



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ  
ΤΜΗΜΑ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΤΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ  
& ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών  
«Διδακτική της Τεχνολογίας και Ψηφιακών Συστημάτων»

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΤΕΧΝΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ WiMAX ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

**ΧΟΥΖΟΥΡΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ      ΜΠΣ/0662**

**Υπεύθυνος Καθηγητής**  
ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΕΥΘΥΜΟΓΛΟΥ

**ΠΕΙΡΑΙΑΣ**  
**Ιούνιος 2008**



## Περίληψη

Στο πλαίσιο των σύγχρονων απαιτήσεων και της ραγδαίας εντυπωσιακής ανάπτυξης των ασύρματων τεχνολογιών, η τεχνολογία WiMAX αποτελεί την ιδανική λύση για την παροχή ευρυζωνικών υπηρεσιών υψηλής ποιότητας και χαμηλού κόστους σε αστικές αλλά και αγροτικές περιοχές, συμβάλλοντας τα μέγιστα στην άρση του ψηφιακού χάσματος. Οι μέχρι πρόσφατα δημοφιλείς λύσεις περιλάμβαναν την σταθερή πρόσβαση DSL, την ασύρματη πρόσβαση Wi-Fi και την κινητή ασύρματη πρόσβαση 2G/2.5G/3G. Η είσοδος του WiMAX στην αγορά κατέστησε τις λύσεις αυτές υποδεέστερες από πολλές απόψεις εξαιτίας του σαφούς πλεονεκτήματος του WiMAX να προσφέρει τόσο σταθερή, όσο και κινητή συνδεσιμότητα, χωρίς ωστόσο να οδηγήσει στην απόρριψή τους ή στην ακύρωση της σημασίας τους.

Το WiMAX αποτελεί ένα σύνολο υποπροτύπων, όπως είναι τα 802.16a., 802.16e, 802.16c και άλλα, με κάθε πρότυπο της οικογένειας να εισάγει διαφορετικές προδιαγραφές και να πληροί διαφορετικά κριτήρια. Ο μηχανισμός λειτουργίας του WiMAX περιλαμβάνει τον σταθμό βάσης, τον δέκτη και το σύστημα backhaul, διατηρώντας μια απλή, ευέλικτη και ταυτόχρονα άκρως λειτουργική αρχιτεκτονική. Απόρροια του τρόπου λειτουργίας είναι και μια σειρά περαιτέρω πλεονεκτημάτων όπως η υψηλή ασφάλεια, η ποιότητα παροχής υπηρεσιών, η διαλειτουργικότητα και η γρήγορη και εύκολη εγκατάσταση.

Τα προϊόντα WiMAX, πιστοποιημένα με πολύπλοκες και ενδεδειγμένες διαδικασίες ελέγχου καθορισμένες από το WiMAX Forum, υποστηρίζουν πολλά είδη συνδέσεων και επιδέχονται πολυάριθμων χρήσεων και εφαρμογών. Τέτοιες είναι η παροχή VoIP και IPTV υπηρεσιών μέσω του WiMAX· οι υπηρεσίες μπορούν να παρέχονται μέσω ιδιωτικών και δημόσιων δικτύων και να βρίσκουν εφαρμογές σε δίκτυα τραπεζών και σε εκπαιδευτικά δίκτυα, με συνδέσεις σε πανεπιστημιοπόλεις και θεματικά πάρκα. Οι ενδιαφερόμενοι για το εύρος υπηρεσιών WiMAX είναι πολλοί και διαφοροποιούνται ανάλογα με τις ανάγκες για σταθερές ή κινητές υπηρεσίες, διαμορφώνοντας ένα πλούσιο μωσαϊκό ομάδων-στόχων όπως είναι οι επιχειρήσεις, οι μεμονωμένοι χρήστες, το SOHO και άλλες.

Για την ορθή και επαρκή εξέταση της διεξόδου του WiMAX στις παγκόσμιες αγορές απαιτείται η σύγκριση της τεχνολογίας WiMAX με άλλες πιθανές ανταγωνιστικές τεχνολογίες που παίζουν κάποιο βασικό ρόλο στο τεχνολογικό ευρυζωνικό στερέωμα. Η σύγκριση του WiMAX με το DSL, το Wi-Fi, το 3G και το LTE αποβαίνει καθοριστικά υπέρ του WiMAX, το οποίο έχει να επιδείξει ευρύτερη κάλυψη, χαμηλότερο κόστος, εύκολη εγκατάσταση και λειτουργία μη οπτικής επαφής σε συνδυασμό με πλήθος άλλων στοιχείων που την δεδομένη χρονική στιγμή το καθιστούν ανώτερο των λοιπών τεχνολογιών από ποικίλες λειτουργικές εκφάνσεις. Ωστόσο, η σχέση του WiMAX με τις παραπάνω τεχνολογίες δεν είναι απαραίτητα αποκλειστικά και μόνο ανταγωνιστική, αφού σε πολλές περιπτώσεις, μια γόνιμη σύγκλιση συμβίωσης και συνεργασίας μεταξύ τους μπορεί να αποδειχθεί καρποφόρα.

Η παρούσα εργασία προσφέρει μια ολοκληρωμένη εικόνα των αγορών WiMAX, όπως έχουν διαμορφωθεί στις μέρες μας στις αναπτυγμένες και αναπτυσσόμενες χώρες, αναλύοντας την επικρατούσα κατάσταση στις Ηνωμένες Πολιτείες, στη Δυτική Ευρώπη, τη Κορέα, την Ινδία, την Κίνα, αλλά και την Ελλάδα. Η ανάλυση αυτή αναδεικνύει τις διαφορές που υπάρχουν στις προοπτικές ανάπτυξης του WiMAX στα διάφορα γεωγραφικά τμήματα του κόσμου και οδηγεί στο συμπέρασμα πως οι ιδιαίτερες ανάγκες κάθε περιοχής και οι κυβερνήσεις είναι αυτές που θα ορίσουν μελλοντικά με τρόπο καθοριστικό το βάθος και το εύρος της επίδρασης της WiMAX τεχνολογίας.

Πέραν της παρουσίασης της παρούσας κατάστασης που επικρατεί στις αγορές όπου το WiMAX έχει διεισδύσει δυναμικά, επιχειρείται μια πρόβλεψη της μελλοντικής πορείας του μέσω μιας ανάλυσης τεχνοοικονομικού τύπου, από μια εμπορική-οικονομική σκοπιά. Στο πλαίσιο αυτό παρουσιάζονται οι δαπάνες, τα κέρδη και τα ρίσκα που εμπλέκονται σε μια απόφαση ανάπτυξης της τεχνολογίας WiMAX, με την αρωγή του εργαλείου ανάλυσης TERA και της Ανάλυσης Ευαισθησίας, που εφαρμόζονται με στόχο την εξαγωγή οικονομικών συμπερασμάτων που αφορούν αστικές, προαστιακές και αγροτικές περιοχές.

Το βιομηχανικό οικοσύστημα του WiMAX περιλαμβάνει βασικούς παίκτες όπως παρόχους υπηρεσιών, χειριστές και πωλητές εξοπλισμού, οι οποίοι διαμορφώνουν σχέσεις συνεργασίας και ανταγωνισμού στο πλαίσιο της Αξιακής Αλυσίδας (Value Chain), με οφέλη διαφόρων ειδών για τους διάφορους εμπλεκόμενους φορείς. Στην ανάλυση του επιχειρηματικού πλαισίου του WiMAX διεξάγεται και μια Πολιτική-Οικονομική-Κοινωνική-Τεχνική μελέτη (PEST Analysis) που εντοπίζει και αναλύει την επιρροή που ασκούν παράγοντες και δυνάμεις σχετικά με το WiMAX στην ανάπτυξή του. Παράλληλα παρουσιάζεται συγκριτικά και αξιολογείται ο χρόνος που απαιτείται για την επιστροφή κεφαλαίου στους επενδυτές (Return of Investment) σε μια υποθετική στόχευση και επένδυση στην τεχνολογία αυτή.

Οι παροχείς υπηρεσιών WiMAX δεν δρουν διαισθητικά στη λήψη αποφάσεων σχετικά με την τεχνολογία, παρά υιοθετούν συγκεκριμένες στρατηγικές επιτυχίας, οι οποίες αποτελούν φυσικό επακόλουθο των διαδικασιών που διενεργούνται στην αξιακή αλυσίδα, των αποτελεσμάτων που προκύπτουν από αναλύσεις τύπου SWOT και του status του παρόχου, αν δηλαδή πρόκειται για νεοεισερχόμενο μέλος στην αγορά ή για καθιερωμένο παίκτη με σημαντικές προϋπάρχουσες επιτυχίες στο ενεργητικό του. Από τα παραπάνω στοιχεία θα εξαρτηθεί αν το WiMAX αποτελεί ευκαιρία για κάποιους, περισσότερο από κάποιους άλλους.

Η ανάλυση SWOT της WiMAX τεχνολογίας στην εργασία αυτή επικεντρώνεται στη μελέτη των δυνατών και αδύναμων σημείων του WiMAX, καθώς και στην διερεύνηση των ευκαιριών και απειλών που περιλαμβάνει η ανάπτυξή του. Και η ανάλυση αυτή ακολουθεί την διχοτόμηση της παγκόσμιας αγοράς σε αναπτυγμένη και αναπτυσσόμενη, σύμφωνα με τις επικρατούσες τάσεις στις παγκόσμιες αναλύσεις για το WiMAX και άλλες τεχνολογίες. Από την ανάλυση SWOT προκύπτουν και παρουσιάζονται συγκεκριμένες στρατηγικές, που στόχο έχουν να επωφεληθούν από

τις προοπτικές και τις ευκαιρίες και να αποφύγουν τις απειλές και τις πιθανές αδυναμίες της τεχνολογίας, ενώ διατυπώνονται και συγκεκριμένες προτάσεις για την επιτυχή ανάπτυξη του WiMAX από τους διάφορους φορείς του οικοσυστήματος.

Εστιάζοντας τέλος στο μέλλον της τεχνολογίας WiMAX, η παρούσα εργασία παρουσιάζει την πρόοδό της στο προηγούμενο έτος (2007) και διατυπώνει προβλέψεις για την φετινή εξέλιξή του, η οποία δείχνει πως θα χαρακτηριστεί από αυξημένες αλλαγές στην επίστροση των θεμελίων για την ανάπτυξη των BWA τεχνολογιών, εξαιτίας δημόσιων πολιτικών και ρυθμίσεων. Η ανάλυση της παγκόσμιας αγοράς για τα έτη 2005-2010 οδηγεί στο συμπέρασμα ότι οι αναπτυσσόμενες αγορές θα αναδειχθούν σε κορωνίδα της ανάπτυξης για το WiMAX τα επόμενα χρόνια, εφόσον σε εκείνες αναμένεται να παρατηρηθεί μια ιδιαίτερα αυξημένη δραστηριότητα ανάπτυξης, του με στόχο την γρήγορη και αποτελεσματική κάλυψη των αυξημένων αναγκών.

**Λέξεις-κλειδιά:** ανταγωνιστικές τεχνολογίες, αξιακή αλυσίδα, βιομηχανικό οικοσύστημα, επιχειρηματικό πλαίσιο, PEST ανάλυση, στρατηγικές επιτυχίας, SWOT ανάλυση, τεχνοοικονομική μελέτη, WiMAX.

## Ευχαριστίες

Στο σημείο αυτό θα ήθελα να ευχαριστήσω κάποιους ανθρώπους οι οποίοι με βοήθησαν στην συγγραφή αυτής της εργασίας.

Κατά κύριο λόγο, θέλω να ευχαριστήσω τον **Επίκουρο Καθηγητή Γεώργιο Ευθύμογλου** για την ανάθεση της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Για την αμέριστη και συνεχή συμπαράσταση, καθοδήγηση και εμπιστοσύνη που μου έδειξε καθόλη την διάρκεια της συγγραφής της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής.

Την **Δεσποινίδα Αντζελα Ματσακά** για όλη την υποστήριξη και αγάπη που μου έδωσε κατά την διάρκεια επιλογής Μεταπτυχιακού Προγράμματος, φοίτησης αυτού και διεκπαιρέωσης της παρούσας εργασίας.

Την **οικογένειά μου**, για την στήριξη και κατανόηση καθ' όλη τη διάρκεια της συγγραφής της μεταπτυχιακής αυτής διατριβής.

Χωρίς τους παραπάνω ανθρώπους σίγουρα το αποτέλεσμα αυτής της εργασίας και της δικιάς μου εξέλιξης θα ήταν πολύ κατώτερο.

## Πίνακας Περιεχομένων

<b>1. Εισαγωγή.....</b>	<b>11</b>
1.1 Εισαγωγική Ανάλυση του WiMAX.....	11
1.2 Πρότυπα 802.16 .....	12
1.2.1 802.16.....	13
1.2.2 802.16a.....	13
1.2.3 802.16d.....	13
1.2.4 802.16e.....	14
1.2.5 Άλλα πρότυπα της 802.16 οικογένειας.....	14
1.3 Πώς λειτουργεί το WiMAX.....	16
1.4 Τα Δομικά στοιχεία του WiMAX.....	17
1.4.1 Σταθμός Βάσης WiMAX.....	17
1.4.2 Δέκτης WiMAX.....	18
1.4.3 Backhaul.....	19
1.5 Πλεονεκτήματα της WiMAX τεχνολογίας.....	19
1.6 Συμπεράσματα Κεφαλαίου .....	22
<b>2. Εφαρμογές Και Σενάρια Χρήσης WiMAX .....</b>	<b>23</b>
2.1 VOIP εφαρμογές μέσω WiMAX.....	23
2.1.1 Σ υμπεράσματα για τις VOIP εφαρμογές μέσω WiMAX.....	25
2.2 IPTV μέσω WiMAX.....	26
2.3 Σενάρια Χρήσης της τεχνολογίας WiMAX.....	27
2.3.1 Ιδιωτικά Δίκτυα.....	28
2.3.2 Δημόσια Δίκτυα.....	37
2.4 Πιθανοί Τελικοί Χρήστες.....	40
2.4.1 Χρήστες Σταθερού WiMAX.....	41
2.4.2 Επιχειρήσεις.....	41
2.4.3 Χρήστες κινητού WiMAX.....	41
2.5 Συμπεράσματα Κεφαλαίου .....	42
<b>3. Ανταγωνιστικές ως προς το WiMAX τεχνολογίες.....</b>	<b>43</b>
3.1 Εισαγωγή.....	43
3.2 Σταθερό WiMAX και DSL.....	43
3.3 WiMax και Wi-Fi.....	44
3.4 WiMAX και 3G.....	46
3.5 WiMAX και LTE.....	48
3.6 Συμπεράσματα Κεφαλαίου .....	50
<b>4. Ζητήματα Υγείας και Ασφάλειας Σχετικά με το WiMAX.....</b>	<b>51</b>
4.1 WiMAX & Υγεία.....	51
4.2 WiMAX και ασφάλεια.....	51
4.3 Συμπεράσματα Κεφαλαίου .....	55
<b>5. Παγκόσμιες Αγορές WiMAX .....</b>	<b>56</b>
5.1 Η γενική εικόνα της αγοράς του δικτύου WiMAX.....	56
5.2 Το WiMAX στις ανεπτυγμένες χώρες.....	57
5.2.1 Ηνωμένες Πολιτείες.....	58
5.2.2 Δυτική Ευρώπη.....	59

5.2.3	Κορέα .....	60
5.3	Αναπτυσσόμενες Χώρες .....	61
5.3.1	Ινδία.....	61
5.3.2	Λατινική και Νότια Αμερική .....	62
5.3.3	Κίνα.....	62
5.4	Συμπεράσματα Κεφαλαίου .....	63
<b>6.</b>	<b>Τεχνοοικονομική Ανάλυση του WiMAX.....</b>	<b>65</b>
6.1	Ανάλυση Κόστους WiMAX .....	65
6.1.1	Τεχνοοικονομικό Πλαίσιο.....	65
6.1.2	Σενάρια ως Είσοδος .....	66
	Έξοδα .....	67
	Κέρδος της Ανάλυσης.....	68
6.1.3	Μοντέλο ροής εξόφλησης της επένδυσης.....	68
6.1.4	Ανάλυση ρίσκων-Ανάλυση Ευαισθησίας .....	69
6.1.5	TERA Tool.....	69
6.1.6	Αποτελέσματα .....	72
6.2	Συμπεράσματα Κεφαλαίου .....	76
<b>7.</b>	<b>Ανάλυση του Επιχειρηματικού Πλαισίου του WiMAX.....</b>	<b>77</b>
7.1	Το βιομηχανικό οικοσύστημα του WiMAX .....	77
7.2	Το WiMAX Forum.....	78
7.3	Η δομή του WiMAX Value Chain.....	80
7.3.1	Ανάλυση Συνεργασίας στο πλαίσιο της Αξιακής Αλυσίδας.....	82
7.4	Πολιτική -Οικονομική –Κοινωνική-Τεχνική ( PEST) Ανάλυση .....	83
7.5	Return of Investment.....	84
7.6	Συμπεράσματα Κεφαλαίου .....	85
<b>8.</b>	<b>Στρατηγικές επιτυχίας για τους παροχείς υπηρεσιών WiMAX.....</b>	<b>87</b>
8.1	WiMAX: Ευκαιρία ή Απειλή ;.....	89
8.2	Φορείς ενσύρματων δικτύων (Wire Line Carriers).....	89
8.3	Ανάλυση SWOT της WiMAX τεχνολογίας.....	90
8.3.1	Αδυναμίες.....	92
8.3.2	Προοπτικές και Απειλές.....	92
8.3.3	Στρατηγικές Ανάπτυξης για τις Αγορές του WiMAX .....	95
8.4	Πως να βγάλουμε τα καλύτερα αποτελέσματα στο WiMAX.....	100
8.4.1	Από το σενάριο και τις στρατηγικές στην πράξη: Η ανάπτυξη του WiMAX .....	101
8.4.2	Συγκεκριμένες Προτάσεις για την επιτυχή ανάπτυξη του WiMAX ..	102
8.5	Συμπεράσματα Κεφαλαίου .....	103
<b>9.</b>	<b>Το Μέλλον Της WiMAX Τεχνολογίας.....</b>	<b>104</b>
9.1	Τάσεις των παρόχων υπηρεσιών WiMAX και πρόοδος του WiMAX στο έτος 2007. Η εξέλιξη του WiMAX το 2008.....	104
9.2	Τι θα φέρει το 2008 για την τεχνολογία WiMAX : Προβλέψεις και Ενέργειες .....	106
9.3	Ανάλυση της Παγκόσμιας αγοράς και Τάσεων για τα έτη 2005-2010 .....	107
9.4	Συμπεράσματα Κεφαλαίου .....	108



## Πίνακας Σχημάτων

Σχήμα 1-1 Το τηλεπικοινωνιακό δίκτυο του WiMAX [3].....	12
Σχήμα 1-2 Σύγκριση μεταξύ των IEEE 802.16, 80.16a, 802.16-2004 και 802.16e [17]. .....	15
Σχήμα 1-3 Αναπαράσταση του δικτύου WiMAX [16].....	16
Σχήμα 1-4 Ο σταθμός βάσης WiMAX [28].....	17
Σχήμα 1-5 Ο δέκτης WiMAX [29] .....	18
Σχήμα 1-6 Τύποι υπηρεσιών WiMAX [12] .....	20
Σχήμα 1-7 Βασικοί στόχοι του WiMAX [12].....	21
Σχήμα 2-1Μια απλοποιημένη εκδοχή της αρχιτεκτονικής VOIP [17] .....	23
Σχήμα 2-2 IPTV εφαρμογή μέσω WiMAX[4].....	26
Σχήμα 2-3 Πιθανά σενάρια χρήσης του WiMAX [12] .....	27
Σχήμα 2-4 Το δίκτυο λειτουργίας του WiMAX [12].....	28
Σχήμα 2-5 Το δίκτυο πρόσβασης WiMAX [12] .....	29
Σχήμα 2-6 Ένα τραπεζικό δίκτυο εγχειρηματοποιημένο με το WiMAX [12].....	30
Σχήμα 2-7 Ένα εκπαιδευτικό δίκτυο βασισμένο στο WiMAX [12].....	31
Σχήμα 2-8 Ένα σενάριο εφαρμογής του WiMAX στον τομέα της δημόσιας ασφάλειας[12] .....	33
Σχήμα 2-9 Σενάριο εφαρμογής του WiMAX για offshore επικοινωνίες [12] .....	34
Σχήμα 2-10 Το δίκτυο WiMAX σε μια υποθετική πανεπιστημιούπολη [12].....	35
Σχήμα 2-11 Σενάριο εφαρμογής του WiMAX για επικοινωνίες προσωρινών κατασκευών [12] .....	36
Σχήμα 2-12 Το δίκτυο WiMAX σε ένα θεματικό πάρκο [12] .....	37
Σχήμα 2-13 Σενάριο εφαρμογής του WiMAX για Δίκτυο Παρόχου Ασύρματων Τηλεπικοινωνιών [12] .....	39
Σχήμα 2-14 Σενάριο εφαρμογής του WiMAX σε αγροτική περιοχή [12].....	40
Σχήμα 3-1 Σύγκριση των προτύπων 802.16x και 802.11 [13].....	46
Σχήμα 3-2 Φασματική αποτελεσματικότητα και σύγκριση throughput ανάμεσα στο WiMAX, το HSDPA και το ENDO-RevB υπό κοινές συνθήκες κίνησης [15].....	47
Σχήμα 3-3 Σύγκριση ανταγωνιστικών τεχνολογιών σε σχέση με το εύρος κάλυψης[14] .....	48
Σχήμα 4-1 Διαδικασία Κρυπτογράφησης WiMAX[18] .....	53
Σχήμα 4-2 Η διαδικασία αυθεντικοποίησης [18].....	54
Σχήμα 4-3 Η διαδικασία ανταλλαγής TEK [18] .....	55
Σχήμα 5-1 Η ανάπτυξη του WiMAX ανά γεωγραφική περιοχή [10] .....	56
Σχήμα 6-1 Το τεχνοοικονομικό πλαίσιο [29].....	66
Σχήμα 6-2 Ένα τυπικό διάγραμμα Ευαισθησίας [29].....	69
Σχήμα 6-3 Το εργαλείο TERA [29] .....	70
Σχήμα 6-4 Cash Balance γράφημα στο σενάριο 1[29].....	72
Σχήμα 6-5 Cash Balance γράφημα στο σενάριο 2 [29].....	73
Σχήμα 6-6 Cash Balance γράφημα στο σενάριο 3 [29].....	74
Σχήμα 6-7 Cash Balance γράφημα στο σενάριο 4 [29] .....	74

Σχήμα 6-8 Cash Balance γράφημα στο σενάριο 5 [29].....	75
Σχήμα 6-9 Cash Balance γράφημα στο σενάριο 6 [29] .....	76
Σχήμα 7-1Οι βασικοί παίκτες του σύγχρονου οικοσυστήματος των υπηρεσιών WiMAX [19].....	78
Σχήμα 7-2 WiMAX Forum[14].....	79
Σχήμα 7-3 Αναπαράσταση της αξιακής αλυσίδας .....	81
Σχήμα 7-4Το ROI για διαφορετικούς παρόχους [29] .....	85

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΡΡΑΙΑΣ

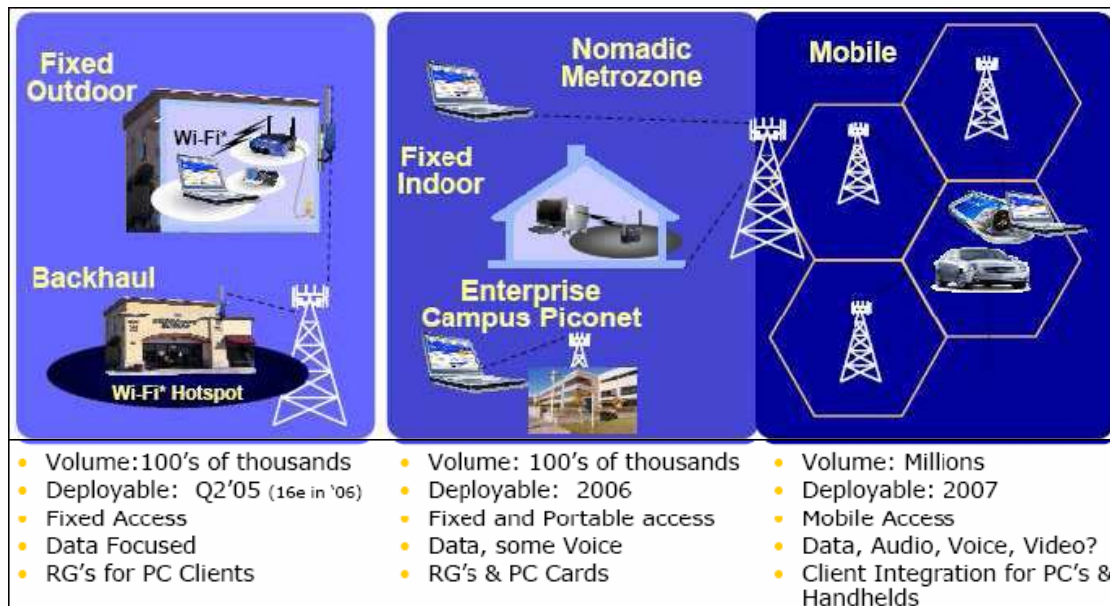
## 1. Εισαγωγή

### 1.1 Εισαγωγική Ανάλυση του WiMAX

Τεχνολογικό ορόσημο των τελευταίων δεκαετιών αποτελεί η ραγδαία και εντυπωσιακή ανάπτυξη της ασύρματης τεχνολογίας, ως απότοκο των αυξανόμενων αναγκών για εύκολη και ταχεία μεταφορά μέσω δικτύων χαμηλού κόστους. Αρχικά απαιτούνταν δίκτυα για τις μεγάλες επιχειρήσεις με σκοπό την παροχή πρόσβασης σε πόρους τοπικών δικτύων με χαμηλό κόστος. Στη σύγχρονη ωστόσο εποχή, η επανάσταση της χρήσης φορητών υπολογιστών εκτός επαγγελματικού χώρου και για σκοπούς πέραν της εργασίας, επιβάλλει για ακόμη μια φορά τη συνεχιζόμενη ανάπτυξη των ασύρματων δικτύων και των ανάλογων εφαρμογών.

Στο πλαίσιο αυτό των απαιτήσεων και της τάσης των καιρών, το WiMAX αποτελεί την πιο πρόσφατη από τις ασύρματες BWA (Broadband Wireless Access) “last mile” τεχνολογίες και τα αρχικά του ονόματος της τεχνολογίας αυτής παραπέμπουν στο πλήρες όνομα Worldwide Interoperability for Microwave Access. Αν και η βασική ιδέα για το πρότυπο 802.16 μας παραπέμπει στο έτος 1998, η βασική δουλειά για την ανάπτυξη του προτύπου διεξήχθη τα έτη 2000-2003. Στις μέρες μας, το WiMAX θεωρείται ως το σύγχρονο μέσο παροχής ευρυζωνικών υπηρεσιών σε απομακρυσμένες μη αστικές και αγροτικές περιοχές, ένα εγχείρημα που από τεχνικής και οικονομικής σκοπιάς δύσκολα μπορεί να πραγματοποιηθεί με τη χρήση καλωδιακών συνδέσεων DSL. Η WiMAX τεχνολογία έχει τη δυνατότητα να προσφέρει πολλαπλή και ταχεία πρόσβαση σε αυτές τις περιοχές, οδηγώντας στην άρση του «ψηφιακού χάσματος» [2] μεταξύ αστικών και μη αστικών περιοχών.

Το πρότυπο 802.16 παγκοσμίως γνωστό ως WiMAX είναι ένα ασύρματο δικτυακό πρότυπο, σχεδιασμένο να προσφέρει μεγαλύτερο εύρος κάλυψης στο πλαίσιο περισσότερων συχνοτήτων σε σχέση με το προγονικό του πρότυπο, το Wi-Fi. Έτσι, ενώ το Wi-Fi έχει περιορισμένη δυνατότητα κάλυψης σε σχετικά μικρές περιοχές όπως γραφεία κλπ., το WiMAX μπορεί να μεταφέρει από μία και μοναδική βάση 70 Mbit/sec σε μια απόσταση 48 χιλιομέτρων σε χιλιάδες χρήστες. Οι σταθμοί του μπορούν να τοποθετηθούν σε σπίτια και άλλα κτίρια, χωρίς να χρειάζεται να βρίσκονται σε υψόμετρο βουνών ή πύργων για να ξεπεράσουν εμπόδια στη μεταφορά. Με αυτό τον τρόπο το WiMAX βελτιώνει σε μεγάλο βαθμό την απόδοση της NLOS (non-line-of-sight) τεχνολογίας και είναι το καταλληλότερο για την ταχεία και απρόσκοπτη μεταφορά υλικού. Στα δυνατά του σημεία συγκαταλέγονται η υψηλή ποιότητα υπηρεσιών QoS και η βέλτιστη χρήση των πόρων του φάσματος συχνοτήτων με τη χρήση της τεχνολογίας της «έξυπνης κεραίας». Επίσης, αντίθετα με άλλα ασύρματα δίκτυα που επιτρέπουν μεταδόσεις σε ένα και μοναδικό φάσμα συχνοτήτων, το WiMAX λειτουργεί σε πολλαπλά φάσματα συχνοτήτων μεγάλου εύρους, μεγιστοποιώντας τη δυνατότητα μετάδοσης και διευκολύνοντας τον ανταγωνισμό με άλλες εφαρμογές. Το πρότυπο επικοινωνίας WiMAX έχει το αδιαμφισβήτητο πλεονέκτημα να διαθέτει εξ'ορισμού μηχανισμούς παροχής ποιότητας υπηρεσιών, κάτι που δεν προσφέρεται από παρεμφερείς τεχνολογίες κυρίως λόγω του κόστους υλοποίησης.



Σχήμα 1-1 Το τηλεπικοινωνιακό δίκτυο του WiMAX [3]

Ως πρότυπο, το WiMAX αποτελεί βασικά ένα σύνολο υποπροτύπων με επιλογές για συγκεκριμένες ρυθμίσεις και υπηρεσίες. Έρχεται όπως αναφέρθηκε ως το νέο πρότυπο μετά το Wi-Fi και σε σύγκριση με αυτό μπορεί να καλύψει μεγαλύτερες αποστάσεις μετάδοσης. Ένας φορητός υπολογιστής επανδρωμένος με το WiMAX μπορεί να συνδυάζει τις ιδιότητες κινητού τηλεφώνου και ραδιοφωνικού πομπού, εξασφαλίζοντας επικοινωνία παγκοσμίου βεληνεκού. Ως εμπορικό όνομα, το WiMAX αναφέρεται σε κάθε εφαρμογή και σύστημα βασισμένο στη χρήση του προτύπου 802.16. Συνεπώς, ένα προϊόν που ταυτοποιείται με το όνομα WiMAX, έχει κατασκευαστεί με βάση το πρότυπο 802.16 εξασφαλίζοντας τη συμβατότητα και τη διαλειτουργικότητα (interoperability) στον BWA εξοπλισμό.

Ταυτόχρονα, η τεχνολογία WiMAX υποστηρίζεται από μεγάλους παροχείς εξοπλισμού, δηλαδή από εταιρίες του κύρους της Intel, από τις Airspan, Alcatel, Alvarion, Aperto, Ericsson, Motorola, Samsung, Siemens κ.ά. Μάλιστα η Intel έχει αποκαλέσει το WiMAX «το πιο σημαντικό πράγμα μετά το ίδιο το Internet»[23], παρέχοντας ακόμη μια ένδειξη για την αισιοδοξία που επικρατεί σχετικά με το μέλλον του WiMAX.

## 1.2 Πρότυπα 802.16

Αρχικά το IEEE802.16 πρότυπο έδινε λύσεις για ασύρματες επικοινωνίες σε Μητροπολιτικά Δίκτυα (MAN). Κατά την εξέλιξη του προτύπου δημιουργήθηκαν νέες δυνατότητες και υποπρότυπα για αυτό, τα οποία ακολουθούν τις σύγχρονες ανάγκες για ασύρματες τηλεπικοινωνίες. Την στιγμή αυτή σε άλλα υποπρότυπα του 802.16 η δημιουργία έχει ολοκληρωθεί (802.16a,c), ενώ άλλα είναι υπό ανάπτυξη και υλοποίηση.

### 1.2.1 802.16

Το IEEE802.16 είναι το πρώτο πρότυπο της οικογένειας 802.16 που δημιουργήθηκε. Καθορίζει σταθερές ασύρματες τηλεπικοινωνιακές ζεύξεις σε ένα εύρος συχνοτήτων από 10-66 GHz. Οι συγκεκριμένες συχνότητες μπορεί να είναι ακριβές από θέμα κόστους αλλά έχουν μειωμένες παρεμβολές και μεγαλύτερο εύρος ζώνης. Επειδή οι ραδιοσυχνότητες σε αυτή την συχνότητα δεν έχουν την δυνατότητα να διεισδύουν ανάμεσα σε κτίρια, το IEEE802.16 πρότυπο χρησιμοποιείται μόνο για line-of-sight (LOS) συνδέσεις. Το IEEE802.16 λειτουργεί και με τα άλλα κυψελωτά συστήματα ασύρματων τηλεπικοινωνιών και με τα ασύρματα τοπικά δίκτυα (WLANs).

### 1.2.2 802.16a

Το 802.16a ολοκληρώθηκε τον Απρίλιο του 2003 και ουσιαστικά αποτελεί μια βελτίωση του αρχικού προτύπου. Οι κυριότερες διαφορές είναι ότι λειτουργεί σε χαμηλότερες συχνότητες, στο φάσμα των 2-11GHz με αποτέλεσμα να παρέχει αδειοδοτούμενες και μη μπάντες συχνοτήτων, ενώ επιπρόσθετα το πρότυπο αυτό παρέχει και NLOS συνδέσεις. Σε αυτές τις συχνότητες χωρίς οπτική επαφή δημιουργούνται νέα προβλήματα όπως της πολυδοικής εξασθένισης [17]. Έτσι νέες μέθοδοι κωδικοποίησης και διαμόρφωσης θα έπρεπε να προταθούν. Το 802.16a καθορίζει τρία διαφορετικά πρότυπα ασύρματης διεπαφής, γεγονός που δίνει τη δυνατότητα στους κατασκευαστές να διαφοροποιήσουν τις υπηρεσίες τους. Καθορίζονται τρεις διαφορετικές προδιαγραφές για το φυσικό επίπεδο:

- Μοναδικού φέροντα (Wireless MAN-SC)
- Ορθογώνια πολύπλεξη συχνότητας (Wireless MAN-OFDM): στην οποία χρησιμοποιείται ορθογώνια πολύπλεξη συχνότητας με χρήση γρήγορου μετασχηματισμού Fourier (Fast Fourier Transform, FFT) 256 σημείων. Αυτή η διαμόρφωση προορίζεται για περιοχές φάσματος με άδεια.
- Ορθογώνια διαίρεση συχνότητας για πολλαπλή πρόσβαση (Wireless MANOFDMA) με FFT 2048 σημεία. Εδώ η πολλαπλή πρόσβαση παρέχεται κατευθύνοντας ένα υποσύνολο από πολλούς φέροντες σε συγκεκριμένους δέκτες. Το 802.16a σχεδιάστηκε ώστε να παρέχει ταχύτητες έως και 75Mbps σε αποστάσεις που μπορούν να φθάσουν ακόμα και τα 50 χιλιόμετρα, κάτι που όμως εξαρτάται από το ύψος στο οποίο βρίσκεται η κεραία, την ισχύ της μετάδοσης και τις κλιματολογικές συνθήκες.

### 1.2.3 802.16d

Το 802.16d είναι ένα πρότυπο ασύρματων επικοινωνιών για σταθερή ή κινητή σύνδεση το οποίο ολοκληρώθηκε τον Οκτώβριο του 2004. Συνδυάζει και βελτιώνει τα προηγούμενα πρότυπα 802.16, 802.16a, 802.16c [17]. Στο πρότυπο αυτό υποστηρίζονται συχνότητες εύρους από 10-66 GHz και από 2-11 GHz ενώ το εύρος ζώνης μπορεί να φτάσει μέχρι και 1.25 MHz. Το 802.16d ή διαφορετικά 802.16-2004 σχεδιάστηκε για σταθερά BWA συστήματα υποστηρίζοντας πολλές και διαφορετικές συσκευές. Ο στόχος αυτού του προτύπου είναι να καθιστά ικανή την ανάπτυξη ενός παγκόσμιου καινοτόμου δικτύου χαμηλού κόστους, αποτελούμενου από BWA προϊόντα διαφορετικών κατασκευαστών. Αυτό θα έχει σαν αποτέλεσμα την ανάπτυξη των BWA συστημάτων σε σχέση με τα αντίστοιχα ενσύρματα. Το 802.16d δεν παρέχει ωστόσο νέες δυνατότητες σε αυτούς που ήδη καλύπτονταν από το 802.16 και το 802.16a.



### 1.2.4 802.16e

Όλα τα παραπάνω πρότυπα εστιάζουν κυρίως σε σταθερά ευρυζωνικά συστήματα επικοινωνιών. Το IEEE802.16e πρότυπο το οποίο ανακοινώθηκε τον Φεβρουάριο του 2006 στοχεύει στην παροχή φορητότητας και κινητικότητας στις ασύρματες συσκευές. Πολλές μεγάλες εταιρίες του κλάδου όπως η Intel ήδη αναπτύσσουν συσκευές που υποστηρίζουν το συγκεκριμένο πρότυπο.

Το 802.16e παρέχει τόσο κινητές όσο και σταθερές τηλεπικοινωνιακές υπηρεσίες. Οι συχνότητες οι οποίες είναι κατάλληλες για κινητά τηλεπικοινωνιακά συστήματα είναι από 2 GHz έως και 6 GHz. Οι ταχύτητες που επιτυγχάνονται είναι της τάξης των 15 Mbps με μέγιστη ακτίνα τα 3 μίλια περίπου. Σε σύγκριση με το 802.16d αυτό το πρότυπο έχει και μικρότερο ρυθμό μετάδοσης δεδομένων και μικρότερη κάλυψη, παρ'όλαυτά υποστηρίζει τόσο σταθερές όσο και κινητές ευρυζωνικές υπηρεσίες.

Το 802.16e έχει συμβατότητα με τα προηγούμενα πρότυπα του 802.16, ενώ έχει βασιστεί και ακολουθεί τον σχεδιασμό του 802.16d προτύπου. Αυτά τα δύο πρότυπα έχουν παρόμοιο σχεδιασμό και υλοποίηση σε φυσικό επίπεδο. Οι κύρια διαφορά ανάμεσα στα δύο πρότυπα είναι ότι το 802.16e υποστηρίζει τον OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiplexing Access) μετασχηματισμό που παρέχει καλύτερη και βελτιωμένη απόδοση στο σύστημα.

Ο OFDMA μετασχηματισμός υποστηρίζει τόσο TDD όσο και FDD λειτουργίες και καθιστά δυνατούς QoS μηχανισμούς. Επιπρόσθετα ο OFDMA υποστηρίζει MIMO (Multi-input Multiple-output) υποδομές. Αυτό δίνει την δυνατότητα στην εισαγωγή πολλαπλών κεραιών τόσο στους δέκτες όσο και στους πομπούς.

### 1.2.5 Άλλα πρότυπα της 802.16 οικογένειας.

Εκτός από τα τέσσερα κύρια πρότυπα του 802.16 που έχουν αναφερθεί παραπάνω, υπάρχουν και άλλα πρότυπα της οικογένειας αυτής, τα οποία εν συντομία περιγράφονται στο παρακάτω κεφάλαιο.

#### 1.2.5.1 802.16c

Σαν πρότυπο το 802.16c δημοσιεύτηκε για πρώτη φορά τον Ιανουάριο του 2003 προκειμένου να διορθώσει και να τροποποιήσει κάποια σημεία του 802.16. Αυτό το πρότυπο είχε σαν σκοπό την ανάπτυξη ενός 10-66 GHz BWA συστήματος αλλά και να προσδώσει δυνατότητες διαλειτουργικότητας στο 802.16 πρότυπο. Το 802.16c έχει ήδη αντικατασταθεί από το 802.16d πρότυπο .

#### 1.2.5.2 802.16.2-2001

Δημοσιεύτηκε για πρώτη φορά τον Σεπτέμβριο του 2001 και ουσιαστικά πρότεινε πρακτικές για την συνύπαρξη BWA συστημάτων στην ζώνη συχνοτήτων από 10-66 GHz. Τελικά αντικαταστάθηκε από το 802.16d πρότυπο.

### 1.2.5.3 802.16f-2005

Το πρότυπο αυτό δημοσιεύτηκε τον Σεπτέμβριο του 2005 και αποτελεί μια βελτιωμένη έκδοση του 802.16d. Ο σκοπός του προτύπου αυτού είναι η δημιουργία μιας βάσης δεδομένων που να διαχειρίζεται την πληροφορία στο MAC και το PHY επίπεδο. Επιπρόσθετα στο πρότυπο αυτό δημιουργήθηκαν και άλλες διεργασίες, οι οποίες σαν σκοπό έχουν την προτυποποίηση της διαχείρισης των συσκευών που χρησιμοποιούν το 802.16 πρότυπο.

### 1.2.5.4 IEEE Standard 802.16/Conformance02-2003

Το πρότυπο αυτό δημοσιεύτηκε τον Φεβρουάριο του 2004 περιγράφοντας το σύνολο των ελέγχων που διενεργήθηκαν προκειμένου να ελεγχθεί η λειτουργία του προτύπου στην ζώνη συχνοτήτων από 10 έως 66 GHz.

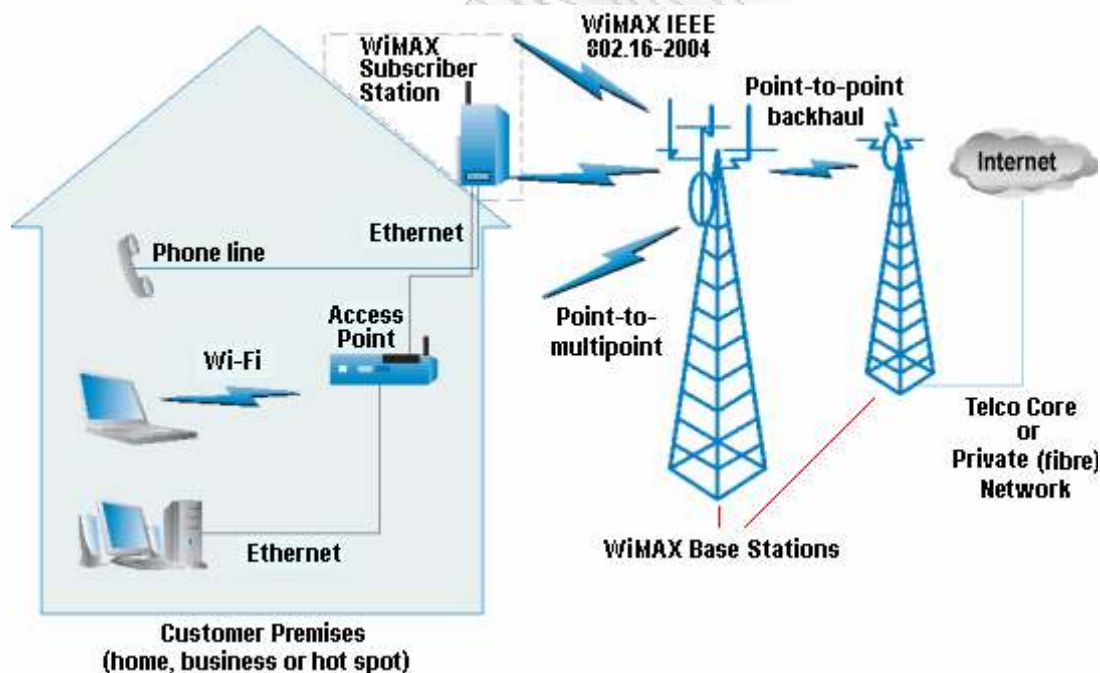
	802.16	802.16a	802.16-2004	802.16e
Frequency range	10–66 GHz	2–11 GHz,	2–11 GHz, 10–66 GHz	2–6 GHz
Channel conditions	Line-of-sight only	Nonline-of-sight	Nonline-of-sight	Nonline-of-sight
Channel bandwidth	20, 25, and 28 MHz	1.25–28 MHz	1.25–28 MHz	1.25–20 MHz
Modulation scheme	QPSK, 16QAM, and 64QAM	OFDM, QPSK, 16QAM, and 64QAM	OFDM, QPSK, 16QAM, and 64QAM	OFDM, QPSK, 16QAM, and 64QAM
Network architecture supported	PTP, PMP	PTP, PMP, mesh	PTP, PMP, mesh	PTP, PMP, mesh
Bit rate	32–134 Mbps	Up to 75 Mbps	Up to 75 Mbps	Up to 15 Mbps
Mobility	Fixed	Fixed	Fixed	Pedestrian mobility—regional roaming, maximum mobility support: 125 km/h
Typical cell radius	1–3 miles	Maximum range is 30 miles on the basis of antenna height, antenna gain, and transmit power	Maximum range is 30 miles on the basis of antenna height, antenna gain, and transmit power	1–3 miles
Applications	Replacement of E1/T1 services for enterprises, backhaul for hot spots, residential broadband access, SOHO (small office/home office)	Alternative to E1/T1, DSL, cable backhaul for cellular and WiFi, VoIP, Internet connections	801.16 plus 802.16a applications	802.16-2004 applications plus fixed VoIP, QoS-based applications, and enterprise networking

Σχήμα 1-2 Σύγκριση μεταξύ των IEEE 802.16, 80.16a, 802.16-2004 και 802.16e [17].

### 1.3 Πώς λειτουργεί το WiMAX.

Ουσιαστικά ένα WiMAX δίκτυο αποτελείται κυρίως από δύο μέρη: τον σταθμό βάσης και τον δέκτη. Ο σταθμός βάσης είναι ένας πύργος παρόμοιος με αυτούς που χρησιμοποιούνται για τις λοιπές κυψελωτές τεχνολογίες επικοινωνιών. Ένας WiMAX σταθμός βάσης μπορεί να καλύψει εύρος ακτίνας μέχρι 48,28 km, ανάλογα βέβαια το σημείο στο οποίο είναι τοποθετημένη, το ύψος της, το κέρδος της κεραίας και άλλους τεχνικούς παράγοντες. Γενικά οι κυψέλες που χρησιμοποιούνται είναι μεγέθους από 2 έως 6 μίλια [19].

Ο κύριος σταθμός βάσης είναι συνδεδεμένος με διάφορους συνδρομητικούς σταθμούς βάσης (subscriber's stations), ο οποίοι είναι οι δέκτες των πελατών CPE (customer premise equipment). Το δίκτυο το οποίο αποτελείται από τα παραπάνω χαρακτηριστικά παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα. Ο WiMAX δέκτης μπορεί να είναι εγκατεστημένος ως ένα μικρό κουτί εκτός του χώρου του εκάστοτε συνδρομητή ή να είναι ενσωματωμένος στον προσωπικό υπολογιστή του χρήστη με την μορφή κάρτας μνήμης ή με την μορφή chip όπως αντίστοιχα γίνεται με το Wi-Fi που χρησιμοποιούμε σήμερα.



Σχήμα 1-3 Αναπαράσταση του δικτύου WiMAX [16]

Το παραπάνω σχήμα δείχνει ακριβώς το σενάριο του σταθερού WiMAX. Αρχικά, ο συνδρομητής στέλνει ένα αίτημα ασύρματης πρόσβασης από την κεραία που βρίσκεται στην κορυφή του κτιρίου που βρίσκεται ο χρήστης ή μέσω ενός εσωτερικού CPE. Ο σταθμός βάσης λαμβάνει το αίτημα και στέλνει τα δεδομένα μέσω NLOS ή LOS σύνδεσης στο κέντρο μεταγωγής χρησιμοποιώντας το 802.16d



πρωτόκολλο. Με την σειρά του το κέντρο μεταγωγής στέλνει τα δεδομένα στον ISP ή το PSTN.

Στο κινητό WiMAX, το τερματικό το οποίο μπορεί να είναι φορητός υπολογιστής, PDA, WiMAX τηλέφωνο ή κάποια άλλη κινητή συσκευή λαμβάνει το σήμα απευθείας από τον κοντινότερο πύργο και ο χρήστης μπορεί να είναι συνδεδεμένος ασύρματα και να κινείται σε μια περιοχή μέχρι και εντός των 30 μιλίων.

## 1.4 Τα Δομικά στοιχεία του WiMAX

Ένα σύστημα WiMAX αποτελείται κυρίως από δύο μέρη: τον WiMAX σταθμό βάσης (Base Station) και τον WiMAX δέκτη ή διαφορετικά σταθμό υπηρεσίας ή τον εξοπλισμό των συνδρομητών (CPE). Δομικός λίθος ενός WiMAX δικτύου είναι και ο Backhaul εξοπλισμός που συνδέει το υπόλοιπο δίκτυο με τον πυρήνα του (Core Network).

### 1.4.1 Σταθμός Βάσης WiMAX

Ο εκάστοτε σταθμός βάσης WiMAX αποτελείται από τα εσωτερικά ηλεκτρονικά μέρη αυτού και τον πύργο. Ένας τέτοιος σταθμός βάσης μπορεί να καλύψει μια ακτίνα μέχρι και 6 μίλια (θεωρητικά μπορεί να καλύψει μια ακτίνα έως και 30 μίλια παρόλα αυτά πρακτικά θέματα και δυσκολίες οριοθετούν την ακτίνα ενός WiMAX σταθμού βάσης γύρω στα 6 μίλια). Οποιαδήποτε ασύρματη συσκευή μέσα στην περιοχή που καλύπτει ένας σταθμός βάσης έχει το σύνολο των υπηρεσιών που παρέχονται από την WiMAX τεχνολογία.



Σχήμα 1-4 Ο σταθμός βάσης WiMAX [28]

Ο WiMAX σταθμός βάσης χρησιμοποιεί το MAC επίπεδο του προτύπου και κατανέμει το uplink και το downlink εύρος ζώνης στους συνδρομητές, ανάλογα πάντα με τις υπηρεσίες και τις ανάγκες τους .

Κάθε σταθμός παρέχει ασύρματη δικτύωση σε μία περιοχή που ονομάζεται κυψέλη. Η μέγιστη ακτίνα για μία κυψέλη είναι περίπου τα 50 Km σε θεωρητικό επίπεδο. Σε μία όμως τυπική εγκατάσταση ενός WiMAX δικτύου η ακτίνα μιας κυψέλης είναι από 3 έως και 10 Km .

Όπως και στα υπάρχοντα κυψελωτά δίκτυα, οι κεραιές στους σταθμούς βάσης μπορεί να είναι μη κατευθυντικές, δίνοντας ένα κυκλικό σχήμα στις κυψέλες ή κατευθυντικές, δίνοντας γραμμικό σχήμα στις κυψέλες .

#### 1.4.2 Δέκτης WiMAX

Ο WiMAX δέκτης μπορεί να έχει μια ξεχωριστή κεραία (για παράδειγμα τα ηλεκτρονικά μέρη του δέκτη και η κεραία μπορεί να είναι διαφορετικές οντότητες) ή μπορεί να είναι ένα και μόνο «κουτί» ή μια PCMCIA κάρτα στην εκάστοτε ασύρματη συσκευή. Η πρόσβαση στον WiMAX σταθμό βάσης γίνεται περίπου με τον ίδιο τρόπο που γίνεται η πρόσβαση και η σύνδεση σε ένα access point σε ένα ασύρματο Wi-Fi δίκτυο με τη μόνη διαφορά ότι ένας WiMAX σταθμός βάσης καλύπτει πολύ μεγαλύτερη ακτίνα σε σχέση με ένα αντίστοιχο access point ενός Wi-Fi δικτύου.



Σχήμα 1-5 Ο δέκτης WiMAX [29]

Μέχρι σήμερα ένα από τα μεγαλύτερα εμπόδια στην ανάπτυξη του BWA είναι το κόστος του CPE. Στο κόστος δεν αναφέρουμε μόνο την αγορά του CPE από τον χρήστη αλλά και τα έξοδα τοποθέτησής του. Επίσης και οι πάροχοι είχαν επιπρόσθετες δαπάνες διότι έπρεπε να προσλάβουν εργατικό δυναμικό που θα εγκαθιστούσε τους CPE και θα έθετε σε λειτουργία τις συσκευές των χρηστών. Με το WiMAX το σύνολο των παραπάνω προβλημάτων λύθηκε, μιας και το κόστος των δεκτών είναι αρκετά χαμηλό ενώ η τοποθέτησή τους γίνεται ιδιαίτερα εύκολα ακόμα και για αρκετά αρχάριους χρήστες.

### 1.4.3 Backhaul

Με τον όρο Backhaul αναφερόμαστε τόσο στην σύνδεση από το access point στον πάροχο όσο και στην σύνδεση από τον πάροχο στο δίκτυο πυρήνα. Ένα Backhaul σύστημα μπορεί να αναπτυχθεί σε οποιαδήποτε τεχνολογία και αναφέρεται κυρίως στην σύνδεση του συστήματος με αυτό της βασικής υποδομής backbone. Στα περισσότερα σενάρια χρήσης του WiMAX είναι δυνατόν να ενώνονται και οι σταθμοί βάσης μεταξύ τους χρησιμοποιώντας μία ταχείας σύνδεσης backhaul μικροκυματική ζεύξη. Η σύνδεση αυτή δίνει τη δυνατότητα roaming σε έναν WiMAX συνδρομητή από τον ένα σταθμό βάσης στον άλλον.

## 1.5 Πλεονεκτήματα της WiMAX τεχνολογίας.

- **Ευέλικτη αρχιτεκτονική:** Η τεχνολογία WiMAX υποστηρίζει πολλαπλές αρχιτεκτονικές συστημάτων, όπως Point-to-Point, Point-to-Multipoint και ευρεία κάλυψη. Το MAC (Media Access Control) επίπεδο του WiMAX υποστηρίζει Point-to-Multipoint και ευρείας κάλυψης υπηρεσίες με τον προγραμματισμό μιας χρονοθυρίδας (timeslot) για κάθε σταθμό υπηρεσίας (Subscriber Station). Αν υπάρχει μόνο ένας σταθμός υπηρεσίας (SS) στο δίκτυο, ο σταθμός βάσης (BS) του WiMAX θα επικοινωνεί με το σταθμό υπηρεσίας με μία βάση Point-to-Point. Ένας σταθμός βάσης σε ρυθμίσεις Point-to-Point μπορεί να χρησιμοποιεί κεραία στενότερης δέσμης ώστε να καλύψει μεγαλύτερες αποστάσεις.
- **Υψηλή ασφάλεια:** Η τεχνολογία WiMAX υποστηρίζει το AES (Advanced Encryption Standard) και το 3DES (Triple DES, όπου DES είναι το Data Encryption Standard). Με την κρυπτογράφηση των συνδέσεων μεταξύ του σταθμού βάσης (BS) και του σταθμού υπηρεσίας (SS), το WiMAX παρέχει στους χρήστες ιδιωτικότητα και ασφάλεια (ενάντια στους κρυφακούοντες) και ασφάλεια στο ασύρματο ευρυζωνικό μέσο αλληλεπίδρασης (interface). Η ασφάλεια επίσης παρέχει στους τηλεπικοινωνιακούς παρόχους υψηλή προστασία εναντίον της κλοπής παροχής υπηρεσιών. Το WiMAX επίσης έχει ενσωματωμένη υποστήριξη VLAN, η οποία παρέχει ασφάλεια στα δεδομένα που εκπέμπονται από διαφορετικούς χρήστες στον ίδιο σταθμό βάσης.
- **WiMAX QoS:** Το WiMAX μπορεί δυναμικά να ρυθμιστεί δεδομένης της ποικιλόμορφης πληροφορίας που μεταφέρεται μέσω του προτύπου. Τέσσερις τύπου υπηρεσίας υποστηρίζονται:

Service Type	Description
Unsolicited Grant Service (UGS)	UGS is designed to support real-time data streams consisting of fixed-size data packets issued at periodic intervals, such as T1/E1 and Voice over IP.
Real-Time Polling Service (rtPS)	rtPS is designed to support real-time data streams consisting of variable-sized data packets that are issued at periodic intervals, such as MPEG video.
Non-Real-Time Polling Service (nrtPS)	nrtPS is designed to support delay-tolerant data streams consisting of variable-sized data packets for which a minimum data rate is required, such as FTP.
Best Effort (BE)	BE service is designed to support data streams for which no minimum service level is required and which can be handled on a space-available basis.

Σχήμα 1-6 Τύποι υπηρεσιών WiMAX [12]

- **Γρήγορη εγκατάσταση-ανάπτυξη:** Συγκρινόμενο με την εγκατάσταση των ενσύρματων λύσεων, το WiMAX απαιτεί μικρή ή καθόλου κατασκευή ή αναμόρφωση ήδη υπάρχοντων εγκαταστάσεων. Για παράδειγμα, δεν απαιτείται εκσκαφή για την υποστήριξη των υπάρχοντων καλωδίων. Οι τηλεπικοινωνιακοί πάροχοι που έχουν αποκτήσει άδειες να χρησιμοποιούν αδειοδοτούμενες ζώνες, ή σκοπεύουν να χρησιμοποιήσουν μία από τις μη αδειοδοτημένες ζώνες δε χρειάζονται να λογοδοτούν κάθε φορά στην κυβέρνηση. Από την στιγμή που η κεραία και ο αναγκαίος εξοπλισμός έχουν εγκατασταθεί, το WiMAX είναι έτοιμο να παρέχει υπηρεσίες. Στις περισσότερες των περιπτώσεων, η εγκατάσταση του συστήματος WiMAX μπορεί να ολοκληρωθεί σε λίγες ώρες, συγκρινόμενο με τους μήνες που χρειάζονται για άλλες λύσεις.
- **Υπηρεσία πολλαπλών επιπέδων:** Ο τρόπος με τον οποίο μεταφέρεται το QoS γενικά βασίζεται στο Service Level Agreement (SLA) μεταξύ της υπηρεσίας παροχής και του τελικού χρήστη. Επιπρόσθετα, ένας παροχέας υπηρεσίας μπορεί να προσφέρει διαφορετικά SLAs σε διαφορετικούς εγγεγραμμένους χρήστες ή ακόμα σε διαφορετικούς χρήστες στον ίδιο σταθμό υπηρεσίας.
- **Διαλειτουργικότητα:** Το WiMAX βασίζεται σε παγκόσμια πρότυπα και πρωτόκολλα, εκτός εταιρικών παρεμβάσεων, τα οποία διευκολύνουν τους τελικούς χρήστες να ταξιδεύουν και να χρησιμοποιούν τους σταθμούς υπηρεσίας τους σε διαφορετικές τοποθεσίες ή με διαφορετικούς παρόχους υπηρεσιών. Η διαλειτουργικότητα προστατεύει την αρχική επένδυση ενός χειριστή καθώς μπορεί να επιλέξει εξοπλισμό από διαφορετικές εταιρείες και να συνεχίσει να μειώνει το κόστος του εξοπλισμού σαν αποτέλεσμα της μαζικής αποδοχής.
- **Φορητότητα:** Όπως και με τα τρέχοντα κυψελωτά συστήματα, μόλις ο σταθμός υπηρεσίας του WiMAX αρχίζει τη λειτουργία του, ταυτοποιείται, καθορίζει τα χαρακτηριστικά της σύνδεσης με το σταθμό βάσης, όσο ο σταθμός υπηρεσίας είναι εγγεγραμμένος στη βάση δεδομένων του συστήματος και τότε διαπραγματεύεται τα χαρακτηριστικά εκπομπής του, αντίστοιχα.
- **Κινητότητα:** Η τροποποίηση IEEE 802.16e έχει προσθέσει χαρακτηριστικά-κλειδιά για την υποστήριξη της κινητότητας του πρωτοκόλλου. Βελτιώσεις έχουν

γίνει στα φυσικά στρώματα των OFDM και OFDMA, ώστε να υποστηρίξουν συσκευές και υπηρεσίες σε ένα κινητό περιβάλλον. Αυτές οι βελτιώσεις, που περιλαμβάνουν Scalable OFDMA, MIMO και υποστήριξη για idle/sleep mode και hand-off, θα επιτρέπουν πλήρη κινητικότητα σε ταχύτητες ως και 160 χιλιόμετρα την ώρα. Το υποστηριζόμενο από το WiMAX Forum πρωτόκολλο έχει κληρονομήσει τη μοναδική NLOS επίδοση και την ανθεκτική σε πολλαπλή διαδρομή λειτουργία του OFDM, καθιστώντας το κατάλληλο για το κινητό περιβάλλον.



Σχήμα 1-7 Βασικοί στόχοι του WiMAX [12]

- **Κόστος:** Το WiMAX είναι βασισμένο σε ένα ανοιχτό, παγκόσμιο πρωτόκολλο. Η μαζική αποδοχή του και η χρήση chipsets χαμηλού κόστους μαζικής παραγωγής θα οδηγήσει σε δραματική μείωση του κόστους και το αποτέλεσμα του ανταγωνισμού στις τιμές θα παρέχει σημαντικά οικονομικά οφέλη τόσο για τους τηλεπικοινωνιακούς παρόχους όσο όμως και για τους τελικούς χρήστες.
- **Πιο ευρεία κάλυψη:** Το WiMAX δυναμικά υποστηρίζει πολλαπλά επίπεδα διαμόρφωσης, όπως BPSK, QPSK, 16-QAM και 64-QAM. Τα συστήματα WiMAX, όταν εξοπλίζονται με έναν ενισχυτή υψηλής ισχύος και λειτουργούν με μια χαμηλού επιπέδου διαμόρφωση (BPSK ή QPSK, για παράδειγμα) είναι ικανά να καλύψουν μια αρκετά μεγάλη γεωγραφική περιοχή όταν η διαδρομή ανάμεσα στο σταθμό βάσης και το σταθμό υπηρεσίας δε διακόπτεται από κάποιο εμπόδιο.

- **Λειτουργία Μη-Οπτικής-Επαφής:** Ο όρος NLOS συνήθως αναφέρεται σε μία ραδιοδιαδρομή με την πρώτη της ζώνη Fresnel πλήρως μπλοκαρισμένη. Το WiMAX βασίζεται στην τεχνολογία OFDM, η οποία έχει τη δυνατότητα να μεταχειρίζεται NLOS περιβάλλοντα. Η δυνατότητα αυτή βοηθάει τα προϊόντα WiMAX να μεταφέρουν πολύ μεγάλο εύρος ζώνης σε ένα NLOS περιβάλλον, κάτι το οποίο άλλα ασύρματα προϊόντα δεν μπορούν να κάνουν.
- **Υψηλή χωρητικότητα:** Χρησιμοποιώντας υψηλότερη διαμόρφωση (64-QAM) και εύρος ζώνης καναλιού (τρέ χουσα τιμή 7 MHz, με σχεδιασμένη ανάπτυξη προς το πλήρες εύρος ζώνης όπως διευκρινίζεται στα αντίστοιχα πρότυπα της IEEE και της ETSI), τα συστήματα WiMAX μπορούν να παρέχουν σημαντικό εύρος ζώνης στους τελικούς χρήστες.

## 1.6 Συμπεράσματα Κεφαλαίου

Το WiMAX αποτελεί την πιο σύγχρονη και πολλά υποσχόμενη τεχνολογία BWA, η οποία δύναται να καλύψει με επιτυχία τις αυξανόμενες ανάγκες για εύκολη και ταχεία μεταφορά φωνής και δεδομένων μέσω δικτύων χαμηλού κόστους. Σχεδιασμένο να προσφέρει μεγάλο εύρος κάλυψης σε αστικές και απομακρυσμένες αγροτικές περιοχές, το πρότυπο 802.16 μπορεί να συμβάλει τα μέγιστα στη μείωση ή και την άρση του ψηφιακού χάσματος, λειτουργώντας σε πολλαπλά φάσματα συχνοτήτων με ενσωματωμένους μηχανισμούς ποιότητας παροχής υπηρεσιών (QoS). Ένα προϊόν ταυτοποιημένο με το όνομα WiMAX διαθέτει ακριβώς τα παραπάνω πλεονεκτήματα, εξασφαλίζοντας διαλειτουργικότητα (interoperability) και κάλυψη διαφόρων προδιαγραφών μέσω των προτύπων της οικογένειας όπως τα 802.16a, 802.16d, 802.16e και άλλα.

Ένα WiMAX δίκτυο αποτελείται από τον σταθμό βάσης και τον δέκτη και περιλαμβάνει πλήθος διασυνδέσεων με συνδρομητικούς σταθμούς μέσω backhaul συνδέσεων, προσφέροντας ευέλικτους και αποτελεσματικούς τρόπους λειτουργίας. Ταυτόχρονα, το WiMAX διαθέτει μια σειρά πλεονεκτημάτων, όπως η ευέλικτη αρχιτεκτονική, η υψηλή ασφάλεια, οι υπηρεσίες πολλαπλών επιπέδων και η γρήγορη και απλή εγκατάστασή του. Το κόστος ανάπτυξης του WiMAX είναι μικρότερο σε σύγκριση με άλλες ανταγωνιστικές τεχνολογίες, ενώ η δημοτικότητά του αντλεί ισχύ από τη λειτουργία μη-οπτικής-επαφής (NLOS) και από την ευρύτερη δυνατότητα κάλυψης που παρέχει.

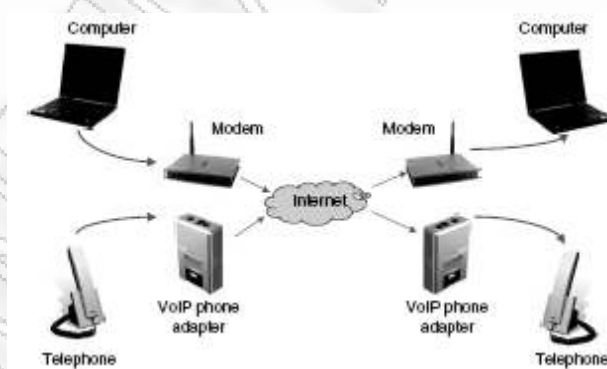


## 2. Εφαρμογές Και Σενάρια Χρήσης WiMAX

Σύμφωνα και με τις προδιαγραφές από το WiMAX Forum, τα προϊόντα WiMAX υποστηρίζουν πολλά διαφορετικά είδη διαφορετικών ευρυζωνικών συνδέσεων και για τον λόγο αυτό το WiMAX μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ευρυζωνικές εφαρμογές και υπηρεσίες, τόσο σε σταθερά όσο και σε κινητά δίκτυα. Το WiMAX υποστηρίζει και την λειτουργία έξυπνων κεραιών, μια τεχνολογία μέσω της οποίας γίνεται εκμετάλλευση του υπάρχοντος εύρους ζώνης με πιο χρηστικό και αποτελεσματικό τρόπο. Η πιο θεμελιώδεις εφαρμογές του WiMAX εκμεταλλεύονται τον τρόπο που η συγκεκριμένη τεχνολογία χειρίζεται το πρόβλημα του τελευταίου μιλίου, το backhaul καθώς και άλλες περιπτώσεις χρήσης τόσο σε ιδιωτικά όσο και σε δημόσια δίκτυα. Σε εφαρμογές επιπέδου ενός μεμονωμένου μέσου χρήστη, το WiMAX έχει χρήσεις VOIP, IPTV τηλεδιασκέψεων, διαδικτυακού παιχνιδιού και άλλες.

### 2.1 VOIP εφαρμογές μέσω WiMAX

Ας αναλογιστούμε την λειτουργία ενός τυπικού συστήματος VOIP (μια απλοποιημένη VOIP εφαρμογή παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα). Αρχικά το φωνητικό σήμα συλλέγεται και ψηφιοποιείται και ακολούθως κωδικοποιείται σε VOIP πλαίσια (Frames). Υπάρχουν πολλά είδη κωδικοποίησης διαθέσιμα για τον σκοπό αυτό όπως τα G.711, G.723.1, G.729. Τα VOIP πλαίσια πακετίζονται και εκπέμπονται μέσω RTP/UDP/IP. Στην πλευρά του παραλήπτη τα πλαίσια VOIP ξεπακετίζονται και υπόκεινται σε επεξεργασία μέσω ενός payout buffer [17]. Η λειτουργία του payout buffer δεν είναι άλλη από την εξομάλυνση της αργοπορίας που δημιουργείται κατά την διάρκεια της εκπομπής μέσω του δικτύου. Στο τέλος το φωνητικό σήμα επαναπροσλαμβάνεται από τα VOIP frames και είναι τελικά είναι διαθέσιμο στον χρήστη.



Σχήμα 2-1 Μια απλοποιημένη εκδοχή της αρχιτεκτονικής VOIP [17]

Καθώς τα πακέτα VOIP ταξιδεύουν μέσα στο δίκτυο φαίνεται να υπάρχουν κάποιες απώλειες που σχετίζονται με το κανάλι και την συμφόρηση στο δίκτυο. Τα πακέτα επίσης αργούν λόγω της συμφόρησης στους ενδιάμεσους δρομολογητές και ανάλογη με τον βαθμό της συμφόρησης είναι και η αργοπορία. Τόσο η αργοπορία των πακέτων όσο και οι απώλειες επηρεάζουν δυσμενώς την ποιότητα των VOIP κλήσεων, η οποία συνήθως εκφράζεται με όρους R-scores.

Παρά την αυξανόμενη δημοτικότητα των υπηρεσιών δεδομένων, οι υπηρεσίες φωνής ακόμη παραμένουν η βασικότερη πηγή εισόδων για τους πάροχους υπηρεσιών δικτύου. Οι δύο πιο δημοφιλείς τρόποι παροχής υπηρεσιών φωνής είναι τα PSTN (Packet Switched Telephone Networks) και τα ασύρματα κυψελωτά δίκτυα. Η ανάπτυξη και των δύο ειδών απαιτεί υποδομές που ομολογουμένως είναι πολύ ακριβές. Οι εναλλακτικές λύσεις είναι για τον λόγο αυτό πάντα επιθυμητές για την παροχή υπηρεσιών φωνής καλής ποιότητας σε σχετικά χαμηλό κόστος. Ένας τρόπος να επιτευχθεί το χαμηλό κόστος είναι η χρήση της ήδη υπάρχουσας IP υποδομής. Τα πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνται για την μεταφορά φωνητικών σημάτων μέσω του IP δικτύου ονομάζονται κοινώς VOIP πρωτόκολλα. Ο όρος αυτός ουσιαστικά σηματοδοτεί την παροχή υπηρεσιών φωνής μέσω του διαδικτύου χρησιμοποιώντας τις IP.

Υπάρχουν δύο βασικοί λόγοι για την πρόσφατη μεγάλη ώθηση των VOIP υπηρεσιών. Κατά πρώτον, οι υπηρεσίες VOIP συνοδεύονται από χαμηλότερο κόστος σε σχέση με τις παραδοσιακές φωνητικές υπηρεσίες και αυτό οφείλεται κυρίως στην υπάρχουσα δικτυακή υποδομή και στην απόδοση του δικτύου που δεν χρησιμοποιείται σε όλο της το εύρος. Κατά δεύτερον, σημαντικό χαρακτηριστικό του VOIP είναι η αυξημένη του λειτουργικότητα, η οποία το καθιστά εξαιρετικά δημοφιλές. Οι εισερχόμενες κλήσεις αυτομάτως παραπέμπονται σε ένα VOIP τηλέφωνο οπουδήποτε κι αν είναι καλωδιωμένο και στο ακραίο σενάριο, στους χρήστες παρέχονται τηλεφωνικές κλήσεις VOIP δωρεάν, δηλαδή ως μία επιπρόσθετη υπηρεσία του διαδικτύου.

Αν και πολυάριθμες εφαρμογές ευαίσθητες στις καθυστερήσεις υποστηρίζονται από IP δίκτυο, με το VOIP αναδύονται πολυάριθμες προκλήσεις :

Το VOIP απαιτεί ως ελάχιστες εγγυήσεις υπηρεσιών αποδόσεις που ξεπερνούν και την καλύτερη υποδομή των σημερινών IP δικτύων.

Αν και κάποιιοι codecs είναι ικανοί για προσαρμογή ενός κάποιου βαθμού και για απόκρυψη λαθών, η ποιότητα του VOIP συνεχίζει να είναι ευαίσθητη στη μείωση της απόδοσης στο εσωτερικό του δικτύου. Η διατήρηση μιας καλής ποιότητας κλήσεων VOIP αποτελεί ακόμη μεγαλύτερη πρόκληση όταν το IP δίκτυο επεκτείνεται στον ασύρματο τομέα, είτε μέσω ασυρμάτων LANs βασισμένων στο 802.11, είτε μέσω κυψελωτών δικτύων τρίτης γενιάς (3G). Μια τέτοια ασύρματη επέκταση υπηρεσιών γίνεται ολοένα και περισσότερο απαραίτητη, καθώς είναι ήδη μια μεγάλη απαίτηση για τις υπηρεσίες πραγματικού χρόνου μέσω ασυρμάτων δικτύων. Παρόλο που βασικές εκδοχές υπηρεσιών τύπου ειδήσεων πραγματικού χρόνου, διαχεόμενου ήχου και βίντεο υποστηρίζονται ήδη, η ευρεία χρήση και οι απαιτήσεις φάσματος των εφαρμογών αυτών (πολυμέσων) βασικά ξεπερνούν κατά πολύ τις δυνατότητες απόδοσης των 3G και WLAN τεχνολογιών. Ταυτόχρονα, οι περισσότερες τεχνολογίες πρόσβασης δεν διαθέτουν δυνατότητες διαφοροποίησης συγκεκριμένων απαιτήσεων των εφαρμογών και των αναγκών των χρηστών. Με την ταχεία ανάπτυξη των ασύρματων τεχνολογιών, το έργο της παροχής ευρυζωνικής last-mile συνδεσιμότητας παραμένει μια πρόκληση. Ως last-mile συνδεσιμότητα αναφέρεται κυρίως μια σύνδεση ανάμεσα στο δίκτυο ενός παρόχου υπηρεσιών και σε έναν τελικό χρήστη, που μπορεί να είναι μια κατοικία ή μια επιχειρησιακή εγκατάσταση. Τέτοιες ασύρματες λύσεις αποφεύγουν το απαγορευτικό κόστος του να καλωδιωθούν τα σπίτια και οι επιχειρήσεις, ενώ επιτρέπουν και σχετικά γρηγορότερες διαδικασίες εγκατάστασης.



Μεταξύ των ανερχόμενων ασύρματων τεχνολογιών ευρυζωνικής πρόσβασης το WiMAX θεωρείται ο ισχυρότερος διεκδικητής που υποστηρίζει και χρησιμοποιείται από έναν σημαντικό αριθμό εταιριών. Το WiMAX διαθέτει QoS ενσωματωμένες από την στιγμή του σχεδιασμού του. Οι βασικότερες από αυτές υποστηρίζουν επιτυχώς το VOIP και συγκεκριμένα πρόκειται για την σταθερότητα της σύνδεσης και το χαμηλό latency. Αυτές οι ιδιότητες υποστηρίζονται από το QoS του WiMAX και επεκτείνονται ακολούθως στο VOIP, με λίγα λόγια ισχύουν και για τις υπηρεσίες αυτές. Το VOIP μπορεί να προσφερθεί μέσω PC , IP δικτύου φορητών υπολογιστών και άλλα προϊόντα κι τεχνολογίες. Αν και η κυριότερη εφαρμογή του WiMAX είναι να παρέχει υπηρεσίες δεδομένων υψηλής ποιότητας μέσω δικτύων ασύρματης ευρυζωνικής πρόσβασης δεν παραβλέπει την υποστήριξη του VOIP, το οποίο αναμένεται να αναδειχθεί σε κυρίαρχη υπηρεσία του WiMAX στο μέλλον.

Κάποιοι πάροχοι υπηρεσιών έχουν ήδη αρχίσει να παρέχουν την υπηρεσία αυτή στους πελάτες με σκοπό να εισέλθουν δυναμικά και να εδραιώσουν τη θέση τους στην αγορά του VOIP μέσω WiMAX [19]. Για παράδειγμα η Vonage , μια εταιρία κορυφή στην παροχή VOIP συνεργάζεται με την TwerTEAM, μια εταιρία παροχής WiMAX, με σκοπό να ξεκινήσει την παροχή WiMAX-VOIP υπηρεσιών σε κάποιες περιοχές της Αμερικής. Αν ισχύσουν πράγματι οι προβλέψεις για τον αριθμό των WiMAX υπηρεσιών το 2009, οι μισοί από αυτούς και παραπάνω θα ενδιαφέρονται και για VOIP υπηρεσίες, και αυτό διότι το VOIP μέσω WiMAX ως λύση αναπαραστά τον συνδυασμό- κλειδί μιας ασύρματης τεχνολογίας και χαμηλών υπηρεσιών VOIP. Το WiMAX προσφέρει υπηρεσίες φωνής εξαιρετικά συμφέρουσες οικονομικά και ποιοτικά, όπως και βίντεο καθώς υιοθετεί point-to-multipoint air interface QoS ως θεμελιώδη τεχνική, η οποία υποστηρίζει άκρως ασφαλή δίκτυα χαμηλού latency. Οι πελάτες θα αισθάνονται ελεύθεροι να κάνουν οποιουδήποτε είδους κλήσεις που υποστηρίζει το WiMAX και αυτό θα είναι η νέα τάση του μέλλοντος.

### 2.1.1 Σ υπεράσματα για τις VOIP εφαρμογές μέσω WiMAX

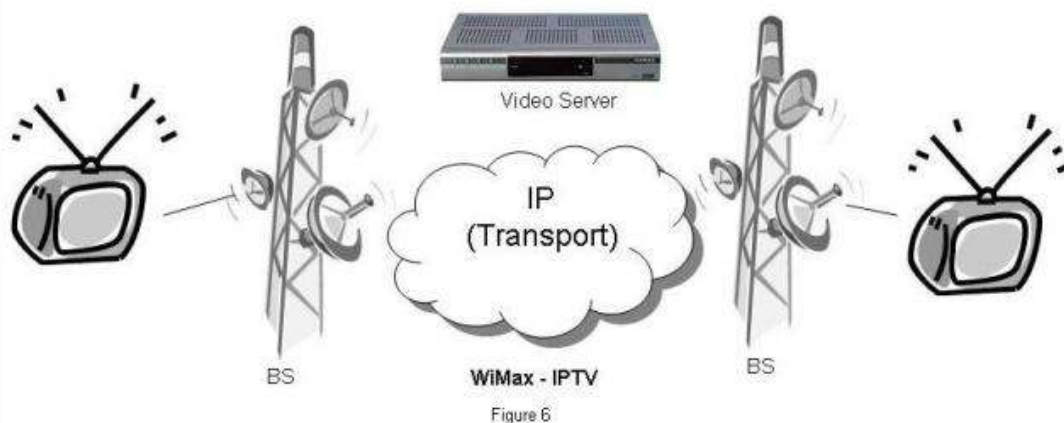
Καθώς συνεχώς νέες τεχνολογίες εξελίσσονται, το WiMAX αναδύεται ως μία από τις πλέον υποσχόμενες ευρυζωνικές τεχνολογίες που μπορούν να υποστηρίξουν μια ποικιλία υπηρεσιών που εξελίσσονται σε πραγματικό χρόνο. Εφόσον η επέκταση των VOIP κλήσεων στα σύρματα δίκτυα είναι αναπόφευκτη, είναι απαραίτητο να εξετάσουμε την βιωσιμότητα της υποστήριξης VOIP υπηρεσιών από το WiMAX.

Υπάρχει ένας συνδυασμός τεχνικών που μπορούν να υιοθετηθούν για να ενισχυθεί η απόδοση των VOIP και να υποστηριχθεί ένας μεγαλύτερος αριθμός κλήσεων [17]. Τα προτεινόμενα σενάρια που επικεντρώνονται στο MAC στρώμα του WiMAX κάνουν χρήση των ευέλικτων χαρακτηριστικών και κυρίως του μεγέθους των μονάδων δεδομένου του πρωτοκόλλου. Η διαφορά στην ευαισθησία των R-scores απέναντι στην αργοπορία και τις απώλειες μπορεί να ληφθεί υπόψη ώστε να ανακτηθούν όσο τον δυνατόν περισσότερα πακέτα. Εξαντλητικά πειράματα προσομοίωσης έδειξαν ότι η τεχνική που βασίζεται στην ανατροφοδότηση όταν συνδυάζεται με επανεκπομπές , με συνάθροιση και MPDUs διαφόρων μεγεθών , όχι μόνο αυξάνει το R-scores , αλλά και τον αριθμό των VOIP παροχών.

## 2.2 IPTV μέσω WiMAX

Το IPTV είναι υπηρεσία «streaming media» που έχει την δυνατότητα να επωφεληθεί από το διαδίκτυο για την παροχή ψηφιακής τηλεόρασης μέσω του ευρυζωνικού δικτύου. Οι χρήστες μπορούν να χρησιμοποιούν αυτήν την υπηρεσία με ευέλικτο τρόπο και δεν είναι ανάγκη να περιορίζονται στην επιλογή των τηλεοπτικών προγραμμάτων. Το IPTV περιλαμβάνει εφαρμογές όπως τηλεόραση που προσομοιάζει στον παραδοσιακό τύπο, προσωπικό βίντεο, εγγραφές βίντεο, αλληλεπιδραστική τηλεοπτική ψυχαγωγία και την εφαρμογή βίντεο κατά παραγγελία (video on demand).

Η ποιότητα της IPTV εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το QoS της τεχνολογίας στην οποία βασίζεται καθώς και από το φάσμα συχνοτήτων του ευρυζωνικού internet. Οι υψηλές δυνατότητες απόδοσης του φάσματος του WiMAX μπορούν να εγγυηθούν υποδομή υψηλής ποιότητας και το κόστος είναι ιδιαίτερα ελκυστικό για τους παρόχους υπηρεσιών που σκέφτονται να εδραιώσουν μια επιχείρηση IPTV βασισμένοι στο WiMAX. Με ένα μεγάλο εύρος καναλιών από τα 7 έως τα 20 MHz, το WiMAX μπορεί να προσφέρει απόδοση μέσω ειδικών καναλιών και να λύσει το last-mile πρόβλημα. Και οι δύο αυτές δυνατότητες είναι ακριβώς αυτές που χρειάζεται το IPTV. Με την επιλογή του WiMAX στο εγγύς μέλλον, ο πάροχος υπηρεσιών μπορεί να προσφέρει triple play φωνής, βίντεο και δεδομένων στους πελάτες του. Οι συνδρομητές θα λαμβάνουν συγκλίνουσες υπηρεσίες μέσω ενός μοναδικού αγωγού και θα καλύπτουν ικανοποιητικά όλες τους τις επικοινωνιακές ανάγκες. Ταυτόχρονα ο πάροχος μπορεί εύκολά να βελτιώσει τις υπηρεσίες για τους πελάτες του με απλή συντήρηση και χρεώσεις της γραμμής παροχής.



Σχήμα 2-2 IPTV εφαρμογή μέσω WiMAX[4]

### 2.3 Σενάρια Χρήσης της τεχνολογίας WiMAX

Το WiMAX είναι ένα πρότυπο ασύρματης επικοινωνίας το οποίο έχει ιδιαίτερα μεγάλη στήριξη από τις εταιρίες πληροφορικής και τηλεπικοινωνιών. Σχεδιάστηκε έτσι ώστε να παρέχει πολλά πλεονεκτήματα και εφαρμογές σε διαφορετικού είδους εταιρίες οργανισμούς και δημόσιους φορείς. Στην συνέχεια περιγράφονται μερικά από τα πιο σημαντικά και συνήθη σενάρια χρήσης του WiMAX. Μερικά από αυτά τα σενάρια συνοψίζονται στον ακόλουθο πίνακα, στον οποίο παρουσιάζονται τεχνικά χαρακτηριστικά του WiMAX, τα οποία είναι κρίσιμα για την επιτυχή λειτουργία τους. Πολλά από τα παραπάνω σενάρια χρήσης αναλύονται παρακάτω.

	Flexible Architecture	High Security	WiMAX QoS	Quick Deployment	Multi-Level Service	Interoperability	Portability	Mobility	Cost-Effective	Wider Coverage	NLOS	High Capacity
Cellular Backhaul				X					X			X
WSP Backhaul				X					X			X
Banking Networks	X	X	X						X		X	
Education Networks	X		X						X	X		
Public Safety	X	X	X	X			X	X			X	
Offshore Communications	X		X				X	X		X	X	
Campus Connectivity	X	X	X									X
Temporary Construction			X	X			X				X	
Theme Parks	X		X				X	X			X	
WSP Access Network		X	X		X	X			X		X	X
Rural Connectivity			X			X			X	X		
Military Battlefield	X	X		X			X	X				

Σχήμα 2-3 Πιθανά σενάρια χρήσης του WiMAX [12]

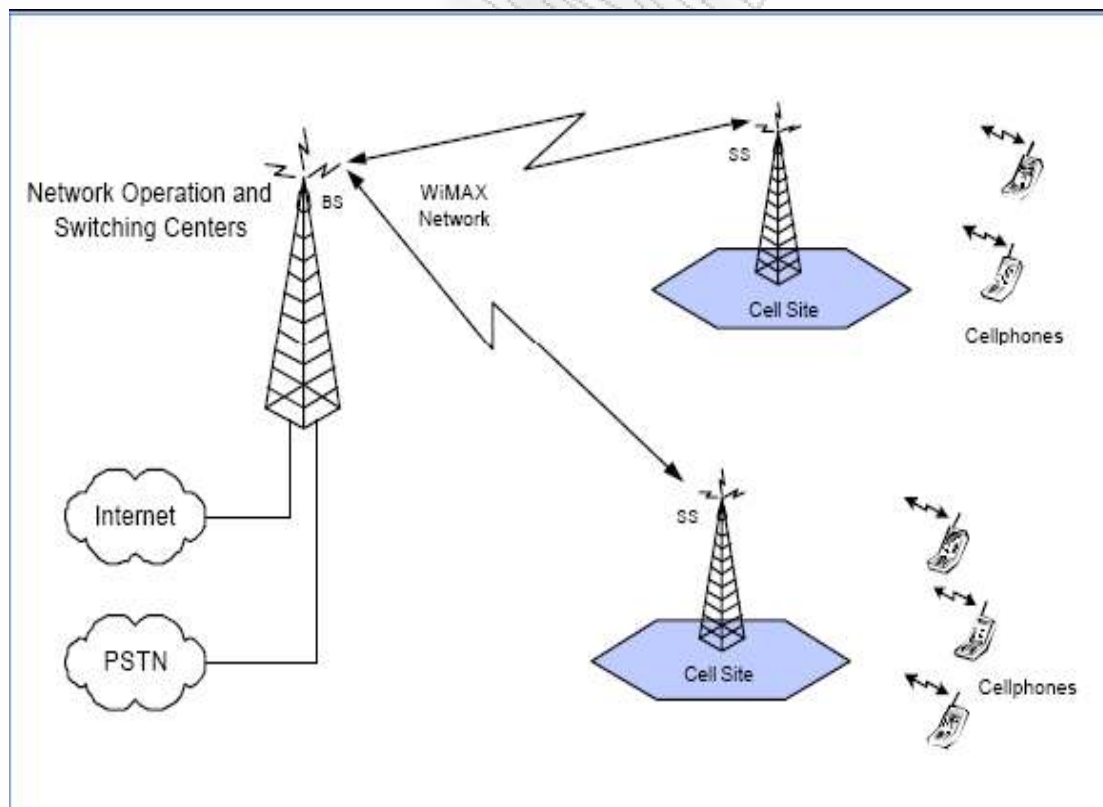
Το WiMAX σαν τεχνολογία θα φέρει μεγάλη επανάσταση στις τηλεπικοινωνίες διότι θα παρέχει απόλυτη ελευθερία και ιδιαίτερα μεγάλες δυνατότητες στους χρήστες για την μετάδοση δεδομένων εικόνας και ήχου. Παρακάτω περιγράφονται διάφορες εφαρμογές και σενάρια χρήσης του WiMAX, διαχωρισμένα σε δύο κατηγορίες ανάλογα με το είδος των δικτύων στα οποία εφαρμόζονται.

### 2.3.1 Ιδιωτικά Δίκτυα

Τα ιδιωτικά δίκτυα είναι επικοινωνιακές ζεύξεις που χρησιμοποιούνται για την επικοινωνία σε ένα οργανισμό, ίδρυμα ή επιχείρηση. Το ζητούμενο σε ένα τέτοιο δίκτυο είναι η ασφάλεια, η ταχύτητα και η αξιόπιστη μεταφορά φωνής, δεδομένων και βίντεο. Απαιτείται να παρέχεται γρήγορη και εύκολη εγκατάσταση ενώ οι ρυθμίσεις γίνονται συνήθως σε Point-to-Point και Point-to-Multipoint συνδέσεις.

#### 2.3.1.1 Κυβελωτή Υποστήριξη

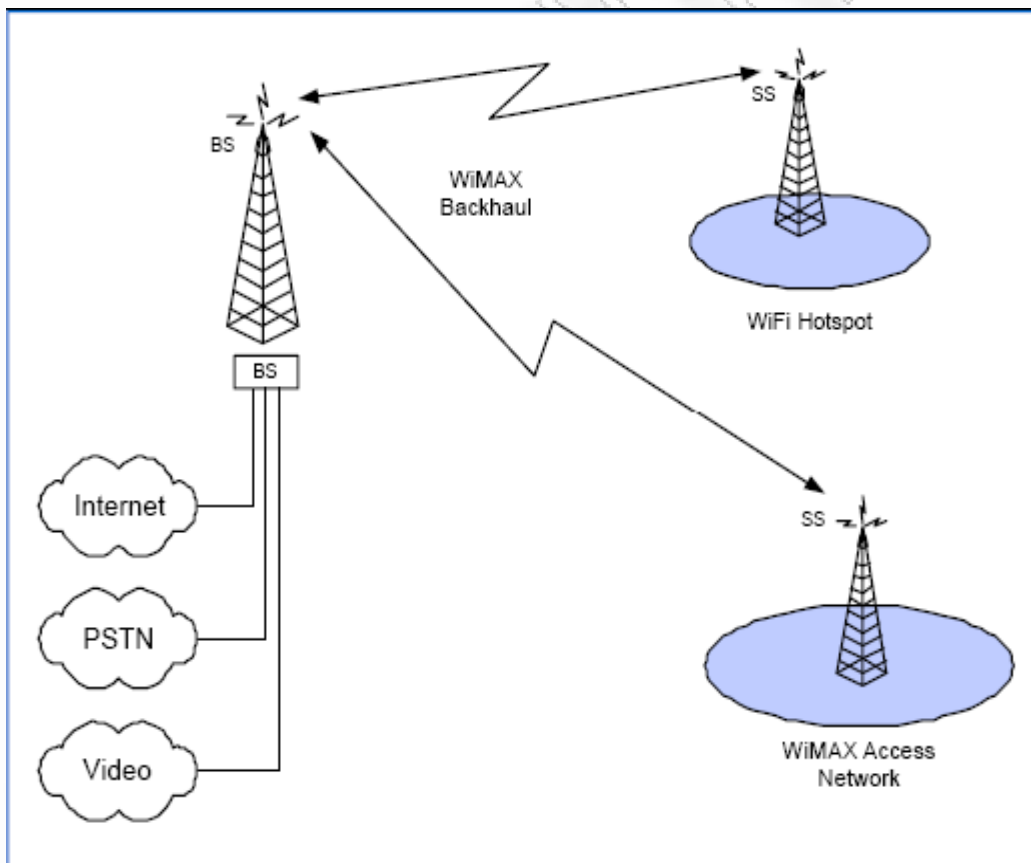
Η αγορά για κυβελωτές και ασύρματες επικοινωνίες συνεχώς γίνεται ολοένα και πιο ανταγωνιστική. Προκειμένου οι πάροχοι ασύρματων επικοινωνιών να γίνουν πιο ανταγωνιστικοί συνεχώς αναζητούν τρόπους ώστε να μειώσουν το κόστος λειτουργίας. Το κόστος των σταθμών εκπομπής και των επαναληπτών αποτελεί ένα σημαντικό μερίδιο των κοστών αυτών. Το WiMAX μπορεί να παρέχει Point-to-Point συνδέσεις σε ακτίνα μεγαλύτερη των 50Km, με ρυθμούς ικανούς να υποστηρίξουν E1 και T1 συνδέσεις. Επιπρόσθετα, το QoS που παρέχεται μέσω του 802.16 είναι ιδανικό για την αξιόπιστη μεταφοράς διαφορετικού είδους δεδομένων όπως δεδομένα φωνής και βίντεο. Για τους παραπάνω λόγους και όπως περιγράφεται σχηματικά στην παρακάτω εικόνα, το WiMAX θεωρείται ιδανικό για την επικοινωνία ανάμεσα στον σταθμό βάσης και τα κέντρα δρομολόγησης. Η παραπάνω βέβαια εφαρμογή εξαρτάται και από το διαθέσιμο φάσμα της περιοχής και της χώρας στην οποία χρησιμοποιείται η WiMAX τεχνολογία.



Σχήμα 2-4 Το δίκτυο λειτουργίας του WiMAX [12]

### 2.3.1.2 Backhaul Παρόχου Ασύρματης Υπηρεσίας

Οι πάροχοι ασύρματων τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών (Wireless Service Providers) μπορούν να χρησιμοποιήσουν το WiMAX για να μεταφέρουν την πληροφορία από τους σταθμούς βάσης (SS) στα δίκτυα πρόσβασης τους (BS). Τα Δίκτυα Πρόσβασης μπορεί να βασίζονται είτε στο WiMAX η το Wi-Fi ή σε οποιαδήποτε άλλη τεχνολογία ασύρματης επικοινωνίας. Στην περίπτωση που το δίκτυο πρόσβασης χρησιμοποιεί Wi-Fi εξοπλισμό, το όλο παρεχόμενο δίκτυο αναφέρεται ως Hot Zone. Δεδομένου ότι οι WSPs (Wireless Service Providers) συνήθως παρέχουν υπηρεσίες φωνής, δεδομένων και βίντεο, το QoS του 802.16 θα βοηθήσει στην προτεραιότητα και βελτίωση της μεταβιβαζόμενης κυκλοφορίας. Ο εξοπλισμός WiMAX μπορεί να τοποθετηθεί γρήγορα, βοηθώντας στην ανάπτυξη και το στήσιμο ενός δικτύου παρόχων ασύρματης πρόσβασης. Ακόμη, η ενοικίαση συστημάτων μετάδοσης από την τοπική τηλεφωνική εταιρεία θα αυξήσει το λειτουργικό κόστος και η εγκατάσταση δικτύου οπτικών ινών μπορεί να είναι πολυέξοδη και να απαιτεί σημαντικό χρόνο αν και οι οπτικές ίνες, το DSL και η καλωδιακή τεχνολογία δεν είναι αντάξιες του κόστους τους.

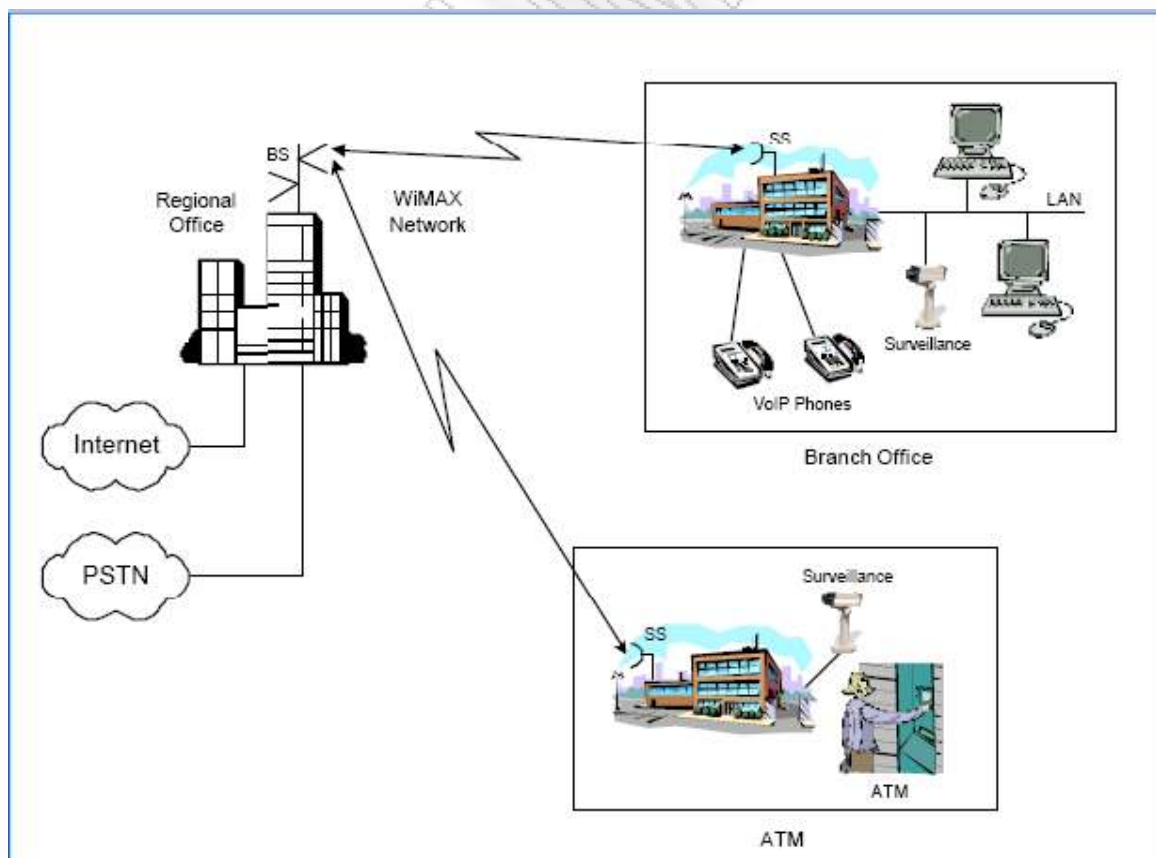


Σχήμα 2-5 Το δίκτυο πρόσβασης WiMAX [12]



### 2.3.1.3 Δίκτυα Τραπεζών

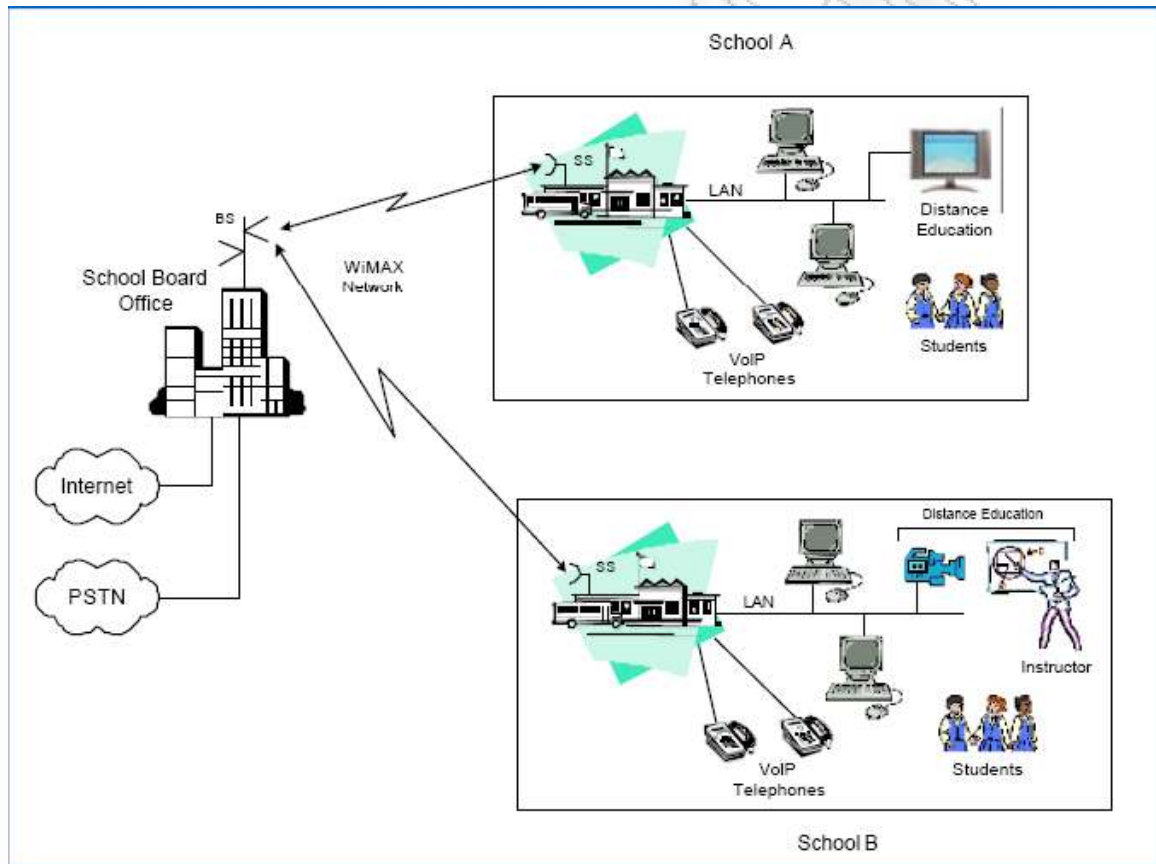
Οι μεγάλες τράπεζες μπορούν να συνδέουν τα υποκαταστήματά τους καθώς και τα ATM με τα κτίρια της κεντρικής διοίκησης της τράπεζας μέσω ενός ιδιόκτητου WiMAX ασύρματου δικτύου που θα μεταφέρει φωνή, δεδομένα και βίντεο. Τα υποκαταστήματα της εκάστοτε τράπεζας μπορεί να βρίσκονται σε αρκετή απόσταση μεταξύ τους, ενώ το ζητούμενο για τέτοιου είδους δίκτυα είναι η ασφάλεια και εύρος ζώνης. Η κρυπτογράφηση δεδομένων που χρησιμοποιείται στο WiMAX προσφέρει εξαιρετική ασφάλεια όμως παρόλα αυτά, οι τράπεζες πιθανόν να χρειαστούν και end-to-end ασφάλεια, όπως αυτή που παρέχεται από το SSL προκειμένου να προστατευτούν ενάντια σε μία πιθανή ανεπιθύμητη εισβολή στα ευαίσθητα τραπεζική δεδομένα. Το WiMAX επίσης προσφέρει έναν υψηλό βαθμό κλιμάκωσης (scalability), ώστε η κυκλοφορία χαμηλού ρυθμού δεδομένων μεταξύ του κεντρικού γραφείου και των ATM να συνυπάρχει με τα υψηλά επίπεδα της κυκλοφορίας που χρειάζεται για να υποστηριχθούν οι επικοινωνίες μεταξύ των κτιρίων της κεντρικής διεύθυνσης και των υποκαταστημάτων. Αυτό καθίσταται δυνατό μέσω του QoS του WiMAX, το οποίο χρησιμοποιείται, ώστε να δίνει προτεραιότητα στην κυκλοφορία φωνής (τηλεφωνία ανάμεσα στα καταστήματα), δεδομένων (οικονομικές συναλλαγές, email, Internet και intranet) και βίντεο (παρακολούθηση, CCTV). Από οικονομικής πλευράς είναι επιθυμητό για τις τράπεζες να έχουν τα δικά τους δίκτυα διότι μέσω αυτών εξοικονομούν το κόστος που χρεώνουν οι τηλεφωνικές εταιρείες. Ταυτόχρονα όμως θα έχουν την δυνατότητα γρήγορα και άμεσα να αναδιοργανώνουν το δίκτυο τους σε περίπτωση που ένα υποκατάστημα ή ATM αλλάξει τοποθεσία.



Σχήμα 2-6 Ένα τραπεζικό δίκτυο εγχειρηματοποιημένο με το WiMAX [12]

### 2.3.1.4 Εκπαιδευτικά Δίκτυα

Το WiMAX έχει πολλές εφαρμογές και στην οργάνωση της εκπαίδευσης, δεδομένου ότι μέσω ενός τέτοιου δικτύου είναι δυνατή η ασύρματη επικοινωνία ανάμεσα στα κτίρια της κεντρικής διοίκησης της εκπαίδευσης ή του Υπουργείου Παιδείας με τα σχολεία ή ακόμα και η σύνδεση των σχολείων μεταξύ τους. Βασικές απαιτήσεις για ένα σχολικό δίκτυο είναι το NLOS, το υψηλό εύρος ζώνης (>15 Mbps), η δυνατότητα για Point-to-Point και Point-to-Multipoint συνδεσιμότητα καθώς και δυνατότητα για ευρεία κάλυψη- απαιτήσεις που καλύπτονται όλες από τις δυνατότητες που προσφέρονται από ένα WiMAX δίκτυο.



Σχήμα 2-7 Ένα εκπαιδευτικό δίκτυο βασισμένο στο WiMAX [12]

Τα εκπαιδευτικά δίκτυα που βασίζονται στην WiMAX τεχνολογία λόγω του QoS του προτύπου μπορούν να μεταφέρουν ένα ολοκληρωμένο πακέτο υπηρεσιών και δεδομένων όπως τηλεφωνία, λειτουργικά δεδομένα (π.χ φακέλους των μαθητών), ηλεκτρονικό ταχυδρομείο (email) και εφαρμογές εκπαίδευσης από απόσταση (βίντεο). Στο παραπάνω σενάριο, η κάμερα στο σχολείο B μεταφέρει τη διδασκαλία του μαθήματος στο σχολείο A σε πραγματικό χρόνο, επιτρέποντας τα σχολεία να μεταδίδουν τη διδασκαλία ενός μαθήματος και σε άλλα σχολεία ταυτόχρονα, μειώνοντας την ανάγκη για επιπλέον δασκάλους. Από οικονομική σκοπιά το WiMAX μπορεί να θεωρηθεί ως η ιδανικότερη λύση διότι παρέχει ευρεία κάλυψη και σε χαμηλό κόστος και είναι κατάλληλο ιδιαίτερα για σχολεία της επαρχίας που έχουν

λίγο ή και καθόλου προεγκατεστημένο εξοπλισμό επικοινωνιών και είναι διασκορπισμένα σε μεγάλη ακτίνα. Όταν τα σχολεία θα έχουν και θα χρησιμοποιούν τα δικά τους δίκτυα, θα μπορούν άμεσα και με ευκολία να αντιδρούν σε οποιοσδήποτε αλλαγές στην τοποθεσία ή το πλήθος των εφαρμογών που διαθέτουν. Αυτό θα μειώσει σημαντικά το κόστος πιθανών μισθωμένων γραμμών στο τηλεφωνικό δίκτυο. Τελικά βλέπουμε ότι οι ενσύρματες λύσεις δεν μπορούν να προσφέρουν μια γρήγορη και χαμηλού κόστους λύση και οι περισσότερες εκδοχές DSL δεν έχουν τους απαιτούμενους για τέτοια δίκτυα ρυθμούς μετάδοσης.

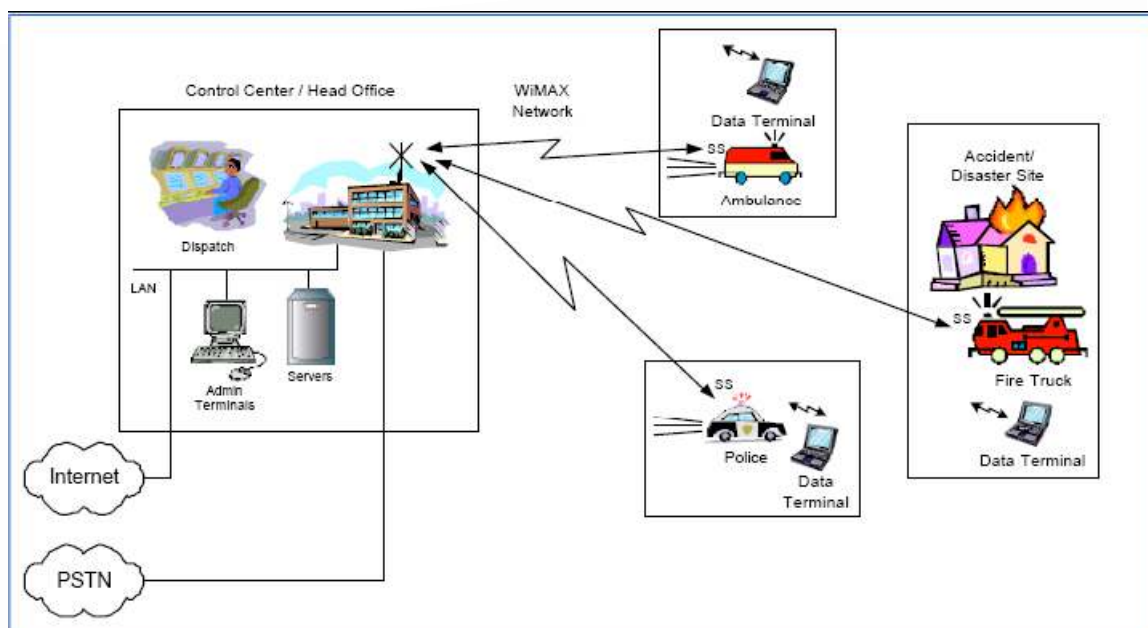
Η Νότια Αφρική είναι μια από τις περιοχές με εξαιρετικά χαμηλά ποσοστά ασύρματης ευρυζωνικής πρόσβασης (συχνά κάτω του 5%) και με περιορισμένες προοπτικές για περαιτέρω ανάπτυξη των καλωδιακών υποδομών. Η ασύρματη συνδεσιμότητα θα μπορούσε να φανεί ιδιαίτερα χρήσιμη στις πόλεις της Νότιας Αφρικής, όπου το κόστος επένδυσης στις καλωδιακές υποδομές είναι υψηλό σε σύγκριση με τις προοπτικές κέρδους. Το WiMAX μπορεί να πρωτοστατήσει στην παροχή συνδεσιμότητας και πρόσβασης στο Internet για τα σχολεία. Μάλιστα, ήδη εφαρμόζεται πιλοτικά το εγχείρημα αυτό στα σχολεία της Grahamtown[20], όπου το Apartheid είχε στερήσει από τα σχολεία ακόμη και τις βασικές υποδομές όπως τηλεφωνικές γραμμές και ηλεκτρικό ρεύμα. Η παροχή πρόσβασης στο Διαδίκτυο με το WiMAX θα δώσει στα σχολεία αυτά τη δυνατότητα προσέγγισης έντυπου υλικού (εφημερίδες, on-line εγκυκλοπαίδειες) αφού δεν υπάρχουν βιβλιοθήκες και να επικοινωνούν με άτομα άλλων χωρών μέσω ηλεκτρονικού ταχυδρομείου, διευρύνοντας έτσι τους ορίζοντες γνώσης των μαθητών. Το WiMAX καλείται παράλληλα να προσφέρει δίκτυο πρόσβασης πληροφοριών όχι μόνο στα σχολεία, αλλά και στους φορείς της υγείας, καθώς και στις ανερχόμενες επιχειρήσεις της περιοχής.

Μέσω της δραστηριότητας αυτής, το WiMAX θα συμβάλλει στη μείωση του ψηφιακού χάσματος και στη δημιουργία θέσεων παρέχοντας στους μαθητές της Ν.Αφρικής ευκαιρίες που υπό άλλες συνθήκες δύσκολα θα τους δίνονταν, δεδομένου ότι το 1/3 των σχολείων βρίσκεται εκτός του εύρους του DSL και δεν διαθέτει την οικονομική δυνατότητα τοποθέτησης γραμμής για πρόσβαση στο Διαδίκτυο. Το WiMAX θεωρείται ιδιαίτερα κατάλληλο στην αντιμετώπιση αυτών των προβλημάτων, αφού λειτουργεί σε μεγάλες χιλιομετρικές αποστάσεις με τη χρήση της τεχνολογίας non-line-of-sight και προσφέρει πολύ καλούς ρυθμούς εκπομπής δεδομένων, ισχυρή αντίσταση στις παρεμβολές και άμεση συνδεσιμότητα για τα σχολεία που δεν διαθέτουν line-of-sight. Με την συνεισφορά αυτή του WiMAX τα σχολεία της Νότιας Αφρικής θα εισέλθουν στην Κοινωνία της Πληροφορίας-κάτι που δικαιούνται και έχουν ανάγκη. Ελπίζουμε πως η Ανεξάρτητη Αρχή Επικοινωνιών της Νότιας Αφρικής (Independent Communications Authority of South Africa-ICASA), έχοντας πειστεί για τα εξαιρετικά αποτελέσματα του εγχειρήματος, θα καταστήσει τις ασύρματες επικοινωνίες αναπόσπαστο κομμάτι της εκπαίδευσης στην περιοχή.

### 2.3.1.5 Δημόσια Ασφάλεια

Οι κυβερνητικές υπηρεσίες δημόσιας ασφάλειας, όπως η αστυνομία η πυροσβεστική, οι υπηρεσίες διάσωσης κ.ά. μπορούν να χρησιμοποιήσουν τα WiMAX δίκτυα ώστε να υποστηρίξουν ακραίες και δύσκολες καταστάσεις όπως στο σενάριο χρήσης που περιγράφεται στο παρακάτω σχήμα.





Σχήμα 2-8 Ένα σενάριο εφαρμογής του WiMAX στον τομέα της δημόσιας ασφάλειας[12]

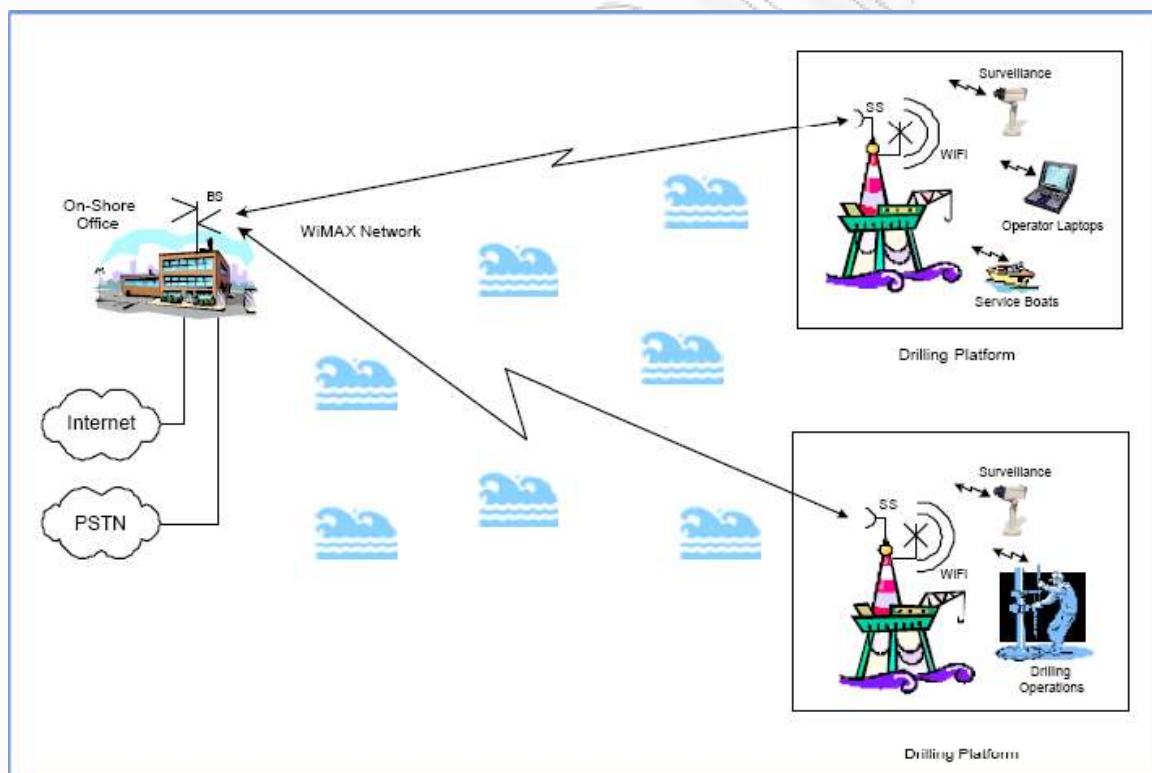
Τα παραπάνω δίκτυα παρέχουν αμφίδρομη επικοινωνία φωνής ανάμεσα στο κέντρο ελέγχου και τις ομάδες διάσωσης που βρίσκονται στην τοποθεσία του επειγόντος συμβάντος. Επίσης το δίκτυο μεταφέρει εικόνες βίντεο και δεδομένα από το σημείο του ατυχήματος στο κέντρο ελέγχου στο οποίο αργότερα μπορούν να αναλυθούν από τους ειδικούς. Σε πραγματικό χρόνο, σαν να ήταν οι ίδιοι στον τόπο του ατυχήματος. Το QoS του WiMAX επιτρέπει στο δίκτυο να χειρίζεται όλες τις διαφορετικές καταστάσεις κυκλοφορίας των δεδομένων. Η ευκολία στην εγκατάσταση του WiMAX καθιστά δυνατό το γρήγορο στήσιμο ενός προσωρινού ασύρματου δικτύου, στο σημείο του συμβάντος, το οποίο είναι απαραίτητο για την επικοινωνία με το κέντρο επιχειρήσεων. Μπορούν επίσης να μεταφέρουν κυκλοφορία από το δίκτυο αυτό στο κέντρο ελέγχου, μέσω ενός ήδη υπάρχοντος δικτύου WiMAX. Οι ενσύρματες λύσεις δεν είναι λειτουργικές στην προκειμένη περίπτωση δεδομένου ότι η ανάγκη για κινητικότητα έχει ιδιαίτερα μεγάλη σημασία λόγω των ενδεχόμενων απρόβλεπτων συνθηκών. Για παράδειγμα, ένας αστυνομικός μπορεί να θέλει να έχει πρόσβαση σε μια βάση δεδομένων από ένα κινούμενο όχημα ή ένας πυροσβέστης να χρειάζεται τη βέλτιστη διαδρομή για να φτάσει στο σημείο της πυρκαγιάς ή να χρειάζεται την αρχιτεκτονική του κτιρίου. Μία βίντεο κάμερα στο ασθενοφόρο μπορεί να προσφέρει προχωρημένη πληροφορία για την κατάσταση ενός ασθενή πριν το ασθενοφόρο φτάσει το νοσοκομείο. Σε όλες αυτές τις περιπτώσεις, το WiMAX παρέχει κινητικότητα και υψηλό εύρος .

### 2.3.1.6 Offshore Επικοινωνίες

Οι παραγωγοί πετρελαίου και φυσικού αερίου μπορούν να χρησιμοποιήσουν την WiMAX τεχνολογία έτσι ώστε να έχουν ασύρματη επικοινωνία από τους σταθμούς βάσης που βρίσκονται στην ξηρά στις πλατφόρμες που βρίσκονται στην θάλασσα πραγματοποιώντας διάφορες λειτουργίες από απόσταση (remotely). Οι λειτουργίες αυτές μπορεί να σχετίζονται με την επίλυση σύνθετων προβλημάτων στον εξοπλισμό,

την παρακολούθηση από απόσταση μέσω καμερών των εγκαταστάσεων και από απόσταση πρόσβαση στην βάση δεδομένων των offshore εγκαταστάσεων. Για παράδειγμα βίντεο από προβληματικά τμήματα ή εγκαταστάσεις μπορεί να μεταδίδονται στην ξηρά και αυτά με την σειρά τους να εξετάζονται από την αρμόδια ομάδα ειδικών. Επιπρόσθετα η παρακολούθηση η οποία θα μεταδίδεται στην ξηρά θα μπορεί να περιλαμβάνει τόσο συστήματα συναγεμίων όσο και συστήματα παρακολούθησης μέσω καμερών. Η κυρίες τηλεπικοινωνιακές ανάγκες για ένα τέτοιο σύστημα περιλαμβάνουν βίντεο ,φωνή , δεδομένα και τηλεφωνία.

Τα WiMAX δίκτυα θεωρούνται ιδανικά διότι υποστηρίζουν όλες τις παραπάνω ανάγκες και επιπρόσθετα πληρούν το κριτήριο της γρήγορης εγκατάστασης και απεγκατάστασης. Η δυνατότητα αυτή σε πολλές offshore εταιρίες όπως αυτές για άντληση πετρελαίου είναι ιδιαίτερα σημαντικό. Ακόμα, στην περίπτωση που χρειαστεί μια εγκατάσταση να εγκαταλειφθεί προσωρινά, οι επικοινωνίες για την παρακολούθηση της περιοχής συντηρούνται με τερματικά WiMAX που χρησιμοποιούν μπαταρίες για την λειτουργία τους.

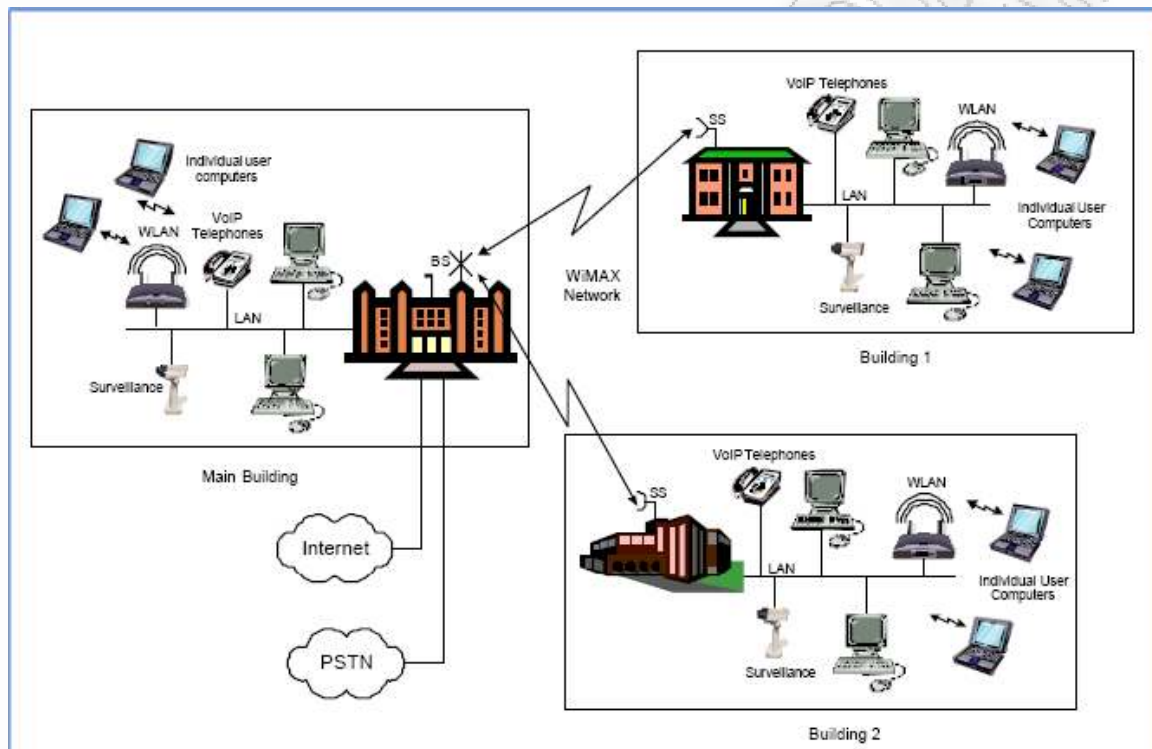


Σχήμα 2-9 Σενάριο εφαρμογής του WiMAX για offshore επικοινωνίες [12]

### 2.3.1.7 Συνδέσεις σε Πανεπιστημιούπολεις

Πολλές δημόσιες υπηρεσίες, επιχειρήσεις, βιομηχανικές περιοχές, μεταφορικά μέσα, πανεπιστήμια και κολέγια μπορούν να χρησιμοποιούν WiMAX δίκτυα ώστε να συνδέουν ασύρματα πολλαπλές τοποθεσίες μέσα στην περιοχή δράσης τους (π.χ. πανεπιστημιούπολη), όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Τα συστήματα επικοινωνίας σε πανεπιστημιούπολεις απαιτούν υψηλούς ρυθμούς δεδομένων και συνεπώς χαμηλή καθυστέρηση, μεγάλη περιοχή κάλυψης και υψηλή ασφάλεια. Όπως και στα παραπάνω σενάρια χρήσης, τα δίκτυα μεταφέρουν μια μίξη φωνής,

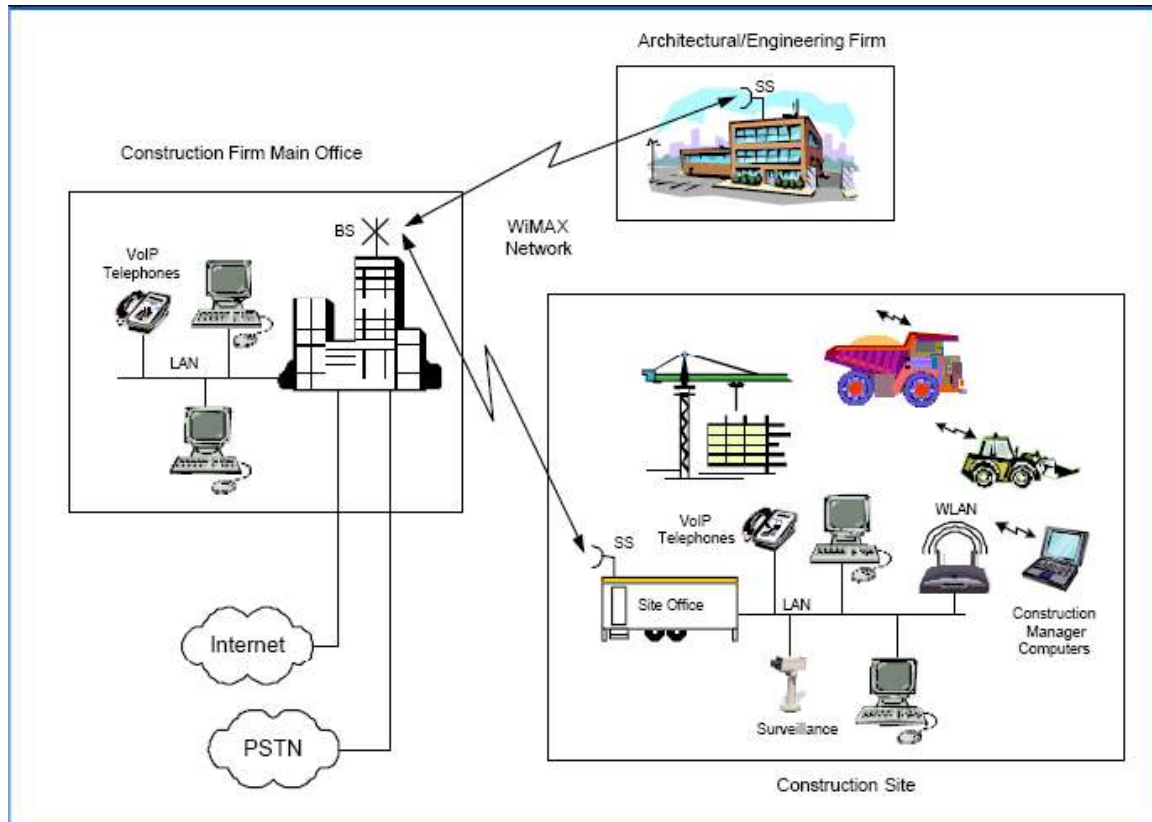
δεδομένων και βίντεο, την οποία το QoS του WiMAX βοηθάει να ιεραρχεί και να βελτιστοποιεί. Επιπρόσθετα, στο σημείο αυτό πρέπει να αναφέρουμε ότι και στην συνήθη περίπτωση κατά την οποία μια πανεπιστημιούπολη ή μια άλλη τοποθεσία είναι ήδη καλωδιωμένη και πάλι ένα WiMAX δίκτυο έχει μικρότερο κόστος εγκατάστασης και συντήρησης, ενώ απαιτεί και λιγότερο χρόνο για να εγκατασταθεί και να είναι λειτουργικό.



Σχήμα 2-10 Το δίκτυο WiMAX σε μια υποθετική πανεπιστημιούπολη [12]

### 2.3.1.8 Επικοινωνίες Προσωρινών Κατασκευών

Οι εταιρείες κατασκευών μπορούν να χρησιμοποιήσουν δίκτυα WiMAX, ώστε να εγκαταστήσουν επικοινωνιακές ζεύξεις ανάμεσα στα κεντρικά γραφεία της εταιρείας, το μέρος όπου πραγματοποιείται η εκάστοτε κατασκευή και άλλους υπαλλήλους και μηχανικούς που εμπλέκονται με το έργο. Η γρήγορη απεγκατάσταση του WiMAX είναι επίσης σημαντική σε αυτό το σενάριο, καθώς παρέχει γρήγορη επικοινωνία στην τοποθεσία κατασκευής με φωνή (τηλεφωνία) και δεδομένα (email, σχέδια μηχανικών και πρόσβαση στο internet). Επιπρόσθετα μέσω ενός WiMAX δικτύου θα είναι δυνατή και η μετάδοση βίντεο από τοποθεσίες του έργου στις οποίες υπάρχει δύσκολη πρόσβαση με άλλους τρόπους. Οι τοποθεσίες κατασκευής περιλαμβάνουν (και όχι μόνο) κτίρια γραφείων, ανάπτυξη κατοικιών, πετρελαϊκές εγκαταστάσεις και εγκαταστάσεις αερίου. Καθώς η κατασκευαστική δραστηριότητα στις τοποθεσίες αυτές είναι προσωρινή, οι ενσύρματες λύσεις δεν είναι οι κατάλληλες. Ο εξοπλισμός του WiMAX, καθότι φορητός, μπορεί να ξανασηθεί και να ξαναχρησιμοποιηθεί και σε άλλες κατασκευαστικές τοποθεσίες.

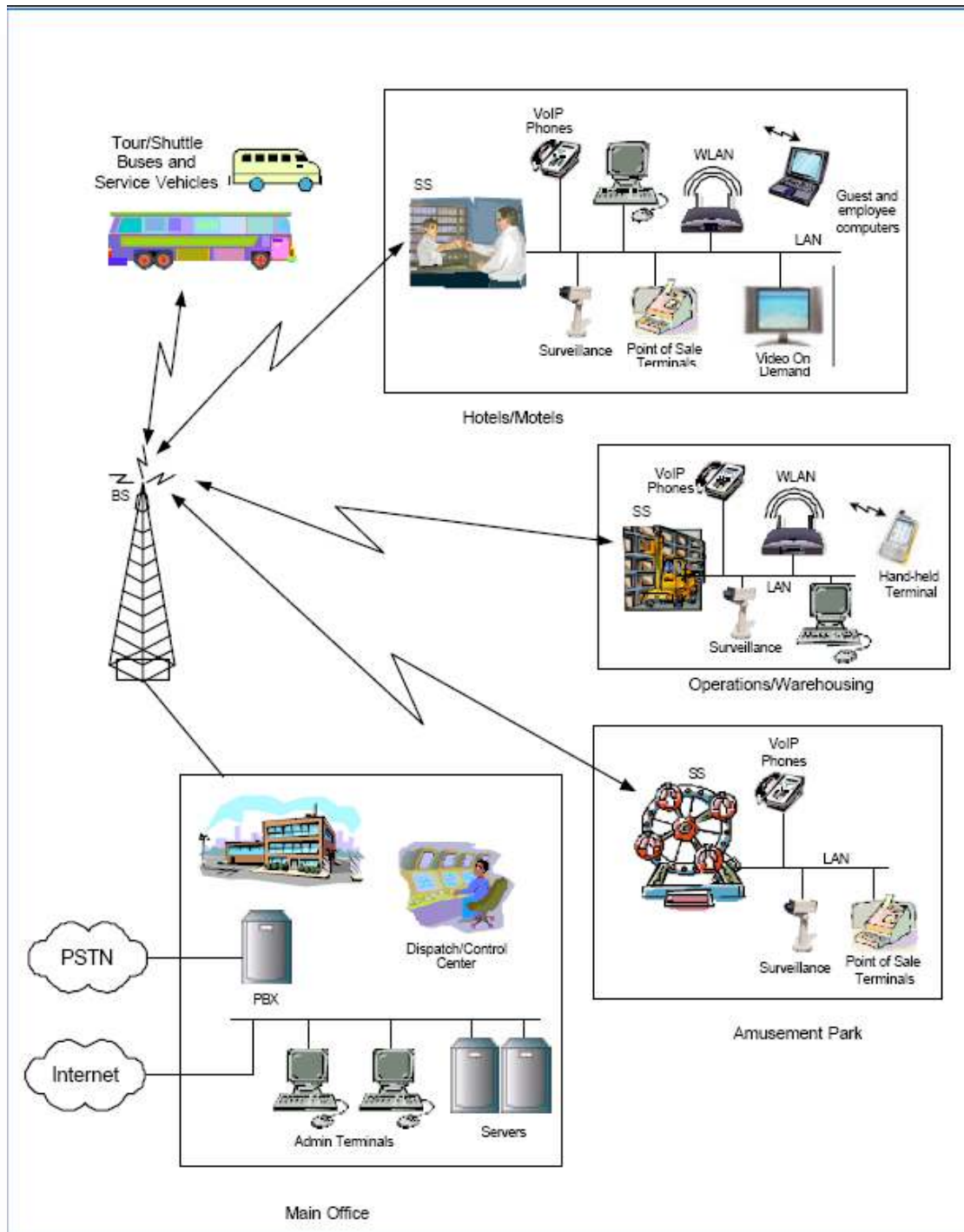


Σχήμα 2-11 Σενάριο εφαρμογής του WiMAX για επικοινωνίες προσωρινών κατασκευών [12]

### 2.3.1.9 Θεματικά Πάρκα

Το WiMAX μπορεί να εφαρμοστεί και σε θεματικά πάρκα ώστε να μεταφέρουν μια ευρεία κλίμακα υπηρεσιών επικοινωνίας. Ένα WiMAX δίκτυο μπορεί να υποστηρίξει μια ευρεία ακτίνα από επικοινωνιακή κυκλοφορία, όπως αμφίδρομη επικοινωνία προς και από το κέντρο ελέγχου, παρακολούθηση μέσω βίντεο, συντήρηση δεδομένων, πρόσβαση και ανανέωση της βάσης δεδομένων, παρακολούθηση του πάρκου, βίντεο και τηλεφωνία φωνής. Μερικές από τις απαιτήσεις-κλειδιά για ένα τέτοιο σύστημα είναι η υποστήριξη για σταθερές και κινητές λειτουργίες, υψηλή ασφάλεια, κλιμακωτή αρχιτεκτονική και χαμηλή καθυστέρηση. Η ευρεία κάλυψη του WiMAX σημαίνει ότι ένα ολόκληρο πάρκο μπορεί να καλυφθεί από μόνο 11 σταθμούς βάσης, κλιμακωτά προς τα πάνω, καθώς αυξάνονται οι απαιτήσεις για χωρητικότητα. Το QoS του WiMAX βάζει σε προτεραιότητα και βελτιστοποιεί την κυκλοφορία, όπως την καθορίζει ο χειριστής του συστήματος. Επίσης, το επαναστήσιμο του συστήματος είναι θέμα λεπτών δίνοντας την δυνατότητα εφαρμογών όπως βίντεο σε πραγματικό χρόνο να μεταδίδονται σε τουριστικά λεωφορεία, παρέχοντας πληροφορίες για τις δραστηριότητες, τον καιρό και τα αξιοθέατα στους επιβάτες.





Σχήμα 2-12 Το δίκτυο WiMAX σε ένα θεματικό πάρκο [12]

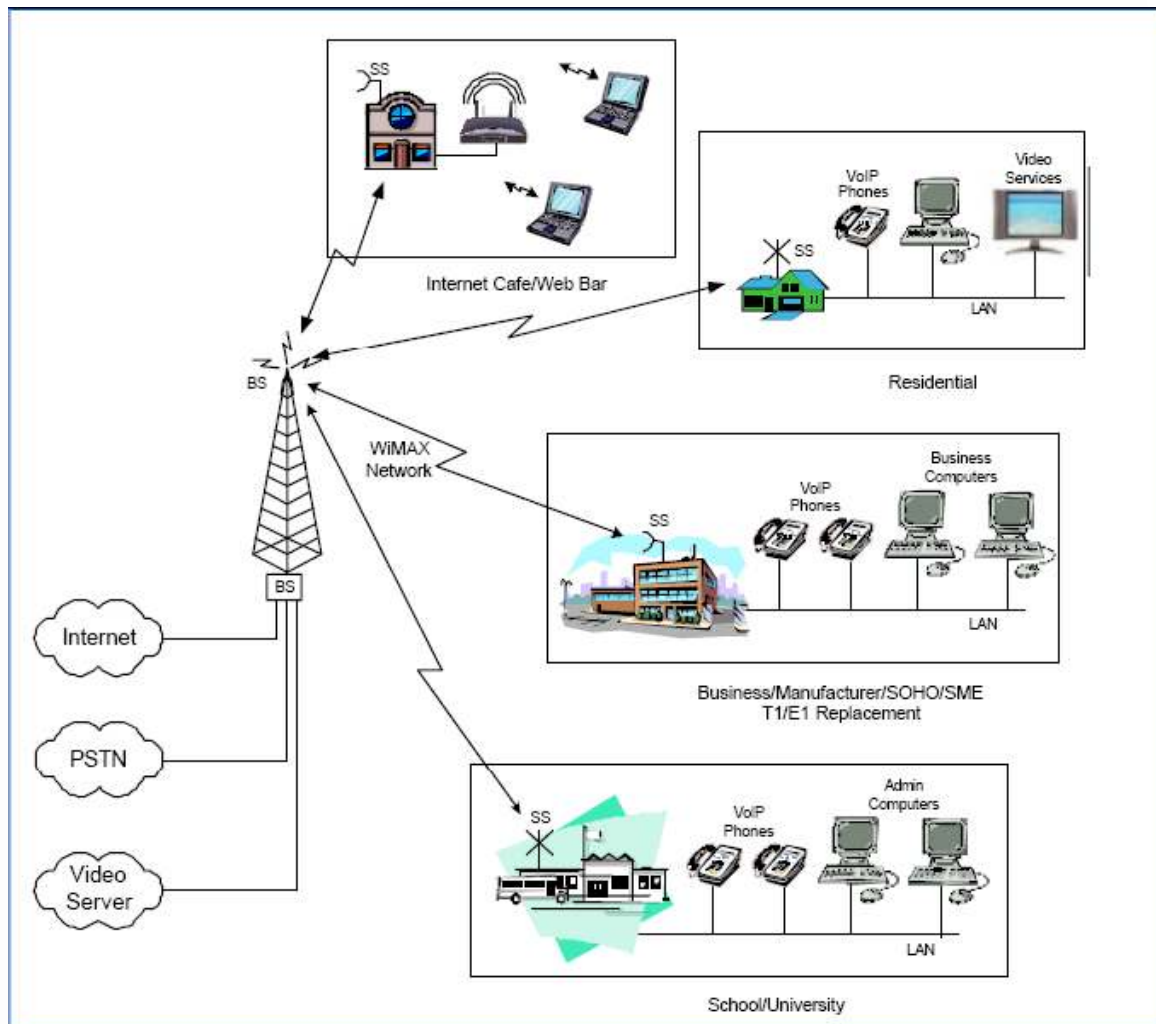
### 2.3.2 Δημόσια Δίκτυα

Στα Δημόσια Δίκτυα πρόσβαση έχει ένα μεγάλο πλήθος χρηστών συμπεριλαμβανομένων τόσο επιχειρήσεων και οργανισμών, όσο και αυτόνομων χρηστών. Τα δίκτυα αυτά γενικά απαιτούν χαμηλού κόστους μέσα, ώστε να έχουν την δυνατότητα να καλύπτουν μια μεγάλη περιοχή, καθώς η τοποθεσία των χρηστών δεν

είναι ούτε προβλέψιμη ούτε σταθερή. Οι κύριες εφαρμογές των δημοσίων δικτύων είναι επικοινωνίες φωνής και δεδομένων, αν και η επικοινωνία μέσω βίντεο γίνεται ολοένα και περισσότερο δημοφιλής. Δεδομένου ότι πολλοί χρήστες μοιράζονται το δίκτυο η ασφάλεια θεωρείται μια κρίσιμη απαίτηση η οποία υλοποιείται από την ενσωματωμένη VLAN υποστήριξη και κρυπτογράφηση των δεδομένων. Αρκετά σενάρια χρήσης δημοσίων δικτύων περιγράφονται στην συνέχεια.

#### *2.3.2.1 Δίκτυο Πρόσβασης Πάροχου Ασύρματης Υπηρεσίας*

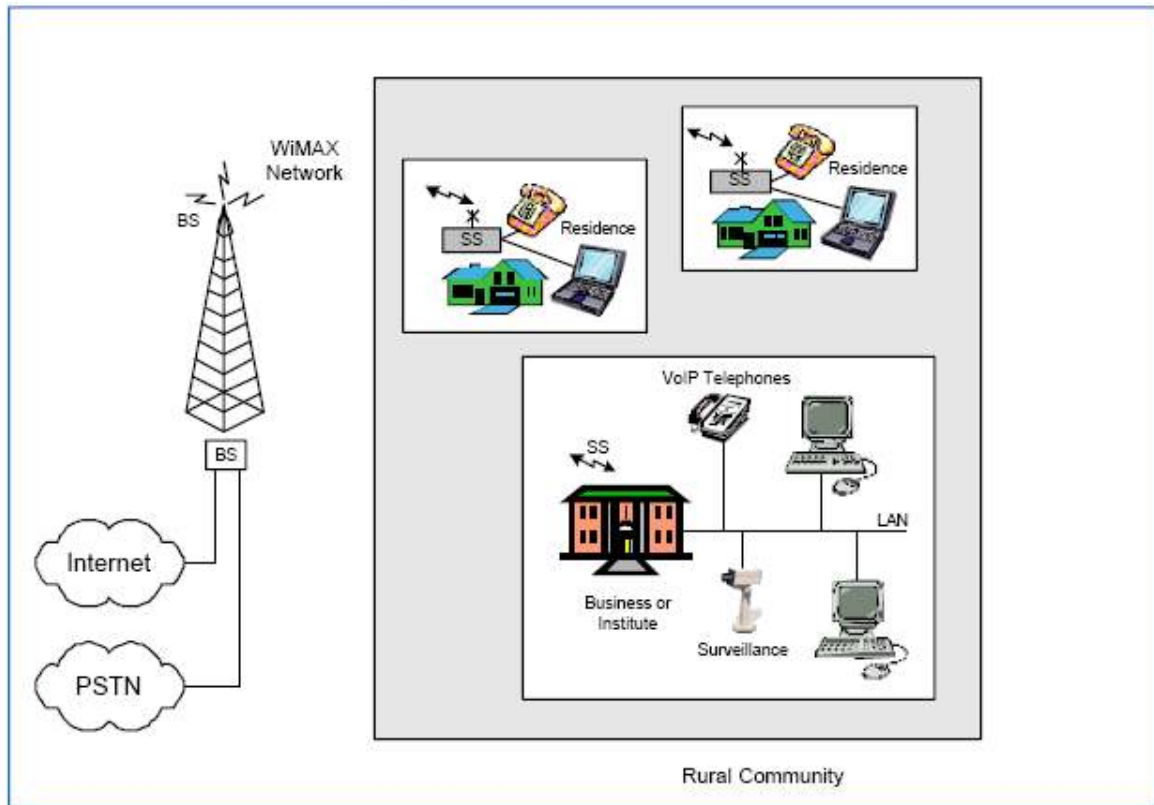
Οι πάροχοι ασύρματων τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών (Wireless Service Providers) μπορούν να χρησιμοποιήσουν την τεχνολογία του WiMAX ώστε να παρέχουν συνδεσιμότητα στους πελάτες τους. Μέσω των WiMAX δικτύων μπορούν να παρέχουν πολλά διαφορετικά είδη υπηρεσιών σε διάφορους χρήστες. Οι πάροχοι ασύρματων τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών μπορεί να είναι και τοπικές εταιρείες (CLEC Competitive Local Exchange Carriers) που ξεκινούν την επιχείρησή τους με μικρή ή και ανύπαρκτη υποδομή. Καθώς το WiMAX εγκαθίσταται εύκολα, οι εταιρείες μπορεί να αναπτυχθούν εύκολα και να ανταγωνίζονται με τις ήδη υπάρχουσες εταιρείες. Ο ενσωματωμένος μηχανισμός QoS του WiMAX είναι κατάλληλος για την ποικιλότητα κυκλοφορία που χειρίζονται οι CLEC επιχειρήσεις. Το QoS MAC προσφέρει επίσης πολυεπίπεδη υπηρεσία ώστε να καλύπτει την ποικιλία των αναγκών των διαφόρων πελατών. Μία πλατφόρμα ενός συνηθισμένου δικτύου που προσφέρει φωνή, δεδομένα και βίντεο, είναι υψηλά ελκυστική στους τελικούς χρήστες, επειδή παρουσιάζει ευκολία και ένα μόνο μηνιαίο λογαριασμό. Η υποστήριξη για πολλαπλούς τύπους υπηρεσιών επιτρέπει διαφορετικές ροές εσόδων και μειώνει το κόστος απόκτησής του από τους πελάτες, αυξάνοντας το μέσο έσοδο ανά χρήστη ARPU (Average Revenue Per User). Οι πάροχοι χρειάζονται μόνο ένα σύστημα πληρωμής και μία βάση δεδομένων πελατών. Οι ήδη υπάρχοντες πάροχοι που χρησιμοποιούν κυψελωτές υπηρεσίες επίσης ενδιαφέρονται για τις εφαρμογές του WiMAX. Πολλές τέτοιες εταιρείες έχουν ήδη σταθμούς βάσης, υπηρεσίες πληρωμής και μία βάση πελατών, αλλά η εγκατάσταση συστήματος WiMAX θα επεκτείνει την παρουσία τους στην αγορά ενώ θα είναι και μία από τις βασικές τους επιλογές σε αναπτυσσόμενες χωρίς υπάρχουσα υποδομή χώρες.



Σχήμα 2-13 Σενάριο εφαρμογής του WiMAX για Δίκτυο Παρόχου Ασύρματων Τηλεπικοινωνιών [12]

### 2.3.2.2 Συνδεσιμότητα σε αγροτικές περιοχές

Οι πάροχοι τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών μπορούν να χρησιμοποιούν τα WiMAX δίκτυα προκειμένου να παρέχουν υπηρεσίες σε μικρότερες αγορές όπως σε αγροτικές περιοχές χωρία και κωμοπόλεις με μικρότερο πληθυσμό. Ένα τέτοιο σενάριο χρήσης περιγράφεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 2-14 Σενάριο εφαρμογής του WiMAX σε αγροτική περιοχή [12]

Η δυνατότητα ασύρματης σύνδεσης σε απομακρυσμένες και αραιοκατοικημένες περιοχές είναι ιδιαίτερα σημαντική τόσο για τις αναπτυσσόμενες όσο και για τις ήδη ανεπτυγμένες χώρες. Χαρακτηριστικό των περιοχών αυτών είναι ότι η υπάρχουσα υποδομή είναι μικρή ή ακόμα και ανύπαρκτη. Μέσω της ασύρματης σύνδεσης θα μεταφέρονται υπηρεσίες φωνής και internet. Δεδομένου ότι το WiMAX παρέχει εκτεταμένη κάλυψη, είναι πολύ πιο οικονομικό και αποτελεσματικό από τις πιθανές ενσύρματες λύσεις που χρησιμοποιούνται σε περιοχές με μεγαλύτερη πυκνότητα πληθυσμού. Οι λύσεις WiMAX μπορούν να εγκατασταθούν γρήγορα, παρέχοντας επικοινωνιακές ζεύξεις σε αυτές τις μικρές σε πληθυσμό περιοχές, παρέχοντας ένα πιο ασφαλές περιβάλλον και βοηθώντας στη βελτίωση των τοπικών οικονομιών.

## 2.4 Πιθανοί Τελικοί Χρήστες

Σύμφωνα και με τις λεπτομερείς αναφορές του WiMAX Forum το WiMAX έχει μια ευρεία αγορά τελικών χρηστών (target group), καθώς καλύπτει την κινητή και σταθερή πρόσβαση και έχει εξαιρετικά πλεονεκτήματα στην παγκόσμια επικοινωνία. Οι πιθανοί χρήστες μπορούν να χωριστούν σε τρεις μεγάλες κατηγορίες: τους χρήστες του σταθερού WiMAX, τις διάφορες επιχειρήσεις και τους χρήστες του κινητού WiMAX.



### 2.4.1 Χρήστες Σταθερού WiMAX

Οι χρήστες του σταθερού WiMAX είναι φυσικά ο στόχος της σταθερής εφαρμογής του WiMAX. Η σταθερή λύση του WiMAX θα μπορούσε να είναι ο πιθανός αντικαταστάτης της DSL τεχνολογίας και των λοιπών ενσύρματων λύσεων, ενώ ακόμα θα μπορούσε εύκολα να λύσει το last mile problem σε αντίθεση με το σύνολο των ενσύρματων λύσεων. Το σταθερό WiMAX μπορεί να παρέχει βασικές υπηρεσίες φωνής και εγχώριες αλλά και διεθνείς κλήσεις χαμηλού κόστους [19]. Επίσης μπορεί να προσφέρει υπηρεσίες φωνής και δεδομένων. Η ταχύτητα της WiMAX σύνδεσης είναι υψηλότερη κατά 1Mbps από τις λοιπές ενσύρματες λύσεις.

### 2.4.2 Επιχειρήσεις

Η τεχνολογία WiMAX εισάγει μηχανισμούς QoS για να αντεπεξέλθει στις υψηλές επιχειρησιακές απαιτήσεις. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μια εφαρμογή εκπομπής μεταξύ σταθμών βάσεων 2G ή 3G δικτύων. Στο μεταξύ θα μπορούσε επίσης να χρησιμοποιηθεί για ιδιωτικά CPN δίκτυα (Customer Premises Network) ως υπηρεσία πρόσβασης. Η επικέντρωση στις επιχειρήσεις περιλαμβάνει κυρίως εταιρίες, πανεπιστημιούπολεις, SOHO και άλλους χρήστες. Το WiMAX που συνδέει τα CPN και τα Μητροπολιτικά Δίκτυα θα μπορούσε να ελκύσει επιχειρησιακούς χρήστες μεγάλου βεληνεκούς ενώ την ίδια στιγμή μπορεί να υποστηρίξει υπηρεσιακές ενοικιάσεις ειδικών γραμμών για επιχειρησιακούς χρήστες δικτύων. Θα μπορούσε να δημιουργήσει μια γέφυρα ασύρματου δικτύου ώστε να εξασφαλίσει την σύνδεση ανάμεσα στις επιχειρήσεις. Με αυτή την λύση αποφεύγεται η δυσκολία και το χρονικό κόστος για την δημιουργία και εγκατάσταση στο έδαφος. Τοπικά θα μπορούσε να προσφέρει συνδεσιμότητα για δεδομένα σε μικρές επιχειρήσεις (από dial up σε T1) προηγμένες υπηρεσίες δεδομένων σε επιχειρήσεις μεγάλου και μεσαίου μεγέθους και επίσης θα μπορούσε να προσφέρει υπηρεσίες φωνής χαμηλού κόστους και διαφόρων χαρακτηριστικών όπως το VOIP [2].

### 2.4.3 Χρήστες κινητού WiMAX

Η εμφάνιση του κινητού WiMAX προσφέρει ευέλικτη συνδεσιμότητα στους πελάτες που έχουν κινητό εξοπλισμό και πρόσβαση στο διαδίκτυο οπουδήποτε και οποτεδήποτε. Η κινητή λύση WiMAX δίνει την δυνατότητα στους χρήστες να έχουν πρόσβαση στο διαδίκτυο ευρυζωνικά και με πολλή μεγάλη ταχύτητα. Σε μητροπολιτικά δίκτυα θα μπορούσε να παρέχει συνδεσιμότητα δεδομένων για κινητό εργατικό δυναμικό και εσωτερικούς επισκέπτες. Η ταχύτητα εκπομπής δεδομένων είναι μεγαλύτερη από αυτήν των 3G τεχνολογιών και το προς χρήση φάσμα συχνοτήτων δεν είναι περιορισμένο όπως στις λοιπές τεχνολογίες. Τα chips που χρησιμοποιούνται για το κινητό WiMAX μπορούν να ενσωματωθούν σε ιδιαίτερα μεγάλη ποικιλία κινητών συσκευών αλλά και PDA. Την παρούσα στιγμή η Intel είναι η εταιρία που έχει αφιερωθεί και επενδύσει στην δημιουργία και ανάπτυξη WiMAX chips. Σε λίγο καιρό οι χρήστες κινητού WiMAX θα μπορούν εύκολα να έχουν πρόσβαση στο διαδίκτυο μέσω των WiMAX chips της Intel με τον ίδιο ακριβώς τρόπο που σήμερα έχουν με τα κινητά τους τηλέφωνα ή με την Wi-Fi τεχνολογία .

## 2.5 Συμπεράσματα Κεφαλαίου

Τα προϊόντα WiMAX υποστηρίζουν πολλά διαφορετικά είδη ευρυζωνικών συνδέσεων και χρησιμοποιούνται για υπηρεσίες και εφαρμογές τόσο σε σταθερά, όσο και κινητά δίκτυα, επωφελούμενα από τον τρόπο που το WiMAX χειρίζεται το πρόβλημα του τελευταίου μιλίου(last mile problem). Το WiMAX επιτρέπει την παροχή υπηρεσιών VoIP μειώνοντας το κόστος σε σχέση με τις παροσιακές υπηρεσίες φωνής, καθώς και την προσφορά υπηρεσιών IPTV για παροχή ψηφιακής τηλεόρασης με υποδομές υψηλής ποιότητας και ελκυστικό κόστος. Εξάλλου, τα διάφορα σενάρια χρήσης του WiMAX περιλαμβάνουν την εφαρμογή των πλεονεκτημάτων του μέσω ιδιωτικών και δημοσίων δικτύων σε δίκτυα τραπεζών και εκπαιδευτικά δίκτυα. Το WiMAX μπορεί να προσφέρει σημαντικά οφέλη στην δημόσια ασφάλεια, αλλά και στη διαδικασία της ανώτερης εκπαίδευσης, υλοποιούμενο σε συνδέσεις εντός των Πανεπιστημιούπολεων. Παράλληλα μπορεί να φανεί χρήσιμο στις συνδέσεις σε θεματικά πάρκα, προσωρινές κατασκευές και στις αγροτικές περιοχές και τις offshore επικοινωνίες.

Το WiMAX διαθέτει μια ευρεία αγορά πιθανών τελικών χρηστών, καθώς η επιρροή που μπορεί να ασκήσει στην παγκόσμια επικοινωνία διαμορφώνει ένα πλούσιο δίκτυο ομάδων-στόχων. Τέτοιες ομάδες είναι οι επιχειρήσεις, οι χρήστες σταθερού και κινητού WiMAX και άλλοι φορείς που αναμένουν να επωφεληθούν από τα βασικά δυνατά σημεία της νέας αυτής τεχνολογίας.

## 3. Ανταγωνιστικές ως προς το WiMAX τεχνολογίες

### 3.1 Εισαγωγή

Προκειμένου να εξετάσουμε επαρκώς την διείσδυση της WiMAX τεχνολογίας στις εκάστοτε αγορές, πρωταρχικό μέλημα είναι να συγκρίνουμε την τεχνολογία αυτή με τις ανταγωνιστικές λοιπές τεχνολογίες. Δεδομένου ότι το WiMAX έχει εφαρμογές τόσο σε σταθερά συστήματα τηλεπικοινωνιών όσο όμως και σε κινητά συστήματα, οι ανταγωνιστικές με αυτό τεχνολογίες είναι τεχνολογίες όπως το DSL για σταθερά δίκτυα αλλά και τα κινητά συστήματα 3G. Στην παρακάτω ανάλυση γίνεται σύγκριση όχι μόνο από την τεχνολογική, αλλά και από την οικονομική οπτική των τεχνολογιών.

### 3.2 Σταθερό WiMAX και DSL

Στις σταθερές περιοχές ευρυζωνικής πρόσβασης το ανερχόμενο WiMAX ήδη έχει αρχίσει να αποτελεί σημαντικό ανταγωνιστή της DSL τεχνολογίας. Θεωρείται ως μία μορφή ενός ασύρματου DSL. Είναι μια ασύρματη σύνδεση, μια λύση για ασύρματη πρόσβαση η οποία όχι μόνο προσφέρει υψηλές αποδόσεις με χαμηλό κόστος για τους παρόχους και συνεπώς για τους τελικούς πελάτες, αλλά αποτελεί και μία επανάσταση για την επίλυση του προβλήματος της «last mile» πρόσβασης.

Το DSL προσφέρεται σε όλα τα είδη ψηφιακών γραμμών και χωρίζεται σε δύο βασικές κατηγορίες: το ADSL και το SDSL. Το DSL προσφέρει γρήγορη ευρυζωνική πρόσβαση χρησιμοποιώντας τις ήδη υπάρχουσες χάλκινες γραμμές τηλεφώνου οι οποίες είναι εγκατεστημένες σε εκατομμύρια σπίτια, εταιρίες, γραφεία και κτίρια [1].

Συγκρίνοντας τις WiMAX και DSL τεχνολογίες, και οι δύο έχουν τόσο μειονεκτήματα όσο και πλεονεκτήματα. Από την πλευρά της πρόσβασης το DSL χρησιμοποιείται περισσότερο για ενσύρματη πρόσβαση, ενώ το WiMAX για ασύρματη. Η απεμπλοκή του WiMAX από τα καλώδια αποτελεί ένα σημαντικό πλεονέκτημα, τόσο από πλευράς ευκολίας όσο και από πλευράς συντήρησης του δικτύου. Επιπρόσθετα η αναβάθμιση ενός DSL δικτύου θεωρείται σχετικά δύσκολη λόγω της πολύπλοκης δομής του, αλλά και δαπανηρή. Για τον λόγο αυτό είναι ιδιαίτερα πιθανό οι πάροχοι να προτιμήσουν την WiMAX τεχνολογία σε περιοχές όπου δεν υπάρχουν ήδη εγκατεστημένες τηλεφωνικές γραμμές. Και από πλευρά κάλυψης το WiMAX υπερτερεί. Ενώ το DSL μπορεί να καλύψει μια περιοχή εύρους 3.70 km, το WiMAX μπορεί να παρέχει συδεσιμότητα της τάξης των 9,66 km με όλους τους χρήστες να μοιράζονται την ίδια ακριβώς ταχύτητα, γεγονός που δεν ισχύει σε DSL δίκτυα. Ακόμη, το WiMAX αποτελεί την κατάλληλη τεχνολογία για ημιαστικές ή και απομακρυσμένες περιοχές, δεδομένου ότι το μόνο που χρειάζεται είναι μερικοί σταθμοί βάσης καθώς και κάποιοι CPE προκειμένου να παρέχεται κάλυψη στις γύρω περιοχές.

Προκειμένου να έχουμε μια ολοκληρωμένη σύγκριση των δύο τεχνολογιών, τόσο ως προς την απόδοση αλλά και ως προς το κόστος τους, πρέπει να μελετήσουμε πώς η κάθε μια από αυτές τεχνολογίες αντιμετωπίζει το πρόβλημα το τελευταίου μιλίου (Last mile problem). Έστω ότι μελετάμε την παροχή ADSL, η οποία είναι δυνατόν να δοθεί με βάση το ήδη υπάρχον τηλεφωνικό δίκτυο. Στο σημείο αυτό πρέπει να αναφέρουμε την σημαντικότητα αυτού του γεγονότος, καθώς το τηλεφωνικό δίκτυο

είναι ιδιαίτερα διαδεδομένο στις ανεπτυγμένες τεχνολογικά περιοχές. Βέβαια σε ορισμένες από αυτές η ποιότητα του δικτύου δεν μπορεί να υποστηρίξει ADSL συνδέσεις. Το κύριο κόστος στην περίπτωση αυτήν είναι η εξάπλωσή των ινών στην περιοχή αυτήν, μέχρι δηλαδή τον χρήστη. Το συνολικό κόστος αποτελείται τόσο από αυτό που χρειάζεται προκειμένου να αγοραστούν οι ίδιες οι ίνες, όσο και από το κόστος που χρειάζεται προκειμένου να τοποθετηθούν και αργότερα να συντηρηθούν.

Η παραπάνω σύγκριση μας κάνει φανερό το γεγονός ότι το WiMAX έχει αρκετά πλεονεκτήματα σε σχέση με το DSL, δεδομένου ότι με αυτό είναι δυνατή η ασύρματη πρόσβαση στον χρήστη με ταχύτητα τουλάχιστον ίση με αυτή του DSL αλλά και η εξασφάλιση μεγαλύτερης κάλυψη. Από την άλλη βέβαια πλευρά, το DSL σαν τεχνολογία βασίζεται και χρησιμοποιεί την ήδη υπάρχουσα τηλεφωνική τεχνολογία. Η ενσύρματη τεχνολογία μπορεί με σιγουριά να παρέχει αρκετά μεγάλη ασφάλεια στην μεταφορά δεδομένων, ενώ η ασύρματη μεταφορά δεδομένων επηρεάζεται σε ιδιαίτερα μεγάλο βαθμό από την ποιότητα του σήματος στο κανάλι μεταφοράς. Δεν πρέπει να παραλείψουμε να αναφέρουμε το γεγονός ότι το WiMAX είναι μια νέα τεχνολογία που χρειάζεται χρόνο και συμμετοχή από πολλούς φορείς, οι οποίοι θα βοηθήσουν να εδραιωθεί και να προσπεράσει όλα τα τυχόν προβλήματα που σχετίζονται με αυτό. Συμπερασματικά, σίγουρα το WiMAX σαν τεχνολογία έχει όλα τα χαρακτηριστικά που θα το έκαναν να αποτελέσει απειλή για το DSL και ιδιαίτερα όσο το πρότυπο ωριμάζει, εφόσον ανοίγουν για αυτό νέες προοπτικές ανάγοντάς το σε πιθανή βασική απειλή για την DSL τεχνολογία.

### 3.3 WiMax και Wi-Fi

Ο όρος Wi-Fi ουσιαστικά είναι η συντομογραφία του όρου «wireless fidelity», του οποίου η απόδοση στα ελληνικά είναι ασύρματη πιστότητα, ενώ σχεδιάστηκε με βάση το πρότυπο 802.11 της IEEE. Η τεχνολογία του Wi-Fi αποτελείται από διάφορες εκδόσεις και γενικά αναφέρεται στις εκδόσεις 802.11b και 802.11g, οι οποίες χρησιμοποιούνται ευρέως στην αγορά, με το 802.11b να χρησιμοποιεί συχνότητα των 2.4 GHz ISM- μια μάλιστα συχνότητα που είναι παγκόσμια υιοθετημένη στις περισσότερες ανά τον κόσμο χώρες. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα την γρήγορη υιοθέτηση της τεχνολογίας αυτής η οποία επιπρόσθετα μπορεί να προσφέρει ταχύτερες μεγαλύτερες από 11Mbps. Υπάρχουν 14 διαθέσιμα κανάλια στα 2.4 GHz εκ των οποίων μόνο τρία μη υπέρθετα (non overlapping). Η μέγιστη κάλυψη που το πρότυπο αυτό προσφέρει είναι περίπου στα 300 πόδια σε εξωτερικούς χώρους (outdoors) και 100 πόδια σε εσωτερικό χώρο (indoors). Το Wi-Fi παρέχει αξιόπιστη μεταφορά δεδομένων καθώς και εύρος δικτύου χρησιμοποιώντας πρωτόκολλα όμοια με αυτά της Ethernet τεχνολογίας. Ο σχεδιασμός του 802.11g βασίστηκε σε μεγάλο βαθμό στο στόχο το πρωτόκολλο αυτό να είναι συμβατό με αυτό του 802.11b, αλλά και με την προσθήκη αρκετών χαρακτηριστικών ασφαλείας. Ο OFDM μετασχηματισμός έχει υιοθετηθεί από το πρότυπο για ταχύτερες πάνω από 54Mbps.

Το πρότυπο πιστοποιήθηκε από την WEC (Wireless Ethernet Compatibility) μια συμμαχία που αργότερα το 2003 μετονομάστηκε σε Wi-Fi συμμαχία (Wi-Fi alliance ) αποτελούμενη από πολλούς τηλεπικοινωνιακούς παρόχους λογισμικού όπως η Nokia η 3COM και άλλες [Ling Bai]. Το αρχικό κίνητρο για την δημιουργία της Wi-Fi συμμαχίας ήταν η παροχή λύσεων σε προβλήματα διασυνδεσιμότητας του προτύπου καθώς και ο έλεγχος Wi-Fi συστημάτων. Μέσω της συμμαχίας αυτής παρέχεται και το ειδικό

λογότυπο το οποίο παρέχεται μόνο στις συμβατές με αυτό συσκευές . Από τον Μάρτιο του 2000 που λανσαρίστηκε περισσότερα από 3300 προϊόντα έχουν πιστοποιηθεί με το λογότυπο Wi-Fi .

Εκκινώντας από τη διαπίστωση ότι τόσο το WiMax όσο και το Wi-Fi αποτελούν τεχνολογίες για ασύρματη επικοινωνία, έχουν πολλές ομοιότητες. Και τα δύο παραπάνω πρότυπα είναι σχεδιασμένα για IP δίκτυα ενώ έχουν σαν κύριο στόχο την μετάδοση δεδομένων μέσω αυτών. Επίσης και τα δύο πρότυπα δημιουργήθηκαν και αναπτύχθηκαν από την IEEE. Και τα δύο παραπάνω πρότυπα υποστηρίχθηκαν και προβλήθηκαν περίπου με τον ίδιο τρόπο από διάφορες συμμαχίες παροχών και προμηθευτών, υποστηρίζουν την διαλειτουργικότητα και έχουν ελεγχθεί από εκατοντάδες μέλη των συμμαχιών. Αρκετά μέλη της WLAN συμμαχίας τώρα πια είναι βασικά μέλη του WiMAX φόρουμ (WiMAX Forum).

Παρόλα αυτά τα δύο πρότυπα έχουν και πολλές διαφορές. Ενώ το Wi-Fi παρέχει συνδεσιμότητα ανάμεσα σε τοπικά δίκτυα, το WiMAX είναι δυνατόν να παράσχει συνδεσιμότητα ανάμεσα σε μεγάλα μητροπολιτικά δίκτυα αλλά και σε τοπικά. Το 802.16d είναι δυνατόν να προσφέρει ασύρματη επικοινωνία μεγαλύτερη από 30 μίλια με αναμενόμενη ταχύτητα μετάδοσης 75Mbps και την ύπαρξη ενός και μόνο σταθμού βάσης. Από την άλλη πλευρά, το Wi-Fi μπορεί να προσφέρει σύνδεση για απόσταση περίπου των 300 ποδιών και ταχύτητα μέχρι 54Mbps. Τα Wi-Fi hotspots μπορούν να έχουν μέχρι 300m εμβέλεια χωρίς παρεμβολές σε εξωτερικούς χώρους, ενώ μόνο 100m σε εσωτερικούς. Η τόσο μεγάλη διαφορά σε εμβέλεια ανάμεσα στις δύο τεχνολογίες κυρίως οφείλεται στον διαφορετικό τους σχεδιασμό στο φυσικό ( Physical Layer) και MAC επίπεδο (Medium Access Control Layer ). Η επόμενη διαφορά ανάμεσα στις δύο τεχνολογίες σχετίζεται με το εύρος ζώνης που προσφέρουν. Το WiMAX χρησιμοποιεί πολύ μεγαλύτερο εύρος συχνοτήτων και πολύ περισσότερα κανάλια επικοινωνίας. Σημαντική είναι και η διαφορά που έχουν τα δύο πρότυπα ως προς τον αριθμό των χρηστών που έχουν σχεδιαστεί να εξυπηρετούν. Το MAC πρωτόκολλο του WiMAX έχει σχεδιαστεί να εξυπηρετεί εκατοντάδες χρήστες ταυτόχρονα, το Wi-Fi από την άλλη έχει δυνατότητα εξυπηρέτησης μόνο κάποιων δεκάδων χρηστών. Μια ακόμα πολύ σημαντική διαφορά είναι η παροχή υπηρεσιών που διαθέτει το WiMAX. Ας πούμε, το Wi-Fi δεν έχει κάποια δυνατότητα για QoS. Τέλος, το WiMAX είναι πιο ανθεκτικό στην πολυδοκική εξασθένιση γιατί χρησιμοποιεί 256 ή 2048 σημεία στον FFT, ενώ το 802.11 μόνο 64.

Η πιο ουσιαστική διαφορά ανάμεσα στο WiMAX και το Wi-Fi είναι το γεγονός ότι έχουν σχεδιαστεί για διαφορετικές εφαρμογές [22]. Το Wi-Fi εστιάζει στην ασύρματη επικοινωνία ανάμεσα σε πολύ μικρότερες περιοχές σε σχέση με αυτό του WiMAX. Επιπρόσθετα το WiMAX χρησιμοποιείται τόσο για επικοινωνία σε σταθερά περιβάλλοντα, όσο και σε κινητά σε αντίθεση με το Wi-Fi το οποίο προσφέρει μόνο σταθερή ασύρματη επικοινωνία.

Όπως είναι φανερό από το παραπάνω κείμενο το WiMAX έχει αρκετά συγκριτικά πλεονεκτήματα σε σχέση με το Wi-Fi. Πολύ σημαντικό όμως είναι το γεγονός ότι το Wi-Fi προϋπήρχε σαν τεχνολογία σε σχέση με το WiMAX, με αποτέλεσμα πολλοί προμηθευτές να έχουν επενδύσει σε αυτό χωρίς βέβαια να έχουν την διάθεση να μεταβούν στο WiMax, μια μετάβαση η οποία θα τους κόστιζε αρκετά σε οικονομικό επίπεδο. Μακροπρόθεσμα πάντως, η κύρια πρόβλεψη η οποία επικρατεί είναι ότι και οι δυο τεχνολογίες θα συνυπάρχουν συμπληρώνοντας η μία τα κενά της άλλης. Το WiMAX θα αποτελέσει την λύση για τα MAN δίκτυα ενώ το Wi-Fi στα μικρότερα LAN δίκτυα και ενωμένα θα αποτελέσουν μια λύση για όλες τις μορφές δικτύων .



	802.11	802.16x	Technical Explanation
<b>Range</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Optimized for users within a 100 meter radius</li> <li>Add high gain antenna for greater range</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Optimized for typical cell size of 7-10 km; Up to 50 km range</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>802.16 PHY tolerates 10 more multi-path delay spread than 802.11</li> <li>Adaptive modulation allows tradeoff range for bandwidth</li> </ul>
<b>Coverage</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Optimized for indoor environments; dozens of LAN users</li> <li>Add mesh for greater coverage (not standards-based yet)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Optimized for outdoor environments (trees, buildings, users spread out over distance)</li> <li>Standard support for advanced antenna techniques &amp; mesh</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>802.16: 256 OFDM (vs. 64 OFDM) for better multi-path interference tolerance</li> </ul>
<b>Scalability</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Channel bandwidth: 20 MHz</li> <li>Subscriber data rate degrades non-linearly as more users join the network</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Channel widths from 1.5 to 20 MHz</li> <li>Flexible widths required for cell planning for in licensed band allocations</li> <li>Efficient multiple access – subscriber data rates degrades linearly</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Peer-to-Peer coordination of 802.11 networks is inefficient when there's a large # of users</li> <li>802.16 base station "masters" coordination</li> </ul>
<b>Bit rate</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>2.7 bps/Hz peak data rate; Up to 54 Mbps in 20 MHz channel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>3.8 bps/Hz peak <u>data</u> rate; Up to 75 Mbps in a 20 MHz</li> <li>5 bps/Hz peak <u>bit</u> rate; 100 Mbps in 20 MHz channel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>802.16: 256 OFDM (vs. 64 OFDM)</li> </ul>
<b>QoS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>802.11e will standardize</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>QoS designed in for voice/ video, differentiated services</li> <li>No "hidden node" problem</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>802.11: contention-based MAC (CSMA)</li> <li>802.16: grant based MAC</li> </ul>

Σχήμα 3-1 Σύγκριση των προτύπων 802.16x και 802.11 [13]

### 3.4 WiMAX και 3G

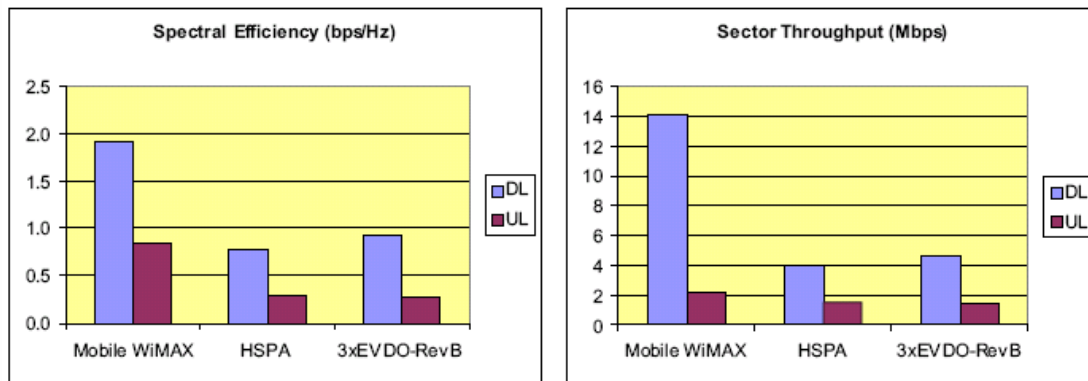
Τα δίκτυα 3G είναι παγκόσμια ψηφιακά δίκτυα τα οποία προσφέρουν πλήθος υπηρεσιών ενσωματώνοντας διαφορετικές λειτουργίες στα ασύρματα συστήματα επικοινωνιών. Μέσω των 3G δικτύων παρέχονται στους χρήστες υπηρεσίες φωνής αλλά και δεδομένων. Παρόλα αυτά στο σημείο αυτό πρέπει να σημειώσουμε ότι σε αντίθεση με τα 3G δίκτυα, το WiMAX στοχεύει στην γρήγορη μεταφορά δεδομένων σε Μητροπολιτικές Περιοχές. Υποστηρίζει μεγάλο πλήθος τερματικών συσκευών όπως φορητούς υπολογιστές (laptop), PDA και κινητά τηλέφωνα με ενσωματωμένο WiMAX τσιπ. Είναι η τεχνολογία η οποία συμπληρώνει τα κενά που υπάρχουν από τα 3G δίκτυα και το Wi-Fi. Δεν είναι μια εναλλακτική και ανταγωνιστική σε αυτά πρόταση, αλλά μια νέα τεχνολογία που υπερκαλύπτει πολλές από τις υπηρεσίες που το Wi-Fi και τα δίκτυα 3G παρέχουν.

Το κινητό WiMAX είναι βασισμένο στην OFDM κωδικοποίηση, η οποία επίσης θεωρείται ο πυρήνας της νέας γενιάς 4G δικτύων. Η αρχιτεκτονική του WiMAX προσφέρει ευελιξία στον τρόπο που θα δομηθεί το εκάστοτε δίκτυο αλλά και πολύ καλή ποιότητα υπηρεσιών. Το WCDMA και το CDMA2000 πρότυπα χρησιμοποιούνται ευρύτατα στην παρούσα αγορά των ασύρματων επικοινωνιών. Προκειμένου τα 3G δίκτυα να ανταγωνιστούν το WiMAX και γενικά να αναβαθμιστούν τα 3G δίκτυα, η 3GPP ανέπτυξε το HSDPA( High Speed Data Packet Access ) για το WCDMA. Από την άλλη πλευρά, η 3GPP2 ανέπτυξε το 1xEVDO-Rev 0 και 1xEVDO-Rev για το CDMA2000, ώστε να είναι δυνατή η μετάδοση δεδομένων με μεγαλύτερες ταχύτητες .

Το WiMAX έχει αρκετά πλεονεκτήματα σε σχέση με τα 3G δίκτυα και ως πιο σημαντικά μπορούν να θεωρηθούν το εύρος που καλύπτει το WiMAX και οι υψηλές ταχύτητες μετάδοσης που προσφέρει. Το εύρος που καλύπτει ένας πύργος WiMAX είναι



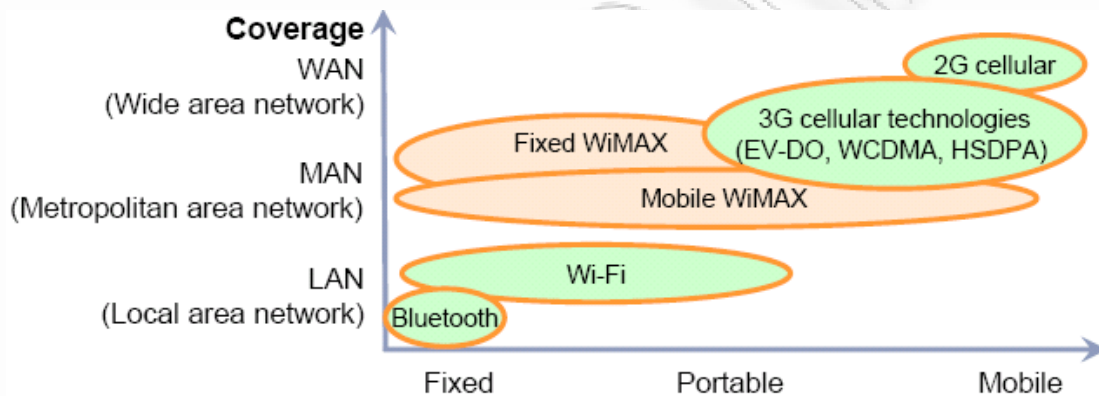
περίπου δέκα φορές μεγαλύτερος σε σχέση με αυτό που καλύπτει ένας αντίστοιχος ενός 3G δικτύου. Το WiMAX παρέχει κλιμακωτό εύρος ζώνης προκειμένου να καλύψει όσο τον δυνατόν μεγαλύτερο φάσμα. Υποστηρίζει την τεχνολογία των έξυπνων κεραιών με αποτέλεσμα να μειώνεται σε αυτό το φαινόμενο των παρεμβολών. Επιπρόσθετα το WiMAX παρέχει έλεγχο των παρερχομένων υπηρεσιών σε αντίθεση με τα δίκτυα 3G, όπου ο έλεγχος των παρερχομένων υπηρεσιών είναι αρκετά ελλιπής και μη ενδεδειγμένη. Στο 3G και σε περίοδο όπου το δίκτυο είναι φορτωμένο, η αυξημένη κίνηση σε κλάσεις υψηλότερης προτεραιότητας μπορεί να οδηγήσει στον αποκλεισμό κλάσεων χαμηλότερης ποιότητας. Το φαινόμενο αυτό, λόγω των πολλαπλών και διαφορετικών μηχανισμών για την εξυπηρέτηση υπηρεσιών που παρέχει το WiMAX είναι απίθανο να συμβεί. Η φασματική απόδοση και η ταχύτητα μετάδοσης δεδομένων που παρέχονται από το WiMAX είναι πολύ καλύτερες σε σχέση με αυτές που παρέχεται από τα 3G δίκτυα. Από το σχήμα (Σχήμα 3.2), που δείχνει την σύγκριση ανάμεσα στην απόδοση φάσματος και το throughput στα 3G δίκτυα και το WiMAX, είναι φανερό ότι το WiMAX υπερτερεί σε αρκετά μεγάλο βαθμό .



Σχήμα 3-2 Φασματική αποτελεσματικότητα και σύγκριση throughput ανάμεσα στο WiMAX, το HSDPA και το ENDO-RevB υπό κοινές συνθήκες κίνησης [15]

Όσον αφορά την σύγκριση των δυο τεχνολογιών σε σχέση με την θέση τους στην παγκόσμια αγορά, πρέπει να δώσουμε ιδιαίτερη έμφαση στο γεγονός ότι τα 3G δίκτυα πρωταγωνιστούν στην παγκόσμια αγορά κινητών ασύρματων επικοινωνιών εδώ και πολλά χρόνια. Από μετρήσεις και έρευνες που έχουν γίνει είναι φανερό ότι οι πάροχοι τηλεπικοινωνιακών συστημάτων και υπηρεσιών προτιμούν να αναβαθμίσουν τα 3G δίκτυα που ήδη έχουν, παρά να επενδύσουν σε μία διαφορετική τεχνολογία όπως το WiMAX. Η τεχνολογία HSDPA έχει πλεονέκτημα στην αγορά σε σχέση με το WiMAX. Λανσαρίστηκε το 2005, ενώ το WiMAX είναι τώρα στα πρώτα του βήματα. Το HSDPA έχει μεγάλη βοήθεια και ώθηση από το ήδη υπάρχον υπόβαθρο. Η αλλαγή από το WCDMA στο HSDPA μπορεί εύκολα και γρήγορα να γίνει με την αναβάθμιση του αντίστοιχου και σχετικού με αυτό λογισμικού. Η ανάπτυξη της αγοράς του WiMAX θα περάσει πρώτα μια περίοδο αβεβαιότητας μέχρι το πρότυπο να ωριμάσει. Το WiMAX και τα 3G δίκτυα θα συνυπάρχουν για αρκετά χρόνια μέχρι που θα ενωθούν κατά την δημιουργία των 4G δικτύων. Οι πάροχοι μπορούν επιπρόσθετα να επενδύσουν στο WiMAX προκειμένου να καλύψουν την κίνηση που δημιουργείται στα 3G δίκτυα. Ακόμα μπορούν να συνδυάσουν τα WiMAX και 3G προκειμένου να παρέχουν υψηλής ποιότητας backhaul υπηρεσίες, αυξάνοντας το ARPU των χρηστών .

Οι πάροχοι κινητών τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών οι οποίοι ήδη έχουν 3G δίκτυα έχουν δαπανήσει τεράστια χρηματικά ποσά προκειμένου να αποκτήσουν τις άδειες για το 3G. Επιπρόσθετα ξοδεύουν και άλλα χρήματα για χειρισμό και συντήρηση του δικτύου, ενώ βέβαια οι αντίστοιχες άδειες για τα WiMAX δίκτυα είναι πολύ φτηνότερες. Για παράδειγμα στην Γερμανία η κάθε άδεια για WiMAX δίκτυο στοιχίζει 360 εκατομμύρια ευρώ, ενώ μια αντίστοιχη για 3G δίκτυα στοιχίζει περίπου 50 δισεκατομμύρια ευρώ [19]. Ένα μεγάλο πλεονέκτημα του WiMAX είναι ότι μπορεί να δουλέψει σε συχνότητες που δεν έχουν ακόμη δοθεί και σε πολύ μεγαλύτερο εύρος συχνοτήτων σε σχέση με αυτό του 3G. Γεγονός που βοηθά στην ανάπτυξη WiMAX δικτύων είναι και το χαμηλό κόστος σε υλικό που χρειάζεται. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι ένας πύργος WiMAX που έχει περίπου το ίδιο κόστος με έναν αντίστοιχο για 3G, καλύπτει απόσταση περίπου 10 φορές μεγαλύτερη, κάτι που σημαίνει ότι χρειάζονται πολύ λιγότεροι σταθμοί WiMAX σε σχέση με αυτούς του 3G. Τέλος αξίζει να αναφέρουμε ότι εξαιτίας των πολλών παρόχων που δημιουργούν τον πυρήνα για την WiMAX τεχνολογία, είναι αδύνατον να υιοθετηθούν μονοπωλιακές πρακτικές, με αποτέλεσμα την πτώση των τιμών.



Σχήμα 3-3 Σύγκριση ανταγωνιστικών τεχνολογιών σε σχέση με το εύρος κάλυψης[14]

### 3.5 WiMAX και LTE

Το LTE (Long Term Evolution) αποτελεί το νέο πρότυπο της 3GPP (Third Generation Partnership Project) το οποίο σχεδιάστηκε προκειμένου να βελτιώσει τις υπηρεσίες που παρέχονται από το UMTS μοντέλο κινητών επικοινωνιών .

Στον παρακάτω πίνακα γίνεται μία σύγκριση ανάμεσα στα δύο αυτά πρότυπα ως προς την κάλυψη που παρέχουν σε συστήματα επικοινωνιών 4<sup>ης</sup> γενιάς. Η σύγκριση κυρίως εμβαθύνει στο φυσικό επίπεδο και τις επιδόσεις τους ως προς αυτό. Παρατηρούμε ότι το WiMAX έχει μικρότερο Bit Rate τόσο στο Downlink όσο και στο Uplink. Από τους παρακάτω πίνακες είναι φανερό ότι το WiMAX πρότυπο και το 3GPP-LTE τεχνικά είναι παρόμοια ως προς απόδοση και ποιότητα. Από την οπτική της αγοράς όμως τα δύο πρότυπα διαφέρουν αρκετά, μιας και το WiMAX θεωρείται πιο ώριμο για την προώθηση του στις Παγκόσμιες Αγορές όπως άλλωστε έχει ήδη καταδειχθεί.

Ακόμα, λόγω της δομής και της υλοποίησης των συγκεκριμένων τεχνολογιών αξίζει να αναφέρουμε ότι οι νέοι καθώς και οι ήδη υπάρχοντες DSL πάροχοι που επιθυμούν να προσφέρουν και κινητές υπηρεσίες είναι πολύ πιθανό να επιλέξουν το WiMAX ως την κατάλληλη τεχνολογία για κινητή ευρυζωνική πρόσβαση. Επίσης από τους πίνακες συμπεραίνουμε ότι οι πάροχοι υπηρεσιών UMTS/HSPA στις ανεπτυγμένες χώρες θα

προτιμήσουν την 3GPP-LTE, ενώ οι CDMA 2000 και οι GSM/EDGE πάροχοι θα προτιμήσουν το κινητό WiMAX για κινητή ευρυζωνική πρόσβαση, το οποίο και θα αναπτύξουν με βάση το ήδη υπάρχον δίκτυό τους.

Aspect	Mobile WiMAX (IEEE802.16e-2005)	3GPP-LTE (E-UTRAN)
Core network	WiMAX Forum™ All-IP network	UTRAN moving towards All-IP Evolved UTRA CN with IMS
Access technology: Downlink (DL) Uplink (UL)	OFDMA OFDMA	OFDMA SC-FDMA
Frequency band	2.3-2.4GHz, 2.496-2.69GHz, 3.3-3.8GHz	Existing and new frequency bands (~2GHz)
Bit-rate/Site: DL UL	75Mbps (MIMO 2TX 2RX) 25Mbps	100Mbps (MIMO 2TX 2RX) 50Mbps
Channel bandwidth	5, 8.75, 10MHz	1.25-20MHz
Cell radius	2-7Km	5Km
Cell capacity	100-200 users	>200 users @ 5MHz >400 users for larger BW
Spectral efficiency	3.75[bits/sec/Hz]	5[bits/sec/Hz]
Mobility: Speed Handovers	Up to 120Km/H Optimized hard handovers supported	Up to 250Km/H Intder-cell soft handovers supporte
Legacy	IEEE802.16a through 16d	GSM/GPRS/EGPRS/UMTS/HSPA
MIMO: DL UL No. of code words	2Tx X 2Rx 1Tx X NRx (Collaborative SM) 1	2Tx X 2Rx 2Tx X 2Rx 2
Roaming framework	New (work in process in WiMAX Forum™)	Auto through existing GSM/UMTS

Schedule forecast:	2007 through 2008	2007
Standard completed	2009	2010
Initial Deployment		2012
Mass market		

Σχήμα 3.4 Σύγκριση μεταξύ IEEE802.16e και 3GPP-LTE [27]

### 3.6 Συμπεράσματα Κεφαλαίου

Επιτρέποντας την παροχή υπηρεσιών τόσο σε σταθερά, όσο και σε κινητά συστήματα τηλεπικοινωνιών, το WiMAX διαθέτει αξιόλογους ανταγωνιστές, όπως το DSL, το Wi-Fi, το 3G και το LTE. Στη σύγκριση με το DSL, το WiMAX στην υψηλή ζήτηση σε περιοχές όπου δεν υπάρχουν προϋπάρχουσες εγκατεστημένες τηλεφωνικές γραμμές, στην δυνατότητα ευρύτερης κάλυψης και στο κόστος για την προσέγγιση μη αστικών περιοχών στο πλαίσιο του ζητήματος του τελευταίου μιλίου. Σε σύγκριση με το Wi-Fi, το WiMAX έχει πολλές ομοιότητες, αλλά έχει επιπλέον μεγαλύτερο εύρος ζώνης σε μεγαλύτερο αριθμό καναλιών επικοινωνίας για την εξυπηρέτηση εκατοντάδων χρηστών ταυτόχρονα σε σταθερά και κινητά περιβάλλοντα. Ωστόσο, επειδή το Wi-Fi προϋπήρχε έχοντας κερδίσει την εμπιστοσύνη πολυάριθμων επενδυτών, το WiMAX καλείται να συνυπάρξει με το Wi-Fi για μεγάλο διάστημα ακόμη, σε μια προσπάθεια αλληλοεπικάλυψης και γόνιμης αλληλοσυμπλήρωσης.

Ως προς το 3G, το WiMAX υπερτερεί στον ενδεδειγμένο και ολοκληρωμένο έλεγχο των παρεχόμενων υπηρεσιών, στην υποστήριξη της τεχνολογίας της έξυπνης κεραίας και στην φασματική απόδοση. Αν και τα δίκτυα 3G πρωταγωνιστούν στην παγκόσμια αγορά εδώ και χρόνια, το WiMAX με το χαμηλό του κόστος φαίνεται να είναι μια ορατή απειλή για το 3G τις επόμενες δεκαετίες. Τέλος, σε σχέση με το LTE, το WiMAX θεωρείται ωριμότερη τεχνολογία για προώθηση στην αγορά και επιλέγεται συχνότερα από τους νέους παρόχους και τους ήδη υπάρχοντες DSL παρόχους.

## 4. Ζητήματα Υγείας και Ασφάλειας Σχετικά με το WiMAX

### 4.1 WiMAX & Υγεία

Ένα μεγάλο θέμα που τίθεται τόσο για το WiMAX όσο και για τις λοιπές ασύρματες τεχνολογίες είναι η επίδραση αυτών στον ανθρώπινο οργανισμό καθώς και οι πιθανοί κίνδυνοι που ελλοχεύουν από την χρήση τους. Δεδομένης της ευρύτατης δυνατής χρήσης του WiMAX, τόσο στην επιλογή του κινητού WiMAX όσο και του σταθερού ως υποκατάστατο του DSL, η ανάγκη για έρευνα σχετικά με τις επιδράσεις αυτού στον ανθρώπινο οργανισμό κρίνεται αναγκαία [9].

Το WiMAX επιτρέπει σε συσκευές να εκπέμπουν σε διάφορες ραδιοσυχνότητες (ηλεκτρομαγνητικά κύματα) όταν χρησιμοποιούνται. Η χρήση ραδιοσυχνοτήτων είναι μία κοινή πρακτική σήμερα για πολλές συσκευές, όπως η τηλεόραση, το ραδιόφωνο καθώς και πλήθος άλλων συσκευών που χρησιμοποιούμε στην καθημερινή μας ζωή. Η ασφάλεια των ραδιοκυμάτων έχει γίνει αντικείμενο μελέτης εδώ και 50 χρόνια περίπου δηλαδή από τότε που άρχισε η ευρεία εφαρμογή τους. Για τον λόγο αυτό πολλές ανεξάρτητες αρχές, ινστιτούτα και κυβερνήσεις έχουν διεξάγει μετρήσεις. Το αποτέλεσμα όλων αυτών είναι ότι δεν υπάρχει στοιχείο που να αποδεικνύει ή να συνδέει αιτιολογικά τα ραδιοκύματα με επιπτώσεις στον ανθρώπινο οργανισμό -όταν βέβαια αυτά παραμένουν στα όρια που έχουν τεθεί για τα συστήματα ασύρματων επικοινωνιών.

Τα όρια για την ασφαλή έκθεση του ανθρώπινου οργανισμού στα ραδιοκύματα έχουν προταθεί και θεσπιστεί από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (World Health Organization), έναν ανεξάρτητο οργανισμό που απαρτίζεται από χιλιάδες επιστήμονες και γιατρούς από διαφορετικά μέρη του κόσμου. Τα όρια αυτά είναι ιδιαίτερα αυστηρά και αφορούν την έκθεση στα ραδιοκύματα τόσο των ενηλίκων όσο των ευπαθών κοινωνικών ομάδων όπως τα παιδιά και οι υπερήλικες. Το WiMAX λοιπόν και το σύνολο των συσκευών που εκπέμπουν ραδιοκύματα για την τεχνολογία αυτήν είναι σύμφωνα με τα όρια που έχουν τεθεί από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας και σύμφωνα με τις μέχρι τώρα έρευνες και μετρήσεις δεν κρύβουν άμεσους κινδύνους για τον ανθρώπινο οργανισμό.

### 4.2 WiMAX και ασφάλεια

Στις μέρες μας η ασφάλεια των ευζωνικών ασύρματων υπηρεσιών στα σύγχρονα συστήματα επικοινωνιών κρίνεται ζωτικής σημασίας. Για τον λόγο αυτό όλοι οι εμπλεκόμενοι με το WiMAX οργανισμοί και φορείς όπως η IEEE και το WiMAX forum επένδυσαν και εστίασαν σε ιδιαίτερα μεγάλο βαθμό στην ύπαρξη και τον καθορισμό ενός σταθερού περιβάλλοντος ασφάλειας.

Η ασφάλεια στο WiMAX επιτυγχάνεται μέσω δύο προτύπων κρυπτογράφησης, του DES3 και του AES, το οποίο θεωρείται πρότυπο αιχμής [18]. Τα πρότυπα καθορίζουν έναν αποκλειστικό επεξεργαστή ασφάλειας στο σταθμό βάσεων για τους εκκινητές.



Υπάρχουν επίσης ελάχιστες προδιαγραφές κρυπτογράφησης για την κυκλοφορία και για την επικύρωση στο τέλος της επικοινωνίας.

Το πρότυπο DES3 ή Triple DES είναι μία παραλλαγή του αλγόριθμου κρυπτογράφησης DES (Data Encryption Standard, Πρότυπο Κωδικοποίησης Δεδομένων), που αναπτύχθηκε το 1970 από το Αμερικανικό Εθνικό Γραφείο Προτύπων και γνώρισε μεγάλη επιτυχία και χρήση. Η βασική ιδέα ήταν η ανάπτυξη ενός αλγόριθμου 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 κλειδιών με μήκος 56 bit. Ο "κλασικός" αλγόριθμος DES είναι πλέον ξεπερασμένος, αφού με τη χρήση ενός σύγχρονου υπολογιστή η παραβίασή του θεωρείται εφικτή. Στο μεταξύ, εφαρμόζοντας διάφορες τεχνικές επάνω στο DES, μπορούμε να αυξήσουμε σημαντικά την ασφάλειά του. Ήδη από το 1979 η IBM κατάλαβε ότι το μήκος του κλειδιού του DES ήταν πολύ μικρό, και φρόντισε τον ίδιο χρόνο να αρχίσει να χρησιμοποιεί την μέθοδο Triple - DES. Με την μέθοδο Triple - DES το μήνυμα κωδικοποιείται τρεις φορές, με δύο κλειδιά και τρία στάδια.

Σε πρώτο στάδιο το απλό κείμενο κρυπτογραφείται με το συνηθισμένο τρόπο μέσω DES με το κλειδί K1. Στο δεύτερο στάδιο το DES εκτελείται σε κατάσταση αποκρυπτογράφησης, με το κλειδί K2. Τέλος, γίνεται άλλη μία κρυπτογράφηση μέσω DES με το κλειδί K1. Από τα κλειδιά μήκους 56 bit περάσαμε στα κλειδιά μήκους 112 bit, τα οποία προς το παρόν είναι επαρκή για τις συνηθισμένες εμπορικές εφαρμογές.

Καθώς όμως το DES άρχισε να πλησιάζει στο τέλος της χρήσιμης ζωής του, ακόμη και με το Triple - DES, μία υπηρεσία του Υπουργείου Εμπορίου των ΗΠΑ, το Εθνικό Ίδρυμα Προτύπων και Τεχνολογίας, αποφάσισε ότι η κυβέρνηση χρειαζόταν ένα νέο κρυπτογραφικό πρότυπο για μη απόρρητη χρήση. Έτσι το 1997 διοργάνωσε έναν κρυπτογραφικό οργανισμό και προσκάλεσε ερευνητές από όλον τον κόσμο να υποβάλουν προτάσεις για ένα νέο πρότυπο, που θα ονομαζόταν Προηγμένο Πρότυπο Κρυπτογράφησης ή AES (Advanced Encryption Standard). Τον διαγωνισμό κέρδισαν δύο νέοι Βέλγοι κρυπτογράφοι, ο Joan Daemen και ο Vincent Rijmen. Το νέο κρυπτογραφικό πρότυπο υποστηρίζει μήκη κλειδιού και μεγέθη τμημάτων από 128 bit ως 256 bit, σε βήματα των 32 bit. Το μήκος του κλειδιού και το μήκος των τμημάτων μπορούν να επιλεγούν ανεξάρτητα. Ωστόσο, το AES καθορίζει ότι το μέγεθος τμήματος πρέπει να είναι 128 bit και το μήκος κλειδιού πρέπει να είναι 128, 192 ή 256 bits.

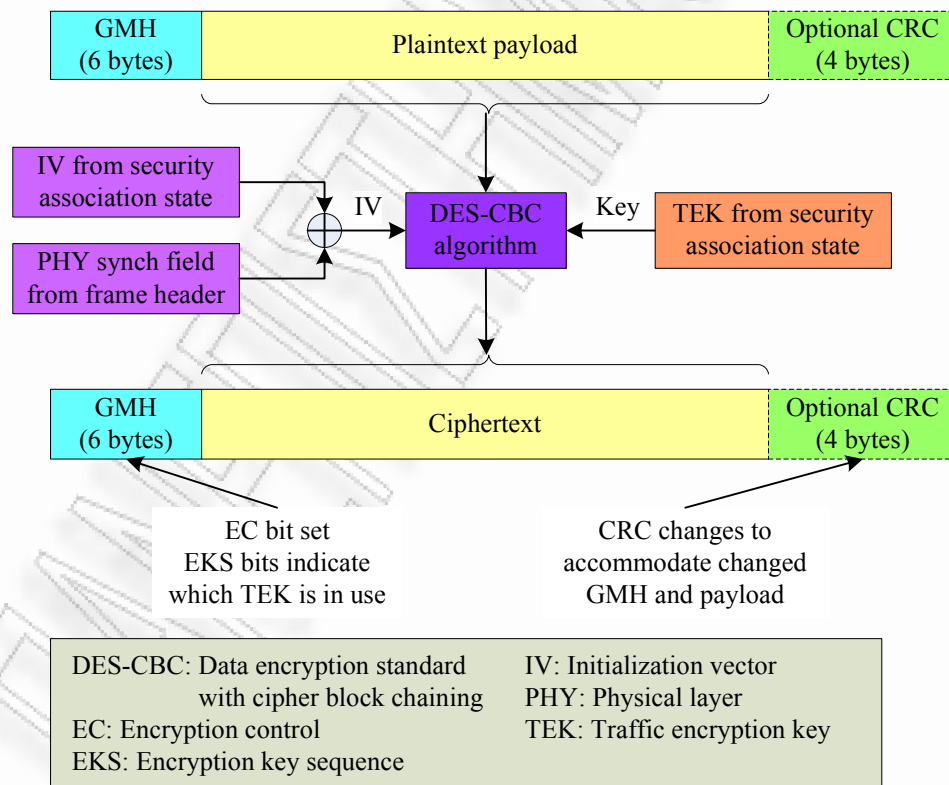
Βασικά, όλη η κυκλοφορία σε ένα δίκτυο WiMAX πρέπει να κρυπτογραφηθεί χρησιμοποιώντας την μέθοδο Counter Mode with Cipher Block Chaining Message Authentication Code Protocol (CCMP) που χρησιμοποιεί ο AES για την επικύρωση ασφάλειας μετάδοσης και ακεραιότητας στοιχείων. Η επικύρωση στο τέλος της επικοινωνίας χρησιμοποιεί την μεθοδολογία PKM-EAP (Extensible Authentication Protocol) που στηρίζεται στα πρότυπα TLS της δημόσιας βασικής κρυπτογράφησης. Τουλάχιστον μια επιχείρηση τσιπ έχει σχεδιάσει τους επεξεργαστές για να υποστηρίξει αυτά τα πρότυπα του επεξεργαστή ασφάλειας πάνω σε πακέτα.

Μία σημαντική συνέπεια που απορρέει από όλα τα παραπάνω, είναι ότι το WiMAX δίνει τη δυνατότητα για πρόσθετα σύνολα χαρακτηριστικών γνωρισμάτων που θα μπορούσαν να προστεθούν από τους διάφορους προμηθευτές για να επιτύχουν αποτελέσματα ασφάλειας το ίδιο καλά ή και καλύτερα από οποιαδήποτε ανταγωνιστική ευρυζωνική επιλογή καλωδίωσης ακόμη και από αυτές που χρησιμοποιούνται για τις εξαιρετικά ασφαλείς κυβερνητικές εφαρμογές. Προφανώς μία χαρακτηριστική υπηρεσία κατοικίας δεν απαιτεί το είδος ασφάλειας που



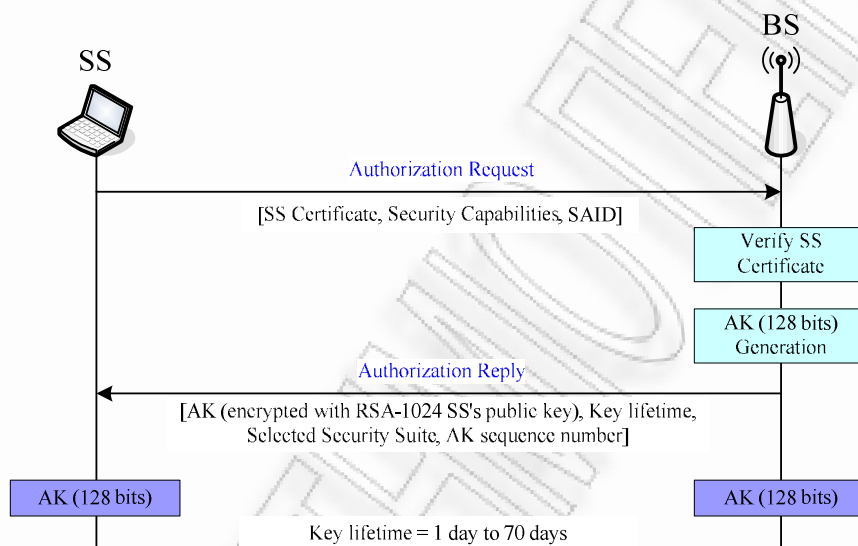
απαιτείται συχνά για να καλυφθούν τραπεζικές, νοσοκομειακές ή κυβερνητικές ανάγκες .

Στην συνέχεια περιγράφουμε μια μελέτη περίπτωσης κατά την οποία γίνεται μετάδοση δεδομένων μέσω του WiMAX. Προκειμένου να γίνει η μετάδοση υπάρχει ένας 16 bit SA αναγνωριστής και ένα σύστημα κρυπτογραφίας DES σε CBC μορφή όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα, προκειμένου να προστατευθούν τα δεδομένα κατά την διάρκεια της μετάδοσής τους. Δυο κρυπτογραφικά κλειδιά χρησιμοποιούνται προκειμένου να κρυπτογραφηθούν τα δεδομένα: το ένα είναι το προσωρινό λειτουργικό κλειδί, ενώ το δεύτερο είναι για την κρυπτογραφία των δεδομένων κατά την διάρκεια της μεταφοράς των δεδομένων ( TEK ). Ένας αναγνωριστής των 2 bits χρησιμοποιείται όταν το προσωρινό κλειδί λήξει. Κάθε TEK χρησιμοποιεί διάνυσμα αρχικοποίησης των 64 bit και διαρκεί περίπου μία περίοδο από 30 λεπτά έως και 7 μέρες. Ο Data SA χωρίζεται σε τρεις τύπους: στον αρχικό SA (Primary SA), στον στατικό SA (static SA) και στον δυναμικό SA (dynamic SA). Ο primary SA χρησιμοποιείται κατά την αρχικοποίηση της σύνδεσης, ο στατικός SA χρησιμοποιείται στον BS, ενώ ο dynamic SA χρησιμοποιείται μόνο σε συγκεκριμένες περιπτώσεις κατά την διάρκεια της μετάδοσης των δεδομένων. Ένας SS( subscriber station) συνήθως έχει δύο ή τρία SAs, έναν για την διαχείριση δευτερευόντων συνδέσεων και έναν SA για τις uplink και downlink συνδέσεις. Παρόλα αυτά ένας SS μπορεί να χρησιμοποιεί διαφορετικό SA για το uplink και το downlink.



Σχήμα 4-1 Διαδικασία Κρυπτογράφησης WiMAX[18]

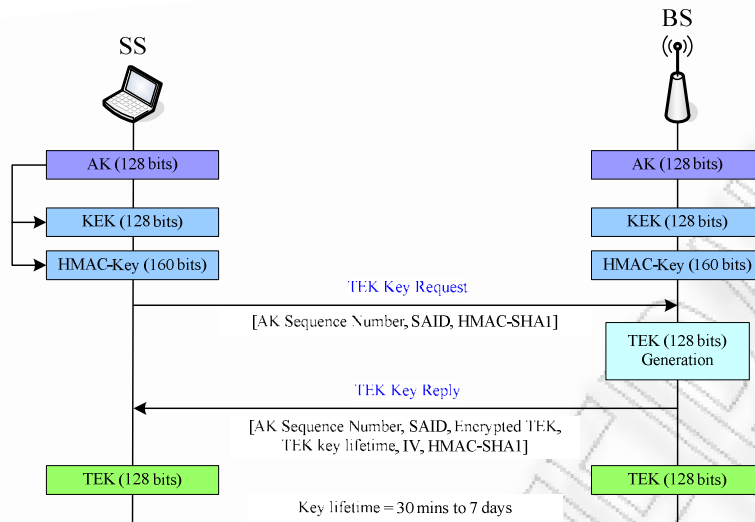
Προκειμένου να γίνει η αυθεντικοποίηση του χρήστη χρησιμοποιείται ένα κλειδί αυθεντικοποίησης (AK) των 60-bit και ένα X.509 πιστοποιητικό προκειμένου να αυθεντικοποιηθεί ο χρήστης. Η συνήθης διάρκεια ζωής ενός AK κλειδιού είναι 7 μέρες αλλά μπορεί να ρυθμιστεί ώστε να έχει διάρκεια ζωής από 1 μέχρι και 70 μέρες. Ένα 3DES κλειδί των 112 bit KEK (Key Encryption Key) χρησιμοποιείται για να διανέμει τα προσωρινά κλειδιά κρυπτογράφησης TEK (Temporal Encryption Keys). Χρησιμοποιεί μια Hash συνάρτηση προκειμένου να παρέχει αυθεντικοποίηση στην διανομή των κλειδιών και προς τις δύο κατευθύνσεις (BS στον SS και από τον SS στο BS). Μια έκφραση αυθεντικοποίησης SA διαμοιράζεται ανάμεσα στον BS και τον SS.



Σχήμα 4-2 Η διαδικασία αυθεντικοποίησης [18]

Η SS αυθεντικοποίηση χρησιμοποιεί ένα X.509 σχήμα (PKM πρωτόκολλο αυθεντικοποίηση και κρυπτογράφηση) ανάμεσα στον BS και τον SS, μέσω του οποίου επιτυγχάνεται ασφάλεια (SAID) κατά την διάρκεια την ανταλλαγής του κλειδιού αυθεντικοποίησης (AK). Το AK προσφέρει ένα κουπόνι αυθεντικοποίησης το οποίο κρυπτογραφείται μέσω του δημόσιου κλειδιού (RSA κρυπτογραφία). Η αυθεντικοποίηση γίνεται όταν ο SS και ο BS έχουν AK δικό τους.

Μετά την διαδικασία της αυθεντικοποίησης το AK χρησιμοποιείται προκειμένου να πάρει KEK και HMAC κλειδιά. Τότε μία τυχαία TEK ενεργοποιείται από τον BS. Το TEK μπορεί να κρυπτογραφηθεί μέσω ενός 3DES (χρησιμοποιεί 112-bit KEK), RSA (χρησιμοποιεί SS's public key) και AES (χρησιμοποιεί 128-bit KEK). Το μήνυμα ανταλλαγής κλειδιών αυθεντικοποιείται μέσω HMAC-SHA1 προκειμένου να παρέχεται ακεραιότητα του μηνύματος και AK επιβεβαίωση.



Σχήμα 4-3 Η διαδικασία ανταλλαγής TEK [18]

### 4.3 Συμπεράσματα Κεφαλαίου

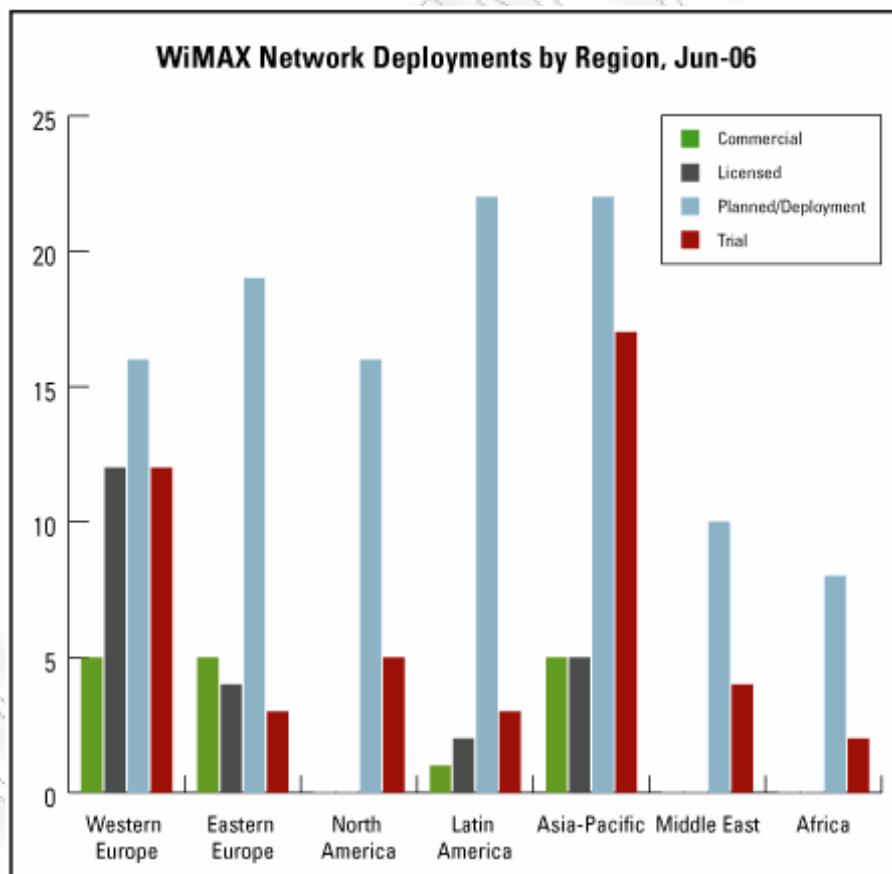
Στο επίμαχο θέμα των κινδύνων που ελλοχεύουν για την υγεία στην συχνή χρήση των ασύρματων τεχνολογιών και των συσκευών τους, το WiMAX δεν παρουσιάζει στοιχεία που να το συνδέουν αιτιολογικά με προβλήματα υγείας στον ανθρώπινο οργανισμό. Το γεγονός αυτό δεν φαίνεται να πρόκειται να αλλάξει στο μέλλον, εφόσον το WiMAX συνεχίσει να τηρεί στη λειτουργία του τα όρια που έχουν τεθεί από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (World Health Organization).

Η ύπαρξη και ο σαφής καθορισμός ενός σταθερού περιβάλλοντος ασφάλειας είναι ζωτικής σημασίας θέμα για όλα τα σύγχρονα συστήματα επικοινωνιών, συνεπώς και για το WiMAX. Το WiMAX εξασφαλίζει την ασφάλεια μέσω δύο προτύπων κρυπτογράφησης (DES3 και AES) με συγκεκριμένες διαδικασίες κρυπτογράφησης, αυθεντικοποίησης και ανταλλαγής TEK.

## 5. Παγκόσμιες Αγορές WiMAX

### 5.1 Η γενική εικόνα της αγοράς του δικτύου WiMAX

Στις αρχές του 2006 το forum του WiMAX εξέδωσε το πρώτο πιστοποιητικό που χρησιμοποιείται για την σήμανση των προϊόντων που συμμορφώνονται με το ασύρματο υπόδειγμα 802.16-2004. Από την στιγμή εκείνη η αγορά του σταθερού WiMAX αρχίζει να διέρχεται μια σταθερή και ταχεία ανάπτυξη σε όλο τον κόσμο. Οι επενδύσεις στην παγκόσμια αγορά του WiMAX άγγιξαν σχεδόν τα 600 εκ.δολ. το έτος 2006, από τα οποία τα περισσότερα χρησιμοποιήθηκαν για την αγορά του σταθερού WiMAX. Από την άλλη πλευρά, το σύστημα του κινητού WiMAX στάθηκε ικανό να παρέχει τη λύση της κινητότητας και ταυτόχρονα να υποστηρίζει την σταθερή και φορητή συνδεσιμότητα.



Σχήμα 5-1 Η ανάπτυξη του WiMAX ανά γεωγραφική περιοχή [10]

Το έτος 2007 η αγορά του κινητού δικτύου WiMAX αναπτύσσεται γρήγορα καθ'ότι ο χειρισμός της κινητής υπηρεσίας WiMAX αποφέρει μεγαλύτερα κέρδη για τους χειριστές και τους πωλητές σε σύγκριση με το σταθερό σύστημα WiMAX. Η

στατιστική του TeleGography δείχνει πως υπάρχουν περισσότεροι από 200 εταιρίες-χειριστές στον κόσμο, οι οποίοι σχεδιάζουν την WiMAX στρατηγική τους, είτε σχεδιάζοντας επεκτάσεις του WiMAX, είτε έχοντας ήδη αναπτύξει δοκιμαστικά και εμπορικά συστήματα. Όπως φαίνεται στο σχήμα το WiMAX επεκτείνεται σε ολόκληρο τον κόσμο. Οι περισσότερες προσπάθειες ανάπτυξης και οι σχεδιασμοί για το δίκτυο έχουν τον πυρήνα τους στις ανεπτυγμένες χώρες, ενώ είναι επίσης φανερό ότι η περιοχή Ασίας-Ειρηνικού παρουσιάζει μια τεράστια προοπτική για την αγορά, με ένα μεγάλο ποσοστό και στην ανάπτυξη, αλλά και στην εφαρμογή δοκιμών [19]. Οι εταιρίες στην Ευρώπη και στην περιοχή Ασίας-Ειρηνικού, όπως η WiMAX Telecom στην Ευρώπη, η Yozan στην Ιαπωνία και η Enforta στη Ρωσία, έχουν θέσει σε εφαρμογή εμπορικές υπηρεσίες για το δίκτυο του σταθερού WiMAX. Υπάρχουν 24 δίκτυα WiMAX ανά τον κόσμο που έχουν δημιουργηθεί στην διαδικασία της εμπορικής χρήσης και εφαρμογής αυτής της τεχνολογίας. Η ανάπτυξη του πιστοποιημένου δικτύου WiMAX εντοπίζεται ωστόσο κυρίως στην Ευρώπη. Σύμφωνα με την στατιστική αναφορά της In-star, μέχρι το τέλος του 2006 υπήρχαν γύρω στους 22.2 χιλιάδες συνδρομητές που χρησιμοποιούσαν το συγκεκριμένο δίκτυο.

## 5.2 Το WiMAX στις ανεπτυγμένες χώρες

Στις ανεπτυγμένες χώρες οι χειριστές έχουν επιδείξει μεγάλο πάθος και δέσμευση στην προσπάθεια ολοκλήρωσης του δικτύου WiMAX. Η κατάσταση στις χώρες αυτές συνοψίζεται στο ότι η πυκνότητα του DSL και των ευρυζωνικών προσβάσεων ήταν ήδη εξαιρετικά υψηλή πριν την εμφάνιση του WiMAX και ότι τα κινητά δίκτυα 3G είναι ευρέως διαδεδομένα στις αγορές αυτές. Ουσιαστικά στις ανεπτυγμένες χώρες κυριαρχεί ο υψηλός ανταγωνισμός και υπήρχαν περιορισμένες προοπτικές στην αγορά για το δίκτυο WiMAX, χωρίς αυτό βέβαια να σημαίνει πως δεν υπήρχαν και καθόλου προοπτικές. Η τεχνολογία WiMAX υιοθετείται έτσι συχνά ως συμπληρωματική της 3G. Αποτελεί επίσης μια τεχνολογία εξοικονόμησης κόστους για τους χειριστές που στοχεύουν στην παροχή υπηρεσιών στις μη αστικές περιοχές.. Εκτός από τα ίδια τα πλεονεκτήματα του υποδείγματος WiMAX, υπάρχουν και ορισμένοι εξωτερικοί παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη του WiMAX στις ανεπτυγμένες χώρες.

Πρώτον από όλα, το τοπίο του ασύρματου κινητού και συγκλίνοντος δικτύου αναπαριστά το μέλλον της βιομηχανίας των τηλεπικοινωνιών. Ένα μεγάλο κομμάτι των μελημάτων των χειριστών και των κυβερνήσεων στις ανεπτυγμένες χώρες είναι η πραγματοποίηση μιας σύνδεσης σε οποιοδήποτε μέρος και οποιαδήποτε στιγμή. Το WiMAX, το οποίο καλύπτει το κενό μεταξύ LAN και WAN, είναι απαραίτητο για την επίτευξη του στόχου αυτού. Δίνεται λοιπόν η δυνατότητα να γίνει πραγματικότητα η ιδέα της ασύρματης σύνδεσης μέσω εκπομπών υψηλής ταχύτητας σε μεγάλες αποστάσεις.

Δεύτερον, η χαλαρή ρυθμιστική πολιτική των τηλεπικοινωνιών προσφέρει στον χειριστή, στον παροχέα υπηρεσιών και στους νέους χρήστες περισσότερες ευκαιρίες για σχεδιασμό και ανάπτυξη του δικτύου WiMAX ως μια εναλλακτική του DSL ή ως μια εν δυνάμει ανταγωνιστική τεχνολογία του 3G. Η κυβερνήσεις επιτρέπουν τον ανταγωνισμό μεταξύ τεχνολογιών με σκοπό την τελειοποίηση του χώρου της

επικοινωνίας και την προώθηση της ανάπτυξης προηγμένων και πρόσφατα ανερχόμενων τεχνολογιών με βάση την ισχύουσα πολιτική.

Τρίτον, το WiMAX μπορεί να εφαρμοστεί βάσει ζωνών συχνοτήτων, απαλλαγμένων από την ανάγκη αδειών. Αυτό σημαίνει πως μερικοί μικροί παροχείς υπηρεσιών μπορούν να επιβιώσουν προσφέροντας τις κατάλληλες υποστηρικτικές υπηρεσίες WiMAX και άλλες εφαρμογές μέσω των ζωνών, δίχως να επιβαρύνονται με τα έξοδα αγοράς αδειών.

Έτσι, ενενήντα πέντε χιλιόμετρα βορειοδυτικά του Λονδίνου, η πόλη Milton Keynes γίνεται φέτος η πρώτη πόλη στο Ηνωμένο Βασίλειο που εξοπλίζεται με το WiMAX. Η Pipex, η υπεύθυνη εταιρία παροχής υπηρεσιών, σχεδιάζει την εφαρμογή της λειτουργίας δημόσιων δικτύων σε επτά ακόμη πόλεις της Αγγλίας μέσα στο 2008 [25]. Η Milton Keynes επέλεξε το WiMAX γιατί η αναβάθμιση των χάλκινων υποδομών για την ευρυζωνική πρόσβαση δεν αποτελούσε επιλογή, ακριβώς επειδή τέτοιες υποδομές δεν υπήρχαν. Η πόλη είχε τοποθετήσει γραμμές αλουμινίου στα 1980, μια επιλογή που οδήγησε στο να μείνει πίσω σε σχέση με τις περισσότερες πόλεις του Ηνωμένου Βασιλείου. Τα δημόσια δίκτυα, όπως αυτό της Milton Keynes, είναι ένα μόνο παράδειγμα για το πώς το WiMAX σταθερά δημιουργεί μερίδια στην αγορά σε ολόκληρο τον κόσμο.

### 5.2.1 Ηνωμένες Πολιτείες

Η κυβέρνηση των Ην. Πολιτειών άνοιξε ενεργητικά ορισμένες ζώνες συχνοτήτων στο WiMAX. Ορισμένοι χειριστές τηλεπικοινωνιών και κάποιοι παροχείς υπηρεσιών είχαν αρχίσει να προσφέρουν ή να θέτουν σε δοκιμή υπηρεσίες χαμηλού κόστους του WiMAX για επαγγελματίες χρήστες. Η FCC ανήγγειλε ότι ανοίγει μια ζώνη συχνοτήτων για το υπόδειγμα της WiMAX. Αρχικά επέτρεψαν στο δίκτυο να κάνει χρήση της ζώνης 2.5GHz -2.7GHz το 2004. Ένας από τους πέντε κορυφαίους χειριστές τηλεπικοινωνιών, η εταιρία Sprint Nextel κρατά το 80% του φάσματος των πόρων αυτής της ζώνης και είναι η πρώτη εταιρία που έχει καταπιαστεί με την ανάπτυξη της τεχνολογίας WiMAX (802.16e) στο πλαίσιο του στρατηγικού της σχεδίου το 2007 έναντι της 4G. Η Sprint Nextel συνεργάστηκε με την Intel, τη Motorola και την Samsung με σκοπό τη δημιουργία του δικτύου της κινητής τεχνολογίας WiMAX. Η εταιρία επένδυσε περίπου 3 δις. δολάρια για την εφαρμογή των υπηρεσιών WiMAX το 2006 και 2007 και ανταγωνίζεται τους χειριστές του 3G στην αγορά των Ην. Πολιτειών. Μέχρι το τέλος του 2007 είχε σχεδιαστεί να λάβει χώρα μια δοκιμαστική εφαρμογή της κινητής τεχνολογίας WiMAX.

Η Clearwire-μια εταιρία παροχής ασύρματων υπηρεσιών-είναι μια ακόμη εταιρία που καλωσόρισε την τεχνολογία WiMAX. Η διαδικασία εξέλιξης των υπηρεσιών στην Clearwire ήταν κάπως διαφορετική από εκείνη στην Sprint Nextel. Πάντως η Clearwire παρείχε το 2007 υπηρεσίες WiMAX σταθερής ευρυζωνικής πρόσβασης για 29 αγορές και κάλυψε περισσότερες από 200 πόλεις και κομοπόλεις στις Ηνωμένες Πολιτείες. Πρόσφατα μάλιστα η εταιρία αυτή δέχθηκε επενδύσεις 900 εκ. δολαρίων από τις Intel και Motorola. Το σχέδιο της Clearwire είναι να χρησιμοποιηθούν οι επενδύσεις αυτές για τη διεύρυνση του σταθερού δικτύου WiMAX σε μια εφαρμογή του κινητού δικτύου WiMAX. Συνεπώς ο ανταγωνισμός μεταξύ της Sprint Nextel και της Clearwire προβλέπεται έντονος στο εγγύς μέλλον στον χώρο της αγοράς της κινητής WiMAX τεχνολογίας στις Ηνωμένες Πολιτείες. Η έντονη κινητοποίηση των



δύο εταιριών ως προς τις εφαρμογές της WiMAX έχει επηρεάσει σε σημαντικό βαθμό την εξέλιξη των υπηρεσιών WiMAX στις Ηνωμένες Πολιτείες και έχει αποτελέσει κλασικό σημείο αναφοράς για άλλες ανεπτυγμένες αγορές, όπως αυτή της Ευρώπης.

### 5.2.2 Δυτική Ευρώπη

Οι ρυθμοί της DSL πρόσβασης και καλωδιακής στην Δυτική Ευρώπη προσομοιάζουν σε αυτούς των Ηνωμένων Πολιτειών σε μεγάλο βαθμό. Η αγορά του ευρυζωνικού δικτύου έχει ωριμάσει εδώ αρκετά και οι επιχειρησιακοί και μόνιμοι χρήστες μπορούν να αποκτήσουν ικανοποιητικές υπηρεσίες ευρυζωνικής πρόσβασης, με εξαίρεση ίσως κάποια απομακρυσμένα και διασκορπισμένα χωριά. Ουσιαστικά υπάρχουν περιορισμένες δυνατότητες να συμβεί αυτό που έχει γίνει στις αναπτυσσόμενες χώρες, δηλαδή το σταθερό WiMAX να υποκαταστήσει το DSL και το CABLE. Σε μερικές όμως ευρωπαϊκές χώρες η υπηρεσία WiMAX έχει αναπτυχθεί σε ένα βαθμό, έτσι ώστε να επιτευχθεί ο στόχος της παγκόσμιας συνδεσιμότητας. Όσο για την κινητή WiMAX, η ανάπτυξη της τεχνολογίας αυτής έχει εξαρτηθεί κυρίως από την συμπεριφορά των χειριστών. Στην Ευρώπη οι χειριστές δεν φαίνεται να παρουσιάζουν μεγάλη θέληση για την ανάπτυξη του δικτύου, διότι η πλειοψηφία των χειριστών κινητής τεχνολογίας υποστηρίζουν θερμά την 3G, αφού έχουν ξοδέψει μεγάλα χρηματικά ποσά για την αγορά των 3G αδειών. Επίσης, η 3G είναι μια ευρεία εθνική τεχνολογία προσωπικού δικτύου και διαθέτει ένα ξεκάθαρο μοντέλο κερδών για τους χειριστές κινητής τεχνολογίας· έτσι, οι χειριστές αυτοί βρίσκονται οικονομικά σε πλεονεκτική θέση στον χειρισμό της ιδιαίτερα κερδοφόρου 3G τεχνολογίας. Σίγουρα προτιμούν να αναβαθμίσουν το 3G σύστημά τους αντί να υιοθετήσουν εκ νέου ένα δίκτυο. Για αυτές τις αιτίες η ανάπτυξη της αγοράς στην Ευρώπη έχει επικεντρωθεί στην ανάπτυξη του σταθερού δικτύου μέσα σε μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο, γεγονός το οποίο διαφαίνεται μέσα από την αναπτυξιακή στρατηγική ορισμένων χωρών που θα αναφερθούν στη συνέχεια.

Το Ηνωμένο Βασίλειο υιοθέτησε την υπηρεσία WiMAX ήδη στις αρχές του 2005. Η British Telecom αρχικά ξεκίνησε τις δοκιμές σε κάποιες αραιοκατοικημένες περιοχές, όπου η καλωδιακή εγκατάσταση είναι δύσκολη υπόθεση. Αφού η δοκιμή στέφθηκε με επιτυχία, η εταιρία έθεσε σε εφαρμογή την υπηρεσία «ασύρματη πόλη», συνδυάζοντας τις WiMAX, Wi-Fi και VIP, με σκοπό την παροχή 24ωρης ασύρματης σύνδεσης σε ορισμένες πόλεις. Την ίδια περίοδο, μια ακόμη εταιρία, η Pipex σχεδίαζε μια στρατηγική για την επέκταση του δικτύου WiMAX σε κάποιες περιοχές που εξυπηρετούνταν ελλιπώς, όπου τα επίπεδα πρόσβασης του ευρυζωνικού δικτύου ήταν χαμηλότερα από το μέσο όρο στο Ην. Βασίλειο. Η Γερμανική Telecom αποφάσισε να υιοθετήσει παρόμοια στρατηγική με αυτήν του Ην. Βασιλείου. Έτσι διαφήμιζε την ευρυζωνική πρόσβαση σε αγροτικές περιοχές και εγκαθίδρυσε μια σύνδεση μεταξύ της WiMAX και της Wi-Fi σε αστικές περιοχές για να επεκτείνει την ευρυζωνική ασύρματη σύνδεση. Η Γαλλική Telecom όμως είχε διαφορετικούς στόχους και κυρίως σκόπευσε να παρέχει σταθερή υπηρεσία WiMAX για μικρού και μεσαίου μεγέθους επιχειρήσεις. Το δίκτυο WiMAX αναπτύσσεται ταυτόχρονα και σε άλλες ευρωπαϊκές χώρες με βασικό σκοπό την εφαρμογή της σταθερής WiMAX τεχνολογίας.

Ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα είναι η κατάσταση στην Ισπανία με τις τρέχουσες συνθήκες αγοράς, όπου τρεις παγκόσμιοι χειριστές κινητού δικτύου συναγωνίζονται μεταξύ τους-η Telefonica Moviles, η Vodafone και η Orange-ενώ βρίσκεται πλέον σε ισχύ μια τέταρτη 3G άδεια από τον Δεκέμβριο 2006. Στην Ισπανία υπήρξαν αλλαγές στο

κανονιστικό πλαίσιο και τον Ιανουάριο 2006 η Ευρωπαϊκή Επιτροπή επέτρεψε την εισαγωγή του MVNO για την αύξηση του ανταγωνισμού. Από την άλλη, η συνεχής ανάπτυξη της ασύρματης ευρυζωνικής τεχνολογίας οδήγησε στη διεξαγωγή των πρώτων πιλοτικών δοκιμών του δικτύου WiMAX το 2007 και δημιούργησε νέες ευκαιρίες στον τομέα της ευρυζωνικής και κινητής συγχώνευσης [21].

Στην Ελλάδα μετά από την πιλοτική λειτουργία WiMAX υπηρεσιών από διάφορους παρόχους, η διαδικασία αδειοδότησης, μέσω δημοπρασίας από την ΕΕΤΤ, για τη χορήγηση άδειας παροχής υπηρεσιών WiMAX στην εταιρία Cosmoline. Η διάρκεια της άδειας είναι 10 έτη και το κόστος της ανήλθε στα 20.475.000 ευρώ, ενώ η τιμή εκκίνησης της διαδικασίας χορήγησης του Δικαιώματος είχε ορισθεί στα 1.650.000 ευρώ. Στη Δημοπρασία που έληξε ύστερα από τη διεξαγωγή 18 γύρων προσφορών, συμμετείχαν επίσης, οι εταιρείες Tellas, Vodafone, Hellas On Line, Forthnet, Διεθνής Αερολιμένας Αθηνών και Clearwire Europe

### 5.2.3 Κορέα

Η τεχνολογία υπηρεσιών WiMAX έχει εξαπλωθεί σε τεράστιο βαθμό στην Κορέα. Η Κορεάτικη Telecom είναι στην ουσία ο πρωτοπόρος σε αυτήν την τεχνολογική επανάσταση. Οι Κορεάτες λειτούργησαν αρκετά επιθετικά ως προς την WiMAX τεχνολογία και μάλιστα δεν ασχολήθηκαν καν με το κομμάτι της σταθερής WiMAX, παρά έθεσαν αμέσως σε εφαρμογή την WiBro, μια τοπική εκδοχή της κινητής . Μετά από αυτό, η μεγαλύτερη εταιρία κινητής τεχνολογίας, η SKT και ο δεύτερος μεγαλύτερος χειριστής του ευρυζωνικού δικτύου, η Hanaro Telecom, προσέγγισαν την KT και δημιούργησαν συνεργασίες με σκοπό την προώθηση της επέκτασης της WiBro. Η WiBro παρέχει εκπομπές υψηλής ταχύτητας για κινητούς και φορητούς χρήστες και λειτουργεί στη ζώνη συχνοτήτων 2.3 GHz. Μέχρι πρόσφατα η υπηρεσία μπορούσε να προσφέρει μόνο ασύρματη σύνδεση μέσω φορητών υπολογιστών. Θεωρητικά η υπηρεσία WiBro μπορεί να παρέχει 20-50 Mbs μαζί με την κινητικότητα σε μέγιστη ταχύτητα 120km/h. Υπάρχουν ωστόσο ορισμένα θέματα ως προς την λειτουργία του. Η KT είναι βασικά είναι μια εταιρία σταθερής επικοινωνίας στην Κορέα. Με την παροχή υπηρεσιών κινητής WiMAX η εταιρία ανακάλυψε ένα γρήγορο τρόπο να λάβει μέρος στον ανταγωνισμό για την κινητή επικοινωνία. Είναι μάλιστα αλήθεια πως οι περισσότεροι χειριστές που πρωταρχικά ενδιαφέρθηκαν για την ανάπτυξη της κινητής τεχνολογίας WiMAX στην Κορέα είναι χειριστές σταθερής επικοινωνίας, και αυτό διότι το ενδιαφέρον αυτό αποτελεί τρόπο αποφυγής του υψηλού κόστους κατασκευής του δικτύου 3G. Ταυτόχρονα, μέσω της χρήσης της WiMAX μπορούν να παρακάμψουν κάποιες πολιτικές και κανονισμούς στην αγορά της 3G, επιτυγχάνοντας έτσι μεγαλύτερη ελευθερία κινήσεων. Η κυβέρνηση της Κορέας έδωσε κάποια επιχορήγηση σε αυτούς τους χειριστές καθιστώντας τη μηνιαία εισφορά για το WiBro λίγο υψηλότερη από εκείνη για το ADSL. Αυτή η τιμή είναι ιδιαίτερα ελκυστική για κάποιους χρήστες μεσαίου ή υψηλού βεληνεκούς.

Η είσοδος των χειριστών κινητής επικοινωνίας στο χώρο της κινητής WiMAX υποδεικνύει ότι η WiBro θα αναπτυχθεί σε παρόμοια κατεύθυνση με την 3G τα χρόνια που θα ακολουθήσουν.

### 5.3 Αναπτυσσόμενες Χώρες

Το μέσο επίπεδο οικονομικής ανάπτυξης στις αναπτυσσόμενες χώρες συχνά διαφέρει από τη μια χώρα στην άλλη. Στις περισσότερες από αυτές τις χώρες η GDP επεκτείνεται ταχύτατα εξαιτίας της μεγάλης ανάπτυξης στη βιομηχανία της πληροφοριακής τεχνολογίας και των τηλεπικοινωνιών. Από την άλλη μεριά η κάλυψη των τηλεπικοινωνιακών υποδομών σε αυτές τις χώρες δεν είναι εξισορροπημένη εξαιτίας των διαφορετικών οικονομικών επιπέδων μεταξύ των περιοχών. Στις αναπτυσσόμενες χώρες όπως αυτές της Νότιας Αμερικής, της Λατινικής Αμερικής, της Ανατολικής Ευρώπης και κάποιες χώρες της Ασίας, ορισμένες περιοχές εξυπηρετούνται ελλιπώς ή δεν διαθέτουν καν ευρυζωνικό σύστημα. Η WiMAX είναι μια ιδιαίτερα κατάλληλη τεχνολογία για τέτοια περιβάλλοντα στις αναπτυσσόμενες χώρες, όπου υπάρχουν μεγάλες και πολλές ομάδες πιθανών πελατών, που την παρούσα στιγμή έχουν περιορισμένη ή και καμιά πρόσβαση στις ευρυζωνικές υπηρεσίες. Συχνά σε τέτοιες χώρες ο ανταγωνισμός από άλλες τεχνολογίες -όπως το DSL-εξασθενεί, αφού η WiMAX παρέχει περισσότερα ευέλικτα και οικονομικά πλεονεκτήματα και ιδιαίτερα γρήγορα και εύκολα εφαρμόσιμες λύσεις.

#### 5.3.1 Ινδία

Το WiMAX δίνει στους Ινδούς χειριστές τη δυνατότητα να παρέχουν ευρυζωνικό Internet και να επεκτείνουν υπηρεσίες όπως η δικτυακή τηλεφωνία, χωρίς αυτή η παροχή να έχει παρεμποδιστικές επιπτώσεις στις μεταφορές της χώρας και άλλες υπηρεσίες της. Η κυβέρνηση της Ινδίας έχει επίγνωση του ότι, αντίθετα με τις λύσεις cable, η χρήση του WiMAX δεν απαιτεί το σκάψιμο χαντακιών πολλών χιλιομέτρων για την τοποθέτηση καλωδίων, κάτι που επιφέρει την καταστροφή πολλών οικοδομικών τετραγώνων και την παρεμπόδιση της κυκλοφορίας. Το WiMAX αντίθετα προσφέρει μια γρήγορη, οικονομική και συμφέρουσα λύση στις αυξανόμενες και επεκτεινόμενες ανάγκες των Ινδών για πρόσβαση στο Internet [7].

Το 2005 η γαλλική Alcatel υπέγραψε μια συμφωνία με το C-DoT (Center for Development of Telematics), με σκοπό τον εγκαινιασμό ενός κέντρου παγκόσμιας έρευνας και ανάπτυξης για τα προϊόντα ασύρματης ευρυζωνικής πρόσβασης. Το κέντρο αυτό σχεδιάστηκε να λειτουργήσει με τη χρήση του WiMAX. Ταυτόχρονα η αμερικανικής προέλευσης WebSky έφτασε σε κοινή συμφωνία με την Worldwide Wireless India για το σχεδιασμό, την κατασκευή και την εφαρμογή ενός δικτύου προορισμένου να απευθύνεται σε 75 εκ. χρήστες με την αρωγή του WiMAX. Το δίκτυο καλύπτει 9 μεγάλες πόλεις της Ινδίας και φαίνεται πως το WiMAX χρησιμοποιείται με επιτυχία στο διεθνές αυτό πλαίσιο.

### 5.3.2 Λατινική και Νότια Αμερική

Η ανάπτυξη της υπηρεσίας WiMAX εδώ ανέδειξε μια πολύ περισσότερο δυναμική προοπτική αγοράς από τη γειτονική Βόρεια Αμερική. Στο σχήμα 15 βλέπουμε πως το ποσοστό των συνδρομητών στη Λατινική Αμερική είναι υψηλότερο από αυτό στην Βόρεια Αμερική. Τα τελευταία χρόνια ο αριθμός των broadband συνδρομητών έχει αυξηθεί ταχύτατα, όμως ο μέσος ρυθμός υιοθέτησης του σταθερού broadband είναι πολύ χαμηλότερος σε σχέση με άλλες χώρες εξαιτίας της εξωφρενικής τιμής της υπηρεσίας DSL. Για τέτοιες αναπτυσσόμενες χώρες, με αυξανόμενες απαιτήσεις για ευρυζωνική πρόσβαση, οι κυβερνήσεις ενθαρρύνουν τους χειριστές να αναπτύξουν την WiMAX υπηρεσία ως έναν τρόπο να αυξηθεί ο ρυθμός ευρυζωνικής πρόσβασης. Στην Αργεντινή, τη Βραζιλία και το Μεξικό ορισμένοι ισχυροί παροχείς όπως η Alvarion, η Motorola και η Intel, έχουν συνεργαστεί με τοπικές εταιρίες τηλεπικοινωνιών με σκοπό την επέκταση της υπηρεσίας WiMAX σε μεγάλες περιοχές, ακόμη και σε ολόκληρο το πλαίσιο της χώρας [11].

### 5.3.3 Κίνα

Η Κίνα έχει μετατραπεί στη δεύτερη μεγαλύτερη οικονομία όσον αφορά το γρήγορα αναπτυσσόμενο GDP και των αριθμό των χρηστών. Ταυτόχρονα έχει αρχίσει να έχει ισχυρότερες επιδράσεις στην ανάπτυξη της παγκόσμιας οικονομίας. Οι Κινέζοι χειριστές έχουν αρχίσει να θέτουν σε δοκιμές την WiMAX σε ορισμένες πόλεις. Μάλιστα, η China Railcom είναι εκείνη που αναμένεται να αναπτύξει με περισσότερο ευρύ τρόπο τις υπηρεσίες WiMAX, διότι είναι πιθανό να μην αποκτήσει τελικά 3G άδειες και να χρησιμοποιήσει την WiMAX ως εναλλακτική. Άδειες 3G πιθανόν να δοθούν στις China Telecom, China Mobile και China Network. Όμως η China Railcom έχει στην κατοχή της τις περισσότερες ζώνες συχνοτήτων 3.5 GHz για την WiMAX και αν καταφέρει να αποκτήσει άδεια για την 3G, στο τέλος η WiMAX θα γίνει απλώς συμπληρωματικό δίκτυο για την 3G. Ειδικά, η WiMAX θα γίνει το βασικό της δίκτυο και θα συγχωνευτεί με την Wi-Fi.

Ακόμη τρεις χειριστές αναγκάστηκαν να βρουν διέξοδο μέσω του δικτύου WiMAX, αφού οι άδειες 3G δεν τους δόθηκαν εξαιτίας της καθυστέρησης της κυβέρνησης. Αν και κάποιοι άλλοι χειριστές είχαν αρχίσει να ελέγχουν την δυνατότητα εφαρμογής του δικτύου σε κάποιες πόλεις, μάλλον τελικά περίμεναν να εκδοθούν οι 3G άδειές τους. Αυτό δείχνει πως όταν οι άδειες εκδοθούν το πιο πιθανό είναι να εγκαταλείψουν τη λύση της WiMAX και να επιδιώξουν την 3G τεχνολογία.

Ο τρόπος ανάπτυξης της WiMAX εξαρτάται λοιπόν κυρίως από την κυβέρνηση της Κίνας και τη στάση της, αλλά και από τη διανομή στους χειριστές [19]. Αν η κυβέρνηση εκδώσει τελικά 3G άδειες στους τρεις χειριστές (China Telecom, China Mobile, China Network) και επιτρέψει τη λειτουργία της στη ζώνη των 3.5 GHz, το δίκτυο θα ανταγωνίζεται το 3G. Σε διαφορετικό σενάριο, η WiMAX θα γίνει συμπληρωματική του 3G δικτύου. Όσο για τους παροχείς εξοπλισμού, η Huawei και ZTE είναι οι δύο μεγαλύτεροι πωλητές στην Κίνα. Αυτές οι εταιρίες υποστηρίζουν την ανάπτυξη των προϊόντων WiMAX και συμμετέχουν στην R&D της κινητής τεχνολογίας WiMAX των κινέζων χειριστών. Συνεργάζονται επίσης και με εταιρίες άλλων χωρών για την εκμετάλλευση και αξιοποίηση της αγοράς έξω από την Κίνα για να αποκτήσουν πρόσθετες εμπειρίες και επιπλέον κέρδος.

Είναι ξεκάθαρο πως το WiMAX έχει ισχυρές προοπτικές στη χώρα ως προς τους τομείς των επαγγελματικών επενδύσεων, των τεχνολογικών αναβαθμίσεων και των

εφαρμογών. Σύμφωνα με την στατιστική In-stat, εκτιμάται πως η Κίνα θα συνεισφέρει το 38% του τοπικού κέρδους από τον εξοπλισμό του WiMAX το 2009, ακολουθούμενη από τη Νότια Κορέα και την Ιαπωνία. Το έτος 2009 η Κίνα θα έχει να επιδείξει το μεγαλύτερο κέρδος από το WiMAX χάρη στην ευρύτατη βάση συνδρομητών που έχει αναπτυχθεί από τους διάφορους ανταγωνιστικούς παροχείς ασύρματων υπηρεσιών [6].

Με τον μεγάλο πληθυσμό, τους ταχείς ρυθμούς ανάπτυξης GDP και τη συνεχή αύξηση χρηστών κινητής τεχνολογίας, η Κίνα προσφέρει πλούτο ευκαιριών για το WiMAX και μάλιστα το WiMAX-Forum θεωρεί την Κίνα ως στρατηγική περιοχό-κλειδί για την ανάπτυξη της τεχνολογίας αυτής. Αν και η ανάπτυξη του WiMAX στην Κίνα βρισκόταν το 2007 ακόμη στα πρώτα της στάδια, η In-stat εκτιμούσε ήδη πως το 2011 η κινεζική αγορά WiMAX θα αγγίζει τους 8.39 εκ. χρήστες. Οι αισιόδοξες αυτές εκτιμήσεις οδήγησαν την MII (Ministry of Information Industry) - βασικό διακανονιστή των τηλεπικοινωνιών στην Κίνα-στη δημιουργία σχεδίου για τη χρήση του WiMAX σε εφαρμογές των Ολυμπιακών Αγώνων, όπως το video streaming σε συνεργασία με το αυτόχθονο πρότυπο 3G της Κίνας TD-SCDMA.

Η βασική εκκρεμότητα στην Κίνα είναι ο πλήρης καθορισμός του φάσματος του κινητού WiMAX από το κινεζικό Υπουργείο της Βιομηχανίας της Πληροφορίας. Αν και το MII έχει σκοπό να προωθήσει το WiMAX σε μεγάλο βαθμό, μέχρι προσφάτως υποστήριζε κυρίως την αυτόχθονη κινεζική δημιουργία, το 3G υπόδειγμα TD-SCDMA. Γενικά, η ανάπτυξη του WiMAX στη Κίνα θα εξαρτηθεί στο μέλλον από το υιοθετημένο από την κυβέρνηση φάσμα, την άποψη των κινέζων χειριστών για το WiMAX, καθώς και τη σχέση μεταξύ αυτής και της 3G.

#### 5.4 Συμπεράσματα Κεφαλαίου

Από το έτος 2006 και έπειτα το WiMAX αναπτύσσεται ταχέως, με τις επενδύσεις και τις εταιρίες που πριμοδοτούν την επιλογή του WiMAX να αυξάνονται συνεχώς. Η επιτυχία της τεχνολογίας αυτής στις παγκόσμιες αγορές εξετάζεται με βάση τη διχοτόμηση σε αναπτυγμένες και αναπτυσσόμενες χώρες, καθώς οι δύο αυτές κατηγορίες αγορών παρουσιάζουν διαφορετικά χαρακτηριστικά και ιδιαίτερες ανάγκες και έχουν διαφορετικές άμεσες προτεραιότητες που σπεύδουν να ικανοποιήσουν.

Στις αναπτυγμένες αγορές, όπου τα κινητά δίκτυα 3G ήταν ιδιαίτερα διαδεδομένα μέχρι την εμφάνιση του WiMAX περιορίζοντας τι προοπτικές για την είσοδο νέων τεχνολογιών, WiMAX και 3G λειτουργούν συνήθως συμπληρωματικά. Η ανάπτυξη του WiMAX επηρεάζεται από εγγενείς παράγοντες των αγορών αυτών, όπως η χαλαρή ρυθμιστική πολιτική τηλεπικοινωνιών και η απουσία ανάγκης έκδοσης αδειών σε περιορισμένες ζώνες συχνοτήτων. Έτσι, το WiMAX αναπτύσσεται βάσει αυτών των ιδιοτήτων στις αγορές στις Ηνωμένες Πολιτείες, την Δυτική Ευρώπη και την Κορέα, όπου οι κυβερνήσεις διαδραματίζουν και αυτές σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση του τοπίου της αγοράς.

Στις αναπτυσσόμενες χώρες, αν και υπάρχουν βασικές διαφορές στους ρυθμούς ανάπτυξης και στο οικονομικό επίπεδο ανάλογα με τη χώρα, το WiMAX βρίσκει πρόσφορο έδαφος και πολυάριθμες προοπτικές. Ο ανταγωνισμός δεν είναι ιδιαίτερα έντονος και κυριαρχεί μια αυξημένη ανάγκη για άμεση, εύκολη και ευέλικτη κάλυψη των βασικών ευρυζωνικών αναγκών. Σημαντικά βήματα προς την κατεύθυνση



υιοθέτησης του WiMAX έχουν γίνει στην Ινδία, τη Λατινική και Νότια Αμερική και στην Κίνα, αν και υπάρχουν περιθώρια βελτίωσης στις διαδικασίες λήψης αποφάσεων και σε άλλα διαδικαστικά ζητήματα.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΡΑΙΑ

## 6. Τεχνοοικονομική Ανάλυση του WiMAX

### 6.1 Ανάλυση Κόστους WiMAX

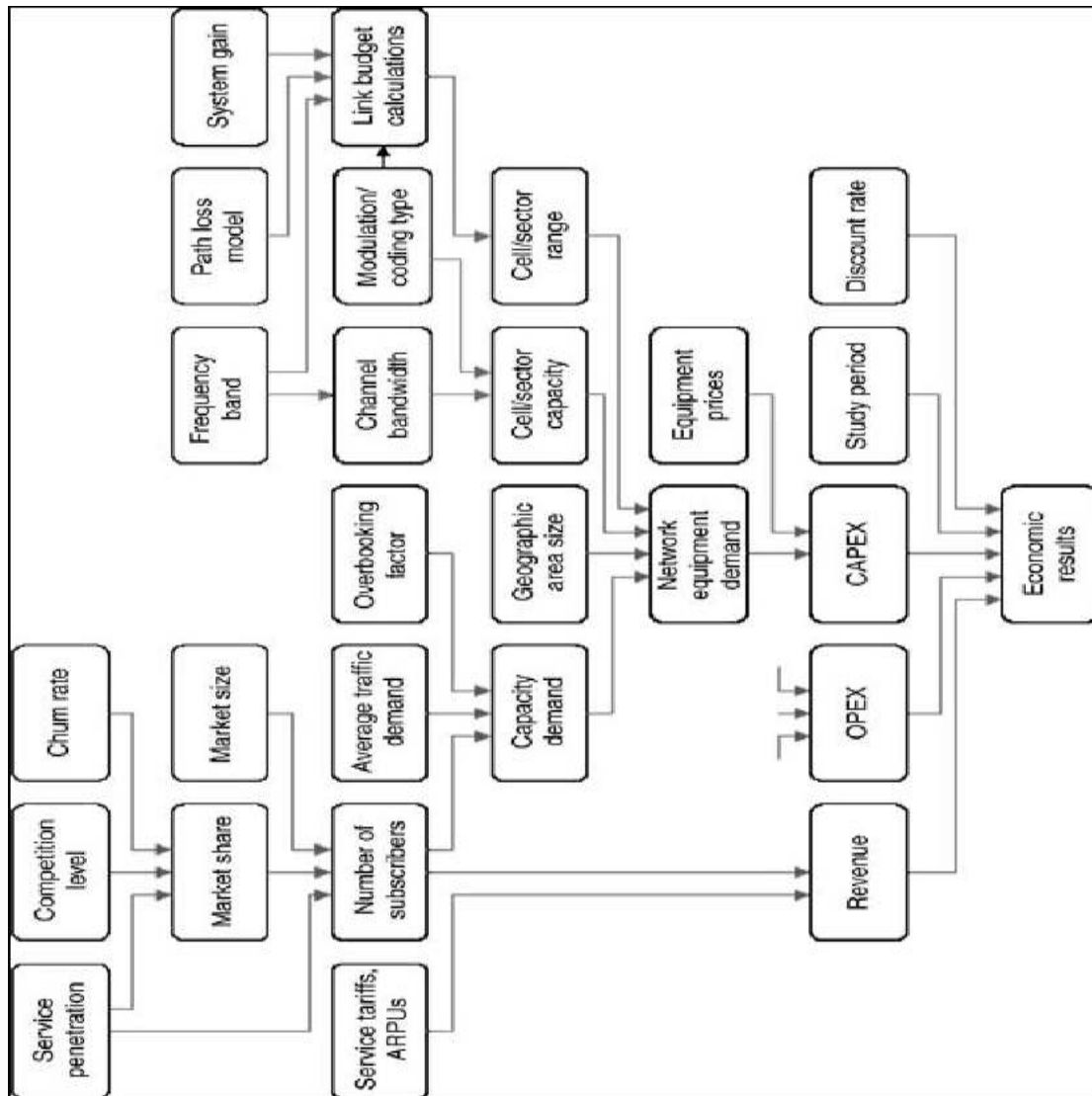
Η παρακάτω ανάλυση ακολουθεί ένα καθαρά οικονομικοτεχνικό πλαίσιο με σκοπό να γίνει αντιληπτό το σύνολο των διαδικασιών και των συνεργασιών που ακολουθούνται ανάμεσα σε διαφορετικές οικονομικές και επιχειρηματικές οντότητες.

#### 6.1.1 Τεχνοοικονομικό Πλαίσιο

Οι ευρυζωνικές υπηρεσίες έχουν ανοίξει νέους δρόμους για τους παρόχους τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών. Την ίδια στιγμή η αναβάθμιση στην πρόσβαση και την ποιότητα των δικτύων προκειμένου να είναι δυνατή η παροχή νέων και απαιτητικών υπηρεσιών έχουν φέρει μεγάλες επενδύσεις στην βιομηχανία των τηλεπικοινωνιών. Η τεχνοοικονομική ανάλυση χρησιμοποιείται προκειμένου να βρεθεί και να αναπτυχθεί η καλύτερη και πιο συμφέρουσα τόσο οικονομικά όσο και από πλευράς απόδοσης τεχνολογία. Θα χρησιμοποιήσουμε αυτήν την ανάλυση με σκοπό να τεκμηριώσουμε και με αριθμητικά δεδομένα κατά πόσο είναι ανταγωνιστικό το WiMAX σε σχέση με τις λοιπές αντίστοιχες τεχνολογίες.

Για τον σκοπό αυτής της ενότητας ως «τεχνοοικονομική» ανάλυση ονομάζουμε την ανάλυση αυτήν που εξετάζει την οικονομική επιτευξιμότητα της τεχνολογίας. Ένα τεχνοοικονομικό πλαίσιο αποτελείται κυρίως από τα παρακάτω μέρη:

- καθορισμός περιοχής – γεωγραφικά χαρακτηριστικά και η υπάρχουσα τηλεπικοινωνιακή υποδομή.
- προσδιορισμός των υπηρεσιών για κάθε είδος χρήστη και κατά πόσον αυτοί υποθετούν τις νέες υπηρεσίες
- κανονισμοί διαστασιολογίας του δικτύου και τα κόστη των παρεμφερών τηλεπικοινωνιακών εξοπλισμών
- μοντέλο κόστους των κεφαλαιακών (CAPEX) και λειτουργικών (OPEX) δαπανών
- μοντέλο εξόφλησης της επένδυσης
- πίνακες αποτελεσμάτων βασισμένα στο NPV



Σχήμα 6-1 Το τεχνοοικονομικό πλαίσιο [29]

### 6.1.2 Σενάρια ως Είσοδος

Ένας μεγάλος αριθμός επιλογών υποθέσεων και προβλέψεων πρέπει να γίνουν προτού ξεκινήσουμε την τεχνοοικονομική ανάλυση. Αυτές σχετίζονται με την επιλογή της γεωγραφικής περιοχής στην οποία θα εφαρμοστεί το ασύρματο δίκτυο, το είδος των πελατών τις υπηρεσίες που πρόκειται να παρέχονται και την τεχνολογία ή τις τεχνολογίες που θα χρησιμοποιηθούν για το σύνολο των υπηρεσιών. Υποθέσεις και προβλέψεις πρέπει να γίνουν σχετικά με τον λοιπό ανταγωνισμό στην αγορά, τις τιμές και το κόστος των συστατικών του δικτύου.

Σαν σενάριο ορίζεται η περιγραφή του δικτυακού και τηλεπικοινωνιακού περιβάλλοντος, συμπεριλαμβανομένου ενός ή περισσότερων παρόχων που προσφέρουν ένα σύνολο υπηρεσιών σε έναν αριθμό χρηστών, σε ένα συγκεκριμένο χρονικό και χωρικό πλαίσιο. Ένα ολοκληρωμένο σενάριο αποτελείται από άλλα σενάρια που σχετίζονται με θέματα της τοπικής αγορά και κατάστασης, θέματα

περιβαντολογικά, θέματα σχετικά με τις παρεχόμενες υπηρεσίες και με τις λοιπές τεχνολογίες .

Το σενάριο που σχετίζεται με την τοπική αγορά αναλύει τις τιμές που υπάρχουν στην συγκεκριμένη περιοχή για την παροχή υπηρεσιών από τον ίδιο τον πάροχο αλλά και από τους λοιπούς ανταγωνιστές. Επίσης στο σενάριο αυτό αναλύεται ο αριθμός και το είδος των παρόχων, καθώς και το μερίδιο αυτών στην αγορά.

Το περιβαντολογικό σενάριο αναλύει θέματα που σχετίζονται με την γεωγραφία της περιοχής στην οποία πραγματοποιείται η ανάλυση και με δημογραφικά της χαρακτηριστικά. Επιπρόσθετα, στο σενάριο αυτό αναλύεται και η τυχόν υπάρχουσα υποδομή που ενδέχεται να υπάρχει στην περιοχή.

Το σενάριο χρήσης αναλύει και περιγράφει τις παρεχόμενες υπηρεσίες στους τελικούς χρήστες. Στο σενάριο αυτό περιγράφονται και τα κόστη των υπηρεσιών αυτόν καθώς και η διείσδυσή τους στην υπάρχουσα αγορά.

Το σενάριο που αναφέρεται στα τεχνολογικά ζητήματα αναλύει και περιγράφει την αρχιτεκτονική που χρησιμοποιείται για την παροχή των υπηρεσιών στους τελικούς χρήστες. Στο σενάριο αυτό αναλύονται και τα κόστη για την αγορά και εγκατάσταση του απαραίτητου εξοπλισμού, το κόστος λειτουργίας, διαχείρισης και συντήρησης του εξοπλισμού.

Τα χαρακτηριστικά και οι τιμές αυτών δεν είναι σταθερές καθόλη την τεχνολογική ανάλυση αλλά τροποποιούνται. Για τον λόγο αυτό οι τιμές των χαρακτηριστικών που σχετίζονται με το σενάριο πρέπει συνεχώς να αξιολογούνται και να επανακαθορίζονται.

## Έξοδα

Τα έξοδα δημιουργίας και λειτουργίας ενός ευρυζωνικού ασύρματου δικτύου μπορούν να χωριστούν σε δύο μεγάλες κατηγορίες, τις κεφαλαιακές (CAPEX) και τις λειτουργικές (OPEX) δαπάνες [29]. Οι κεφαλαιακές δαπάνες περιλαμβάνουν τα έξοδα για την αγορά του απαραίτητου εξοπλισμού καθώς και τα έξοδα για τον σχεδιασμό και υλοποίηση του δικτύου. Στα έξοδα υλοποίησης του δικτύου περιλαμβάνονται και έξοδα όπως αυτά της αγοράς οι ενοικίασης ακινήτων για την τοποθέτηση των γραφείων και των σταθμών βάσης, τα έξοδα για τις οικοδομικές εργασίες των διαφόρων εγκαταστάσεων και για την τοποθέτηση των κεραιών. Τα κύρια έξοδα που ανήκουν στις CAPEX δαπάνες είναι τα κόστη για τους σταθμούς βάσης, οι κτιριακές και λοιπές εγκαταστάσεις, οι πλατφόρμες υπηρεσιών και το κόστος για την αγορά του απαραίτητου ηλεκτρομαγνητικού φάσματος (licensing). Τα κύρια συστατικά του δικτύου που σχετίζονται με τις CAPEX δαπάνες είναι τα παρακάτω.

- σταθμοί βάσης
- εργασίες για την εγκατάσταση του δικτύου
- πλατφόρμες υπηρεσιών
- αγορά εύρους ζώνης

Οι λειτουργικές δαπάνες (OPEX) περιλαμβάνουν τις δαπάνες για λειτουργία, διαχείριση, συντήρηση και ανάπτυξη του δικτύου. Στα κόστη λειτουργίας περιλαμβάνονται τα κόστη που σχετίζονται με την λειτουργία του δικτύου, την

υποστήριξη των υαρχόντων συστημάτων και την εκπαίδευση των στελεχών (μηχανικών και τεχνικών). Τα κόστη διαχείρισης είναι τα κόστη αυτά που σχετίζονται με τα έξοδα διαχείρισης των εξοπλισμών μετά την εγκατάσταση αυτών. Στις δαπάνες διατήρησης περιλαμβάνονται τα κόστη που χρειάζονται προκειμένου ο εξοπλισμός να διατηρείται σε ικανοποιητική κατάσταση και οποτεδήποτε παρατηρείται πρόβλημα στον εξοπλισμό λόγω χρήσης και φυσικής φθοράς, το πρόβλημα αυτό άμεσα να διορθώνεται. Αν και οι λειτουργικές δαπάνες θεωρούνται ιδιαίτερα σημαντικές, τα OPEX έξοδα υπολογίζονται περίπου στο 25-28 % των συνολικών εξόδων. Τα κύρια συστατικά του δικτύου που σχετίζονται με τις OPEX δαπάνες είναι τα παρακάτω.

- εκμίσθωση ακινήτων
- backhaul
- συντήρηση του δικτύου
- διαφήμιση της εταιρίας
- φροντίδα πελατών

### Κέρδος της Ανάλυσης

Ένα πρωταρχικό αποτέλεσμα μιας τεχνοοικονομικής ανάλυσης είναι το κατά πόσον η επένδυση στο εκάστοτε έργο ή την τεχνολογία είναι επικερδής ή όχι. Βασικό κριτήριο που καθορίζει το κατά πόσον ένα έργο είναι επικερδές είναι το κατά πόσον και με ποιόν ρυθμό επιστρέφεται στο υποκείμενο ή επένδυση.

#### 6.1.3 Μοντέλο ροής εξόφλησης της επένδυσης

Όταν τα έσοδα και τα έξοδα της επένδυσης έχουν ολοκληρωθεί για την κάθε χρονιά κατά την οποία γίνεται η έρευνα, η συνάρτηση του κέρδους  $CF(t)$  μπορεί να αποδοθεί. Το κέρδος της εκάστοτε χρονιάς είναι ίσο με το ποσό των εσόδων μείον το ποσό της επένδυσης και μείον το ποσό των λειτουργικών εξόδων (OPEX).

$$CF(t) = \text{Revenue}(t) - \text{Investment}(t) - \text{OPEX}(t)$$

Η σχέση χρόνου επένδυσης και ρίσκου δίνεται από την σταθερή τιμή  $r$ . Η τιμή  $DCF(t)$  δίνεται από τον τύπο

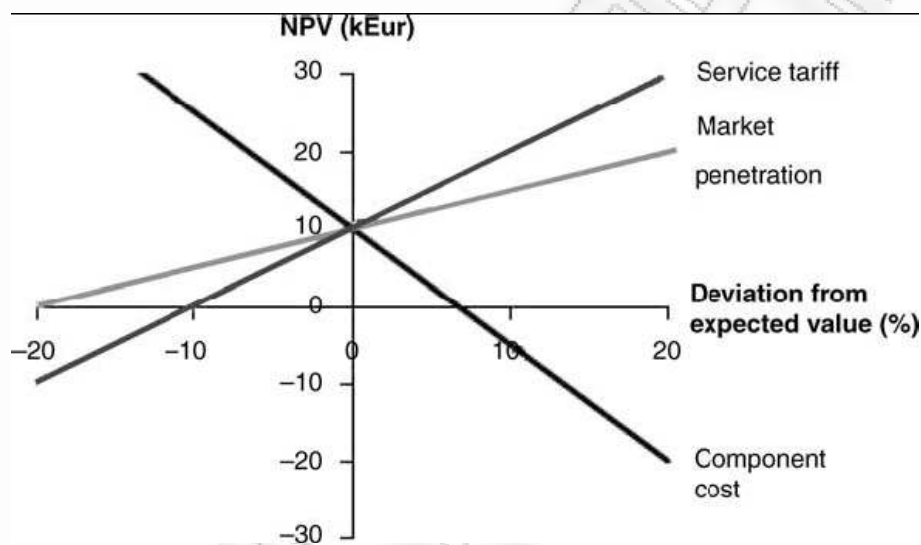
$$DCF(t) = CF(t) / (1 + r)^t$$

Το σύνολο των τιμών του  $DCF$  μας δίνει την τιμή του  $NPV$  (Net Present Value). Το  $NPV$  μας καθορίζει και την απόδοση ενός έργου. Στην περίπτωση που η τιμή του  $NPV$  είναι θετική τότε το έργο είναι κερδοφόρο και σε κάθε άλλη περίπτωση το έργο δεν είναι. Η τιμή του  $NPV$  ενός έργου είναι το πιο σημαντικό κριτήριο για την μεσοπρόθεσμη και μακροπρόθεσμη απόδοση αυτού και οδηγεί σε καλύτερες αποφάσεις σε σχέση με οποιοδήποτε άλλο κριτήριο. Το  $IRR$  (internal rate of return) ενός έργου έχει άμεση σχέση με την τιμή του  $NPV$ . Το  $IRR$  είναι η τιμή του discount rate που κάνει το  $NPV$  να είναι ίσο με το μηδέν.



### 6.1.4 Ανάλυση ρίσκων-Ανάλυση Ευαισθησίας

Το κόστος των επενδύσεων σε έργα αναβάθμισης δικτύων πρόσβασης είναι υψηλό, ενώ παράλληλα η διάρκεια ζωής των επενδύσεων αναμένεται να είναι μεγάλη, αναγκάζοντας τους χειριστές να προβαίνουν σε προβλέψεις για το απώτερο μέλλον. Είναι αναμενόμενο οι προβλέψεις αυτές να χαρακτηρίζονται από κάποιο βαθμό αβεβαιότητας, ο οποίος είναι απόρροια κυρίως των προβλεπόμενων απαιτήσεων για υπηρεσίες, του ανταγωνισμού μεταξύ χειριστών και του κόστους που προκύπτει από τον χειρισμό των νέων δομών του δικτύου [29]. Στο δύσκολο αυτό σημείο υπεισέρχονται οι Αναλύσεις των ρίσκων και ευαισθησίας, με σκοπό την αξιολόγηση των αβεβαιοτήτων και των επιδράσεών τους στη βιωσιμότητα των επενδύσεων.



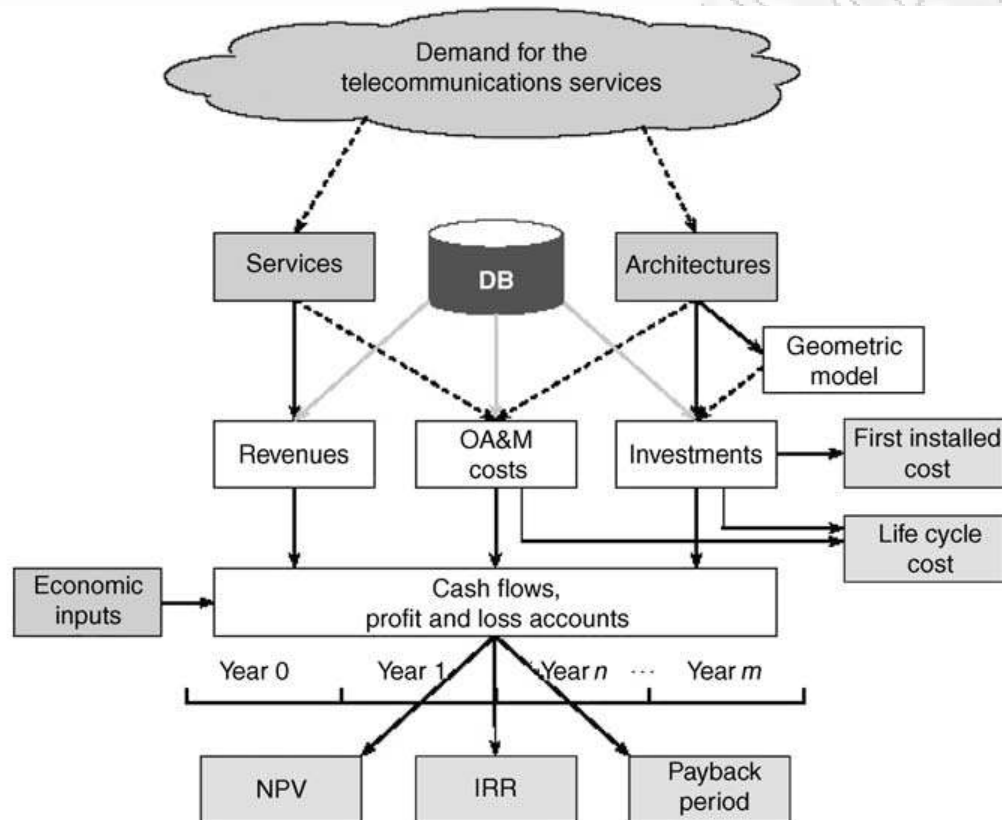
Σχήμα 6-2 Ένα τυπικό διάγραμμα Ευαισθησίας [29]

Μια συνηθισμένη προσέγγιση για τον χειρισμό του ρίσκου που περιλαμβάνουν οι διαδικασίες λήψης αποφάσεων στις επενδύσεις είναι η προσέγγιση για την ευαισθησία και η ανάλυση πιθανών σεναρίων. Η ανάλυση ευαισθησίας είναι μια απλή τεχνική που χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό και την εκτίμηση των πιθανών επιδράσεων που μπορεί να έχουν τα ρίσκα στην αξία ενός project, καθώς και στις προβλέψεις που έχουν γίνει για το κέρδος που θα αποφέρει. Τα βασικά ευρήματα της Ανάλυσης ευαισθησίας απεικονίζονται γραφικά στο Γράφημα Ευαισθησίας, που αναδεικνύει την ευαισθησία των εμπλεκόμενων μεταβλητών. Η ευαισθησία κάθε μεταβλητής εντοπίζεται μέσω της κλίσης της γραμμής και όσο πιο απότομη είναι αυτή, τόσο μεγαλύτερη είναι η επίδραση της μεταβλητής.

### 6.1.5 TERA Tool

Η τεχνοοικονομική ανάλυση που πραγματοποιείται στο κεφάλαιο αυτό γίνεται με την αρωγή ενός εργαλείου που είναι παρόμοιο με το TERA εργαλείο. Το TERA εργαλείο δημιουργήθηκε και αναπτύχθηκε στον Ευρωπαϊκό Οργανισμό ACTS

(Advanced Communications Technologies and Services) και το βασικό πλεονέκτημα του εργαλείου αυτού είναι το γεγονός ότι δίνει την δυνατότητα για τεχνοοικονομικές αναλύσεις που συνδυάζουν παραμέτρους υψηλού επιπέδου, όπως η πυκνότητα των συνδρομητών σε μία περιοχή, αλλά και παραμέτρους χαμηλού επιπέδου, όπως για παράδειγμα το κόστος των σταθμών βάσης του δικτύου. Για τους παραπάνω λόγους το TERA εργαλείο θεωρήθηκε το πλέον κατάλληλο για την τεχνοοικονομική ανάλυση που γίνεται στο κεφάλαιο αυτό. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης είναι εύκολο να αναλυθούν και να συσχετιστούν με τα δεδομένα εισόδου.



DB integrated cost database

Σχήμα 6-3 Το εργαλείο TERA [29]

Οι λόγοι της ανάλυσης

Η συγκεκριμένη ανάλυση εξετάζει την ανάπτυξη ενός WiMAX συστήματος σε διαφορετικά περιβάλλοντα και διαφορετικές συνθήκες. Μέσω της ανάλυσης αυτής θα προσπαθήσουμε να δώσουμε απάντηση στα παρακάτω ερωτήματα :

- Είναι το WiMAX απειλή για τους καθιερωμένους πάροχους;
- Είναι το WiMAX μια πιθανή επένδυση για τους καθιερωμένους πάροχους;
- Ποια είναι τα πιο κατάλληλα περιβάλλοντα για την ανάπτυξη ενός WiMAX συστήματος;
- Είναι το WiMAX το κατάλληλο σύστημα τηλεπικοινωνιών για τους καινούργιους παρόχους;

Μπορεί το WiMAX να παρέχει ευρυζωνικές υπηρεσίες με μεγαλύτερα κέρδη σε σχέση με το DSL;

Η ανάλυση γίνεται για χρονική περίοδο 5 ετών από το 2004-2008 και για έξι διαφορετικά περιβάλλοντα .

- Δύο αστικές περιοχές, η μια σε ανεπτυγμένη και η άλλη σε υπό ανάπτυξη χώρα
- Δύο προαστιακές περιοχές , μια σε ανεπτυγμένη και η άλλη σε υπό ανάπτυξη χώρα.
- Δύο αγροτικές περιοχές , μια σε ανεπτυγμένη και η άλλη σε υπό ανάπτυξη χώρα.

Συγκεκριμένα στην παρακάτω ανάλυση εξετάζονται και μελετώνται τα παρακάτω έξι σενάρια .

Σενάριο 1: Αστική περιοχή σε ανεπτυγμένη χώρα.

Σενάριο\_2: Αστική περιοχή σε υπό ανάπτυξη χώρα.

Σενάριο\_3: Προαστιακή περιοχή σε ανεπτυγμένη χώρα

Σενάριο\_4: Προαστιακή περιοχή σε υπό ανάπτυξη χώρα.

Σενάριο\_5: Αγροτική περιοχή σε ανεπτυγμένη χώρα

Σενάριο\_6: Αγροτική περιοχή σε υπό ανάπτυξη χώρα.

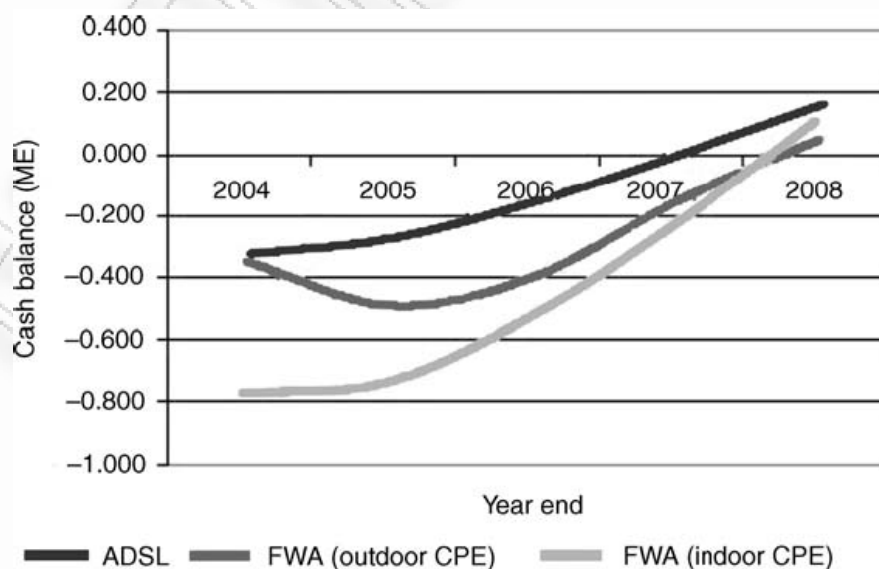
Σενάριο	Γεωγραφική περιοχή (L*L=A Km)	Πυκνότητα Κατοικιών(1/Km)	Αριθμός Κατοικιών	Αριθμός Κλήσεων
Αστική Περιοχή- ανεπτυγμένη	2*2= 4	5000	20000	2
Αστική Περιοχή- υπό ανάπτυξη	3.2*3.2=10	2000	20000	2
Προαστιακή περιοχή ανεπτυγμένη	4*4=16	1000	14000	2
Προαστιακή περιοχή - υπό ανάπτυξη	5*5=25	500	14000	2
Αγροτική περιοχή ανεπτυγμένη	30*30=900	5	5000	16
Αγροτική περιοχή- υπό ανάπτυξη	50*50=2500	2	5000	36

Κάθε σενάριο χαρακτηρίζεται από την γεωγραφική περιοχή στην οποία ανήκει και από την πυκνότητα των κατοικιών. Τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται σε κάθε σενάριο είναι υποθετικά και εξυπηρετούν ιδανικά τις ανάγκες της συγκεκριμένης ανάλυσης. Σε κάθε περίπτωση ο αναμενόμενος αριθμός συνδρομητών στο τέλος της έρευνας είναι 1500.

### 6.1.6 Αποτελέσματα

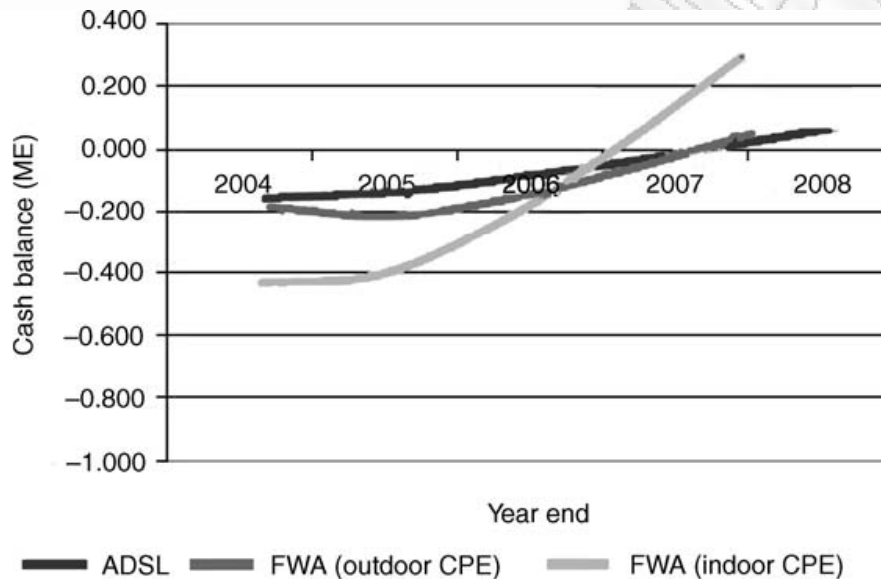
Το WiMAX ως επιχειρηματική ευκαιρία αναλύθηκε σε όλα τα σενάρια που παρουσιάστηκαν παραπάνω για περιοχές αστικές, προαστιακές, αγροτικές αναπτυσσόμενες και υπό ανάπτυξη. Η ανάλυση βασίστηκε σε ένα μεγάλο αριθμό υποθέσεων όπως το μέγεθος των κυψελών, το κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας και η πυκνότητα των χρηστών ανά περιοχή. Ο πιο σημαντικός παράγοντας της ανάλυσης ήταν το ποσοστό ανάπτυξης ADSL στις περιοχές που γινόταν παράλληλη ανάπτυξη WiMAX συστημάτων και για τον λόγο αυτό η ανάλυση έγινε σε διαφορετικά περιβάλλοντα.

Στο σχήμα που ακολουθεί όπου και δίνεται το γράφημα του κεφαλαίου κίνησης (cash flow diagram) για το 1<sup>ο</sup> σενάριο της ανάλυσης μας, δηλαδή αστική περιοχή σε ανεπτυγμένη χώρα, παρατηρούμε ότι το ήδη υπάρχων DSL αποτελεί πιο συμφέρουσα λύση. Έχοντας σαν δεδομένο ότι σε μια αστική περιοχή σε μια ανεπτυγμένη χώρα οι υποδομές για ένα DSL δίκτυο είναι ήδη υπαρκτές, το αρχικό κόστος δημιουργίας και απόκτησης ενός WiMAX δικτύου είναι αρκετά μεγαλύτερο και ιδιαίτερα στην περίπτωση που χρησιμοποιείται εσωτερικός δέκτης. Στην συνέχεια αναλύοντας την καμπύλη του κεφαλαίου κίνησης παρατηρούμε ότι το DSL για ένα τέτοιο περιβάλλον αποτελεί πιο οικονομικά συμφέρουσα τεχνολογία.



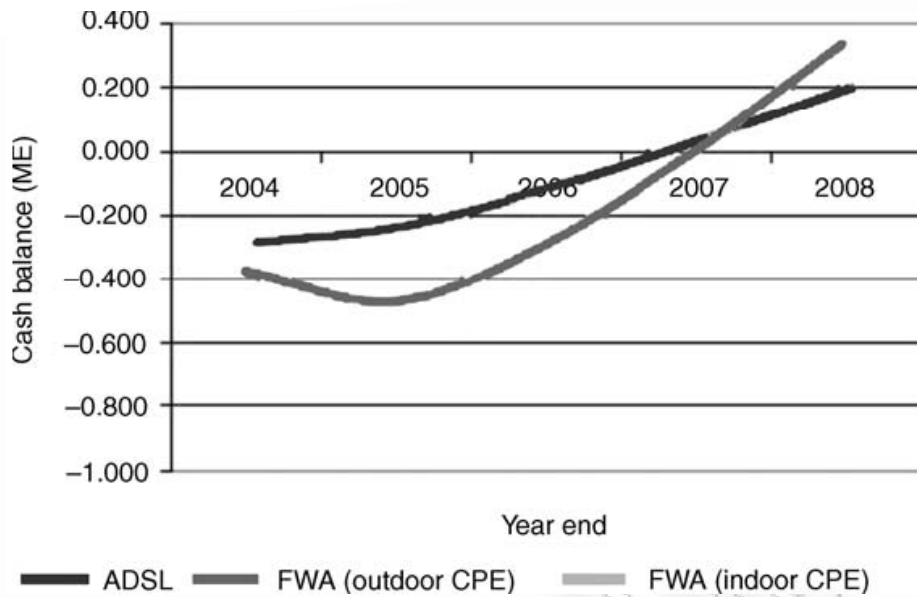
Σχήμα 6-4 Cash Balance γράφημα στο σενάριο 1[29]

Στο παρακάτω σχήμα αναλύεται το δεύτερο σενάριο, δηλαδή αστική περιοχή σε χώρα αναπτυσσόμενη. Παρατηρούμε ότι και στην περίπτωση αυτή το κόστος δημιουργίας ενός WiMAX δικτύου είναι μεγαλύτερο σε σχέση με εκείνο για ένα αντίστοιχο DSL. Στην συνέχεια όμως κεφαλαίου κίνησης του WiMAX δικτύου και ιδιαίτερα αυτού με εσωτερικό δέκτη είναι πολύ μεγαλύτερο. Χαρακτηριστικά αναφέρουμε ότι ο πάροχος που επένδυσε σε WiMAX δίκτυο με εσωτερικό δέκτη στα μέσα του 2006, δηλαδή δύο χρόνια μετά, είχε αποσβέσει το κεφάλαιο της αρχικής του επένδυσης και τα OPEX έξοδα .



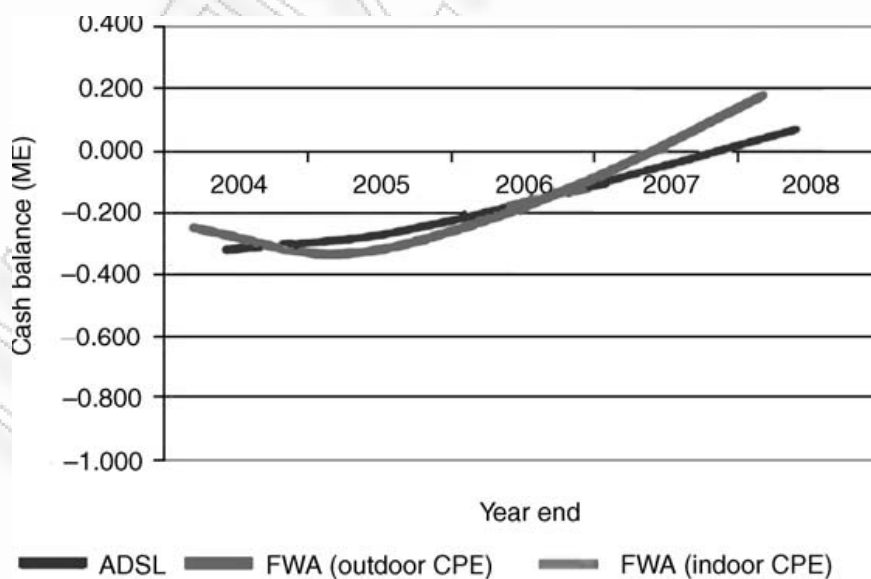
Σχήμα 6-5 Cash Balance γράφημα στο σενάριο 2 [29]

Το επόμενο σενάριο το οποίο εξετάστηκε, το σενάριο 3, ήταν η περίπτωση που έχουμε προαστιακή περιοχή σε ανεπτυγμένη χώρα. Στην περίπτωση αυτή παρατηρούμε ότι το αρχικό κόστος εγκατάστασης και δημιουργίας ενός WiMAX δικτύου είναι αρκετά μεγαλύτερο σε σχέση με αυτό του DSL. Αυτό εξηγείται από το γεγονός ότι σε μία προαστιακή περιοχή σε μία ανεπτυγμένη χώρα οι υποδομές για ένα DSL δίκτυο είναι έτοιμες, σε αντίθεση με τις αντίστοιχες υποδομές για ένα WiMAX δίκτυο. Σημαντικό είναι να αναφέρουμε ότι δεδομένου ότι εξετάζουμε τον ίδιο αριθμό συνδρομητών με το προηγούμενο σενάριο, η περιοχή που πρέπει να καλύψουμε με το WiMAX δίκτυο είναι αρκετά μεγαλύτερη κάτι που σημαίνει μεγαλύτερο αριθμός μονάδων εξοπλισμού (σταθμών βάσης κ.λ.π). Ο χρόνος που χρειάζεται και για τις δύο τεχνολογίες προκειμένου να αρχίσουν να γίνονται κερδοφόρες είναι σχεδόν ο ίδιος (περίπου στα δύο χρόνια). Σημαντικό είναι να αναφέρουμε ότι προς στο τέλος της μελέτης μας -δηλαδή το 2008- το WiMAX αποδεικνύεται αρκετά πιο συμφέρουσα τεχνολογία σε σχέση με αυτήν του DSL .



Σχήμα 6-6 Cash Balance γράφημα στο σενάριο 3 [29]

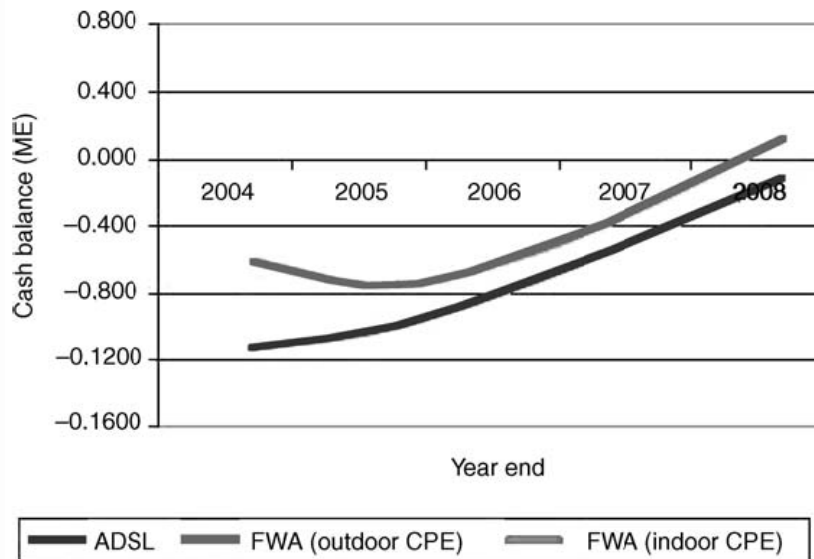
Στην παρακάτω περίπτωση το σενάριο που εξετάζουμε είναι προαστιακή περιοχή σε ανεπτυγμένη χώρα. Δεδομένου ότι οι υπάρχουσες υποδομές για DSL δίκτυο στην περίπτωση αυτή είναι μικρές παρατηρούμε ότι το αρχικό κόστος δημιουργίας ενός DSL δικτύου είναι μεγαλύτερο σε σχέση με αυτήν ενός αντίστοιχου WiMAX. Ο χρόνος που χρειάζονται και οι δύο τεχνολογίες προκειμένου να αρχίσουν να γίνονται κερδοφόρες είναι μεγαλύτερος από όλες τις προηγούμενες περιπτώσεις. Χαρακτηριστικά αναφέρουμε ότι το WiMAX άρχισε να γίνεται κερδοφόρο μετά από χρονική περίοδο μεγαλύτερη των 3 ετών, ενώ το DSL δίκτυο μόλις στο τέλος της έρευνας.



Σχήμα 6-7 Cash Balance γράφημα στο σενάριο 4 [29]



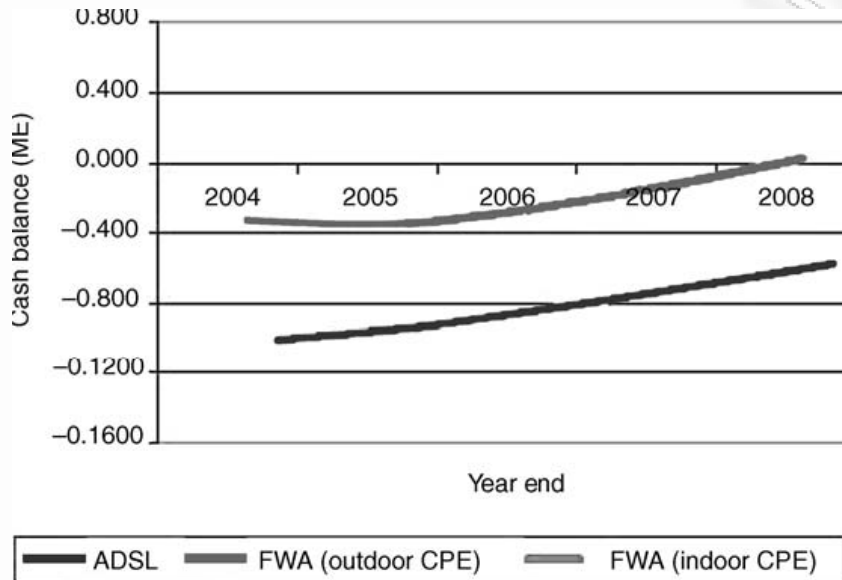
Στο ακόλουθο σενάριο η περίπτωση που εξετάστηκε είναι να έχουμε αγροτική περιοχή σε ανεπτυγμένη χώρα. Στην περίπτωση αυτή επειδή η περιοχή που πρέπει να καλυφτεί είναι μεγαλύτερη από όλες τις άλλες περιπτώσεις, το κόστος εγκατάστασης και δημιουργίας τόσο ενός DSL όσο και ενός WiMAX δικτύου είναι μεγαλύτερο. Επιπρόσθετα το κόστος για την δημιουργία ενός DSL δικτύου είναι πολύ μεγαλύτερο σε σχέση με το κόστος για ένα WiMAX δίκτυο. Αυτό εξηγείται από το γεγονός ότι για την δημιουργία ενός DSL δικτύου μια πολύ μεγάλη περιοχή θα πρέπει να σκαφτεί και να περαστεί με καλώδια τα οποία στοιχίζουν αρκετά, κάτι το οποίο δεν ισχύει για την ασύρματη WiMAX τεχνολογία. Στο σενάριο αυτό το πλεονέκτημα της WiMAX προσέγγισης στο “last mile” πρόβλημα σε σχέση με αυτήν του DSL είναι φανερό και δίνει ένα μεγάλο προβάδισμα στην ασύρματη WiMAX τεχνολογία. Αξίζει να αναφέρουμε ότι στο σενάριο αυτό η δημιουργία ενός DSL δικτύου ποτέ δεν κατέστη κερδοφόρα και πάντα η κεφαλαιακή κίνηση του WiMAX ήταν μεγαλύτερη σε σχέση με αυτήν του DSL.



Σχήμα 6-8 Cash Balance γράφημα στο σενάριο 5 [29]

Σαν τελευταίο σενάριο εξετάστηκε η αγροτική περιοχή σε ανεπτυγμένη χώρα. Και στην περίπτωση αυτή το αρχικό κόστος είναι ιδιαίτερα μεγάλο και μεγαλύτερο σε σχέση και με το αστικό και με το προαστιακό περιβάλλον. Το κόστος για την δημιουργία ενός WiMAX δικτύου είναι μικρότερο σε σχέση με την προηγούμενη περίπτωση, γεγονός που εξηγείται από το μικρότερο κόστος που χρειάζεται για την αγορά συχνοτήτων και την αδειοδότηση που χρειάζεται σε μια ανεπτυγμένη χώρα σε σχέση με μια ήδη ανεπτυγμένη χώρα. Η διαφορά του γραφήματος της κεφαλαιακής κίνησης ανάμεσα στις δύο υπό εξέταση τεχνολογίες είναι μεγαλύτερο σε αυτή την περίπτωση σε σχέση με όλες τις άλλες. Επιπρόσθετα σε ένα τέτοιο σενάριο ένα ενσύρματο DSL δίκτυο ποτέ δεν γίνεται κερδοφόρο μέσα στην περίοδο της συγκεκριμένης μελέτης (πέντε χρόνια), σε αντίθεση με το αντίστοιχο WiMAX δίκτυο το οποίο προς το τέλος της μελέτης δηλαδή κατά τον πέμπτο χρόνο λειτουργίας του γίνεται μια κερδοφόρα επένδυση. Οι λόγοι για την μεγάλη διαφορά στο κέρδος στις δύο αυτές τεχνολογίες αναλύονται και στο προηγούμενο σενάριο

(προηγούμενο σενάριο) και σχετίζονται κυρίως με το “last mile” πρόβλημα και με τα κόστη εγκατάστασης και συντήρησης ενός ενσύρματου DSL δικτύου. Επιπρόσθετα το κόστος αδειοδότησης για το WiMAX είναι πολύ μικρότερο σε σχέση με αυτό της προηγούμενης περίπτωσης



Σχήμα 6-9 Cash Balance γράφημα στο σενάριο 6 [29]

## 6.2 Συμπεράσματα Κεφαλαίου

Το βασικό συμπέρασμα της μελέτης είναι ότι το WiMAX δεν φαίνεται να είναι οικονομικά συμφέρον για παροχή ευρυζωνικής πρόσβασης σε κατοικίες και σε περιοχές αστικές σε ανεπτυγμένες περιοχές, καθώς η τιμή του NPV για τα σενάρια αυτά είναι αρνητικές. Επίσης στις περιπτώσεις αυτές ο χρόνος που χρειάζεται για να επιστραφεί η αρχική επένδυση είναι μεγαλύτερος από 5 έτη, δηλαδή την χρονική διάρκεια που διαρκεί η έρευνα. Σε αντίθεση όμως με τα παραπάνω το WiMAX κρίνεται πιο συμφέρουσα τεχνολογία σε σχέση με αυτήν του DSL σε περιβάλλοντα προαστιακά και αγροτικά.

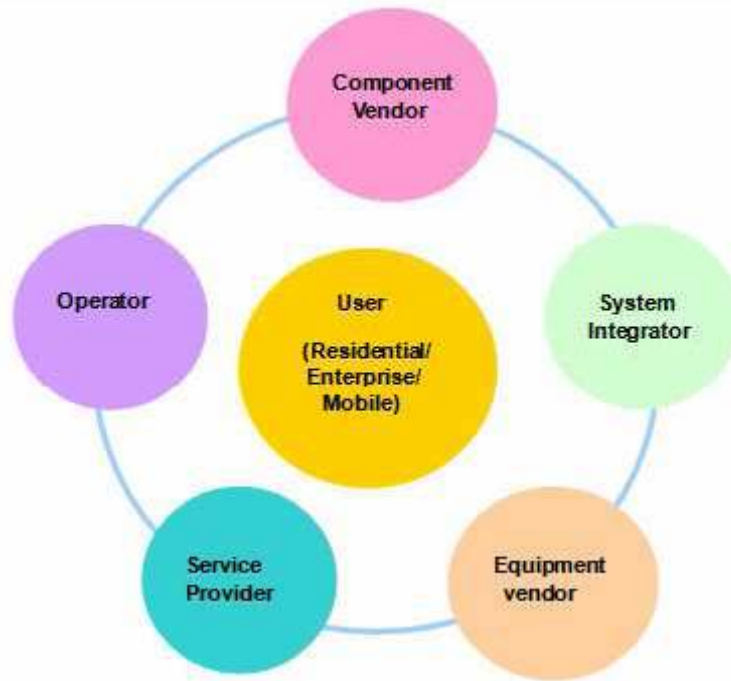
## 7. Ανάλυση του Επιχειρηματικού Πλαισίου του WiMAX

### 7.1 Το βιομηχανικό οικοσύστημα του WiMAX

Το WiMAX είναι ένα ασύρματο πρότυπο παγκόσμιας εμβέλειας που μπορεί να αποδειχθεί κερδοφόρο για πολλούς πωλητές και φορείς που εμπλέκονται ενεργά στην αγορά των τηλεπικοινωνιών. Έτσι δεν μπορεί κανείς να αναφερθεί σε μονοπώλιο του WiMAX- αντίθετα η έμφαση δίνεται στην συνεργασία μεταξύ των παικτών της αγοράς με σκοπό τη διαμόρφωση και την εγκαθίδρυση ενός υγιούς, λειτουργικού και αποδοτικού βιομηχανικού οικοσυστήματος. Μόνο μέσω της συνεργασίας στο πλαίσιο αυτό είναι σε θέση οι διάφοροι φορείς να επιτύχουν την εφαρμογή ενός αποδοτικού μοντέλου κέρδους στην παροχή υπηρεσιών WiMAX.

Το οικοσύστημα WiMAX αποτελεί ένα πλαίσιο που είναι κοινό για όλους τους παίκτες της βιομηχανίας και έχει δημιουργηθεί από τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ τους. Ως ξεχωριστό οικοσύστημα έχει τη δική του δυναμική και χαρακτηρίζεται από τις σχέσεις μεταξύ των διαφόρων συμμετεχόντων που με τη σειρά τους επηρεάζουν το μέλλον του WiMAX και την επιτυχία του στην αγορά. Σημαντικό χαρακτηριστικό του οικοσυστήματος που οφείλουν οι εμπλεκόμενοι σε αυτό να διατηρήσουν και να ενισχύσουν, είναι η σταθερότητα και η σαφήνεια των κανόνων που το διέπουν. Τα ποιοτικά πρότυπα, η δια-βιομηχανική συνεργασία και η ευρεία διαθεσιμότητα των συσκευών είναι και αυτά προϋποθέσεις για την ομαλή λειτουργία του οικοσυστήματος.

Για να ανταποκριθούν στις απαιτήσεις του οικοσυστήματος και κυρίως της αγοράς, οι επιχειρήσεις του οικοσυστήματος καλούνται να είναι ευέλικτες, εφευρετικές και ικανές στη διαχείριση κρίσεων, με συνεχώς νέες ιδέες στο οπλοστάσιό τους και προβλεπτική ικανότητα σχετικά με τις μελλοντικές εξελίξεις. Σήμερα, περισσότερο από κάθε άλλη φορά, οι καινοτομίες στις τεχνολογίες τηλεπικοινωνιών αλλάζουν το γενικότερο περιβάλλον ανταγωνισμού άμεσα και το οικοσύστημα, έστω και με πιο διαμεσολαβημένο τρόπο.



Σχήμα 7-1Οι βασικοί παίκτες του σύγχρονου οικοσυστήματος των υπηρεσιών WiMAX [19]

## 7.2 Το WiMAX Forum

Οι βασικοί υποστηρικτές του WiMAX ανταλλάζουν απόψεις και συντονίζουν τις προσπάθειες προώθησης δια μέσου του WiMAX Forum. Το WiMAX Forum αποτελεί μια μη κερδοσκοπική οργάνωση που δημιουργήθηκε το 2001 με σκοπό να προωθηθεί η υιοθέτηση του εξοπλισμού, συμβατού με το υπόδειγμα IEEE 802.16, από τους χειριστές συστημάτων ευρυζωνικής ασύρματης πρόσβασης. Τον Αύγουστο του 2006 είχαν ήδη γίνει μέλη του WiMAX Forum πάνω από 400 εταιρίες σε 50 χώρες.

Τα μέλη του συμβουλίου του WiMAX Forum είναι κατασκευαστές εξοπλισμού, όπως οι εταιρίες Airspan, Alvarion, Aperto, Fujitsu, Intel Corp., Motorola, Samsung, ZTE Corp. κ.ά, πάροχοι υπηρεσιών και χειριστές, όπως οι εταιρίες AT&T, British Telecom, KDDI, KT Corp., Sprint Nextel κ.ά (Vassipolopoulos A. & Subirana, 2007). Για να προωθήσει αποτελεσματικά και με επιτυχία την υιοθέτηση του WiMAX, το WiMAX Forum ορίζει την αρχιτεκτονική του δικτύου και διασφαλίζει τη διαλειτουργικότητα. Περιγράφει τον τρόπο με τον οποίο οι συσκευές WiMAX πρέπει να επικοινωνούν μεταξύ τους, με το 3G ή με άλλα είδη δικτύων. Ως προς τη διαλειτουργικότητα, ο στόχος του WiMAX Forum είναι να επιτύχει στην παροχή μιας ασύρματης ευρυζωνικής υποδομής, τεχνολογικά και οικονομικά ασφαλούς και συμφέρουσας. Τον στόχο αυτό προσπαθεί να πραγματοποιήσει με δεδομένη την ύπαρξη ενός ξεκάθαρου συνόλου υποδειγμάτων (IEEE 802.16) και με την αρωγή ενός προγράμματος πιστοποίησης γνωστού σαν WiMAX Forum Certified™ Program.



Σχήμα 7-2 WiMAX Forum[14]

Το WiMAX Forum διατηρεί ακόμη μια βάση δεδομένων για τις συσκευές κινητού ή σταθερού WiMAX, που έχουν οριστεί ως κατάλληλες να φέρουν το σήμα WiMAX Forum Certified™ Program

Το WiMAX Forum συντίθεται από ομάδες εργασίας που επικεντρώνονται σε διαφορετικές διαστάσεις της ανάπτυξης του WiMAX και καταπιάνονται με θέματα όπως η τεχνολογία η ίδια, η αυθεντικοποίηση, οι εφαρμογές, το φάσμα, το δίκτυο, το παγκόσμιο κινητό roaming και τους παρόχους υπηρεσιών. Με αυτόν τον τρόπο διεξάγεται με μεγαλύτερη ευκολία το έργο του Forum, όπως το testing και οι διαδικασίες πιστοποίησης, ενώ διασφαλίζεται η αποτελεσματική συνεργασία διαφορετικών συστημάτων πώλησης μεταξύ τους. Ωστόσο, στο έργο του WiMAX Forum δεν περιλαμβάνονται αποφάσεις για το πότε το WiMAX θα εισαχθεί σε κάθε αγορά, με αποτέλεσμα να υπάρχει μια οριοθετημένη και αρμονική συνεργασία μεταξύ της βιομηχανίας και του συστήματος ανάπτυξης του υποδείγματος.

Τα μέλη του Forum πιστεύουν πως η υιοθέτηση των βιομηχανικών υποδειγμάτων είναι παράγων-κλειδί σε οποιαδήποτε προσπάθεια επιτυχούς ανάπτυξης της τεχνολογίας WiMAX. Στην περίπτωση για παράδειγμα της αρχικής ανάπτυξης του Wi-Fi, ένα από τα προβλήματα ήταν η έλλειψη βιομηχανικών standards, καθορισμένων από την αρχή. Στις μέρες της ανάπτυξης του Wi-Fi η αγορά ήταν κορεσμένη από εξοπλισμό πολύ πριν υιοθετηθούν υποδείγματα, με αποτέλεσμα ο εξοπλισμός συχνά να στερείται διαλειτουργικότητας και να είναι υπερβολικά ακριβός.

Ένα από τα αρχικά μελήματα του WiMAX Forum ήταν η δημιουργία ενός ενιαίου και μοναδικού διαλειτουργικού υποδείγματος από τα υποδείγματα IEEE και ETSI BWA. Διενεργήθηκε έτσι ένας αριθμός δοκιμασιών για την εξέταση της διαλειτουργικότητας και της συμβατότητας εξοπλισμού, λειτουργικού στις ζώνες με άδεια 2.5GHz και 3.5GHz και στη ζώνη δίχως άδεια 5.8GHz. Με αυτόν τον τρόπο φτάσαμε σε αυτό που είναι σήμερα το υπόδειγμα WiMAX και στα χαρακτηριστικά του. Η διαθεσιμότητα ενός υποδείγματος απαλείφει επίσης την ανάγκη για μεγάλες επενδύσεις από τους πωλητές εξοπλισμού για την ανάπτυξη και επιβεβαίωση συστημάτων βασικής ακτίνας κάλυψης και ελέγχου πρόσβασης. Έτσι, το κόστος εξοπλισμού μειώνεται, και οι πάροχοι υπηρεσιών (και τελικά και οι ίδιοι οι καταναλωτές) επωφελούνται από την απαίτηση της διαλειτουργικότητας, καθώς οι πολλαπλοί πωλητές συναγωνίζονται κατά τη διάρκεια όλων των φάσεων : της αρχικής κατασκευής, της επέκτασης και των αναβαθμίσεων.

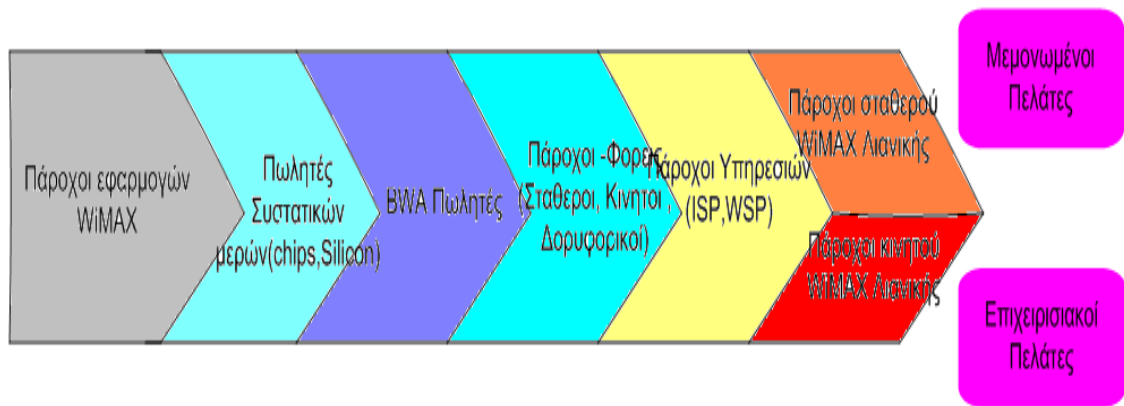
Η στρατηγική του WiMAX Forum περιλαμβάνει και άλλες ενέργειες, όπως η επιλογή ενός πρακτικού και εφαρμόσιμου υποσυστήματος από τα πολλά προφίλ συστημάτων και παραλλαγών του 802.16, καθώς και η συνεχής υποστήριξη των αναβαθμίσεων και διορθώσεων του υποδείγματος. Στη στρατηγική του εντάσσεται επίσης ο καθορισμός μιας διαδικασίας testing και πιστοποίησης για να υπάρχει εγγύηση ότι ο εξοπλισμός που υποβάλλεται από τους πωλητές είναι συμβατός με τις απαιτήσεις της πιστοποίησης WiMAX ως προς τη διαλειτουργικότητα, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω. Από τη στιγμή της δημιουργίας του WiMAX Forum, το υπόδειγμα 802.16 έχει αναπτυχθεί εξαιρετικά και έχει προοδεύσει με μεγάλη ταχύτητα. Η ισχυρή ηγεσία του Forum είναι ζωτικής σημασίας για τη συνεχιζόμενη εξέλιξη και την ταχεία υιοθέτηση του WiMAX και συμβάλλει στη διαφοροποίησή του από άλλα υποδείγματα.

### 7.3 Η δομή του WiMAX Value Chain

Η σχέση μεταξύ των διαφόρων παρόχων του WiMAX στο πλαίσιο του μοντέλου του οικοσυστήματος μπορεί να αναπαρασταθεί με μια αξιακή αλυσίδα στο επιχειρησιακό μοντέλο. Το WiMAX Value Chain είναι ένα εργαλείο για την γραφική απεικόνιση και την σχηματοποίηση της διαδικασίας παροχής υπηρεσιών κάποια αξίας στους χρήστες διαμέσου των σχέσεων του οικοσυστήματος. Στο εσωτερικό της αξιακής αλυσίδας επικρατεί μια συνεργατική λειτουργία όπου οι διάφοροι συσχετιζόμενοι παίκτες μπορούν να εγκαθιδρύσουν μια επικερδή διαδικασία παροχής αξιών και ροής ρευστού από τον ένα στον άλλο. Σε ένα τέτοιο διαμορφωμένο δίκτυο σχέσεων το WiMAX προσφέρει σταθερές και κινητές υπηρεσίες για παρόχους και πωλητές, γεμίζοντας το κενό μεταξύ της βιομηχανίας σταθερών τηλεπικοινωνιών και της κινητής βιομηχανίας. Το κενό αυτό είναι απόρροια διαφορετικών τρόπων λειτουργίας που υιοθετούνται από την κάθε βιομηχανία, όμως το WiMAX έχει την δυνατότητα να οδηγήσει στην σύγκλιση σταθερών και κινητών επικοινωνιών.

Η αξιακή αλυσίδα (Value Chain) είναι ευέλικτη και μπορεί να ενσωματώσει επιτυχώς νέους χειριστές και πάροχους υπηρεσιών. Το WiMAX Forum είναι αυτό που ασχολείται με την διαμόρφωση και οργάνωση της αξιακής αλυσίδας του WiMAX με σκοπό να προωθείται η ανάπτυξη των προϊόντων WiMAX με τον καλύτερο δυνατό τρόπο. Η αλυσίδα αυτή περιλαμβάνει τους χειριστές, τους παρόχους συστατικών μερών (components), τους κατασκευαστές εξοπλισμού και διάφορους άλλους παίκτες. Η ευρεία χρήση της τεχνολογίας WiMAX σε σταθερές και κινητές εφαρμογές έχει ελκύσει τηλεπικοινωνιακούς πάροχους (χειριστές) τόσο από τον σταθερό τομέα τόσο και από τον κινητό. Εν τω μεταξύ, η εμφάνιση του κινητού WiMAX είχε μεγάλη επίδραση και στην αξιακή αλυσίδα, με διάφορους παρόχους να επιλέγουν την αναβάθμιση των δικτύων τους και να επαναπροσδιορίζουν τις στρατηγικές κινήσεις τους στην αγορά.





Σχήμα 7-3 Αναπαράσταση της αξιακής αλυσίδας

Η διαμόρφωση της δομής της αξιακής αλυσίδας του WiMAX βασίζεται στην τάση της τοποθέτησης των χειριστών και των παρόχων υπηρεσιών στην κεντρική θέση για τον χειρισμό των υπηρεσιών WiMAX. Οι πάροχοι υπηρεσιών μεγάλου βεληνεκούς (π.χ οι πάροχοι υπηρεσιών χονδρικής) μπορούν έτσι να γίνουν μέτοχοι μεγάλου κέρδους από τους κινητούς χειριστές. Οι διάφοροι πωλητές-μέλη του οικοσυστήματος κατέχουν διαφορετικές θέσεις στην αλυσίδα και συνεπώς εκπληρώνουν και διαφορετικούς ρόλους στο δίκτυο αυτό των οικονομικών σχέσεων. Το κλειδί ωστόσο για την ομαλή διεξαγωγή των σχέσεων στο πλαίσιο της αλυσίδας είναι η συνεργασία μεταξύ των παικτών και η αλληλοσυμπλήρωση των ρόλων τους. Η ανάλυση των ρόλων αυτών και της συνεργασίας στο αξιακό δίκτυο γίνεται βάσει κάποιων στοιχείων, όπως το γεγονός ότι η υπηρεσία WiMAX λειτουργεί σε συγκεκριμένες συχνότητες με άδεια από συγκεκριμένους φορείς- παρόχους. Για αυτό μπορεί οι τηλεπικοινωνιακοί πάροχοι κινητού WiMAX να μην έχουν την δυνατότητα να υποστηρίξουν ένα δίκτυο WiMAX σε κάποιες περιοχές όπου δεν υπάρχει πια ο απαραίτητος χώρος στο φάσμα συχνοτήτων. Συνήθως αυτοί οι τηλεπικοινωνιακοί πάροχοι επιλέγουν να κατασκευάσουν το δικό τους δίκτυο, εξασφαλίζοντας έτσι την εισροή κέρδους στις αγορές στις οποίες στοχεύουν. Ακολούθως γίνονται πάροχοι υπηρεσιών χονδρικής και εγκαθιδρύουν μια σχέση περιαγωγής με άλλους πάροχους χονδρικής με σκοπό να αυξήσουν την δικτυακή τους κάλυψη και τα κέρδη τους. Όσον αφορά τη σχέση χειριστών και παρόχων, αυτή τείνει να είναι ανταγωνιστική, αλλά και συνεργατική ως προς τις υπηρεσίες WiMAX. Για παράδειγμα, οι χειριστές πιθανόν να χρειαστεί να επεκτείνουν την δικτυακή τους κάλυψη και τις δυνατότητες της μέσω της χρήσης του δικτύου WiMAX των παρόχων, ενώ οι πάροχοι αναγκάζονται να νοικιάζουν μέρος του φάσματος από τους κινητούς χειριστές όταν αποφασίζουν να προσφέρουν κινητές υπηρεσίες.

Οι πωλητές WiMAX μπορούν να ταξινομηθούν σε ποικίλα εταιρικά προφίλ, που περιλαμβάνουν πωλητές εξοπλισμού, Chips, κεραιών και άλλα. Οι μεγάλοι και ισχυροί πωλητές εξοπλισμού, συστημάτων και chips ασκούν σημαντική επίδραση στην ανάπτυξη του δικτύου WiMAX, καθώς πωλητές όπως η Intel, η Motorola, η Samsung και η Alvarion επενδύουν σημαντικά ποσά στην έρευνα και αναπτύσσουν λογισμικό (software) και υλικό (hardware) συμβατά στις υπηρεσίες WiMAX.

Η θέση τους στην αξιακή αλυσίδα του WiMAX είναι νευραλγική και είναι αναντικατάστατοι στον ρόλο που επιτελούν μέσα σε αυτήν. Βέβαια, η αλυσίδα WiMAX επιδέχεται ακόμη ανάπτυξης και ωρίμανσης και μπορεί να βελτιωθεί στην

πορεία η σύνθεση της, με την προσθήκη διαφόρων ενδιάμεσων παικτών και παροχών εφαρμογών.

### 7.3.1 Ανάλυση Συνεργασίας στο πλαίσιο της Αξιακής Αλυσίδας

Πρέπει στο σημείο αυτό να αναφερθεί ότι η αξιακή αλυσίδα του WiMAX αναπτύσσεται σε παράλληλο επίπεδο με την ανάπτυξη της ασύρματης τεχνολογίας και συνεπώς η συνεργασία μεταξύ βασικών παικτών, οι υποδομές που είναι κοινές για πολλαπλούς παρόχους υπηρεσιών και άλλοι σχετικοί παράγοντες μπορούν να επιταχύνουν την ανάπτυξή της. Ταυτόχρονα μέσα από την στενή συνεργασία μπορούν να μειωθούν τα κόστη και να επιταχυνθεί η προτυποποίηση των WiMAX προϊόντων.

#### 7.3.1.1 Συνεργασία μεταξύ Χειριστών και Παρόχων Υπηρεσιών

Οι δύο αυτοί παίκτες του οικοσυστήματος του WiMAX έχουν την επιλογή να αναπτύξουν μια συνεργατική σχέση για την παροχή υπηρεσιών WiMAX ή να προσφέρουν διαφορετικού είδους υπηρεσίες ξεχωριστά. Σε ένα πιθανό συνεργατικό σενάριο, ο χειριστής που κατέχει το σταθερό δίκτυο μπορεί να βοηθήσει κάποιους παρόχους να κατασκευάσουν την σύνδεση μεταξύ του βασικού μέρους του δικτύου και του σταθμού κεντρικής βάσης. Οι κινητοί χειριστές μπορούν να νοικιάζουν μέρος του ιδιόκτητου φάσματος σε παρόχους υπηρεσιών, ώστε αυτοί να προσφέρουν υπηρεσίες υψηλής ποιότητας στους πελάτες τους. Ταυτόχρονα οι πάροχοι μπορούν να προσφέρουν υποδομή ασύρματου δικτύου ως συμπληρωματική υπηρεσία στους χειριστές.

#### 7.3.1.2 Συνεργασία μεταξύ Πωλητών εξοπλισμού και Πωλητών Συστατικών μερών WiMAX

Η διαδικασία δοκιμής της διαλειτουργικότητας του WiMAX Forum έχει επιτρέψει την συσσώρευση ενός μεγάλου αριθμού πωλητών εξοπλισμού και μερών. Αυτοί οι πωλητές συνεργάζονται στενά με διάφορους τρόπους, που καθορίζονται από τις ιδιαίτερες ανάγκες της αγοράς. Οι πωλητές του σταθερού συστήματος WiMAX και οι πωλητές μερών εργάστηκαν αρμονικά για την ανάπτυξη του συστήματος σταθμού βάσης 802.16d. Οι κινητοί OEM και οι πωλητές chip συνεργάζονται για να επιτύχουν την διαλειτουργικότητα και συμβατότητα στη σύνδεση των διαφόρων κινητών συσκευών. Πολλές συνεργασίες μεταξύ πωλητών έχουν ευρέως εγκαθιδρυθεί και έχουν προσφέρει συμβατές λύσεις μεγάλου βεληνεκούς. Ένα παράδειγμα τέτοιας συνεργασίας είναι αυτή των Intel και Alvarion οι οποίες είναι ο μεγαλύτεροι πωλητές chips (Intel) και συστημάτων (Alvarion) του προτύπου WiMAX, καθώς και οι βασικότεροι παίκτες-μέλη του WiMAX Forum. Οι δύο αυτοί πωλητές έχουν υπογράψει συμφωνία συνεργασίας για την ανάπτυξη του WiMAX, καθώς η Alvarion έχει ανάγκη τα chips της Intel και η Intel με την σειρά της τα συστήματα για τα CPE της Alvarion, ώστε τελικά να ελέγχει και να επιταχύνει την απόδοση των chips της. Ένα από τα αποτελέσματα της συνεργασίας αυτής είναι η αύξηση του μεριδίου αγοράς της Alvarion από το 20% στο 50% και η συνεργασία αυτή αποτελεί πρότυπο

συνεργασίας πωλητών που μπορούν να προφέρουν ο ένας στον άλλον εξαιρετικά οικονομικά και όχι μόνο οφέλη.

### 7.3.1.3 Συνεργασία μεταξύ Πωλητών και Παρόχων Υπηρεσιών.

Οι πωλητές αρχικά είχαν ένα ρόλο που επισκιαζόταν από την δραστηριότητα των παρόχων, έτσι ώστε να μην είναι ιδιαίτερα ορατοί στην αγορά, ωστόσο αυτό έχει αλλάξει. Ακόμη παρέχουν εξοπλισμό και chips στους χειριστές, όμως πλέον έχουν λόγο και επιρροή στην λήψη αποφάσεων των χειριστών. Ένα παράδειγμα τέτοιας συνεργασίας είναι αυτή των Intel, ClearWire και Motorola. Οι Intel και η Motorola επένδυσαν 900.000.000\$ στην ClearWire για την κατασκευή του δικτύου WiMAX και την κάλυψη των Ηνωμένων Πολιτειών. Η επένδυση αυτή είχε φυσικά και τα ανάλογα οφέλη για τους επενδυτές, για παράδειγμα η Motorola απέκτησε τον ασύρματο τομέα NextNet της ClearWire, ενώ ο πρόεδρος της Intel Capital και ο πρόεδρος της Intel Mobility Group έγιναν μέλη της διοίκησης της ClearWire. Μέσα από το παράδειγμα αυτό προκύπτει η δυνατότητα που υπάρχει για καλές συνεργασίες στους πωλητές εξαιτίας της ισχύος και της φιλοδοξίας μεγάλων εταιριών.

Ταυτόχρονα φαίνεται πως με τέτοιες συνεργασίες μπορεί να ενισχυθεί η ισχύς των παρόχων υπηρεσιών και η δυνατότητα τους να αποκτήσουν οικονομικά οφέλη και τεχνολογική υποστήριξη από τους WiMAX πωλητές. Στο μεταξύ οι πωλητές μπορούν να γίνουν «ορατοί» στην αγορά και να συμμετάσχουν στην διαδικασία λήψης αποφάσεων.

## 7.4 Πολιτική -Οικονομική -Κοινωνική-Τεχνική ( PEST) Ανάλυση

Η PEST ανάλυση αποτελεί ένα πολύ σημαντικό εργαλείο, μέσω του οποίου επιτυγχάνεται μία ιδιαίτερα ολοκληρωμένη ανάλυση των συνθηκών υπό των οποίων αναπτύσσεται ένα έργο ή μια τεχνολογία. Παρακάτω κάνουμε μία PEST ανάλυση της WiMAX τεχνολογίας με τα μέχρι σήμερα δεδομένα.

Γενικά η ανάπτυξη του WiMAX σε μια περιοχή εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως το προσωπικό της εταιρίας που πρόκειται να αναπτύξει την συγκεκριμένη τεχνολογία, τους εν δυνάμει αγοραστές της, τους μισθούς και τα οικονομικά δεδομένα. Επίσης ιδιαίτερα σημαντικό είναι και το μικρο-περιβάλλον (microenvironment) γύρω από το οποίο αναπτύσσεται η τεχνολογία αυτή, όπως οι εξωτερικοί πελάτες, οι διανομείς, οι εφοδιαστές των διαφόρων πρώτων υλών και συσκευών καθώς και οι λοιποί ανταγωνιστές. Εκτός όμως από το εσωτερικό περιβάλλον σημαντικό είναι και το μακρο-περιβάλλον (macroenvironment) όπως οι πολιτικές, οικονομικές, πολιτιστικές και τεχνολογικές συνθήκες που επικρατούν.

**Πολιτικές δυνάμεις** που επηρεάζουν την ανάπτυξη της WiMAX τεχνολογίας μπορούν να θεωρηθούν η υφιστάμενη κατάσταση στον δημόσιο τομέα και οι δυνατότητες και τα κίνητρα που δίνονται στην ανάπτυξη καινοτόμων ασύρματων τεχνολογιών. Πολιτικός παράγοντας μπορεί να θεωρηθεί και η υφιστάμενη κατάσταση στην τοπική αγορά.

**Οικονομικοί παράγοντες** που επηρεάζουν την ανάπτυξη των WiMAX δικτύων θεωρείται το κόστος αγοράς τοποθέτησης και λειτουργίας του απαραίτητου εξοπλισμού, τόσο σε υλικό όσο και σε λογισμικό, καθώς και η συντήρηση αυτού και έξοδα που σχετίζονται με επισκευές του υλικού και λογισμικού και την προστασία του δικτύου από πιθανή επίθεση κακόβουλων χρηστών και ιών. Άλλος οικονομικός

παράγοντας είναι η διαλειτουργικότητα ανάμεσα στο WiMAX και τα λοιπά ασύρματα δίκτυα. Στους οικονομικούς παράγοντες εμπεριέχεται και το κόστος για την υποστήριξη των πελατών, με τα έξοδα αυτά να περιλαμβάνουν το κόστος για την υποστήριξη των πελατών για την ενημέρωσή τους και το κόστος για την πρόσβασή τους στο δίκτυο. Τέλος στους οικονομικούς παράγοντες συμπεριλαμβάνεται και το κόστος για την ανάπτυξη της εμβέλειας του δικτύου.

**Κοινωνικοί παράγοντες** που επηρεάζουν την ανάπτυξη ενός WiMAX δικτύου είναι παράγοντες που σχετίζονται με την τοπολογία και την ανάπτυξη της εκάστοτε περιοχής, δεδομένου ότι διαφορετική χρήση του WiMAX παρατηρείται και υιοθετείται σε αστικές, μητροπολιτικές και αγροτικές περιοχές. Στους κοινωνικούς παράγοντες συγκαταλέγεται και η τεχνολογική ανάπτυξη της εκάστοτε περιοχής, δηλαδή εάν το μέρος όπου εφαρμόζεται η WiMAX τεχνολογία είναι αναπτυσσόμενο ή ήδη αναπτυγμένο.

Στους **τεχνολογικούς παράγοντες** που επηρεάζουν την ανάπτυξη της WiMAX τεχνολογίας είναι η ύπαρξη λοιπών ασύρματων και ενσύρματων τεχνολογιών, δεδομένου ότι η ύπαρξη ενός 3G δικτύου επηρεάζει άμεσα και την ανάπτυξη ενός αντίστοιχου κινητού WiMAX, όπως και η ύπαρξη ενός DSL δικτύου επηρεάζει και την δημιουργία ενός σταθερού WiMAX. Στους τεχνολογικούς παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη ενός WiMAX δικτύου είναι και οι πιθανές παρεμβολές από λοιπά δίκτυα. Η ποιότητα των υπηρεσιών που θα προσφέρεται από το WiMAX δίκτυο είναι ένας ιδιαίτερα σημαντικός και καθοριστικός παράγοντας για την ανάπτυξη και υλοποίηση του δικτύου

## 7.5 Return of Investment

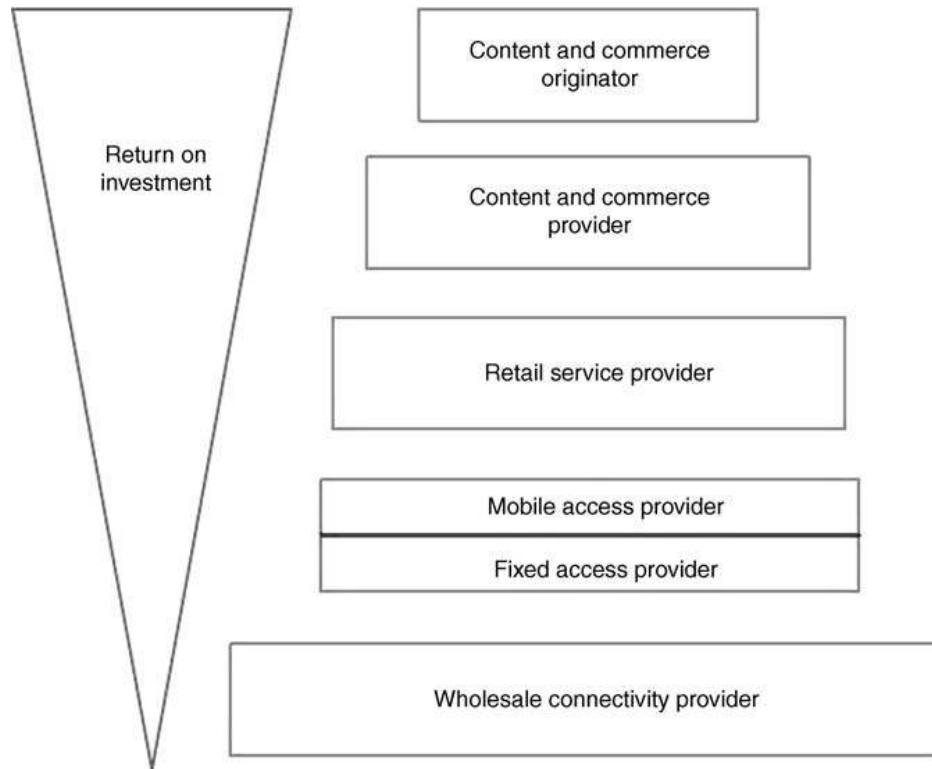
Ο χρόνος ο οποίος χρειάζεται προκειμένου οι εκάστοτε επενδυτές να πάρουν πίσω το κεφάλαιο το οποίο επένδυσαν (ROI) είναι ένα πολύ σημαντικό κριτήριο για την επένδυση και την υιοθέτηση ενός προϊόντος ή μια τεχνολογίας. Το χρονικό αυτό διάστημα (ROI) είναι πολύ καλύτερο για το WiMAX σε σχέση με αυτό του 3G και με αυτό του DSL.

Στην περίπτωση του σταθερού WiMAX και του DSL πολύ σημαντικό είναι το γεγονός ότι το κόστος δημιουργίας και εγκατάστασης ενός WiMAX δικτύου είναι πολύ χαμηλότερο σε σχέση με αυτό του DSL. Η μετάδοση της πληροφορίας στο WiMAX γίνεται ασύρματα με αποτέλεσμα να μην υπάρχουν κόστη καλωδίωσης και εγκατάστασης. Επιπρόσθετα ο χρόνος που χρειάζεται προκειμένου να εγκατασταθεί ένα DSL και να είναι λειτουργικό είναι πολύ μεγαλύτερος από τον χρόνο που χρειάζεται ένα αντίστοιχο WiMAX δίκτυο. Συγκεκριμένα αναφέρουμε ότι το χρονικό διάστημα που χρειάζεται να δημιουργηθεί και να τεθεί σε λειτουργία ένα DSL δίκτυο σε μία μικρή κωμόπολη είναι περίπου τρεις βδομάδες ενώ το η αντίστοιχη διαδικασία για το WiMAX χρειάζεται μόνο ορισμένες ώρες. Συμπερασματικά λοιπόν το χρονικό διάστημα κατά το οποίο η επένδυση έχει γίνει αλλά κέρδη δεν υπάρχουν είναι πολύ μικρότερη στο WiMAX σε σχέση με αυτήν του DSL. Ακόμα, τα κόστη και ο χρόνος συντήρησης ενός DSL δικτύου είναι πολύ ασύμφορα σε σχέση με αυτά του WiMAX.

Από την αρχή του το 3G ήταν αρκετά ευπαθές και ελλιπές ως προς την αρχιτεκτονική του και την οπτική του σε σχέση με την αγορά. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι άδειες για 3G δίκτυα είναι ιδιαίτερα ακριβές, γεγονός που δεν ισχύει για τις άδειες για το WiMAX. Συγκεκριμένα αναφέρουμε ότι στην Σιγκαπούρη το

μεγαλύτερο ποσό που δόθηκε στην δημοπρασία που έγινε για WiMAX άδειες ήταν 2.27 εκατομμύρια δολάρια, ενώ το αντίστοιχο ποσό για τις άδειες που είχαν δοθεί το 2001 για 3G δίκτυα πάλι στην Σιγκαπούρη ήταν 100 εκατομμύρια δολάρια.

Για τους παραπάνω λοιπόν λόγους και επιπρόσθετα για το γεγονός ότι το WiMAX μπορεί να χτιστεί γρήγορα στην ήδη υπάρχουσα υποδομή, το 802.16 επιστρέφει το αρχικό κεφάλαιο της επένδυσης σε πολύ μικρότερο χρόνο σε σχέση με τις άλλες τεχνολογίες που μελετήθηκαν.



Σχήμα 7-4 Το ROI για διαφορετικούς παρόχους [29]

## 7.6 Συμπεράσματα Κεφαλαίου

Το βιομηχανικό οικοσύστημα του WiMAX είναι ένα πλαίσιο κοινό για όλους τους παίκτες που σχετίζονται ενεργά με την ανάπτυξη της WiMAX τεχνολογίας και αποτελεί απόρροια των αλληλεπιδράσεων μεταξύ τους, οι οποίες διέπονται από τυπικούς και άτυπους κανόνες για την δια-βιομηχανική συνεργασία και τις ανταγωνιστικές σχέσεις. Το οικοσύστημα και οι σχέσεις των μελών του καθορίζονται σε μεγάλο βαθμό και από το WiMAX Forum, που περιλαμβάνει μια σειρά ισχυρών εταιριών και συμβούλων που καταπιάνονται με θέματα αυθεντικοποίησης, εφαρμογών, ελέγχων και διευθέτηση του φάσματος προς χρήση. Οι διάφορων ειδών αλληλεπιδράσεις μεταξύ των μελών του οικοσυστήματος WiMAX στο πλαίσιο του επιχειρηματικού μοντέλου αναπαριστώνται με μια αξιακή αλυσίδα (value chain), που περιλαμβάνει τους χειριστές, τους παρόχους συστατικών μερών, τους κατασκευαστές εξοπλισμού και άλλους παίκτες. Η αξιακή αλυσίδα έχει ευέλικτη δομή και μπορεί να ενσωματώσει νέους φορείς, οι οποίοι θα αναπτύσσουν σχέσεις συνεργασίας με τα υπόλοιπα μέλη, ώστε να προωθηθούν τα συμφέροντα και των μεν και των δε, τόσο από οικονομικής πλευράς, όσο και από άποψη ισχύος.

Η Πολιτική-Οικονομική-Κοινωνική-Τεχνική Ανάλυση (PEST Analysis) αναλύει ακριβώς εκείνες τις συνθήκες που επικρατούν στο οικοσύστημα, στην αξιακή αλυσίδα και στην αγορά και επηρεάζουν την πορεία ανάπτυξης του WiMAX. Τέτοιοι παράγοντες είναι πολιτικές δυνάμεις, οικονομικές συνθήκες, κοινωνικοί και τεχνολογικοί παράγοντες. Η έννοια της επιστροφής της επένδυσης (Return of Investment) αναφέρεται στον χρόνο που απαιτείται για να αποκτήσουν οι επενδυτές τα πρώτα κέρδη από τη στιγμή που επένδυσαν το κεφάλαιό τους σε μια τεχνολογία. Το κριτήριο αυτό ευνοείται ιδιαίτερα στην περίπτωση του WiMAX, καθώς ο χρόνος που απαιτείται για την επιστροφή της επένδυσης είναι σημαντικά μικρότερος σε σχέση με άλλες παρεμφερείς τεχνολογίες.



## 8. Στρατηγικές επιτυχίας για τους παροχείς υπηρεσιών WiMAX

Τα παραδοσιακά εργαλεία για την πραγματοποίηση της στρατηγικής ανάλυσης δεν είναι επαρκή τη σύγχρονη εποχή για τους παρόχους υπηρεσιών, καθώς οι προκλήσεις που πρέπει να λάβουν υπόψη δεν είναι στατικές, αλλά συνεχώς εξελισσόμενες. Το πρόβλημα δεν περιορίζεται πλέον στην απλή αξιολόγηση πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων μιας συγκεκριμένης τεχνολογίας όπως το WiMAX. Αντίθετα το κλειδί της επιτυχίας έγκειται στην ικανότητα πρόβλεψης της μελλοντικής εξέλιξης τέτοιων τεχνολογιών και των προοπτικών της.

Δεδομένης της κατάστασης αυτής που επικρατεί στην αγορά των ασύρματων τεχνολογιών απαιτείται μια ισχυρή και κυρίως λειτουργική θεωρία για να κατευθύνει την λήψη αποφάσεων των παρόχων υπηρεσιών και τις ενέργειες τους. Συγκεκριμένα, απαιτείται ένα θεωρητικό στρατηγικό πλαίσιο με πρακτικές εφαρμογές σε ποικίλα επαγγελματικά πλαίσια, που θα παρέχει στις εταιρίες τηλεπικοινωνιών πληροφορίες σε βάθος σχετικά με την φύση των καινοτομιών, του ανταγωνισμού και της συνεχούς εξέλιξης της βιομηχανίας των τηλεπικοινωνιών. Έχει πάντως φανεί πως αυτοί που συνήθως πετυχαίνουν στην ανάπτυξη νέων τεχνολογιών και καινοτομιών είναι οι εταιρίες που πρόσφατα έχουν εισέλθει στο τεχνολογικό στερέωμα-οι λεγόμενες νέες προσθήκες. Τα νέα αυτά μέλη ξεκινούν έχοντας να αντιμετωπίσουν την βασική μειονεξία της έλλειψης επιτευγμάτων και εξαναγκάζονται έτσι να γίνουν δημιουργικές επιλέγοντας νέες τεχνολογίες και ρισκάροντας για να δημιουργήσουν τον δικό τους χώρο. Για αυτούς λοιπόν η στρατηγική είναι απλή και οι νέοι παίκτες στην αγορά μπορούν να επωφεληθούν από το WiMAX και τα καινοτομικά του χαρακτηριστικά. Η θεμελιώδης λογική για την δημιουργία νέων και πρωτότυπων στρατηγικών για μια επιτυχημένη δράση που να ανταπεξέρχεται στις προκλήσεις που δημιουργεί το WiMAX είναι οι παρακάτω:

1) Η δημιουργία στρατηγικών εκτιμώντας τις προοπτικές στην αγορά από τεχνολογικής και οικονομικής άποψης, μέσω μεθόδων όπως η ανάλυση αλυσίδας (value chain analysis) που πρωτοεισήχθηκε από τον Porter [30]. Η value chain analysis είναι μια αλυσίδα δραστηριοτήτων από τις οποίες περνάει το προϊόν. Σε κάθε δραστηριότητα το προϊόν αποκτά κάποια αξία ανάλογα με την απόδοση του και η τελική αξία του προϊόντος αξιολογείται σε σχέση με το κόστος.

2) Ακολουθεί η αξιολόγηση της στρατηγικής /στρατηγικών, όπου δοκιμάζονται οι υποθέσεις σχετικά με την δυνατότητα εφαρμογής της/τους λαμβάνοντας υπόψη τις προκλήσεις της αγοράς και την στρατηγική που ακολουθείται μέχρι στιγμής. Ο καθορισμός των απαραίτητων δυνατοτήτων της στρατηγικής και άλλων βασικών παραγόντων μπορεί να γίνει με την χρήση στρατηγικών SWOT ή VRIO, που όπως έχει ειπωθεί αποτελούν εργαλεία των δυνατών σημείων των αδύνατων σημείων, των ευκαιριών και απειλών μιας εταιρίας, καθώς και των ιδιοτήτων της που είναι πολύτιμες, σπάνιες, ακριβές και εφαρμόζονται προς στιγμήν.

3) Η στρατηγική τοποθέτηση είναι το επόμενο βήμα και αφορά στην επιλογή μιας στρατηγικής και την ταυτοποίηση επιλογών που υφίστανται. Αυτό μπορεί να

πραγματοποιηθεί με την matrix στρατηγική, έχοντας υπόψη πως «κάθε πώληση αντιμετωπίζει τα 5 βασικά εμπόδια: no need, no money, no hurry, no desire, no trust».

4) Η πρόταση στρατηγικής είναι το καταληκτικό σημείο όπου καθορίζονται ο θεμελιώδεις κανόνες για τους παίκτες στην αγορά.

Έχοντας τα παραπάνω κατά νου, η βασική συμβουλή για τους νέους παίκτες-τα εισερχόμενα μέλη- είναι να σιγουρευτούν για τον ριζοσπαστικό και καινοτόμο χαρακτήρα των προϊόντων και υπηρεσιών τους, όπως είναι αυτές του WiMAX. Αναπτύσσοντας την τεχνολογία WiMAX θα κληθούν να εδραιώσουν μια αρχική σταθερή βάση, είτε σε μια νέα αγορά, είτε σε μια αγορά υπό ανάπτυξη, με σκοπό να αποκτήσουν το αρχικό κέρδος που θα τους βοηθήσει να εισέλθουν δυναμικά στις αναπτυγμένες αγορές. Αυτό που μπορούν να εκμεταλλευτούν οι νέοι παίκτες (παροχείς υπηρεσιών) είναι αυτό που τους διαφοροποιεί από τις ήδη επιτυχημένες και αναγνωρισμένες εταιρίες : τα διαφορετικά κίνητρα και το γεγονός πως δεν έχουν τίποτα να χάσουν. Είναι εξαιρετικά πιθανό να γνωρίσουν μεγάλη επιτυχία, παρόλο που η αγορά των τηλεπικοινωνιών διέπεται από ισχυρά κεφάλαια και ευαίσθητες ισορροπίες.

Ας αναφερθούμε στους «αξιωματούχους» και καθιερωμένους παροχείς υπηρεσιών (incumbent service providers) σε αυτούς που ήδη έχουν κάνει σημαντικά βήματα στην αγορά των τηλεπικοινωνιών και έχουν μια παράδοση στην παροχή υπηρεσιών σε συγκεκριμένες συνήθως γεωγραφικές περιοχές . Γιατί εκείνοι να ρισκάρουν να αναπτύξουν την WiMAX τεχνολογία και να αλλάξουν στρατηγικές; Είναι βασικό να αναφέρουμε ότι αυτές οι εταιρίες αντιμετωπίζουν μια δυσκολότερη πρόκληση, αφού το μέλλον τους εξαρτάται από την ικανότητα τους να παρέχουν συνεχόμενα νέες καινοτομίες τις οποίες εκτιμούν οι σημαντικοί πελάτες τους. Οι ικανότητα αυτή δεν στοχεύει μόνο στην επιτυχία αλλά και ουσιαστικότερα στην ίδια την επιβίωση.

Βέβαια ο βασικός αντικειμενικός σκοπός της ομάδας ενός technical manager κάθε εταιρίας είναι η επικερδής ανάπτυξη και για να επιτευχθεί αυτός ο σκοπός είναι απαραίτητος ο εντοπισμός και η εκμετάλλευση νέων, καινοτόμων και φρέσκων τεχνολογιών. Συνεπώς αυτό που απαιτείται δεν είναι μια αλλαγή της στρατηγικής για τις ήδη επιτυχημένες εταιρίες , αλλά η υιοθέτηση μιας ευρείας και ευέλικτης οπτικής, ικανής να ενσωματώνει νέες τεχνολογίες και στην περίπτωση μας το WiMAX .

Όταν μιλάμε για παροχείς υπηρεσιών στην αγορά των τηλεπικοινωνιών ουσιαστικά αναφερόμαστε σε παραδοσιακές εταιρίες τηλεπικοινωνιών, δηλαδή ήδη επιτυχημένους φορείς τοπικών συναλλαγών (ILECs), ανταγωνιστικούς φορείς τοπικών συναλλαγών (CLECs), πάροχους σταθερής τηλεφωνίας και πάροχους ασυρμάτων υπηρεσιών. Σε αυτούς συμπεριλαμβάνονται οι νέες εταιρίες που εισέρχονται μόλις στην αγορά, όπως οι εταιρίες δορυφορικών συστημάτων, εταιρίες ασύρματων τεχνολογιών και υπηρεσιών, εταιρίες που αναπτύσσουν νέες ευρυζωνικές ασύρματες τεχνολογίες, καθώς και τεχνολογίες οπτικών ινών.

## 8.1 WiMAX: Ευκαιρία ή Απειλή ;

Στον αγώνα που διεξάγεται για την παροχή ευρυζωνικών υπηρεσιών σε καταναλωτές και επιχειρήσεις, πολλοί αναρωτιούνται αν το WiMAX θα γίνει άλλο ένα οπλοστάσιο των παραδοσιακών «αξιωματούχων» εταιριών ή ένα νέο όπλο που θα αξιοποιηθεί από νέους και ευέλικτους ανταγωνιστές. Στην αυγή μιας νέας εποχής για την αγορά των ασύρματων τεχνολογιών, οι παραδοσιακοί φορείς και οι πάροχοι ασύρματων τεχνολογιών προσπαθούν να καθορίσουν με ποιο τρόπο να υποδεχτούν την τεχνολογία WiMAX. Οι παραδοσιακοί και οι καταξιωμένοι πάροχοι υπηρεσιών προβαίνουν σε προσεκτικούς σχεδιασμούς για την καλύτερη δυνατή χρήση της αναδυόμενης WiMAX τεχνολογίας, όπως ακριβώς σχεδιάζουν τις κινήσεις τους απέναντι στο Wi-Fi. Ο σκεπτικισμός τους είναι εν μέρει κατανοητός, αφού τεχνολογίες που δεν έχουν ζήτηση δεν υιοθετούνται ποτέ και ούτε καν τις προσέχουν. Οι εταιρίες που ήδη έχουν καταφέρει σημαντικά επιτεύγματα στην αγορά ενδιαφέρονται πρωταρχικά για την ανταμοιβή κέρδους από την επένδυσή τους και σχεδιάζουν προσεκτικά την στάση τους απέναντι σε νέες τεχνολογίες.

Από την άλλη μεριά, όλοι γνωρίζουν πως στον σημερινό ταχέως εξελισσόμενο και τεχνολογικά καθορισμένο κόσμο η προσαρμογή στα νέα δεδομένα δεν είναι απλά η σωστή κίνηση, αλλά η επιταγή των καιρών. Επιβάλλεται η δικτύωση, η διαμόρφωση νέων σχέσεων με τους υπόλοιπους παίκτες και η εξασφάλιση πρόσβασης σε μια πλούσια γκάμα επιλογών για ανάπτυξη. Είναι βέβαιο πως οι πιθανές μελλοντικές επιλογές είναι άγνωστες και ο βασικότερος εξοπλισμός γνώσης για τις μελλοντικές αυτές επιλογές μπορεί να προέλθει μόνο από τον πειραματισμό: την εφαρμογή πολλαπλών στρατηγικών μέσα από το αναγκαστικό κλίμα αβεβαιότητας. Οι εταιρίες που σήμερα καλούνται να είναι ευέλικτες και να κινούνται έξυπνα για να μην αντιμετωπίσουν την πιθανότητα αφανισμού. Το κλίμα αυτό κάποιιοι θα ρισκάρουν να αναπτύξουν το WiMAX αμέσως έχοντας επίγνωση της πιθανότητας για αστάθεια, ενώ άλλοι θα κινηθούν με προσοχή περιμένοντας να σταθεροποιηθεί το WiMAX ως λύση, ρισκάροντας όμως να χάσουν μερίδιο κέρδους από την αγορά. Το ιδανικό θα ήταν η εύρεση του σωστού timing – της χρυσής τομής, που μπορεί να προσφέρει μια ισορροπία στο κέρδος και την αξιοπιστία που θα απορρέει από τις καινοτόμες υπηρεσίες και τα προϊόντα WiMAX.

## 8.2 Φορείς ενσύρματων δικτύων (Wire Line Carriers)

Η ριζική αύξηση της ζήτησης για γρήγορες και αποτελεσματικές λύσεις προσφοράς όπως το διαδίκτυο, πρόσβαση στο ηλεκτρονικό εμπόριο, τηλεργασία και για εφαρμογές πολυμέσων κατευθύνει σε μεγάλο βαθμό τις απαιτήσεις για αυξημένη δυνατότητα ευρυζωνικότητας. Αυτές οι συνεχώς μεταβαλλόμενες απαιτήσεις αναγκάζουν τους παρόχους υπηρεσιών να διευρύνουν την παροχή υπηρεσιών internet τόσο για τις επιχειρήσεις όσο και για τους μεμονωμένους χρήστες.

Μέχρι σήμερα, οι φορείς δικτύων βασίζονταν σε ενσύρματες λύσεις για να παρέχουν ευρυζωνική πρόσβαση στους πελάτες τους. Ουσιαστικά αυτό συνίστατο στην αναβάθμιση της υπάρχουσας υποδομής μέσω της χρήσης ISDN και DSL τεχνολογίας. Παρόλα αυτά το DSL μπορεί να εξυπηρετήσει μικρό μόνο μέρος της αγοράς καθώς έχει εν γένει περιορισμούς στο μήκος και την ποιότητα των καλωδίων και απαιτεί εγκατάσταση από άτομα ειδικά εκπαιδευμένα για αυτό. Από την άλλη, οι λύσεις

αυτές δεν είναι όπως έχουμε προαναφέρει οικονομικά συμφέρουσες ούτε και γρήγορες στην εφαρμογή τους. Οι φορείς αυτοί λοιπόν στην αναζήτηση τους για μια οικονομική συμφέρουσα τεχνολογία με όλες τις προδιαγραφές για να ανταπεξέλθει στις απαιτήσεις έντονης ζήτησης, επιλέγουν το WiMAX και αποκτούν πολλές προοπτικές επιτυχίας. Αυτό συμβαίνει καθώς οι ενσύρματοι πάροχοι cable και DSL λύσεων βλέπουν το WiMAX ως μια δικλείδα ασφαλείας για την είσοδο τους στην ασύρματη αγορά, χωρίς να χρειαστεί να ακολουθήσουν τον ακριβό δρόμο της κυβελωτής τεχνολογίας [29]. Ταυτόχρονα τους δίνεται η δυνατότητα να καλύψουν πολλά κενά στα cable ή DSL δίκτυα τους.

### 8.3 Ανάλυση SWOT της WiMAX τεχνολογίας

Η ανάλυση SWOT είναι ένα εργαλείο στρατηγικού σχεδιασμού του μάρκετινγκ το οποίο χρησιμοποιείται για την ανάλυση του εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος μίας επιχείρησης ή μίας τεχνολογίας, όπως στην προκειμένη περίπτωση, όταν πρέπει να ληφθεί μία απόφαση σε σχέση με τους στόχους και τις προοπτικές που έχουν τεθεί. Κατά την ανάλυση SWOT μελετώνται τα δυνατά (Strengths) και αδύνατα (Weaknesses) σημεία του υπό εξέταση αντικειμένου, καθώς και οι ευκαιρίες (Opportunities) και οι απειλές (Threats) που υπάρχουν.

Σαν εργαλείο, η ανάλυση SWOT δεν αποτελεί πλήρη μελέτη ενός υπό εξέταση θέματος, αλλά ένα χρήσιμο και συμπληρωματικό μέσο που βοηθά συχνά στην προκαταρκτική εξέταση και την εξαγωγή βασικών συμπερασμάτων.

Η ανάλυση SWOT της υπηρεσίας WiMAX είναι σκόπιμο να χωριστεί σε αυτήν της αναπτυσσόμενης αγοράς και αυτήν της αναπτυσσόμενης, εξαιτίας των διαφορετικών τρόπων ανάπτυξης και των διαφορετικών οικονομικών περιβαλλόντων που επικρατούν στις δύο αυτές αγορές. Βέβαια, επειδή οι εσωτερικοί παράγοντες που καθορίζουν τις δύο αγορές είναι κοινοί και εδραιωμένοι, τα δυνατά και αδύνατα σημεία τους είναι από μια άποψη τα ίδια. Αυτό που διαφέρει είναι οι προοπτικές και οι απειλές για κάθε αγορά.

Η διαίρεση αυτή της παγκόσμιας αγοράς δεν βασίζεται στους ρυθμούς ανάπτυξης της οικονομίας, παρά στο επίπεδο πρόσβασης της υποδομής του δικτύου και ιδιαίτερα του ευρυζωνικού δικτύου. Οι αναπτυσσόμενες αγορές επικεντρώνονται στις αστικές περιοχές και τα προάστια, ενώ οι αναπτυσσόμενες αγορές στην επαρχία και τις ελλιπώς εξυπηρετούμενες περιοχές.

Δυνατά σημεία	Αδυναμίες
Υποστήριξη μεγάλου εύρους συχνοτήτων και μηχανισμού εγγύησης QoS για εφαρμογές IP	Το θέμα της ασφάλειας δεν έχει διευθετηθεί
Βασίζεται σε ελεγμένες τεχνικές OFDM	Μη διαμορφωμένο μοντέλο κέρδους και διαμοιρασμού του κέρδους
Εφαρμόζεται με μικρό κόστος ειδικά σε μη-αστικές περιοχές	Δεν έχει επιτευχθεί η πλήρης Συμβατότητα του σταθερού δικτύου WiMAX και του

Μεγαλύτερη κάλυψη σε σύγκριση με άλλες τεχνολογίες BWA (30 μίλια)	κινητού δικτύου της Απουσία διεθνούς καθορισμένου και οριοθετημένου φάσματος συχνοτήτων
Υποστηρίζει συνδέσεις τύπου LOS και NLOS με ευέλικτες δικτυακές υποδομές Λειτουργεί σε ζώνες με ή χωρίς άδεια και υποστηρίζει πολλαπλές ζώνες συχνοτήτων Είναι νέα τεχνολογία χωρίς τα προβλήματα που προέκυψαν στην ιστορία της 3G Τεχνολογία έξυπνης κεραίας	

**Δυνατά σημεία και Αδυναμίες της WiMAX στην παγκόσμια αγορά**

Όπως φαίνεται και στο Σχήμα 11.1, η υπηρεσία WiMAX παρουσιάζει πολυάριθμα πλεονεκτήματα λόγω της προηγμένης τεχνολογίας που έχει υιοθετήσει και της καλά προσδιορισμένης οικονομικής της πρότασης. Το κύριο πλεονέκτημα της WiMAX είναι ο καλός σχεδιασμός των στρωμάτων PHY και MAC και ιδιαίτερα η υιοθέτηση της τεχνολογίας OFDM και OFDMA. Άλλο δυνατό σημείο αποτελεί η υιοθέτηση της τεχνολογίας έξυπνης κεραίας της MIMO που μπορεί να εξαλείψει αποτελεσματικά τις εχθρικές επιδράσεις της πολλαπλής αναπαραγωγής, βελτιώνοντας έτσι την ποιότητα υπηρεσιών του δικτύου WiMAX.

Το WiMAX υποστηρίζει επίσης τις συνδέσεις LOS(Line-of-Sight) και NLOS(Non-Line-of-Sight) και μπορεί να αναπτυχθεί μέσω πολλαπλής πρόσβασης λόγω της ευέλικτης υποδομής της για δίκτυα. Το δίκτυο της WiMAX έχει τη δυνατότητα να συνδυάσει άλλα ασύρματα δίκτυα για την παροχή υπηρεσιών ή να παρέχει τη δική της δικτυακή λύση. Αυτά τα ευέλικτα σχέδια προσφέρουν αποτελεσματικές και οικονομικές λύσεις σε ορισμένες αγορές. Το σύστημα του κινητού WiMAX από την άλλη, υποστηρίζει σημαντικά μεγαλύτερο εύρος συχνοτήτων από το δίκτυο 3G (1.25-20 MHz, 3G:5MHz). Το σταθερό WiMAX προσφέρει επίσης μεγαλύτερη κάλυψη από άλλες BWA τεχνολογίες όπως σήμερα η Wi-Fi. Βασικό είναι ακόμη ότι υποστηρίζει το μηχανισμό εγγύησης QoS(Quality of Service) για να διασφαλίζει σύνδεση IP και να προσφέρει υπηρεσίες όπως η VOIP. Το πλεονέκτημα αυτό παίζει το ρόλο του και στην εκπομπή multimedia δεδομένων πραγματικού χρόνου, όπως για παράδειγμα στην υπηρεσία IPTV.

Γενικά, η ανάπτυξη της τεχνολογίας WiMAX δεν παρουσιάζει το πρόβλημα του ακριβού φάσματος που εμφανίστηκε στην ιστορία εξέλιξης της 3G. Στις κυβερνήσεις είναι γνωστό ότι τα ακριβά 3G φάσματα έχουν αποθαρρύνει ως ένα βαθμό τους χειριστές ως προς τη χρήση των υπηρεσιών 3G. Αναμφίβολα δεν θα συμβεί κάτι παρόμοιο στην αγορά WiMAX. Εξάλλου η WiMAX μπορεί να λειτουργεί σε ζώνες με ή χωρίς άδειες και αυτές οι ζώνες είναι ήδη διαθέσιμες στις περισσότερες χώρες. Η υποστήριξη πολλαπλών ζωνών λειτουργίας επιτρέπει στη WiMAX να παρέχει υπηρεσίες πολλαπλών επιπέδων μέσω των διαφορετικών συνθηκών των ζωνών συχνότητας.

Αν και στις ανεπτυγμένες αγορές η ανάπτυξη του σταθερού WiMAX έχει μεγαλύτερο κόστος από αυτό του DSL, η τυποποίηση του λογισμικού και του hardware οδηγεί στη μείωση του κόστους και στον ανταγωνισμό με το DSL.

Μάλιστα, το κόστος χρήσης του WiMAX για την αναβάθμιση του DSL είναι μικρότερο από το κόστος χρήσης δικτύου ινών.

### 8.3.1 Αδυναμίες

Για την τεχνολογία WiMAX το θέμα της ασφάλειας ακόμη αποτελεί πρόβλημα και δεν έχει διευθετηθεί πλήρως. Ο μηχανισμός επικύρωσης της γνησιότητας και η ποιότητα του secret key δεν είναι ακόμη αρκετά διαμορφωμένα για τον χειρισμό δικτύου υψηλής ασφάλειας, αν και το WiMAX διαθέτει κάποια χαρακτηριστικά ασφάλειας.

Άλλο ένα θέμα είναι αυτό της συμβατότητας του σταθερού δικτύου WiMAX με το κινητό δίκτυο WiMAX, η οποία δεν είναι ακόμη πλήρης. Ως επακόλουθο έρχεται ένας περιορισμός για τους παρόχους υπηρεσιών όταν πρόκειται για την αναβάθμιση του σταθερού δικτύου WiMAX σε κινητό δίκτυο. Ταυτόχρονα, το μοντέλο του κέρδους και το μοντέλο διαμοιρασμού των κερδών για τους χειριστές δεν είναι πλήρως διαμορφωμένα και φαίνονται ακόμη περίπλοκα. Για τις υπηρεσίες WiMAX δεν υπάρχουν πλήρως στοιχειοθετημένα μοντέλα τέτοιου είδους και κάποιοι πάροχοι υπηρεσιών διστάζουν να επενδύσουν στη WiMAX για αυτό το λόγο.

Τέλος, ένα από τα πλεονεκτήματα του WiMAX είναι η υποστήριξη πολλαπλών ζωνών συχνοτήτων με ή χωρίς άδεια γεγονός που μπορεί να λειτουργήσει και αντιθετικά και να μετατραπεί σε μειονέκτημα. Μπορεί λοιπόν η να λειτουργεί σε πολλαπλές ζώνες και να προσφέρει με ευέλικτο τρόπο υπηρεσίες πολλαπλών επιπέδων, όμως αυτό ταυτόχρονα αποτελεί έλλειψη μιας διαθέσιμης και καθορισμένης φόρμας και ενός εντοπισμένου φάσματος. Κάτι τέτοιο μπορεί να αποτελέσει τροχοπέδη για το παγκόσμιο roaming και να μειώσει την αξία της συνδεσιμότητας που προσφέρει η υπηρεσία WiMAX.

### 8.3.2 Προοπτικές και Απειλές

#### 8.3.2.1 Προοπτικές στην Αναπτυσσόμενη Αγορά

Η υποδομή του συγκλίνοντος δικτύου απαιτεί τον συνδυασμό του κυψελοειδούς και του ευρυζωνικού δικτύου, αφού και τα δύο παρουσιάζουν πλεονεκτήματα ως προς τη συμβολή τους στην απόδοση του δικτύου. Η ασύρματη ευρυζωνική τεχνολογία είναι η καλύτερη λύση για την επίτευξη του στόχου της απόδοσης στην αναπτυσσόμενη αγορά, λόγω της υψηλότερης ταχύτητας εκπομπής σε σύγκριση με τον καλωδιακό τρόπο πρόσβασης.

Από την άλλη, ο συνδυασμός συσκευών Wi-Fi μικρής κάλυψης περιορίζει την ταχύτητα και τη δυνατότητα κάλυψης της ασύρματης πρόσβασης στο Internet. Ένας φορητός υπολογιστής για παράδειγμα, με ενσωματωμένα Wi-Fi τσιπς μπορούσε να επιτύχει πρόσβαση στο Internet στο εύρος των 300 μέτρων περίπου. Αυτός ο περιορισμός λειτουργεί καθοριστικά για τη WiMAX τεχνολογία, αφού της δίνεται η ευκαιρία να επεκτείνει την ασύρματη συνδεσιμότητα στα 30 μίλια παρέχοντας ταυτόχρονα υψηλή ταχύτητα εκπομπής. Υψηλή ταχύτητα εκπομπής απαιτείται και σε



άλλες εφαρμογές όπως η multimedia, τα δικτυακά παιχνίδια και οι εφαρμογές IPTV, που γίνονται ολοένα δημοφιλέστερες στις αναπτυγμένες αγορές της Κορέας και της Ιαπωνίας. Και πάλι λοιπόν η WiMAX μπορεί να προσφέρει την απαιτούμενη ταχύτητα μαζί με μια κάλυψη μεγάλου εύρους περιοχών.

Άλλος ένας διευκολυντικός παράγοντας για τη WiMAX είναι η ενεργητική στάση που παρατηρείται στις περισσότερες κυβερνήσεις στις Ην.Πολιτείες, στην Ευρώπη και την Ασία σχετικά με τις διάφορες παραμέτρους κανονισμών της WiMAX. Κατανέμοντας ζώνες με ή χωρίς άδειες, οι κυβερνήσεις επέτρεψαν στους χειριστές και τους παρόχους υπηρεσιών να αναπτύξουν τις κατάλληλες εφαρμογές WiMAX. Στο πλαίσιο του καθορισμένου και οριοθετημένου αυτού περιβάλλοντος οι μεγάλες εταιρίες-πωλητές έχουν προωθήσει την κινητοποίηση των χειριστών και των παρόχων υπηρεσιών στις αναπτυγμένες αγορές. Η Intel, η Motorola και η Alvarion μαζί με άλλους ισχυρούς πωλητές είναι οι βασικοί υποστηρικτές της τεχνολογίας OFDM και των πλεονεκτημάτων της WiMAX. Η υποστήριξή τους ωθεί σε ένα βαθμό την ανάπτυξη της υπηρεσίας WiMAX, καθώς και τη διαδικασία μοντελοποίησής της. Αυτή η υποστήριξη περιλαμβάνει τους τομείς της ανάπτυξης, παραγωγής και έρευνας.

### 8.3.2.2 Απειλές για την Αναπτυγμένη αγορά

Στις αναπτυγμένες αγορές η ευρυζωνική πρόσβαση DSL είναι ευρέως διαδεδομένη, αφήνοντας έτσι στην ανάπτυξη της σταθερής WiMAX μόνο περιορισμένες ευκαιρίες, ειδικά εφόσον το κόστος των σταθερών υπηρεσιών WiMAX είναι υψηλότερο από εκείνο της DSL. Εξάλλου, ως νεοεμφανιζόμενη τεχνολογία, η WiMAX δεν χαίρει της μεγάλης εμπιστοσύνης που έχει κερδίσει η DSL.

Εκτεταμένη σε αυτές τις αγορές είναι και η επιρροή του δικτύου 2G/3G, με τους συνδρομητές του να αυξάνονται σταδιακά και με την αναβαθμισμένη έκδοση HSDPA να έχει και αυτή κυκλοφορήσει στην αγορά. Αντίθετα, η εισαγωγή της κινητής WiMAX έγινε μόλις το 2007, μια καθυστέρηση που απειλεί τις προοπτικές ανάπτυξής της. Ανασταλτικός παράγοντας για την ανάπτυξη αυτή αποτελεί και η έλλειψη υποστήριξης από πολλούς χειριστές κινητής τεχνολογίας. Αυτοί οι χειριστές σκέφτονται συνήθως να εφαρμόσουν τη WiMAX ως συμπληρωματική τεχνολογία ή και να μην την εφαρμόσουν καθόλου, εφόσον θεωρούν τη WiMAX περισσότερο ανταγωνιστική τεχνολογία παρά συμπληρωματική.

#### Αναπτυγμένη Αγορά

Ευκαιρίες	Απειλές
Κυψελοειδής υποδομή για συγκλίνοντα δίκτυα	Ευρεία κυριαρχία των τεχνολογιών DSL/ADSL σε αστικές και μη περιοχές
Περιορισμένη ασύρματη κάλυψη WLAN	Μη εδραιωμένη εμπιστοσύνη στη WiMAX
Ποικιλία ασύρματων εφαρμογών απαιτούν υψηλές ταχύτητες και δίκτυο ευρείας κάλυψης	Υψηλότερο κόστος για την ανάπτυξη της WiMAX σε σχέση με DSL και καλωδιακή πρόσβαση
Ισχυρή βιομηχανική προώθηση,	Περιορισμένη υποστήριξη από τους

υποστήριξη από τις μεγάλες εταιρίες χειριστές κινητής τεχνολογίας  
 Προώθηση της ευρείας επέκτασης της Ευρεία ανάπτυξη της 3G με την  
 σταθερής αναβαθμισμένη έκδοση HSPDA  
 WiMAX από τις κυβερνήσεις

#### Ευκαιρίες και Απειλές στην Αναπτυσσόμενη αγορά

##### 8.3.2.3 Προοπτικές στην Αναπτυσσόμενη αγορά

Οι περισσότερες αναπτυσσόμενες χώρες έχουν περιορισμένη πρόσβαση DSL ή και καθόλου πρόσβαση. Στις περιοχές αυτές εμφανίζεται μια τεράστια προοπτική για την υπηρεσία WiMAX που υποκινείται από τη διαδικασία ενδυνάμωσης των αναπτυσσόμενων οικονομιών. Σε αυτές τις αγορές, η WiMAX μπορεί να προσφέρει οικονομικές λύσεις, ευέλικτη και ταχεία εγκατάσταση. Οι κυβερνήσεις των χωρών αυτών διατηρούν μια ενεργητική και θετική στάση προς την επέκταση της WiMAX και τις παραμέτρους που αφορούν τους κανονισμούς της, ακριβώς διότι θεωρούν πως το δίκτυο WiMAX μπορεί να τους προσφέρει λύσεις ασύρματης ευρυζωνικής πρόσβασης με χαμηλό κόστος και υψηλή ταχύτητα. Αποσκοπούν κυρίως στην ικανοποίηση των αυξημένων αναγκών των πελατών και στην αύξηση του μέσου όρου ευρυζωνικής πρόσβασης.

Στις αναπτυσσόμενες αγορές οι απαιτήσεις των χρηστών έχουν αυξηθεί γρήγορα, διότι η υποδομή του ευρυζωνικού δικτύου που υπο-εξυπηρετούνταν προκάλεσε με κάποιο τρόπο την ανάπτυξη της οικονομίας. Παρουσιάζονται έτσι μεγάλες ευκαιρίες για την επέκταση του δικτύου WiMAX σε ευρείες ζώνες. Η WiMAX τεχνολογία διαθέτει ακόμη μεγάλες προοπτικές να μετατραπεί σε βασικό ανταγωνιστή της 3G, εκμεταλλευόμενη την παρούσα κατάσταση της έλλειψης αδειών 3G, αφού σε πολλές αναπτυσσόμενες αγορές οι άδειες αυτές καθυστερούν αρκετά να εκδοθούν.

Για τους χειριστές της WiMAX και ειδικά για τους διεθνείς και τοπικούς πωλητές οι αναπτυσσόμενες αγορές παρουσιάζουν μεγάλες ευκαιρίες για την επικυριαρχία της WiMAX, αφού υπάρχει μεγάλη ζήτηση που όμως δεν ικανοποιείται από την ελλιπή στήριξη της υπάρχουσας δικτυακής υποδομής των χωρών. Η WiMAX μπορεί να γίνει η κατάλληλη BWA (Broadband Wireless Access) τεχνολογία για αυτές τις χώρες και να λειτουργήσει ως εναλλακτική της DSL παρέχοντας ασύρματες λύσεις.

##### 8.3.2.4 Απειλές για την Αναπτυσσόμενη αγορά

Ορισμένες κυβερνήσεις χωρών που συγκαταλέγονται στην αναπτυσσόμενη αγορά εφαρμόζουν αυστηρές πολιτικές και κανονισμούς στη βιομηχανία των τηλεπικοινωνιών, θεωρώντας τις τηλεπικοινωνίες ως μια διεθνή βιομηχανία. Έτσι, οι περισσότερες εταιρίες τηλεπικοινωνιών σε αυτές τις χώρες βρίσκονται υπό τον άμεσο ή έμμεσο έλεγχο της κυβέρνησης. Η εμφάνιση της WiMAX επιφέρει απειλές και ανταγωνισμούς για τους υπάρχοντες καθιερωμένους χρήστες. Οι κυβερνήσεις με την ισχύ που διαθέτουν μπορεί να επιτρέψουν μόνο στους καθιερωμένους ασύρματους και καλωδιακούς χειριστές να εφαρμόσουν και να αναπτύξουν τις υπηρεσίες WiMAX, καθιστώντας τους τους κύριους ελεγκτές του χειρισμού της. Το μονοπώλιο αυτό δεν θα επιτρέψει σε άλλους χειριστές τη δυνατότητα εισόδου στην αγορά της WiMAX.

Παράλληλα, οι χειριστές κινητής τεχνολογίας μπορεί να επιμείνουν στην αναμονή για τις 3G άδειες που δεν έχουν ακόμη εκδοθεί. Κάτι τέτοιο είναι εν μέρει κατανοητό, αφού ο χειρισμός της υπηρεσίας 3G μπορεί να πραγματοποιείται σε διεθνές επίπεδο για την προσωπική επικοινωνία και η 3G υπηρεσία έχει καθιερωθεί ήδη ως αξιόπιστη. Ακόμη κι αν κάποιες εταιρίες κινητοποιηθούν προς την κατεύθυνση της WiMAX και θέσουν το δίκτυο υπό δοκιμή, η WiMAX τείνει να θεωρείται συμπληρωματικό ή υποβοηθητικό δίκτυο. Αυτή η υποτίμηση της αξίας και του status της WiMAX μπορεί να πλήξει τη διαδικασία ανάπτυξης της υπηρεσίας στις αγορές των χωρών αυτών, οι οποίες επιπλέον κατοικούνται συχνά από πληθυσμό μικρής πυκνότητας, γεγονός που μπορεί να μειώσει τα πιθανά κέρδη στους παρόχους υπηρεσιών.

#### Αναπτυσσόμενη Αγορά

Ευκαιρίες	Απειλές
Υπο-εξυπηρετούμενη υποδομή δικτύου DSL ή παντελής έλλειψη ευρυζωνικής Πρόσβασης	Περιορισμένο και μη διαμορφωμένο κανονιστικό πλαίσιο
Θετική στάση εκ μέρους των κυβερνήσεων και των τοπικών χειριστών	Περιορισμένη υποστήριξη εκ μέρους των χειριστών κινητής τεχνολογίας
Αυξανόμενες απαιτήσεις των χρηστών	Περιορισμένη απήχηση στον πληθυσμό
Καθυστερήσεις στην έκδοση των 3G αδειών	Έμφαση στην συμπληρωματική ή βοηθητική χρήση της WiMAX
Ισχυρή βιομηχανική προώθηση, υποστήριξη της δικτυακής λύσης WiMAX	

#### Ευκαιρίες και Απειλές στην αναπτυσσόμενη αγορά

### 8.3.3 Στρατηγικές Ανάπτυξης για τις Αγορές του WiMAX

Οι στρατηγικές ανάπτυξης για τις αγορές του WiMAX πηγάζουν ουσιαστικά από τους συγκεκριμένους παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη της WiMAX τεχνολογίας, καθώς και από την συμπερίληψη σε αυτούς των απειλών και των προοπτικών. Με την ανάλυση και τη μελέτη των πιθανών στρατηγικών, η επέκταση του WiMAX μπορεί να πραγματοποιηθεί μεθοδικά, συστηματικά και με βάση ένα ορισμένο σχέδιο, γεγονός το οποίο συντελεί θετικά στο να ξεπεραστούν οι αδυναμίες και να αντιμετωπιστούν οι απειλές. Η διχοτόμηση της παγκόσμιας αγοράς όπως προέκυψε από την ανάλυση SWOT ισχύει και για τις στρατηγικές, που θα είναι προσαρμοσμένες στα ειδικά χαρακτηριστικά της Αναπτυσσόμενης και της Αναπτυσσόμενης αγοράς αντίστοιχα.

### 8.3.3.1 Στρατηγικές για την Αναπτυγμένη Αγορά

#### **Στρατηγικές Δυνατών σημείων και Προοπτικών (Strengths-Opportunities)**

Η υπάρχουσα διαμορφωμένη κατάσταση για το συγκλίνον δίκτυο παρέχει στο WiMAX τη δυνατότητα να συνεργαστεί με το κυψελωτό δίκτυο και οι χειριστές κινητής τεχνολογίας σπεύδουν να αναπτύξουν ενεργητικά το κινητό WiMAX ως συμπληρωματική υπηρεσία του κυψελωτού δικτύου. Μέσα από αυτόν τον συνδυασμό της κινητής και σταθερής λύσης στοχεύουν στην τελειοποίηση και ενίσχυση της δυνατότητας του συστήματος του κινητού δικτύου και αυτό ιδιαίτερα στις αστικές και οίμοι-αστικές περιοχές, όπου ο αριθμός των συνδρομητών κινητής τεχνολογίας είναι αυξημένη. Μια τέτοια πρωτοβουλία συγκερασμού θα μπορούσε να είναι ιδιαίτερα ελκυστική στους μεγάλους πελάτες, με την παροχή διαφόρων ειδικών εφαρμογών όπως το B2B, το real time εμπόριο, το LBS και άλλες υπηρεσίες. Αυξάνεται ταυτόχρονα η προοπτική να υιοθετήσουν οι τελικοί χρήστες υπηρεσία πρόσβασης WiMAX υψηλής ταχύτητας.

Παράλληλα, οι χειριστές κινητής τεχνολογίας προτείνεται να συνεργαστούν με παρόχους υπηρεσιών τύπου Wi-Fi backhaul, για να επεκτείνουν την επιχείρηση και να παρέχουν εφαρμογές δεδομένων πολλαπλών πηγών μέσω της χρήσης του κυψελωτού δικτύου και του ασύρματου ευρυζωνικού δικτύου (καθότι το κυψελωτό δίκτυο δεν παρέχει από μόνο του επαρκή βάση για τη διεκπεραίωση εργασιών πέρα των υπηρεσιών φωνής).

Ως καλό παράδειγμα S-O στρατηγικής μπορεί να αναφερθεί η στρατηγική της Sprint Nextel. Η εταιρία αυτή υιοθέτησε μια στρατηγική ταυτόχρονης ανάπτυξης του WiMAX και του 3G, με μακροπρόθεσμο στόχο την αναπτυξιακή πορεία προς το 4G. Για την επίτευξη αυτού του σκοπού η S.Nextel επένδυσε μεγάλα ποσά για την ανάπτυξη του WiMAX στις Ηνωμένες Πολιτείες, ενώ διατήρησε και αναβάθμισε το δίκτυο 3G της. Η συνδυαστική αυτή στρατηγική μπορεί να προσφέρει μεγαλύτερη ευελιξία στην επιλογή της τεχνολογίας και των παρεχόμενων υπηρεσιών. Με αυτόν τον τρόπο, η Nextel μπορεί να χρησιμοποιεί το WiMAX για να παρέχει σύνδεση υψηλής ταχύτητας σε χρήστες laptop και PDA, αφού το WiMAX έχει μεγαλύτερες δυνατότητες εκπομπής δεδομένων σε σχέση με το 3G. Το 3G από την άλλη έχει το πλεονέκτημα να προσφέρει υπηρεσίες φωνής για τους κινητούς χρήστες.

Όπως προαναφέρθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο, οι κυβερνήσεις της αναπτυγμένης αγοράς προωθούν την ανάπτυξη του σταθερού WiMAX και καλλιεργούν ένα πρόσφορο έδαφος για τον ανταγωνισμό του WiMAX με το παραδοσιακό wired μοντέλο πρόσβασης, με την βοήθεια της διαθεσιμότητας ζωνών με ή χωρίς άδεια. Είναι στο συμφέρον των WISP μικρού και μεσαίου μεγέθους να ξεκινήσουν αρχικά παρέχοντας Wi-Fi υποβοηθητικές υπηρεσίες σε ζώνες συχνοτήτων χωρίς άδειες για ορισμένα κέντρα, όπως για παράδειγμα τα αεροδρόμια, για να επεκτείνουν την δυνατότητα κάλυψης του δικτύου Wi-Fi. Ακολούθως, οι μικρές εταιρίες θα μπορούν να νοικιάσουν γραμμές-ζώνες από χειριστές κινητής τεχνολογίας ή να συνεργαστούν με αυτούς για την παροχή κινητών υπηρεσιών. Αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του αρχικού κόστους για τον πάροχο μέσω της χρήσης ζωνών χωρίς άδεια και ταυτόχρονα δίνει τη δυνατότητα στον πάροχο να ξεκινήσει προσφέροντας BWA υπηρεσίες, αποφεύγοντας τις μεγάλες επενδύσεις για την εισαγωγή του στη αγορά.

#### **Στρατηγικές Δυνατών σημείων και Απειλών (Strengths-Threats)**

Δεδομένης της ευρείας ανάπτυξης του ευρυζωνικού DSL και των υποδομών του κυψελωτού δικτύου, καθώς και της συνεχιζόμενης επέκτασής τους, οι πάροχοι υπηρεσιών έχουν στη διάθεσή τους περιορισμένες μόνο δυνατότητες για την παγκόσμια διάδοση του WiMAX δικτύου. Θα μπορούσαν ωστόσο να βρουν κάποιες ευκαιρίες σε κατάλληλες επιχειρήσεις και να προσφέρουν υπηρεσίες σε επιχειρήσεις και υψηλόβαθμους χρήστες. Το ευέλικτο ασύρματο και οικονομικά συμφέρον πλεονέκτημα της ανάπτυξης του WiMAX είναι ιδιαίτερα κατάλληλο για μια αναθεώρηση των εφαρμογών στις μεγάλες επιχειρήσεις, με το WiMAX να τους προσφέρει υπηρεσίες σε ζώνες με ή χωρίς άδειες.

Οι επιχειρήσεις που διαθέτουν ήδη DSL υποδομή θα μπορούσαν να υιοθετήσουν το δίκτυο WiMAX ως μια κατάλληλη λύση για την αναβάθμιση των δυνατοτήτων του DSL και του cable δικτύου, αποφεύγοντας έτσι την ανάπτυξη ενός εξαιρετικά ακριβού δικτύου ινών. Για τους χειριστές κινητής τεχνολογίας από την άλλη, η ανάπτυξη του HSDPA μάλλον αποθαρρύνει τις βλέψεις προς το κινητό WiMAX, και έτσι είτε στρέφονται σε μια αποκλειστική ανάπτυξη του 3G, είτε υιοθετούν το WiMAX με συμπληρωματική λειτουργία για το 3G. Ακριβώς επειδή και το WiMAX και το HSDPA έχουν σχεδιαστεί με απώτερη προοπτική το δίκτυο 4G, όποια κι αν είναι η τελική τους επιλογή, η πορεία ανάπτυξης θα καταλήξει στο ίδιο σημείο: στο 4G.

### **Στρατηγικές Αδυναμιών και Ευκαιριών (Weaknesses-Opportunities)**

Για να αναπτύξουν το δίκτυο WiMAX σε κυψελωτή υποδομή για συγκλίνουσες υπηρεσίες, οι χειριστές κινητής τεχνολογίας χρειάζονται μια καλή εγγύηση για τον μηχανισμό ασφάλειας όσον αφορά τη χρήση της προσωπικής επικοινωνίας. Το WiMAX ωστόσο έχει κάποια θέματα ελλιπούς ασφάλειας που δεν έχουν διευθετηθεί. Έτσι, οι χειριστές θα πρέπει να προσανατολιστούν στην επίλυση των προβλημάτων και την διευθέτηση του ζητήματος, έχοντας ως πρότυπο τον μηχανισμό ασφάλειας του 3G.

Ούτως ή άλλως, οι χειριστές κινητής τεχνολογίας έχουν ήδη αποκτήσει μια ώριμη εμπειρία στο μοντέλο κέρδους που προσφέρει το 3G, συνεπώς θα μπορούσαν να δεχτούν εύκολα να ειδικευτούν στις υπηρεσίες WiMAX και να επωφεληθούν και από αυτό το κέρδος. Βέβαια, θα πρέπει να υιοθετήσουν το κατάλληλο μοντέλο κέρδους για την παροχή των μεικτών υπηρεσιών Wi-Fi/WiMAX, καθώς αυτή η υπηρεσία αποτελεί νέο συνδυασμό υπηρεσιών BWA. Για το σκοπό αυτό δεν υπάρχει δυστυχώς κάποιο έτοιμο μοντέλο που θα χρησιμοποιούνταν ως σημείο αναφοράς, καθώς το κάθε μοντέλο υπηρεσιών είναι ξεχωριστό και διαθέτει δικό του μοντέλο κερδών και διαμοιρασμού τους μεταξύ παρόχων υπηρεσιών και άλλων προμηθευτών. Έτσι, το μοντέλο κέρδους της ανάπτυξης του μεικτού δικτύου Wi-Fi/WiMAX θα διαφέρει από αυτό της ανάπτυξης του WiMAX ως εναλλακτικής του DSL και από αυτό άλλων σχεδίων ανάπτυξης.

Πάντως ο καθορισμός συγκεκριμένων συχνοτήτων για τη λειτουργία του WiMAX μπορεί να ειπωθεί κυρίως με μακροπρόθεσμη προοπτική, διότι οι πολιτικές φάσματος διαφέρουν από χώρα σε χώρα. Στο πλαίσιο αυτό δεν μπορούν να επέμβουν οι χειριστές, καθώς προηγείται το πληρεξούσιο της εκάστοτε κυβέρνησης. Παρ'όλα αυτά σε κάποιες αγορές υπάρχουν κοινώς διαθέσιμα φάσματα συχνοτήτων, όπως για παράδειγμα το 2.5GHz στις Ηνωμένες Πολιτείες, που χρησιμοποιείται από τους ενδοχώριους χειριστές για την παροχή υπηρεσιών WiMAX.

### Στρατηγικές Αδυναμιών και Απειλών (Weaknesses-Threats)

Στην περίπτωση των στρατηγικών αυτών, οι χειριστές κινητής τεχνολογίας καλό θα ήταν να εκτιμήσουν ορθά τη βιωσιμότητα και τους κινδύνους μιας ανάπτυξης του δικτύου WiMAX. Εάν τα πιθανά οφέλη κερδών είναι περιορισμένα ή ασήμαντα, θα ήταν σάφρον να εγκαταλειφθεί αυτή η αγορά. Ελλοχεύει μάλιστα εδώ ο κίνδυνος να μεταφερθούν τα ρίσκα και στο υπάρχον δίκτυο 3G αν υπάρξει προσπάθεια συγκερασμού των δύο δικτύων, εξαιτίας του μη καθορισμένου φάσματος συχνοτήτων και του προβλήματος της ασφάλειας. Ωστόσο οι χειριστές μπορούν να στραφούν στην αναβάθμιση του 3G δικτύου οδεύοντας προς το 4G, ενώ οι μικροί πάροχοι υπηρεσιών είναι καλύτερο να παραμείνουν σε εγρήγορση για την περαιτέρω ενίσχυση του WiMAX, χωρίς να προβαίνουν σε άστοχες και βιαστικές επενδύσεις που θα καταλήξουν σε αποτυχία.

#### 8.3.3.2 Στρατηγικές για την Αναπτυσσόμενη Αγορά

### Στρατηγικές Δυνατών Σημείων και Ευκαιριών (Strengths-Opportunities)

Αυτές οι αγορές παρουσιάζουν τεράστιες προοπτικές κέρδους για τους διάφορους παρόχους υπηρεσιών, με την ευρεία επέκταση του δικτύου WiMAX. Στις αναπτυσσόμενες αγορές το DSL και το cable λειτουργούσαν και εξυπηρετούσαν για πολλά χρόνια ελλιπώς, ενώ οι χειριστές σταθερής τεχνολογίας δεν είχαν αναπτύξει την καλωδιακή ευρυζωνική σύνδεση. Αυτή η έλλειψη οφειλόταν στο υψηλό κόστος ανάπτυξης, στην ίδια την πολύπλοκη γεωγραφική μορφή και στην αδυναμία των χειριστών να αποκτήσουν αυξημένη επιστροφή κέρδους από τις επενδύσεις τους εξαιτίας της μικρής πυκνότητας του πληθυσμού. Σε μερικές αγροτικές περιοχές μάλιστα, η δυνατότητα πληρωμών ήταν τόσο μικρή, που μπορούσε να υποστηρίξει μονάχα δικτυακή πρόσβαση πολύ χαμηλού κόστους. Το WiMAX διατηρεί το πλεονέκτημα να ανταποκρίνεται επαρκώς σε αυτές τις προκλήσεις, με το χαμηλό του κόστος και τη μεγαλύτερη δυνατότητα ανάπτυξης σε σχέση με το DSL. Από την άλλη, οι πάροχοι υπηρεσιών μπορούν να εφαρμόζουν ποικίλες και εξατομικευμένες χρεώσεις για διάφορα επίπεδα υπηρεσιών, προσαρμόζοντας δηλαδή τις χρεώσεις στον εκάστοτε πελάτη.

Η παροχή του WiMAX στις αγροτικές περιοχές θα αποτελέσει πεδίο ανταγωνισμού για πολλαπλούς παρόχους υπηρεσιών. Οι ισχυρές εταιρίες έχουν τη δυνατότητα να αναπτύξουν ευρέως το WiMAX χρησιμοποιώντας τις οικονομικές τους δυνάμεις και ακολούθως να πουλήσουν το χειρισμό του δικτύου WiMAX σε μικρότερους παρόχους που θα μεριμνήσουν για τις διάφορες αγροτικές περιοχές. Με τον τρόπο αυτό μπορούν και οι μικρότεροι πάροχοι να διεισδύσουν στην αγορά του WiMAX. Βέβαια σε κάποιες αναπτυσσόμενες χώρες όπως στην Κίνα, ένας συγκεκριμένος χειριστής καλείται να εκπληρώσει και τους δύο ρόλους του χονδρικού και επιμέρους χειρισμού της υπηρεσίας WiMAX, καθώς τέτοιες ευρείες ευρυζωνικές υποδομές ελέγχονται εμμέσως από την κυβέρνηση [19].

Μερικές αγροτικές περιοχές έχουν ήδη αναπτύξει το κυψελωτό δίκτυο. Σε αυτές τις αγορές οι χειριστές κινητής τεχνολογίας δεν φαίνεται να είναι κατάλληλοι να παρέχουν το κινητό WiMAX εξαιτίας λιγοστών δυνατοτήτων στην κινητικότητα υψηλών ταχυτήτων. Στην περίπτωση αυτή, οι χειριστές σταθερής τεχνολογίας



μπορούν να αναβαθμίσουν το σταθερό WiMAX σε κινητό WiMAX και αν χρειάζεται να ανταγωνιστούν το 3G.

### **Στρατηγικές Δυνατών σημείων και Απειλών (Strengths-Threats)**

Σε πολλές χώρες όπως η Κίνα, η αυστηρή πολιτική και οι άκαμπτοι κανονισμοί στέκονται εμπόδιο στις προσπάθειες των χειριστών να αναπτύξουν και να εφαρμόσουν το WiMAX. Οι χειριστές μπορούν να συνεχίσουν την προσπάθεια ακολουθώντας πιστά τις κανονιστικές οδηγίες της κυβέρνησης. Αν η κυβέρνηση επιτρέψει την αντικατάσταση του δικτύου 3G από το WiMAX, οι χειριστές κινητής θα μπορούν να αναπτύξουν το κινητό WiMAX σε εθνικό επίπεδο. Αν αποφασίσει υπέρ της συμπληρωματικής χρήσης του WiMAX στο 3G, θα μπορούν να παράσχουν συγκλίνον δίκτυο 3G/WiMAX και μάλιστα αυτό το δεύτερο σενάριο είναι περισσότερο πιθανό να συμβαίνει συχνότερα. Αν και οι αυστηρές πολιτικές είναι κατά βάση περιοριστικές, οι περισσότερες κυβερνήσεις έχουν επιτρέψει τη χρήση ζωνών συχνοτήτων χωρίς άδεια και έτσι το WiMAX μπορεί να λειτουργεί στη ζώνη των 5.8GHz όπου η λειτουργία δεν χρεώνεται. Οι πάροχοι υπηρεσιών μπορούν λοιπόν να χρησιμοποιούν τη ζώνη αυτή για να αναπτύξουν το σταθερό WiMAX και να συνεργαστούν με άλλους κατόχους με άδειες, ώστε να παράσχουν στο μέλλον και το κινητό WiMAX.

Δεδομένου του μικρού πληθυσμού σε κάποιες περιοχές των αναπτυσσόμενων χωρών, είναι συνετό για τους παρόχους να θέσουν ως προτεραιότητα την παροχή υπηρεσιών WiMAX σε κεντρικές αγροτικές κοινότητες και ακολούθως να επεκτείνουν την παροχή ανάλογα με τις απαιτήσεις των χρηστών. Η στρατηγική αυτή είναι η καταλληλότερη ώστε να λάβουν και τα αναμενόμενα κέρδη.

### **Στρατηγικές Αδυναμιών και Ευκαιριών (Weaknesses-Opportunities)**

Στην αναπτυσσόμενη αγορά το βασικό πλεονέκτημα του WiMAX έγκειται στην προσφορά σταθερής ασύρματης ευρυζωνικής υπηρεσίας, καθώς το σταθερό WiMAX είναι εκείνο που χρειάζεται περισσότερο αυτή η αγορά. Αν και το θέμα της ασφάλειας είναι και εδώ προεξέχον, η ανάγκη για κινητό δίκτυο και πρόσβαση στο Internet υπερτερεί. Οι πάροχοι υπηρεσιών θα κινητοποιηθούν άμεσα για να παράσχουν σταθερό WiMAX όσο το δυνατό γρηγορότερα για να ικανοποιηθούν οι βασικές ανάγκες των χρηστών, χωρίς να αγνοήσουν τη υιοθέτηση ενός κατάλληλου μοντέλου κέρδους που θα εξασφαλίζει συνεχώς αυξανόμενες απολαβές. Το θέμα της ασφάλειας μπορεί να λυθεί σύντομα από κάποιους υψηλόβαθμους πωλητές, όπως και το θέμα της ασυμβατότητας μεταξύ σταθερού και κινητού WiMAX. Εάν ωστόσο οι πάροχοι κινητών υπηρεσιών δεν ασχοληθούν πρωταρχικά με το θέμα της ασφάλειας, θα ήταν συνετό να στραφούν στην ανάπτυξη του κυψελωτού δικτύου, ενός δικτύου περισσότερο ώριμου από το WiMAX από τεχνολογική άποψη και από άποψη εμπειρίας στην αγορά.

### **Στρατηγικές Αδυναμιών και Απειλών (Weaknesses-Threats)**

Στην περίπτωση που οι αυστηρές πολιτικές και το κανονιστικό πλαίσιο επιβαρύνουν κυρίως τους μικρούς παρόχους, οι ILECs είναι πιθανό να γίνουν οι αποκλειστικοί πάροχοι των υπηρεσιών WiMAX. Κάτι τέτοιο δεν συνεπάγεται την αδυναμία

επιβίωσης των μικρότερων παρόχων, οι οποίοι μπορούν να λειτουργήσουν σαν έμποροι λιανικής και να βοηθήσουν τους μεγαλύτερους παρόχους να προσφέρουν υπηρεσίες WiMAX σε μικρές αγροτικές κοινότητες.

Οι χειριστές κινητής θα έχουν συμφέρον από τη συνεχή ανάπτυξη του κυψελωτού τους δικτύου που προϋπάρχει και είναι κανό να καλύψει τις βασικές απαιτήσεις για κινητότητα. Θα πρέπει επίσης να λάβουν υπόψη την ανάπτυξη του κινητού δικτύου WiMAX χαμηλού κόστους αν οι ανάγκες αυτές αυξηθούν και σε περίπτωση που δεν υφίσταται κυψελωτό δίκτυο a priori. Είναι γνωστό πως το κόστος ανάπτυξης ενός νέου κυψελωτού δικτύου είναι πολύ μεγαλύτερο από αυτό της υιοθέτησης του κινητού δικτύου WiMAX.

#### **8.4 Πως να βγάλουμε τα καλύτερα αποτελέσματα στο WiMAX**

Στην σημερινή αγορά των τεχνολογικών προκλήσεων τα μέλη του top management των εταιριών τηλεπικοινωνιών καταπιάνονται με την εύρεση και εφαρμογή των πιο κατάλληλων και αποτελεσματικών επιχειρησιακών στρατηγικών. Τα καιρια ερωτήματα στις εταιρίες αυτές αφορούν κυρίως το επικρατέστερο και πιο συνηθισμένο δίλημμα της εποχής :να αρπάξει κανείς την ευκαιρία της πιο πρόσφατης τεχνολογίας για να αποκτήσει το πλεονέκτημα της πρωτοπορίας ή να περιμένει να το κάνουν άλλοι με το ρίσκο να χάσει το μερίδιο σε μια πιθανή κερδοφόρα αγορά ;

Η επιτυχημένη εταιρία τηλεπικοινωνιών του μέλλοντος θα κληθεί να αντιμετωπίσει το δίλημμα αυτό με την ικανότητα να αξιολογήσει ορθά την απόσταση που μπορεί να διανύσει η εταιρία του μακριά από την αξιακή αλυσίδα(value chin) και τις ήδη δοκιμασμένες συνταγές. Η αξιολόγηση αυτή μπορεί να επιτρέψει στην εταιρία να πάρει καλώς υπολογισμένο ρίσκο , χωρίς βέβαια την εγγύηση της επιτυχίας σε αυτό που θα συναντήσει μπροστά της. Για αυτό το λόγο, η ανάπτυξη έξυπνων στρατηγικών στο νέο και διαρκώς εξελισσόμενο τεχνολογικό περιβάλλον αποτελεί ένα έργο πρόκληση (Deepak paric Taking wireless to the Max)

Είναι ιδιαίτερα σημαντικό για τις εταιρίες τηλεπικοινωνιών και τους διάφορους εμπλεκόμενους φορείς να λαμβάνουν υπόψη ότι στην στρατηγική ανάπτυξης του WiMAX πρέπει να ενσωματώνονται βασικοί παράγοντες και μεταβλητές , κάτι που άλλωστε ισχύει για κάθε νεοεμφανιζόμενη τεχνολογία. Οι εταιρίες τηλεπικοινωνιών και οι φορείς που επιθυμούν να προηγηθούν στον ανταγωνισμό επιλέγοντας το WiMAX, θα πρέπει να είναι σε θέση να ελαχιστοποιηθούν τα ρίσκα και να μεγιστοποιούν τις ευκαιρίες στην αγορά έχοντας πάντα ως σημείο αναφοράς τους παράγοντες που θα αναφερθούν ακολούθως.

##### **Ο παράγων Σχεδιασμός**

Ένα δίκτυο WiMAX, ιδιοκτησία μιας εταιρίας τηλεπικοινωνιών μπορεί να γίνει διαθέσιμο στους καταναλωτές σε επιχειρήσεις, στο κράτος και την πολιτεία καθώς και στις υπηρεσίες τους και σε άλλες οντότητες. Ο σχεδιασμός του δικτύου αυτού ωστόσο δεν είναι απλή υπόθεση και επιβάλλεται να πραγματοποιηθεί από μια επιχειρησιακή οπτική, λαμβάνοντας υπόψη συγκεκριμένους σημαντικούς παράγοντες που βοηθούν στην αξιολόγηση του υπάρχοντος περιβάλλοντος.

Αρχικά θα πρέπει να γίνει μια λεπτομερής ανάλυση των τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών που προσφέρονται σε μια παρούσα δεδομένη στιγμή, τόσο των ενσύρματων , όσο και ασύρματων , σε συνδυασμό με τις τιμές και τα οφέλη που

προσφέρουν στους πελάτες. Σημαντικό είναι επίσης να αξιολογηθούν οι διάφορες υπάρχουσες και μελλοντικές επιλογές συχνοτήτων προς χρήσης , καθώς και να βρεθούν τρόποι οι ήδη υπάρχουσες υπηρεσίες.

#### Διατύπωση Υποθέσεων

Το δεύτερο βήμα συνίσταται στην διατύπωση πιθανών υποθέσεων ευρέος φάσματος σχετικά με τις πιθανές χρήσεις του δικτύου WiMAX. Με τον τρόπο αυτό ταυτόχρονα γίνονται διαπιστώσεις για το απαραίτητο φάσμα συχνοτήτων και τον αριθμό cell sites που θα χρειαστούν. Στο πλαίσιο αυτό μπορούν να είναι δυνατές ποικίλες εφαρμογές όπως κινητές υπηρεσίες δεδομένων, σταθερό VOIP μέσω ασυρμάτων υπηρεσιών backhaul και άλλα.

#### Μελλοντικές προβλέψεις του σχεδίου που καταστρώθηκε

Κάθε στρατηγική ανάπτυξης περιλαμβάνει αναπόφευκτα προβλέψεις για τον αριθμό των πιθανών πελατών στην αγορά, την αναμενόμενη διείσδυση του προϊόντος στην αγορά την επόμενη πενταετία καθώς και τα πιθανά αναμενόμενα κέρδη. Οι προβλέψεις αυτές δεν μπορούν παρά να βασίζονται σε δεδομένα του παρόχου όπως τον σημερινό ανταγωνισμό στην αγορά και τις υπηρεσίες που είναι διαθέσιμες σήμερα. Στις προβλέψεις περιλαμβάνονται και λεπτομερέστεροι υπολογισμοί για το internet backhaul , το κόστος χρέωσης , το κόστος τεχνικής υποστήριξης και συντήρησης.

#### Παρουσίαση του Επιχειρησιακού σεναρίου

Μετά τα βήματα αυτά, έρχεται η σύγκριση του κόστους και του κέρδους για να γίνει πιο κατανοητό αν το σενάριο ανάπτυξης θα αποβεί ζημιολόγο ή θα αναδειχθεί κερδοφόρο. Στην διαδικασία αυτή εντάσσονται και αμιγώς οικονομικές μετρήσεις , όπως το return of investment , το NPV και ο χρόνος που απαιτείται για να επέλθει χρηματική ροή(cash flow).

#### **8.4.1 Από το σενάριο και τις στρατηγικές στην πράξη: Η ανάπτυξη του WiMAX**

Μια WiMAX λύση χαμηλού ρίσκου θα πρέπει να αναπόφευκτα να συμπεριλαμβάνει την γνώση του ρόλου που διαδραματίζουν ποικίλοι παράγοντες και κυρίως η διαδικασία επιλογής ενός προϊόντος η μιας τεχνολογίας(Ο.Π).

Το προϊόν ή η τεχνολογία θα πρέπει να έχει αποδείξει την αποτελεσματικότητά του σε πραγματικές καταστάσεις λειτουργίας και όχι μόνο στην θεωρία. Αν κανείς λοιπόν επιδιώξει να αναπτύξει το WiMAX εξοπλισμό , θα πρέπει να στραφεί σε τεχνολογίες και κατασκευαστές εξοπλισμού που είναι αποδεδειγμένα αποτελεσματικοί ,αξιόπιστοι και λειτουργικοί. Ταυτόχρονα η λύση πρέπει να είναι οικονομικά συμφέρουσα , αφού οι φορείς δεν μπορούν την ανάπτυξη ενός προϊόντος που με ασάφεια έχει υποσχεθεί να μειώσει το κόστος σε κάποια μελλοντική φάση. Είναι βασικό, το κόστος να συμβαδίζει με τα άμεσα επιχειρησιακά σχέδια του φορέα. Η τεχνολογία πρέπει επίσης να έχει την δυνατότητα παροχής ενός ευέλικτου και μακροπρόθεσμου σχεδίου δυνατότητας αναβάθμισης. Η τεχνολογία WiMAX μπορεί να εξυπηρετήσει δίκτυα σε χιλιάδες σταθμούς βάσεις που εξυπηρετούν εκατομμύρια

συνδρομητές. Οι επιτυχημένοι πωλητές θα πρέπει να προσφέρουν ένα σχέδιο μετανάστευσης για τέτοια δίκτυα που θα είναι αρκετά ευέλικτο ώστε να προσαρμόζεται στα συνεχώς εξελισσόμενα προφίλ του προτύπου WiMAX. Άρα ένα προϊόν δεν αρκεί να έχει δοκιμαστεί στο παρόν αλλά με κάποιο τρόπο πρέπει να δοκιμαστεί και στο μέλλον. Για τον λόγο αυτό, οι φορείς πρέπει να αναζητούν μια λύση BWA που θα είναι ικανή να προωθήσει τις προσφερόμενες υπηρεσίες τους στο τώρα και το μετά. Μπορεί λοιπόν να αξιολογηθεί το σύνολο των προτύπων WiMAX και να επιλεγεί αυτό που αντεπεξέρχεται καλύτερα στις ανάγκες της αναπτυσσόμενης αγοράς του φορέα και στις ανάγκες του επιχειρηματικού του σχεδίου.

#### **8.4.2 Συγκεκριμένες Προτάσεις για την επιτυχή ανάπτυξη του WiMAX**

##### **A) Πάροχοι Υπηρεσιών**

Οι πάροχοι υπηρεσιών έχουν πολυάριθμες ευκαιρίες να παράσχουν ασύρματες λύσεις Internet σε βασικές αγορές όπως το σύστημα υγείας , τα νοσοκομεία , ο μεσιτικός τομέας , οι λιανικές πωλήσεις και οι last mile επικοινωνίες. Πέρα από αυτές τις αγορές και πέρα από τα δίκτυα κατοικιών και γραφείων, οι πάροχοι υπηρεσιών βρίσκονται αντιμέτωποι με σημαντικές ευκαιρίες για την λειτουργία δημόσιων(δωρεάν) και ιδιωτικών(εμπορικών) δικτύων ή hot spots.Στον χώρο αυτό το WiMAX είναι η ιδανική λύση για τους νέες στην αγορά εταιρίες τηλεπικοινωνιών. Αλλά και οι παραδοσιακές εταιρίες τηλεπικοινωνιών θα επωφεληθούν από το WiMAX για να ενισχύσουν την υπάρχουσα υποδομή και τις υπηρεσίες.

##### **B)Πωλητές εξοπλισμού**

Και ο πωλητές θα αντιμετωπίσουν το WiMAX ως εξαιρετική λύση με πολλές προοπτικές , με αποτέλεσμα στα επόμενα χρόνια να σχεδιάσουν και να πραγματοποιηθούν πολύ περισσότερα δικτυακά έργα(projects) πολλών εκατομμυρίων δολαρίων. Η βασική ώθηση αναμένεται να δοθεί στις μητροπολίτες αγορές και ειδικά σε αυτές που διοικούνται από το δήμο.

Από την πλευρά των χειριστών θα εμφανιστούν αρκετοί νέοι παίκτες και πολλοί μελλοντικοί άκρως επιτυχημένοι παίκτες δεν θα ανήκουν καν στο σημερινό τοπίο των χειριστών, παρά θα αναδυθούν ξαφνικά. Μεγάλο μέρος από αυτούς θα αποτελούν εταιρίες που δεν επενδύουν στην λύση 3G τεχνολογιών. Το κλειδί στην επιτυχία των πωλήσεων θα είναι η ταχύτητα παράδοσης νέων προϊόντων , συνεπώς οι πωλητές θα κληθούν να εμφανιστούν με νέες λύσεις γρήγορα.

##### **Γ) Ρυθμιστές καινοτομιών**

Οι υπεύθυνοι για την ρύθμιση των κανονιστικών πλαισίων θα πρέπει συνεχώς να αναβθμίζουν τους κανονισμούς για τις τηλεπικοινωνίες ώστε να προωθούν τις ευκαιρίες της αγοράς , να βελτιώσουν τις υπάρχουσες υποδομές και να ενισχύσουν τον ελεύθερο ανταγωνισμό μεταξύ των ασύρματων παρόχων υπηρεσιών. Στην διαδικασία αυτή πρέπει να ληφθούν υπόψη οι ιδιαίτερες ανάγκες κάθε χώρας, οι πολιτισμικές της ιδιαιτερότητες και τα χαρακτηριστικά των αγορών της, χωρίς βέβαια να παραβλέπονται οι βασικοί κανόνες της ρυθμίσεις οι θεμελιώδεις των κανονισμών είναι και αυτοί εξίσου σημαντικοί και τέτοιοι είναι η υποστήριξη του πειραματισμού με νέες υπηρεσίες και η προώθηση της συνεργασίας μεταξύ των παικτών, στοιχεία

που ισχύουν για όλες τις αγορές και όλες τις χώρες (Ο.Π).Μερικά ακόμη τέτοια στοιχεία θα ωφελήσουν σημαντικά κάθε BWA αγορά είναι τα εξής

- ✦ Κυβερνητικές πρωτοβουλίες για την μεγιστοποίηση της δυνατότητας όλων των πολιτών να έχουν πρόσβαση στη χρήση BWA υπηρεσιών.
- ✦ Υψηλή δέσμευση σε πολιτικές που προάγουν τον ανταγωνισμό , καθώς ο ανταγωνισμός οδηγεί σε μεγαλύτερες ταχύτητες και χαμηλότερες τιμές χρέωσης.
- ✦ Εξασφάλιση του ότι το φάσμα συχνοτήτων είναι διαθέσιμο για τις καινοτόμες λύσεις.
- ✦ Η κοινή χρήση γραμμών (όπως στην Δανία).

#### Δ)Επενδυτές

Για να αποκομίσουν χρηματικό όφελος από την επένδυση στο WiMAX οι επενδυτές πρέπει να εντοπίσουν τους πωλητές που είναι πιο κατάλληλοι για μια συνεργασία στην αγορά και να καθορίσουν ένα ρεαλιστικό χρονικό πλαίσιο για την ανάπτυξη στην αγορά. Είναι σημαντικό να καθοριστεί επίσης το σωστό timing , η καταλληλότερη χρονική στιγμή για την δράση των επενδυτών στην αγορά του WiMAX και αν δεν βιαστούν η δεν αργήσουν, τα επόμενα χρόνια θα δουν τα κέρδη τους από το WiMAX να αυξάνονται κατακόρυφα.

### 8.5 Συμπεράσματα Κεφαλαίου

Για να εξασφαλιστεί η επιτυχής και κερδοφόρα δράση στις τεχνολογικές αγορές απαιτείται η ανάπτυξη ενός σαφούς σχεδίου και η υιοθέτηση μιας στρατηγικής που θα συμβάλλει στην πρόβλεψη της μελλοντικής εξέλιξης των τεχνολογιών και των προοπτικών τους. Η ανάπτυξη στρατηγικών επιτυχίας για την υιοθέτηση του WiMAX ακολουθεί μια σειρά βημάτων σε μια πορεία για την εύρεση των κατάλληλων τρόπων και τεχνικών που θα ευνοήσουν τόσο τους νεοεισερχόμενους παίκτες στην αγορά, όσο και εκείνους που έχουν καθιερωθεί μέσα από την προηγούμενη δράση τους στο χώρο της ανάπτυξης τεχνολογιών. Με την διαμόρφωση συμφερούσών στρατηγικών που εγγυώνται ως κάποιο εκτεταμένο βαθμό την επιτυχία, το WiMAX μπορεί να αποδειχθεί ευκαιρία ζωτικής σημασίας και σε καμιά περίπτωση απειλή ή ρίσκο, εφόσον η εγχειρηματοποίηση της ανάπτυξης σχεδιαστεί λεπτομερώς και με επιμελώς.

Η Ανάλυση SWOT έχει σαν στόχο τη μελέτη των δυνατών και αδύναμων σημείων μιας τεχνολογίας και των ευκαιριών και απειλών που εντοπίζονται στην ανάπτυξή της. Η ανάλυση αυτή εφαρμόζεται για το δίπτυχο αναπτυγμένες-αναπτυσσόμενες αγορές και αναδεικνύει τις προοπτικές και τα δυνατά σημεία του WiMAX που θα πρέπει να αξιοποιηθούν στο μέγιστο, καθώς και τις απειλές και αδυναμίες που πρέπει να ξεπεραστούν επιτυχώς. Βάσει των αποτελεσμάτων της ανάλυσης μπορούν να αναπτυχθούν στρατηγικές κατάλληλες για το WiMAX με σκοπό την υλοποίηση των παραπάνω στόχων, οι οποίες χρησιμοποιούνται ως κύριο εργαλείο για να βγάλουμε τα καλύτερα αποτελέσματα από το WiMAX με συγκεκριμένες προτάσεις για τον κάθε φορέα (επενδυτές, πωλητές εξοπλισμού κ.ά.).

## 9. Το Μέλλον Της WiMAX Τεχνολογίας

### 9.1 Τάσεις των παρόχων υπηρεσιών WiMAX και πρόδος του WiMAX στο έτος 2007. Η εξέλιξη του WiMAX το 2008

Οι χειριστές WiMAX δίνουν μεγάλη έμφαση στην πιστοποίηση, την προτυποποίηση και την προσέγγιση οικονομιών με μεσοπρόθεσμο και μακροπρόθεσμο όφελος, ωστόσο προτεραιότητά τους είναι ο αξιόπιστος και αποδοτικός εξοπλισμός με δυνατότητες NLOS. Η τάση αυτή διακρίνεται καθαρά στην δραστηριότητα των εταιριών BSNL και Clearwire, ενώ ταυτόχρονα οι χειριστές ανυπομονούν να γίνουν μάρτυρες της ανάπτυξης πλούσιων περιβαλλόντων που περιλαμβάνουν παρόχους handset και φορείς ανάπτυξης διαφόρων εφαρμογών. Τα ευρήματα αυτά αναδείχθηκαν από τις έρευνες της ομάδας Maravedis [8] που διεξάγει συνεντεύξεις σε όλο τον κόσμο με τους χειριστές WiMAX, με στόχο την κατανόηση των επιχειρηματικών τους μοντέλων και των μελλοντικών τους σχεδίων. Οι συνεντεύξεις έδειξαν επίσης ότι ένα 65% των παρόχων υπηρεσιών επιλέγει να περιμένει να γίνει διαθέσιμη η έκδοση WiMAX 2005 πριν προχωρήσει στην επένδυση μεγάλων ποσών για την επέκταση του δικτύου.

Οι επιχειρήσεις-πωλητές του «τεχνολογικού οικοσυστήματος» που συμμετείχαν ενεργά στο WiMAX Forum έφτασαν αισίως τους 500 κατά το έτος 2007, ένας αριθμός που ίσως αντιπροσωπεύει το καθοριστικό μέγιστο επίπεδο εάν το Forum δεν προσελκύσει νέες εταιρίες το 2008 (κατασκευαστές συσκευών, φορείς ανάπτυξης εφαρμογών κ.ά.). Το μεγαλύτερο κομμάτι των συμμετεχόντων του WiMAX Forum αποτελούν οι χειριστές δικτύων, αν και είναι γνωστό ότι πολλοί χειριστές του κινητού 3G απέχουν από την δοκιμή του WiMAX, εμμένοντας στις ήδη υπάρχουσες υπηρεσίες τους. Η βιομηχανία του WiMAX εισήλθε στο έτος 2007 με μεγάλες προετοιμασίες για ανάπτυξη σε τοπικό ή παγκόσμιο επίπεδο- όπου χρειαζόταν. Το 2008 φαίνεται να είναι καθοριστική χρονιά για το WiMAX, αφού θα οδηγήσει είτε στην εγκαθίδρυσή του, είτε στην αποτυχία του (make-or-break-period) [26].

Το 2007 ανακοινώθηκε η κυκλοφορία συσκευών WiMAX και έγιναν διαθέσιμες περισσότερες από 100 κινητές συσκευές. Ωστόσο, αν και το WiMAX Forum επιδίωξε ενεργά το IMT-Advanced, δεν έγινε εφικτή η προώθηση του WiMAX ως επαναστατικό συστατικό κομμάτι της βιομηχανίας ασύρματων τεχνολογιών. Επίσης, τα πρωταρχικά συστήματα 802.16m proof-of-concept δεν θα εμφανιστούν πριν τις αρχές του 2010 και η πιστοποίησή τους δεν θα εκδοθεί πριν τις αρχές του 2011.

Έγιναν ταυτόχρονα κάποια βήματα προς την κατεύθυνση του κανονιστικού πλαισίου για τα φάσματα συχνοτήτων, όταν στη Ν.Ζηλανδία άνοιξε ο δρόμος για την ανάπτυξη δικτύου WiMAX σε ζώνες που μέχρι πρόσφατα χρησιμοποιούνταν αποκλειστικά από τα κινητά 3G. Μπροστά στην αναμενόμενη ανάπτυξη του 4G το WiMAX και το 3GPP LTE (που θα εισέλθει στην αγορά το 2009) ενώνονται. Το αποτέλεσμα της ταυτόχρονης χρήσης τους θα οδηγήσει σε περισσότερες δυνατότητες και κόστος χαμηλότερο του 3G. Το WiMAX γίνεται έτσι μέρος του ασύρματου μέλλοντος του συγκλίνοντος 4G, αλλά μπορεί να σταθεί επάξια και μόνο του για ατομικές επιχειρηματικές περιπτώσεις.

Οι αναλύσεις της αγοράς δείχνουν ότι η προοδευτική σύγκλιση του WiMAX και του 3GPP LTE θα έχει σημαντικές επιπτώσεις στον ανταγωνισμό της αγοράς. Το WiMAX



802.16e αναμένεται να έχει χαμηλό κόστος, όμως το WiMAXm μάλλον θα αποδειχθεί ακριβότερο εξαιτίας της ιδιοκτησίας της πατέντας. Το WiMAX και το LTE από νωρίς εστίασαν στην εγκαθίδρυση ενός ευνοϊκού καθεστώτος πατέντας με σκοπό την αποφυγή πιθανών συγκρούσεων και προβλημάτων στο μέλλον. Βέβαια, συνεχίζουν να ελλοχεύουν κίνδυνοι, ιδιαίτερα εξαιτίας της απουσίας βασικών φορέων ανάληψης ρίσκου. Γι' αυτό είναι προτιμότερο για το WiMAX να εγκαθιδρύσει καθεστώς πατέντας εκτός του NGMN, έτσι ώστε να γίνει ξεκάθαρο το πλεονέκτημα WiMAX στο IPR.

Η πρόβλεψη της Maravedis ότι το WiMAX δεν θα αναδειχθεί σε παράγοντα εξάλειψης του 3G (“WiMAX will not become a 3G killer”) έχει αποδειχθεί μέχρι στιγμής σωστή. Το WiMAX φαίνεται να παρέχει ένα πλαίσιο για τις κινητές υπηρεσίες 4G και θα γίνει μια εξαιρετική ενίσχυση στα υπάρχοντα κυμαλωτά 3G δίκτυα μετά την προοπτική εισαγωγής συσκευών multimode το 2008-2009. Οι χειριστές που θα υιοθετήσουν τις υπηρεσίες multimode WiMAX δεν θα αναγκαστούν κατά αυτόν τον τρόπο να αντικαταστήσουν τις προσφερόμενες υπηρεσίες στους πελάτες τους. Επίσης, κατά το δεύτερο μισό του 2008 τα chipsets WiMAX θα αρχίσουν να ενσωματώνονται στους φορητούς υπολογιστές, το 2009 σε φορητές συσκευές και το 2010 σε ηλεκτρονικές συσκευές ευρείας κατανάλωσης. Οι συσκευές multimode θα επεκτείνουν σε εξαιρετικό βαθμό τις πιθανές αγορές WiMAX, μια διαπίστωση που φέρει αισιοδοξία και νέες προοπτικές. Όμως το θεμελιώδες ερώτημα είναι αν το WiMAX θα καταφέρει πράγματι να αντεπεξέλθει επαρκώς στον ανταγωνισμό ενός κόσμου ασύρματης τεχνολογίας που άγεται και φέρεται από τεράστιες ποσότητες πωλήσεων κινητών τηλεφώνων. Σε αυτό τα εξόχως ανταγωνιστικό πλαίσιο το WiMAX και άλλα ασύρματα δίκτυα θα επιχειρήσουν πιθανόν να μεταβούν σε μια ενοποιημένη κατάσταση τηλεπικοινωνιακών συστημάτων, προσαρμοσμένων σε ποικίλα περιβάλλοντα και απαιτήσεις με σκοπό τη μείωση του κόστους. Έτσι το WiMAX θα επιδιώξει συγκεκριμένους στόχους, όπως την εξασφάλιση διαθεσιμότητας ενός επαρκούς φάσματος για κάλυψη μεγάλων αποστάσεων και roaming. Θα επιδιώξει τη διαμόρφωση ενός περιβάλλοντος IPR που θα μειώνει τους περιορισμούς και τα ρίσκα, καθώς και τη δημιουργία ενός ανοιχτού συστήματος με το πλεονέκτημα της ανάπτυξης που να άπτεται άλλων βιομηχανιών, όπως το Internet, το λογισμικό του Η/Υ και του server, η διαφήμιση, οι υπηρεσίες μηνυμάτων και τα δικτυακά συστήματα.

Η Maravedis Inc. Προβλέπει ότι μέχρι το τέλος του 2014 οι συνδρομητές WiMAX θα αγγίζουν τους 135 εκατ. Το ενδιαφέρον για το WiMAX-έκδοση 2005 θα φτάσει την κορύφωσή του το 2012, ενώ μετά θα μειωθεί σε βάρος του ενδιαφέροντος για το WiMAXm. Οι αριθμοί αυτοί αποτελούν στοιχεία ενός ρεαλιστικού μελλοντικού σεναρίου, ωστόσο η Maravedis έχει υπολογίσει και τις πιθανές εξελίξεις βάσει αισιόδοξου και απαισιόδοξου σεναρίου.

Το WiMAX σε αριθμούς για το έτος 2007 [πηγή: [www.wimaxcounts.com](http://www.wimaxcounts.com)]

<b>Αριθμός συνδρομητών WiMAX το Σεπτέμβριο 2007:</b>	1.369.000
<b>Κέρδη WiMAX μέχρι τον Σεπτέμβριο 2007:</b>	US \$668 εκατ.
<b>Ρυθμός αύξησης συνδρομητών από το 2006 στο 2007:</b>	2.88 φορές περισσότεροι

<b>Ανάπτυξη WiMAX κατά περιοχή:</b>	Ευρώπη 38%
	Βόρεια Αμερική 11%

MEA 14%  
APAC 26%  
CALA 11%

## 9.2 Τι θα φέρει το 2008 για την τεχνολογία WiMAX : Προβλέψεις και Ενέργειες

Το 2008 αναμένεται να επιφέρει ακόμη περισσότερες αλλαγές στον τομέα της τεχνολογίας των καταναλωτών και συγκεκριμένα αλλαγές που αφορούν την επίστρωση θεμελίων στην ανάπτυξη του WiMAX, όπως στην περίπτωση της σταθερής επέκτασης των δικτύων WiMAX της Βόρειας Αμερικής [24]. Σε γενικές γραμμές η ανάπτυξη των δικτύων αναμένεται να ξεπεράσει σε σημαντικό βαθμό την μέχρι τώρα παρατηρηθείσα ανάπτυξη.

Η ετοιμότητα του WiMAX να ανταπεξέλθει το 2008 και στο μέλλον στις προοπτικές που του αποδίδονται θα εξαρτηθεί από ποικίλους παράγοντες, όπως από την ίδια την τεχνολογία και την απόδοσή της σε μια περίοδο που ανταγωνιστικές τεχνολογίες ολοένα πληθαίνουν. Σημαντικό ρόλο θα παίξουν οι δημόσιες πολιτικές και ρυθμίσεις (ανταγωνισμός, management του φάσματος), καθώς και οι τοπικές πρωτοβουλίες των κυβερνήσεων. Η ανάπτυξη του WiMAX θα εξαρτηθεί από τον ενθουσιασμό των χειριστών, αλλά και από τη σύνεσή τους στη λήψη αποφάσεων σχετικά με την εφαρμογή του WiMAX. Θα εξαρτηθεί τέλος και από τη στάση των κορυφαίων κατασκευαστών εξοπλισμού και τους χειριστές κινητής τηλεφωνίας.

Συγκεκριμένες ενέργειες για την ανάπτυξη του WiMAX το 2008 έχουν ανακοινωθεί από την Sprint Nextel, η οποία στα τέλη Απριλίου σχεδιάζει την εμπορική εφαρμογή της κινητής της υπηρεσίας WiMAX, της Xohm (Reuters, Jan.9 2008). Η Asus από την άλλη, ανακοίνωσε στο CES 2008 πως θα είναι μια από τις πρώτες εταιρίες που θα κατασκευάσει φορητούς υπολογιστές με δέσμευση στο WiMAXchip της Intel (P.C Magazine, Jan.8 2008), ενώ η Huawei Technologies επιλέχθηκε από τη βουλγαρική εταιρία TransTelecom για την ανάπτυξη ενός εμπορικού δικτύου WiMAX, που θα καλύπτει κεντρικές περιοχές στα Σόφια και τη Βάρνα και σε βασικά σημεία σε όλη τη Βουλγαρία. Η Motorola ανακοίνωσε την πιο πρόσφατη προσθήκη της στη συλλογή εξοπλισμού WiMAX, το CPEi 100, μια λύση «plug-and-play» που θα προσφέρει αξιόπιστη ασύρματη ευρυζωνική πρόσβαση στο Internet. Η ρωσική Holding Comstar United Telesystems θα φτιάξει με τη βοήθεια της Intel Corp. ένα διεθνές ρωσικό δίκτυο βασισμένο στο WiMAX (Financial Mirror, Jan.4 2008) και η Fujitsu Microelectronics Europe παρουσιάζει τις WiMAX συσκευές της στο Παγκόσμιο Συνέδριο Κινητής Τεχνολογίας 2008 στη Μπαρτσελόνα το Φεβρουάριο. Τέλος, σχεδόν 20 εταιρίες παράγουν το 2008 chipsets MAC/PHY για την κινητή WiMAX τεχνολογία (Electronics Supply & Manufacturers, Jan.4 2008), ενώ μέσα στα επόμενα 5 χρόνια το WiMAX θα προσελκύσει 80 εκ. συνδρομητές, εφόσον οι ανάλογες υπηρεσίες και συσκευές WiMAX θα είναι διαθέσιμες.

### 9.3 Ανάλυση της Παγκόσμιας αγοράς και Τάσεων για τα έτη 2005-2010

Η Maravedis Inc. στον Καναδά, μια κορυφαία εταιρία ανάλυσης των ασύρματων ευρυζωνικών τεχνολογιών και των αγορών τους, διεξήγαγε μια λεπτομερή ανάλυση της παγκόσμιας αγοράς του WiMAX και των ασύρματων ευρυζωνικών τεχνολογιών γενικότερα (υπο-11 GHz) [7]. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της ανάλυσης, η προοπτική για την ανάπτυξη του WiMAX και των BWA θα είναι ιδιαίτερα έντονη στις αναπτυσσόμενες χώρες, που αντιπροσωπεύουν και το μεγαλύτερο μέρος του παγκόσμιου πληθυσμού. Οι κυβερνήσεις των χωρών αυτών θα στοχεύσουν στην προώθηση της ασύρματης ευρυζωνικής τεχνολογίας στις αγροτικές περιοχές με απώτερο στόχο τη μείωση του «ψηφιακού χάσματος». Στις περιοχές αυτές προβλέπεται μάλιστα η εμφάνιση ενός σημείου κορύφωσης στην ανάπτυξη του WiMAX που θα καλύψει την αυξημένη ατομική ζήτηση. Τα ευρήματα της ανάλυσης δείχνουν πως αναμένεται μια ισχυρή ανάπτυξη με συνεχή επιτάχυνση των υπηρεσιών VoIP, τόσο στη βάση των συνδρομητών, όσο και στο κομμάτι των καταναλωτών και των επιχειρήσεων.

Στο πλαίσιο της ανάλυσης Maravedis μελετήθηκαν και οι προσδοκίες των χειριστών στο κατώφλι της εδραίωσης του WiMAX εξοπλισμού. Στην ουσία η κύρια προσδοκία τους είναι το χαμηλότερο κόστος εξοπλισμού CPE (ιδανικά κάτω των \$300), ενώ ακολουθεί ως δεύτερη σημαντική προτεραιότητα η επίτευξη μεγαλύτερου throughput από τους σταθμούς-βάσεις. Αναφέρονται επίσης οι προσδοκίες για διαλειτουργικότητα, ευκολία εγκατάστασης και για κάλυψη, θέματα που το WiMAX έχει αντιμετωπίσει με επιτυχία.

Ερευνήθηκαν ακόμη οι στρατηγικές των χειριστών BWA ως προς το ζήτημα της κινητικότητας (mobility). Φαίνεται πως η πλειοψηφία των παρόχων υπηρεσιών είναι ενθουσιώδεις σχετικά με τις προοπτικές της κινητικότητας, αυτός όμως ο ενθουσιασμός επισκιάζεται από ανησυχίες για το κανονιστικό-ρυθμιστικό πλαίσιο και την πολυπλοκότητα του δικτύου. Το συμπέρασμα της Maravedis είναι πως η επιτυχία του κινητού ευρυζωνικού δικτύου θα εξαρτηθεί σε μεγάλο βαθμό από την ανάπτυξη εφαρμογών φιλικών στο χρήστη και εύκολα κατανοητών. Η μερίδα του λέοντος από το κέρδος των υπηρεσιών κινητής τεχνολογίας στην περίπτωση αυτή θα συγκεντρωθεί στην αγορά των καταναλωτών κινητής τεχνολογίας και εκεί θα επικεντρωθούν και οι προσπάθειες του WiMAX στο μέλλον.

Ως προς τις τάσεις των πωλήσεων του εξοπλισμού WiMAX στο μέλλον, η έρευνα έδειξε πως η πλάστιγγα θα γέρνει όλο και περισσότερο προς μαζικές παραγωγές για μικρότερο κόστος. Η Maravedis εκτιμά πως η μείωση του κόστους θα αφορά περισσότερο το CPE και θα φανεί σε μεγαλύτερο βαθμό στην τιμή των chipsets. Ταυτόχρονα, φαίνεται πως οι μεγαλύτερες αγορές για ασύρματη ευρυζωνική τεχνολογία θα είναι εκείνες που αφορούν τις κινητές εφαρμογές. Για τον λόγο αυτό τα κινητά συστήματα WiMAX θα αποκτήσουν τη μεγαλύτερη ζήτηση και θα έχουν τη μεγαλύτερη επιτυχία.

Η Maravedis το 2005 είχε προβλέψει ήδη πως το WiMAX δεν θα υπερκεράσει σε επιτυχία τη χρήση του 3G, ούτε και θα το αντικαταστήσει, παρά θα αποτελέσει συμπληρωματικό και υποβοηθητικό πλαίσιο αυτού και του 4G, κάτι που σήμερα αποδεικνύεται αξιόπιστη πρόβλεψη. Βασικό εύρημα των συνεντεύξεων και των δεδομένων που συλλέχθηκαν στην έρευνα είναι ότι οι τεχνολογικοί δρόμοι του WiMAX και του 3GPP θα συγκλίνουν μέχρι το 2010 ως προς το εύρος κάλυψης και τις δυνατότητες των υπηρεσιών. Η πορεία ανάπτυξης των κυψελωτών εφαρμογών του

WiMAX και του 3GPP θα συγκλίνουν και αυτές στο πλαίσιο μιας αρχιτεκτονικής δικτύου IMS (IP Multimedia Subsystem).

Τέλος, ως το 2010 οι αναπτυσσόμενες αγορές και οι οικονομίες είναι εκείνες που είναι πιο πιθανό να υιοθετήσουν νέες τεχνολογίες, συνεπώς να γίνουν και οι βασικοί χρήστες του WiMAX, καθώς είναι περισσότερο ανοικτές σε νέες υπηρεσίες, ικανές να καλύψουν τις αυξημένες ανάγκες γρήγορα και αποτελεσματικά.

#### **9.4 Συμπεράσματα Κεφαλαίου**

Το 2007 έγιναν διαθέσιμες οι πρώτες συσκευές WiMAX και πραγματοποιήθηκαν κάποια βήματα για την διευθέτηση του κανονιστικού πλαισίου για τα φάσματα συχνοτήτων προς χρήση. Σύμφωνα με έρευνες της Maravedis, τα επόμενα χρόνια το WiMAX θα αναδειχθεί σε σημαντική τεχνολογία της παγκόσμιας αγοράς, αλλά δεν θα αποτελέσει παράγοντα ή αφορμή για την εξάλειψη του 3G. Τα πρώτα chipsets θα ενσωματωθούν σε φορητούς υπολογιστές προς τα τέλη του 2008 και αργότερα σε φορητές συσκευές και σε ηλεκτρονικές συσκευές ευρείας χρήσης. Μέχρι το τέλος του 2014 οι συνδρομητές του WiMAX θα αγγίζουν τους 135 εκατομμύρια, ενώ έχουν ανακοινωθεί συγκεκριμένες ενέργειες για την ανάπτυξη του WiMAX φέτος (2008) από μεγάλες εταιρίες όπως η Sprint Nextel, η Motorola, η Fujitsu και άλλες. Η ανάλυση των παγκόσμιων αγορών για τα έτη 2005-2010 καταλήγει σε αισιόδοξες προβλέψεις για τον ρόλο που θα διαδραματίσει το WiMAX και τις προοπτικές επιτυχίας από τις οποίες θα επωφεληθεί για να γίνει η καλύτερη και πιο σύγχρονη υπηρεσία της εποχής του.

**ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΠΑΡΑΠΟΜΠΕΣ****α. ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ**

- [1] [wikipedia.org/wiki/Digital Subscriber Line](http://wikipedia.org/wiki/Digital_Subscriber_Line)
- [2] [www.alavarion.com](http://www.alavarion.com)
- [3] [www.apricot.net/apricot](http://www.apricot.net/apricot) 2005/slides Presentation by Robert Healy: Network Architecture for WiMAX Applications.
- [4] [http://www.cs.wustl.edu/~jain/cse574-06/ftp/wimax\\_voip/index.html](http://www.cs.wustl.edu/~jain/cse574-06/ftp/wimax_voip/index.html)
- [5] [www.mait.com](http://www.mait.com)<Industry March 2005, Vol.31
- [6] [www.mait.com](http://www.mait.com)<Country-Intelligence June 2007, Vol.87
- [7] [www.mait.com](http://www.mait.com), e-news<Industry December 2005, Vol.37
- [8] [www.maravedis-bwa.com](http://www.maravedis-bwa.com)
- [9] Mobile Manufacturers Forum (MMF) : WiMAX and Health
- [10] [www.telegeography.com](http://www.telegeography.com)
- [11] [www.wimax.com/commentary/spotlight](http://www.wimax.com/commentary/spotlight) Latin America first battleground for WiMAX.
- [12] [http://www.wimaxforum.org/technology/downloads/Can\\_WiMAX\\_Address\\_Your\\_Applications\\_final.pdf](http://www.wimaxforum.org/technology/downloads/Can_WiMAX_Address_Your_Applications_final.pdf)
- [13] [www.WiMAXforum.org](http://www.WiMAXforum.org) (FAQ)
- [14] [www.WiMAXforum.org](http://www.WiMAXforum.org)
- [15] [www.xchangemag.com/articles/06decover01.html](http://www.xchangemag.com/articles/06decover01.html) (WiMAX Forum White Paper)
- [16] Intel: [http:// 9cdr.blogia.com/2005/09/402-que-es-eso-de-WiMAX.php](http://9cdr.blogia.com/2005/09/402-que-es-eso-de-WiMAX.php)“Understanding Wi-Fi and WiMAX as Metro-Access solutions” Intel white paper 2004.

**β. ΣΥΓΓΡΑΜΑΤΑ και άλλες ΔΗΜΟΣΙΕΥΣΕΙΣ**

- [17] Ahlson, S. & Ilyas, M. (2008). WiMAX Applications. CRC Press (Taylor and Francis group).
- [18] Ahlson, S. & Ilyas, M. (2008). WiMAX Standards and Security. CRC Press (Taylor and Francis group).
- [19] Bai, L. (2007). Analysis of the Market for WiMAX Services. Master Thesis. DTU, Denmark.
- [20] Brandt, I., Terzoli, A. & Hodgkinson-Williams C. Wireless Communication for Previously Disadvantaged Secondary Schools in Grahamstown, South Africa. Rhodes University. Departments of Computer Science and Education.
- [21] Espias, M., Ramos, S., & Perez, J. (2007). Analysis of the Techno-Economic Viability of European Mobile Operators Strategies towards Multiple Play Services Provision. International Telecommunications Society. 18<sup>th</sup> European Regional Conference. Istanbul, Turkey.
- [22] Finneran, M.F. (2004). WiMAX versus Wi-Fi. A Comparison of Technologies, Markets, and Business Plans. dBrn Associates, Inc.
- [23] Gabriel, C. :Blueprint Wi-Fi (ARC Chart). Research Report. WiMAX: The Critical Wireless Standard, 2004.
- [24] Golvin, C.S. Top Consumer Technology Predictions for 2008. Forrester, December 2007.
- [25] Kridel, T. (2007). As mobile WiMAX deployment grows, so does the importance of low-cost, high-quality backhaul. WiMAX Reality Check. Tellabs, Spring 2007.
- [26] Maravedis, Telecom Market Research & Analysis. WiMAX Statistics (Q3 2007) and Prospects. February 2008. Maravedis Inc.
- [27] Sheim, J. (2006). A Comparison of Two Fourth Generation Technologies : WiMAX and 3GPP-LTE. White Paper. Comsys (Communication & Signal Processing Ltd).
- [28] Pareek, D. (2006). WiMAX : Taking Wireless to the Max. Auerbach Publications.
- [29] Pareek, D. (2006). The Business of WiMAX. Wiley & Sons, LTD.
- [30] Porter, M. (1985). Competitive advantage: Creating and Sustaining Superior Performance. New York The Free Press.
- [31] Vassilopoulos, A. & Subirana, B. Wireless Broadband 2007. WiMAX & CO. Top Ten Technologies Project. Notes from eb center, 2007.