



**Master Information Systems  
Computer Networks**

Wi-Max applications and case studies in Greece and abroad  
Εφαρμογές και περιπτώσιολογικές μελέτες των δικτύων WiMax στην Ελλάδα και το εξωτερικό

Ιωάννα Σιμέλλη



Professor: A.A. Economides

Θεσσαλονίκη 2012

## Περίληψη

Το πρότυπο 802.16 που αναπτύχθηκε από το Ινστιτούτο Ηλεκτρολόγων Ηλεκτρονικών Μηχανικών (Institute of Electrical and Electronics Engineers – IEEE) γνωστό και με το εμπορικό όνομα WiMAX (**W**orld **I**nteroperability for **M**icrowave **A**ccess, Παγκόσμια Διαλειτουργικότητα για Μικροκομματική Πρόσβαση), αποτέλεσε την λύση για την ικανοποίηση των απαιτήσεων για ασύρματη πρόσβαση ευρείας ζώνης. Το WiMAX Forum είναι ο υπεύθυνος φορέας για τη διαδικασία πιστοποίησης εξοπλισμού WiMAX. Τα δίκτυα έχουν βρει υποστηρικτές σε όλο τον κόσμο, στην Ελλάδα όμως, η ανάπτυξή τους είναι πολύ περιορισμένη. Στη συνέχεια γίνεται μια προσπάθεια παρουσίασης τόσο των δικτύων WiMAX όσο και των εφαρμογών τους στην Ελλάδα και το εξωτερικό.

## Abstract

The 802.16 standard was developed by the Institute of Electrical and Electronics Engineers – IEEE) and became popular with the trade name WiMAX (**W**orld **I**nteroperability for **M**icrowave **A**ccess). WiMAX became the alternative sought by many to satisfy the needs for wireless broadband access. WiMAX Forum is the responsible agent for the certification procedure of WiMAX equipment. Supporters in all over the world have embraced the WiMAX networks, without the similar response rate in Greece. WiMAX networks are presented herewith as well as their applications in Greece and abroad.

## Εισαγωγή

Μέσα στην τελευταία δεκαετία, υπήρξε μια εκρηκτική ανάπτυξη στο πεδίο των δικτύων επικοινωνιών. Έγιναν πάρα πολλές επενδύσεις και υπάρχει ακόμη περιθώριο για εξέλιξη. Νέες υπηρεσίες, ευρυζωνικοί μηχανισμοί πρόσβασης, ποιότητα κ.λπ επιστρατεύθηκαν για την ικανοποίηση των τελικών χρηστών (Abid, Raja, Munir, Amjad, Mazhar & Dong-Young 2012; Omneya, Wei & Hong, 2010).

Η ανάπτυξη, διάδοση και χρήση του διαδικτύου, πέρα από τις τρομακτικές δυνατότητες πρόσβασης που έδωσε στους χρήστες, δημιούργησε παράλληλα και πολλές απαιτήσεις. Η ζωή των πολιτών έχει πλέον συνδεθεί στενά με μία ποικιλία διαδικτυακών εφαρμογών που απαιτούν ταχύτερες και οικονομικότερες λύσεις, καθώς και υποστήριξη της κινητικότητας των χρηστών (Taeshik and Choi, 2007). Η ασύρματη δικτύωση αποτελεί ένα απαραίτητο κομμάτι της σύγχρονης τηλεπικοινωνιακής τεχνολογίας, ενώ οι απαιτήσεις για ποιοτική μεταφορά δεδομένων με υψηλή ταχύτητα οδήγησαν στην ανάπτυξη τεχνολογιών όπως τα δίκτυα WiMAX (Omneya et al., 2010; Antonopoulos & Verikoukis, 2010).

Με αφορμή αυτές τις απαιτήσεις, η ομάδα εργασίας του Ινστιτούτου Ηλεκτρολόγων Ηλεκτρονικών Μηχανικών (Institute of Electrical and Electronics Engineers – IEEE) δημιούργησε νέο πρότυπο ασύρματης πρόσβασης που ονομάστηκε IEEE802.16 (Taeshik & Wook, 2007), το οποίο χρησιμοποιήθηκε για να παρέχει ευρυζωνική ασύρματη πρόσβαση, καθιστώντας το έτσι μία ελκυστική λύση εναλλακτική των γνωστών ενσύρματων τεχνολογιών (π.χ. xDSL και modem), ιδιαίτερα σε αγροτικές και απομακρυσμένες περιοχές (Omneya et al., 2010; Antonopoulos & Verikoukis, 2010). Το εμπορικό όνομα του προτύπου, που αναφέρεται σε κάθε σύστημα και εφαρμογή που χρησιμοποιεί το πρότυπο 802.16 είναι το WiMAX

(συντομογραφία των λέξεων Worldwide Interoperability for Microwave Access - Παγκόσμια Διαλειτουργικότητα για Μικροκυμματική Πρόσβαση) (Mignati et al., 2008).

Το πρότυπο IEEE 802.16 είχε ως όραμα την τεχνολογία ασύρματης ευρυζωνικής πρόσβασης του «τελευταίου μιλίου» σε ένα δίκτυο μητροπολιτικής περιοχής. Ιδιαίτερα σε περιοχές που δεν υπήρχε ενσύρματη πρόσβαση το WiMAX θα παρείχε μια οικονομική λύση ευρυζωνικής πρόσβασης (Iliev, Hristov, Zahariev & Iliev, 2010). Έτσι, ενώ τα ενσύρματα δίκτυα καλύπτουν μια εμβέλεια κάποιων εκατοντάδων μέτρων, το WiMAX έχει εμβέλεια μέχρι 48 Km (Antonopoulos & Verikoukis, 2010).

Στην αρχική του έκδοση, το πρότυπο χρησιμοποιούσε συχνότητα 10 έως 66GHz με βάση τη μετάδοση από έναν σταθμό (WirelessMAN-SC), ενώ με την πρώτη του τροποποίηση καλύφθηκαν εφαρμογές εκτός εμβέλειας οπτικού πεδίου (Non-Line-Of-Sight - NLOS) σε ζώνες με ή χωρίς άδεια στη συχνότητα των 2 έως 11GHz. Το WiMAX με εύρος ζώνης (bandwidth) 70Mbps είναι μία τεχνολογία που κύρια στοχεύει σε ευρείας κλίμακας μεταδόσεις από ένα σημείο προς ένα άλλο (point-to-point) και από ένα σημείο προς πολλά (point-to-multipoint) και μπορεί να υποστηρίξει τεράστιους αριθμούς χρηστών (Mignanti, Tamea, Marchetti, Castellano, Cimmino, Andreotti, Spada, Neves, Landi, Simoes & Pentikousis, 2008; Iliev et al.; 2010, Antonopoulos & Verikoukis, 2010).

## **Κεφάλαιο 1. Τα πρότυπα IEEE 802.16**

### ***1.1. Η εξέλιξη των προτύπων IEEE802.16***

Η παροχή πληροφοριών μέσω ασύρματων δικτύων στους τελικούς χρήστες σε μία γεωγραφικά μεγάλη περιοχή, αποτελεί έναν σημαντικό στόχο για την τεχνολογία ασύρματων επικοινωνιών. Αποτελεί πρόκληση τα δίκτυα της επόμενης γενεάς, η επίτευξη ασύρματης ευρυζωνικής πρόσβασης αξιόπιστης, οικονομικής «οποτεδήποτε», «οπουδήποτε», για αραιοκατοικημένες αγροτικές περιοχές, αστικές περιοχές εκτός πεδίου κάλυψης ή περιοχές που αντιμετωπίζουν προβλήματα κάλυψης λόγω εμποδίων, μεγάλων γεωγραφικών αποστάσεων, περιορισμένων πόρων και δαπανηρών απαιτήσεων. (Cvijetic & Wang, 2006; Bayan, Wan & Ramadass, 2010).

Τα τελευταία 15 χρόνια καταβάλλεται τεράστια προσπάθεια από τις εταιρίες να αναπτύξουν και να προσφέρουν προϊόντα για ασύρματη ευρυζωνική πρόσβαση. Κατέστη επιτακτική η ανάγκη, αυτά τα προϊόντα, να ακολουθούν ένα συγκεκριμένο πρότυπο, για να καλυφθούν οι διαρκώς αυξανόμενες ανάγκες των καταναλωτών. Η ομάδα εργασίας του Ινστιτούτου Ηλεκτρολόγων Ηλεκτρονικών Μηχανικών (Institute of Electrical and Electronics Engineers – IEEE) δημιούργησε, το 1999, ένα νέο πρότυπο ασύρματης πρόσβασης που ονομάστηκε IEEE802.16 (Taeshik & Wook, 2007) για ασύρματα δίκτυα μητροπολιτικής περιοχής WirelessMAN για συχνότητες 10-66GHz, ενώ το Νοέμβριο του ίδιου έτους ξεκίνησαν οι μελέτες για παρόμοιες υπηρεσίες στις συχνότητες 2-11GHz (Abdou, Xiaofeng & Abdallah, 2009).

Στην αρχική του έκδοση (802.16-2001), το 2002, το πρότυπο χρησιμοποιούσε συχνότητα 10 έως 66GHz με βάση τη μετάδοση από έναν σταθμό (WirelessMAN-SC), για επικοινωνίες με απ' ευθείας οπτική επαφή (Line Of Sight-LOS) λόγω των ισχυρών απωλειών διάδοσης που

οφείλονται στα μικρά μήκη κύματος, εύρος καναλιών 25 και 28MHz και ρυθμούς έως 120Mbps σε κανάλι 25MHz. Με την πρώτη του τροποποίηση (IEEE 802.16a), τον Απρίλιο του 2003, καλύφθηκαν εφαρμογές εκτός εμβέλειας οπτικού πεδίου (Non-Line-Of-Sight - NLOS), σε ζώνες με ή χωρίς άδεια, στη συχνότητα των 2 έως 11GHz (Ayman, Kadry & Chibli, 2011).

Το πρωτόκολλο IEEE 802.16 είναι μία οικογένεια προτύπων ασύρματης ευρυζωνικής πρόσβασης που περιλαμβάνει δύο βασικές προδιαγραφές: το IEEE 802.16- 2004 και το IEEE 802.16e. Το πρώτο αναφέρεται σε σταθερά συστήματα, επειδή χρησιμοποιεί μια σταθερά τοποθετημένη κεραία από πλευράς του πελάτη. Η κεραία τοποθετείται συνήθως σε σημείο του κτιρίου παρόμοια με δορυφορικό πιάτο(π.χ. σε ιστό ή στέγη). Εκδόθηκε το 2004 και προδιαγράφει πέντε air interfaces (Ayman et al., 2011; Sousa, Pentikousis & Curado, 2008):

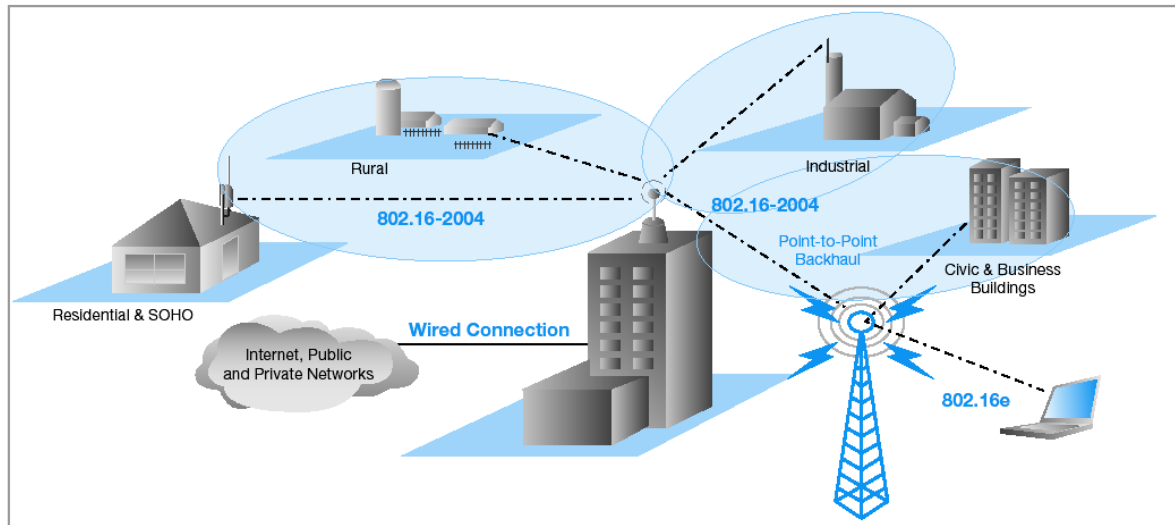
- i. Wireless MAN - SC για συχνότητες 10-66GHz
- ii. Wireless MAN - SCa για αδειοδοτημένες συχνότητες <11GHz
- iii. Wireless MAN - OFDM για αδειοδοτημένες συχνότητες <11GHz
- iv. Wireless MAN - OFDMA για αδειοδοτημένες συχνότητες <11GHz
- v. Wireless HUMAN για μη αδειοδοτημένες συχνότητες <11GHz

Τα IEEE 802.16-2004 (γνωστό και ως IEEE 802.16d), και IEEE 802.16e καθώς και το IEEE 802.16g, αντιπροσωπεύουν τις βασικές εκδόσεις του προτύπου. Καθορίζουν διαφορετικές λειτουργίες όπως π.χ. λειτουργία για επικοινωνίες σε συνθήκες με ή χωρίς οπτική επαφή, κινητικότητα και εκτεταμένη κάλυψη. Οι προγραμματιστικές υπηρεσίες υποστηρίζουν απαιτήσεις από διαδικτυακές εφαρμογές μέχρι VoIP εφαρμογές (Sousa et al., 2008).

Το IEEE 802.16e πρόσθεσε την υποστήριξη της κινητικότητας. Εκδόθηκε το Δεκέμβριο του 2005 (Abdou et al., 2009) και η καινοτομία του προτύπου είναι η υποστήριξη της Ποιότητας

της Υπηρεσίας (Quality of Service – QoS), με τον προσδιορισμό διαφορετικών βέλτιστων προγραμματιστικών υπηρεσιών για διαφορετικά είδη εφαρμογών (Sousa et al., 2008). Η εικόνα 1 περιγράφει το πρότυπο WiMAX 802.16.

Τα δίκτυα WiMAX παρέχουν λύσεις IP χαμηλού κόστους για κλιμακούμενα δίκτυα με υπηρεσίες φωνής, δεδομένων και video. Το ραδιοφωνικό δίκτυο BWA του IEEE 802.16 παρέχει ευέλικτες, χαμηλού κόστους λύσεις στα 10-66 GHz (με οπτική επαφή) και στα 2-11 GHz (μη οπτική επαφή). Οι ρυθμοί δεδομένων των 32-130 Mbps μπορούν να επιτευχθούν ανάλογα με το εύρος ζώνης του καναλιού, τους χρήστες, τις κλιματολογικές συνθήκες και τις τεχνικές διαμόρφωσης που χρησιμοποιούνται, ενώ υποστηρίζονται και πολλοί τύποι ροής δεδομένων (Bayan et al., 2010). Κάθε ροή δεδομένων απαιτεί ένα ελάχιστο εύρος ζώνης για να επιτευχθεί η Ποιότητα της Υπηρεσίας. Το εύρος ζώνης πρέπει να διανέμεται με δυναμικό τρόπο ώστε όλες οι ροές να μοιράζονται τη διαθέσιμη χωρητικότητα με δίκαια κριτήρια ικανοποιώντας έτσι τις προϋποθέσεις για την Ποιότητα Υπηρεσίας, ελαχιστοποιώντας την ποσότητα των απαιτούμενων πηγών και παρέχοντας ποιοτικές υπηρεσίες στους τελικούς χρήστες. (Flizikowski, Mijewski & Przybyszewski, 2011; Einhaus, Mader & Xavier, 2010; Ghazal, Othman & Claude, 2011; Geetha, 2011)



**Εικόνα 1: Πρότυπο WiMAX 802.16**

Το μοντέλο Ποιότητας Υπηρεσίας περιλαμβάνει εξυπηρέτηση ροών δεδομένων για να χαρακτηριστεί η κίνηση των δεδομένων που μπορούν να μεταδοθούν μέσω διαφορετικών συνδέσεων. Επιπλέον, οι συνδέσεις ανάμεσα σε έναν κινητό σταθμό και έναν σταθμό βάσης προσδιορίζονται από τους Αναγνωριστές Σύνδεσης (Connection Identifiers CIDs) και όχι από διευθύνσεις MAC όπως συνέβαινε σε άλλα πρότυπα IEEE 802.

Στο μοντέλο Ποιότητας Υπηρεσίας του IEEE 802.16, κάθε ροή έχει μία ροή μονής κατεύθυνσης με συγκεκριμένες παραμέτρους όπως – μεταξύ άλλων - την προτεραιότητα, τη μέγιστη προτεραιότητα, το μέγιστο και ελάχιστο ρυθμό μετάδοσης. Οι τρεις τύποι ροής που επιτρέπεται να προωθήσουν δέσμες δεδομένων είναι οι: Προβλεπόμενες (Provisioned), οι Εγκεκριμένες (Admitted) και οι Ενεργές (Active)

Οι λειτουργικές οντότητες που περιλαμβάνονται στο πρότυπο είναι: ο Συνδρομητικός Σταθμός (Subscriber Station - SS), ή Κινητός Σταθμός (Mobile Station - MS) στο IEEE 802.16e, και ο Σταθμός Βάσης (Base Station - BS). Ο Σταθμός Βάσης είναι υπεύθυνος για τον κεντρικό σχεδιασμό της Ποιότητας Υπηρεσίας βάσει των παραμέτρων που διαμορφώνονται από το



σύστημα διαχείρισης και τις απαιτήσεις εύρους ζώνης από το Συνδρομητικό Σταθμό. Ο Συνδρομητικός Σταθμός ή ο Κινητός Σταθμός πρέπει να προσδιορίσουν έναν Σταθμό Βάσης, να αποκτήσουν φυσικό συγχρονισμό και παραμέτρους MAC και να συνδεθούν με το δίκτυο (Bayan et al., 2010; Sousa et al., 2008).

Η υποστήριξη κινητικότητας που υπάρχει στο πρότυπο IEEE 802.16e περιλαμβάνει επίσης, προδιαγραφές εξοικονόμησης ενέργειας και διαδικασίες παράδοσης. Οι καταστάσεις Αναμονής και Ύπνου (Idle – Sleep) είναι δύο τύποι εξοικονόμησης ενέργειας. Η κατάσταση αναμονής κάνει μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας, συγκρινόμενη με την κατάσταση Ύπνου, καθώς ο Κινητός Σταθμός μπορεί να απενεργοποιηθεί πλήρως και να γίνει περιοδικά διαθέσιμος για downlink μετάδοση μηνυμάτων χωρίς να έχει εγγραφεί σε κάποιον συγκεκριμένο Σταθμό Βάσης. Αν και στο πρότυπο περιγράφονται τρεις διαφορετικοί τύποι μετάδοσης [Hard Handover (HHO), Fast Base Station Switching (FBSS) and Macro Diversity Handover (MDHO)] όλες οι διαδικασίες παράδοσης καθορίζονται μόνο για τον τύπο HHO. Έτσι ο τύπος HHO έχει ένα μεγάλο μειονέκτημα, συγκρινόμενος με τους άλλους δύο τύπους, καθώς συνεπάγεται την ασυνεχή μεταφορά σύνδεσης από έναν Σταθμό Βάσης σε έναν άλλον. Η απόφαση μετάδοσης μπορεί να γίνει από το Σταθμό Βάσης, τον Κινητό Σταθμό ή το Δίκτυο.

Το πρότυπο IEEE 802.21 στοχεύει στην ενεργοποίηση μετάδοσης ανάμεσα σε ετερογενή δίκτυα, προσδιορίζοντας ένα μοντέλο που περιλαμβάνει διαφορετικές οντότητες με συγκεκριμένους ρόλους και υποστήριξη διαφορετικών υπηρεσιών. Το IEEE 802.21, γνωστό και ως πρότυπο Media Independent Handover (MIH), καθορίζει την Media Independent Event Service για τη διάδοση των γεγονότων, την Media Independent Command Service που επιτρέπει στο χρήστη της MIH να εκδώσει συγκεκριμένες δράσεις σε χαμηλότερα επίπεδα και στην Media Independent Information Service να παράσχει λεπτομέρειες του δικτύου (Sousa et al., 2008).

## **1.2. Διαφορές WiMAX και Wi-Fi**

Η κύρια διαφορά μεταξύ του WiMAX και Wi-Fi είναι ότι το WiMAX υποστηρίζει υπηρεσίες πραγματικού χρόνου, π.χ., Voice over IP (VoIP), με ένα σύστημα ψηφοφορίας, αλλά το Wi-Fi υποφέρει από μεγάλη καθυστέρηση υποχώρησης, η οποία είναι εγγενής με βάση έναν τυχαίο έλεγχο πρόσβασης. Ως εκ τούτου, το WiMAX μπορεί να συνεργαστεί με το Wi-Fi, και στη συνέχεια σχηματίζει ένα ετερογενές ασύρματο δίκτυο για να επεκτείνει το φάσμα πρόσβασης από μικρής εμβέλειας Wi-Fi hot spots στην μεγάλη περιοχή πρόσβασης του WiMAX.

Τα χαρακτηριστικά του WiMAX είναι: Κατ' αρχάς, όσον αφορά την πρόσβαση καναλιού, το WiMAX είτε υιοθετεί Time Division Duplex (TDD) ή Frequency Division Duplex (FDD) για downlink και uplink μεταδόσεις. Τα μήκη των υποπλαισίων (subframes) της κάτω ζεύξης και άνω ζεύξης είναι ρυθμιζόμενα. Το WiMAX υιοθετεί έναν μηχανισμό καταγραφής ως μέσο ελέγχου πρόσβασης (MAC), και στη συνέχεια αντιμετωπίζει τις συγκρούσεις μεταξύ των αιτημάτων. Αυτό το στοιχείο αποτελεί και την κύρια διαφορά μεταξύ του WiMAX και του Wi-Fi. Δεύτερον, όσον αφορά το ρυθμό δεδομένων, θεωρητικά το πρότυπο IEEE 802.16 παρέχει ένα ενιαίο κανάλι ταχύτητας δεδομένων έως 75Mbps τόσο για την άνω ζεύξη όσο και για την κατερχόμενη ζεύξη (χρησιμοποιώντας 64QAM ρυθμό κώδικα σε OFDMA) μέσα σε ένα εύρος μετάδοσης μέχρι αρκετά μίλια. Με το πλεονέκτημα της υποστήριξης ευρείας κάλυψης, το WiMAX μπορεί να χρησιμοποιηθεί για το τελευταίο μίλι στους συνδρομητές, αντί της χρήσης ενός ψηφιακού συνδρομητικού βρόχου (xDSL) ή καλωδιακού μόντεμ. Τρίτον, όσον αφορά την Ποιότητα Υπηρεσίας, το WiMAX προτείνει την παροχή Ελέγχου Αποδοχής Κλήσης (Call Admission Control - CAC) για να εξασφαλίσει ότι η υψηλή προτεραιότητα της κυκλοφορίας, π.χ., σε πραγματικό χρόνο υπηρεσίας, μπορεί να προηγηθεί από μία

χαμηλή κίνηση. Έτσι, η ανταμοιβή ενός παρόχου δικτύου μπορεί να μεγιστοποιηθεί, χρησιμοποιώντας τον ίδιο ασύρματο πόρο (Chang, 2008).

## Κεφάλαιο 2. WiMAX Forum

### 2.1. Ίδρυση και αποστολή του Forum

To Worldwide Interoperability for Microwave Access (WiMax) forum είναι μία μη κερδοσκοπική κοινοπραξία των πρωτοπόρων στη βιομηχανία που εκπροσωπούν όλο το κινητό διαδικτυακό οικοσύστημα. Ιδρύθηκε το 2003 με ιδρυτικά μέλη τις Intel, Alvarion, ATT, Array Com, Nortel, Motorola, Samsung κ.α. με στόχο να προωθήσει τις τεχνολογίες που βασίζονται στο πρότυπα 802.16 και να συντονίσει την διαλειτουργικότητα και συμβατότητα των διαφόρων εταιρικών προϊόντων. Οι βασικοί του στόχοι περιλαμβάνουν την πρόσβαση υψηλής ταχύτητας στο διαδίκτυο, την επιτάχυνση της υιοθέτησης, ανάπτυξης και επέκτασης των τεχνολογιών WiMAX σε όλο τον κόσμο, διευκολύνοντας παράλληλα τις συμφωνίες περιαγωγής, την ανταλλαγή βέλτιστων πρακτικών των μελών του και η πιστοποίηση των προϊόντων. (Abid et al., 2012; Taeshik & Wook, 2007; Abdou et al., 2009)

Ειδικότερος στόχος του WiMAX Forum είναι τα radio interfaces που βασίζονται στην οικογένεια προτύπων IEEE 802.16 (Garroppo, Giordano, Iakono & Tavanti, 2011).

Το Forum αριθμεί πάνω από 580 ενεργά δίκτυα WiMAX σε πάνω από 149 χώρες και τα μέλη του έχουν δεσμευθεί στην παγκόσμια υιοθέτηση της 4G κινητής ευρυζωνικότητας. Τα μέλη του είναι κατά πλειοψηφία φορείς, προμηθευτές εξαρτημάτων και εξοπλισμού. Η συνδρομή στο Forum περιλαμβάνει ένα ευρύ φάσμα ωφελειών και υπηρεσιών που επιτρέπει από τη μια μεριά, στους παρόχους υπηρεσιών WiMAX να μεγαλώσουν τα δίκτυα τους και από την άλλη, στην κοινότητα των πωλητών να προχωρήσουν σε περισσότερες πωλήσεις εξοπλισμού και υπηρεσιών.

Τα πιστοποιημένα, από το WiMAX Forum, προϊόντα είναι διαλειτουργικά και υποστηρίζουν ευρυζωνικές σταθερές, νομαδικές, φορητές υπηρεσίες και υπηρεσίες κινητής τηλεφωνίας. Το WiMAX Forum συνεργάζεται στενά με τους παρόχους υπηρεσιών και τις ρυθμιστικές αρχές ώστε να εξασφαλίσουν ότι τα πιστοποιημένα συστήματα WiMAX πληρούν τις απαιτήσεις των πελατών.

## **2.2. Στρατηγικοί Στόχοι του Forum**

**Καθιέρωση οικονομικών και έγκαιρων διαδικασιών πιστοποίησης και πιστοποίηση υποδομών για WiMAX που επιτυγχάνουν τη διαλειτουργικότητα των δικτύων και των συσκευών. Ειδικότερα, το forum εξασφαλίζει:**

- Ότι η διαδικασία πιστοποίησης έχει αξία και θεωρείται αξιόπιστη από τους παρόχους δικτύων και υπηρεσιών καθώς και από τους καταναλωτές παγκοσμίως.
- Την έγκαιρη διαθεσιμότητα των προδιαγραφών ελέγχου και τις απαιτήσεις της πιστοποίησης
- Ότι η υποδομή των δοκιμών είναι σε θέση να ανταποκριθεί στην παγκόσμια ζήτηση για οικονομική πιστοποίηση WiMAX.

**Δημοσίευση τεχνικών προδιαγραφών για την επίτευξη ενός εμπορικά βιώσιμου οικοσυστήματος για WiMAX. Συγκεκριμένα:**

- Παροχή υψηλής ποιότητας τεχνικές προδιαγραφές που βασίζονται στο πρότυπο IEEE 802.16 ώστε να εξασφαλισθεί η υψηλής απόδοσης, end-to-end αρχιτεκτονική του διαδικτύου που θα υποστηρίζει χρήστες σταθερής, νομαδικής και κινητής επικοινωνίας.

- Δημιουργία ενός οδικού χάρτη WiMAX τεχνολογίας για να υποστηρίξει μία ευρεία γκάμα εφαρμογών και σεναρίων χρήσης και να προωθήσει ένα ισχυρό οικοσύστημα.
- Ενεργοποίηση της παγκόσμιας περιαγωγής για WiMAX-to-WiMAX δίκτυα καθώς και για δίκτυα που θα ικανοποιούν της ανάγκες της αγοράς για ευκολία στη χρήση.
- Ενεργοποίηση της διασυνεργασίας για δίκτυα WiMAX με άλλα ασύρματα δίκτυα.
- Εξασφάλιση ότι το WiMAX υποστηρίζει τη συνύπαρξη με άλλες ασύρματες τεχνολογίες για να παρέχουν πρόσβαση σε ένα ευρύ σύνολο συχνοτήτων.

**Προώθηση της εταιρικής ταυτότητας και της τεχνολογίας ώστε να εδραιωθεί το WiMAX ως ο παγκόσμιος ηγέτης στην αγορά των ασύρματων ευρυζωνικών επικοινωνιών.**

**Συγκεκριμένα, προωθούνται:**

- Ελκυστικές υπηρεσίες και προτάσεις με οικονομική αξία για την ενίσχυση της ζήτησης των χρηστών.
- Το WiMAX ώστε να εξασφαλισθεί διαθεσιμότητα του φάσματος και ένα ευνοϊκό κανονιστικό περιβάλλον.
- Τα πλεονεκτήματα του WiMAX για να διευκολυνθεί η ανάπτυξη του οικοσυστήματος σε παγκόσμιο επίπεδο.

### 2.3. Είδη Συνδρομών

Υπάρχουν τέσσερα διαφορετικά επίπεδα συνδρομών με τα αντίστοιχα οφέλη και κόστη. Συγκεκριμένα, τα επίπεδα συνδρομών είναι: Συνδρομή Συνεργάτη (ΣΣ)– Τακτικό επίπεδο (Associate - Regular level, ), Κάθετη Συνδρομή (ΚΣ) – Τακτικό επίπεδο (Vertical-Regular level), Κανονικό επίπεδο (ΚΕ) (Regular Level) και Ανώτερο επίπεδο (ΑΕ) (Principal Level). Στους πίνακες που ακολουθούν, παρουσιάζονται αναλυτικά τα οφέλη ανά κατηγορία συνδρομής καθώς και τα κόστη όπως έχουν ανακοινωθεί στην ιστοσελίδα του Forum ([www.wimaxforum.org](http://www.wimaxforum.org)). Η συνδρομή ισχύει για 12 συνεχόμενους μήνες από την ημερομηνία εγγραφής.

Είδος Συνδρομής	ΣΣ	ΚΣ	ΚΕ	ΑΕ
<b>Οφέλη</b>				
Δικαίωμα πρόσβασης και σχολιασμού των αποτελεσμάτων της ομάδας εργασίας	X	X	X	X
Η εταιρία του μέλους καταλογογραφείται στην ιστοσελίδα του Forum	X	X	X	X
Πρόσβαση στο τμήμα της ιστοσελίδας του Forum που είναι αποκλειστικά για μέλη	X	X	X	X
Πρόσβαση στην περιοχή της Ομάδας Εργασίας του Forum και στα έγγραφα της Ομάδας	X	X	X	X
Δικαίωμα να παρακολουθεί τις δραστηριότητες των μελών (συναντήσεις της ομάδας εργασίας, συνέδρια μελών)	X	X	X	X
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Επιλέξιμο μέλος για πρόεδρος Ομάδας Εργασίας</li> <li>• Επιλέξιμο μέλος να θέσει υποψηφιότητα για τις εκλογές στις ανοιχτές θέσεις του Διοικητικού Συμβουλίου</li> <li>• Πρόσβαση στη βάση δεδομένων Spectrum &amp; Ρυθμιστικών Στοιχείων</li> <li>• Δικαίωμα να χρησιμοποιεί τα πιστοποιημένα λογότυπα</li> </ul>				X

WiMAX <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ηλεκτρονική καταχώρηση των προϊόντων στα Πιστοποιημένα από το WiMAX Προϊόντα</li> <li>• Δικαίωμα ψήφου στα αποτελέσματα της Ομάδας Εργασίας</li> <li>• Δικαίωμα να υποβάλλει αίτηση και να καταθέσει προϊόντα για πιστοποίηση</li> <li>• Δικαίωμα να συμμετέχει ως σύμβουλος της Ομάδας Εργασίας</li> <li>• Δικαίωμα να συμμετέχει στους ελέγχους πιστοποίησης</li> </ul>				
---	--	--	--	--

Είδος Συνδρομής	ΣΣ	ΚΣ	ΚΕ	ΑΕ
<b>Κόστος</b>				
Βάσει των συνολικών πωλήσεων τα τελευταία τέσσερα τετράμηνα	X		X	X
<b>Τιμή:</b>	Από 0 – 1εκ.\$: 1,500\$	5000\$	<50εκ. \$: 25,000\$ 50 – 400εκ. \$: 30,000\$ >400εκ. \$: 40,000\$	<50εκ. \$: 25,000\$ 50 – 400εκ. \$: 30,000\$ >400εκ. \$: 40,000\$

#### 2.4. Πρόγραμμα Πιστοποίησης WiMAX Forum

Τα πιστοποιημένα προϊόντα έχουν συμμορφωθεί με το πρότυπο IEEE802.16e που επιτρέπει τη πλήρη διαλειτουργικότητα σε παγκόσμιο επίπεδο. Τα πιστοποιημένα προϊόντα που έχουν περάσει από το πρόγραμμα πιστοποίησης μειώνουν την αβεβαιότητα των επενδύσεων για όλα τα εμπλεκόμενα μέρη στην αλυσίδα αξίας του δικτύου πρόσβασης, από τους παρόχους τεχνολογίας έως τους παρόχους υπηρεσιών και τους τελικούς χρήστες.

Το Forum έχει Εξειδικευμένα Εργαστήρια Πιστοποίησης (WFDCLs) τα οποία δέχονται αιτήσεις για πιστοποίηση προϊόντος για Κινητό και Σταθερό Σύστημα. Οι αιτήσεις για την



πιστοποίηση προϊόντων υποβάλλονται μόνο από ένα μέλος Ανώτερου Επιπέδου ή επιχορηγούνται από ένα μέλος Ανώτερου Επιπέδου.

Η διαδικασία πιστοποίησης ακολουθεί τα εξής στάδια: Το μέλος Ανωτέρου Επιπέδου καταθέτει μια online αίτηση μέσω του WiMAXCert, επιλέγει ένα πιστοποιημένο εργαστήριο, εάν το επιθυμεί επιλέγει έναν φορέα πιστοποίησης και πληρώνει μια εγγύηση κράτησης. Σε περίπτωση επαναπιστοποίησης ή χρήσης προηγούμενα πιστοποιημένης μονάδας, η αίτηση αξιολογείται από τον φορέα ώστε να προσδιορισθεί το μέγεθος της απαιτούμενης επανεξέτασης.

Τέσσερα είναι τα εξειδικευμένα εργαστήρια πιστοποίησης, ένα στην Κορέα, ένα στις ΗΠΑ, ένα στην Ταϊβάν και ένα στην Κίνα.

Το Συμβούλιο Πιστοποίησης αποτελείται από ιδιώτες που εξετάζουν και πιστοποιούν όλα τα αποτελέσματα των ελέγχων των εργαστηρίων και τις δηλώσεις του κατασκευαστή για τις προϋποθέσεις και αποφασίζουν για την πιστοποίηση βάσει των αντικειμενικών αποδείξεων που τους παρέχονται.

Οι απαιτούμενοι έλεγχοι καθορίζονται από το WiMAX Forum, πηγάζουν από το IEEE802.16 και είναι οι παρακάτω:

- Mobile Test Suite Structure and Purposes (Protocol) Specification
- Mobile Radio Conformance Tests
- Mobile Interoperability Test Specification (αυτός ο έλεγχος βασίζεται σε ένα συνδυασμό σεναρίων για το πώς πρέπει να λειτουργεί ο εξοπλισμός σε ένα δίκτυο σε συνεργασία με επακόλουθα από το IEEE 802.16e-2005 Rev 2 πρωτόκολλα (π.χ. είσοδος δικτύου, εγγραφή κ.λπ.)

- Radio Requirements Test Specification (αυτό δεν πηγάζει από τις προδιαγραφές του IEEE 802.16e-2005 Rev 2)
- Radiated Performance Test Specification (αυτό δεν πηγάζει από τις προδιαγραφές του IEEE 802.16e-2005 Rev 2)
- Network Conformance Testing (NCT)
- Infrastructure Inter-Operator Testing (iIOT)

### ***2.5. Κόστος Πιστοποίησης WiMAX Forum***

Το κόστος της πιστοποίησης είναι το άθροισμα του κόστους του εργαστηρίου συν το κόστους του φορέα πιστοποίησης συν το κόστος άδειας του Forum.

### **Κεφάλαιο 3: Εφαρμογές της τεχνολογίας WiMAX**

Τα τελευταία χρόνια, νέες εφαρμογές όπως Voice over IP (VoIP), Video on Demand (VoD), online παιχνίδια και υπηρεσίες κοινωνικών δικτύων αναπτύσσονται διαρκώς ώστε να ικανοποιήσουν τις προκύπτουσες απαιτήσεις (Chen, Lin & Gu, 2011). Ένα δίκτυο WiMAX παρέχει πολλαπλές υπηρεσίες που ικανοποιούν τις ανάγκες και τις απαιτήσεις των απλών χρηστών και των εταιρικών πελατών.

Το εύρος ζώνης των δικτύων WiMAX, τα καθιστούν κατάλληλα για εφαρμογές όπως: κινητή σύνδεση σε πόλεις και χώρες μέσα από μία πλειάδα συσκευών, εναλλακτική λύση στην ενσύρματη σύνδεση για πρόσβαση «τελευταίου μιλίου», μετάδοση δεδομένων και φωνής, και σύνδεση στο διαδίκτυο ως τμήμα ενός επιχειρηματικού σχεδίου (Prommak & Wechtaison, 2012; Juan, Huang, Huang & Chiang, 2010).

Ειδικότερα, οι εφαρμογές των δικτύων WiMAX αφορούν ενδεικτικά:

#### **Πρόσβαση στο Διαδίκτυο**

Τα δίκτυα WiMAX μπορούν να παρέχουν σύνδεση στο διαδίκτυο από το σπίτι ή εν κινήσει γεγονός που οδηγεί σε ανταγωνισμό τις αγορές που τυπικά είχαν μόνο ενσύρματη πρόσβαση. Επιπλέον, το αντίστοιχο κόστος της σύνδεσης για τα WiMAX είναι χαμηλότερο συγκριτικά με άλλες τεχνολογίες όπως 3G, HSDPA, xDSL, HFC ή FTTx παρέχοντας έτσι τη δυνατότητα σύνδεσης στο διαδίκτυο σε απομακρυσμένες περιοχές (Kundu, Bhunia, Misra & Sanyal, 2010).

#### **Κυβελοειδής μετάδοση (Backhaul)**

Τα κινητά δίκτυα WiMAX αποτελεί την εναλλακτική λύση για την τεχνολογία κινητών τηλεφώνων όπως GSM και CDMA. Τα σταθερά δίκτυα WiMAX αποτελούν επίσης μία

ασύρματη τεχνολογία κυψελοειδούς μετάδοσης για δίκτυα 2G, 3G ή 4G τόσο στις ανεπτυγμένες όσο και στις αναπτυσσόμενες χώρες.

Οι παροχείς της κύριας αρτηρίας (backbone) του internet μισθώνουν σε τρίτους παροχείς υπηρεσιών (ISP's) γραμμές του δικτύου. Αυτή η μίσθωση έχει σαν αποτέλεσμα να μειώνει το κόστος επέκτασης και λειτουργίας του διαδικτύου. Το 802.16 αποτελεί μία εξαιρετική λύση σε εταιρίες παροχής υπηρεσιών που τώρα δε θα είναι αναγκασμένες να μισθώνουν ενσύρματες γραμμές αλλά μπορούν με τη χρήση των ασύρματων κυψελών να παρέχουν φτηνή πρόσβαση στους χρήστες (Wang, Yan & Lo, 2012).

### **Υπηρεσίες Σταθερής & Κινητής Ευρυζωνικής Πρόσβασης σε Αστικές Περιοχές**

Το δίκτυο εξυπηρετεί συνδρομητές που απαιτούν υψηλές ταχύτητες στο Διαδίκτυο, αποστολή / λήψη e-mail και υπηρεσίες IP τηλεφωνίας (VoIP) (Chen et al., 2011). Επίσης, το ίδιο το δίκτυο δύναται να εξυπηρετήσει συνδρομητές που έχουν πρόσβαση σε ευρυζωνικές εφαρμογές μέσω των φορητών τους συσκευών WiMAX (όπως κινητά τηλέφωνα, PDAs, φορητούς υπολογιστές, κλπ.) (Juan et al., 2010).

### **Εταιρικές Υπηρεσίες & Ιδιωτικά Δίκτυα**

Ένα δίκτυο WiMAX μπορεί επίσης να αποτελέσει ακρογωνιαίο λίθο για παρόχους που επιθυμούν να προσφέρουν εταιρικές υπηρεσίες σε SOHOs, SMEs, καθώς και σε μεγάλες επιχειρήσεις, με απαιτήσεις για ασφαλή VPNs πάνω από Ethernet ή IP δίκτυα. Αναλυτικά, θα μπορούσε να αποτελέσει ιδανική λύση για τις παρακάτω εφαρμογές:

### **Κάθετες Εφαρμογές**

Επίβλεψη, δημόσια ασφάλεια, διασύνδεση απομακρυσμένων συσκευών, παρακολούθηση αποθήκης (inventory), διαχείριση στόλου και υπηρεσίες εκπαίδευσης είναι μερικές από τις

εφαρμογές που υποστηρίζονται, με μικρό ή και καθόλου κόστος από πλευράς φορέα. Τέτοιες εφαρμογές απαιτούν εύρωστες και αξιόπιστες διασυνδέσεις, αλλά στις περισσότερες περιπτώσεις θα ήταν εξαιρετικά αντικοινωνικό η υλοποίηση αποκλειστικών δικτύων για την υποστήριξή τους. Οι φορείς WiMAX μπορούν να προστατέψουν τα κέρδη τους, είτε παρέχοντας υπηρεσίες σε καινούριες αγορές, είτε δημιουργώντας σχέσεις χονδρικής με παρόχους υπηρεσιών, επικεντρώνοντας τις προσπάθειές τους σε συγκεκριμένες κάθετες αγορές (Lin & Lin, 2009).

### **Κάλυψη Αγροτικών Περιοχών**

Η κάλυψη αγροτικών περιοχών, η οποία είναι κρίσιμη σε πολλές αναπτυσσόμενες χώρες και σε περιοχές ανεπτυγμένων κρατών με ανεπαρκή κάλυψη και μικρή ή καθόλου υποδομή, αναφέρεται στη διάθεση υπηρεσιών φωνής και Διαδικτύου. Προσφέροντας εκτενή κάλυψη, το δίκτυο WiMAX αποτελεί μία πολύ πιο οικονομική εναλλακτική λύση, συγκριτικά με τις ενσύρματες λύσεις, για περιοχές με λίγους συνδρομητές. Ο Σταθμός Βάσης επιτρέπει στους παρόχους υπηρεσιών να καλύψουν γρήγορα αγροτικές περιοχές. Αυτό εξασφαλίζει ένα ασφαλέστερο περιβάλλον και ταυτόχρονα βοηθά στην βελτίωση της τοπικής οικονομίας (Jha & Dalal, 2012).

### **Βελτίωση Ιατρικών Υπηρεσιών**

Το μεγαλύτερο εμπόδιο στην μαζική εξάπλωση των εφαρμογών τηλεϊατρικής σχετίζεται με τα θέματα ασφαλείας κατά την ανταλλαγή πληροφοριών σε πραγματικό χρόνο ανάμεσα σε διαφορετικούς χρήστες που δεν βρίσκονται σε σταθερές τοποθεσίες. Τα δίκτυα WiMAX αποτελούν μια πολλά υποσχόμενη τεχνολογία για να ξεπεραστεί αυτό το εμπόδιο (Cimmino, Casalli & Mambretti, 2009).

### **3.1. Τα δίκτυα WiMAX στο εξωτερικό**

Μέχρι τον Οκτώβριο του 2010, το WiMAX Forum δήλωνε πάνω από 592 δίκτυα (σταθερά και κινητά) σε πάνω από 148 χώρες, καλύπτοντας πάνω από 621 εκατομμύρια συνδρομητές. Μέχρι το Φεβρουάριο του 2011, ο αριθμός των συνδρομητών ξεπέρασε τα 823 εκατομμύρια και οι υπολογισμοί τους έφταναν στο 1 δισεκατομμύριο συνδρομητές μέχρι το τέλος του 2011.

Η Νότια Κορέα εγκατέστησε ένα δίκτυο WiMAX στο 2ο εξάμηνο του 2006 και μέσα σε δύο χρόνια υπήρχαν 350.000 συνδρομητές. Έρευνα που ανακοινώθηκε το Σεπτέμβριο του 2010 υπολόγισε 800 συμβόλαια από 364 παρόχους παγκοσμίως που προσφέρουν ενεργές υπηρεσίες.

Παρακάτω αναφέρονται ενδεικτικά τα δίκτυα WiMAX που υπάρχουν σε διάφορες χώρες:

Αργεντινή: Ένα κινητό δίκτυο λειτουργεί στην μητροπολιτική περιοχή Viedma, Rio Negro στα 2.4 GHz και ταχύτητες που φθάνουν το 1.5 Mbit/s

Αυστραλία: Πέντε πάροχοι σταθερών δικτύων που καλύπτουν τις περιοχές της Αδελαΐδας, Gippsland, Σίδνευ, Μελβούρνη, Brisbane, Gold Coast, Perth Coorong, Χερσόνησο Yorke και Riverlands, στα 5 GHz και ταχύτητες που φθάνουν σε κάποιες περιπτώσεις μέχρι και τα 20 Mbit/s.

Στον Καναδά λειτουργούν 8 πάροχοι WiMAX δικτύων στα 3.5GHz

Στη Μεγάλη Βρετανία έχουν λειτουργήσει δίκτυα που καλύπτουν από το κεντρικό Λονδίνου μέχρι τη Σκωτία. Η πόλη Milton Keynes ήταν η πρώτη πόλη του Ηνωμένου Βασιλείου που είχε κάλυψη υπηρεσιών WiMAX.

Οι Η.Π.Α. τέλος, έχουν το μεγαλύτερο δίκτυο παρόχων WiMAX στα 3,65GHz και 5.7 GHz και καλύπτουν τις ανάγκες τόσο των πολιτών όσο και των επιχειρήσεων.

Στην Ιαπωνία η υπηρεσία των κινητών δικτύων WiMAX για ευρυζωνικά ασύρματα συστήματα υψηλών ταχυτήτων τέθηκε σε εφαρμογή το 2009 (Masahiro, Yasufumi, Yu & Makoto, 2009).

Η πρόσβαση μέσω δικτύων WiMAX χρησιμοποιήθηκε στις επικοινωνίες στην Ινδονησία μετά το τσουνάμι που έπληξε την περιοχή το Δεκέμβριο του 2004. Όλη η υποδομή επικοινωνιών της περιοχής καταστράφηκε (εκτός από το ερασιτεχνικό ράδιο) καθιστώντας αδύνατη την επικοινωνία των διασωστών με κόσμο εκτός της πληγείσας περιοχής και αντίστροφα. Τα δίκτυα WiMAX παρείχαν ευρυζωνική πρόσβαση που συνέβαλε στην αποκατάσταση της επικοινωνίας από και προς την περιοχή του Aceh.

Η Intel Corporation δώρισε εξοπλισμό WiMAX ώστε να βοηθήσει τους φορείς στην επικοινωνία τους με τις περιοχές που πλήγησαν από τον τυφώνα Κατρίνα.

Οι μελλοντικές επικοινωνίες της δημόσιας ασφάλειας θα απαιτούν υπηρεσίες κινητής ευρυζωνικότητας ως συμπληρωματική λύση επικοινωνίας κατά τη διάρκεια φυσικών καταστροφών.

## Κεφάλαιο 4: Τα δίκτυα WiMAX στην Ελλάδα

### 4.1. Άγιο Όρος

Μια ιδιαίτερα σημαντική εφαρμογή του WiMAX ήταν η εγκατάστασή του στο Άγιο Όρος και αυτό γιατί ήταν ανέφικτη με τα άλλα μέσα λόγω του γεωγραφικού ανάγλυφου, της ιερότητας του χώρου, της ανύπαρκτης υποδομής και της έλλειψης εγκατεστημένου δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας. Η εφαρμογή αυτή ήταν πιλοτική για την Ελλάδα και επιτυχής. Το πιλοτικό αυτό δίκτυο παρέχει υπηρεσίες ευρυζωνικότητας και IP τηλεφωνίας (VoIP) και εγκαταστάθηκε από τον ΟΤΕ.

Στο Άγιο Όρος εγκαταστάθηκαν συνολικά έξι σταθμοί βάσης με την εμβέλεια του δικτύου να φτάνει τα 50 km, καλύπτοντας την πλειοψηφία των Μονών και Σκητών, σε σχεδόν όλη την έκταση της Χερσονήσου του Άθως. Το δίκτυο WiMAX που έχει υλοποιηθεί έχει τη δυνατότητα μετάδοσης έως και 60 Mbps (αμφίδρομα).

Οι σταθμοί βάσης εκπέμπουν στη φασματική ζώνη των 3,5 GHz που έχει απονεμηθεί στον ΟΤΕ από την ΕΕΤΤ. Τα συστήματα που εγκαταστάθηκαν πληρούν τις προδιαγραφές του προτύπου IEEE 802.16 και ο εξοπλισμός που χρησιμοποιείται είναι πιστοποιημένος από το WiMAX Forum.

Στην αρχική φάση λειτουργίας, συνδέθηκαν χρήστες από το Άγιο Όρος, τη Νήσο Αμμουλιανή και την περιοχή της Ιερισσού.

Το σύστημα λειτούργησε απρόσκοπτα ακόμα και σε εξαιρετικά δυσμενείς καιρικές συνθήκες (<http://news.in.gr/science-technology/article/?aid=929936>).



#### **4.2. Διεθνής Αερολιμένας Αθηνών**

Μια άλλη εξίσου σημαντική εφαρμογή στην Ελλάδα ήταν ο Διεθνής Αερολιμένας Αθηνών. Η εφαρμογή αυτή είναι αξιολογούμενη λόγω των απαιτήσεων σε ποιότητα των υπηρεσιών και το μεγάλο αριθμό ιδιωτικών και εταιρικών χρηστών σε περιορισμένο χώρο. Ο ΔΑΑ αξιοποιώντας τις τεχνολογικές εξελίξεις στον τομέα των επικοινωνιών και των ευρυζωνικών εφαρμογών, ανέπτυξε το 2006, σε παγκόσμια πρωτοτυπία για διεθνές αεροδρόμιο, σύνθετες υπηρεσίες Triple Play (ενιαίο δίκτυο δεδομένων, φωνής και τηλεοπτικού σήματος) μέσω του WiMAX.

Ο ΔΑΑ, ως αδειοδοτημένος χρήστης από την ΕΕΤΤ για την περιοχή Σπάτα - Κορωπί, ανέπτυξε εφαρμογές σε τρεις τεχνολογικές ενότητες, ανάλογα με τη χρήση τους αξιοποιώντας την τεχνολογία WiMAX. Αναφορικά οι εφαρμογές αυτές είναι για:

- ιδιωτική χρήση: ταυτόχρονη μεταφορά τηλεοπτικού σήματος υψηλής ευκρίνειας, φωνής και δεδομένων, με ευκολία διαχείρισης και σύνδεσης και εξαιρετική ταχύτητα μετάδοσης (14 Mbps)

- εταιρική χρήση: προσφορά σε εταιρείες, υπηρεσίες όπως υπηρεσίες βάσεων δεδομένων (Data Centre Services), τηλεδιασκέψεων (Video-Conference) και παροχή εφαρμογών εξ αποστάσεως (ASP)

- παροχή κομβικής υποδομής - WiMAX Hub: παρέχει κομβική υποδομή σε άλλους παρόχους WiMAX ή WLAN, για την εξυπηρέτηση των συνδρομητών τους

(<http://news.in.gr/science-technology/article/?aid=929936>).

### **4.3. Pasiphae**

Τον Οκτώβριο του 2008 ακολούθησε το εργαστήριο Έρευνας και Ανάπτυξης τηλεπικοινωνιακών συστημάτων PASIPHAΕ με δοκιμαστική πιλοτική εκπομπή για ερευνητικές-εκπαιδευτικές δραστηριότητες. Οι περιοχές κάλυψης αφορούσε στην πόλη του Ηρακλείου Κρήτης (<http://www.pasiphae.teiher.gr>).

### **4.4. Cosmoline**

Τον Αύγουστο του 2006 η Εθνική Επιτροπή Τηλεπικοινωνιών και Ταχυδρομείων, υπεύθυνος φορέας για την αδειοδότηση WiMAX, χορήγησε μέσω διαγωνιστικής διαδικασίας, στην οποία είχαν συμμετάσχει συνολικά 7 εταιρείες, στην Cosmoline, πλειοδότηρια εταιρία, άδεια υλοποίησης ασύρματου δικτύου WiMAX ([www.eett.gr/opencms/export/sites/default/admin/downloads/ImerDiataxeis/Imerisia633.pdf](http://www.eett.gr/opencms/export/sites/default/admin/downloads/ImerDiataxeis/Imerisia633.pdf)).

Σύμφωνα με την εταιρία, παρά τις μεγάλες επενδύσεις, στο παγκόσμιο τηλεπικοινωνιακό στερέωμα, ήδη από το 2009, το WiMAX, και ειδικότερα στα 3,5 GHz, εμφάνισε σοβαρές ελλείψεις και προβλήματα όπως απόσυρση μεγάλων κατασκευαστών τεχνολογίας τηλεπικοινωνιών (βλ. Ericsson, Nokia, Cisco), ακριβών και περιορισμένης γκάμας τερματικών συσκευών (CPEs), και ταυτόχρονη μετακίνηση της Ευρώπης, της Ασίας και της Β. Αμερικής στην μάντα των 2,5 GHz κάτι το οποίο είχε επισημάνει η Διοίκηση της Cosmoline στην αρμόδια Ρυθμιστική Αρχή ζητώντας επανειλημμένα την αλλαγή του φάσματος αδειοδότησης!

Ταυτόχρονα η Cosmoline στο εσωτερικό, ήρθε αντιμέτωπη με την γραφειοκρατική και εξαιρετικά χρονοβόρα αδειοδότηση κεραιών στην Ελλάδα αλλά και την αναμφισβήτητη οικονομική κρίση.

Παράλληλα η Cosmoline είχε αιτηθεί γραπτώς από την αρμόδια ρυθμιστική αρχή α) την παράταση όλων των όρων της σύμβασης λόγω της αβεβαιότητας της τεχνολογίας, β) την αλλαγή του φάσματος από 3,5 GHz σε 2,5 GHz δεδομένου ότι τα εν λειτουργία δίκτυα αλλά και οι τερματικές συσκευές λειτουργούν σε αυτή την συχνότητα και γ) την εξάλειψη της υποχρέωσης καταβολής του υπολοίπου ποσού των 4 εκατομμυρίων Ευρώ λόγω της παρούσας, περιορισμένης ζήτησης των αδειών WiMAX. Από όλα τα παραπάνω αιτήματα έγινε δεκτό μόνο το πρώτο, γεγονός το οποίο κατέστησε εντελώς ασύμφορο το ευρύ περιβάλλον ανάπτυξης, κάτι το οποίο οδήγησε την Διοίκηση της εταιρείας στην απόφαση να μην προχωρήσει περαιτέρω στην ανάπτυξη του δικτύου της WiMAX πιστεύοντας ότι η υλοποίηση ενός τόσο μεγάλου αλλά κι επίφοβου έργου θα έβαζε σε ρίσκο την ίδια την ύπαρξη της εταιρείας που απασχολεί σήμερα περίπου 500 ανθρώπους (άμεσα ή έμμεσα).

Από το 2008 έως και τις 13/5/2011 οπότε και ανακοινώθηκε η αποχώρηση της εταιρείας από την τεχνολογία WiMAX και η ανάκληση της αδείας, η **Cosmoline** προχώρησε στον σχεδιασμό και την εγκατάσταση σύγχρονου Data center, Ασύρματου Μικροκυματικού Δικτύου Backbone Αθήνας – Θεσσαλονίκης, και σε Μητροπολιτικό Ασύρματο Δίκτυο Αθήνας πλήρως αδειοδοτημένο από την ΕΕΤΤ. Από τη μεριά της η ΕΕΤΤ ανακοίνωσε στη συνεδρίαση της 15/12/2011 ότι ανακαλεί την άδεια της Cosmoline λόγω μη καταβολής του απαιτητού υπολοίπου του κεφαλαίου για τη χορήγηση της αδείας ([http://www.cosmoline.com/index.php?option=com\\_content&view=category&layout=blog&id=84&Itemid=217&lang=el](http://www.cosmoline.com/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=84&Itemid=217&lang=el))

### Συμπεράσματα – Μελλοντικές εξελίξεις

Η τεχνολογία WiMAX αναπτύχθηκε το 2004 ως μία τεχνολογία ευρυζωνικής πρόσβασης που παρέχει υψηλή ταχύτητα μετάδοσης δεδομένων για χρήση σε αστικές περιοχές ή επαγγελματική χρήση. Αργότερα, προστέθηκε η κινητικότητα ώστε να ικανοποιηθούν οι εφαρμογές των κινητών πολυμεσικών εφαρμογών.

Συγκεκριμένα, η τεχνολογία WiMAX παρουσιάζει πλεονεκτήματα για τη δημόσια ασφάλεια τα οποία αναφέρονται στη συνέχεια:

- Εκτεταμένη εμβέλεια σε σύγκριση με τα υπάρχοντα ασύρματα συστήματα.
- Εφαρμογή σε φάσμα δημόσιας ασφάλειας που δεν μοιράζεται με το κοινό.
- Οι σταθερές και κινητές τεχνολογίες που βασίζονται σε συγκεκριμένα κριτήρια συνυπάρχουν με αντίστοιχα δηνητικά, κινητά, κυψελωτά συστήματα.
- Οι υψηλοί ρυθμοί μετάδοσης υποστηρίζουν εφαρμογές που συμπεριλαμβάνουν φωνή, δεδομένα και βίντεο.

Κάποια από τα μειονεκτήματα του WiMAX συμπεριλαμβάνουν:

- Τεχνολογία που βρίσκεται στη φάση της ανάπτυξης
- Η ανάπτυξη του εξοπλισμού είναι πρόσφατη και πρέπει να συμβαδίζει με τις χρήσεις του φάσματος.

- Οι τρέχουσες εξελίξεις των προτύπων κινητών WiMAX δεν συμβαδίζουν με τα πρότυπα των σταθερών δικτύων καθιστώντας τη συμβατότητα ένα σημαντικό θέμα που πρέπει να αντιμετωπισθεί.

Τα WiMAX αποτελούν τους καλύτερους υποψηφίους για τα κινητά δίκτυα 4<sup>ης</sup> γενεάς. Η μελλοντική εξέλιξη των WiMAX είναι τα WiMAX 2. Το IEEE προσανατολίζεται στην αναθεώρηση του προτύπου 802.16, αναπτύσσοντας το 802.16m το οποίο είναι γνωστό και ως WiMAX 2 και το οποίο προβλέπεται να εφαρμοσθεί μέσα στο επόμενο έτος. Θα είναι σημαντικά ταχύτερο από το WiMAX με μέση downlink ταχύτητα άνω των 100Mbps με μοναδικό μειονέκτημα το γεγονός ότι δεν θα μπορέσουν να αυξήσουν την περιοχή κάλυψης (Richter & Turk, 2011).

**Βιβλιογραφία**

- Ayman, A., Seifedine, K., & Chibli, J. (2011). Design and performance study of smart antenna systems for WIMAX applications. *Informatics in Control, Automation and Robotics*, Volume 2, LNEE 133, 399–406.
- Abdou, R.A., Xiaofeng, B., & Abdallah, S. (2009). WiMAX Networks στο A. Shami et al. (eds.), *Broadband access networks, optical networks*, Springer Science and Business Media.
- Abid, H., Raja, H., Munir, A., Amjad, J., Mazhar, A., & Dong-Young, L. (2012). Performance analysis of WiMAX best effort and ertPS service classes for video transmission. *ICCSA 2012*, Part III, LNCS 7335, 368-375.
- Antonopoulos, A., & Verikoukis, C. (2010). Dynamic call admission control for enhanced GoS of UGS connections during “Busy Hour” in WiMAX στο P. Chatzimisios et al. (Eds.): *MobiLight 2010*, LNICST 45, 346–355.
- Bayan, A. F., Wan, T. & Ramadass, S. (2010). Delay analysis and system capacity control for Mobile WiMAX relay networks. *Journal of Computer Science*, 6(10), 1137-1143.
- Chang, B., & Chou, C. (2008). Cross-layer based delay-constraint adaptive polling for high density subscribers in IEEE 802.16 WiMAX networks. *Wireless Pers Commun*, 46, 285–304
- Chen, Y., Lin M., & Gu, H. (2011). A study of applying SIP mobility in mobile WiMax network architecture. *WiMoA 2011/ICCSEA 2011*, CCIS 154, 42–53.
- Cimmino, A., Casali, F., & Mambretti, C. (2009). Weird Project: E-Health service improvement using WiMAX. *eHealth 2008*, LNICST 1, 38–49.

Cosmoline (n.d.), διαθέσιμο στο

[http://www.cosmoline.com/index.php?option=com\\_content&view=category&layout=blog&id=84&Itemid=217&lang=el](http://www.cosmoline.com/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=84&Itemid=217&lang=el)

- Cvijetic, N., & Wang, T. (2006). A MIMO architecture for IEEE 802.16d (WiMAX) heterogeneous wireless access using optical wireless technology. *NEW2AN 2006*, LNCS 4003, 441–451.
- Einhaus, M., Mader, A., & Xavier, P. (2010). A zone assignment algorithm for fractional frequency reuse in mobile WiMAX networks. *Networking 2010*, LNCS 6091, 174–185.
- Flizikowski, A., Majewski, M., & Przybyszewski, M. (2011). Evaluation of optimal resource management policies for WiMAX networks with AMC: A reinforcement learning approach. *Image Processing & Communications Challenges 3*, AISC 102, 459–467.
- Garroppo, R. G., Giordano, S., Iacono, D., & Tavanti, L. (2011). Game theory and time utility functions for a radio aware scheduling algorithm for WiMAX networks. *Wireless Netw 17*, 1441–1459.
- Geetha, S., & Jayaparvathy, R. (2011). Dynamic bandwidth allocation for multiple traffic classes in IEEE 802.16e WiMax networks: A petrinet approach. *Journal of Computer Science*, 7(11), 1717-1723.
- Ghazal, S., Othman, J. B., & Claude, J. P. (2011). Traffic management based on token bucket mechanism for WiMAX networks. *Cluster Comput*, DOI 10.1007/s10586-011-0159-6.
- Iliev, T. B., Hristov, G. V., Zahariev, P. Z., & Iliev, M. P. (2010). Performance of the duo-binary turbo codes in WiMAX systems στο *Novel Algorithms and Techniques in Telecommunications and Networking*, T. Sobh et al. (eds.), Springer Science and Business. 161-165, doi:10.1007/978-90-481-3662-9\_27

- Jha, R. K., & Dalal, U. D. (2012). Electronic governance in rural areas: A performance case study with WiMAX technology. *ADCONS 2011*, LNCS 7135, 279–288.
- Juan, H., Huang, H., Huang, C., & Chiang, T. (2010). Cross-layer mobile WiMAX MAC designs for the H.264/AVC scalable video coding. *Wireless Netw*, 16, 113–123.
- Kundu, A., Bhunia, S., Misra, I. S., & Sanyal, S. K. (2010). Comparison of VoIP Performance over WiMAX, WLAN and WiMAX-WLAN integrated network using OPNET. *NeCoM, WiMoN, and WeST 2010*, CCIS 90, 316–325.
- Lin, Y., & Lin, Y.C. (2009). WiMAX location update for vehicle applications. *Mobile Netw, Appl (2010)* 15,148–159.
- Masahiro, F., Yasufumi, K., Yu, W., & Makoto, I. (2009). A study on channel estimation using EM algorithm for mobile WiMAX systems στο S. Plass et al. (eds.), *Multi-Carrier Systems & Solutions*, 133-141.
- Mignanti, S., Tamea, G., Marchetti, I., Castellano, M., Cimmino, A., Andreotti, F., Spada, M., Neves, P. M., Landi, G., Simoes, P., & Pentikousis, K. (2008). *WEIRD testbeds with fixed and mobile WiMAX technology for user applications, telemedicine and monitoring of impervious areas*. Paper presented at the Tridentcom 2008, March 18–20, Innsbruck, Austria.
- Omneya, I., Wei, L., & Hong, L. (2010). WiMAX TV: Possibilities and Challenges. *UCMedia 2009*, LNICST 40, 127–136.
- Pasiphae (n.d.), διαθέσιμο στο <http://www.pasiphae.teiher.gr>
- Prommak, C., & Wechtaison, C. (2012). Network planning and optimization for multi-hop relay placement in WiMAX networks. *Journal of Computer Science*, 8 (9), 1414-1421.



Richter, V., & Turk, S. (2011). New IEEE 802.16-2009 Compliant traffic shaping algorithms for WiMAX networks. *EUNICE 2011*, LNCS 6955, 65–76, 2011.

Sousa, B., Pentikousis, K., & Curado, M. (2008). *Evaluation of multimedia services in mobile WiMAX*. Paper presented at MUM' 2008, December 3-5, Umeå, Sweden, 64-70.

Taeshik, S., & Wook, C. (2007). An analysis of mobile WiMAX security: vulnerabilities and solutions. *NBiS 2007*, LNCS 4658, 88–97.

Wang, C., Yan, W.J., & Lo, H.K. (2012). Dynamic admission control and bandwidth reservation for IEEE 802.16e mobile WiMAX networks. *EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking 2012*, 143, 1-20.

WiMAX forum (n.d.), διαθέσιμο στο [www.wimaxforum.org](http://www.wimaxforum.org)

Εθνική Επιτροπή Τηλεπικοινωνιών και Ταχυδρομείων (n.d.), διαθέσιμο στο

[www.eett.gr/opencms/export/sites/default/admin/downloads/ImerDiataxeis/Imerisia633.pdf](http://www.eett.gr/opencms/export/sites/default/admin/downloads/ImerDiataxeis/Imerisia633.pdf)

Τα δίκτυα WiMAX στην Ελλάδα (n.d.), διαθέσιμο στο <http://news.in.gr/science-technology/article/?aid=929936>