότερες από μία συχνότητες. Μετά την επιτυχημένη εφαρμογή της, επί δεκαετίες, στις στρατηγικές επικοινωνίες της εποχής του Ψυχρού Πολέμου, "ξέπεσε" τώρα να χρησιμοποιείται στα ασύρματα τοπικό δίκτυα. Υπάρχουν δύο διαφορετικοί τύποι τεχνολογιών διασποράς φάσματος.

Με αυτόν τον τύπο διαμόρφωσης, το σήμα είναι καλύτερα θωρακισμένο από το θόρυβο και τις παρεμβολές και επιτρέπει να μοιράζονται τις συχνότητες λειτουργίας της περιοχής 2,4GHz πολλοί χρήστες, με όσο το δυνατόν μικρότερες παρεμβολές από άλλους ή από συσκευές, όπως οι φούρνοι μικροκυμάτων που χρησιμοποιούν την ίδια συχνότητα λειτουργίας!

Χρησιμοποιούνται 2 είδη η διασπορά ευθείας ακολουθίας (Direct Sequence Spread Spectrum, DSSS) και η διασπορά με αλλαγή συχνότητας (Frequency Hopping Spread Spectrum, FHSS). Η DSSS είναι μια τεχνολογία μετάδοσης φάσματος ευρείας ζώνης, η οποία χρησιμοποιεί ένα επιπλέον bit pattern για κάθε bit που μεταδίδεται. Αυτό το bit pattern, το οποίο έχει μεγαλύτερο ρυθμό (bitrate) από αυτόν των δεδομένων, καλείται chip ή chipping code.

Όσο μεγαλύτερο μήκος ακολουθίας έχει το chip, τόσο μεγαλύτερη η πιθανότητα ανάκτησης των μεταδιδόμενων δεδομένων χωρίς σφάλμα. Η δυσμενής συνέπεια της χρησιμοποίησης μακρύτερων chip, είναι το ευρύτερο φάσμα που απαιτείται για τη μετάδοση. Ακόμα και αν κατά την αποστολή δεδομένων χαθούν κάποια bit, είναι δυνατόν να ανακτηθούν, χωρίς να είναι απαραίτητη η εκ νέου αποστολή τους, κάτι που θα επέφερε καθυστέρηση στη μεταφορά των δεδομένων και θα επιβάρυνε την κίνηση στο δίκτυο. Αν κάποιος δέκτης λάβει τα σήματα χωρίς να είναι σε θέση να τα αποκωδικοποιήσει, θα τα "ερμηνεύσει" ως θόρυβο και θα τα αγνοήσει.

Η FHSS χρησιμοποιεί ένα στενό φασματικό φέρον σήμα, το οποίο μεταβάλλει συνεχώς την κεντρική του συχνότητα, σύμφωνα με ένα συγκεκριμένο πρότυπο. Το σήμα εξαπλώνεται, καθώς λειτουργεί σε μια συχνότητα για σύντομη χρονική διάρκεια και έπειτα μεταπηδά σε μια άλλη. Ο αλγόριθμος για τη μεταπήδηση (hopping) της συχνότητας, είναι εκ των προτέρων γνωστός, τόσο στον πομπό όσο και στο δέκτη. Στην FHSS, το 802.11 καθορίζει 79 κανάλια και 78 διαφορετικούς τρόπους εναλλαγής των καναλιών. Εάν το σήμα ληφθεί από κάποιον μη εξουσιοδοτημένο δέκτη, ερμηνεύεται ως μικρής διάρκειας θόρυβος και αγνοείται.

Το FHSS, λόγω της τεχνικής μεταπήδησης συχνότητας, έχει μεγαλύτερη ανοχή στις παρεμβολές απ' ό τι το DSSS, ενώ επίσης αποφεύγει την ταυτόχρονη δέσμευση μεγάλου μέρους του φάσματος. Η μετάδοση σημάτων FHSS απαιτεί μικρότερη ισχύ από την DSSS.

Το 802.11 b καθορίζει δύο τρόπους ασύρματης επικοινωνίας, ανάλογα με το αν πρόκειται για ομότιμο δίκτυο ή δίκτυο με σημεία πρόσβασης. Στα ομότιμα δίκτυα οι υπολογιστές "μιλάνε" μεταξύ τους με την επικοινωνία "ad hoc", ενώ

όταν υπάρχουν σημεία πρόσβασης γίνεται χρήση της επικοινωνίας "infrastructure". Στην επικοινωνία "infrastructure", το ασύρματο δίκτυο αποτελείται από ένα τουλάχιστον σημείο πρόσβασης, το οποίο είναι συνδεδεμένο συνήθως σε ενσύρματο δίκτυο. Αντίθετα, στην ad hoc, οι υπολογιστές του ασύρματου δικτύου επικοινωνούν απευθείας ο ένας με τον άλλο, χωρίς τη χρήση σημείων πρόσβασης ή φυσικής σύνδεσης σε ενσύρματο δίκτυο.

Η επιλογή μεταξύ "ad hoc" και "infrastructure" γίνεται από το λογισμικό που συνοδεύει την ασύρματη κάρτα. Έτσι, ανάλογα με το δίκτυο με το οποίο θέλει να συνδεθεί ο χρήστης, επιλέγει από το λογισμικό τον αντίστοιχο τρόπο επικοινωνίας.

Μία σημαντική δυνατότητα του 802.11 είναι το "κλειδί" SSID (Service Set Identifier) για την πρόσβαση στο δίκτυο. Όλα τα σημεία πρόσβασης σε ένα ασύρματο δίκτυο έχουν το ίδιο SSID και επιτρέπουν πρόσβαση στο δίκτυο μόνο στους ασύρματους κόμβους που το διαθέτουν. Ο μηχανισμός αυτός, αν χρησιμοποιηθεί σωστά, παρέχει μία υποτυπώδη ασφάλεια στο δίκτυο, αφού απαιτείται η δήλωση στο λογισμικό της ασύρματης κάρτας του κωδικού SSID.

Είναι μάλιστα εφικτό, ένας υπολογιστής να ρυθμιστεί με διαφορετικά SSID για την πρόσβαση σε διαφορετικά δίκτυα. Δυστυχώς, στα περισσότερα ασύρματα δίκτυα το SSID δεν αποτελεί δικλείδα ασφαλείας, άλλα ένα απλό αναγνωριστικό για την είσοδο στο δίκτυο. Εξάλλου, τα σημεία πρόσβασης μπορεί να είναι ρυθμισμένα να εκπέμπουν το SSID τους, συνεπώς οποιοσδήποτε πλησιάσει στην εμβέλεια τους, θα αποκτήσει πρόσβαση στο δίκτυο.

5.14.2. Ορθογώνια πολυπλεξία συχνότητας (Orthogonal Frequency Division Multiplexing-OFDM)

Η κωδικοποίηση OFDM, είναι μια μορφή διαμόρφωσης πολλών φερόντων σημάτων και διαφέρει από αυτήν της διασποράς φάσματος. Η τεχνική OFDM χωρίζει το σήμα σε πολλά μικρότερα υποσήματα, τα οποία και εκπέμπει σε διαφορετικές συχνότητες. Αυτό μειώνει τη διαφωνία (crosstalk) στις μεταδόσεις σημάτων, κάτι το οποίο καθιστά το OFDM πολύ χρήσιμο για τη μετάδοση υψίρρυθμων και ευρυζωνικών πληροφοριών.

Επίσης, με τον τρόπο αυτό, η μετάδοση είναι πολύ ανθεκτική στις παρεμβολές. Η IEEE επέλεξε να χρησιμοποιήσει OFDM στο πρότυπο 802.11 a, με ταχύτητα μετάδοσης μέχρι 54Mbps. Η ίδια διαμόρφωση χρησιμοποιείται στην τεχνολογία ADSL, που πετυχαίνει υψηλότερες ταχύτητες στα κοινά τηλεφωνικά δίκτυα, αλλά και στην επερχόμενη ψηφιακή τηλεόραση.

Είναι μια τεχνολογία, που ενώ είχε αναλυθεί σε θεωρητικό επίπεδο εδώ και χρόνια, έκανε ξαφνικά, δυναμική εμφάνιση στη σκηνή των ψηφιακών επικοινωνιών και κατέλαβε εξ εφόδου όλες τις νέες εφαρμογές.

5.15. Κανάλια λειτουργίας και προδιαγραφές

5.15.1. Αδειοδότηση

Τα ασύρματα τοπικά δίκτυα εργάζονται σε κάποια από τις **ISM (Instrumentation, Scientific, and Medical)** ζώνες. Αυτές είναι ζώνες συχνοτήτων που η χρήση τους δεν απαιτεί **αδειοδότηση** (unlicensed). Η χρήση τους προορίζεται, όπως αναφέρει και η ονομασία τους για χρήση σε βιομηχανικό περιβάλλον, για επιστημονικούς - εκπαιδευτικούς - ιατρικούς σκοπούς. Σε κάθε περίπτωση **δεν προορίζεται για εμπορική εκμετάλλευση** και γι αυτό άλλωστε οι συχνότητες αυτές δεν αδειοδοτούνται.

Εύρος ISM Ζώνης
902 - 928MHz
2.400 - 2.483GHz
5.15 - 5.35GHz
5.725 - 5.875GHz

Οι περισσότερες από αυτές τις ζώνες είναι διεθνείς, δηλαδή, ισχύουν σε όλον τον κόσμο. Όμως, υπάρχουν διαφοροποιήσεις τόσο στο φάσμα που διατίθεται όσο και στους ρυθμιστικούς κανόνες, όπως περιγράφονται από την κάθε εθνική ρυθμιστική αρχή. Έτσι για παράδειγμα η διεθνής ζώνη των 2.4GHz είναι: (τελευταία ενημέρωση 8 Ιουλίου 2004)

	Κανάλια	Φάσμα συχνοτήτων	EIRP (dBm)
Ευρώπη	1..13	2400-2483.5	20dBm
Β. Αμερική	1..11	2400-2473	30dBm (ομοιοκατευθυντικά) 36dBm (κατευθυντικά)
Ιαπωνία	14	2471-2497	20dBm
Ισπανία	10..12	2445-2475	20dBm
Γαλλία	1..13	2400-2483.5	20dBm (εσωτερικά) 10dBm (εξ. κανάλια 10..13)
Βέλγιο	1..13	2400-2483.5	Εξωτερικά μόνο το καν. 13
Αυστραλία	1..9	2400-2483	36dBm (Ch 1..9) 23dBm (Ch 10..13)

Οι κεντρικές συχνότητες των καναλιών είναι οι ακόλουθες:

Κανάλι	Κεντρική Συχνότητα (MHz)
1	2412
2	2417
3	2422
4	2427
5	2432
6	2437
7	2442
8	2447
9	2452
10	2457
11	2462
12	2467
13	2472
14	2484

Η απόσταση μεταξύ των καναλιών είναι 5MHz και το εύρος κάθε καναλιού είναι περίπου 22MHz. Αυτό σημαίνει ότι υπάρχει επικάλυψη των καναλιών και τα μη επικαλυπτόμενα κανάλια είναι μόνο 3.

Για τις συσκευές οι οποίες προωθούνται σε ένα κράτος πρέπει ο κατασκευαστής να βεβαιώσει ότι τηρεί τις συστάσεις τις αντίστοιχης ρυθμιστικής ισχύς. Προτεραιότητα έχουν οι ρυθμιστικοί κανόνες που δημοσιεύονται από την τοπική ρυθμιστική αρχή. Έτσι στην Ελλάδα έχει δοθεί για ελεύθερη χρήση το εύρος συχνοτήτων από 2402MHz ως 2482MHz. Ο βασικός περιορισμός είναι ότι το εύρος αυτό δεν θα χρησιμοποιείται για εμπορική χρήση και ότι η ισοδύναμη εκπεμπόμενη ισχύς, EIRP (Effective Isotropically Radiated Power) δεν θα ξεπερνά τα 100mw (20dBm).

5.16. Ασφάλεια ασυρμάτων τοπικών δικτύων

Βασική παράμετρος που πρέπει να λάβει υπόψη ο σχεδιαστής ενός ασύρματου δικτύου είναι η ασφάλεια του. Ο στόχος είναι η ασφάλισή του σε διάφορα επίπεδα με διάφορους τρόπους ώστε να είναι ιδιαίτερα δύσκολο έως ακατόρθωτο να προκληθεί βλάβη στο δίκτυο ή αν γίνει αυτή να είναι πολύ περιορισμένη. Η ασφάλεια παρέχεται από ολοκληρωμένο και σφαιρικό

σχεδιασμό του δικτύου και του κάθε υπολογιστή ξεχωριστά, ζυγίζοντας σε κάθε επιλογή που κάνουμε τα υπέρ και τα κατά.

5.16.1. Λειτουργικό

Βασική παράμετρος ασφαλείας είναι το λειτουργικό των υπολογιστών μας. Τα windows λόγω της μεγάλης διάδοσής του και του κλειστού κώδικα του είναι ιδιαίτερα ευάλωτο σε επιθέσεις και συνεχώς διαπιστώνονται κενά ασφαλείας.

Οι γενικοί κανόνες είναι, η διαρκής ενημέρωση του λειτουργικού, ο περιορισμός των υπηρεσιών στις μόνες που πραγματικά χρησιμοποιούμε, και η εγκατάσταση κάποιου προγράμματος προστασίας από ιούς. Τέλος, η χρήση κάποιου firewall που ελέγχει την πρόσβαση των εφαρμογών και την πρόσβαση σε επίπεδο δικτύου μπορεί να δώσει ικανοποιητική ασφάλεια.

Σε περιβάλλον Linux ή BSD τα οποία είναι βασισμένα στο Unix λόγω της σχεδίασής του, η ασφάλεια μπορεί να φτάσει στο καλύτερο δυνατό επίπεδο. Το ίδιο ισχύει και για το MacOSX λειτουργικό.

5.16.2. Επίπεδο δικτύου

Η πιο σοβαρή αδυναμία της ασύρματης μετάδοσης είναι ότι δεν μπορούμε να εμποδίσουμε εύκολα την φυσική πρόσβαση στο μέσο κάποιου κακόβουλου χρήστη.

Έτσι, κάποιος εφοδιασμένος με το κατάλληλο υλικό και λογισμικό μπορεί να συλλέξει ικανό αριθμό πακέτων που μεταδίδονται ανάμεσα στα στοιχεία του ασύρματου δικτύου μας.

Με τον τρόπο αυτό, μπορεί να υποκλέψει την πληροφορία που μεταδίδουμε αν αυτή δεν είναι κρυπτογραφημένη ή είναι κρυπτογραφημένη με κάποιο αδύναμο αλγόριθμο.

Μπορεί επίσης να επιχειρήσει να συνδεθεί ο ίδιος στο ασύρματο δίκτυο μας με σκοπό την υποκλοπή πληροφορίας ή την κακόβουλη χρήση.

5.16.3. ESSID

Για την σύνδεση ενός ασύρματου σταθμού σε ένα σημείο πρόσβασης πρέπει να ορίσουμε στον πρώτο το ESSID του δεύτερου. Αν ορίσουμε όμως ότι το ESSI δεν θα εκπέμπεται από το AP, ένας ασύρματος σταθμός που κάνει αναζήτηση δικτύου δεν θα το ανακαλύψει, ενώ κάποιος που θέλει να συνδεθεί θα πρέπει να το γνωρίζει. Να σημειώσουμε βέβαια ότι το ESSID περιλαμβάνεται σε κάθε πακέτο που εκπέμπεται έτσι κάποιος μπορεί εύκολα να το υποκλέψει.

5.16.4. WEP (Wired Equivalent Encryption)

Αποσκοπεί να δώσει ένα ισοδύναμο βαθμό ασφαλείας με αυτόν ενός ενσύρματου δικτύου. Αποτελεί ένα στοιχειώδες μέτρο ασφαλείας σε ασύρματο δίκτυο.

Ο χρήστης εισάγει το κλειδί κρυπτογράφησης που μπορεί να είναι 40-128bit. Το κλειδί αυτό χρησιμοποιείται για την αυθεντικοποίηση ασύρματων σταθμών που επιθυμούν να συνδεθούν και κατόπιν για την κρυπτογράφηση των δεδομένων. Το κλειδί κρυπτογράφησης είναι στατικό, με αποτέλεσμα αν κάποιος συλλέξει επαρκή αριθμό πακέτων να μπορεί να το βρει.

Τέλος, χρησιμοποιεί το πεδίο MIC (Message Integrity Check), ένα επιπλέον πεδίο στην επικεφαλίδα του πλαισίου που εκτός από το κυρίως πακέτο προστατεύει και την επικεφαλίδα του.

Πρόσφατα, εγκρίθηκε το πρωτόκολλο CCMP (Counter Mode with Cipher Block Chaining Message Authentication Code Protocol) το οποίο χρησιμοποιεί τον αλγόριθμο AES για κρυπτογράφηση που είναι πολύ καλύτερο του RC4 που χρησιμοποιείται μέχρι τώρα. Το μειονέκτημα είναι ότι απαιτεί μεγαλύτερη επεξεργαστική ισχύ.

5.16.4.1 WPA, Wi-Fi Protected Access

Αποτελεί στην ουσία μια αναβάθμιση του WEP λύνοντας τα προβλήματα ασφαλείας του. Οι περισσότερες σύγχρονες συσκευές το υποστηρίζουν, ενώ σε αρκετές παλιότερες υπάρχει η δυνατότητα με αναβάθμιση του λογισμικού να υπάρχει υποστήριξη.

Αποτελεί μια ολοκληρωμένη λύση για την ταυτοποίηση του χρήστη στο σημείο πρόσβασης και στο δίκτυο χρησιμοποιώντας πρωτόκολλα όπως το EAP (Extensible Authentication Protocol, το LEAP και το PEAP (Protected EAP) για την αυθεντικοποίηση και πρωτόκολλα όπως τα TTLS (Transport Layer Security), SSL για την κρυπτογράφηση των δεδομένων.

Το πρωτόκολλο TKIP (Temporal Key Integrity Protocol) περιπλέκει το κλειδί κρυπτογράφησης ανά πακέτο (per-packet key mixing) και αλλάζει το κλειδί δυναμικά από μια ομάδα κλειδιών που έχει οριστεί κάνοντας πλέον σχεδόν αδύνατη την εύρεση του.

Για να συνδεθεί κάποιος στο ασύρματο δίκτυο πρέπει να δώσει έναν κωδικό με το οποίο ταυτοποιείται από κάποιον RADIUS ή LDAP εξυπηρετητή. Μετά την επιτυχή αυθεντικοποίηση του ακολουθεί ανταλλαγή της πληροφορίας χρησιμοποιώντας πλέον δυναμικά κλειδιά κρυπτογράφησης που είναι πάρα πολύ δύσκολο να ανακτηθούν.

5.16.4.2 EAP (Extensible authentication protocol)

Πρωτόκολλο σημείου προς σημείο το οποίο υποστηρίζει πολλαπλές μεθόδους επικύρωσης. Η υποστήριξη τύπων EAP εξαρτάται από το λειτουργικό σύστημα που χρησιμοποιείται.

5.16.5. Φίλτρο MAC διευθύνσεων

Το WEP πρωτόκολλο ταυτοποιεί τον χρήστη στο AP και όχι την συσκευή. Για το σκοπό αυτό υπάρχει η δυνατότητα προσθήκης φίλτρων σχετικά με τις MAC διευθύνσεις των συσκευών που επιτρέπεται και αυτών που δεν επιτρέπεται να συνδεθούν.

5.16.6. Επίπεδο εφαρμογής

Αποτελεσματική προστασία μπορεί να επιτευχθεί σε ανώτερο επίπεδο. Έτσι μπορούμε να ανοίξουμε ένα "τούνελ" μεταξύ των υπολογιστών που επικοινωνούν μεταξύ τους. Η διαδικασία αυτή περιλαμβάνει τον κατάλληλο μηχανισμό αυθεντικοποίησης, δηλαδή την πιστοποίηση της ταυτότητας των δύο μερών και μηχανισμό κρυπτογράφησης των δεδομένων που ανταλλάσσονται. Τέτοια "τούνελ" είναι τα ssh (secure shell), ssl(Secure Sockets Layer), IPSec κ.α., με ποιο ασφαλές μέχρι στιγμής το IPSec. Έτσι αν κάποιος κάνει ακρόαση δεν θα μπορέσει να καταλάβει τίποτα και δεν θα προλάβει να σπάσει την κρυπτογράφηση έγκαιρα όσο ισχυρό μηχάνημα κι αν έχει.

Έχοντας αρκετά εργαλεία στη διάθεση μας, είναι δυνατό πλέον ένα ασύρματο δίκτυο να γίνει ασφαλές. Το μόνο που απαιτείται είναι μια καλή γνώση των μεθόδων ασφαλείας από το διαχειριστή και την εφαρμογή τους.

Τα πλεονεκτήματα που προκύπτουν από τις τεχνολογίες WLAN είναι αναμφίβολα πολλά, με σημαντικότερο, στις περισσότερες περιπτώσεις, την ευελιξία που παρέχουν. Παρόλα αυτά, ο τρόπος με τον οποίο πραγματοποιείται η διακίνηση της πληροφορίας παρουσιάζει κάποιες αδυναμίες, κυρίως όσον αφορά στην ασφάλεια. Για να το θέσουμε με περισσότερη ειλικρίνεια, NAI, υπάρχουν προβλήματα ασφαλείας στα ασύρματα δίκτυα και δικαίως ανησυχούν οι καχύποπτοι χρήστες!

Στο πρότυπο 802.11 b, τα δεδομένα εκπέμπονται, όπως αναφέρθηκε, στη φασματική περιοχή των 2,4GHz, σε συχνότητες που μπορούν εύκολα να διαπεράσουν κάποια τυπική τοιχοποιία και μεταλλική κατασκευή. Το γεγονός ότι τα δεδομένα που διακινούνται ανά πάσα στιγμή στο δίκτυο, διαχέονται "ελεύθερα" στον περιβάλλοντα χώρο, επιτρέπει σε κάθε περαστικό, με ένα laptop να συνδεθεί στο δίκτυο και να το χρησιμοποιήσει με καλούς ή κακούς σκοπούς.

Γενικά, οι "επιθέσεις" που είναι πιθανόν να δεχτεί ένα ασύρματο δίκτυο, χωρίζονται σε δύο βασικούς τύπους. Ο πρώτος αποτελείται από επιθέσεις

που έχουν βασικό σκοπό την υποκλοπή των πληροφοριών που διακινούνται. Στόχος των παραπάνω επιθέσεων είναι τις περισσότερες φορές τα εταιρικά δίκτυα, στα οποία ανταλλάσσονται αρκετά "ευαίσθητες", τόσο για την εταιρεία όσο και τους ανταγωνιστές της, πληροφορίες. Ο δεύτερος τύπος περιλαμβάνει επιθέσεις, με τις οποίες ένας "κακόβουλος" επισκέπτης προσπαθεί να αποκτήσει πρόσβαση και να χρησιμοποιήσει "προσωρινά" ένα ασύρματο δίκτυο. Δεδομένων των παραπάνω κινδύνων και έχοντας ως στόχο την αύξηση της ασφάλειας των ασύρματων δικτύων, το IEEE έχει ενσωματώσει στο πρότυπο 802.11 μεθόδους, που συντελούν στην αύξηση της ασφάλειας του ασυρμάτου δικτύου (Basic Industry Standard Security). Η πρώτη και λιγότερο ασφαλής, είναι η χρήση του "κωδικού του δικτύου" SSID (Secure Set Identifier). Πρόκειται για το χαρακτηριστικό όνομα ενός ασύρματου δικτύου, το οποίο χρησιμοποιείται για να διαφοροποιούνται τα δίκτυα, που ενδεχομένως λειτουργούν στον ίδιο χώρο.

Γενικά, όλες οι συσκευές ασύρματης σύνδεσης έχουν μια προκαθορισμένη τιμή του SSID, τυπική για κάθε μοντέλο. Για να διευκολυνθεί η διαδικασία σύνδεσης δύο συσκευών WLAN, κάθε συσκευή εκπέμπει ανά τακτά χρονικά διαστήματα το SSID της. Έτσι, όταν δύο συσκευές βρεθούν μέσα στα όρια εμβέλειάς τους, αυτομάτως αναγνωρίζουν η μία την άλλη και στη συνέχεια, μπορούν, εφόσον έχουν το ίδιο SSID, να συνδεθούν.

Αν και ο παραπάνω μηχανισμός απλοποιεί σημαντικά τη διαδικασία σύνδεσης δύο ή περισσότερων "φιλικών" υπολογιστών, εγκυμονεί κινδύνους, διότι βοηθά σημαντικά πιθανούς "εχθρούς" να εντοπίσουν το εν λόγω δίκτυο. Ο μόνος τρόπος με τον οποίο μπορεί να περιοριστεί ο παραπάνω κίνδυνος είναι να αποτραπεί η αυτόματη εκπομπή του SSID, μια δυνατότητα που προσφέρεται μόνο από τα Σημεία Πρόσβασης. Συνοψίζοντας, όταν χρησιμοποιείται ένα Σημείο Πρόσβασης, ένα πρώτο μέτρο ασφάλειας που μπορεί κανείς να πάρει, είναι να απενεργοποιήσει την εκπομπή του SSID και να αλλάξει το όνομα του δικτύου, με κάποιο δύσκολο προβλεπόμενο.

5.16.7. Πιστοποίηση χρήστη

Το πρότυπο 802.11 ενσωματώνει δυο μεθόδους πιστοποίησης: Open System και Shared Key. Η πρώτη δεν παρέχει ουσιαστικά καμία πιστοποίηση, εκτός από την αναγνώριση της διεύθυνσης MAC των συσκευών. Έτσι, η συγκεκριμένη μέθοδος επιτρέπει σε όσες συσκευές έχουν το ίδιο SSID να επικοινωνήσουν μεταξύ τους.

Η μέθοδος Shared Key επιτρέπει την ανταλλαγή δεδομένων, μόνο ανάμεσα στις συσκευές που έχουν το ίδιο SSID και το ίδιο κλειδί κρυπτογράφησης (WEP Key). Όταν μια συσκευή προσπαθήσει να συνδεθεί με μια άλλη, τότε αυτή, θα απαντήσει στέλνοντας της ένα απλό αρχείο κειμένου. Στη συνέχεια, η συσκευή που επιχειρεί να συνδεθεί, θα το κωδικοποιήσει, χρησιμοποιώντας το δικό της WEP Key και θα το στείλει πίσω. Η σύνδεση των δύο συσκευών θα είναι εφικτή, μόνο εάν το κείμενο έχει κρυπτογραφηθεί σωστά. Μολονότι η μέθοδος Shared Key δίνει την αίσθηση ότι προσφέρει μεγαλύτερη ασφάλεια από την Open System, η εφαρμογή της εγκυμονεί σοβαρούς κινδύνους.

Το αδύνατο σημείο της Shared Key, είναι η αποστολή του απλού κειμένου. Αν, για παράδειγμα, κάποιος καταγράψει με κατάλληλο εξοπλισμό την επικοινωνία μεταξύ ενός σημείου πρόσβασης και των συσκευών που συνδέονται σε αυτά, θα καταφέρει να συγκεντρώσει έναν ικανοποιητικό αριθμό δεδομένων (απλό και κωδικοποιημένο κείμενο), από τα οποία είναι δυνατόν να υπολογίσει το WEP Key που χρησιμοποιείται.

Εύλογα συμπεραίνει κανείς, ότι παρόμοιες μέθοδοι πιστοποίησης δεν διακρίνονται για το υψηλό επίπεδο ασφάλειας που προσφέρουν.

5.16.8. Κρυπτογράφηση δεδομένων

Το πρότυπο 802.11b περιλαμβάνει, εκτός από τις δύο μεθόδους πιστοποίησης που αναφέρθηκαν παραπάνω και μια μέθοδο κρυπτογράφησης δεδομένων, που ονομάζεται WEP (Wireless Equivalent Privacy).

Η WEP βασίζεται στον αλγόριθμο κρυπτογράφησης RC4, ο οποίος χρησιμοποιεί ένα κλειδί μεγέθους 40bit ή 104bit και έναν τυχαίο αριθμό, που ονομάζεται "διάνυσμα έναρξης" Initialization Vector και έχει μήκος 24bit. Οι συσκευές μάλιστα που ακολουθούν το πρότυπο 802.11b+ της Texas Instruments, υποστηρίζουν κωδικοποίηση με κλειδί μήκους 256bit (τυχαίος αριθμός 24bit και κλειδί 232bit). Λόγω όμως κάποιων εγγενών αδυναμιών του αλγορίθμου RC4, η υποκλοπή του χρησιμοποιούμενου κλειδιού είναι εφικτή. Μια τακτική που μπορεί να δυσκολέψει τους πιθανούς "εισβολείς" είναι να χρησιμοποιείται κλειδί μεγάλου μεγέθους (128bit ή 256bit), το οποίο πρέπει να αλλάζει αρκετά συχνά. Ένας οργανωμένος cracker, μπορεί, χρησιμοποιώντας τα κατάλληλα εργαλεία λογισμικού, όπως το AirSnort (airsnort.shmoo.com), να συλλέξει μερικά εκατομμύρια πακέτα κλειδιών και να "σπάσει" το WEP. Βλέποντας τη μάλλον απaráδεκτη κατάσταση, οι εταιρείες προχώρησαν στην ενίσχυση της ασφάλειας, σχεδιάζοντας το WiFi Protected Access (WPA), το οποίο βελτιώνει το WEP. Η βελτίωση έχει δύο πυλώνες. Ο πρώτος συνίσταται στην αύξηση του μήκους του διανύσματος έναρξης σε 48bit (από 24), αυξάνοντας εκθετικά το χρόνο που απαιτείται για την παραβίαση του. Ο δεύτερος είναι η αλλαγή του αλγορίθμου κρυπτογράφησης από τον πεπαλαιωμένο και αδύναμο πλέον RC4, στον TKIP (Temporal Key Integrity Protocol). Ο TKIP επιτρέπει το συχνό μετασχηματισμό των κλειδιών κρυπτογράφησης, με χρήση μιας συνάρτησης κατακερματισμού (hash function). Στη συνέχεια, διασφαλίζει ότι τα κλειδιά αυτά είναι αυθεντικά και όχι κάποια που προσπάθησε να "βάλει" στο κανάλι κάποιος "κακόβουλος". Παράλληλα, η πιστοποίηση όσων έχουν πρόσβαση στο δίκτυο, γίνεται με ένα σύστημα δημόσιου κλειδιού, ανάλογου με αυτό που χρησιμοποιείται στην κινητή τηλεφωνία. Το WPA είναι αρκετά πιο ασφαλές από το διάτρητο WEP, αλλά σχετικές έρευνες έδειξαν ότι έχει και αυτό τις αδυναμίες του, ιδιαίτερα όταν χρησιμοποιείται συνθηματική φράση με λιγότερους από 20 χαρακτήρες.

Η ασφάλεια σε απαιτητικά εταιρικά περιβάλλοντα, βελτιώνεται με τη χρήση κεντρικού διακομιστή ελέγχου της πρόσβασης. Η διαδικασία είναι περίπλοκη και περιγράφεται από την προδιαγραφή ασφάλειας RADIUS.

Δυστυχώς, τέτοιοι μηχανισμοί δεν μπορούν εύκολα να προσαρμοσθούν σε μικρά "οικιακά" ασύρματα δίκτυα. Πάντως, όλοι αναμένουν με ανυπομονησία την προδιαγραφή 802.11i, που ελπίζετε ότι θα επιλύσει (;) όλα τα προβλήματα ασφαλείας.

5.17. Οικολογική συνείδηση και στις ραδιο συχνότητες

5.17.1. Τι σημαίνει οικολογική συνείδηση στις ραδιο -συχνότητες;

Για τη μετάδοση της πληροφορίας στοWiFi χρησιμοποιούνται ζώνες συχνοτήτων στις οποίες δεν απαιτείται αδειοδότηση και οι οποίες ονομάζονται ISM (Instructional Scientific and Medical band) και Hyperlan I, II. Οι ζώνες αυτές προορίζονται, όπως αναφέρει και η ονομασία τους, για χρήση σε βιομηχανικό περιβάλλον, για επιστημονικούς - εκπαιδευτικούς - ιατρικούς σκοπούς. Σε κάθε περίπτωση, δεν προορίζονται για εμπορική εκμετάλλευση και γι' αυτό άλλωστε οι συχνότητες αυτές δεν αδειοδοτούνται.

Οι περισσότερες από αυτές τις ζώνες είναι διεθνείς, δηλαδή ισχύουν σε όλον το κόσμο. Όμως υπάρχουν διαφοροποιήσεις τόσο στο φάσμα που διατίθεται όσο και στους ρυθμιστικούς κανόνες, όπως περιγράφονται από την κάθε εθνική ρυθμιστική αρχή. Έτσι, ο χρήστης των συχνοτήτων αυτών δεν χρειάζεται να ζητήσει αδειοδότηση προκειμένου να χρησιμοποιήσει τις συγκεκριμένες συχνότητες, αλλά αναλαμβάνει την υποχρέωση να τηρήσει τους όποιους κανόνες έχουν οριστεί. Σε περίπτωση μη τήρησης, προφανώς αίρεται το δικαίωμα του να χρησιμοποιεί τη ζώνη.

Έτσι για παράδειγμα, στην Ελλάδα έχει οριστεί για χρήση από τα ασύρματα δίκτυα η ISM ζώνη των 2.4GHz, στα κανάλια 1 έως και 13. Η ΕΕΤΤ (Εθνική Επιτροπή Τηλεπικοινωνιών) έχει ορίσει σαν βασικό περιορισμό για να λειτουργήσει μια συσκευή στη ζώνη αυτή η ισοδύναμη εκπνεμπόμενη ισχύς της (EIRP) να μην ξεπερνά τα 20dBm (100mW).

Ας αναλύσουμε λίγο παραπάνω τον περιορισμό για την ισοδύναμη εκπνεμπόμενη ισχύ (EIRP). Το μέγεθος αυτό μετράται σε mW (μονάδα μέτρησης ισχύος) ή σε dBm (λογαριθμική μονάδα μέτρησης ισχύος). Σε dBm υπολογίζεται σαν το άθροισμα της εκπνεμπόμενης ισχύος από τη συσκευή σε dBm, συν το κέρδος της κεραίας σε dB.

Για παράδειγμα μια συσκευή με ισχύ 17dBm με ενσωματωμένη κεραία κέρδους 2dB θα έχει $EIRP=17dBm+2dB=19dBm$ και άρα επιτρέπεται η λειτουργία της στη ζώνη.

Δυστυχώς, από μόνος του ο κανονισμός δεν είναι αρκετός για την βέλτιστη χρήση του ραδιοφάσματος. Σε αντιστοιχία, ας σκεφτούμε τον κανονισμό για τα οικιακά απόβλητα. Είμαστε υποχρεωμένοι να τα αφήνουμε στους κάδους και όχι σε όποιο σημείο θελήσουμε. Αν περιοριστούμε στην απλή τήρηση του κανονισμού είμαστε σύμφωνοι με τους νόμους και τους κανόνες, αλλά η λειτουργία του συστήματος δεν είναι βέλτιστη και προβλήματα θα παρατηρηθούν. Αν όμως έχουμε, στο συγκεκριμένο παράδειγμα, οικολογική συνείδηση και αφήνουμε τα σκουπίδια σε συγκεκριμένες ώρες, μέρες και όταν

παρατηρούμε πρόβλημα τα κρατήσουμε σπίτι, τελικά θα έχουμε συνολικό όφελος όλοι και το σύστημα θα λειτουργεί αποδοτικά και απρόσκοπτα.

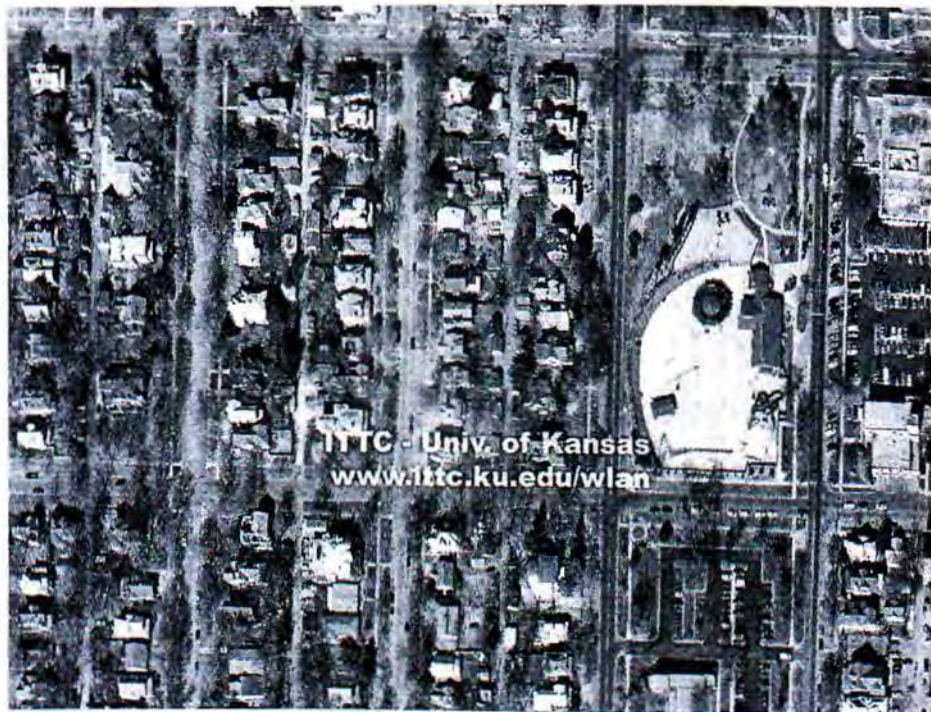
Κάτι αντίστοιχο συμβαίνει και με τις ραδιοσυχνότητες. Το ραδιοφάσμα, δηλαδή οι ραδιοσυχνότητες, είναι ο πιο ακριβός και σπάνιος πόρος σε ένα ασύρματο δίκτυο, κάτι ανάλογο με το περιβάλλον. Τούτο διότι είναι μοναδικός και περιορισμένος πόρος. Έτσι συσκευές μπορούμε να αποκτήσουμε και άλλες, αλλά περισσότερα κανάλια δεν έχουμε τη δυνατότητα να χρησιμοποιήσουμε. Σαν αγαθό το οποίο δεν μπορούμε να αγοράσουμε, πρέπει να θεωρείται σαν ανεκτίμητης αξίας.

Άλλο βασικό χαρακτηριστικό, είναι ότι η συγκεκριμένη ζώνη, αφού δεν αδειοδοτείται, δεν αποτελεί κτήμα κανενός. Είναι κοινός, περιορισμένος πόρος στον οποίο δικαιούνται πρόσβαση όλοι, κάτι σαν δημόσιο αγαθό. Κατά συνέπεια, για να μπορεί να είναι δυνατή η αξιοποίηση του πόρου αυτού από τους χρήστες, απαιτείται η ύπαρξη "οικολογικής" συνείδησης. Η ανάγκη αυτή γίνεται μάλιστα πιο επιτακτική όσο θα αυξάνεται ο αριθμός των χρηστών που θα θελήσουν να αξιοποιήσουν την ασύρματη τεχνολογία, αφού έτσι θα υπάρξει μια επιβάρυνση των ραδιοσυχνοτήτων.

Οικολογική συνείδηση σημαίνει ότι, ο κάθε χρήστης της ασύρματης τεχνολογίας, έχει συναίσθηση της πολυτιμότητας του πόρου αυτού και τον χρησιμοποιεί με τέτοιο τρόπο ώστε να τον επιβαρύνει ελάχιστα και να μην δυσχεράνει ή αποκλείσει τους υπόλοιπους χρήστες.

5.17.2. Τι είναι η ρύπανση του ραδιοφάσματος;

Ας δούμε κάποια από τα χαρακτηριστικά των ασύρματων επικοινωνιών προκειμένου να κατανοήσουμε τι σημαίνει ρύπανση του ραδιοφάσματος. Στο παρακάτω σχήμα έχει απεικονιστεί η ένταση του σήματος που εκπέμπεται από ένα σημείο πρόσβασης (AP) σε περιβάλλον πόλης.



Με πιο έντονο χρώμα εικονίζονται οι περιοχές όπου η ένταση είναι μεγαλύτερη. Παρατηρούμε ότι η εκπομπή είναι ομοιοκατευθυντική, δηλαδή προς όλες τις κατευθύνσεις και ότι μετά από κάποια απόσταση το σήμα έχει εξασθενήσει τόσο πολύ ώστε σύνδεση στο ασύρματο δίκτυο δεν είναι εφικτή (γκρι χρώμα).

Αν τώρα σε μικρή απόσταση βρίσκονται περισσότερα σημεία πρόσβασης ενδέχεται αυτά να προκαλέσουν παρεμβολές στην περιοχή μας. Ταυτόχρονα, ενδέχεται και εμείς να προκαλέσουμε παρεμβολές στις γειτονικές. Βλέπουμε, λοιπόν, ότι είναι αμοιβαίο το όφελος αν σχεδιάσουμε κατάλληλα το ασύρματο δίκτυο, ώστε να ελαχιστοποιούνται οι παρεμβολές.

Ακόμα και αν το σήμα, από μία ασύρματη συσκευή δεν προκαλεί κατευθείαν παρεμβολή σε κάποιες άλλες, εντούτοις αθροιστικά συντελεί στην αύξηση του θορύβου. Βαθμιαία αύξηση του θορύβου σε μία περιοχή σημαίνει ότι το σήμα που κάποια στιγμή ήταν επαρκές για ικανοποιητική ποιότητα επικοινωνίας, δεν είναι πλέον. Κάτι τέτοιο οδηγεί στην περαιτέρω αύξηση της ισχύος από όλους τους σταθμούς η οποία όμως οδηγεί σε αύξηση του θορύβου. Έτσι οδηγούμαστε σε μία ατέρμονα διαδικασία, με τελικό αποτέλεσμα τη δραματική αύξηση του θορύβου και αδυναμία αξιόπιστης και ικανοποιητικής ασύρματης μετάδοσης.

Ας μην ξεχνάμε, ότι οι ασύρματες τεχνολογίες χρησιμοποιούν κοινά κανάλια επικοινωνίας (ραδιοδιάυλο) τα οποία μοιράζονται οι ασύρματες συσκευές. Όσο περισσότερες είναι οι συσκευές που βρίσκονται στον ίδιο χώρο και όσο πιο δυνατά εκπέμπουν, τόσο ελαττώνεται η ποιότητα μετάδοσης που τελικά επιτυγχάνουν. Σε αναλογία, μπορούμε να σκεφτούμε ένα δωμάτιο στο οποίο βρίσκεται ένας αριθμός από συνομιλητές και οι οποίοι προσπαθούν να επικοινωνήσουν μεταξύ τους. Όσο μεγαλύτερο το πλήθος τους, όσο πιο μεγαλόφωνα μιλάνε και όσο πιο άναρχα είναι τοποθετημένοι, τόσο πιο δύσκολη γίνεται τελικά η επικοινωνία.

5.17.3. Οικολογικές πρακτικές

Σε πρακτικό επίπεδο η οικολογική συνείδηση στο ραδιοφάσμα μπορεί να περιληφθεί σε μία φράση μόνο:

Προσπαθώ να εκπέμψω (ρυπάνω) όσο το δυνατό λιγότερη ισχύ σε όσο το δυνατό λιγότερο χώρο με τη χρήση του ελάχιστου αριθμού καναλιών.

Η παραπάνω φράση μεταφράζεται στις ακόλουθες οικολογικές πρακτικές: **Γνώση, ενημέρωση, εκπαίδευση.**

Ιδιαίτερα κρίσιμη παράμετρος είναι η προσεκτική μελέτη και ενημέρωση γύρω από τις ασύρματες τεχνολογίες, τις συσκευές, τα πρότυπα, τις ιδιαιτερότητες και τα χαρακτηριστικά τους. Έτσι, η σχεδίαση και εγκατάσταση μιας ασύρματης δικτύωσης θα γίνει με τρόπο ώστε η επιβάρυνση του ραδιοφάσματος να είναι η ελάχιστη δυνατή.

Για παράδειγμα, η επιλογή της θέσης, του αριθμού των συσκευών, των καναλιών που θα χρησιμοποιηθούν, προϋποθέτει βασική γνώση των αρχών σχεδίασης. Μπορούμε, λοιπόν, να ισχυριστούμε ότι η γνώση είναι η βασική προϋπόθεση, που στην ουσία περικλείει όλα τα υπόλοιπα, για οικολογική συνείδηση στις ραδιοσυχνότητες.

Το γεγονός ότι η ζώνη είναι μη αδειοδοτημένη, μπορεί να δημιουργήσει την ψευδαίσθηση ότι η πρόσβαση για ανάπτυξη ασύρματου δικτύου είναι ελεύθερη για τον κάθε χρήστη. Στην πραγματικότητα η πρόσβαση είναι ελεύθερη για τον κάθε ενημερωμένο υποψήφιο, αφού μόνο έτσι η ενεργοποίηση του δεν θα δημιουργήσει προβλήματα στην απρόσκοπτη λειτουργία των υπολοίπων.

Ας δούμε τώρα πιο αναλυτικά, μερικά σημεία στα οποία πρέπει να δώσουμε προσοχή κατά την ανάπτυξη ενός ασύρματου δικτύου:

5.17.4. Χρήση ποιοτικού εξοπλισμού

Στην αγορά διατίθεται εξοπλισμός σε ένα μεγάλο εύρος ποιοτικής διαφοροποίησης, σε διάφορες τιμές. Οι πιο ποιοτικές συσκευές έχουν τη δυνατότητα να ρυθμίζουν την ισχύ με την οποία εκπέμπουν, δίνοντας μας έτσι τη δυνατότητα να ρυθμίζουμε λιγότερο το ραδιοφάσμα. Επίσης, εκπέμπουν ένα πιο φιλτραρισμένο σήμα παρενοχλώντας λιγότερο γειτονικά κανάλια. Άλλο χαρακτηριστικό μιας ποιοτικής συσκευής είναι ότι έχει μεγαλύτερη ευαισθησία λήψης, δηλαδή μπορεί να εργαστεί και με πιο αδύνατο λαμβανόμενο σήμα. Έτσι μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε λιγότερη ισχύ και λιγότερες συσκευές, για να καλύψουμε ένα χώρο, αφού η εμβέλεια είναι μεγαλύτερη.

Ποιοτική συσκευή δεν σημαίνει και απλησίαστο κόστος. Υπάρχουν στην αγορά πολύ καλές συσκευές με άριστο λόγο ποιότητας – κόστους που θα καλύψουν πλήρως τις ανάγκες μας. Ο έντονος ανταγωνισμός μεταξύ των κατασκευαστών, έχει ψαλιδίσει τα κέρδη τους, έχει ανεβάσει τα ποιοτικά χαρακτηριστικά τους και έχει οδηγήσει το κόστος αρκετά χαμηλά, προς όφελος βέβαια του καταναλωτή. Απαραίτητη κρίνεται για τον υποψήφιο αγοραστή, η προσεκτική έρευνα της αγοράς και η αναζήτηση πληροφοριών, όπως συγκριτικών δοκιμών και απόψεων για κάθε υποψήφια συσκευή.

5.17.5. Χρήση κατάλληλου προτύπου

Η ασύρματη δικτύωση περιλαμβάνει ένα πλήθος προτύπων όπως τα IEEE 802.11b, IEEE 802.11g, IEEE 802.11a. Αντίστοιχα, υπάρχουν συσκευές που υλοποιούν ένα ή περισσότερα από αυτά τα πρότυπα. Ανάλογα με την εφαρμογή προτείνεται και η χρήση του κατάλληλου προτύπου. Δεν θα μιλήσουμε για το 802.11a, του οποίου η χρήση δεν έχει ακόμα επιτραπεί στην χώρα μας.

Το 802.11g επιτρέπει μεγαλύτερους ρυθμούς μετάδοσης, αλλά λόγω της χειρότερης ευαισθησίας των συσκευών και της πιο 'βρώμικης' εκπομπής του είναι αρκετά πιο ρυπογόνο. Η χρήση του περιορίζεται αυστηρά για κάλυψη σε εσωτερικούς χώρους και μάλιστα με περιορισμένη εμβέλεια. Παρόλη τη τεχνική ανωτερότητα του, εκτεταμένη χρήση του μπορεί να οδηγήσει σε 'κανιβαλισμό' όλης της ζώνης, και τελικά υποβάθμιση επικοινωνίας τόσο για τις 802.11b, όσο και για τις 802.11g συσκευές.

Τέλος, το 802.11b είναι το πιο διαδεδομένο, προσφέρει ικανοποιητικούς ρυθμούς μετάδοσης και καλή εμβέλεια. Επίσης, εκτός των συσκευών οι οποίες λειτουργούν στα παραπάνω πρότυπα, υπάρχει ένας αριθμός συσκευών οι οποίες υπόσχονται μεγαλύτερους ρυθμούς μετάδοσης, χρησιμοποιώντας διάφορες τεχνικές εκτός των επίσημων προτύπων. Για παράδειγμα, μπορεί μια συσκευή να εκπέμπει σε περισσότερα από ένα κανάλια ταυτόχρονα και έτσι να πετυχαίνει μεγαλύτερο ρυθμό μετάδοσης. Οι συσκευές αυτές πρέπει να αποφεύγονται αφενός διότι έχουν πρόβλημα συμβατότητας με όλες τις υπόλοιπες και αφετέρου λόγω της μεγαλύτερης ρύπανσης που προκαλούν στις ραδιοσυχνότητες.

5.17.6. Κανάλι εκπομπής

Το 802.11b πρότυπο ορίζει 13 διαφορετικά κανάλια. Από αυτά, μη επικαλυπτόμενα δηλαδή αυτά που έχουν τη δυνατότητα ταυτόχρονης λειτουργίας είναι μόνο τρία. Έτσι, ο σχεδιαστής ενός ασύρματου δικτύου πρέπει να επιλέξει προσεκτικά τα κανάλια στις συσκευές, προκειμένου να υπάρχουν όσο το δυνατό λιγότερες παρεμβολές ανάμεσα τους

5.17.7. Ισχύς εκπομπής

Ο κανόνας είναι ότι ρυθμίζουμε την ισχύ εκπομπής της συσκευής μας στην ελάχιστη δυνατή, ώστε να έχουμε ένα ανεκτό επίπεδο επικοινωνίας. Για παράδειγμα, αν χρειάζεται να καλύψουμε με ένα σημείο πρόσβασης, έναν περιορισμένο χώρο, όπως μια αίθουσα, η ισχύς που θα πρέπει να ρυθμίσουμε τη συσκευή μας θα πρέπει να είναι αρκετά μικρή. Μεγαλύτερη ισχύς θα έχει σαν αποτέλεσμα το σήμα να διαδοθεί και σε παράπλευρους χώρους, όπου θα παρενοχλήσει γειτονικά δίκτυα και ίσως να δημιουργηθεί και πρόβλημα ασφάλειας των δεδομένων που μεταδίδουμε.

5.17.8. Κεραία συστήματος

Ανάλογα με την εφαρμογή, υπάρχει ένα πλήθος από διαφορετικές κεραίες που μπορούμε να προσαρμόσουμε στην συσκευή μας. Η βασική ιδέα είναι ότι εκπέμπουμε μόνο προς την κατεύθυνση που θέλουμε να καλύψουμε. Οι περισσότερες συσκευές έχουν μια ενσωματωμένη κεραία μικρής κατευθυντικότητας που είναι κατάλληλες για να εκπέμπουν και λαμβάνουν σήματα από όλες τις κατευθύνσεις. Τέτοιες συσκευές είναι κατάλληλες μόνο για χρήση σε εσωτερικό χώρο.

5.18. Θέματα υγείας

Τα τελευταία χρόνια υπάρχει μια συνεχώς αυξανόμενη ευαισθητοποίηση των πολιτών στα θέματα επικινδυνότητας της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που εκπέμπεται από διάφορες πηγές.

Έτσι, έχουν θεσπιστεί όρια ασφαλείας για τις διάφορες συσκευές όσον αφορά την ισχύ που εκπέμπουν και όρια ασφαλείας για τις προδιαγραφές και την ελάχιστη απόσταση όσον αφορά τον εξοπλισμό των τηλεπικοινωνιακών παροχών. Παράλληλα, γίνονται εργαστηριακές δοκιμές και μετρήσεις των επιδράσεων της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας στον ανθρώπινο οργανισμό, ενώ έχουν αρχίσει να πραγματοποιούνται οι πρώτες επιδημιολογικές μελέτες.

Έτσι, τίθεται το ερώτημα για το πόσο ασφαλής είναι η χρήση συσκευών που ακολουθούν την προτυποποίηση IEEE 802.11. Χωρίς να μπορούμε σε βάθος σε τεχνικές λεπτομέρειες, μπορούμε να πούμε ότι οι πιο σημαντικοί παράμετροι είναι η εκπεμπόμενη ισχύς από την κεραία και η απόσταση που έχουμε από αυτήν. Πρέπει να βλέπουμε τις δύο αυτές παραμέτρους μαζί και όχι ανεξάρτητα, δηλαδή με απλά λόγια μπορεί μια πηγή μεγάλης ισχύος αλλά σε μεγάλη απόσταση να είναι πιο επικίνδυνη από μία άλλη μικρότερης ισχύος, αλλά σε μικρότερη απόσταση.

Για να αποκτήσουμε μια αίσθηση των μεγεθών, παραθέτουμε σαν τάξεις μεγέθους μερικές ενδεικτικές πηγές ακτινοβολίας και την αντίστοιχη απόσταση ασφαλείας σαν τάξη μεγέθους.

- Συσκευή 802.11 με εκπομπή 100 mwatt EIRP έχει απόσταση ασφαλείας περίπου 3cm.
- Κινητό GSM με εκπομπή 1 watt EIRP, σε μεγάλη απόσταση από το σταθμό βάσης, έχει απόσταση ασφαλείας 10cm.
- Σταθμός κινητής τηλεφωνίας με 200 watt EIRP έχει απόσταση ασφαλείας 2 μέτρα.
- Σταθμός εκπομπής τηλεόρασης ή ραδιοφώνου με 40 Kwatt EIRP έχει απόσταση ασφαλείας 20 μέτρα.
- Αντίστοιχα αν συγκρίνουμε την ένταση ακτινοβολίας μεταξύ των παραπάνω πηγών σε συνήθεις αποστάσεις με την ένταση πεδίου που παράγεται από 802.11 συσκευή σε απόσταση 50cm (που είναι 300 φορές κάτω από το όριο), έχουμε:
- Κινητό GSM με εκπομπή 1 watt EIRP, σε απόσταση 5cm, 1000 φορές περισσότερο.
- Σταθμός κινητής τηλεφωνίας με 200 watt EIRP, σε απόσταση 5 μέτρων, 20 φορές περισσότερο.
- Σταθμός εκπομπής τηλεόρασης ή ραδιοφώνου με 40 Kwatt EIRP σε απόσταση 50 μέτρων, 40 φορές περισσότερο.

Παρατηρούμε δηλαδή ότι σχετικά μεγάλης ισχύος πηγές ακτινοβολίας είναι ακίνδυνες, αρκεί να τηρήσουμε κάποια απόσταση ασφαλείας, ενώ μικρής ισχύος πηγές μπορεί να γίνουν επικίνδυνες αν η απόσταση είναι πολύ μικρή.

Επίσης είναι προφανές ότι λόγω της μικρής ισχύος τους οι συσκευές 802.11 δημιουργούν πεδία τα οποία είναι πολύ μικρά και ως εκ τούτου δεν δημιουργούν πρόβλημα στον ανθρώπινο οργανισμό.

5.18.1. Συμπεράσματα

Απαραίτητη είναι η έγκαιρη ευαισθητοποίηση και ενημέρωση των χρηστών σε θέματα που αφορούν την προστασία του ραδιοφάσματος. Τούτο αφορά τόσο τον απλό χρήστη της ασύρματης τεχνολογίας που αξιοποιεί έτοιμες δομές ασύρματων δικτύων, αλλά κυρίως τον χρήστη που προτίθεται να αναπτύξει μια δική του δομή δικτύου.

Αυτό θα διαφυλάξει τον πολύτιμο πόρο των ραδιοσυχνοτήτων και θα επιτρέψει την αξιοποίηση των ασυρμάτων τεχνολογιών στο απώτερο μέλλον.

5.19. Εφαρμογές ασύρματων δικτύων

Η ασύρματη τεχνολογία έχει ένα ευρύτατο φάσμα εφαρμογών οι οποίες ξεκινούν από ποικίλους επιχειρηματικούς κλάδους, μέχρι απλές ερασιτεχνικές εφαρμογές.

Έχοντας ως βασικά χαρακτηριστικά το μεγάλο εύρος μετάδοσης και την ικανότητα κίνησης, οι εφαρμογές περιορίζονται μόνο από τη φαντασία και την ευρηματικότητα του χρήστη.



5.19.1. Hot Spots

Σημεία όπου συγκεντρώνεται κόσμος και υπάρχει ανάγκη για μετάδοση δεδομένων. Τέτοια σημεία μπορεί να είναι ένα εμπορικό κέντρο, όπου στη συσκευή του χρήστη θα περνάνε διάφορες πληροφορίες και διαφημιστικά μηνύματα, ένα αεροδρόμιο όπου ο χρήστης με το Laptop, το PDA ή το κινητό

με λειτουργικότητα WiFi θα ενημερώνεται ή θα έχει πρόσβαση στο internet. Μπορεί επίσης να είναι σε μία καφετέρια όπου θα έχει τη δυνατότητα να έχει πρόσβαση σε διάφορες υπηρεσίες ψυχαγωγίας και ενημέρωσης . Ας δούμε μερικές τέτοιες περιπτώσεις που παρουσιάζουν ξεχωριστό ενδιαφέρον.

5.19.2. Αεροδρόμια

Η ασύρματη δικτύωση στους χώρους αεροδρομίων μπορεί καταρχήν να προσφέρει ενημέρωση στους επιβάτες σχετικά με τις πτήσεις και τους προορισμούς. Παράλληλα, μετατρέπει το χρόνο και χώρο αναμονής σε χρόνο και χώρο εργασίας και ευχάριστης ενασχόλησης, αφού ο επιβάτης μπορεί για παράδειγμα να ελέγξει το ηλεκτρονικό του ταχυδρομείο, ή να ασχοληθεί με κάποια ψυχαγωγική υπηρεσία.



Άλλες εφαρμογές μπορεί να είναι ο έλεγχος – κράτηση εισιτηρίων, από υπαλλήλους εφοδιασμένους με ασύρματες συσκευές, σε κατάλληλες θέσεις, αποφεύγοντας έτσι την αναμονή σε ουρές.



Ασύρματη δικτύωση μπορεί να εφαρμοστεί και στο σύστημα ελέγχου των επιβατών και δρομολόγησης των αποσκευών, ενώ η ασύρματη πρόσβαση και μέσα στο αεροπλάνο θα έδινε ένα συγκριτικό πλεονέκτημα στον αερομεταφορέα. Υπηρεσίες αεροδρομίου όπως η συντήρηση, οι επείγουσες υπηρεσίες, η μεταφορά των επιβατών, θα μπορούν να στηριχθούν σε κάποιο πρότυπο ασύρματης δικτύωσης.



5.19.3. Χώροι ψυχαγωγίας

Για παράδειγμα σε μια καφετέρια η παροχή ασύρματης πρόσβασης, μπορεί να αποτελέσει ένα πρόσθετο έσοδο αλλά και σημείο διαφοροποίησης από τους ανταγωνιστές.

5.19.4. Ξενοδοχειακές μονάδες

Η υπηρεσία ασύρματης πρόσβασης μπορεί να αποτελέσει μια σημαντική υπηρεσία προστιθέμενης αξίας. Η εγκατάσταση γίνεται εύκολα, γρήγορα και με χαμηλό κόστος σε σχέση με μια λύση ενσύρματης δικτύωσης. Επίσης, οικονομία επιτυγχάνεται και από την ολοκλήρωση των τηλεφωνικών υπηρεσιών με τις υπηρεσίες δεδομένων, πάνω σε μια κοινή υποδομή δικτύου. Παράλληλα, μειώνεται και το διαχειριστικό κόστος για το δίκτυο.



Μπορεί να παρέχεται πρόσβαση στο διαδίκτυο, σε υπηρεσίες του ξενοδοχείου, σε περιεχόμενο διαφημιστικού και ενημερωτικού χαρακτήρα. Η σύνδεση μπορεί να γίνεται με εξοπλισμό του πελάτη ή και με ενοικιαζόμενο ή παραχωρούμενο εξοπλισμό. Η ασύρματη σύνδεση μπορεί να αποτελέσει ένα σοβαρό κριτήριο για την επιλογή του ξενοδοχείου ή να

αποτελεί ένα πρόσθετο έσοδο για την επιχείρηση.

5.19.5. Εκπαιδευτικά ιδρύματα



Distance learning

Σε πραγματικό χρόνο πρόσβαση των φοιτητών - μαθητών σε εκπαιδευτικό υλικό, ανεξάρτητα από την τοποθεσία που βρίσκονται. Η ασύρματη σύνδεση φέρνει την τεχνολογία και τον κόσμο των υπολογιστών πιο κοντά στον μαθητή, καταργεί τους διάφορους παραδοσιακούς περιορισμούς στην τεχνολογία και φέρνει τον υπολογιστή στο σημείο εργασίας του μαθητή που μπορεί να είναι μια αίθουσα διδασκαλίας ή ένα εργαστήριο.



Τα περισσότερα εκπαιδευτικά ιδρύματα δεν έχουν την δυνατότητα εφαρμογής κάποιου τρόπου ενσύρματης δικτύωσης, διότι δεν υπήρξε πρόβλεψη από την αρχή. Το αποτέλεσμα είναι η πρόσβαση στο διαδίκτυο ή στους υπολογιστές να γίνεται σε χώρους μακριά από την αίθουσα διδασκαλίας.

Παράλληλα ο έλεγχος, διαχείριση και οργάνωση της όλης διαδικασίας εκπαίδευσης γίνεται πιο εύκολη για τους εκπαιδευτικούς, έχοντας την δυνατότητα άμεσης πρόσβασης. Επιπλέον, τα σύγχρονα εκπαιδευτικά προγράμματα περιλαμβάνουν εκπαίδευση με διαφάνειες, προβολή video, διδασκαλία με πολυμέσα, τα οποία όλα απαιτούν την ύπαρξη δικτύωσης και μάλιστα με ευρυζωνικά χαρακτηριστικά

5.19.6. Νοσοκομεία

Άμεση, σε πραγματικό χρόνο πρόσβαση στο ιατρικό ιστορικό ενός ασθενούς από γιατρούς και νοσηλευτικό προσωπικό. Έτσι, ο επιβλέπων ιατρός μπορεί την ίδια στιγμή που βλέπει τον ασθενή, να αναζητήσει σε μια κεντρική βάση το ιατρικό ιστορικό του, να δει τις εξετάσεις του, στη συνέχεια να εισάγει στη βάση τα πορίσματα και τις εντολές του, τις οποίες το νοσηλευτικό προσωπικό χρησιμοποιώντας επίσης φορητές ασύρματες συσκευές, να δει και να εκτελέσει άμεσα.



Η συχνότητα λειτουργίας δεν παρεμβάλλει ή παρεμβάλλεται σε άλλο ιατρικό εξοπλισμό, ενώ η ισχύς εκπομπής είναι μικρή και δεν προκαλεί θέμα υγείας. Σε κρίσιμες εργασίες, που ο χρόνος είναι ζωτικής σημασίας, όπως εγχειρήσεις, η ασύρματη, πραγματικού χρόνου σύνδεση με μια βάση πληροφοριών είναι σημαντικό πλεονέκτημα.



Επίσης, κατάλληλες συσκευές τηλεμετρίας (πίεση, παλμοί,...) μπορούν να επιτρέψουν στους ασθενείς την μετακίνηση, κάνοντας τη διανομή τους στο νοσοκομείο πιο ευχάριστη.



Παράλληλα, η παρακολούθηση της κατάστασης του ασθενούς γίνεται άμεσα και η αντίδραση μπορεί να είναι ταχύτατη.

5.19.7. Περιβάλλον εργασίας

Το σημερινό περιβάλλον εργασίας χαρακτηρίζεται από ολοένα και μεγαλύτερη ανάγκη για κινητότητα των χρηστών. Έτσι, οι υπάλληλοι είναι εφοδιασμένοι με φορητούς υπολογιστές και ξοδεύουν τον περισσότερο χρόνο τους δουλεύοντας σε ομάδες. Οι χρήστες έχουν πλέον ανάγκη πρόσβασης στο δίκτυο, από σημεία μακριά από το γραφείο τους. Με την ανάπτυξη ασύρματων τοπικών δικτύων (WLAN) θα έχουν πρόσβαση στην πληροφορία

από οπουδήποτε μέσα στο εταιρικό περιβάλλον, από μία αίθουσα συνεδριάσεων, ένα καφέ, ένα απομακρυσμένο εταιρικό γραφείο. Έχει υπολογιστεί ότι το οικονομικό όφελος, σε σχέση με μία ενσύρματη λύση μπορεί να φτάσει τα 16000\$ ανά εργαζόμενο.

Το όφελος μπορεί να περιλαμβάνει την αυξημένη παραγωγικότητα, λόγω της πρόσβασης σε πραγματικό χρόνο, την πιο γρήγορη και αποτελεσματική λήψη αποφάσεων. Επίσης, η πιο γρήγορη ανάπτυξη εταιρικού δικτύου σε περιπτώσεις όπου η εγκατάσταση είναι δύσκολη έως αδύνατη (παλιά κτίρια, χωρίς ψευδοροφές, ψευδοπατώματα), όπως και το μειωμένο κόστος κτήσης, ιδιαίτερα σε δυναμικό περιβάλλον, όπου χρειάζονται συχνές αλλαγές. Ιδιαίτερα πλεονεκτική είναι η εγκατάσταση ασύρματης δικτύωσης σε προσωρινές εγκαταστάσεις, όπως σε μια αίθουσα συνεδριάσεων. Έτσι, οι εφαρμογές είναι απεριόριστες και αφορούν κάθε εργασιακό χώρο σε βιομηχανία, υπηρεσίες και εμπόριο:

Σε εταιρίες που ασχολούνται με το εμπόριο, φορητές ασύρματες συσκευές, μπορεί να χρησιμοποιηθούν για τις παραγγελίες, τη μηχανοργάνωση, την εκτέλεση των παραγγελιών.



Αυτές θα παρέχουν γρήγορη πρόσβαση σε πληροφορίες, σχετικά με πελάτες από πωλητές υπηρεσιών - προϊόντων, ώστε να παρέχουν καλύτερες υπηρεσίες και η ικανοποίηση πελατών να είναι μεγαλύτερη.



Στη βιομηχανία η ασύρματη δικτύωση παρέχει γρήγορη πρόσβαση σε βάσεις δεδομένων από μηχανικούς και διευθυντές γραμμής παραγωγής. Κατάλληλες συσκευές λύνουν τα χέρια σε περιβάλλον όπου παραδοσιακές λύσεις δεν μπορούν να σταθούν.



Τέλος, στο χώρο των υπηρεσιών δυνατότητες όπως η τηλεδιάσκεψη σε συνδυασμό με την δυνατότητα για κινητότητα του χρήστη ανοίγουν ένα μεγάλο πεδίο εφαρμογών.



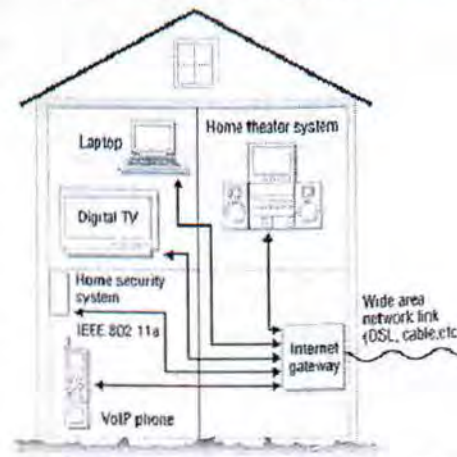
Videoconferencing

5.19.8 Οικιακή δικτύωση

Τηλεφωνικές υπηρεσίες, πρόσβαση στο διαδίκτυο, υπηρεσίες ψυχαγωγίας είναι μια αγορά που αναπτύσσεται με μεγάλους ρυθμούς τα τελευταία χρόνια. Διάφοροι πάροχοι υπηρεσιών προσπαθούν να προωθήσουν τις υπηρεσίες τους, οι οποίες μπορεί να ανήκουν σε περισσότερες από μία κατηγορίες.

Βασικό συστατικό είναι μια χαμηλού κόστους, υψηλών επιδόσεων, αποτελεσματική τεχνολογία, για τη διανομή της πληροφορίας στους χώρους ενός σπιτιού.

'WIRELESS HOME' LINKS TO OUTSIDE VIA WAN



Η ασύρματη δικτύωση επιτρέπει την κινητότητα των χρηστών, ενώ είναι πολύ βολική λύση. Παράλληλα μπορεί να ικανοποιήσει μελλοντικές ανάγκες και όλα αυτά με πολύ προσιτό κόστος.

Οι εφαρμογές είναι αρκετές, όπως παρακολούθηση ταινιών DVD ή pay-per-view από μία σύνδεση, πρόσβαση στο διαδίκτυο, ασύρματη τηλεφωνία πάνω από IP, συστήματα ασφαλείας, συσκευές με δυνατότητα διασύνδεσης σε δίκτυο, εφαρμογές ψυχαγωγίας και άλλες.



Internet and remote LAN access



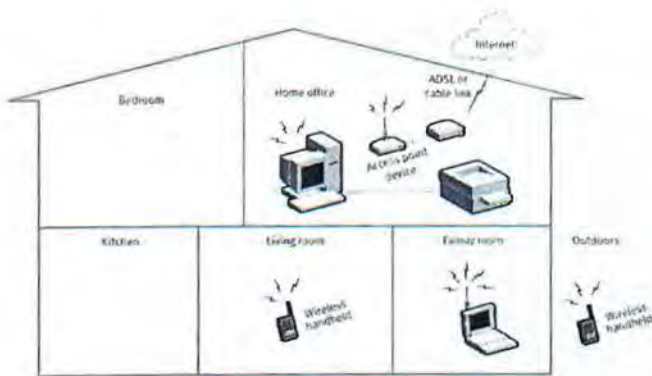
Remote CD-ROM's and video catalogs



Movies & television



Interactive games



Η ασύρματη δικτύωση μπορεί να αποτελέσει την εύκολη λύση για τη σχεδίαση του 'έξυπνου σπιτιού'.

5.19.9. Άλλες εφαρμογές

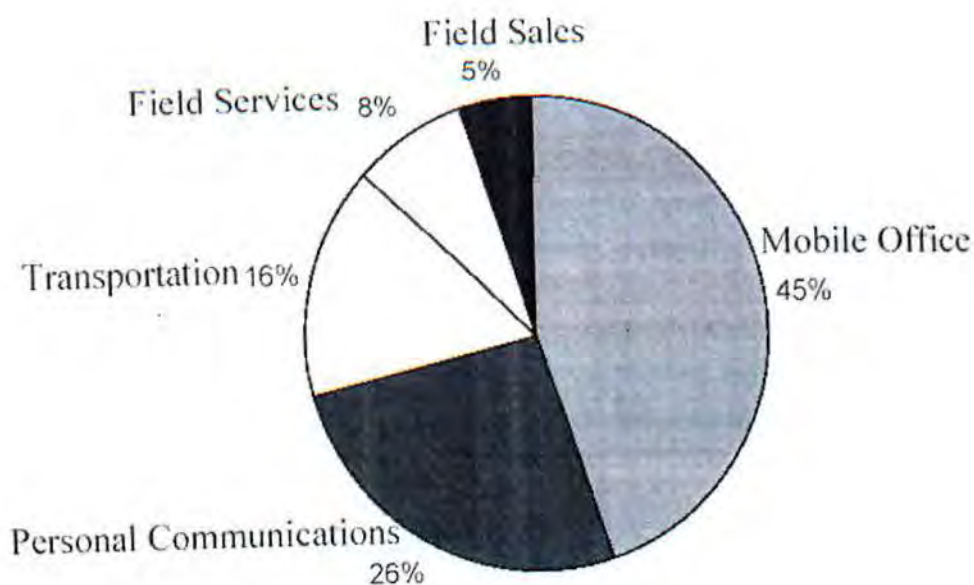
Η ασύρματη σύνδεση μπορεί να έχει εφαρμογή στην παροχή ασύρματου internet (WISP, Wireless Internet Service Provider) και γενικότερα οποιαδήποτε περιεχομένου στους καταναλωτές. Μπορεί, επίσης, να χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία ενός ασύρματου ευρυζωνικού δικτύου, μέσα από το οποίο θα γίνεται προσφορά διάφορων υπηρεσιών, για τους σκοπούς της επικοινωνίας, της ενημέρωσης, της ψυχαγωγίας. Μία τέτοια περίπτωση είναι και το ασύρματο μητροπολιτικό δίκτυο της Αθήνας (AWMN - Athens Wireless Metropolitan Network), όπως και άλλα αντίστοιχα μητροπολιτικά δίκτυα που έχουν αναπτυχθεί σε άλλες πόλεις, καλύπτοντας μερικώς την απουσία εναλλακτικών ευρυζωνικών δικτύων.

Προοπτικές

Σύμφωνα με μελέτη της Frost & Sullivan η αγορά του WLAN από 300εκ \$ το 1998, θα φτάσει στα 1.6δισ \$ το 2005. Έτσι μεγάλες εταιρίες όπως η Intel και η Microsoft δίνουν από τώρα μεγάλο βάρος στην τεχνολογία αυτή, ευελπιστώντας σε μεγάλα κέρδη.

Σήμερα τα WLAN έχουν μεγαλύτερη εφαρμογή σε καθετοποιημένες εφαρμογές, όπως καταστήματα και βιομηχανικές εγκαταστάσεις. Μελλοντικά αναμένεται ότι θα αφορά εφαρμογές σε νοσοκομεία, εκπαιδευτικά ιδρύματα, περιβάλλοντα γραφείου. Σε εταιρικό περιβάλλον, θα έχει εφαρμογή σε αίθουσες συνεδριάσεων, σε δημόσιες περιοχές, σε εταιρικά γραφεία. Από το σχήμα γίνεται φανερό ότι το μεγαλύτερο κομμάτι από τις ανάγκες για ασύρματες - κινητές επικοινωνίες υπάρχει σε περιβάλλον γραφείου.

5.19.10. Αγορά κινητών επικοινωνιών το 2005



Πολλοί, μάλιστα, είδαν στο 802.11 τον ανταγωνιστή της κινητής τηλεφωνίας τρίτης γενιάς. Κάποιοι πάροχοι μάλιστα προσπάθησαν να περάσουν ευρυζωνικές υπηρεσίες μέσω του 802.11 με αποτέλεσμα την εμπορική αποτυχία στις περισσότερες περιπτώσεις.

Άλλοι λένε ότι το 802.11 προορίζεται για χρήση σε hot-free spots δηλαδή σημεία στα οποία υπάρχει ανάγκη για μεγάλη κίνηση, όπως αεροδρόμια, καταστήματα, εμπορικά κέντρα, ενώ το UMTS θα είναι η λύση για κάλυψη.

Βέβαια, τουλάχιστον προς το παρόν η ασύρματη δικτύωση παραμένει εν γένει πιο ακριβή και πιο αργή σε σχέση με τις αντίστοιχες ενσύρματες τεχνολογίες.

Έτσι, πρέπει να την δούμε σαν συμπληρωματική τους και όχι σαν ανταγωνιστική. Το πιο πιθανό είναι οι λύσεις ασύρματης δικτύωσης να συνυπάρξουν με τις υπόλοιπες τεχνολογίες, παρέχοντας με φτηνό και αξιόπιστο τρόπο ευρυζωνικές υπηρεσίες.

5.20. PDAs η επανάσταση στην φορητότητα



Η αποδέσμευση από τα καλώδια προσφέρει σημαντική ευελιξία σε τελικούς χρήστες, ασύρματου εξοπλισμού και τους επιτρέπει να συνδεθούν σε μία υπηρεσία του δικτύου ακόμα και αν δεν βρίσκονται σε σταθερό σημείο.

Δεν είναι τυχαίο λοιπόν που εμφανίζονται ολοένα και περισσότερες φορητές ασύρματες συσκευές στην αγορά και σχεδόν κάθε νέος φορητός υπολογιστής είναι εξοπλισμένος με wi-fi. Πέρα όμως από τους φορητούς υπολογιστές έχει εμφανιστεί μια νέα κατηγορία μικρών, εύχρηστων, συσκευών οι οποίες μπορούν να εκτελέσουν πολλές από τις λειτουργίες ενός προσωπικού υπολογιστή, παρέχοντας ταυτόχρονα αυξημένη φορητότητα και ευκολία χρήσης.

Οι συσκευές αυτές είναι τα Personal Digital Assistants (PDAs) ή αλλιώς υπολογιστές παλάμης (Handhelds).

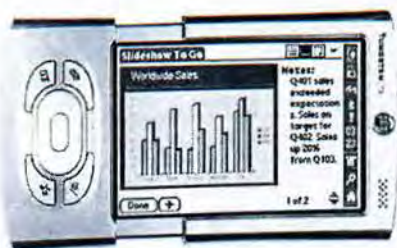
Τα PDAs ακολουθώντας τις τάσεις της αγοράς ενσωματώνουν δυνατότητες ασύρματης σύνδεσης με τον υπόλοιπο ασύρματο εξοπλισμό, είτε είναι ο υπολογιστής που έχουμε στο σπίτι μας και στην δουλειά μας, είτε είναι ένα hotspot που συναντάμε σε ένα αεροδρόμιο και μας προσφέρει σύνδεση στο διαδίκτυο.

Τα PDAs χωρίζονται σε τρεις βασικές κατηγορίες ανάλογα το λειτουργικό σύστημα που υποστηρίζουν.

PalmOS PDA: (PalmOS λειτουργικό).

Windows Mobile Pocket PC: (Mobile Windows OS)

Linux PDA: (ειδική έκδοση του Linux OS)



Κάθε εφαρμογή για να τρέξει σε αυτές τις συσκευές πρέπει να έχει φτιαχτεί εξ αρχής για το συγκεκριμένο λειτουργικό. Δεν μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε την εφαρμογή Word για παράδειγμα, όπως είναι αυτή σε

ένα υπολογιστή με Windows XP σε ένα PPC. Αντί αυτού υπάρχει σε σχεδόν όλες τις πλατφόρμες η αντίστοιχη έκδοση (με τους όποιους περιορισμούς) η οποία μπορεί να διαβάσει είτε απευθείας είτε με μετατροπή τα αρχεία της έκδοσης για PC (πχ τα .doc).

5.20.1. Δυνατότητες Ασύρματης Σύνδεσης

Λόγω του χαρακτήρα τους ως φορητές συσκευές, είναι λογικό να παρέχουν αρκετές δυνατότητες ασύρματης σύνδεσης. Σε αυτές συμπεριλαμβάνονται θύρες για Υπέρυθρες (IR), Bluetooth (BT) ή Wi-Fi. Σε πιο ακριβές κατηγορίες μπορεί να παρέχονται και οι τρεις ασύρματες δυνατότητες. Βέβαια όσο περισσότερο διαδίδεται η τεχνολογία Wi-Fi τόσο πέφτουν οι τιμές (το κόστος ενός Wi-Fi enabled PDA κυμαίνεται από 300€ - 700€). Όσο η τεχνολογία θα εξελίσσεται θα έχουμε ολοένα φθηνότερες – και με μεγαλύτερες δυνατότητες συσκευές. Μέχρις στιγμής όλες οι λύσεις Wi-Fi για PDAs περιορίζονται στο πρότυπο IEEE 802.11b.



Οι μεγαλύτεροι κατασκευαστές PDAs διαθέτουν μοντέλα τα οποία είναι Wi-Fi enabled και μπορούν να συνδεθούν σε ένα ασύρματο δίκτυο, χωρίς την χρήση κάποιου ειδικού εξαρτήματος, επίσης, υπάρχουν κάρτες επέκτασης MultiMedia Card, Secure Digital Card (SDIO support), Memory Stick, Compact Flash ανάλογα με την συσκευή, οι οποίες επιτρέπουν την ασύρματη δικτύωση. Τέλος, υπάρχουν αρκετά εξαρτήματα όπως προστατευτικές θήκες, και PC Card adaptors, που μπορούν να προσφέρουν και ασύρματη σύνδεση. Οι επιλογές έχουν πολλαπλασιαστεί τα τελευταία χρόνια, και κάνουν την επιλογή ακόμα πιο δύσκολη υπόθεση.

Η ασύρματη σύνδεση του PDA θα επιτρέψει στο χρήστη να συνδεθεί ασύρματα με τον προσωπικό του υπολογιστή, με το δίκτυο της εταιρίας του ή με ένα hotspot, έτσι ώστε να κοιτάξει τις αγαπημένες του σελίδες στο διαδίκτυο, να λάβει και να απαντήσει στην ηλεκτρονική αλληλογραφία του, να συνδεθεί, να ανταλλάξει αρχεία και άλλα πολλά. Όλα αυτά με την ευκολία μιας συσκευής που χωράει σε μια τσέπη.

5.20.2. Ασύρματη Σύνδεση με PalmOS (PalmOne Tungsten/C)

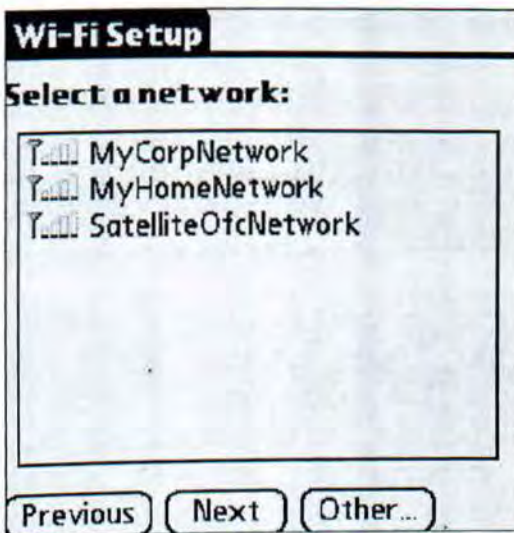
Ένα PalmOS PDA με ασύρματες δυνατότητες επιτρέπει την σύνδεση σε ασύρματα δίκτυα είτε αυτά απαιτούν κρυπτογράφηση είτε όχι. Η διαδικασία ρύθμισης ποικίλει σύμφωνα με τον τύπο του δικτύου που θέλουμε να συνδεθούμε αλλά και σύμφωνα με τις πολιτικές ασφάλειας του δικτύου. Γενικά για να συνδεθούμε σε ένα δίκτυο χωρίς να ενεργοποιήσουμε την κρυπτογράφηση ακολουθούμε τα εξής βήματα:

- Πιέστε με τη γραφίδα πάνω στο εικονίδιο Wi-Fi setup που βρίσκεται στον Application Launcher.

- Πατήστε Next και η συσκευή θα αρχίσει να ψάχνει για διαθέσιμα δίκτυα.

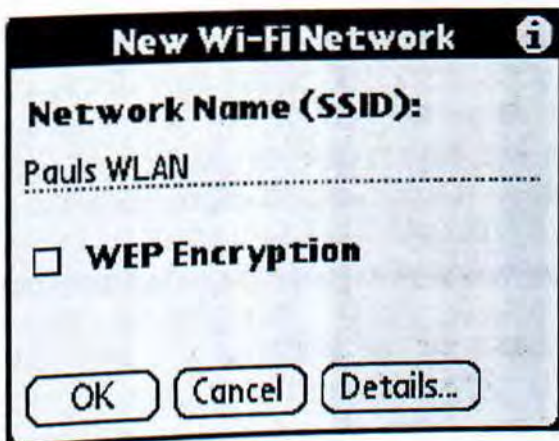


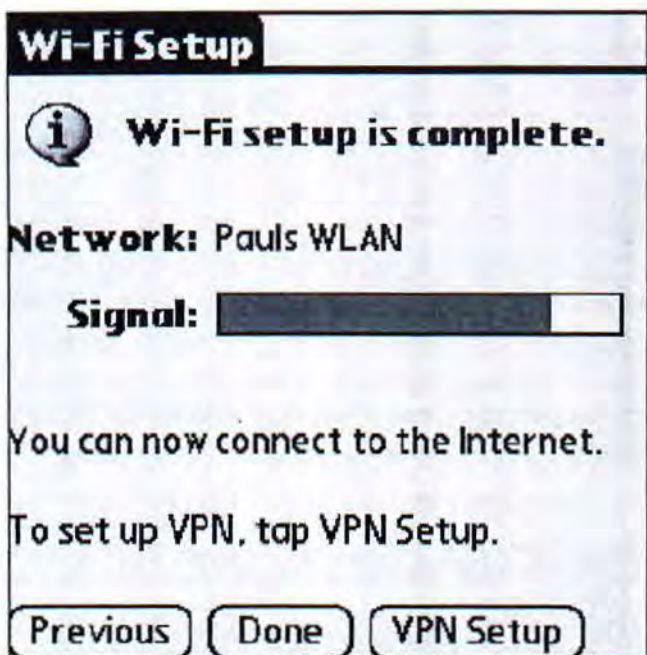
- Αν το δίκτυο που θέλετε να συνδεθείτε εμφανίζεται στην λίστα που θα εμφανιστεί κάντε ταπ πάνω στο όνομα του.
- Αν το δίκτυο που θέλετε να συνδεθείτε δεν εμφανίζεται στην λίστα που θα εμφανιστεί κάντε ταπ πάνω στο 'other'.



- Αυτό το βήμα είναι προαιρετικό: Αν πατήσατε 'other' στο προηγούμενο βήμα, προσθέστε το όνομα του Δικτύου στο Network Name (SSID) πεδίο. Προσοχή γιατί το SSID που θα βάλετε θα πρέπει να ταιριάζει απόλυτα με αυτό που έχει το δίκτυο.

- Πατήστε OK και μετά 'Done'





Ο δείκτης του 'Signal' θα σας επιβεβαιώσει ότι έχετε συνδεθεί με το δίκτυο, και με ποια ποιότητα σήματος.

5.21. Ελληνικές κοινότητες WiFi

Έχει και η Ελλάδα τις δικές της ασύρματες κοινότητες, που στήνουν το ανεξάρτητο δίκτυο τους, στηριγμένο στο WiFi, χωρίς να ενοχλούν κανένα, εξασφαλίζοντας φθηνή και απρόσκοπτη επικοινωνία.

Τέτοια δίκτυα (community networks) υπάρχουν σε αρκετές ελληνικές πόλεις (Αθήνα, Θεσσαλονίκη, Πάτρα, Γιάννενα, Σέρρες, Ξάνθη, κ.ά) ενώ υπάρχει στα σκαριά η διαμόρφωση πανελληνίου δικτύου. Στη χώρα μας, οι επίσημοι κόμβοι WiFi έχουν πλέον αυξηθώ κατά πολύ (κυρίως στα αστικά κέντρα), ενώ πληθαίνουν τα hotspots σε ξενοδοχεία, infoκαφετέριες και κάθε είδους επιχειρήσεις. Δυστυχώς, τα ελληνικά ασύρματα δίκτυα παραμένουν ακόμη στην πρώτη εποχή του WiFi, δηλαδή του τοπικού δικτύου, αλλά αυτό δεν μειώνει καθόλου το ενδιαφέρον.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 – ΑΣΥΡΜΑΤΑ ΔΙΚΤΥΑ WiMAX (802.16)

... η λύση

6.1. Εισαγωγή στα δίκτυα WiMAX

Απαλλαγμένο από τα μειονεκτήματα των σημερινών τεχνολογιών ασύρματης πρόσβασης στο διαδίκτυο και διατηρώντας ή αναβαθμίζοντας τα πλεονεκτήματά τους, το WiMAX είναι η λύση που όπως όλα δείχνουν θα επικρατήσει στο πολύ κοντινό μέλλον, αντικαθιστώντας ακόμη και τις οικιακές ADSL συνδέσεις. Το WiMAX προσφέρει αφενός μεν υψηλότερες ταχύτητες πρόσβασης σε σχέση με το Wi-Fi, αφετέρου δε σημαντικά υψηλότερη εμβέλεια, που υπολογίζεται ότι θα μπορεί να καλύψει σε κάθε της σημείο ακόμη και μια μεγαλούπολη.

Το πρότυπο 802.16 του IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers) που είναι γνωστό ως Worldwide Interoperability for Micro Wave Access, ή WiMAX κατασκευάζεται εδώ και χρόνια, τελειοποιήθηκε τον Ιούνιο του 2004. Αυτή η εργασία θα προσπαθήσει να δώσει μια τεχνική γενική επισκόπηση του προτύπου σύμφωνα με τις προδιαγραφές, ενώ θα γίνει και λεπτομερής αναφορά στο πως η τεχνολογία θα μπορέσει να προσφέρει την τριάδα δεδομένα, φωνή, βίντεο.

Το WiMAX θα αλλάξει τις τηλεπικοινωνίες, όπως είναι γνωστές σήμερα στον κόσμο. Εξαλείφει την έλλειψη πόρων που υφίστανται οι επιβεβλημένοι παροχείς υπηρεσιών τον τελευταίο αιώνα. Εφόσον αυτή η τεχνολογία έχει λιγότερους φραγμούς εισόδου, θα επιτρέψει πραγματικό ανταγωνισμό στην αγορά σε όλες τις κύριες τηλεπικοινωνιακές υπηρεσίες: φωνή (κινητή και σταθερή), βίντεο, και δεδομένα.

Από το ξεκίνημα του τηλεφώνου έχουν αποσοβήσει τον ανταγωνισμό βασιζόμενοι στην υπέρμετρη κεφαλαιακή επένδυση που απαιτείται για την ανάπτυξη ενός τηλεφωνικού δικτύου. Το κόστος ανάπτυξης χάλκινων καλωδίων, κατασκευή μεταγωγέων και σύνδεσης των μεταγωγέων δημιούργησε έναν ανυπέρβλητο φραγμό στην είσοδο άλλων ανταγωνιστών. Στο μεγαλύτερο μέρος του κόσμου, το υψηλό κόστος αυτής της υποδομής περιόρισε την τηλεφωνική υπηρεσία στην πλούσια και νεόπλουτη μεσαία τάξη. Το WiMAX προσφέρει εμβέλεια σημείο-προς-σημείο (point-to-point) 50 χιλιομέτρων με διεκπαιρευτική ικανότητα 72 Mbit/sec. Προσφέρει εμβέλεια μη οπτικής επαφής (non-line-of-sight) 6 χιλιομέτρων και, σε μια σημειακή-πολυσημειακή (point-to-multipoint) διανομή, το μοντέλο μπορεί να διανείμει σχεδόν οποιοδήποτε εύρος ζώνης σε σχεδόν οποιοδήποτε αριθμό συνδρομητών, ανάλογα με την πυκνότητα των συνδρομητών και την αρχιτεκτονική του δικτύου. Η Εικόνα 1.1 απεικονίζει αυτές τις συναρπαστικές δυνατότητες.



Εικόνα 1.1

Με τον τρόπο που τα κινητά τηλέφωνα σήμερα έχουν επικρατήσει για τις ανάγκες τις επικοινωνίας μας έναντι του ενσύρματου τηλεφωνικού δικτύου, με τον ίδιο τρόπο εκτιμάται από τους ειδικούς ότι πολύ σύντομα το WiMAX θα καλύπτει πολύ μεγαλύτερο ποσοστό συνδρομητών, σε σχέση με αυτούς που συνδέονται στο διαδίκτυο μέσω ενσύρματης γραμμής ADSL, ISDN ή PSTN.

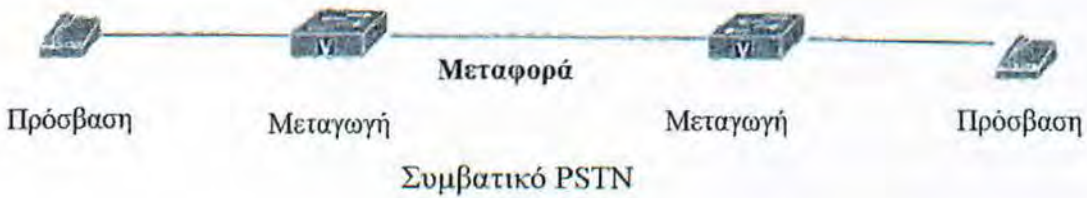
6.2. Τηλεπικοινωνιακά Δίκτυα – Η ανάγκη για μια εναλλακτική μορφή πρόσβασης

Η κατανόηση των λειτουργιών του PSTN είναι πιο εύληπτη κατανοώντας τα τρία κύρια συστατικά του: πρόσβαση, μεταγωγή, και μεταφορά. Κάθε συστατικό έχει εξελιχθεί κατά την άνω των εκατό ετών ιστορία του PSTN. Η πρόσβαση σχετίζεται με το πώς ο χρήστης αποκτά πρόσβαση στο δίκτυο, η μεταγωγή στο πώς μια κλήση «μετάγεται» ή δρομολογείται διαμέσου του δικτύου, και η μεταφορά περιγράφει το πώς μια κλήση ταξιδεύει ή «μεταφέρεται» στο δίκτυο. Αυτό το δίκτυο σχεδιάστηκε αρχικά για φωνή, αργότερα ήρθαν και τα δεδομένα. Καθώς μεγάλωνε η κίνηση των δεδομένων στο PSTN, οι χρήστες υψηλής χωρητικότητας το έβρισκαν ανεπαρκές, κι έτσι αυτοί οι συνδρομητές μετακινήθηκαν σε δίκτυα ειδικά για δεδομένα.

Πολλοί χρήστες δεδομένων συνειδητοποίησαν πως περιορίζονται από μια υποδομή που εξαρτάται από καλώδια, είτε από οπτική ίνα, είτε από ομοαξωνικό, είτε από συνεστραμμένους ζεύγους χάλκινο καλώδιο. Αν και ο ασύρματος τρόπος επικοινωνίας δεν είναι νέος (μορφές ράδιο-επικοινωνίας χρησιμοποιούνται εδώ και σχεδόν έναν αιώνα), η χρήση ασύρματων τρόπων για την παράκαμψη ενσύρματων μονοπωλίων αποτελεί μια πρακτική ευκαιρία για συνδρομητές υπηρεσιών φωνής και δεδομένων.

Η κύρια μορφή παράκαμψης είναι η χρήση κινητών τηλεφώνων. Το WiMAX είναι μια ασύρματη τεχνολογία που υπόσχεται πολλά όσο αφορά τα ευρυζωνικά δεδομένα (έως 11 Mbit/sec).

6.3. Η λειτουργία του συμβατικού δικτύου PSTN



Εικόνα 1.2

6.3.1. Μεταγωγή

Το PSTN είναι ένα δίκτυο αστέρα. Αυτό σημαίνει ότι κάθε συνδρομητής συνδέεται με τον άλλον μέσω τουλάχιστον ενός, αν όχι περισσότερων, hub, γνωστά και ως κέντρα. Σ' αυτά τα κέντρα υπάρχουν μεταγωγείς. Πολύ απλά, τα τοπικά κέντρα είναι για τοπικές υπηρεσίες συνδέσεων, και τα απομακρυσμένα κέντρα είναι για μεγάλων αποστάσεων. Τα τοπικά κέντρα, γνωστά και ως κύρια κέντρα, χρησιμοποιούν μεταγωγείς Class 5 ενώ τα απομακρυσμένα Class 4. Μια μεγάλη πόλη μπορεί να έχει πολλά κύρια κέντρα.

6.3.2. Μεταφορά

Χρειάστηκε πάνω από ένας αιώνας και τεράστια έξοδα για να κατασκευαστεί το PSTN. Με το πέρασμα του χρόνου οι ερευνητές έψαχναν μανιωδώς νέους τρόπους για τη μεταφορά του μέγιστου πλήθους συνομιλιών στο ελάχιστο δυνατό κόστος υποδομών. Ας φανταστούμε ένα πρώιμο τηλεφωνικό κύκλωμα από τη Νέα Υόρκη στο Λος Άντζελες. Το χάλκινο καλώδιο, οι επαναλήπτες, και οι άλλοι μηχανισμοί που εμπλέκονταν στη μεταφορά μια συνομιλίας σ' αυτή την απόσταση ήταν τεραστίων διαστάσεων. Συνεπώς, οι πρώτοι τηλεφωνικοί μηχανικοί και επιστήμονες έπρεπε να βρουν τρόπους για τη διεκπαιρέωση του μέγιστου πλήθους συνομιλιών στο δίκτυο. Μετά από πολλή έρευνα, ανέπτυξαν διαφορετικούς τρόπους για να εκμαιεύσουν τη μέγιστη αποδοτικότητα από την υποδομή των χάλκινων καλωδίων.

Πολλές από αυτές τις ανακαλύψεις μεταμορφώθηκαν σε τεχνολογίες που λειτούργησαν εξίσου καλά όταν ήρθε το καλώδιο οπτικής ίνας στην αγορά. Η κύρια μορφή μεταφοράς στο PSTN είναι με μεταγωγή κυκλώματος (σε αντίθεση με τη μεταγωγή πακέτου του Διαδικτύου). Στη δεκαετία του 1990, οι παροχείς υπηρεσιών μεγάλων αποστάσεων και οι τοπικοί παροχείς υπηρεσιών μετακίνησαν αυτά τα δίκτυα μεταφοράς στον τρόπο ασύγχρονης μεταφοράς (Asynchronous Transfer Mode). Το ATM είναι ένας τρόπος μεταφοράς από μεταγωγέα σε μεταγωγέα. Η ανάδυση των δικτύων κορμού IP (backbone) τραβά μεγάλο μέρος της κίνησης από τα δίκτυα ATM και στα δίκτυα IP.

6.3.3. Πρόσβαση

Η πρόσβαση αναφέρεται στο πως ο χρήστης αποκτά πρόσβαση στο τηλεφωνικό δίκτυο. Οι περισσότεροι χρήστες αποκτούν πρόσβαση μέσω μιας τηλεφωνικής συσκευής. Αυτή η συσκευή συνδέεται συνήθως στο κύριο κέντρο (όπου βρίσκεται ο μεταγωγέας) μέσω χάλκινου καλωδίου. Ένας από τους πρωταρχικούς λόγους που η πλειοψηφία των συνδρομητών δεν έχουν δυνατότητα επιλογής τοπικού παρόχου υπηρεσιών είναι το απαγορευτικό κόστος ανάπτυξης κάτι άλλου εκτός από το καλώδιο που τους συνδέει στο δίκτυο. Δεύτερον, η απόκτηση δικαιωμάτων προτεραιότητας κατά μήκος των πάμπολλων ιδιοκτησιών μέχρι τον συνδρομητή είναι αδύνατη, σε νομικό και οικονομικό επίπεδο.

6.4. Αντικαθιστώντας το PSTN

Τα τρία συστατικά του PSTN αντικαθιστώνται στην ελεύθερη αγορά από άλλες τεχνολογίες σε συνδυασμό με αλλαγές στις ρυθμιστικές διατάξεις. Το τμήμα της μεταφοράς έχει ανοίξει στον ανταγωνισμό εδώ και χρόνια. Αυτό έχει οδηγήσει στη δημιουργία πολλών νέων παροχών υπηρεσιών μεγάλων αποστάσεων. Από το 1996 οι επιβεβλημένες τηλεφωνικές εταιρίες (στον ΟΤΕ λίγα χρόνια πιο μετά) υποχρεώθηκαν να «δώσουν» τους μεταγωγείς τους στους ανταγωνιστές, ωστόσο, αυτές οι ίδιες καθυστέρησαν αυτή την πρόσβαση εν πρώτοις με νομικούς ελιγμούς και μετά με απερίφραστη δολιοφθορά. Μπλόκαραν την ανταγωνιστική πρόσβαση στα δίκτυά τους. Μια τεχνολογία γνωστή ως softswitch προσφέρει παράκμψη της τεχνολογίας των PSTN μεταγωγέων. Ένα softswitch είναι μια κεντρική συσκευή σε ένα τηλεφωνικό δίκτυο η οποία συνδέει κλήσεις από ένα τηλέφωνο σε ένα άλλο με τη χρήση μόνο λογισμικού σε ένα υπολογιστικό σύστημα. Ωστόσο, το «τελευταίο μίλι» παραμένει υπό τον έλεγχο των επιβεβλημένων τηλεφωνικών εταιριών.

6.5. Δομή ενός δικτύου WiMAX

Ο τρόπος με τον οποίο υλοποιείται ένα δίκτυο WiMAX, ώστε να παρέχει υπηρεσίες διαδικτύου στους συνδρομητές του, είναι αρκετά απλός. Ο πάροχος υπηρεσιών Internet εγκαθιστά σταθμούς βάσης, δηλαδή τις λεγόμενες κεραιές, οι οποίες αναλαμβάνουν τη διανομή του σήματος σε μια ευρεία γεωγραφική περιοχή. Στη συνέχεια ο συνδρομητής εγκαθιστά στο χώρο του τον απαραίτητο εξοπλισμό, ο οποίος μπορεί να είναι είτε ένας απλός υπολογιστής με υποστήριξη WiMAX, είτε ένας WiMAX router αν η σύνδεση πρόκειται να μοιραστεί σε περισσότερους από έναν υπολογιστές στον ίδιο χώρο. Μάλιστα στις αρχές του 2006 αναμένεται να συναντήσουμε στην αγορά τους πρώτους ηλεκτρονικούς υπολογιστές με εγγενή υποστήριξη δικτύων WiMAX, με τον ίδιο τρόπο που σήμερα ήδη συμβαίνει αυτό με την τεχνολογία Wi-Fi. Για παλαιότερους υπολογιστές φυσικά θα διατεθούν κάρτες επέκτασης σε μορφή PCI για desktop συστήματα, PCMCIA για laptops ή SDIO για Pocket PC, ενώ ήδη στο εξωτερικό έχει αρχίσει η διάθεση WiMAX routers που αναλαμβάνουν να μοιράσουν τη σύνδεση Internet σε 2 ή περισσότερους υπολογιστές ενός τοπικού δικτύου.

Σε γενικές γραμμές εκτιμάται ότι ο χρόνος που θα χρειάζεται ένας απλός χρήστης για να συνδεθεί για πρώτη φορά σε ένα δίκτυο WiMAX δεν θα ξεπερνά τα 3 λεπτά, δεδομένου ότι τα βήματα της σύνδεσης είναι πολύ απλά και συνοψίζονται ως εξής:

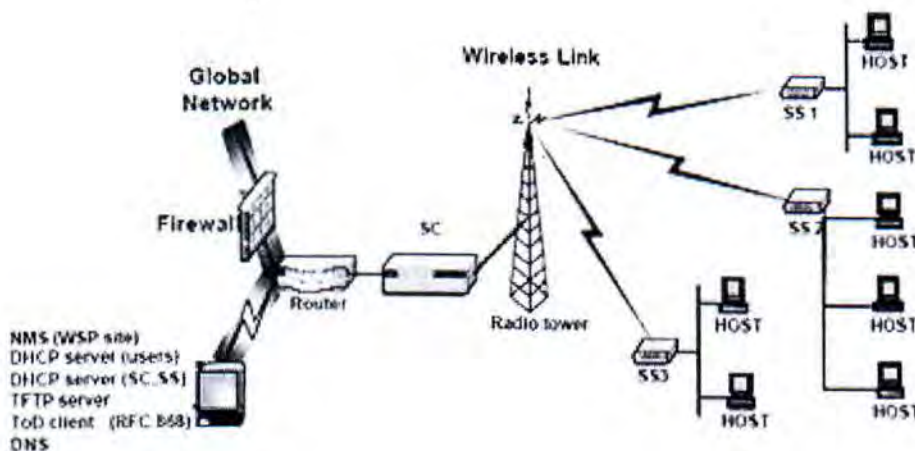
1. Ο χρήστης ενεργοποιεί την ασύρματη σύνδεση WiMAX στον ηλεκτρονικό υπολογιστή ή PDA του
2. Το διαθέσιμο δίκτυο εντοπίζεται και αναφέρεται ως εντός εμβέλειας
3. Ο χρήστης πληκτρολογεί ένα κλειδί εισόδου, το οποίο του έχει γνωστοποιηθεί από τον πάροχο υπηρεσιών διαδικτύου (ISP)
4. Η σύνδεση ολοκληρώνεται με επιτυχία και ο χρήστης είναι έτοιμος να πλοηγηθεί στο Internet

Σημειώνεται δε ότι η παραπάνω διαδικασία θα ακολουθηθεί μόνο την πρώτη φορά που θα συνδεθεί κανείς σε ένα δίκτυο WiMAX. Από τη στιγμή που οι απαραίτητες ρυθμίσεις (όνομα δικτύου, κλειδί πρόσβασης) αποθηκευτούν στη συσκευή του, τις επόμενες φορές η σύνδεση θα πραγματοποιείται σε κλάσματα του δευτερολέπτου. Ουσιαστικά, ενεργοποιώντας κάποιος τον ηλεκτρονικό του υπολογιστή, μόλις ολοκληρωθεί η εκκίνηση του λειτουργικού συστήματος, θα έχει ήδη συνδεθεί στο προκαθορισμένο δίκτυο WiMAX και κατ' επέκταση στο Internet.

Σε ότι αφορά τις χρεώσεις, το WiMAX δεν θα διαφοροποιείται σε σχέση με τη σημερινή τεχνολογία ADSL. Ως εκ τούτου, στα κοινά πακέτα πρόσβασης δεν θα υφίσταται χρονοχρέωση ή ογκοχρέωση, επιτρέποντας έτσι στον χρήστη να παραμένει μόνιμα συνδεδεμένος στο Internet, «κατεβάζοντας» κάθε είδους αρχεία, χωρίς να ανησυχεί για υπερβολικές χρεώσεις. Φυσικά δεν αποκλείεται να διατεθούν και προαιρετικά πρόσθετα προγράμματα ογκοχρέωσης ή χρονοχρέωσης για τους λεγόμενους "light users", όπως ήδη ισχύει σήμερα για το ADSL.

Οι **ταχύτητες μετάδοσης** του προτύπου εξαρτώνται από την εκάστοτε ψηφιακή διαμόρφωση που χρησιμοποιείται. Συνήθεις διαμορφώσεις είναι η 64 QAM η οποία μπορεί να εξασφαλίσει και τη μεγαλύτερη ταχύτητα μετάδοσης, η 16 QAM και η QPSK η οποία μπορεί να εξασφαλίσει μεγάλη κάλυψη του συστήματος.

Το πρότυπο IEEE 802.16 παρέχει υψηλού επιπέδου **ποιότητα υπηρεσίας**. Το επίπεδο MAC του προτύπου είναι σχεδιασμένο κατά τέτοιο τρόπο ώστε να παρέχει στους χρήστες, όταν οι ίδιοι το επιθυμούν, εγγυημένο ρυθμό μετάδοσης και ταυτόχρονα κίνηση best effort σε χρήστες που καλύπτονται από το ίδιο base station κάτι που το πρότυπο IEEE 802.11 δεν μπορούσε να εξασφαλίσει. Δηλαδή, αν υποθέσουμε ότι δύο χρήστες καλύπτονται από το ίδιο Base Station, είναι δυνατό ο ένας χρήστης να έχει εγγυημένη ποιότητα υπηρεσίας και ο δεύτερος χρήστης να δέχεται και να στέλνει απλή IP κίνηση best effort κάτι που με το πρότυπο 802.11 δεν ήταν δυνατό. Δηλαδή χρήστες που βρισκόταν στην κάλυψη ενός Access Point είχαν την ίδια ποιότητα υπηρεσίας.



Την **ασφαλή μετάδοση** των δεδομένων στο WiMAX αναλαμβάνει ο αλγόριθμος κρυπτογράφησης DES (Data Encryption Standard, Πρότυπο Κωδικοποίησης Δεδομένων) και συγκεκριμένα μια παραλλαγή του αλγορίθμου ο Triple DES. Το DES αναπτύχθηκε το 1970 από το Αμερικανικό Εθνικό Γραφείο Προτύπων. Η βασική ιδέα ήταν η ανάπτυξη ενός αλγορίθμου κρυπτογράφησης που θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί (και να βελτιωθεί) από διάφορες εταιρείες ή οργανισμούς. Το DES ανήκει στην οικογένεια των



συμμετρικών αλγόριθμων και κάνει χρήση κλειδίων με μήκος 56 bit. Ο "κλασικός" αλγόριθμος DES είναι πλέον ξεπερασμένος, αφού με τη χρήση ενός σύγχρονου υπολογιστή μπορεί να παραβιαστεί σχετικά εύκολα. Στο μεταξύ, εφαρμόζοντας διάφορες τεχνικές επάνω στο DES, μπορούμε να αυξήσουμε σημαντικά την ασφάλειά του. Με τη μέθοδο Triple - DES, για παράδειγμα, το μήνυμα κωδικοποιείται τρεις φορές, με τρία διαφορετικά κλειδιά.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, στην αρχική του έκδοση το πρότυπο IEEE 802.16 λειτουργούσε στην ζώνη συχνοτήτων 10-66 GHz. Στις παραπάνω συχνότητες η επικοινωνία μεταξύ δύο σταθμών επιτυγχάνεται μόνο όταν οι σταθμοί αυτοί βρίσκονται σε συνθήκες οπτικής επαφής. Η παραπάνω διαδικασία περιγράφεται στο υποπρότυπο **IEEE 802.11 c**. Η ανάγκη για επικοινωνία μεταξύ σταθμών που δεν βρίσκονται σε οπτική επαφή ήταν το κίνητρο για τη δημιουργία του υποπροτύπου **IEEE 802.16 a**. Τον Ιανουάριο του 2003 το πρότυπο επεκτάθηκε ώστε να λειτουργεί και στις συχνότητες από 2-11 GHz όπου στις συχνότητες αυτές ήταν δυνατή η δημιουργία συνδέσεων χωρίς οπτική επαφή πομπού - δέκτη. Το υποπρότυπο το οποίο περιγράφει τη διαδικασία αυτή ονομάστηκε IEEE 802.16 a. Τα πρώτα προϊόντα WiMAX τα οποία σήμερα είναι διαθέσιμα στην αγορά ακολουθούν στην μεγαλύτερή τους πλειοψηφία το υποπρότυπο αυτό.

Καθώς η πολυπλοκότητα των εφαρμογών που διαδίδονται πάνω από ένα ασύρματο δίκτυο ολοένα και αυξάνει, η ποιότητα υπηρεσίας πάνω από τέτοια δίκτυα γίνεται ένας πολύ καθοριστικός παράγοντας για την ποιότητα της επικοινωνίας. Για παράδειγμα, η μετάδοση video σε πραγματικό χρόνο απαιτεί από το δίκτυο συνθήκες πολύ χαμηλής καθυστέρησης μετάδοσης. Για αυτό το λόγο, προκειμένου να ικανοποιηθεί η ανάγκη για ποιότητα υπηρεσίας ορίστηκε το υποπρότυπο **IEEE 802.16 d**.

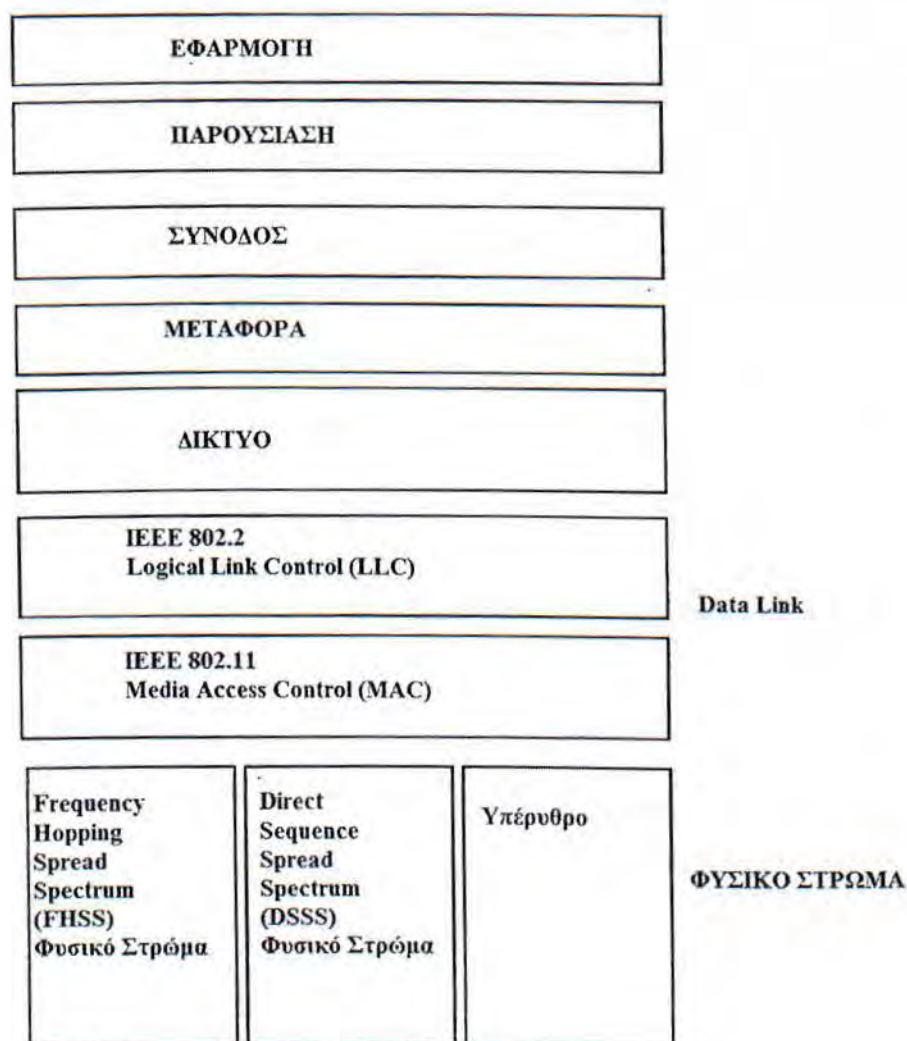
Η ένωση των υποπροτύπων IEEE 802.11 a, c, d όρισε το πρότυπο **IEEE 802.16-2004** το οποίο περιγράφει τη συνολική λειτουργικότητα των επιμέρους υποπροτύπων που προαναφέρθηκαν για συχνότητες λειτουργίας 2-66 GHz.

Το πρότυπο IEEE 802.26-2004 ορίζει την επικοινωνία χρηστών οι οποίοι βρίσκονται μέσα σε ένα κελί το οποίο καλύπτεται από ένα base station . Όταν κάποιος χρήστης κινηθεί σε περιοχή που βρίσκεται εκτός περιοχής κάλυψης του base station η σύνδεση χάνεται. Το υποπρότυπο **IEEE 802.16 e** εισάγει και περιγράφει την έννοια της κινητικότητας των χρηστών από ένα base station σε άλλο. Στο υποπρότυπο αυτό ορίζεται ότι ένας κινητός χρήστης μπορεί να συνεχίσει να εξυπηρετείται από το δίκτυο ακόμα και αν κινείται με ταχύτητες οι οποίες προσεγγίζουν τα 120 Km / h . Ωστόσο η παραπάνω τιμή είναι ενδεικτική - πειραματική, καθώς μέχρι τη στιγμή αυτή δεν υπάρχει κάποιο διαθέσιμο προϊόν στην αγορά συμβατό με το IEEE 802.16 e υποπρότυπο που να πιστοποιεί την προαναφερθείσα τιμή.

6.5.1. Φυσικό Στρώμα (Physical Layer) του WiMAX

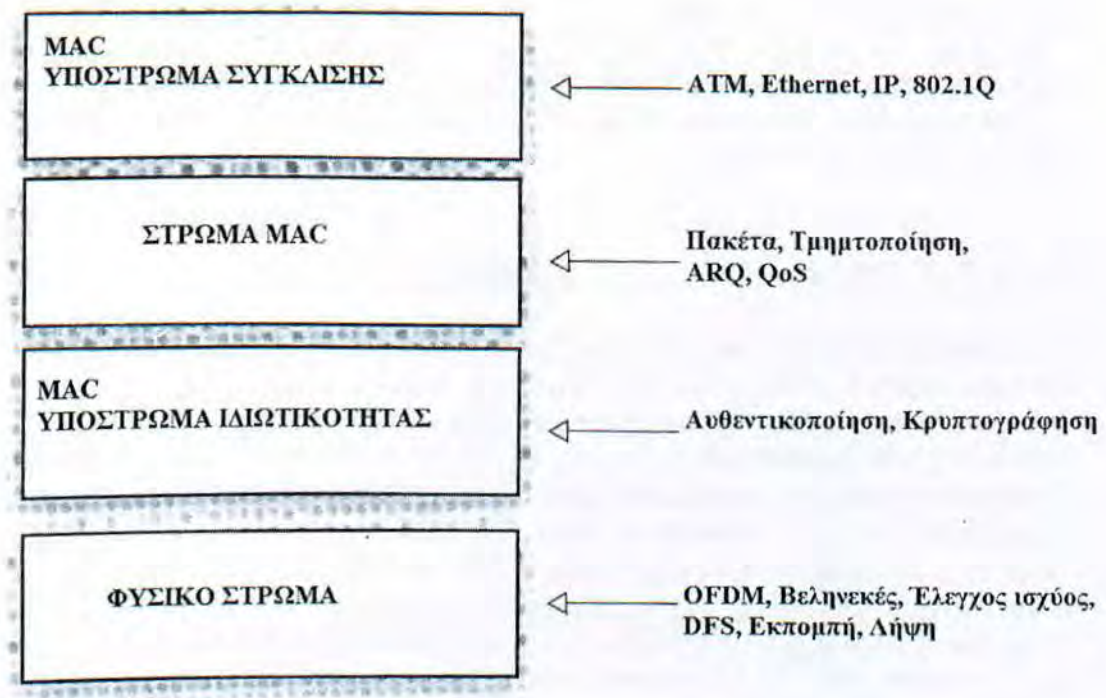
6.5.1.1. Εισαγωγή

Το WiMAX δεν είναι και τόσο καινούριο, ωστόσο, είναι μοναδικό επειδή σχεδιάστηκε εξ ολοκλήρου από την αρχή για να προσφέρει τη μέγιστη ικανότητα διαβίβασης δεδομένων στη μέγιστη απόσταση και παράλληλα να είναι 99,999% αξιόπιστο. Για να επιτευχθεί αυτό, οι σχεδιαστές (IEEE 802.16 Working Group D) βασίστηκαν σε αποδεδειγμένες τεχνολογίες για το φυσικό στρώμα όπως Orthogonal Frequency (OFDM), Time Division Duplex (TDD), Frequency Division Duplex (FDD), Quadrature Phase Shift Keying (QPSK) και Quadrature Amplitude Modulation (QAM). Αυτό το κεφάλαιο δίνει μια περιγραφή του φυσικού στρώματος και των διάφορων παραλλαγών (που βασίζονται στις τεχνολογίες και εφαρμογές του φυσικού στρώματος) του WiMAX, των τεχνολογιών που κάνουν αυτές τις παραλλαγές να λειτουργούν, καθώς και τους λόγους για τους οποίους αυτές οι τεχνολογίες συνδυάζονται έτσι ώστε το WiMAX να αποτελεί ένα ραγδαίο προοδευτικό άλμα σε σχέση με άλλες ασύρματες τεχνολογίες.



Εικόνα 2.1 (IEEE 802.11 MAC και Φυσικά Στρώματα)

Όπως υπονοεί το όνομα, το 802.16 (WiMAX) είναι ένα παρακλάδι του IEEE 802, το οποίο βρίσκει εφαρμογή στο Ethernet, την τεχνολογία που χρησιμοποιεί το καλώδιο κατηγορίας 5, το οποίο συνδέει την πλειοψηφία των υπολογιστών παγκοσμίως. Στο Ethernet, το Φυσικό Στρώμα εμπεριέχεται σε ένα κατηγορίας 5 καλώδιο. Εν συντομία, το WiMAX και το προηγούμενο 802.11 (Wi-Fi) είναι ασύρματες μορφές του Ethernet. Επομένως, ισχύει το μεγαλύτερο μέρος του μοντέλου αναφοράς OSI (Open Systems Interconnection). Η Εικόνα 2.1 απεικονίζει τη τον τρόπο συσχέτισης του μοντέλου αναφοράς OSI και του 802.11, και η Εικόνα 2.2 περιγράφει το Φυσικό Στρώμα και το Στρώμα MAC του 802.16



Εικόνα 2.2 (MAC και Φυσικά Στρώματα του IEEE 802.16)

Εφόσον τα πρότυπα IEEE 802.11 και 802.16 είναι ασύρματες εκδόσεις του Ethernet, χρησιμοποιούν ένα Φυσικό Στρώμα και ένα Στρώμα Ελέγχου του Μέσου ώστε να υλοποιηθεί το ασύρματο μέσο. Η Εικόνα 2.1 παρουσιάζει τις παραλλαγές του IEEE 802.11 στο μοντέλο αναφοράς OSI. Η Εικόνα 2.2 επεξηγεί πως υλοποιούνται τα στρώματα MAC και Φυσικό στο IEEE 802.16

6.5.1.2. Η λειτουργία του Φυσικού Στρώματος

Ο σκοπός του Φυσικού Στρώματος, όπως υπονοεί και το όνομά του, είναι η φυσική μεταφορά των δεδομένων. Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται πρέπει να διασφαλίζουν τη μέγιστη αποτελεσματικότητα μετρούμενη σε εύρος ζώνης και συχνότητα φάσματος. Ένα σύνολο παραδοσιακών τεχνολογιών

χρησιμοποιούνται για την καλύτερη υλοποίηση του Φυσικού Στρώματος. Οι τεχνολογίες αυτές, όπως OFDM, TDD, FDD, QAM και Adaptive Antenna System (AAS), θα περιγραφούν στη συνέχεια.

6.5.1.2.1. OFDM

Το OFDM είναι αυτό που κάνει το WiMAX τόσο ελκυστικό. Το OFDM δεν είναι καινούριο. Τα εργαστήρια Bell το εφηύραν αρχικά το 1970, και ενσωματώθηκε αργότερα σε ποικίλες τεχνολογίες DSL (Digital Subscriber Line) καθώς και στο 802.11a. Το OFDM βασίζεται σε μια μαθηματική διεργασία που ονομάζεται γρήγορος μετασχηματισμός Fourier (Fast Fourier Transform), η οποία επιτρέπει να επικαλύπτονται 52 κανάλια χωρίς να χάνουν τα προσωπικά χαρακτηριστικά τους (ορθογωνικότητα). Αυτή είναι μια πιο αποτελεσματική χρήση του φάσματος και δίνει την ευκαιρία στον δέκτη να επεξεργαστεί πιο αποτελεσματικά τα κανάλια. Το OFDM είναι ιδιαίτερα δημοφιλές στις ασύρματες εφαρμογές εξαιτίας της ανθεκτικότητας που επιδεικνύει στις διάφορες μορφές παρεμβολών και ενεργειακής υποβάθμισης. Εν συντομία, το OFDM παραδίδει ένα σήμα πολύ πιο μακριά με λιγότερες παρεμβολές από ανταγωνιστικές τεχνολογίες.

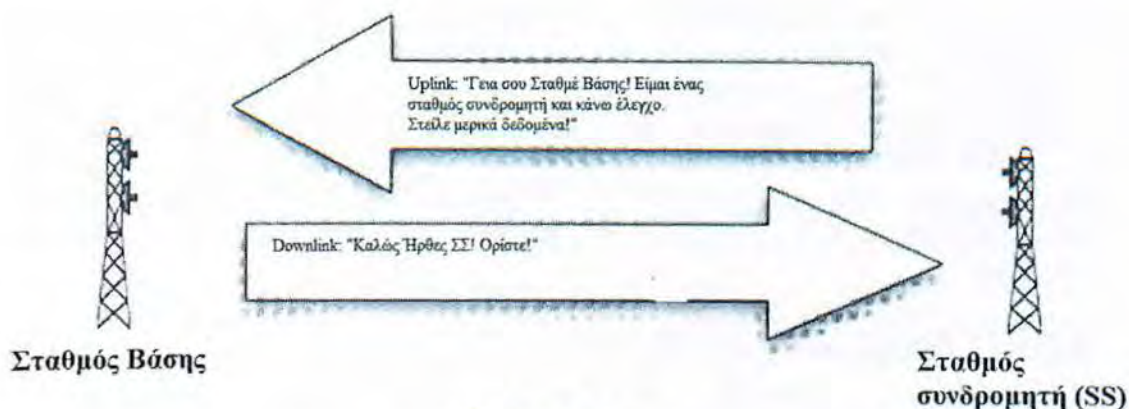
6.5.1.2.2. TDD και FDD

Το WiMAX λειτουργεί και με Time Division Duplex (TDD) και με Frequency Division Duplex (FDD). Η TDD είναι μια τεχνική στην οποία το σύστημα εκπέμπει και λαμβάνει μέσα στην ίδια συχνότητα, ορίζοντας χρονοθυρίδες εκπομπής και χρονοθυρίδες λήψης. Η FDD, το κάνει σε δύο διαφορετικές συχνότητες γενικώς χωριζόμενες ανά 50 έως 100 MHz εντός του φάσματος λειτουργίας. Η TDD πλεονεκτεί όταν ένα ρυθμιστικό στοιχείο κατανέμει το φάσμα σε ένα γειτονικό τεμάχιο (block). Με την TDD δεν είναι απαραίτητος ο διαχωρισμός της ζώνης συχνοτήτων. Αυτό φαίνεται και στην Εικόνα 2.3. Επομένως ολόκληρη η κατανομή του φάσματος είναι αποτελεσματική και στην ανοδική πορεία (upstream) και στην κατερχόμενη (downstream) και όπου οι μέθοδοι κίνησης είναι μεταβαλλόμενες ή ασυμμετρικές.

Κεφαλίδα πλαισίου	Υποπλαίσιο κατερχόμενης ζεύξης	TG	Υποπλαίσιο ανοδικής ζεύξης
-------------------	--------------------------------	----	----------------------------

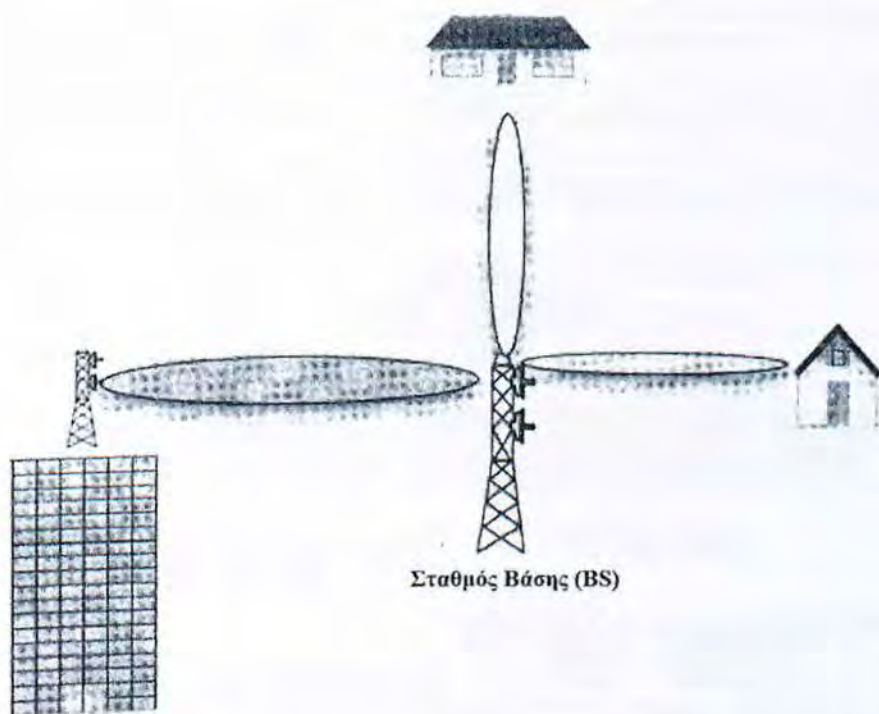
Εικόνα 2.3 (Υπό-πλαίσιο TDD)

Στα συστήματα FDD, οι δομές των πλαισίων ανοδικής και κατερχόμενης ζεύξης είναι όμοιες εκτός από το ότι κάθε ζεύξη εκπέμπεται σε διαφορετικά κανάλια. Όταν είναι παρόντες σταθμοί συνδρομητών half-duplex FDD (half-duplex Subscriber Stations), ο σταθμός βάσης (Base Station) πρέπει να εξασφαλίσει πως δεν θα προγραμματίσει έναν H-FDD SS να εκπέμπει και να λαμβάνει την ίδια στιγμή. Η Εικόνα 2.4 απεικονίζει αυτόν τον συσχετισμό.



Εικόνα 2.4

6.5.1.3. Σύστημα Προσαρμοζόμενων Κεραιών (Adaptive Antenna System)



Εικόνα 2.5 (Με AAS πετυχαίνεται αύξηση του κέρδους στους εν λόγω SS)

Το AAS χρησιμοποιείται στις προδιαγραφές του WiMAX για να περιγράψει τεχνικές σχηματισμού δεσμών όπου μια παράταξη κεραιών χρησιμοποιείται στο σταθμό βάσης για να αυξηθεί το κέρδος προς τον στοχευόμενο σταθμό συνδρομητή και παράλληλα εκμηδενισμό των παρεμβολών από άλλους σταθμούς συνδρομητών ή διαφόρων πηγών παρεμβολών. Οι τεχνικές τύπου AAS μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να ενεργοποιήσουν Πολλαπλή

Πρόσβαση Χωρικής Διαίρεσης (Spatial Division Multiple Access), έτσι ώστε πολλαπλοί σταθμοί συνδρομητών που ξεχωρίζουν στο χώρο να μπορούν να λαμβάνουν και να εκπέμπουν στο ίδιο υπό-κανάλι την ίδια χρονική στιγμή. Χρησιμοποιώντας σχηματισμό δέσμης, ο σταθμός βάσης έχει τη δυνατότητα να κατευθύνει το επιθυμητό σήμα στους διαφορετικούς σταθμούς συνδρομητών και να διακρίνει τα σήματα των διαφορετικών σταθμών συνδρομητών ακόμη και αν λειτουργούν στα ίδια υπό-κανάλια. Η Εικόνα 2.5 επεξηγεί.

6.5.1.4. Παραλλαγές του WiMAX

Το WiMAX έχει πέντε παραλλαγές, οι οποίες ορίζονται από το Φυσικό Στρώμα τους. Οι παραλλαγές χωρίζονται ανάλογα αν είναι μονού φέροντος (Single Carrier) ή χρησιμοποιεί OFDM. Κατηγοριοποιούνται περαιτέρω ανάλογα με τη ζώνη συχνοτήτων που καλύπτουν: 2-11 GHz και 10-66 GHz. Στη συνέχεια ακολουθεί παρουσίαση της κάθε παραλλαγής με ιδιαίτερη έμφαση στο WirelessMAN-OFDM. Ο Πίνακας 2.1 περιγράφει συνοπτικά αυτές τις παραλλαγές.

Πίνακας 2.1

Όνομασία	Λειτουργία	LOS / NLOS	Συχνότητα	Duplexing
WirelessMAN-SC	Point-to-Point	LOS	10-66 GHz	TDD, FDD
WirelessMAN-SCa	Point-to-Point	NLOS	2-11 GHz	TDD FDD
WirelessMAN-OFDM	Point-to-Multipoint	NLOS	2-11 GHz	TDD FDD
WirelessMAN-OFDMA	Point-to-Multipoint	NLOS	2-11 GHz	TDD FDD
WirelessHUMAN	Point-to-Multipoint	NLOS	2-11 GHz	TDD

6.5.1.4.1. OFDM Παραλλαγές 2-11 GHz

Η ανάγκη για λειτουργία χωρίς οπτική επαφή (Non Line Of Sight) είναι η κατευθυντήρια αρχή για το σχεδιασμό του Φυσικού Στρώματος στα 2-11 GHz. Επειδή αναμένονται οικιστικές εφαρμογές, οι ταράτσες είναι πιθανόν πολύ χαμηλές (ενδεχομένως λόγω εμποδίων από δέντρα ή άλλα κτήρια) για μια καθαρή οπτική επαφή με την κεραία του σταθμού βάσης. Επομένως, αναμένεται σημαντική πολύ-οδική διάδοση. Περαιτέρω, οι κεραίες που τοποθετούνται έξω είναι ακριβές, λόγω υψηλού κόστους υλικού και εγκατάστασης. Στη συνέχεια περιγράφονται οι προδιαγραφές της εναέριας διεπαφής 2-11 GHz.

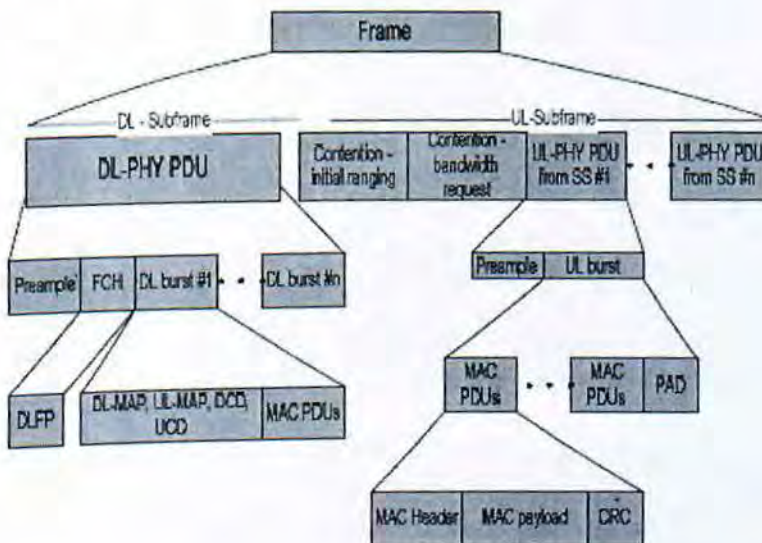
6.5.1.4.1.1. WirelessMAN - OFDM

Αυτή η εναέρια διεπαφή χρησιμοποιεί OFDM με μετασχηματισμό 256 σημείων. Η πρόσβαση είναι μέσω TDMA. Αυτή η εναέρια διεπαφή είναι υποχρεωτική για ζώνες απαλλαγμένες από άδειες.

Το Φυσικό Στρώμα του WirelessMAN – OFDM βασίζεται στη διαμόρφωση OFDM. Αποσκοπεί κυρίως για σταθερής πρόσβασης κατασκευαστικές αναπτύξεις όπου οι σταθμοί συνδρομητών είναι οικιστικές πύλες φτιαγμένες μέσα σε σπίτια και επιχειρήσεις. Το Φυσικό Στρώμα OFDM υποστηρίζει υπό-καναλοποίηση στην κατερχόμενη ζεύξη. Υπάρχουν 16 υπό-κανάλια στην κατερχόμενη ζεύξη. Το Φυσικό Στρώμα OFDM υποστηρίζει λειτουργίες TDD και FDD, με υποστήριξη και FDD και H-FDD σταθμών συνδρομητών.

Το πρότυπο υποστηρίζει επίπεδα πολλαπλής διαμόρφωσης συμπεριλαμβάνοντας Binary Phase Shift Keying (BPSK), QPSK, 16-QAM, και 64-QAM. Τέλος, το Φυσικό Στρώμα υποστηρίζει (προαιρετικά) ανομοιότητα εκπομπών στην κατερχόμενη ζεύξη χρησιμοποιώντας Space Time Coding (STC) και AAS με Spatial Division Multiple Access (SDMA).

Το πλάνο ανομοιότητας εκπομπών χρησιμοποιεί δύο κεραίες στο σταθμό βάσης για να εκπέμψει ένα σήμα κωδικοποιημένο κατά STC για να παρέχει τα κέρδη που προέρχονται από την ανομοιότητα δεύτερης τάξης. Κάθε μια από τις δύο κεραίες εκπέμπει ένα διαφορετικό σύμβολο (δύο διαφορετικά σύμβολα) στο χρόνο του πρώτου συμβόλου. Τότε οι δύο κεραίες εκπέμπουν τον σύνθετο συνδυασμό των ίδιων δύο συμβόλων στο χρόνο του δεύτερου συμβόλου. Ο ρυθμός μετάδοσης δεδομένων είναι ο ίδιος και χωρίς ανομοιότητα εκπομπής. Η Εικόνα 2.6 απεικονίζει τη δομή του πλαισίου για ένα σύστημα TDD.



Εικόνα 2.6 (Δομή πλαισίου για ένα TDD σύστημα)

Το πλαίσιο διαιρείται σε υπό-πλαίσια ανοδικής ζεύξης (UL) και κατερχόμενης ζεύξης (DL). Το υπό-πλαίσιο DL αποτελείται από ένα προοίμιο, κεφαλίδα ελέγχου πλαισίου (Frame Control Header), και ένα πλήθος ριπών δεδομένων.

Το FCH προδιαγράφει το προφίλ της ριπής και το μήκος της μιας ή περισσότερων ριπών DL που ακολουθούν αμέσως το FCH. Ο χάρτης κατερχόμενης ζεύξης (DL-MAP), ο χάρτης ανοδικής ζεύξης (UL-MAP), ο περιγραφέας καναλιού DL (DL Channel Descriptor), ο περιγραφέας καναλιού UL (UL Channel Descriptor) και άλλα μηνύματα μετάδοσης που περιγράφουν το περιεχόμενο του πλαισίου αποστέλλονται στην αρχή αυτών των πρώτων ριπών. Το υπόλοιπο του υπό-πλασίου DL αποτελείται από ριπές δεδομένων σε ανεξάρτητους σταθμούς συνδρομητών.

Κάθε ριπή δεδομένων αποτελείται από έναν ακέραιο αριθμό συμβόλων OFDM και καθορίζεται ένα προφίλ ριπών που προσδιορίζει τον αλγόριθμο κωδίκων, το ρυθμό κωδίκων, το επίπεδο διαμόρφωσης που χρησιμοποιούνται για αυτά τα δεδομένα που εκπέμπονται εντός της ριπής. Το υπό-πλαίσιο UL περιέχει ένα διάστημα συναγωνισμού για σκοπούς εύρεσης αρχικού βεληνεκούς, κατανομής εύρους ζώνης και για μονάδες δεδομένων πρωτοκόλλου (Protocol Data Units) του Φυσικού Στρώματος UL από διαφορετικούς σταθμούς βάσης. Το UL-MAP και το DL-MAP περιγράφουν εξ ολοκλήρου τα περιεχόμενα των υπό-πλασίων UL και DL. Καθορίζουν τους σταθμούς συνδρομητών που λαμβάνουν ή/και εκπέμπουν σε κάθε ριπή, τα υπό-κανάλια στα οποία κάθε σταθμός συνδρομητή εκπέμπει (στο UL), και την κωδικοποίηση και διαμόρφωση που χρησιμοποιείται σε κάθε ριπή και σε κάθε υπό-κανάλι.

Αν χρησιμοποιείται ανομοιότητα εκπομπής, ένα κομμάτι του πλαισίου DL (που ονομάζεται ζώνη) μπορεί να οριστεί να είναι μια ζώνη ανομοιότητας εκπομπής. Όλες οι ριπές δεδομένων εντός της ζώνης ανομοιότητας εκπομπής εκπέμπονται με κωδικοποίηση STC. Τέλος, αν χρησιμοποιείται AAS, ένα κομμάτι του υπό-πλασίου DL μπορεί να οριστεί ως ζώνη AAS. Μέσα σε αυτό το κομμάτι του υπό-πλασίου, το σύστημα AAS χρησιμοποιείται για την επικοινωνία με σταθμούς συνδρομητών ικανούς για επικοινωνία με AAS. Το AAS υποστηρίζεται και στο UL.

6.5.1.4.1.2. WirelessMAN - OFDMA

Αυτή η παραλλαγή χρησιμοποιεί πολλαπλή πρόσβαση ορθογωνικής διαίρεσης συχνότητας (Orthogonal Frequency Division Multiple Access) με έναν μετασχηματισμό 2048 σημείων. Σε αυτό το σύστημα, η διευθυνσιοδότηση ενός υποσυνόλου των πολλαπλών φερόντων σε ανεξάρτητους δέκτες, παρέχει πολλαπλή πρόσβαση. Εξαιτίας των απαιτήσεων διάδοσης υποστηρίζεται η χρήση συστημάτων AAS.

Το Φυσικό Στρώμα του WirelessMAN – OFDMA βασίζεται στη διαμόρφωση OFDM. Υποστηρίζει υπό-καναλοποίηση σε UL και DL. Το πρότυπο υποστηρίζει πέντε διαφορετικά σχέδια υπό-καναλοποίησης. Το Φυσικό Στρώμα OFDMA υποστηρίζει λειτουργίες και TDD και FDD. Επίσης υποστηρίζονται τα ίδια επίπεδα διαμόρφωσης. Υποστηρίζονται κωδικοποίηση STC και σύστημα AAS με SDMA, κατά τη συνήθη μέθοδο πολλαπλής εισόδου, πολλαπλής εξόδου (Multiple Input, Multiple Output). Η MIMO περιλαμβάνει έναν αριθμό τεχνικών για την αξιοποίηση πολλαπλών κεραιών στον σταθμό βάσης και στο σταθμό συνδρομητή με σκοπό να αυξηθεί η χωρητικότητα και το βεληνεκές του καναλιού.

Η δομή του πλαισίου στο Φυσικό Στρώμα OFDMA είναι όμοια με αυτήν του Φυσικού Στρώματος OFDM. Οι αξιοσημείωτες εξαιρέσεις είναι ότι η υπό-καναλοποίηση ορίζεται και στο DL και στο UL, έτσι μηνύματα μετάδοσης εκπέμπονται μερικές φορές ταυτόχρονα (σε διαφορετικά υπό-κανάλια) σαν δεδομένα. Ακόμη, επειδή ορίζεται ένα πλήθος διαφορετικών σχεδίων δόμησης της υπό-καναλοποίησης, το πλαίσιο διαιρείται σε κάποιες ζώνες που η κάθε μια χρησιμοποιεί ένα διαφορετικό σχέδιο υπό-καναλοποίησης. Το στρώμα MAC είναι υπεύθυνο για τη διαίρεση του πλαισίου σε ζώνες και την επικοινωνία αυτής της δομής στους σταθμούς συνδρομητών σε DL-MAP και UL-MAP. Όπως στο Φυσικό Στρώμα OFDM, υπάρχουν προαιρετικές ζώνες ανομοιότητας εκπομπής και AAS, καθώς και μια ζώνη MIMO.

6.5.1.4.1.3. Wireless High Speed Unlicensed Metro Area Network (WirelessHUMAN)

Το WirelessHUMAN είναι όμοιο με τα προαναφερθέντα πλάνα δόμησης κατά OFDM και επικεντρώνεται σε συσκευές UNII (Unlicensed National Information Infrastructure) και άλλες μη αδειοδοτημένες ζώνες.

Παραλλαγές μονού φέροντος (Single Carrier)

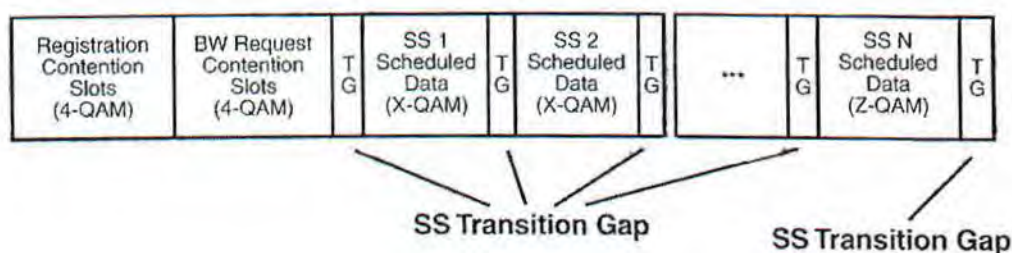
Υπάρχουν δύο μονού φέροντος παραλλαγές του WiMAX. Αυτές οι παραλλαγές δομούνται με βάση τη FDD και TDD.

6.5.1.4.1.4. WirelessMAN-SC 10-66 GHz

Σε αυτή την πολύ-σημειακή (Point-to-Multipoint) αρχιτεκτονική, ο σταθμός βάσης βασικά εκπέμπει ένα σήμα πολυπλεξίας διαίρεσης χρόνου (Time Division Multiplexing), με ανεξάρτητων σταθμών συνδρομητών χρονοθυρίδες καταναμημένες σειριακά. Το WirelessMAN-SC 10-66 GHz αξιοποιεί έναν σχεδιασμό ριπών που επιτρέπει και TDD, στην οποία η UL και η DL μοιράζονται ένα κανάλι αλλά δεν εκπέμπουν συγχρόνως, και FDD, στην οποία η UL και η DL λειτουργούν μερικές φορές συγχρόνως σε ξεχωριστά κανάλια. Αυτός ο σχεδιασμός ριπών επιτρέπει τον παρόμοιο χειρισμό TDD και FDD. Επιπλέον, και TDD και FDD υποστηρίζουν προσαρμοζόμενα προφίλ ριπών στα οποία οι επιλογές διαμόρφωσης και κωδικοποίησης μπορούν να αναθέτονται δυναμικά βάσει ριπή-προς-ριπή. Στο κεφάλαιο 5 γίνεται εκτενέστερη αναφορά.

Uplinks (UL): Η UL στο Φυσικό Στρώμα βασίζεται στο συνδυασμό TDMA και DAMA (Demand Assigned Multiple Access). Το κανάλι της UL διαιρείται σε έναν αριθμό χρονοθυρίδων. Το στρώμα MAC στον σταθμό βάσης ελέγχει τον αριθμό των θυρίδων (ο οποίος μπορεί να κυμαίνεται στο χρόνο για βέλτιστη αποδοτικότητα) που αναθέτονται για διάφορες χρήσεις (καταχώρηση, διένεξη, ασφάλεια, ή κίνηση χρήστη). Το κανάλι UL είναι TDM, με την πληροφορία για κάθε σταθμό συνδρομητή πολυπλεγμένη σε μονή ροή δεδομένων και λαμβανόμενη από όλους τους σταθμούς συνδρομητών εντός του ίδιου τομέα. Για την υποστήριξη σταθμών συνδρομητών H-FDD, γίνεται μέριμνα για ένα κομμάτι TDMA της DL.

Ένα τυπικό υπό-πλαίσιο UL για το Φυσικό Στρώμα 10-66 GHz απεικονίζεται στην Εικόνα 2.7. Σε αντίθεση με την DL, ο UL-MAP χορηγεί εύρος ζώνης σε συγκεκριμένους σταθμούς συνδρομητών. Οι σταθμοί συνδρομητών εκπέμπουν στην καθορισμένη κατανομή χρησιμοποιώντας το προφίλ ριπών που προσδιορίζει ο κώδικας χρήσης διαστήματος ανοδικής ζεύξης (Uplink Interval Usage Code) στην είσοδο του UL-MAP χορηγώντας τους εύρος ζώνης. Το υπό-πλαίσιο UL μπορεί να περιέχει κατανομές βασιζόμενες στους συναγωνισμούς για αρχική πρόσβαση στο σύστημα και για εκπομπή ή πολυεκπομπή αιτήσεων εύρους ζώνης. Οι ευκαιρίες πρόσβασης για αρχική πρόσβαση στο σύστημα είναι τέτοιες ώστε να επιτρέπουν επιπλέον χρόνο προστασίας για τους σταθμούς συνδρομητών που δεν έχουν επιλύσει τον περισσότερο χρόνο εκπομπής απαραίτητο για την ισοφάριση με την καθυστέρηση μετάβασης και επιστροφής (round-trip delay) στον σταθμό βάσης.



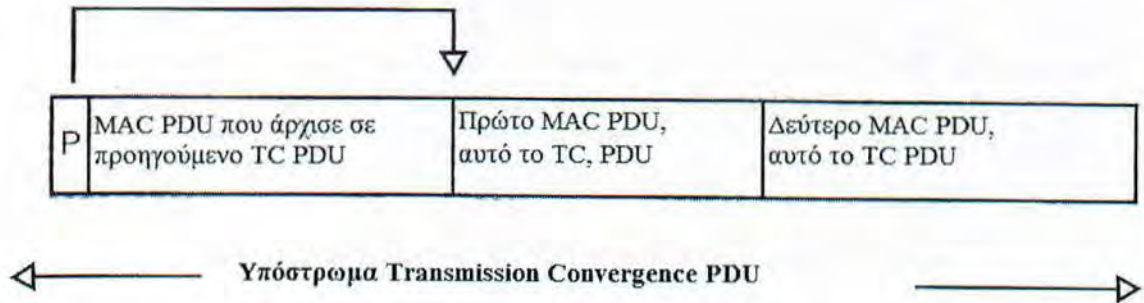
Εικόνα 2.7 (UL υπό-πλαίσιο)

Downlinks (DL): Το Φυσικό Στρώμα DL περιλαμβάνει ένα υπόστρωμα σύγκλισης εκπομπής (Transmission Convergence) που εισάγει ένα byte δείκτη στην αρχή του ωφέλιμου φορτίου για να βοηθήσει το δέκτη να αναγνωρίσει την αρχή ενός MAC PDU. Τα bits δεδομένων που προέρχονται από το υπόστρωμα σύγκλισης εκπομπής είναι τυχαία κατανομημένα, κωδικοποιημένα με FEC (Forward Error Correction), και απεικονισμένα σε μια ομοιογενή ομάδα σημάτων QPSK, 16-QAM, ή 64-QAM (προαιρετικά). Σε αυτή τη δομή για ένα πλαίσιο DL ριπής FDD, κάθε πλαίσιο υποδιαιρείται σε έναν αριθμό φυσικών υποδοχών, και κάθε υποδοχή αντιπροσωπεύει τέσσερα σύμβολα διαμόρφωσης. Το πλαίσιο αρχίζει με ένα τμήμα TDM που οργανώνεται σε διαφορετικές ομάδες διαμόρφωσης και FEC. Οι ομάδες περιέχουν δεδομένα που εκπέμπονται σε σταθμούς αμφίδρομης επικοινωνίας (full-duplex). Το τελευταίο τμήμα του πλαισίου είναι το τμήμα TDMA, το οποίο περιέχει δεδομένα που εκπέμπονται σε σταθμούς ημί-αμφίδρομης επικοινωνίας (half-duplex).

Κάθε πλαίσιο ριπής στην ανοδική ροή (upstream) περιέχει τριών ειδών υποδοχές: (1) υποδοχές συναγωνισμού (contention slots) για καταγραφή, (2) υποδοχές συναγωνισμού για αιτήσεις εύρους ζώνης/καναλιών, και (3) υποδοχές κρατημένες για ανεξάρτητους σταθμούς. Κάθε τύπος υποδοχής έχει το πλάνο διαμόρφωσης που υποτίθεται πως υποστηρίζει, και διαφορετικοί σταθμοί μπορούν να πάρουν διαφορετικά πλάνα διαμόρφωσης. Οι υποδοχές συναγωνισμού χρησιμοποιούν 4-QAM, αλλά οι κρατημένες υποδοχές μπορούν να πάρουν οποιοδήποτε πλάνο διαμόρφωσης.

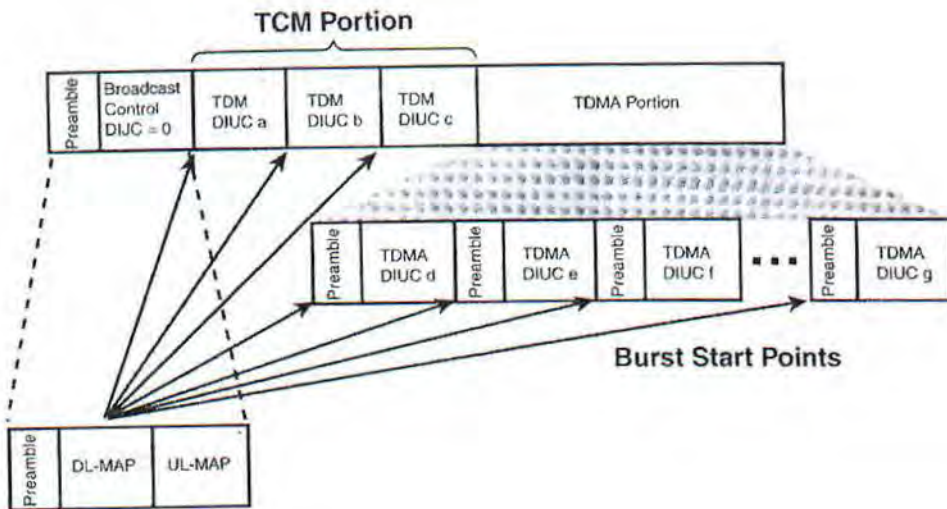
Στη συνεχόμενη FDD, το κανάλι ανοδικής ροής υφίσταται κατάτμηση σε μια σειρά μικρό-υποδοχών, και κάθε μικρό-υποδοχή αποτελείται από μια ομάδα

φυσικών υποδοχών. Όπως προαναφέρθηκε, μια φυσική υποδοχή αποτελείται από τέσσερα σύμβολα διαμόρφωσης. Ο σταθμός βάσης εκπέμπει περιοδικά το ανοδικής ροής μήνυμα MAP στο κανάλι κατερχόμενης ροής. Το ανοδικής ροής μήνυμα MAP ορίζει την επιτρεπτή χρήση κάθε μικρό-υποδοχής ανοδικής ροής εντός του χρονικού διαστήματος του μηνύματος MAP. Τα ανοδικής ροής μηνύματα MAP εκπέμπονται περίπου 250 φορές το δευτερόλεπτο. Αυτό φαίνεται στην Εικόνα 2.8



Εικόνα 2.8 (Υπόστρωμα TC και MAC PDU στο WirelessMAN-SC)

Το FEC που χρησιμοποιείται στο WiMAX είναι Reed-Solomon Galois Field(256), με μεταβλητό μέγεθος μπλοκ και δυνατότητες διόρθωσης σφαλμάτων. Αυτό συνδυάζεται με ένα εσωτερικό μπλοκ περίπλοκου κώδικα για την αξιόπιστη εκπομπή κρίσιμων δεδομένων όπως έλεγχος πλαισίου και αρχικές προσβάσεις. Οι επιλογές FEC συνδυάζονται με QPSK, 16-QAM, και 64-QAM για τον σχηματισμό προφίλ ριπών διαφόρων επιπέδων ευρωστίας και αποδοτικότητας. Αν το τελευταίο μπλοκ FEC είναι κενό αυτό το μπλοκ μπορεί να κοπεί. Το κόστιμο αυτό σε DL και UL ελέγχεται από τον σταθμό βάσης και η συνεννόηση γίνεται με τη βοήθεια των UL-MAP και DL-MAP. Το σύστημα χρησιμοποιεί ένα πλαίσιο 0,5, 1, ή 2 msec. Αυτό το πλαίσιο διαιρείται σε φυσικές υποδοχές με σκοπό την κατανομή εύρους ζώνης και την αναγνώριση μεταβάσεων του Φυσικού Στρώματος. Μια φυσική υποδοχή ορίζεται να είναι τέσσερα σύμβολα QAM. Στην TDD παραλλαγή του Φυσικού Στρώματος, το υπό-πλαίσιο UL ακολουθεί το υπό-πλαίσιο DL στην ίδια συχνότητα φέροντος. Στην FDD παραλλαγή, τα υπό-πλαίσια UL και DL συμπίπτουν χρονικά αλλά φέρονται σε διαφορετικές συχνότητες. Το υπό-πλαίσιο DL απεικονίζεται στην Εικόνα 2.9



Εικόνα 2.9 (Υπό-πλαίσιο FDD κατερχόμενης ζεύξης)

Υπό-πλαίσιο DL: Το υπό-πλαίσιο DL αρχίζει με ένα τμήμα ελέγχου πλαισίου που περιέχει το DL-MAP για το συγκεκριμένο πλαίσιο DL καθώς και το UL-MAP για μια καθορισμένη στιγμή στο μέλλον. Το DL-MAP καθορίζει πότε γίνονται οι μεταβάσεις του Φυσικού Στρώματος (διαμόρφωσης και αλλαγές FEC) εντός του υπό-πλαισίου DL. Το υπό-πλαίσιο DL τυπικά περιέχει το τμήμα ελέγχου πλαισίου ακολουθούμενο από ένα κομμάτι TDM. Τα δεδομένα του DL εκπέμπονται σε κάθε σταθμό συνδρομητή χρησιμοποιώντας ένα διαπραγματευόμενο προφίλ ριπών. Τα δεδομένα εκπέμπονται με σκοπό τη μείωση της σθεναρότητας για να επιτρέπεται στους σταθμούς συνδρομητών να λαμβάνουν τα δεδομένα τους πριν παρουσιάσουν τον εαυτό τους με ένα προφίλ ριπών που θα μπορούσε να προκαλέσει την απώλεια συγχρονισμού με το DL.

Σε συστήματα FDD, ένα τεμάχιο TDMA που περιέχει ένα επιπλέον προοίμιο στην αρχή κάθε νέου προφίλ ριπών μπορεί να ακολουθεί το κομμάτι TDM. Αυτό το χαρακτηριστικό προσφέρει καλύτερη υποστήριξη για half-duplex σταθμούς συνδρομητών. Σε ένα σύστημα FDD αποδοτικά σχεδιασμένο με πολλούς half-duplex σταθμούς συνδρομητών, μερικοί σταθμοί συνδρομητών μπορεί να πρέπει να εκπέμπουν νωρίτερα στο πλαίσιο από όταν λαμβάνουν. Λόγω της ημί-αμφίδρομης φύσης τους, αυτοί οι σταθμοί συνδρομητών χάνουν το συγχρονισμό τους με το DL. Το προοίμιο TDMA τους επιτρέπει να ανακτήσουν τον συγχρονισμό.

Εξαιτίας της δυναμικής της απαίτησης εύρους ζώνης για την ποικιλία των υπηρεσιών που μπορεί να είναι ενεργές, η σύμμιξη και διάρκεια των προφίλ ριπών και η παρουσία ή απουσία του κομματιού TDMA μεταβάλλονται δυναμικά από πλαίσιο σε πλαίσιο. Επειδή ο παραλήπτης σταθμός συνδρομητή υποδεικνύεται πιο αυτονόητα στις κεφαλίδες MAC παρά στο DL-MAP, οι σταθμοί συνδρομητών ακούν σε όλα τα κομμάτια του υπό-πλαισίου DL που είναι ικανοί να λάβουν. Για full-duplex σταθμούς συνδρομητών, αυτό σημαίνει λήψη όλων των προφίλ ριπών ίσης ή μεγαλύτερης σθεναρότητας από αυτά που διαπραγματεύτηκαν με τον σταθμό βάσης.

6.5.1.4.1.5. WirelessMAN – Single Carrier Access (WirelessMAN-SCa) 2-11 GHz

Αυτή η παραλλαγή χρησιμοποιεί έναν τύπο διαμόρφωσης μονού φέροντος στο φάσμα 2-11 GHz και είναι σχεδιασμένη για λειτουργία NLOS (Non-Line Of Sight). Το Φυσικό Στρώμα του WirelessMAN-SCa ορίζουν πέντε έννοιες. Στοιχεία αυτού του Φυσικού Στρώματος περιλαμβάνουν ορισμούς TDD και FDD (ένας εκ των οποίων πρέπει να υποστηρίζεται), TDMA UL, TDM ή TDMA DL, και διαμόρφωση προσαρμοζόμενη στα μπλοκ. Το Φυσικό Στρώμα περιλαμβάνει επίσης κωδικοποίηση FEC για UL και DL και δομές πλαισίων που επιτρέπουν βελτιωμένη εξισορρόπηση, υπολογισμό απόδοσης καναλιού σε NLOS, και εκτεταμένης καθυστέρησης εξαπλωμένα περιβάλλοντα, ρυθμίσεις παραμέτρων, και μηνύματα MAC/PHY που διευκολύνουν προαιρετικές υλοποιήσεις AAS. Ο Πίνακας 2.2 δίνει με λεπτομέρειες αυτή την προδιαγραφή.

Πίνακας 2.2 (WirelessMAN-SCa 2-11 GHz)

Ορολογία	Περιγραφή
Payload	Το ωφέλιμο φορτίο αναφέρεται σε ανεξάρτητες μονάδες περιεχομένου εκπομπής που προορίζονται σε κάποια οντότητα στο άκρο του παραλήπτη.
Burst	Μια ριπή περιέχει δεδομένα ωφέλιμου φορτίου και είναι σχηματισμένη σύμφωνα με τους κανόνες που ορίζει στο συσχετιζόμενο προφίλ ριπών. Η ύπαρξη ριπής γίνεται γνωστή στο δέκτη μέσω των περιεχομένων είτε του UL-MAP είτε του DL-MAP. Για το UL, μια ριπή είναι μια ολοκληρωμένη μονάδα εκπομπής που περιλαμβάνει ένα προοίμιο, κωδικοποιημένο ωφέλιμο φορτίο, και ακολουθία τερματισμού.
Burst Set	Ένα σύνολο ριπών είναι μια αυτοδύναμη οντότητα εκπομπής αποτελούμενη από προοίμιο, μια ή περισσότερες συνενωμένες ριπές, και ακολουθία τερματισμού. Για το UL, είναι ότι είναι και το burst.
Burst Frame	Ένα πλαίσιο ριπής περιέχει όλες τις πληροφορίες που περιλαμβάνονται σε μια μονή εκπομπή. Αποτελείται από ένα ή περισσότερα burst sets. Τα υπό-πλαίσια DL και UL εμπεριέχονται το καθένα σε ένα Burst Frame.
MAC Frame	Ένα MAC πλαίσιο αναφέρεται στα σταθερά διαστήματα εύρους ζώνης κρατημένα για ανταλλαγή δεδομένων. Για την TDD, ένα πλαίσιο MAC αποτελείται από ένα υπό-πλαίσιο DL και ένα υπό-πλαίσιο UL οριοθετημένο από το TTG. Για την FDD, το πλαίσιο MAC συμπίπτει με το μέγιστο μήκος του υπό-πλαισίου DL. Τα υπό-πλαίσια FDD UL λειτουργούν την ίδια χρονική περίοδο με τα υπό-πλαίσια DL αλλά σε διαφορετική συχνότητα.

6.5.1.5. Συμπέρασμα για το Φυσικό Στρώμα

Χωρίς αμφιβολία, το Φυσικό Στρώμα του WiMAX είναι σθεναρό. Κι αυτό συμβαίνει επειδή χρησιμοποιεί δοκιμασμένες «παραδοσιακές» τεχνολογίες για την επίδοση του μέγιστου εύρους ζώνης στη μέγιστη απόσταση με τις ελάχιστες απώλειες λόγω παρεμβολών. Επειδή πολλές παραλλαγές του Φυσικού Στρώματος αναπτύχθηκαν εντός των προδιαγραφών, το πρότυπο μπορεί να εφαρμοστεί με πολλαπλούς ρόλους σε ένα ασύρματο δίκτυο. Για παράδειγμα, η παραλλαγή SC είναι μια καλή λύση για σημειακές backhaul εφαρμογές, και η παραλλαγή OFDM είναι μια καλή λύση για πολύ-σημειακές εφαρμογές στο τελευταίο μίλι (last-mile). Μαζί, αυτές οι παραλλαγές και οι υποκείμενες τεχνολογίες είναι οι θεμέλιοι λίθοι για ένα ασύρματο ευρυζωνικό δίκτυο επόμενης γενιάς.

6.5.2. Το Στρώμα Ελέγχου Πρόσβασης στο Μέσο (Medium Access Control)

6.5.2.1. Η σχέση του MAC με το Φυσικό Στρώμα (PHY)

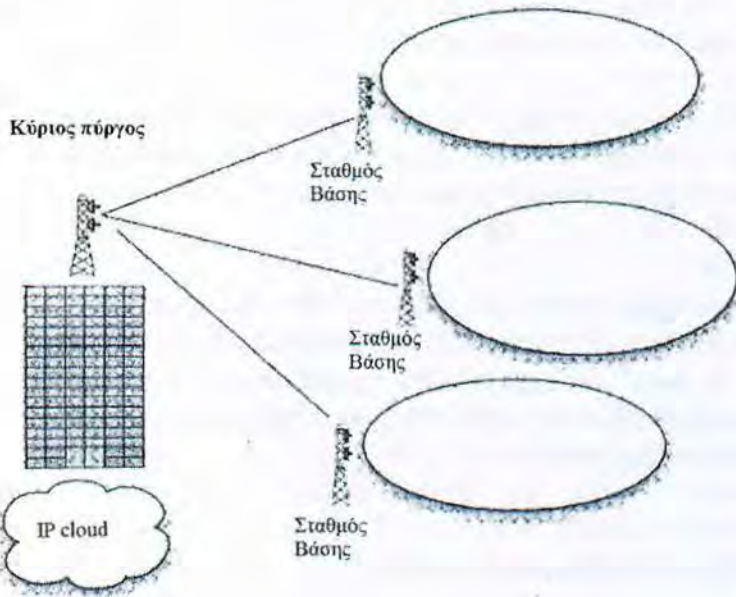
Το MAC του WiMAX παρέχει «νοημοσύνη» για το Φυσικό Στρώμα και εξασφαλίζει ένα πλήθος χαρακτηριστικών QoS που δε συναντώνται σε άλλα ασύρματα πρότυπα. Ίσως η μεγαλύτερή του αξία είναι ότι παρέχει δυναμική κατανομή εύρους ζώνης που κατατροπώνει τις συνηθισμένες υποβαθμίσεις των ασύρματων υπηρεσιών, δηλαδή λανθάνων χρόνο και παραμόρφωση σήματος (jitter).

Το πρωτόκολλο MAC του WiMAX σχεδιάστηκε για πολύ-σημειακές εφαρμογές ασύρματης ευρυζωνικής πρόσβασης. Επιλαμβάνεται της ανάγκης για πολύ υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων, και για το UL (στον σταθμό βάσης) και για το DL (από τον σταθμό βάση). Με το WiMAX, σε αντίθεση με τους Wi-Fi προκατόχους του, οι αλγόριθμοι πρόσβασης και κατανομής εύρους ζώνης εξυπηρετούν εκατοντάδες τερματικά ανά κανάλι, και πολλαπλοί τελικοί χρήστες μπορεί να μοιράζονται αυτά τα τερματικά. Οι τελικοί χρήστες απαιτούν υπηρεσίες που ποικίλουν στη φύση περιλαμβάνοντας παραδοσιακή TDM φωνή και δεδομένα, συνδεδετικότητα IP, και πακετοποιημένο VoIP. Για να υποστηριχθεί αυτή η ποικιλία υπηρεσιών το MAC του WiMAX προσαρμόζεται και σε συνεχόμενη κίνηση και σε εκρηκτική κίνηση (bursty traffic). Επιπλέον, σε αυτές τις υπηρεσίες αναθέτονται QoS παράμετροι κατά που ταιριάζει στα είδη κίνησης.

Στην ποικιλία απαιτήσεων backhaul που υποστηρίζει το πρωτόκολλο MAC του WiMAX περιλαμβάνονται και ATM και βασιζόμενα σε πακέτα πρωτόκολλα. Τα υπό-στρώματα σύγκλισης αντιστοιχίζουν την κίνηση που ορίζει το στρώμα μεταφοράς σε ένα MAC που είναι αρκετά ευέλικτο ώστε να μεταφέρει αποτελεσματικά οποιοδήποτε είδος κίνησης. Τα υπό-στρώματα σύγκλισης και το MAC συνεργάζονται χρησιμοποιώντας καταστολή κεφαλίδας ωφέλιμου φορτίου, συσκευασία (packing), και κατακερματισμό για τη μεταφορά της κίνησης με περισσότερο αποτελεσματικό τρόπο από αυτόν του αρχικού μηχανισμού μεταφοράς.

6.5.2.2. Το MAC και η αρχιτεκτονική του WiMAX

Το WiMAX DL από τον σταθμό βάσης στον χρήστη έχει πολύ-σημειακή λειτουργία όπως απεικονίζεται στην Εικόνα 3.1 Η ασύρματη ζεύξη του WiMAX λειτουργεί με έναν κεντρικό σταθμό βάσης με μια κατευθυντική κεραία ικανή να χειρίζεται πολλαπλούς ανεξάρτητους τομείς ταυτόχρονα. Εντός ενός δεδομένου καναλιού συχνότητας και τομέα κεραίας, όλοι οι σταθμοί λαμβάνουν την ίδια εκπομπή. Ο σταθμός βάσης είναι ο μόνος πομπός που λειτουργεί σε αυτή την κατεύθυνση, έτσι εκπέμπει χωρίς να χρειάζεται να συντονιστεί με άλλους σταθμούς εκτός από το συνολικό TDD που μπορεί να διαιρεί το χρόνο σε περιόδους εκπομπής UL και DL. Το DL είναι γενικώς εκπομπής σε όλους τους σταθμούς. Σε περιπτώσεις που το DL-MAP δεν υποδηλώνει ρητά πως ένα κομμάτι του DL υπό-πλαisiού δεν είναι ένας συγκεκριμένος σταθμός συνδρομητή, όλοι οι σταθμοί συνδρομητών που είναι ικανοί να ακροαστούν σε αυτό το κομμάτι του υπό-πλαisiού DL θα ακροαστούν.



Εικόνα 3.1 (Τυπική αρχιτεκτονική WiMAX για πολύ-σημειακή διανομή)

Το MAC είναι συνδεσμικό. Οι συνδέσεις αναφέρονται με αναγνωριστικά σύνδεσης (Connection ID, CID) και είναι πιθανόν να απαιτούν συνεχώς χορηγούμενο εύρος ζώνης ή εύρος ζώνης κατά απαίτηση. Μπορούν να υπάρξουν μέχρι 65535 CID ανά κανάλι ραδιοσυχνότητας. Όπως περιγράφηκε πρωτίτερα, και τα δύο είδη εύρους ζώνης φιλοξενούνται. Για τη διάκριση πολλαπλών καναλιών UL που σχετίζονται με το ίδιο κανάλι DL χρησιμοποιείται ένα CID. Οι σταθμοί συνδρομητών ελέγχουν τα CID στα λαμβανόμενα PDU και διατηρούν μόνο τα PDU που απευθύνονται σε αυτούς.

Το MAC PDU είναι η μονάδα δεδομένων που ανταλλάσσεται μεταξύ των MAC στρωμάτων του σταθμού βάσης και των σταθμών συνδρομητών του. Είναι η μονάδα δεδομένων που παράγεται στην καθοδική κατεύθυνση για το επόμενο χαμηλότερο στρώμα και η μονάδα δεδομένων που λαμβάνεται κατά την ανοδική κατεύθυνση από το προηγούμενο χαμηλότερο στρώμα.

Κάθε σταθμός συνδρομητή έχει μια συνήθη διεύθυνση MAC 48-bit, η οποία είναι και αναγνωριστικό εξοπλισμού επειδή οι κύριες διευθύνσεις που χρησιμοποιούνται κατά τη διάρκεια της λειτουργίας είναι τα CID. Με την είσοδο στο δίκτυο, ανατίθενται στον σταθμό συνδρομητή τρεις συνδέσεις διαχείρισης σε κάθε κατεύθυνση. Αυτές οι τρεις συνδέσεις αντιπροσωπεύουν τις τρεις διαφορετικές απαιτήσεις QoS που χρησιμοποιούνται από διαφορετικά επίπεδα διαχείρισης:

- Βασική σύνδεση – μεταφέρει μικρά, καίριου χρόνου (time-critical) μηνύματα MAC και ελέγχου ράδιο ζεύξης (Radio Link Control).
- Σύνδεση πρωτεύουσας διαχείρισης – μεταφέρει μεγαλύτερα, περισσότερο ανεκτικά στην καθυστέρηση μηνύματα, όπως αυτά που χρησιμοποιούνται για αυθεντικοποίηση και αρχικοποίηση της σύνδεσης. Η σύνδεση δευτερεύουσας διαχείρισης μεταφέρει σχετικά των προτύπων μηνύματα διαχείρισης, όπως DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol), TFTP (Trivial File Transfer Protocol), και SNMP (Simple Network Management Protocol). Επιπροσθέτως σε αυτές τις συνδέσεις διαχείρισης, οι σταθμοί συνδρομητών είναι εκχωρημένες συνδέσεις μεταφοράς για τις συμβαλλόμενες υπηρεσίες.
- Συνδέσεις μεταφοράς – είναι μονοκατευθυντικές για να διευκολύνουν διαφορετικό QoS UL και DL καθώς και παραμέτρους κίνησης. Τυπικά εκχωρούνται σε ζευγάρια σε υπηρεσίες.

Οι σταθμοί συνδρομητών μοιράζονται το UL στον σταθμό βάσης κατά απαίτηση. Ανάλογα με την χρησιμοποιούμενη τάξη υπηρεσίας, ο σταθμός συνδρομητή μπορεί να χορηγείται δικαιώματα εκπομπής συνεχώς, ή ο σταθμός βάσης μπορεί να χορηγήσει το δικαίωμα εκπομπής μετά από λήψη αίτησης από έναν χρήστη.

6.5.2.3. Τάξεις υπηρεσιών και QoS

Μέσα σε κάθε τομέα, οι χρήστες τηρούν ένα πρωτόκολλο εκπομπής που ελέγχει τις διαμάχες μεταξύ των χρηστών και επιτρέπει στην υπηρεσία να συνταιριαστεί στην καθυστέρηση και τις απαιτήσεις εύρους ζώνης της κάθε εφαρμογής χρήστη. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω τεσσάρων ειδών μηχανισμών χρονοπρογραμματισμού του UL. Αυτοί οι μηχανισμοί υλοποιούνται χρησιμοποιώντας αυτόκλητες αιτήσεις εύρους ζώνης, προσκλήσεων για εκπομπή (polling) και διαδικασίες συναγωνισμού. Το MAC του WiMAX παρέχει διαφοροποίηση του QoS για διαφορετικά είδη εφαρμογών που ενδεχομένως λειτουργούν πάνω από δίκτυα WiMAX:

Υπηρεσίες Αυτόκλητης Αίτησης (Unsolicited Grant Services) – Οι UGS σχεδιάστηκαν για την υποστήριξη αμετάβλητου ρυθμού μετάδοσης (Constant Bit Rate), όπως εξομοίωση T1/E1 και VoIP χωρίς καταστολή σιωπής.

Υπηρεσίες Σταθμοσκόπησης πραγματικού χρόνου (Real-Time Polling Services) – Οι rtPS σχεδιάστηκαν για την υποστήριξη υπηρεσιών πραγματικού χρόνου που παράγουν μεταβλητού μεγέθους πακέτα δεδομένων, όπως βίντεο MPEG ή VoIP με περιοδική καταστολή σιωπής.

Υπηρεσίες Σταθμοσκόπησης μη πραγματικού χρόνου (Non-Real-Time Polling Services) – Οι nrtPS σχεδιάστηκαν για την υποστήριξη υπηρεσιών μη πραγματικού χρόνου που απαιτούν μεταβλητό μέγεθος δεδομένων.

Υπηρεσίες Καλύτερης Προσπάθειας (Best Effort Services) – Οι BE υπηρεσίες παρέχονται τυπικά από το Διαδίκτυο σήμερα για περιπλάνηση στο δίκτυο (web surfing).

Η χρήση των προσκλήσεων για εκπομπή απλοποιεί τη λειτουργία πρόσβασης και εγγυάται ότι οι εφαρμογές λαμβάνουν την υπηρεσία σε μια προκαθορισμένη βάση αν απαιτείται. Γενικώς, οι εφαρμογές δεδομένων είναι ανεκτικές στις καθυστερήσεις, αλλά οι εφαρμογές πραγματικού χρόνου, όπως φωνή και βίντεο, απαιτούν υπηρεσία σε μια πιο ομοιόμορφη βάση και μερικές φορές σε ένα πολύ σφιχτά ελεγχόμενο πρόγραμμα.

Για σκοπούς αντιστοίχισης των υπηρεσιών στους σταθμούς συνδρομητών και συσχετισμού ποικίλων επιπέδων QoS, όλες οι επικοινωνίες δεδομένων είναι στο γενικότερο πλαίσιο εφαρμογής μιας σύνδεσης. Οι ροές υπηρεσιών μπορούν να παρέχονται όταν είναι εγκατεστημένος ένας σταθμός συνδρομητή στο σύστημα. Αμέσως μετά την καταχώρηση του σταθμού συνδρομητή οι συνδέσεις συσχετίζονται με αυτές τις ροές υπηρεσιών (μια σύνδεση ανά ροή υπηρεσίας) για να παρέχουν μια σχέση στην οποία θα γίνει η αίτηση εύρους ζώνης. Επιπροσθέτως, όταν η υπηρεσία ενός πελάτη χρειάζεται αλλαγή μπορεί να εγκαθιδρυθούν νέες συνδέσεις. Μια σύνδεση ορίζει μια ροή υπηρεσίας καθώς και την αντιστοίχιση μεταξύ διαδικασιών ομότιμης σύγκλισης που χρησιμοποιούν το MAC. Η ροή υπηρεσίας ορίζει τις παραμέτρους QoS για τα PDU που ανταλλάσσονται μόλις εγκαθιδρυθεί η σύνδεση.

Οι ροές υπηρεσίας είναι ο μηχανισμός για UL και DL για διαχείριση QoS. Συγκεκριμένα, διευκολύνουν τη διαδικασία κατανομής εύρους ζώνης. Ένας σταθμός συνδρομητή αιτείται εύρος ζώνης UL ανά σύνδεση (αφανώς αναγνωρίζοντας τη ροή υπηρεσίας). Ο σταθμός βάσης χορηγεί το εύρος ζώνης στον σταθμό συνδρομητή ως ένα σύνολο αιτήσεων σε απόκριση των ανά σύνδεση αιτήσεων από τους σταθμούς συνδρομητών.

Τα πλάνα διαμόρφωσης και κωδικοποίησης καθορίζονται σε ένα προφίλ ριπών που μπορεί να ρυθμιστεί προσαρμοζόμενο σε κάθε ριπή σε κάθε σταθμό συνδρομητή. Το MAC μπορεί να κάνει χρήση προφίλ ριπών που διαχειρίζονται αποτελεσματικά το εύρος ζώνης υπό ιδανικές συνθήκες ζεύξης μετά να πάει σε πιο αξιόπιστες μεν, λιγότερο αποτελεσματικές δε, εναλλακτικές λύσεις, όπως απαιτεί η επιθυμητή 99,999% διαθεσιμότητα ζεύξης (QPSK σε 16-QAM σε 64-QAM).

Ο μηχανισμός αίτησης – χορήγησης σχεδιάστηκε να είναι κλιμακούμενος, αποτελεσματικός, και αυτό-διορθωτικός. Το σύστημα πρόσβασης του WiMAX δε χάνει σε αποτελεσματικότητα όταν υλοποιείται με πολλαπλές συνδέσεις ανά τερματικό, πολλαπλά επίπεδα QoS ανά τερματικό, και μεγάλο αριθμό χρηστών στατιστικής πολυπλεξίας.

Παράλληλα με τη θεμελιώδη εργασία κατανομής του εύρους ζώνης και μεταφοράς των δεδομένων, το MAC περιλαμβάνει ένα υπόστρωμα ιδιωτικότητας που παρέχει αυθεντικοποίηση για την πρόσβαση στο δίκτυο και

την εγκαθίδρυση της σύνδεσης ώστε να αποφευχθεί κλοπή υπηρεσίας, και παρέχει ανταλλαγή κλειδιών και κρυπτογράφηση για ιδιωτικότητα δεδομένων.

6.5.2.4. Υποστρώματα σύγκλισης ειδικών υπηρεσιών

Το πρότυπο WiMAX ορίζει δύο ειδικών υπηρεσιών γενικά υποστρώματα σύγκλισης για την αντιστοίχιση υπηρεσιών προς και από τις συνδέσεις του MAC του WiMAX:

- Το υπόστρωμα σύγκλισης ATM είναι για υπηρεσίες ATM.
- Το υπόστρωμα σύγκλισης πακέτου ορίζεται για την αντιστοίχιση υπηρεσιών πακέτου όπως Internet Protocol version 4 ή 6 (IPv4, IPv6), Ethernet, και VLAN (Virtual Local Area Network).

Η κύρια λειτουργία του υποστρώματος είναι η ένταξη των SDU (Service Data Units) στη σωστή σύνδεση MAC, η διαφύλαξη ή ενεργοποίηση QoS, και η ενεργοποίηση της κατανομής εύρους ζώνης. Τα SDU είναι οι μονάδες που ανταλλάσσονται μεταξύ δύο γειτονικών στρωμάτων πρωτοκόλλων. Είναι οι μονάδες δεδομένων που λαμβάνονται στην καθοδική κατεύθυνση από το προηγούμενο υψηλότερο στρώμα και οι μονάδες δεδομένων που αποστέλλονται κατά την ανοδική κατεύθυνση στο επόμενο υψηλότερο στρώμα. Η αντιστοίχιση παίρνει διάφορες μορφές, ανάλογα με το είδος της υπηρεσίας. Εκτός από αυτές τις βασικές λειτουργίες, τα υποστρώματα σύγκλισης πραγματοποιούν πολύπλοκες λειτουργίες, όπως καταστολή κεφαλίδας ωφέλιμου φορτίου και ανακατασκευή, για την βελτίωση της εναέριας αποτελεσματικότητας.

6.5.2.5. Υπόστρωμα Κοινού Μέρους (Common Part Sublayer)

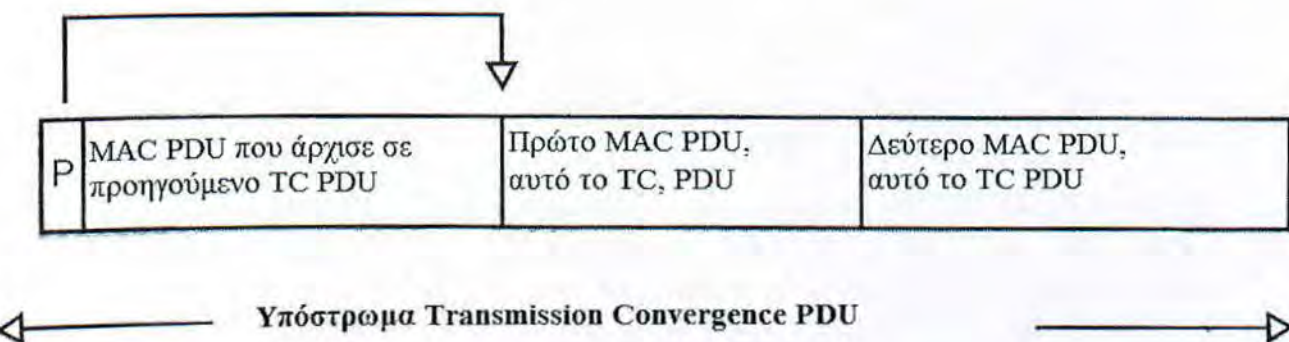
Το MAC δεσμεύει επιπλέον συνδέσεις για άλλους σκοπούς. Μια σύνδεση δεσμεύεται για αρχική πρόσβαση βάσει συναγωνισμών. Μια άλλη δεσμεύεται για εκπομπή σε όλους τους σταθμούς στο DL καθώς και για τη σηματοδότηση εκπομπής σταθμοσκόπησης βάσει συναγωνισμού των ευρυζωνικών αναγκών των σταθμών συνδρομητών. Επιπλέον συνδέσεις δεσμεύονται για πολυεκπομπή (multicast) σταθμοσκόπησης βάσει συναγωνισμών. Οι σταθμοί συνδρομητών μπορεί να διαταχθούν να προσχωρήσουν σε ομάδες πολυεκπομπής σταθμοσκόπησης που συσχετίζονται με αυτές τις συνδέσεις πολυεκπομπής σταθμοσκόπησης.

6.5.2.5.1. Μορφές MAC PDU

Μια MAC PDU αποτελείται από μια κεφαλίδα MAC σταθερού μήκους, ένα ωφέλιμο φορτίο μεταβλητού μήκους, και έναν προαιρετικό κυκλικό έλεγχο πλεονασμού (Cyclic Redundancy Check). Ορίζονται δύο μορφές κεφαλίδων: η γενική κεφαλίδα (όπως φαίνεται στην Εικόνα 3.2) και η κεφαλίδα αίτησης εύρους ζώνης. Εκτός από τις MAC PDU αίτησης εύρους ζώνης, οι οποίες δεν περιέχουν καθόλου ωφέλιμο φορτίο, οι MAC PDU περιέχουν είτε μηνύματα διαχείρισης MAC ή δεδομένα υποστρώματος σύγκλισης.

Υπάρχουν τρία είδη MAC υπό-κεφαλίδων:

- Υπό-κεφαλίδα εκχώρησης διαχείρισης (Grant Management Subheader) – χρησιμοποιείται από έναν σταθμό συνδρομητή για τη διαβίβαση των αναγκών διαχείρισης εύρους ζώνης στον σταθμό βάσης του.
- Υπό-κεφαλίδα τμηματοποίησης (Fragmentation subheader) – περιέχει πληροφορίες που υποδηλώνουν την παρουσία και τον προσανατολισμό στο ωφέλιμο φορτίο τυχόντων τμημάτων στις SDU.
- Υπό-κεφαλίδα πακετοποίησης (Packing subheader) – υποδηλώνει την πακετοποίηση πολλαπλών SDU σε μια μονή PDU. Οι υπό-κεφαλίδες εκχώρησης διαχείρισης και τμηματοποίησης μπορούν να εισέλθουν σε μια MAC PDU ακολουθούμενες αμέσως τη γενική κεφαλίδα αν αυτό υποδηλώνεται από το Type Field. Η υπό-κεφαλίδα πακετοποίησης μπορεί να εισέλθει πριν την εκάστοτε MAC SDU αν αυτό υποδηλώνεται από το Type Field.

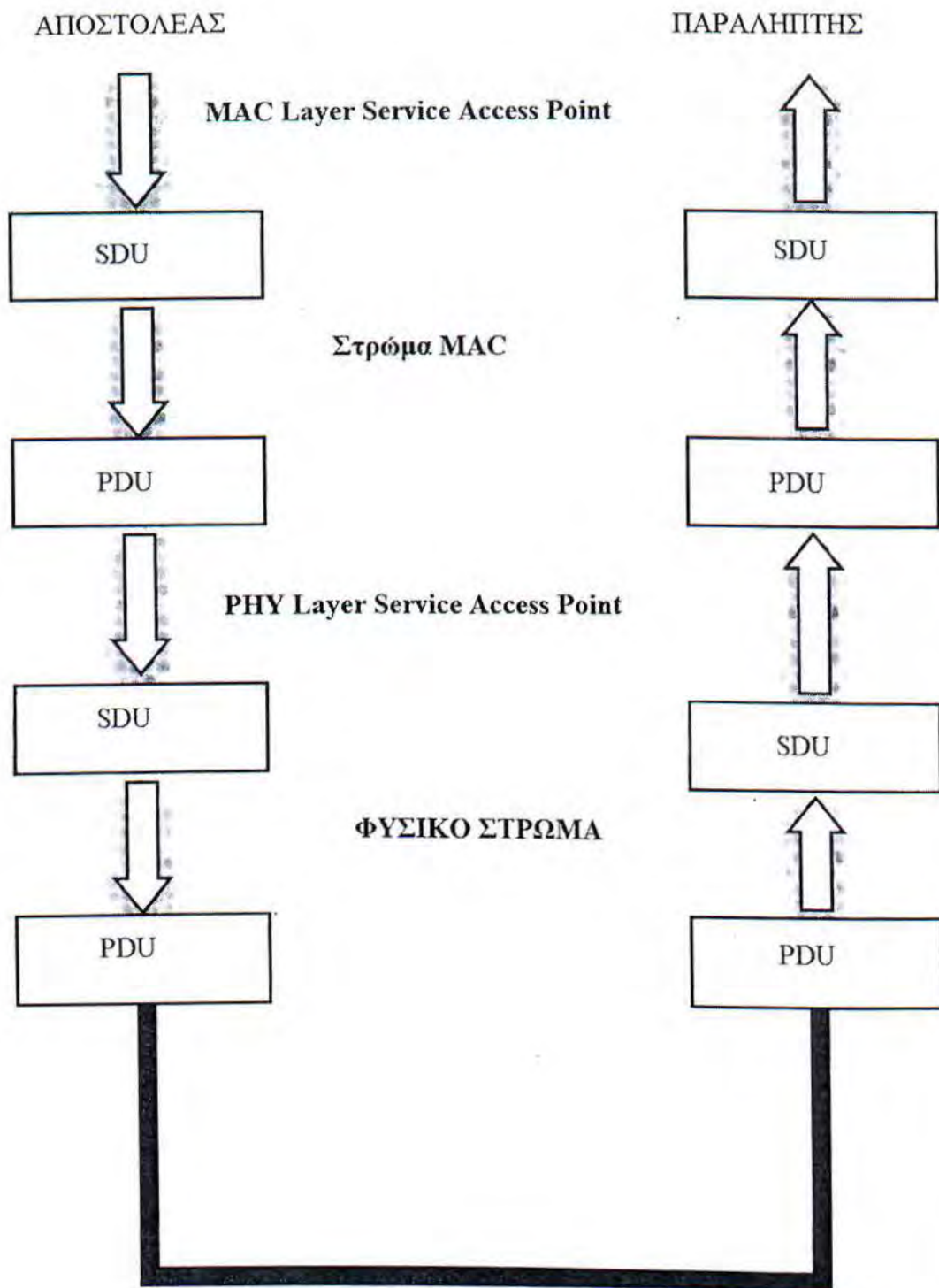


Εικόνα 3.2 (MAC PDU)

6.5.2.5.2. Μετάδοση των MAC PDU και SDU

Οι εισερχόμενες MAC SDU από τα αντίστοιχα υποστρώματα σύγκλισης είναι μορφοποιημένες σύμφωνα με τη μορφή του MAC PDU, με τμηματοποίηση, ή/και πακετοποίηση, πριν διαβιβαστούν πάνω από μια ή περισσότερες συνδέσεις σύμφωνα με το πρωτόκολλο MAC.

Μετά τη διάσχιση της εναέριας ζεύξης, οι MAC PDU ανακατασκευάζονται στις αρχικές MAC SDU έτσι ώστε οι τροποποιήσεις που έγιναν από το πρωτόκολλο του στρώματος MAC να είναι σαφείς στην λαμβάνουσα οντότητα. Αυτό απεικονίζεται στην Εικόνα 3.3



Εικόνα 3.3 (Τμηματοποίηση και πακετοποίηση των SDU και PDU)

6.5.2.5.3. Πακετοποίηση και Τμηματοποίηση (Packing and Fragmentation)

Το WiMAX επωφελείται την ενσωμάτωση των διαδικασιών πακετοποίησης και τμηματοποίησης με τη διαδικασία κατανομής εύρους ζώνης με σκοπό τη

μεγιστοποίηση της ευελιξίας, της αποδοτικότητας και την δραστικότητα αυτών των δύο. Η τμηματοποίηση είναι η διαδικασία κατά την οποία μια MAC SDU διαιρείται σε ένα ή περισσότερα κομμάτια MAC SDU. Η πακετοποίηση είναι η διαδικασία κατά την οποία πολλαπλές MAC SDU πακετάρονται σε ένα μονό MAC PDU ωφέλιμο φορτίο. Είτε ένας σταθμός βάσης για μια DL σύνδεση, είτε ένας σταθμός συνδρομητή για μια UL σύνδεση μπορεί να αρχικοποιήσει και τις δύο διαδικασίες. Το WiMAX επιτρέπει ταυτόχρονη τμηματοποίηση και πακετοποίηση για αποδοτική χρήση του εύρους ζώνης.

6.5.2.5.4. Δημιουργία PDU και ARQ (Automated Repeat Request)

Τα ARQ μπλοκ είναι διακριτές μονάδες δεδομένων που μεταφέρονται σε συνδέσεις που υποστηρίζουν ARQ. Σκοπός του ARQ είναι η επανεκπομπή χαμένων ή αλλοιμένων MAC SDU μπλοκ (δηλαδή μπλοκ ARQ). Το MAC του WiMAX χρησιμοποιεί μια απλή προσέγγιση βασιζόμενη στην τεχνική του «ολισθαίνοντος παραθύρου» όπου ο πομπός μπορεί να αποστείλει έναν αριθμό μπλοκ χωρίς να λαμβάνει επιβεβαίωση. Ο δέκτης στέλνει μηνύματα επιβεβαίωσης ή αρνητικής επιβεβαίωσης για να πει στον πομπό ποια SDU μπλοκ λήφθηκαν και ποια χάθηκαν. Ο πομπός επανεκπέμπει μπλοκ που χάθηκαν και μετακινεί το ολισθαίνον παράθυρο εμπρός όταν έχουν επιβεβαιωθεί τα SDU μπλοκ που ληφθεί.

Σε κάθε σύνδεση σταθμού συνδρομητή σε σταθμό βάσης ανατίθεται μια τάξη υπηρεσίας, ως μέρος της δημιουργίας της σύνδεσης. Όταν τα πακέτα ταξινομούνται στο υπόστρωμα σύγκλισης, η σύνδεση στην οποία είναι τοποθετημένα επιλέγεται βάσει των εγγυήσεων QoS απαιτεί η εφαρμογή.

Η Εικόνα 3.3 παρουσιάζει τον μηχανισμό QoS του WiMAX για υποστήριξη πολυμεσικών υπηρεσιών περιλαμβάνοντας φωνή TDM, VoIP, συνεχή ροή βίντεο, TFTP, HTTP, e-mail.

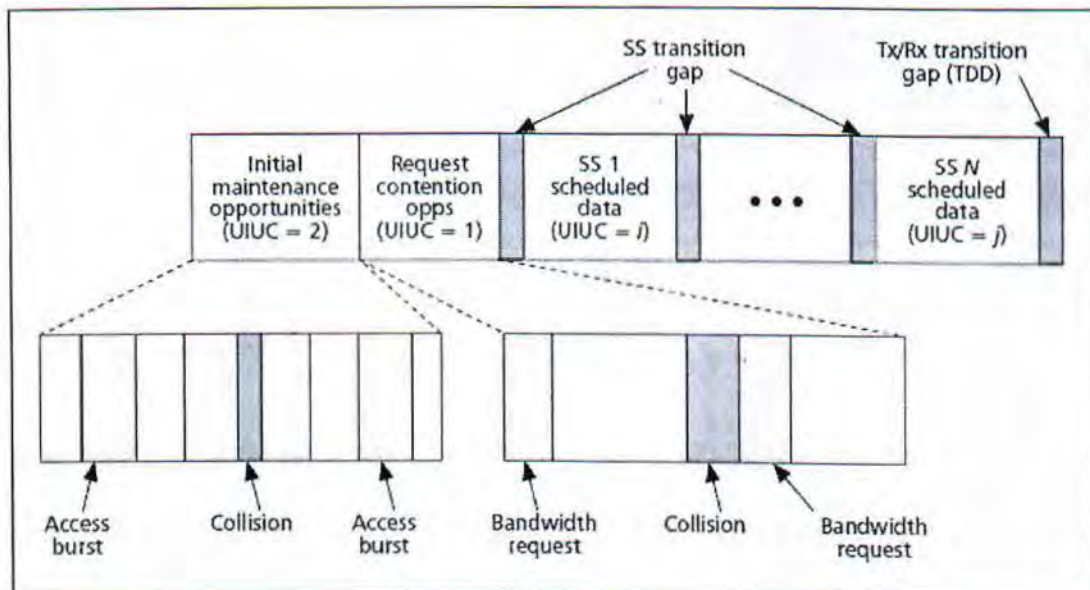
6.5.2.5.5. Υποστήριξη επιπέδου PHY και δομή πλαισίου

Το MAC του WiMAX υποστηρίζει και TDD και FDD. Στην FDD, υποστηρίζονται συνεχόμενης ροής DL και DL ριπών (burst). Τα συνεχόμενης ροής DL χρησιμοποιούνται σε συγκεκριμένες τεχνικές βελτίωσης της σθεναρότητας, όπως διεμπλοκή. Τα DL ριπών (είτε για TDD είτε για FDD) επιτρέπουν τη χρήση τεχνικών πιο προηγμένης σθεναρότητας και βελτιωμένης χωρητικότητας, όπως προσαρμοζόμενα προφίλ ριπών σε επίπεδο συνδρομητή και συστήματα AAS.

Το MAC δομεί το υπό-πλαίσιο DL αρχίζοντας με ένα τμήμα ελέγχου πλαισίου που περιέχει τα μηνύματα DL-MAP και UL-MAP. Αυτά υποδηλώνουν τις μεταβάσεις του Φυσικού Επιπέδου στο DL καθώς επίσης κατανομές εύρους ζώνης και προφίλ ριπών στο UL.

Το DL-MAP είναι πάντα εφαρμοστέο στο ενεργό πλαίσιο και είναι πάντα τουλάχιστο δύο FEC μπλοκ μακρύ. Η πρώτη Φυσικού Επιπέδου μετάβαση διατυπώνεται στο πρώτο FEC μπλοκ ώστε να υπάρχει επαρκής χρόνο επεξεργασίας. Στα TDD και FDD συστήματα, το UL-MAP παρέχει εκχωρήσεις που ξεκινούν όχι αργότερα από το επόμενο πλαίσιο DL. Το UL-MAP, μπορεί ωστόσο, να εκχωρεί αρχίζοντας στο ενεργό πλαίσιο για όσο οι χρόνοι επεξεργασίας και καθυστερήσεις μετάβασης-επιστροφής (round-trip) τηρούνται. Ο ελάχιστος χρόνος μεταξύ γνωστοποίησης παραλαβής και

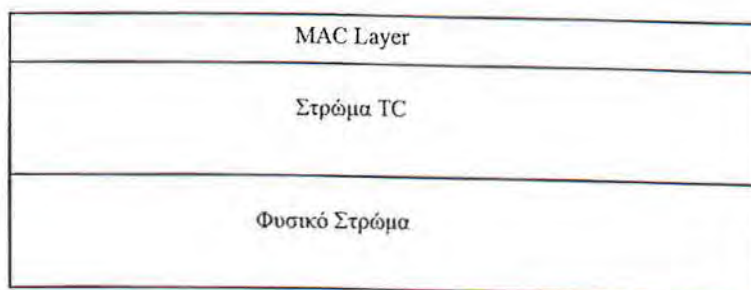
εφαρμοσιμότητας του UL-MAP για ένα σύστημα FDD απεικονίζεται στην Εικόνα 3.4



Εικόνα 3.4

6.5.2.6. Υπόστρωμα Σύγκλισης Εκπομπής (Transmission Convergence)

Μεταξύ του PHY και του MAC υπάρχει ένα υπόστρωμα TC (Εικόνα 3.5). Αυτό το στρώμα μετασχηματίζει MAC PDU μεταβλητού μήκους σε σταθερού μήκους μπλοκ FEC (συν πιθανώς ένα βραχύτερο μπλοκ στο τέλος κάθε ριπής). Το στρώμα TC έχει μια PDU με τέτοιο μέγεθος που να ταιριάζει στο FEC μπλοκ που γεμίζεται τρέχοντας. Αρχίζει με ένα δείκτη που υποδεικνύει που αρχίζει η επόμενη κεφαλίδα MAC PDU εντός του FEC μπλοκ. Αυτό φάνηκε στην Εικόνα 3.3 Η μορφοποίηση του TC PDU επιτρέπει επανασυγχρονισμό στο επόμενο MAC PDU στην περίπτωση που το προηγούμενο FEC μπλοκ είχε αμετάκλητα σφάλματα.



Εικόνα 3.4

6.6. Ο Τρόπος Λειτουργίας του WiMAX

Όπως στις περισσότερες επικοινωνίες δεδομένων, το WiMAX βασίζεται σε μια διαδικασία αποτελούμενη από την εγκατάσταση της συνόδου και αυθεντικοποίηση. Το RLC (Radio Link Control) διαχειρίζεται και παρακολουθεί την ποιότητα τη ροή της υπηρεσίας. Με το WiMAX, αυτή η διαδικασία είναι μια σειρά ανταλλαγών (DLs και ULs) μεταξύ σταθμού βάσης (BS) και του σταθμού συνδρομητή (SS). Μια πολύπλοκη διεργασία καθορίζει ποιες FDD και TDD ρυθμίσεις θα χρησιμοποιηθούν για τη ροή της υπηρεσίας, FEC, κρυπτογράφηση, αιτήσεις εύρους ζώνης, προφίλ ριπών κοκ. Η διεργασία αρχίζει με την απόκτηση καναλιού από τον προσφάτως εγκατεστημένο SS.

6.6.1. Απόκτηση Καναλιού

Το πρωτόκολλο MAC περιλαμβάνει μια διαδικασία αρχικοποίησης σχεδιασμένη έτσι ώστε να μην υπάρχει ανάγκη χειροκίνητης ρύθμισης. Με άλλα λόγια, ο συνδρομητής βγάζει τον SS από το κουτί, τροφοδοτεί με ρεύμα και Ethernet, και συνδέεται σχεδόν αμέσως στο δίκτυο. Οι επόμενες παράγραφοι περιγράφουν πως αυτό είναι εφικτό χωρίς επίπονη εγκατάσταση από το χρήστη ή κάποιο κύκλο δοσοληψιών του παροχέα υπηρεσιών.

Μετά την εγκατάσταση, ο SS αρχίζει να σαρώνει τη λίστα συχνοτήτων του για να βρει ένα λειτουργικό κανάλι. Μπορεί να είναι προ-ρυθμισμένος από τον πάροχο υπηρεσιών να καταχωρείται σε έναν συγκεκριμένο BS. Αυτό το χαρακτηριστικό είναι χρήσιμο σε πυκνές αναπτύξεις όπου ο SS μπορεί να ακούσει έναν δευτερεύων BS εξαιτίας ψεύτικων σημάτων ή όταν ο SS επιλέξει τον πλευρικό λοβό της κεραιάς ενός κοντινού BS. Συν τοις άλλοις, αυτό το χαρακτηριστικό θα βοηθήσει τους παροχείς υπηρεσιών να αποφύγουν πολυδάπανες εγκαταστάσεις και επακόλουθους κύκλους δοσοληψιών (truck roll).

Μετά την επιλογή καναλιού ή ζευγαριού καναλιών, ο SS συγχρονίζεται στην εκπομπή DL από τον BS εντοπίζοντας τα περιοδικά προοίμια πλαισίων. Μόλις συγχρονιστεί το PHY, ο SS θα ψάξει για τα περιοδικώς εκπεμπόμενα μηνύματα DCD και UCD που δίνουν τη δυνατότητα στον SS να καθορίσει τη διαμόρφωση και τα πλάνα FEC που θα χρησιμοποιηθούν στο φέρον του BS.

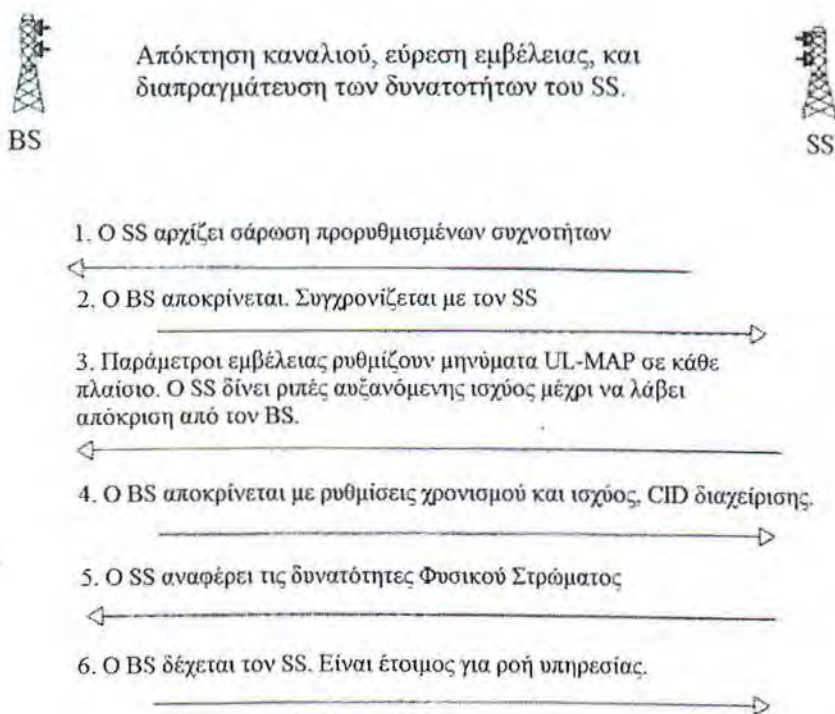
6.6.2. Αρχική εύρεση εμβέλειας και διαπραγμάτευση των δυνατοτήτων του SS

Μόλις εγκαθιδρυσθούν οι παράμετροι των εκπομπών εύρεσης αρχικής εμβέλειας, ο SS θα σαρώσει τα μηνύματα UI-MAP που υπάρχουν σε κάθε πλαίσιο με πληροφορίες εμβέλειας. Ο SS χρησιμοποιεί έναν αλγόριθμο backoff για να καθορίσει ποια υποδοχή αρχικής εμβέλειας θα χρησιμοποιήσει για να στείλει ένα μήνυμα αίτησης εμβέλειας (RNG-REQ). Τότε ο SS θα στείλει τη ριπή του χρησιμοποιώντας τη ρύθμιση ελάχιστης ισχύος και θα επαναλάβει με αυξανόμενη ισχύ εκπομπής μέχρι να λάβει μια απόκριση εμβέλειας.

Βάσει του χρόνου άφιξης του αρχικού RNG-REQ και τη μετρούμενη ισχύ του σήματος, ο BS προσαρμόζει τον χρονισμό προήγησης και την ισχύ στον SS

σύμφωνα με την απόκριση εμβέλειας (RNG-RSP). Η απόκριση παρέχει στον SS τα βασικά και πρωταρχικά CID διαχείρισης. Μόλις ο χρονισμός προήγησης (timing advance) των εκπομπών του SS καθοριστεί σωστά, η διαδικασία εμβέλειας για οξύ συντονισμό (fine-tuning) της ισχύος γίνεται μέσω μιας σειράς προτρεπόμενων εκπομπών.

Οι εκπομπές του WiMAX γίνονται χρησιμοποιώντας το πιο σθεναρό προφίλ ριπών. Για την εξοικονόμηση εύρους ζώνης, ο SS στη συνέχεια αναφέρει τις δυνατότητές του ως προς το PHY, περιλαμβάνοντας ποια πλάνα διαμόρφωσης και κωδικοποίησης (βλέπε Κεφάλαιο 2) υποστηρίζει καθώς και αν είναι, σε ένα σύστημα FDD, ημιαμφίδρομος (half-duplex) ή πλήρως αμφίδρομος (full-duplex). Ο BS, στην απόκρισή του, μπορεί να αρνηθεί τη χρήση οποιαδήποτε αναφερόμενης από τον SS δυνατότητα. Η Εικόνα 6.1 απεικονίζει αυτή τη διαδικασία.



Εικόνα 5.1 (Διαδικασία απόκτησης καναλιού μεταξύ BS και SS)

6.6.3. Αυθεντικοποίηση SS και καταχώρηση

Το Wi-Fi έχει τη φήμη της χαλαρής ασφάλειας. Ίσως η καλύτερη «ιστορία τρόμου» έχει να κάνει με έναν πωλητή υπολογιστών που εγκατέστησε ένα ασύρματο LAN. Ένας πελάτης αγόρασε έναν φορητό υπολογιστή με ενσωματωμένο εξοπλισμό Wi-Fi και ανυπόμονος να το δοκιμάσει, το ενεργοποίησε στο χώρο στάθμευσης του πωλητή. Ο νέος κάτοχος laptop ήταν αμέσως ικανός να «βυσματωθεί» στο Wi-Fi δίκτυο του πωλητή και μπορούσε να πάρει μερικές πληροφορίες πιστωτικών καρτών πελατών. Ευτυχώς ο κάτοχος του laptop ήταν δημοσιογράφος και όχι επαγγελματίας απατεώνας. Η ιστορία, προς δυσaréσκεια του εθνικού πωλητή και της βιομηχανίας Wi-Fi, έγινε εθνική είδηση. Η βιομηχανία Wi-Fi έπρεπε να

εργαστεί σκληρά για να αποτινάξει τη φήμη των χαλαρών μέτρων ασφάλειας. Μια παρόμοια ιστορία δε θα παρουσιαστεί εύκολα, αν όχι ποτέ, στο WiMAX.

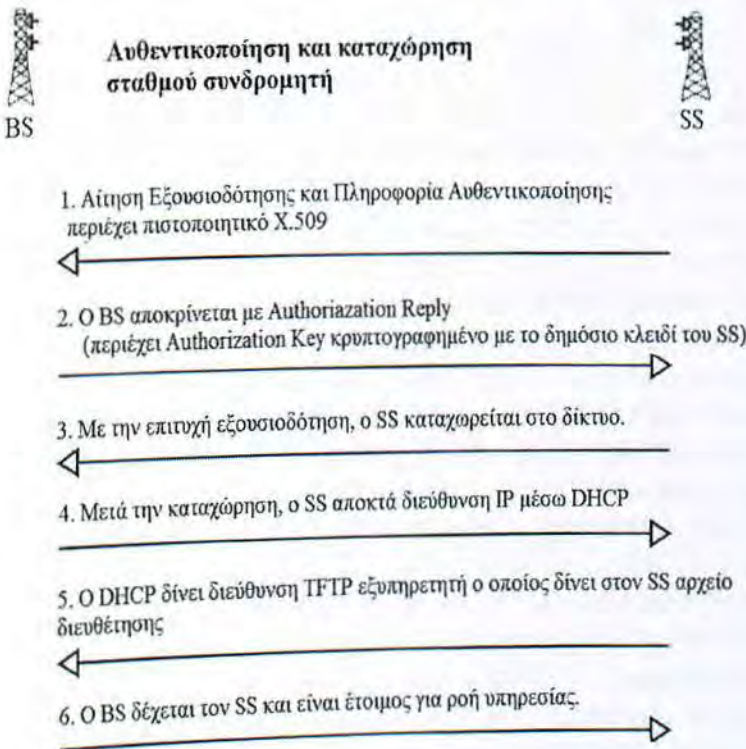
Κάθε SS περιέχει ένα εργοστασιακής εγκατάστασης ψηφιακό πιστοποιητικό X.509 που εκδίδει ο κατασκευαστής και το πιστοποιητικό του κατασκευαστή. Ο SS στα μηνύματα αίτησης εξουσιοδότησης και πληροφοριών αυθεντικοποίησης στέλνει αυτά τα πιστοποιητικά, με τα οποία αρχικοποιείται η ζεύξη μεταξύ της 48-bit διεύθυνσης MAC του SS και του δημοσίου κλειδιού RSA, στον BS. Το δίκτυο μπορεί να πιστοποιήσει την ταυτότητα του SS ελέγχοντας τα πιστοποιητικά και επομένως μπορεί να ελέγξει το επίπεδο εξουσιοδότησης του SS. Αν ο SS είναι εξουσιοδοτημένος να εισέλθει στο δίκτυο, ο BS θα απαντήσει στην αίτησή του με μια απάντηση εξουσιοδότησης που περιέχει ένα κλειδί εξουσιοδότησης (Authorization Key) κρυπτογραφημένο με το δημόσιο κλειδί του SS το οποίο θα χρησιμοποιηθεί και για άλλες ασφαλείς συναλλαγές.

Μετά την επιτυχή εξουσιοδότηση, ο SS θα καταχωρηθεί στο δίκτυο. Αυτό θα εγκαθιδρύσει τη σύνδεση δευτερεύουσας διαχείρισης του SS και θα καθορίσει τις δυνατότητες που σχετίζονται με την αρχικοποίηση της σύνδεσης και τη λειτουργία του MAC. Στη σύνδεση δευτερεύουσας διαχείρισης καθορίζεται επίσης κατά την καταχώρηση η έκδοση του πρωτοκόλλου IP που θα χρησιμοποιηθεί.

6.6.4. Συνδετικότητα IP

Μετά την καταχώρηση, ο SS αποκτά μια διεύθυνση IP μέσω DHCP και ρυθμίζει την ημερήσια ώρα μέσω του Internet Time Protocol. Ο εξυπηρετητής DHCP παρέχει επίσης τη διεύθυνση του εξυπηρετητή TFTP

από τον οποίο ο SS μπορεί να αιτηθεί αρχείο διευθέτησης.



Αυτό το αρχείο παρέχει μια πρότυπη διεπαφή, για την παροχή ειδικών πληροφοριών ρύθμισης του πωλητή.

Η διπλανή Εικόνα 6.2 απεικονίζει αυτή τη διαδικασία.

Εικόνα 6.2 (Αυθεντικοποίηση και καταχώρηση SS)

ζώνης σε ένα πλαίσιο. Αυτό εξαλείφει την ανάγκη επιβεβαίωσης, αφού ο SS πάντα θα λαμβάνει και το UIUC και την εκχώρηση ή τίποτα από τα δύο. Αυτό αναιρεί την πιθανότητα αποτυχημένου συνδυασμού UL προφίλ ριπών μεταξύ του BS και του SS.

Στην DL, ο SS παρακολουθεί την ποιότητα του λαμβανόμενου σήματος και γνωρίζει πότε να αλλάξει το DL προφίλ ριπών του. Ο BS έχει ακόμα τον απόλυτο έλεγχο αλλαγής. Ο SS έχει δύο διαθέσιμες μεθόδους για να ζητήσει μια αλλαγή στο DL προφίλ ριπών, ανάλογα με το αν ο SS λειτουργεί με **GPC** (Grant per Connection) ή **GPSS** (Grant per SS).

Η πρώτη μέθοδος βρίσκει εφαρμογή (βάσει της ικανότητας λήψης αποφάσεων του αλγόριθμου χρονοπρογραμματισμού του BS) μόνο σε GPC σταθμούς συνδρομητών. Σε αυτή την περίπτωση, ο BS μπορεί περιοδικά να εκχωρεί ένα διάστημα συντήρησης σταθμού στον SS. Ο SS μπορεί να χρησιμοποιήσει το μήνυμα RNG-REQ για να ζητήσει μια αλλαγή στο DL προφίλ ριπών. Η προτιμώμενη μέθοδος είναι ο SS να εκπέμψει μια αίτηση αλλαγής DL προφίλ ριπών (DBPC-REQ). Σε αυτή την περίπτωση, που πάντοτε είναι μια επιλογή για GPSS σταθμούς συνδρομητών και μπορεί να είναι επιλογή για GPC σταθμούς συνδρομητών, ο BS αποκρίνεται με ένα μήνυμα DBPC-RSP επαλήθευσης ή άρνησης της αλλαγής. Επειδή τα μηνύματα μπορεί να χαθούν εξαιτίας αμετάκλητων σφαλμάτων bit, τα πρωτόκολλα αλλαγής του DL προφίλ ριπών ενός SS πρέπει να δομούνται προσεκτικά. Η σειρά ενεργειών για την αλλαγή προφίλ ριπών είναι διαφορετική όταν γίνεται μετάβαση σε ένα περισσότερο σθεναρό προφίλ ριπών από όταν γίνεται σε ένα λιγότερο σθεναρό. Το πρότυπο αξιοποιεί το γεγονός ότι πάντα ένας SS απαιτείται να ακούει σε περισσότερο σθεναρά κομμάτια της DL όπως επίσης και το προφίλ που διαπραγματεύτηκε.

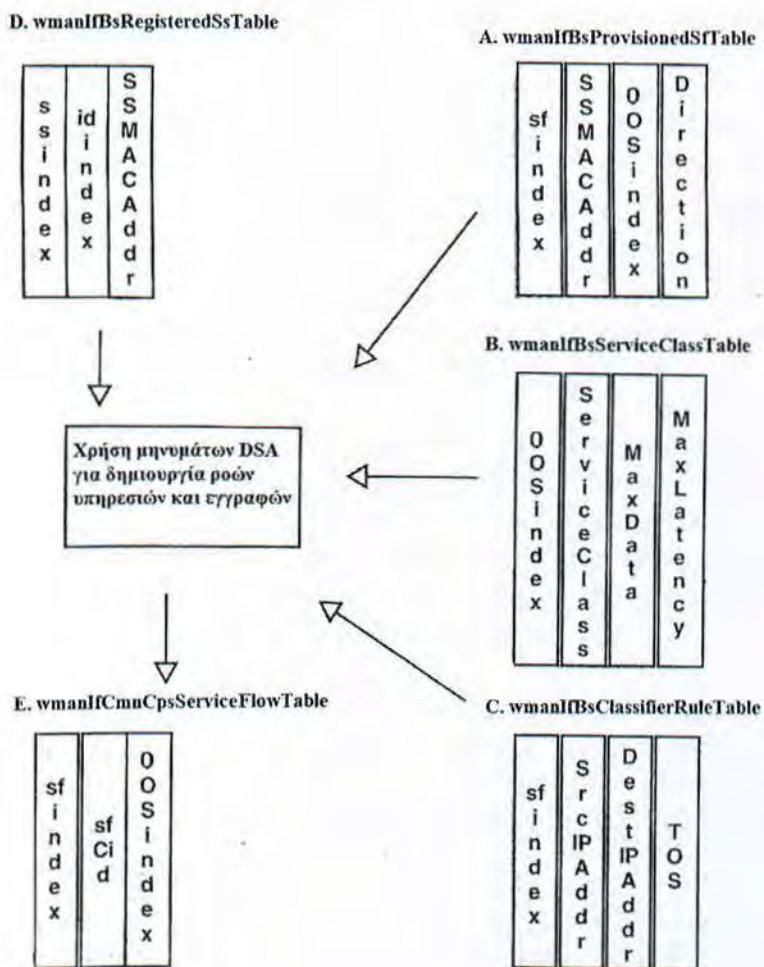
6.6.7. UL (Ανοδική ζεύξη)

Κάθε σύνδεση στην ανοδική ζεύξη (UL) αντιστοιχίζεται σε μια υπηρεσία χρονοπρογραμματισμού (scheduling service). Κάθε υπηρεσία χρονοπρογραμματισμού συσχετίζεται με ένα σύνολο επιβαλλόμενων κανόνων στον χρονοπρογραμματιστή BS που είναι υπεύθυνος για την κατανομή της χωρητικότητας UL και το πρωτόκολλο αίτησης-χορήγησης μεταξύ του SS και του BS. Οι λεπτομερείς προδιαγραφές των κανόνων και της υπηρεσίας χρονοπρογραμματισμού που χρησιμοποιούνται για μια συγκεκριμένη σύνδεση UL διαπραγματεύονται στο χρόνο αρχικοποίησης της σύνδεσης. Οι υπηρεσίες χρονοπρογραμματισμού στο WiMAX βασίζονται σε αυτές που ορίζονται στο πρότυπο DOCSIS (Data Over Cable Service Interface Specification).

6.6.8. Ροή Υπηρεσίας (Service Flow)

Η ελαχιστοποίηση των επεμβάσεων από τους πελάτες και κυκλικών δοσοληψιών (truck roll) είναι πολύ σημαντική για την ανάπτυξη ενός δικτύου WiMAX. Ο πίνακας παρεχόμενων ροών υπηρεσίας (Provisioned Service Flow Table), ο πίνακας τάξεων υπηρεσιών (Service Class Table), και ο πίνακας ταξινόμησης κανόνων (Classifier Rule Table) είναι ρυθμισμένοι να υποστηρίζουν αυτό-εγκατάσταση και αυτόματη ρύθμιση παραμέτρων. Όταν οι

πελάτες γίνονται εγγράφονται συνδρομητές στην υπηρεσία, λένε στον πάροχο υπηρεσιών τις πληροφορίες της ροής υπηρεσίας περιλαμβάνοντας τον αριθμό των UL/DL συνδέσεων με τους ρυθμούς δεδομένων, καθώς και τα είδη των εφαρμογών που προτίθεται να εκτελέσει ο πελάτης (π.χ. Διαδίκτυο, φωνή, ή βίντεο). Ο πάροχος υπηρεσιών προδιαθέτει τις υπηρεσίες εισάγοντας τις πληροφορίες ροής υπηρεσίας στη βάση δεδομένων ροής υπηρεσίας. Όταν ο SS εισέρχεται στον BS ολοκληρώνοντας τις διαδικασίες εισαγωγής στο δίκτυο και αυθεντικοποίησης, ο BS μεταφορτώνει τις πληροφορίες ροής υπηρεσίας από την βάση δεδομένων ροής υπηρεσίας. Η Εικόνα 4.4 δίδει ένα παράδειγμα του τρόπου συμπλήρωσης των πληροφοριών ροής υπηρεσίας. Η Εικόνα 4.4α, 4.4β, και 4.4γ δείχνει ότι δύο SS, αναγνωρισμένοι με διεύθυνση MAC 0x123ab54 και 0x45fead1, έχουν προδιατεθεί.



Εικόνα 4.4 (Προδιάθεση ροής υπηρεσίας)

Κάθε SS έχει δύο ροές υπηρεσίας, που αναγνωρίζονται από το qosIndex 1 και 2 αντιστοίχως. Το qosIndex δείχνει σε μια εγγραφή QoS στο wmanIfBsServiceClassTable που περιέχει τρία επίπεδα QoS: χρυσή (Gold), αργυρή (Silver) και χάλκινη (Bronze). Το sfIndex δείχνει στην εγγραφή στο wmanBsClassifierRuleTable και υποδεικνύει ποιοι κανόνες θα χρησιμοποιηθούν για την ταξινόμηση πακέτων στην εν λόγω ροή υπηρεσίας.

Όταν ο SS με διεύθυνση MAC 0x123ab54 καταχωρείται στον BS, ο BS δημιουργεί μια εγγραφή στο `wmanIfBaseRegisteredTable`. Βάσει της διεύθυνσεως MAC, ο BS θα μπορεί να βρει τις πληροφορίες ροής υπηρεσίας που έχει προδιατεθεί. Ο BS θα χρησιμοποιήσει ένα μήνυμα ενεργοποίησης δυναμικής υπηρεσίας (Dynamic Service Activate) για να δημιουργήσει ροές υπηρεσιών για τα `sflIndex` 100001 και 100002, με τις προδιατεθειμένες πληροφορίες ροής υπηρεσίας. Αυτό φαίνεται στην Εικόνα 4.4 Δημιουργεί δύο εγγραφές στο `wmanIfCmnCpsServiceFlowTable`. Οι ροές υπηρεσιών θα είναι τότε διαθέσιμες στον πελάτη για αποστολή δεδομένων.

6.6.8. Συμπέρασμα

Αυτό το κεφάλαιο εξηγεί τα επιτακτικά βήματα για την αρχικοποίηση ροής υπηρεσίας στο WiMAX. Η διαδικασία αρχίζει με έλεγχο εμβέλειας και διαπραγμάτευση μεταξύ του BS και του SS ακολουθώντας η αυθεντικοποίηση και η καταχώρηση. Αυτός ο σχεδιασμός διακρίνεται για τη σθεναρή του φύση. Το RLC του WiMAX τότε εγκαθιδρύει την UL, η οποία δημιουργεί τη ροή υπηρεσίας. Ο κοινός τόπος του WiMAX με το DOCSIS γίνεται προφανής με το στιβαρό σχεδιασμό αυτής της διαδικασίας.

6.7. Ενστάσεις στα ασύρματα δίκτυα

Στην ιδέα ότι οι ασύρματες τεχνολογίες θα αντικαταστήσουν το PSTN αντιτίθεται ένας αριθμός ενστάσεων. Αυτές οι ενστάσεις επικεντρώνονται, κυρίως, σε θέματα ποιότητας υπηρεσίας (QoS), ασφάλεια του ασύρματου δικτύου, περιορισμό της εμβέλειας παράδοσης της υπηρεσίας, και τη διαθεσιμότητα του εύρους ζώνης.

Στα επόμενα κεφάλαια θα γίνει μια προσπάθεια κατανίκησης αυτών των αμφιβολιών.

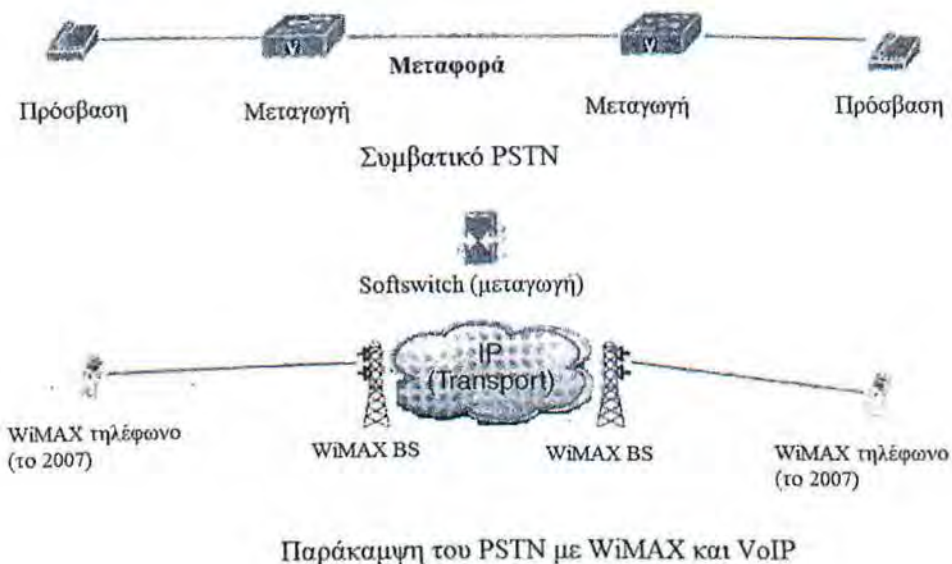
- Ποιότητα Υπηρεσίας (QoS) στο WiMAX
- Ασφάλεια στο 802.16 WiMAX
- Αντιμετώπιση των παρεμβολών στο WiMAX

6.7.1. Ποιότητα Υπηρεσίας (QoS) στο WiMAX

Ο όρος Quality of Service αναφέρεται στην πιθανότητα ενός τηλεπικοινωνιακού δικτύου να μπορέσει να τηρήσει ένα δεδομένο συμβόλαιο κίνησης, ή σε πολλές περιπτώσεις χρησιμοποιείται ατύπως ως η πιθανότητα ενός πακέτου να επιτύχει να πάει από ένα σημείο σε ένα άλλο σε ένα δίκτυο εντός της επιθυμητής περιόδου καθυστέρησης.

Μια από τις πρωταρχικές έγνοιες σχετικά με την ασύρματη παράδοση δεδομένων είναι ότι το QoS είναι ανεπαρκές. Ο ανταγωνισμός με άλλες ασύρματες υπηρεσίες, τα χαμένα πακέτα, και οι ατμοσφαιρικές παρεμβολές είναι πιθανές ενστάσεις στο αν το WiMAX είναι μια καλή εναλλακτική στο PSTN. Το QoS αναφέρεται επίσης στην ικανότητα ενός WISP (Wireless Internet Provider) να προσαρμόσει φωνή στο δίκτυό του.

Το WiMAX αξιοποιεί ένα πλήθος μέτρων για να διασφαλίσει καλό QoS, συμπεριλαμβανομένου χρονοπρογραμματισμό QoS ροής υπηρεσίας, εγκαθίδρυση δυναμικής υπηρεσίας, και ένα μοντέλο ενεργοποίησης δύο φάσεων. Η Εικόνα 1.3 απεικονίζει την ασύρματη ευρυζωνικότητα ως μια εναλλακτική στις PSTN υποδομές.



Εικόνα 1.3

6.7.1.1. Γενική επισκόπηση

Ίσως η μεγαλύτερη ένσταση στα ασύρματα συστήματα ευρυζωνικής πρόσβασης είναι η ιδέα ότι οποιοδήποτε πρωτόκολλο επικοινωνιών δεδομένων θα μπορούσε να λειτουργήσει σε ασύρματο περιβάλλον. Η δικτύωση είναι αρκετά δύσκολη σε ένα προβλεπόμενο, ελεγχόμενο ενσύρματο περιβάλλον. Ας πάρουμε τα χαμένα πακέτα. Πως μπορεί μια παραλλαγή του IEEE 802 (Ethernet) να λειτουργήσει στον ελεύθερο χώρο; Το QoS αναφέρεται, με δυο λόγια, στη μείωση της καθυστέρησης και της παραμόρφωσης σήματος και στην αποφυγή απώλειας πακέτων. Το κεφάλαιο αυτό μετριάζει αυτούς τους φόβους παρουσιάζοντας συμβατικές και ειδικές στο WiMAX τροποποιήσεις για τη διασφάλιση βαθμιδωτού φέροντος επιτέλεσης σε ένα ανόμοιο εχθρικό περιβάλλον.

6.7.1.2. Η Πρόκληση

Στο MAC του WiMAX υπάρχουν μηχανισμοί παροχής διαφοροποιημένου QoS για την υποστήριξη των διαφόρων αναγκών των διαφόρων εφαρμογών. Για παράδειγμα, η φωνή και το βίντεο απαιτούν χαμηλή καθυστέρηση αλλά ανέχονται κάποιο ρυθμό σφαλμάτων. Σε αντίθεση, γενικές εφαρμογές δεδομένων δεν ανέχονται σφάλματα, αλλά η καθυστέρηση δεν είναι κριτικής σημασίας. Το πρότυπο εξυπηρετεί φωνή, βίντεο, και άλλες εκπομπές δεδομένων χρησιμοποιώντας τα κατάλληλα χαρακτηριστικά στο στρώμα MAC, αυτό είναι πιο αποτελεσματικό από τη χρήση αυτών των χαρακτηριστικών σε στρώματα που ο έλεγχός τους επικαλύπτει το MAC. Εν συντομία, εφαρμόζοντας περισσότερο εύρος ζώνης στο σωστό κανάλι τη σωστή στιγμή επιτυγχάνεται μείωση της καθυστέρησης και βελτίωσης του QoS.

Το πρότυπο WiMAX υποστηρίζει προσαρμοστική διαμόρφωση, με αποτέλεσμα την ισορρόπηση διαφορετικών ρυθμών μετάδοσης δεδομένων και ποιότητας ζεύξης. Η μέθοδος διαμόρφωσης μπορεί να ρυθμιστεί σχεδόν στιγμιαία για βέλτιστη μεταφορά δεδομένων. Το WiMAX είναι ικανό να μεταβάλλει δυναμικά τις διαμορφώσεις από 64-QAM σε QPSK μέσω 16-QAM, δείχνοντας τη δυνατότητά του να λύσει ζητήματα QoS με δυναμική κατανομή εύρους ζώνης στην απόσταση μεταξύ BS και SS.

Η προσαρμοστική διαμόρφωση επιτρέπει την αποδοτική χρήση του εύρους ζώνης και ευρύτερη πελατειακή βάση. Το πρότυπο επίσης υποστηρίζει **FDD και TDD**. Η FDD, η συμβατική μέθοδος αμφίδρομης επικοινωνίας (duplexing), έχει ευρέως χρησιμοποιηθεί στην κινητή τηλεφωνία. Απαιτεί δύο ζεύγη καναλιών, ένα για εκπομπή και ένα για λήψη, με κάποιο διαχωρισμό συχνοτήτων μεταξύ τους για το μετριασμό των αυτό-παρεμβολών. Ένα σύστημα TDD μπορεί να καταναίμει δυναμικά εύρος ζώνης στην ανοδική και κατερχόμενη ροή, ανάλογα με τις απαιτήσεις της κίνησης.

6.7.1.3. Συμβατικοί μηχανισμοί QoS

Έπεται η περιγραφή συμβατικών μηχανισμών.

6.7.1.3.1. FDD/TDD/OFDM

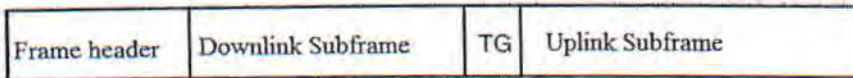
Το WiMAX ενσωματώνει έναν αριθμό μηχανισμών για να εξασφαλίσει καλό QoS. Οι πιο αξιοσημείωτοι είναι TDD, FDD, FEC, FFT, και OFDM. Το πρότυπο WiMAX παρέχει ελαστικότητα στη χρήση του φάσματος υποστηρίζοντας και FDD και TDD. Επομένως, μπορεί να λειτουργήσει και με τους δύο τρόπους: FDD/OFDM και TDD/OFDM.

Υποστηρίζει δύο είδη FDD: **συνεχές FDD** και **FDD ριπών**.

Στο συνεχές FDD, τα κανάλια ανοδικής και κατερχόμενης ροής τοποθετούνται σε ξεχωριστές συχνότητες, και όλοι οι σταθμοί CPE μπορούν να εκπέμπουν και να λαμβάνουν ταυτόχρονα. Το κανάλι κατερχόμενης ροής είναι πάντα ενεργοποιημένο, και όλοι οι σταθμοί πάντα το ακούν. Η κίνηση στέλνεται σε αυτό το κανάλι με τρόπο εκπομπής σε όλους (broadcast) χρησιμοποιώντας TDM. Το κανάλι ανερχόμενης ροής μοιράζεται χρησιμοποιώντας TDMA, και ο BS είναι υπεύθυνος για την εκχώρηση εύρους ζώνης στους σταθμούς.

Στην FDD με ριπές, τα κανάλια ανερχόμενης και κατερχόμενης ροής τοποθετούνται σε διαφορετικές συχνότητες. Σε αντίθεση με τη συνεχή FDD, δε μπορούν όλοι οι σταθμοί να εκπέμπουν και να λαμβάνουν ταυτόχρονα. Αυτοί που μπορούν να εκπέμπουν και να λαμβάνουν ταυτόχρονα αναφέρονται ως σταθμοί πλήρους αμφίδρομης επικοινωνίας (full-duplex) ενώ αυτοί που δε μπορούν αναφέρονται ως σταθμοί ημιαμφίδρομης επικοινωνίας (half-duplex). Ένα πλαίσιο TDD έχει μια σταθερή διάρκεια και περιέχει ένα υπό-πλαίσιο κατερχόμενης ροής και ένα υπό-πλαίσιο ανερχόμενης ροής. Τα δύο υπό-πλαίσια χωρίζονται από έναν χρόνο ασφαλείας που ονομάζεται κενό μετάβασης (Transition Gap), και το εύρος ζώνης που εκχωρείται σε κάθε υπό

πλαίσιο είναι προσαρμοστικό. Το υπό πλαίσιο TDD απεικονίζεται στην Εικόνα 5.1.



Εικόνα 5.1 (Υπό-πλαίσιο TDD)

Εντός ενός υπό-πλαισίου TDD κατερχόμενη ζεύξης, οι εκπομπές που προέρχονται από τον BS οργανώνονται σε διαφορετικές ομάδες διαμόρφωσης και FEC. Η κεφαλίδα του υπό-πλαισίου, η επονομαζόμενη FCH, αποτελείται από ένα πεδίο προοιμίου, ένα πεδίο ελέγχου PHY, και ένα πεδίο ελέγχου MAC. Το πεδίο ελέγχου PHY χρησιμοποιείται για φυσικές πληροφορίες, όπως τα όρια της θυρίδας, προοριζόμενες για όλους τους σταθμούς. Περιέχει ένα χάρτη που ορίζει που αρχίζουν οι φυσικές θυρίδες για διαφορετικές ομάδες διαμόρφωσης/FEC.

Οι ομάδες είναι σε λίστα κατά σειρά αύξουσας διαμόρφωσης, με την QPSK πρώτη, ακολουθούμενη από την 16-QAM και μετά την 64-QAM. Κάθε σταθμός CPE λαμβάνει ολόκληρο το πλαίσιο DL, αποκωδικοποιεί το υπό-πλαίσιο, και ψάχνει για κεφαλίδες MAC που υποδεικνύουν δεδομένα για το σταθμό. Τα δεδομένα DL είναι πάντα κωδικοποιημένα κατά FEC. Τα δεδομένα του ωφέλιμου φορτίου είναι κρυπτογραφημένα, αλλά τα μηνύματα κεφαλίδων δεν είναι. Ο έλεγχος MAC χρησιμοποιείται για μηνύματα MAC προοριζόμενα για πολλαπλούς σταθμούς.

Αυτή η παραλλαγή χρησιμοποιεί μονού φέροντος διαμόρφωση ριπής με προσαρμοστικά προφίλ ριπών στα οποία οι παράμετροι εκπομπής, περιλαμβάνοντας τα πλάνα διαμόρφωσης και κωδικοποίησης, μπορούν να ρυθμιστούν ανεξάρτητα για κάθε SS επί πλαισίου-πλαisiού βάσεως. Εύρη ζώνης των 20 ή 25 MHz (για ΗΠΑ) ή 28 MHz (για Ευρώπη) καθορίζονται. Πραγματοποιείται τυχαία κατανομή για φασματική διαμόρφωση και για να διασφαλιστούν μεταπτώσεις bit για ανάκτηση ρολογιού.

6.7.1.3.2. Forward Error Correction (FEC)

Το WiMAX αξιοποιεί το FEC, μια τεχνική που δεν απαιτεί από τον πομπό να επανεκπέμπει οποιεσδήποτε πληροφορίες που ο χρησιμοποιεί ο δέκτης για τη διόρθωση σφαλμάτων που υφίσταται η εκπομπή σε ένα κανάλι επικοινωνίας. Ο πομπός συνήθως χρησιμοποιεί έναν κοινό αλγόριθμο και ενσωματώνει αρκετές πλεοναστικές πληροφορίες στο μπλοκ δεδομένων για να επιτραπεί στο δέκτη να το διορθώσει. Χωρίς το FEC, η διόρθωση σφαλμάτων θα απαιτούσε την επανεκπομπή ολόκληρων μπλοκ πλαισίων δεδομένων, με αποτέλεσμα αύξηση της καθυστέρησης και επακόλουθη υποβάθμιση του QoS.

Στην αναζήτηση QoS μια είναι η απάντηση:

περισσότερο εύρος ζώνης!

Η ικανότητα διαβίβασης δεδομένων και η καθυστέρηση είναι τα δύο βασικά συστατικά για την απόδοση ενός δικτύου. Θεωρώντας τα ως ένα στοιχείο, καθορίζουν την «ταχύτητα» του δικτύου.

Εφόσον η ικανότητα διαβίβασης δεδομένων είναι η ποσότητα των δεδομένων που μπορεί να περάσει από την πηγή στον προορισμό σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα, η καθυστέρηση μετάβασης-επιστροφής (round-trip) είναι ο χρόνος που απαιτείται για να λάβει χώρα μια μονή συναλλαγή δεδομένων (ο χρόνος μεταξύ αίτησης δεδομένων και παραλαβής των). Η καθυστέρηση μπορεί επίσης να θεωρηθεί ως ο χρόνος που απαιτείται από την αρχή της εκπομπής στο ένα άκρο μέχρι την ανάκτηση των δεδομένων στο άλλο (από τον ένα χρήστη στον άλλο). Επομένως, όσο καλύτερη είναι η διαχείριση της διεκπαιρευτικής ικανότητας (εύρος ζώνης), τόσο καλύτερο το QoS.

6.7.1.4. Ο ρόλος του εύρους ζώνης για QoS στο WiMAX

Για τη διασφάλιση σταθερού QoS, η μοναδική προσέγγιση του WiMAX είναι η διασφάλιση σταθερού εύρους ζώνης. Το πώς επιτυγχάνεται αυτό αναλύεται στη συνέχεια.

6.7.1.4.1. Αιτήσεις και εκχωρήσεις εύρους ζώνης

Το MAC του WiMAX συμβιβάζει δύο κατηγορίες SS που διαφοροποιούνται από την ικανότητά τους να δέχονται εκχωρήσεις εύρους ζώνης για μια μονή σύνδεση ή για τον SS ως ολότητα. Και οι δύο κατηγορίες SS αιτούνται εύρος ζώνης ανά σύνδεση για να μπορεί ο αλγόριθμος χρονοπρογραμματισμού UL του BS να υπολογίζει σωστά το QoS όταν κατανέμει το εύρος ζώνης. Οι δύο κατηγορίες είναι GPC, όταν ο BS εκχωρεί εύρος ζώνης αποκλειστικά σε κάθε σταθμό, και GPSS, όταν το εύρος ζώνης εκχωρείται σε όλες τις συνδέσεις που ανήκουν στο σταθμό.

Οι δύο κατηγορίες SS επιτρέπουν μια τράμπα μεταξύ απλότητας και αποδοτικότητας. Η ανάγκη για την ρητή εκχώρηση επιπλέον εύρους ζώνης για το RLC και αιτήσεις, συνδυασμένη με την πιθανότητα περισσότερων της μιας εγγραφής ανά SS, κάνει την GPC λιγότερο αποδοτική και προσαρμοσίμη από την GPSS.

Επιπροσθέτως, η ικανότητα του GPSS SS να αντιδρά πιο γρήγορα στις ανάγκες του PHY και των συνδέσεων ενδυναμώνει την επίδοση του συστήματος. Η GPSS είναι η μόνη κατηγορία SS που επιτρέπεται με το 10-66 GHz PHY. Περισσότερες λεπτομέρειες υπάρχουν στον Πίνακα 5.1

Πίνακας 5.1 (Εκχωρήσεις κ αιτήσεις εύρους ζώνης για διατήρηση καλού QoS)

Κατηγορία	Περιγραφή
GPC	Το εύρος ζώνης εκχωρείται ρητά σε μια σύνδεση, και ο SS χρησιμοποιεί την εκχώρηση μόνο για αυτή τη σύνδεση. Το RLC και άλλα πρωτόκολλα διαχείρισης χρησιμοποιούν εύρος ζώνης που κατανέμεται ρητά για συνδέσεις διαχείρισης.
GPSS	Οι SS παίρνουν εύρος ζώνης συγκεντρωμένο σε μια μονή εκχώρηση για τον ίδιο τον SS. Ο GPSS SS οφείλει να είναι πιο έξυπνος στη διαχείριση του QoS του. Τυπικά, αλλά όχι απαραίτητα, θα χρησιμοποιήσει το εύρος ζώνης για τη σύνδεση που το ζήτησε. Για παράδειγμα, αν η κατάσταση QoS στον SS έχει αλλάξει από την τελευταία αίτηση, ο SS έχει την επιλογή να στείλει τα δεδομένα υψηλότερου QoS μαζί με μια αίτηση για αντικατάσταση αυτού του εύρους ζώνης που κλάπηκε από μια σύνδεση χαμηλότερου QoS. Ο SS θα μπορούσε επίσης να χρησιμοποιήσει μέρος του εύρους ζώνης για να αντιδρά πιο γρήγορα σε εναλλασσόμενες περιβαλλοντικές συνθήκες στέλνοντας, για παράδειγμα, ένα μήνυμα DBPC-REQ.

Και με τις δύο κατηγορίες εκχωρήσεων, το MAC του WiMAX χρησιμοποιεί ένα αυτό-διορθωτικό πρωτόκολλο παρά ένα πρωτόκολλο επιβεβαιώσεων. Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιεί λιγότερο εύρος ζώνης. Περαιτέρω, τα πρωτόκολλα επιβεβαιώσεων μπορεί να πάρουν επιπλέον χρόνο, ενδεχομένως προσθέτοντας καθυστέρηση. Το εύρος ζώνης που αιτείται ένας SS για μια σύνδεση μπορεί να μην είναι διαθέσιμο για μια πλειάδα λόγων:

- Ο BS δεν είδε την αίτηση εξαιτίας αμετάκλητων σφαλμάτων στο PHY.
- Ο SS δεν είδε την εκχώρηση εξαιτίας αμετάκλητων σφαλμάτων στο PHY.
- Ο BS δεν είχε επαρκές διαθέσιμο εύρος ζώνης.
- Ο GPSS SS χρησιμοποίησε το εύρος ζώνης για κάποιον άλλο λόγο.

Στο αυτό-διορθωτικό πρωτόκολλο, όλες αυτές οι ανωμαλίες αντιμετωπίζονται παρόμοια. Μετά τη λήξη ενός χρονικού ορίου κατάλληλου για το QoS της σύνδεσης (ή αμέσως, αν το εύρος ζώνης κλάπηκε από τον SS για κάποιον άλλο σκοπό), ο SS απλά αιτείται ξανά. Για αποδοτικότητα, οι περισσότερες αιτήσεις εύρους ζώνης είναι αυξητικές, που σημαίνει ότι ο SS ζητά περισσότερο εύρος ζώνης για μια σύνδεση.

Ωστόσο, για να λειτουργήσει σωστά ο αυτό-διορθωτικός μηχανισμός αίτησης/εκχώρησης εύρους ζώνης, οι αιτήσεις εύρους ζώνης πρέπει σποραδικά να είναι συγκεντρωτικές, που σημαίνει ότι ο SS πληροφορεί τον BS τις συνολικές τρέχουσες ανάγκες εύρους ζώνης για μια σύνδεση. Αυτό επιτρέπει στον BS να ρυθμίσει εκ νέου την αντίληψή του για τις ανάγκες των SS χωρίς ένα πολύπλοκο πρωτόκολλο που να επιβεβαιώνει τη χρήση του εκχωρούμενου εύρους ζώνης.

Για απαίτηση συνεχόμενου εύρους ζώνης, ο SS δε χρειάζεται να αιτηθεί εύρος ζώνης, ο BS το εκχωρεί αυτόκλητα. Στον Πίνακα 5.2 υπάρχουν λεπτομέρειες για την κατανομή του εύρους ζώνης και για τις μεθόδους σταθμοσκόπησης.

Πίνακας 5.2

Ορολογία	Περιγραφή
Σταθμοσκόπηση unicast	Χρησιμοποιείται για ανενεργούς σταθμούς και για ενεργούς σταθμούς που τους έχει ρητά αιτηθεί σταθμοσκόπηση. Αν ένας ανενεργός σταθμός δεν απαιτεί κατανομή εύρους ζώνης, αποκρίνεται στην πρόσκληση για εκπομπή (poll) επιστρέφοντας μια αίτηση για 0 bytes.
Σταθμοσκόπηση multicast και broadcast	Χρησιμοποιείται για τη σταθμοσκόπηση μιας ομάδας ανενεργών σταθμών όταν δεν υπάρχει επαρκές εύρος ζώνης για τη ξεχωριστή σταθμοσκόπηση των σταθμών. Ένα CID αναγνωρίζει έναν ενεργό σταθμό, και συγκεκριμένα CID κρατούνται για ομάδες multicast και broadcast. Όταν σταθμοσκοπείται μια ομάδα multicast, τα μέλη της ομάδας που απαιτούν κατανομή εύρους ζώνης απαντούν στην σταθμοσκόπηση. Χρησιμοποιούν τον αλγόριθμο ανάλυσης ανταγωνισμών για να επιλύσουν τυχούσες συγκρούσεις που δημιουργούνται όταν δύο ή περισσότεροι σταθμοί εκπέμπουν την ίδια στιγμή. Αν ένας σταθμός δε χρειάζεται κατανομή εύρους ζώνης, δεν κάνει τίποτα, δεν επιτρέπεται να αποκριθεί με μηδενική κατανομή εύρους ζώνης, όπως στην περίπτωση των ανεξάρτητων σταθμοσκοπήσεων.
Σταθμοσκόπηση που ξεκινά ο σταθμός	Χρησιμοποιείται από τους σταθμούς για να αιτηθούν στον BS σταθμοσκόπηση. Σταθμοί με ενεργές συνδέσεις αυτόκλητης εκχώρησης υπηρεσίας χρησιμοποιούν τυπικά την σταθμοσκόπηση. Ένας σταθμός που προβαίνει στην έναρξη αυτού του είδους σταθμοσκόπησης βάζει ένα bit στην κεφαλίδα MAC, το επονομαζόμενο poll-me bit, τυπικά για να αιτηθεί να σταθμοσκοπείται πιο συχνά ώστε να ικανοποιήσει το QoS της σύνδεσης. Όταν ο σταθμός βάσης λαμβάνει το πλαίσιο με το bit poll-me ενεργοποιημένο, σταθμοσκοπεί τον σταθμό ανεξαρτήτως.

Για την «βραχυκύκλωση» του φυσιολογικού κύκλου σταθμοσκόπησης, οποιοσδήποτε SS με σύνδεση που εκτελεί UGS μπορεί να χρησιμοποιήσει το poll-me bit στην υπό-κεφαλίδα διαχείρισης εκχώρησης για να πληροφορήσει τον BS ότι χρειάζεται να σταθμοσκοπηθεί για ανάγκες εύρους ζώνης ή μια άλλη σύνδεση. Ο BS μπορεί να επιλέξει να εξοικονομήσει εύρος ζώνης σταθμοσκοπώντας SSs οι οποίοι έχουν UGS (Unsolicited Grant Services, Υπηρεσίες Αυτόκλητης Εκχώρησης) μόνο όταν έχουν ενεργοποιημένο το poll-me bit.

Ένας πιο συμβατικός τρόπος για την αίτηση εύρους ζώνης είναι η αποστολή μιας MAC PDU αίτησης εύρους ζώνης η οποία απλώς αποτελείται από την

κεφαλίδα αίτησης εύρους ζώνης και καθόλου ωφέλιμο φορτίο. Οι GPSS SS μπορούν να στείλουν αυτό σε όποια κατανομή εύρους ζώνης κι αν λάβουν.

Τα τερματικά GPC μπορούν να το στείλουν είτε εντός του χρονικού διαστήματος μιας αίτησης είτε στο χρονικό διάστημα παροχής δεδομένων καταναμεμένα στη βασική τους σύνδεση. Μια πολύ σχετική μέθοδος αίτησης δεδομένων είναι η χρησιμοποίηση μιας υπό-κεφαλίδας διαχείρισης εκχώρησης για την παρεμβολή μιας αίτησης για επιπλέον εύρος ζώνης για την ίδια σύνδεση εντός του MAC PDU. Αυτά τα είδη υπηρεσιών αναλύονται στον Πίνακα 5.3

Πίνακας 5.3

Είδος υπηρεσίας που υποστηρίζει το WiMAX	Περιγραφή
UGS	Σχεδιάστηκε για την υποστήριξη ροών υπηρεσιών πραγματικού χρόνου που παράγουν σταθερού μεγέθους πακέτα δεδομένων, όπως VoIP, σε περιοδική βάση. Η παροχή σταθερού μεγέθους εκχωρήσεις δεδομένων σε περιοδικά διαστήματα εξαλείφει την επιβάρυνση και την καθυστέρηση που σχετίζεται με τις αιτήσεις καναλιών εκπομπής.
Real-Time Polling Service	Σχεδιάστηκε για την υποστήριξη ροών υπηρεσιών πραγματικού χρόνου που παράγουν μεταβλητού μεγέθους πακέτα δεδομένων, όπως βίντεο MPEG, σε περιοδική βάση. Η περίοδος υπηρεσίας καθορίζεται ώστε να καλύπτει τις ανάγκες πραγματικού χρόνου της ροής και να επιτρέπει στον σταθμό να καθορίζει το μέγεθος της επιθυμητής εκχώρησης.
UGS with activity detection	Σχεδιάστηκε για την υποστήριξη ροών UGS που μπορεί να γίνουν ανενεργές για ένα σημαντικό χρονικό διάστημα. Αυτή η υπηρεσία είναι για σταθμούς που υποστηρίζουν υπηρεσία πραγματικού χρόνου όταν η ροή είναι ενεργή και περιοδικές σταθμοσκοπήσεις unicast όταν η ροή είναι ανενεργή.
Non-real-time polling service	Σχεδιασμένη για την υποστήριξη ροών μη πραγματικού χρόνου που απαιτούν μεταβλητού μεγέθους εκχωρήσεις δεδομένων, όπως FTP, σε κανονική βάση. Αυτή η υπηρεσία προσφέρει σταθμοσκοπήσεις unicast σε κανονική βάση για τη διασφαλίσει ότι οι ροές θα λαμβάνουν ευκαιρίες αίτησης ακόμη και όταν υπάρχει δικτυακή συμφόρηση.
Best-effort service	Σχεδιάστηκε για να παρέχει για αποδοτική υπηρεσία σε κίνηση καλύτερης προσπάθειας (best-effort traffic).

Η UGS προσαρμόζεται κατάλληλα για τη μεταφορά υπηρεσιών που παράγουν περιοδικά σταθερές μονάδες δεδομένων. Εδώ ο BS χρονοπρογραμματίζει τακτικά, με έναν προνοητικό τρόπο, εκχωρήσεις με

μέγεθος που διαπραγματεύτηκε στην αρχικοποίηση της σύνδεσης χωρίς ρητή αίτηση από τον SS. Αυτό εξαλείφει την επιβάρυνση και την καθυστέρηση αιτήσεων εύρους ζώνης με σκοπό να ικανοποιηθούν οι απαιτήσεις καθυστέρησης και καθυστέρησης παραμόρφωσης σήματος της υποκείμενης υπηρεσίας. Ένα πρακτικό όριο για την καθυστέρηση παραμόρφωσης του σήματος θέτεται από τη διάρκεια του πλαισίου. Αν πρέπει να ικανοποιηθούν περισσότερο αυστηρές απαιτήσεις παραμόρφωσης σήματος, χρειάζεται μνήμη προσωρινής αποθήκευσης εξόδου.

Όταν χρησιμοποιείται με UGS, η υπό-κεφαλίδα διαχείρισης εκχώρησης, περιλαμβάνει το roll-me bit καθώς και τη μεταβλητή δείκτη ολίσθησης (slip indicator flag), το οποίο επιτρέπει στον SS να αναφέρει ότι υπάρχει συσσωρευθείσα εργασία στην ουρά εκπομπής εξαιτίας παραγόντων όπως χαμένες εκχωρήσεις ή στρέβλωση του ρολογιού μεταξύ του συστήματος WiMAX και του εξωτερικού δικτύου.

Ο BS, αφού εντοπίσει το slip indicator flag, μπορεί να καταλείψει λίγο επιπλέον εύρος ζώνης στον SS, και άρα επιτρέποντάς του να ανακτήσει την κανονική κατάσταση ουράς. Οι συνδέσεις που ρυθμίζονται με UGS δεν επιτρέπεται να χρησιμοποιήσουν τυχαίας πρόσβασης ευκαιρίες για αιτήσεις. Η υπηρεσία στααθμοσκόπησης παραγωγικού χρόνου (real-time polling service) σχεδιάστηκε να καλύψει τις ανάγκες υπηρεσιών που είναι δυναμικές στη φύση αλλά προσφέρει περιοδικές αποκλειστικές ευκαιρίες αιτήσεων για να ικανοποιήσει τις απαιτήσεις πραγματικού χρόνου. Επειδή ο SS εκδίδει ρητές αιτήσεις, η επιβάρυνση και καθυστέρηση του πρωτοκόλλου αυξάνεται, αλλά αυτή η χωρητικότητα εκχωρείται σύμφωνα μόνο με την αληθινή ανάγκη της σύνδεσης. Η https ταιριάζει για συνδέσεις που μεταφέρουν υπηρεσίες όπως VoIP ή βίντεο συνεχούς ροής ή ήχο.

Η https είναι σχεδόν ίδια με την ftp εκτός του ότι οι συνδέσεις μπορούν να χρησιμοποιήσουν τυχαίας πρόσβασης ευκαιρίες εκπομπής για την αποστολή αιτήσεων εύρους ζώνης. Τυπικά, οι υπηρεσίες που μεταφέρονται από αυτές τις συνδέσεις ανέχονται μεγαλύτερες καθυστερήσεις και είναι λιγότερο ευαίσθητες στην καθυστέρηση παραμόρφωσης σήματος. Η https είναι κατάλληλη για Διαδικτυακή πρόσβαση με έναν εγγυημένο ελάχιστο ρυθμό. Μια υπηρεσία best-effort έχει επίσης οριστεί

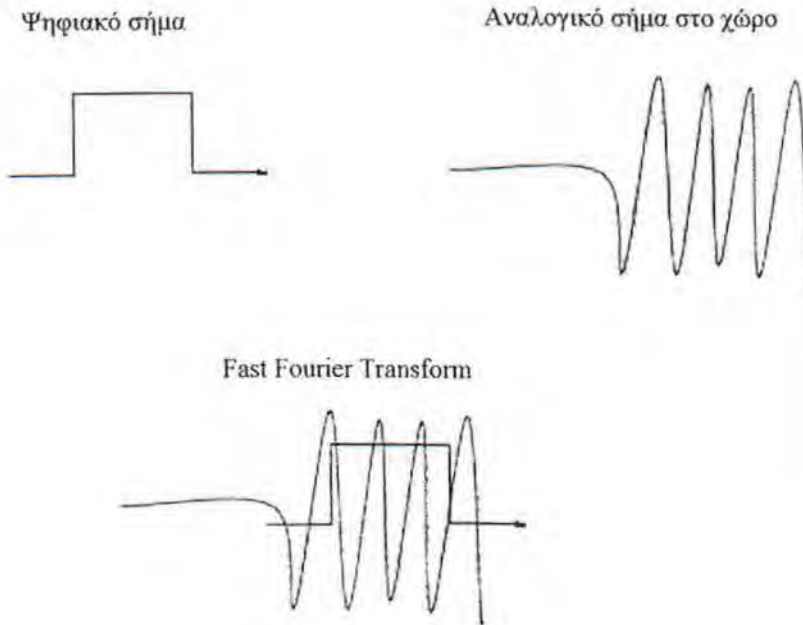
Δεν παρέχονται εγγυήσεις διεκπαιρευτικής ικανότητας ή καθυστέρησης. Ο SS στέλνει αιτήσεις για εύρος ζώνης είτε σε τυχαίας πρόσβασης θυρίδες, είτε ευκαιρίες αποκλειστικής εκπομπής. Η εμφάνιση αποκλειστικών ευκαιριών υπόκειται στο φόρτο δικτύου, και ο SS δε μπορεί να βασιστεί στην παρουσία τους.

6.7.1.4.2. Τι είναι το FFT (Fast Fourier Transform)

Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα έχουν ημίτονα και συνημίτονα και είναι αναλογικά στη φύση ενώ τα ψηφιακά δεδομένα είναι μια ροή από 1 και 0 που έχουν ως αποτέλεσμα τετραγωνικά κύματα. Πως τότε τα ψηφιακά δεδομένα μπορούν να σταλούν μέσω μιας αναλογικής μετάδοσης; Η θεωρία βασίζεται στο θεώρημα του Fourier (Emile Fourier, γάλλος μαθηματικός στις αρχές του 1800) που αποδεικνύει ότι επαναλαμβανόμενες εξαρτώμενες από το χρόνο

συναρτήσεις μπορούν να εκφραστούν ως ένα σύνολο πιθανώς άπειρων σειρών ημιτονικών και συνημιτονικών κυμάτων. Αν στέλνονται 1000 τετραγωνικά κύματα κάθε δευτερόλεπτο, η συχνότητα αποτελείται από μια συγκέντρωση ημιτονικών κυμάτων (1 KHz, 3 KHz, 5 KHz και ούτω καθεξής). Ο γρήγορος μετασχηματισμός Fourier (Fast Fourier Transform) απεικονίζεται στην Εικόνα 5.2

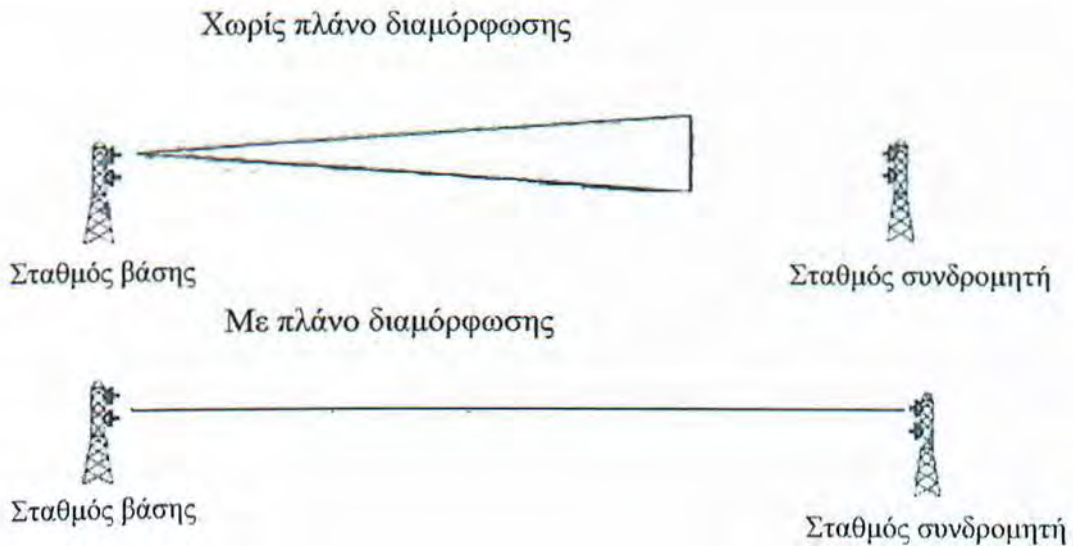
Εικόνα 5.2 (FFT)



Καθώς αυξάνεται ο ρυθμός μετάδοσης bit, η συχνότητα τετραγωνικού κύματος αυξάνεται και το πλάτος των τετραγωνικών κυμάτων μειώνεται. Τελικώς, στενότερα τετραγωνικά κύματα απαιτούν ημίτονα ακόμη μεγαλύτερης συχνότητας για το σχηματισμό του ψηφιακού σήματος (N^2). Ο FFT κάνει αυτούς τους υπολογισμούς πιο αποδοτικούς μειώνοντας τον υπολογισμό στο $N \log N$. Με απλά λόγια, ο FFT κάνει τη ασύρματη μετάδοση ψηφιακών δεδομένων πιο αποδοτική.

6.7.1.4.3. QPSK εναντίον QAM

Από το να δώσει τα πάντα σε όλους, το WiMAX προτιμά μια διαβάθμιση του QoS ανάλογα με την απόσταση του SS από τον BS: όσο μεγαλύτερη είναι η απόσταση, τόσο μικρότερη η εγγύηση για QoS. Το WiMAX χρησιμοποιεί τρεις μηχανισμούς για QoS. Από τον υψηλότερο στον χαμηλότερο, αυτοί οι μηχανισμοί είναι οι 64-QAM, 16-QAM, και QPSK. Η Εικόνα 5.3 απεικονίζει τα πλάνα διαμόρφωσης.

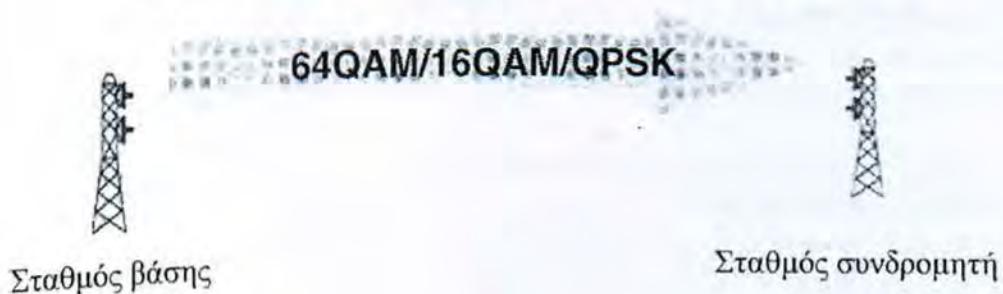


Εικόνα 5.3 (Τα πλάνα διαμόρφωσης εστιάζουν το σήμα συναρτήσει της απόστασης)

Χρησιμοποιώντας ένα σθεναρό πλάνο διαμόρφωσης, το WiMAX παραδίδει υψηλή ικανότητα διαβίβασης δεδομένων σε μεγάλη εμβέλεια με ένα υψηλό επίπεδο φασματικής αποδοτικότητας που είναι επίσης ανεκτικό στις ανακλάσεις σήματος. Η δυναμική προσαρμοστική διαμόρφωση επιτρέπει στον BS να ανταλλάξει διεκπαιρευτική ικανότητα για εμβέλεια. Για παράδειγμα, αν ο BS δε μπορεί να εγκαθιδρύσει μια σθεναρή ζεύξη με έναν απομακρυσμένο συνδρομητή χρησιμοποιώντας το υψηλότερης τάξης πλάνο διαμόρφωσης, 64-QAM, η τάξη διαμόρφωσης μειώνεται σε 16-QAM ή QPSK, με αποτέλεσμα τη μείωση της διεκπαιρευτικής ικανότητας και αύξηση της ενεργής εμβέλειας.

Η Εικόνα 5.4 απεικονίζει πως τα πλάνα διαμόρφωσης διασφαλίζουν διεκπαιρευτική ικανότητα σε σχέση με την απόσταση.

**Η διεκπαιρευτική ικανότητα φθίνει με την απόσταση
12Mbps σε 3km / 6Mbps σε 5km / 3Mbps σε 6.5km NLOS**



Εικόνα 5.4

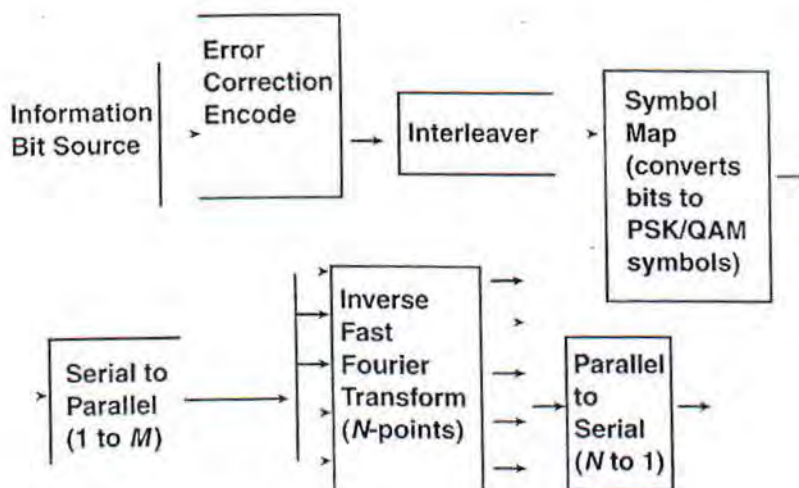
Οι διαμορφώσεις QPSK και QAM είναι δύο ηγετικά πλάνα διαμόρφωσης στο WiMAX. Γενικά, όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός των bit που εκπέμπεται ανά σύμβολο, τόσο υψηλότερος είναι ο ρυθμός μετάδοσης δεδομένων για ένα συγκεκριμένο εύρος ζώνης. Επομένως, όταν απαιτούνται πολύ υψηλοί ρυθμοί μετάδοσης δεδομένων για συγκεκριμένο εύρος ζώνης, χρησιμοποιούνται τα υψηλότερης τάξης συστήματα QAM, όπως 16-QAM και 64-QAM. Η διαμόρφωση 64-QAM μπορεί να υποστηρίξει μέχρι 28 Mbit/sec μέγιστο ρυθμό μετάδοσης δεδομένων σε ένα μονό κανάλι 6 MHz. Ωστόσο, όσο μεγαλύτερος ο αριθμός των bit ανά σύμβολο, τόσο λιγότερο ευάλωτο είναι το πλάνο σε διασυμβολικές παρεμβολές (Intersymbol Interference) και θόρυβο. Γενικά, σε ένα περιβάλλον, οι απαιτήσεις του λόγου σήματος προς θόρυβο (SNR) καθορίζουν τη μέθοδο διαμόρφωσης που θα χρησιμοποιηθεί στο περιβάλλον.

Η QPSK είναι περισσότερο ανεκτική στις παρεμβολές από τις 16-QAM και 64-QAM. Για αυτόν το λόγο, όπου τα σήματα αναμένεται να είναι ανεκτικά στο θόρυβο και σε άλλες εξασθενήσεις σε μεταδόσεις μεγάλων αποστάσεων, η QPSK είναι η φυσιολογική επιλογή.

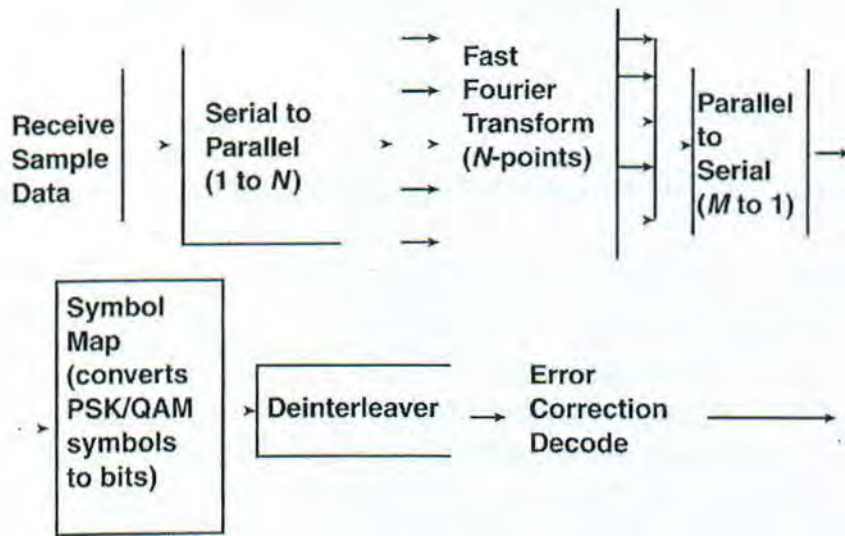
6.7.1.4.4. Πολυπλεξία με OFDM

Όπως φαίνεται στην Εικόνα 5.5, μια αποδοτική υλοποίηση OFDM μετατρέπει μια σειριακή ροή συμβόλων δεδομένων QPSK ή QAM σε μια παράλληλη ροή μεγέθους M . Αυτές οι M ροές διαμορφώνονται τότε σε M υπό-φέροντα μέσω χρήσης αντίστροφου FFT μεγέθους N ($N \leq M$). Οι N έξοδοι του αντίστροφου FFT διατάσσονται σειριακά για να σχηματίσουν μια ροή δεδομένων που να μπορεί να διαμορφωθεί από ένα μονό φέρον. Να σημειώσουμε πως ο N -point αντίστροφος FFT μπορεί να διαμορφώσει μέχρι N υπό-φέροντα. Όταν το M είναι μικρότερο από το N , τα υπολειπόμενα $N-M$ υπό-φέροντα δεν είναι στη ροή εξόδου. Αναγκαίως, αυτά έχουν διαμορφωθεί με μηδενικό πλάτος.

Αν και φαίνεται ότι συνδυάζοντας τις εξόδους του αντίστροφου FFT στον πομπό θα δημιουργούνταν παρεμβολές μεταξύ των υπό-φερόντων, η ορθογωνική αραίωση επιτρέπει στον δέκτη να ξεχωρίσει τέλεια κάθε υπό-φέρον.



Εικόνα 5.5 (Μπλοκ διάγραμμα απλού πομπού OFDM)



Εικόνα 5.6 (Μπλοκ διάγραμμα απλού δέκτη OFDM)

Η Εικόνα 5.6 απεικονίζει τη διαδικασία στο δέκτη. Τα λαμβανόμενα δεδομένα χωρίζονται σε N παράλληλες ροές που υφίστανται επεξεργασία από FFT μεγέθους N . Ο FFT μεγέθους N υλοποιεί αποτελεσματικά μια σειρά φίλτρων, καθένα ταιριασμένο σε N πιθανά υπό-φέροντα. Η έξοδος του FFT τότε διατάσσεται σε σειρά σε μια μονή ροή δεδομένων για αποκωδικοποίηση. Να σημειώσουμε πως όταν το M είναι μικρότερο από το N , με άλλα λόγια χρησιμοποιούνται λιγότερα από N υπό-φέροντα στον πομπό, ο δέκτης διατάσσει σε σειρά μόνο τα M υπό-φέροντα με δεδομένα.

6.7.1.4.5. Η Σημασία του OFDM στο WiMAX

Στη βιομηχανία των τηλεπικοινωνιών, η μεγαλοσύνη του WiMAX είναι ότι ένα OFDM σύστημα WiMAX μπορεί να δώσει 72 Mbit/sec ρυθμό μετάδοσης μη κωδικοποιημένων δεδομένων (~100 Mbit/sec κωδικοποιημένα) από 20 MHz φασματικού καναλιού. Αυτό μεταφράζεται σε αποδοτικότητα φάσματος 3,6 bit/sec ανά Hz. Αν πέντε από αυτά τα κανάλια των 20 MHz περιέχονται εντός της ζώνης 5.725 με 5.825 GHz, δίνοντας συνολική χωρητικότητα ζώνης 360 Mbit/sec (όλα τα κανάλια αθροισμένα μαζί με επαναχρησιμοποίηση 1x συχνότητας). Με επαναχρησιμοποίηση καναλιών και μέσω τμηματοποίησης, η συνολική χωρητικότητα από ένα μέρος BS θα μπορούσε ενδεχομένως να ξεπεράσει το 1 Gbit/sec.

Το OFDM έχει πολύπλευρα πλεονεκτήματα στο WiMAX, αλλά ανάμεσα στα πιο αξιοσημείωτα πλεονεκτήματα είναι η σημαντικότερη φασματική αποδοτικότητα. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό σε φάσμα αδειοδοτημένης χρήσης, όπου το εύρος ζώνης και το φάσμα είναι πολυδάπανα. Εδώ, το OFDM, παραδίδει περισσότερα δεδομένα ανά ευρώ φάσματος. Σε εφαρμογές μη αδειοδοτημένου φάσματος, το OFDM μετριάζει τις παρεμβολές από άλλους πομπούς εξαιτίας του στενότερου πλάτους δέσμης (λιγότερο από 28 MHz) και μπαντών προστασίας, καθώς και με διασκορπισμό των δεδομένων σε διαφορετικές συχνότητες έτσι ώστε αν μια ροή «πατηθεί» από ένα

παρεμβάλον σήμα, τα υπόλοιπα δεδομένα παραδίδονται με άλλες συχνότητες.

6.7.1.4.6. QoS: Διόρθωση Σφαλμάτων και Διεμπλοκή

Η κωδικοποίηση διόρθωσης σφαλμάτων δημιουργεί πλεονασμό στην εκπεμπόμενη ροή δεδομένων. Αυτός ο πλεονασμός επιτρέπει τη διόρθωση εσφαλμένων ή χαμένων bit. Το απλούστερο παράδειγμα θα ήταν η επανάληψη των bit πληροφορίας. Αυτό είναι γνωστό ως κώδικας επανάληψης. Αν και ο κώδικας επανάληψης είναι απλός στη δομή, τυπικά χρησιμοποιούνται περισσότερο πολύπλοκες μορφές πλεονασμού επειδή μπορούν να επιτύχουν υψηλότερο επίπεδο διόρθωσης σφαλμάτων. Για την OFDM, η κωδικοποίηση διόρθωσης σφαλμάτων σημαίνει ότι ένα κομμάτι από κάθε bit πληροφορίας μεταφέρεται σε έναν αριθμό υπό-φερόντων, και επομένως, αν κάποιο από αυτά τα υπό-φέροντα εξασθενήσει, το bit πληροφορίας θα φτάσει πάλι άθικτο.

Η διεμπλοκή είναι ο άλλος μηχανισμός που χρησιμοποιείται στα συστήματα OFDM για την αντιμετώπιση του αυξημένου ρυθμού σφαλμάτων σε εξασθενημένα υπό-φέροντα. Η διεμπλοκή είναι μια ντετερμινιστική διεργασία που αλλάζει τη σειρά των εκπεμπόμενων bit. Στα συστήματα OFDM, αυτό σημαίνει ότι bits που ήταν γειτονικά στο χρόνο, εκπέμπονται σε υπό-φέροντα αραιωμένων συχνοτήτων. Επομένως σφάλματα που παράγονται σε εξασθενημένα υπό-φέροντα διαχέονται στο χρόνο, δηλαδή, λίγες μεγάλης διάρκειας ριπές σφαλμάτων μετατρέπονται σε πολλές μικρής διάρκειας ριπές. Τότε κώδικες διόρθωσης σφαλμάτων διορθώνουν τις μικρής διάρκειας ριπές σφαλμάτων που προκύπτουν.

6.7.1.5. Μέτρα QoS Ειδικά για τις Προδιαγραφές του WiMAX

Το WiMAX χρησιμοποιεί συμβατικά και νέας γενιάς μέτρα QoS. Στη συνέχεια θα εστιάσουμε σε νέας γενιάς μέτρα QoS ιδιαίτερα για το WiMAX.

6.7.1.5.1. Θεωρία Λειτουργίας

Οι μηχανισμοί QoS του WiMAX λειτουργούν και σε UL και σε DL πλαίσια διαμέσου του SS και του BS. Οι προδιαγραφές του WiMAX για QoS περιλαμβάνουν τα ακόλουθα:

- Λειτουργία ρύθμισης και καταχώρησης για την προρύθμιση ροών υπηρεσιών QoS των SS και παραμέτρων κίνησης.
- Λειτουργία σηματοδότησης για την εγκαθίδρυση ενεργοποιημένου QoS ροών υπηρεσιών και παραμέτρων κίνησης.
- Αξιοποίηση του χρονοπρογραμματισμού MAC και παραμέτρων πλαισίων QoS για ροές υπηρεσιών UL.
- Αξιοποίηση παραμέτρων κίνησης QoS για ροές υπηρεσιών DL.

- Ομαδοποίηση ιδιοτήτων ροής υπηρεσίας σε ονοματισμένες τάξεις υπηρεσιών.

Ο κύριος μηχανισμός παροχής QoS είναι ο συσχετισμός πακέτων που διασχίζουν τη διεπαφή MAC με μια ροή υπηρεσίας όπως αναγνωρίζεται από ένα CID. Μια ροή υπηρεσίας είναι μια μονοκατευθυντική ροή πακέτων που της παρέχεται συγκεκριμένο QoS. Ο SS και ο BS παρέχουν αυτό το QoS, σύμφωνα με το σύνολο παραμέτρων QoS οριζόμενο για τη ροή υπηρεσίας.

Ο πρωταρχικός σκοπός των χαρακτηριστικών QoS που ορίζονται εδώ είναι να οριστεί διάταξη και χρονοπρογραμματισμός εκπομπής στην εναέρια διεπαφή. Ωστόσο, αυτά τα χαρακτηριστικά πρέπει συνήθως να λειτουργούν σε συνδυασμό με μηχανισμούς πέρα από την εναέρια διεπαφή με σκοπό να παρέχουν QoS από άκρο σε άκρο ή να ελέγχουν τη συμπεριφορά των SS.

Οι ροές υπηρεσιών και στις δύο κατευθύνσεις UL και DL μπορούν να υπάρχουν χωρίς να είναι πραγματικά ενεργοποιημένες για μεταφορά κίνησης. Όλες οι ροές υπηρεσιών έχουν ένα μοναδικό αναγνωριστικό των 32 bit (Service Flow ID, SFID), οι ενεργές και οι επιτρεπόμενες ροές έχουν επίσης ένα CID των 16 bit. Το SFID χρησιμοποιείται για την αναγνώριση της ροής ενός καναλιού επικοινωνίας το οποίο χρησιμοποιείται για ένα συγκεκριμένο είδος υπηρεσίας.

6.7.1.5.2. Ροές Υπηρεσιών

Μια ροή υπηρεσίας είναι μια υπηρεσία μεταφοράς MAC που παρέχει μονοκατευθυντική μεταφορά πακέτων είτε για πακέτα UL εκπεμπόμενα από τον SS είτε για πακέτα DL εκπεμπόμενα από τον BS. Μια ροή υπηρεσίας χαρακτηρίζεται από ένα σύνολο παραμέτρων QoS, όπως καθυστέρηση, παραμόρφωση σήματος και διαβεβαιώσεις διεκπαιρευτικής ικανότητας. Για να προτυποποιηθεί η λειτουργία μεταξύ του SS και του BS, αυτές οι ιδιότητες περιλαμβάνουν λεπτομέρειες για το πώς ο SS αιτείται κατανομές UL εύρους ζώνης και πώς αναμένεται να συμπεριφερθεί ο χρονοπρογραμματιστής UL του BS. Τα διαφορετικά στοιχεία των ροών υπηρεσιών που υπάρχουν στο WiMAX ορίζονται στον Πίνακα 5.4. Τα τρία είδη ροών υπηρεσιών παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.5.

Πίνακας 5.4

Στοιχείο	Περιγραφή
SFID	Το κύριο αναγνωριστικό μιας ροής υπηρεσίας σε ένα δίκτυο. Μια ροή υπηρεσίας έχει τουλάχιστον ένα SFID και μια συσχετισμένη κατεύθυνση.
CID	Η αντιστοίχιση σε ένα SFID που υπάρχει μόνο όταν η σύνδεση έχει μια admitted ή active ροή υπηρεσίας.

ProvisionedQoSParamSet	Ένα σύνολο παραμέτρων QoS προεφοδιασμένο με τρόπους εκτός του πεδίου του προτύπου, όπως σύστημα διαχείρισης δικτύου.
AdmittedQoSParamSet	Ένα σύνολο παραμέτρων QoS για το οποίο ο BS (και πιθανόν και ο SS) κρατούν πόρους. Ο κύριος πόρος που πρέπει να κρατηθεί είναι το εύρος ζώνης. Αυτό το σύνολο περιλαμβάνει επίσης μια επιπλέον μνήμη ή πόρο χρόνου που απαιτείται για να ενεργοποιήσει επακόλουθα τη ροή.
ActiveQoSParamSet	Ένα σύνολο παραμέτρων QoS που ορίζουν την υπηρεσία που πραγματικά παρέχεται στη ροή υπηρεσίας. Μόνο μια ενεργή ροή υπηρεσίας μπορεί να προωθήσει πακέτα.
Authorization Module	Μια λογική λειτουργία εντός του BS που εγκρίνει ή αρνείται οποιαδήποτε αλλαγή στις παραμέτρους QoS και στους ταξινομητές (Classifier) συσχετισμένοι με μια ροή υπηρεσίας. Έτσι, ορίζει ένα «φάκελο» που οριοθετεί τις πιθανές τιμές του AdmittedQoSParamSet και ActiveQoSParamSet.

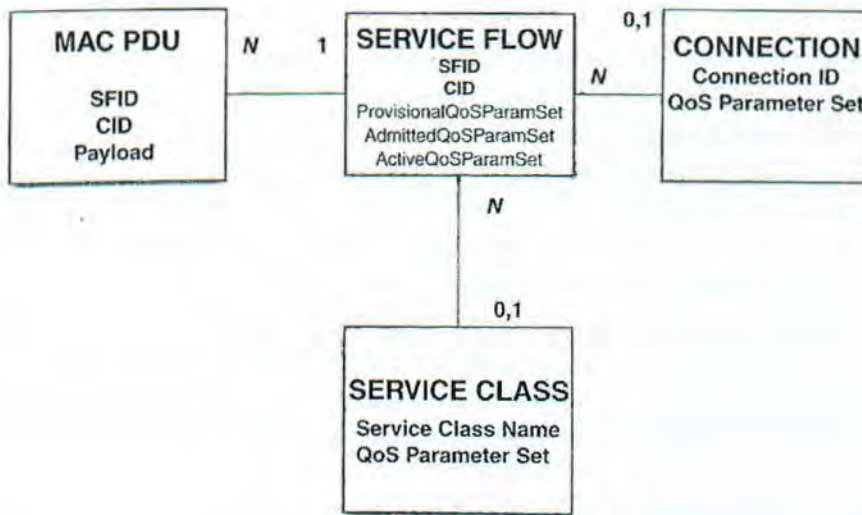
Πίνακας 5.5

Ροή Υπηρεσίας	Περιγραφή
Provisioned	Αυτή η ροή υπηρεσίας είναι γνωστή μέσω προεφοδιασμού, όπως για παράδειγμα το σύστημα διαχείρισης δικτύου. Οι παράμετροί της AdmittedQoSParamSet και ActiveQoSParamSet είναι κενές (null).
Admitted	Αυτή η ροή υπηρεσίας έχει πόρους κρατημένους από τον BS για τις AdmittedQoSParamSet παραμέτρους της, αλλά αυτές οι παράμετροι δεν είναι ενεργές.
Active	Αυτή η ροή υπηρεσίας έχει πόρους «ταγμένους» από τον BS για τις ActiveQoSParamSet παραμέτρους της. Οι ActiveQoSParamSet δεν είναι κενές (null).

6.7.1.5.3. Το Μοντέλο Αντικειμένου

Τα κύρια αντικείμενα της αρχιτεκτονικής αναπαριστώνται με ονοματισμένα τετράγωνα όπως απεικονίζει η Εικόνα 5.7. Κάθε αντικείμενο έχει έναν αριθμό ιδιοτήτων, τα ονόματα ιδιοτήτων που μοναδικώς αναγνωρίζουν το αντικείμενο είναι υπογραμμισμένα. Οι προαιρετικές ιδιότητες επισημαίνονται με παρενθέσεις. Η σχέση μεταξύ των αριθμών αντικειμένων αναγράφεται κάθε φορά στο τέλος της γραμμής συσχέτισης μεταξύ των αντικειμένων. Για παράδειγμα, μια ροή υπηρεσίας μπορεί να συσχετίζεται με 0 μέχρι N PDU,

αλλά μια PDU συσχετίζεται με ακριβώς μια ροή υπηρεσίας. Η ροή υπηρεσίας είναι είναι η κεντρική έννοια του πρωτοκόλλου MAC. Αναγνωρίζεται μοναδικώς από ένα SFID των 32-bit. Οι ροές υπηρεσιών μπορεί να είναι είτε στην UL είτε στην DL κατεύθυνση. Οι επιτρεπόμενες (admitted) και ενεργές (active) ροές υπηρεσιών αντιστοιχίζονται σε ένα CID 16-bit.



Εικόνα 5.7 (Θεωρία λειτουργίας του μοντέλου αντικειμένου)

Η τάξη υπηρεσίας (service class) είναι ένα προαιρετικό αντικείμενο που μπορεί να υλοποιηθεί στον BS. Αναφέρεται από ένα όνομα ASCII, το οποίο προορίζεται για σκοπούς προμήθειας (provisioning). Μια τάξη υπηρεσίας ορίζεται στον BS να έχει ένα συγκεκριμένο σύνολο παραμέτρων QoS. Τα σύνολα παραμέτρων QoS μιας ροής υπηρεσίας μπορεί να περιέχουν μια αναφορά στο όνομα της τάξης υπηρεσίας ως ένα *macro* που επιλέγει όλες τις παραμέτρους QoS της τάξης υπηρεσίας. Τα σύνολα παραμέτρων QoS ροής υπηρεσίας μπορούν να αυξήσουν και ακόμα να παρακάμψουν τις ρυθμίσεις παραμέτρων QoS της τάξης υπηρεσίας, που υπόκειται σε αυθεντικοποίηση από τον BS.

6.7.1.5.4. Τάξεις Υπηρεσιών

Η τάξη υπηρεσίας εκτελεί δύο λειτουργίες. Πρώτον, επιτρέπει στους επιχειρηματίες να μετατοπίζουν ρυθμιστικές ροές υπηρεσιών από τον εξυπηρετητή προμήθειας (provisioning server) στον BS. Οι επιχειρηματίες προμηθεύουν τους SS με το όνομα της τάξης υπηρεσίας, η πλήρης υλοποίηση του ονόματος ρυθμίζεται στον BS. Αυτό επιτρέπει στους επιχειρηματίες να τροποποιούν την υλοποίηση μιας δεδομένης υπηρεσίας σύμφωνα με τις τοπικές συνθήκες χωρίς να αλλάζουν οι παροχές των SS.

Δεύτερον, επιτρέπει σε πρωτόκολλα υψηλότερου στρώματος να δημιουργούν μια ροή υπηρεσίας από το όνομα της τάξης υπηρεσίας της. Για παράδειγμα, η σηματοδότηση τηλεφωνίας μπορεί να διατάξει τον SS να συγκεκριμενοποιήσει οποιαδήποτε προδιατεθειμένη ροή υπηρεσίας τάξης «G.711».

Το σύνολο παραμέτρων QoS οποιασδήποτε ροής υπηρεσίας μπορεί να καθορίζεται με έναν από τους τρεις τρόπους: πρώτον, με τη ρητή συμπερίληψη όλων των παραμέτρων κίνησης, δεύτερον, με την έμμεση

αναφορά σε ένα σύνολο παραμέτρων κίνησης καθορίζοντας ένα όνομα τάξης υπηρεσίας, και τρίτον, καθορίζοντας ένα όνομα τάξης υπηρεσίας παράλληλα με την τροποποίηση των παραμέτρων.

6.7.1.5.5. Εξουσιοδότηση

Η δομική ενότητα εξουσιοδότησης (Authorization Module) θα εγκρίνει κάθε αλλαγή στις παραμέτρους QoS της ροής υπηρεσίας. Αυτό συμπεριλαμβάνει κάθε μήνυμα DSA-REQ που αλλάζει ένα σύνολο παραμέτρων QoS μιας υπάρχουσας ροής υπηρεσίας. Τέτοιες αλλαγές δημιουργούν μια νέα ροή υπηρεσίας, και κάθε μήνυμα DSC-REQ αλλάζει ένα σύνολο παραμέτρων QoS μιας υπάρχουσας ροής υπηρεσίας. Τέτοιες αλλαγές περιλαμβάνουν την αίτηση έκδοσης απόφασης ελέγχου εισόδου (για παράδειγμα, αρχικοποίηση του AdmittedQoSParamSet) και την αίτηση ενεργοποίησης μιας ροής υπηρεσίας (για παράδειγμα, αρχικοποίηση του ActiveQoSParamSet). Το Authorization Module ελέγχει επίσης αιτήσεις αναγωγής που αφορούν τους πόρους που θα διατεθούν ή θα ενεργοποιηθούν. Αυτό ορίζεται καλύτερα στον Πίνακα 5.6

Πριν την αρχική αρχικοποίηση της σύνδεσης, ο BS ανακτά το σύνολο παραμέτρων Provisional QoS για έναν SS το οποίο παραδίδεται στο Autorization Module στον BS. Ο BS θα είναι ικανός να πιάσει το σύνολο παραμέτρων Provisional QoS και θα μπορεί να χρησιμοποιήσει αυτές τις πληροφορίες για την εξουσιοδότηση δυναμικών ροών οι οποίες είναι ένα υποσύνολο του συνόλου παραμέτρων Provisional QoS.

Πίνακας 5.6 (Μοντέλα εξουσιοδότησης QoS του WiMAX)

Είδος	Περιγραφή
Static Authorization	Αποθηκεύει την προδιατεθειμένη κατάσταση (provisioned status) όλων των «ετεροχρονισμένων» ροών υπηρεσιών. Αιτήσεις εισόδου και ενεργοποίησης για τις provisioned ροές υπηρεσιών θα επιτρέπονται για όσο το σύνολο παραμέτρων Admitted QoS είναι υποσύνολο του συνόλου παραμέτρων Provisioned QoS, και το σύνολο παραμέτρων Active QoS είναι υποσύνολο του συνόλου παραμέτρων Admitted QoS. Αιτήσεις αλλαγής του συνόλου παραμέτρων Provisioned QoS θα απορρίπτονται, όπως και οι αιτήσεις για δημιουργία νέων δυναμικών ροών υπηρεσιών. Η στατική εξουσιοδότηση ορίζει ένα στατικό σύστημα όπου όλες οι πιθανές υπηρεσίες ορίζονται στην αρχική ρύθμιση καθενός SS.

Dynamic Authorization	Επικοινωνεί μέσω μιας ξεχωριστής διεπαφής με έναν ανεξάρητο εξυπηρετητή πολιτικής που παρέχει τη δομική ενότητα εξουσιοδότησης (Authorization Module) με πρότερη γνωστοποίηση αναμενόμενων αιτήσεων εισόδου και ενεργοποίησης και καθορίζει τη σωστή επένεργεια εξουσιοδότησης που πρέπει να γίνει στις αιτήσεις. Το Authorization Module ελέγχει τότε τις αιτήσεις εισόδου και ενεργοποίησης από έναν SS για να διασφαλίσει ότι το ActiveQoSParamSet που ζητήθηκε είναι υποσύνολο του συνόλου που παρέχει ο εξυπηρετητής πολιτικής. Οι αιτήσεις εισόδου και ενεργοποίησης ενός SS που σηματοδοτούνται εκ των προτέρων από τον εξυπηρετητή πολιτικής γίνονται αποδεκτές.
-----------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

6.7.1.5.6. Είδη Ροών Υπηρεσιών

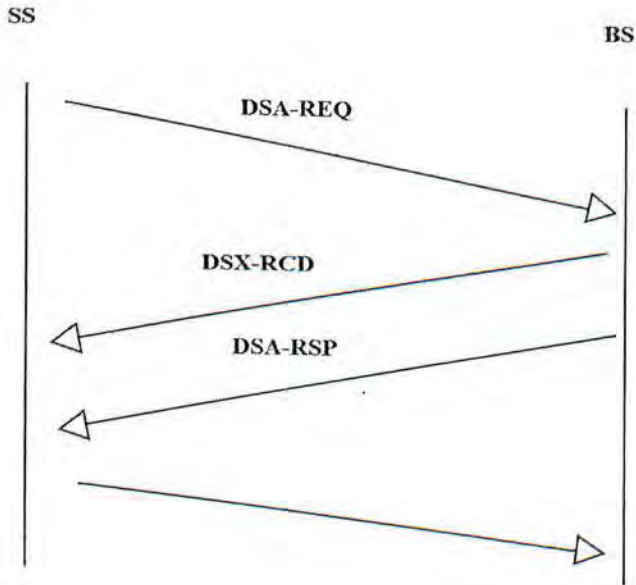
Τα τρία είδη ροών υπηρεσιών περιγράφονται στον Πίνακα 5.7

Πίνακας 5.7 (Είδη ροών υπηρεσιών)

Ροή Υπηρεσίας	Περιγραφή
Provisional service flows	Μια ροή υπηρεσίας που προδιαθέεται (provisioned) αλλά δεν ενεργοποιείται αμέσως.
Admitted service flows	Ένα μοντέλο ενεργοποίησης δύο φάσεων. Πρώτα, αποδίδονται οι πόροι για μια κλήση, μόλις ολοκληρωθεί η διαπραγμάτευση από άκρο σε άκρο, οι πόροι ενεργοποιούνται.
Active service flows	Μια ροή υπηρεσίας που το ActiveQoSParamSet δεν είναι κενό (null).

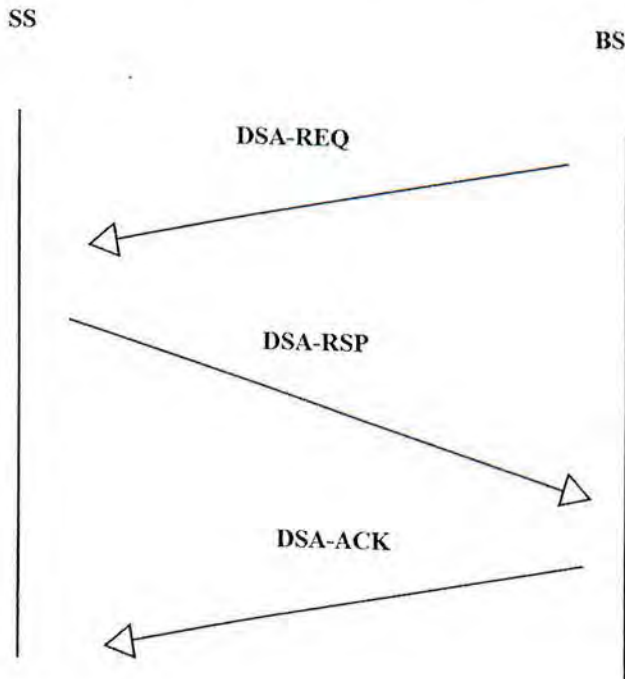
Δημιουργία Ροής Υπηρεσίας. Κατά τη διάρκεια της προδιάθεσης, μια ροή υπηρεσίας συγκεκριμενοποιείται και επιδέχεται ένα SFID (Service Flow ID) και ένα είδος προδιάθεσης. Την ενεργοποίηση των ροών υπηρεσιών ακολουθεί η μεταφορά των λειτουργικών παραμέτρων.

Δημιουργία Ροής Υπηρεσίας από SS. Ροές υπηρεσιών μπορούν να ξεκινήσουν και ο BS και ο SS. Ένα DSA-REQ από έναν SS (βλέπε Εικόνα 5.8) περιέχει μια αναφορά ροή υπηρεσίας και ένα σύνολο παραμέτρων QoS (ορισμένο είτε μόνο για είσοδο (admission-only) είτε για είσοδο και ενεργοποίηση). Ο BS αποκρίνεται με ένα DSA-RSP υποδηλώνοντας αποδοχή ή άρνηση.



Εικόνα 5.8 (ροή μηνύματος DSA που εκκινεί ο SS)

Δημιουργία Δυναμικής Ροής Υπηρεσίας από τον BS. Ένα DSA-REQ από τον BS (βλέπε Εικόνα 5.9) περιέχει ένα SFID για μια UL και μια DL ροή υπηρεσίας, πιθανόν τα συσχετισμένα CID τους, και ένα σύνολο active ή admitted παραμέτρων QoS. Ο SS αποκρίνεται με DSA-RSP υποδηλώνοντας αποδοχή ή άρνηση.



Εικόνα 5.9 (ροή μηνύματος DSA που εκκινεί ο BS)

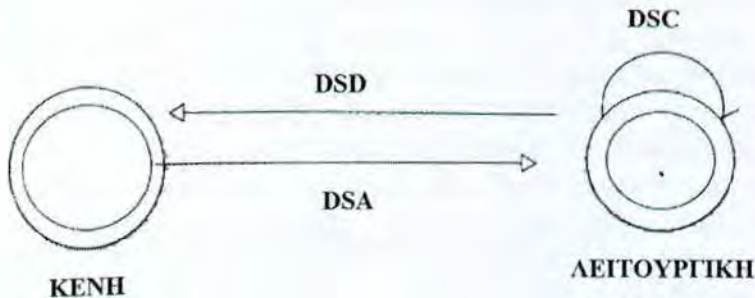
6.7.1.5.7. Διαχείριση Ροής Υπηρεσίας

Οι ροές υπηρεσιών μπορούν να δημιουργηθούν, να τροποποιηθούν, ή να διαγραφούν. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω μιας σειράς μηνυμάτων διαχείρισης MAC τα οποία περιγράφονται στον Πίνακα 5.8

Πίνακας 5.8

Είδος Μηνύματος			Περιγραφή		
Dynamic Service (DSC)	Change		Τροποποιεί υπάρχουσα ροή υπηρεσίας.	υπάρχουσα	ροή
Dynamic Service Delete (DSD)			Διαγράφει υπάρχουσες ροές υπηρεσιών.	υπάρχουσες	ροές
Dynamic Service (DSA)	Activate		Ενεργοποιεί μια ροή υπηρεσίας.		

Όπως φαίνεται στην Εικόνα 5.10, η κενή κατάσταση υπονοεί πως δεν υπάρχει καμιά ροή υπηρεσίας που να ταιριάζει το SFID στο μήνυμα. Μόλις υπάρξει η ροή υπηρεσίας, είναι λειτουργική και της έχει ανατεθεί ένα SFID. Στη λειτουργία σταθερής κατάστασης (steady-state), η ροή υπηρεσίας βρίσκεται σε ονομαστική κατάσταση.



Εικόνα 5.10 (Dynamic Service Flow)

6.7.1.6. Συμπέρασμα

Οι παροχείς υπηρεσιών που εξετάζουν το WiMAX ως λύση πρέπει να λαμβάνουν υπόψη τους τα πολλά μέτρα, συμβατικά και ειδικά του WiMAX, που επικεντρώνονται σε θέματα QoS. Εφόσον η εκπομπή γίνεται στον ελεύθερο χώρο, είναι σημαντικό ότι η μεγαλύτερη δυσκολία στο περιβάλλον των επικοινωνιών δεδομένων είναι τα μέτρα QoS. Τα συμβατικά μέτρα (όπως TDD, FDD, και OFDM) παρουσιάζουν με μοναδικό τρόπο θέματα QoS για αυτό το πρωτόκολλο. Τα μοντέλα αντικειμένου και οι δυναμικές ροές υπηρεσιών παράλληλα με τις παραμέτρους QoS διασφαλίζουν καλό QoS στα εναέρια κύματα χρησιμοποιώντας το WiMAX

6.7.2. Ασφάλεια στα δίκτυα 802.16 WiMAX

Το WiMAX χρησιμοποιεί κρυπτογράφηση X.509 για την αρχικοποίηση της συνόδου και, αφού εγκαθιδρυθεί, χρησιμοποιεί κρυπτογράφηση 56-bit DES για την προστασία της μετάδοσης. Και τα δύο μέτρα αποτρέπουν την κλοπή υπηρεσίας και διασφαλίζουν την ιδιωτικότητα της συνόδου.

Μια σημαντική αντίρρηση που έχουν οι παροχείς υπηρεσιών στα δίκτυα ασύρματης ευρυζωνικής πρόσβασης είναι η ασφάλεια. Θα παρέχει το ασύρματο πρωτόκολλο επαρκή ασφάλεια για την αποφυγή κλοπής υπηρεσίας, και άρα προστασία των επενδύσεών τους στην ασύρματη υποδομή; Θα προστατεύεται η ιδιωτικότητα των συνδρομητών τους από τους χάκερ οι οποίοι μπορεί εν τέλει να διαπράξουν κλοπή ταυτότητας; Η προδιαγραφή του WiMAX προσφέρει κάποια πολύ ισχυρά μέτρα ασφάλειας, κάνοντας αδύνατη την απερίσκεπτη κλοπή υπηρεσίας. Οι συνδρομητές WiMAX δε χρειάζεται να φοβούνται για την ιδιωτικότητά τους κατά την αξιοποίηση αυτής της ασύρματης υπηρεσίας.

6.7.2.1. Το Υπόστρωμα Ασφάλειας (Security Sublayer)

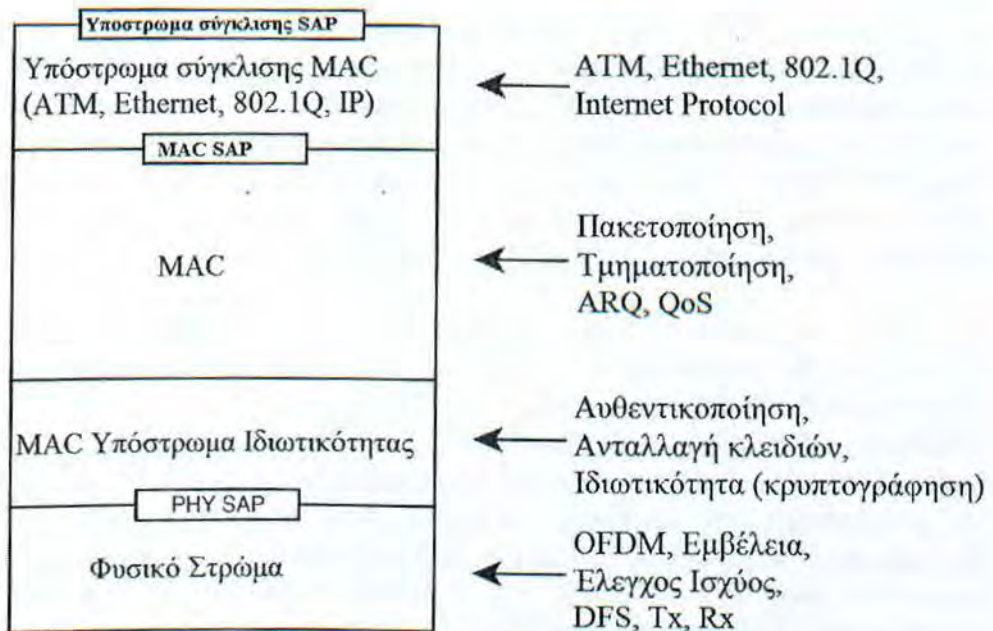
Η προδιαγραφή WiMAX περιλαμβάνει ένα υπόστρωμα ασφάλειας που παρέχει ιδιωτικότητα στους συνδρομητές σε όλο το σταθερό ευρυζωνικό ασύρματο δίκτυο (Fixed Broadband Access). Αυτό το κάνει κρυπτογραφώντας τις συνδέσεις μεταξύ SS και BS. Ακόμη, το υπόστρωμα ασφάλειας παρέχει στους λειτουργούς ισχυρή προστασία ενάντια στην κλοπή υπηρεσίας. Ο BS αποτρέπει τη μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση σε αυτή την υπηρεσία μεταφοράς δεδομένων επιβάλλοντας κρυπτογράφηση των συσχετισμένων ροών υπηρεσιών κατά μήκος του δικτύου. Το υπόστρωμα ιδιωτικότητας χρησιμοποιεί ένα αυθεντικοποιημένο πρωτόκολλο διαχείρισης κλειδιού πελάτη/εξυπηρετητή, στο οποίο ο BS, ο εξυπηρετητής, ελέγχει τη διανομή των κλειδιών στους δικούς του πελάτες SS. Επιπροσθέτως, η προσθήκη αυθεντικοποίησης SS με ψηφιακά πιστοποιητικά στο πρωτόκολλο διαχείρισης κλειδιών του ενδυναμώνει τους βασικούς μηχανισμούς ιδιωτικότητας. Η Εικόνα 7.1 απεικονίζει τη σχέση του στρώματος ιδιωτικότητας MAC με το MAC και τα φυσικά στρώματα.

6.7.2.2. Η Αρχιτεκτονική Ασφάλειας στο WiMAX.

Η ιδιωτικότητα στην προδιαγραφή WiMAX έχει δύο συστατικά πρωτόκολλα:

- Ένα πρωτόκολλο ενθυλάκωσης για κρυπτογράφηση πακέτων δεδομένων στο δίκτυο BWA (Broadband Wireless Access). Αυτό το πρωτόκολλο ορίζει πρώτα ένα σύνολο υποστηριζόμενων κρυπτογραφικών πακέτων (ζεύγη κρυπτογράφησης δεδομένων και αυθεντικοποίησης αλγόριθμων και κανόνες για την εφαρμογή αυτών των αλγόριθμων σε ένα ωφέλιμο φορτίο MAC PDU).
- Ένα πρωτόκολλο διαχείρισης ιδιωτικότητας κλειδιού (Privacy Key Management) που παρέχει την ασφαλή διανομή δεδομένων κλειδιού

από τον BS στον SS. Μέσω αυτού του πρωτοκόλλου διαχείρισης κλειδιών, ο SS και ο BS συγχρονίζουν τα δεδομένα κλειδιού, και επιπλέον, ο BS χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο για την επιβολή πρόσβασης υπό συνθήκη σε υπηρεσίες του δικτύου.



Εικόνα 7.1

6.7.2.3. Κρυπτογράφηση Πακέτων Δεδομένων.

Οι υπηρεσίες κρυπτογράφησης ορίζονται ως ένα σύνολο δυνατοτήτων εντός του MAC υποστρώματος ασφάλειας. Οι πληροφορίες κεφαλίδας MAC ειδικές για κρυπτογράφηση εκχωρούνται στη γενική μορφή κεφαλίδας MAC. Πάντα εφαρμόζεται κρυπτογράφηση στο ωφέλιμο φορτίο MAC PDU. Η γενική κεφαλίδα MAC δεν κρυπτογραφείται. Όλα τα μηνύματα διαχείρισης MAC θα σταλούν εκτός κινδύνου για τη διευκόλυνση καταχώρησης, ελέγχου εμβέλειας, και φυσιολογικής λειτουργίας του MAC.

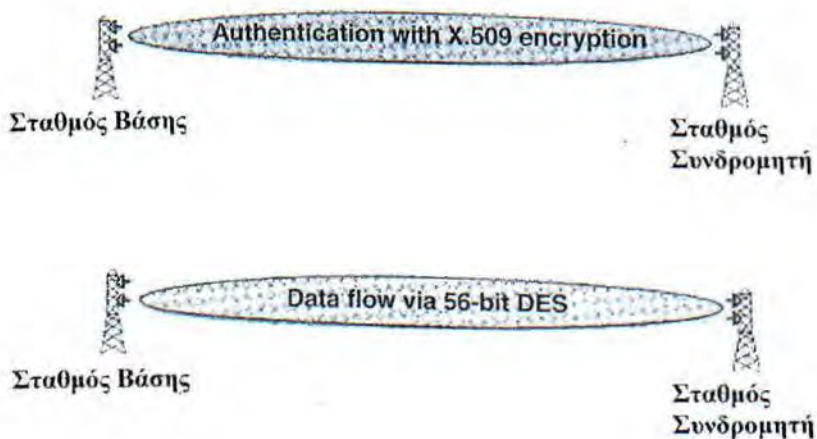
6.7.2.4. Πρωτόκολλο Διαχείρισης Κλειδιών.

Ένας SS χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο PKM για να αποκτήσει εξουσιοδότηση και κλειδιά από τον BS και για να υποστηρίξει περιοδική επανεξουσιοδότηση και ανανέωση κλειδιών. Το πρωτόκολλο διαχείρισης κλειδιών χρησιμοποιεί ψηφιακά πιστοποιητικά X.509, τον αλγόριθμο κρυπτογράφησης δημοσίου κλειδιού RSA, και ισχυρούς αλγόριθμους κρυπτογράφησης για την επιτέλεση ανταλλαγής κλειδιών μεταξύ SS και BS.

Το πρωτόκολλο PKM προσφύεται σε ένα μοντέλο πελάτη/εξυπηρετητή όπου ο SS (ένας πελάτης PKM) αιτείται δεδομένα κλειδιών, και ο BS (ένας εξυπηρετητής PKM) αποκρίνεται σε αυτές τις αιτήσεις. Αυτό το πρωτόκολλο διασφαλίζει ότι μεμονωμένοι πελάτες SS λαμβάνουν δεδομένα κλειδιών μόνο για τα οποία είναι εξουσιοδοτημένοι. Το πρωτόκολλο PKM χρησιμοποιεί αποστολή μηνυμάτων διαχείρισης MAC: PKM-REQ και PKM-RSP.

Το πρωτόκολλο PKM χρησιμοποιεί κρυπτογραφία δημοσίου κλειδιού για να εγκαθιδρύσει ένα διαμοιραζόμενο, μυστικό ΑΚ μεταξύ του SS και του BS. Το διαμοιραζόμενο, μυστικό κλειδί τότε χρησιμοποιείται για να ασφαλίσει τις παρεπόμενες PKM ανταλλαγές κλειδιών κρυπτογράφησης κίνησης (Traffic Encryption Keys, TEK). Αυτός ο δι-στρωματικός μηχανισμός για τη διανομή κλειδιών επιτρέπει την ανανέωση των TEK χωρίς να επιβαρύνονται οι διεξοδικών υπολογισμών λειτουργίες δημοσίου κλειδιού.

Ένας BS αυθεντικοποιεί έναν πελάτη SS κατά τη διάρκεια της αρχικής εξουσιοδοτικής ανταλλαγής. Κάθε SS μεταφέρει ένα μοναδικό ψηφιακό πιστοποιητικό X.509 εκδομένο από τον κατασκευαστή. Το ψηφιακό πιστοποιητικό περιέχει το δημόσιο κλειδί του SS και τη διεύθυνση MAC. Όταν αιτείται ένα ΑΚ, ο SS παρουσιάζει το ψηφιακό πιστοποιητικό του στον BS. Ο BS επαληθεύει το ψηφιακό πιστοποιητικό και μετά χρησιμοποιεί το εξακριβωμένο δημόσιο κλειδί για την κρυπτογράφηση ενός ΑΚ το οποίο τότε ο BS στέλνει πίσω στον αιτούντα SS. Η Εικόνα 7.2 περιγράφει λεπτομερώς τη σχέση μεταξύ X.509 και 56-bit DES.



Εικόνα 7.2 (Ασφάλεια στο WiMAX)

Ο BS συσχετίζει την ταυτότητα αυθεντικοποίησης ενός SS με έναν καταγεγραμμένο συνδρομητή και άρα με την υπηρεσία δεδομένων (φωνή, βίντεο, δεδομένα) για την οποία ο συνδρομητής έχει εξουσιοδοτημένη πρόσβαση. Συνεπώς, με την ανταλλαγή ΑΚ, ο BS εγκαθιδρύει μια αυθεντικοποιημένη ταυτότητα ενός πελάτη SS και τις υπηρεσίες για τις οποίες ο SS έχει εξουσιοδοτημένη πρόσβαση.

Επειδή ο BS αυθεντικοποιεί τον SS, παρέχεται προστασία από έναν επιτιθέμενο που χρησιμοποιεί έναν κλώνο SS και παριστάνει τον νόμιμο SS.

Η χρήση των πιστοποιητικών X.509 εμποδίζει τους κλώνους SS να αναθέσουν ψεύτικα διαπιστευτήρια σε έναν BS.

Όλοι οι SS έχουν ζεύγη ιδιωτικών/δημοσίων κλειδιών RSA εγκατεστημένα από το εργοστάσιο ή παρέχουν έναν εσωτερικό αλγόριθμο για την δυναμική παραγωγή τέτοιων ζευγών κλειδιών. Αν ένας SS βασίζεται σε έναν εσωτερικό αλγόριθμο για την παραγωγή του RSA ζεύγους κλειδιών του, ο SS παράγει το ζεύγος κλειδιών πριν την πρώτη του ανταλλαγή AK. Όλοι οι SS οι οποίοι βασίζονται σε εσωτερικούς αλγόριθμους για την παραγωγή ενός RSA ζεύγους κλειδιών θα υποστηρίζουν ένα μηχανισμό εγκατάστασης ενός πιστοποιητικού X.509 εκδομένο από τον κατασκευαστή μετά την παραγωγή κλειδιών.

Η χρήση ενός εργοστασιακής εγκατάστασης RSA ζεύγους ιδιωτικών/δημοσίων κλειδιών περιορίζει τις πιθανότητες επιτυχίας ενός πιθανού χάκερ. Το πρώτο εμπόδιο ενός πιθανού χάκερ είναι να έχει έναν SS από τον ίδιο κατασκευαστή με τον BS στόχο, και το δεύτερο είναι να «σπάσει» την X.509 κρυπτογράφηση.

Στο RSA, ένα μήνυμα κρυπτογραφείται με ένα δημόσιο κλειδί και μπορεί να αποκρυπτογραφηθεί μόνο με το αντίστοιχο ιδιωτικό κλειδί. Οποιοσδήποτε σταθμός μπορεί να κρυπτογραφήσει ένα μήνυμα με το δημόσιο κλειδί, αλλά μόνο ένας σταθμός μπορεί να το αποκρυπτογραφήσει χρησιμοποιώντας το μυστικό ιδιωτικό κλειδί. Η ροή της κρυπτογράφησης είναι *πολλά προς ένα*.

Το αντίστροφο είναι επίσης αληθές: Ένα μήνυμα μπορεί να κρυπτογραφηθεί με ένα ιδιωτικό κλειδί και να αποκρυπτογραφηθεί μόνο με το αντίστοιχο δημόσιο κλειδί. Αυτό το είδος κρυπτογράφησης μπορεί να φαίνεται ανόητο επειδή οποιοσδήποτε μπορεί να χρησιμοποιήσει το δημόσιο κλειδί για να διαβάσει το μήνυμα. Η ροή της κρυπτογράφησης είναι *ένα προς πολλά*. Αυτή η κρυπτογράφηση δεν παρέχει καμία ασφάλεια, αλλά η συμμετρία επίσης θεωρείται, αφού το δημόσιο κλειδί μπορεί να αποκρυπτογραφήσει μόνο μηνύματα που έχουν κρυπτογραφηθεί με το μυστικό ιδιωτικό κλειδί.

6.7.2.5. Συσχετίσεις Ασφάλειας (Security Associations).

Μια SA είναι το σύνολο των πληροφοριών ασφάλειας το οποίο ένας BS και ένας ή περισσότεροι SS διαμοιράζονται με σκοπό την υποστήριξη ασφαλών επικοινωνιών στο πρότυπο WiMAX. Ορίζονται τρία είδη SA: Πρωτεύουσα (Primary), Στατική (Static), και Δυναμική (Dynamic). Κάθε SS που επιδέχεται διαχείριση εγκαθιδρύει μια πρωτεύουσα συσχέτιση ασφάλειας (Primary SA) κατά τη διάρκεια της διαδικασίας αρχικοποίησης του SS. Οι στατικές SA προδιαθέτονται εντός του BS. Οι δυναμικές SA εγκαθιδρύονται και εξαφανίζονται άμεσα σε απόκριση της αρχικοποίησης και τερματισμού συγκεκριμένων ροών υπηρεσιών. Και οι στατικές και οι δυναμικές συσχέτισεις ασφάλειας μπορούν να διαμοιραστούν σε πολλαπλούς SS.

Οι πληροφορίες κλειδιών μιας SA έχουν περιορισμένο χρόνο ζωής. Όταν ο BS παραδίδει πληροφορίες κλειδιών SA σε έναν SS, παρέχει επίσης σε αυτόν τον SS τον υπολειπόμενο χρόνο ζωής αυτών των πληροφοριών. Ο SS είναι υπεύθυνος για την αίτηση νέων πληροφοριών κλειδιών από τον BS πριν λήξει αυτό που τρεχόντως έχει. Στην περίπτωση που το τρέχον σύνολο πληροφοριών κλειδιών λήξει πριν ληφθεί νέο, ο SS θα επιτελέσει δικτυακή

είσοδο. Το πρωτόκολλο PKM προδιαγράφει τον τρόπο που ο SS και ο BS διατηρούν συγχρονισμό κλειδιών.

6.7.2.5.1 Το Πρωτόκολλο PKM

Το WiMAX αξιοποιεί το PKM για την εγκαθίδρυση μιας ασφαλούς ζεύξης μεταξύ του σταθμού βάσης και του σταθμού συνδρομητή. Στη συνέχεια ακολουθεί λεπτομερής περιγραφή του PKM.

Εξουσιοδότηση SS και Σφαιρική Θεώρηση της Ανταλλαγής ΑΚ.

Η διαδικασία εξουσιοδότησης SS περιλαμβάνει τα ακόλουθα βήματα:

- Ο BS αυθεντικοποιεί την ταυτότητα ενός πελάτη SS.
- Ο BS παρέχει στον αυθεντικοποιημένο SS ένα ΑΚ από το οποίο αποκομίζονται ένα κλειδί κρυπτογράφησης κλειδιού (Key Encryption Key) και κλειδιά αυθεντικοποίησης μηνυμάτων.
- Ο BS παρέχει στον αυθεντικοποιημένο SS τις ταυτότητες και τις ιδιότητες των πρωτευουσών και στατικών συσχετίσεων ασφάλειας από τις οποίες ο SS εξουσιοδοτείται να αποκτήσει πληροφορίες κλειδιών (keying information).
- Μετά την επίτευξη της αρχικής εξουσιοδότησης, ο SS αναζητά περιοδικά επανεξουσιοδότηση με τον BS. Η επανεξουσιοδότηση γίνεται επίσης και από τη μηχανή κατάστασης εξουσιοδότησης του SS. Ο SS πρέπει να διατηρήσει την κατάσταση εξουσιοδότησής του με τον BS ώστε να μπορεί να ανανεώνει παλαιά TEK.
- Ένας SS αρχίζει την εξουσιοδότηση στέλνοντας ένα μήνυμα Authentication Information στον BS του. Το μήνυμα Authentication Information περιέχει το X.509 πιστοποιητικό του κατασκευαστή του SS, εκδομένο από τον ίδιο τον κατασκευαστή ή από μια εξωτερική πηγή εξουσιοδότησης.
- Ο SS στέλνει ένα μήνυμα αίτησης εξουσιοδότησης (Authorization Request) στον BS του αμέσως μετά την αποστολή του μηνύματος Authentication Information. Αυτό είναι μια αίτηση για ένα ΑΚ, καθώς και για τα αναγνωριστικά συσχετίσεων ασφαλείας (Security Association Identifications, SAID) αναγνωρίζοντας οποιοσδήποτε στατικές συσχετίσεις ασφαλείας στις οποίες είναι εξουσιοδοτημένος ο SS να συμμετέχει.

Το μήνυμα αίτησης εξουσιοδότησης Authorization Request του SS περιλαμβάνει τα ακόλουθα:

- Ένα X.509 πιστοποιητικό εκδομένο από τον κατασκευαστή.
- Μια περιγραφή των κρυπτογραφικών αλγόριθμων που υποστηρίζει ο αιτών SS. Οι κρυπτογραφικές δυνατότητες ενός SS παρουσιάζονται στον BS ως μια λίστα αναγνωριστικών κρυπτογραφικών πακέτων, όπου το καθένα υποδηλώνει ένα συγκεκριμένο ζεύγος αλγορίθμου κρυπτογράφησης πακέτων δεδομένων και αλγορίθμου αυθεντικοποίησης πακέτων δεδομένων το οποίο υποστηρίζει ο SS.
- Το βασικό CID του SS.

- Σε απόκριση του μηνύματος αίτησης εξουσιοδότησης (Authorization Request), ο BS επικυρώνει την ταυτότητα του αιτούντος SS, καθορίζει τον αλγόριθμο κρυπτογράφησης και την υποστήριξη του πρωτοκόλλου που διαμοιράζεται με τον SS, ενεργοποιεί ένα AK για τον SS, το κρυπτογραφεί με το δημόσιο κλειδί του SS, και το στέλνει πίσω στον SS με ένα μήνυμα Authorization Reply. Η απόκριση εξουσιοδότησης περιλαμβάνει τα ακόλουθα:
 - Ένα AK κρυπτογραφημένο με το δημόσιο κλειδί του SS.
 - Έναν 4-bit αριθμό ακολουθίας κλειδιού που χρησιμοποιείται για τη διάκριση μεταξύ των επιτυχημένων παραγωγών AK.
 - Έναν χρόνο ζωής κλειδιού.
 - Τα αναγνωριστικά και τις ιδιότητες της μονής πρωτεύουσας και καμίας ή περισσοτέρων στατικών SA για τις οποίες ο SS είναι εξουσιοδοτημένος να αποκτήσει πληροφορίες κλειδιών.
 - Σε απόκριση της αίτησης εξουσιοδότησης ενός SS, ο BS θα καθορίσει αν ο αιτών SS, του οποίου η ταυτότητα μπορεί να επαληθευτεί μέσω του ψηφιακού πιστοποιητικού X.509, είναι εξουσιοδοτημένος για βασικές υπηρεσίες unicast και ποιες επιπλέον στατικές προδιατεθειμένες υπηρεσίες δικαιούται ο χρήστης του SS.
 - Ένας SS ανανεώνει περιοδικά το AK του ξανά-εκδίδοντας ένα Authorization Request στον BS. Η επανεξουσιοδότηση είναι ίδια με την εξουσιοδότηση με την εξαίρεση ότι ο SS δε στέλνει μηνύματα Authorization Information κατά τη διάρκεια των κύκλων επανεξουσιοδότησης.

Σφαιρική Θεώρηση Ανταλλαγών TEK. Με τη λήψη της εξουσιοδότησης, ο SS ξεκινά μια ξεχωριστή μηχανή κατάστασης TEK για κάθε ένα από τα SAID που ταυτοποιείται στο μήνυμα Authorization Reply. Κάθε μηχανή κατάστασης TEK που λειτουργεί εντός του SS είναι υπεύθυνη για τη διαχείριση των κλειδιών που συσχετίζονται με το αντίστοιχο SAID της. Οι μηχανές κατάστασης TEK στέλνουν περιοδικά μηνύματα Key Request (αίτησης κλειδιών) στον BS, αιτώντας μια ανανέωση των κλειδιών για τα αντίστοιχα SAID τους.

Ο BS αποκρίνεται σε ένα Key Request με ένα μήνυμα Key Reply που περιλαμβάνει τα ενεργά κλειδιά του BS για ένα συγκεκριμένο SAID. Το TEK κρυπτογραφείται χρησιμοποιώντας KEK προερχόμενο από το AK.

Το Key Reply παρέχει στον αιτούντα SS το υπόλοιπο χρόνου ζωής για κάθε ένα από τα δύο σύνολα κλειδιών. Ο παραλήπτης SS χρησιμοποιεί αυτούς τους εναπομείναντες χρόνους ζωής για να εκτιμήσει πότε ο BS θα ακυρώσει ένα συγκεκριμένο TEK και, επομένως, πότε να προγραμματίσει μελλοντικά Key Requests έτσι ώστε ο SS να αιτείται και να λαμβάνει κλειδιά πριν ο BS δηλώσει λήξη αυτών που ο SS τρεχόντως έχει. Ο Πίνακας 7.1 περιγράφει λεπτομερώς αυτή τη διαδικασία.

Πίνακας 7.1 (Μηνύματα ανταλλαγής PKM)

Μήνυμα PKM	Περιγραφή
Authentication Information	Περιέχει το X.509 πιστοποιητικό του κατασκευαστή
Authorization Request	Το στέλνει ένας SS στον BS του για να αιτηθεί ένα AK και λίστα εξουσιοδοτημένων SAID.
Authorization Reply	Το στέλνει ένας BS σε έναν SS για να αποκριθεί σε ένα AK και μια λίστα εξουσιοδοτημένων SAID.
Authorization Invalid	Το στέλνει ένας BS σε έναν SS για να απορρίψει ένα μήνυμα Authorization Request που έλαβε από αυτόν τον SS.
Key Request	Το στέλνει ένας SS σε έναν BS για να αιτηθεί ένα TEK για την ιδιωτικότητα ενός εκ των εξουσιοδοτημένων SAID του.
Key Reply	Το στέλνει ένας BS σε έναν SS για να μεταφέρει τα δύο ενεργά σύνολα της κίνησης υλικού κλειδιών για το SAID.
Key Reject	Το στέλνει ένας BS σε έναν SS για να υποδείξει πως το SAID δεν είναι πια έγκυρο και δεν πρόκειται να σταλεί κανένα κλειδί.
TEK Invalid	Το στέλνει ένας BS σε έναν SS αν έχει καθορίσει ότι ο SS κρυπτογράφησε το UL με ένα άκυρο TEK.
SA Add	Το στέλνει ένας BS σε έναν SS για την εγκαθίδρυση μιας ή περισσότερων συσχετίσεων ασφάλειας (SA).

6.7.2.6. Κρυπτογραφικές Μέθοδοι

Μόλις ολοκληρωθεί η διαδικασία αυθεντικοποίησης, το επόμενο βήμα είναι η κρυπτογράφηση της ροής δεδομένων. Στη συνέχεια ακολουθεί περιγραφή αυτής της διαδικασίας.

Κρυπτογράφηση Δεδομένων με DES σε τρόπο λειτουργίας CBC. Αν το αναγνωριστικό του αλγόριθμου κρυπτογράφησης δεδομένων στην κρυπτογραφική σουίτα μιας SA είναι ίσο με 0x01, τα δεδομένα στις συνδέσεις συσχετισμένες με την SA θα χρησιμοποιήσουν τον τρόπο λειτουργίας CBC του αλγορίθμου DES (Data Encryption Standard) για να κρυπτογραφήσουν τα MAC PDU ωφέλιμα φορτία.

Το CBC IV θα υπολογιστεί ως εξής: στο DL, το CBC θα αρχικοποιηθεί με τη λογική πράξη αποκλειστικό-ή (XOR) των (α) την παράμετρο IV που περιλαμβάνεται στις πληροφορίες κλειδιών TEK και (β) το περιεχόμενο του πεδίου συγχρονισμού PHY (PHY Synchronization) του τελευταίου DL-MAP. Στο UL, το CBC θα αρχικοποιηθεί με τη λογική πράξη αποκλειστικό-ή (XOR) των (α) την παράμετρο IV που περιλαμβάνεται στις πληροφορίες κλειδιών TEK και (β) το περιεχόμενο του πεδίου συγχρονισμού PHY του DL-MAP το οποίο είναι εν ενεργεία όταν δημιουργείται/λαμβάνεται το UL-MAP για την εκπομπή UL.

Για την κρυπτογράφηση του τελικού μπλοκ του απλού κειμένου (plaintext) όταν το τελικό μπλοκ είναι λιγότερο από 64 bits θα χρησιμοποιηθεί επεξεργασία υπόλοιπου μπλοκ τερματισμού (residual termination block). Δεδομένου ότι ένα μπλοκ έχει n bits, όπου $n < 64$, το αμέσως επόμενο μπλοκ κρυπτογραφημένου κειμένου (ciphertext) θα κρυπτογραφηθεί κατά DES μια δεύτερη φορά, χρησιμοποιώντας τον τρόπο λειτουργίας ECB (Electronic Code Book), και τα πιο σημαντικά n bits του αποτελέσματος υφίστανται τη λογική πράξη XOR με τα τελικά n bits του ωφέλιμου φορτίου για την παραγωγή του βραχέος τελικού κρυπτομπλοκ (short final cipherblock). Για να αποκρυπτογραφήσει ο δέκτης το βραχύ τελικό κρυπτο-μπλοκ, ο DES του δέκτη κρυπτογραφεί το αμέσως επόμενο μπλοκ κρυπτογραφημένου κειμένου (ciphertext), χρησιμοποιώντας τον τρόπο λειτουργίας ECB, και εκτελεί τη λογική πράξη XOR στα n πιο σημαντικά bits με το βραχύ τελικό κρυπτο-μπλοκ με σκοπό να ανακτήσει το βραχύ τελικό clear text μπλοκ.

6.7.2.7. Συμπέρασμα

Αυτό το κεφάλαιο κάλυψε τους μηχανισμούς ασφάλειας που έχουν συμπεριληφθεί στην προδιαγραφή του 802.16 WiMAX. Είναι ενθαρρυντικό να σημειώσουμε πως, σε αντίθεση με το προγενέστερο 802.11, το WiMAX έχει ισχυρά μέτρα ασφάλειας εκ γενετής. Αν και δεν υπάρχει απαραίτητο δίκτυο, η ενσωμάτωση της διαδικασίας ασφάλειας δύο σταδίων (X.509 στη διαδικασία αυθεντικοποίησης και 56-bit DES για τη ροή υπηρεσίας) θα πποήσει σχεδόν τους περισσότερους αφοσιωμένους και ενσυνείδητους χάκερ.

6.7.3. Αντιμετώπιση των παρεμβολών στο WiMAX

Περιορισμός των παρεμβολών

Είναι πια αδιαμφισβήτητο ότι οι ασύρματες τεχνολογίες προβάλλουν έναν νέο τρόπο επίδοσης της ευρυζωνικότητας στα σπίτια και υπόσχονται σημαντικές οικονομικές ωφέλειες.

6.7.3.1. Παρεμβολές – Μερικές παραδοχές

Η κύρια ένσταση στα ασύρματα συστήματα είναι η ανησυχία ότι υπάρχουν ή θα υπάρξουν σύντομα πολλοί φορείς στην ίδια συχνότητα, με αποτέλεσμα τόσες πολλές παρεμβολές που η τεχνολογία θα γίνει μη χρησιμοποιήσιμη. Αυτό το θέμα δεν είναι τόσο απλό.

Μια τέτοια παραδοχή βασίζεται σε μεγάλο βαθμό στη χρήση μη αδειοδοτημένου φάσματος, όπου, πολλαπλοί φορείς εκπέμπουν στο ίδιο μη αδειοδοτημένο φάσμα (ή αλλιώς «ελεύθερο»), και εν τέλει να καθίσταται άχρηστο. Αν και αυτό το σενάριο μπορεί να είναι ήδη αποδεδειγμένο στην περίπτωση των παραλλαγών του Wi-Fi (κυρίως περιορισμένες στα 2,4 GHz), το WiMAX είναι αρκετά διαφορετικό. Προς το παρόν, το WiMAX δεν έχει προβλήματα, μόνο λύσεις.

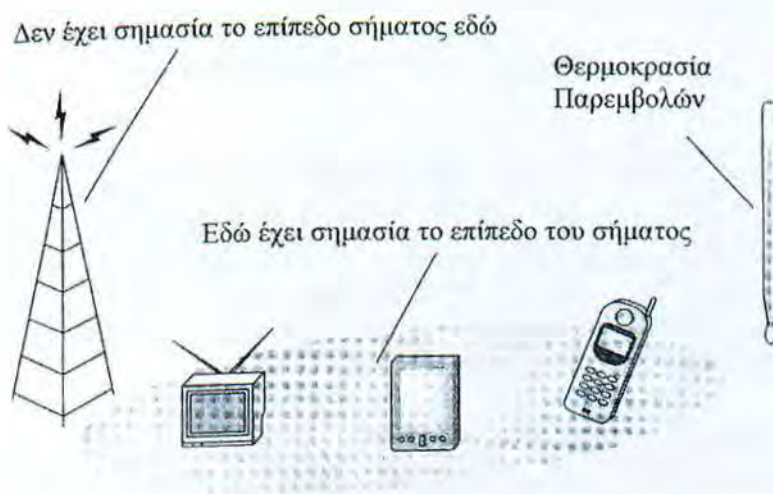
Από το 1927, η προστασία από τις παρεμβολές ήταν πάντα ο πυρήνας της αποστολής των εθνικών ρυθμιστικών επιτροπών φάσματος. Το έγγραφο Radio Act 1927 έδωσε την εξουσία στη Federal Radio Commission να διαχειρίζεται ζητήματα παρεμβολών. Αυτή η πράξη επικεντρώνεται πρωτίστως σε τρεις παραμέτρους: τοποθεσία, συχνότητα, και ισχύς. Η τεχνολογία της εποχής δεν επέτρεπε να ληφθεί υπόψη και ο παράγοντας χρόνος. Κατά μια μοντέρνα έννοια, θα μπορούσε κάποιος να πει πως το φάσμα που χρησιμοποιείται από τα κινητά τηλέφωνα σε μια μητροπολιτική περιοχή (πυκνοκατοικημένη περιοχή με εκατομμύρια χρήστες) θα πρόσταζε μεγάλη τιμή σε μια πιθανή δημοπρασία του. Στο άλλο άκρο του «φάσματος», μια ζώνη συχνοτήτων, ας πούμε 2,5 GHz, σε μια εξωαστική ή αγροτική αγορά θα «έπιανε» πολύ λίγα χρήματα σε μια πιθανή δημοπρασία ή σε μια μεταπώληση φάσματος. Είναι εντελώς πιθανό ο WISP (Wireless ISP) να βρει ένα χαμηλού κόστους αδειοδοτημένο φάσμα και να απολαύσει ένα προστατευμένο φάσμα, το οποίο σε μεγάλο βαθμό θα είναι απαλλαγμένο από παρεμβολές άλλων εκπομπών (ο πρωταρχικός σκοπός του Radio Act 1927).

6.7.3.2. Ορισμός των παρεμβολών

Η ομάδα εργασίας για την προστασία από τις παρεμβολές (Interference Protection Working Group) της ομάδας εργασίας πολιτικής φάσματος του FCC (Spectrum Policy Task Force) προτείνει ότι η FCC θα έπρεπε να εξετάσει το ενδεχόμενο να χρησιμοποιήσει ως μονάδα μέτρησης τη θερμοκρασία παρεμβολών («interference temperature») για τον προσδιορισμό της ποσότητας και τη διαχείριση των παρεμβολών. Η

«θερμοκρασία παρεμβολών είναι ένα μέτρο ισχύος ραδιοσυχνότητας (RF) (ισχύς παραγόμενη από άλλους πομπούς και πηγές θορύβου) διαθέσιμη σε μια κεραία λήψης για να παραδοθεί στο δέκτη. Πιο συγκεκριμένα, είναι η ισοδύναμη θερμοκρασία στην ισχύ RF διαθέσιμη σε μια κεραία λήψης ανά μονάδα εύρους ζώνης, μετρούμενη σε μονάδες βαθμών Kelvin. Όπως μορφώνεται η αντίληψη από την FCC, οι όροι «θερμοκρασία παρεμβολών» και «θερμοκρασία κεραίας» είναι συνώνυμοι. Ο όρος «θερμοκρασία παρεμβολών» είναι περισσότερο περιγραφικός για διαχείριση παρεμβολών. Η θερμοκρασία παρεμβολών μπορεί να υπολογιστεί ως η ισχύς που λαμβάνεται από μια κεραία (watt) διαιρούμενη με το σχετικό RF εύρος ζώνης (hertz) και έναν όρο γνωστό ως σταθερά του Boltzman (ίση με $1,3807 \text{ watt} \cdot \text{sec} / \text{Kelvin}$). Εναλλακτικώς, μπορεί να υπολογιστεί ως η πυκνότητα ροής ισχύος διαθέσιμη σε μια κεραία λήψης, (watt / m^2), πολλαπλασιαζόμενη με την ενεργή περιοχή κάλυψης της κεραίας (m^2), και αυτή η ποσότητα διαιρούμενη με το συσχετισμένο RF εύρος ζώνης (hertz) και τη σταθερά του Boltzman. Η «πυκνότητα θερμοκρασίας παρεμβολών» μπορεί επίσης να οριστεί ως η θερμοκρασία παρεμβολών ανά μονάδα επιφάνειας, εκφρασμένη σε $\text{Kelvin} / \text{m}^2$ και υπολογιζόμενη ως η θερμοκρασία παρεμβολών διαιρούμενη με την ενεργή περιοχή κάλυψης της κεραίας (καθοριζόμενη από το κέρδος της κεραίας και τη λαμβανόμενη συχνότητα). Η πυκνότητα θερμοκρασίας παρεμβολών μπορεί να μετρηθεί για συγκεκριμένες συχνότητες χρησιμοποιώντας μια κεραία αναφοράς με γνωστό κέρδος. Μετέπειτα, μπορεί να χειριστεί ως μια μεταβλητή διάδοσης σήματος ανεξάρτητη από τα χαρακτηριστικά της κεραίας λήψης.

Όπως φαίνεται στην Εικόνα 6.1, οι μετρήσεις θερμοκρασίας παρεμβολών μπορούν να ληφθούν στις τοποθεσίες των δεκτών σε ολόκληρες τις περιοχές υπηρεσίας στις οποίες υπάρχει προστασία των επικοινωνιακών συστημάτων, και επομένως εκτιμώντας τις συνθήκες πραγματικού χρόνου στο περιβάλλον RF.

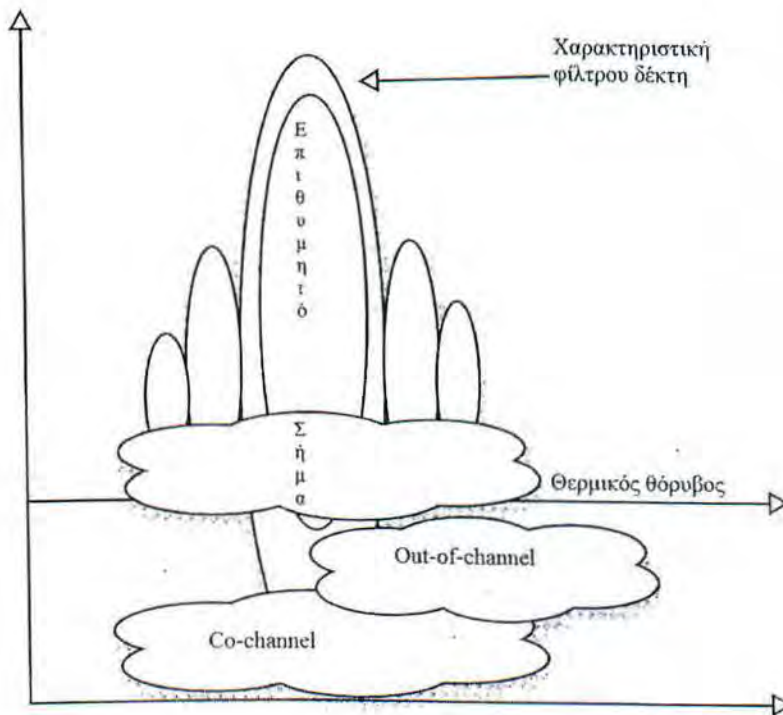


Εικόνα 6.1 (Θερμοκρασία παρεμβολών)

6.7.3.3 Μορφές παρεμβολών

Οι παρεμβολές μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε δύο ευρείες κατηγορίες: συγκαναλικές παρεμβολές (co-channel, CoCh), και παρεμβολές εκτός καναλιού (εξωτερικές). Αυτές οι μορφές παρεμβολών απεικονίζονται στην Εικόνα 6.2

Η Εικόνα 6.2 απεικονίζει ένα απλοποιημένο παράδειγμα της φασματικής ισχύος του επιθυμητού σήματος και των παρεμβολών CoCh. Παρατηρούμε πως το εύρος ζώνης καναλιού της CoCh παρεμβολής μπορεί να είναι πλατύτερο ή στενότερο από του επιθυμητού σήματος.

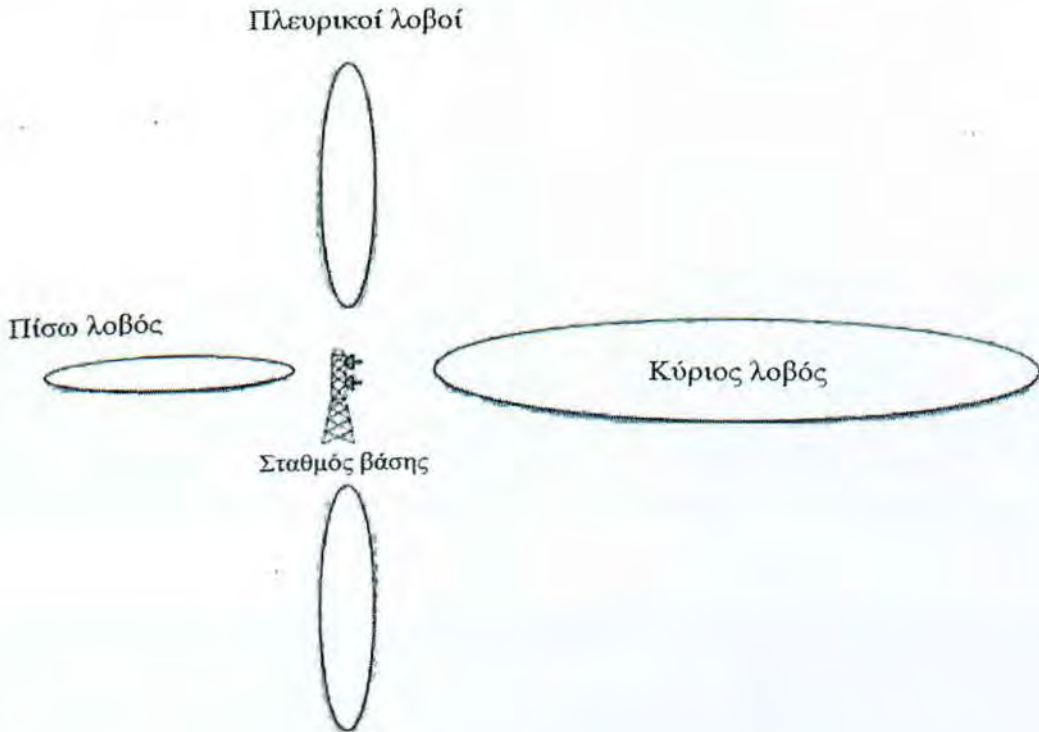


Εικόνα 6.2 (Μορφές παρεμβολών)

Στην περίπτωση πλατύτερης παρεμβολής CoCh (όπως φαίνεται), μόνο ένα μέρος της ισχύος της θα «πέσει» εντός του εύρου ζώνης του φίλτρου του δέκτη. Σε αυτή την περίπτωση, η παρεμβολή μπορεί να εκτιμηθεί υπολογίζοντας την ισχύ που φθάνει στην κεραία λήψης (Rx) και πολλαπλασιάζοντάς την με έναν παράγοντα ίσο με το λόγο εύρους ζώνης φίλτρου προς εύρος ζώνης παρεμβολής.

Επίσης φαίνεται μια έξω-καναλική παρεμβολή. Εδώ, δύο σύνολα παραμέτρων καθορίζουν το συνολικό επίπεδο παρεμβολών. Πρώτον, ένα μέρος των φασματικών πλευρικών λοβών της παρεμβολής ή κατωφλίου θορύβου εξόδου του πομπού μειώνει το CoCh στο επιθυμητό σήμα, δηλαδή, εντός της ζώνης συχνοτήτων του φίλτρου του δέκτη. Αυτό μπορεί να επεξεργαστεί ως παρεμβολή CoCh. Δεν μπορεί να αφαιρεθεί στο δέκτη, το επίπεδό της καθορίζεται από τον παρεμβαλλόμενο πομπό. Αποδίδοντας τα κατάλληλα χαρακτηριστικά στη φασματική πυκνότητα ισχύος πλευρικών

λοβών και στο κατώφλι θορύβου εξόδου (output noise floor) εν αναφορά προς τον κύριο λοβό ενός σήματος, αυτή η μορφή παρεμβολής μπορεί να υπολογιστεί προσεγγιστικά παρόμοια με τον υπολογισμό παρεμβολών CoCh, με έναν επιπρόσθετο παράγοντα εξασθένησης εξαιτίας της καταστολής αυτής της φασματικής ενέργειας εν αναφορά προς τον κύριο λοβό του σήματος παρεμβολής. Η Εικόνα 6.3 επεξηγεί τη σχέση αυτών των λοβών με τον πομπό.



Εικόνα 6.3

Δεύτερον, το φίλτρο του δέκτη-θύματος δεν καταστέλλει εντελώς τον κύριο λοβό της παρεμβολής. Κανένα φίλτρο δεν είναι ιδανικό, και η υπόλοιπη ισχύς που περνά από τη ζώνη αποκλεισμού του φίλτρου μπορεί να θεωρηθεί προσθετική στην παρούσα παρεμβολή CoCh. Η αποδοτικότητα του δέκτη-θύματος όσο αφορά την απόρριψη έξω-καναλικών σημάτων, η οποία αναφέρεται μερικές φορές ως *blocking performance*, καθορίζει το επίπεδο αυτής της μορφής παρεμβολών. Αυτή η μορφή παρεμβολών μπορεί να εκτιμηθεί απλά με τρόπο παρόμοιο του υπολογισμού παρεμβολών CoCh, με έναν επιπρόσθετο παράγοντα εξασθένησης εξαιτίας της σχετικής απόρριψης της ζώνης αποκλεισμού (stopband) του φίλτρου στη συχνότητα του παρεμβαλλόμενου σήματος.

Περίπτωση ίδιας συχνότητας (cofrequency) / γειτονικής περιοχής (adjacent area). Οι φορείς υπηρεσιών ενθαρρύνονται να φθάνουν σε κοινή χρήση συμφωνίες αμοιβαίως αποδεκτές που να επιτρέπουν στον κάθε αδειοδοτημένο παροχέα να προσφέρει τη μέγιστη προδιάθεση υπηρεσιών εντός της περιοχής που οφείλει να εξυπηρετήσει. Υπό αυτές τις συνθήκες όπου μια μεριζόμενη συμφωνία μεταξύ δύο φορέων δεν υπάρχει ή δεν έχει επικυρωθεί και όπου οι περιοχές παροχής υπηρεσιών έχουν άμεση τοπική σχέση, τότε πρέπει να εφαρμόζεται μια διαδικασία συντονισμού.

6.7.3.4. Αντίμετρα Παρεμβολών

Για την ελαχιστοποίηση των εξωτερικών πηγών παρεμβολών οι σχεδιαστές δικτύων πρέπει να ελέγξουν τέσσερις παραμέτρους:

- Κανάλι / ζώνη / συχνότητα
- Απόσταση από την παρεμβολή (όσο πιο μακριά τόσο καλύτερα) / απόσταση από το επιθυμητό σήμα (όσο πιο κοντά τόσο καλύτερα)
- Επίπεδα ισχύος (όσο πιο χαμηλά τόσο καλύτερα)
- Τεχνολογία κεραιών

6.7.3.4.1. Αλλαγή Καναλιών στις ζώνες ISM ή U-NII

Οι προδιαγραφές του WiMAX επιβάλλουν, ανάλογα με την παραλλαγή, ένα εύρος συχνοτήτων από 2-66 GHz (σε αντίθεση με το περιορισμένο 2,4 GHz του Wi-Fi). Δεδομένου αυτού του εύρους συχνοτήτων, ένας κερδοσκοπός παροχέας υπηρεσιών θα ήταν συνετό να σκεφτεί μια χαμηλού κόστους αδειοδοτημένη συχνότητα και να αποφύγει τις συζητήσεις περί παρεμβολών άλλων παροχέων υπηρεσιών. Ο σκοπός της αδειοδοτημένης συχνότητας είναι να προστατεύσει έναν εκπομπό από τις παρεμβολές άλλων εκπομπών στη μετάδοσή του.

Πρόσφατες αλλαγές στην πολιτική της FCC (Federal Communications Commission) προστάζουν τώρα πως οι κάτοχοι φάσματος μπορούν να μεταπωλήσουν το αχρησιμοποίητο φάσμα τους σε άλλους εκπομπείς, με αποτέλεσμα να ανοίγει το φάσμα αυτό σε άλλους φορείς υπηρεσιών. Περισσότερες πληροφορίες για τα ρυθμιστικά θέματα του WiMAX.

Οι προδιαγραφές για βιομηχανικές, επιστημονικές και ιατρικές εφαρμογές (ISM, Industrial, Scientific, Medical) και μη αδειοδοτημένες υποδομές εθνικών πληροφοριών (U-NII, Unlicensed National Information Infrastructure) ορίζουν σαφώς πολλαπλά κανάλια ή συχνότητες. Αν συναντάται παρεμβολή σε μια συχνότητα, ο εκπομπός μπορεί απλά να αλλάξει τις συχνότητες σε ένα κανάλι που δεν έχει παρεμβολές.

Η ζώνη ISM παρέχει 11 επικαλυπτόμενα κανάλια: κάθε κανάλι είναι 22 MHz πλατύ και κεντράρεται σε διαστήματα των 5 MHz (αρχίζοντας στα 2,412 GHz και τελειώνοντας στα 2,462 GHz). Αυτό σημαίνει ότι μόνο τρία κανάλια (κανάλια 1, 6, 11) δεν επικαλύπτουν.

Ο Πίνακας 6.1 δείχνει τα κανάλια της μη αδειοδοτημένης ζώνης ISM.

Κανάλι	Συχνότητα (GHz)
1	2,412
2	2,417
3	2,422
4	2,427
5	2,432
6	2,437
7	2,442
8	2,447
9	2,452
10	2,457
11	2,462

Πίνακας 6.1
(Έντεκα κανάλια της μη αδειοδοτημένης ζώνης ISM)

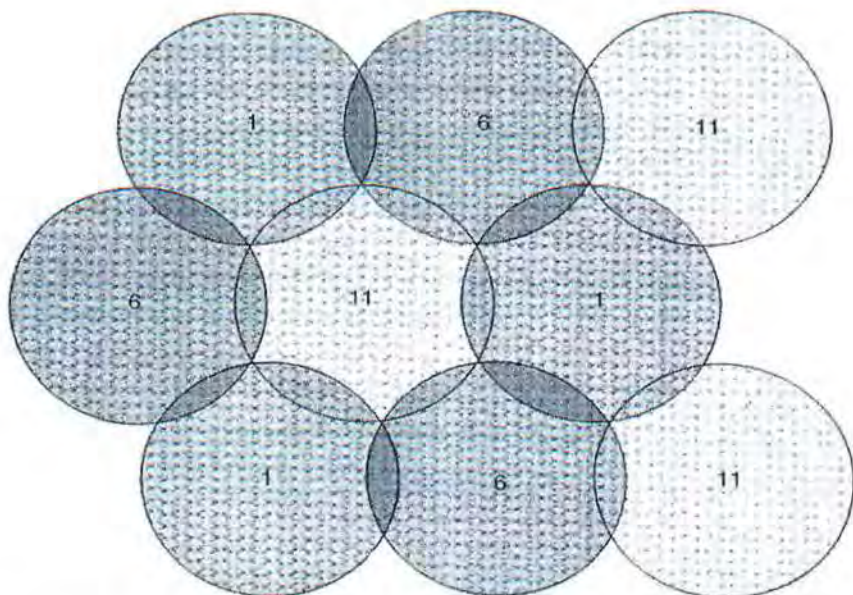
Το 802.11a παρέχει 12 κανάλια: κάθε κανάλι έχει πλάτος 12 MHz και κεντράρεται σε διαστήματα 12 MHz (αρχίζοντας στα 5,180 GHz και τελειώνοντας στα 5,320 GHz για τις άνω και μεσαίες ζώνες U-NII, αρχίζοντας στα 5,745 GHz και τελειώνοντας στα 5,805 GHz για την άνω ζώνη U-NII). Είναι σημαντικό να τονίσουμε πως κανένα από αυτά τα κανάλια δεν επικαλύπτεται.

6.7.3.4.2. Η Διαχείριση της Απόστασης

Η παράδοση της καταληπτού σήματος είναι συνάρτηση της ισχύος του σήματος και της απόστασης πομπού-δέκτη. Μια θεμελιώδης έννοια σε οποιοδήποτε επικοινωνιακό σύστημα είναι ο προϋπολογισμός ζεύξης, ένα άθροισμα όλων των κερδών και απωλειών σε ένα επικοινωνιακό σύστημα. Από τον προϋπολογισμό ισχύος προκύπτει η απαιτούμενη ισχύς εκπομπής για την παρουσίαση ενός σήματος με ένα δεδομένο SNR στο δέκτη με σκοπό την επίτευξη του επιθυμητού BER (bit error rate).

Ένα σήμα στην ίδια συχνότητα όπως στο WiMAX WMAN, για παράδειγμα, δε θα παρεμβληθεί αν η πηγή είναι σε μεγάλη απόσταση. Δηλαδή, το σήμα παρεμβολής γίνεται πολύ αδύνατο για να δημιουργήσει πρόβλημα. Επιπροσθέτως, αν η απόσταση μεταξύ του BS και της συσκευής του συνδρομητή είναι μεγαλύτερη από τη βέλτιστη, το σήμα αδυνατεί με την απόσταση και γίνεται ευάλωτο σε παρεμβολές, αφού το σήμα παρεμβολής είναι μεγαλύτερο από το επιθυμητό σήμα.

Η Εικόνα 6.4 απεικονίζει περιοχές κάλυψης με τη χρήση μιας σειράς κυψελών.



Εικόνα 6.4 (Κάθε κυψέλη αναπαριστά τη μέγιστη εμβέλεια κάθε BS)

6.7.3.4.3. Τεχνική μελέτη ισχύος.

Τα επίπεδα ισχύος του πρωταρχικού σήματος και του σήματος παρεμβολής πρέπει επίσης να λαμβάνονται υπόψη. Αν το επίπεδο ισχύος του σήματος παρεμβολής πλησιάζει στο επίπεδο σήματος του επιθυμητού σήματος WiMAX, τότε θα υπάρξει πρόβλημα παρεμβολών. Εδώ ο περιορισμός είναι ότι ο παροχέας υπηρεσιών δεν πρέπει να παρεμβάλλεται με φορείς αδειοδοτημένου φάσματος σε παρόμοιο (ίσως λίγο απίθανο) φάσμα.

6.7.3.4.4. Εσωτερικές Πηγές Παρεμβολών (CoCh)

Μερικές φορές οι μεγαλύτερες παρεμβολές σε ένα ασύρματο δίκτυο προέρχονται από τον ίδιο τον εαυτό του. Ένα πλήθος προκλήσεων προκύπτουν από το εσωτερικό του ασύρματου δικτύου λόγω της φύσης των ασυρμάτων μεταδόσεων. Αυτές οι πηγές παρεμβολών περιλαμβάνουν παρεμβολές πολύ-οδικής διάδοσης και θόρυβο καναλιού. Και οι δύο μπορούν να ελεγχθούν τεχνικά εκτός δικτύου.

6.7.3.4.5. Πολύ-οδική Παραμόρφωση και Εξασθένηση Περιθωρίου.

Η πολύ-οδική διάδοση λαμβάνει χώρα όταν κύματα που εκπέμπονται από τον πομπό ταξιδεύουν «παραπλεύρως» μιας διαφορετικής διαδρομής και παρεμβάλλονται καταστροφικά με κύματα που ταξιδεύουν σε μια άμεση διαδρομή με οπτική επαφή (line-of-sight). Αυτό μερικές φορές αναφέρεται ως εξασθένηση σήματος. Αυτό το φαινόμενο συμβαίνει επειδή κύματα που ταξιδεύουν σε διαφορετικές διαδρομές μπορεί να είναι εντελώς εκτός φάσης

όταν φτάνουν στην κεραία με αποτέλεσμα να ακυρώνει το ένα το άλλο. Επειδή η ακύρωση σήματος δεν είναι σχεδόν ποτέ καθολική, μια μέθοδος υπερπήδησης αυτού του προβλήματος είναι η εκπομπή περισσότερης ισχύος.

Η σφοδρή εξασθένηση εξαιτίας πολύ-οδικής διάδοσης μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα μείωση του σήματος περισσότερο από 30 dB. Είναι επομένως αναγκαία η παροχή επαρκούς περιθωρίου ζεύξης (link margin) για την κατανίκηση αυτής της απώλειας κατά το σχεδιασμό ενός ασύρματου συστήματος. Σε αντίθετη περίπτωση η αξιοπιστία επηρεάζεται αντιστρόφως ανάλογα. Η ποσότητα επιπλέον ισχύος RF εκπέμπεται για την κατανίκηση αυτού του φαινομένου αναφέρεται ως εξασθένηση περιθωρίου (fade margin).

6.7.3.5. OFDM για την Αντιμετώπιση Παρεμβολών

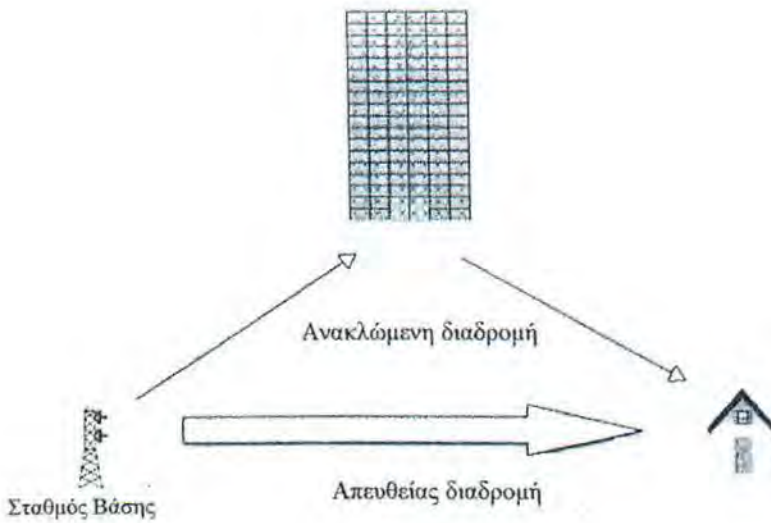
Πολύ απλά, το OFDM είναι η ασημένια σφαίρα του WiMAX για την κατανίκηση πολλών μορφών παρεμβολών.

6.7.3.5.1. Προκλήσεις Πολύ-οδικής Διάδοσης.

Σε μια αρχιτεκτονική WMAN βασισμένη στο OFDM, καθώς και σε πολλά άλλα ασύρματα συστήματα, η πολύ-οδική παραμόρφωση είναι η κύρια πρόκληση. Αυτή η παραμόρφωση λαμβάνει χώρα σε έναν δέκτη όταν αντικείμενα στο περιβάλλον ανακλούν ένα μέρος της ενέργειας του εκπεμπόμενου σήματος. Η Εικόνα 6.5 απεικονίζει ένα τέτοιο σενάριο.

Τα πολύ-οδικής ανάκλασης σήματα φθάνουν στο δέκτη με διαφορετικά πλάτη, διαφορετικές φάσεις, και διαφορετικές χρονικές καθυστερήσεις. Ανάλογα με τη σχετική αλλαγή φάσης μεταξύ των ανακλώμενων διαδρομών, ανεξάρτητες συνιστώσες συχνοτήτων θα προσθέτουν εποικοδομητικά και καταστροφικά.

Συνεπώς, ένα φίλτρο που εκπροσωπεί το πολύ-οδικό κανάλι σχηματίζει το πεδίο συχνοτήτων του λαμβανόμενου σήματος. Με άλλα λόγια, ο δέκτης μπορεί να δει κάποιες συχνότητες στο εκπεμπόμενο σήμα που να είναι εξασθενημένες και άλλες που να έχουν ένα σχετικό κέρδος.



Εικόνα 6.5

(Οι πολύ-οδικές ανακλάσεις δημιουργούν δια-συμβολικές παρεμβολές (Intersymbol Interference) στο σχεδιασμό OFDM δεκτών)

Στο πεδίο του χρόνου, ο δέκτης βλέπει πολλαπλά αντίγραφα του σήματος με διαφορετικές χρονικές καθυστερήσεις. Η χρονική διαφορά μεταξύ δύο διαδρομών σημαίνει συχνά ότι διαφορετικά σύμβολα επικαλύπτονται ή μπερδεύονται και δημιουργούν ISI. Επομένως, οι σχεδιαστές που δομούν αρχιτεκτονικό WLAN πρέπει να ασχοληθούν με την παραμόρφωση στον αποδιαμορφωτή.

Το OFDM βασίζεται στα πολλαπλά υπό-φέροντα στενής ζώνης. Στα περιβάλλοντα πολύ-οδικής διάδοσης, τα υπό-φέροντα που εντοπίζονται σε συχνότητες εξασθενημένες λόγω πολύ-οδικής διάδοσης θα ληφθούν με λιγότερη δύναμη σήματος. Η λιγότερη δύναμη σήματος οδηγεί σε αυξημένο ρυθμό σφαλμάτων για τα bits που μεταδίδονται σε αυτά τα αδύναμα υπό-φέροντα.

Ευτυχώς, στα περισσότερα περιβάλλοντα πολύ-οδικής διάδοσης, αυτό επηρεάζει μόνο ένα μικρό αριθμό υπό-φερόντων και, επομένως, μόνο αυξάνει το ρυθμό σφαλμάτων σε ένα μέρος της μεταδιδόμενης ροής δεδομένων. Περαιτέρω, η σθεναρότητα του OFDM σε πολύ-οδικό περιβάλλον μπορεί να βελτιωθεί δραματικά με διεμπλοκή και κωδικοποίηση διόρθωσης σφαλμάτων. Οι παρεμβολές τύπου ISI απεικονίζονται στην Εικόνα 6.6.



Εικόνα 6.6 (InterSymbol Interference)

6.7.3.5.2. Χειρισμός των Παρεμβολών ISI

Ο ομόλογος της πολύ-οδικής διάδοσης στο πεδίο του χρόνου είναι οι παρεμβολές ISI ή το «πέσιμο» ενός συμβόλου πάνω στο άλλο. Το OFDM χειρίζεται αυτό το είδος πολύ-οδικής παραμόρφωσης προσθέτοντας ένα διάστημα ασφαλείας (guard interval) σε κάθε σύμβολο. Το διάστημα ασφαλείας είναι τυπικά μια κυκλική ή περιοδική επέκταση του βασικού συμβόλου OFDM. Με άλλα λόγια, μοιάζει με το υπόλοιπο του συμβόλου αλλά δε φέρει καθόλου νέα πληροφορία.

Επειδή δε μεταβιβάζεται καθόλου νέα πληροφορία, ο δέκτης μπορεί να αγνοήσει το διάστημα ασφαλείας και να συνεχίσει να είναι ικανός να ξεχωρίσει και να αποκωδικοποιήσει τα υπό-φέροντα. Όταν το διάστημα ασφαλείας είναι σχεδιασμένο να είναι μεγαλύτερο από οποιαδήποτε επικάλυψη λόγω του πολύ-οδικού καναλιού, ο δέκτης είναι ικανός να εξαλείψει την παραμόρφωση ISI αποβάλλοντας το άχρηστο διάστημα ασφαλείας. Άρα, η ISI αφαιρείται ουσιαστικά χωρίς να αυξηθεί η πολυπλοκότητα του δέκτη.

Είναι σημαντικό να τονίσουμε ότι η απόρριψη του διαστήματος ασφαλείας έχει επιπτώσεις στην επίδοση του θορύβου επειδή το διάστημα ασφαλείας μειώνει την ποσότητα ενέργειας που είναι διαθέσιμη στο δέκτη για την αποκωδικοποίηση των συμβόλων στο κανάλι. Επιπροσθέτως, μειώνει το ρυθμό δεδομένων, αφού δεν περιέχεται νέα πληροφορία στο προστεθέν διάστημα ασφαλείας. Συνεπώς σε έναν καλό σχεδιασμό συστήματος το διάστημα ασφαλείας θα είναι όσο πιο μικρό γίνεται ενώ παράλληλα διατηρείται επαρκής προστασία από την πολύ-οδική διάδοση.

Γιατί τα συστήματα μονού φέροντος (SC όχι OFDM) να μη χρησιμοποιούν κι αυτά ένα διάστημα ασφαλείας; Τα συστήματα μονού φέροντος θα μπορούσαν να αφαιρούσαν την ISI προσθέτοντας ένα διάστημα ασφαλείας μεταξύ κάθε συμβόλου. Ωστόσο, αυτό έχει πολύ πιο σοβαρές επιπτώσεις στο ρυθμό δεδομένων στα συστήματα μονού φέροντος από ότι στα OFDM. Επειδή το OFDM χρησιμοποιεί ένα πακέτο υπό-φερόντων στενής ζώνης, αποκτά υψηλούς ρυθμούς δεδομένων με μια σχετικά μεγάλη περίοδο συμβόλου επειδή το πλάτος της συχνότητας του υπό-φέροντος είναι αντιστρόφως ανάλογο προς τη διάρκεια του συμβόλου. Συνεπώς, η προσθήκη ενός μικρού διαστήματος ασφαλείας έχει μικρή επίπτωση στο ρυθμό δεδομένων.

Τα συστήματα μονού φέροντος με εύρη ζώνης ισόποσα με του OFDM πρέπει να χρησιμοποιούν σύμβολα πολύ μικρότερης διάρκειας. Ως εκ τούτου, η προσθήκη ενός διαστήματος ασφαλείας ίσο στην επικάλυψη του καναλιού έχει πολύ μεγαλύτερη επίπτωση στο ρυθμό δεδομένων.

6.7.3.6. Μετριάζοντας τις Παρεμβολές με Τεχνολογίες Κεραιών

Οι νέες τεχνολογίες κεραιών μπορούν να ελαττώσουν τις παρεμβολές στα δίκτυα WiMAX. Αναφέρω μερικούς τρόπους για να γίνει αυτό.

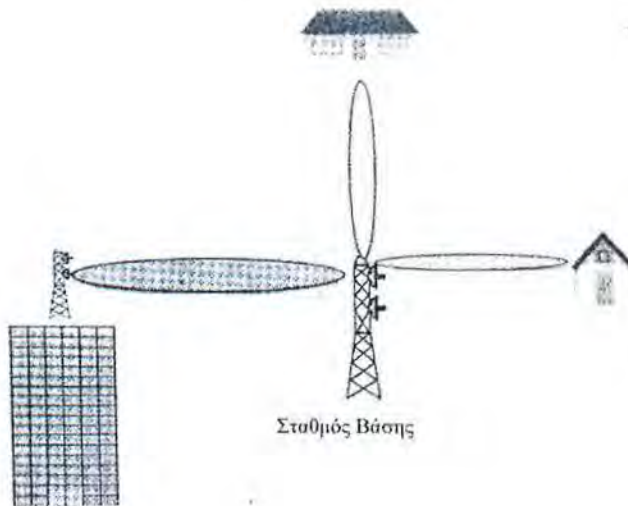
6.7.3.6.1. Πολλαπλές Κεραίες: AAS

Μια μέθοδος μετριασμού των επιπτώσεων της πολύ-οδικής διάδοσης είναι η ανομοιότητα κεραιών. Επειδή η ακύρωση των ραδιοκυμάτων είναι εξαρτώμενη από τη γεωμετρία, η χρήση δύο ή περισσότερων κεραιών χωρισμένες κατά τουλάχιστον μισού μήκους κύματος μπορεί να μετριάσει δραστικά αυτό το πρόβλημα. Κατά την απόκτηση ενός σήματος, ο δέκτης ελέγχει κάθε κεραία και απλώς επιλέγει την κεραία με την καλύτερη ποιότητα σήματος. Αυτό μειώνει αλλά δεν εξαλείφει το απαιτούμενο περιθώριο ζεύξης (link margin) που σε διαφορετική περίπτωση θα ήταν αναγκαίο σε ένα σύστημα που δεν υλοποιεί ανομοιότητα κεραιών.

Η αρνητική πλευρά είναι ότι αυτή η προσέγγιση απαιτεί περισσότερες κεραίες και πιο πολύπλοκο σχεδιασμό δέκτη. Μια άλλη μέθοδος αντιμετώπισης του πολύ-οδικού προβλήματος είναι η χρήση ενός προσαρμοστικού ισοσταθμιστή καναλιού. Η Εικόνα 6.7 απεικονίζει πως οι προσαρμοστικές κεραίες χρησιμοποιούν σχηματισμό δέσμης για την κατανίκηση των παρεμβολών.

Το WiMAX όπως υπάρχει σήμερα υποστηρίζει αρκετές επιλογές πολλαπλών κεραιών περιλαμβάνοντας STC, συστήματα κεραιών MIMO, και AAS. Ο Πίνακας 6.2 περιγράφει τα πλεονεκτήματα της χρήσης πολλαπλών κεραιών έναντι της τεχνολογίας μονής κεραίας.

Ένα κοινό πλάνο που παρουσιάζει το κέρδος διατεταγμένου συνόλου (array gain) και το κέρδος ποικιλομορφίας (diversity gain) είναι μέγιστο κέρδος συνδυαζόμενο: αυτό το πλάνο συνδυάζει πολλαπλές διαδρομές λήψης για τη μεγιστοποίηση του SNR. Από την άλλη πλευρά, η ποικιλία επιλογής πρωτίστως παρουσιάζει κέρδος ποικιλίας. Τα σήματα δεν είναι συνδυασμένα, αλλά επιλέγεται το σήμα από την καλύτερη κεραία.



Εικόνα 6.7

(Οι προσαρμοστικές κεραίες χρησιμοποιούν σχηματισμό δεσμών για την αποφυγή παρεμβολών)

Πίνακας 6.2

Είδος Κεραίας	Περιγραφή
Array gain	Κέρδος που επιτυγχάνεται με τη χρήση πολλαπλών κεραιών έτσι ώστε το σήμα να προστίθεται συνεκτικά.
Diversity gain	Κέρδος που επιτυγχάνεται αξιοποιώντας πολλαπλές διαδρομές έτσι ώστε μια μόνο κακή διαδρομή να μην περιορίζει την επίδοση. Στην πραγματικότητα, το κέρδος ποικιλομορφίας (diversity gain) αναφέρεται σε τεχνικές στον πομπό ή στο δέκτη για την επίτευξη πολλαπλών όψεων (looks) στο κανάλι εξασθένησης. Αυτά τα σχέδια βελτιώνουν την επίδοση αυξάνοντας τη σταθερότητα της λαμβανόμενης δύναμης σήματος επί παρουσία του σήματος ασύρματης εξασθένησης. Η ποικιλομορφία (diversity) μπορεί να εκμεταλλευτεί στη χωρική (κεραία), χρονική (χρόνος) ή φασματική (συχνότητα) διάσταση.
Co-channel Interference Rejection (CCIR)	Απόρριψη σημάτων χρησιμοποιώντας τις διαφορετικές αποκρίσεις καναλιών των παρεμβολών.

Για τα συστήματα AAS, πολλαπλά επικαλυπτόμενα σήματα μπορούν να εκπεμφθούν συγχρόνως χρησιμοποιώντας SDMA, μια τεχνική που εκμεταλλεύεται τη διάσταση του χώρου για την εκπομπή πολλαπλών δεσμών που είναι χωρικά χωρισμένες. Το SDMA κάνει χρήση CCIR, diversity gain και array gain.

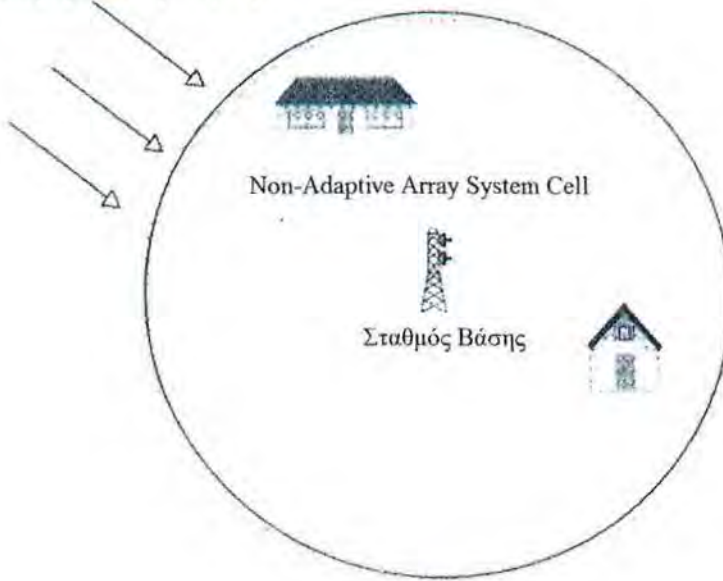
Η υψηλότερη επίδοση και οι δυνατότητες λιγότερων παρεμβολών των MIMO και AAS τα κάνουν ελκυστικά σε υψηλού ρυθμού τεχνικές συστημάτων WiMAX σε πολυδάπανες, αδειοδοτημένες ζώνες. Ένα κύριο πλεονέκτημα της ποικιλομορφίας εκπομπής (diversity transmit) είναι ότι μπορεί να υλοποιηθεί στον BS, ο οποίος μπορεί να απορροφήσει υψηλότερα κόστη πολλαπλών κεραιών και σχετικών αλυσίδων RF. Έτσι ο SS απαλλάσσεται από αυτό το κόστος, ο οποίος επιτρέπει ταχύτερη διείσδυση προϊόντων WiMAX στην αγορά.

6.7.3.6.2. Τεχνικές Προσαρμοστικών Κεραιών (Adaptive Antenna)

Η AA επηρεάζει τη συνύπαρξη επειδή η ενέργεια RF που εκπέμπεται από τους πομπούς εστιάζεται σε συγκεκριμένες περιοχές της κυψέλης, δεν διαχέεται σε όλες τις κατευθύνσεις. Συν τοις άλλοις, ο σχηματισμός δεσμών (beam forming), με σκοπό τη μεγιστοποίηση του περιθωρίου ζεύξης (link margin) για οποιοδήποτε δεδομένο χρήστη εντός της περιοχής κάλυψης της

κυψέλης σε οποιοδήποτε δεδομένο χρόνο, κάνει το αζιμούθιο (γωνία μεταξύ αζιμουθίου και μεσημβρινού) και την ανύψωση των δεσμών να κυμαίνονται από στιγμή σε στιγμή. Η Εικόνα 6.8 επεξηγεί τις παρεμβολές σε σύγκριση με μη-AAS κυψέλες.

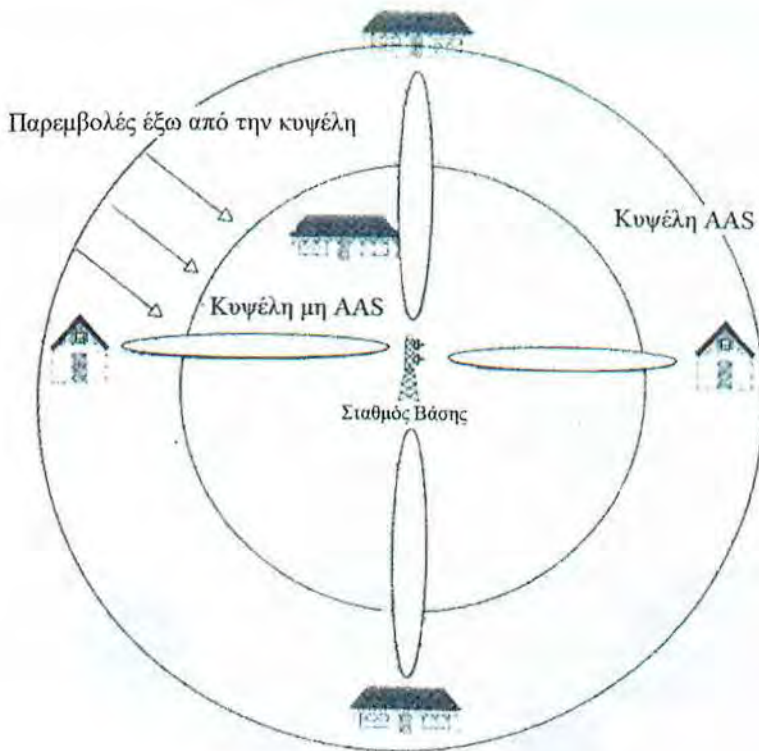
Παρεμβολές έξω από την κυψέλη



Εικόνα 6.8 (Κυψέλη μη-AAS)

Αυτό το χαρακτηριστικό θα παίξει σημαντικό ρόλο στον καθορισμό της πιθανότητας παρεμβολών στη γειτονιάζουσα περιοχή και στα σενάρια συνύπαρξης γειτονικών μπλοκ συχνοτήτων.

Αν και το χειρότερο σενάριο ευθυγράμμισης μπορεί να μοιάζει αποτρεπτικό επειδή ο σχηματισμός δεσμών (beam forming) μπορεί να παράγει υψηλότερο κέρδος στην επιθυμητή κατεύθυνση, ο στατιστικός παράγοντας που εισάγει η χρήση AA μπορεί να επιτρέψει ένα διάφορο περιβάλλον μη αποδεκτής συνύπαρξης να γίνει ανεκτό. Η Εικόνα 6.9 απεικονίζει τα πλεονεκτήματα της τεχνολογίας AAS.



Εικόνα 6.9

(Κυψέλη AAS: Παρατηρήστε την εκτεταμένη εμβέλεια και αντοχή σε εξωτερικές παρεμβολές)

Άλλα χαρακτηριστικά του AAS. Άλλα χαρακτηριστικά θα μπορούσαν να συμπληρώσουν τη βελτίωση που προξενεί η στατιστική φύση της λειτουργίας AA και να δικαιολογήσει περαιτέρω ανάλυση.

Η επεξεργασία σήματος και η ανάπτυξη χωρικών υπογραφών συσχετισμένων με τους επιθυμητούς σταθμούς μπορεί να βοηθήσουν στη διάκριση των παρεμβαλλόμενων σημάτων σε συγκεκριμένες κατευθύνσεις, με επακόλουθη μείωση των συνολικών επιπτώσεων συσσωρευτικών παρεμβολών γειτνιαζόντων συστημάτων σε παρακείμενες περιοχές. Για τα συστήματα που λειτουργούν σε διπλανές συχνότητες, η απώλεια συνεκτικότητας σε λειτουργίες εκτός ζώνης ελαττώνει το κέρδος AA προς τους παρεμβολείς/θύματα, με αποτέλεσμα ελάττωση της ισχύος της παρεμβολής.

6.7.3.7. Δυναμική Επιλογή Συχνότητας

Η προδιαγραφή του WiMAX επιβάλλει έναν μηχανισμό που ονομάζεται DFS (Dynamic Frequency Selection) για χρήση σε μη αδειοδοτημένες συχνότητες. Αυτός ο μηχανισμός απλώς έχει μετατοπισμένη τη ροή υπηρεσίας σε μια διαφορετική συχνότητα αν ανιχνευθεί δραστηριότητα σε μια πρωτεύουσα συχνότητα.

6.7.4. Πλεονεκτήματα WiMAX έναντι σημερινών ασύρματων και ενσύρματων συνδέσεων

Το WiMAX είναι μια νέα 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.



Σκοπός αυτής της τεχνολογίας είναι να πραγματοποιήσει την ευρυζωνική πρόσβαση του "τελευταίου μιλίου" -έκφραση που αναφέρεται στην τελική διασπορά των υπηρεσιών τηλεφωνίας και δεδομένων σε αστικά περιβάλλοντα- σε μια μεγαλύτερη γεωγραφική περιοχή από ότι το WLAN, παρέχοντας στους επιχειρησιακούς πελάτες ευρυζωνικές υπηρεσίες τύπου T1 (1.544Mbps), ενώ στους απλούς χρήστες πρόσβαση ανάλογη του DSL. Με ακτίνα κάλυψης από 1,5 έως 9km, το WiMAX θα επιτρέψει μεγαλύτερη κινητικότητα στις εφαρμογές δεδομένων υψηλών ταχυτήτων.

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 καλύπτονται 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 επιτρέψει 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, καταργώντας το μονοπώλιο του ΟΤΕ, που έχει επιδράσει ανασταλτικά στην τεχνολογική εξέλιξη της Ελλάδας.
- 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.

Το WiMAX σχεδιάστηκε κατά βάση ώστε να καλύπτει κυρίως Point-to-Multipoint (PTM) συνδέσεις χωρίς ωστόσο να αποκλείεται και η χρήση του για point to point συνδέσεις. Η διαμόρφωση η οποία χρησιμοποιείται ονομάζεται OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing). Πρόκειται για μια πολύ ανθεκτική διαμόρφωση σε ότι αφορά το φαινόμενο της πολυδιάθρασης ειδικότερα στις συχνότητες πάνω των 2 GHz όπου το πρότυπο χρησιμοποιεί.

Παραλλαγές του προτύπου, που στοχεύουν στους κινητούς χρήστες (802.16e) και στην παροχή QoS (802.16b) είναι ήδη σε εξέλιξη. Διάφοροι προμηθευτές chip, συμπεριλαμβανομένης και της Intel, εργάζονται στο 802.16a ενσωματωμένο πυρίτιο, και σε χαμηλού κόστους μονάδες συνδρομητών και αναμένεται στο τέλος του 2005 να είναι ευρέως διαθέσιμα σημεία πρόσβασης (Access Points - AP).

Αρκετοί προμηθευτές που έχουν ασχοληθεί με εξοπλισμό για ευρείας ζώνης ασύρματη πρόσβαση, έχουν εκδηλώσει το ενδιαφέρον τους για το WiMAX και έτσι δραστηριοποιούνται στην κατασκευή προϊόντων συμβατών με το εν λόγω πρότυπο.

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 που απασχολούσαν του τεχνικούς δικτύων σήμερα. Τρεις είναι οι βασικότερες χρήσεις του:

- **Δίκτυο κορμού στα κυψελωτά 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.

6.7.5. Το WiMAX Μια Διασπαστική Τεχνολογία

Η εποχή αυτή είναι πολύ συναρπαστική για τη βιομηχανία των τηλεπικοινωνιών. Υπάρχει ισχυρός αναβρασμός στους παροχείς υπηρεσιών για την παροχή της τριάδας φωνή, βίντεο, δεδομένα. Η «τετράδα» θα μπορούσε να περιλαμβάνει κινητές τηλεπικοινωνίες. Δεδομένης της κοινότητας του IP, αυτό που απομένει είναι ένας ανέξοδος τρόπος παράδοσης αυτών των πληροφοριών IP στο συνδρομητή, και συνεπώς εξοστρακίζοντας τον ανασχετικό παράγοντα του «τοπικού βρόγχου» (γνωστό και ως «τελευταίο μίλι»). Το WiMAX σπάζει τα δεσμά αυτού του τελευταίου μιλίου.



6.7.5.1. Το οικονομικό πλεονέκτημα του WiMAX

Οι ασύρματες τεχνολογίες δύνανται να προτείνουν στους παροχείς υπηρεσιών μια λύση αποδοτικού κόστους, αφού αυτές οι τεχνολογίες δεν απαιτούν δικαιώματα προτεραιότητας κατά μήκος ιδιωτικής ή δημόσιας περιουσίας για την επίδοση υπηρεσιών στους πελάτες. Πολλές επιχειρήσεις επί του παρόντος δε μπορούν να λάβουν υπηρεσίες ευρυζωνικών δεδομένων διότι δεν υπάρχει καλώδιο οπτικής ίνας που να φτάνει στο κτήριό τους. Το κόστος για την απόκτηση άδειας εκσκαφής σε ξένη περιουσία καθώς και το ίδιο το έργο της καλωδίωσης, είναι απαγορευτικό. Με το WiMAX και άλλες σχετικές τεχνολογίες, η ροή των δεδομένων απλά «διακινείται» σε αυτό το κτήριο. Η λύση αυτή μπορεί να καλύψει το κομμάτι της αγοράς που απαρτίζουν μικρές επιχειρήσεις / οικιακές επιχειρήσεις, αφού η ροή των δεδομένων μπορεί να «διακινιστεί» σε μέρη όπου δε φτάνει καλώδιο οπτικής ίνας ή άλλες υπηρεσίες υψηλού εύρους ζώνης.

6.7.5.2. Ρυθμιστικές διατάξεις των ασύρματων δικτύων

Ποιες είναι οι ρυθμιστικές διατάξεις που αφορούν την ανάπτυξη ενός επιχειρηματικού ασύρματου δικτύου; Τέτοια θέματα είναι στην αρμοδιότητα της ΕΕΤΤ (Εθνική Επιτροπή Τηλεπικοινωνιών και Ταχυδρομείων). Η ασύρματη διάδοση δεδομένων απαιτεί ένα φάσμα στο οποίο θα γίνεται η εκπομπή των ράδιο-κυμάτων σε μια δοσμένη συχνότητα. Ένα μη αδειοδοτημένο φάσμα δεν απαιτεί από τον πάροχο να αποκτήσει μια αποκλειστική άδεια για να εκπέμπει σε μια κάποια συχνότητα σε κάποια περιοχή. Σε αντίθεση με εταιρίες ραδιοφωνικών σταθμών ή κινητής τηλεφωνίας, ένας ασύρματος παροχέας υπηρεσιών Διαδικτύου (Wireless ISP), δημόσιο ή ιδιωτικό, εκπέμπει «χωρίς χρέωση». Θεωρώντας πως οι Wireless ISPs συναγωνίζονται για την απόκτηση συνδρομητών με εταιρίες κινητής τηλεφωνίας, οι Wireless ISPs που αξιοποιούν τεχνολογίες WiMAX μπορεί να βρεθούν να υπερέχουν σημαντικά από δίκτυα τρίτης γενιάς (3G).

6.7.5.3. Καλύτερη ποιότητα ζωής με τα ασύρματα δίκτυα

Όταν το WiMAX αναπτυχθεί ως ένα ευρυζωνικό IP δίκτυο, θα γίνει εφικτό ένα βελτιωμένο πρότυπο διαβίωσης με τη μορφή της τηλεεργασίας, χαμηλότερες τιμές ακινήτων, και καλύτερη οικογενειακή ζωή. Ένα κύμα ευκαιριών ασύρματων εφαρμογών είναι προ των πυλών. Οι περισσότερες από αυτές είναι στη μορφή της ευρυζωνικής ανάπτυξης. Το ενδεχόμενο για «καλύτερη ζωή μέσω των τηλεπικοινωνιών» εντοπίζεται κυρίως στη μεγάλη διαθεσιμότητα της ευρυζωνικότητας. Η πρόταση αυτή είναι το συμπέρασμα που μπορεί να αποκομιστεί και από τη βιβλιογραφική αναφορά .

6.7.5.4. Δημιουργική Καταστροφή στη Βιομηχανία των Τηλεπικοινωνιών

Τα τελευταία χρόνια οι τηλεφωνικές εταιρίες έχουν υποστεί αξιοσημείωτη μείωση των τηλεφωνικών γραμμών και πολλές είναι χρεωμένες. Το ερώτημα είναι λοιπόν, πως θα μπορούσε μια τηλεφωνική εταιρία να χρεοκοπήσει. Η απάντηση είναι απλή: ο ανταγωνισμός έρχεται σιγά-σιγά μέχρι τον τοπικό βρόγχο και όχι εντός του τοπικού βρόγχου. Πολλές ανταγωνιζόμενες τεχνολογίες επιτρέπουν στους συνδρομητές να αποσχίσουν τους εαυτούς τους από τα παλαιότερα μονοπώλια. Πολλοί αστικοί συνδρομητές έχουν αναθέσει όλες τους τις δραστηριότητες φωνής σε παροχείς υπηρεσιών κινητής τηλεφωνίας. Τα έξοδα κεφαλαίου για τις τηλεφωνικές εταιρίες είναι στα χαμηλότερα σημεία. Οι σχεδόν μονοπωλιακοί κατασκευαστές του παρελθόντος έχουν βουτηχτεί βαθιά στα χρέη.

Υπάρχει κάποια αισιοδοξία σε αυτή την αγορά; Αν κάποιος αναζητεί μια ανάκαμψη της αγοράς τηλεπικοινωνιών όπως τη γνωρίζουμε, δεν υπάρχει κανένας λόγος αισιοδοξίας. Η σημερινή βιομηχανία τηλεπικοινωνιών βρίσκεται σε μια κατάσταση δημιουργικής καταστροφής. Τουτέστιν, ο καπιταλισμός είναι κυκλικός: Σχεδόν όλες οι βιομηχανίες αναπτύσσονται, ωριμάζουν, και πεθαίνουν.

Η βιομηχανία των τηλεπικοινωνιών όπως τη γνωρίζουμε δεν αποτελεί εξαίρεση αυτού του κανόνα του καπιταλισμού. Τα μονοπώλια των τηλεφωνικών εταιριών παγκοσμίως έχουν αρχίσει να πέφτουν μετά από πολλές δεκαετίες. Οι επιβεβλημένες τηλεφωνικές εταιρίες που δε μπορούν να προσαρμοστούν στις προκλήσεις που θέτουν το WiMAX, το VoIP, το IPTV θα πεθάνουν.

Το WiMAX έχει την προοπτική να χτυπήσει στην καρδιά των επιχειρήσεων που υποστηρίζουν θεωρίες και μεθόδους που βασίζονται στο υψηλό εμπόδιο εισόδου στην αγορά φωνής. Η τεχνολογία αναπόφευκτα θα προοδεύσει. Η τεχνολογία WiMAX είναι «φθηνότερη, απλούστερη, μικρότερη, και πιο βολική στη χρήση». Είναι μια διασπαστική τεχνολογία η οποία, αφού εδραιωθεί ως επιβεβλημένη τεχνολογία, έχει ποιοτικά χαρακτηριστικά που θα της επιτρέψει να παραγκωνίσει τις τωρινές συμβατικές υποδομές. Το WiMAX, σε αντίθεση με τις τωρινές υποδομές μεταγωγής κυκλώματος, είναι μια τεχνολογία που μπορεί να αναπτυχθεί γρήγορα και φθηνά οπουδήποτε στον κόσμο. Οι παροχείς υπηρεσιών, ασχέτως των τεχνολογιών που χρησιμοποιούν, θα αναζητήσουν, μέσω μιας δαρβινικής εξέλιξης, ένα συνεχώς αυξανόμενο και μεγαλύτερο μερίδιο αγοράς. Αυτό το μερίδιο αγοράς μπορεί να προέλθει μόνο σε βάρος των επιβεβλημένων.

Συνοψίζοντας, μπορούμε να πούμε, πως δε θα υπάρξει ανάκαμψη στην αγορά των τηλεπικοινωνιών. Θα υπάρξει αναγέννηση. Αυτή η αναγέννηση θα έρθει με τη μορφή νέων παρόχων υπηρεσιών που θα προσφέρουν νέες υπηρεσίες με νέες τεχνολογίες. Εξάλλου τα πάντα στον καπιταλισμό είναι κυκλικά: όλες οι βιομηχανίες ακμάζουν, ωριμάζουν και πεθαίνουν. Δεν είναι σίγουρη η ακριβής ημερομηνία που θα επέλθει το τέλος της τηλεφωνίας μεταγωγής κυκλώματος και του εκατονταετούς PSTN. Σημασία έχει ότι το WiMAX είναι μια τεχνολογία που μπορεί να αναπτυχθεί γρήγορα και ανέξοδα σε οποιοδήποτε μέρος του κόσμου.

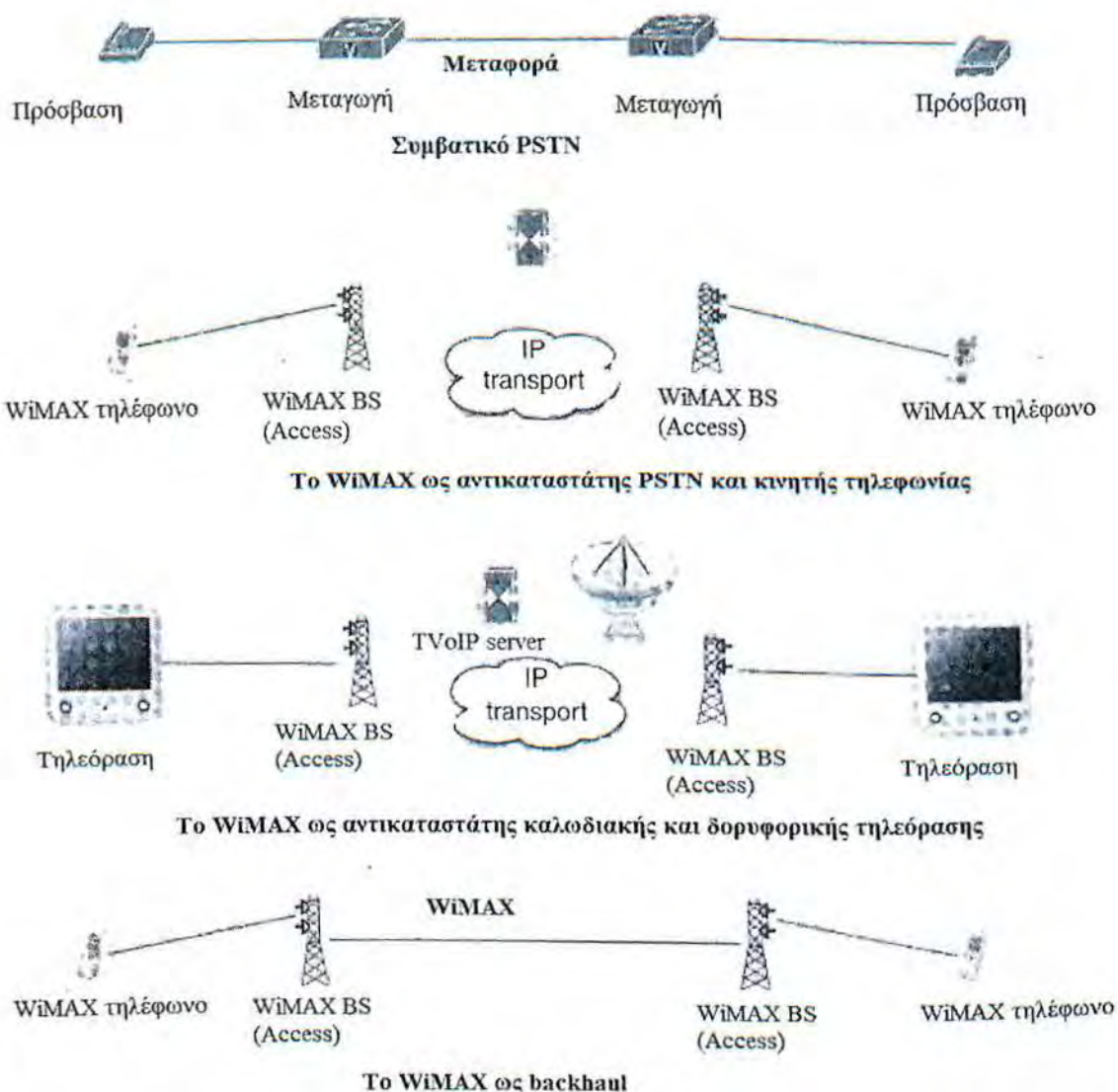
6.7.5.5. Σαν διασπαστική τεχνολογία

Μια τεχνολογία μπορεί, αφηρημένα, να χαρακτηριστεί διασπαστική όταν είναι τυπικά φθηνότερη, απλούστερη, μικρότερη, και αρκετά συχνά πιο βολική από την αντίπαλη τεχνολογία. Το WiMAX ικανοποιεί αυτά τα κριτήρια. Η Εικόνα 1.4 απεικονίζει αυτή την πιθανή διατάραξη σε αντιπαράθεση με μια ποικιλία τηλεπικοινωνιακών βιομηχανιών.

Οι ακόλουθες βιομηχανίες απειλούνται άμεσα από το WiMAX. Υπάρχουν κάποια κριτήρια για την αναγνώριση διασπαστικών τεχνολογιών ασχέτως της αγοράς που απευθύνονται. Μπορούμε να ορίσουμε αφηρημένα μια τεχνολογία διασπαστική όταν είναι τυπικά φθηνότερη, απλούστερη, μικρότερη, και, συχνά, περισσότερο βολική από τις επικρατούσες ανταγωνιστικές. Μια τέτοια τεχνολογία έχει τη δυνατότητα να αντικαταστήσει επικρατούσες τεχνολογίες και τα σχετικά προϊόντα τους και τους κύριους κατασκευαστές τους.

Οι ασύρματες τεχνολογίες, σε σχέση με τα επιβεβλημένα ενσύρματα δίκτυα, είναι μια διασπαστική τεχνολογία. Για τον ανταγωνιστικό παροχέα υπηρεσιών, το WiMAX είναι φθηνότερο, απλούστερο, μικρότερο, και, συχνά, περισσότερο βολικό από τα χάλκινα καλώδια ή τα ομοαξωνικά καλώδια και τις σχετικές υποδομές τους. Για να είναι μια τεχνολογία πραγματικά διασπαστική, πρέπει να διασπάσει έναν δεσμευτικό κατασκευαστή ή παροχέα υπηρεσιών.

Αν και είναι πολύ νωρίς να καταδείξουμε παροχείς υπηρεσιών που θα χάσουν τη δουλειά τους από το WiMAX, οι τεχνολογίες του είναι ενδεχομένως διασπαστικές στις δεσμευτικές τηλεφωνικές εταιρίες. Η μεταφορά ενσύρματων τηλεφωνικών γραμμών στα κινητά αποτελεί αντιπροσωπευτικό παράδειγμα αυτής της τάσης. Η μετάβαση στη φωνή μέσω WiMAX (Voice over WiMAX) σίγουρα θα σηματοδοτήσει τη διάσπαση των τηλεφωνικών εταιριών όπως τις ξέρουμε.



Εικόνα 1.4

6.7.5.6. Διατάραξη στις τηλεφωνικές εταιρίες

Η Εικόνα 1.1 έδειξε πως το WiMAX αντικαθιστά το κομμάτι της πρόσβασης του PSTN. Η ευρυζωνική σύνδεση στο Διαδίκτυο που έγινε εφικτή από το WiMAX είναι το IP και, χρησιμοποιώντας Voice over IP (VoIP), το PSTN παρακάμπτεται. Αν εξαιρεθεί η περίπτωση όπου μια κλήση καταλήγει σε έναν αριθμό PSTN, όλες οι άλλες κλήσεις δεν χρειάζονται το PSTN. Αυτό μπορεί ενδεχομένως να διαταράξει την οικονομική ευμάρεια μεγάλων τηλεφωνικών εταιριών.

6.7.5.7. Πως το WiMAX Θα Διασπάσει την Τηλεφωνική Βιομηχανία

Εφόσον η διασπαστική τεχνολογία ορίζεται ως φθηνότερη, απλούστερη, μικρότερη, και περισσότερο βολική στη χρήση, τότε, με ποιο τρόπο είναι το WiMAX φθηνότερο, απλούστερο, μικρότερο, και περισσότερο βολικό στη χρήση από τις συμβατικές τηλεπικοινωνιακές υποδομές;

6.7.5.7.1. Φθηνότερο

Ένα δίκτυο WiMAX είναι πολύ φθηνότερο στο να αναπτυχθεί από μια συγκρίσιμη μεταγωγής TDM, χάλκινων καλωδίων συμβατική PSTN υποδομή. Η νομοθετική πράξη τηλεπικοινωνιών 1996 (Telecommunications Act 1996) (στην Ελλάδα μετά από 5 χρόνια) απέτυχε να δημιουργήσει πραγματικό ανταγωνισμό στον τοπικό βρόγχο, αφού ήταν οικονομικώς αδύνατον να κατασκευαστεί και να λειτουργήσει ένα δίκτυο που θα μπορούσε να ανταγωνιστεί το συνταγματικώς κατοχυρωμένο και οικονομικώς προστατευμένο μονοπώλιο.

Το WiMAX έρχεται να τα αλλάξει όλα αυτά. Όπως διερευνήθηκε πρωτίτερα, ένα ανταγωνιστικό δίκτυο μπορεί να κατασκευαστεί με ένα κλάσμα του κόστους ενός συμβατικού δικτύου. Περαιτέρω, μπορεί να λειτουργήσει με ένα κλάσμα του κόστους λειτουργίας, διαχείρισης, συντήρησης, και εφοδιασμού του PSTN. Ενδεχομένως, προσφέρει περισσότερες υπηρεσίες από το PSTN, παράγοντας περισσότερα εισοδήματα από μια PSTN υποδομή που σχετίζεται κυρίως με φωνή.

Λόγω του ότι είναι φθηνότερο να αγοραστεί και να λειτουργήσει, ένα δίκτυο WiMAX σηματοδοτεί μια σημαντική μείωση των εμποδίων εισόδου στην αγορά. Μια υπηρεσία φωνής δεν είναι πια ο αποκλειστικό χώρος δράσης ενός εκατονταετούς προστατευόμενου μονοπωλίου. Αυτή η μείωση των εμποδίων εισόδου θα επιτρέψει σε πολλαπλά είδη παρόχων υπηρεσιών να προσφέρουν υπηρεσίες φωνής σε απευθείας ανταγωνισμό με το μονοπώλιο συμβατικής τηλεφωνίας. Αυτή η λίστα παρόχων υπηρεσιών θα μπορούσε να περιλαμβάνει WISP, ISP, εταιρίες ηλεκτρισμού, δημοτικές αρχές, εταιρίες καλωδιακής τηλεόρασης, και νεοεισερχόμενες επιχειρήσεις στην αγορά. Για την τιμή ενός ημιφορτηγού αυτοκινήτου, ένας επαρχιακός ISP μπορεί να είναι η τηλεφωνική εταιρία, η εταιρία καλωδιακής τηλεόρασης, και ενδεχομένως η εταιρία κινητής τηλεφωνίας για μια δεδομένη κοινότητα. Αυτό είναι αρκετά διασπαστικό.

6.7.5.7.2. Απλούστερο

Δεδομένης της εκατονταετούς του εξέλιξης, το PSTN είναι οδυνηρά πολύπλοκο. Οι παροχείς υπηρεσιών έχουν συγχωνεύσει τη μια τεχνολογία πάνω από την άλλη τον τελευταίο αιώνα. Τα Central Offices (κύρια κέντρα) έχουν γίνει, σε πολλές περιπτώσεις, ιστορικά μουσεία μεταγωγής, αφού οι επιχειρηματίες σπάνια πετούν εξοπλισμό μεταγωγής που συνεχίζει να λειτουργεί, με αποτέλεσμα τη συνεχή υποτίμησή του.

Οι παροχείς υπηρεσιών WiMAX δε θα νιώθουν την επιβάρυνση του παρελθόντος. Άλλωστε, το WiMAX βασίζεται στο IP, που σημαίνει ότι είναι πολύ πιο αποδοτικό εν λειτουργία. Τι κλειδί εδώ είναι τα ανοιχτά πρότυπα σε

αντίθεση με τα κλειστά συστήματα του συμβατικού PSTN. Τα ανοιχτά πρότυπα επιτρέπουν σε έναν πάροχο υπηρεσιών να αναμίξει και να ταιριάσει συστατικά του δικτύου. Μεγάλο μέρος ενός δικτύου φωνής μεταγωγής softswitch βασίζεται στο λογισμικό, το οποίο μπορεί να αναβαθμιστεί εύκολα και συχνά. Η χρήση μέσων (φωνή και βίντεο) βασισμένων στο IP απλοποιεί περαιτέρω τη διανομή της υπηρεσίας.

6.7.5.7.3. Μικρότερο

Μια επαναλαμβανόμενη δικαιολογία για το μονοπώλιο των τηλεφωνικών εταιριών και των εταιριών καλωδιακής τηλεόρασης είναι ότι ήταν/είναι μια «οικονομία κλίμακας», δεδομένου ότι κάτι τόσο μεγάλο, τόσο πολύπλοκο, και τόσο πολυδάπανο θα μπορούσε να επιτύχει μόνο αν προστατευόταν ως μονοπώλιο. Ένα δίκτυο WiMAX μπορεί εύκολα να αναπτυχθεί ως ένα αρθρωτό σύστημα ακόμα και από τους μικρότερους παροχείς υπηρεσιών σε επαρχιακές ή αναπτυσσόμενες οικονομίες. Το ίδιο ισχύει και για εταιρικές εγκαταστάσεις ή πολύ-κτιριακές μονάδες. Δεδομένου του ότι το VoIP, το IPTV, ή οι λειτουργίες Internet είναι γεωγραφικώς ανεξάρτητες από τον συνδρομητή, ένας πάροχος υπηρεσιών μπορεί να παρέχει μεταγωγή για ευρέως διασκορπισμένους συνδρομητές.

Το αποτύπωμα ενός WiMAX CPE (Contrat Premiere Embauche) είναι συγκρίσιμο με αυτό ενός φορητού υπολογιστή. Αυτό κάνει την ανάπτυξη γρήγορη και ανέξοδη. Το μικρότερο μέγεθος κάνει την ανάπτυξη και τη διαχείριση τόσο εύκολη.

6.7.5.7.4. Πιο Βολικό στη Χρήση

Το PSTN μπορεί να είναι καταδικασμένο από τη φωνή, το προϊόν για το οποίο δημιουργήθηκε. Το ίδιο ισχύει και για τα δίκτυα καλωδιακής τηλεόρασης και τα αντίστοιχά τους σε βίντεο. Οι επιχειρησιακές και αστικές αγορές τώρα απαιτούν βολική πρόσβαση σε ευρυζωνικές υπηρεσίες δεδομένων. Το PSTN δεν προσφέρει αυτή τη λειτουργία αποτελεσματικά. Τα δίκτυα WiMAX προσφέρουν εύκολα αναπτυσσόμενες και διαχειριζόμενες ευρυζωνικές υπηρεσίες δεδομένων με την τριάδα φωνής, βίντεο, και δεδομένων. Το WiMAX πετυχαίνει επειδή η ευελιξία της καθόλα IP υποδομής του προσφέρει στο συνδρομητή μεγαλύτερη άνεση (VoIP, IPTV, και δεδομένα IP από έναν παροχέα υπηρεσιών).

6.7.5.7.5. Βοηθά στην Αποδόμηση

Είναι γνωστό πως κάποιες συγκεκριμένες βιομηχανίες έχουν «αποδομηθεί» εξαιτίας του Διαδικτύου. Δηλαδή, η εμφάνιση της διαθεσιμότητας της πληροφορίας ή των υπηρεσιών μέσω του Διαδικτύου προκάλεσε σε αρκετές φίρμες να χάσουν πωλήσεις και μερίδιο αγοράς, αν όχι να καταστραφούν, κι αυτό λόγω της εμφάνισης νέων τεχνολογιών. Παραδείγματα τέτοιων

βιομηχανιών περιλαμβάνουν ταξιδιωτικά πρακτορεία, τράπεζες μεταπώλησης, και μεταπωλητές αυτοκινήτων.

Ο τομέας των τηλεπικοινωνιών έχει αποδομηθεί τα τελευταία χρόνια από τεχνολογίες σχετιζόμενες με το Διαδίκτυο, αν όχι το Διαδίκτυο το ίδιο. Η παράδοση χαρακτηριστικών τηλεφωνίας σε μια υπηρεσία φωνής μέσω IP θα ήταν επίσης ένα παράδειγμα της αποδόμησης της τηλεπικοινωνιακής βιομηχανίας παρόχων υπηρεσιών από μια τεχνολογία σχετιζόμενη με το Διαδίκτυο. Το IPTV κάνει το ίδιο στη βιομηχανία καλωδιακής τηλεόρασης. Οι εταιρίες κινητής τηλεφωνίας μπορεί κι αυτές να βρεθούν παρομοίως αποδομημένες, μόλις το κινητό WiMAX φθάσει στην αγορά.

6.7.5.8. Διατάραξη στις εταιρίες καλωδιακής και δορυφορικής τηλεόρασης

Μια τεχνολογία που λέγεται TV over Internet Protocol (TVoIP) είναι για την καλωδιακή τηλεόραση ότι είναι το VoIP για τις τηλεφωνικές εταιρίες. Τώρα είναι εφικτή η απλή μετατροπή του προγραμματισμού της καλωδιακής τηλεόρασης και η διανομή της μέσω μιας ευρυζωνικής σύνδεσης Διαδικτύου όπως είναι το WiMAX. Ο προγραμματισμός είναι διαθέσιμος σε πανομοιότυπο πραγματικό χρόνο με την εκπομπή της καλωδιακής τηλεόρασης, και τα κανάλια μπορούν να αλλαχθούν με τη χρήση ενός αποκωδικοποιητή και μετατροπέα τηλεοπτικού σήματος ενώ ο προγραμματισμός να εμφανίζεται σε μια συμβατική τηλεόραση. Δεν απαιτούνται ικανότητες χειρισμού ηλεκτρονικού υπολογιστή.

6.7.5.9. Διατάραξη στις εταιρίες κινητής τηλεφωνίας

Οι τεχνολογίες VoIP μπορούν να χρησιμοποιηθούν για κινητή τηλεφωνία που θα αντικαταστήσει εδραιωμένες εταιρίες κυψελώδους κινητής τηλεφωνίας. Σύντομα το κόστος αντικατάστασης μιας τωρινής υποδομής κινητής τηλεφωνίας θα είναι ένα μικρό κλάσμα του κόστους κατασκευής ενός εδραιωμένου τωρινού δικτύου κινητής τηλεφωνίας. Το μόνο που θα χρειάζεται θα είναι ένα τηλέφωνο WiMAX και πρόσβαση σε ένα σταθμό βάσης WiMAX. (Ο ίδιος σταθμός θα δίνει ευρυζωνική πρόσβαση στο Διαδίκτυο, VoIP, TVoIP σε κατοικίες και επιχειρήσεις).

6.7.5.10. Διατάραξη στη βιομηχανία backhaul

Η κατασκευή πολυδάπανων δικτύων οπτικών ινών σιγμάτισε την τηλεπικοινωνιακή έκρηξη τη δεκαετία του 1990. Πολύ απλά, αν το WiMAX μπορεί να μεταδώσει 72 Mbit/sec σε ακτίνα 49 χιλιομέτρων και η υποδομή κοστίζει μόνο μερικές χιλιάδες ευρώ (κεραίες, ράδιο), τότε υπηρεσίες μεταφοράς δεδομένων στο backhaul δίκτυο οπτικών ινών που χρεώνουν τους πελάτες τους χιλιάδες ευρώ το μήνα είναι σε κίνδυνο. Το μοντέλο αυτό μπορεί να επεκταθεί κάλλιστα και δίκτυα backhaul μεγάλης απόστασης. Οι πύργοι μικρό-κυματικών ζεύξεων είναι ο τρόπος κάλυψης μεγάλων

αποστάσεων που χρησιμοποιούν οι τηλεφωνικές εταιρίες εδώ και πολύ καιρό. Το WiMAX είναι ένας τρόπος για απλή επέκταση και αύξηση αυτών των δικτύων.

6.7.5.11. Συμπέρασμα

Είναι προφανές πως δε θα υπάρξει ανταγωνισμός στον τοπικό βρόγχο (local loop) παρά μόνο ως ένα εναλλακτικό δίκτυο. Άλλωστε για να υπάρξει ανταγωνισμός στον τοπικό βρόγχο πρέπει η τεχνολογία που θα παρακάμψει τη μεταγωγή και την πρόσβαση να μη δημιουργεί εμπόδια σε αυτόν που θα θέλει να εισέλθει στην αγορά των τηλεπικοινωνιών. Πιο απλά, πρέπει να προσφερθεί ένας τρόπος παράκαμψης των χάλκινων καλωδίων των τηλεφωνικών εταιριών.

Το Internet πρέπει να αποτελεί ένα μέσο ενημέρωσης και επικοινωνίας προσβάσιμο ανά πάσα στιγμή από παντού, με την ίδια λογική που σήμερα ένα κινητό τηλέφωνο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σχεδόν από οποιοδήποτε σημείο, χωρίς πολύπλοκες διαδικασίες. Κάπως έτσι εκτιμάται ότι μελλοντικά ο χρήστης ενός φορητού υπολογιστή ή PDA θα ενεργοποιεί τη συσκευή του σε οποιοδήποτε σημείο μιας πόλης ή και ολόκληρης της χώρας του και θα είναι αμέσως έτοιμος να πλοηγηθεί στο Internet με ταχύτητες αρκετών Mbps. Όσο κι αν αυτό φαίνεται σαν ένα... άπιαστο όνειρο, το WiMAX υπόσχεται να το κάνει πραγματικότητα και οι πρώτες δοκιμές που έχουν γίνει σε χώρες του εξωτερικού, δείχνουν ότι θα το κατορθώσει.

6.7.6. Το Wimax πολιορκεί το 3G;

Έχοντας απογοητεύσει τους επενδυτές (και τους ισολογισμούς των εταιριών τους) μήπως είναι μάταιο το 3G; Το παραπάνω ερώτημα θέτουν οι Financial Times επισημαίνοντας ότι μια εναλλακτική τεχνολογία γνωστή ως "Wimax" σταδιακά κερδίζει έδαφος.

Το Wimax έρχεται σε δύο "γεύσεις", αναφέρει η εφημερίδα. Αυτή την εβδομάδα ο πρώτος εξοπλισμός πιστοποιήθηκε για την σταθερή "γεύση" γνωστή ως 802.16-2004. Το σταθερό Wimax πρόκειται να χρησιμοποιηθεί κυρίως σαν μια εναλλακτική λύση στον τοπικό βρόγχο.

Ο μεγάλος ενθουσιασμός αφορά όμως την ασύρματη "γεύση", 802.16e. Αντιθέτως με το Wifi, την τεχνολογία που χρησιμοποιείται ευρέως σε καφετέριες παγκοσμίως, το ασύρματο Wimax έχει ένα εύρος που μετράται σε χιλιόμετρα, και όχι σε μέτρα, ενώ εμφανίζει πολύ πιο μεγάλες ταχύτητες.

"Είναι το ασύρματο Wimax μια αξιόπιστη εναλλακτική στο 3G; Μάλλον όχι", τονίζουν οι F.T. Στην πράξη οι ταχύτητες αναμένεται να διαμορφωθούν από 2 έως 10Mb. Ωστόσο τα περισσότερα δίκτυα 3G ήδη αναβαθμίζονται στα επαρκή 2Mb. Το φάσμα αποτελεί ένα πρόβλημα: οι περισσότερες από τις 700 άδειες παγκοσμίως είναι τοπικές και σε μερικές περιπτώσεις ορισμένες επιτρέπουν μόνο σταθερές υπηρεσίες. Με το Wimax αποφεύγεται η καταβολή ακριβών δικαιωμάτων στην Qualcomm, στην οποία ανήκει η μεγαλύτερη πνευματική ιδιοκτησία του 3G. Ωστόσο η δημιουργία ενός αμφιλεγόμενου Wimax δικτύου θα ήταν μια λύση με μεγαλύτερο κόστος από μια συμφωνία για την αγορά πρόσβασης στο 3G.

Αυτό αφήνει ως μοναδική προοπτική του Wimax τα γιγαντιαία hotspots. Οι μεγάλες συγκεντρώσεις χρηστών υπηρεσιών κινητής - το 75% της συγκεκριμένης δραστηριότητας λαμβάνει χώρα σε τρεις τοποθεσίες - σημαίνει ότι αυτή η πτυχή δεν θα πρέπει να αγνοηθεί.

Η βασική στρατηγική λοιπόν των περισσότερων εταιριών να παραμείνουν "παντρεμένες" με το 3G, αλλά να είναι ανοικτές και σε άλλες τεχνολογίες, φαίνεται σε αυτό το πλαίσιο να είναι ορθή

6.7.7. MOBILE WiMAX

6.7.7.1. Εισαγωγή

Το Mobile WiMAX είναι μια ασύρματη ευρυζωνική λύση η οποία επιτρέπει τη σύγκλιση κινητών και σταθερών ευρυζωνικών δικτύων μέσω μιας κοινής τεχνολογίας ευρυζωνικής πρόσβασης ευρείας περιοχής και μιας ευέλικτης αρχιτεκτονικής δικτύου. Η ασύρματη διεπαφή Mobile WiMAX (Mobile WiMAX Air Interface) υιοθετεί OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access) για βελτιωμένη πολύ-οδική απόδοση σε περιβάλλοντα χωρίς οπτική επαφή. Για να επιτευχθούν μεταβλητού μεγέθους εύρη ζώνης καναλιών από 1,25 έως 20 MHz γίνεται χρήση της τεχνικής SOFDMA (Scalable OFDMA). Η πρώτη έκδοση του Mobile WiMAX θα καλύπτει εύρη ζώνης καναλιών στα 5, 7, 8,75, και 10 MHz για αδειοδοτημένες κατανομές φάσματος παγκοσμίως στις ζώνες συχνοτήτων 2,3 GHz, 2,5 GHz, 3,3 GHz και 3,5 GHz. Η ομάδα Mobile Technical Group (MTG) στο WiMAX Forum αναπτύσσει τα προφίλ συστήματος Mobile WiMAX που θα καθορίζουν τα υποχρεωτικά και προαιρετικά χαρακτηριστικά του προτύπου IEEE που είναι απαραίτητα για την κατασκευή μιας σύμμορφης προς τους κανονισμούς ασύρματης διεπαφής Mobile WiMAX που να μπορεί να πιστοποιηθεί από το WiMAX Forum. Η ομάδα WiMAX Forum Network Working Group (NWG) αναπτύσσει τις δικτυακές προδιαγραφές υψηλότερου επιπέδου για συστήματα Mobile WiMAX πέρα από ότι ορίζεται από το πρότυπο IEEE 802.16 το οποίο απλώς καταπιάνεται με τις προδιαγραφές της ασύρματης διεπαφής. Η συνδυασμένη προσπάθεια του IEEE 802.16 και του WiMAX Forum βοηθά να καθοριστεί η από άκρο σε άκρο επίλυση του συστήματος για ένα δίκτυο Mobile WiMAX. Τα συστήματα Mobile WiMAX προσφέρουν προσαρμοστικότητα και στην

τεχνολογία ασύρματης πρόσβασης και στην αρχιτεκτονική του δικτύου, και επομένως παρέχουν μεγάλη ευελιξία στις επιλογές ανάπτυξης του δικτύου και στις υπηρεσίες που μπορούν να προσφερθούν. Μερικά από τα εξέχοντα χαρακτηριστικά που υποστηρίζει το Mobile WiMAX είναι:

6.7.7.2. Υψηλοί ρυθμοί μετάδοσης

Η συμπερίληψη τεχνικών κεραιών MIMO μαζί με ευέλικτα σχέδια υπό-καναλοποίησης, Advanced Coding and Modulation επιτρέπουν στην τεχνολογία Mobile WiMAX να υποστηρίξει τους μέγιστους ρυθμούς μετάδοσης DL μέχρι 63 Mbit/sec ανά τομέα και τους μέγιστους ρυθμούς μετάδοσης UL μέχρι 28 Mbit/sec σε ένα κανάλι 10 MHz.

6.7.7.3. Quality of Service (QoS)

Η βασική αρχή της αρχιτεκτονικής του MAC στο IEEE 802.16 είναι το QoS. Καθορίζει τις ροές υπηρεσιών (Service Flows) που μπορούν να αντιστοιχηθούν στα σημεία DiffServ code points ή ετικέτες ροών MPLS που δίνουν τη δυνατότητα ύπαρξης QoS από άκρο σε άκρο και βασισμένο στο IP (IP based). Επιπλέον, η υπό-καναλοποίηση και τα βάσει MAP σχέδια σηματοδότησης παρέχουν έναν ευέλικτο μηχανισμό για το βέλτιστο προγραμματισμό του χώρου, των συχνοτήτων και των χρονικών πόρων επί της ασύρματης διεπαφής σε μια βάση πλαίσιο-ανά-πλαίσιο.

6.7.7.4. Προσαρμοστικότητα (scalability)

Παρά την όλο και περισσότερο διεθνοποιημένη οικονομία, οι φασματικοί πόροι για ασύρματη ευρυζωνικότητα παγκοσμίως είναι ακόμη εντελώς ανόμοιοι στις κατανομές τους. Επομένως, η τεχνολογία του κινητού WiMAX είναι σχεδιασμένη να προσαρμόζει τη λειτουργία της σε διαφορετικές καναλοποιήσεις από 1,25 έως 20 MHz για να συμμορφώνεται με τις ποικίλες απαιτήσεις διεθνώς καθώς οι προσπάθειες προχωρούν μακροπροθέσμως στην φασματική εναρμόνιση. Αυτό επίσης επιτρέπει διαφορετικές οικονομίες να συνειδητοποιήσουν τα πολυποίκιλα πλεονεκτήματα της τεχνολογίας Mobile WiMAX για τις συγκεκριμένες γεωγραφικές ανάγκες τους όπως η παροχή προσιτής Διαδικτυακής πρόσβασης σε αγροτικές συνθήκες σε αντιδιαστολή με την ενίσχυση της χωρητικότητας της κινητής ευρυζωνικής πρόσβασης σε μητροπολιτικές και προαστιακές περιοχές.

6.7.7.5. Ασφάλεια

Τα χαρακτηριστικά που παρέχονται για θέματα ασφάλειας στο Mobile WiMAX είναι τα καλύτερα στην κατηγορία με αυθεντικοποίηση βάσει EAP, αυθεντικοποιημένη κρυπτογράφηση βάσει AES-CCM, και σχέδια προστασίας

των μηνυμάτων ελέγχου βάσει CMAC και HMAC. Υπάρχει υποστήριξη για τα διάφορα σύνολα διαπιστευτηρίων χρηστών συμπεριλαμβανομένων: κάρτες SIM/USIM, Smart Cards, Ψηφιακά Πιστοποιητικά, και σχέδια Όνομα χρήστη/Κωδικός βάσει των σχετικών μεθόδων EAP για το είδος των διαπιστευτηρίων.

6.7.7.6. Κινητικότητα

Το Mobile WiMAX υποστηρίζει βελτιστοποιημένα σχέδια μεταγωγής με καθυστερήσεις μικρότερες από 50 milliseconds για τη διασφάλιση των εφαρμογών πραγματικού χρόνου όπως η λειτουργία VoIP χωρίς υποβάθμιση της υπηρεσίας. Ευέλικτα σχέδια διαχείρισης κλειδιών διαβεβαιώνουν πως διατηρείται η ασφάλεια κατά τη διάρκεια της μεταγωγής.

6.7.7.7. Χαρακτηριστικά του Mobile WiMAX

Το Mobile WiMAX εισάγει την τεχνική πρόσβασης στο μέσο OFDMA και υποστηρίζει σημαντικά χαρακτηριστικά απαραίτητα για την παροχή κινητών ευρυζωνικών υπηρεσιών για οδικές ταχύτητες άνω των 120 km/hr με QoS συγκρίσιμο με εναλλακτικές ενσύρματης πρόσβασης. Αυτά τα χαρακτηριστικά και ιδιότητες περιλαμβάνουν:

- **Ανοχή στην πολύ-οδική διάδοση και σε αυτό-παρεμβολές** με υπό-καναλική ορθογωνικότητα σε DL και UL.
- **Προσαρμοζόμενα εύρη ζώνης καναλιών** από 1,25 έως 20 MHz.
- **Time Division Duplex (TDD)** ορίζεται για τα αρχικά προφίλ κινητού WiMAX για την μεγαλύτερη αποδοτικότητά του στην υποστήριξη ασύμμετρης κίνησης και στην καναλική αμοιβαιότητα για την εύκολη υποστήριξη συστημάτων εξελιγμένων κεραιών.
- **Hybrid-Automatic Repeat Request (H-ARQ)** παρέχει επιπρόσθετη σθεναρότητα με ταχέως μεταβαλλόμενες συνθήκες διαδρομής σε καταστάσεις υψηλής κινητικότητας.
- **Επιλεκτικός προγραμματισμός συχνοτήτων (Frequency Selective Scheduling)** και υπό-καναλοποίηση με πολλαπλές μεταθέσεις επιλογών, δίνει στο mobile WiMAX την ικανότητα βελτιστοποίησης της ποιότητας της σύνδεσης βάσει του πόσο ισχυρό είναι το σήμα συγκεκριμένων χρηστών.

- **Διαχείριση εξοικονόμησης ενέργειας (Power Conservation Management)** διασφαλίζει την ενεργειακής αποδοτικότητας λειτουργία υπολογιστών χειρός και φορητών συσκευών με μπαταρίες στους τρόπου λειτουργίας sleep και idle.
- **Network-Optimized Hard Handoff (HHO)** υποστηρίζεται για να ελαχιστοποιηθεί η επιβάρυνση (overhead) και για να επιτευχθεί καθυστέρηση μεταγωγής μικρότερη από 50 millisecond.
- **Multicast and Broadcast Service (MBS)** συνδυάζει τα χαρακτηριστικά του DVB-H, MediaFLO και 3GPP E-ULTRA για Υψηλό ρυθμό μετάδοσης και κάλυψη χρησιμοποιώντας ένα Single Frequency , Network, Ευπροσάρμοστη κατανομή των ράδιο-πόρων, Χαμηλή κατανάλωση ενέργειας κινητών συσκευών, Χαμηλός χρόνος μεταγωγής καναλιού.
- **Smart Antenna** που βοηθιέται από την υπό-καναλοποίηση και την καναλική αμοιβαιότητα, και η οποία καθιστά εφικτή τη χρήση ενός μεγάλου εύρους συστημάτων εξελιγμένων κεραιών συμπεριλαμβανομένων διαμόρφωσης δέσμης, κωδικοποίηση χώρου-χρόνου και χωρική πολυπλεξία.
- **Κλασματική επαναχρησιμοποίηση συχνοτήτων (Fractional Frequency Reuse)** η οποία ελέγχει τις συγκαναλικές παρεμβολές για την υποστήριξη καθολικής επαναχρησιμοποίησης συχνοτήτων με ελάχιστη υποβάθμιση της φασματικής αποδοτικότητας.
- **Με μέγεθος πλαισίου 5 millisecond** παρέχει τον βέλτιστο αντιπραγματισμό μεταξύ επιβάρυνσης (overhead) και καθυστέρησης (latency).

6.7.7.8. Συγκριτική ανάλυση

Για να βελτιωθεί η χωρητικότητα της κατερχόμενης ζεύξης στα συστήματα 3G το 3GPP έχει αναπτύξει το HSDPA (High-Speed Downlink Packet Access) το οποίο αποτελεί αναβάθμιση του WCDMA. Αυτή η αναβάθμιση αλλάζει την κατερχόμενη ζεύξη από CDM σε TDM-CDM έτσι ώστε να υποστηριχθεί προσαρμοστική διαμόρφωση και κωδικοποίηση και άλλες βελτιώσεις φασματικής αποδοτικότητας. Μια περαιτέρω αναβάθμιση, το HSUPA (High-Speed Uplink Packet Access) παρέχει παρομοίως βελτιώσεις στην ανοδική ζεύξη. Παρόμοιες αλλαγές έχουν αναπτυχθεί από το 3GPP2 για το CDMA2000. Το 1xEVDO (Evolution-Data Optimized) αλλάζει την κατερχόμενη ζεύξη από CDM σε TDM και προσθέτει δυνατότητα πολλαπλών φερόντων (multi-carrier). Άλλη μια αναμενόμενη εξέλιξη για το WCDMA όπως το LTE

(Long Term Evolution) θα υιοθετεί τεχνολογία βασισμένη στο OFDM για την περαιτέρω βελτίωση της διεκπαιρευτικής ικανότητας δεδομένων. Όπως προαναφέρθηκε, το Mobile WiMAX είναι βασισμένο στην τεχνολογία OFDM/OFDMA.

Τα πιο σημαντικά πλεονεκτήματα έναντι των παραδοσιακών CDMA 3G συστημάτων είναι:

6.7.7.8.1. Υψηλοί ρυθμοί μετάδοσης

Οι τεχνικές κεραιών MIMO με ευέλικτα σχέδια υπό-καναλοποίησης, η εξελιγμένη κωδικοποίηση και διαμόρφωση (Advanced Coding and Modulation) δίνουν τη δυνατότητα στο Mobile WiMAX να υποστηρίξει τους μέγιστους ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων στον τομέα DL μέχρι 46 Mbit/sec, θεωρώντας έναν λόγο DL/UL 3:1, και μέγιστους ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων στον τομέα UL μέχρι 14 Mbit/sec, θεωρώντας έναν λόγο DL/UL 1:1, σε ένα κανάλι 10 MHz.

6.7.7.8.2. Quality of Service

Η θεμελιώδης αρχή της αρχιτεκτονικής του IEEE 802.16 MAC είναι το QoS. Ορίζει τα Service Flows που μπορούν να αντιστοιχηθούν στα σημεία κωδικών DiffServ ή τις ετικέτες ροής MPLS που επιτρέπουν από άκρο σε άκρο IP-based QoS. Επιπροσθέτως, η υπό-καναλοποίηση και τα MAP-based σχέδια σηματοδότησης παρέχουν έναν ευέλικτο μηχανισμό για τον βέλτιστο προγραμματισμό των πόρων χώρου, συχνότητων, και χρόνου επί της ασύρματης διεπαφής σε μια βάση πλαίσιο-ανά-πλαίσιο. Με υψηλό ρυθμό μετάδοσης και ευέλικτο προγραμματισμό, το QoS μπορεί να ενισχυθεί καλύτερα.

6.7.7.8.3. Προσαρμοστικότητα

Παρά την όλο και περισσότερο διεθνοποιημένη οικονομία, οι φασματικοί πόροι για ασύρματη ευρυζωνικότητα παγκοσμίως είναι ακόμη εντελώς ανόμοιοι στις κατανομές τους. Επομένως, η τεχνολογία του Mobile WiMAX είναι σχεδιασμένη να προσαρμόζει τη λειτουργία της σε διαφορετικές καναλοποιήσεις από 1,25 έως 20 MHz για να συμμορφώνεται με τις ποικίλες απαιτήσεις διεθνώς καθώς οι προσπάθειες προχωρούν μακροπροθέσμως στην φασματική εναρμόνιση. Αυτό επίσης επιτρέπει διαφορετικές οικονομίες να συνειδητοποιήσουν τα πολυποίκιλα πλεονεκτήματα της τεχνολογίας Mobile WiMAX για τις συγκεκριμένες γεωγραφικές ανάγκες τους όπως η παροχή προσιτής Διαδικτυακής πρόσβασης σε αγροτικές συνθήκες σε αντιδιαστολή με την ενίσχυση της χωρητικότητας της κινητής ευρυζωνικής πρόσβασης σε μητροπολιτικές και προαστιακές περιοχές.

Το 1xEVDO και το HSDPA/HSPA εξελίχθηκαν από τα CDMA πρότυπα του 3G για την παροχή υπηρεσιών δεδομένων πάνω από ένα δίκτυο το οποίο αρχικώς σχεδιάστηκε για κινητές υπηρεσίες φωνής. Αυτές οι αναβαθμίσεις 3G είναι το αποτέλεσμα εξέλιξης των εμπειριών του 3G και επομένως, κληρονομούν και τα πλεονεκτήματα και τους περιορισμούς των συμβατικών

συστημάτων 3G. Τα δίκτυα 3G είναι σχεδιασμένα να παρέχουν την εκτεταμένη κάλυψη που απαιτούν οι μεταγωγής κυκλώματος υπηρεσίες φωνής. Από την άλλη πλευρά, το WiMAX αναπτύχθηκε αρχικώς για σταθερή ασύρματη ευρυζωνική πρόσβαση και είναι βελτιστοποιημένο για υπηρεσίες ευρυζωνικών δεδομένων, με άλλα λόγια έχει σχεδιαστεί εκ θεμελίων για το IP (IP-based). Αφού λοιπόν το Mobile WiMAX έχει εξελιχθεί από έννοιες συστημάτων που σχεδιάστηκαν αρχικώς για σταθερή ασύρματη πρόσβαση, το WiMAX αντιμετωπίζει την πρόκληση ικανοποίησης των επιπρόσθετων απαραίτητων απαιτήσεων για την υποστήριξη κινητικότητας. Ο Πίνακας 9.1 συνοψίζει τις διαφορές των δύο τεχνολογιών.

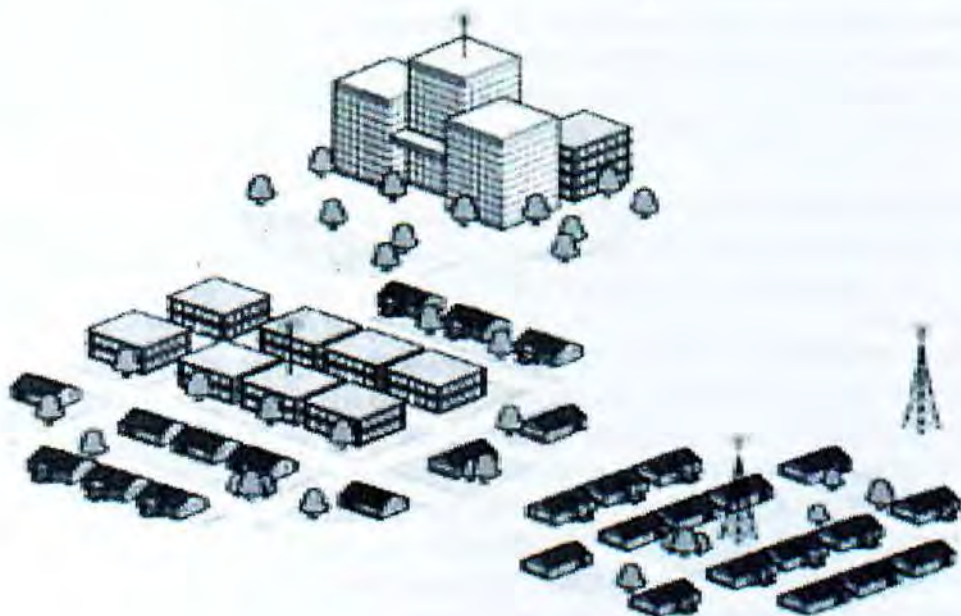
Πίνακας 9.1

Ιδιότητα	1xEVDO	HSPA	Mobile WiMAX
Βασικό πρότυπο	CDMA2000	WCDMA	IEEE 802.16e
Μέθοδος duplex	FDD	FDD	TDD
Downlink	TDM	CDM-TDM	OFDMA
Uplink	CDMA	CDMA	OFDMA
Εύρος ζώνης καναλιού	1.25 MHz	5 MHz	Προσαρμόσιμο: 5, 7, 8.75, 10 MHz
Μέγεθος πλαισίου	DL 1.67 msec UL 6.67 msec	2 msec 2, 10 msec	5 msec TDD 5 msec TDD
Διαμόρφωση DL	QPSK/8PSK/16QAM	QPSK/16QAM	QPSK/16QAM/64QAM
Διαμόρφωση UL	BPSK, QPSK/8PSK	BPSK/QPSK	QPSK/16QAM
Κωδικοποίηση	Turbo	CC, Turbo	CC, Turbo
DL data rate	3.1 Mbit/sec	14 Mbit/sec	46 Mbit/sec
UL data rate	1.8 Mbit/sec	5.8 Mbit/sec	7 Mbit/sec
H-ARQ	Fast 4-Channel Synchronous IR	Fast 6-Channel Asynchronous CC	Multi-Channel Asynchronous CC
Scheduling	Fast Scheduling στο DL	Fast Scheduling στο DL	Fast Scheduling στο DL και στο UL
Μεταγωγή	Virtual Soft Handoff	Network Initiated Hard Handoff	Network Optimized Hard Handoff
Diversity, MIMO	Simple Open Loop Diversity	Simple Open and Closed Loop Diversity	STBC, SM
Beamforming	Όχι	Ναι	Ναι

6.7.7.9. Συμπέρασμα

Το Mobile WiMAX βασίζεται σε τεχνολογίες OFDM/OFDMA οι οποίες είναι πιο κατάλληλες για ασύρματες ευρυζωνικές υπηρεσίες δεδομένων. Μάλιστα είναι πιο αποδεκτό πως θα αποτελέσουν τη βάση του 4G. Ένα σύστημα OFDM/OFDMA μεγάλης ανάλυσης κατανομή πόρων, καλύτερη αποδοτικότητα στην ανερχόμενη ζεύξη, και μπορεί να υποστηρίξει τεχνολογίες εξελιγμένων κεραιών. Αυτές οι ικανότητες θέτουν τα θεμέλια για σημαντικά καλύτερη φασματική αποδοτικότητα και καλύτερο QoS και στις δύο κατευθύνσεις κατερχόμενης και ανερχόμενης ζεύξης. Επίσης, το Mobile WiMAX μπορεί να ρυθμίσει δυναμικά το λόγο downlink/uplink χρησιμοποιώντας TDD με αποτέλεσμα να επιτυγχάνεται μεγαλύτερη ευελιξία όσο αφορά την υποστήριξη διαφορετικών ειδών ευρυζωνικής κίνησης. Σε αντίθεση, τα EVDO και HSPA, τα οποία βασίζονται στο FDD, έχουν σταθερό ασύμμετρο λόγο downlink/uplink. Ακόμη, το Mobile WiMAX παρέχει ανώτερο QoS και άρα ικανοποιούνται καλύτερα οι διάφορες απαιτήσεις των πελατών. Επίσης, μόνο το Mobile WiMAX μπορεί να μεταφέρει υπηρεσίες DSL σε ένα κινητό περιβάλλον με καλή σχέση απόδοσης-τιμής. Αυτή είναι μια αναγκαία απαίτηση για την επιτυχία του Mobile WiMAX, μια τεχνολογία που μέσω των ευρυζωνικών κινητών υπηρεσιών της σκοπεύει να προσφέρει από διαδραστικά παιχνίδια πραγματικού χρόνου, VoIP, ροές πολυμέσων μέχρι πλοήγηση στο Διαδίκτυο και απλές μεταφορές αρχείων.

6.7.8. Εφαρμογές του WiMAX



Οι κάτοικοι μιας μεγάλης πόλης θα βρίσκονται σε μόνιμη σύνδεση με το διαδίκτυο, ακόμη και κατά τη διάρκεια της μετακίνησής τους.

Η μόνιμη και ασύρματη σύνδεση στο διαδίκτυο επιτρέπει ακόμη και στον πιο απλό χρήστη να αξιοποιήσει ένα μεγάλο πλήθος νέων εφαρμογών, που μέχρι στιγμής δεν ήταν διαθέσιμες, είτε λόγω χαμηλού bandwidth, είτε λόγω των περιορισμών που θέτει η χρήση καλωδίων.



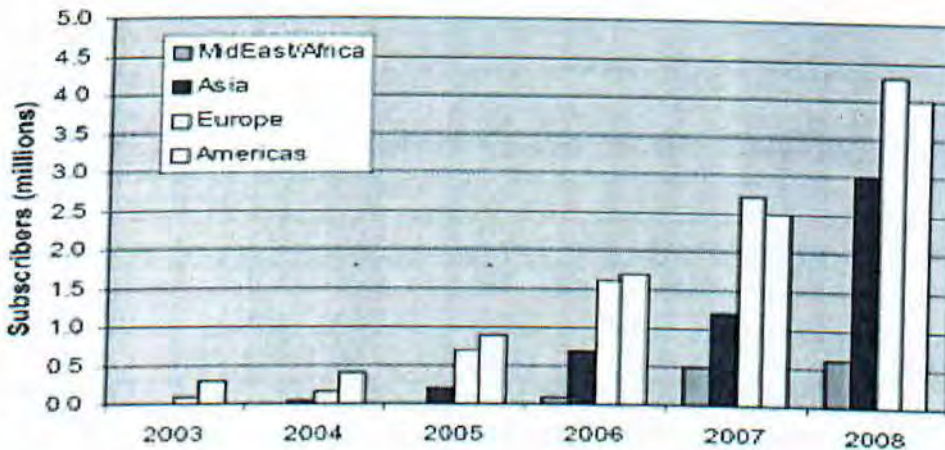
WiMAX

Η τηλεφωνία Voice over IP, που επιτρέπει την πραγματοποίηση τηλεφωνικών κλήσεων μέσω Internet, μέχρι τώρα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί μόνο σε οικιακούς ή εταιρικούς χώρους που διέθεταν σύνδεση στο διαδίκτυο υψηλών ταχυτήτων. Με το WiMAX, το γρήγορο Internet είναι διαθέσιμο σε κάθε σημείο μιας μεγάλης πόλης και στα περισσότερα τμήματα της χώρας. Μπορείτε να φανταστείτε τον εαυτό σας να μετακινείται με ένα μέσο μαζικής μεταφοράς ή με το αυτοκίνητό του, συνομιλώντας τηλεφωνικά με άτομα που βρίσκονται στην άλλη άκρη του κόσμου, με πολύ χαμηλή ή και μηδενική χρέωση. Μάλιστα οι ταχύτητες που υπόσχεται το WiMAX είναι τόσο υψηλές, που εκτός από τη μετάδοση φωνής, το πιθανότερο είναι ότι θα καταστεί εφικτή και η βιντεοτηλεφωνία μέσω διαδικτύου. Εφαρμογές όπως το Skype, το ICQ ή ο MSN Messenger που ήδη επιτρέπουν την πραγματοποίηση συνομιλίας με ήχο ή και εικόνα, θα εμπορούν άμεσα να χρησιμοποιηθούν σε φορητούς υπολογιστές και PDA εν κινήσει, καθιστώντας απλή υπόθεση την αδιάλειπτη και οικονομική επικοινωνία. Όμως οι διευκολύνσεις που αναμένεται να φέρει το WiMAX στον καθημερινό τρόπο ζωής δεν σταματούν εδώ.

Η παρακολούθηση video on demand και online τηλεοπτικών ή ραδιοφωνικών μεταδόσεων προγραμμάτων θα επιτρέπει σε κάποιο φίλαθλο να παρακολουθεί το ματς της αγαπημένης του ομάδας εν κινήσει, μέσω Internet, στον επαγγελματία να ενημερώνεται για τις τιμές των μετοχών κατά τη διαδρομή από το σπίτι προς την εργασία του, αλλά και στον μουσικόφιλο χρήστη να γεμίζει τις ώρες ενός πολύωρου πληκτικού ταξιδιού αγοράζοντας τραγούδια mp3 και video clips από online καταστήματα. Η αποστολή ενός e-mail με μεγάλα συνημμένα αρχεία, ενώ βρίσκεστε καθ'οδόν, σήμερα είναι πρακτικά ανέφικτη, εκτός φυσικά αν χρησιμοποιήσετε το -όχι και τόσο οικονομικό- 3G. Το WiMAX με πολλαπλάσιες ταχύτητες θα κοστίζει σημαντικά λιγότερο, επιτρέποντας τη διεκπεραίωση κάθε online εργασίας μέσα σε ελάχιστα λεπτά, χωρίς να βάλετε βαθιά το χέρι στην τσέπη.

Τα Wireless Metropolitan Networks, όπως αυτά που έχουν ήδη αναπτυχθεί σε πόλεις της Ελλάδας και του εξωτερικού, αυτή τη στιγμή αντιμετωπίζουν ως σημαντικό πρόβλημα τη μειωμένη εμβέλεια της τεχνολογίας Wi-Fi, παρουσιάζοντας μεγάλα κενά στις περιοχές κάλυψής τους. Ως εκ τούτου, τα μέλη των συλλόγων που τα διαχειρίζονται αναγκάζονται να τοποθετούν κεραιές σε πολύ κοντινές αποστάσεις, ώστε να επιτευχθεί πληρέστερη κάλυψη. Το WiMAX θα επιτρέψει τη δημιουργία ασύρματων μητροπολιτικών δικτύων που θα καλύπτουν αξιόπιστα μεγάλες περιοχές. Χρήστες που βρίσκονται στην ίδια μεγαλούπολη, αλλά σε απόσταση πολλών χιλιομέτρων μεταξύ τους, θα μπορούν να ανταλλάζουν αρχεία δημιουργώντας μεταξύ τους ένα προστατευμένο ιδιωτικό δίκτυο, στο οποίο δεν θα έχουν πρόσβαση τρίτα άτομα, παρά μόνο αν γνωρίζουν το μυστικό κλειδί κρυπτογράφησης.

6.7.9. Το WiMAX στο εξωτερικό



Το WiMAX αν και βρίσκεται ακόμη σε νηπιακό στάδιο ανάπτυξης, εκτιμάται ότι τα επόμενα χρόνια θα προσελκύσει εκατομμύρια συνδρομητές.

Σαν νέα τεχνολογία, το WiMAX διαθέτει σε παγκόσμια κλίμακα, αρκετά χαμηλή συνδρομητική βάση εν συγκρίσει με τις άλλες τεχνολογίες πρόσβασης στο Internet, όπως οι συνδέσεις ADSL, Cable, ISDN ή μισθωμένων κυκλωμάτων. Αυτό είναι κάτι το δικαιολογημένο, αν αναλογιστεί κανείς ότι τα δίκτυα WiMAX δεν έχουν ακόμη αναπτυχθεί ιδιαίτερα.

Τα ασύρματα ευρυζωνικά δίκτυα WiMAX έχουν αποκτήσει μεγάλης δυναμικής προοπτικές παγκοσμίως λόγω των προβλημάτων που καλούνται να λύσουν στην αγορά των ευρυζωνικών υπηρεσιών. Η κυκλοφορία των πιστοποιημένων (σύμφωνα με το 802.16-2004) προϊόντων WiMAX για σταθερή πρόσβαση αποτέλεσε το κίνητρο για την ανάπτυξη πάνω από 110 ασύρματα ευρυζωνικά δίκτυα παγκοσμίως. Πολλά από αυτά έχουν περάσει από τη δοκιμαστική φάση και παρέχουν εμπορικές υπηρεσίες. Σύμφωνα με στοιχεία ερευνών της εταιρίας Telegeography, αυτή τη στιγμή περισσότεροι από 117 πάροχοι ασχολούνται με τη συγκεκριμένη τεχνολογία, και μάλιστα στο βραχυπρόθεσμο μέλλον θα προστεθούν και ελληνικές εταιρίες.

Σύμφωνα με την εν λόγω εταιρία, πρωτοπόρος στην προώθηση του WiMAX είναι η Ευρώπη σε επτά χώρες της οποίας λειτουργούν ήδη 11 εμπορικά δίκτυα και προσφέρουν συνδέσεις 1-3 Mbit/sec με μηνιαίο κόστος 25 και 60 ευρώ. Σε εμπορική λειτουργία υπάρχουν ακόμη 4 δίκτυα στην ανατολική Ασία και 1 στην λατινική Αμερική αυξάνοντας το συνολικό πλήθος σε 16. Παράλληλα, υπάρχουν 35 δίκτυα WiMAX στη δοκιμαστική φάση. Από αυτά 14 είναι στην Ευρώπη, 11 στην ανατολική Ασία, 4 στη βόρεια Αμερική, 2 στη λατινική Αμερική και 1 στην Αφρική.

Η ύπαρξη μεγάλου ενδιαφέροντος αποδεικνύεται από το γεγονός ότι σχεδιάζονται ή βρίσκονται σε φάση ανάπτυξης 66 δίκτυα WiMAX παγκοσμίως. 21 στην Ευρώπη, 17 στην λατινική Αμερική, 14 στην ανατολική Ασία, 7 στη βόρεια Αμερική, 4 στην Αφρική, και 3 στη Μέση Ανατολή. Συνολικά, στην Ευρώπη λειτουργούν, υλοποιούνται ή δοκιμάζονται 46 δίκτυα, 29 στην ανατολική Ασία, 20 στη λατινική Αμερική, 11 στη βόρεια Αμερική, 6 στη Μέση Ανατολή και 5 στην Αφρική.

Στην ευρυζωνική αγορά νέα ώθηση θα δοθεί από το 2007 όταν και θα εμφανιστούν τα πρώτα πιστοποιημένα προϊόντα Mobile WiMAX. Η εταιρία Intel κατασκεύασε ένα microchip από πυρίτιο με το όνομα Rosedale 2 το οποίο επιτρέπει τη δημιουργία δύο τρόπων λειτουργίας (dual-mode) μόντεμ για σταθερό και κινητό WiMAX μαζί. Αυτό το chip δεν πιστεύεται να φέρει εμπόδια στην υλοποίηση κινητών δικτύων WiMAX καθώς αναμένεται να συνεργαστεί απρόσκοπτα τόσο με chip άλλων κατασκευαστών (όπως το Universal της Alcatel) όσο και με τους χρήστες σταθερών υπηρεσιών της Intel (με την ονομασία rosedale) διότι το ασύρματο μόντεμ Intel PRO/Wireless5116 είναι απολύτως συμβατό με το νέο chip δίνοντας μια εύκολη λύση αναβάθμισης.

Κατά το έτος του 2005 οι συνδρομητές WiMAX δεν ξεπερνούν τα 2 εκατομμύρια συνολικά σε Ευρώπη, Αμερική και Ασία, αλλά κατά το 2006 εκτιμάται ότι θα υπάρξει υπερδιπλασιασμός τους, φθάνοντας ή και ξεπερνώντας τα 5 εκατομμύρια. Στις χρονιές που ακολουθούν μάλιστα η αύξηση αναμένεται να συνεχιστεί με ανάλογους ρυθμούς, φθάνοντας ή και ξεπερνώντας τα 100 εκατομμύρια. Στους υψηλούς ρυθμούς ανάπτυξης του θα συμβάλλει φυσικά η ευκολία εγκατάστασης ενός δικτύου WiMAX, αλλά και η εύκολη εγγραφή και χρήση του από τους συνδρομητές.

Είναι χαρακτηριστικό το γεγονός ότι μετά τον πρόσφατο τυφώνα που έπληξε τη Νέα Ορλεάνη των Ηνωμένων Πολιτειών και τις καταστροφές που επέφερε στο ενσύρματο δίκτυο τηλεπικοινωνιών, τα σωστικά συνεργεία προχώρησαν στην άμεση δημιουργία δικτύου WiMAX για την κάλυψη των αναγκών επικοινωνίας στην περιοχή.

6.7.10. ...και στην Ελλάδα

Στη χώρα μας, με δεδομένο ότι όπως και στην Ευρώπη τα δίκτυα WiMAX χρησιμοποιούν τη συχνότητα των 3,5 GHz, υπάρχουν 4 άδειες εκ των οποίων έχουν εκχωρηθεί ήδη 3. Στον ΟΤΕ, στην Q-Telecom και στην Craig Wireless (η οποία αγόρασε τη σχετική άδεια από τη Europrom).

Ο ΟΤΕ έχει ήδη δηλώσει ότι σκοπεύει να αναπτύξει δίκτυο WiMAX συμπληρωματικά με τις υποδομές DSL που κατέχει. Η Q Telecom έχει ανακοινώσει την έναρξη πιλοτικής εφαρμογής WiMAX για την παροχή ευρυζωνικών υπηρεσιών και τηλεφωνίας μέσω επενδύσεων που θα κινηθούν στα 50-70 εκατομμύρια ευρώ. Στόχος είναι η εμπορική διάθεση των υπηρεσιών WiMAX στο ευρύ κοινό από το 2007. Η εταιρία Craig Wireless αναμένεται να είναι η πρώτη που θα παρέχει εμπορικά ευρυζωνικές υπηρεσίες μέσω WiMAX καθώς στο πλάνο της εταιρίας αναφέρεται ότι θα

είναι έτοιμη για τη λειτουργία του δικτύου της σε Αθήνα, Θεσσαλονίκη, Πάτρα και Ηράκλειο τον Οκτώβριο του 2006.

Ο διαγωνισμός για την παραχώρηση της τέταρτης άδειας πραγματοποιήθηκε από την Εθνική Επιτροπή Τηλεπικοινωνιών και Ταχυδρομείων στις 27 Ιουλίου 2006. Οι εταιρίες που υπέβαλλαν αίτηση είναι: Tellas, Vodafone, Hellas On Line, Forthnet, Cosmoline, Clearwire Europe S.a.R.L., Διεθνής Αερολιμένας Αθηνών ΑΕ με τελικό πλειοδότη την Cosmoline η οποία προσέφερε 20.475.000 ευρώ (12πλάσιο της τιμής εκκίνησης). Η άδεια έχει διάρκεια 10 έτη και παρέχει το δικαίωμα ανάπτυξης δικτύου σταθερής ασύρματης πρόσβασης και παροχής Ηλεκτρονικών Υπηρεσιών που παρέχονται σε συνδρομητές που κινούνται εντός της ελληνικής επικράτειας, λαμβάνουν όμως την υπηρεσία σε σταθερά σημεία (νομαδικές υπηρεσίες). Οι συγκεκριμένες ραδιοσυχνότητες θα χρησιμοποιηθούν για τη δημιουργία σταθερής ασύρματης πρόσβασης. Ο ανάδοχος είναι υποχρεωμένος να αναπτύξει την αναγκαία υποδομή για την παροχή ευρυζωνικών υπηρεσιών τουλάχιστον στο 20% του πληθυσμού σε επτά γεωγραφικές ζώνες της χώρας εντός τεσσάρων ετών από τη χορήγηση του δικαιώματος.

Τέλος, ο Διεθνής Αερολιμένας Αθηνών κάτοχος άδειας πιλοτικής χρήσης WiMAX από την ΕΕΤΤ για την περιοχή Σπάτα-Κορωπί, ανέπτυξε πιλοτικά εφαρμογές WiMAX σε τρεις τεχνολογικές ενότητες ανάλογα με τη χρήση τους (ιδιωτική, εταιρική χρήση, παροχή κομβικής υποδομής). Ειδικότερα, οι εφαρμογές βασισμένες σε WiMAX που παρουσιάστηκαν από την Επιχειρηματική Μονάδα Πληροφορικής του ΔΑΑ, είναι:

- **Εφαρμογές για ιδιωτική χρήση.** Ταυτόχρονη μεταφορά τηλεοπτικού σήματος υψηλής ευκρίνειας, φωνής και δεδομένων με ρυθμό μετάδοσης 14 Mbit/sec.
- **Εφαρμογές για εταιρική χρήση.** Μέσω WiMAX, μπορεί να προσφέρει σε άλλες εταιρίες υπηρεσίες φιλοξενίας υπολογιστικών συστημάτων, τηλεσυνδιάσκεψης και εφαρμογών από απόσταση (ASP).
- **Παροχή κομβικής υποδομής WiMAX hub.** Ο ΔΑΑ είναι σε θέση να παρέχει κομβική υποδομή σε άλλους παρόχους WiMAX ή WLAN για την εξυπηρέτηση των πελατών τους.

Πρόσφατα διατέθηκαν από την Εθνική Επιτροπή Τηλεπικοινωνιών και Ταχυδρομείων (ΕΕΤΤ) οι πρώτες άδειες για εγκατάσταση και δοκιμαστική λειτουργία δικτύων WiMAX στην Ελλάδα όπου και τις παραθέτω.

WiMAX: Στη δημοσιότητα τα ονόματα των εταιρειών που απέκτησαν άδεια για τις πρώτες δοκιμές

Ολοκληρώθηκε η διαδικασία αδειοδότησης για τη χορήγηση αδειών για δοκιμές τεχνολογίας WiMAX από την Εθνική Επιτροπή Τηλεπικοινωνιών και Ταχυδρομείων (ΕΕΤΤ). Από τους 29 ενδιαφερόμενους που υπέβαλλαν τους

τεχνικούς φακέλους, χορηγήθηκαν άδειες τελικά μονάχα σε 19 συνολικά εταιρείες από τις εμπλεκόμενες.

Στον ακόλουθο κατάλογο αναφέρονται οι εταιρείες/φορείς που έλαβαν άδεια για να εγκαταστήσουν δοκιμαστικούς σταθμούς στις αντίστοιχες θέσεις:

3NET, Δ. Αθήνας

ALTEC, Καλλιθέα

ARX.NET, Θεσσαλονίκη

COSMOLINE, Γλυφάδα

COSMOTE, Δ. Αθήνας, Θεσσαλονίκη, Πάτρα, Ηράκλειο Κρήτης

FORTHNET, Καλλιθέα

HELLAS ON LINE, Μαρούσι

INTRASTET, Λάρισα

LANNET, Περιστέρι, Καβάλα, Κομοτηνή

METANET, Βόλος

SPARKNET, Θεσσαλονίκη

SYNED, Κátζα

TELEPASSPORT, Θεσσαλονίκη, Τρίκαλα

TELLAS, Μαρούσι

VIVODI, Χαλάνδρι

VODAFONE, Παιανία

ΔΙΕΘΝΗΣ ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΑΣ ΑΘΗΝΩΝ, Σπάτα

Κ. ΟΥΡΟΥΛΗΣ (TELEDATA), Θεσσαλονίκη

ΜΑΡΑΚ, Πέραμα

Από το δελτίο τύπου EETT

6.7.11. Το μεγάλο στοίχημα του WiMAX

Το WiMax (Worldwide Interoperability for Microwave Access) είναι μια νέα τεχνολογία, ένα βήμα μετά το Wi-Fi, που παρέχει ασύρματη ευρυζωνική πρόσβαση υψηλών ταχυτήτων σε μεγάλες αποστάσεις. Είναι σαφώς ταχύτερο από το Wi-Fi και μπορεί να καλύψει μεγαλύτερες αποστάσεις μετάδοσης. Όπως λένε οι ειδικοί, είναι η πραγματική ελευθερία στην επικοινωνία και το «μεγάλο στοίχημα» για τους υπολογιστές νέας γενιάς. Πλέον ένας φορητός υπολογιστής (laptop) θα μπορεί να συνδυάζει τις ιδιότητες κινητού τηλεφώνου και ραδιοφωνικού πομπού: θα «πιάνει» παντού και θα εξασφαλίζει επικοινωνία με και από κάθε γωνιά του πλανήτη. Μπορεί πολλοί χρήστες ήδη να απολαμβάνουν ασύρματη επικοινωνία μέσω κάποιων περιφερειακών Wi-Fi συσκευών, αλλά με το WiMax οι δυνατότητες ενός laptop δεν θα έχουν περιορισμούς.

Η τεχνολογία WiMAX για τη μετάδοση δεδομένων χρησιμοποιεί συχνότητες από 2-11GHz (802.16a) και από 10-66GHz (802.16). Στην Ελλάδα οι άδειες που δόθηκαν αφορούν δοκιμές στη συχνότητα των 3,5 GHz. Οι αποστάσεις που καλύπτει φτάνουν ως 50 χιλιόμετρα, ενώ οι ρυθμοί μετάδοσης δεδομένων αγγίζουν τα 70Mbps. Αυτά, βέβαια, στη θεωρία. Το τι θα ισχύσει στην πράξη θα το δείξουν οι δοκιμές.

Τα συστήματα WiMAX λειτουργούν στις συχνότητες 3,5 GHz (βάσει ειδικής άδειας), 5,4 και 5,8 GHz (ελεύθερη μπάντα - ISM)

Ο χαρακτηρισμός. Το WiMax (ή Wireless to the Maximum - ασύρματα δίκτυα στο μέγιστο της απόδοσής του) θα μπορούσε τρόπον τινά να χαρακτηριστεί ως η ασύρματη εκδοχή του ADSL, καθώς προσφέρει αντίστοιχες και ίσως υψηλότερες ταχύτητες σε σχέση με το ADSL, χωρίς όμως να απαιτείται ενσύρματη υποδομή. Ο πάροχος εγκαθιστά κεραιές (κάτι που μπορεί να αποτελέσει πρόβλημα δεδομένων των αντιδράσεων που υπάρχουν με τις κεραιές κινητής τηλεφωνίας) και η πρόσβαση από το χρήστη γίνεται ασύρματα, χωρίς μάλιστα να απαιτείται οπτική επαφή μεταξύ του πομπού και του δέκτη. Θεωρητικά, η μάζιμουμ εμβέλεια μεταξύ πομπού και δέκτη μπορεί να φθάσει μέχρι και 50 χιλιόμετρα, ενώ η ταχύτητα μετάδοσης των δεδομένων, θεωρητικά και πάλι, ανέρχεται έως και τα 40 Mbps. Όμως, οι υπάρχουσες εκτιμήσεις αναφέρουν ότι η εμβέλεια θα κινείται τελικώς μεταξύ 5 και 20 χιλιομέτρων (ανάλογα με το πόσο πυκνά δομημένη είναι η περιοχή που καλύπτει μία κεραία), ενώ ο κάθε χρήστης θα μπορεί να απολαμβάνει ταχύτητες διακίνησης των δεδομένων που θα είναι μεταξύ των 1,5 Mbps και 5 Mbps.

Οικογένεια πρωτοκόλλων. Η εν λόγω τεχνολογία βασίζεται στην οικογένεια πρωτοκόλλων 802.16. Αυτή τη στιγμή, το μόνο πρότυπο για WiMax που υπάρχει είναι το 802.16-2004, το οποίο είναι η «σταθερή» εκδοχή, καθώς ο δέκτης δεν μπορεί να αλλάζει κεραιές και να διατηρεί τη σύνδεσή του. Αυτό θα γίνει με το επερχόμενο 802.16e, το οποίο χαρακτηρίζεται ως η «κινητή» εκδοχή και ορισμένοι υποστηρίζουν ότι απειλεί την κινητή τηλεφωνία. Με δεδομένο ότι θα είναι δυνατή και η παροχή υπηρεσιών φωνής, αν μία πόλη καλύπτεται εξ ολοκλήρου με 802.16e κεραιές, τότε ο χρήστης θα μπορεί -

θεωρητικά- να απολαμβάνει υπηρεσίες αντίστοιχες με αυτές της κινητής τηλεφωνίας με σημαντικά χαμηλότερο κόστος.

Η συχνότητα. Οσον αφορά στη συχνότητα που θα χρησιμοποιηθεί, ατύπως η Ευρωπαϊκή Ένωση προωθεί αυτή των 3,5 GHz, η οποία χρησιμοποιείται από δίκτυα σταθερής ασύρματης πρόσβασης, τα οποία, γενικότερα, δεν έχουν σημειώσει εμπορική επιτυχία. Η συχνότητα αυτή φαίνεται να έχει επιλεγεί και από την ΕΕΤΤ, καθώς εκεί θα γίνουν και οι πιλοτικές δοκιμές. Αυτό σημαίνει ότι ενδιαφερόμενοι είναι όσοι λειτουργούν δίκτυα στα 3,5 GHz. Ο ΟΤΕ σκοπεύει να χρησιμοποιήσει το WiMax συμπληρωματικά για την παροχή ευρυζωνικών υπηρεσιών σε περιοχές που δεν καλύπτονται από ενσύρματα δίκτυα υψηλής χωρητικότητας, ενώ η Q-Telecom έχει ήδη ανακοινώσει ότι ετοιμάζεται να λειτουργήσει εμπορικό δίκτυο WiMax το Σεπτέμβριο του 2006. Μία ακόμη άδεια έχει η Ευγοργom, η οποία όμως δεν παρείχε ποτέ τηλεπικοινωνιακές υπηρεσίες. Οι υπάρχουσες πληροφορίες αναφέρουν ότι την εταιρεία έχουν προσεγγίσει ενδιαφερόμενοι επενδυτές από το εξωτερικό.

Σχεδόν το σύνολο των ελλήνων παρόχων ενδιαφέρεται για την εκμετάλλευση των δυνατοτήτων του WiMax προκειμένου να προσφέρει ευρυζωνικές συνδέσεις μεταξύ 1,5 Mbps και 5Mbps με ασύρματο τρόπο. Η συγκεκριμένη τεχνολογία απασχολεί εντόνως την παγκόσμια τηλεπικοινωνιακή αγορά, καθώς εκτιμάται ότι μπορεί να βοηθήσει στην ταχεία ανάπτυξη της ευρυζωνικότητας σε αρκετές περιοχές.