

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ 1602

**Η ΕΞΕΛΙΞΗ ΣΤΙΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΕΥΡΥΖΩΝΙΚΩΝ
ΔΙΚΤΥΩΝ**

ΜΠΟΥΜΠΟΥΛΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ, ΑΜ: 6187

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:

ΚΑΡΕΛΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

ΠΑΤΡΑ 2017

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται ραγδαία αύξηση στη διείσδυση της ευρυζωνικότητας στη χώρα μας, πλησιάζοντας διαρκώς τον ευρωπαϊκό μέσο όρο. Από τις αρχές του 2010, η ευρυζωνική διείσδυση της Ελλάδας αυξήθηκε κατά 2,1 γραμμές ανά 100 κατοίκους και εκτιμάται ότι η σύγκλιση με την Ευρώπη θα συνεχιστεί. Στην παρούσα πτυχιακή εργασία αναλύονται οι τεχνολογίες των ευρυζωνικών δικτύων και ιδιαίτερα η τεχνολογία VDSL (Very-high-bitrate Digital Line Subscriber). Η παρούσα πτυχιακή εργασία αναλύει τις τεχνολογικές εξελίξεις των ευρυζωνικών δικτύων

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται ραγδαία αύξηση στη διείσδυση της ευρυζωνικότητας στη χώρα μας, πλησιάζοντας διαρκώς τον ευρωπαϊκό μέσο όρο. Από τις αρχές του 2010, η ευρυζωνική διείσδυση της Ελλάδας αυξήθηκε κατά 2,1 γραμμές ανά 100 κατοίκους και εκτιμάται ότι η σύγκλιση με την Ευρώπη θα συνεχιστεί. Στην παρούσα πτυχιακή εργασία αναλύονται οι τεχνολογίες των ευρυζωνικών δικτύων και ιδιαίτερα η τεχνολογία VDSL (Very-high-bitrate Digital Line Subscriber).

Στο πρώτο κεφάλαιο θα αναλυθεί η βασική θεωρία των δικτύων και γίνεται αναφορά στις υπηρεσίες και στις τεχνολογίες των ευρυζωνικών δικτύων. Ακολουθεί το δεύτερο κεφάλαιο, όπου θα αναλυθούν οι διάφορες τεχνολογίες xDSL με χρονολογική σειρά εμφάνισης. Στη συνέχεια στο τρίτο κεφάλαιο θα παρουσιαστεί η αρχή λειτουργίας, η δομή και οι τύποι των οπτικών ινών που αποτελούν βασικό στοιχείο της δομής και της λειτουργίας του δικτύου VDSL. Κατόπιν στο τέταρτο κεφάλαιο θα παρουσιαστούν τα βασικά στοιχεία των δικτύων VDSL και στο πέμπτο κεφάλαιο θα πραγματοποιηθεί αναλυτική παρουσίαση της δομής και των τεχνολογιών του VDSL. Τέλος στο έκτο κεφάλαιο θα παρουσιαστεί και ο αντίλογος στα δίκτυα που αναπτύσσονται πάνω σε οπτικές ίνες. Παρουσιάζεται η τεχνολογία G.FAST η οποία αν και βασίζεται στα παραδοσιακά δίκτυα με γραμμές χαλκού, αποδεικνύεται εξίσου γρήγορη με τις τεχνολογίες xDSL απαλλάσσοντας τους παρόχους από την ανάγκη εγκατάστασης οπτικών ινών κατά μήκος όλου του δικτύου. Πρόκειται για μια τεχνολογία που συνεχώς κερδίζει έδαφος, υιοθετείται από διεθνείς παρόχους σε αναπτυγμένες χώρες ανά τον κόσμο και φαίνεται να είναι μια αρκετά οικονομική και αξιόπιστη λύση.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

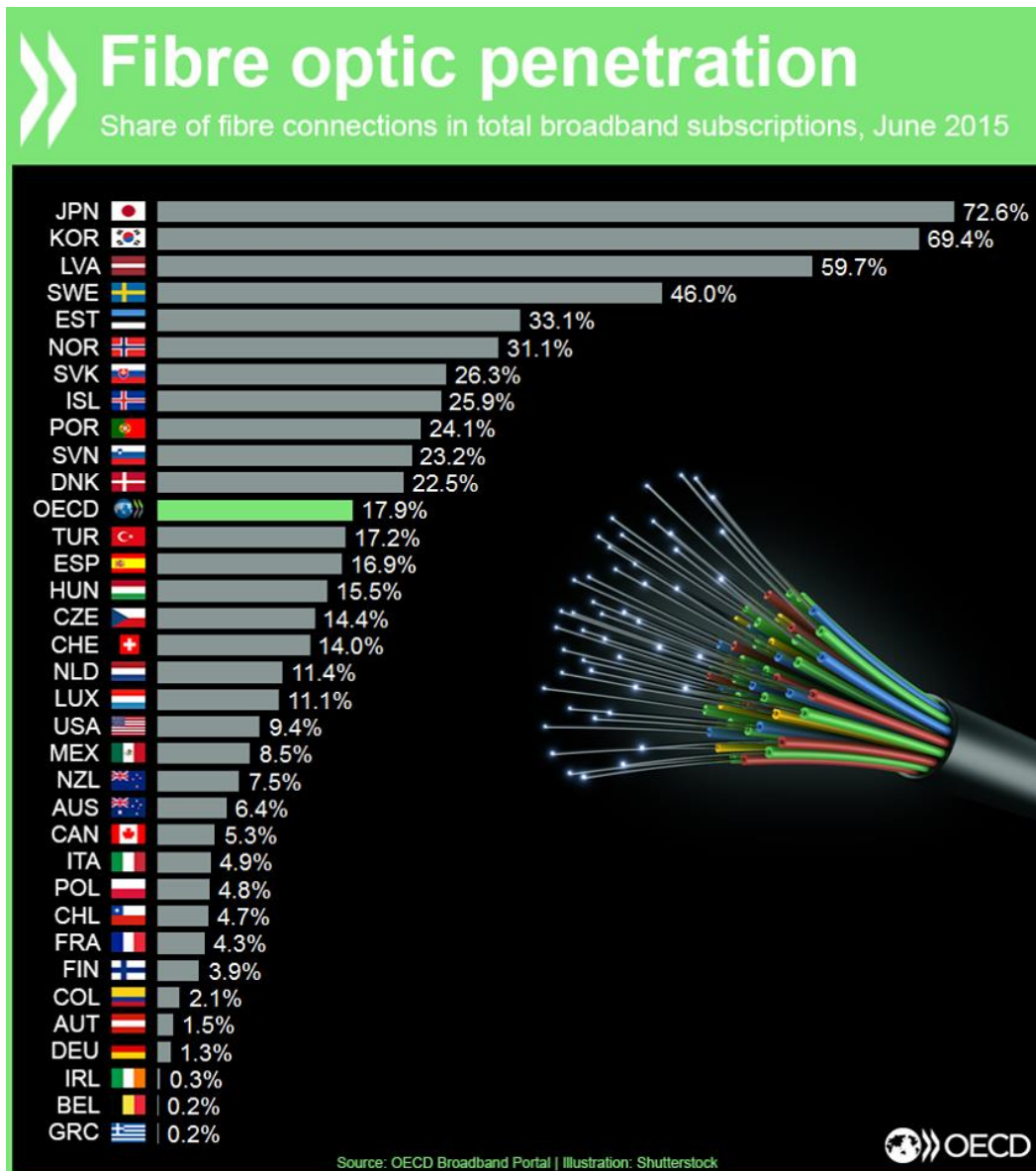
ΠΡΟΛΟΓΟΣ	II
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	III
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	IV
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	10
ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΔΙΚΤΥΑ	10
1.1 Μοντέλο ISO/OSI	10
1.2 Πρότυπο OSI	10
1.2.1 Φυσικό επίπεδο	11
1.2.2 Επίπεδο Ζεύξης Δεδομένων (Data Link).....	12
1.2.3 Επίπεδο Δικτύου (Network)	12
1.2.4 Επίπεδο Μεταφοράς (Transport)	13
1.2.5 Επίπεδο Συνόδου (Session)	13
1.2.6 Επίπεδο Παρουσίασης (Presentation)	14
1.2.7 Επίπεδο Εφαρμογών (Application).....	14
1.3 Υπηρεσίες Μέσω Ευρυζωνικών Δικτύων	16
1.3.1 Η υπηρεσία IPTV (Internet Protocol Television).....	17
1.3.2 Η υπηρεσία VoD (Video on Demand)	18
1.3.3 Η υπηρεσία VoIP (Voice over Internet Protocol)	20
1.3.4 Σύγκλιση υπηρεσιών φωνής – δεδομένων - βίντεο.....	22
1.4 Ευρυζωνικές Δικτυακές Τεχνολογίες.....	22
1.4.1 Ενσύρματες Ευρυζωνικές Τεχνολογίες	23
1.4.2 Ασύρματες Ευρυζωνικές Τεχνολογίες	24
1.4.3 Σύγκριση ευρυζωνικών τεχνολογιών	26
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	29
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ XDSL	29
2.1 Γενικά στοιχεία	29
2.2 Επισκόπηση των τεχνολογιών xDSL	30
2.2.1 ADSL	30
2.2.2 ADSL2 (ITU G.992.3 και G.992.4)	31
2.2.3 ADSL2+ (ITU G.992.5)	31
2.2.4 RADSL	31

2.2.5	2 UDS (G.Lite / ITU G.992.2)	32
2.2.6	HDSL (G.991.1), HDSL2, HDSL4	32
2.2.7	SDSL και SHDSL (ITU G.991.2)	33
2.2.8	IDSL	33
2.2.9	VDSL (ITU-T G.993.1) και VDSL2 (ITU-T G.993.2)	33
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3		34
ΟΙ ΟΠΤΙΚΕΣ ΙΝΕΣ		34
3.1	Τι είναι οι οπτικές ίνες	34
3.2	Πως λειτουργούν οι οπτικές ίνες	34
3.3	Μετάδοση στην οπτική ίνα	36
3.4	Τύποι οπτικών ινών	38
3.5	Τα κυριότερα προβλήματα στη μετάδοση του σήματος των οπτικών ινών	40
3.5.1	Water Peak	40
3.5.2	Διάχυση σήματος	40
3.6	Καλώδια οπτικών ινών	40
3.7	Πλεονεκτήματα - Μειονεκτήματα οπτικών ινών	43
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4		45
ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ VDSL		45
4.1	Γενικά	45
4.2	Ταχύτητα και απόσταση	46
4.3	Διάθεση VDSL στην Ελλάδα	48
4.4	Ανάπτυξη VDSL	49
4.5	Fiber to the x	49
4.6	Διαφορές ADSL με VDSL	49
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5		51
ΔΟΜΗ VDSL		51
5.1	Τα επίπεδα ενός δικτύου οπτικών ινών	51
5.2	Η οικογένεια τεχνολογιών FTTx,	53
5.3	ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ FTTX	56
5.3.1	Τμήματα οπτικού δικτύου	56
5.3.2	Κατηγοριοποίηση αρχιτεκτονικών FTTx	56
5.3.2.1	Αρχιτεκτονικές PON	61
5.3.2.2	Αρχιτεκτονικές τύπου “home run”	63
5.3.2.3	Αρχιτεκτονικές ενεργού δικτύου (Active Node – Ethernet Switch)	64

5.4	Ανάλυση DSLAM (Digital Subscriber Line Access Multiplexer)	66
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6	69
ΤΟ ΠΡΟΤΥΠΟ G.FAST	69
6.1	ΤΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ G.FAST	69
6.2	Η ανάπτυξη του GFast παγκόσμια	73
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	75

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η Ελλάδα είναι τελευταία χώρα σε ποσοστό των ευρυζωνικών συνδέσεων σε δίκτυα οπτικών ινών, έχοντας την χειρότερη επίδοση μεταξύ 32 κρατών του ΟΟΣΑ (του Οργανισμού Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης), με τις ευρυζωνικές συνδέσεις οι οποίες παρέχονται μέσω δικτύων οπτικών ινών να αντιπροσωπεύουν μόλις το 0,2% του συνόλου. Το γράφημα που ακολουθεί το επιβεβαιώνει.



Εικόνα 1: Η εισχώρηση των οπτικών ινών στα κράτη του ΟΟΣΑ

Η Ευρυζωνικότητα είναι ο νέος τρόπος σύνδεσης στο Internet (Διαδίκτυο) που προσφέρει μόνιμη σύνδεση και πολύ υψηλές ταχύτητες πρόσβασης. Με την ευρυζωνικότητα η χρήση του Διαδικτύου γίνεται ταχύτερη (Υψηλές ταχύτητες, 10 – 100 φορές της συμβατικής σύνδεσης, για νέες εφαρμογές), ευκολότερη (διαρκής σύνδεση στο Internet χωρίς πολύπλοκες ρυθμίσεις), σταθερή (αξιόπιστες ψηφιακές συνδέσεις με εγγυημένα σταθερά υψηλές αποδόσεις) και πιο οικονομική.

Ευρυζωνικότητα ορίζεται με ευρεία έννοια ως το προηγμένο, εφικτό και καινοτόμο από πολιτική, κοινωνική, οικονομική και τεχνολογική άποψη περιβάλλον, αποτελούμενο από:

- Την παροχή γρήγορων συνδέσεων στο Διαδίκτυο σε όσο το δυνατόν μεγαλύτερο μέρος του πληθυσμού, με ανταγωνιστικές τιμές (με την μορφή καταναλωτικού αγαθού), χωρίς εγγενείς περιορισμούς στα συστήματα μετάδοσης και στον τερματικό εξοπλισμό των επικοινωνούντων άκρων
- Την κατάλληλη δικτυακή υποδομή που:
 - α) επιτρέπει την κατανομημένη ανάπτυξη υπαρχόντων και μελλοντικών δικτυακών εφαρμογών και πληροφοριακών υπηρεσιών,
 - β) δίνει την δυνατότητα αδιάλειπτης σύνδεσης των χρηστών σε αυτές,
 - γ) ικανοποιεί τις εκάστοτε ανάγκες των εφαρμογών σε εύρος ζώνης, αναδραστικότητα και διαθεσιμότητα και
 - δ) είναι ικανή να αναβαθμίζεται συνεχώς και με μικρό επιπλέον κόστος ώστε να εξακολουθεί να ικανοποιεί τις ανάγκες όπως αυτές αυξάνουν και μετεξελίσσονται με ρυθμό και κόστος που επιτάσσονται από την πρόοδο της πληροφορικής και της τεχνολογίας επικοινωνιών.
- Την δυνατότητα του πολίτη να επιλέγει
 - α) ανάμεσα σε εναλλακτικές προσφορές σύνδεσης που ταιριάζουν στον εξοπλισμό του,
 - β) μεταξύ διαφόρων δικτυακών εφαρμογών και
 - γ) μεταξύ διαφόρων υπηρεσιών πληροφόρησης και ψυχαγωγίας και με πιθανή συμμετοχή του ίδιου του πολίτη στην παροχή περιεχομένου, εφαρμογών και υπηρεσιών
- Το κατάλληλο ρυθμιστικό πλαίσιο αποτελούμενο από πολιτικές, μέτρα, πρωτοβουλίες, άμεσες και έμμεσες παρεμβάσεις, αναγκαίες για την ενδυνάμωση της καινοτομίας, την προστασία του ανταγωνισμού και την εγγύηση σοβαρής ισορροπημένης οικονομικής ανάπτυξης ικανής να προέλθει

από την γενικευμένη συμμετοχή στην Ευρυζωνικότητα και στην Κοινωνία της Πληροφορίας

Τα ευρυζωνικά δίκτυα είναι τόσο σημαντικά για την εποχή μας, όσο ήταν οι δρόμοι, τα κανάλια και ο σιδηρόδρομος τον 19ο αιώνα και οι εθνικές οδοί και το τηλέφωνο τον 20ο αιώνα. Στο παρελθόν, κάθε φορά που θέλαμε να συνδεθούμε στο Διαδίκτυο, έπρεπε να κάνουμε μια τηλεφωνική κλήση, «μπλοκάροντας» την τηλεφωνική μας γραμμή και χρεώνοντας τον λογαριασμό μας με το αντίστοιχο κόστος χρονοχρέωσης. Με την ευρυζωνική πρόσβαση, ο υπολογιστής μας βρίσκεται συνεχώς συνδεδεμένος στο Διαδίκτυο, χωρίς την ανάγκη τηλεφωνικής κλήσης. Δηλαδή, χωρίς επιπλέον χρέωση και χωρίς να απασχολούμε την τηλεφωνική μας γραμμή, όσο χρησιμοποιούμε το Διαδίκτυο. Οι ταχύτητες υπερδεκαπλασιάζονται, καθιστώντας δυνατή την ανακτηση πληροφορίας σε λίγα μόνο λεπτά.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΔΙΚΤΥΑ

1.1 Μοντέλο ISO/OSI

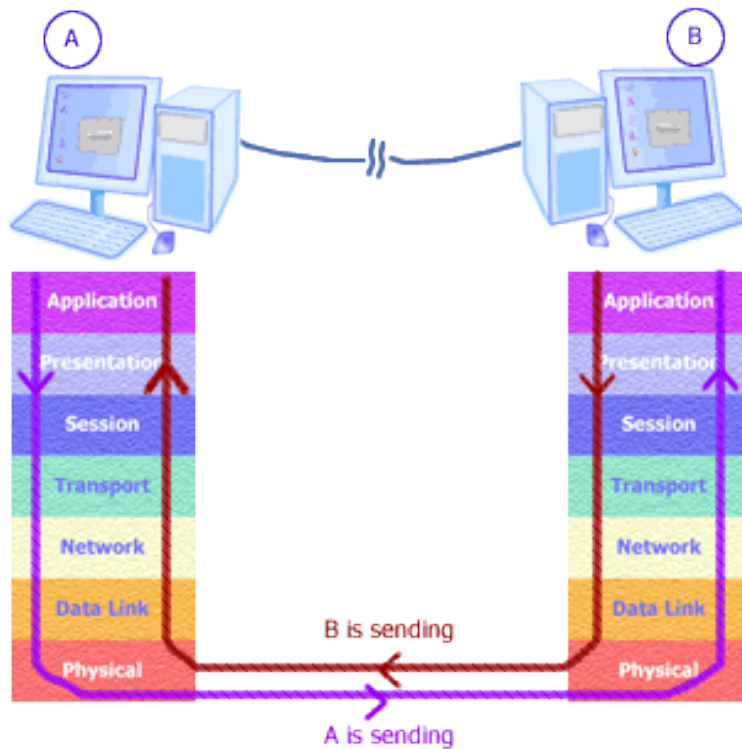
Το 1983 ανακοινώθηκε από το διεθνή οργανισμό τυποποιήσεων ISO το πρότυπο OSI (Open System Interconnection reference model), που ερμηνεύεται «Πρότυπο διασύνδεσης ανοικτών συστημάτων». Το OSI αποτελεί το πλαίσιο τυποποίησης και επικοινωνίας μεταξύ υπολογιστών διαφορετικών κατασκευαστών. Το πλαίσιο προσδιορίζει ακριβώς την αρχιτεκτονική και τα πρωτόκολλα επικοινωνίας υπολογιστών.

Η έννοια της αρχιτεκτονικής περιλαμβάνει ένα σύνολο από φυσικές και λογικές διασυνδέσεις διάφορων ανεξαρτήτων τμημάτων προκειμένου να επιτευχθεί η επικοινωνία μεταξύ υπολογιστών. Πιο συγκεκριμένα με τον όρο αρχιτεκτονική εννοούμε την οργάνωση της όλης επικοινωνίας, την ιεράρχηση των λειτουργιών σε διάφορα επίπεδα και τον καθορισμό των πρωτοκόλλων και της μεταξύ τους σχέσης. Ως πρωτόκολλο ορίζεται ένα σύνολο από κανόνες για τη διεκπεραίωση της επικοινωνίας μεταξύ τμημάτων μίας αρχιτεκτονικής.

Η αρχιτεκτονική του προτύπου OSI δεν είναι βέβαια η μοναδική. Διάφορες εταιρείες προκειμένου να τυποποιήσουν τα δικά τους συστήματα ανέπτυξαν τις δικές τους αρχιτεκτονικές όπως π.χ. η IBM την SNA (System Network Architecture), η Unisys την DCA (Distributed Communications Architecture), η Bull την DSA (Distributed System Architecture) και η DEC την DNA (Digital Network Architecture).

1.2 Πρότυπο OSI

Η βασική φιλοσοφία που διέπει το πρότυπο OSI είναι η λογική της επιπεδοποίησης (layering). Όλες οι απαιτούμενες για επικοινωνία λειτουργίες ομαδοποιούνται σε επτά μεγάλα επίπεδα. Οι λειτουργίες αυτές είναι ανεξάρτητες μεταξύ τους έτσι ώστε αλλαγές σε ένα επίπεδο δεν επηρεάζουν στα άλλα. Στην εικόνα 3 βλέπουμε τα επτά επίπεδα, έτσι όπως έχουν τιτλοφορηθεί από τον ISO με παράλληλη παράθεση της Ελληνικής ορολογίας.



Εικόνα 2: Πρότυπο OSI

1.2.1 Φυσικό επίπεδο

Στο επίπεδο αυτό καθορίζεται ο τύπος της σύνδεσης (ηλεκτρικά, μηχανικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά των διασυνδέσεων(interface) των δύο υπολογιστικών συστημάτων), τα σήματα μετάδοσης, ο συγχρονισμός των συσκευών, με ποια ηλεκτρική τάση θα παρίσταται το 1 και με ποια το 0 κλπ.

Οι υπηρεσίες που προσφέρει είναι:

- ενεργοποίηση και απενεργοποίηση της φυσικής σύνδεσης
- μεταφορά των δεδομένων σε μορφή bit, σύγχρονα ή ασύγχρονα
- και η επισήμανση σφαλμάτων μετάδοσης.

Παράδειγμα τεχνολογίας του φυσικού επιπέδου αποτελεί η χρήση της WDM τεχνολογίας για τη μετάδοση πάνω από οπτικές ίνες.

1.2.2 Επίπεδο Ζεύξης Δεδομένων (Data Link)

Ασχολείται με τα λειτουργικά χαρακτηριστικά και τις διαδικασίες που απαιτούνται προκειμένου να αποκατασταθεί, να υποστηριχθεί και τέλος να τερματιστεί μια σύνδεση μεταξύ των δυο άκρων μιας γραμμής.

Βασικός σκοπός του επιπέδου αυτού είναι η προώθηση των δεδομένων στο ανώτερό του επίπεδο δικτύου, αφού πρώτα διενεργήσει ανίχνευση και διόρθωση σφαλμάτων μετάδοσης που λαμβάνουν χώρα στο φυσικό επίπεδο. Η μεταφορά των δεδομένων γίνεται με block ή frame με ταυτόχρονο έλεγχο και διόρθωση σφαλμάτων.

Οι υπηρεσίες που προσφέρει το επίπεδο αυτό είναι:

- Αποκατάσταση και απελευθέρωση της ζεύξης δεδομένων
- Μεταφορά δεδομένων, αρίθμηση - συγχρονισμός frame, διαφάνεια μετάδοσης
- Έλεγχος σφαλμάτων και έλεγχος ροής των block ή frame

Παράδειγμα υλοποίησης του επιπέδου ζεύξης δεδομένων είναι η τεχνολογία Ethernet για τη διασύνδεση τοπικών δικτύων.

1.2.3 Επίπεδο Δικτύου (Network)

Βασικές λειτουργίες του επιπέδου είναι η δρομολόγηση των μηνυμάτων, η οργάνωσή τους σε πακέτα, η απαρίθμηση και η ταξινόμησή τους.

Οι υπηρεσίες που προσφέρει είναι:

- Αποκατάσταση και τερματισμός συνδέσεων μεταξύ διαφόρων ακραίων σημείων του δικτύου.
- Προσδιορισμός των ακραίων σημείων σύνδεσης με χρήση διευθύνσεων
- Μεταφορά δεδομένων (κυρίως σε μορφή πακέτων)
- Απαρίθμηση και έλεγχος σφαλμάτων
- Έλεγχος ροής δεδομένων

Παράδειγμα υλοποίησης του επιπέδου δικτύου είναι το IP πρωτόκολλο (εκδόσεις IPv4 και IPv6).

1.2.4 Επίπεδο Μεταφοράς (Transport)

Το επίπεδο αυτό είναι ουσιαστικά ένα μία διασύνδεση λογισμικού μεταξύ των τριών χαμηλότερων επιπέδων του προτύπου OSI που συνήθως υλοποιούνται στις συσκευές επικοινωνίας, και των υψηλότερων επιπέδων που σχετίζονται στενότερα με τους υπολογιστές και τις εφαρμογές που αυτοί εξυπηρετούν. Στην ουσία είναι το πρώτο επίπεδο που είναι υπό τον έλεγχο του χρήστη. Οι υπηρεσίες που προσφέρει είναι:

- Αποκατάσταση και τερματισμός της σύνδεσης σε επίπεδο μεταφοράς
- Μετάδοση δεδομένων σύμφωνα με τον απαιτούμενο από τον χρήστη βαθμό αξιοπιστίας
- Καθορισμός και επιλογή από το χρήστη της ποιότητας εξυπηρέτησης της σύνδεσης
- Δυνατότητα πολύπλεξης μέσω της ίδιας ζεύξης
- Έλεγχος ροής

Παράδειγμα υλοποίησης του επιπέδου μεταφοράς είναι τα TCP και UDP.

1.2.5 Επίπεδο Συνόδου (Session)

Σκοπός του επιπέδου αυτού είναι η οργάνωση και ο συγχρονισμός του διαλόγου μεταξύ των ανωτέρων επιπέδων από το επίπεδο συνόδου. Επιτρέπει ή απαγορεύει τη συγκεκριμένη παροχή υπηρεσίας, αποκαθιστά νέα σύνδεση όταν η πρώτη για κάποιο λόγο διακοπεί, επιτρέπει επικοινωνία αμφίδρομη, μονόδρομη κλπ.

Η διαδικασία της αποκατάστασης μίας συνόδου καλείται και binding και περιλαμβάνει λειτουργίες όπως η εξακρίβωση του χρήστη, η χρέωση, η ποιότητα της συνόδου κλπ. Σαν παράδειγμα αναφέρουμε τις διαδικασίες login και τον έλεγχο password για την είσοδο σε έναν υπολογιστή.

Οι υπηρεσίες αυτές επιγραμματικά είναι:

- Έναρξη και συντήρηση του διαλόγου
- Διαχείριση και έλεγχος προσπέλασης
- Επανορθωτικές διαδικασίες σε επίπεδο διαλόγου

Παράδειγμα υλοποίησης του επιπέδου συνόδου αποτελεί η υποστήριξη sessions σε εφαρμογές PHP πάνω από το πρωτόκολλο HTTP.

1.2.6 Επίπεδο Παρουσίασης (Presentation)

Ασχολείται με την αναπαράσταση της πληροφορίας που μεταφέρεται από εφαρμογή σε εφαρμογή, καθώς επίσης και με τη δομή των δεδομένων. Επιχειρεί δηλαδή την κατάλληλη τροποποίηση των δεδομένων ώστε να είναι κατανοητά από την εφαρμογή και έτσι ώστε οι συνδέσεις δύο υπολογιστών να μην απαιτούν υποχρεωτικά τη χρήση κοινού κώδικα. Σε αυτό το επίπεδο πραγματοποιούνται κυρίως οι διαδικασίες κρυπτογράφησης, συμπίεσης δεδομένων (data compression), ο μετασχηματισμός των κωδίκων (protocol conversion) και των διαφόρων μορφών των αρχείων καθώς και η μετατροπή των χαρακτηριστικών του συγκεκριμένου τερματικού. Εν συντομία οι υπηρεσίες που προσφέρονται είναι:

- Μετατροπή σύνταξης δεδομένων, όπως μετατροπή οικογενειών χαρακτήρων ή μετατροπή κωδίκων, για παράδειγμα από ASCII σε EBCDIC
- Συμπίεση και αποσυμπίεση δεδομένων (Data compression)
- Κρυπτογράφηση για ασφαλή μεταφορά (Encryption)
- Μετάφραση κωδικοποίησης πληροφορίας για χρήση σε οθόνες και τερματικά (χρήση των attributes για την οθόνη)

Λειτουργίες επιπέδου παρουσίασης υλοποιεί για παράδειγμα ένας σύγχρονος HTTP web browser.

1.2.7 Επίπεδο Εφαρμογών (Application)

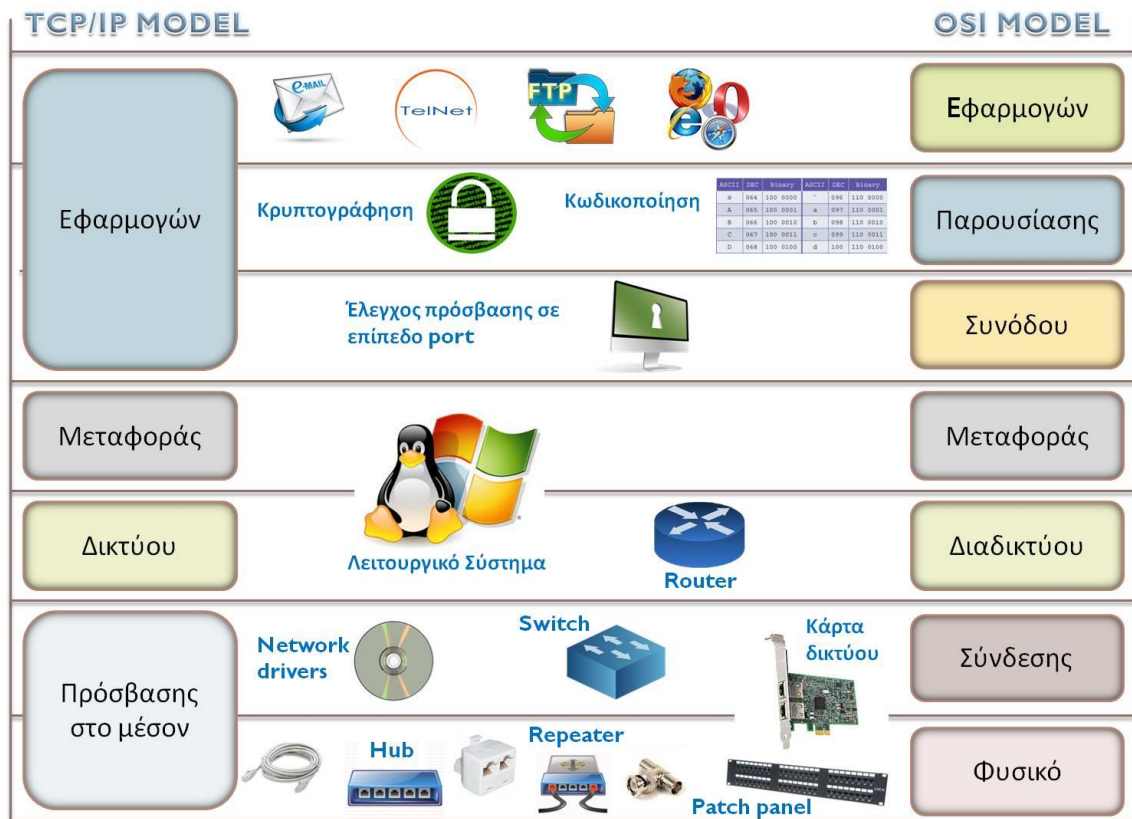
Είναι το τελευταίο επίπεδο προς το χρήστη, αυτό που παρέχει τον τρόπο για να μπορεί η μία εφαρμογή να συνομιλεί με την άλλη. Αποτελεί τη διασύνδεση μεταξύ της εφαρμογής και των λοιπών επιπέδων του προτύπου. Οι λειτουργίες του επιπέδου αυτού προσδιορίζονται σε μεγάλο βαθμό από το χρήστη του δικτύου γι' αυτό και οι τυποποιήσεις του είναι οι λιγότερο καθορισμένες. Υπηρεσίες που προσφέρει το 7ο επίπεδο εκτός από τη μεταφορά πληροφορίας είναι:

- Εξακρίβωση της ταυτότητας των εφαρμογών που θέλουν να επικοινωνήσουν
- Επιβεβαίωση της διαθεσιμότητάς τους για συνομιλία
- Επιβεβαίωση /έλεγχος στο δικαίωμα συνομιλίας

- Συμφωνία στις αρμοδιότητες για το πώς θα γίνουν οι επανορθωτικές διαδικασίες
- Συμφωνία στις διαδικασίες για τον έλεγχο ροής των συναλλαγών και την αξιοπιστία της πληροφορίας

Παράδειγμα του επιπέδου εφαρμογής είναι οι εφαρμογές τηλεδιάσκεψης που χρησιμοποιούν προτυποποιημένα πρωτόκολλα όπως τα H.323 και SIP για την εγκαθίδρυση της συνομιλίας.

Στην πράξη πάντως, οι λειτουργίες των τριών τελευταίων επιπέδων (συνόδου, παρουσίασης και εφαρμογών) δεν διακρίνονται σαφώς (εικόνα) και υλοποιούνται από την κάθε εφαρμογή που κάνει χρήση της δικτυακής στοίβας επιπέδου μεταφοράς (TCP/IP) του λειτουργικού συστήματος.



Εικόνα 3: Σύγκριση των μοντέλων TCP/IP και OSI

1.3 Υπηρεσίες Μέσω Ευρυζωνικών Δικτύων

Το εύρος των δυνατοτήτων που παρέχουν τα ευρυζωνικά δίκτυα είναι τόσο μεγάλο, ώστε συχνά θεωρείται ότι τα ευρυζωνικά δίκτυα θα είναι για τον 21ο αιώνα τόσο κριτικής σημασίας όσο ήταν για τον 19ο αιώνα οι δρόμοι, τα κανάλια των ποταμών και οι σιδηροδρομικές γραμμές και για τον 20ο αιώνα τα τηλεπικοινωνιακά δίκτυα και τα ταχύτατα μέσα μαζικής μεταφοράς. Οι βασικότερες κατηγορίες υπηρεσιών εντοπίζονται στους ακόλουθους τομείς:

- Στον τομέα της εκπαίδευσης, όπου με τις εφαρμογές e-learning προσφέρονται νέες δυνατότητες, όπως η παροχή on-line μαθημάτων με χαμηλό κόστος, η πρόσβαση μαθητών και φοιτητών σε πρόσθετο εκπαιδευτικό υλικό από το σπίτι τους και η δημιουργία και αξιοποίηση on-line βιβλιοθηκών.
- Στον τομέα της υγείας, όπου με εφαρμογές τηλεϊατρικής (e-health) παρέχονται δυνατότητες εξέτασης ασθενών και αρχικής διάγνωσης από απόσταση. Παράλληλα παρέχεται η δυνατότητα αποτελεσματικότερης αντιμετώπισης έκτακτων περιστατικών (ατυχημάτων), μέσω της μεταφοράς δεδομένων και της καθοδήγησης του προσωπικού άμεσης βοήθειας (από ειδικευμένο ιατρικό προσωπικό στο νοσοκομείο ή σε ένα κεντρικό σημείο βοήθειας) στο σημείο του συμβάντος ή κατά την μεταφορά του τραυματία.
- Στον τομέα της εξυπηρέτησης του πολίτη, όπου με τις εφαρμογές e-government παρέχεται η δυνατότητα εξυπηρέτησης του πολίτη και των επιχειρήσεων από το σπίτι ή την έδρα τους 7 ημέρες την εβδομάδα 24 ώρες την ημέρα, χωρίς να χάνεται χρόνος σε μεταβάσεις και ουρές και εξαλείφοντας φαινόμενα διαφθοράς.
- Στον τομέα του παραδοσιακού επιχειρείν τα ευρυζωνικά δίκτυα προσφέρουν νέες δυνατότητες, όπως ενδεικτικά η γρήγορη αναζήτηση προϊόντων από τους πελάτες, πρόσβαση σε αυξημένο πλήθος πληροφοριών για τα προϊόντα, όπως φωτογραφίες, video, κλπ., δυνατότητες καλύτερης επικοινωνίας και συντονισμού των επιχειρήσεων με τους προμηθευτές τους και τα δίκτυα πωλήσεών τους.
- Στον τομέα της επικοινωνίας η εισαγωγή των ευρυζωνικών δικτύων ανατρέπει πλήρως τα δεδομένα, τόσο σε επίπεδο κόστους όσο και σε επίπεδο νέων μεθόδων επικοινωνίας. Οι εφαρμογές μετάδοσης φωνής στο Internet (Voice over IP) αποκτούν με τα ευρυζωνικά δίκτυα επίπεδο υπηρεσίας αντίστοιχο με τα παραδοσιακά, τηλεφωνικά κανάλια με κόστος όμως υποπολλαπλάσιο. Παράλληλα, παρέχεται η δυνατότητα φθηνών τηλεδιασκέψεων σε συνδυασμό με εικόνα (video

- conferencing) μειώνοντας την ανάγκη για μετακινήσεις και εξοικονομώντας κόστος και χρόνο.
- Στον τομέα της ενημέρωσης και της ψυχαγωγίας, όπου χάρη στην ευρυζωνικότητα αναπτύσσονται τα on-line παιχνίδια, η αμφίδρομη διαδραστική τηλεόραση (IPTV), η παρακολούθηση ταινιών με άμεση επιλογή από ηλεκτρονικές ταινιοθήκες (Video on Demand) με τον κάθε χρήστη να μπορεί να επιλέγει την ταινία που επιθυμεί να δει, η δυνατότητα άμεσης αγοράς της επιθυμητής μουσικής από ηλεκτρονικά δισκοπωλεία και η δυνατότητα μεταφοράς αρχείων μουσικής και video μεταξύ χρηστών σε peer to peer δίκτυα.

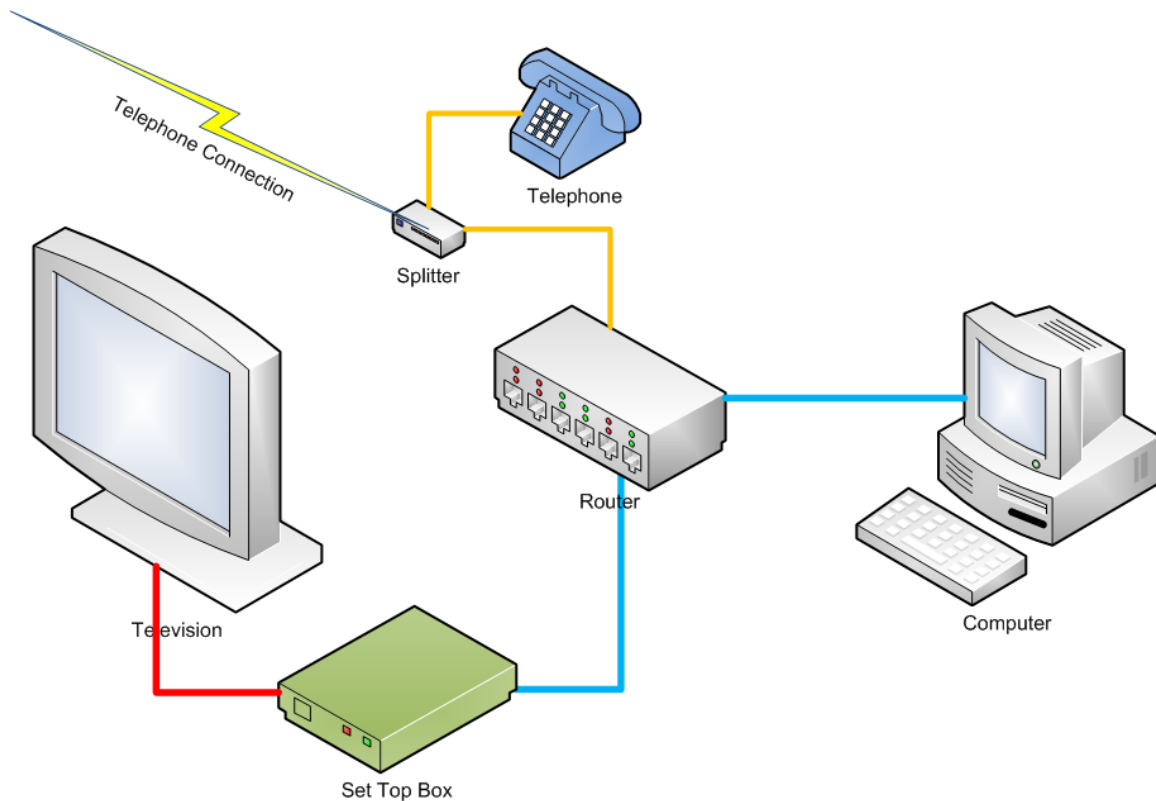
Στις επόμενες παραγράφους παρουσιάζονται οι νέες υπηρεσίες που είναι εφικτές μέσω της ευρυζωνικότητας και αλλάζουν τον τρόπο ζωής και επικοινωνίας

1.3.1 Η υπηρεσία IPTV (Internet Protocol Television)

Η υπηρεσία IPTV (Internet Protocol Television), είναι ένα σύστημα ψηφιακής τηλεόρασης που μπορεί να μεταδοθεί στους συνδρομητές-χρήστες του διαδικτύου, μέσω του IP πρωτοκόλλου και μίας ευρυζωνικής σύνδεσης. Η μετάδοση IPTV προγραμμάτων μπορεί να παρέχεται δωρεάν ή και επί πληρωμή ενώ ήδη υπάρχουν εκατοντάδες δωρεάν IPTV τηλεοπτικά κανάλια στο διαδίκτυο.

Στην πραγματικότητα, η υπηρεσία IPTV αποτελεί την ταυτόχρονη μετάδοση ήχου, εικόνας και δεδομένων και ουσιαστικά η παροχή της κατέστη εφικτή τα τελευταία χρόνια λόγω της διάθεσης μεγάλου εύρους ζώνης και της παροχής υψηλών ταχυτήτων πρόσβασης στο Διαδίκτυο. Ιδιαίτερα, με την ταχύτερη ανάπτυξη των ευρυζωνικών συνδέσεων η υπηρεσία IPTV αναμένεται να επικρατήσει παγκοσμίως και να τύχει ευρείας αποδοχής.

Ήδη βρίσκει εφαρμογή στο χώρο των επιχειρήσεων, αφού η υπηρεσία αυτή μπορεί να μεταδοθεί μέσω συνεργαζόμενων LANs ή του δικτύου μίας επιχείρησης. Ωστόσο, αναμένεται ραγδαία ανάπτυξη της υπηρεσίας τα επόμενα χρόνια, ιδιαίτερα για τους οικιακούς χρήστες, οι οποίοι πλέον έχουν πιο εύκολη πρόσβαση σε ευρυζωνικές συνδέσεις. Ο χρήστης μπορεί να παρακολουθήσει το περιεχόμενο της υπηρεσίας IPTV που επιθυμεί μέσω ενός υπολογιστή ή μίας ειδικής set-top box (STB) συσκευής συνδεδεμένης στην τηλεόραση ή ακόμα και μέσω μίας τηλεφωνικής συσκευής. Ο ενδεικτικός, απαιτούμενος εξοπλισμός του χρήστη για την παρακολούθηση IPTV προγραμμάτων απεικονίζεται στην εικόνα 4.



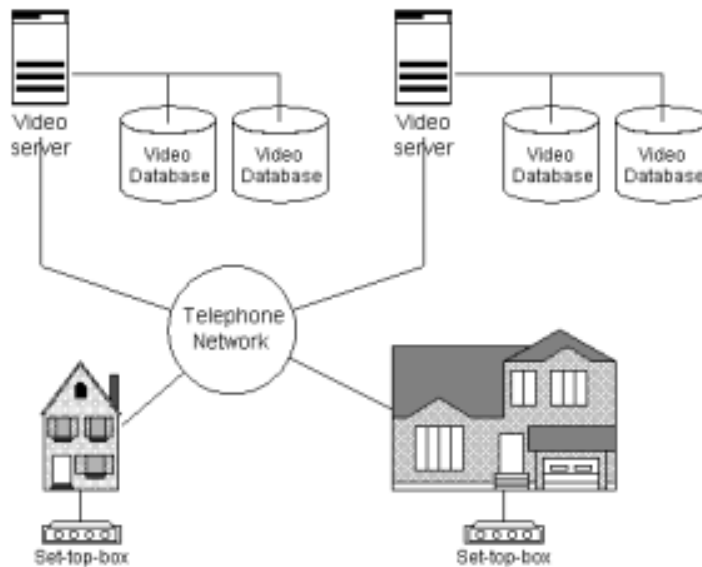
Εικόνα 4:. Ο απαιτούμενος IPTV εξοπλισμός

Η υπηρεσία IPTV υποστηρίζει μετάδοση τόσο ζωντανών “live” τηλεοπτικών προγραμμάτων όσο και μετάδοση “playback” βίντεο ή όπως κοινώς αποκαλείται Video on Demand (VoD).

1.3.2 Η υπηρεσία VoD (Video on Demand)

Η υπηρεσία VoD (Video on Demand) επιτρέπει στους χρήστες να επιλέγουν και να βλέπουν ταινίες από ηλεκτρονικές ταινιοθήκες μέσω ενός αλληλεπιδραστικού συστήματος τηλεόρασης. Πιο συγκεκριμένα, οι χρήστες μπορούν να έχουν εύκολη και γρήγορη πρόσβαση σε μια μεγάλη ποικιλία από αρχεία βίντεο, τα οποία μπορούν να μεταφερθούν και να αναπαραχθούν τοπικά μέσω μίας δικτυακής υποδομής, όπως διακρίνεται στην εικόνα 5.

Αυτή η υπηρεσία ουσιαστικά μεταδίδει προς τους χρήστες βίντεο τα οποία είναι αποθηκευμένα στο αποθηκευτικό μέσο του Video Server. Οι χρήστες μπορούν να παρακολουθήσουν την ταινία είτε αφού ολοκληρωθεί η διαδικασία αποθήκευσης της στο αποθηκευτικό μέσο του χρήστη (download systems) είτε σε πραγματικό χρόνο (streaming systems) χωρίς να απαιτείται διαδικασία αποθήκευσης.



Εικόνα 5: Βασική αρχιτεκτονική Video on Demand

Η υπηρεσία VoD παρέχει τη δυνατότητα ενός μεγάλου πλήθους λειτουργιών ελέγχου όπως pause, fast forward, fast rewind, jump to previous/future frame κτλ. Στην περίπτωση των streaming συστημάτων για την υποστήριξη των λειτουργιών αυτών απαιτείται μεγαλύτερο εύρος ζώνης, λόγω του μεγαλύτερου φόρτου από την πλευρά του server. Μπορούμε να διακρίνουμε δύο ειδών streaming συστήματα για την υπηρεσία VoD:

- τα βασισμένα σε δίσκους streaming συστήματα τα οποία απαιτούν μεγαλύτερο χώρο αποθήκευσης στο server για την εξασφάλιση των λειτουργιών fast έχουν το πλεονέκτημα να επεμβαίνουν κατευθείαν στη μνήμη RAM χωρίς καμία ανάγκη για περαιτέρω αποθηκευτικό μέσο και χωρίς επιπλέον επιβάρυνση στη λειτουργία του επεξεργαστή. Επιπλέον, υπάρχουν δύο διαφορετικοί τύποι μετάδοσης αυτής της υπηρεσίας: ο Near Video on Demand (NVoD) και ο Push Video on Demand (PVoD) τρόπος μετάδοσης.
 - Στην περίπτωση του Near Video on Demand ο χρήστης πληρώνει για την παρακολούθηση μίας ταινίας (pay-per-view), ενώ πολλαπλά αντίτυπα του προγράμματος στέλνονται περιοδικά ώστε να μην απαιτείται ο συγχρονισμός των χρηστών με τη χρονική έναρξη ενός προγράμματος. Η Near Video on Demand τεχνική χρησιμοποιείται από παρόχους οι οποίοι χρησιμοποιούν μηχανισμούς μετάδοσης μεγάλου εύρους ζώνης, όπως δορυφορική ή καλωδιακή τηλεόραση. Αντίθετα, στην περίπτωση του Push Video on Demand, ο χρήστης πρέπει να αποθηκεύσει αρχικά την ταινία σε ένα

αποθηκευτικό μέσο και στη συνέχεια να την παρακολουθήσει όποια χρονική στιγμή επιθυμεί. Η τεχνική αυτή χρησιμοποιείται από συστήματα που στερούνται real-time αλληλεπίδρασης και ουσιαστικά προσομοιώνουν τη μετάδοση ζωντανού βίντεο.

- Για την μετάδοση της VoD υπηρεσίας απαιτείται από την πλευρά του χρήστη μια ευρυζωνική σύνδεση της τάξης των 5 Mbps εάν χρησιμοποιείται MPEG-2 κωδικοποίηση. Αντίστοιχα, όταν πραγματοποιείται MPEG-4 κωδικοποίηση απαιτείται μία ευρυζωνική σύνδεση της τάξης των 2 Mbps.

1.3.3 Η υπηρεσία VoIP (Voice over Internet Protocol)

Η υπηρεσία VoIP (Voice over Internet Protocol) γνωστή και ως «τηλεφωνία μέσω Internet» αποτελεί το σύστημα δρομολόγησης των τηλεφωνικών συνομιλιών μέσω του διαδικτύου ή οποιουδήποτε δικτύου βασισμένου στο IP πρωτόκολλο, μετατρέποντας τη φωνή σε πακέτα δεδομένων. Παρέχει φωνητική συνομιλία σε πραγματικό χρόνο με σχετικά καλή ποιότητα και με ιδιαίτερα χαμηλό κόστος και τείνει να αντικαταστήσει τη συμβατική τεχνολογία του τηλεφώνου.

Η συχνότητα που απαιτεί η τεχνολογία IP για τη μετάδοση των δεδομένων είναι τουλάχιστον έξι φορές μικρότερη από την αντίστοιχη των παραδοσιακών τηλεπικοινωνιακών δικτύων που χρησιμοποιούν σήμερα οι περισσότεροι συνδρομητές σε όλο τον κόσμο. Η σημαντική αυτή διαφορά καθιστά τις κλήσεις μέσω του VoIP σαφέστατα πιο οικονομικές, και σε αρκετές περιπτώσεις το τηλεφώνημα μέσω Διαδικτύου μπορεί να στοιχίσει έως και 90% φθηνότερα απ' ό,τι μέσω του παραδοσιακού τηλεπικοινωνιακού δικτύου.

Η «τηλεφωνία μέσω Internet» είναι μία ιδιαίτερα ανερχόμενη τεχνολογία, η οποία ουσιαστικά προέρχεται από τη σύγκλιση των υποδομών μετάδοσης δεδομένων και των τηλεπικοινωνιακών δικτύων. Η φωνή μετατρέπεται σε πακέτα σε πραγματικό χρόνο όπως ήδη συμβαίνει και με τα δεδομένα. Με αυτόν τον τρόπο, οδηγούμαστε σε μία μετάβαση από τη παραδοσιακή μετάδοση φωνής που ακολουθεί τη μεταγωγή κυκλώματος στην μετάδοση πακέτων φωνής που ακολουθεί τη μεταγωγή πακέτου. Η πακετοποίηση της φωνής επιτρέπει την καλύτερη διαχείριση του εύρους ζώνης επειδή πολλά πακέτα φωνής μπορούν να μεταδοθούν ταυτόχρονα. Επιπλέον, στην παραδοσιακή τηλεφωνία υπάρχουν πολλά κενά διαστήματα κατά τη διάρκεια μίας συνομιλίας στα οποία καταναλίσκονται πόροι που θα μπορούσαν να αποφευχθούν. Πλέον, με την μετατροπή της φωνής σε πακέτα γίνεται καλύτερη διαχείριση των πόρων αυτών.

Ένα από τα βασικά πλεονεκτήματα της χρήσης της VoIP υπηρεσίας είναι ότι παρέχουν αυξημένη λειτουργικότητα που θα ήταν δύσκολο να επιτευχθεί με τα παραδοσιακά δίκτυα τηλεφωνίας. Για παράδειγμα, επιτρέπει τη διεξαγωγή κλήσεων ή video-conference μέσω του διαδικτύου ανεξάρτητα από τη γεωγραφική θέση του χρήστη και δεδομένης μίας σταθερής και γρήγορης σύνδεσης. Έτσι, δίνεται η δυνατότητα στους χρήστες να ταξιδεύουν και παράλληλα να πραγματοποιούν ή να δέχονται κλήσεις. Ωστόσο, η χρήση της VoIP τηλεφωνίας έχει το μειονέκτημα ότι βασίζεται στην ύπαρξη μίας σταθερής, αξιόπιστης και γρήγορης σύνδεσης στο διαδίκτυο, κάτι που δεν είναι πάντα εφικτό.

Η χρήση της VoIP υπηρεσίας καλείται να αντιμετωπίσει μία σειρά από προβλήματα- προκλήσεις οι οποίες πρέπει να ξεπεραστούν. Το μεγαλύτερο πρόβλημα σχετίζεται με το γεγονός ότι η IP τηλεφωνία στερείται μίας εγγυημένης Ποιότητας Υπηρεσίας (QoS). Η έλλειψη αυτή μπορεί να οδηγήσει σε υψηλή καθυστέρηση μετάδοσης της φωνής, υψηλό jitter, σε απώλεια πακέτων και σε κενά ασφάλειας, ιδιαίτερα σε δίκτυα με μεγάλη συμφόρηση. Όλα τα παραπάνω δε μπορούν να εγγυηθούν μία σταθερή ποιότητα επικοινωνίας μεταξύ των χρηστών.

Πολλές φορές οι κλήσεις από VoIP σε VoIP συσκευές είναι δωρεάν, ενώ στις κλήσεις από VoIP σε PSTN συσκευές υπεισέρχεται κόστος που επιβαρύνει τον VoIP χρήστη. Όσον αφορά τις κλήσεις από PSTN σε VoIP, διακρίνουμε δύο περιπτώσεις. Στην πρώτη περίπτωση ο καλών συνδέεται απευθείας στο VoIP χρήστη (Direct Inward Dialing), ενώ στη δεύτερη περίπτωση ο καλών πρέπει να πληκτρολογήσει τον πλήρη αριθμό κλήσης του VoIP χρήστη (access number). Όταν χρησιμοποιούνται access numbers ο καλών χρεώνεται με χρέωση αστικής κλήσης, ενώ αυτός που δέχεται την κλήση δεν υφίσταται καμία χρέωση, σε αντίθεση με την περίπτωση Direct Inward Dialing στην οποία υπάρχει μηναίο πάγιο κλήσης.

Πλέον, υπάρχουν πολλές εφαρμογές που προσφέρουν VoIP τηλεφωνία, όπως οι Voipbuster, ICQ, MSN και Skype. Επιπλέον, με την ευρεία ανάπτυξη των ασύρματων δικτύων έχουν δημιουργηθεί ορισμένες παραλλαγές της VoIP υπηρεσίας, όπως το mobile VoIP, το Voice over WiFi (VoWiFi) και το Voice over WiMAX (VoWiMAX). Υπολογίζεται ότι μέσα στα επόμενα χρόνια η ανάπτυξη της μετάδοσης φωνής μέσω Internet θα είναι ραγδαία και ο όγκος κίνησης θα είναι μεγαλύτερος απ' ό τι στην παραδοσιακή τηλεφωνία.

1.3.4 Σύγκλιση υπηρεσιών φωνής – δεδομένων - βίντεο

Η έννοια της σύγκλισης περιλαμβάνει πολλές πλευρές της τηλεπικοινωνιακής αγοράς, συμπεριλαμβανομένων των κατασκευαστών, των δικτύων, των συσκευών και των υπηρεσιών.

Όσο οι καταναλωτές απαιτούν ανεμπόδιστη επικοινωνία, τόσο η σύγκλιση αυτή θα αναδεικνύεται ως η λύση-κλειδί. Οι χρήστες επιζητούν οικονομικές και αποτελεσματικές υπηρεσίες σύγκλισης, οι οποίες προσφέρονται σε ολοκληρωμένα και εύχρηστα πακέτα.

Πιο συγκεκριμένα, με την ολοένα και μεγαλύτερη ανάπτυξη των ευρυζωνικών δικτύων και την προσιτή σύνδεση σε αυτά και των οικιακών χρηστών παρατηρήθηκε μεγάλη ανάγκη για τη σύγκλιση των υπηρεσιών φωνής, δεδομένων και βίντεο σε ένα ενιαίο δίκτυο. Πλέον, αυτές οι υπηρεσίες μπορούν να χρησιμοποιούν κοινούς πόρους και παράλληλα να αλληλεπιδρούν μεταξύ τους παρέχοντας έτσι πολλές νέες δυνατότητες. Υπάρχουν ολοκληρωμένα επιχειρηματικά πακέτα που συνδυάζουν τις ακόλουθες υπηρεσίες:

- *φωνής*, με πλήρη διαλειτουργικότητα με τη συμβατική PSTN τηλεφωνία
- *βίντεο*
- *δεδομένων*, με παροχή πολύ υψηλών ταχυτήτων πρόσβασης στο Διαδίκτυο

1.4 Ευρυζωνικές Δικτυακές Τεχνολογίες

Οι ευρυζωνικές συνδέσεις μπορούν να υποστηριχτούν και να υλοποιηθούν με διάφορες τεχνολογίες. Ωστόσο, η συνεχής αύξηση του αριθμού των χρηστών του διαδικτύου αλλά και οι αυξανόμενες απαιτήσεις των δικτυακών εφαρμογών οδηγούν στην υιοθέτηση τεχνολογιών με μεγάλο εύρος ζώνης.

Οι τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται για την ευρυζωνικότητα διακρίνονται κατά κύριο λόγο σε ενσύρματες και ασύρματες τεχνολογίες. Όσον αφορά τις ενσύρματες ευρυζωνικές τεχνολογίες γίνεται χρήση κυρίως οπτικών ινών και ασυμμετρικών τεχνολογιών πρόσβασης. Σχετικά με τις ασύρματες ευρυζωνικές τεχνολογίες χρησιμοποιούνται οι τεχνολογίες WiFi, WiMAX και η τεχνολογία UMTS.

1.4.1 Ενσύρματες Ευρυζωνικές Τεχνολογίες

Οι οπτικές ίνες παρέχουν μεγάλο εύρος ζώνης, το οποίο σήμερα μπορεί να φθάσει τα 10Gbps, και μεταφέρουν το σήμα σε αρκετά μεγάλη απόσταση χωρίς σημαντικές απώλειες λόγω εξασθένησης. Επιπλέον, περιορίζουν τον αριθμό των ενδιάμεσων ενισχύσεων που απαιτούνται για να διασχίσει το σήμα μια μεγάλη απόσταση, και έχουν σημαντική ανοχή στον θόρυβο. Για την υλοποίηση οπτικών δικτύων ακολουθείται η αρχιτεκτονική τριών επιπέδων: κύριου δικτύου, δικτύου διανομής και

δικτύου πρόσβασης. Το κύριο δίκτυο περιλαμβάνει το δίκτυο υποδομών και οπτικών καλωδίων για τη διασύνδεση μεταξύ των κυρίων κόμβων για κάλυψη των συναθροισμένων επικοινωνιακών αναγκών ενός μεγάλου δήμου ή μιας ευρύτερης αλλά πλέον αραιοκατοικημένης περιοχής ή μέρους ενός μεγάλου αστικού κέντρου.

Το δίκτυο διανομής αποτελεί το πυκνότερο δίκτυο για τη διασύνδεση μεταξύ των κόμβων διανομής ή/και μεταξύ κόμβων διανομής και κύριων κόμβων. Ένας κόμβος διανομής συνιστά το σημείο διασύνδεσης οπτικών αγωγών και καλωδίων του κατ' εξοχήν μητροπολιτικού δικτύου (δικτύου διανομής) για συγκέντρωση των συναθροισμένων επικοινωνιακών αναγκών μιας γεωγραφικής περιοχής.

Το δίκτυο πρόσβασης αποτελεί το δίκτυο σύνδεσης των κόμβων πρόσβασης με το δίκτυο διανομής. Ο κόμβος πρόσβασης ουσιαστικά συνιστά το σημείο διασύνδεσης μεμονωμένων κτιριακών εγκαταστάσεων ή συγκροτημάτων προς το δίκτυο πρόσβασης.

Οι τεχνολογίες οπτικών ινών δημιουργούν μια οικογένεια αρχιτεκτονικών που ονομάζεται FTTx, όπου το 'x' παριστάνει τις διάφορες επιλογές όσον αφορά τον αριθμό των συνδρομητών που μοιράζονται το τελευταίο τμήμα της καλωδίωσης.

Οι ασυμμετρικές τεχνολογίες πρόσβασης αξιοποιούν πολύ καλύτερα το εύρος ζώνης του χαλκού σε σχέση με τη διαμόρφωση/αποδιαμόρφωση του ψηφιακού σήματος πάνω από το απλό PSTN ή και τη χρήση του ISDN. Το DSL προέρχεται από τα αρχικά των λέξεων Digital Subscriber Line και στην ουσία αποτελεί μια τεχνολογία που μετατρέπει το απλό τηλεφωνικό καλώδιο σε ένα δίαυλο ψηφιακής επικοινωνίας μεγάλου εύρους ζώνης με τη χρήση ειδικών modems, τα οποία τοποθετούνται στις δυο άκρες της γραμμής. Ο δίαυλος αυτός μεταφέρει τόσο τις χαμηλές όσο και τις υψηλές συχνότητες ταυτόχρονα, τις χαμηλές για τη μεταφορά του

σήματος της φωνής και τις υψηλές για τα δεδομένα. Ανάλογα με το είδος του modem που θα συνδέσουμε, πετυχαίνουμε και διαφορετικές επιδόσεις. Με το DSL επιτυγχάνονται υψηλότερες ταχύτητες μεταφοράς δεδομένων (μέχρι και 52,8 Mbps από το Διαδίκτυο ή άλλο απομακρυσμένο Τηλεπικοινωνιακό Δίκτυο προς το χρήστη -downstream- και 2,3 Mbps από το χρήστη προς το Διαδίκτυο -upstream- ενώ ταυτόχρονα μεταφέρονται και τα αναλογικά σήματα της φωνής. Οι τεχνολογίες DSL αναφέρονται γενικά ως xDSL και οι κυριότερες από αυτές είναι: ADSL, HDSL, SDSL και VDSL.

Το Gigabit Ethernet αποτελεί το σύνολο των τεχνολογιών για την υλοποίηση δικτύων Ethernet σε ονομαστικές ταχύτητες μετάδοσης ενός Gigabit δεδομένων το δευτερόλεπτο. Αξίζει να σημειωθεί ότι το Ethernet είναι μια τεχνολογία που είχε τεράστια επιτυχία στα δίκτυα LAN και εκτόπισε άλλες τεχνολογίες, όπως το TokenRing, το FDDI, και το ATM. Οι υπηρεσίες Ethernet μπορούν να χρησιμοποιηθούν επίσης και στις υπάρχουσες υποδομές SONET/SDH. Το Ethernet, ωστόσο, δεν περιορίζεται μόνο σαν μία τεχνολογία πρόσβασης. Έχουν γίνει αρκετές προσπάθειες για την επέκταση του Ethernet στα Μητροπολιτικά Δίκτυα σαν τεχνολογία μεταφοράς. Όταν το Ethernet χρησιμοποιείται ως τεχνολογία μεταφοράς, η τοπολογία του δικτύου πρόσβασης έχει τη μορφή δακτυλίου (Gigabit Ethernet δακτύλιοι

Η τεχνολογία Communication over Power Lines (CoPL) χρησιμοποιεί την υπάρχουσα υποδομή ηλεκτρικού ρεύματος για τη μεταφορά δεδομένων. Πρόκειται ουσιαστικά για μία εναλλακτική λύση για την υλοποίηση ευρυζωνικών δικτύων πρόσβασης. Το γεγονός ότι γίνεται χρήση μίας υπάρχουσας υποδομής, χωρίς να απαιτείται η τοποθέτηση νέων καλωδίων επικοινωνιών, αφενός επιτρέπει την ταχύτερη εξάπλωση των δικτύων, αφετέρου αποτελεί μία ιδιαίτερα ανταγωνιστική τεχνολογική λύση για την παροχή ευρυζωνικών συνδέσεων.

1.4.2 Ασύρματες Ευρυζωνικές Τεχνολογίες

Το πρότυπο IEEE 802.11, γνωστό και ως WiFi, δημιουργήθηκε τον Ιούνιο του 1997 και καθορίζει μια οικογένεια προτύπων με επιλογές για συγκεκριμένες ρυθμίσεις για τη δημιουργία ασύρματων τοπικών δικτύων LAN. Το WiFi έχει ταχύτητα 2Mbps, αποτελεί το πρώτο πρότυπο για ασύρματη δικτύωση και ακολουθείται από τα

περισσότερα ασύρματα δίκτυα μέχρι και σήμερα. Έχουν δημιουργηθεί πολλά υποπρότυπα του IEEE 802.11, όπως το IEEE 802.11a, IEEE 802.11b, IEEE 802.11e, IEEE 802.11f, IEEE 802.11g, IEEE 802.11i, IEEE 802.11n. Σήμερα τα ασύρματα δίκτυα που βασίζονται σε αυτήν την οικογένεια προτύπων είναι τα πλέον διαδεδομένα, ενώ κυκλοφορεί μεγάλη ποικιλία σχετικών προϊόντων στην αγορά. Με άλλα λόγια, το πρότυπο αυτό θέτει το πλαίσιο για μια προτυποποιημένη ασύρματη δικτυακή επικοινωνία ευρείας ζώνης.

Το πρότυπο 802.16 γνωστό και σαν WiMAX υιοθετήθηκε από την IEEE το 2003, ώστε να ικανοποιήσει τις απαιτήσεις για ασύρματη πρόσβαση (με σταθερούς ρυθμούς) ευρείας ζώνης. Υποστηρίζει ταχύτητες μετάδοσης ως και 70Mbps στον αέρα ενώ η πραγματική ταχύτητα στο επίπεδο διασύνδεσης u965 υπολογίζεται στα 50Mbps. Μια σημαντική διαφορά του προτύπου IEEE 802.16 σε σχέση με το IEEE 802.11 είναι ότι το πρώτο μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε συνθήκες μη οπτικής επαφής φυσικά με ρυθμούς μετάδοσης πολύ χαμηλότερους των 50Mbps. Το WiMAX σχεδιάστηκε κατά βάση ώστε να καλύπτει κυρίως point to multipoint (P2MP) συνδέσεις χωρίς ωστόσο να αποκλείεται και η χρήση του για point to point συνδέσεις.

Η διαμόρφωση η οποία χρησιμοποιείται ονομάζεται OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing). Πρόκειται για μια πολύ ανθεκτική διαμόρφωση σε ότι αφορά το φαινόμενο της πολυδιόδευσης ειδικότερα στις συχνότητες πάνω των 2 GHz όπου το πρότυπο χρησιμοποιεί.

Το Universal Mobile Telecommunications System (UMTS) αποτελεί το σύστημα κινητής τηλεφωνίας τρίτης γενιάς που έχει επικρατήσει στην Ευρώπη και σταδιακά επεκτείνεται στη Βόρεια Αμερική με αποτέλεσμα η τρίτη γενιά κυψελωτών κινητών συστημάτων να τείνει να ταυτιστεί με αυτό το σύστημα. Το UMTS αποτελεί το διάδοχο του GSM και υποστηρίζει μετάδοση δεδομένων σε υψηλές ταχύτητες (ονομαστικό εύρος ζώνης κοντά στα 2Mbps) για να υποστηριχθούν υπηρεσίες όπως συνομιλίες με εικόνα. Στην πραγματικότητα, πρόκειται για την τεχνολογία που συνδυάζει το WCDMA με το GSM και η οποία αναπτύσσεται από το 3GPP.

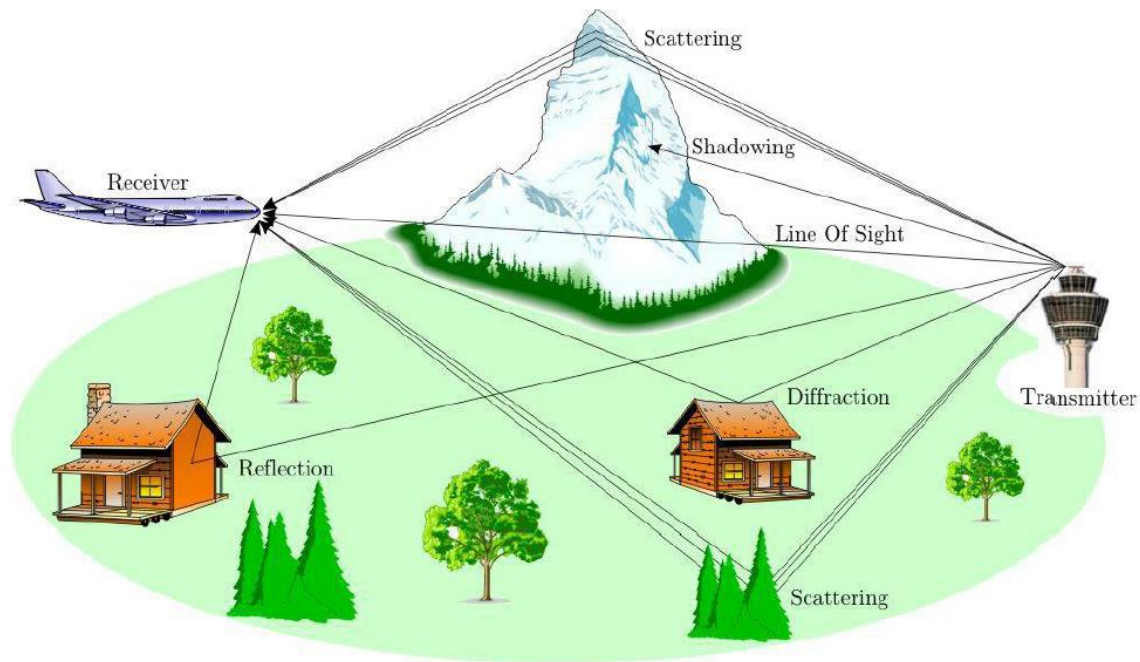
1.4.3 Σύγκριση ευρυζωνικών τεχνολογιών

Ασύρματα δίκτυα: Οφέλη

- Δυνατότητα κινητικότητας
 - Ελευθερία κίνησης χωρίς δέσμευση από καλώδια
 - Οι εταιρίες μπορούν να απευθυνθούν σε κοινό που κινείται
- Αυξανόμενη αξιοπιστία
 - Απαλλαγή από δυσλειτουργίες δικτυακών καλωδίων
- Ευκολότερη και φθηνότερη εγκατάσταση
 - Η εγκατάσταση δικτυακής καλωδίωσης πολλές φορές είναι δύσκολη, χρονοβόρα και ακριβή διαδικασία
 - Εγκατάσταση δε περιοχές δύσβατες και απομακρυσμένες
- Επεκτασιμότητα: Ευκολία προσθήκης σταθμών εργασίας απουσίας καλωδίων
- Μακροπρόθεσμη εξοικονόμηση χρημάτων: Δεν υπάρχει ανάγκη αλλαγής καλωδίωσης σε περίπτωση αναδιοργάνωσης του χώρου/ ανακαίνισης ή σε περίπτωση μετακόμισης

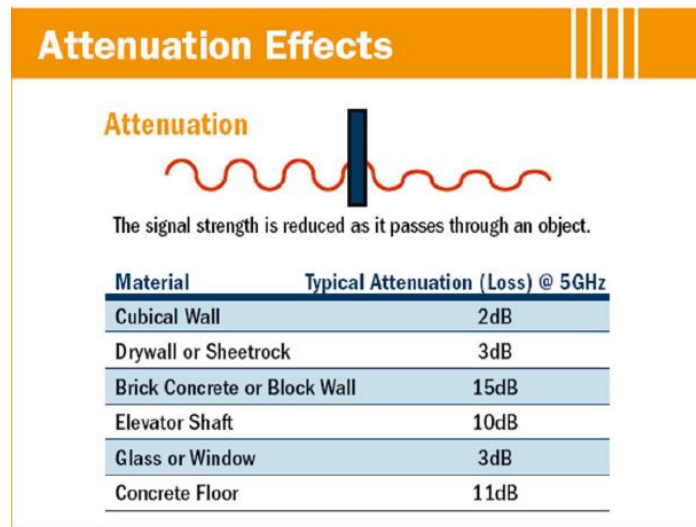
Ασύρματα δίκτυα : Μειονεκτήματα

- Υψηλότεροι ρυθμοί απωλειών λόγω
 - Θορύβου και παρεμβολών από το ίδιο το σύστημα μετάδοσης λόγω πολλαπλών μεταδόσεων, από άλλες πηγές που εκπέμπουν στο ίδιο φάσμα συχνοτήτων (για παράδειγμα ένα ασύρματο τηλέφωνο 2.4GHz προκαλεί παρεμβολές σε ένα ασύρματο δίκτυο 802.11b) και από άλλες συσκευές όπως φούρνοι μικροκυμάτων
 - Εμποδίων (shadowing)



Εικόνα 6: Εξασθένηση σήματος λόγω εμποδίων και παρεμβολών

- Μείωση της ισχύος του σήματος κατά την προώθησή του
 - Τα σήματα εξασθενούν όσο μακρύτερα ταξιδεύουν
 - Τα σήματα εξασθενούν λόγω της διέλευσής τους μέσα από υλικά (αέρας, νερό, χιόνι, βροχή, γυαλί κτλ)



Εικόνα 7: Εξασθένηση σήματος κατά τη διέλευσή του από εμπόδια

- Περιορισμένη διαθεσιμότητα φάσματος συχνοτήτων
- Μικρότερη ασφάλεια και ευκολία στις υποκλοπές/επιθέσεις
- Πάντα διαμοιραζόμενο μέσο οπότε υπάρχουν παρεμβολές μεταξύ αποστολέων

Γενικά σε σύγκριση με τα ενσύρματα δίκτυα , τα ασύρματα παρουσιάζουν:

- Μικρότερο εύρος ζώνης (bandwidth), μικρότερους ρυθμούς μετάδοσης, χαμηλότερη ταχύτητα
- Μειωμένη ποιότητα Υπηρεσιών (QoS)
- Μεγαλύτερες καθυστερήσεις, μεγαλύτερους χρόνους αποκατάστασης σύνδεσης
- Γενικά πολύ χαμηλούς ρυθμούς μετάδοσης για αυξανόμενο αριθμό χρηστών (διαμοιραζόμενοι πόροι)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ XDSL

2.1 Γενικά στοιχεία

Για πολλά χρόνια, τα χάλκινα καλώδια (συνεστραμμένα ζεύγη - twisted pairs) χρησιμοποιούνταν σε απλές τηλεφωνικές συνδέσεις. Στη συνέχεια μπήκαν στη ζωή μας τα modems και το Διαδίκτυο, ενώ στη συνέχεια εξαπλώθηκε η χρήση της τεχνολογίας ISDN με τα πλεονεκτήματα που αυτή προσφέρει σε σχέση με την απλή αναλογική PSTN σύνδεση. Στη συνέχεια πήραν τη σκυτάλη οι τεχνολογίες DSL και κυρίως η ADSL, η οποία διαδίδεται με ταχείς ρυθμούς και στην Ελλάδα, η οποία σε σχέση με τις άλλες ανεπτυγμένες χώρες μέχρι πρότινος υστερούσε.

Για δεκαετίες τα χάλκινα καλώδια χρησιμοποιούνταν για τη μεταφορά φωνής, χωρίς να αξιοποιείται στο έπακρο η μεγάλη χωρητικότητα που προσφέρει ο χαλκός. Ο ήχος της ανθρώπινης φωνής αποτελείται από συχνότητες που κυμαίνονται σε εύρος μεταξύ 100Hz και 4000Hz. Όλες αυτές οι συχνότητες όμως δεν είναι απαραίτητες για να γίνει καταληπτή η φωνή και η χροιά του συνομιλητή και έτσι με ειδικά φίλτρα αποκόπτονται οι επιπλέον συχνότητες, αφού όχι μόνο δε χρειάζονται, αλλά μπορεί και να δημιουργήσουν παρεμβολές- παράσιτα. Το εύρος ζώνης όμως του χαλκού είναι κατά πολύ μεγαλύτερο και μπορεί να αξιοποιηθεί σε άλλες εφαρμογές με κατάλληλους τρόπους, όπως και στην περίπτωση του DSL.

Το DSL προέρχεται από τα αρχικά των λέξεων Digital Subscriber Line και στην ουσία αποτελεί μια τεχνολογία που μετατρέπει το απλό τηλεφωνικό καλώδιο σε ένα δίαυλο ψηφιακής επικοινωνίας μεγάλου εύρους ζώνης με τη χρήση ειδικών modems, τα οποία τοποθετούνται στις δυο άκρες της γραμμής.

Ο δίαυλος αυτός μεταφέρει τόσο τις χαμηλές όσο και τις υψηλές συχνότητες ταυτόχρονα, τις χαμηλές για τη μεταφορά του σήματος της φωνής και τις υψηλές για τα δεδομένα. Ανάλογα με το είδος του modem που θα συνδέσουμε, πετυχαίνουμε και διαφορετικές επιδόσεις. Με το DSL επιτυγχάνονται υψηλότερες ταχύτητες μεταφοράς δεδομένων (μέχρι και 52,8 Mbps από το Διαδίκτυο ή άλλο απομακρυσμένο Τηλεπικοινωνιακό Δίκτυο προς το χρήστη - downstream- και 2,3 Mbps από το χρήστη προς το Διαδίκτυο - upstream- ενώ ταυτόχρονα μεταφέρονται και τα αναλογικά σήματα της φωνής.

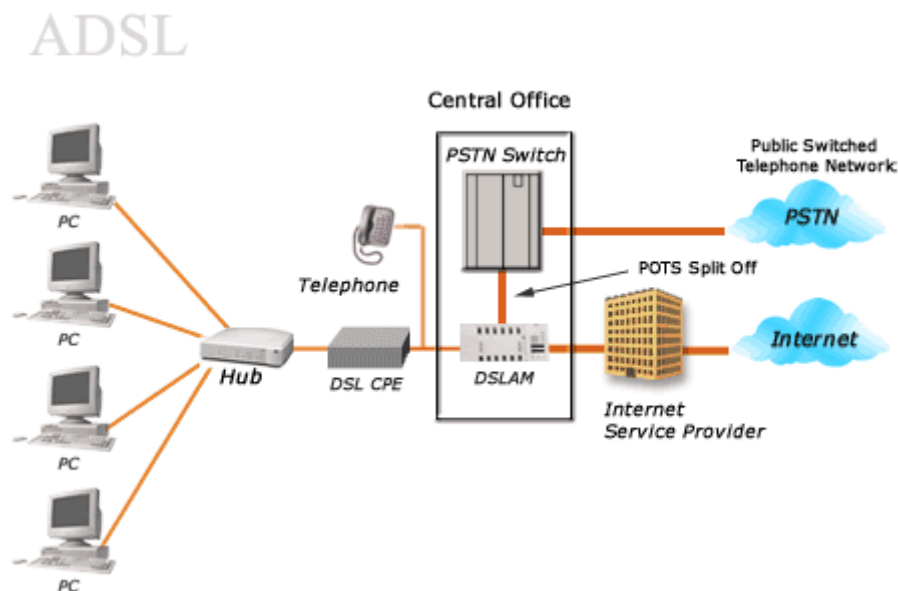
Οι τεχνολογίες DSL αναφέρονται γενικά ως xDSL. Μια βασική κατηγοριοποίηση των xDSL τεχνολογιών μπορεί να γίνει βάσει του εάν είναι συμμετρικές ή ασύμμετρες, αν επιτυγχάνουν δηλαδή τις ίδιες ταχύτητες u947 για download και upload.

Έτσι, συμμετρικές είναι οι HDSL, HDSL2, HDSL4, SDSL, SHDSL, IDSL, ασύμμετρες οι ADSL, ADSL2, ADSL2+, UDSL (G.Lite), ενώ οι RADSL, VDSL, VDSL2 μπορούν να λειτουργήσουν και με τους δύο τρόπους (συμμετρικά και ασύμμετρα).

2.2 Επισκόπηση των τεχνολογιών xDSL

2.2.1 ADSL

Το ADSL, το οποίο προέρχεται από τα αρχικά των λέξεων Asymmetric Digital Subscriber Line, είναι αυτό που δίνεται στους περισσότερους απλούς χρήστες και στην Ελλάδα αυτή τη στιγμή παρέχεται από πολλούς παρόχους.



Εικόνα 8: Η τοπολογία του δικτύου ADSL

Η τεχνολογία ADSL εξασφαλίζει πρόσβαση υψηλών ταχυτήτων στο Διαδίκτυο και σε άλλα Τηλεπικοινωνιακά Δίκτυα, δίνοντας τη δυνατότητα για ταυτόχρονη μετάδοση φωνής και δεδομένων (δεδομένα, κινούμενη εικόνα, γραφικά) μέσω της απλής τηλεφωνικής γραμμής. Κύριο χαρακτηριστικό της τεχνολογίας είναι ότι η μεταφορά δεδομένων γίνεται με ασύμμετρο τρόπο, δηλαδή προσφέρει διαφορετικό ρυθμό για τη λήψη (μέχρι 8 Mbps downstream) και διαφορετικό για την αποστολή δεδομένων (640 kbps upstream). Το σημαντικότερο είναι ότι το εύρος ζώνης δεν το

μοιραζόμαστε, αλλά είναι εξ' ολοκλήρου στη διάθεσή μας. Ωστόσο θα πρέπει να τονιστεί το γεγονός ότι η απόδοση του ADSL εξαρτάται σημαντικά από την απόσταση του χρήστη από τον τηλεπικοινωνιακό πάροχο και φθάνει τα

- 1,5 Mbps για απόσταση 5,5 km
- 2,0 Mbps για απόσταση 4,9 km
- 6,3 Mbps για απόσταση 3,6 km
- 8,4 Mbps για απόσταση 2,7 km

2.2.2 ADSL2 (ITU G.992.3 και G.992.4)

Το ADSL2 χρησιμοποιεί τη μέθοδο διαμόρφωσης DMT και ακριβώς τις ίδιες συχνότητες που χρησιμοποιεί το απλό ADSL. Με αρκετές βελτιώσεις στη συμπεριφορά των καναλιών καταφέρνει να ανεβάσει το downstream κατά 50%. Έχει προτυποποιηθεί από την ITU ως G.992.3/4 και οι ρυθμοί μετάδοσης μπορούν υπό ιδανικές συνθήκες να φτάσουν τα 12 Mbit/s downstream και 3,5 Mbit/s upstream, ανάλογα και με την ποιότητα της γραμμής. Η απόσταση από το DSLAM μέχρι τον εξοπλισμό του πελάτη είναι συνήθως ο πιο καθοριστικός παράγοντας στην ποιότητα της γραμμής.

2.2.3 ADSL2+ (ITU G.992.5)

Και το ADSL2+ χρησιμοποιεί DMT αλλά διπλασιάζει το downloading από το ADSL2 χρησιμοποιώντας διπλάσιο χώρο συχνοτήτων και συγκεκριμένα χρησιμοποιεί τις συχνότητες 276 - 2200 kHz για το downloading. Έχει εξελιγμένα χαρακτηριστικά για το θόρυβο και υψηλότερους ρυθμούς συμβόλων κατά τη διαμόρφωση.

2.2.4 RADSL

Το RADSL (Rate-Adaptive Digital Subscriber Line) αποτελεί παραλλαγή της ADSL τεχνολογίας όπου το modem προσαρμόζει την ταχύτητα στο upstream ανάλογα με το μήκος και την ποιότητα της γραμμής προς τον πάροχο της DSL σύνδεσης, προκειμένου να διατηρηθεί σταθερή η ταχύτητα στο downstream. Όταν ένα modem συνδέεται χρησιμοποιώντας RADSL το upstream bandwidth επομένως προσαρμόζεται για να δημιουργηθεί μεγαλύτερος χώρος στη ζώνη συχνοτήτων για την downstream κίνηση. Με αυτή την τεχνική η γραμμή είναι πιο ανεκτική σε λάθη λόγω θορύβου και απώλεια σήματος.

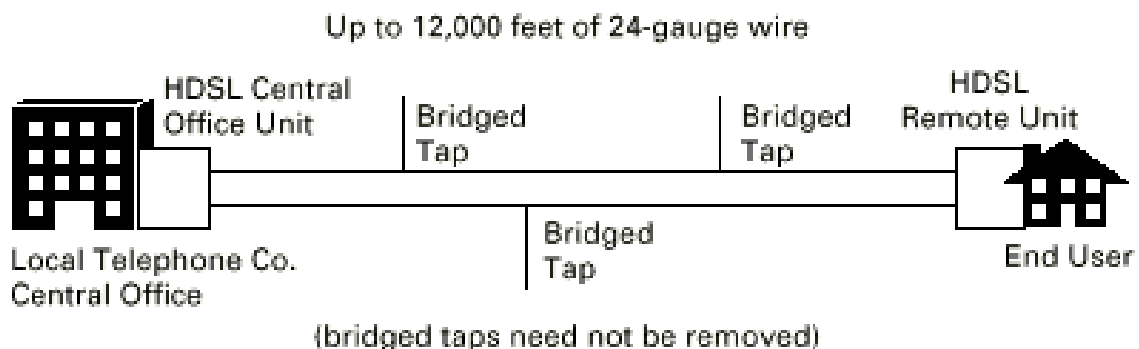
2.2.5 2 UDS (G.Lite / ITU G.992.2)

Το πρότυπο αυτό (Universal ADSL) προσφέρει μέγιστο ρυθμό 1,5 Mbit/s downstream και 512 kbit/s upstream και δεν απαιτεί τη χρήση splitters για την τηλεφωνική γραμμή.

2.2.6 HDSL (G.991.1), HDSL2, HDSL4

Το ακρωνύμιο HDSL προέρχεται από τα αρχικά των λέξεων High-bit-rate Digital Subscriber Line και σε αντίθεση με το ADSL είναι συμμετρικό και προσφέρει τον ίδιο ρυθμό μεταφοράς δεδομένων (μέχρι 2 Mbps) τόσο για τη αποστολή όσο και για τη λήψη. Ωστόσο, η μέγιστη απόσταση μεταξύ των δύο άκρων δεν μπορεί να υπερβαίνει τα 3,5 km. Μια άλλη βασική διαφορά από το ADSL είναι ότι απαιτείται η εγκατάσταση 2 τηλεφωνικών γραμμών (2 συνεστραμμένα καλώδια).

HDSL



HDSL Circuit

Εικόνα 9: Το δίκτυο HDSL

Η HDSL που ήταν η πρώτη DSL τεχνολογία και αναπτύχθηκε στις ΗΠΑ, έδωσε τη θέση της στις τεχνολογίες HDSL2 και SDSL. Η HDSL2 προσφέρει τον ίδιο ρυθμό μετάδοσης χρησιμοποιώντας ένα ζευγάρι καλωδίων χαλκού (αντί δύο που απαιτεί η HDSL), προσφέρει μεγαλύτερη απόσταση σύνδεσης και μπορεί να λειτουργήσει πάνω από καλώδια χειρότερης ποιότητας.

Το HDSL4 είναι πρακτικά η ίδια τεχνολογία με το HDSL2 μόνο που προσφέρει περίπου 30% μεγαλύτερη απόσταση λόγω της χρήσης 2 ζευγών καλωδίων.

2.2.7 SDSL και SHDSL (ITU G.991.2)

Το SDSL, Single-line Digital Subscriber Line, είναι μια τεχνολογία παρόμοια με το HDSL όσον αφορά στο ρυθμό μεταφοράς δεδομένων (μέχρι 2 Mbps), που απαιτεί όμως μόνο ένα συνεστραμμένο ζεύγος χαλκού. Για το λόγο αυτό, η μέγιστη απόσταση μεταξύ των δύο άκρων δεν μπορεί να ξεπερνά τα 3 km. Αντίθετα με την ADSL, η SDSL δεν μπορεί να συνυπάρξει με μια συμβατική υπηρεσία φωνής καθώς καταλαμβάνει το σύνολο του bandwidth.

Πρέπει εδώ να αναφερθεί ότι ο όρος SDSL χρησιμοποιείται κυρίως στη Βόρεια Αμερική και δεν έχει προτυποποιηθεί. Η προσπάθεια προτυποποίησης οδήγησε στο πρότυπο SHDSL (ITU G.991.2) το οποίο χρησιμοποιεί την πιο προηγμένη τεχνική κωδικοποίησης TC-PAM. Αυτό επιτρέπει μεγαλύτερες αποστάσεις με καλύτερη συμβατότητα με άλλες DSL τεχνολογίες. Σε περιοχές όπως την Ευρώπη ο γενικός όρος «Symmetric» DSL (SDSL) χρησιμοποιείται για να περιγράψει αυτό το πρότυπο (ITU 991.2 SHDSL). Το SHDSL έχει επίσης προτυποποιηθεί και από τους οργανισμούς ANSI (B. Αμερική) και ETSI (Ευρώπη).

2.2.8 IDSL

Η τεχνολογία IDSL (ISDN-DSL) υποστηρίζει συμμετρική μετάδοση μέχρι και 144 Kbps πάνω από τις τηλεφωνικές γραμμές. Διαφέρει από το συγγενικό ISDN (integrated services digital network) στο ότι είναι τεχνολογία «always-available» αλλά μπορεί να χρησιμοποιήσει τον ίδιο τερματικό εξοπλισμό ή modem που χρησιμοποιεί το ISDN. Η διαφορά γίνεται από τη μεριά του παρόχου, ο οποίος τερματίζει u964 την IDSL σύνδεση και τη στέλνει σε έναν router ή ένα switch.

2.2.9 VDSL (ITU-T G.993.1) και VDSL2 (ITU-T G.993.2)

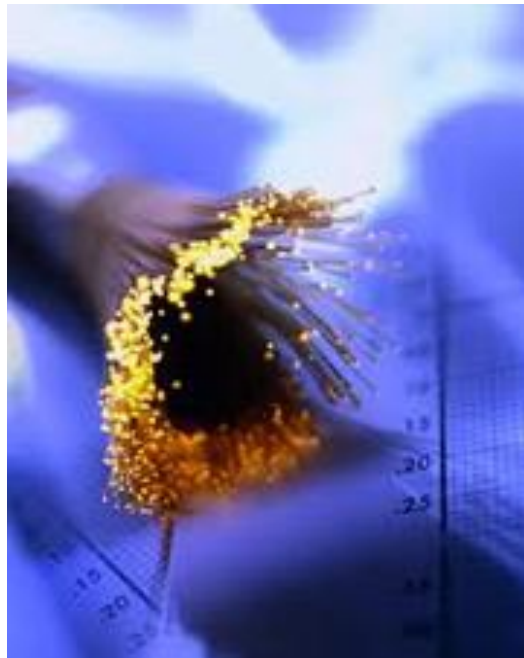
Το VDSL, Very-high-data-rate Digital Subscriber Line, είναι σχετικά νέα τεχνολογία και υπόσχεται να δώσει εντυπωσιακά μεγαλύτερες ταχύτητες, με περιορισμό όμως τη μέγιστη απόσταση μεταξύ των δύο άκρων του χάλκινου αγωγού.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΟΙ ΟΠΤΙΚΕΣ ΙΝΕΣ

3.1 Τι είναι οι οπτικές ίνες

Οι **οπτικές ίνες**, είναι πολύ λεπτά νήματα από πλαστικό ή γυαλί, όπου από μέσα τους, μεταδίδονται ψηφιακά δεδομένα, υπό μορφή φωτός. Ένα καλώδιο οπτικών ινών, περιέχει μέσα του 10άδες ή και 100άδες πολύ λεπτές τέτοιες οπτικές ίνες, σε διάμετρο, μικρότερη και από μία τρίχα. Οι ταχύτητες μετάδοσης των δεδομένων μέσω των οπτικών ινών, αφού τα δεδομένα ταξιδεύουν υπό μορφή φωτός, είναι τεράστια (όσο η ταχύτητα του φωτός).

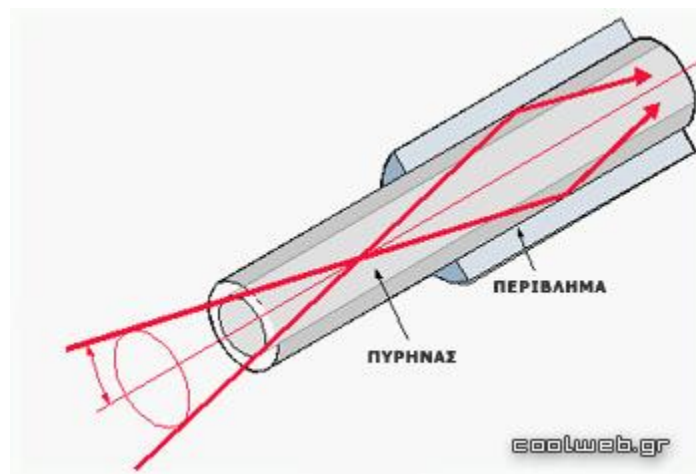


Εικόνα 10: Πολλές οπτικές ίνες

3.2 Πως λειτουργούν οι οπτικές ίνες

Στο ένα άκρο της οπτικής ίνας, υπάρχει ο πομπός και στο άλλο, ο δέκτης. Ο πομπός, μετατρέπει τα ψηφιακά δεδομένα ενός υπολογιστή, σε ψηφιακά κύματα φωτός. Ο δέκτης, αποκωδικοποιεί τα ψηφιακά κύματα φωτός, σε ψηφιακά δεδομένα. Τα ψηφιακά κύματα φωτός, ταξιδεύουν με την ταχύτητα του φωτός μέσα από την

οπτική ίνα, με διαδοχικές ανακλάσεις στα τοιχώματα της οπτικής ίνας. Οι ανακλάσεις αυτές, γίνονται στα τοιχώματα, σε γωνία μικρότερη των 42 μοιρών, με αποτέλεσμα να λειτουργούν τα τοιχώματα σαν καθρέφτες. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται **ολική ανάκλαση** και είναι η αιτία που τα κύματα φωτός μένουν μέσα στην οπτική ίνα, συνεχίζοντας το ταξίδι τους μέχρι το άλλο άκρο, χωρίς να βγαίνουν-χάνονται έξω από την ίνα. Σε αυτό συνεισφέρει και η δομή της. Το εσωτερικό μέρος της **οπτικής ίνας**, ονομάζεται πυρήνας και μέσω αυτού, ταξιδεύουν τα κύματα φωτός. Ο πυρήνας, είναι περιτυλιγμένος από μία άλλη στρώση πλαστικού - γυαλιού που ονομάζεται περίβλημα.



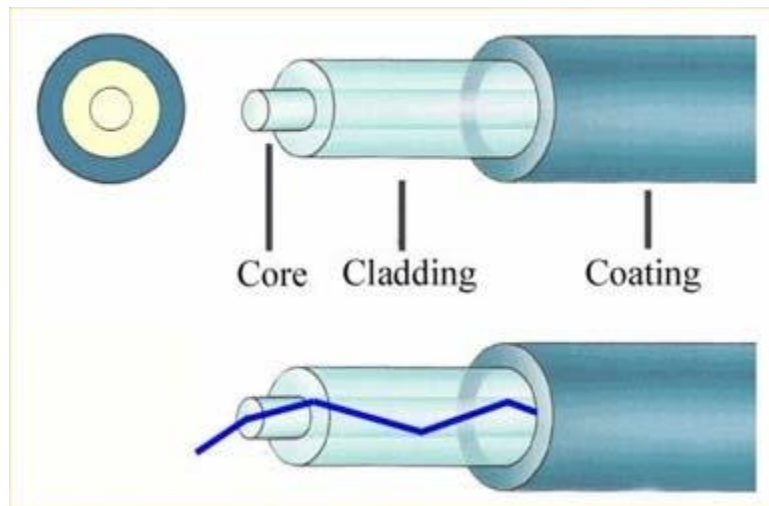
Εικόνα 11: Διάδοση σήματος μέσα σε οπτική ίνα

Το περίβλημα από τις **οπτικές ίνες**, είναι έτσι κατασκευασμένο, ώστε να κρατάει τα κύματα φωτός, με ολικές ανακλάσεις, μέσα στον πυρήνα και να συνεχίζουν το ταξίδι τους μέσω αυτού (του πυρήνα). Το περίβλημα το πετυχαίνει αυτό, λόγω της διαφορετικότητας του υλικού από το οποίο είναι κατασκευασμένο, σε σχέση με το υλικό του πυρήνα.

Συνοπτικά η λειτουργία της οπτικής ίνας μπορεί να περιγραφεί ως εξής

- Πυρήνας (core) - εγκλωβίζει τις ακτίνες φωτός και τις οδηγεί στο τέρμα
- Επικάλυψη (cladding) - περιβάλλει την οπτική ίνα και κρατάει το φως στον πυρήνα, εμποδίζοντας το σήμα να διασκορπιστεί και να χάσει την ισχύ του

- Περίβλημα (coating) - εξωτερικό προστατευτικό υλικό, το οποίο προστατεύει την ίνα από τους περιβαλλοντικούς κινδύνους



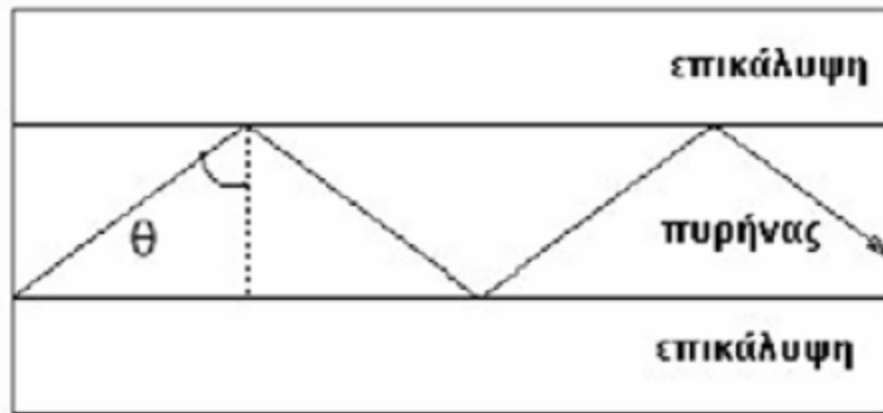
Εικόνα 12: Δομή οπτικής ίνας

3.3 Μετάδοση στην οπτική ίνα

Οφείλεται στην ανάκλαση του σήματος μέσα στο μέσο. Η ανάκλαση για να συμβεί, πρέπει να ισχύουν οι παρακάτω προϋποθέσεις:

- Δείκτης διάθλασης εξωτερικού υλικού > Δείκτη διάθλασης εσωτερικού
- Γωνία πρόσπτωσης της ακτίνας > της οριακής τιμής -> (οπτικές ίνες μικρού διαμετρήματος)

Συνεπώς, μια ακτίνα φωτός προσπίπτουσα με γωνία ίση ή μεγαλύτερη της οριακής τιμής παγιδεύεται εντός της ίνας. Με αυτό τον τρόπο η ακτίνα μπορεί να διαδοθεί για πολλά χιλιόμετρα, με σχεδόν μηδενική απώλεια



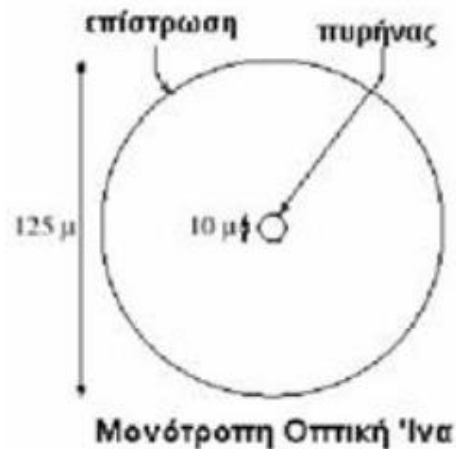
Εικόνα 13: Εκπομπή δέσμης φωτός διαμέσου οπτικής ίνας

Η φωτεινή δέσμη μπορεί να προέρχεται από δύο φωτεινές πηγές

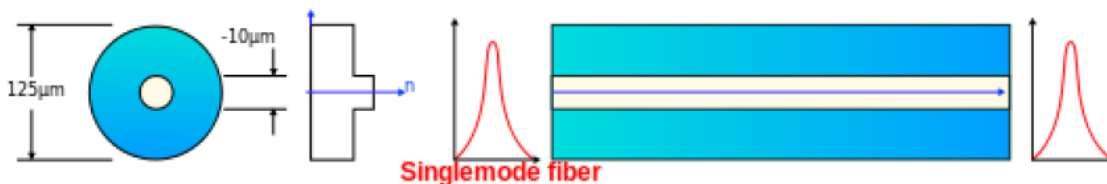
- Πηγή Laser
 - Μεγάλη ισχύς εκπομπής
 - Υψηλό Bit rate
 - Στενή δέσμη φωτός
 - Χρήση και σε μονότροπη και σε πολύτροπη οπτική ίνα
- LED (Light Emitting Diode)
 - Χαμηλότερο κόστος
 - Μεγαλύτερη διάρκεια ζωής
 - Μικρή ευαισθησία στην θερμοκρασία

3.4 Τύποι οπτικών ινών

Υπάρχουν οι οπτικές ίνες απλού τύπου και οι πολλαπλού τύπου. Στις οπτικές ίνες **απλού τύπου**(single-mode) ή μονοτρόπες τα κύματα φωτός ταξιδεύουν σε ευθεία γραμμή και μπορούμε να στείλουμε δεδομένα σε μεγάλες αποστάσεις.



Εικόνα 14: Τομή μονότροπης οπτικής ίνας



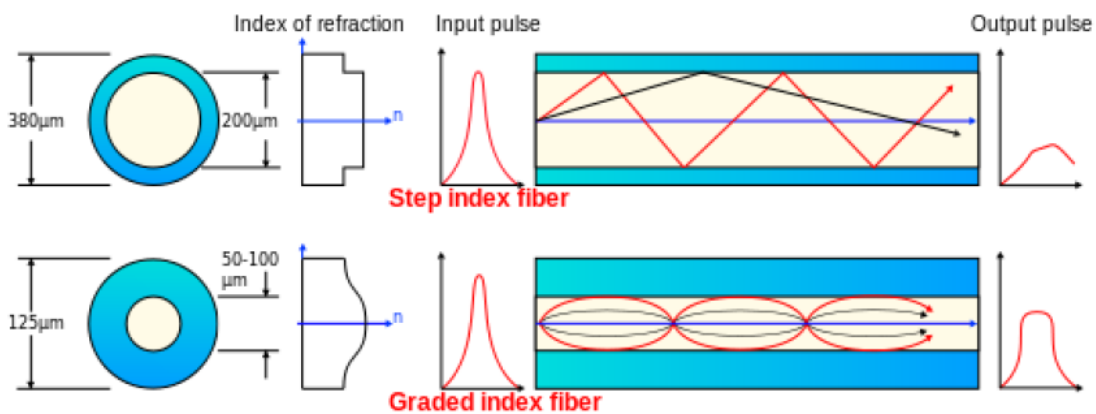
Εικόνα 15: Μετάδοση φωτός σε μονότροπη οπτική ίνα

Οι οπτικές ίνες **πολλαπλού τύπου**(multi-mode) ή πολύτροπες, είναι πιο "χοντρές" από τις απλού τύπου, αλλά μπορούν να στείλουν παράλληλα, σε ξεχωριστό μονοπάτι, πολλά κύματα φωτός. Το κάθε κύμα φωτός, εισέρχεται στην οπτική ίνα υπό ελαφρώς διαφορετική γωνία σε σχέση με τα άλλα, και ακολουθεί το δικό του μονοπάτι μέσα της, μέσω των διαδοχικών ανακλάσεων στο περιβλήμα.



Εικόνα 16: Τομή πολύτροπης οπτικής ίνας

Για τις πολύτροπες ίνες υπάρχει ένας κι ο διαχωρισμός ανάλογα με το αν η μεταβολή του δείκτη διαθλάσεως μεταξύ του πυρήνα και της επικάλυψης είναι απότομη (step index) ή βαθμιαία (graded index)



Εικόνα 17: Μετάδοση φωτός σε πολύτροπη οπτική ίνα

Αυτό συμβαίνει παράλληλα με πολλά κύματα φωτός (όλα σε διαφορετική γωνία σε σχέση με τα άλλα) κι έτσι μπορούμε να στείλουμε παράλληλα, τεράστιο όγκο δεδομένων!

3.5 Τα κυριότερα προβλήματα στη μετάδοση του σήματος των οπτικών ινών

3.5.1 Water Peak

Ο όρος «water peak» (ακμή του νερού), αναφέρεται στο διάστημα στο φάσμα συχνοτήτων κοντά στο μήκος κύματος $1383\text{nm} \pm 50\text{nm}$, στο οποίο η εξασθένηση του σήματος γίνεται ιδιαίτερα ισχυρή και απρόβλεπτη. Αιτία είναι η υγρασία η οποία παραμένει στην οπτική ίνα κατά τη διαδικασία κατασκευής της. Τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί μέθοδοι παραγωγής που εξουδετερώνουν σε μικρότερο ή μεγαλύτερο βαθμό το φαινόμενο αυτό, παράγοντας οπτικές ίνες τύπου “low water peak” και “zero water peak”

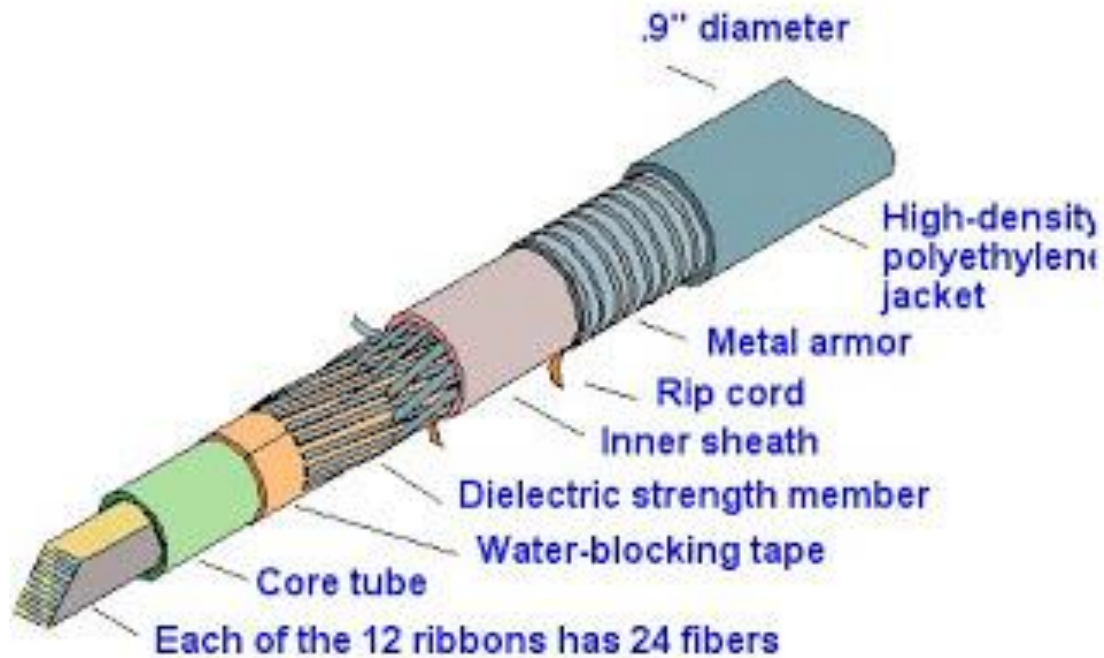
3.5.2 Διάχυση σήματος

Η διάχυση του φωτεινού σήματος μας αναγκάζει να υποτετραπλασιάσουμε την χωρητικότητα. Το φως μπορεί να ταξιδεύει μέσα σε οποιοδήποτε διαφανές υλικό, αλλά η ταχύτητά του θα είναι μικρότερη από ότι στο κενό. Ο λόγος της ταχύτητας στο κενό προς την ταχύτητα μέσα στο υλικό ονομάζεται δείκτης διάθλασης

3.6 Καλώδια οπτικών ινών

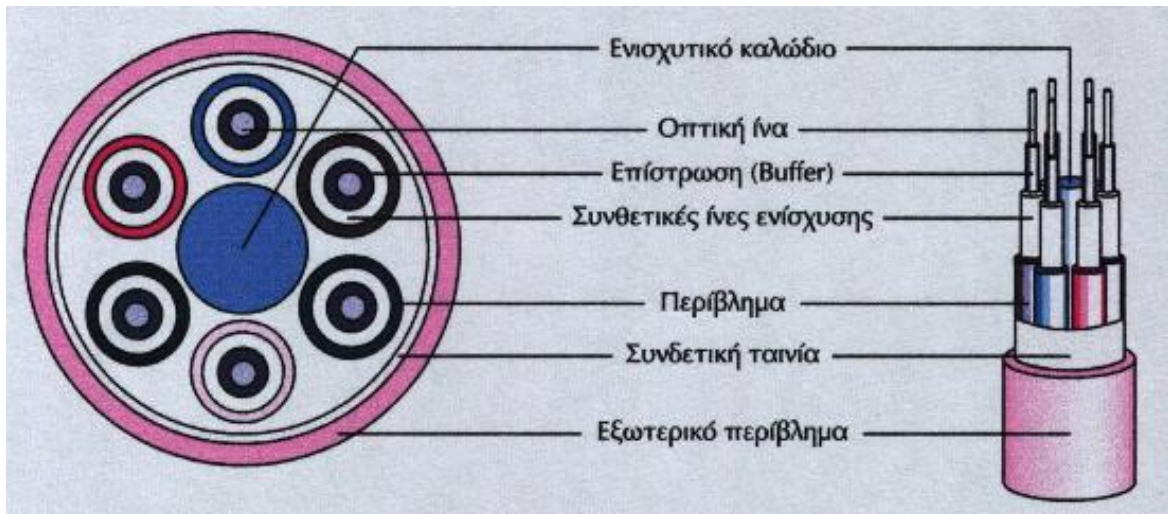
Τα καλώδια οπτικών ινών, τα οποία, συνήθως περιέχουν δεσμίδες οπτικών ινών, χρησιμοποιούνται, κυρίως, από τους τηλεπικοινωνιακούς οργανισμούς για επίγειες και υποθαλάσσιες συνδέσεις μεγάλων αποστάσεων, αντικαθιστώντας τόσο τις γραμμές ομοαξονικών καλωδίων, όσο και τις επίγειες και δορυφορικές μικροκυματικές ζεύξεις. Τα τελευταία χρόνια έχουν ποντισθεί πολλά καλώδια οπτικών ινών, με χωρητικότητα, η οποία ξεπερνά τα 30.000 κυκλώματα φωνής, για τη διασύνδεση ηπείρων. Τέτοια παραδείγματα αποτελούν το καλώδιο BSFOCS, που εκτείνεται στην περιοχή της Μαύρης θάλασσας και συνδέει τη Βουλγαρία, Ουκρανία και Ρωσία, το καλωδιακό σύστημα SEA – ME – WE 3 (South East Asia – Middle East – West Europe), που ξεκινά από τη Δυτική Ευρώπη (Γερμανία, Μεγ. Βρετανία), περνά από τα στενά του Γιβραλτάρ στη Μεσόγειο (Ιταλία, Ελλάδα, Κύπρος) συνεχίζει από τα στενά του Σουέζ προς την Ασία (Ινδία, Σιγκαπούρη) και χωρίζεται σε δύο μέρη, με το ένα άκρο να καταλήγει στην Ιαπωνία και το άλλο

στην Αυστραλία και το καλώδιο ADRIA-1, που συνδέει την Ελλάδα (Κέρκυρα), την Αλβανία (Durrës) και την Κροατία (Dubrovnik).



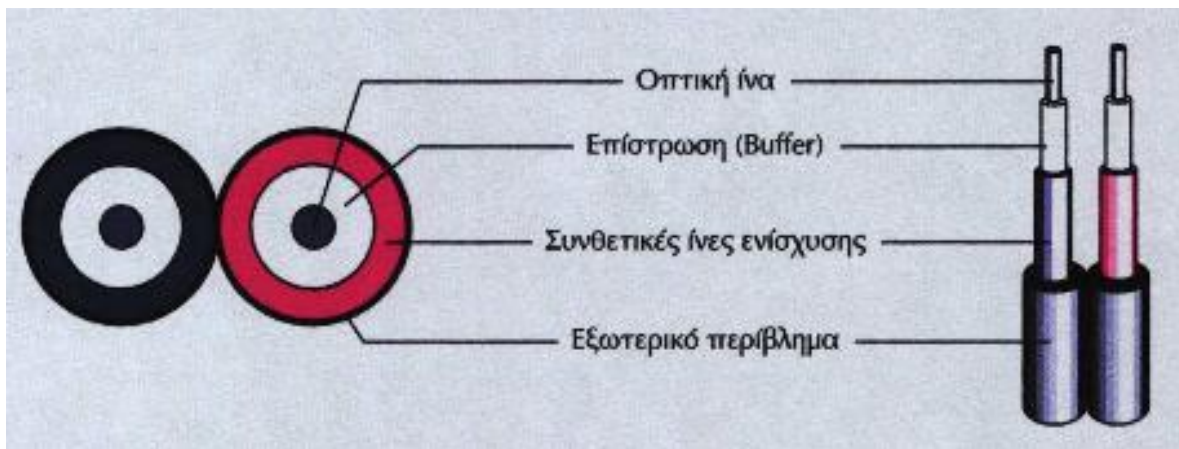
Εικόνα 18: Δομή καλωδίου οπτικής ίνας

Τα καλώδια οπτικών ινών περιέχουν από 1 έως 36 οπτικές ίνες. Τα πιο συνηθισμένα είναι τα καλώδια με ζυγό αριθμό οπτικών ινών για την επικοινωνία των full-duplex κυκλωμάτων. Θα ξεχωρίσουμε δυο τύπους οπτικών ινών ως προς την κατασκευή τους. Στην πρώτη περίπτωση, έχουμε σε κάθε οπτική ίνα και εξωτερικά από την επίστρωση συνθετικές ίνες και εξωτερικό μονωτικό περίβλημα. Μέσα στο καλώδιο υπάρχουν πολλές τέτοιες ίνες, όπου η κάθε ίνα αποτελεί και ένα ξεχωριστό καλώδιο. Μέσα στο καλώδιο περιέχονται εκτός από καλώδια οπτικών ινών και καλώδια, τα οποία χρησιμεύουν για ενίσχυση και στρογγυλοποίηση του όλου σχήματος. Όλα αυτά τα καλώδια, τέλος, περικλείονται από εξωτερικό περίβλημα. Αυτή η κατασκευή είναι γνωστή σαν Tight Buffer. Στην εικόνα19 εμφανίζεται ανάλογη κατασκευή καλωδίου οπτικών ινών.



Εικόνα 19: Καλώδιο οπτικών ινών (Tight Buffer)

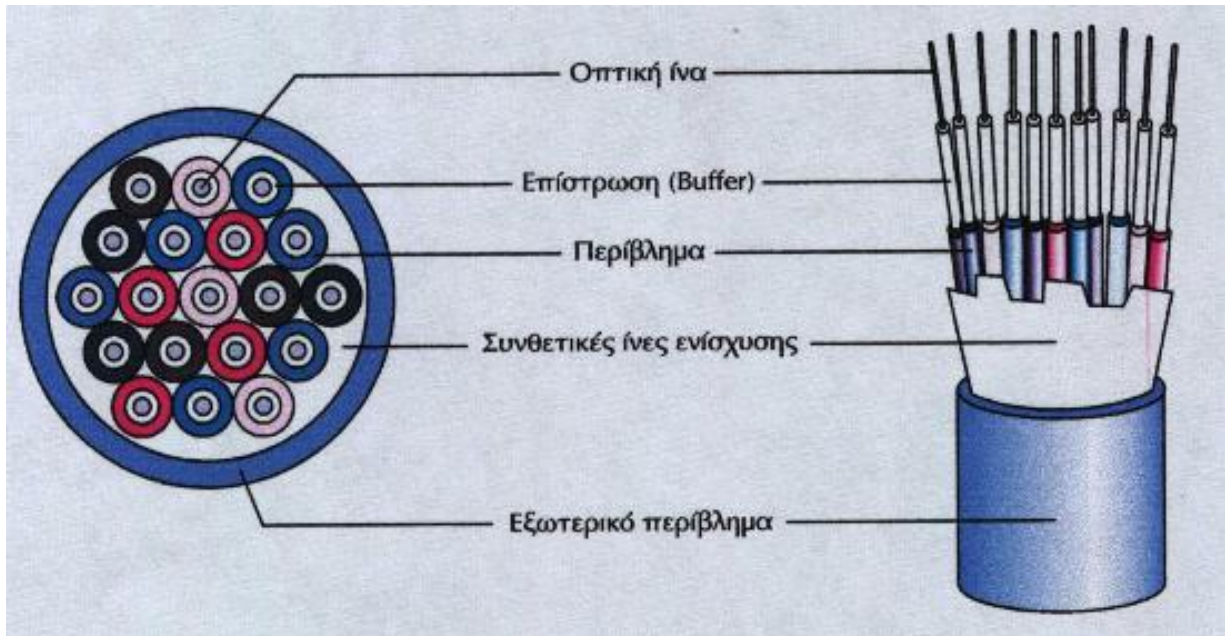
Παρόμοιας κατασκευής είναι τα εύκαμπτα καλώδια, που χρησιμοποιούμε για τη σύνδεση με τον ενεργό εξοπλισμό (Optical patch cords). Αυτά αποτελούνται από δυο καλώδια ενωμένα στο εξωτερικό τους, το κάθε ένα από τα οποία περιέχει οπτική ίνα από πλαστικό. Στην εικόνα 20 εμφανίζεται ένα οπτικό καλώδιο σύνδεσης.



Εικόνα 20: Καλώδιο οπτικών ινών (Optical patch cords)

Στην δεύτερη περίπτωση, έχουμε τις οπτικές ίνες με την επίστρωσή τους να είναι τοποθετημένες ελεύθερα μέσα στο καλώδιο και περικλείονται από εξωτερικό περίβλημα, αφού πρώτα τοποθετηθεί μέσα στο καλώδιο επίστρωση από συνθετικές ίνες για την

ανθεκτικότητα του καλωδίου. Αυτή η κατασκευή είναι γνωστή σαν Loose Buffer. Στην εικόνα 21 εμφανίζεται ανάλογη κατασκευή καλωδίου οπτικών ινών.



Εικόνα 21: Καλώδιο οπτικών ινών (Loose Buffer)

3.7 Πλεονεκτήματα - Μειονεκτήματα οπτικών ινών

Οι οπτικές ίνες έχουν περισσότερα πλεονεκτήματα από ότι μειονεκτήματα.

Πλεονεκτήματα οπτικών ινών

- 1) μπορούν να μεταφέρουν παράλληλα πολύ μεγαλύτερο όγκο δεδομένων σε σχέση με το χάλκινο καλώδιο,
- 2) η μεταφορά των δεδομένων γίνεται γρηγορότερα,
- 3) είναι λιγότερο ευάλωτα τα δεδομένα που ταξιδεύουν μέσα τους, σε παρεμβολές
- 4) είναι πολύ πιο λεπτές και ελαφρύτερες από το χάλκινο καλώδιο.

5)τα δεδομένα μεταδίδονται ψηφιακά: άρα πιο γρήγορη κωδικοποίηση - αποκωδικοποίηση δεδομένων, σχεδόν καθόλου απώλειες δεδομένων.

Μειονεκτήματα οπτικών ινών

1)είναι πιο ακριβές,

2)είναι πιο δύσκολη η εγκατάστασή τους,

3)είναι πιο εύθραυστες,

4)δεν μπορούμε να τις λυγίζουμε πολύ, θα πρέπει να τις εγκαθιστούμε με ελαφριά κλίση, γιατί αλλιώς θα έχουμε απώλειες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ VDSL

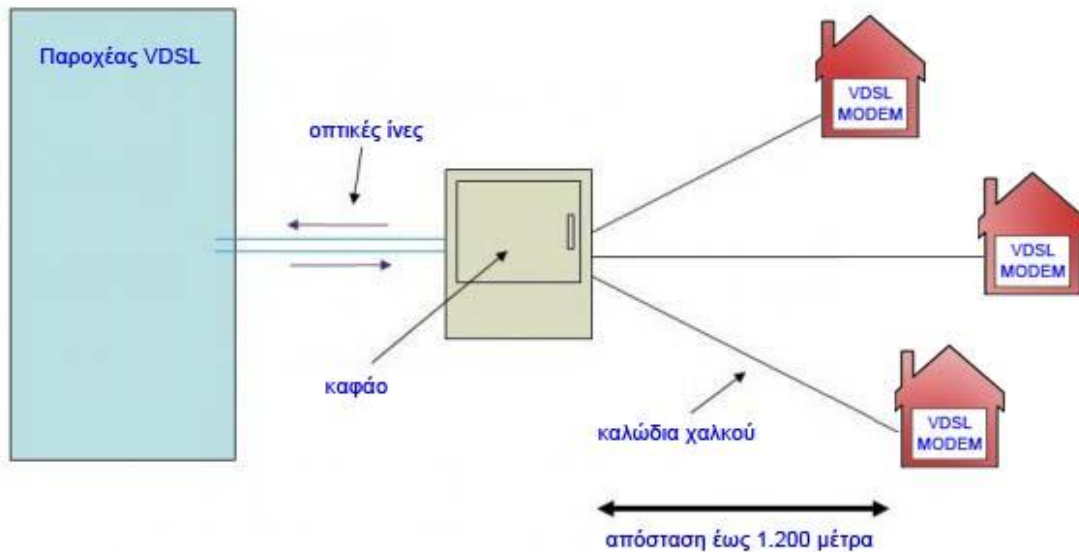
4.1 Γενικά

Το VDSL (Very high bit-rate Digital Subscriber Line – πολύ υψηλού ρυθμού ψηφιακή γραμμή συνδρομητή) είναι η επόμενη γενιά ασύμμετρου DSL που προσφέρει γρηγορότερους ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων από το ADSL/ADSL2+. Η ταχύτητα του VDSL μπορεί να φτάσει θεωρητικά τα 52 Mbps download και 12 Mbps upload.

Μια σύνδεση **VDSL** κάνοντας χρήση του **απλού τηλεφωνικού καλωδίου** (μια και οι απαιτήσεις εύρους για μια τηλεφωνική επικοινωνία είναι μόνο ένα μικρό κλάσμα του συνολικού εύρους που μπορεί προσφέρει ένα καλώδιο χαλκού) παρέχει στον τελικό χρήστη, εκτός από **πολύ γρήγορη πρόσβαση στο Διαδίκτυο** και την **διασύνδεση απομακρυσμένων εταιρικών δικτύων, τηλεόραση υψηλής ευκρίνειας και Video-on-Demand**, συγχρόνως με την κλασσική χρήση τηλεφώνου ή fax. Η τιμή διάθεσής του VDSL (όπως και όλες οι τεχνολογίες) θα μειώνεται όσο πιο πολύ διαδίδεται και αυξάνει και η ζήτησή του.

Υπάρχουν δύο διαφορετικές (μη συμβατές μεταξύ τους) τεχνολογίες για την υλοποίηση του VDSL: Η τεχνολογία **QAM** (Quadrature Amplitude Modulation Τετραγωνισμένη Διαμόρφωση Εύρους) και η τεχνολογία **DMT** (Discrete Multi-Tone Ασυνεχής Πολυτονική Διαφοροποίηση) με την τελευταία (DMT) να χρησιμοποιείται από τους περισσότερους κατασκευαστές VDSL. Το VDSL, τεχνολογίας DMT (που χρησιμοποιεί και ο ΟΤΕ), είναι μια γρήγορη αλλά και πολύπλοκη τεχνολογία μεταφοράς δεδομένων που δημιουργεί **247 εικονικά κανάλια** στο διαθέσιμο εύρος ζώνης της τηλεφωνικής γραμμής. Κάθε κανάλι ελέγχεται χωριστά όσο αναφορά την ροή των δεδομένων και ανά πάσα στιγμή μπορεί να ενεργοποιηθεί κάποιο άλλο εναλλακτικό κανάλι που προσφέρει καλύτερη ροή δεδομένων.

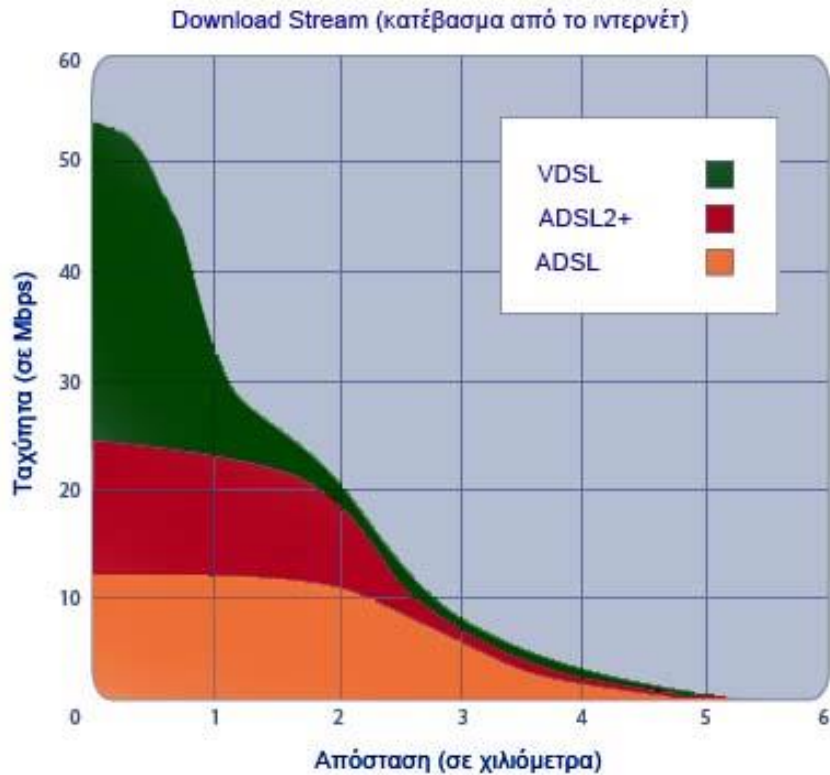
4.2 Ταχύτητα και απόσταση



Εικόνα 22: Η αρχιτεκτονική του δικτύου VDSL

Όπως συμβαίνει και στις άλλες ευζωνικές τεχνολογίες, η ταχύτητα στον τελικό χρήστη **εξαρτάται από την απόσταση** της σύνδεσης του χρήστη έως τον τοπικό βρόχο της εταιρείας που παρέχει το VDSL. Έτσι, οι μικρότερες αποστάσεις θα παρέχουν ταχύτερους ρυθμούς, και οι μεγαλύτερες χαμηλότερους. Το VDSL για να λειτουργεί απαιτεί ένα βρόχο μήκους **ιδανικά λιγότερο από 300 μέτρα και το πολύ έως 1.200**. Οι μέγιστες ταχύτητες που παρέχει το VDSL είναι **26 Mbps συμμετρικά**, ή **52/12 Mbps ασύμμετρα** με τις μέγιστες ταχύτητες επιτυγχάνονται για αποστάσεις έως 300 μέτρα.

Οι παροχείς VDSL χρησιμοποιούν γραμμές οπτικών ινών, αντικαθιστώντας τις παλιές γραμμές χαλκού. Έτσι, ένα τμήμα της γραμμής από τον τελικό χρήστη προς τον πάροχο είναι οπτικές ίνες και ένα άλλο χαλκός. Το σήμα πρέπει να μεταφράζεται από αναλογικό (στον χαλκό) σε ψηφιακό (στις οπτικές ίνες) και αντίστροφα. Αυτές οι «μεταφράσεις» γίνονται από μια συσκευή (VDSL gateway - DSLAM) που τοποθετείται στο σημείο που συναντιούνται τα καλώδια χαλκού με τις οπτικές ίνες, και μετατρέπει το σήμα VDSL που έρχεται από τα καλώδια χαλκού σε παλμούς φωτός ώστε να συνεχίσει την διαδρομή του στις οπτικές ίνες. Με αυτό τον τρόπο, λύνεται το πρόβλημα της απόστασης από τον χρήστη έως τον παροχέα.



Εικόνα 23: Η απόδοση των τεχνολογιών VDSL, ADSL2+ και ADSL στην καταβίβαση της πληροφορίας σε σχέση με την απόσταση

Με αντίστοιχο τρόπο ο παροχέας στέλνει το σήμα μέσα από τις οπτικές ίνες έως το σημείο που υπάρχει ο χαλκός που συνδέεται στον χρήστη. Σε αυτό το σημείο το μήκος του χαλκού πρέπει να είναι μικρό ώστε να μην υπάρχει πρόβλημα απωλειών στην ταχύτητα. Με αυτό τον τρόπο αρκεί το μήκος του καλωδίου από το modem του τελικού χρήστη έως το σημείο (συνήθως το καφάο) που ο παροχέας έχει τοποθετήσει τις συσκευές VDSL gateway να είναι το πολύ 1.200 μέτρα.

4.3 Διάθεση VDSL στην Ελλάδα

Συνδέσεις VDSL είναι διαθέσιμες σε συγκεκριμένες περιοχές σε όλο τον κόσμο και η χρήση του αυξάνεται διαρκώς. Στην Ελλάδα, ο ΟΤΕ αποφάσισε να χρησιμοποιήσει την τεχνολογία VDSL σαν «ενδιάμεση λύση» μέχρι να αρθούν τα εμπόδια στην εγκατάσταση των (ταχύτερων) οπτικών ινών που φτάνουν στον τελικό χρήστη **FTTH** (Fiber To The Home). Έτσι δημιούργησε ένα δίκτυο αρχιτεκτονικής FTTN (Fiber To The Neighborhood) ή FTTC (Fiber To The Cabinet), δηλαδή δίκτυο όπου ο **εξοπλισμός** (DSLAM) **τοποθετείται σε επίπεδο γειτονιάς** (συνήθως στα καφάο).

Ο **ΟΤΕ** άρχισε να επενδύει από το **2008** στην τεχνολογία VDSL και το τελευταίο τρίμηνο του 2010 έκανε νέες εγκαταστάσεις οπτικής ίνας στους δήμους Αλεξανδρούπολης, Κομοτηνής, Ξάνθης, Σερρών και Ζωγράφου, Βούλας και Βουλιαγμένης, και είναι έτοιμος να διαθέσει συνδέσεις VDSL στο κοινό και στους παροχείς ιντερνέτ. Στις παραπάνω περιοχές, 1.000 περίπου KV (καφάο), έχουν συνδεθεί με οπτικές ίνες, δίνοντας έτσι τη δυνατότητα σε 125.000 σπίτια και επιχειρήσεις να κάνουν χρήση της τεχνολογίας VDSL. Με την ολοκλήρωση των εργασιών, ο ΟΤΕ θα μπορεί προσφέρει σε αυτές τις περιοχές ταχύτητες σύνδεσης στο διαδίκτυο έως 50 και Mbps. Οι νέες ταχύτητες πρόσβασης που θα διαθέσει θα είναι (2 πακέτα): 30Mbps/2,5Mbps και 50/5Mbps download και upload αντίστοιχα.

Για τις ανάγκες των επιχειρήσεων, ανάλογα με το ενδιαφέρον και όπου είναι εφικτό, ο ΟΤΕ, κατασκευάζει ήδη λύσεις τύπου FTTB (Fiber To The Building), όπου δηλαδή οι οπτικές ίνες φθάνουν έως το κτίριο. Το δίκτυο κορμού του ΟΤΕ πανελλαδικά, αποτελείται εδώ και χρόνια εξ ολοκλήρου από οπτικές ίνες μήκους πάνω από 35.000 χιλιόμετρα, και οι βασικοί κόμβοι του δικτύου του συνδέονται μεταξύ τους, με πολλαπλά κυκλώματα των 10 Gbps. Για τη δημιουργία υποδομών οπτικών ινών νέας γενιάς, ο ΟΤΕ κάνει σημαντικές επενδύσεις την τριετία 2010-2012, ώστε να φέρει τις οπτικές ίνες (FTTH και FTTB) πιο κοντά στα σπίτια και τις επιχειρήσεις.

Από τους εναλλακτικούς παρόχους ωστόσο ξεκίνησε πρώτη η **Cyta** την **εμπορική διάθεση VDSL** στην Αθήνα στα τέλη του **2011**.

4.4 Ανάπτυξη VDSL

Μια δεύτερη γενιά VDSL (που βρίσκεται σε ανάπτυξη) μπορεί να προσφέρει ταχύτητες έως και 100 Mbps.

4.5 Fiber to the x

Ο γενικός όρος **Fiber to the x** (οπτική ίνα μέχρι το x) ή **FTTx** περιγράφει μια αρχιτεκτονική δικτύου που χρησιμοποιεί οπτικές ίνες για να αντικαταστήσει ολόκληρο, ή μέρος του τοπικού βρόχου που χρησιμοποιείται για την παροχή υπηρεσιών τηλεπικοινωνίας.

Οι τεχνολογίες FTTx είναι:

- Fiber to the Node Οπτική ίνα έως το **Σημείο** ή Fiber to the Neighborhood (FTTN) Οπτική ίνα έως τη **Γειτονιά** ή Fiber to the Cabinet (FTTCab) Οπτική ίνα έως τη **Καμπίνα** (καφάο)
- Fiber to the Curb (FTTC) Οπτική ίνα έως το **Πεζοδρόμιο**
- Fiber to the Building (FTTB) Οπτική ίνα έως το **Κτίριο**
- Fiber to the Home (FTTH) Οπτική ίνα έως το **Σπίτι**

4.6 Διαφορές ADSL με VDSL

Η τεχνολογία VDSL είναι μία βελτιωμένη έκδοση της τεχνολογίας ADSL. Είναι δύο διαφορετικές τεχνολογίες στον τρόπο εφαρμογής τους γιατί δεν μπορούν να χρησιμοποιήσουν τον εξοπλισμό της μίας για την άλλη.

Η σημαντικότερη διαφορά των δύο τεχνολογιών είναι η ταχύτητα. Η τεχνολογία ADSL μπορεί να φτάσει τη μέγιστη ταχύτητα download των 24 Mbps και upload του 1 Mbps ενώ η VDSL τεχνολογία μπορεί να φτάσει τη μέγιστη ταχύτητα download των 50 Mbps και upload των 12. Η τεχνολογία VDSL προσφέρει υψηλές ταχύτητες και έτσι είναι μία καλή τεχνολογία για την υποδοχή εφαρμογών υψηλού εύρους ζώνης που η τεχνολογία ADSL δεν έχει την ικανότητα να προσφέρει.

Άλλο ένα χαρακτηριστικό της τεχνολογίας VDSL είναι η χρησιμοποίηση 7 διαφορετικών ζωνών συχνοτήτων για να διαβιβάσει τα δεδομένα. Έτσι με τον τρόπο αυτό το VDSL modem έχει τη δυνατότητα να προσαρμόζεται στην κάθε ζώνη συχνοτήτων που χρησιμοποιεί για λήψη ή αποστολή δεδομένων.

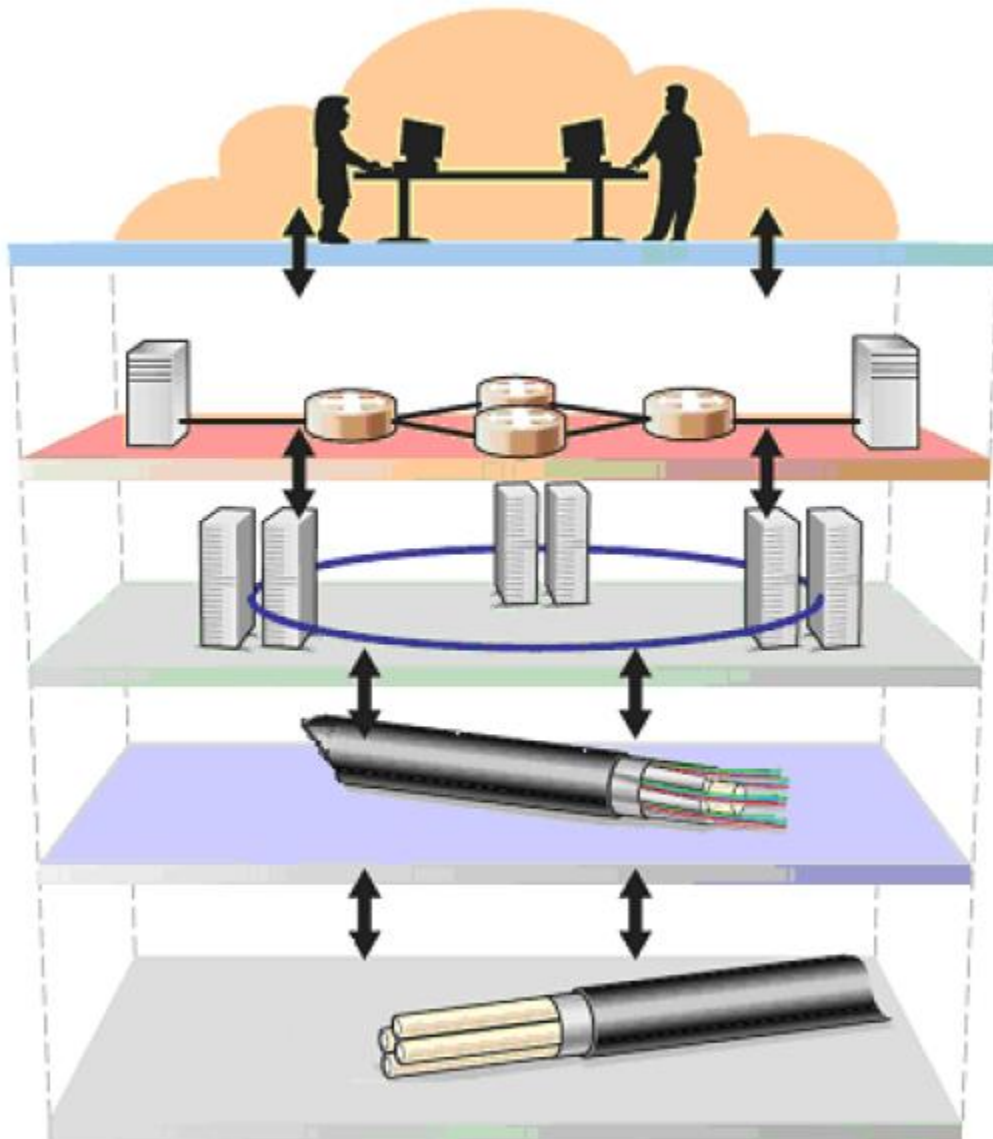
Ακόμη μία σημαντική διαφορά που λειτουργεί σαν μειονέκτημα για τη VDSL τεχνολογία είναι η απόσταση από το τηλεφωνικό κέντρο (μήκος τοπικού βρόχου). Σε μεγάλες αποστάσεις από το κέντρο του παρόχου η τεχνολογία VDSL υφίσταται εξασθένιση του σήματος περισσότερο από την ADSL τεχνολογία. Για το λόγο αυτό, η ADSL τεχνολογία χρησιμοποιείται πιο πολύ σε χρήστες που διαμένουν μακριά από το τηλεφωνικό κέντρο του παρόχου π.χ. ΟΤΕ. Οι περισσότεροι χρήστες της VDSL τεχνολογίας είναι εταιρείες που χρειάζονται μια δικτυακή σύνδεση υψηλού ρυθμού μετάδοσης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΔΟΜΗ VDSL

5.1 Τα επίπεδα ενός δικτύου οπτικών ινών

Μια σχηματική αναπαράσταση των επιπέδων ενός δικτύου που χρησιμοποιεί υποδομές οπτικών ινών παρουσιάζεται στην εικόνα.



Εικόνα 24: Επίπεδα δικτύου οπτικών ινών

Από κάτω προς τα πάνω η διαστρωμάτωση του δικτύου διαμορφώνεται ως εξής:

- Φυσικό Μέσο – Υποδομή: Σωληνώσεις, μικροσωληνώσεις (κενές υποδομές προκειμένου να φιλοξενήσουν καλώδια οπτικών ινών), ιστοί κεραιών
- Παθητική μετάδοση και διασύνδεση μέσων: Καλώδια οπτικών ινών, σύνδεσμοι οπτικών ινών, παθητικός εξοπλισμός
- Ενεργά συστήματα μετάδοσης: Εξοπλισμός που υλοποιεί λογικές συνδέσεις πάνω από το φυσικό μέσο
- Επίπεδο IP: Το δίκτυο του εκάστοτε παρόχου προς τον τελικό χρήστη
- Επίπεδο εφαρμογών: Εξοπλισμός, εφαρμογές και δεδομένα χρηστών

Το χαμηλότερο επίπεδο σε ένα τέτοιο δίκτυο είναι το επίπεδο του φυσικού μέσου ή αλλιώς, της φυσικής δρομολόγησης. Απαρτίζεται από σωληνώσεις με προδιαγεγραμμένες διαστάσεις για όλο το δίκτυο και μικροσωληνώσεις εντός των οποίων μπορούν να φιλοξενηθούν καλώδια οπτικών ινών.

Πρέπει να γίνει κατανοητό ότι το μεγαλύτερο κόστος σε ένα ευρυζωνικό δίκτυο αφορά στο σχεδιασμό και την εγκατάσταση του επιπέδου φυσικής δρομολόγησης. Είναι, κατά συνέπεια, σημαντικό να έχει προηγηθεί ένας ορθός σχεδιασμός του επιπέδου αυτού. Η εγκατάσταση και η τεκμηρίωση θα πρέπει να είναι ακριβείς και τα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν να είναι υψηλής ποιότητας.

5.2 Η οικογένεια τεχνολογιών FTTx,

Με αυτόν τον τρόπο δημιουργήθηκε η οικογένεια τεχνολογιών FTTx, όπου το 'x' παριστάνει τόσο τις διάφορες επιλογές όσον αφορά τον αριθμό των συνδρομητών που μοιράζονται το τελευταίο τμήμα της καλωδίωσης, όσο και το βαθμό προσέγγισης του συνδρομητή με οπτική ίνα. Γενικά με τον όρο FTTx εννοούμε ότι η οπτική ίνα φτάνει σε κάποιο σημείο του δικτύου πέρα από το central office (CO) του

τηλεπικοινωνιακού πάροχου. Ο Πίνακας 11 παρουσιάζει αναλυτικά τις περισσότερες κατηγορίες FTTx που αναφέρονται.

FTTx	Περιγραφή
Fiber To The...	
FTTN (Node) / FTTN (Neighborhood) / FTTCab (Cabinet) / FTTS (Street)	Ορίζεται μέχρι περίπου 1500 μέτρα από τις εγκαταστάσεις του τελικού χρήστη. Οι οπτικές ίνες φτάνουν μέχρι το cabinet (κουτί) που εξυπηρετεί μια γειτονιά, και από εκεί μέχρι τον τελικό χρήστη χρησιμοποιείται η υπάρχουσα υποδομή (π.χ. χαλκός).
FTTC (Curb)	Ορίζεται ως περίπου 150 μέτρα από τις εγκαταστάσεις του τελικού χρήστη. Από εκεί μέχρι τον τελικό χρήστη χρησιμοποιείται η υπάρχουσα υποδομή (π.χ. χαλκός).
FTTB (Building)	Η οπτική ίνα φτάνει στο οικοδομικό τετράγωνο, αλλά όχι σε κάθε όροφο, γραφείο ή διαμέρισμα.
FTTH (Home) / FTTO (Office)	Η οπτική ίνα φτάνει σε ιδιωτικά σπίτια / διαμερίσματα και γραφεία.

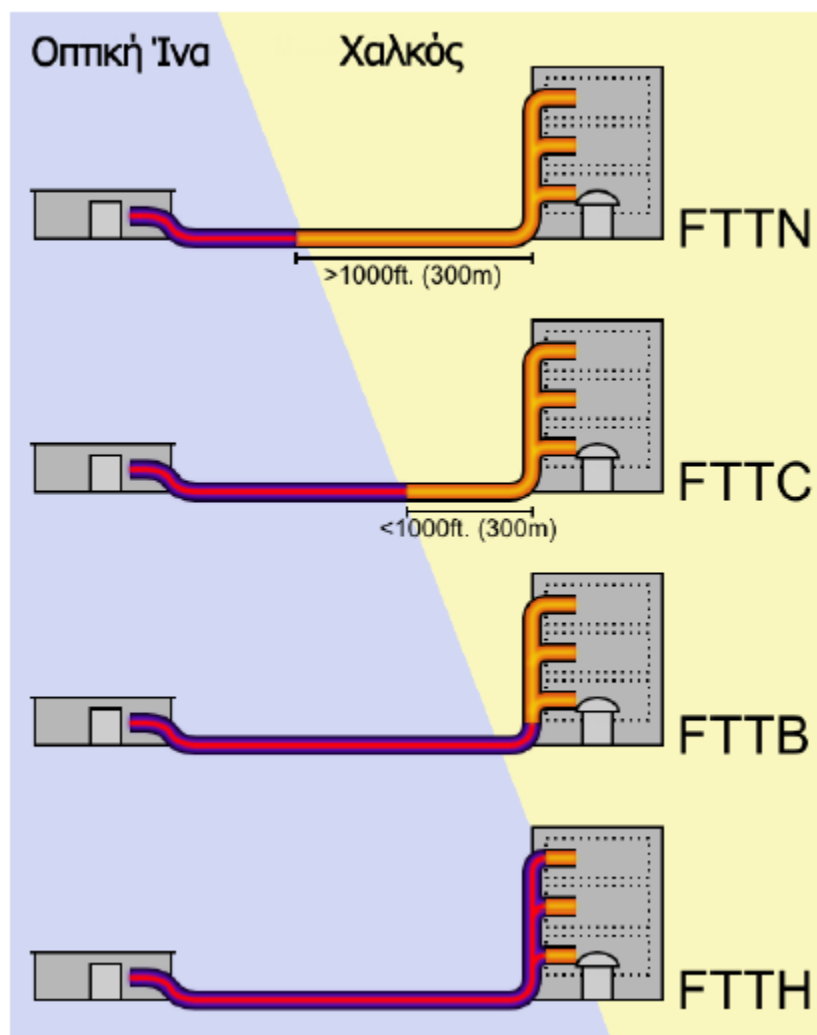
FTTP (Premises)	Η οπτική ίνα φτάνει σε κάθε τύπο κτιρίου (χρησιμοποιείται κάποιες φορές για να περιγράψει το FTTH ή/και το FTTB). Η βασική διαφορά από τα FTTN και FTTC είναι ότι η οπτική ίνα καλύπτει και το “last mile” μέχρι τον τελικό χρήστη.
FTTA (Apartment)	Περιλαμβάνει την οπτική ίνα από το υπόγειο της πολυκατοικίας στο διαμέρισμα.
FTTD (Dormitory)	Η οπτική ίνα φτάνει στους χώρους κατοικίας των σπουδαστών σε κολλέγια και πανεπιστήμια.

Οι πιο βασικές περιπτώσεις μπορούν επομένως να κατηγοριοποιηθούν ως εξής:

- FTTC (Fibre-to-the-Curb), FTTS (Fibre-to-the-Street) και FTTN (Fibre-to-the-Neighbourhood), όπου η οπτική τερματική συσκευή (ONU) που υπάρχει σε κάποιο σημείο διανομής διασυνδέει τους συνδρομητές σε επίπεδο μίας γειτονιάς. Στη συνέχεια, η διασύνδεση των χρηστών στις οπτικές τερματικές συσκευές γίνεται μέσω του local loop με τεχνολογίες χαλκού. Η περίπτωση αυτή περιορίζει το μήκος του χαλκού μέχρι μερικές εκατοντάδες μέτρα, επιτρέποντας ταχύτητες πρόσβασης μέχρι μερικές δεκάδες Mbps, π.χ. χρησιμοποιώντας συστήματα VDSL. Η λύση αυτή θεωρείται κατάλληλη για την εξυπηρέτηση μεγάλου αριθμού συνδρομητών, οι οποίοι είναι συγκεντρωμένοι σε μία μικρή περιοχή (π.χ. οικοδομικό τετράγωνο), και έχουν σχετικά μικρές απαιτήσεις ταχύτητας πρόσβασης.
- FTTB (Fibre-to-the-Building) και FTTO (Fibre-to-the-Office), όπου η τερματική συσκευή διασυνδέει τους συνδρομητές σε επίπεδο ενός κτιρίου, και την FTTH (Fibre-to-the-Home) σε επίπεδο μιας οικίας. Σε αυτή την περίπτωση, η οπτική ίνα μπαίνει στο κτίριο των συνδρομητών (συγκρότημα γραφείων, πολυκατοικία, σπίτι) και η ONU τοποθετείται εσωτερικά μέσα στο κτίριο εξυπηρετώντας τους συνδρομητές του κτιρίου. Το μήκος του χαλκού περιορίζεται σε αυτό της δομημένης καλωδίωσης του κτιρίου ή ακόμη και μηδενίζεται (οπτική

εσωτερική καλωδίωση), επιτρέποντας πρακτικά οποιαδήποτε ταχύτητα πρόσβασης. Η λύση αυτή θεωρείται κατάλληλη για την εξυπηρέτηση μεμονωμένων μεγάλων επιχειρήσεων με μεγάλες απαιτήσεις ταχύτητας ή κτιρίων με μεγάλη συγκέντρωση συνδρομητών σχετικά μικρών απαιτήσεων (π.χ. εμπορικά και επαγγελματικά κέντρα). Η κατηγορία αυτή αντιστοιχεί και στο μεγαλύτερο μέρος των αναπτυξιακών έργων των ευρυζωνικών παρόχων στις μέρες μας, που σχεδιάζουν και αναπτύσσουν FTTN και FTTB δίκτυα.

Τα παραπάνω απεικονίζονται στο Σχήμα.



Εικόνα 25: Βασικές τεχνολογίες FTTx

5.3 ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ FTTX

5.3.1 Τμήματα οπτικού δικτύου

Σε κάθε περίπτωση και ανεξάρτητα από τον βαθμό προσέγγισης των συνδρομητών, ένα δίκτυο FTTx αποτελείται από τρία βασικά μέρη:

- OLT: Optical Line Termination (Οπτικός Τερματισμός Γραμμής). Ο OLT αποτελεί την οπτική τερματική διάταξη του FTTx προς την πλευρά του τηλεπικοινωνιακού παρόχου και είναι εγκατεστημένος στο σημείο παρουσίας του (Point-Of-Presence ή POP). Ο OLT είναι υπεύθυνος για τη διασύνδεση του FTTx με το υπόλοιπο τηλεπικοινωνιακό δίκτυο (PSTN, IP, ATM, κλπ.).
- ONU (ή και ONT): Optical Network Unit (Οπτική Τερματική Συσκευή). Οι ONU αποτελούν τις οπτικές τερματικές διατάξεις προς την πλευρά των πελατών, στις οποίες καταλήγει το FTTx δίκτυο. Σε κάθε ONU γίνεται η οπτικοηλεκτρονική μετατροπή και αποπολυπλεξία του οπτικού σήματος και παρέχονται οι υπηρεσίες προς τους πελάτες μέσω χάλκινων αγωγών. Οι ONU έχουν τη μορφή καμπινών (υπαίθριων ή εσωτερικού χώρου).
- Οπτικό Δίκτυο: Πρόκειται για την οπτική καλωδίωση που συνδέει την OLT με τις ONU. Η καλωδίωση γίνεται με μονότροπο (single-mode) καλώδιο οπτικών ινών, συνήθως προσαρμοσμένο για μεγάλη χωρητικότητα και μπορεί γενικά να έχει οποιαδήποτε τοπολογία: Δακτυλίου, Αστέρα ή Δενδρική. Η οπτική καλωδίωση απόσταση από τους συνδρομητές. Η απόσταση αυτή εξαρτάται από τις τελικές ταχύτητες πρόσβασης που θα δοθούν.

5.3.2 Κατηγοριοποίηση αρχιτεκτονικών FTTx

Η βασική κατηγοριοποίηση των δικτύων οπτικών ινών γίνεται βάσει του κατά πόσο η οπτική ίνα συνδέει τον χρήστη ατομικά με το δίκτυο κορμού ή εάν η οπτική ίνα διαμοιράζεται μεταξύ πολλών χρηστών. Έτσι έχουμε τα οπτικά δίκτυα τύπου point to- point και point-to-multipoint, τα οποία μπορούμε να διακρίνουμε περαιτέρω ως εξής:

- Point-to-point (σημείο-προς-σημείο)
 - Αρχιτεκτονικές **Active Network** (ενεργού δικτύου) με χρήση Ethernet switches (σε μορφή δακτυλίου ή αστέρα), όπου κάθε χρήστης διαθέτει αφοσιωμένη

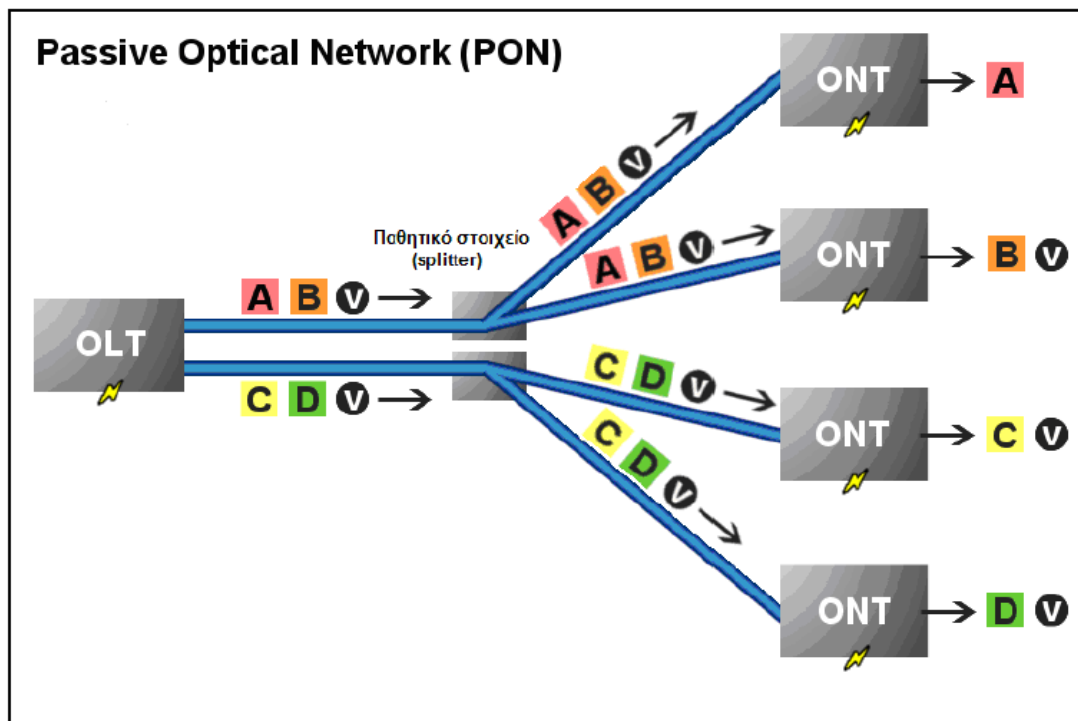
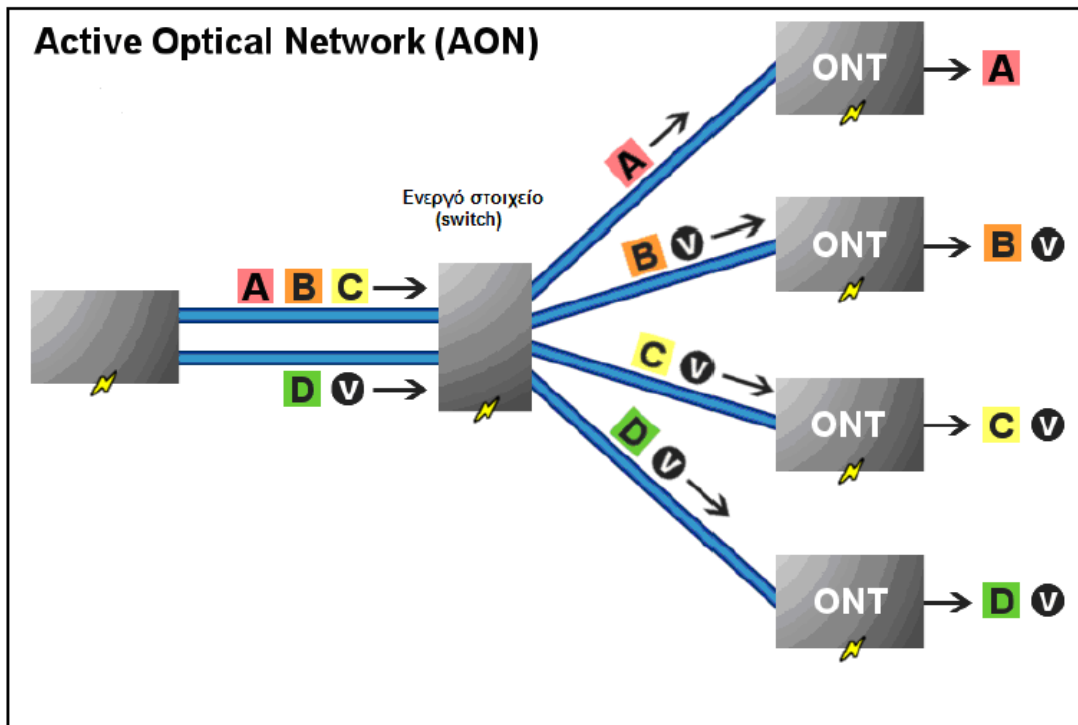
- οπτική ίνα μέχρι το σημείο όπου βρίσκεται εγκατεστημένος ενεργός εξοπλισμός (συνήθως Ethernet switches), ο οποίος μεταγεί από εκεί και πέρα την κίνηση πολλών χρηστών προς το κυρίως δίκτυο (backbone).
- Αρχιτεκτονικές τύπου “**Home Run**”, που σημαίνει ότι για κάθε χρήστη υπάρχει μια αφοσιωμένη οπτική ίνα που έρχεται από το OLT και καταλήγει σε αυτόν.
 - Point-to-multipoint (σημείο-προς-πολλαπλά σημεία)
 - Δενδρικές αρχιτεκτονικές με χρήση τεχνολογιών **Passive Optical Network (PON)**. Οι αρχιτεκτονικές αυτού του τύπου είναι αρκετά διαδεδομένες και υπάρχουν μια σειρά από πρότυπα που τις καθορίζουν. Στην πρώτη περίπτωση (αρχιτεκτονικές Active Network) λέμε ότι έχουμε ενεργό (active) δίκτυο, καθώς αυτό περιλαμβάνει και ενεργούς κόμβους (τα switches), τα οποία τροφοδοτούνται με ηλεκτρικό ρεύμα. Στην περίπτωση του PON έχουμε παθητικό δίκτυο, δηλαδή χρησιμοποιούνται διατάξεις που δεν χρειάζονται ηλεκτρικό ρεύμα, και συγκεκριμένα χρησιμοποιούνται οπτικοί διαχωριστές (splitters), για να δώσουν τη δυνατότητα μία οπτική ίνα να διαμοιραστεί σε πολλαπλούς χρήστες. Το τελευταίο ενεργό στοιχείο στην περίπτωση του PON βρίσκεται στο δίκτυο κορμού (backbone).

Στο Σχήμα φαίνεται σχηματικά η βασική διαφορά μεταξύ ενεργού και παθητικού οπτικού δικτύου. Στο ενεργό οπτικό δίκτυο (AON) υπάρχει χωριστή οπτική ίνα από τον ενεργό εξοπλισμό προς κάθε χρήστη, και το switch αναλαμβάνει να μεταγάγει την κίνηση προς την κοινή σύνδεση με το κυρίως δίκτυο. Για το λόγο αυτό το ενεργό

δίκτυο είναι αρχιτεκτονική τύπου point-to-point (σημείο-προς-σημείο). Αντίθετα, στο παθητικό οπτικό δίκτυο (PON) όλοι οι χρήστες διαμοιράζονται μια κοινή οπτική ίνα που διαχωρίζεται από το splitter. Το PON επομένως είναι μια αρχιτεκτονική τύπου point-to-multipoint (σημείο-προς-πολλαπλά σημεία). Το αποτέλεσμα είναι τα δεδομένα να γίνονται broadcast σε όλους τους χρήστες, ενώ στην περίπτωση του ενεργού δικτύου ο ενεργός εξοπλισμός φροντίζει να μεταγάγει τα κατάλληλα δεδομένα σε κάθε χρήστη.

Στην αρχιτεκτονική τύπου “home run” οι χρήστες μπορεί να είναι ως και 80 χιλιόμετρα μακριά από το CO (Central Office) που βρίσκεται το OLT. Η χρήστης έχει εντελώς δική του μια οπτική ίνα σε ολόκληρη τη διαδρομή ως το OLT. Γενικά όμως δεν είναι τόσο ελκυστική λόγω κόστους, καθώς απαιτεί το μεγαλύτερο πλήθος οπτικών ινών, με κάθε οπτική ίνα να καλύπτει μεγάλη απόσταση. Το κόστος τώσων

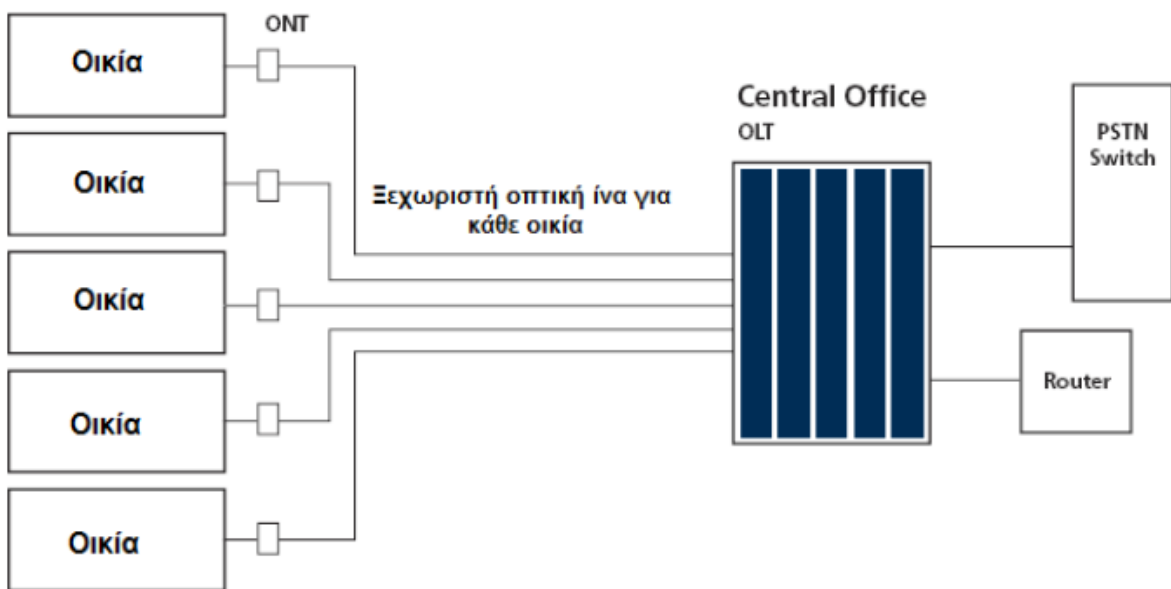
Οπτικών ινών για μεγάλες αποστάσεις κάνει την αρχιτεκτονική αυτή ασύμφορη για πολλές περιοχές.



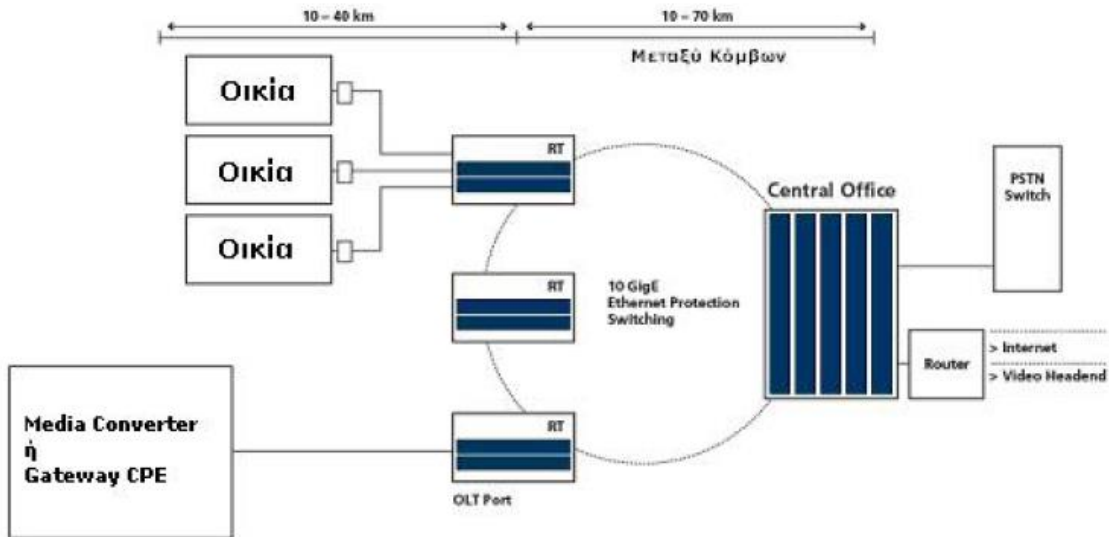
Εικόνα 26: Σύγκριση ενεργού και παθητικού δικτύου

Ιστορικά, οι πάροχοι καλωδιακών υπηρεσιών (όπως η καλωδιακή τηλεόραση που είναι διαδεδομένη στις ΗΠΑ) έχουν αναπτύξει αρχιτεκτονικές τύπου PON, μιας και ενδείκνυνται για broadcast μετάδοση, ενώ το τηλεφωνικό δίκτυο με χρήση χαλκού πλησιάζει περισσότερο στο point-to-point μοντέλο.

Οι απαιτήσεις για χαμηλότερο κόστος ανά συνδρομητή έχουν ευνοήσει τις δικτυακές αρχιτεκτονικές που βασίζονται σε Ethernet switching. Τα αρχικά Ethernet FTTx προγράμματα στην Ευρώπη βασίζονταν σε αρχιτεκτονικές όπου οι μεταγωγείς (switches) βρίσκονται σε υπόγειες μονάδες και διασυνδέονταν σε μια δομή δακτυλίου. Μια τέτοια δομή παρέχει την άριστη ανθεκτικότητα ενάντια στις περιπτώσεις που κάποια ίνα κοπεί και μπορεί σε γενικές γραμμές να είναι οικονομική, η εγκατάστασή του ωστόσο, έχει το μειονέκτημα της διαμοίρασης του εύρους ζώνης σε κάθε δακτύλιο πρόσβασης (1 Gbps), γεγονός που μπορεί να αποδειχτεί κρίσιμο όσο οι απαιτήσεις αυξάνονται.

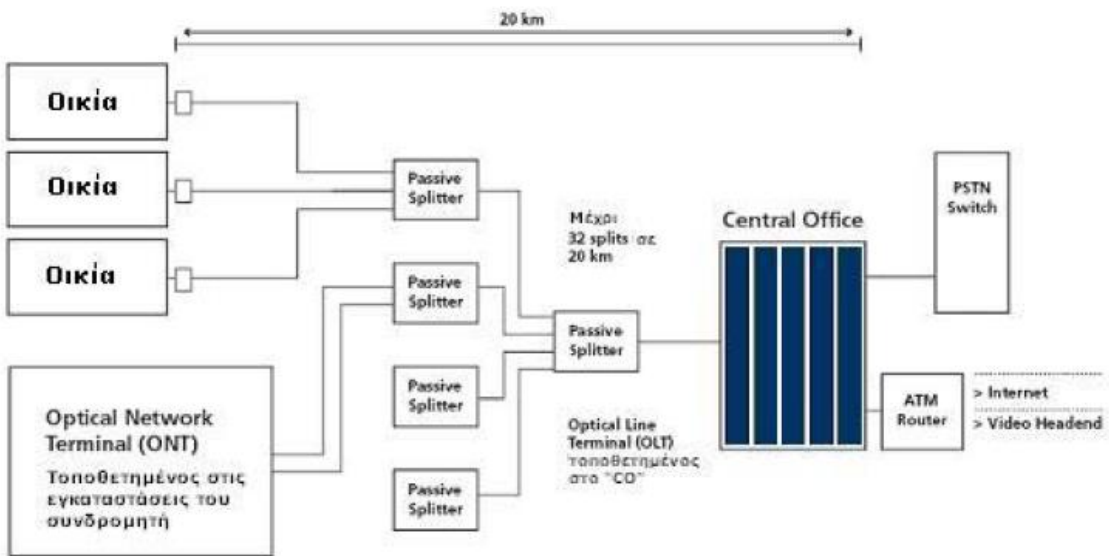


Εικόνα 27: Αρχιτεκτονική τύπου “home run”



Εικόνα 28: Αρχιτεκτονική αστέρα (star) Ethernet

Σχετικά πιο πρόσφατα, άρχισαν να εφαρμόζονται και οι αρχιτεκτονικές αστέρα (star) Ethernet. Οι αρχιτεκτονικές αστέρα παρέχουν αφιερωμένες ίνες από κάθε τελικό σημείο (endpoint) στο σημείο παρουσίας (Point of Presence ή POP), όπου οι ίνες τερματίζονται σε ένα switch. Οι αρχιτεκτονικές FTTx που περιλαμβάνουν τοπολογίες βασισμένες σε δακτύλιο ή point-to-point συνδέσεις και υιοθετούν την τεχνολογία Ethernet θα αναφέρονται εφεξής ως Ethernet FTTx.



Εικόνα 29: Παράδειγμα αρχιτεκτονικής με χρήση τεχνολογιών PON

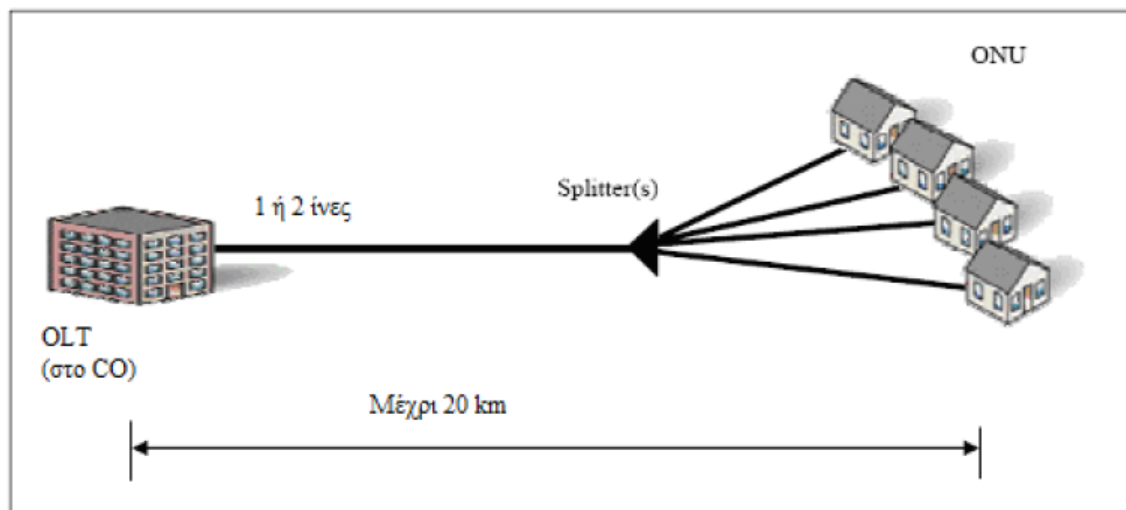
Τέλος, σε ένα δίκτυο PON το ζευγάρι ινών που ξεκινά από την OLT διαχωρίζεται σε κλάδους μέσω παθητικών διαχωριστών (passive splitter), και κάθε κλάδος συνδέεται με μία ONU, όπως παρουσιάζεται στην εικόνα. Έτσι, οι κόμβοι διακλάδωσης του

οπτικού δικτύου είναι παθητικοί. Η τοπολογία του PON είναι από τη φύση της δενδρική. Τα δίκτυα PON (στις διάφορες μορφές τους: TPON, ATM-PON, κλπ.) προσβλέπουν στη μαζική διείσδυση ευρυζωνικών υπηρεσιών και έχουν χρησιμοποιηθεί διεθνώς.

Παρακάτω αναλύονται οι σημαντικότερες επιλογές τοπολογιών κατά το σχεδιασμό ενός FTTx οπτικού δικτύου χρησιμοποιώντας τις παραπάνω κατηγορίες ή συνδυασμούς αυτών.

5.3.2.1 Αρχιτεκτονικές PON

Μια πρώτη επιλογή είναι να χρησιμοποιηθούν συνδέσεις ενός-σημείο-προς-πολλά (point-to-multipoint), επεκτείνοντας ένα PON (παθητικό οπτικό δίκτυο), το οποίο παρουσιάζεται στην εικόνα. Σήμερα, η κυριότερη point-to-multipoint διαμόρφωση ενός οπτικού δικτύου πρόσβασης είναι ένα TDM (time division multiplexing)-based PON με διαμοίραση ισχύος. Ένα PON αποτελείται από την καλωδίωση οπτικών ινών, από παθητικούς διαχωριστές (splitters) και συνδετήρες (couplers) που κατανέμουν ένα οπτικό σήμα μέσω μιας διακλαδωμένης τοπολογίας «δέντρων» στους συνδετήρες που τερματίζουν κάθε τμήμα ινών.



Εικόνα 30: Οπτικό Δίκτυο (Passive Optical Network - PON)

Έναντι άλλων τεχνολογιών πρόσβασης, το PON εξαλείφει ένα μεγάλο μέρος του κόστους εγκατάστασης, συντήρησης, και διαχείρισης, το οποίο απαιτείται για την διασύνδεση με τις εγκαταστάσεις πελατών. Εντούτοις, ένα TDM-PON με διαμοίραση ισχύος έχει επίσης ορισμένα σημαντικά μειονεκτήματα.

Τα σημερινά TDM-PON πρότυπα καθορίζουν τον μέγιστο ρυθμό μετάδοσης των γραμμών στα 2,5 Gbps και τη μέγιστη απόσταση συνδέσεων στα 20 χιλιόμετρα, με μια τυπική αναλογία διαχωρισμού (split ratio) στα 1:32.

Στα οπτικά δίκτυα πρόσβασης πρώτης γενιάς, η σημαντικότερη ώθηση ήταν η οικονομική επέκταση, και ένα PON με διαμοίραση ισχύος ήταν η καταλληλότερη λύση. Σήμερα, το κόστος των οπτικών συσκευών έχει μειωθεί πολύ και οι μελέτες σχεδιασμού αρχίζουν να γίνονται σημαίνουσες. Για να ξεπεραστούν μερικά από τα μειονεκτήματα ενός TDM-PON με διαμοίραση ισχύος, είναι επίσης διαθέσιμοι μερικοί διαφορετικοί τύποι των PONs: WDM PONs, WDM power splitting PONs, WDM PONs με επικάλυψη για broadcast.

Χάρη στο WDM ένα PON μπορεί επίσης να δημιουργήσει μια εικονική σύνδεση point-to-point. Το WDM θεωρείται ως η ιδανική λύση για την αναβάθμιση των δυνατοτήτων των PONs χωρίς τη δραστική αλλαγή της υπάρχουσας υποδομής οπτικών. Επιπλέον διατηρεί πολλά από τα οφέλη του TDM-PON.

Παρακάτω παρουσιάζονται συνοπτικά τα βασικότερα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα του PON.

Πλεονεκτήματα

- Δεν είναι ενεργός κανένας απομακρυσμένος κόμβος
- Πλήρως παθητικό δίκτυο
- Επιτρέπει την εύκολη μετάδοση βίντεο και δεδομένων
- Υλοποίηση με το λιγότερο δυνατό αριθμό πομποδεκτών
- Χαμηλότερο κόστος κύκλου ζωής
- Ελάχιστη ίνα

Μειονεκτήματα

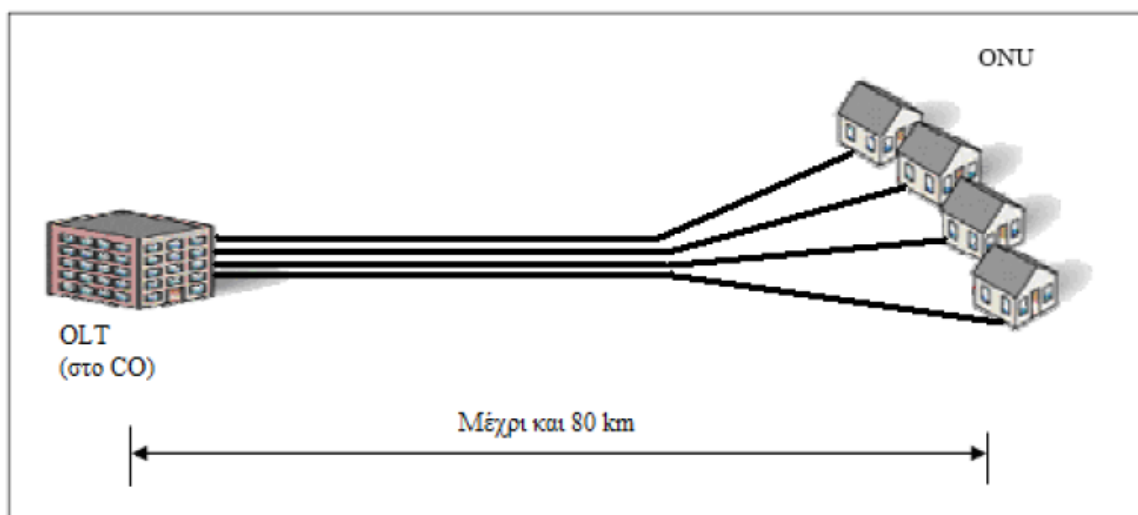
- Το ίδιο εύρος ζώνης πρέπει να διαιρεθεί μεταξύ διάφορων χρηστών
- Η οπτική ισχύς διαχωρίζεται μεταξύ των θυρών εξόδου (output ports), γεγονός που περιορίζει την μέγιστη απόσταση
- Το ίδιο οπτικό σήμα παραλαμβάνεται από όλες τις μονάδες (ONUs), εγείροντας ανησυχίες για την ασφάλεια δικτύων

- Το εύρος ζώνης που χρησιμοποιείται για uploading δεν είναι broadcast (λιγότερο εύρος ζώνης από πλήρες P2P)
- Απαιτήση για έναν αυστηρό αλγόριθμο για την σύλληψη upstream κυκλοφορίας (καταμερισμός χρόνου για την upstream σύνδεση)
- Πιο σύνθετοι πομποδέκτες (οπτική ισχύς, δυνατότητα burst mode)

5.3.2.2 Αρχιτεκτονικές τύπου “home run”

Στον τύπο αυτό αρχιτεκτονικής έχουμε ένα point-to-point δίκτυο, το οποίο παρέχει αφοσιωμένη οπτική ίνα από το σημείο παρουσίας του παρόχου (point-of-presence) μέχρι το χρήστη. Η διαθέσιμη χωρητικότητα της οπτικής ίνας δεν διαμοιράζεται και άρα το μοντέλο αυτό προσφέρει τη μέγιστη δυνατή χωρητικότητα και άρα μελλοντική κλιμακωσιμότητα όσον αφορά τις ανάγκες του χρήστη. Η μέγιστη δυνατή ταχύτητα που μπορεί να υποστηριχτεί εξαρτάται μόνο από τις ηλεκτρονικές διατάξεις που είναι εγκατεστημένες στο χρήστη και στο σημείο παρουσίας του παρόχου.

Βασικό χαρακτηριστικό της αρχιτεκτονικής αυτής είναι ότι η παρουσία της αφοσιωμένης οπτικής ίνας κάνει πολύ εύκολη την διάκριση παρόχου υποδομής και παρόχου υπηρεσιών. Ένας πάροχος υπηρεσιών μπορεί είτε να εγκαταστήσει δικό του εξοπλισμό στο σημείο παρουσίας (point-of-presence) είτε να συνδεθεί με το χρήστη χρησιμοποιώντας το δίκτυο κορμού του παρόχου της φυσικής υποδομής, και έτσι μπορεί να παρέχει την υπηρεσία του στο χρήστη έχοντας ένα ξεκάθαρο σημείο διαχωρισμού μεταξύ των δύο παρόχων.



Εικόνα 31: Home Run (Παθητικό point-to-point δίκτυο)

Ο Πίνακας 14 παρουσιάζει συνοπτικά τα βασικότερα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα του Home Run.

Πλεονεκτήματα

- Μέγιστο εύρος ζώνης
- Μέγιστη κλιμακωσιμότητα
- Εύκολη διάκριση παρόχου υποδομής και παρόχου υπηρεσιών
- Υλοποίηση με το λιγότερο δυνατό αριθμό πομποδεκτών
- Ασφάλεια

Μειονεκτήματα

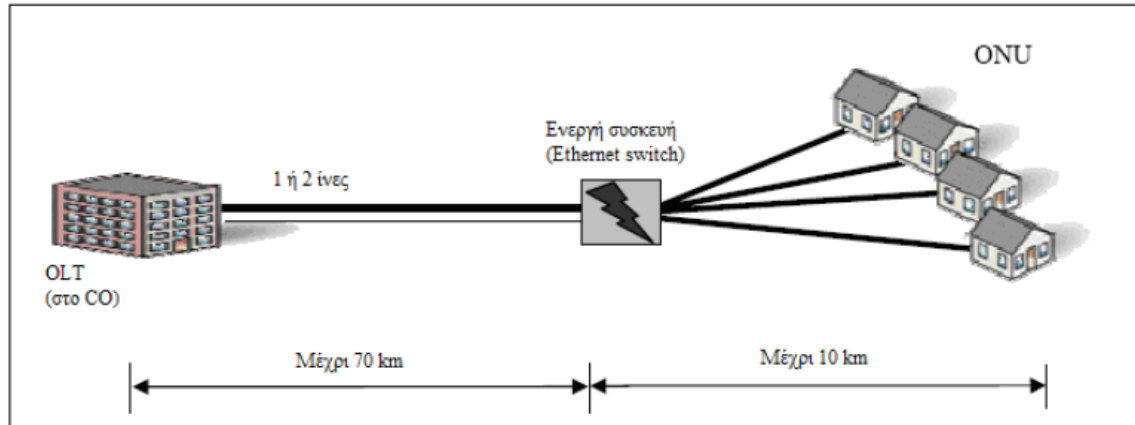
- Μεγαλύτερο κόστος λόγω μεγαλύτερης ποσότητας οπτικής ίνας
- Ανάγκη για μεγαλύτερο χώρο στα PoP και τις σωληνώσεις
- Εκτενέστερες επισκευές σε περίπτωση βλάβης

5.3.2.3 Αρχιτεκτονικές ενεργού δικτύου (Active Node – Ethernet Switch)

Η κύρια διαφορά ενός ενεργού δικτύου σε σχέση με το PON είναι η αντικατάσταση του παθητικού splitter από έναν ενεργό κόμβο, όπως παρουσιάζεται στην εικόνα.

Μια σημαντική συνέπεια είναι ότι είναι απαραίτητο ένα ηλεκτροφόρο καλώδιο (power line) μεταξύ του CO και του ενεργού κόμβου. Εκτός από μια διακλαδισμένη δενδρική αρχιτεκτονική όπως χρησιμοποιείται σε ένα PON, ένα ενεργό δίκτυο μπορεί επίσης να υλοποιείται με μια αρχιτεκτονική δακτυλίου ή αστέρα. Η επιλογή οποιασδήποτε ιδιαίτερης αρχιτεκτονικής εξαρτάται από τον τύπο υλοποίησης, τη διαθεσιμότητα και την τοπολογία της ίνας, το κόστος και τη διαθεσιμότητα του εξοπλισμού.

Δεύτερον, αντί της διανομής του εύρους ζώνης μεταξύ πολλαπλών συνδρομητών, σε κάθε τελικό χρήστη παρέχεται αφιερωμένη σύνδεση που του παρέχει το συνολικό αμφίδρομο εύρος ζώνης. Αυτό μπορεί να εφαρμοστεί χρησιμοποιώντας τεχνικές SDM (Space Division Multiplexing) ή WDM. Λόγω της φύσης του, αυτός ο τύπος αρχιτεκτονικής αναφέρεται επίσης ως από-σημείο-σε-σημείο (point-to-point - P2P).



Εικόνα 32: Point-to-point συνδέσεις με έναν ενεργό κόμβο (Ethernet Switch)

Η τρίτη διαφορά στην αρχιτεκτονική του PON και του ενεργού κόμβου είναι ο περιορισμός της απόστασης. Σε ένα PON, ο πιο απομακρυσμένος συνδρομητής πρέπει να βρίσκεται σε μια ακτίνα 10-20km από το CO, ανάλογα με το συνολικό αριθμό των διαμοιράσεων (μέγιστο 1:32). Αντίθετα, ένα ενεργό δίκτυο, έχει έναν περιορισμό απόστασης περίπου 80km, ανεξάρτητα από τον αριθμό συνδρομητών που εξυπηρετεί. Ο αριθμός συνδρομητών περιορίζεται μόνο από τους κόμβους μεταγωγής (switches) που χρησιμοποιούνται και όχι από την ίδια την υποδομή, όπως στην περίπτωση PON. Ο ενεργός κόμβος θα είναι χαρακτηριστικά ένα Ethernet Switch και ο διαθέσιμος ρυθμός μετάδοσης δεδομένων θα είναι πάνω από 10 Gbps.

Ο Πίνακας 15 παρουσιάζει συνοπτικά τα βασικότερα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της χρήσης ενός ενεργού κόμβου.

Πλεονεκτήματα

- Υψηλότερο εύρος ζώνης
- Υψηλότερη πιθανή απόσταση
- Μεγαλύτερη ασφάλεια -

Μειονεκτήματα

- Ανάγκη ενός ηλεκτροφόρου καλωδίου
- Πιο πολύπλοκη υποδομή καλωδίων
- Μεγαλύτερη ασφάλεια -

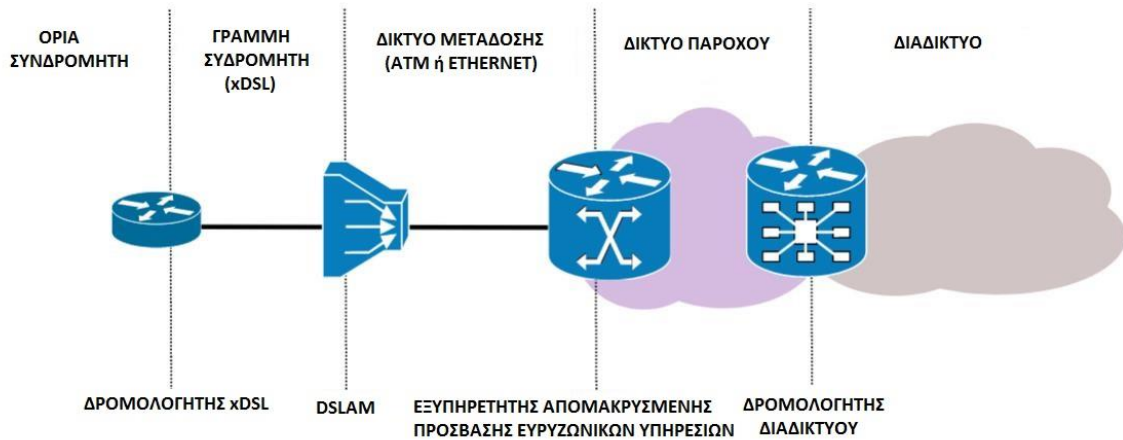
5.4 Ανάλυση DSLAM (Digital Subscriber Line Access Multiplexer)

Το **Digital Subscriber Line Access Multiplexer** (*DSLAM*) είναι ο πολυπλέκτης / αποπολυπλέκτης των ψηφιακών συνδρομητικών γραμμών DSL (*Digital Subscriber Line*). Είναι μια συσκευή που τοποθετείται είτε στο Κέντρο Τηλεπικοινωνιακών Παρόχων, είτε σε καμπίνες στο δρόμο, είτε αντικαθιστούν τους Καταναμητές καλωδίων (ΚΑ-ΦΑΟΥ που προέρχεται από τη γερμανική λέξη Kabelverteiler ή KV), είτε μέσα σε πολυκατοικίες.

Τα πρώτα DSLAMs χρησιμοποιούσαν για τη διασύνδεση με το Δίκτυο Δεδομένων το ATM (Asynchronous Transfer Mode) ενώ από το 2005 και μετά σταδιακά άρχισε να χρησιμοποιείται το Ethernet και ονομάζονται πλέον IP-DSLAM.

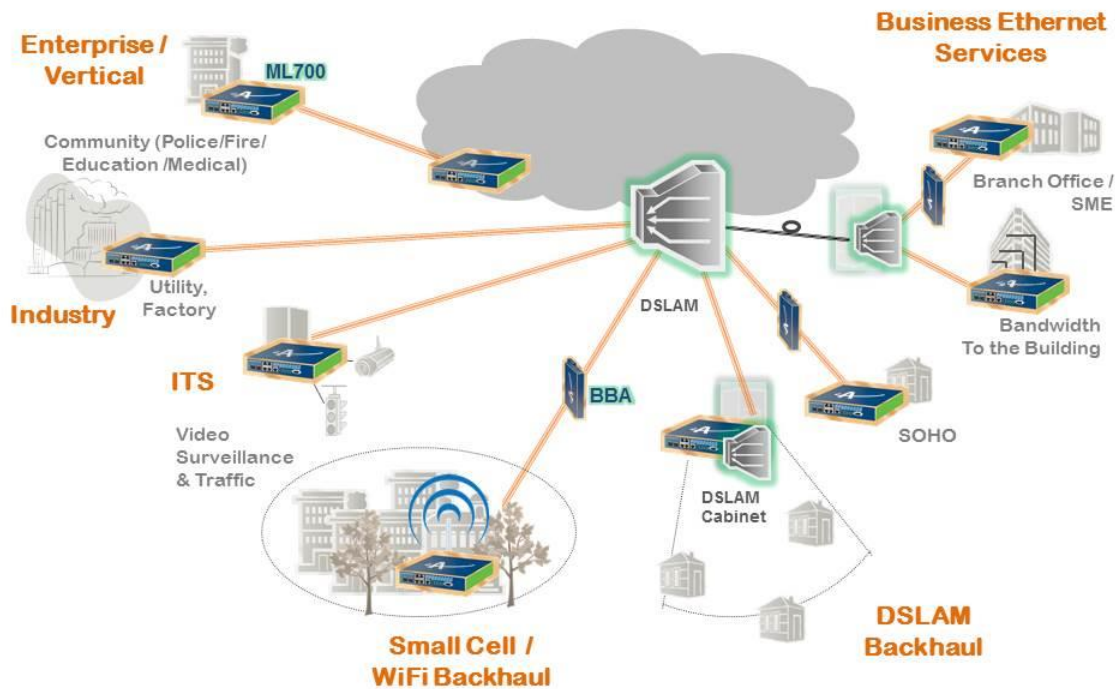
Το DSLAM μπορεί να παρέχει έναν μεγάλο αριθμό γραμμών DSL που μπορεί να είναι είτε ADSL η G.shdsl ή πλέον VDSL. Στην αρχή τα πρώτα DSLAMs χρησιμοποιούσαν το πρότυπο **ITU-T G.992.1** (ή **G.DMT**) που ήταν το ADSL που χρησιμοποιεί τις συχνότητες από 25,875 KHz (6x4,3125) μέχρι 1104 KHz (256x4,3125) όπου το εύρος 25,875-138 (τόνοι 6-31)KHz χρησιμοποιείται για τη μετάδοση δεδομένων από το modem του χρήστη προς το DSLAM και από 138-1104 KHz (τόνοι 32-255) για τη μετάδοση από το DSLAM προς το modem.

Το κάτω φάσμα χρησιμοποιείται για τη μετάδοση φωνής όπου απαιτείται η χρήση splitters τόσο στο Κέντρο όσο και στον συνδρομητή. Ο **Splitter** στην πλευρά του συνδρομητή έχει 3 συνδέσεις, τη γραμμή προς το τηλέφωνο, τη γραμμή προς το modem και τη γραμμή που πηγαίνει στο δίκτυο. Ο splitter διαχωρίζει από τη γραμμή του δικτύου το χαμηλό φάσμα της φωνής προς το τηλέφωνο όπου αποκόπτει με χρήση βαθυπερατού φίλτρου τις υψηλές συχνότητες του ADSL και η γραμμή προς το DSLAM είτε είναι βραχυκυκλωμένη με τη γραμμή του δικτύου είτε μεσολαβούν πυκνωτές που κόβουν τη DC συνιστώσα του ρεύματος που υπάρχει στη γραμμή δικτύου που απαιτείται για να λειτουργεί το τηλέφωνο. Όμοια λειτουργεί και ο splitter στην πλευρά του Κέντρου



Εικόνα 33: Οι διατάξεις που χρησιμοποιούνται από τον συνδρομητή μέχρι το διαδίκτυο

Το DSLAM συλλέγει τις πληροφορίες από τις πολλές θύρες του και συνδυάζει φωνή και δεδομένα σε ένα σήμα με τη μέθοδο της πολυπλεξίας. Ανάλογα με την εφαρμοζόμενη αρχιτεκτονική και ρύθμιση, το DSLAM χρησιμοποιεί είτε τεχνολογία ATM ή Ethernet για να προωθήσει τα σήματα σε πακέτα προς το δίκτυο του εκάστοτε παρόχου με τη βοήθεια ενός εξυπηρετητή απομακρυσμένης πρόσβασης ευρυζωνικών υπηρεσιών. Από εκείνο το σημείο η πληροφορία προωθείται προς το διαδίκτυο.



Εικόνα 34: Ένα DSLAM μπορεί να εξυπηρετεί πελάτες μιας γειτονιάς αλλά μπορεί επίσης να χρησιμοποιείται από ξενοδοχεία, συνεδριακά κέντρα ή επιχειρήσεις.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΤΟ ΠΡΟΤΥΠΟ G.FAST

6.1 ΤΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ G.FAST

Το G.FAST αποτελεί το πρότυπο της επόμενης γενιάς στην ευρυζωνική διασύνδεση. Το πρότυπο αυτό έχει ήδη προταθεί από τη διεθνή επιτροπή τηλεπικοινωνιών (international telecommunications union -ITU) και έχει σχεδιαστεί με στόχο την παροχή πρόσβασης σε χαμηλού κόστους και υψηλών ταχυτήτων ευρυζωνικές υπηρεσίες. Η καινοτομία του προτύπου έγκειται στο γεγονός ότι χρησιμοποιείται το υπάρχον δίκτυο χαλκού για τα τελευταία 200-300m της εγκατάστασης και δεν αντικαθίσταται με οπτικές ίνες. Η απόσταση του δικτύου χαλκού είναι μικρή και δεν επηρεάζει την ταχύτητα μετάδοσης. Επιπρόσθετα αποφεύγεται το μεγάλο κόστος και η δυσκολία εγκατάστασης οπτικών ινών σε κτίρια, γειτονιές και δύσβατες περιοχές.

Τα κύρια χαρακτηριστικά του είναι τα ακόλουθα:

- Πολύ μεγάλο εύρος ζώνης

Το G.FAST παρέχει ταχύτητες πρόσβασης μέχρι 1Gbps σε καταναλωτές με τη χρήση του υφιστάμενου συμβατικού δικτύου χαλκού, μετακινώντας τη διασύνδεση της ευρυζωνικότητας σε σημεία διανομής κοντά στο τελικό σημείο (σπίτια, γραφεία κτλ)

- Χαμηλότερο κόστος ανά παραδιδόμενο megabit

Δεν έχει ξαναπάρξει πιο αποδοτική και συγχρόνως οικονομική τεχνολογία πρόσβασης στο διαδίκτυο. Το πρότυπο παρέχει ταχύτητες οπτικών ινών με κόστος περίπου 10% σε σχέση με το πρότυπο FTTH που χρησιμοποιείται για το VDSL.

- Μεγάλη αξιοπιστία

Το G.fast είναι πολύ πιο αξιόπιστο από τα πρότυπα xDSL και παρουσιάζει πολύ λιγότερες αποτυχίες σύνδεσης, πιο σταθερή απόδοση και συντομότερους χρόνους ανάκαμψης σε περίπτωση σφάλματος

- Ταχύτητα και ευκολία στη σύνδεση

Η υπηρεσία παρέχεται εξωτερικά του χώρου και ο πελάτης προμηθεύεται με μια συσκευή σύνδεσης.

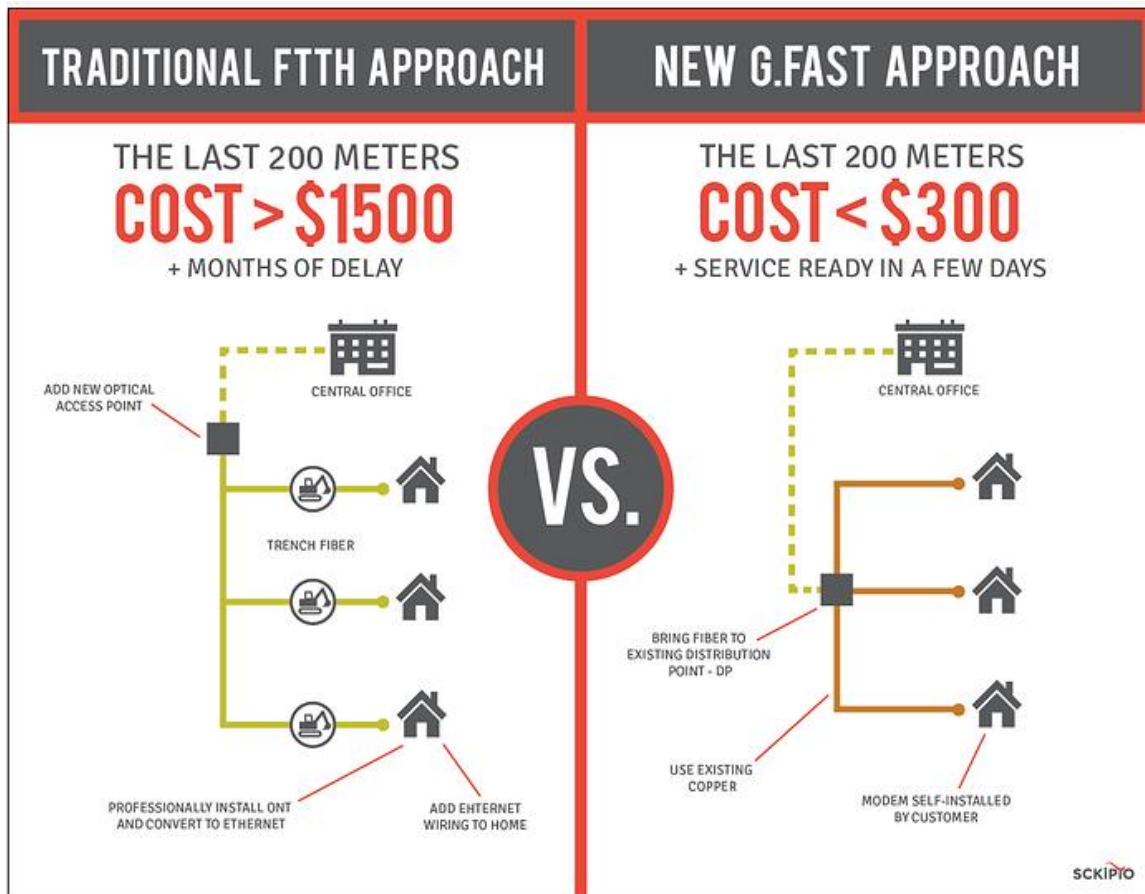
- Μηδενική συντήρηση με επί τόπου επίσκεψη

Λόγω της ανάπτυξης εργαλείων διαχείρισης και επισκόπησης του εξοπλισμού και επίσης λόγω του σχεδιασμού των προϊόντων να λειτουργούν με τον προϋπάρχοντα εξοπλισμό, το G.fast αναμένεται να είναι μια τεχνολογία με πολύ χαμηλό κόστος συντήρησης

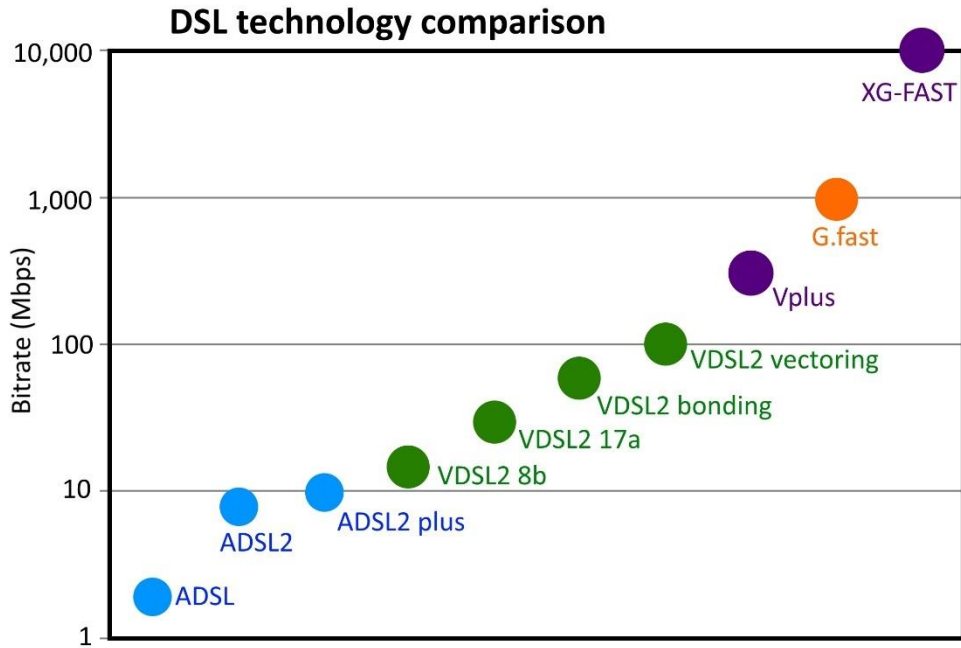
- Ιδανικό για κτίρια με πολλά διαμερίσματα ή συγκροτήματα κατοικιών ή γραφείων

Σε μεγάλα κτίρια ή σε συγκροτήματα είναι δύσκολη η εγκατάσταση οπτικών ινών. Έτσι το G.Fast αποτελεί ιδανική λύση συνδυάζοντας τα δίκτυα χαλκού στα κτίρια, παρέχοντας πολύ

Η εταιρεία που δημιούργησε το πρότυπο εδρεύει στο Ισραήλ και ονομάζεται SCKIPIO. Ακολουθεί ένα πολύ διαφωτιστικό γράφημα της εταιρείας που συγκρίνει το G.Fast με τις υφιστάμενες τεχνολογίες VDSL

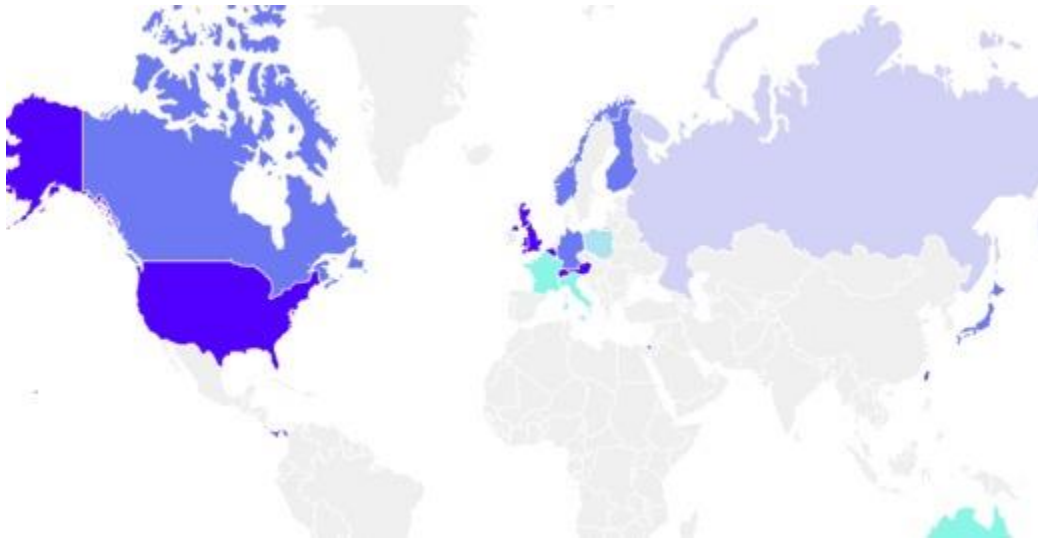


Εικόνα 35: Σύγκριση κόστους για τα τελευταία 200 μέτρα μέχρι το συνδρομητή, μεταξύ της τεχνολογίας G.FAST και των τεχνολογιών πρωτοκόλλου FTTH



Εικόνα 36: Ρυθμός μετάδοσης (bitrate) σε διάφορες τεχνολογίες. Η υπεροχή του G.FAST και XG-FAST είναι προφανής

6.2 Η ανάπτυξη του GFast παγκόσμια



Εικόνα 37: Η εξάπλωση του G.Fast

Έντονο μπλε: Δεσμεύσεις Εταιρειών: BT (10M), Belgacom, Swisscom, Austria, Bezeq Israel, Chunghwa Taiwan, Korea SK, (U.S.) Century & Windstream

Ανοικτό μπλε: Μικρότεροι χρήστες: Canada, Germany, Norway, Finland, Japan

Πράσινο: Πιθανοί Χρήστες: France, Germany, Australia, Poland & Panama

Μεγάλη Βρετανία: 10 εκατομμύρια μέχρι το 2020, το μεγαλύτερο μέρος της χώρας μέχρι το 2015.

Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής: Η εταιρεία AT&T αρχικά προγραμματίζε να τροφοδοτήσει εκατομμύρια καταναλωτών μέσα στο πρώτο τέταρτο το 2017. Προς το παρόν προγραμματίζει που θα εφαρμόσει οπτική ίνα και που χαλκό

Chunghwa Taiwan: Σε συνεργασία με την εταιρεία Alcatel ανακοίνωσαν την ανάπτυξη του προτύπου. Παρ' ολ' αυτά, δεν υπάρχει τίποτα παραπάνω από δοκιμές. Η χώρα είναι γεμάτη από διαμερίσματα, ιδανική για την ανάπτυξη του G.fast.

SK Korea: Ο διευθύνων Σύμβουλος ανακοίνωσε τον Ιούνιο του 2016 ότι θα γίνονταν αναβάθμιση σε 500 megabit G.fast. από τότε δεν υπάρχουν άλλες πληροφορίες

Ιαπωνία: Εκατομμύρια γραμμών οπτικών ινών, είναι ίνες μέχρι στο υπόγειο και μετά χαλκος (VDSL) μέχρι τα διαμερίσματα. Έχουν γίνει κάποιες προσθήκες όσον αφορά το G.fast

Αυστρία, Ελβετία, Βέλγιο (Proximus): Και οι τρεις αυτές χώρες κάνουν δοκιμές με συνδυασμό τεχνολογιών. Εξαρτάται πάντα από τη μορφολογία εδάφους, την πυκνότητα πληθυσμού και τους υφιστάμενους κόμβους.

Δυτικός Καναδάς: Η εταιρεία Telus αναπτύσσει το πρότυπο

Γερμανία: Η εταιρεία NetCologne έχει ήδη αναπτύξει περισσότερες από 300000 συνδέσεις και συνεχίζει

France Telecom/Orange: Έχουν ήδη αναπτυχθεί πολλά δίκτυα οπτικών ινών αλλά υπάρχει η πρόθεση να χρησιμοποιηθεί τεχνολογία G.fast σε πολλά κτίρια. Πολλοί χρήστες δεν είναι ικανοποιημένοι με την κατασκευή των οπτικών ινών δε κτίρια

Orange Πολωνία: Έχει ξεκινήσει να χρησιμοποιεί το GFast, αλλά θα το εφαρμόσει μόνο όπου δεν είναι εφικτή η χρήση ινας

Panama: Η εταιρεία Liberty Global έχει ανακοινώσει τη χρήση του G.fast.

Νορβηγία: Η εταιρεία Homenet/Broadnet σκοπεύει να χρησιμοποιήσει το G.fast για τοπικές συνδέσεις του δικτύου της οπτικών ινών που εκτείνεται σε 40,000 χιλιόμετρα

Φινλανδία: Η εταιρεία έχει 1.4 εκατομμύρια πελάτες. Έχουν φτάσει σε ταχύτητες 880 megabits με δοκιμές στο G.fast και έχουν ανακοινώσει σε επενδυτές την πρόθεσή τους να αναπτύξουν το δίκτυο.

Ιταλία: Η εταιρεία Telefonica ανακοίνωσε πιθανές δοκιμές το 2017 και η εταιρεία Telecom Italia ανακοίνωσε την πρόθεσή της για δοκιμές επίσης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ΛΟΥΚΑΣ ΧΑΔΕΛΗΣ, ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ ΤΟΠΑΛΗΣ , ΕΙΔΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ, ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΘΕΩΡΙΑΣ, ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ, ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ
- ΚΑΨΑΛΗΣ ΒΑΣΙΛΗΣ , ΔΙΚΤΥΑ Η/Υ ΚΑΙ ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΩΝ ΥΠΗΡΕΣΙΩΝ, , ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΘΕΩΡΙΑΣ, ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ, ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ
- ΛΟΥΚΑΣ ΧΑΔΕΛΗΣ , ΕΙΔΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ, ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΘΕΩΡΙΑΣ, ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ, ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ
- David Tse, Pramod Viswanath , ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΑΣΥΡΜΑΤΗΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ, ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΚΕΛΙΔΑΡΙΘΜΟΣ, 2009
- Tanenbaum Andrew S., Wetherall David J., ΔΙΚΤΥΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ, ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΚΛΕΙΔΑΡΙΘΜΟΣ, 2012
- Stallings William, ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ ΚΑΙ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ, ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΤΖΙΟΛΑ, 2011
- <https://eclass.upatras.gr/modules/document/index.php?course=CEID1063&openDir=>
- <http://ru6.cti.gr/ru6/bouras/undergraduate-courses/euruzwnikes-technologies?language=el>
- <http://www.slideshare.net/Skipio/gfast-detailed-specs>
- <https://openwifi.ellak.gr/2016/08/30/evrizonikes-sindesis-optikes-ines-ke-psifiaki-ikonomia>
- <https://www.ceid.upatras.gr/webpages/faculty/papaioan/dchmnt/2016-17/wn-lectures/lec1-stmwn.pdf>