

Τεχνολογία WiMAX - Το ψηφιακό σχολείο παντού

Ιωάννης Κουρούς ¹

¹Καθηγητής Πληροφορικής, MSc N. Κοζάνης
jkourous@hotmail.com

Περίληψη

Η αξιοποίηση των τεχνολογιών της πληροφορίας και των επικοινωνιών εκτός από ένα εργαλείο βελτιστοποίησης απόδοσης της εκπαίδευσης, έρχεται να υποστηρίξει και την προσπάθεια αλλαγής του σχολείου, έτσι ώστε να προσαρμοστεί στα νέα δεδομένα που επιβάλλει η νέα σύγχρονη οικονομία. Η έναρξη της αξιοποίησης αυτών των δυνατοτήτων γίνεται με την πρόσβαση και χρήση της ευρυζωνικότητας από παντού, συνεχώς και από όλους τους ενδιαφερομένους. Η προσβασιμότητα στην ευρυζωνικότητα εκτός από ένα πολύ καλό οπτικοακουστικό και αλληλεπιδραστικό εργαλείο μάθησης, μπορεί να μετατραπεί στην μεγαλύτερη βιβλιοθήκη πληροφόρησης και στην άνευ ορίων οικονομική επικοινωνία από όλους. Η άμεση χρήση της προσβασιμότητας, υπερσκελίζοντας τα τεχνοοικονομικά μειονεκτήματα των υφισταμένων δικτύων, γίνεται μέσω της τεχνολογίας WiMAX. Το WiMAX είναι το εμπορικό όνομα που αναφέρεται σε κάθε σύστημα και εφαρμογή που χρησιμοποιεί το πρότυπο 802.16 της IEEE στη λειτουργία του. Τα βασικά πλεονεκτήματά του είναι α) ικανότητα γρήγορης παροχής υπηρεσιών και β) αποφυγή μεγάλων οικονομικών επιβαρύνσεων και τεχνικών περιορισμών. **Λέξεις κλειδιά:** *WiMAX, 802.16, WiMAX προϊόντα και εφαρμογές, ψηφιακή τάξη.*

Abstract

The utilization of Information and Communication Technology not only comprises a tool of optimizing the performance of the educational system but also supports the effort to change the school so that the latter adjusts to the new facts that the modern Economy has imposed. In order to start utilizing these potentials there has to be constant access to the use of broadband from all directions and all those interested. Apart from being a very good audiovisual and interactive learning tool the accessibility to broadband can be turned into the biggest Information Library and into the unlimited financial communication by everyone. The immediate enforcement of the accessibility takes place through the use of WiMAX technology, provided the technical and financial deficits of the existing networks are overcome. WiMAX is the commercial name that refers to every system and application using the 802.16 standard of IEEE in its function. Its basic advantages are a) instant rendering of services b) avoiding significant charges and technical limitations.

Key Words: *WiMAX, 802.16, WiMAX products and application, digital class.*

1. Εισαγωγή

Την τελευταία δεκαετία η διάδοση και η χρήση του διαδικτύου οδήγησε στην εκρηκτική ανάπτυξή του. Η ανάπτυξη αυτή, εκτός από την δυνατότητα πρόσβασης από όλους, δημιούργησε και απαιτήσεις, που οφείλονται αρχικά στη δυνατότητα πρόσβασης από οπουδήποτε και από οποιονδήποτε με εύκολο και γρήγορο τρόπο, αλλά και μετέπειτα με υψηλές ταχύτητες με παράλληλη αύξηση της ευχρηστίας. Σε όλη αυτή την εξέλιξη οι εταιρίες παροχής υπηρεσιών διαδικτύου (Internet Service Providers –ISPs) προσπάθησαν να καλύψουν τις ανάγκες των πελατών τους. Έτσι ενώ η βασική επικοινωνιακή υποδομή ήταν το τηλεφωνικό σύστημα (public switched telephone network - PSTN) δημιούργησαν ένα νέο ψηφιακό σύστημα, το ψηφιακό δίκτυο ολοκληρωμένων υπηρεσιών, το ISDN (Integrated Services Digital Network). Και αυτό με τη σειρά του κρίθηκε ανεπαρκές και οδηγήθηκαν στην ενσύρματη τεχνολογία, στο DSL (Digital Subscriber Line). Το DSL, αν και εμφανίστηκε ως πρωτοποριακή λύση, συνοδευόταν από περιορισμούς στην απόδοση, αφού αναπτύχθηκε επάνω στις ήδη υπάρχουσες τηλεφωνικές γραμμές, αλλά και στην κάλυψη ορισμένων περιοχών όπου ο αριθμός υποψηφίων πελατών θα δικαιολογούσε τη δαπάνη

ανάπτυξής του. Η λύση της κάλυψης των αναγκών των χρηστών με αντικατάσταση των υπάρχουσών τηλεφωνικών γραμμών με οπτικές ίνες, θα πρόσφερε μεν υψηλότερες ταχύτητες, αλλά θα ανέβαζε το κόστος της επένδυσης και το χρόνο υλοποίησης λόγω των απαραίτητων εργασιών (σκάψιμο, άπλωμα των ινών κλπ).

Έτσι οι εταιρίες παροχής υπηρεσιών διαδικτύου άρχισαν την αναζήτηση εναλλακτικής πρότασης και η λύση που προέκυψε ήταν το ασύρματο δίκτυο (Wireless Network) που ακούει στο όνομα ασύρματη ευρυζωνική πρόσβαση (Broadband Wireless Access-BWA) [Βασδάρης Θ, κ.α., 2006; Μπούρας Χ. 2004; Γκέκα Χ., 2007; Προώθηση της ευρυζωνικότητας 2008]. Το ασύρματο δίκτυο είναι ένα επικοινωνιακό σύστημα που χρησιμοποιείται ως επέκταση ή εναλλακτική λύση ενός κοινού ενσύρματου δικτύου (Ethernet) και επιτρέπει στον κινητό χρήστη την ασύρματη μετάδοση και λήψη δεδομένων. Τα ασύρματα δίκτυα χρησιμοποιούν μικροκύματα και ακολουθούν τις αρχές σχεδίασης των δικτύων υπολογιστών [Σταμούλης, 2006; Στεφάνου, 2008; Σάπας, 2007].

Αρχικά τα ασύρματα δίκτυα, λόγω του έντονου ανταγωνισμού και των ασυντόνιστων προσπαθειών των εμπλεκόμενων φορέων – εταιρειών, είτε ήταν μη συμβατά, είτε ήταν οικονομικά ασύμφορα, είτε ήταν μη τεχνολογικά εξελίξιμα (αργά, δύσχρηστα κλπ).

Με την ωρίμανση όμως των βιομηχανικών στάνταρτ, την εξέλιξη της τεχνολογίας, τη συμμετοχή φορέων (δημόσιων, επιστημονικών μη κερδοσκοπικών όπως η IEEE, το WiMAX Forum) και των ιδίων εταιρειών ξεκίνησε ο συντονισμός των προσπαθειών με κοινό στόχο [IEEE, 2008; Wimax Forum, 2008; Wimax.com, 2008]. Έτσι προέκυψαν τα πρότυπα, που υιοθετήθηκαν από όλους, με αποτέλεσμα την υλοποίηση του ασύρματου δικτύου.

Τα ασύρματα δίκτυα ακολουθούν τις αρχές σχεδίασης των τοπικών δικτύων υπολογιστών και η υλοποίησή τους βασίζεται σε κάποια πρότυπα που θεσπίζει το Ινστιτούτο Ηλεκτρολόγων Ηλεκτρονικών Μηχανικών (Institute of Electrical and Electronics Engineers - IEEE) και παίρνουν συνήθως κάποιο όνομα σχετικό με αυτόν. Έτσι και τα πρότυπα για την ασύρματη δικτύωση που έχουν επικρατήσει είναι της μορφής IEEE 802.X (όπου X ένας αριθμός) [IEEE, 2008]. Οι διαφορές τους έχουν να κάνουν κυρίως με τη διαμόρφωση που χρησιμοποιούν και την μέγιστη ταχύτητα μετάδοσης που υποστηρίζουν.

Εκτός από τους φορείς που δημιουργούν τα πρότυπα υπάρχουν και οι φορείς που τα προωθούν, όπως το WiMAX Forum που σήμερα αριθμεί πάνω από 350 μέλη [WiMAX Forum, 2008; WiMAXxed, 2006] και είναι μία μη κερδοσκοπική οργάνωση που δημιουργήθηκε το 2003 από τους κατασκευαστές συστημάτων WiMAX καθώς και από παρόχους τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών (όπως η Intel, η Motorola, κλπ). Το Forum έχει σκοπό να προάγει και να πιστοποιεί τη συμβατότητα και τη διαλειτουργικότητα των προϊόντων που προσφέρουν ασύρματη ευρυζωνική πρόσβαση και να πιστοποιεί ότι λειτουργεί στη βάση που καθορίζουν τα πρότυπα. Παράλληλα το Forum αποσκοπεί και στην επιτάχυνση της εισαγωγής στην αγορά. Η επίτευξη των παραπάνω στόχων πραγματοποιείται μέσω διεξαγωγής ελέγχων που γίνονται σε ανεξάρτητα εργαστήρια.

2. Τι είναι το WiMAX

Το WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) είναι το εμπορικό όνομα που αναφέρεται σε κάθε σύστημα και εφαρμογή που χρησιμοποιεί το πρότυπο 802.16 της IEEE στη λειτουργία του. Το πρότυπο υιοθετήθηκε από την IEEE το 2003 για να καλύψει τις απαιτήσεις για ασύρματη πρόσβαση ευρείας ζώνης. Όταν ένα προϊόν φέρει αυτή την πιστοποίηση (certification) σημαίνει ότι έχει κατασκευαστεί με βάση το πρότυπο 802.16 εξασφαλίζοντας έτσι τη συμβατότητα (compatibility) και τη διαλειτουργικότητα (interoperability) στο BWA (Broadband Wireless Access) εξοπλισμό [IEEE, 2008; WiMAX forum, 2008; RFC, 2001-2007; Wikipedeia, 2008].

Το αρχικό όραμα των οπαδών του WiMAX, ήταν η εγκατάσταση πομποδεκτών στις στέγες (ψηλών) κατασκευών και η λειτουργία αυτών ως σταθμών βάσεως, συνδεδεμένων ταυτόχρονα με το Διαδίκτυο. Κάθε σταθμός βάσεως θα μπορούσε να χρησιμοποιήσει την τεχνολογία WiMAX για να στείλει και να λάβει δεδομένα από και προς τις σταθερές κεραίες συνδρομητών, αναπτύσσοντας έτσι ένα ασύρματο δίκτυο δίνοντας πρόσβαση σε όλους.

Ο προορισμός του WiMAX είναι να γίνει μία παγκοσμίως διαθέσιμη τεχνολογία αφού το πρότυπο IEEE 802.16 αναγνωρίζεται ως πρότυπο αναφοράς από το ETSI (European Telecommunication and Standards Institute), από το HIPERMAN (High Performance Radio Metropolitan Area Network) αλλά και από το WiBro (Wireless Broadband). Έτσι μπορεί πλέον ένας φορητός σταθμός εργασίας (Subscriber Station (SS)– Mobile Station (MS)) να συνδυάζει τις ιδιότητες κινητού τηλεφώνου και ραδιοφωνικού πομπού, δηλαδή να πιάνει «παντού», και να εξασφαλίζει επικοινωνία με και από κάθε γωνιά του πλανήτη.

Το WiMAX, σε αντίθεση με άλλα ασύρματα δίκτυα, επιτρέπει τη μεταφορά δεδομένων με πολλαπλά, ευρεία φάσματα συχνότητας, ενώ τα άλλα επιτρέπουν μεταδόσεις μόνο με ένα φάσμα. Η ύπαρξη πολλών φασμάτων βοηθάει πολύ, διότι μεγιστοποιεί τη δυνατότητα μετάδοσης πέρα από τις συχνότητες των άλλων ασύρματων εφαρμογών. Το WiMAX επίσης αναμένεται να επιτρέψει αληθινές ευρυζωνικές ταχύτητες με τέτοιο κόστος που θα καταστήσει ενεργή την υιοθέτηση μαζικής αγοράς ακόμα και σε σημεία όπου πριν δεν υπήρχε προσβασιμότητα.

Τα βασικά πλεονεκτήματα των συστημάτων που βασίζονται στο πρότυπο 802.16 είναι τα εξής:

- Η ικανότητα γρήγορης παροχής υπηρεσιών
- Αποφυγή μεγάλου κόστους εγκατάστασης.
- Η ικανότητα υπέρβασης των φυσικών περιορισμών που υπάρχουν στην ενσύρματη δικτύωση.

Τα κυριότερα χαρακτηριστικά του WiMAX, τα οποία βοηθούν και στην διάδοση του είναι :

- η διεκπεραιωτική ικανότητα (throughput), ακόμα και σε μεγάλες αποστάσεις αφού έχει ένα πολύ μεγάλο φάσμα εκπομπής που είναι ιδιαίτερα ανθεκτικό σε αντανάκλασεις του σήματος κατά τη διάρκεια της διαδρομής του.
- η ικανότητα της κλιμάκωσης ή επέκτασης (scalability), διότι υποστηρίζει ευέλικτα από άποψη εύρους ζώνης κανάλια επικοινωνίας. σε επιτρεπόμενες και μη μπάντες συχνοτήτων.
- η εμβέλεια (coverage), διότι κατασκευάζεται έτσι ώστε να υποστηρίζει τεχνολογίες που αυξάνουν την εμβέλεια του σήματος όπως mesh τοπολογίες και έξυπνες κεραίες [ALTHOS, 2008; Kurose F, 2003; Howstuffworks, 2008].
- η παροχή υψηλής ποιότητας υπηρεσιών (QoS ή Quality of service) [Τερζάκης Ι, κ.α., 2007; Syed et, 2008] όπως είναι η μεταφορά φωνής, που είναι εξαιρετικά σημαντική για την υιοθέτηση και εξάπλωση του προτύπου.
- τα κανάλια ραδιοκυμάτων ασύρματης επικοινωνίας, στα οποία εκπέμπονται οι συχνότητες, που διαχωρίζονται σε LOS (Line of sight) και σε NLOS (Non line of sight). Σε μια σύνδεση LOS ένα σήμα ταξιδεύει σε μία άμεση και χωρίς εμπόδια διαδρομή από τον πομπό στο δέκτη. Σε μια NLOS σύνδεση ένα σήμα φθάνει στο δέκτη μέσω αντανάκλασεων και διασποράς. Το σήμα αυτό που φτάνει στο δέκτη αποτελείται από σήμα που έφτασε άμεσα από τον πομπό, σήμα που έφτασε από πολλαπλά μονοπάτια μέσω αντανάκλασης, διασπαρμένη ενέργεια και μονοπάτια όπου συνέβη περίθλαση.

3. Εξοπλισμός WiMAX

Το WiMAX ως μια νέα τεχνολογία απαιτεί για την λειτουργία του μια απαραίτητη υλικοτεχνική υποδομή και για τον πάροχο (provider) και για τον χρήστη (user). Όσον αφορά για τον πάροχο, θα πρέπει να επιλέξει αρχικά σε ποια ζώνη συχνοτήτων θα λειτουργήσει. Έτσι έχει δύο επιλογές, είτε να αγοράσει μέρος του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος από την Εθνική Επιτροπή Τηλεπικοινωνιών & Ταχυδρομείων (Ε.Ε.Τ.Τ.), είτε να χρησιμοποιήσει το αντίστοιχο μη αδειοδοτημένο τμήμα του φάσματος που έχει απελευθερώσει η Ε.Ε.Τ.Τ., αποδεχόμενος στην περίπτωση αυτή το ενδεχόμενο παρεμβολών [EETT, 2006; EETT, 2008]. Στη συνέχεια θα πρέπει να επιλέξει την τοποθεσία στην οποία θα εγκατασταθεί ο βασικός εξοπλισμός των εξυπηρετητών – σταθμών βάσης (server – base station). Η επιλογή αυτή θα πρέπει να επηρεάζεται από παράγοντες όπως α) ύπαρξη απαιτούμενων υποδομών (π.χ.

ηλεκτροδότηση, χώρος εγκιβωτισμού και προστασίας κλπ) β) δυνατότητα μέγιστης κάλυψης της απαιτούμενης περιοχής γ) ιδιοκτησιακό καθεστώς δ) δυνατότητα εγκατάστασης τηλεπικοινωνιακής κεραίας ε) πληθυσμιακή κατανομή κ.α.

Έχοντας επιλέξει τα σημεία εγκατάστασης των σταθμών βάσης θα πρέπει να προχωρήσει στη μελέτη κατανομής των ζωνών συχνότητας που θα ανατεθούν σε κάθε σταθμό (frequency planning), ώστε να ελαχιστοποιείται το ενδεχόμενο ομοδιαυλικών παρεμβολών. Επειδή το διαθέσιμο φάσμα μπορεί να είναι περιορισμένο για την εξασφάλιση της απαιτούμενης πληθυσμιακής κάλυψης, ακολουθείται η τεχνική της επαναχρησιμοποίησης συχνοτήτων. Εδώ υπενθυμίζεται ότι η κατανομή των καναλιών επηρεάζεται άμεσα και από την πληθυσμιακή κατανομή με δεδομένο ότι υπάρχει ένα άνω όριο ως προς το πλήθος των συνδρομητών που μπορεί να υποστηριχθεί από κάθε κανάλι.

Στη συνέχεια επιλέγεται ο απαραίτητος εξοπλισμός. Συνήθως αυτός ο εξοπλισμός αποτελείται από [Intel,2008; Alvarion,2008; bvsystems, 2008; fujitsu, 2008; Motorola, 2008; Nokia, 2008; Redline communication, 2008; Samsung, 2008] :

- ένα κεντρικό υπολογιστή του συστήματος (server) και ένα βοηθητικό (backup server), όπου θα αποθηκεύονται τα δεδομένα όλων των υποσυστημάτων
- λειτουργικό σύστημα (με κυριότερες επιλογές κάποια έκδοση του Unix)
- σταθμός βάσης WiMAX επιπέδου φορέα
- κεραίες συγκεκριμένης γωνίας κάλυψης για τον σταθμό βάσης
- κατευθυντήριες παραβολικές κεραίες για τους τερματικούς σταθμούς
- μεμονωμένες μονάδες χωρίς εξωτερικά καλώδια ή κυματοδηγούς για αποφυγή απωλειών μεταξύ του ραδιοσυστήματος και κεραίας, προστασία σε σκληρές περιβαλλοντικές συνθήκες, εύκολη εγκατάσταση και μεταφορά
- Μονά ομοαξονικά καλώδια για διασύνδεση
- Βραχίονες στήριξης για εύκολη εγκατάσταση των κεραιών, διατήρηση της ευθυγράμμισης και εύκολη αντικατάσταση
- Hubs, switches, routers, μόντεμ (modem) και κάρτες μόντεμ (modem pc card)
- Σύστημα Διαχείρισης Ευρυζωνικών Υπηρεσιών
- Μηχανισμός ελέγχου αποδοχής κλήσης (Call Admission Control)

Το συνολικό κόστος για την υλοποίηση μιας εγκατάστασης WiMAX για τον πάροχο είναι περίπου (στοιχεία που συγκεντρώθηκαν από εταιρεία στην Κοζάνη):

Πίνακας 1: Οικονομικό κόστος ανά δαπάνη

| α/α | Δαπάνες | Κόστος |
|-----|--|-------------------------|
| 1 | Μίσθωση φάσματος | Κυμαίνεται € |
| 2 | ΣΒ WiMAX 3.5 GHz | 6.000 € |
| 3 | Τομέας ΣΒ WiMAX 3.5GHz | 8.000 € (ανά ζεύγος) |
| 4 | Εγκατάσταση ΣΒ | 800 € |
| 5 | Μίσθωση χώρου εγκατάστασης ΣΒ | 1.000 € ανά ΣΒ ανά μήνα |
| 6 | Εξοπλισμός υλοποίησης ζεύξης | 300 € ανά ΣΒ |
| 7 | Εξοπλισμός εσωτ. Χώρου WiMAX 3.5GHz | 150 € |
| 8 | Εξοπλισμός εξωτ. Χώρου WiMAX 3.5GHz | 350 € |
| 9 | Κόστος εγκατάστασης εξοπλ. εξωτ. χώρου | 100 € / h |
| 10 | Κόστος εγκατάστασης εξοπλ. εσωτ. χώρου | 70 € / h |
| 11 | Συντήρηση | 100 € / μήνα |

Όσον αφορά τον χρήστη, αρχικά επιλέγει τον πάροχο και στην συνέχεια εγκαθιστά την απαραίτητη υλικοτεχνική υποδομή η οποία αποτελείται από :

- βραχίονες στήριξης για εύκολη εγκατάσταση των κεραιών, διατήρηση της ευθυγράμμισης και εύκολη αντικατάσταση
- κεραία τερματικού σταθμού
- τερματικός σταθμός
- Hubs, switches, routers, μόντεμ (modem) και κάρτες μόντεμ (modem pc card)

- Μονά ομοαξονικά καλώδια για διασύνδεση

Για τον συνολικό εξοπλισμό το κόστος που επωμίζεται ο χρήστης ανέρχεται περίπου στα 300 € (εξαρτάται από τις απαιτήσεις του στην κεραία και στον εξοπλισμό).

4. Εφαρμογές του WiMAX

Η τεχνολογία WiMAX λόγω των μεγάλων αποστάσεων που καλύπτει και ταυτόχρονα των υψηλών ρυθμών μετάδοσης που μπορεί να παρέχει βρίσκει πολλές εφαρμογές, λύνοντας σημαντικά προβλήματα που απασχολούν τους τεχνικούς δικτύων σήμερα.

Τρεις είναι οι βασικότερες χρήσεις του:

- 1) Δίκτυο κορμού στα κυβελωτά συστήματα
- 2) Broadband on Demand
- 3) Παρέχει κάλυψη σε περιοχές που είτε εφαρμόζεται ως λύση είτε είναι αδύνατο να καλυφθούν με άλλα μέσα. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε σαν συμπλήρωμα είτε σαν επέκταση του ήδη εγκατεστημένου δικτύου.

Μια τεχνολογία όπως η WiMAX, η οποία διαθέτει τόσα πλεονεκτήματα και έχει απασχολήσει τόσο κόσμο, δεν θα μπορούσε να μην εφαρμοστεί άμεσα και ειδικά στη Ελλάδα, λόγω του γεωγραφικού της ανάγλυφου και της σχεδόν ανύπαρκτης έως πρότινος, υλικοτεχνικής υποδομής της [Blog, 2008; In, 2008; ptechnology, 2008; WiMAX, 2008].

4.1 Ψηφιακό σχολείο

Οι απαιτήσεις της σημερινής εποχής έρχονται για να αλλάξουν το παραδοσιακό σχολείο, μετατρέποντάς το σε Ψηφιακό Σχολείο. Το Ψηφιακό σχολείο σαν έννοια δεν έρχεται απλά για να μάθουν τα παιδιά Πληροφορική αλλά γίνεται το «εργαλείο» που θα χρησιμοποιηθεί και για το εκπαιδευτικό έργο, και για την αλλαγή της ποιότητας και της διευκόλυνσης της Διοίκησης στην Εκπαίδευση.

Ένα «εργαλείο» που θα εφαρμοστεί σε κάθε αίθουσα, σε κάθε γραφείο, σε κάθε εργαστήριο και σε κάθε χώρο εντός και εκτός των σχολικών εγκαταστάσεων. Οι υπάρχουσες όμως συνθήκες, που είτε ακούγονται με τον οικονομικό όρο, είτε ακούγονται με τον υλικοτεχνικό όρο, απαγορεύουν την άμεση και οικονομική χρήση και εφαρμογή του.

Τα προβλήματα αυτά αίρονται κάνοντας εφαρμογή της τεχνολογίας WiMAX, αφού με μια μικρή επιβάρυνση είναι δυνατή η πρόσβαση στο ψηφιακό σχολείο από παντού και άμεσα

5. Συμπεράσματα

Το WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) είναι το εμπορικό όνομα που αναφέρεται σε κάθε σύστημα και εφαρμογή που χρησιμοποιεί το πρότυπο 802.16 της IEEE στη λειτουργία του. Το πρότυπο υιοθετήθηκε από την IEEE το 2003 για να καλύψει τις απαιτήσεις για ασύρματη πρόσβαση ευρείας ζώνης. Όταν ένα προϊόν φέρει αυτή την πιστοποίηση (certification) σημαίνει ότι έχει κατασκευαστεί με βάση το πρότυπο 802.16 εξασφαλίζοντας έτσι τη συμβατότητα (compatibility) και τη διαλειτουργικότητα (interoperability) στο BWA (Broadband Wireless Access) εξοπλισμό.

Το WiMAX μπορεί να λειτουργήσει είτε ως επέκταση, είτε ως βελτίωση του υπάρχοντος, είτε ως ανεξάρτητο δίκτυο αίροντας τους περιορισμούς και τις ασυμβατότητες των άλλων μέσων. Επίσης έχει σχεδιαστεί για να προσφέρει ποιοτικές υπηρεσίες (μεταφορά ήχου, video και δεδομένων) με υψηλές ταχύτητες και με πλήρες γεωγραφική και πληθυσμιακή κάλυψη.

Ο τελικός προορισμός του WiMAX είναι να γίνει μία παγκοσμίως διαθέσιμη και ευρέως χρησιμοποιημένη τεχνολογία, ακόμα και στο Ψηφιακό σχολείο. Μια τεχνολογία που επιτρέπει ένα φορητό σταθμό εργασίας να συνδυάζει τις ιδιότητες κινητού τηλεφώνου και ραδιοφωνικού πομπού, για να «πιάνει παντού» και να εξασφαλίζει επικοινωνία με και από κάθε γωνιά του πλανήτη και σχολικής μονάδας. Η επιτυχής αυτή κατάληξη είναι αναπόφευκτη λόγω της ευκολίας υλοποίησης (εγκατάστασης – λειτουργίας – συντήρησης), του μικρού οικονομικού κόστους και των πλεονεκτημάτων που παρουσιάζει έναντι όλων των υπολοίπων τεχνολογιών.

Βιβλιογραφία

- ALTHOS (2008) *WiMAX explain book* Retrieved May, 2008, from http://www.althosbooks.com/into80wi.html?gclid=CKn309zstpcCFQ9oQgod_1zjjA
- Alvarion (2008) *Προϊόντα και εφαρμογές WiMAX* Αποκτήθηκε Μάιο, 2008, από <http://www.alvarion.com>
- Blog (2008) *Άγιο Όρος: Πιλοτική λειτουργία δικτύου WiMAX* Αποκτήθηκε Μάιο, 2008, από <http://www.xblog.gr/?p=2173>
- bvsystems (2008) *Προϊόντα και εφαρμογές WiMAX* Αποκτήθηκε Μάιο, 2008, από <http://www.bvsystems.com/Products/WiMAX/YellowFin/yellowfin.htm>
- Engadget (2008) *Swedes hit hard by WiMAX waves* Retrieved May, 2008, from <http://www.engadget.com/2006/06/12/swedes-hit-hard-by-WiMAX-waves/>
- Fujitsu (2008) *Προϊόντα και εφαρμογές WiMAX* Αποκτήθηκε Μάιο, 2008, από <http://www.fujitsu.com/emea/services/microelectronics/WiMAX/>
- howstuffworks (2008) *How WiMAX Works* <http://www.howstuffworks.com/WiMAX1.htm>
- IEEE (2008) *IEEE 802.16* Retrieved May, 2008, from <http://standards.ieee.org/getieee802/802.16.html>
- in.gr (2008) *Σε λειτουργία το πιλοτικό δίκτυο WiMAX του ΟΤΕ στο Άγιο Όρος* Αποκτήθηκε Μάιο, 2008, από <http://www.in.gr/news/article.asp?lngEntityID=929936>
- Intel (2008) *Προϊόντα και εφαρμογές WiMAX* Αποκτήθηκε Μάιο, 2008, από http://www.intel.com/pressroom/archive/releases/20070919corp_a.htm?iid=pr1_releasepr_i_20070919ar
- Intel (2008) *WiMAX Technology* Retrieved May, 2008, from <http://www.intel.com/technology/WiMAX/index.htm>
- Kurose F. James, Ross W. Keith (2003) *computer network a top down approach*, Εκδόσεις Γκιούρδας, second edition, p 513-588
- Motorola (2008) *Προϊόντα και εφαρμογές WiMAX* Αποκτήθηκε Μάιο, 2008, από <http://www.pestola.gr/motorola-canopy-wireless-solution-available-in-greece/>
- Nokia (2008) *Προϊόντα και εφαρμογές WiMAX* Αποκτήθηκε Μάιο, 2008, από <http://www.pestola.gr/nokia-n810-internet-tablet-WiMAX-edition/>
- pctechnology.gr (2008) *Σε πιλοτική λειτουργία δύο δίκτυα WiMAX στην Αττική* Αποκτήθηκε Μάιο, 2008, από <http://www.pctechnology.gr/vbull/vb/showthread.php?t=44246>
- Redline communication (2008) *Τεχνικά φυλλάδια και εξοπλισμός της RedCONNEX family of Broadband Wireless Infrastructure Solutions* Retrieved May, 2008, from www.redlinecommunications.com
- RFC 2246 – Η έκδοση πρωτοκόλλου TLS 1.0
- RFC 2284 – Πρωτόκολλο επικύρωσης EAP
- RFC 2716 – Πρωτόκολλο επικύρωσης TLS EAP
- RFC 4187 – Extension Authentication Method for 3rd Generation Authentication and Key Agreement (EAP-AKA)
- RFC IEEE (2001) IEEE Standard 802.16.2-2001
- RFC IEEE (2001) IEEE Standard 802.16-2001
- RFC IEEE (2002) IEEE Standard 802.16c-2002
- RFC IEEE (2003) IEEE Draft P802.16d
- RFC IEEE (2003) IEEE Standard 802.16_Conformance01-2003
- RFC IEEE (2003) IEEE Standard 802.16_Conformance02-2003
- RFC IEEE (2003) IEEE Standard 802.16a-2003
- RFC IEEE (2004) IEEE Standard 802.16_Conformance03-2004
- RFC IEEE (2005) IEEE Draft 802.16e-2005
- RFC IEEE (2005) IEEE Draft 802.16f-2005
- RFC IEEE (2006) IEEE Standard 802.16_Conformance04-2006
- RFC IEEE (2007) IEEE Draft 802.16g-2007
- RFC IEEE (2007) IEEE Draft 802.16k-2007
- Samsung (2008) *Προϊόντα και εφαρμογές WiMAX* Αποκτήθηκε Μάιο, 2008, από http://www.samsung.com/gr/news/newsRead.do?news_group=corporatenews&news_type

- [e=promotionampeventnews&news_ctgry=&news_seq=8981&search_keyword=&from_dt=&to_dt=](#)
- Syed Ahson, Mohhammad Ilyas (2008) *WiMAX Technologies Performance Analysis and QOS*, CRC Press, ISBN 9781420045253
- tech articles (2006) *Το Πρότυπο Κρυπτογράφησης AES* Αποκτήθηκε Μάιο, 2008, από <http://students.ceid.upatras.gr/~mprokala/techarticles/cryptography/AES/aes.htm>
- Tech team (2008) *WiMAX* Retrieved May, 2008, from <http://www.techteam.gr/wiki/WiMAX>
- Thelab (2008) *Προϊόντα και εφαρμογές WiMAX* Αποκτήθηκε Μάιο, 2008, από <http://www.thelab.gr/showthread.php?postid=601897>
- Ubergizmo (2008) *Προϊόντα και εφαρμογές WiMAX* Αποκτήθηκε Μάιο, 2008, από <http://www.ubergizmo.com/zoom.php?dir=2009/2/samsung-SWD-M100/&page=1>
- Wavesat (2008) *Προϊόντα και εφαρμογές WiMAX* Αποκτήθηκε Μάιο, 2008, από <http://www.wavesat.com>
- wikipedia (2008) *WiMAX* Retrieved May, 2008, from <http://en.wikipedia.org/wiki/WiMAX>
- wikipedia (2010) *Εκπαίδευση* Αποκτήθηκε Δεκέμβριο, 2009, από <http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%95%CE%BA%CF%80%CE%B1%CE%AF%CE%B4%CE%B5%CF%85%CF%83%CE%B7>
- WiMAX Forum (2008) *WiMAX* Retrieved May, 2008, from <http://www.WiMAXforum.org/home/>
- WiMAX Industry (2008) *Προϊόντα και εφαρμογές WiMAX* Αποκτήθηκε Μάιο, 2008, από <http://www.WiMAX-industry.com/ar/51.htm>
- WiMAX industry (2008) *Προϊόντα και εφαρμογές WiMAX* Αποκτήθηκε Μάιο, 2008, από <http://www.WiMAX-industry.com/WiMAXequipment.htm>
- WiMAX industry (2008) *Προϊόντα και εφαρμογές WiMAX* Αποκτήθηκε Μάιο, 2008, από <http://www.WiMAX-industry.com/sp/bvs/bvshome.htm>
- WiMAX.com (2008) *connecting WiMAX community* Retrieved May, 2008, from www.WiMAX.com/
- WiMAX.gr (2008) *all about WiMAX in Greece + video* Retrieved May, 2008, from http://www.WiMAXgr.com/index.php?option=com_content&task=view&id=16&Itemid=27
- WiMAXxed (2006) *Your exclusive news source for everything WiMAX* Retrieved May, 2008, from <http://www.WiMAXxed.com/>
- Βασδάρης Θωμάς & Τσελίκης Παναγιώτης (2006) *Ασύρματα ευρυζωνικά δίκτυα WiMAX*, Ε.Μ.Π., Διπλωματική Εργασία, Αθήνα
- Γκέκα Χρυσάνθη (2007) *Μελέτη Ασύρματων Ευρυζωνικών Δικτύων Πρόσβαση WLAN και WiMAX*, Ε.Μ.Π., Διπλωματική Εργασία, Αθήνα
- Δουλγέρη Χ, Κεμαλής Κ, Μακροβασίλης Α. (2006) *Ασφάλεια στο πρότυπο IEEE 802.16 (WiMAX)* Ε.Μ.Π., Διπλωματική Εργασία, Αθήνα
- EETT (2008) *Τομέας φάσματος ραδιοσυχνοτήτων - ετήσια έκθεση*
- EETT (2006) *Κανονισμός Όρων Χρήσης Μεμονωμένων Ραδιοσυχνοτήτων ή Ζωνών Ραδιοσυχνοτήτων*
- Κωστάρα Γιάννη (2008) *Τεχνικές διερεύνησης του φάσματος - Spread – spectrum techniques* Αποκτήθηκε Μάιο, 2008, από http://jkost.ergoway.gr/personal/index_greek.html
- Μακρής Αθανάσιος (2008) *Ασφάλεια ασύρματου δικτύου* (παρουσίαση)
- Μπούρας Χρήστος (2004) *Δίκτυα Δημόσιας Χρήσης και Διασύνδεση Δικτύων* - Πανεπιστημιακές Σημειώσεις
- Μπούρας Χρήστος (2008) *Δίκτυα υψηλών ταχυτήτων – Πανεπιστημιακές Σημειώσεις*
- Προώθηση της ευρυζωνικότητας στην Περιφέρεια της Δυτικής Ελλάδας (2008) *WiMAX* Αποκτήθηκε Μάιο, 2008, από <http://ru6.cti.gr/broadband/el/WiMAX.php>
- Σάπας Νικόλαος (2007) *Το πρότυπο Ασύρματων Ευρυζωνικών Επικοινωνιών WiMAX: Τεχνικά Χαρακτηριστικά και Επιδόσεις* (παρουσίαση)
- Σταμούλης Γεώργιος (2008) *Το Ηλεκτρομαγνητικό Φάσμα σαν Πόρος, οι Χρήσεις και η Διαχείριση του* (παρουσίαση)
- Στεφάνου Κωνσταντίνος (2006) *Σχεδίαση και Προσομοίωση Συστήματος WiMAX*, Ε.Μ.Π., Διπλωματική Εργασία, Αθήνα

Τερζάκης Ιωάννης & Τσαπάρας Δημήτριος (2007) *Σχεδίαση ασύρματων Δικτύων WiMAX για πρόσβαση και διασύνδεση. Μελέτη ποιότητας (QoS) & ανάλυση υποστηριζόμενων υπηρεσιών δικτύου*, Ε.Μ.Π., Διπλωματική Εργασία, Αθήνα

Ψυχογιός Παναγιώτης (2008) *Σχεδιασμός & Ασφάλεια Ασύρματων Δικτύων* (παρουσίαση)