

Εισαγωγή στα Fiber-Wireless (FiWi) Δίκτυα



ΚΟΝΤΟΜΑΡΗ ΜΑΡΙΑ 26/11

UNIVERSITY OF MACEDONIA

MASTER INFORMATION SYSTEMS

PROFESSOR: A.A. ECONOMIDES

ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2012

Περίληψη:

Η εργασία περιλαμβάνει μια βιβλιογραφική έρευνα σχετικά με την ανερχόμενη τεχνολογία των Fiber-Wireless δικτύων, τα οποία επωφελούνται από το συνδυασμό των δυνατοτήτων και των πλεονεκτημάτων των οπτικών ινών και των ασύρματων δικτύων. Η εργασία αρχικά κάνει μια εισήγηση στις δύο τεχνολογίες ως αυτόνομα συστήματα αναφέροντας τα βασικά τους χαρακτηριστικά. Έπειτα ακολουθούν οι προσεγγίσεις που έχουν γίνει για την ενοποίηση των οπτικών ινών και των ασύρματων δικτύων. Στη συνέχεια παρουσιάζονται τέσσερις αρχιτεκτονικές ενσωμάτωσης του EPON και WiMAX δικτύων. Τέλος παρατίθενται συμπεράσματα και προτάσεις για μελλοντική έρευνα.

Abstract:

This project provides a survey of fiber-wireless (FiWi) access networks that benefit from the advantages and from the capabilities of the two technologies. The survey first overview the features of optical fiber and WiMAX independently. After it follows a review of the approaches of integration of optical fiber to wireless networks which are the Radio-over-Fiber and the Radio-and-Fiber technologies. Furthermore it is provided a reference to the possible architectures of the intergration of EPON and WiMAX. Future research challenges that should be explored in order to achieve efficiency and optimization to this new kind of networks are also discussed.



Εισαγωγή:

Η συνεχής ραγδαία εξέλιξη της τεχνολογίας επιτάσσει την ανάγκη για μεγαλύτερο εύρος ζώνης και υψηλότερες απαιτήσεις όσο αναφορά τη συνδεσιμότητα των χρηστών. Οι οπτικές και οι ασύρματες τεχνολογίες έχουν κερδίζει πολύ έδαφος τις τελευταίες δεκαετίες από την άποψη ότι προσφέρουν χωρητικότητα εύρου ζώνης και υποστήριξη QoS των πελατών. Οι οπτικές ίνες προσφέρουν υψηλή ταχύτητα και διανύουν μεγάλες αποστάσεις και από την άλλη οι υπηρεσίες broadband έχουν κατακτήσει και αυτές ένα μεγάλο κομμάτι της αγοράς. Έκτος όμως από τα πλεονεκτήματα που διαθέτουν οι δύο αυτές τεχνολογίες παρουσιάζουν και κάποια μειονεκτήματα τα οποία τις θέτουν εκτός από το να είναι η μελλοντική λύση δικτυακής υποδομής.

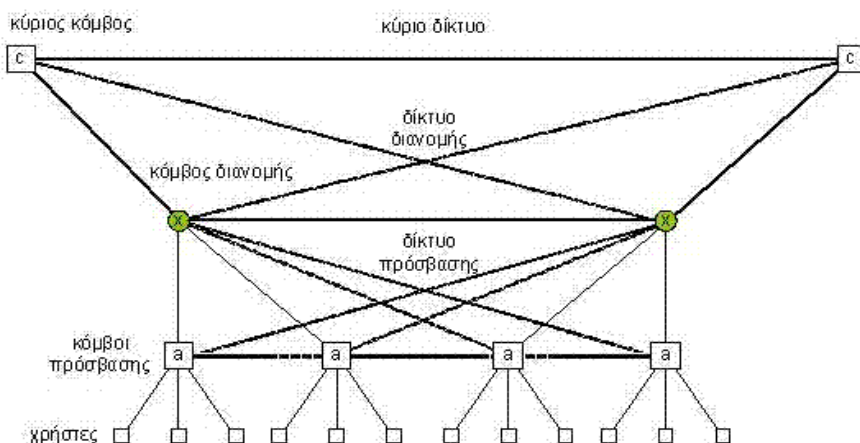
Η εμφάνιση των FiWi δικτύων αποβλέπει σε μια αναδυόμενη τεχνολογία που θα συνίσταται από τα πλεονεκτήματα των οπτικών και των ασύρματων δικτύων. Συνδυάζοντας κάποιες από τις διαθέσιμες τεχνολογίες των δύο αυτών δικτύων μπορούν να δημιουργηθούν διάφοροι τύποι αρχιτεκτονικών, που να ανταποκρίνονται στις ανάγκες του εκάστοτε χρήστη που θα τις αξιοποιήσει. Μπορεί να δημιουργηθεί ένα δίκτυο που να προσφέρει πολύ υψηλή broadband προσβασιμότητα σε σταθερούς και κινητούς χρήστες, αφού η χωρητικότητα των οπτικών ινών συνδυάζεται με ευελιξία που προσφέρουν τα ασύρματα δίκτυα.

Στην παρούσα εργασία θα ασχοληθούμε αρχικά με τις τεχνολογίες των οπτικών ινών και τις θα δούμε περιληπτικά κατηγορίες δικτύων τους, τα παθητικά οπτικά δίκτυα (passive optical networks – PONs) και τα ενεργά οπτικά δίκτυα (active optical networks- AONs). Στη συνέχεια θα γίνει μια σύντομη αναφορά στην ασύρματη τεχνολογία WiMAX. Έπειτα θα ακολουθήσουν οι προσεγγίσεις που έχουν γίνει για την ενσωμάτωση των οπτικών ινών στα ασύρματα δίκτυα, την τεχνολογία Radio-over-Fiber (RoF) και την Radio-and-Fiber (R&F) τεχνολογία. Τέλος, θα γίνει μια ανάλυση των διαφορετικών αρχιτεκτονικών που μπορούν να υποστηρίξουν την ένωση του EPON με το WiMAX, την Ανεξάρτητη Αρχιτεκτονική (Independent Architecture), την Υβριδική Αρχιτεκτονική (Hybrid Architecture), την Unified Connection-Oriented Αρχιτεκτονική και την Microwave-over-Fiber Αρχιτεκτονική.



Τεχνολογίες Δικτύων Οπτικών Ινών:

Όσον αφορά την αρχιτεκτονική ενός δικτύου οπτικών ινών[1,18], αποτελείται από τρεις βασικές λογικές μονάδες: το δίκτυο κορμού, το δίκτυο διανομής και το δίκτυο πρόσβασης. Η λογική αυτή παρουσιάζεται καλύτερα στο σχήμα που ακολουθεί:



Σχήμα 1. Δίκτυο οπτικών ινών

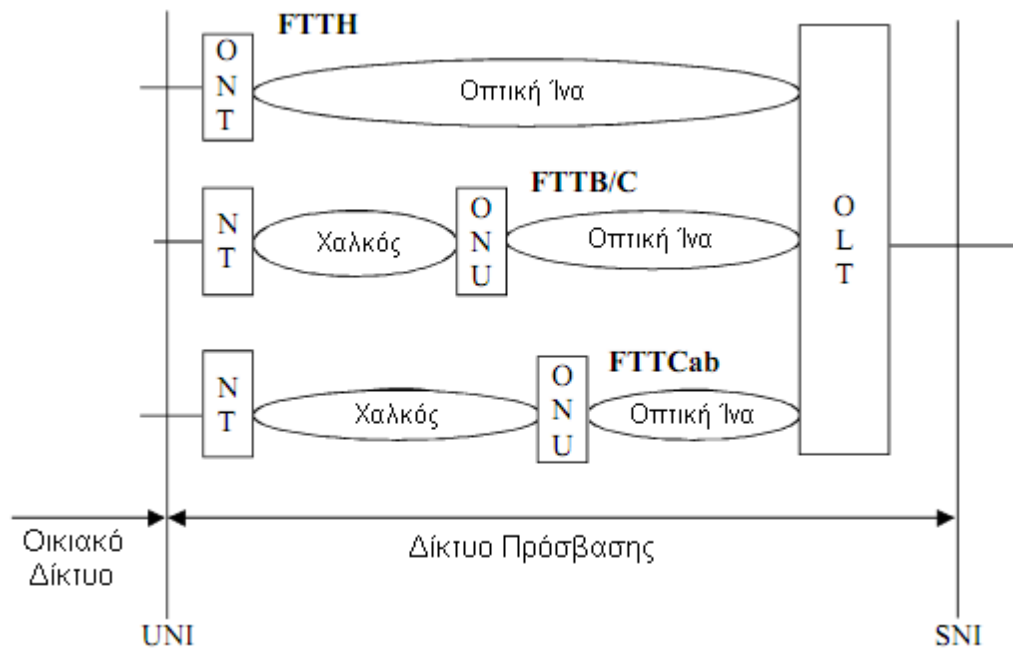
Το δίκτυο κορμού αποτελείται από έναν αριθμό κόμβων οι οποίοι συνδέονται μεταξύ τους. Σημειώνεται ότι υπάρχει σύνδεση μεταξύ των κύριων κόμβων οι οποίοι βρίσκονται σε κοντινή απόσταση μεταξύ τους. Το δίκτυο διανομής, παρέχει συνδέσεις σημείου-πολλαπλών σημείων μεταξύ των κυρίων κόμβων και των κόμβων πρόσβασης. Στους κόμβους διανομής μπορεί να τοποθετηθεί ενεργός ή παθητικός εξοπλισμός για το διαχωρισμό του σήματος, οπότε λέμε ότι χρησιμοποιούμε Ενεργό Οπτικό Δίκτυο (AON, Active Optical Network) ή Παθητικό Οπτικό Δίκτυο (PON, Passive Optical Network) αντίστοιχα. Τέλος, το δίκτυο πρόσβασης, που καταλήγει στις Οπτικές Μονάδες Δικτύου, αποτελεί τον οπτικό τερματισμό του σήματος. Από εκεί κι έπειτα το σήμα γίνεται ηλεκτρικό και μεταφέρεται μέσω χάλκινου καλωδίου στον συνδρομητή.

Οι αρχιτεκτονικές Οπτικών Δικτύων Πρόσβασης που έχουν επικρατήσει μέχρι σήμερα είναι οι:

- Οπτική Ίνα μέχρι το Σπίτι (Fiber To The Home, FTTH)
- Οπτική Ίνα μέχρι το Κτίριο/Πεζοδρόμιο (Fiber To The Building/Curb, FTTB/C)



- Οπτική Ίνα μέχρι το Καφάρι (Fiber To The Cabinet, FTTCab)



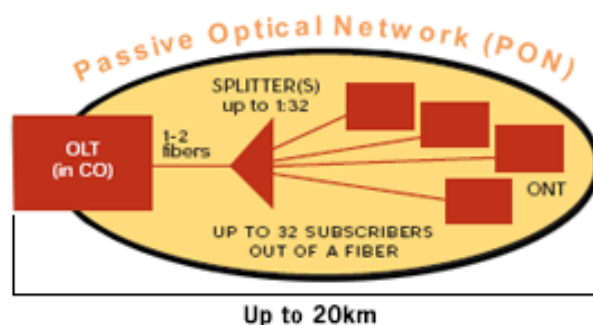
Σχήμα 2. Αρχιτεκτονικές Οπτικών Δικτύων

Παθητικά Οπτικά Δίκτυα (PON):

Το Παθητικό Οπτικό Δίκτυο[9,13,19] συνίσταται από την καλωδίωση των οπτικών ινών και από παθητικούς διαχωριστές (splitters) και συζεύκτες (couplers), οι οποίοι κατανέμουν το οπτικό σήμα μέσω μιας διακλαδωμένης τοπολογίας «δέντρων» στους συζεύκτες που τερματίζουν κάθε τμήμα ινών. Παρακάτω παρατίθεται ένας πίνακας που αφορά τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα του.

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Μη ενεργοί οι απομακρυσμένοι κόμβοι	Το ίδιο εύρος ζώνης διαιρείται μεταξύ διάφορων χρηστών
Πλήρως παθητικό δίκτυο	Διαχωρισμός οπτικής ίνας μεταξύ των θυρών εξόδου (output ports), περιορισμός μέγιστης απόστασης μετάδοσης
Εύκολη μετάδοση βίντεο και δεδομένων	Το ίδιο οπτικό σήμα παραλαμβάνεται από όλες τις μονάδες (ONUs), πρόβλημα ασφάλειας δικτύων
Υλοποίηση με το λιγότερο δυνατό αριθμό πομποδεκτών	Το εύρος ζώνης που χρησιμοποιείται για uploading δεν είναι broadcast
Χαμηλότερο κόστος κύκλου ζωής	Απαιτήση για έναν αυστηρό αλγόριθμο για την σύλληψη αντιρρουματικής (upstream) κυκλοφορίας (καταμερισμός χρόνου για την upstream σύνδεση)
Ελάχιστη ίνα	Πιο σύνθετοι πομποδέκτες





Σχήμα 3. Αρχιτεκτονική παθητικού οπτικού δικτύου.

Έχουν αναπτυχθεί διάφορα πρότυπα τα οποία αφορούν PON δίκτυα. Σύμφωνα με το ITU-T G.983, το BPON (broadband PON), σύμφωνα με το ITU-T G.803.2ah το EPON (Ethernet PON) και σύμφωνα με το G.984 το GPON και το WDM-PON. Στον παρακάτω πίνακα παρατίθενται κάποια από τα χαρακτηριστικά τους.

	EPON	BPON	GPON	WDM-PON
Standard	IEEE 802.3ah	ITU G.983	ITU G.984	None
Framing	Ethernet	ATM	GFP/ATM	Protocol Independent
Maximum Bandwidth	1 Gbit/s	622 Mbit/s	2.488 Gbit/s	1-10 Gbit/s per channel
Users/PON	16	32	64	100's
Average Bandwidth per User	60 Mbit/s	20 Mbit/s	40 Mbit/s	1-10 Gbit/s
Video	RF/ IP	RF	RF/ IP	RF/ IP
Estimated Cost	Lowest	Low	Medium	High

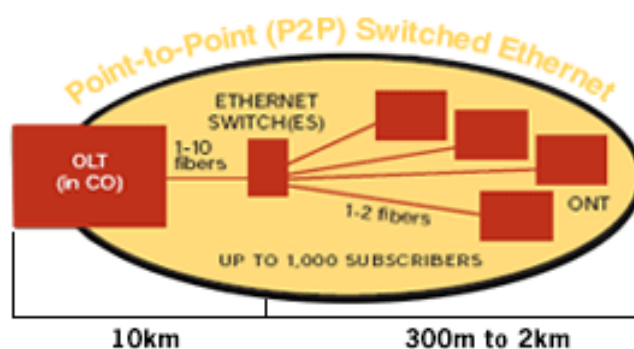
Ενεργά Οπτικά Δίκτυα (AON):

Τα Ενεργά Οπτικά Δίκτυα[9,13] έχουν ηλεκτρικά τροφοδοτημένο εξοπλισμό για να διανείμουν το σήμα στους κόμβους του δικτύου. Η διαφορά της τεχνολογίας AON από την PON βρίσκεται στον τρόπο υλοποίησης της διάταξης όπου τερματίζει



το δίκτυο διανομής και από την οποία ξεκινούν οι υψηλού εύρους ζώνης συνδέσεις και φτάνουν μέχρι το συνδρομητή.

Ο εξοπλισμός που διαθέτουν για τη δρομολόγηση των δεδομένων μετατρέπει το οπτικό σήμα σε ηλεκτρικό και το αντίστροφο. Επίσης η τεχνολογία AON επιτρέπει τη δημιουργία οπτικών δακτυλίων και έτσι υπάρχει η δυνατότητα να μεταδοθούν τα δεδομένα ακόμη και αν εμφανιστεί βλάβη στη διαδρομή. Φυσικά απαιτείται από την πλευρά του χρήστη ο κατάλληλος εξοπλισμός τερματισμού των οπτικών ινών (Optical Network Unit – ONU) που παρέχει τη θύρα πρόσβασης στο οπτικό δίκτυο.



Σχήμα 3. Αρχιτεκτονική ενεργού οπτικού δικτύου.

WiMax:

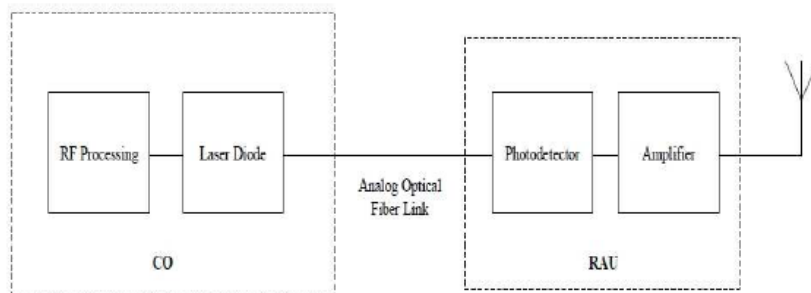
WiMax [3,7,12] αποκαλείται η τεχνολογία ασύρματης δικτύωσης η οποία λειτουργεί με παρεμφερή τρόπο με το Wi-Fi, ωστόσο με πολύ μεγαλύτερη εμβέλεια, φθάνει τα 35 χιλιόμετρα ή και παραπάνω. Επίσης χρησιμοποιείται για την παροχή υπηρεσιών ευρυζωνικής πρόσβασης στο Internet σε τελικούς χρήστες, με εξοπλισμό ιδιαίτερα εύκολο στην εγκατάσταση. Με τον ίδιο τρόπο που σήμερα εγκαθιστά κανείς στον υπολογιστή του μια κάρτα δικτύωσης Wi-Fi, θα εγκαθιστάται μια κάρτα WiMax η οποία θα του επιτρέπει να χρησιμοποιήσει από τον οικιακό του χώρο, και όχι μόνο, τις ασύρματες υπηρεσίες που παρέχουν οι ISP.



Τεχνολογίες Radio- over Fiber και Radio- and- Fiber:

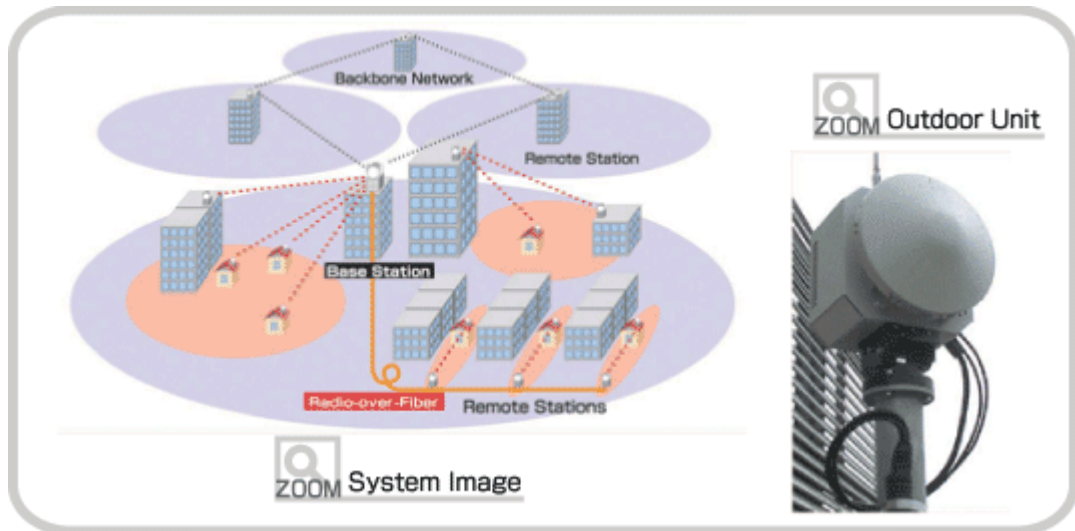
Δύο προσεγγίσεις έχουν γίνει για την ενσωμάτωση των οπτικών δικτύων στα ασύρματα δίκτυα, η τεχνολογία Radio- over- Fiber (RoF) [2,16,17] και η Radio- and- Fiber (R&F) [6] τεχνολογία. Η Radio- over- Fiber , τεχνολογία υπάρχει εδώ και τρεις δεκαετίες ενώ η Radio- and- Fiber ξεκίνησε την τελευταία δεκαετία.

Στην RoF τεχνολογία τα RF σήματα διαμορφώνονται στο Central Office (CO) για να μεταφερθούν μέσα σε οπτική ίνα και έπειτα αποδιαμορφώνονται στο Remote Antenna Units (RAUs) και διαδίδονται στους πελάτες μέσω του αέρα. Η τεχνολογία αυτή είναι βασισμένη σε μια μέθοδο κεντρικής λειτουργίας και αυτό της προσδίδει χαμηλή πολυπλοκότητα και χαμηλό κόστος, αλλά αυτό επιφέρει και τον κίνδυνο μη διαθεσιμότητας του δικτύου σε περίπτωση βλάβης στο Central Office.

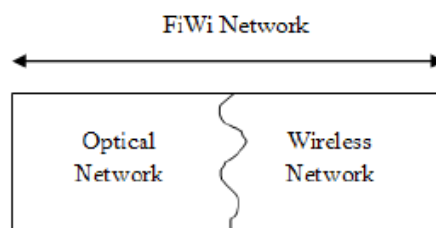


Σχήμα Radio-over-Fiber FiWi concept





Στην R&F ένα διακεκριμένο σύνολο από οπτικά και ασύρματα δίκτυα συνενώνονται για να δημιουργήσουν ένα ενιαίο δίκτυο. Γενικότερα αυτού του είδους τα δίκτυα χρησιμοποιούν διαφορετικά MAC πρωτόκολλα σε κάθε μέρος του δικτύου και για αυτό το λόγο ο έλεγχος πρόσβασης του πελάτη γίνεται ξεχωριστά. Αυτό σημαίνει ότι η κίνηση που δημιουργείται από τους χρήστες που επικοινωνούν στο ασύρματο δίκτυο δεν μεταδίδεται στο οπτικό δίκτυο, σε αντίθεση με την RoF τεχνολογία. Αυτό το χαρακτηριστικό προσδίδει μια ελαστικότητα στο σύστημα αφού η τοπική κίνηση του ασύρματου δικτύου μπορεί να εξυπηρετηθεί ακόμα και όταν η συνδεσιμότητα με το οπτικό τμήμα έχει χαθεί.



Σχήμα Radio-and-Fiber FiWi concept



Αρχιτεκτονικές Ενσωμάτωσης του EPON με το WiMAX:

Υπάρχουν τέσσερις διαφορετικές αρχιτεκτονικές οι οποίες μπορούν να υποστηρίξουν την ένωση του EPON με το WiMAX [7,8,10,13]: η Ανεξάρτητη Αρχιτεκτονική (Independent Architecture), η Υβριδική Αρχιτεκτονική (Hybrid Architecture), η Unified Connection-Oriented Αρχιτεκτονική και η Microwave-over-Fiber Αρχιτεκτονική. Εξαιτίας της απλότητας που διέπουν το EPON και το WiMAX στο downstream θα επικεντρωθούμε περισσότερο στην upstream κατεύθυνση. Ας εξετάσουμε τώρα την κάθε αρχιτεκτονική ξεχωριστά.

Independent Architecture:

Σε αυτή την αρχιτεκτονική το EPON και το WiMAX σύστημα λειτουργούν ανεξάρτητα. Ένα WiMAX BS είναι συνδεδεμένο με μια μονάδα οπτικού δικτύου (ONU optical network unit), όσο αυτές οι δύο συσκευές υποστηρίζουν ένα κοινό πρότυπο διεπαφής, όπως για παράδειγμα το Ethernet, μπορούν να είναι διασυνδεδεμένα. Ακόμα, κάθε ONU μπορεί να έχει διεπαφές με χρήστες για ασύρματη σύνδεση. Επίσης η ανεξάρτητη αρχιτεκτονική έχει το πλεονέκτημα ότι εφόσον χρησιμοποιηθεί ένα σύνηθες μέσο διεπαφής ο τρόπος διασύνδεσης των ONU και BS δεν κάποιες ιδιαίτερες απαιτήσεις.

Η ανεξαρτησία που έχουν όμως η δυο τεχνολογίες σημαίνει ότι η μία δεν μπορεί να ξέρει λεπτομέρειες για τα πακέτα της άλλης και τους σταθμούς της. Έτσι δεν υπάρχει πλήρης εκμετάλλευσης της ενοποίησης τους, περισσότερο σε ότι αφορά τον καταμερισμό του εύρου ζώνης όλου του συστήματος.

Hybrid Architecture:

Η υβριδική αρχιτεκτονική είναι μια αναβαθμισμένη αρχιτεκτονική, στην οποία το ONU και το BS είναι ενσωματωμένα σε ένα κοινό 'κουτί'(ONU-BS box). Με αυτόν τον τρόπο καθιστά εφικτή την πλήρη ένωση των δύο αυτών συσκευών όσο αναφορά το hardware αλλά και το software.



Όσο αναφορά το hardware μπορεί να έχουμε και τρεις CPUs, οι οποίες για καλύτερη ένωση θα μπορούσαν να ενσωματωθούν με τη σειρά τους σε μια ενιαία CPU. Η πρώτη CPU είναι υπεύθυνη για την επικοινωνία των δεδομένων με το τμήμα του EPON και χρησιμοποιεί τα πρωτόκολλα επικοινωνίας της συγκεκριμένης τεχνολογίας. Η τρίτη CPU είναι υπεύθυνη για την επικοινωνία των δεδομένων με το WiMAX τμήμα και τρέχει τα δικά του πρωτόκολλα. Ανάμεσά τους υπάρχει η κεντρική CPU, η δεύτερη CPU, η οποία διαχειρίζεται τη συμπεριφορά των άλλων δύο. Οι πρώτη και η τρίτη CPU δίνουν αναφορά στην δεύτερη όσο αναφορά την κατάσταση τους και τον καταμερισμό του εύρους ζώνης και της ζητούν λεπτομέρειες που θέλουν. Επίσης, η δεύτερη είναι και αυτή η οποία αποφασίζει και καθοδηγεί τις άλλες δύο ώστε να ζητήσουν εύρος ζώνης από το upstream και καταμερίζει το εύρος ζώνης σε κάθε χρήστη στο downstream.

Περνώντας στο λειτουργικό κομμάτι αυτής της αρχιτεκτονικής, η πρώτη CPU η οποία είναι συνδεδεμένη με το EPON περιέχει λειτουργικά στοιχεία που αφορούν το χρονοδιάγραμμα των πακέτων του, τις ουρές προτεραιότητας και την ταξινόμηση των πακέτων. Η τρίτη CPU όπως έχει ήδη αναφερθεί συνδέεται με το τμήμα του WiMAX και περιέχει εκείνα τα λειτουργικά στοιχεία που σχετίζονται με την αναδόμηση των πακέτων και το χρονοδιάγραμμα του upstream. Τέλος η δεύτερη CPU είναι υπεύθυνη για τον κεντρικό έλεγχο του ONU-BS.

Ένα από τα πιο κύρια πλεονεκτήματα της υβριδικής αρχιτεκτονικής είναι ότι το κόστος του εξοπλισμού που απαιτείται είναι πολύ μικρό, επίσης λόγω του γεγονότος ότι οι τεχνολογίες EPON και WiMAX είναι ενωμένες μπορεί να χρησιμοποιηθούν οπτικά μέσα για το upstream και για το downstream να χρησιμοποιηθεί το WiMAX δίκτυο. Έτσι αν θα θέλαμε να συγκρίνουμε την υβριδική με την ανεξάρτητη αρχιτεκτονική θα λέγαμε ότι η υβριδική είναι σαφώς πιο βελτιωμένη και προσφέρει QoS.

Unified Connection-Oriented Αρχιτεκτονική:

Το WiMAX είναι τεχνολογία connection-oriented, κάθε ροή δεδομένων προορίζεται για μια μοναδική σύνδεση, και το αιτούμενο εύρος ζώνης και το QoS που υποστηρίζει είναι connection-oriented. Σύμφωνα με αυτή τη μέθοδο λοιπόν ένα



συνολικό εύρος ζώνης προορίζεται σε SS και στη συνέχεια σε κάθε συσκευή που σχετίζεται με το συγκεκριμένο SS. Αντιθέτως η EPON τεχνολογία δεν υποστηρίζει αυτό τον τύπο σύνδεσης, τα αιτήματα του εύρους ζώνης σε αυτήν είναι queue-oriented. Το σύνολο του εύρους ζώνης αναθέτεται σε κάθε ONU, και μετά ανάλογα με τη σειρά προτεραιότητας των οκτώ ουρών που διαθέτει κάνει μια τοπική ανάθεση.

Κάθε μια μέθοδος έχει τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της, εμάς όμως μας ενδιαφέρει η ένωση των δύο τεχνολογιών. Επειδή παρόλο τις ομοιότητες που μπορεί να έχουν χρησιμοποιούν διαφορετικά πρωτόκολλα θα πρέπει να τροποποιήσουμε το πρωτόκολλο του επιπέδου MAC ενός από τα δύο. Αυτό που θα αλλάξει τελικά θα είναι η διαφοροποίηση του EPON ώστε να υποστηρίζει connection-oriented υπηρεσίες.

Η νέα αυτή αρχιτεκτονική έχει περίπου την ίδια διάταξη με την υβριδική αρχιτεκτονική. Η μόνη διαφορά είναι ότι τα πλαίσια Ethernet για upstream και downstream του EPON αντικαθιστούνται από WiMAX MAC PDUs ως δεδομένα πελάτη. Το πεδίο του logic link ID (LLID) κρατείται για λόγους διευθυνσιοδότησης, αλλά τα πλαίσια γίνονται WiMAX MAC PDUs. Έτσι η στοίβα πρωτοκόλλων της νέας αρχιτεκτονικής περιέχει ένα υποεπίπεδο (CS) κάτω από το επίπεδο του Ethernet. Η λειτουργία αυτού του υποεπιπέδου είναι να ελέγχει και να διαμοιράζει το εύρος ζώνης στο παθητικό οπτικό δίκτυο. Η όλη λειτουργία γενικότερα θα είναι ίδια με αυτή των WiMAX δικτύων και όλο το σύστημα μπορεί να ελέγχεται από τα ενοποιημένα connection-oriented πρωτόκολλα ελέγχου, που είναι τα διευρυμένα πρωτόκολλα της τεχνολογίας WiMAX, ενώ για τα πλαίσια του Ethernet δεν χρειάζονται πλαίσια ελέγχου.

Από λειτουργική άποψη είναι ένας τύπος FMC για έλεγχο και διαχείριση δικτύου, όπου έχουμε ένα σύστημα ελέγχου και ένα σετ πρωτοκόλλων για να ελέγχουν και να διαχειρίζονται και την ενσύρματη και την ασύρματη πρόσβαση δικτύου.

Επίσης είναι εφικτό να προσαρμοστεί ένα WiMAX να τρέξει EPON MAC πρωτόκολλα. Σε αυτήν την προοπτική όλες οι WiMAX συσκευές θα λειτουργούν κάτω από την τεχνική του Ethernet με ενοποιημένες Ethernet διεπαφές. Το μειονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι ότι υπάρχει λιγότερος έλεγχος QoS για την σύνδεση κάθε συσκευής. Ακόμα, χρειάζονται ειδικές επεκτάσεις για να



μεταχειριστούν την κωδικοποίηση και τον συντονισμό των ασύρματων σημάτων, τα οποία συνήθως είναι λιγότερο σταθερά από τα ενσύρματα μέσα. Τέλος, το κοινό μειονέκτημα και των δύο μεθόδων είναι ότι καμία δεν έχει προτυποποιηθεί.

Microwave-over-Fiber Αρχιτεκτονική:

Με σκοπό να μειωθούν περαιτέρω τα κόστη των EPON και WiMAX συστημάτων αξιοποιείται η ικανότητα μετάδοσης της οπτικής ίνας, δημιουργείται ακόμα ένα είδος αρχιτεκτονικής ενσωμάτωσης των δύο τεχνολογιών. Κάθε κόμβος αποτελείται από μια ONU, που είναι υπεύθυνη για την επικοινωνία των δεδομένων του EPON, και από dumb antenna, που είναι υπεύθυνο για την αναμετάδοση του WiMAX σήματος από και προς το συσχετιζόμενο microcell. Αυτά τα δύο σήματα προσαρμόζονται σε μια κοινή οπτική συχνότητα και μεταφέρονται σε ένα upstream κεντρικό κόμβο.

Αυτή η προσαρμογή της WiMAX συχνότητας σε οπτική ονομάζεται *microwave-over-fiber* (MOF). Σε αυτή την αρχιτεκτονική υπάρχουν δύο τύποι subcarriers. Ο ένας είναι ασύρματος στο WiMAX σύστημα, στον οποίο πολλά megahertz φάσματος διαιρούνται σε πολλαπλούς subcarriers. Ο δεύτερος είναι για το οπτικό παθητικό δίκτυο που μεταφέρει WiMAX σήματα από ένα dumb antenna στο κεντρικό κόμβο. Ο πρώτος ονομάζεται WiMAX subcarrier και ο δεύτερος optical subcarrier.

Για να διαχωριστούν στον κεντρικό κόμβο τα ασύρματα σήματα από τα διαφορετικά dumb antenna, ο optical subcarrier πρέπει να έχει ξεχωριστή συχνότητα για κάθε ένα από αυτά. Αντίστοιχα οι απομακρυσμένοι σταθμοί αποτελούνται από δύο κύριες ενότητες, ένα OLT και ένα κεντρικό WiMAX BS, που ονομάζεται macro-

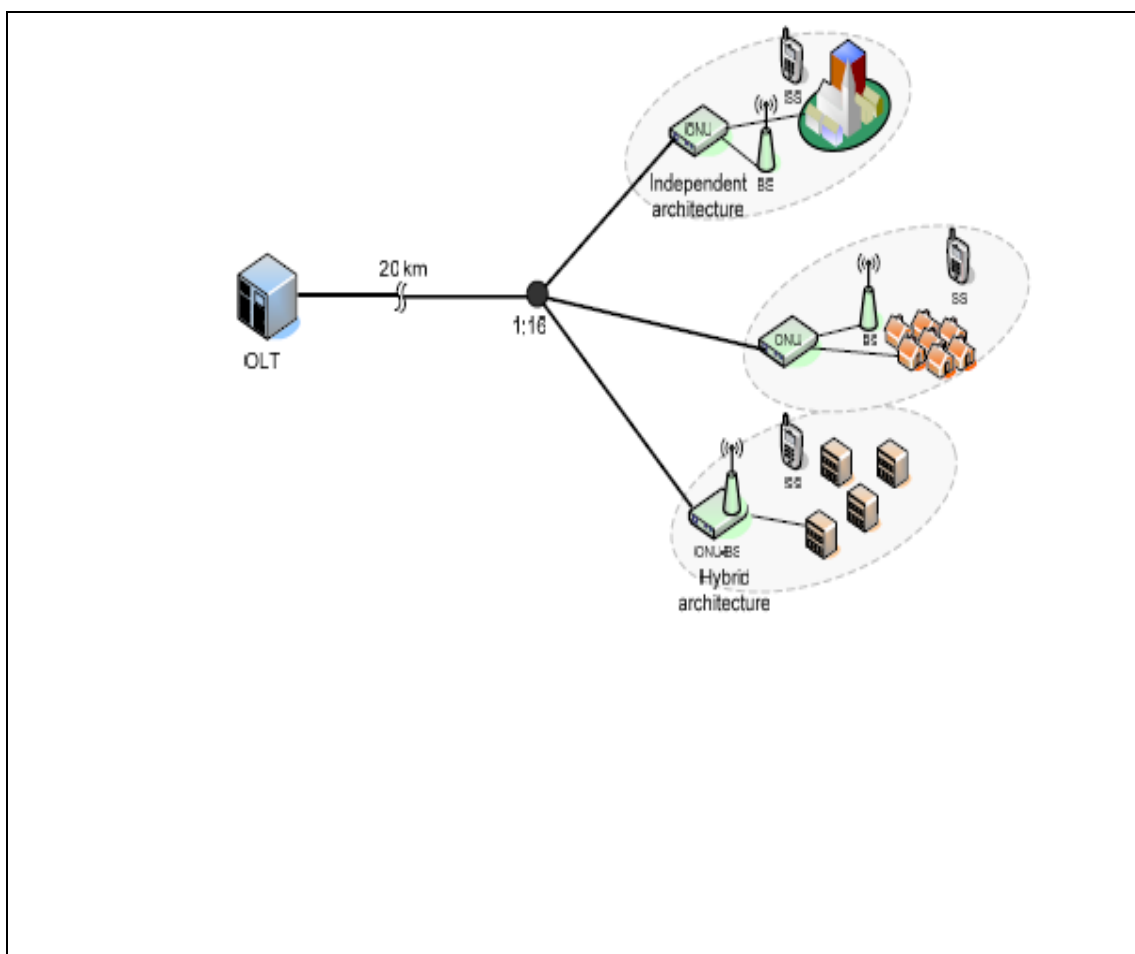


BS και αποτελείται από πολλαπλές WiMAX BS μονάδες και ένα macro-BS κεντρικό ελεγκτή. Ο macro-BS επεξεργάζεται όλα τα πλαίσια και τα πακέτα δεδομένων από τα microcells, και διαχειρίζεται και τον κατανομή του εύρους ζώνης αλλά και το δρομολόγιο και κάθε μια από τις WiMAX BS μονάδες.

Πριν από την εισαγωγή ένας οπτικού σήματος στον κεντρικό κόμβο και την μετατροπή του σε ηλεκτρονική μορφή, χωρίζεται σε δύο τμήματα, σε ένα σήμα EPON βασικής συχνότητας και σε ένα σύνολο από οπτικά subcarrier σήματα. Το βασικής συχνότητας σήμα μεταφέρεται στο OLT για περαιτέρω επεξεργασία των δεδομένων και τα οπτικά subcarrier σήματα μεταφέρονται στο WiMAX macro-BS, όπου πρώτα διαχωρίζονται σε ανεξάρτητα σήματα και μετά περνάνε από το διαμορφωτή συχνότητας για να διαμορφώσει τη συχνότητας τους πάνω ή κάτω. Έπειτα η διαμορφωμένη συχνότητα μεταφέρεται σε μια WiMAX BS μονάδα και μετά επεξεργάζονται τα πακέτα της συχνότητας αυτής.

Ένα από τα βασικά πλεονεκτήματα της Microwave-over-Fiber αρχιτεκτονικής είναι ότι απλουστεύεται η μεταβίβαση για κινητούς χρήστες. Παρόλα αυτά το macro-BS μπορεί να γίνει ανασχετικός παράγοντας για όλο το WiMAX δίκτυο γιατί χρειάζεται να διαχειριστεί όλα τα πακέτα των πολλών SSs που υπάρχουν στο δίκτυο. Επίσης ένα ακόμα πρόβλημα είναι το crosstalk που μπορεί να δημιουργηθεί μεταξύ των οπτικών subcarrier στο central office. Τέλος ένα ακόμη θέμα είναι η οπτική παρεμβολή (OBI), για την καταπολέμηση της μπορεί να χρειαστούν ξεχωριστά μήκη κύματος για κάθε ONU, αυτό μας οδηγεί στην επόμενη γενιά PON συστημάτων τα wavelength-division multiplexing (WDM) PONs.





Συμπεράσματα:

Τα συμπεράσματα που αντλεί κανείς μελετώντας την Fiber-Wireless τεχνολογία δικτύων είναι ότι μελλοντικά θα έχει πολύ μεγάλη εξέλιξη στην υποδομή της και υλοποίησή της. Ήδη έχει γίνει μεγάλη πρόοδος όσο αναφορά την αρχιτεκτονική των δικτύων της αλλά και τα πρωτόκολλα επικοινωνίας της.

Τα θέματα τα οποία χρήζουν βελτίωσης ώστε να γίνει εμπορικά υλοποιήσιμη είναι αυτό του χαμηλού κόστους των συνιστωσών μερών, της ενοποιημένης δρομολόγησης και αυτό της διαφοροποίησης τους σε υπηρεσίες end-to-end. Επίσης, τα Fiber-Wireless δίκτυα μπορούν να προσφέρουν ταυτόχρονα ενσύρματη και ασύρματη πρόσβαση που η μια είναι ανεξάρτητη από την άλλη, κάτι που είναι θετικό από οικονομικής πλευράς.



Μια ενδιαφέρουσα μελλοντική έρευνα θα ήταν η μελέτη και σύγκριση των διαφορετικών αρχιτεκτονικών, που υποστηρίζουν την τεχνολογία των Fiber-Wireless δικτύων, από τεχνικής και οικονομικής σκοπιάς. Επιπρόσθετα μια άλλη μελλοντική μελέτη θα μπορούσε να είναι η χρησιμοποίηση άλλων τεχνολογιών πιο αναβαθμισμένων όπως του WDM στα Παθητικά Οπτικά Δίκτυα για να πετύχουμε υψηλότερο εύρος ζώνης. Όπως επίσης και η χρησιμοποίηση πολλαπλής εισόδου και πολλαπλής εξόδου στα συστήματα antenna των WiMAX συστημάτων. Τέλος θα μπορούμε ακόμα να ερευνηθεί το ενδεχόμενο της επιλογής ενός άλλου είδους Παθητικού Οπτικού Δικτύου και όχι αυτό του Ethernet για την ενσωμάτωσή του στο ασύρματο δίκτυο.

Βιβλιογραφία:

1. http://en.wikipedia.org/wiki/Optical_fiber
2. http://en.wikipedia.org/wiki/Radio_over_Fiber
3. <http://en.wikipedia.org/wiki/Wimax>
4. Martin Maier, Navid Ghazisaidi, Martin Reisslein(2009). The Audacity of Fiber-Wireless (FiWi) Networks. Retrieved from <http://www.zeitgeistlab.ca>
5. Navid Ghazisaidi and Martin Maier(2011). Fiber-Wireless (FiWi) Access Networks: Challenges and Opportunities. Retrieved from <http://ieeexplore.ieee.org>.



6. T. Tsagklas and F. N. Pavlidou(2011). A Survey on Radio-and-Fiber FiWi Network Architectures. Retrieved from <http://newton.ee.auth.gr>.
7. Navid Ghazisaidi, Martin Maier(2010). Techno-economic analysis of EPON and WiMAX for future Fiber-Wireless (FiWi) networks. Retrieved from <http://www.sciencedirect.com>.
8. Ahmad R. Dhaini, Pin-Han Ho, and Xiaohong Jiang(2010). Performance Analysis of QoS-Aware Layer-2 VPNs over Fiber-Wireless (FiWi) Networks. Retrieved from <https://ece.uwaterloo.ca>.
9. David Bowman(2009). Aon Vs Pon. Retrieved from <http://www.slideshare.net>.
10. Navid Ghazisaidi and Martin Maier(2010). Fiber-Wireless (FiWi) Networks: A Comparative Techno-Economic Analysis of EPON and WiMAX. Retrieved from <http://ieeexplore.ieee.org>
11. Martin Maier and Navid Ghazisaidi(2010). QoS Provisioning Techniques for Future Fiber-Wireless (FiWi) Access Networks. Retrieved from <http://www.citeulike.org>.
12. P.Nicopolitidis, M.S. Obaidat, G.I. Papadimitriou, A.S. Pomportsis (2006). Ασύρματα Δίκτυα. Αθήνα: Εκδόσεις Κλειδάριθμος.
13. Gangxiang Shen, Rodney S. Tucker, and Chang-Joon Chae(2007). Fixed Mobile Convergence Architectures for Broadband Access: Integration of EPON and WiMAX . Retrieved from <http://ieeexplore.ieee.org>.
14. Ying Yan, Hao Yu, Hua Wang, Lars Dittmann(2008). Integration of EPON and WiMAX Networks: Uplink Scheduler Design. Retrieved from <http://spiedigitallibrary.org>.
15. Gangxiang Shen and Rodney Tucker(2007). Fixed Mobile Convergence (FMC) Architectures for Broadband Access: Integration of EPON and WiMAX. Retrieved from <http://ieeexplore.ieee.org>.
16. Ericsson Nikola Tesla d.d. .Radio over Fiber Technology for Wireless Access. Retrieved from <http://www.docstoc.com>.
17. Pardeep Kaur,R.S.Kaler(2007). Radio over Fiber Networks. Retrieved from <http://www.rimtengg.com>.
18. Ιάκωβος Στ. Βενιέρης(2007). Δίκτυα Ευρείας Ζώνης. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Τζιτόλα.



19. PON - Passive Optical Network. <http://www.infocellar.com/networks/new-tech/PON/PON-real.htm>
20. M Arumugam (2001). Optical fiber communication —An overview. Retrieved from <http://www.ias.ac.in>.
21. Lisa Zyga(2010). Fiber-wireless (Fi-Wi) to provide ultra-high-speed, short-range communication. Retrieved from <http://www.physorg.com>.
22. Christina Lim, Ampalavanapillai Nirmalathas, Masduzzaman Bakaul, Prasanna Gamage, Ka-Lun Lee, Yizhuo Yang, Dalma Novak, and Rod Waterhouse(2010). Fiber-Wireless Networks and Subsystem Technologies. J. Lightwave Technol. 28, 390-405. Retrieved from <http://www.opticsinfobase.org>.
23. <http://www.fiber-optics.info>
24. Suman Sarkar (2007). Hybrid Wireless-Optical Broadband-Access Network(WOBAN): A Review of Relevant Challenges. Retrieved from <http://scholar.google.com>.

