



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

**ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**"Μετάβαση από τα δίκτυα χαλκού σε δίκτυα πρόσβασης
νέας γενιάς"**

Παναγιώτα Ασπασία Α. Στάθη

Επιβλέπων: Δημήτρης Βαρουτάς, Επίκουρος Καθηγητής ΕΚΠΑ

ΑΘΗΝΑ

ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2016

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Μετάβαση από τα δίκτυα χαλκού σε δίκτυα πρόσβασης νέας γενιάς

Παναγιώτα Ασπασία Α. Στάθη
Α.Μ.: 1115 2005 00120

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: Δημήτρης Βαρουτάς, Επίκουρος Καθηγητής ΕΚΠΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η μελλοντική εξέλιξη τόσο των ενσύρματων όσο και των ασύρματων αστικών δικτύων βασίζεται κατά κύριο λόγο στα δίκτυα πρόσβασης νέας γενιάς. Η παρούσα εργασία περιγράφει αρχικά τα ενσύρματα δίκτυα της τεχνολογίας FTTx, την παρούσα μορφή τους και τους περιορισμούς τους.

Ακολούθως, περιγράφονται οι μελλοντικές εξελίξεις στο συγκεκριμένο τομέα της τεχνολογίας, εστιάζοντας κυρίως στα δίκτυα VDSL2 και την τεχνολογία LTE, τα οποία θα έχουν σημαντική μελλοντική επίδραση στην εξέλιξη των δικτύων πρόσβασης νέας γενιάς. Οι τάσεις των δικτύων νέας γενιάς (NGA) βασίζονται κυρίως στα Παθητικά Οπτικά Δίκτυα, τα οποία αναλύονται σε TDMA PON και WDM PON, κατηγορίες που αναλύονται ανάλογα με τις χρονοθυρίδες και το μήκος κύματος αντίστοιχα.

Στη συνέχεια, γίνεται αναφορά των ασύρματων δικτύων πρόσβασης νέας γενιάς, εξετάζοντας οι σύγχρονες τεχνολογίες όπως τα WLAN και τα Wifi, τα LMDS δίκτυα καθώς και τα δίκτυα δορυφορικά ευρυζωνικά δίκτυα. Επίσης γίνεται αναφορά και σε άλλες καινούριες τεχνολογίες, όπως τα Δίκτυα Νέας Γενιάς (NGN) αλλά και στα κυψελωτά δίκτυα, ξεκινώντας από το GSM, φτάνοντας μέχρι το LTE Advanced. Τέλος, αναφέροντας τα Δίκτυα Νέας Γενιάς δίνεται έμφαση στη σημασία των Πράσινων Δικτύων και πώς αυτή αυτά παρέχονται στους χρήστες και επηρεάζει την καθημερινότητα και ποιότητα ζωής τους σε βάθος χρόνου.

Εν κατακλείδι, τα NGA θα πρέπει να είναι σε θέση να υπερνικήσουν διάφορες προκλήσεις, όπως η παροχή διαφορετικών ευζωνικών υπηρεσιών καθώς και η διευκόλυνση της διαλειτουργικότητας των διαφορετικών τεχνολογιών. Επιπλέον, τα NGA θα πρέπει να παρέχουν μεγαλύτερο εύρος ζώνης με όσο το δυνατόν μεγαλύτερη μείωση του κόστους των υφιστάμενων υπηρεσιών. Παράλληλα, θα πρέπει να αποτελούν τη βάση των ασύρματων και ενσύρματων δικτύων πρόσβασης (WiFi και WLAN και FTTx), κάτι το οποίο αποτελεί ένα σχετικό ζήτημα για τη σύγκλιση μεταξύ των ενσύρματων και των ασύρματων τεχνολογιών. Με βάση τη μελέτη που εκπονήθηκε, στα πλαίσια αυτής της εργασίας, σε έργα που υποστηρίζονται από ελληνικούς παρόχους η εφαρμογή των FTTx υπάρχει σε αρκετές περιοχές κατά κύριο λόγο σε επίπεδο FTTC. Αναμένουμε σύντομα, να φτάσει και σε επίπεδο FTTH, όπου η υπηρεσία και το κόστος θα είναι προσιτά πλέον σε κάθε οικιακό πελάτη.

ΘΕΜΑΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ: Μετάβαση από τα δίκτυα χαλκού σε δίκτυα πρόσβασης νέας γενιάς.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: δίκτυα χαλκού, δίκτυα πρόσβασης νέας γενιάς, οπτικές ίνες, ευρυζωνικότητα, παθητικά δίκτυα.

ABSTRACT

The future development of both wired and wireless urban networks is primarily based on NGA networks. Firstly, this first describes the wired networks with FTTx technology, in their present form and their limitations.

After that, future developments in this field of technology are described, focusing especially on VDSL2 networks and LTE technology, which will have a significant future impact on the development of NGA networks. The trends of the new generation access (NGA) networks are mainly based on Passive Optical Networks, which are categorized in TDMA PON and WDM PON, and are being characterized according to the slots and wavelength respectively.

Then, there is made a reference of wireless NGA networks by examining modern technologies such as WLAN and Wifi, the LMDS networks and satellite broadband networks. Reference is also made to other new technologies such as Next Generation Networks (NGN) and to cellular networks, starting from the GSM, reaching to the LTE Advanced. Finally, referring to the New Generation Networks, is emphasized the importance of the Green Network and how it shall be provided to users and affect their daily lives and their quality of life over time.

In conclusion, the NGA should be able to overcome various challenges, such as the provision of different broadband services and facilitating interoperability of different technologies. In addition, the NGA should provide more bandwidth and at the same time the greatest possible reduction of the cost of existing services. Also, they should be the basis of wireless and wireline access networks (WiFi and WLAN and FTTx), something which is a relevant issue for the convergence between wireline and wireless technologies. Based on the study conducted as part of this work, projects supported by Greek providers with implementation of FTTx exist in many areas mainly as application of FTTC. We expect soon to arrive in FTTH level, where the service and the cost will be more accessible in every household customer.

SUBJECT AREA: Transition from existing copper networks to new generation access networks.

KEYWORDS: copper networks, next generation access networks, optical fiber, broadband, passive networks.

Αυτή η προσπάθεια αφιερώνεται στην οικογένειά μου.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια του προπτυχιακού προγράμματος σπουδών του τμήματος Πληροφορικής & Τηλεπικοινωνιών της Σχολής Θετικών Επιστημών του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών. Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα Επίκουρο Καθηγητή κ. Δημήτρη Βαρουτά, για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε καθώς και για την πολύτιμη βοήθειά του, στηρίζοντάς με σε όλη μου την προσπάθεια.

Αθήνα, Νοέμβριος 2016

Ασπασία Παναγιώτα Στάθη

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	11
2. ΔΙΚΤΥΑ ΧΑΛΚΟΥ	12
2.1 Η παλιά μορφή του Δικτύου Πρόσβασης.....	12
2.2 Το ενδιάμεσο βήμα και η μετάβαση.....	12
2.2.1 Ανάγκες για μεγαλύτερη χωρητικότητα FTTH	14
2.2.2 Ρίσκο διείσδυσης και επένδυσης σε Δίκτυο Επόμενης Γενιάς.....	14
2.2.3 Ρυθμιστικοί Κίνδυνοι.....	16
2.3 Σύνοψη.....	17
3. ΕΝΣΥΡΜΑΤΑ ΔΙΚΤΥΑ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ ΝΕΑΣ ΓΕΝΙΑΣ	19
3.1 Εισαγωγή – Οπτικά Δίκτυα οπτικές ίνες	19
3.1.1 Οπτική ίνα	19
3.1.2 Κατηγορίες οπτικών δικτύων	20
3.2 Ευρυζωνικά χαρακτηριστικά.....	21
3.3 Αρχιτεκτονικές Δικτύου Πρόσβασης	22
3.3.1 Αρχιτεκτονικές FTTx Δικτύων	22
3.3.2 Fiber to the Cabinet - FTTC	26
3.3.3 Fiber to the Building - FTTB	28
3.3.4 Fiber to the Home – FTTH	28
3.4 Τεχνολογίες Πρόσβασης	28
3.4.1 Υποδομή xDSL.....	29
3.4.2 Το πράσινο Ethernet.....	31
3.5 Παθητικά Δίκτυα – PON: TDMA PON, WDM PON	31
3.5.1 Η εξέλιξη των δικτύων PON	32
3.5.2 Προστασία δικτύων PON από βλάβες.....	32
3.6 Έργα Δικτύων NGA	32
3.6.1 Έργα Δικτύων NGA στην Ευρώπη και στον κόσμο.....	33
3.6.2 Έργα Δικτύων NGA στην Ελλάδα	33
3.6.3 Σχεδιασμός και έργα FTTC	34
3.7 Στρατηγικές Υλοποίησης Δικτύων NGA.....	34
4. ΑΣΥΡΜΑΤΑ ΔΙΚΤΥΑ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ ΝΕΑΣ ΓΕΝΙΑΣ	36
4.1 Ασύρματα Δίκτυα Πρόσβασης: WLANs και Wifi	36
4.2 Ασύρματα Δίκτυα Πρόσβασης: Local Multipoint Distribution System (LMDS)	36
4.3 Ασύρματα Δίκτυα Πρόσβασης: Δορυφορική ευρυζωνική πρόσβαση	37
4.4 Ταξινόμηση Κυψελωτών Τεχνολογιών σε Γενεές	38
4.5 Περιπτώσεις Πράσινων NGN	41
4.5.1 Πράσινα Δίκτυα 5G	41
4.5.2 Πράσινη Wifi Τεχνολογία.....	42
4.5.3 Πράσινη GSM τεχνολογία	43
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΥΛΟΠΟΙΗΣΕΙΣ ΔΙΚΤΥΩΝ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ .	44

ΠΙΝΑΚΑΣ ΟΡΟΛΟΓΙΑΣ	46
ΣΥΝΤΜΗΣΕΙΣ – ΑΡΚΤΙΚΟΛΕΞΑ – ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ	48
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι.....	51
ΑΝΑΦΟΡΕΣ	53

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Εσωτερικό και δομή οπτικής ίνας, [32].....	19
Εικόνα 2: Δίκτυο πρόσβασης σε απλή μορφή.....	21
Εικόνα 3: Τύποι δικτύων οπτικών ινών.....	21
Εικόνα 4: Fiber to the Business, [31].....	22
Εικόνα 5: Fiber to the building, [33].....	23
Εικόνα 6: Fiber to the Cabinet, [34].....	23
Εικόνα 7: Fiber to the Home, Active Star Architecture, [33].....	24
Εικόνα 8: Fiber to the Home, Home Run Architecture, [33].....	24
Εικόνα 9: Fiber to the Last Amplifier, [35].....	25
Εικόνα 10: Fiber To The Node or Neighborhood.....	25
Εικόνα 11: Fiber to the Office, [36].....	25
Εικόνα 12: Fiber to the Premises, [37].....	26
Εικόνα 13: Παράδειγμα FttU, [38].....	26
Εικόνα 14: Αρχιτεκτονική FTTC με VDSL, [39].....	27
Εικόνα 15: Αναβάθμιση σπιτιών με πιο γρήγορες ταχύτητες της τάξης VDSL2.....	28
Εικόνα 16: FTTB και VDSL2, [40].....	28
Εικόνα 17: Δίκτυο Wifi, [46].....	36
Εικόνα 18: Δίκτυο WIMAX, [47].....	37
Εικόνα 19: Μονόδρομη ευρυζωνική πρόσβαση, [48].....	37
Εικόνα 20: Αμφίδρομη ευρυζωνική πρόσβαση, [48].....	38
Εικόνα 21: Ταξινόμηση κυψελωτών δικτύων σε γενιές.....	39
Εικόνα 22: Αύξηση ταχυτήτων μετάδοσης ανάλογα με την τεχνολογία.....	40
Εικόνα 23: Επανάσταση της κινητής κίνησης δεδομένων ανά μήνα μέχρι το 2018.....	41
Εικόνα 24: Πράσινη Wifi τεχνολογία.....	43
Εικόνα 25: Εξέλιξη ευρυζωνικών γραμμών.....	52
Εικόνα 26: Εξέλιξη ταχυτήτων ευρυζωνικών γραμμών.....	52

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Ταξινόμηση των κυψελωτών τεχνολογιών σε γενεές	40
---	----

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι τηλεπικοινωνίες αναπτύσσονται και εξελίσσονται συνέχεια από την ημέρα που ανακαλύφθηκαν. Οι ανάγκες των συνδρομητών για μεγαλύτερο φάσμα δεκαπλασιάζεται κάθε έξη χρόνια και ο λόγος είναι ότι αυξάνεται η υπολογιστική δύναμη των συσκευών σύνδεσης στο διαδίκτυο, καθώς και οι εφαρμογές που αναπτύσσονται για αυτές απαιτούν όλο και μεγαλύτερο εύρος ζώνης. Πιο συγκεκριμένα, οι συνεχώς αυξανόμενες απαιτήσεις κίνησης στα τηλεπικοινωνιακά δίκτυα τα τελευταία χρόνια, κυρίως λόγω της ανάπτυξης εφαρμογών που σχετίζονται με υπηρεσίες βίντεο και εικόνας, απαιτούν μεγάλη ποσότητα εύρους ζώνης, γεγονός που είχε ως αποτέλεσμα τα δίκτυα να αναπτύξουν περισσότερο τις δυνατότητες που μπορούν να παρέχουν σε ένα συνεχώς αυξανόμενο πλήθος χρηστών - συνδρομητών. Για αυτό το λόγο οι πάροχοι τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών εξαναγκάζονται σε αναβάθμιση των δικτύων τους για να υποστηρίξουν την αυξανόμενη απαίτηση υψηλότερων ταχυτήτων πρόσβασης.

Η εμφάνιση των οπτικών ινών στο χώρο των τηλεπικοινωνιών δίνει λύση στο πρόβλημα της συνεχώς αυξανόμενης ζήτησης εύρους ζώνης και ανταποκρίνεται στις προκλήσεις της σύγχρονης εποχής. Συγκεκριμένα, οι δυνατότητες των οπτικών ινών στα δίκτυα σύγχρονης εποχής που καλύπτει τις ανάγκες των χρηστών είναι οι εξής: το υψηλό εύρος ζώνης, το χαμηλό κόστος, η χαμηλή εξασθένιση και οι μικρές απαιτήσεις στο χώρο εγκατάστασης. Η αντικατάσταση των χάλκινων καλωδίων με οπτικές ίνες παρέχει υψηλή αξιοπιστία και μειωμένο ρυθμό λαθών στη μετάδοση των δεδομένων. Τα δίκτυα οπτικών ινών δίνουν την δυνατότητα μετάδοσης δεδομένων σε υψηλές ταχύτητες, την κάλυψη των απαιτήσεων σε ποιότητα υπηρεσίας (Quality of Service-QoS) και την συνύπαρξη των υπαρχόντων τεχνολογιών σε μια κοινή αρχιτεκτονική. Τα τρέχοντα ευρυζωνικά δίκτυα έχουν αναπτυχθεί γύρω από ένα κεντρικό δίκτυο οπτικών ινών κορμού, που συγκεντρώνει τις xDSL υπηρεσίες μέσω δικτύου χαλκού από μια ευρύτερη αστική περιοχή με την χρήση κεντρικών DSLAM ανά Αστικό Κέντρο. Η διασύνδεση των τελικών χρηστών με το Αστικό Κέντρο γίνεται διαμέσου ενός τοπικού κόμβου χαλκού (καμπίνα) που εξυπηρετεί μέχρι 300 συνδρομητές. Το δίκτυο αυτό αποτελεί το δίκτυο πρόσβασης και τα τελευταία χρόνια γίνεται ιδιαίτερη προσπάθεια σε όλο τον κόσμο για την σταδιακή αντικατάσταση του με οπτικές ίνες, FTTx.

Η τελική μετάβαση σε δίκτυο FTTH, όπου η τελική διασύνδεση της οπτικής ίνας είναι το σπίτι του συνδρομητή, ή αντίστοιχα τα δίκτυα FTTC (Fiber To The Cabinet), FTTB (Fiber To The Building) είναι ο απώτερος στόχος όλων των τηλεπικοινωνιακών παρόχων. Αυτό απαιτεί πολύ μεγάλες επενδύσεις όπου είναι επιβεβλημένη η όσο πιο ακριβής εκτίμηση των εξόδων και των εσόδων από την ανάπτυξη ενός τέτοιου έργου. Πρώτα πρέπει να αποφασιστεί η αρχιτεκτονική λύση που θα εφαρμοστεί με την τεχνολογία που απαιτείται και στην συνέχεια να υπολογιστούν τα κόστη εγκατάστασης οπτικού δικτύου καθώς και οι λειτουργικές δαπάνες συντήρησης.

Η εργασία αυτή έχει σαν σκοπό την μελέτη των τεχνικών στοιχείων και κάποιων οικονομικών δεδομένων που απορρέουν από αυτά κατά τη μετάβαση από τα παραδοσιακά δίκτυα χαλκού στα δίκτυα πρόσβασης νέας γενιάς, καθώς και ενδεχόμενους περιορισμούς/ τροχοπέδη στην εφαρμογή τους.

2. ΔΙΚΤΥΑ ΧΑΛΚΟΥ

2.1 Η παλιά μορφή του Δικτύου Πρόσβασης

Το δίκτυο πρόσβασης (ή αλλιώς τελευταίο μίλι) είναι το δίκτυο που διασυνδέει το δίκτυο κορμού με τον “συνδρομητή” είτε αυτός είναι ένας απλός χρήστης είτε εταιρεία είτε πρόκειται για κάποιο τοπικό δίκτυο. Είναι υπεύθυνο για τη μεταφορά της κίνησης στον τελικό χρήστη καθώς επίσης και από τον τελικό χρήστη προς το δίκτυο κορμού. Τα δίκτυα κορμού, λόγω κυρίως των αυξημένων απαιτήσεών τους σε εύρος ζώνης, ταχύτητες και ποιότητα επικοινωνίας, βασίζονται (στο μεγαλύτερο ποσοστό τους) στη χρήση της οπτικής τεχνολογίας. Παράλληλα τα τοπικά δίκτυα, λαμβάνοντας υπόψη τις μικρές αποστάσεις μεταξύ των κόμβων, χρησιμοποιούν κυρίως χάλκινα σύρματα (καλώδια συνεστραμμένου ζεύγους), τα οποία με τα δεδομένα των τοπικών δικτύων είναι σε θέση να παρέχουν επικοινωνία σε ταχύτητες 100Mbps ή ακόμα και 1Gbps. Με βάση τα δεδομένα αυτά γίνεται αμέσως αντιληπτό ότι τμήμα του δικτύου που διασυνδέει τα τοπικά δίκτυα με το δίκτυο κορμού (δίκτυο πρόσβασης) έχει αυξημένες απαιτήσεις σε ταχύτητες και εύρος ζώνης. Δεδομένου επίσης ότι η αύξηση της IP κίνησης είναι τέτοια τα τελευταία χρόνια που μερικές φορές μπορεί να ξεπερνάει και το 1000% από χρονιά σε χρονιά καθιστά την ανάγκη εξέλιξης των δικτύων πρόσβασης επιβεβλημένη.

Τα δίκτυα πρόσβασης χαλκού (παραδοσιακά δίκτυα πρόσβασης) αρχικά στηρίζονταν κυρίως στις πρώτες DSL τεχνολογίες και στα cable modems (CM) και ταυτόχρονα ένα μικρό ποσοστό σε τεχνολογίες παθητικών οπτικών δικτύων. Οι τεχνολογίες xDSL χρησιμοποιούν τα ήδη εγκατεστημένα τηλεφωνικά καλώδια και με την κατάλληλη κωδικοποίηση μεταφέρονται στο χρήστη τα δεδομένα της φωνής καθώς επίσης και IP κίνηση, χρησιμοποιώντας το εύρος ζώνης της γραμμής που δε χρησιμοποιείται από την τηλεφωνία (δηλαδή πάνω από τα 4KHz). Ο ρυθμός που επιτυγχάνεται είναι στην περίπτωση του ADSL2+ (που έχει έναν από τους υψηλότερους ρυθμούς ανάμεσα στις DSL τεχνολογίες) μέχρι 24Mbps ανά χρήστη, ρυθμός όμως που εξαρτάται από την απόσταση του χρήστη από το τοπικό κέντρο του παρόχου. Σε αντίστοιχη λογική στηρίζεται και η λειτουργία των CM, τα οποία χρησιμοποιούν το αχρησιμοποίητο από την καλωδιακή τηλεόραση εύρος ζώνης.

Οι τεχνολογίες αυτές όμως, παρόλο που καλύπτουν ικανοποιητικά τις απαιτήσεις των χρηστών σε IP κίνηση (όσο ο αριθμός των χρηστών είναι σχετικά μικρός), δεν είναι σε θέση να ικανοποιήσουν τις απαιτήσεις για επιπλέον υπηρεσίες όπως για παράδειγμα η παροχή HDTV η οποία απαιτεί μεγάλο εύρος ζώνης ανά κανάλι. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα από τα μέσα της δεκαετίας του '90 να γίνεται προσπάθεια να υιοθετηθεί η οπτική τεχνολογία στο δίκτυο πρόσβασης με σκοπό να αυξηθεί το διαθέσιμο εύρος ζώνης ώστε να εισαχθούν νέες υπηρεσίες και παράλληλα να υπάρχει η δυνατότητα να αυξηθούν οι χρήστες χωρίς να απαιτούνται νέες επενδύσεις.

2.2 Το ενδιάμεσο βήμα και η μετάβαση

Ενώ η οπτική και η φωτονική τεχνολογία προχωρούσε, οι εφαρμογές για point-to-point μεταδόσεις είχαν ήδη εξελιχθεί αρκετά. Για παράδειγμα, στα πρώτα χρόνια της εμφάνισης των οπτικών ινών ήταν σαφές πως με την εισαγωγή πολυπλεξίας διαίρεσης μήκους κύματος (WDM) στις υπάρχουσες ίνες, η χωρητικότητα ενός συνδέσμου ινών θα μπορούσε να αυξηθεί στο πολλαπλάσιο με ελάχιστο κόστος. Ωστόσο, ήταν μόνο στις αρχές της δεκαετίας του 2000 όταν η οπτική τεχνολογία είχε ωριμάσει αρκετά ώστε να χρησιμοποιηθεί για την εμπορική ανάπτυξη και χρήση.

Στα μέσα της δεκαετίας του 1990, το οπτικό δίκτυο ήταν ακόμα ένα αντικείμενο εκτεταμένης μελέτης. Νέες οπτικές και φωτονικές συσκευές βρισκόνταν σε φάση ανάπτυξης και ενσωματώθηκαν σε πειραματικά δίκτυα. Αλλά τα πλήρη δίκτυα

πολλαπλού μήκους κύματος οπτικής μετάδοσης, μεταγωγής και πρόσβασης χρηστών ήταν ακόμα σε ερευνητικό στάδιο και σε στάδιο ανάπτυξης. Εκείνη την εποχή, η προώθηση των τεχνολογιών για τη δικτύωση ήταν έντονη, αλλά η ζήτηση για τη φαινομενικά απεριόριστη χωρητικότητα των δικτύων αυτών ήταν ουσιαστικά ανύπαρκτη. Στα επόμενα χρόνια όμως η αύξηση των χρηστών και των αναγκών σε εύρος ζώνης έκανε την οπτική δικτύωση ως την τεχνολογία που είναι ικανή να πληροί τις ανάγκες αυτές. Έτσι, η ζήτηση για τα εν λόγω δίκτυα τελικά δεν άργησε να πραγματοποιηθεί. Με χαμηλού κόστους ευρυζωνικές υπηρεσίες να προσφέρονται στο ευρύ κοινό, η ζήτηση για εφαρμογές βασισμένες στο διαδίκτυο αυξάνεται συνεχώς.

Κατασκευαστές εξοπλισμού και τηλεπικοινωνιακοί πάροχοι υπηρεσιών, για εμπορικούς σκοπούς, εντάχθηκαν στην ανάπτυξη της οπτικής τεχνολογίας κάνοντας έτσι τις μελέτες πράξη. Η εστίαση της κοινότητας δικτύωσης έχει τώρα μετατοπιστεί προς την οργάνωση, τον έλεγχο, τη τυποποίηση και τη σχέση κόστους-αποτελεσματικότητας. Μια τάση που αντικατοπτρίζει την ωρίμανση της οπτικής τεχνολογίας καθώς και την αναγνώριση ότι το οπτικό δίκτυο είναι ένας ιδανικός τρόπος υποστήριξης των σημερινών και των μελλοντικών αναγκών σε ζήτηση. Τα δίκτυα αυτά έχουν διαδραματίσει κρίσιμο ρόλο στη μείωση του κόστους των επικοινωνιών, την προώθηση του ανταγωνισμού μεταξύ των φορέων και των παρόχων υπηρεσιών, με αποτέλεσμα να αυξηθεί η ζήτηση για νέες υπηρεσίες.

Εκτός από την προώθηση των τεχνολογιών και της ζήτησης, μια σειρά από άλλες πρόσφατες εξελίξεις συμβάλλουν στην επέκταση και την αποτελεσματικότητα των οπτικών δικτύων. Το ένα είναι η επιτάχυνση της απομάκρυνσης της συμφόρησης στο τελευταίο μίλι του δικτύου διανομής, που είναι η γέφυρα μεταξύ του δικτύου υψηλής ταχύτητας οπτικών ινών και των τελικών χρηστών. Αυτό το δίκτυο διανομής όταν αποτελείται από συνεστραμμένα ζεύγη χάλκινων καλωδίων, παρέχει αρκετά περιορισμένο εύρος ζώνης στους συνδρομητές του τοπικού τηλεφωνικού κέντρου.

Εφόσον η συμφόρηση στο τελευταίο μίλι είναι παρούσα, τότε τα αποτελέσματα της βελτίωσης στο υπόλοιπο δίκτυο εξακολουθούν να είναι αρκετά περιορισμένα. Η εισαγωγή της ευρυζωνικής πρόσβασης σε οικιακούς πελάτες από τους φορείς παροχής υπηρεσιών είναι ένα βήμα προς την άρση αυτών των περιορισμών. Ωστόσο, η ψηφιακή συνδρομητική γραμμή DSL (Digital Subscriber Line) παρέχει απλά μία καλή βελτιστοποίηση. Όμως ο απόλυτος τρόπος για την εξάλειψη της συμφόρησης, έτσι ώστε το δίκτυο να παραμένει αποτελεσματικό καθώς η ζήτηση για εύρος ζώνης μεγαλώνει, είναι η άμεση πρόσβαση στο δίκτυο οπτικών ινών από τον τελικό χρήστη. Δηλαδή τεχνολογία εγκατάστασης Fiber to the home (FTTH).

Παρά το γεγονός ότι το FTTH αναπτύχθηκε πριν από πολλά χρόνια, δεν κατάφερε να εδραιωθεί για διάφορους λόγους, συμπεριλαμβανομένου του κόστους καθώς και την απουσία των υπηρεσιών που θα παρουσίαζαν ενδιαφέρον για τους πελάτες. Κάτι που σήμερα όμως έχει αλλάξει, λόγω της διάδοσης των ευρυζωνικών υπηρεσιών του Internet. Συνεπώς, το μέλλον της ανάπτυξης των δικτύων πρόσβασης οπτικών ινών βρίσκεται στο κομμάτι των τελικών χρηστών. Αυτό τονώνει αναμφίβολα το ενδιαφέρον για νέες ευρυζωνικές υπηρεσίες που θα επωφεληθούν από την υψηλή ταχύτητα πρόσβασης και με τη σειρά τους θα παράγουν ζήτηση για περισσότερο εύρος ζώνης. Δυστυχώς το μεγαλύτερο μέρος της εγκατεστημένης οπτικής ίνας στον κόσμο υπόχρησιμοποιείται λόγω του τελευταίου μιλίου συμφόρησης. Όταν κατορθωθεί να αλλάξει αυτό θα είναι ένα κβαντικό άλμα για την κίνηση του δικτύου, με αποτέλεσμα υψηλής απόδοσης οπτικά δίκτυα, [2], [3].

2.2.1 Ανάγκες για μεγαλύτερη χωρητικότητα FTTH

Στον αιώνα μας η δικτύωση και η μεταφορά δεδομένων, απαιτούν ταχύτητες πρόσβασης των τελικών χρηστών στο δίκτυο από 100Mb/s έως και 1 GB/s, ενώ την ίδια στιγμή τα δίκτυα κορμού πρέπει διαχειρίζονται χωρητικότητα της τάξης των Pb/s με τους κεντρικούς κόμβους να προσφέρουν throughput αρκετών εκατοντάδων Tb/s. Οι κεντρικοί κόμβοι πρέπει όχι μόνο να υποστηρίζουν δυναμικές διασυνδέσεις αλλά και να προσφέρουν δυνατότητα μεταφοράς με μεταβλητούς ρυθμούς. Επιπλέον στο δίκτυο κορμού θα πρέπει να παρέχεται εγγυημένη ποιότητα υπηρεσιών (Quality of Service - QoS) ενώ θα πρέπει να υποστηρίζονται δικτυακές λύσεις που επιτρέπουν στατιστική πολυπλεξία των δικτυακών πόρων. Τα παραπάνω αποτελούν ένα πολυσύνθετο και πολύπλοκο σύνολο απαιτήσεων.

Είναι ευρέως γνωστό ότι η ανάπτυξη της τεχνολογίας, οι απαιτήσεις για όλο και μεγαλύτερες ταχύτητες πρόσβασης στον τελικό χρήστη αλλά και η παροχή όλο και πιο απαιτητικών υπηρεσιών, έχουν οδηγήσει τα τελευταία χρόνια σε μια ραγδαία αύξηση της ανάγκης για μεγαλύτερη χωρητικότητα τόσο στα δίκτυα πρόσβασης όσο και στα κεντρικά δίκτυα κορμού. Στα πρώτα οι ανάγκες αυτές έχουν ήδη αρχίσει να καλύπτονται από τα δίκτυα οπτικών ινών που φθάνουν μέχρι τον τελικό πελάτη (Fiber To The x - FTTx), δίκτυα που έχουν ήδη ξεκινήσει και εγκαθίστανται τόσο στην Ευρώπη όσο και στην Ελλάδα και μπορούν να προσφέρουν όχι μόνο την χωρητικότητα που απαιτείται σήμερα, αλλά επιπλέον παρέχουν την δυνατότητα μελλοντικής επέκτασής τους σε ακόμα μεγαλύτερες ταχύτητες πρόσβασης.

Αυτή η μετάβαση, όπως αναφέρθηκε γίνεται σταδιακά και αργά. Δηλαδή οι νέες επενδύσεις στα NGA δίκτυα δε θα αντικαταστήσουν άμεσα την υπάρχουσα τεχνολογία, για τους παρακάτω λόγους:

- 1) Οι ρυθμιστικοί περιορισμοί που αποκλείουν την άμεση αντικατάσταση του παλιού δικτύου. Αυτό σημαίνει ότι την περίοδο της μετάβασης δύο διαφορετικές δομές δικτύων θα λειτουργούν και θα ρυθμίζονται με διαφορετικούς κανόνες η καθεμία. Συνεπώς, τα κίνητρα για επένδυση σε NGA δίκτυα θα επηρεαστούν όχι μόνο από τους όρους πρόσβασης σε αυτά, αλλά και από τους όρους πρόσβασης στο χάλκινο δίκτυο.
- 2) Το ρίσκο της επενδυτικής κίνησης, οπότε απαιτείται η λήψη μιας προσεκτικής στρατηγικής.
- 3) Οι οικονομικοί περιορισμοί της αγοράς.

2.2.2 Ρίσκο διείσδυσης και επένδυσης σε Δίκτυο Επόμενης Γενιάς

Κάθε επιτυχημένη ανάπτυξη NGA δικτύου βασίζεται κυρίως στην προμήθεια και σε μικρότερο βαθμό στη ζήτηση. Δηλαδή, ένα δίκτυο επόμενης γενιάς για να χαρακτηριστεί επιτυχημένη επένδυση θα πρέπει να είναι σε θέση να μπορεί να παρέχει υπηρεσίες σε όλους τους υποψήφιους χρήστες που βρίσκονται στην περιοχή κάλυψης του αναπτυσσόμενου δικτύου.

Η διείσδυση των συνδρομητών του δικτύου πρόσβασης αποτελεί όχι μόνο παράγοντα-κλειδί για την κερδοφορία της επένδυσης σε NGA δίκτυο, αλλά και ταυτόχρονα κύριο παράγοντα ρίσκου. Η κερδοφορία του δικτύου αυξάνεται συνεχώς όσο πιο πολλοί καταναλωτές εισέρχονται στο δίκτυο και μεγαλώνει η πελατειακή βάση. Αν αυτή η διείσδυση δε ξεπεράσει ένα συγκεκριμένο κατώφλι, τότε η επένδυση του δικτύου μπορεί να μην έχει καθόλου κέρδη.

Από την άλλη πλευρά, παρά την έντονη σύνδεση των ευρυζωνικών επενδύσεων με μεγάλη βελτίωση των οικονομικών μεγεθών, η επιχειρηματική περίπτωση επενδύσεων σε ευρυζωνικές υποδομές, και, ιδιαίτερα, σε οπτικά δίκτυα πρόσβασης είναι δύσκολη. Οι επενδύσεις σε υποδομές FTTH έχουν ορισμένα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τα οποία

καθιστούν αρκετά ριψοκίνδυνες τέτοιες επιλογές και κάνουν τους παρόχους ιδιαίτερα αναποφάσιστους. Στη γενική περίπτωση, οι επενδύσεις με υψηλό κόστος και μεσομακροπρόθεσμη επιστροφή κεφαλαίου έχουν ζήτηση σχετικά σταθερή με αυξητικές τάσεις. Τέτοιες επενδύσεις είναι για παράδειγμα οι επενδύσεις γης, κατοικίας (real estate) παραγωγής καυσίμων, εξόρυξης μεταλλευμάτων κ.ά. Όλες αυτές οι επενδύσεις αν και είναι υψηλού κόστους δεν είναι απαγορευτικού ρίσκου διότι η ζήτηση για τα προϊόντα αυτά είναι σταθερή με ανοδικές τάσεις. Αντίθετα στην αγορά του FTTH, η ζήτηση δεν μπορεί να προβλεφθεί με ασφάλεια και αυτό κάνει την επένδυση λιγότερο ελκυστική. Συνολικά, τα προβλήματα που απασχολούν τους ιδιώτες επενδυτές που ενδιαφέρονται να κατασκευάσουν υποδομές FTTH είναι τα εξής:

1) Χαμηλή απόδοση κεφαλαίου και περίοδος επιστροφής επένδυσης σε βάθος χρόνου 15-20 έτη. Παράλληλα θα πρέπει να ληφθούν υπόψη τα εξής (τα οποία μπορεί να οδηγήσουν σε αρνητικό ισοζύγιο):

- Έξοδα CAPEX: Οι δαπάνες που προκύπτουν από την αγορά, κατασκευή και εγκατάσταση του ενεργού εξοπλισμού καθώς και της δημιουργίας της παθητικής υποδομής, δικτύου, για την απρόσκοπτη λειτουργία τους, ονομάζονται έξοδα CAPEX και προέρχεται από την σύμπτυξη των λέξεων Capital Expenditures.
- Έξοδα OPEX: Όλες οι δαπάνες που συσχετίζονται με την διοίκηση της επιχείρησης, την συντήρηση του εξοπλισμού, την κάλυψη λειτουργικών εξόδων και την μίσθωση απαραίτητων κυκλωμάτων για την εύρυθμη λειτουργία και απόδοση της υπηρεσίας, ονομάζονται OPEX και η ονομασία αυτή προέρχεται από την σύμπτυξη των λέξεων Operational Expenditures.

2) Απαιτήση υψηλών ποσοστών διείσδυσης στις υπηρεσίες αυτού του δικτύου.

3) Ανταγωνιστικότητα με υπηρεσίες παροχής ευρυζωνικών υπηρεσιών στις οποίες με χαμηλό κόστος έχουν μεγαλύτερη απήχηση (πιο ελκυστικές στους τελικούς πελάτες).

4) Μη ύπαρξη κανονιστικού πλαισίου όσον αφορά τις ρυθμιστικές υποχρεώσεις και την κατασκευή του δικτύου.

5) Μη ακριβής πρόβλεψη ζήτησης του δικτύου FTTH.

Εξαιτίας της απουσίας επενδύσεων σε οπτικές υποδομές από τον ιδιωτικό τομέα στις περιοχές αρμοδιότητάς τους, ο δημόσιος τομέας αναλαμβάνει συχνά ενεργό ρόλο στην προώθηση της ευρυζωνικότητας προσπαθώντας να διευκολύνει τις ιδιωτικές επενδύσεις σε φυσικές υποδομές. Πολλοί δήμοι σε όλο τον κόσμο αναπτύσσουν δίκτυα FTTH για να εξασφαλίσουν, σύμφωνα με τους αξιωματούχους τους, το ψηφιακό μέλλον των κοινωνιών τους. Οι προτεραιότητες και τα κίνητρα του δημόσιου τομέα διαφέρουν ριζικά από τα αντίστοιχα των τηλεπικοινωνιακών παρόχων και συμπεριλαμβάνουν κοινωνικά και αναπτυξιακά δεδομένα. Σε αυτή την περίπτωση, οι αρμόδιοι φορείς αναλαμβάνουν να συνυπολογίσουν μία σειρά από παραμέτρους όπως την περιφερειακή ανάπτυξη, δημόσιες πολιτικές, τεχνολογικές λύσεις, επιχειρηματικά μοντέλα και κοινωνικό-οικονομικές προτεραιότητες, οι οποίες διαφέρουν από τη μία χώρα στην άλλη διαμορφώνοντας ένα περίπλοκο σκηνικό.

Η δημόσια ανάμειξη στην κατασκευή φυσικών υποδομών έχει στόχο τη διεύρυνση της ευρυζωνικής κάλυψης και διαθεσιμότητας συνδέσεων με απώτερο σκοπό τη βελτίωση της ευρυζωνικής διείσδυσης. Ωστόσο, οι στρατηγικές θα διαφοροποιούνται κατά περίπτωση. Έτσι, είναι λογικό να προβλέψουμε ότι οι τοπικοί φορείς λήψεως των αποφάσεων θα παίξουν κρίσιμο ρόλο στην διαμόρφωση των εξελίξεων στην αγορά των υποδομών πρόσβασης.

Συνολικά πάντως, ο ρόλος του δημόσιου τομέα στην ανάπτυξη ευρυζωνικών υποδομών γίνεται ολοένα και πιο αναγνωρίσιμος σε διεθνές επίπεδο καθώς οι δημοτικές

πρωτοβουλίες για την κατασκευή δικτύων FTTH πληθαίνουν. Παρόλα αυτά, οι κυρίαρχοι πάροχοι και κατά δεύτερο λόγο οι πάροχοι καλωδιακής τηλεόρασης, οργανισμοί που έχουν στη γενική περίπτωση το φυσικό μονοπώλιο της πρόσβασης, αμφισβητούν τον ρόλο του δημόσιου τομέα ως κατασκευαστή υποδομής θεωρώντας ότι η δημόσια παρέμβαση θα απομακρύνει τις ιδιωτικές επενδύσεις και θα διαστρεβλώσει τις αγορές και την δυναμική τους, [15].

2.2.3 Ρυθμιστικοί Κίνδυνοι

Στην υλοποίηση FTTB υπάρχουν πολλές ρυθμιστικές και πρακτικές δυσκολίες ιδιαίτερα εάν οι συνδρομητές του κτιρίου δεν ανήκουν στον ίδιο τηλεπικοινωνιακό πάροχο αλλά σε διαφορετικούς. Στην περίπτωση αυτή, πρέπει να γίνει φυσική συνεγκατάσταση του εξοπλισμού για όλους τους παρόχους μέσα στο κτίριο. Με αυτό τον τρόπο δημιουργούνται προβλήματα επιμερισμού κόστους μεταξύ υφισταμένων παρόχων, ενώ το πρόβλημα της εμφάνισης μελλοντικού παρόχου φαντάζει άλυτο, όσον αφορά τον καταμερισμό δαπανών. Επίσης σε περίπτωση διακοπής, ζημιάς ή παράβασης απορρήτου σε κύκλωμα ενός εκ των παρόχων προκύπτει αδιέξοδο.

2.2.3.1 Ευρωπαϊκή Ένωση

Αναλυτικότερα, στην Ευρωπαϊκή Ένωση, η κατάσταση αναφορικά με τις επενδύσεις σε NGA είναι η παρακάτω. Οι επενδύσεις σε δίκτυα πρόσβασης νέας γενιάς απαιτούν υψηλό σταθερό κόστος, για την πραγματοποίηση της επένδυσης. Αυτό σημαίνει ότι οι δυνητικοί επενδυτές, διστάζουν να επενδύσουν σε δίκτυα πρόσβασης νέας γενιάς, εκτός εάν διασφαλίζονται από τον κίνδυνο που αναλαμβάνουν. Παρά το γεγονός ότι υπάρχουν πολλοί παράγοντες που επηρεάζουν την επικινδυνότητα ενός NGA επενδυτικού σχεδίου, σύμφωνα με την άποψη ότι οι κύριοι παράγοντες που επηρεάζουν αρνητικά τα κίνητρα των επενδυτών σε δίκτυα πρόσβασης νέας γενιάς είναι: i) η αβεβαιότητα σχετικά με τη μελλοντική ζήτηση για νέες οπτικές ίνες που βασίζονται οι υπηρεσίες ii) η αβεβαιότητα που σχετίζεται με τη μειωμένη δυνατότητα, του ρυθμιστή της αγοράς, να κάνουν μαζί του, εκ των προτέρων, αξιόπιστες δεσμεύσεις. Το πρώτο είδος της αβεβαιότητας, περιλαμβάνει την αβεβαιότητα σχετικά με: α) τη διείδυση της πελατειακής βάσης β) τα μερίδια αγοράς των επενδυτών και των αιτούντων για πρόσβαση γ) την προθυμία τους να πληρώσουν, οι καταναλωτές, για νέες οπτικές ίνες. Όσον αφορά το δεύτερο είδος της αβεβαιότητας, ο ρυθμιστικός κίνδυνος, θα μπορούσε να εξαιρεθεί, αν ο ρυθμιστής καθορίζει τις αρχές της ρύθμιση των τιμολογίων για όλη την περίοδο του οικονομικού κύκλου ζωής μιας επένδυσης NGA. Ωστόσο, η κανονιστική βεβαιότητα φέρει τον κίνδυνο των λανθασμένων παρεμβάσεων. Δεν είναι κοινωνικά βέλτιστο για τη ρυθμιστική αρχή να κάνει εκ των προτέρων δεσμεύσεις για μία παράλογα μεγάλη ρυθμιστική περίοδο. Το βασικό συμπέρασμα είναι, ότι οι ρυθμιστικές αρχές θα πρέπει να παρέχουν στους επενδυτές σημαντικά κίνητρα για επενδύσεις σε δίκτυα NGA, χωρίς στρέβλωση του ανταγωνισμού δίνοντας τις κατευθυντήριες γραμμές για την τόνωση του ανταγωνισμού και την προώθηση των επενδύσεων σε σχέση με τα NGA, [16].

2.2.3.2 Σημασία Δικτύων Νέας Γενιάς για την Ελλάδα

Η ανάγκη για νέες τεχνολογίες δίκτυα στην Ελλάδα, σε συνδυασμό πάντα, με τη χρήση προηγμένων τεχνολογιών, είναι εξίσου δεδομένη όσο είναι και για τις υπόλοιπες χώρες. Τα πλεονεκτήματα από την εξάπλωση και χρήση των νέων τεχνολογιών, θα αποτελέσουν ουσιαστικό εργαλείο για ανοιχτή και αποτελεσματική διακυβέρνηση, καθώς και για τη βελτίωση της ανταγωνιστικότητας των επιχειρήσεων. Επίσης, θα δημιουργήσουν νέες μορφές εργασίας, νέες δεξιότητες και θα διασφαλίσουν τη συνεχή κατάρτιση και δια βίου μάθηση των πολιτών. Ταυτόχρονα, θα συμβάλλουν στη βελτίωση της ποιότητας ζωής με την παροχή προηγμένων υπηρεσιών υγείας, μεταφορών και προστασίας του περιβάλλοντος. Η εξάπλωση και χρήση της ευρυζωνικότητας, αναμένεται να αυξήσει την αποδοτικότητα και την ποιότητα,

παρεχόμενων υπηρεσιών στην κοινωνία, τον πολιτισμό και την οικονομία και ταυτόχρονα να εξασφαλίσει οικονομίες κλίμακας.

Η Ελλάδα υστερεί σημαντικά στην ύπαρξη προηγμένων τηλεπικοινωνιακών υποδομών αλλά και δικτυακών υπηρεσιών προς τους πολίτες. Μετά την απελευθέρωση της αγοράς τηλεπικοινωνιών, αρκετές εταιρείες έχουν αρχίσει να δραστηριοποιούνται στην παροχή τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών. Η συντονισμένη υλοποίηση των κατάλληλων ευρυζωνικών υποδομών αναμένεται να βελτιώσει σημαντικά τις συνθήκες της αγοράς, να προωθήσει την καινοτομία στην παροχή δικτυακών υπηρεσιών και εφαρμογών και να αυξήσει την επιχειρηματικότητα, κυρίως σε ότι σχετίζεται με τις νέες τεχνολογίες. Παράλληλα, με τις κατάλληλες υποδομές, αναμένεται μια σημαντική διευκόλυνση στη δραστηριοποίηση νέων μικρομεσαίων επιχειρήσεων, ανεξάρτητα από τη γεωγραφική τους θέση στο νέο ψηφιακό επιχειρηματικό περιβάλλον.

Επομένως, η ανάπτυξη ευρυζωνικών υποδομών και υπηρεσιών, είναι στρατηγικής σημασίας για την Ελλάδα, αφού μπορεί να δώσει σημαντική ώθηση, στις οικονομικές δραστηριότητες, αλλά και να συμβάλλει ουσιαστικά στην βελτίωση της ποιότητας ζωής των πολιτών. Η υστέρηση στην εκτέλεση τέτοιων έργων, ειδικά την περίοδο υλοποίησης άλλων σημαντικών αλλά και συναφών δράσεων τεχνολογικής αναβάθμισης, θα οδηγήσει τη χώρα σε δυσμενή θέση στην παγκόσμια ανταγωνιστική οικονομία. Ο ρόλος της ευρυζωνικής πρόσβασης στην αποτελεσματική διαμόρφωση της Κοινωνίας της Πληροφορίας, είναι ουσιαστικός και σημαντικός, [15].

2.3 Σύνοψη

Το επιτυχημένο επιχειρηματικό μοντέλο για τα Δίκτυα Επόμενης Γενιάς προϋποθέτει τα εξής: Αρχικά απαιτείται να επενδυθεί ένα μεγάλο χρηματικό ποσό για την δημιουργία του δικτύου και στην συνέχεια ή θα νοικιαστεί μέρος αυτής της υποδομής σε παρόχους περιεχομένου ή θα γίνει η δημιουργία υπηρεσιών και η παροχή του στους χρήστες από τον ιδιοκτήτη του δικτύου. Μπορεί η ιδέα να φαίνεται απλή αλλά οι λεπτομέρειες και η εκτέλεση μπορεί να την κάνουν αρκετά δύσκολη, ειδικά για τις εταιρίες αυτές που δεν έχουν τηλεπικοινωνιακό «παρελθόν» και εισέρχονται για πρώτη φορά στην αγορά αυτή μπορεί η καμπύλη μάθησης που θα χρειαστεί να αντιμετωπίσουν να έχει αρκετά απότομη κλίση. Οι ερωτήσεις που θα χρειαστούν απάντηση είναι το πόσο είναι το κόστος της επένδυσης, το πότε θα πρέπει να γίνει και πόσο θα είναι το κέρδος από τις νέες υπηρεσίες.

Για την σωστή υλοποίηση θα πρέπει κανείς να παραδειγματιστεί από τις πετυχημένες επενδύσεις που έχουν γίνει μέχρι τώρα σε ολόκληρο τον κόσμο, προσαρμόζοντας την εμπειρία που έχει αποκτηθεί στις ιδιαίτερες τοπικές συνθήκες, καθώς κάθε έργο είναι μοναδικό. Οι παράμετροι που επηρεάζουν την επιτυχία ή όχι του έργου έχουν σχέση με τα γεωγραφικά στοιχεία της περιοχής, τις συνθήκες της αγοράς, τον ανταγωνισμό, το ρυθμιστικό πλαίσιο της αγοράς και όχι μόνο. Πολλές φορές οι παράμετροι αυτές δεν είναι ανεξάρτητες μεταξύ τους αλλά έχουν εξάρτηση, σε αυτή την περίπτωση θα πρέπει να αναζητηθεί η κατάλληλη ισορροπία μεταξύ τους.

Όσον αφορά τους συνδρομητές, όπως αναφέρθηκε ήδη υπάρχει αυξανόμενη ζήτηση. Άλλοι παράγοντες οι οποίοι μπορεί να ανακόψουν την υλοποίηση των Δίκτυα Νέας Γενιάς είναι η έλλειψη κατάλληλου ρυθμιστικού πλαισίου και η οικονομική συγκυρία και αβεβαιότητα. Η ρυθμιστική έλλειψη κάνει τους κυρίαρχους να είναι διστακτικοί αλλά από την άλλη δεν απασχολεί τους εναλλακτικούς καθώς γνωρίζουν ότι δύσκολα θα υποβληθούν σε ρύθμιση. Η οικονομική αβεβαιότητα οδηγεί τους παρόχους να θέλουν να καθυστερήσουν τις επενδύσεις όσο το δυνατόν περισσότερο και να αναζητήσουν τρόπους να μειώσουν όσο το δυνατόν περισσότερο το κόστος. Μέσα στο κλίμα αυτό υπάρχει και η συζήτηση αν θα πρέπει έργα τέτοιας κλίμακας να επιδοτηθούν από τις

κυβερνήσεις. Μέχρι τώρα τέτοιες δράσεις αφορούσαν κυρίως περιοχές με χαμηλά ποσοστά ευρυζωνικότητας σε μικρές γεωγραφικά και πληθυσμιακά περιοχές. Στην Ελλάδα υπάρχει η εξαγγελία για την δημιουργία ενός εθνικού δικτύου το οποίο θα χρηματοδοτηθεί με δημόσιους πόρους.

3. ΕΝΣΥΡΜΑΤΑ ΔΙΚΤΥΑ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ ΝΕΑΣ ΓΕΝΙΑΣ

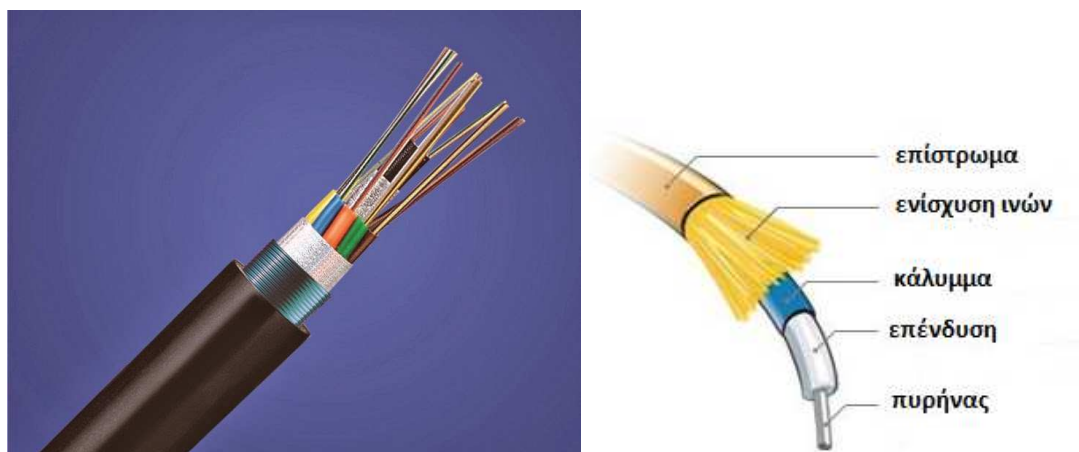
3.1 Εισαγωγή – Οπτικά Δίκτυα οπτικές ίνες

Οι οπτικές ίνες περιγράφονται ως το μέσο για τη μεταφορά δεδομένων μεταξύ δύο συσκευών με τη χρήση φωτός. Η μετάδοση δεν γίνεται με ηλεκτρισμό όπως με τα καλώδια χαλκού, αλλά μέσω οπτικών καλωδίων και το σήμα έχει οπτική μορφή.

Η εμπορική εκμετάλλευση αυτής της τεχνολογίας ξεκινά στα τέλη του 1980 και μετά το 1990 τα οπτικά δίκτυα εντάχθηκαν πλήρων και ανέπτυξαν τις τηλεπικοινωνιακές μονάδες. Οι εξελίξεις στην τεχνολογία των υλικών που χρησιμοποιούνται καθώς και των πηγών παραγωγής φωτός που απαιτούνται, οδήγησαν στην μείωση του κόστους παραγωγής τους αλλά και στην επαύξηση των ταχυτήτων μεταφοράς δεδομένων που επιτυγχάνονται. Από την αρχική τους εφαρμογή με ταχύτητες μετάδοσης τα 6 Mbps έχουμε φτάσει σε ταχύτητες μετάδοσης άνω των 3 Tbps, με τις προσπάθειες ανάπτυξης και εξέλιξης στον τομέα αυτό να μην έχουν σταματήσει, αλλά να υπόσχονται και νέα εντυπωσιακά αποτελέσματα.

3.1.1 Οπτική ίνα

Η οπτική ίνα είναι διηλεκτρικός κυματοδηγός, κυλινδρικού σχήματος, κατασκευασμένος από γυαλί, πλαστικό και πυρίτιο. Τα υλικά που αποτελούν τον πυρήνα έχουν διαφορετικούς δείκτες διάθλασης και έτσι επιτυγχάνετε η ολική εσωτερική ανάκλαση με αποτέλεσμα την μετάδοση του οπτικού σήματος σε όλο το μήκος της οπτικής ίνας. Την ίνα την περιβάλλει μια γυάλινη επικάλυψη και όλο αυτό το από προστατευτικό υλικό για περιβαλλοντολογική προστασία όπως φαίνεται και στην ακόλουθη εικόνα.



Εικόνα 1: Εσωτερικό και δομή οπτικής ίνας, [32].

Τα συστατικά στοιχεία που αποτελούν μία οπτική ίνα και διακρίνονται στην εικόνα 10 είναι τα εξής:

- Πυρήνας (core): Είναι ο κύλινδρος μέσα στον οποίο το φως διαθλάτε και μεταφέρει τις πληροφορίες. Η σύσταση του έχει βάση το πυρίτιο και έχει μέγεθος μικρότερο από της ανθρώπινης τρίχας. Ανάλογα δε με το είδος της κυμαίνεται σε διαστάσεις από 8.3 μm για τις μονότροπες ίνες και 50 μm ή 62.5 μm για τις πολύτροπες ίνες.
- Επένδυση (cladding): Η επένδυση περιβάλλει τον πυρήνα, κατασκευάζετε ταυτόχρονα μαζί του και είναι ουσιαστικά ένα κομμάτι γυαλιού, διαμέτρου 125 μm , που περικλείει τον πυρήνα πυριτίου. Το γυαλί έχει μικρότερο δείκτη διάθλασης από το πυρίτιο και εξαναγκάζει το φως να παραμένει στον πυρήνα.
- Επίστρωμα (Buffer- jacket): Το επίστρωμα είναι η εξωτερική προστασία της ίνας ή του καλωδίου των οπτικών ιών, κατασκευάζεται από ακρυλικές ίνες και

πλαστικό μανδύα και προστατεύει το ευπαθές γυαλί από μηχανικές βλάβες και υγρασία. Συνήθως έχει διαστάσεις από 250 μm έως 900 μm.

Σε ένα οπτικό καλώδιο μπορούμε να έχουμε διαφορετικό πλήθος οπτικών ινών, ανάλογα με την χρήση και την χωρητικότητα που θέλουμε να καλύψουμε. Έτσι έχουμε καλώδια μονής ίνας, δώδεκα, είκοσι τεσσάρων, σαράντα οκτώ και ενενήντα έξη ζευγών οπτικών ινών που καλύπτουν το σύνολο των δικτυακών υποδομών.

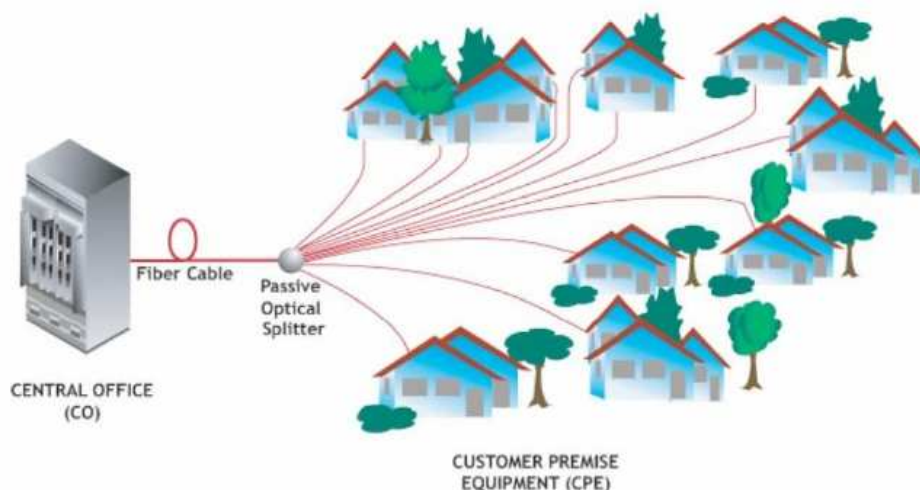
3.1.2 Κατηγορίες οπτικών δικτύων

Τα δίκτυα που δημιουργούνται με την χρήση των οπτικών ινών χωρίζονται στις παρακάτω τρεις βασικές κατηγορίες:

1) Οπτικά δίκτυα μεγάλης απόστασης: Με την επίγεια και υποθαλάσσια σύνδεση τους μέσω οπτικών ινών μπορούμε να καλύψουμε αποστάσεις χιλιάδων χιλιομέτρων, με ελάχιστες ενισχύσεις σήματος, αφού εγκαθίστανται επαναλήπτες σήματος κάθε 100Km περίπου. Η δε χωρητικότητα των δικτύων αυτών είναι πολύ μεγάλη με την χρήση πολυπλεξίας με διαίρεση μήκους κύματος (DWDM – Dense Wave Division Multiplexing), που μπορεί να καλύψει τις τεράστιες ανάγκες μεταφοράς δεδομένων που μπορεί να απαιτηθούν. Η ανάπτυξη αυτή των δικτύων γίνεται πάντα με την φιλοσοφία του δακτυλίου, για την εξασφάλιση της αδιάλειπτης υπηρεσίας, έχοντας αναπτύξει δύο τουλάχιστον οπτικές διαδρομές για την ίδια υπηρεσία με κατεύθυνση από Ανατολή προς Δύση και αντίστροφα.

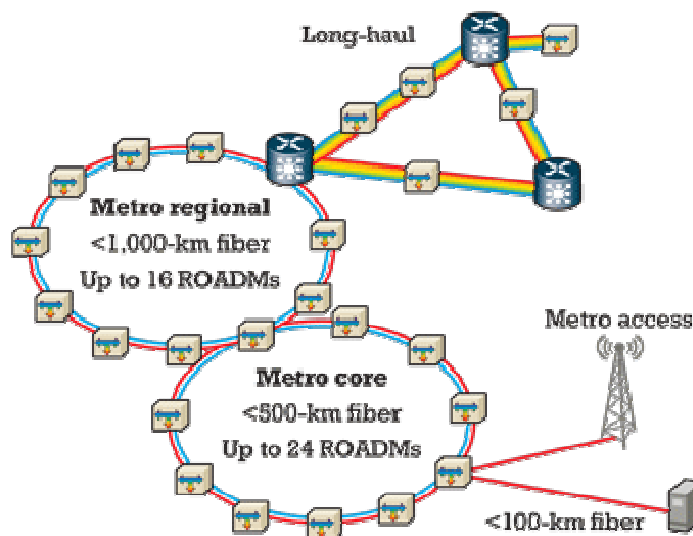
2) Οπτικά δίκτυα κορμού: Τα οπτικά δίκτυα κορμού είναι η κύρια διασύνδεση των υποδομών εντός των κρατών, μιας και συνδέονται πάνω σε αυτά όλα τα επιμέρους τοπικά δίκτυα, όπως τα μητροπολιτικά δίκτυα (MAN- Metropolitan Area Network), τα δίκτυα ευρείας περιοχής (WAN - Wide Area Networks, τα περιφερειακά δίκτυα (RAN - Regional Area Networks) καθώς και όλα τα σημεία παρουσίας xDSL (POPs- Points Of Presence), οι πάροχοι διαδικτύου (ISPs- Internet Service Providers) και τα δίκτυα μεγάλων εταιρικών πελατών (VPN – Virtual Private Network). Η αρχιτεκτονική των δακτυλίων (rings) χρησιμοποιείται και σε αυτά τα δίκτυα και τα πρωτόκολλα επικοινωνίας που χρησιμοποιούνται είναι το 10 Gigabit Ethernet και το Packet over Sonet/SDH.

3) Οπτικά δίκτυα πρόσβασης: είναι τα δίκτυα που διασυνδέουν τους τελικούς χρήστες με τα κεντρικά σημεία παροχής υπηρεσίας (POPs- Points Of Presence). Τα οπτικά αυτά δίκτυα δεν ξεπερνούν τα 20 Km και είναι πολύ σημαντική η σωστή ανάπτυξή τους διότι η συμφόρηση των οπτικών δικτύων μπορεί να εμφανιστεί ακόμα και στο τελευταίο άκρο τους, φαινόμενο bottleneck. Τα οπτικά δίκτυα που θα αναπτυχθούν περαιτέρω είναι τα δίκτυα FTTx.



Εικόνα 2: Δίκτυο πρόσβασης σε απλή μορφή.

Στην ακόλουθη εικόνα φαίνονται συγκεντρωμένα τα οπτικά δίκτυα, με βάση το εύρος τους και τη λειτουργικότητά τους (για τα δίκτυα μεγάλης απόστασης διασύνδεση ανάμεσα σε κράτη, για τα δίκτυα κορμού διασύνδεση εντός κρατών και δίκτυα πρόσβασης διασύνδεση μέσα στην πόλη).



Εικόνα 3: Τύποι δικτύων οπτικών ινών.

3.2 Ευρυζωνικά χαρακτηριστικά

Ως ευρυζωνικότητα ορίζεται: Η ικανότητα μετάδοσης δεδομένων σε ρυθμούς γρηγορότερους από τα αρχικά ψηφιακά δίκτυα ενοποιημένων υπηρεσιών (ISDN) κατά 1.5 ή 2.0 Mbps. Οι ευρυζωνικές τεχνολογίες είναι κατά σύσταση η μετεξέλιξη των υπαρχόντων ISDN δικτύων, τα οποία καλούνται πλέον ISDN στενού εύρους ζώνης (narrow band ISDN).

Επιπλέον, από κοινωνική, πολιτική, οικονομική και τεχνολογική άποψη, ως ευρυζωνικότητα ορίζεται το προηγμένο, εφικτό και καινοτόμο περιβάλλον που πρέπει να αποτελείται από:

- Παροχή γρήγορων και αποδοτικών συνδέσεων με το διαδίκτυο.
- Κατάλληλη δικτυακή υποδομή.
- Προσφερόμενες επιλογές στους πελάτες.
- Ρυθμιστικό πλαίσιο.

Πιο συγκεκριμένα, οι συνδέσεις με το διαδίκτυο θα πρέπει να καλύπτουν το μεγαλύτερο μέρος του εκάστοτε πληθυσμού και να έχουν τη μορφή καταναλωτικού αγαθού, δηλαδή να προσφέρονται σε ανταγωνιστικές τιμές, χωρίς να υπάρχουν περιορισμοί στα συστήματα μετάδοσης και στον τερματικό εξοπλισμό των άκρων.

Ακόμα, η δικτυακή υποδομή θα πρέπει να μπορεί να ικανοποιεί τις όποιες ανάγκες εφαρμογών και χρηστών σε εύρος ζώνης, καθώς και να δέχεται συνεχείς αναβαθμίσεις χαμηλού κόστους, οι οποίες θα της επιτρέπουν να παρακολουθεί τις εξελίξεις και τις ραγδαίες αλλαγές στο χώρο της τεχνολογίας και της πληροφορικής με σκοπό να μπορεί πάντα να ικανοποιεί τις υπάρχουσες απαιτήσεις.

Ιδιαίτερα σημαντική επίσης είναι η δυνατότητα του πελάτη να επιλέγει ανάμεσα σε:

- Διαφορετικές ταχύτητες σύνδεσης, ανάλογες με τον κόστος και τις απαιτήσεις του.
- Διάφορες δικτυακές εφαρμογές.

- Διάφορες υπηρεσίες πληροφόρησης και ψυχαγωγίας

Με αυτό τον τρόπο δεν περιορίζεται σε επιλογές και του επιτρέπεται να επιλέξει αυτός σύμφωνα με τις ανάγκες και την οικονομική του δυνατότητα.

Οι ευρυζωνικές τεχνολογίες έχουν εξελιχθεί τα τελευταία χρόνια και ωθούνται από τις ανακαλύψεις που έχουν γίνει πάνω στα υλικά και τις ταχύτητες των ημιαγωγών όπως και στην επεξεργαστική τους δυνατότητα. Πιο συγκεκριμένα οι ευρυζωνικές τεχνολογίες που έχουν διατεθεί είναι:

- DSL
- xDSL

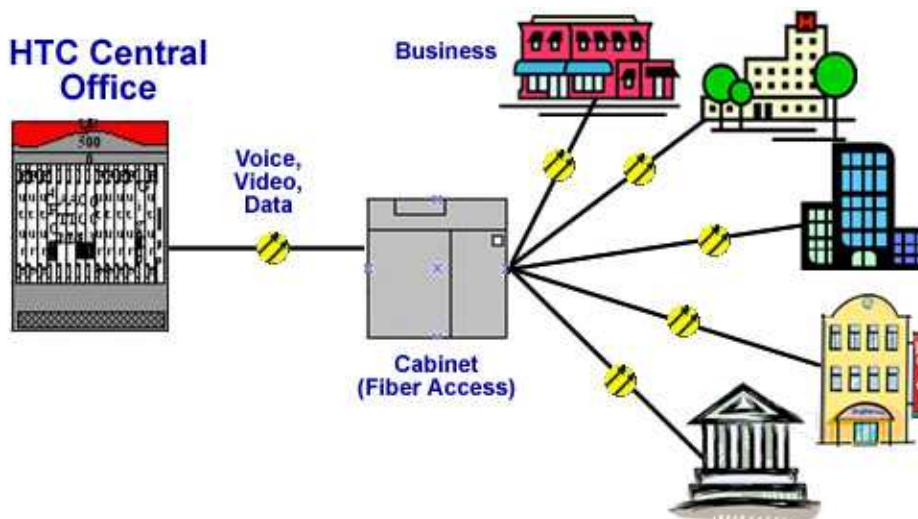
3.3 Αρχιτεκτονικές Δικτύου Πρόσβασης

Υπάρχει ένα πλήθος από διαφορετικές αρχιτεκτονικές δικτύων πρόσβασης. Οι αρχιτεκτονικές αυτές μπορούν να κατηγοριοποιηθούν με βάση το σημείο τερματισμού της οπτικής ίνας. Για την περιγραφή των αρχιτεκτονικών αυτών χρησιμοποιείται ο γενικότερος όρος Fiber to the x (FTTx) ο οποίος δηλώνει την αντικατάσταση μέρους ή ολόκληρου του τμήματος της χάλκινης καλωδίωσης με καλώδια οπτικών ινών. Ανάλογα λοιπόν με το σημείο τερματισμού της οπτικής ίνας μπορούμε να διακρίνουμε τις παρακάτω αρχιτεκτονικές, [8], [17].

3.3.1 Αρχιτεκτονικές FTTx Δικτύων

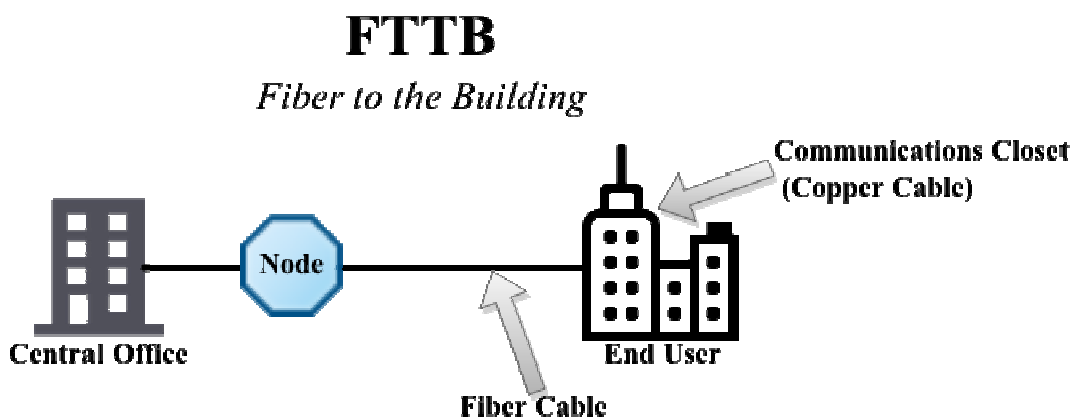
Όλα τα δίκτυα FTTx διαθέτουν οπτικές ίνες μέχρι κάποιο διαφορετικό σημείο τερματισμού, που αναφέρεται ως x. Όλες αυτές οι παραλλαγές αυτών των δικτύων είναι οι ακόλουθες.

- FTTB (Fiber To The Business) – Οπτική ίνα στην επιχείρηση. Το σημείο τερματισμού της οπτικής ίνας είναι σε μια επιχείρηση με τον αντίστοιχο εξοπλισμό τερματισμού (ONT – Optical Network Termination or OLT – Optical Line Termination).



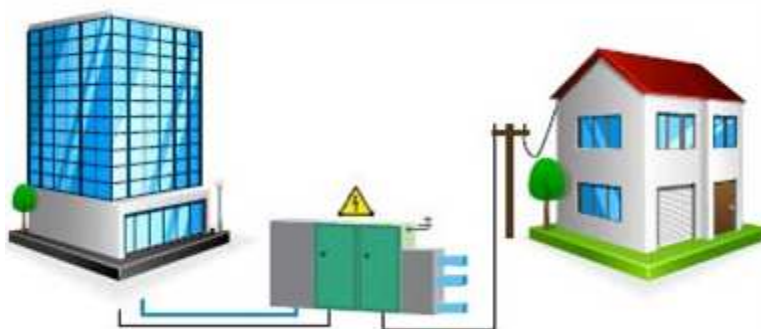
Εικόνα 4: Fiber to the Business, [31].

- FTTB (Fiber To The Building) – Οπτική ίνα στο κτίριο. Το σημείο τερματισμού της οπτικής ίνας είναι στο σημείο εισαγωγής του κτηρίου, όπως το υπόγειο μιας πολυκατοικίας και εκεί εγκαθίσταται και το DSLAM για την παροχή υπηρεσιών προς τους τελικούς χρήστες, αφού η προσφερόμενη υπηρεσία σε αυτή την περίπτωση δεν είναι μέσο οπτικής ίνας αλλά δικτύου χαλκού.



Εικόνα 5: Fiber to the building, [33].

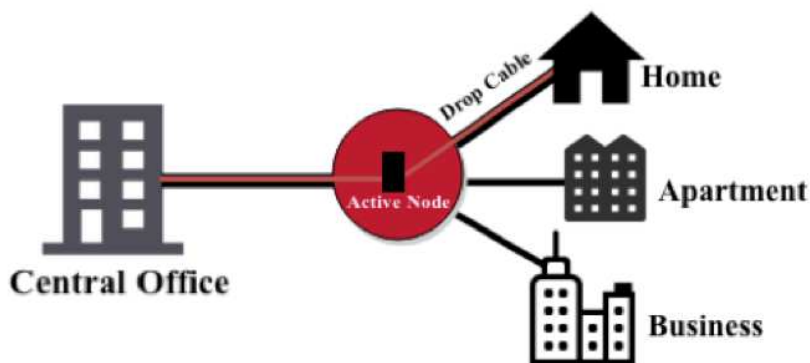
- FTTC (Fiber To The Curb or Cabinet) – Οπτική ίνα στην καμπίνα. Το σημείο τερματισμού της οπτικής ίνας είναι μια καμπίνα στο δρόμο, όπου υπάρχει εγκατεστημένη οπτική μονάδα δικτύου (ONU) ή DSLAM για σύνδεση των πελατών μέσω χάλκινου δικτύου, ή οπτικοί διαχωριστές και δρομολογητές για σύνδεση των πελατών μέσω οπτικών ινών. Οι καμπίνες αυτές υποστηρίζουν πελάτες σε ακτίνα μέχρι 300 μέτρα.



Εικόνα 6: Fiber to the Cabinet, [34].

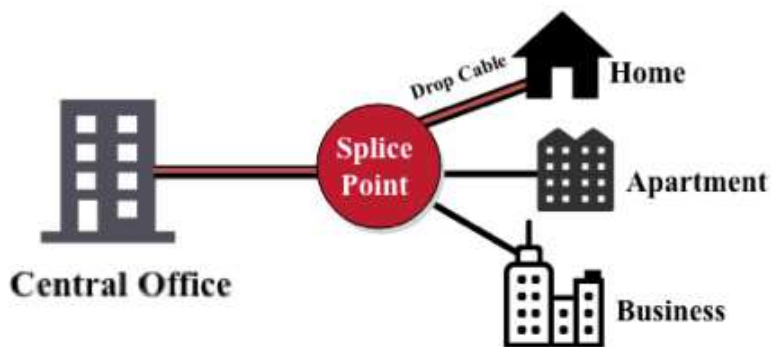
- FTTH (Fiber To The Home) – Οπτική ίνα στο σπίτι. Το σημείο τερματισμού της οπτικής ίνας είναι το σπίτι του τελικού χρήστη παρότι η ίνα μπορεί να διακλαδίζεται πρώτα εντός μιας καμπίνας. Οι αρχιτεκτονικές στα FTTH δίκτυα μπορούν να χωριστούν σε 2 βασικές κατηγορίες: Την αρχιτεκτονική Home Run, που σε κάθε σπίτι φτάνει μια αφιερωμένη ίνα μέχρι το κεντρικό γραφείο (CO), και τις αρχιτεκτονικές αστέρα (star), όπου πολλά σπίτια μπορούν να μοιράζονται την ίδια οπτική ίνα τροφοδοσίας από το κεντρικό γραφείο μέχρι ένα σημείο – απομακρυσμένο κόμβο, στο οποίο γίνεται μεταγωγή, πολυπλεξία ή διαχωρισμός. Το σημείο αυτό βρίσκεται μεταξύ του κεντρικού γραφείου και των σπιτιών των πελατών. Η αρχιτεκτονική αστέρα μπορεί να είναι είτε ενεργή (active) ή παθητική (passive). Αυτό σημαίνει ότι ο απομακρυσμένος κόμβος μπορεί να τροφοδοτείται από ρεύμα (ενεργός) ή όχι (παθητική). Επιπλέον, μπορούν να είναι είτε απλά συστήματα μήκους κύματος και επομένως όλα τα σπίτια θα συνδέονται στο ίδιο μήκος κύματος ή συστήματα με πολυπλεξία με διαίρεση μήκους κύματος (WDM).

FTTH: Active Star Architecture



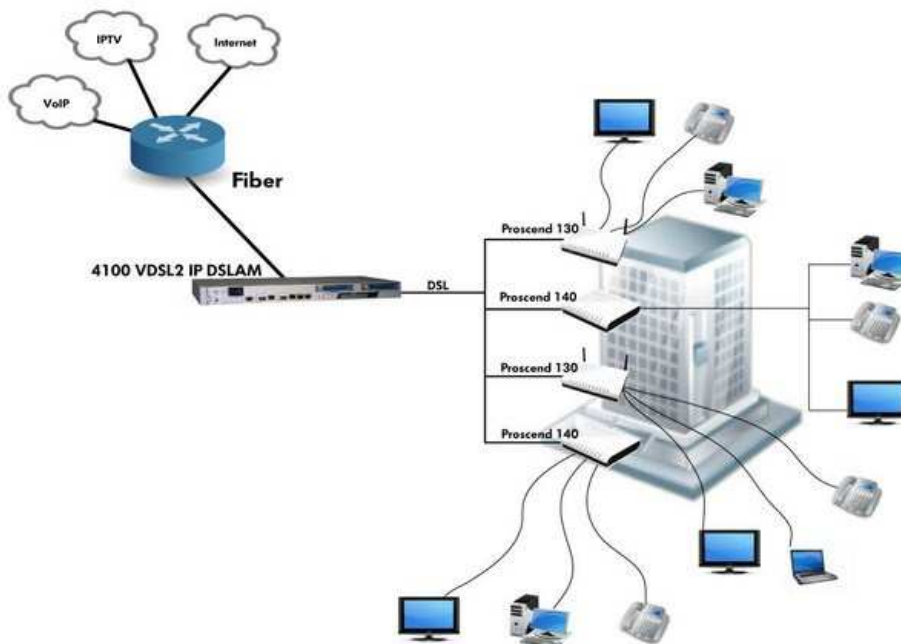
Εικόνα 7: Fiber to the Home, Active Star Architecture, [33].

FTTH: Home Run Architecture



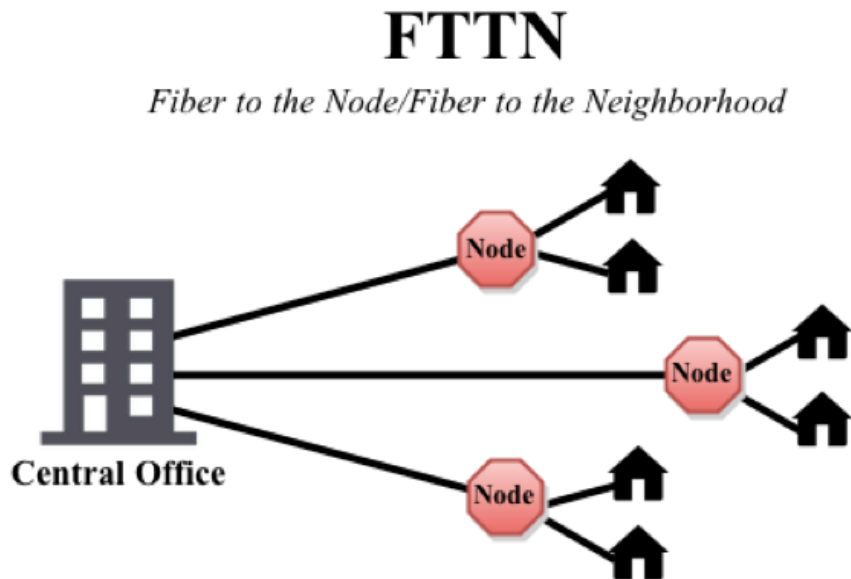
Εικόνα 8: Fiber to the Home, Home Run Architecture, [33].

- FTTLA (Fiber To The Last Amplifier) – Οπτική ίνα στον τελευταίο ενισχυτή. Διατίθεται οπτική ίνα μέχρι το τελευταίο ενισχυτή σήματος στην τεχνολογία CATV για την αντικατάσταση των ομοαξονικών καλωδίων.



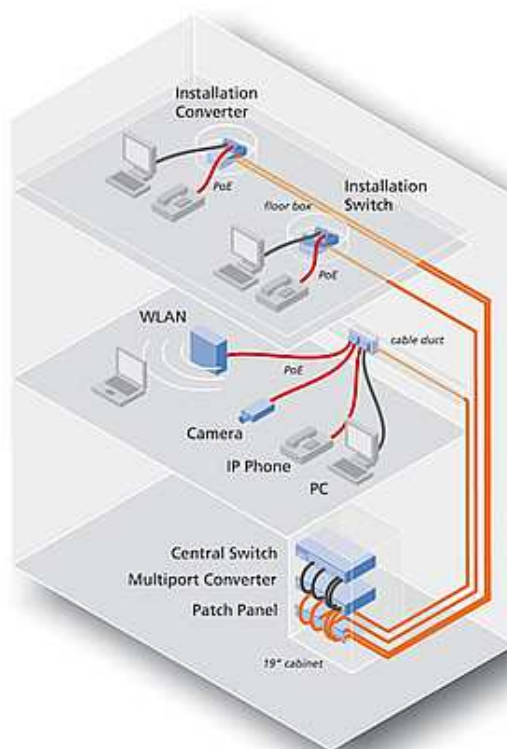
Εικόνα 9: Fiber to the Last Amplifier, [35].

- FTTN (Fiber To The Node or Neighborhood) – Οπτική ίνα σε κόμβο. Παρόμοια φιλοσοφία με το FTTC αλλά εδώ η καρμπίνα καλύπτει ακτίνα συνδρομητών αρκετών χιλιομέτρων, κατάλληλη για ημιαστική και αγροτική περιοχή.



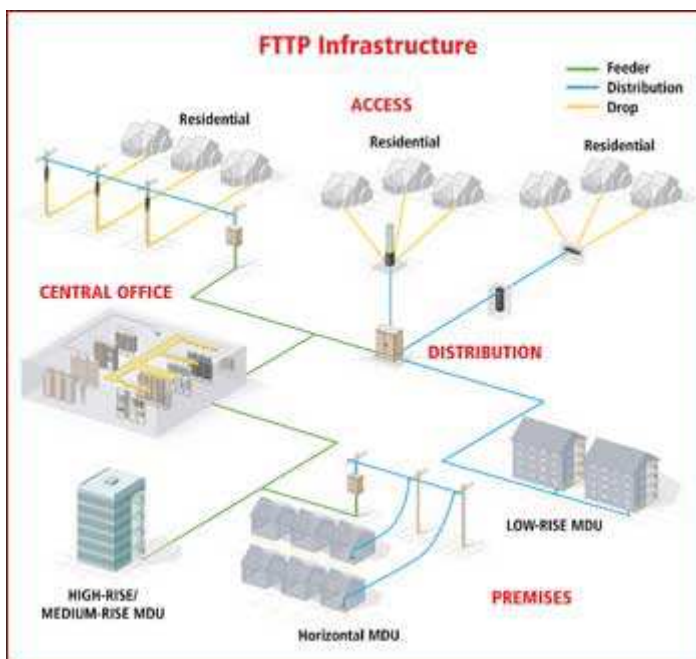
Εικόνα 10: Fiber To The Node or Neighborhood.

- FTTO (Fiber To The Office) – Οπτική ίνα στο γραφείο. Διαφορετική ονομασία αλλά ίδια φιλοσοφία με το FTTB, όπου αντί για επιχείρηση αναφέρεται το γραφείο.



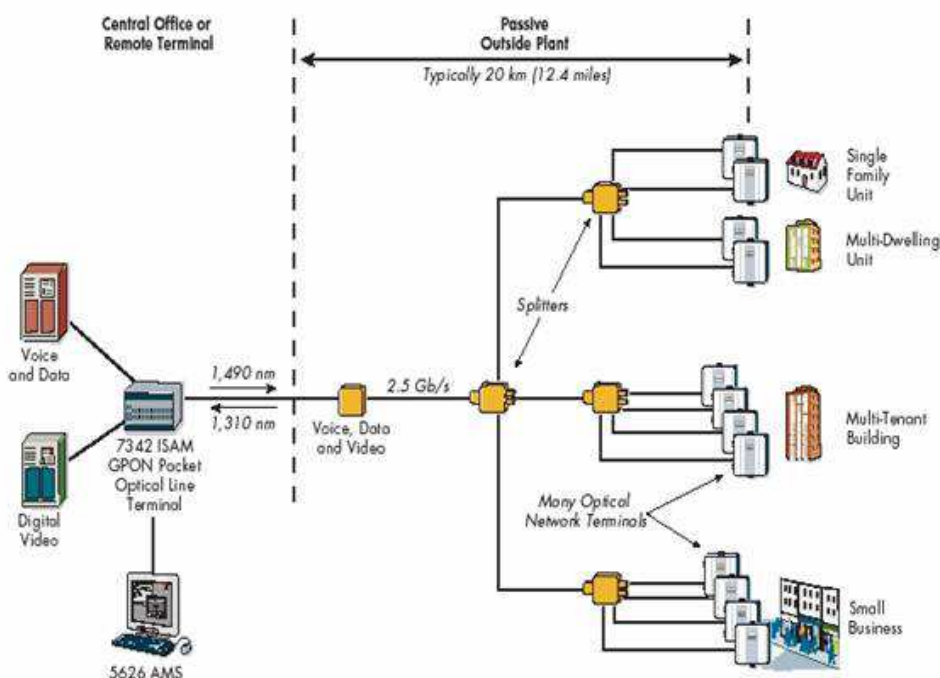
Εικόνα 11: Fiber to the Office, [36].

- FTTP (Fiber To The Premises) – Οπτική ίνα στο όριο κτίσματος. Αντίστοιχος όρος με το FTTH.



Εικόνα 12: Fiber to the Premises, [37].

- FTTH (Fiber To The User) – Οπτική ίνα στο χρήστη. Αντίστοιχος όρος με το FTTH.



Εικόνα 13: Παράδειγμα FttU, [38].

Τα πιο συνηθισμένα δίκτυα FTTx είναι τα FTTC και FTTH, ενώ η διαφοροποίηση μεταξύ των FTTH και FTTB έγκειται μόνο στο αν ο τελικός χρήστης στον οποίο καταλήγει η οπτική ίνα είναι μεμονωμένος χρήστης ή βιομηχανική- επαγγελματική μονάδα, [18].

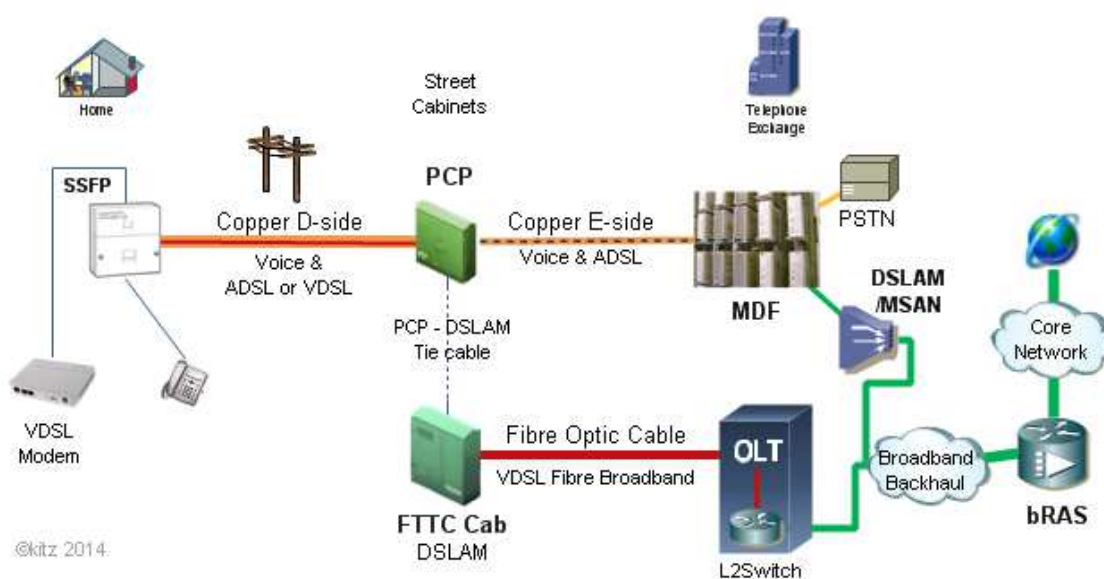
3.3.2 Fiber to the Cabinet - FTTC

Όπως αναφέρθηκε, σύμφωνα με την αρχιτεκτονική Fiber to the Node ή αλλιώς Fiber to the Cabinet, η διαδρομή από το κύριο σημείο του παρόχου υπηρεσιών ως τον απομακρυσμένο κόμβο (εξωτερική καμπίνα) που εξυπηρετεί ένα πλήθος χρηστών αποτελείται αποκλειστικά από οπτική ίνα. Πλέον τα συστήματα FTTC βασίζονται στην VDSL και τα συστήματα αυτά είναι γνωστά σαν FTTC/VDSL2, [7], [12]. Όσον αφορά το κόστος και την ανάλυσή του για το τεχνικό κομμάτι, έχουμε: Υλοποιήσεις FTTC ή FTTB

(που αναλύεται περεταίρω) έχουν χαμηλότερο κόστος κατασκευής, και μπορούν να καλύψουν αποδοτικά τουλάχιστον τις προβλεπόμενες στο άμεσο μέλλον απαιτήσεις σε εύρος ζώνης. Πιο συγκεκριμένα, η χρήση υβριδικών αρχιτεκτονικών ίνας/ χαλκού στις οποίες η ίνα δεν φτάνει μέχρι τον τελικό χρήστη, αλλά σε σημείο πριν από αυτόν, έχει το πλεονέκτημα ότι μειώνει σημαντικά το κόστος των απαιτούμενων επενδύσεων. Ως εκ τούτου, αυτές οι υλοποιήσεις μπορούν να αποτελέσουν ένα αποδοτικό ενδιάμεσο στάδιο προς τη δημιουργία πλήρως οπτικών δικτύων πρόσβασης. Για την τελική σύνδεση του χρήστη, μπορεί να χρησιμοποιηθεί τεχνολογία VDSL2, η οποία αποτελεί το πιο σύγχρονο πρότυπο DSL και υποστηρίζει ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων έως και 200Mbit/s.

Η παρακάτω εικόνα απεικονίζει μια γενική τοπολογία δικτύων FTTC/VDSL:

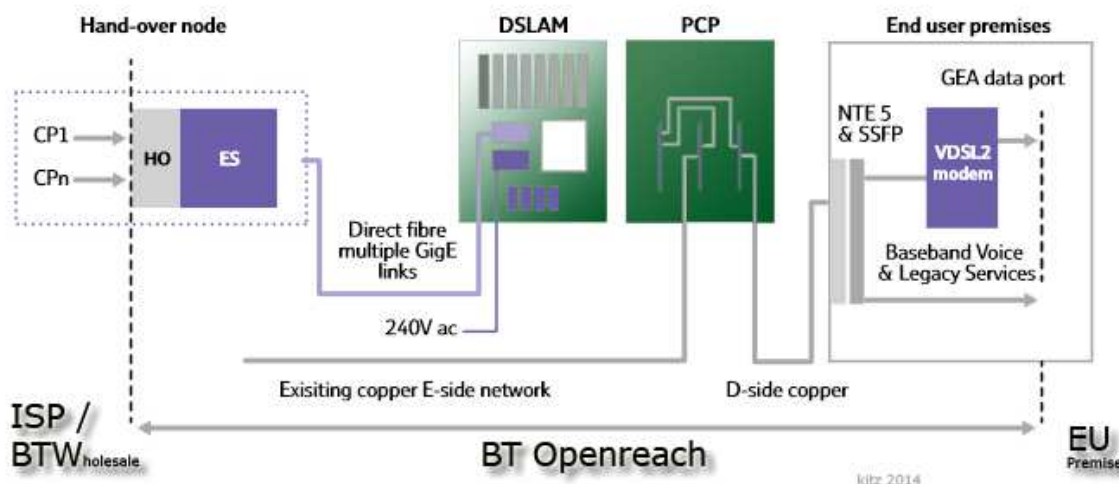
Fibre To The Cabinet (FTTC)



Εικόνα 14: Αρχιτεκτονική FTTC με VDSL, [39].

Ακολουθεί η αναβαθμισμένη έκδοση με VDSL2 η οποία έχει εφαρμογή (στην ακόλουθη εικόνα) στην Αγγλία.

FTTC Product NGA Boundary



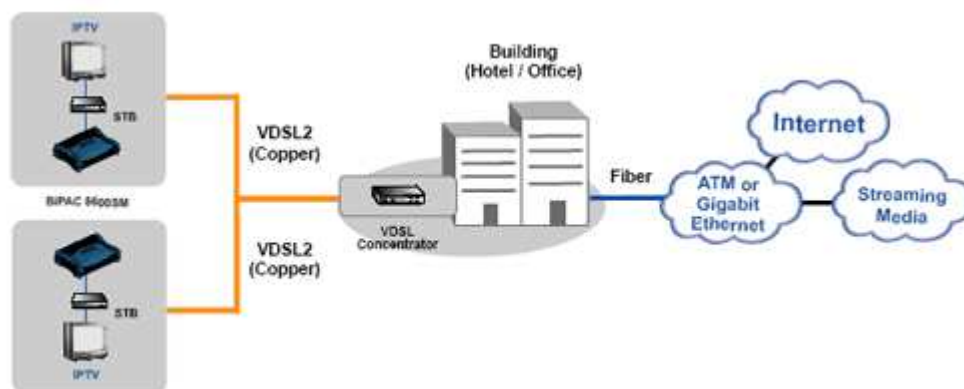
Εικόνα 15: Αναβάθμιση σπιτιών με πιο γρήγορες ταχύτητες της τάξης VDSL2.

3.3.3 Fiber to the Building - FTTB

Η αρχιτεκτονική αυτή θεωρείται ως μεταβατικό στάδιο για την αρχιτεκτονική FTTH και χρησιμοποιείται για την παροχή ευρυζωνικών υπηρεσιών σε υπάρχοντα κτίρια χωρίς να αλλαχθεί η εσωτερική καλωδίωση των κτιρίων. Στο μέλλον βέβαια με αντικατάσταση της χάλκινης καλωδίωσης του κτιρίου με οπτικές ίνες μπορεί κανείς να μετατρέψει εύκολα την αρχιτεκτονική fiber to the building σε αρχιτεκτονική fiber to the home.

Το FTTB έρχεται σε αντίθεση με το Fiber to the Home (FTTH), στο οποίο η οπτική ίνα φτάνει μέχρι το χώρο του χρήστη. Παράλληλα όμως διαφέρει σημαντικά από μεθόδους όπως Fiber to the Curb ή Cabinet (FTTC), καθώς περιορίζει στο ελάχιστο τη χρήση παραδοσιακού καλωδίου. Για αυτόν ακριβώς το λόγο, το FTTB μπορεί να προσφέρει πολύ υψηλότερες ταχύτητες από το FTTC, αλλά με υψηλότερο κόστος υλοποίησης. Επίσης η παροχή υπηρεσιών DSL και η συντήρηση του εξοπλισμού γίνονται μέσα στο κτίριο και έτσι επιβαρύνεται το κόστος με μετακινήσεις του τεχνικού προσωπικού.

Ακολουθεί η εικόνα που δείχνει πώς η αρχιτεκτονική FTTB συνδυάζει την τεχνολογία της VDSL2:



Εικόνα 16: FTTB και VDSL2, [40].

3.3.4 Fiber to the Home – FTTH

Η FTTH αρχιτεκτονική μπορεί ταυτόχρονα να υποστηρίξει πλήθος υπηρεσιών όπως: τηλεφωνικές κλήσεις, μεταδόσεις τηλεόρασης και βίντεο καθώς και χρήση διαδικτύου. Η συγκεκριμένη αρχιτεκτονική απαιτεί σημαντική αρχική επένδυση αλλά διασφαλίζει μελλοντικά χαμηλότερα λειτουργικά κόστη. Θεωρείται σαν η βέλτιστη λύση στην οποία τελικά θα καταλήξουν όλα τα δίκτυα.

Τα δίκτυα FTTH κάνουν χρήση μόνο οπτικής ίνας μέχρι το χώρο του πελάτη και έτσι έχουν αποδεδειχθεί από πολλά προβλήματα που σχετίζονται με τα χάλκινα καλώδια και την διάθεση τους από το κυρίαρχο τηλεπικοινωνιακό πάροχο. Επίσης η χρήση των οπτικών αυτών δικτύων έχει σαν αποτέλεσμα την βελτιστοποίηση των δικτύων πρόσβασης, την δυνατότητα εισαγωγής νέων προηγμένων, αλλά πιο απαιτητικών εφαρμογών, ιδιαίτερα στην αποστολή δεδομένων, και την δημιουργία υποδομών ανάπτυξης των επιχειρηματικών δράσεων, [13], [20], [21].

3.4 Τεχνολογίες Πρόσβασης

Στην ενότητα αυτή περιγράφονται οι τεχνολογίες πρόσβασης στο δίκτυο και πιο συγκεκριμένα η εξέλιξη από το ADSL στο VDSL2. Με την πάροδο των ετών, οι γραμμές που αρχικά ονομαζόντουσαν ADSL εκσυγχρονίστηκαν στις σημερινές VDSL2 γραμμές επικοινωνίας, δίνοντας σαφώς μεγαλύτερες ταχύτητες μετάδοσης στο χρήστη, αλλά και

πιο εγγυημένη ποιότητα υπηρεσίας. Στη συνέχεια περιγράφονται τα στάδια της εξέλιξης αυτής μέχρι σήμερα, [10].

3.4.1 Υποδομή xDSL

Το DSL (Digital Subscriber Line), που σημαίνει «ψηφιακή γραμμή συνδρομητή», αποτελεί σήμερα την πλέον διαδεδομένη τεχνολογία πρόσβασης, παρέχοντας ευρυζωνικές υπηρεσίες σε εκατομμύρια συνδρομητές του τηλεφωνικού δικτύου μέσω του υφιστάμενου δικτύου πρόσβασης. Η μεγάλη της επιτυχία οφείλεται στη χρήση των υφιστάμενων καλωδίων χαλκού του αστικού δικτύου, χωρίς να απαιτούνται ιδιαίτερες δικτυακές επεμβάσεις, [41].

Ο όρος Digital Subscriber Line (Ψηφιακή Συνδρομητική Γραμμή) ή DSL ή xDSL περιγράφει μια οικογένεια τεχνολογιών που παρέχουν μετάδοση δεδομένων πάνω από το παραδοσιακά τηλεφωνικά καλώδια. Η πιο δημοφιλής τεχνολογία DSL είναι το ADSL και η βελτιωμένη έκδοσή του, το ADSL2+. Μερικές τεχνολογίες DSL είναι οι εξής:

- High Data Rate Digital Subscriber Line (HDSL), μια παλιότερη μορφή DSL
- Symmetric Digital Subscriber Line (SDSL), μια μορφή DSL που παρέχει τους ίδιους ρυθμούς αποστολής και λήψης δεδομένων
- Asymmetric Digital Subscriber Line (ADSL), μια προτυποποιημένη έκδοση, που παρέχει χαμηλότερους ρυθμούς για την αποστολή των δεδομένων σε σύγκριση με τη λήψη
- Rate-Adaptive Digital Subscriber Line (RADSL)
- Very High Speed Digital Subscriber Line (VDSL), το οποίο παρέχει πολύ γρήγορες ταχύτητες αντικαθώντας το χαλκό με οπτικές ίνες μέχρι τα ΚΑΦΑΟ
- Very High Speed Digital Subscriber Line 2 (VDSL2), μια βελτιωμένη έκδοση του VDSL
- Symmetric High-speed Digital Subscriber Line (G.SHDSL), μια προτυποποιημένη από την ITU (International Telecommunication Union) έκδοση του SDSL
- Powerline Digital Subscriber Line (PDSL), μια τεχνολογία που χρησιμοποιεί το δίκτυο του ηλεκτρικού ρεύματος
- Uni-DSL (UDSL)
- Etherloop, [42]

Το απλό χάλκινο καλώδιο (γνωστό και ως τοπικός βρόχος, local loop ή last mile) που συνδέει σχεδόν κάθε σπίτι με το τοπικό τηλεφωνικό κέντρο, έχει πολύ περισσότερες δυνατότητες από την υποστήριξη της απλής τηλεφωνίας. Έτσι με χρήση ανώτερου τμήματος του εύρους ζώνης του βρόχου, εκείνου το οποίο μένει αναξιοποίητο από την κλασική τηλεφωνία (PSTN ή ISDN), επιτυγχάνονται υψηλές ταχύτητες μετάδοσης δεδομένων. Το γεγονός αυτό προσφέρει κι ένα ακόμη πλεονέκτημα: η παραδοσιακή τηλεφωνία και η μετάδοση δεδομένων μπορούν να λειτουργούν ταυτόχρονα και ανεξάρτητα η μία από την άλλη, εφόσον χρησιμοποιούν διαφορετικό φάσμα συχνοτήτων στην τηλεφωνική γραμμή. Ωστόσο οι συχνότητες που χρησιμοποιεί το DSL εξασθενούν συντομότερα από αυτές της τηλεφωνίας, με αποτέλεσμα να μπορεί να λειτουργήσει σε αποστάσεις έως 5km από το τηλεφωνικό κέντρο. Επιπλέον, όσο μεγαλώνει η απόσταση από το τηλεφωνικό κέντρο τόσο μειώνεται η ταχύτητα μετάδοσης δεδομένων που μπορεί να επιτευχθεί από το DSL.

Παρακάτω φαίνεται η εξέλιξη του ADSL σε VDSL ως προς την ταχύτητα μετάδοσης στο Downstream και στο Upstream.

- ADSL (1999)

Ταχύτητες: Downstream φτάνει τα 8 Mbps και Upstream 1 Mbps στο 1.5km από το DSLAM.

- ADSL2 (2002)

Ταχύτητες: Downstream φτάνει τα 12 Mbps και Upstream 1 Mbps στα 2.5km από το DSLAM.

- ADSL2+ (2003)

Ταχύτητες: Downstream φτάνει τα 24 Mbps και Upstream 3.5 Mbps στο 1.5km από το DSLAM.

- VDSL (2012)

Ταχύτητες: Downstream φτάνει τα 50 Mbps και Upstream 5 Mbps στα 1.2km από την καμπίνα, [43].

Το VDSL (Very high-bitrate/high speed DSL) είναι το πιο γρήγορο DSL και αποτελεί έναν συνδυασμό των χάλκινων καλωδίων του τοπικού βρόχου (καμπίνα) που εξυπηρετεί μερικές δεκάδες σπίτια στη γειτονιά με την λεγόμενη οπτική ίνα στο πεζοδρόμιο. Θεωρείται μια σχετικά καλή μέθοδος για να περάσει κανείς από το ADSL στα δίκτυα επόμενης γενιάς. Το VDSL επιτρέπει την παροχή υπηρεσιών που απαιτούν υψηλό εύρος ζώνης, όπως η τηλεόραση υψηλής ανάλυσης, το ψηφιακό βίντεο ή η διασύνδεση απομακρυσμένων εταιρικών δικτύων. Ο ΟΤΕ επενδύει συνεχώς στην τεχνολογία VDSL2 (με ταχύτητες 30Mbps/2,5Mbps και 50/5Mbps download και upload αντίστοιχα) και το τελευταίο τρίμηνο του 2014 έχει κάνει εγκαταστάσεις οπτικών ινών σε πολλές νέες περιοχές.

Ο τρόπος λειτουργίας του VDSL έχει αρκετές ομοιότητες με αυτόν του ADSL. Μέρος του δικτύου χάλκινων καλωδίων (από το Κέντρο του ΟΤΕ της περιοχής έως τις καμπίνες στις γειτονιές αντικαθίσταται από οπτικές ίνες. Το νέο δίκτυο είναι τύπου FTTC (Fiber to the Cabinet – Οπτικές ίνες έως την καμπίνα) και θα παρέχει υπηρεσίες υπερυψηλών ταχυτήτων (VDSL2).

Η επόμενη κίνηση μετάβασης στην ψηφιακή εποχή στην Ελλάδα θα είναι το δίκτυο FTTB (Fiber to the Building) Στο συγκεκριμένο δίκτυο οι οπτικές ίνες πλέον μετά την καμπίνα φτάνουν έως τις πολυκατοικίες όπου με την χρήση ειδικού εξοπλισμού (Modem/ Router οπτικών ινών) θα μπορούμε να έχουμε πολύ υψηλές ταχύτητες. Στην πράξη οι νέες καμπίνες μπορούν να παρέχουν ταχύτητες μέχρι 200 Mbps που όμως δεν είναι εμπορικά αξιοποιήσιμες και θα περάσουν κάποια χρόνια μέχρι να γίνουν διαθέσιμες, [44].

Το ethernet είναι το συνηθέστερα χρησιμοποιούμενο πρότυπο δίκτυο υπολογιστών ενσύρματης τοπικής δικτύωσης υπολογιστών. Αναπτύχθηκε από την εταιρεία Xerox κατά τη δεκαετία του '70 και έγινε δημοφιλές αφότου η Digital Equipment Corporation και η Intel, από κοινού με τη Xerox, προχώρησαν στην προτυποποίησή του το 1980. Το 1985 το Ethernet έγινε αποδεκτό επίσημα από τον οργανισμό IEEE ως το πρότυπο 802.3 για ενσύρματα τοπικά δίκτυα (LAN).

Το αρχικό Ethernet επέτρεπε ονομαστικούς ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων της τάξης των 3 Mbps, μέσω ενός ομοαξονικού καλωδίου στο οποίο συνδέονταν οι επιμέρους υπολογιστές του δικτύου (σύνδεση token ring). Τη διασύνδεση αναλάμβανε μία κάρτα δικτύου Ethernet προσαρτημένη σε κάθε κόμβο, με κάθε κάρτα να χαρακτηρίζεται από μία μοναδική, εργοστασιακή 48-bit διεύθυνση MAC. Σήμερα η σύνδεση token ring έχει εγκαταλειφθεί ολοκληρωτικά και οι επιμέρους υπολογιστές του δικτύου συνδέονται ο καθένας σε ανεξάρτητη θύρα ενός router ή διανομέα (hub). Έχουν εμφανιστεί νεότερες

εκδόσεις του Ethernet οι οποίες χρησιμοποιούν είτε κοινά καλώδια χαλκού με αθωράκιστα (καλώδια UTP) ή θωρακισμένα (καλώδια STP) συνεστραμμένα ζεύγη αγωγών ή οπτικές ίνες:

- Ethernet (10Mbps)
- Fast Ethernet (100 Mbps), όπου για τις συνδέσεις με χαλκό έχει επικρατήσει το πρότυπο 10BASE-TX έναντι των ουσιαστικά εγκαταλελειμμένων 100BASE-T2, 1000BASE-T4. Το 10BASE-TX χρησιμοποιεί καλώδια UTP κατηγορίας 5e (CAT-5e) με 2 ζεύγη αγωγών (ένα για αποστολή και ένα για λήψη δεδομένων), σε μήκη μέχρι 100μ. Πρακτικά, χρησιμοποιούνται καλώδια 4 ζευγών, ώστε να είναι δυνατή η σύνδεση με ή η αναβάθμιση σε Gigabit Ethernet (1000BASE-TX). Το αντίστοιχο πρότυπο για τις οπτικές ίνες είναι το 100BASE-FX. Επιπλέον, είναι δυνατή η αυτόματη ανίχνευση κυκλώματος 10BASE-T στην άλλη πλευρά του καλωδίου και η εν συνεχεία υποβάθμιση της ταχύτητας στα 10Mbps (λειτουργία auto-negotiation).
- Gigabit Ethernet (1 Gbps), όπου για τις συνδέσεις με χαλκό έχει επικρατήσει το πρότυπο 1000BASE-T. Το 1000BASE-T χρησιμοποιεί καλώδια UTP κατηγορίας 5e (CAT-5e) με 4 ζεύγη αγωγών. Κάθε ζεύγος μεταφέρει δεδομένα προς τις δύο κατευθύνσεις ταυτόχρονα, ώστε να επιτυγχάνεται η μέγιστη δυνατή ταχύτητα μετάδοσης δεδομένων προς κάθε κατεύθυνση. Ο τρόπος σύνδεσης των ζευγών είναι τέτοιος που επιτρέπει σε μια κάρτα Gigabit Ethernet να μπορεί να ανιχνεύσει την ύπαρξη κυκλώματος Fast Ethernet στην άλλη άκρη του καλωδίου και να αλλάξει αυτόματα το πρωτόκολλό της σε 100BASE-TX (λειτουργία auto-negotiation). Το αντίστοιχο πρότυπο για τις οπτικές ίνες είναι τα 1000BASE-FX.
- 10 Gigabit Ethernet (10Gbps).

Η χρήση του Ethernet επεκτάθηκε γρήγορα και σε μητροπολιτικά δίκτυα WAN, έτσι ώστε στις μέρες μας να υπάρχει μια εγκατεστημένη βάση άνω των 500.000.000 θυρών Ethernet, [9].

3.4.2 Το πράσινο Ethernet

Το Ethernet είναι μια γνωστή κυρίαρχη τεχνολογία στο στρώμα συνδέσεων και είναι ιδιαίτερα διαδεδομένη μέσω των διαφόρων τυποποιημένων εκδόσεων και στις πλευρές πελατών και δικτύων. Για παράδειγμα, σήμερα ένα μεγάλο μέρος των καταναλωτικών ηλεκτρονικών συσκευών περιλαμβάνει τις διεπαφές Ethernet. Τέτοια διάχυση έχει προσελκύσει την προσοχή διαφόρων ερευνητών, δεδομένου ότι ακόμη και μια οριακή μείωση των απαιτήσεων δύναμης των διεπαφών Ethernet μπορεί ενδεχομένως να οδηγήσει στο να σωθεί ένα τεράστιο ποσό της ενέργειας. Οι τρέχουσες προσεγγίσεις σε αυτόν τον τομέα περιλαμβάνουν την επαναφορτιζόμενη μηχανική των κωδικοποιήσεων Ethernet, καθώς επίσης και την ανάπτυξη των δυναμικών μηχανισμών προσαρμογής, οι οποίοι ζητούνται αυτήν την περίοδο στην ομάδα εργασίας 802.3az, [45].

3.5 Παθητικά Δίκτυα – PON: TDMA PON, WDM PON

Τα δίκτυα αυτά ανήκουν στην κατηγορία Point to Multi-Point, καθώς κάθε συνδρομητής συνδέεται στο δίκτυο οπτικών ινών με έναν παθητικό οπτικό διαχωριστή. Στα δίκτυα αυτά δε γίνεται χρήση ενεργών ηλεκτρονικών συσκευών στο δίκτυο διανομής, ενώ το εύρος ζώνης διαμοιράζεται από τον ακραίο κλάδο ως τον τροφοδότη. Ένα από τα χαρακτηριστικά τους πλεονεκτήματα είναι η χρήση των καθαρά παθητικών στοιχείων, τα οποία έχουν καλύτερη αντοχή στις απαιτητικές και δύσκολες συνθήκες των εξωτερικών εγκαταστάσεων, ενώ παράλληλα δεν απαιτείται παροχή ρεύματος στους ενδιάμεσους κόμβους. Άλλα βασικά πλεονεκτήματα είναι το γεγονός ότι δεν χρειάζονται συχνά συντήρηση στα παθητικά στοιχεία που διαθέτουν, κάτι που μειώνει σημαντικά το κόστος

αναβάθμισής τους αλλά και τα λειτουργικά έξοδά τους, καθώς δεν απαιτούν τροφοδοσία ηλεκτρικού ρεύματος. Συνακόλουθα, τα δίκτυα PON συγκαταλέγονται στην πράσινη τεχνολογία, καθώς μειώνουν αρκετά την καταναλωμένη ενέργεια, λόγω της ελαχιστοποίησης της χρήσης των ενεργών στοιχείων που περιέχουν.

Τα δίκτυα PON, αν εξαιρέσουμε το γεγονός ότι χρησιμοποιούν διαφορετικό πρωτόκολλο μετάδοσης, χρησιμοποιούν WDM, ώστε να έχουμε ταυτόχρονη μετάδοση του upload και του download στην ίδια οπτική ίνα. Προκειμένου να αποφεύγονται οι συγκρούσεις μεταξύ των δεδομένων που εκπέμπονται σε κάθε κατεύθυνση, όλα τα πρότυπα PONs κάνουν χρήση της πολυπλεξίας διαίρεσης χρόνου (Time Division Multiple Access – TDMA). Το γεγονός αυτό, όμως, προκαλεί τη μείωση της εφικτής χωρητικότητας για κάθε χρήστη σε αυτή την κατεύθυνση, ενώ παράλληλα αυξάνεται και η πολυπλοκότητα του συστήματος. Μελλοντικά, προκειμένου να αυξηθεί η συνολική χωρητικότητα των δικτύων PON, αλλά και για να αυξηθεί το μέγιστο πλήθος συνδέσεων που μπορούν να υποστηρίξουν, θα χρησιμοποιούνται τεχνολογίες πολυπλεξίας διαίρεσης μήκους κύματος, όπως η DWDM ή η CWDM, μετατρέποντας πρακτικά τα δίκτυα αυτά σε WDM PON, τα οποία θα διαθέτουν σαφώς μεγαλύτερο εύρος ζώνης, [5].

3.5.1 Η εξέλιξη των δικτύων PON

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, με την πάροδο των ετών η ανάγκη των πελατών για όλο και μεγαλύτερο εύρος ζώνης αυξάνεται συνεχώς. Η εξέλιξη των δικτύων PON σε WDM-PON θα επιτρέψουν την αύξηση της χωρητικότητάς τους αντίστοιχα, όπως έγινε και παλαιότερα με τα δίκτυα κορμού. Στα δίκτυα WDM-PON κάθε πελάτης θα έχει το δικό του ατομικό και μοναδικό μήκος κύματος, απολαμβάνοντας έτσι όλο το διαθέσιμο εύρος ζώνης που του διατίθεται, μετατρέποντας πρακτικά το δίκτυο από P2MP σε P2P και ξεπερνώντας τους περιορισμούς που θέτονται από το TDMA PON. Έτσι, κάθε πελάτης θα έχει 2 αποκλειστικά μήκη κύματος, ένα για την ανερχόμενη και ένα για την κατερχόμενη ζεύξη, χωρίς να χρειάζεται πλέον να διαμοιράζεται το «κανάλι» με άλλους συνδρομητές. Με τον τρόπο αυτό οι τελικές ταχύτητες που θα απολαμβάνουν οι συνδρομητές θα είναι της τάξης των πολλών Gbps, πολύ μεγαλύτερες δηλαδή από τα σημερινά δίκτυα, [5], [11].

3.5.2 Προστασία δικτύων PON από βλάβες

Σύμφωνα με την παραπάνω περιγραφή των δικτύων PON, είναι εύκολα αντιληπτό ότι τα δίκτυα αυτά έχουν περιορισμένες δυνατότητες ως προς την προστασία που μπορούν να παρέχουν σε περίπτωση βλάβης. Η παραμικρή αστοχία στα ενεργά μέρη τους ή στον παθητικό εξοπλισμό τους, είναι εφικτό να επιφέρει διακοπή της υπηρεσίας, με αποτέλεσμα να κρίνεται επιτακτική η ανάπτυξη μηχανισμών που θα αποτρέπουν ένα τέτοιο γεγονός.

Στον ακραίο εξοπλισμό, κάτι τέτοιο μπορεί να υλοποιηθεί με τη χρήση πολλαπλών παράλληλων εφεδρικών μονάδων ή, εναλλακτικά, αν αντικαθίστανται ταχύτατα οι μονάδες που παρουσιάζουν κάποιο πρόβλημα στο δίκτυο. Όσον αφορά τις οπτικές ίνες, οι βλάβες τους αποκαθίστανται σε μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, καθώς είναι πιο δύσκολος ο γεωγραφικός εντοπισμός τους και η αντίστοιχη επισκευή τους. Γι' αυτό το λόγο θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν συγκεκριμένες αρχιτεκτονικές δικτύου, οι οποίες θα προστατεύουν πιο εύκολα τις ζεύξεις ενός WDM PON σε περίπτωση αποκοπής των οπτικών ινών, αποτρέποντας έτσι τη διακοπή μετάδοσης όλων των καναλιών με διαφορετικό μήκος κύματος, [5].

3.6 Έργα Δικτύων NGA

Όσον αφορά τα έργα δικτύων NGA, πρέπει να εξασφαλιστεί ότι τα συστήματα και οι διαδικασίες που θα γίνουν από τον κύριο πάροχο θα είναι σχεδιασμένα έτσι ώστε να

διευκολυνθεί και η μετάβαση των εναλλακτικών παρόχων στα δίκτυα επόμενης γενιάς. Άρα, τα υφιστάμενα ρυθμιστικά εργαλεία θα πρέπει να διατηρηθούν βραχυπρόθεσμα ή μεσοπρόθεσμα. Επίσης, ένα νέο σύνολο κανόνων θα πρέπει να εισαχθεί για να γίνει πιο "ανώδυνα" η αλλαγή από τις παλιές στις νέες υποδομές. Κατά τον τεχνικό σχεδιασμό θα πρέπει να ληφθούν υπόψη παράμετροι όπως, το σύνολο των οπτικών ινών, τη δικτυακή αρχιτεκτονική και της αντίστοιχης τοπολογίας P2P ή P2MP.

3.6.1 Έργα Δικτύων NGA στην Ευρώπη και στον κόσμο

Αρκετοί τηλεπικοινωνιακοί πάροχοι ξεκινούν και πραγματοποιούν την μετάβαση προς τα δίκτυα επόμενης γενιάς χρησιμοποιώντας διάφορα σενάρια FTTB/FTTH. Τέτοιες υλοποιήσεις απαιτούν προσεκτικό σχεδιασμό και μελέτη καθώς τα σχετικά κόστη είναι πάρα πολύ μεγάλα. Η Ιαπωνία είναι μια από τις πρώτες χώρες που έχουν προχωρήσει σε μαζικές υλοποιήσεις δικτύων FTTH και η αγορά συνεχίζει να έχει αυξητικές τάσεις. Τον Μάιο του 2010 υπήρχαν περισσότεροι από 17 εκατομμύρια συνδρομητές που εξυπηρετούνταν μέσω δικτύων βασισμένων σε οπτικές ίνες, το 62% των οποίων από δίκτυα FTTH, ενώ ο συνολικός αριθμός χρηστών συνδεδεμένων στο δίκτυο FTTH ξεπέρασε τον αριθμό των συνδρομητών του δικτύου xDSL. Στην νότια Κορέα η διείσδυση των δικτύων FTTx έχει φτάσει ήδη το 50%. Αναμένεται επίσης μια αύξηση στους χρήστες παρόμοιων υλοποιήσεων και στις ΗΠΑ σαν αποτέλεσμα των αλλαγών που έγιναν τα τελευταία χρόνια. Σύμφωνα με δεδομένα από το FTTH Council τον Απρίλιο του 2010 ο αριθμός των οικιών συνδεδεμένων με FTTH ήταν 5,8 εκατομμύρια στις ΗΠΑ που αντιστοιχεί σε διείσδυση ίση με 6% ενώ οι οικίες που είναι εύκολο να συνδεθούν στο δίκτυο λόγω της εγγύτητας τους στο υπάρχον δίκτυο αγγίζει τα 18,2 εκατομμύρια. Στην Ευρώπη οι χώρες με διείσδυση πάνω από 10% ήταν η Λιθουανία, η Σλοβενία, η Νορβηγία και η Σουηδία, [22].

3.6.2 Έργα Δικτύων NGA στην Ελλάδα

Η τηλεπικοινωνιακή αγορά (σταθερών και κινητών υπηρεσιών) βρίσκεται σε φάση συνεχούς συρρίκνωσης με τις επενδύσεις, ως ποσοστό του κύκλου εργασιών, να υφίστανται σημαντικό περιορισμό. Να σημειωθεί ότι και στο χώρο των τηλεπικοινωνιών, η ύφεση έχει οδηγήσει τις εταιρείες που δραστηριοποιούνται στην αγορά αυτή σε αρκετά δύσκολη θέση, περιορίζοντας την ταμειακή δυνατότητα τους να πραγματοποιήσουν νέες επενδύσεις. Έχοντας επηρεαστεί σφοδρά από την ευρύτερη οικονομική συγκυρία και με δανειοδότηση μη δυνάμενη να εξυπηρετηθεί, εμπλέκονται σε συζητήσεις περί εξαγορών και συγχωνεύσεων. Κατά το διάστημα του τελευταίου έτους η ελληνική τηλεπικοινωνιακή αγορά έχει δείξει έντονα σημάδια συγκέντρωσης. Πιο συγκεκριμένα τον Ιούνιο του 2015, η εταιρεία ON Telecoms ανέστειλε την λειτουργία της καταθέτωντας αίτηση πτώχευσης. Λίγους μήνες νωρίτερα η Επιτροπή Ανταγωνισμού είχε εγκρίνει και τυπικά την εξαγορά και στην συνέχεια της HOL από την Vodafone50 Πλέον στην Ελληνική αγορά δραστηριοποιούνται οι ακόλουθες κυρίαρχες εταιρείες:

- Όμιλος OTE-Cosmote
- Vodafone-HOL
- Wind
- Forthnet
- Cyta Hellas

Με την εξαίρεση των επενδύσεων που πραγματοποιούνται από τον όμιλο OTE (σε VDSL και 4G), τη Vodafone (σε 4G) και τη Wind (σε 3/4G), οι υπόλοιποι πάροχοι έχουν πρακτικά παγώσει τις επενδύσεις τους (περιοριζόμενοι σε χαμηλού κόστους επενδύσεις κυρίως για την παροχή υπηρεσιών VDSL από το Αστικό Κέντρο).

Συντριπτικό μερίδιο στις επενδύσεις NGA έχει ο ΟΤΕ που βρίσκεται σε φάση υλοποίησης NGA δικτύου με ανάπτυξη υποδομών FTTC. Οι VDSL υπηρεσίες ονομαστικής ταχύτητας 30 και 50 Mbps διατίθενται με premium 5 και 10€ αντίστοιχα σε σχέση με το αντίστοιχο προϊόν ADSL έως 24 Mbps.

Ο ΟΤΕ είναι ο μοναδικός πάροχος που έχει επενδύσει σε υποδομές για την παροχή υπηρεσιών NGA με τεχνολογία VDSL από την υπαίθρια καμπίνα, διαθέτοντας τις υπηρεσίες αυτές τόσο στη λιανική όσο και στη χονδρική. Σημειώνεται εδώ ότι ενώ στο ADSL και VDSL που παρέχεται από το Αστικό Κέντρο οι πραγματικές ταχύτητες υπολείπονται εν γένει σημαντικά των διαφημιζομένων ταχύτητες, στο VDSL από την υπαίθρια καμπίνα οι πραγματικές ταχύτητες δεν απέχουν πολύ από τις θεωρητικές τουλάχιστον σε αστικό περιβάλλον όπου οι αποστάσεις από την καμπίνα είναι μικρές. Παρά το γεγονός ότι υφίσταται το σχετικό νομοθετικό και ρυθμιστικό πλαίσιο που θα επέτρεπε σε άλλους παρόχους να δραστηριοποιηθούν στην συνεγκατάσταση σε επίπεδο καμπίνας, κανείς μέχρι σήμερα δεν έχει υλοποιήσει τέτοιες επενδύσεις.

3.6.3 Σχεδιασμός και έργα FTTC

Στην Ελλάδα προς εμπορική διάθεση μέχρι στιγμής διατίθενται τα 30mbps για downstream και 2.5 Mbps upstream, και 50 mbps downstream με 5mbps upstream. Η αρχιτεκτονική FTTC επιλέγεται από πολλούς παρόχους τηλεπικοινωνιών λόγω του ότι γλυτώνουν την ανάπτυξη οπτικής ίνας το λιγότερο 500 μέτρων χρησιμοποιώντας το παραδοσιακό και ήδη υπάρχον δίκτυο του χαλκού.

Η χρήση μεγάλου πλήθους υπαίθριων καμπινών με ενεργό εξοπλισμό έχει σημαντική επίπτωση στο λειτουργικό κόστος (OPEX), τόσο για την παροχή υπηρεσιών όσο και για την συντήρηση του εξοπλισμού. Μελέτες διάφορων ανεξάρτητων εταιριών συμβούλων συγκλίνουν ότι το κόστος του FTTC είναι από 1/6 έως 1/5 του κόστους για το FTTH. Οι επιλογές FTTC/B σχετίζονται με χρήση της τεχνολογίας VDSL2 και ενεργό εξοπλισμό MSAN. Το γεγονός ότι το VDSL2 μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για αποστάσεις έως 4-5 χιλιόμετρα, σε αντίθεση με το VDSL που μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο για μικρές αποστάσεις, είναι πολύ σημαντικό πλεονέκτημα. Ωστόσο, σε αποστάσεις μεγαλύτερες του 1,5 χλμ λειτουργεί όπως το ADSL2+. Χάρη σε αυτό, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για εφαρμογές μεγαλύτερων αποστάσεων.

3.7 Στρατηγικές Υλοποίησης Δικτύων NGA

Η επιλογή της κατάλληλης τεχνικής FTTx για έργα NGA αποτελεί καθαρά θέμα στρατηγικής του εκάστοτε τηλεπικοινωνιακού φορέα και εξαρτάται από τους διαθέσιμους για επενδύσεις πόρους, την υφιστάμενη κατάσταση του δικτύου πρόσβασης, τον ανταγωνισμό, τη θέση της ρυθμιστικής αρχής, την εταιρική φιλοσοφία και προσέγγιση. Αν και το FTTH φαίνεται να αποτελεί το «τελικό στάδιο» στη διαδικασία εξέλιξης προς ένα «εξ ολοκλήρου οπτικό δίκτυο πρόσβασης», οι περισσότερες ευρωπαϊκές εταιρίες με κυρίαρχο ρόλο στην τηλεπικοινωνιακή αγορά δείχνουν απροθυμία να προχωρήσουν στις απαιτούμενες επενδύσεις σε περιβάλλον ισχυρού ανταγωνισμού και ρυθμιστικής αβεβαιότητας. Η στάση αυτή έχει ωθήσει κάποιες δημοτικές αρχές και εναλλακτικούς φορείς να αναζητήσουν δημόσια ή κοινοτική επιχορήγηση προκειμένου να αναπτύξουν ιδιόκτητες δικτυακές υποδομές FTTH, ώστε να ενισχύσουν την ανάπτυξη της περιοχής τους μέσα από τη δημιουργία ενός περιβάλλοντος κατάλληλου για εφαρμογές υψηλής τεχνολογίας.

Παράλληλα, τόσο οι κυβερνήσεις των ευρωπαϊκών χωρών όσο και η Ευρωπαϊκή Επιτροπή συμβιβάστηκαν τελικά με το γεγονός, ότι επενδύσεις σε μεγάλα έργα δικτυακών υποδομών, με μεγάλο χρονικό ορίζοντα απόσβεσης της επένδυσης, δεν είναι θελκτικές για το ιδιωτικό κεφάλαιο και μπορούν μόνο να προέλθουν από δημόσιες επενδύσεις. Στο πλαίσιο αυτό εκφράζουν τα τελευταία χρόνια προθυμία να

χρηματοδοτήσουν σχέδια υλοποίησης δικτύων FTTH, που βασίζονται σε συμπράξεις μεταξύ του ευρύτερου δημόσιου τομέα και ιδιωτικών εταιριών, υπό την προϋπόθεση ότι υποστηρίζονται από επαρκή επιχειρησιακά σχέδια, [6].

Αποτέλεσμα όλων αυτών είναι να αυξηθεί η σύγχυση στα τρέχοντα επιχειρησιακά σχέδια των τηλεπικοινωνιακών εταιριών για περαιτέρω ανάπτυξη της ευρυζωνικότητας. Η προσέγγιση των περισσότερων κυρίαρχων τηλεπικοινωνιακών παρόχων ως προς το FTTH είναι συνήθως περισσότερο συντηρητική. Έχοντας ξεπεράσει τις πρώτες δυσκολίες από την ιδιωτικοποίηση, αντιλαμβάνονται την ευρυζωνικότητα μέσω DSL, σαν μια νέα, δυναμική, πρόσφορη μεν αλλά φθίνουσα, πηγή εσόδων, αλλά ακόμη φέρουν τις πληγές από παλαιότερες αποτυχημένες προσπάθειες για μαζικές υλοποιήσεις FTTx της περιόδου 1990-2000. Παρά ταύτα, όλοι αναγνωρίζουν την ανάγκη για μεγαλύτερη διείσδυση των οπτικών ινών στο δίκτυο πρόσβασης και διαθέτουν τους απαιτούμενους προς τούτο πόρους. Όμως οι περισσότεροι από αυτούς προτιμούν τη βαθμιαία διείσδυση, με πρώτο στάδιο έργα FTTC+VDSL2 και P2MP PON, λόγω του σημαντικά χαμηλότερου κόστους, αξιοποιώντας την υφιστάμενη υποδομή σωληνώσεων και το σχετικά μικρό μήκος των χάλκινων καλωδίων του υποβρόχου.

4. ΑΣΥΡΜΑΤΑ ΔΙΚΤΥΑ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ ΝΕΑΣ ΓΕΝΙΑΣ

4.1 Ασύρματα Δίκτυα Πρόσβασης: WLANs και Wifi

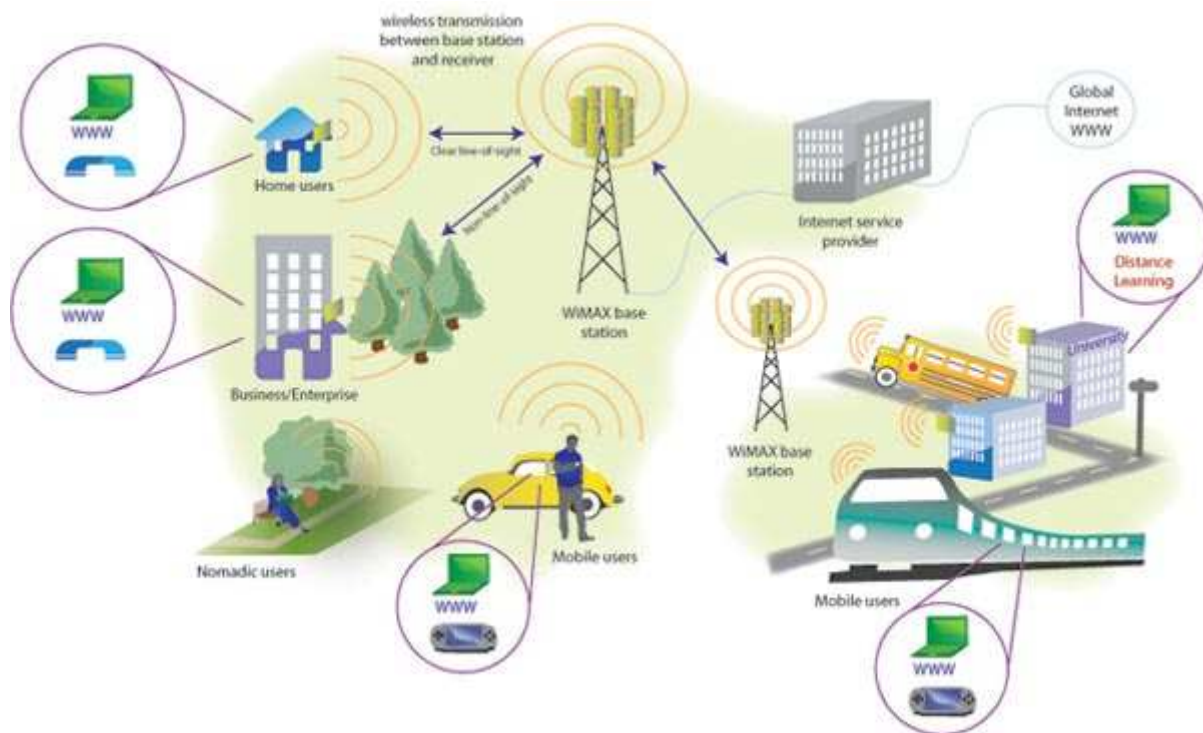
Τα WLANs (World Local Access Networks) είναι ασύρματα τοπικά δίκτυα όπου μεταδίδουν δεδομένα μέσω ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων. Η πιο διαδεδομένη ασύρματη σύνδεση είναι η επανομαζόμενη WiFi (Wireless Fidelity) δηλαδή Ασύρματη Πιστότητα. Οι ασύρματες και κινητές συσκευές συνδέονται μέσω αυτών των κυμάτων με ένα σταθερό και ενσύρματο σημείο πρόσβασης (access point). Έτσι όλες αυτές οι συσκευές διαμοιράζονται μια ευρυζωνική πρόσβαση, άρα και την ταχύτητα της, αρκεί να βρίσκονται εντός των 100 μέτρων όπου είναι και η ακτίνα δράσης αυτών των δικτύων. Για να επιμηκύνουμε αυτή την εμβέλεια χρησιμοποιούμε Repeaters, συσκευές δηλαδή που αναμεταδίδουν το προσλαμβανόμενα σήμα. Μια τυπική ανάπτυξη ενός WiFi δικτύου εμφανίζεται στην ακόλουθη εικόνα.



Εικόνα 17: Δίκτυο Wifi, [46].

4.2 Ασύρματα Δίκτυα Πρόσβασης: Local Multipoint Distribution System (LMDS)

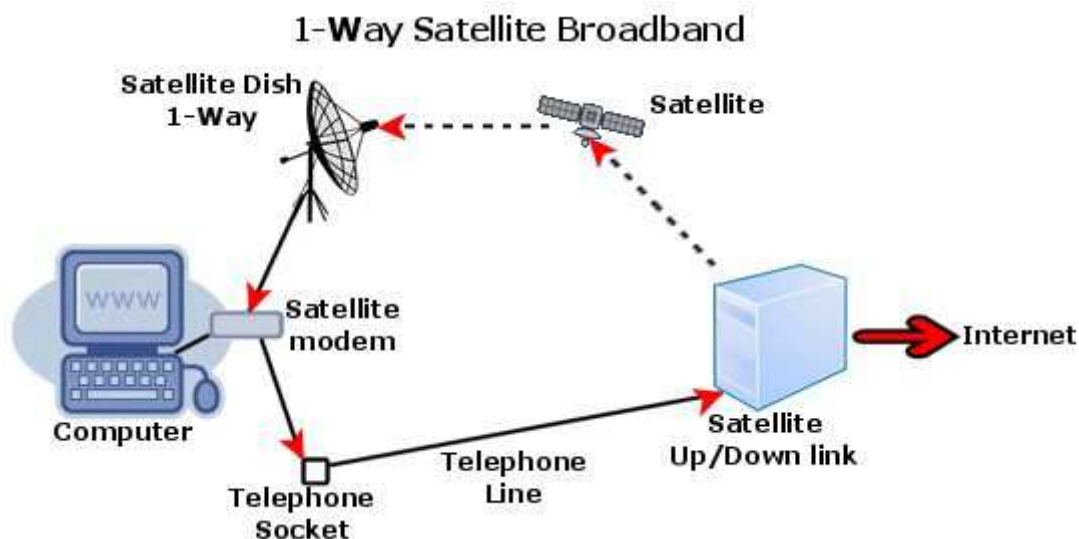
Ένας άλλος τρόπος μετάδοσης φωνής, δεδομένων, τηλεοπτικών υπηρεσιών και υπηρεσιών διαδικτύου χωρίς την χρήση σταθερού μέσου μεταφοράς προς τους τελικούς χρήστες είναι το LMDS. Πρόκειται για μικροκυματική μετάδοση από κεντρική κεραία προς τερματικούς χρήστες με χρήση συχνοτήτων μεγαλύτερων των 25 GHz. Στηρίζεται στην ευρυζωνική τεχνολογία και οι ταχύτητες που επιταχύνονται φτάνουν τα 1,5 Gbps για το download και τα 200Mbps στο upload. Μια μορφή των LMDS είναι και το WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) όπου επιτρέπει την ασύρματη ευρυζωνική πρόσβαση στους τελικούς χρήστες με την αρχιτεκτονική του point to multipoint, δηλαδή μία κεραία για πολλούς χρήστες, αλλά έχει την δυνατότητα του point to point, δηλαδή την χρήση του ως δικτύου κορμού για διασύνδεση άλλων σημείων. Στην επόμενη εικόνα εμφανίζεται ένα δίκτυο WiMAX με όλες τις πιθανές χρήσεις, [23].



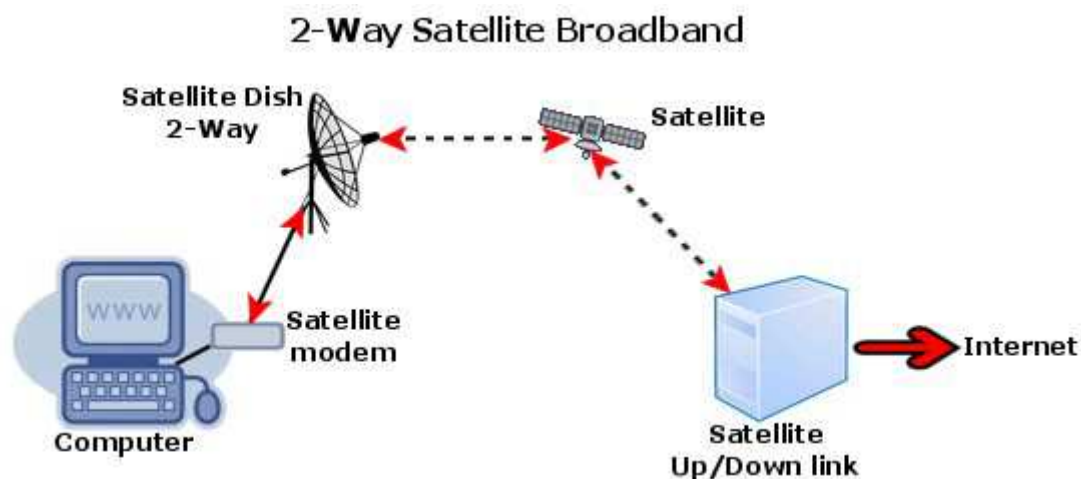
Εικόνα 18: Δίκτυο WIMAX, [47].

4.3 Ασύρματα Δίκτυα Πρόσβασης: Δορυφορική ευρυζωνική πρόσβαση

Η χρήση των δορυφόρων είναι η πιο ενδεδειγμένη πρόσβαση σε σημεία όπου αδυνατούμε να παρέχουμε ενσύρματη σύνδεση λόγω δυσπρόσιτου σημείου ή ασύμφορης επένδυσης. Η σύνδεση αυτή επιτυγχάνεται με την χρήση δορυφορικού πιάτου και υπάρχουν οι επιλογές για αμφίδρομη και μονόδρομη επικοινωνία μέχρι της ταχύτητας των 19 Mbps για το download. Στα πλεονεκτήματα αυτής της πρόσβασης συγκαταλέγεται η δυνατότητα διάθεσης της υπηρεσίας σε όλα τα γεωγραφικά σημεία χωρίς την ανάπτυξη υποδομών, ενώ στα μειονεκτήματα πρέπει οπωσδήποτε να αναφερθεί το υψηλό κόστος κτίσης και χρήσης από τους καταναλωτές όπως και στο περιορισμό της τελικής ταχύτητας προς τους χρήστες καθώς και την δυσλειτουργία κατά την διάρκεια έντονων καιρικών φαινομένων όπως η συνεχής βροχόπτωση, [24], [14].



Εικόνα 19: Μονόδρομη ευρυζωνική πρόσβαση, [48].



Εικόνα 20: Αμφίδρομη ευρυζωνική πρόσβαση, [48].

4.4 Ταξινόμηση Κυβελωτών Τεχνολογιών σε Γενεές

Οι κυβελωτές τεχνολογίες έχουν επικρατήσει έναντι οποιαδήποτε άλλης τεχνολογίας, τα τελευταία 20 χρόνια σε όλο τον κόσμο. Ο λόγος της επικράτησής του αυτής είναι η ευκολία που παρουσιάζουν στη χρήση τους από συνδρομητές που δε χρειάζεται να έχουν συγκεκριμένες γνώσεις αλλά και του χαμηλού κόστους των τερματικών συσκευών και του αντίστοιχου δικτύου υποδομής τους.

Τα δίκτυα αυτά ξεκίνησαν από απλά δίκτυα μεταγωγής κυκλώματος, με μοναδικές υπηρεσίες τις κλήσεις φωνής και την αποστολή μηνυμάτων κειμένου (SMS). Με την πάροδο των ετών, οι τεχνολογίες αυτές εξελίχθηκαν, λαμβάνοντας διάφορες ονομασίες που περιγράφονται στη συνέχεια. Το κύριο αντικείμενο εξέλιξης στις τεχνολογίες αυτές είναι ο ρυθμός μετάδοσης των δεδομένων (throughput), το οποίο αυξάνεται συνεχώς και μάλιστα σε εκθετικούς ρυθμούς.

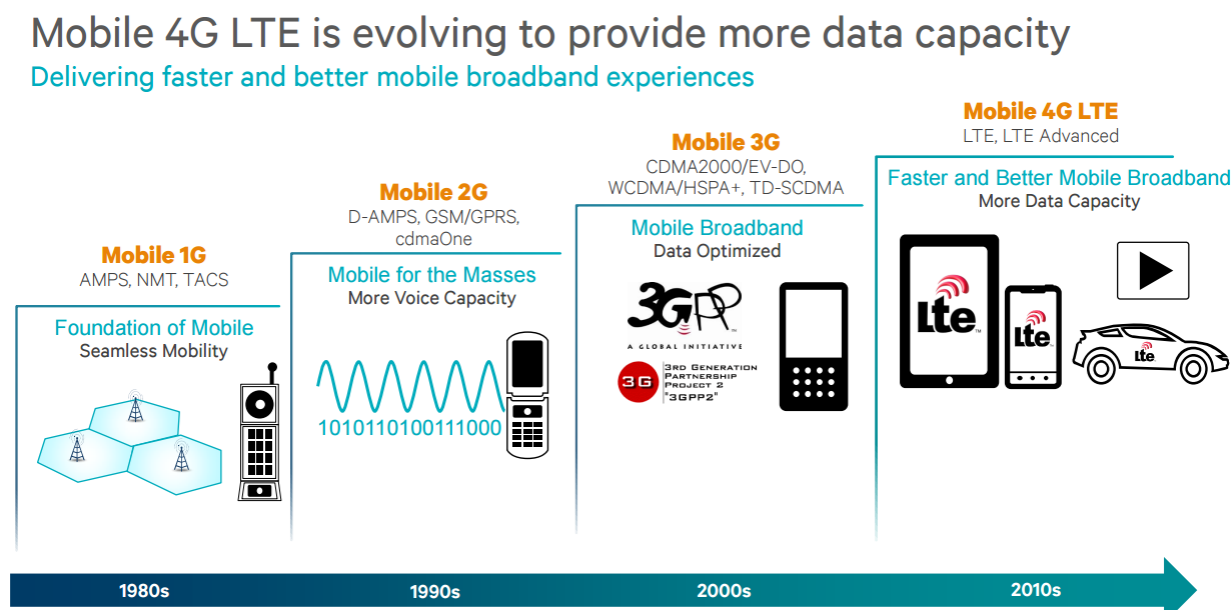
Οι κυβελωτές τεχνολογίες έγιναν γνωστές τη δεκαετία του '90 από τα δίκτυα 2G, τα οποία χρησιμοποίησαν την αρχιτεκτονική του GSM και υποστήριζαν μόνο κλήσεις φωνής και αποστολή μηνυμάτων. Τα δίκτυα αυτά ήταν βασισμένα αποκλειστικά στη μεταγωγή κυκλώματος, το οποίο σημαίνει ότι σε όλη τη διάρκεια της κλήσης, ένα «κανάλι» ήταν αποκλειστικά δεσμευμένο από το δίκτυο για τους συνδρομητές που είχαν τη συνομιλία. Πολύ σημαντικό και καινοτόμο (για την εποχή) στοιχείο τους ήταν η «ελευθερία κίνησης» των συνδρομητών, καθώς το δίκτυο είχε τη δυνατότητα μεταπομπών, δηλαδή αλλαγή της κεραίας εξυπηρέτησης, κάτι που επέτρεπε στο χρήστη να συνεχίζει τη συνομιλία του όσο εκείνος κινείται. Επίσης, ήταν αξιοσημείωτο για την εποχή η μικρή για την εποχή τερματική συσκευή που έπρεπε να διαθέτουν οι συνδρομητές, καθώς καθιστούσε την υπηρεσία πραγματικά «φορητή». Ενδεικτικά θα αναφέρουμε ότι ο ρυθμός μετάδοσης στα δίκτυα αυτά ήταν το πολύ έως 64 Kbps. Τα δίκτυα αυτά αναβαθμίστηκαν ελαφρώς στη δεκαετία αυτή με τη χρήση της τεχνολογίας EDGE, που επέτρεπε λίγο ταχύτερους ρυθμούς μετάδοσης. Οι χρήστες έχουν πλέον τη δυνατότητα πρόσβασης σε απλές ιστοσελίδες κειμένου, οι οποίες ονομάζονται WAP, ενώ ο μέγιστος ρυθμός πρόσβασης έφτανε τα 384 Mbps.

Στα τέλη της δεκαετίας του '90, έγινε πιο διαδεδομένη η χρήση του internet, με αποτέλεσμα αυτό να έχει άμεσο αντίκτυπο και στις κυβελωτές τεχνολογίες. Όλο και περισσότεροι συνδρομητές ήθελαν να κάνουν τις βασικές ανάγκες διαδικτύου και μέσα από το κινητό τους τηλέφωνο, κάτι το οποίο ώθησε τις εταιρείες κατασκευής τερματικών συσκευών να μικρύνουν κι άλλο το μέγεθος των κινητών τηλεφώνων, καθιστώντας τα ακόμα πιο εύκολα στη χρήση και τη μεταφορά τους. Τόσο οι υπάρχουσες όσο και οι νέες (διαδικτυακές) τεχνολογίες αναβαθμίστηκαν από τα δίκτυα 3G, τα οποία

χρησιμοποιούν την αρχιτεκτονική του UMTS και βασίζονται και στη μεταγωγή κυκλώματος (για κλήσεις φωνής) αλλά και στη μεταγωγή πακέτων. Με τη χρήση της τεχνολογίας αυτής, το κανάλι που διαθέτει ένας συνδρομητής χρησιμοποιείται μόνο ενόσω εκείνος στέλνει ή λαμβάνει δεδομένα, ενώ για όλη την υπόλοιπη διάρκεια είναι διαθέσιμο στο δίκτυο. Με την πάροδο των ετών, οι ταχύτητες των δικτύων 3ης γενιάς ολοένα και αυξάνονται, καθώς χρησιμοποιούνται τεχνικές που αξιοποιούν καλύτερα το διαθέσιμο φάσμα κάθε εταιρείας κινητής τηλεφωνίας, με αποτέλεσμα να φτάσουμε σήμερα στα δίκτυα HSPA+ με ταχύτητες που αγγίζουν τα 63 Mbps στη βέλτιστη περίπτωση.

Είναι δηλαδή φανερό, ότι η ανάγκη για πρόσβαση στο διαδίκτυο μέσω του κινητού τηλεφώνου γίνεται όλο και περισσότερο η «υπηρεσία» που αναζητούν οι περισσότεροι συνδρομητές. Από τη δεκαετία του 2010 και μετά, πολλοί συνδρομητές αντικαθιστούν τους φορητούς υπολογιστές τους με ένα «έξυπνο τηλέφωνο», το οποίο είναι εύκολα αντιληπτό ότι έχει ανάγκη για αρκετά μεγαλύτερες ταχύτητες δεδομένων, ώστε να μπορέσει να αντεπεξέλθει στις ανάγκες των συνδρομητών. Η προβολή βίντεο μέσω streaming, οι (βίντεο)κλήσεις, η ανταλλαγή μεγάλων αρχείων και το cloud computing είναι μερικές από τις βασικές υπηρεσίες που επέβαλλαν την αναβάθμιση των ταχυτήτων στα κυψελωτά δίκτυα. Η αναβάθμιση αυτή ήρθε με τα δίκτυα 4ης γενιάς, τα οποία ονομάστηκαν δίκτυα LTE και LTE Advanced και διαθέτουν ταχύτητες ως και 300 Mbps. Τα δίκτυα αυτά όσον αφορά την πρόσβαση στο διαδίκτυο χρησιμοποιούν μεταγωγή πακέτων μόνο, αλλά όταν πρόκειται για κλήσεις φωνής κάνουν αυτόματα μεταπομπή σε δίκτυα 3G ή 2G, και πιθανόν όπως προαναφέρθηκε στα δίκτυα αυτά να χρησιμοποιείται μεταγωγή κυκλώματος.

Η πορεία αυτή της ανάπτυξης, αλλά και η ταξινόμηση των κυψελωτών δικτύων σε γενιές, είναι φανερή στην ακόλουθη εικόνα:



Εικόνα 21: Ταξινόμηση κυψελωτών δικτύων σε γενιές

Όπως φαίνεται, η πορεία εξέλιξης των κυψελωτών δικτύων έχει συνεχή πορεία από την πρώτη στιγμή της δημιουργίας τους και είναι σίγουρο ότι στα επόμενα χρόνια θα έχουμε ακόμα μεγαλύτερες ταχύτητες πρόσβασης στο διαδίκτυο. Επίσης, οι υπηρεσίες έχουν την τάση να χρησιμοποιούν αποκλειστικά τη μεταγωγή πακέτων, καθώς αυτή επιτρέπει την καλύτερη αξιοποίηση των πόρων του συστήματος. Η αποκλειστικότητα αυτή θα επιτευχθεί όταν χρησιμοποιούνται τεχνολογίες VoIP στις κλήσεις φωνής, ώστε να μη χρειάζεται η αυτόματη μεταπομπή σε παλαιότερα συστήματα για τις συγκεκριμένες

Μετάβαση από τα δίκτυα χαλκού σε δίκτυα πρόσβασης νέας γενιάς

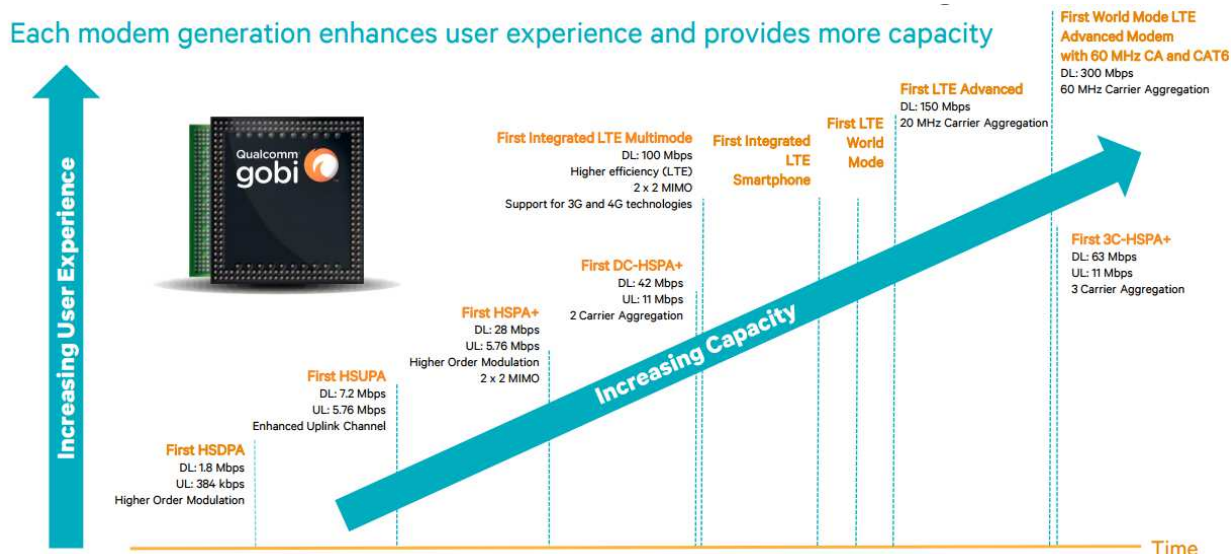
υπηρεσίες. Κάτι τέτοιο έχει ήδη εφαρμοστεί ευρέως με διάφορες αντίστοιχες εφαρμογές, όπως Skype, Viber, WhatsApp, κτλ.

Ο ακόλουθος πίνακας περιέχει σε συντομία την ταξινόμηση των κυψελωτών τεχνολογιών σε γενεές.

Πίνακας 1: Ταξινόμηση των κυψελωτών τεχνολογιών σε γενεές

Τεχνολογία	Γενιά	Περίοδος Δημιουργίας	Βασικές Καινοτομίες
GSM	2η	1990	Κλήσεις φωνής και αποστολή μηνυμάτων από φορητές συσκευές
EDGE	2η	1995	Απλά μετάδοση δεδομένων με μέγιστο ρυθμό τα 384 Kbps
WCDMA	3η	2000	Βιντεοκλήσεις, πιο γρήγοροι ρυθμοί μετάδοσης με μέγιστο ρυθμό τα 12 Mbps
HSPA	3η	2005	Μουσική μέσω streaming, αυξημένη χρήση διαδικτύου με μέγιστο ρυθμό τα 40 Mbps
HSPA+	3η	2008	Βίντεο μέσω streaming, κλήσεις φωνής μέσω VoIP με μέγιστο ρυθμό τα 64 Mbps
LTE	4η	2010	Βίντεο υψηλής ευκρίνειας με μέγιστο ρυθμό μετάδοσης τα 100 Mbps
LTE Advanced	4η	2015	Οι ανάγκες ταχύτητας διαδικτύου ενός υπολογιστή, μεταφέρονται στις κινητές συσκευές. Ο μέγιστος ρυθμός φτάνει τα 300 Mbps.

Αντίστοιχα, η ακόλουθη εικόνα δείχνει την αύξηση των ταχυτήτων μετάδοσης ανάλογα με την τεχνολογία κατά την πάροδο των ετών. Το διάγραμμα δείχνει μόνο τις τεχνολογίες 3ης και 4ης γενιάς, καθώς συγκριτικά με τις ταχύτητες 2ης γενιάς οι ταχύτητες αυτές είναι σαφώς μεγαλύτερες και εκτός συναγωνισμού, [49].



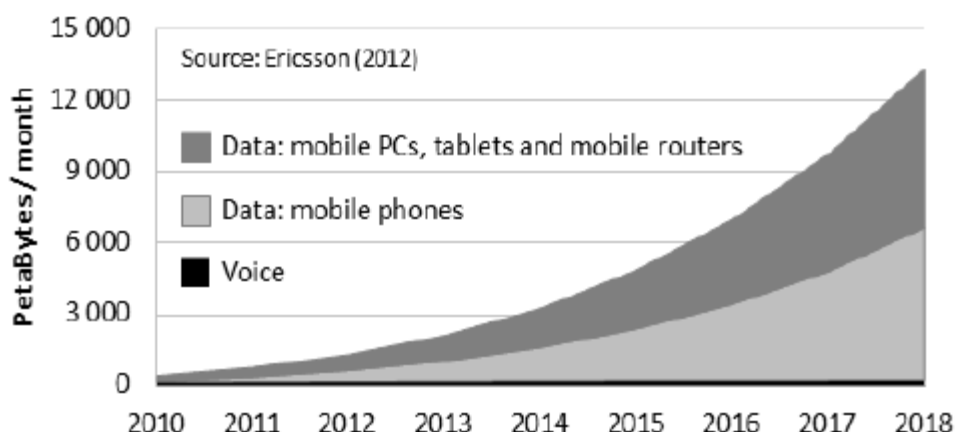
Εικόνα 22: Αύξηση ταχυτήτων μετάδοσης ανάλογα με την τεχνολογία.

4.5 Περιπτώσεις Πράσινων NGN

4.5.1 Πράσινα Δίκτυα 5G

Τα κινητά στο μέλλον θα πρέπει να αντιμετωπίσουν απέραντα τις διαφορετικές προκλήσεις και προσδοκίες απ' ό,τι σήμερα. Οι τρέχουσες 3G και 4G τεχνολογίες τέτοιες όπως η High Speed Packet Access (HSPA) και Long Term Evolution (LTE) θα εξελιχθούν σε εκείνη την κατεύθυνση, αλλά υπάρχει επίσης ξεκίνημα πρωτοβουλιών που εστιάζει σε νέες 5G τεχνολογίες. Ένα παράδειγμα είναι το EU-funded FP7 πρόγραμμα METIS, σε βιομηχανικό επίπεδο κοινοπραξίας με στόχο να εξερευνήσει κινητούς και ασύρματους ενεργοποιητές για την κοινωνία των πληροφοριών του 2020. Μία από τις μεγάλες προκλήσεις είναι να καλυφθούν οι μελλοντικές απαιτήσεις και προσδοκίες με έναν προσιτό και βιώσιμο τρόπο. Η χαμηλή κατανάλωση ενέργειας είναι το κλειδί για να επιτύχει αυτό. Ήδη σήμερα, ο ενεργειακός λογαριασμός του κινητού χειριστή είναι ένα αυξανόμενο μέρος του OPEX (Operation Expenditure – λειτουργικές δαπάνες) και με τις μελλοντικές απαιτήσεις και προσδοκίες υπάρχει ένας σαφής κίνδυνος ότι αυτό μπορεί να αυξηθεί ακόμα περαιτέρω εάν δεν γίνεται τίποτα. Αυτό είναι επίσης σημαντικό από μια προοπτική ικανότητας υποστήριξης ακόμα και αν οι κινητές επικοινωνίες σήμερα μόνο συμβάλλουν σε ένα μέρος επί τοις εκατό του σφαιρικού ίχνους του CO₂, αυτό είναι σημαντικό να διατηρήσει ή ακόμα και να μειώσει αυτό στο μέλλον. Ως εκ τούτου, η χαμηλή κατανάλωση ενέργειας είναι ένας σημαντικός στόχος σχεδίου για κινητά συστήματα επικοινωνιών στο μέλλον. Το 5Green είναι μία προσπάθεια από κοινού των συνεργατών που συνδέονται στενά με το πρόγραμμα METIS που αντιπροσωπεύει την προοπτική προμηθευτή τηλεπικοινωνιών, την κινητή άποψη χειριστών και ακαδημαϊκά και οδηγούμενα όργανα. Το 5Green θα εστιάσει συγκεκριμένα στις προοπτικές ενεργειακής αποδοτικότητας 5G των κινητών δικτύων και ως εκ τούτου θα συμβάλει σημαντικά στον σημαντικό στόχο σχεδίου χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας, [4], [25].

Σήμερα, υπάρχουν πάνω από 2 δισεκατομμύρια συνδρομητές παγκοσμίως από κινητή ευρεία ζώνη, ένας αριθμός που έχει αυξηθεί κατά 40% ετησίως κατά την διάρκεια των τελευταίων έξι ετών, που κάνουν την κινητή ευρεία ζώνη την δυναμικότερη αγορά σε ολόκληρο τον τομέα των ICT. Επιπλέον, οι προοπτικές προβλέπουν ότι οι όγκοι κυκλοφορίας στοιχείων θα δοκιμάσουν μία εκθετική αύξηση κατά τα επόμενα χρόνια, όπως διευκρινίζεται στην εικόνα:



Εικόνα 23: Επανάσταση της κινητής κίνησης δεδομένων ανά μήνα μέχρι το 2018.

Μπορεί δηλαδή να δειχθεί ότι τα στοιχεία όγκου κυκλοφορίας αναμένεται να αυξηθούν περίπου 10 φορές μεταξύ το 2012 και το 2018. Από την παρέκταση αυτού, κάποιος εύκολα συνειδητοποιεί ότι αρκετά εκατονταπλάσια ή ακόμα και χιλιαπλάσια αύξηση μπορεί να αναμένεται κάπου πέρα από το 2020. Αυτό συμφωνεί καλά με άλλες προβλέψεις. Πχ., προβλέπει ότι τα ποσοστά στοιχείων ανά χρηστών αναμένονται να

αυξηθούν από έναν παράγοντα μέχρι 50-100, από την άλλη πλευρά η πυκνότητα των κινητών χρηστών διαδικτύου αναμένεται να αυξηθεί από έναν παράγοντα μέχρι 10, υπαινίχοντας έναν παράγοντα 1000x ικανότητας απαίτησης στο 2020 πλαίσιο χρόνου.

Ως εκ τούτου, είναι προφανές ότι τα κινητά συστήματα στο μέλλον χρειάζεται να είναι σε θέση να σερβίρουν σημαντικά περισσότερη ικανότητα από σήμερα. Αυτή η τάση είναι σημαντική επίσης από μια προοπτική πράσινου σχεδίου, μιας και η κινητή εξέλιξη δικτύων (πρόσθετη επέκταση του εξοπλισμού κληρονομιών 2G-3G-4G και εγκατάσταση της νέας και αποδοτικής 5G τεχνολογίας) θα έπρεπε να εκτελεσθεί αποφεύγοντας τον κίνδυνο μίας αδικαιολόγητης υπερβολικής τροφοδότησης του δικτύου που σε αυτό το σενάριο θα γίνει όλο και περισσότερο μη-αποδεκτό από την άποψη των δαπανών. Στην πραγματικότητα μέχρι τώρα, τα κινητά δίκτυα διαστασιολογήθηκαν με το να λάβουν υπόψη την ικανότητα αιχμής. Με αυτή την προσέγγιση, το εκθετικό ποσοστό ανάπτυξης, θα υπονοήσει μια δαπανηρή επέκταση δικτύων. Αντ' αυτού, τα εξελιγμένα κινητά δίκτυα θα πρέπει να ικανοποιήσουν την αυξανόμενη ζήτηση κυκλοφορίας από μία εύκαμπτη διαθεσιμότητα της ικανότητας (στον χρόνο και στον χώρο) προκειμένου να υποστηρίξουν την ανάπτυξη ποσοστού στοιχείων που έχει παρατηρηθεί κατά την διάρκεια των τελευταίων δεκαετιών, [19], [26].

4.5.2 Πράσινη Wifi Τεχνολογία

Η πράσινη Wifi τεχνολογία δεσμεύεται να παρέχει ηλιακή ενεργειακή πρόσβαση στις παγκόσμιες πληροφορίες και εκπαιδευτικό υλικό για την ανάπτυξη των περιφερειών και απομακρυσμένων περιοχών. Η πράσινη Wifi τεχνολογία ιδρύθηκε με την αρχή ότι η ευημερία του σύγχρονου κόσμου εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό στην ανοικτή πρόσβαση στην πληροφορία. Αυτός είναι ο λόγος που η πράσινη Wifi βασίζεται σε τεχνολογίες που αξιοποιούν τα χαμηλά στοιχεία του κόστους, τις τελευταίες εξελίξεις στην τεχνολογία ηλιακής ενέργειας, λογισμικό ανοικτού και πηγαίου κώδικα για να παραδώσει ένα αυτόνομο στη διατήρηση πλέγμα που είναι οικονομικά αποδοτικό και εύκολο στην εγκατάσταση. Η πράσινη Wifi τεχνολογία μπορεί να βοηθήσει σημαντικά στην αντιμετώπιση του ψηφιακού χάσματος παρέχοντας πρόσβαση στο internet σε περιοχές που αντιμετωπίζουν πρόβλημα εύρεσης ενέργειας. Το συγκεκριμένο Wi-Fi Spot όσο αναφορά τις ενεργειακές του ανάγκες βασίζεται πλήρως σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας που προέρχονται από την ηλιακή ενέργεια. Το μόνο που απαιτείται είναι μια ενιαία πηγή της ευρυζωνικής πρόσβασης. Οι πράσινοι κόμβοι Wi-Fi μπορούν στη συνέχεια να αναπτυχθούν στις στέγες κτιρίων έτσι ώστε να σχηματίσουν ένα αυτό-ιάσιμο δίκτυο. Επειδή αυτοί οι κόμβοι δεν απαιτούν μόνιμη εγκατάσταση ή την ισχύ, μπορούν να αποτελέσουν ένα κινητό δίκτυο που μπορεί να αυξηθεί ή να μετεγκατασταθεί ανάλογα τις απαιτήσεις των χρηστών. Η πράσινη Wi-Fi τεχνολογία έχει ως στόχο να συμπληρώσει και να επεκτείνει τις προσπάθειες πολλών οργανισμών που παρέχουν προσιτούς υπολογιστές και πρόσβαση στο internet σε περιοχές που παρουσιάζουν έλλειψη ηλεκτρικής ενέργειας, [27].



Εικόνα 24: Πράσινη Wifi τεχνολογία.

4.5.3 Πράσινη GSMA τεχνολογία

Η πράσινη GSMA τεχνολογία έχει ως στόχο να βοηθήσει τον κλάδο των τηλεπικοινωνιών και πιο συγκεκριμένα το κλάδο της κινητής τηλεφωνίας με τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως ηλιακή, αιολική ή τα βιοκαύσιμα να καλύψει τις ενεργειακές της ανάγκες. Οι πρόσφατες τεχνολογικές βελτιώσεις και η μείωση του κόστους με πράσινες λύσεις έχουν κάνει αυτή την εναλλακτική λύση περισσότερο ελκυστική. Σε συνδυασμό με τα περιβαλλοντικά οφέλη από τη μείωση της χρήσης πετρελαίου και στις συνακόλουθες εκπομπές, οι πράσινες λύσεις προσφέρουν μια πολλά υποσχόμενη ευκαιρία για τους φορείς εκμετάλλευσης.

Η πράσινη ενέργεια έχει καθιερωθεί για την προώθηση της χρήσης της στις τηλεπικοινωνίες με δύο εμπορικούς στόχους:

- Η επέκταση των κινητών δικτύων σε περιοχές που σήμερα δεν υπάρχει κάλυψη.
- Η συστηματική μείωση της εξάρτησης από την κατανάλωση πετρελαίου από τους φορείς εκμετάλλευσης.

Η GSMA εκπροσωπεί τα συμφέροντα της παγκόσμιας βιομηχανίας κινητών επικοινωνιών. Επίσης, η GSMA επικεντρώνεται στην καινοτομία και δημιουργώντας νέες ευκαιρίες για τη συμμετοχή της. Όλα με απώτερο στόχο την οδήγηση την ανάπτυξη του κλάδου των κινητών επικοινωνιών, [25], [28].

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΥΛΟΠΟΙΗΣΕΙΣ ΔΙΚΤΥΩΝ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ

Τα δίκτυα επόμενων γενεών βασίζονται εξ' ολοκλήρου σε σύγχρονες τεχνολογίες που έχουν σαν στόχο τη συνεργασία διαφορετικών συσκευών. Προαπαιτούμενο για τη σωστή συνεργασία των διαφορετικών αυτών τεχνολογιών είναι οι υψηλές ταχύτητες μετάδοσης δεδομένων. Επιπλέον, οι ηλεκτρονικές επικοινωνίες αποτελούν την κινητήρια δύναμη για την ανάπτυξη, την παραγωγικότητα και τη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας. Η ανάπτυξη των δικτύων πρόσβασης επόμενης γενιάς (NGA), που παρέχουν νέες ευρυζωνικές υπηρεσίες υψηλών ταχυτήτων μέσω ενσύρματων, ασύρματων, δορυφορικών και κινητών τεχνολογιών, θα μπορούσε να δημιουργήσει χιλιάδες νέες θέσεις εργασίας στην Ευρώπη και να εκτινάξει την σχετική με την ευρυζωνικότητα οικονομική δραστηριότητα. Τα δίκτυα νέας γενιάς (NGN) θα οδηγήσουν σε μία πληθώρα καινοτόμων υπηρεσιών, σε πάρα πολλούς τομείς με πολλαπλά οφέλη λόγω μεγαλύτερης αποτελεσματικότητας, αλλά και τη δημιουργία μιας νέας βιομηχανίας υπηρεσιών βασισμένης στο διαδίκτυο.

Τα δίκτυα επόμενων γενεών βασίζονται στην ευρυζωνικότητα και στα δίκτυα πρόσβασης επόμενης γενιάς τα οποία με τη σειρά τους βασίζονται στις οπτικές ίνες. Μερικά από τα πλεονεκτήματα που προσφέρουν τα δίκτυα οπτικών ινών είναι το χαμηλό κόστος, καθώς η δημιουργία ενός καλωδίου οπτικών ινών είναι πιο συμφέρουσα οικονομικά, σε σχέση με ένα χάλκινο καλώδιο ίδιας απόστασης και δυνατοτήτων. Επιπλέον, το υψηλό bandwidth, το οποίο ξεπερνά κατά εκατοντάδες φορές αυτό ενός κοινού καλωδίου. Επίσης, παρουσιάζεται μικρή εξασθένηση του σήματος, χάρη στην υψηλή ποιότητα του γυαλιού που χρησιμοποιείται ως μέσο μετάδοσης καθώς και μικρές απαιτήσεις σε ενέργεια. Από την άλλη μεριά η πράσινη τεχνολογία μπορεί να προσφέρει ευκαιρίες για την επίλυση προβλημάτων σε πολλούς τομείς της καθημερινότητας. Μπορεί να βελτιώσει την ποιότητα ζωής των πολιτών, παράλληλα με την μείωση της ρύπανσης. Τα Δίκτυα Πρόσβασης Νέας Γενιάς καθώς και τα Δίκτυα Επόμενων Γενεών είναι αποδεδειγμένα ο πρόδρομος για ότι πρόκειται να ακολουθήσει. Είναι από την φύση τους λιγότερο ενεργοβόρα, ενώ η χρήση τους σε διάφορες εφαρμογές μπορεί να έχει ευεργετικά αποτελέσματα στην κατεύθυνση της πράσινης ανάπτυξης.

Το μέλλον της ανάπτυξης των δικτύων πρόσβασης οπτικών ινών βρίσκεται στο κομμάτι των τελικών χρηστών. Αυτό τονώνει αναμφίβολα το ενδιαφέρον για νέες ευρυζωνικές υπηρεσίες που θα επωφεληθούν από την υψηλή ταχύτητα πρόσβασης και με τη σειρά τους θα παράγουν ζήτηση για περισσότερο εύρος ζώνης. Δυστυχώς το μεγαλύτερο μέρος της εγκατεστημένης οπτικής ίνας στον κόσμο υπό χρησιμοποιείται λόγω του τελευταίου μιλίου συμφόρησης. Όταν κατορθωθεί να αλλάξει αυτό θα είναι ένα κβαντικό άλμα για την κίνηση του δικτύου, με αποτέλεσμα υψηλής απόδοσης ευρυζωνικά δίκτυα.

Η βασική οικονομική επιδίωξη για ένα δίκτυο FTTx είναι να καταστήσει το οριακό κόστος του bandwidth μηδενικό, με συνέπεια να είναι δυνατή η τιμολόγηση των υπηρεσιών επικοινωνίας όχι με το Mbps αλλά με την χρησιμότητά τους. Σήμερα, όπου οι απαιτήσεις του εύρους ζώνης ποικίλουν, δεν μπορεί κανείς να πει αν τα 50Mbps ή τα 100Mbps ή τα 500Mbps είναι αρκετά ή όχι, οπότε η πρόβλεψη αυτής της ανάγκης για περαιτέρω εξέλιξη είναι ανέφικτη. Ωστόσο, αυτό που θα πρέπει να εξασφαλίσουμε το κόστος που προστίθεται για την κάλυψη αναγκών μεγαλύτερου εύρους ζώνης. Οι ραγδαίες εξελίξεις στην τεχνολογία των οπτικοακουστικών μέσων και η σύγκλιση αυτών στην πλατφόρμα IP δημιουργούν σήμερα την ανάγκη για ένα νέο δίκτυο μεταφοράς πολυμέσων βασισμένο στις οπτικές ίνες (δίκτυα πρόσβασης) τα οποία παρέχουν πλεονεκτήματα κατά τη χρήση τους, όπως υψηλές ταχύτητες μετάδοσης, αξιοπιστία δεδομένων καθώς και χαμηλή κατανάλωση ενέργειας (πράσινα δίκτυα). Το δίκτυο FTTx

είναι μια επένδυση με πολύ βαθύ οικονομικό ορίζοντα (μπορεί και 100 χρόνια) και μια εθνική υποδομή μεγάλης οικονομικής σημασίας, εφάμιλλη του εθνικού οδικού δικτύου και το δικτύου μεταφοράς ενέργειας. Παρά το αρχικό κόστος υλοποίησης, η απόσβεση κερδών που θα αποφέρει μελλοντικά είναι μεγάλη. Είναι επιτακτική ανάγκη ειδικά για τη χώρα μας να αναπτύξει με γρήγορους ρυθμούς αυτές τις εθνικές υποδομές πάνω στις οποίες βασίζεται σε μεγάλο βαθμό η οικονομική ανάπτυξη, αλλά και να τις κάνει προσβάσιμες σε όσο το δυνατόν μεγαλύτερο αριθμό οικονομικών μονάδων, [1].

Συμπερασματικά, το μέλλον της ευρυζωνικότητας είναι:

1. Τα οπτικά δίκτυα πρόσβασης

- Fiber To The Cabinet (FTTC) μέχρι την γειτονιά.
- Fiber To The Building (FTTB) μέχρι το κτίριο.
- Fiber To The Home (FTTH) μέχρι το διαμέρισμα / σπίτι.

2. Τα ασύρματα δίκτυα νέας γενιάς (LTE).

Δεν υπάρχει αμφιβολία ότι το μελλοντικό δίκτυο πρόσβασης θα βασίζεται σχεδόν εξ ολοκλήρου στη χρήση οπτικής ίνας, που θα φθάνει τελικά σε κάθε σπίτι. Αυτό που παραμένει ακόμη υπό ισχυρή αμφισβήτηση και συζήτηση, δεν είναι τόσο το τελικό αποτέλεσμα της προοδευτικής εξέλιξης του δικτύου πρόσβασης από χάλκινο σε εξ ολοκλήρου οπτικό, όσο τα εξελικτικά στάδια και η διάρκειά τους, [29].

ΠΙΝΑΚΑΣ ΟΡΟΛΟΓΙΑΣ

Auto-negotiation	Αυτόματη Διαπραγμάτευση
Buffer- jacket	Επίστρωμα
Cable Modem	Ενσύρματο Μόντεμ
Capacity	Χωρητικότητα
Capital Expenditures	Κεφαλαιουχικές Δαπάνες
Cladding	Επένδυση
Core	Πυρήνας
Dense Wave Division Multiplexing	Πολυπλεξία με Διαίρεση Μήκους Κύματος
Digital Subscriber Line	Ψηφιακή Συνδρομητική Γραμμή
Fiber To The Building	Οπτική Ίνα μέχρι το Κτίριο
Fiber To The Business	Οπτική Ίνα μέχρι την Επιχείρηση
Fiber To The Cabinet	Οπτική Ίνα μέχρι την Καμπίνα
Fiber To The Home	Οπτική Ίνα μέχρι το Σπίτι
Fiber To The Last Amplifier	Οπτική Ίνα μέχρι τον Τελευταίο Ενισχυτή
Fiber To The Node or Neighborhood	Οπτική Ίνα μέχρι τον Κόμβο ή τη Γειτονιά
Fiber To The Premises	Οπτική ίνα μέχρι το Όριο Κτίσματος
High Data Rate Digital Subscriber Line	Ψηφιακή Γραμμή Συνδρομητή Υψηλού Ρυθμού Δεδομένων
Hub	Διανομέας
Internet Service Providers	Πάροχοι Διαδικτύου
Last Mile	Τελευταίο Μίλι
Local Loop	Τοπικός Βρόχος
Local Multipoint Distribution System	Τοπικό Δίκτυο Διανομής Πολλών Σημείων
Metropolitan Area Network	Μητροπολιτικά Δίκτυα
Narrow Band	Στενός Εύρος Ζώνης
Operational Expenditures	Λειτουργικές Δαπάνες
Optical Line Termination	Εξοπλισμός Τερματικού Οπτικής Γραμμής
Optical Network Termination	Εξοπλισμός Τερματικού Οπτικού Δικτύου
Passive Optical Splitter	Παθητικός Οπτικός Διαχωριστής
Points Of Presence	Σημεία Παρουσίας
Powerline Digital Subscriber Line	Ψηφιακή Γραμμή Συνδρομητή Γραμμής Ρεύματος
Quality of Service	Ποιότητα Υπηρεσίας
Rate-Adaptive Digital Subscriber Line	Ψηφιακή Γραμμή Συνδρομητή

	Προσαρμόσιμου Ρυθμού Δεδομένων
Regional Area Networks	Περιφερειακά Δίκτυα
Repeater	Επαναλήπτης
Ring	Δακτύλιος
Router	Δρομολογητής
Star	Αστέρας
Throughput	Ρυθμός Μετάδοσης Δεδομένων
Time Division Multiple Access	Πολυπλεξία Διαίρεσης Χρόνου
Token Ring	Δακτύλιος με Σκυτάλη
Virtual Private Network	Εικονικό Ιδιωτικό Δίκτυο
Wide Area Networks	Δίκτυα Ευρείας Περιοχής
World Local Access Networks	Παγκόσμια Τοπικά Δίκτυα Πρόσβασης

ΣΥΝΤΜΗΣΕΙΣ – ΑΡΚΤΙΚΟΛΕΞΑ – ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ

ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Line
CAPEX	Capital Expenditures
CM	Cable Modem
CO	Central Office
DSL	Digital Subscriber Line
DSLAM	Digital Subscriber Line Access Multiplexer
DWDM	Dense Wave Division Multiplexing
FTTB	Fiber To The Building
FTTC	Fiber To The Cabinet
FTTH	Fiber To The Home
FTTLA	Fiber To The Last Amplifier
FTTN	Fiber To The Node or Neighborhood
FTTO	Fiber To The Office
FTTP	Fiber To The Premises
FTTU	Fiber To The User
G.SHDSL	Symmetric High-speed Digital Subscriber Line
HDSL	High Data Rate Digital Subscriber Line
ISDN	Integrated Services Digital Network
ISP	Internet Service Provider
ITU	International Telecommunication Union
LAN	Local Area Network
MAN	Metropolitan Area Network
NGA	Next Generation Access
OLT	Optical Line Termination
ONT	Optical Network Termination
OPEX	Operational Expenditures
PDSL	Powerline Digital Subscriber Line
PON	Passive Optical Network
POPs	Points Of Presence
PSTN	Public Switched Telephone Network
P2P	Point to Point
QoS	Quality of Service
RADSL	Rate-Adaptive Digital Subscriber Line

RAN	Regional Area Networks
SDSL	Symmetric Digital Subscriber Line
STP	Shielded Twisted Pair
Uni-DSL	Uni-DSL
UTP	Unshielded Twisted Pair
VDSL	Very High Speed Digital Subscriber Line
VPN	Virtual Private Network
WAN	Wide Area Networks
WDM	Wavelength Division Multiplexing
TDMA	Time Division Multiple Access
DWDM	Dense Wavelength Division Multiplexing
CWDM	Coarse Wavelength Division Multiplexer
P2MP	Point to Multipoint
WLAN	World Local Access Networks
Wifi	Wireless Fidelity
LMDS	Local Multipoint Distribution System
WiMAX	Worldwide Interoperability for Microwave Access
SMS	Short Message
GSM	Global System for Mobile
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
HSPA	High Speed Packet Access
LTE	Long Term Evolution
VoIP	Voice over Internet Protocol
EDGE	Enhanced Data for GSM Evolution
WCDMA	Wide Band Code Division Multiple Access
NGN	Next Generation Network
ICT	Information Communications Technology
GSMA	Groupe Spéciale Mobile Association
EETT	Εθνική Επιτροπή Τηλεπικοινωνιών και Ταχυδρομείων
ΑΠΤΒ	Αδεσμοποίητη Πρόσβαση στον Τοπικό Βρόχο
DESI	Digital Economy and Society Index
FTTx	Fiber To The x
ONU	Optical Network Unit
HDTV	High Definition Television

Μετάβαση από τα δίκτυα χαλκού σε δίκτυα πρόσβασης νέας γενιάς

TD-SCDMA	Time Division Synchronous Code Division Multiple Access
----------	---

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

Έκθεση της ΕΕΤΤ για την ανάπτυξη της ευρυζωνικότητας στην Ελλάδα το 2015

Η συνεχιζόμενη ανάπτυξη της ευρυζωνικής αγοράς, η ανοδική πορεία σύγκλισης της Ελλάδας με την ΕΕ όσον αφορά την ευρυζωνική διείσδυση, η συνεχιζόμενη ανάπτυξη της ΑΠΤΒ και η χαμηλή άνοδος για το VDSL είναι τα κύρια σημεία για την πορεία της ευρυζωνικότητας στην Ελλάδα για το 2015, σύμφωνα με σχετική έκθεση που δημοσιεύει η ΕΕΤΤ για το δ' τρίμηνο του 2015.

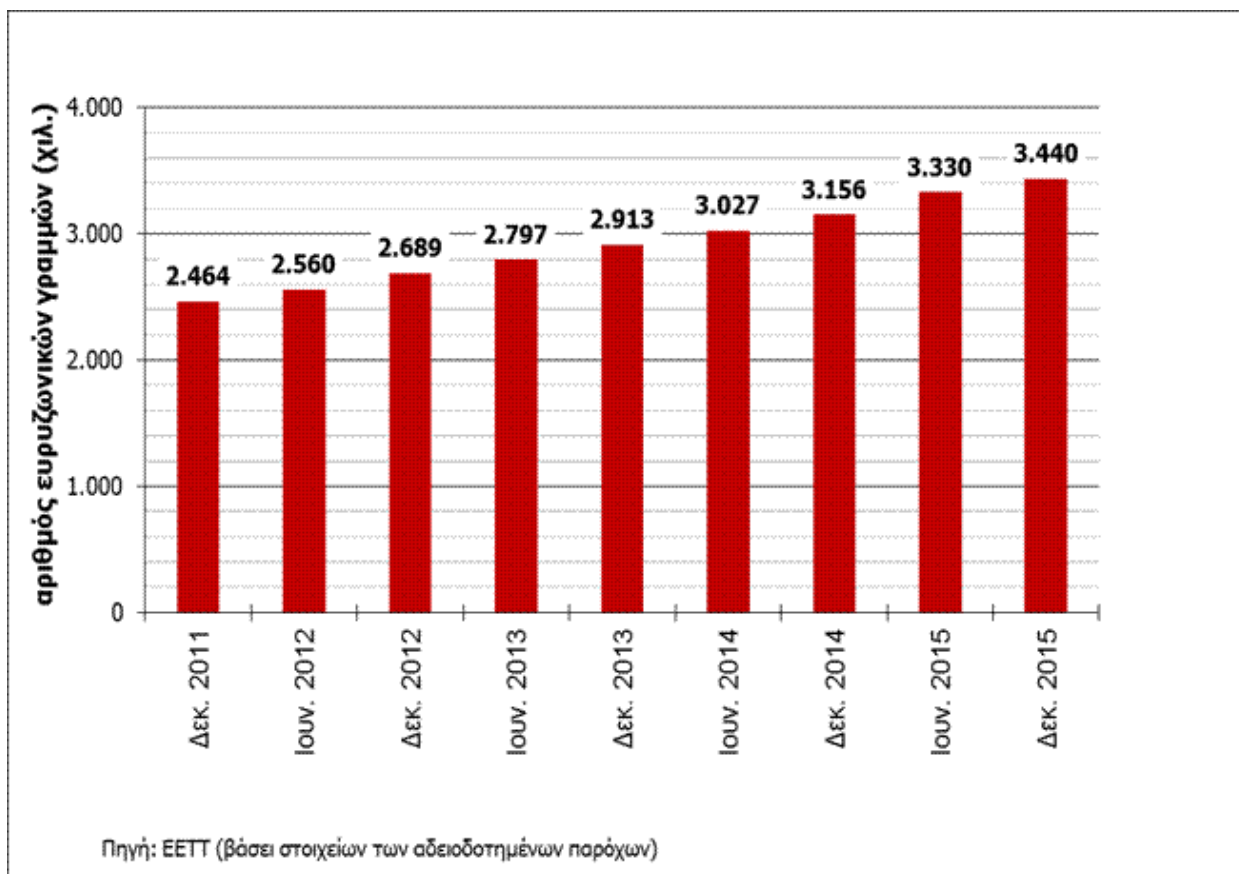
Σύμφωνα με την έκθεση της ΕΕΤΤ και συνολικά για το 2015, βασικά σημεία για την πορεία της ευρυζωνικότητας στην Ελλάδα είναι τα ακόλουθα:

Στο τέλος του 2015, οι ευρυζωνικές συνδέσεις ανήλθαν σε 3.440.018 έναντι 3.156.071 στο τέλος του 2014, σημειώνοντας αύξηση 9% κατά τη διάρκεια του έτους.

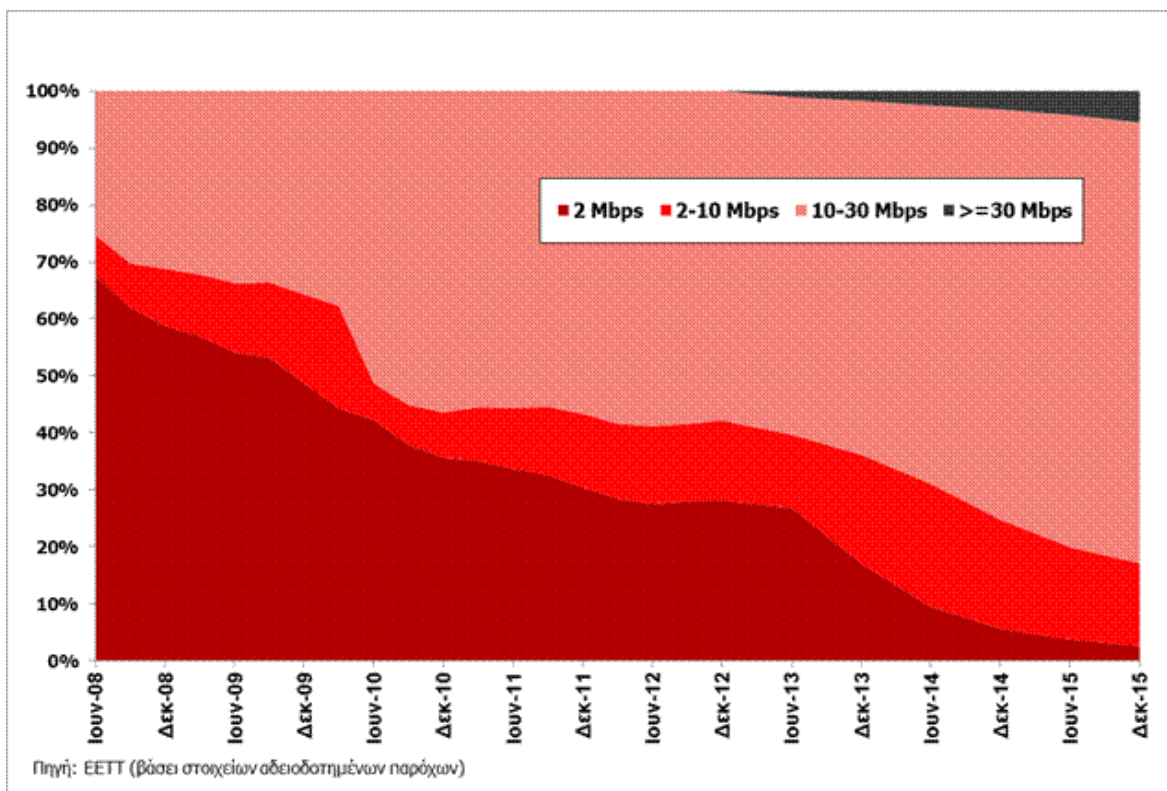
- Η ευρυζωνική διείσδυση στον πληθυσμό έφθασε το 31,68% έναντι 28,7% το 2014.
- Η Ελλάδα στα μέσα του 2015 (τελευταία διαθέσιμα συγκριτικά στοιχεία μεταξύ της Ελλάδας και των υπολοίπων χωρών της Ε.Ε.) κατέλαβε την 11η θέση κατάταξης ανάμεσα στις χώρες της Ε.Ε. συγκριτικά με τη 13η που βρισκόταν το 2014, όσον αφορά την ευρυζωνική διείσδυση, προσεγγίζοντας τον ευρωπαϊκό μέσο όρο (σύμφωνα με στοιχεία του Digital Economy and Society Index (DESI)).
- Η πρόσβαση xDSL μέσω ΑΠΤΒ, το Δεκέμβριο 2015, ανήλθε σε 1.905.700 γραμμές έναντι 1.767.466 το Δεκέμβριο 2014 (ετήσια αύξηση 7,8%).
- Οι γραμμές xDSL λιανικής του ΟΤΕ παρουσίασαν επίσης αύξηση σε απόλυτα μεγέθη, φτάνοντας τις 1.496.866 γραμμές το Δεκέμβριο 2015 έναντι 1.357.878 το Δεκέμβριο 2014.
- Οι γραμμές ADSL ανήλθαν σε 25.970 έναντι 22.483 το Δεκέμβριο 2014.
- Οι γραμμές λοιπών τεχνολογιών παρέμειναν σε χαμηλά επίπεδα με ποσοστό της τάξης του 0,3%.
- Η πλειονότητα των γραμμών (83%) αντιστοιχεί σε ονομαστικές ταχύτητες άνω των 10Mbps. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι γραμμές υψηλών ταχυτήτων (άνω των 30 Mbps) συνιστούν πλέον το 5,5% του συνόλου των ευρυζωνικών γραμμών έναντι 3,23% στο τέλος του 2014, κυρίως ως αποτέλεσμα της αύξησης του αριθμού των γραμμών VDSL.

Ειδικότερα, για το δ' τρίμηνο του 2015, τα στοιχεία για την ευρυζωνικότητα στην Ελλάδα διαμορφώνονται ως εξής:

- Οι ευρυζωνικές συνδέσεις το Δεκέμβριο του 2015 ανήλθαν σε 3.440.018 (διείσδυση 31,68% στον πληθυσμό) έναντι 3.330.143 τον Ιούλιο 2015 (διείσδυση 30,3%), σημειώνοντας αύξηση 109.875 γραμμών κατά τη διάρκεια του εξαμήνου.
- Η αδεσμοποίητη πρόσβαση στον τοπικό βρόχο (ΑΠΤΒ) στο τέλος του 2015 έφτασε τις 2.047.474 γραμμές, εκ των οποίων οι 1.905.700 xDSL είναι ευρυζωνικές και οι υπόλοιπες αφορούν αποκλειστικά σε τηλεφωνία. Η αύξηση κατά τη διάρκεια του πρώτου εξαμήνου του 2015 ήταν 24.781 γραμμές, υψηλότερη σε σχέση με την αύξηση που είχε σημειωθεί κατά το β' εξάμηνο του 2015 (6.753 γραμμές). Το ποσοστό των ευρυζωνικών γραμμών μέσω ΑΠΤΒ επί του συνόλου των ευρυζωνικών γραμμών της χώρας ανήλθε σε 55,4%.
- Οι γραμμές ADSL (χονδρικής) ανήλθαν σε 25.970 (0,75% επί των ευρυζωνικών γραμμών) έναντι 20.811 τον Ιούλιο του 2015.
- Οι γραμμές λοιπών τεχνολογιών παρέμειναν σε χαμηλό ποσοστό (περί του 0,3% του συνόλου των ευρυζωνικών γραμμών).
- Το ποσοστό των γραμμών VDSL επί του συνόλου των ευρυζωνικών γραμμών στο τέλος του 2015 ανήλθε σε 5,4% έναντι 4,14% στα μέσα του έτους. Αντίστοιχα χαμηλή παραμένει η διείσδυσή τους στον πληθυσμό (1,7%), [30].



Εικόνα 25: Εξέλιξη ευρυζωνικών γραμμών.



Εικόνα 26: Εξέλιξη ταχυτήτων ευρυζωνικών γραμμών.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- [1] Παπαϊωάννου Θ., "Από την εποχή του χαλκού στις οπτικές ίνες: Η ανάπτυξη δικτύων οπτικών ινών στα αστικά και περιφερειακά κέντρα", Απρίλιος 2009.
- [2] Σπαντιδάκης Γ., εργασία: "Ενσύρματα Δίκτυα Πρόσβασης Νέας Γενιάς", ΤΕΙ Ηρακλείου 2012.
- [3] https://en.wikipedia.org/wiki/Next-generation_access
- [4] "Τι είναι τα Δίκτυα Νέας Γενιάς (NGN); Με ποιο τρόπο προωθούν την οικονομική ανάπτυξη και την απασχόληση στην ΕΕ;", Φεβρουάριος 2014: <http://www.gr2014.eu/el/news/features/τι-είναι-τα-δίκτυα-νέας-γενιάς-ηγη-με-ποιο-τρόπο-προωθούν-την-οικονομική-ανάπτυξη-και>
- [5] Sien Chi, Chien-Hung Yeh, Chi-Wai Chow, Yuan Ze University, Department of Photonics and Institute of Electro-Optical Engineering, National Chiao Tung University, Information and Communications Research Laboratories, Industrial Technology Research Institute, Chutung, Taiwan "Broadband access technology for passive optical network", 2009: http://web.it.nctu.edu.tw/~cwchow/journal/09_SPIE.pdf
- [6] D. Katsianis, T. Rokkas, I. Neokosmidis, M. Tselekounis, and D. Varoutas, University of Athens, I. Zacharopoulos and A. Bartzoudi, The Greek National Regulatory Authority, «Risks Associated with Next Generation Access Networks Investment Scenarios»
- [7] T. Rokkas, D. Katsianis, and D. Varoutas, "Techno-economic Evaluation of FTTC/VDSL and FTTH Roll-Out Scenarios: Discounted Cash Flows and Real Option Valuation," J. Opt. Commun. Netw., vol. 2, no 9, pp. 760-772.
- [8] Βασιλόπουλος Χ., Κωτούλας Δ., Ξενικός Δ., Βούδδας Π., Χελιώτης Γ., Αγαπίου Γ., Δούκογλου Τ., "Δίκτυα Πρόσβασης Νέας Γενιάς", Κλειδάριθμος, 2010
- [9] Driton Statovci, Tomas Nordstrom, and Rickard Nilsson, "Dynamic Spectrum Management For Standardized VDSL", Telecommunications Research Center Vienna: http://www.nordstrom.nu/tomas/publications/StaEtAl_2007_ICASSP_UUPBO.pdf
- [10] Heliotis G., Lowell- P. D., Kordoulis I., and Agapiou G., "Performance and Limitations of VDSL2-based Next Generation Access Networks", Research & Development Department, Hellenic Telecommunications Organization (OTE) S.A., Athens, Greece, 2013
- [11] J. Lippis, "GPON vs Gigabit Ethernet in Campus Networking", February 2012: http://www.cisco.com/c/dam/en_us/solutions/industries/docs/gov/gpon_paper.pdf
- [12] Wikipedia, "Next-generation network", VDSL: [http:// https://en.wikipedia.org/](http://https://en.wikipedia.org/)
- [13] DotEcon, "Regulatory policy and the roll-out of fibre-to-the-home networks", July 2012.
- [14] WiMAX Forum: www.wimaxforum.org
- [15] Θ. Καραδήμας, Π. Καραδήμα, "Τα δίκτυα πρόσβασης επόμενης γενιάς ως κρίσιμος παράγοντας για το ψηφιακό μέλλον της Ελλάδας", e-Περιοδικό Επιστήμης & Τεχνολογίας, 10 (4), 2015.

- [16] Δ. Σαμαράς, "Δίκτυα Πρόσβασης Επόμενης Γενιάς, Τεχνολογικές και Οικονομικές Επιπτώσεις", Τμήμα Εφαρμοσμένης Πληροφορικής, Πανεπιστήμιο Μακεδονίας, Μάρτιος 2015.
- [17] Βασιλόπουλος Χ., Κωτούλας Δ., Ξενικός Δ., Βούδδας Π., Χελιώτης Γ., Αγαπίου Γ., Δούκογλου Τ., "Δίκτυα Πρόσβασης Νέας Γενιάς", Κλειδάριθμος, 2010.
- [18] Ε. Μιχοπάνου, "Fiber to the Home Technology: Στρατηγικές Ανάπτυξης για την Ελλάδα", Πανεπιστήμιο Πειραιώς, Δεκέμβριος 2012.
- [19] "Εθνικό Σχέδιο Ευρυζωνικής Πρόσβασης Επόμενης Γενιάς 2014-2020", Υπουργείο Οικονομίας, Υποδομών, Ναυτιλίας και Τουρισμού, Ιούνιος 2015.
- [20] <http://www.ftthcouncil.org/>
- [21] http://ftthcouncil.eu/documents/Webinars/2016/FTTH_Market_in_Europe_Status_and_Analysis_in_2015.pdf
- [22] <http://bruegel.org/2015/10/why-is-europe-lagging-on-next-generation-access-networks/>
- [23] <http://www.syzefxis.gov.gr/node/9>
- [24] <http://broadband.cti.gr/el/evrizonikotita/sat.php>
- [25] R. Bolla, R. Bruschi, K. Christensen, F. Cucchietti, F. Davoli, S. Singh, "The Potential Impact of Green Technologies in Next-Generation Wireline Networks: Is There Room for Energy Saving Optimization?", IEEE Communications Magazine August 2011.
- [26] M. Olsson, C. Cavdar, P. Frenger, S. Tombaz, D. Sabella, R. Jantti, "5GrEEen: Towards Green 5G Mobile Networks", 1st International Workshop on GReen Optimized Wireless Networks (GROWN'13).
- [27] <http://docplayer.gr/10044743-Eisagogi-ton-prasinon-tehnologion-stin-pliroforiki-kai-stis-tilepikoinonies.html>
- [28] Μ. Δεδούση, "Δίκτυα Νέας Γενιάς και Πράσινη Ανάπτυξη", Τμήμα Μηχανικών Ηλεκτρονικών Υπολογιστών και Πληροφορικής, Πάτρα 2013.
- [29] Γ. Γεωργιάδης, "Ευρυζωνικότητα για όλους, πώς επιτυγχάνεται;", Greek ICT Forum, 2009.
- [30] http://www.eett.gr/opencms/opencms/admin/News_new/news_0483.html
- [31] http://www.htcbluwave.com/bluwave4business_works.html
- [32] <http://testingcommissioning.blogspot.gr/2013/11/substation-communication-system-basic.html>
- [33] <http://www.precisionot.com/5-fiber-deployments-their-role-fttx/>
- [34] <https://www.dorsetforyou.gov.uk/article/411461/How-does-the-infrastructure-work>
- [35] <http://ookawa-corp.over-blog.com/2015/06/fttla-fiber-to-the-last-amplifier.html>
- [36] <http://www.microsens.com/whitepapers/fiber-to-the-office-in-the-gigabit-age/>
- [37] <http://www.ospmag.com/issue/article/betting-fiber-broadband-delivery>
- [38] <http://www.tcil-india.com/new/html/ftthdetail.htm>
- [39] <http://www.kitz.co.uk/adsl/fttc.htm>

- [40] <http://www.billion.uk.com/downloads/datasheet/8600sm.pdf>
- [41] <https://el.wikipedia.org/wiki/DSL>
- [42] <https://el.wikipedia.org/wiki/ADSL>
- [43] [http://www.zigouris.com/Τι είναι το VDSL - Τεχνολογία VDSL στην Ελλάδα.html](http://www.zigouris.com/Τι_είναι_το_VDSL_-_Τεχνολογία_VDSL_στην_Ελλάδα.html)
- [44] <https://el.wikipedia.org/wiki/Ethernet>
- [45] <http://hellanicus.lib.aegean.gr/bitstream/handle/11610/8823/file0.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [46] <http://www.tech-itguide.com/tag/wifi/>
- [47] <http://www.slideshare.net/hanaalaydrus/broadband-wi-max-sp21576>
- [48] <http://www.broadbandwatchdog.co.uk/satellite-broadband.php>
- [49] <https://www.qualcomm.com/media/documents/files/the-evolution-of-mobile-technologies-1g-to-2g-to-3g-to-4g-lte.pdf>