

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

“Διασύνδεση σταθμού βάσης κινητής τηλεφωνίας με το δίκτυο μέσω Fiber to the BTS site”



ΦΟΙΤΗΤΗΣ: ΚΕΦΑΛΑΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ
ΑΜ:1001

Επιβλέπων: ΑΣΑΡΙΔΗΣ ΗΛΙΑΣ

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	4
Εισαγωγή.....	5
ΔΟΜΗ ΟΠΤΙΚΗΣ ΙΝΑΣ.....	6
Γενικά για τις οπτικές ίνες.....	7
Είδη οπτικών ινών.....	8
Μονότροπες Οπτικές Ινες (Single Mode Fiber, SMF).....	10
Τρόποι εκπομπής και μετάδοσης στις οπτικές ίνες.....	11
ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΥ ΟΠΤΙΚΩΝ ΖΕΥΞΕΩΝ.....	12
Φασματικά Παράθυρα.....	16
Πρώτο Φασματικό Παράθυρο:.....	17
Δεύτερο Φασματικό Παράθυρο:.....	17
Τρίτο Φασματικό Παράθυρο:.....	17
Βασικά σημεία των FTTx δικτύων.....	19
Παραλλαγές των FTTx δικτύων.....	20
ΤΟΠΟΛΟΓΙΑ ΥΠΟΔΟΜΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ.....	25
Τοπολογία Υποδομής.....	25
Τεχνολογία Πρόσβασης.....	27
PON.....	27
GPON.....	28
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΜΕΛΕΤΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΔΙΚΤΥΟΥ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ.....	30
ΕΠΙΛΟΓΗ ΣΤΑΘΜΩΝ ΒΑΣΗΣ.....	31
ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ.....	32
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ.....	34
ΦΡΕΑΤΙΑ.....	34
ΠΡΟΣΒΑΣΗ ΣΤΑ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ.....	46
splice enclosures, ή συνηθέστερα μούφες.....	48
ΤΕΡΜΑΤΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ.....	49
Τα ζωτικά στοιχεία του οπτικού καταμεμητή είναι τα ακόλουθα :.....	53
ΟΠΤΙΚΕΣ ΚΑΡΤΕΣ.....	55
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ.....	58
Αρχή λειτουργίας.....	58
ΙΣΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΙΣΧΥΟΣ (LINK POWER BUDGET).....	61
ΜΕΛΕΤΗ LINK POWER BUDGET ΤΗΣ ΟΠΤΙΚΗΣ ΔΙΑΔΡΟΜΗΣ.....	61

Παράδειγμα Power Budget	62
Φόρμα υπολογισμού ισχύος	62
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7:Documentation	64
Το documentation περιλαμβάνει τα παρακάτω:	64
RTU (remote terminal unit)	66
NQMS (Quality of Service Assurance)	66
ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ OTDR	69
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ	72
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	73
ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ	74

Περίληψη

Αυτή η εργασία ασχολείται με τη διασύνδεση με οπτική ίνα των σταθμών βάσης κινητής τηλεφωνίας. Σαν αφορμή είναι η δημιουργία backhauling των κόμβων μετάδοσης σε ιδιόκτητο δίκτυο οπτικών ινών.

Πιο αναλυτικά ,θα παρουσιάσουμε τον τρόπο σχεδιασμού και υλοποίησης ενός έργου σαν και αυτό, θα συμπεριλαμβάνει την αρχική μελέτη μέχρι την τελική παράδοση του έργου αλλά ακόμα και την μετέπειτα επίβλεψη του δικτύου. Θα ακολουθήσει μια εισαγωγή στις τεχνολογίες οπτικής μετάδοσης (οπτική ίνα), θα αναλύσουμε τους λόγους για τους οποίους έχουν αναπτυχθεί δίκτυα οπτικών ινών και θα τα συγκρίνουμε με το υπάρχων δίκτυο μικροκυματικής ζεύξεις. Σύγκριση των δύο αυτών τεχνολογιών και μελέτη της τοπολογία και την τεχνολογίας πρόσβασης του δικτύου μας. Επιπλέον θα δούμε τους τρόπους τερματισμού των οπτικών ινών και προδιαγραφές των υλικών που χρειάζονται για ένα τέτοιο έργο καθώς και μετρήσεις έτσι ώστε να παρακολουθήσουμε την ποιότητα του δικτύου μας.

Εισαγωγή

Ο σκοπός ανάπτυξης ενός τέτοιου τύπου δικτύου είναι η δημιουργία backhauling κίνησης μεταξύ των κόμβων μετάδοσης σε ιδιόκτητο δίκτυο με οπτικές ίνες. Η ευελιξία στην παροχή υπηρεσιών αποτελεί βασικό παράγοντα μακροπρόθεσμης επιτυχίας στην αγορά. Ο τηλεπικοινωνιακός πάροχος υποχρεώνεται πλέον να προσφέρει, με την ίδια ευκολία και σε μικρό χρονικό διάστημα, μεγάλη γκάμα υπηρεσιών τόσο σε συνδρομητές – όπως ιδιώτες και εταιρικούς πελάτες – όσο και σε άλλους παρόχους υπηρεσιών. Οι αναδυόμενες νέες τεχνολογίες στις κινητές επικοινωνίες (πχ. LTE, LTE Advanced) προσφέρουν υψηλότερες ταχύτητες, γιατί αυτό απαιτούν οι αυξανόμενες ανάγκες των πελατών. Επομένως, η ανάπτυξη ενός τέτοιου δικτύου (οπτικών ινών) καθίσταται επιτακτική έτσι ώστε να μην εξαληφθεί το φαινόμενο bottleneck (σημείο συμφόρησης) στο δίκτυο μας για την καλύτερη εξυπηρέτηση των ευρυζωνικών υπηρεσιών των χρηστών μας.

Κατά την σχεδίαση Δικτύων Οπτικών ινών στα μεγάλα στικά κεντρα πόλεων, θα πρέπει να προσέξουμε στη σχεδίαση της διαδρομής, όπου κρίνεται εφικτό και αναγκαίο να επιλέγουμε μεγάλους σταθμούς (για λόγους χωρητικότητας και κίνησης του δικτύου) για να τους συμπεριλάβουμε στο δίκτυό μας και να μπορέσουμε να τους δώσουμε πρωτεύουσα διαδρομή την οπτική ίνα. Οι οπτικές ίνες προσφέρουν μεγάλες ταχύτητες (θα αναφερθούν σε μεταγενέστερα κεφάλαια) και απόλυτη προστασία στον τρόπο μετάδοσης από τα καιρικά φαινόμενα. Με αυτό τον τρόπο σχεδιασμού μπορούμε να αντικαταστήσουμε τις παλιές μικροκυματικές ζεύξεις ή να τις κρατήσουμε σαν εναλλακτική διαδρομή (για τους κύριους σταθμούς) εποφελούμενοι οικονομικά εξοικονομώντας τα ετήσια τέλη συχνότητων τα οποία απαιτεί η χρήση τους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Οπτικές Ίνες

ΔΟΜΗ ΟΠΤΙΚΗΣ ΙΝΑΣ

Ιστορικά Γεγονότα

Επικοινωνία μέσω φωτεινών σημάτων

Η ιδέα της χρήσης του φωτός για την επικοινωνία σε μεγάλες αποστάσεις δεν είναι κάτι νέο, αλλά έχει τις ρίζες της στην αρχαιότητα. Οι αρχαίοι Έλληνες άναβαν φωτιές σε ψηλά σημεία, όπως κορυφές βουνών, για να ανταλλάξουν πληροφορίες μεταξύ τους άμεσα, σε αποστάσεις πολλών χιλιομέτρων. Ήταν τότε το ταχύτερο μέσο απομακρυσμένης επικοινωνίας και τελικά φαίνεται ότι ακόμη και σήμερα ισχύει το ίδιο, καθώς δεν υπάρχει τίποτα μέχρι στιγμής που να μπορεί να ξεπεράσει την ταχύτητα του φωτός.

Στα τέλη του 19ου αιώνα και στις αρχές του 20ου οι καπετάνιοι των πλοίων χρησιμοποιούσαν ειδικούς ισχυρούς φακούς τους οποίους αναβόσβηναν, σύμφωνα με τον κώδικα Μορς, επικοινωνώντας άμεσα μεταξύ τους. Αυτός ο τρόπος επικοινωνίας χρησιμοποιήθηκε εν μέρει και στην ξηρά, παρόλο που οι πρώτες συσκευές ενσύρματης επικοινωνίας είχαν κάνει την εμφάνισή τους την εποχή εκείνη.

Σε όλα τα παραπάνω παραδείγματα έχουμε τρία κοινά στοιχεία. Το πρώτο είναι ο αποστολέας του φωτεινού σήματος, το δεύτερο ήταν το μέσο μετάδοσης, δηλαδή ο αέρας και το τρίτο ήταν ο παραλήπτης που το αποκωδικοποιούσε και το μετέτρεπε σε κατανοητή μορφή. Φυσικά οι προαναφερθείσες μέθοδοι είχαν ως σημαντικότερο μειονέκτημα το πρόβλημα της ορατότητας.

Το φως μιας φωτιάς ή ενός τεχνητού μέσου δεν μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για την επικοινωνία κατά τη διάρκεια της ημέρας, καθώς δεν μπορούσε κανείς να το ξεχωρίσει από το πολύ ισχυρότερο ηλιακό φως. Ακόμη και τη νύχτα όμως, διάφορες συνθήκες όπως η αυξημένη υγρασία ή η ομίχλη, μπορούσαν να καταστήσουν ανέφικτη την παρατήρηση του φωτεινού σήματος σε μεγάλη απόσταση.

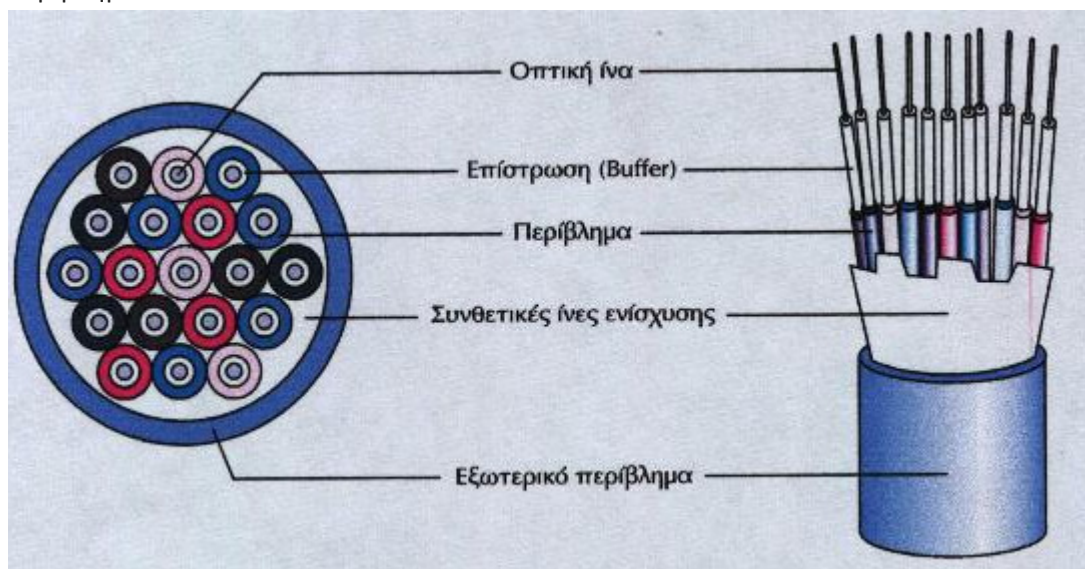
Σήμερα η φωτεινή ενέργεια εξακολουθεί να διαδραματίζει κυρίαρχο ρόλο στις τηλεπικοινωνίες και κατ' επέκταση στην καθημερινή μας ζωή. Αν στα προηγούμενα χρόνια το φως μεταδιδόταν μέσω της ατμόσφαιρας, σήμερα αυτό έδωσε τη θέση του στο γυαλί και σε ειδικό ανακλαστικό υλικό που το περιβάλλει. Κάπως έτσι έχουν σχηματιστεί οι οπτικές ίνες, οι οποίες είναι σε θέση να μεταφέρουν πληροφορίες σε αποστάσεις πολλών χιλιομέτρων, αποτελώντας έτσι αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι των σύγχρονων τηλεπικοινωνιών.

Γενικά για τις οπτικές ίνες

Οι οπτικές ίνες είναι πολύ λεπτά νήματα από πλαστικό ή γυαλί, με διάμετρο μικρότερη των 8μm όπου από μέσα τους, μεταδίδονται ψηφιακά δεδομένα, υπό μορφή φωτός. Οι οπτικές ίνες μεταδίδουν φωτεινά σήματα σε μεγάλες αποστάσεις με μηδενικές σχεδόν απώλειες, ενώ η ταχύτητα μετάδοσης πλησιάζει αυτή με την οποία διαδίδεται το φως. Συνήθως τις συναντάμε συγκεντρωμένες σε δέσμες, που σχηματίζουν τα λεγόμενα οπτικά καλώδια. Ένα καλώδιο οπτικών ινών, περιέχει μέσα του δεκάδες ή και εκατοντάδες πολύ λεπτές τέτοιες οπτικές ίνες, με διάμετρο μικρότερη και από μία τρίχα. Με τις ακτίνες Λέιζερ, ένα σήμα μπορεί να μεταδοθεί δια μέσου οπτικών ινών σε απόσταση μεγαλύτερη από 50 χλμ.

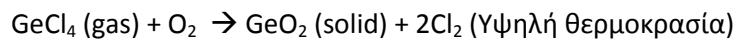
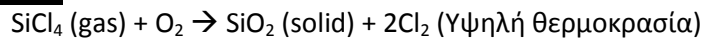
Υπάρχει ιδιαίτερος κλάδος της επιστήμης που ασχολείται με έρευνα για της δυνατότητες και εφαρμογές τους. Οι οπτικές ίνες χρησιμοποιούνται ευρέως σε δίκτυα επικοινωνιών και επιτρέπουν τη μετάδοση φωτεινών σημάτων σε μεγαλύτερες αποστάσεις και σε υψηλότερο εύρος ζώνης σε σχέση με άλλες μορφές μετάδοσης σημάτων, όπως ο χαλκός, ενώ η ταχύτητα μετάδοσης πλησιάζει αυτή με την οποία διαδίδεται το φως. Οι οπτικές ίνες χρησιμοποιούνται αντί των μεταλλικών καλωδίων, διότι τα σήματα ταξιδεύουν μαζί τους με μικρότερη απώλεια και επίσης δεν επηρεάζονται από ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές.

Την οπτική ίνα αποτελούν από δύο διηλεκτρικά: ο πυρήνας (core) με δείκτη διάθλασης n_1 στο κέντρο της και ο μανδύας (cladding) που τον περιβάλλει με δείκτη διάθλασης n_2 , οριακά μικρότερο του n_1 ($n_1 > n_2$). Η συνθήκη αυτή είναι και που διασφαλίζει τη δυνατότητα συνεχόμενων ολικών εσωτερικών ανακλάσεων του οπτικού σήματος εντός της οπτικής ίνας. Τα δύο αυτά διηλεκτρικά, για λόγους μηχανικής αντοχής, τα καλύπτει ένα προστατευτικό περίβλημα.



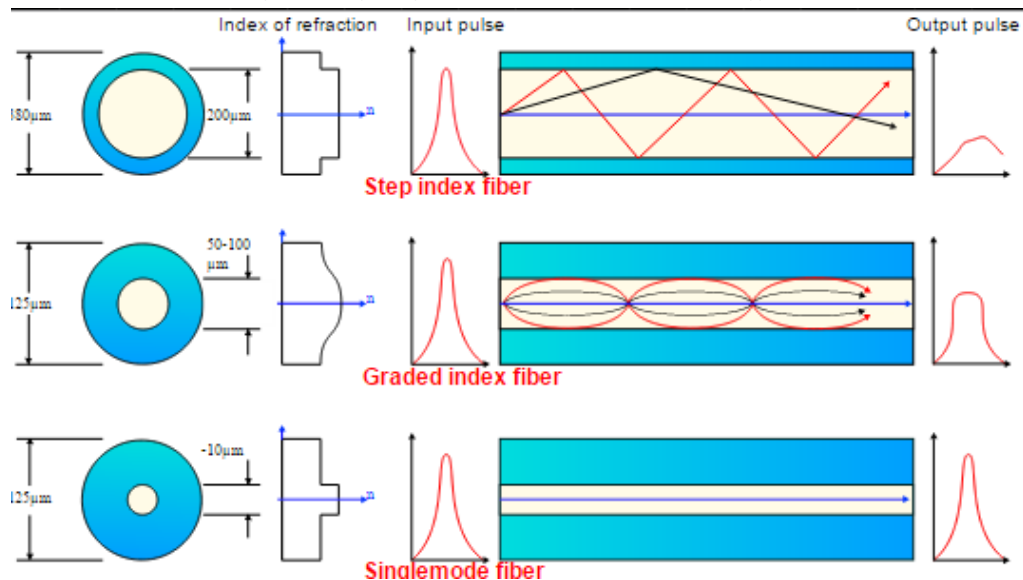
Σημείωση:

Η βασική χημική αντίδραση από την οποία παράγεται το οπτικό γυαλί είναι:



Είδη οπτικών ινών

Με την πάροδο των ετών έχουν αναπτυχθεί πολλοί τύποι οπτικών ινών που ο κάθε ένας υποστηρίζει τις ιδιαίτερες απαιτήσεις διάφορων τηλεπικοινωνιακών εφαρμογών. Για όλους τους τύπους των οπτικών ινών υπάρχουν διεθνή πρότυπα στα οποία προδιαγράφονται τα χαρακτηριστικά μετάδοσης καθώς και τα γεωμετρικά, μηχανικά και άλλα χαρακτηριστικά αυτών. Οι οπτικές ίνες χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες ανάλογα με το αν υποστηρίζουν έναν ή πολλούς ρυθμούς μετάδοσης: στις οπτικές ίνες απλού τύπου και στις οπτικές ίνες πολλαπλού τύπου αντίστοιχα.



Εικόνα 1: Διάταξη μονότροπων και πολύτροπων οπτικών ινών

Πολύτροπες Οπτικές Ινες (Multi Mode Fiber, MMF)

Ο τρόπος αναφοράς των μεγεθών για τις οπτικές ίνες είναι να αναφέρουμε πρώτα τη διάμετρο του πυρήνα (γυαλιού) και στη συνέχεια τη διάμετρο της επίστρωσης (περίβλημα, cladding). Οι μετρήσεις των παραπάνω μεγεθών γίνονται σε 10^{-6} μέτρα (μm, μικρόμετρα).

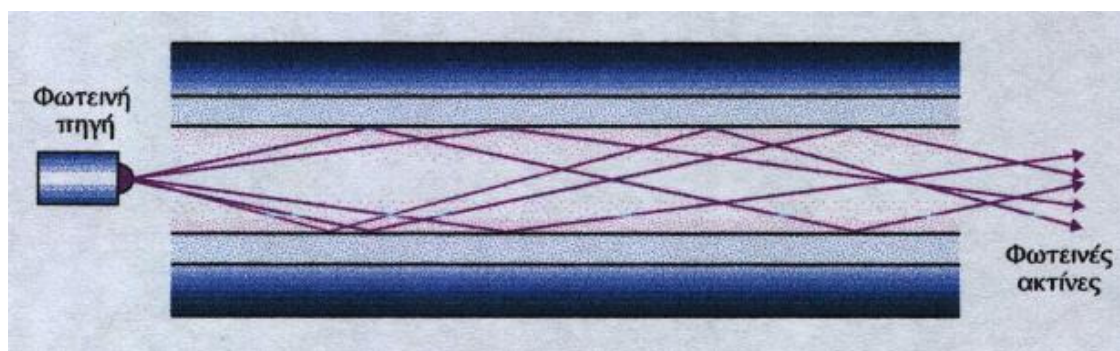
Οι πολύτροπες οπτικές ίνες έχουν τυπικά μεγέθη 50μm/125μm, 62,5/125, 85/125 ή 100/140. Ο συνηθέστερος τύπος, ο οποίος κυκλοφορεί, είναι ο 62,5/125. Η ολική διάμετρος της οπτικής ίνας συμπεριλαμβανομένων των ενισχυτικών συνθετικών ινών και του εξωτερικού περιβλήματος φτάνει τα 900μm.

Η αρχή μετάδοσης σε πολύτροπη οπτική ίνα είναι ότι οι διάφορες ακτίνες του οπτικού σήματος ανάλογα με την είσοδο τους στην οπτική ίνα ταξιδεύουν ανακλώμενες υπό διαφορετικές γωνίες, όπως φαίνεται στα σχήματα 2 και 3.

Αυτός ο τρόπος μετάδοσης ονομάζεται πολύτροπος (multimode) ή πολυρυθμικός, επειδή έχουμε πολλούς δρόμους μετάδοσης, που αντιστοιχούν στις διαφορετικές γωνίες ανάκλασης. Οι πολύτροπες οπτικές ίνες διακρίνονται σε δυο κατηγορίες: τις **βηματικού δείκτη διάθλασης (step index)** και τις **διαβαθμισμένου δείκτη διάθλασης (graded index)**.

Οπτική ίνα βηματικού δείκτη διάθλασης (step index fiber)

Στις ίνες αυτές συμβαίνει απότομη μεταβολή του δείκτη διάθλασης μεταξύ της κεντρικής ίνας και του υλικού επίστρωσης (περίβλημα). Στο παρακάτω Σχήμα 2 φαίνεται η πορεία των ακτίνων για τις ίνες αυτές.

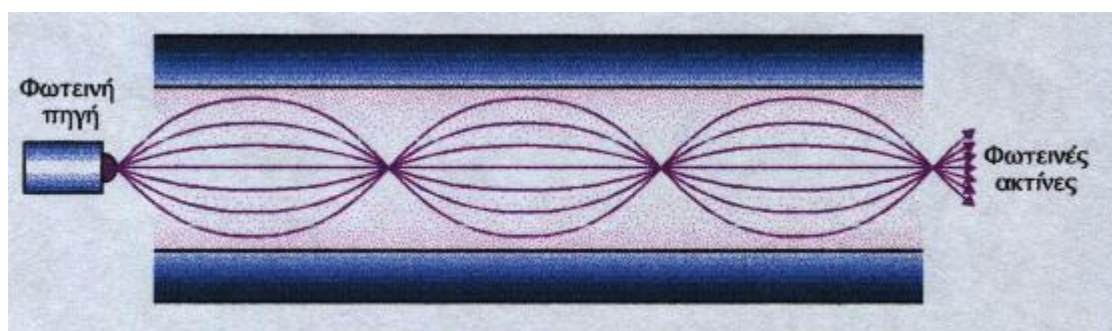


Σχήμα . Οπτική ίνα βηματικού δείκτη διάθλασης

Οπτική ίνα διαβαθμισμένου δείκτη διάθλασης (graded index fiber)

Οι ίνες αυτές χαρακτηρίζονται από βαθμιαία μεταβολή του δείκτη διάθλασης του υλικού της κεντρικής ίνας. Όσο απομακρυνόμαστε από το κέντρο προς την εξωτερική επιφάνεια του γυαλιού συμβαίνει βαθμιαία μείωση.

Στο παρακάτω Σχήμα 3 φαίνεται η πορεία των ακτίνων σε μια τέτοια ίνα.



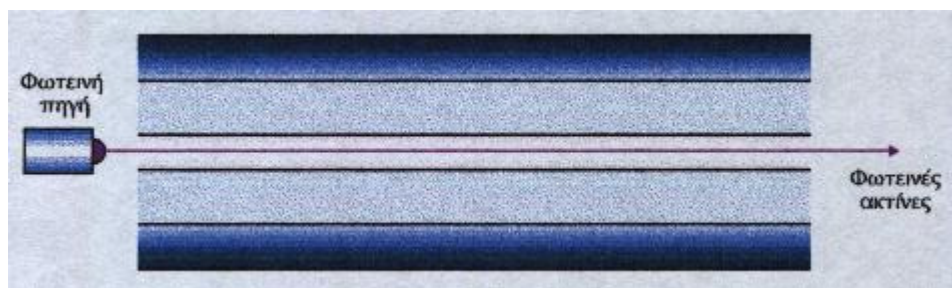
Σχήμα . Οπτική ίνα διαβαθμισμένου δείκτη διάθλασης

Μονότροπες Οπτικές Ίνες (Single Mode Fiber, SMF)

Στις μονότροπες οπτικές ίνες η διάμετρος του πυρήνα της οπτικής ίνας είναι πολύ μικρή και πλησιάζει περίπου μερικά μήκη κύματος του εκπεμπόμενου σήματος. Στην περίπτωση αυτή, έχουμε έναν μόνο δυνατό τρόπο μετάδοσης του οπτικού σήματος (αξονικός τρόπος ή αξονικός ρυθμός μετάδοσης).

Στο παρακάτω Σχήμα φαίνεται η πορεία των ακτίνων σε μια τέτοια οπτική ίνα.

Ο πυρήνας στις μονότροπες οπτικές ίνες έχει διάμετρο από 5μm έως 10μm με συνηθέστερη τιμή τα 8,3 μm.



Μονότροπη οπτική ίνα

Χαρακτηριστικά και επιδόσεις

Οι επιδόσεις μιας οπτικής ίνας εξαρτώνται :

από τον τρόπο μετάδοσης του σήματος στην ίνα, με το αν, δηλαδή, η ίνα είναι πολύτροπη ή μονότροπη και

από το μήκος κύματος του φωτός, που εκπέμπεται από την πηγή.

Στις μονότροπες οπτικές ίνες χρησιμοποιούνται μήκη κύματος $1310 \text{ nm} < \lambda < 1550 \text{ nm}$. Στις πολύτροπες οπτικές ίνες έχουμε μήκη κύματος $850 \text{ nm} < \lambda < 1300 \text{ nm}$.

Πρέπει να τονισθεί, ότι για δεδομένη εγκατάσταση, θα πρέπει να χρησιμοποιείται μόνο ένας τρόπος μετάδοσης και μόνο ένα συγκεκριμένο μήκος κύματος από τις πηγές σε όλη την έκταση της εγκατάστασης.

Οι οπτικές ίνες μπορούν να μεταφέρουν σήματα με πολύ μεγάλο εύρος ζώνης σε μεγάλες αποστάσεις με πολύ μικρή εξασθένηση του σήματος. Οι πολύτροπες οπτικές ίνες μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε αποστάσεις, που υπερβαίνουν τα 3Km, ενώ οι μονότροπες οπτικές ίνες μπορούν να υπερβούν τα 10 Km.

Υπάρχουν, όμως, και άλλοι παράγοντες, οι οποίοι περιορίζουν τις παραπάνω αποστάσεις μετάδοσης. Τέτοιοι παράγοντες είναι :

Το εύρος ζώνης της πηγής και του δέκτη των σημάτων

Η χρωματική διασπορά του μεταδιδόμενου σήματος μέσα στην οπτική ίνα, η οποία διασπορά αυξάνεται με την απόσταση και εξασθενίζει το σήμα.

Η χρήση συνδετήρων και διακλαδωτών στην πορεία των οπτικών ινών.

Πρέπει να σημειωθεί, ότι στις πολύτροπες οπτικές ίνες είναι πιο ανεκτό να χρησιμοποιήσουμε συνδετήρες και διακλαδωτές απότι στις μονότροπες.

Επίσης, στις πολύτροπες οπτικές ίνες μπορούν να χρησιμοποιηθούν χαμηλού κόστους πηγές LED, ενώ οι μονότροπες οδηγούνται συνήθως από πηγή LASER.

Τυπική τιμή εξασθένησης σήματος για μια 62,5/125 πολύτροπη οπτική ίνα είναι 3,5 dB/Km για σήμα με μήκος κύματος $\lambda=850$ nm και 1.0 dB/Km για μήκος κύματος $\lambda=1300$ nm.

Τυπική τιμή εξασθένησης σήματος για μονότροπη οπτική ίνα είναι 0,5 dB/Km για $\lambda= 1310$ nm και 0,4 dB/Km για $\lambda=1550$ nm.

Χαρακτηριστικά	Πολυτροπικές	Μονοτροπικές
Διάμετρος πυρήνα	50–100 μm	2–10 μm
Τρόποι Διάδοσης	Εκατοντάδες ή χιλιάδες	Μικρός αριθμός
Κατανομή του δ.δ	Βηματική ή βαθμιαία	Βηματική
Ποσοστό εξασθένησης	Υψηλό	Χαμηλό
Ποιότητα διάδοσης παλμών	Χαμηλή (λόγω <u>διασποράς</u>)	Υψηλή
Δυνατότητα σύζευξης	Εύκολη	Δύσκολη
Κόστος αγοράς	Χαμηλό	Υψηλό
Τεχνικές απαιτήσεις	Περιορισμένες	Υψηλές

Για την κατασκευή του δικού μας δικτύου θα χρησιμοποιήσουμε μονότροπη ίνα της οποίας τα χαρακτηριστικά αναφέρονται σε επόμενο κεφάλαιο.

Τρόποι εκπομπής και μετάδοσης στις οπτικές ίνες

Η εκπομπή του οπτικού σήματος μέσα σε οπτική ίνα γίνεται από πηγή :

1) LED (Light Emitting Diode) ή

2) LASER (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation)

Τα μήκη κύματος του φωτός, που η οπτική ίνα είναι σχεδιασμένη να μεταφέρει, κυμαίνονται στην περιοχή από 800nm μέχρι 1550nm.

Δομή οπτικών ινών

Στην πράξη χρησιμοποιούμε δέσμη οπτικών ινών. Αν οι ίνες αποτελούνταν μόνο από ένα υλικό, τότε το φως που “ταξιδεύει” στο εσωτερικό τους θα περνούσε, όταν θα έρχονταν σε επαφή, από την μια ίνα στην άλλη. Γι’ αυτό κάθε ίνα επικαλύπτεται με ένα λεπτό στρώμα υλικού μικρότερου δείκτη διάθλασης n_2 ή με πολλά λεπτά στρώματα, έτσι ώστε κάθε επόμενο στρώμα να έχει μικρότερο δείκτη διάθλασης από τον προηγούμενο. Επίσης στο σύστημα της γυάλινης ίνας τοποθετείται ένα περίβλημα που την προστατεύει και την κάνει πιο ανθεκτική σε μηχανικές καταπονήσεις.

Κάθε οπτική ίνα αποτελείται από εξής τρία μέρη¹:

Την κεντρική γυάλινη κυλινδρική ίνα, που ονομάζεται πυρήνας και είναι το τμήμα στο οποίο διαδίδεται το φως.

Την επικάλυψη (απλή ή πολλαπλή), που είναι ένας ομόκεντρος με τον πυρήνα κύλινδρος. Έχει μικρότερο δείκτη διάθλασης από τον πυρήνα λόγω της διαφορετικότητας του υλικού από το οποίο είναι κατασκευασμένο, ώστε να κρατάει τα κύματα φωτός, με ολικές ανακλάσεις, μέσα στον πυρήνα και να συνεχίζουν το ταξίδι τους μέσω αυτού. Η επικάλυψη αυτή ονομάζεται μανδύας.

Το περίβλημα, που είναι ένα αδιαφανές πλαστικό.

Στις οπτικές ίνες που απαρτίζουν ένα οπτικό καλώδιο, ουσιαστικά υπάρχει και ένα τέταρτο, εξωτερικό, στρώμα που είναι το έγχρωμο μελάνι που εφαρμόζεται για την αναγνώριση των ινών.

ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΥ ΟΠΤΙΚΩΝ ΖΕΥΞΕΩΝ

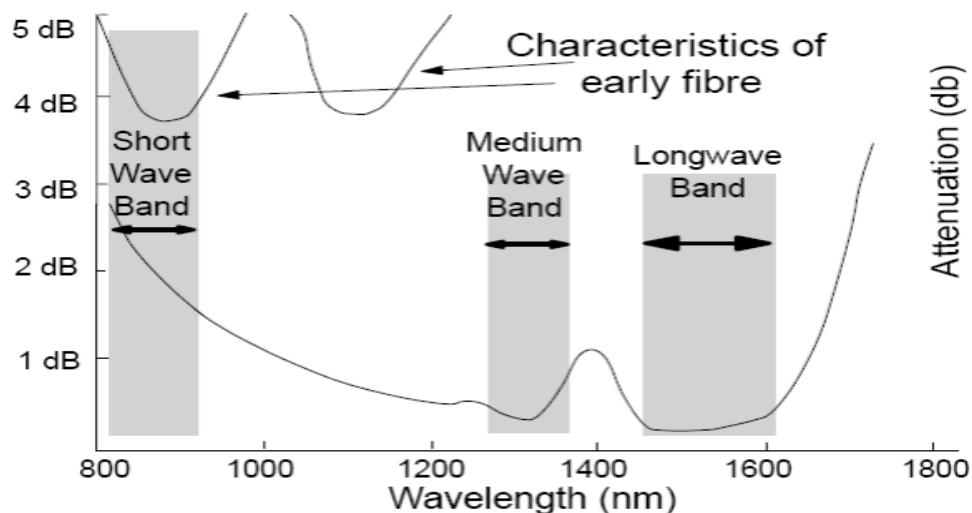
1. Απορρόφηση (Absorption):

Στο γυαλί, από το οποίο είναι κατασκευασμένη η οπτική ίνα, υπάρχουν ηλεκτρόνια ξένων προσμείξεων, όπως είναι το ιόντα, τα οποία απορροφούν μέρος της μεταδιδόμενης οπτικής ισχύος. Επίσης, απώλειες απορρόφησης υπάρχουν ακόμα στην περιοχή του υπεριώδους φωτός λόγω του ίδιου του υλικού της ίνας και στο υπέρυθρο φως λόγω αλληλεπίδρασης των φωτονίων με τα ταλαντευόμενα μόρια του πλέγματος του γυαλιού. Άλλοι εξωγενείς παράγοντες, όπως ξένες προσμίξεις

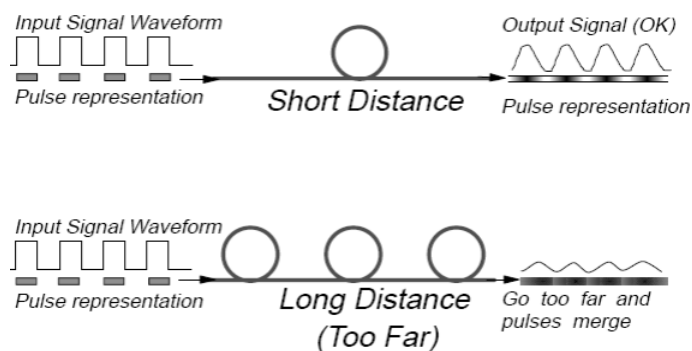
και ανομοιογένειες στη κατασκευή της ίνας, συμβάλλουν στις απώλειες λόγω απορρόφησης της οπτικής ενέργειας η οποία καταναλώνεται με την μορφή θερμότητας.

2. Απόσβεση:

Η απόσβεση που εισάγουν οι σημερινές οπτικές ίνες στο σήμα μας είναι περίπου 0,3 dB/km, δηλαδή ελάχιστη. Έτσι μας δίνεται η δυνατότητα να καλύπτουμε μεγάλες αποστάσεις δίχως να είναι απαραίτητη η ενίσχυση του οπτικού σήματος



3. Διασπορά:



Η διασπορά είναι η συχνотική εξάρτηση του δείκτη διάθλασης σε ένα διηλεκτρικό μέσο. Αποτέλεσμα αυτού είναι οι διαφορετικές ταχύτητες διάδοσης για κάθε μήκος. Αυτή η διαφορά ταχύτητας ανάγεται σε συγκεκριμένη διαφορά σε απόσταση μεταξύ των μεταδιδόμενων bits. Αν αυτή η απόσταση παραβιάσει κάποιο (άνω ή κάτω) κατώφλι (threshold) και ανάλογα με το bitrate της οπτικής ζεύξης, μπορεί να επηρεάσει το λαμβανόμενο σήμα και να προκαλέσει σφάλματα στη μετάδοση, αφού το ένα bit θα παρεμβάλλει στο άλλο (Intersymbol Interference=Διασυμβολική Παρεμβολή). Η εμφάνιση της διασποράς είναι αναπόφευκτη, αφού δεν υπάρχει οπτική πηγή η οποία να εκπέμπει

ένα και μόνο μήκος κύματος, οπότε εμφανίζεται ακόμα και στη “μονοχρωματική” ακτινοβολία, χωρίς πάντως να είναι αναγκαστικά κυρίαρχη μεταξύ των δυσμενών φαινομένων που επηρεάζουν μία οπτική ζεύξη.

4. Εξασθένησης του φωτός

Ο βαθμός εξασθένησης εξαρτάται ισχυρά από το μήκος κύματος της διερχόμενης ακτινοβολίας. Η καμπύλη του συντελεστή εξασθένησης (ή απορρόφησης) μιας τυπικής οπτικής ίνας παρουσιάζει 3 ζώνες διέλευσης με τιμές ελάχιστης απορρόφησης σε μήκη κύματος $\lambda = 0.8 \mu\text{m}$, $\lambda = 1.3 \mu\text{m}$ και $\lambda = 1.55 \mu\text{m}$ αντίστοιχα

Άλλοι ένας παράγοντας, που επιδρά στην εξασθένηση της οπτικής ισχύος είναι τα υλικά κατασκευής της οπτικής ίνας. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή των οπτικών ινών θα πρέπει να είναι εξαιρετικής καθαρότητας και απαλλαγμένα από προσμίξεις ιοντικών μετάλλων (Cr^{+3} , Cu^{+2} , Fe^{+2}), που έχουν έντονες ζώνες υπέρυθρης απορρόφησης ($2.7 \mu\text{m}$, $0.95 \mu\text{m}$ και $0.72 \mu\text{m}$)

5. Είναι μη γραμμικά φαινόμενα αυτά που παρουσιάζονται όπως:

Η απόκριση οποιουδήποτε διηλεκτρικού υλικού στο φως γίνεται μη γραμμική στα έντονα ηλεκτρομαγνητικά πεδία. Τα φαινόμενα που δημιουργούν οι μη γραμμικές επιδράσεις είναι η SPM, XPM, FWM, SBS και SRS

- Αυτοδιαμόρφωση Φάσης :

Η μη γραμμική αλληλεπίδραση ενός κύματος με τον εαυτό του, Ενίσχυση της διεύρυνσης στην κανονική διασπορά • Συμπίεση παλμών κατά την ανώμαλη διασπορά

- Ετεροδιαμόρφωση Φάσης:

Η μη γραμμική αλληλεπίδραση μεταξύ διαφορετικών κυμάτων, Εμφανίζεται σε πολυκάναλα οπτικά συστήματα προκαλώντας ολίσθηση της φάσης των σημάτων

- Μίξη 4 Φωτονίων:

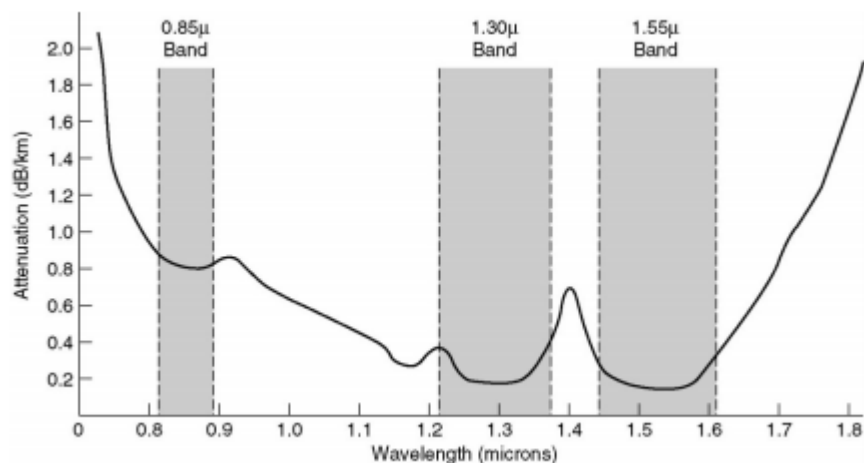
Αποτελεί το μεγαλύτερο πρόβλημα των πολύ-κάναλων οπτικών

συστημάτων, Η διάδοση πολλαπλών σημάτων συνεισφέρει στην δημιουργία καινούργιων που αντλούν ισχύ από τα κύρια, Προκαλεί διακαναλικές παρεμβολές και υποβάθμιση του SNR

- Σκέδαση (Scattering):

Με τον όρο αυτό χαρακτηρίζεται η διάχυση (σκόρπισμα) που υφίσταται η φωτεινή ακτινοβολία στο μανδύα καθώς διαδίδεται στον πυρήνα της ίνας. Μπορεί να οφείλεται σε ανωμαλίες στη σύνθεση του υλικού της ίνας, που μπορεί να είναι είτε κάποιες ξένες προσμείξεις είτε κάποια σημειακή ανομοιογένεια του δείκτη διάθλασης. Αν αυτές οι ανωμαλίες έχουν μέγεθος r αρκετά μικρότερο από το χρησιμοποιούμενο μήκος κύματος λ (δηλαδή $r < 0.1\lambda$), η σκέδαση ονομάζεται Rayleigh scattering και έχει ισχυρή εξάρτηση από το μήκος κύματος στο οποίο γίνεται η μετάδοση. Η σκέδαση είναι πολύ μεγαλύτερη στα μικρά μήκη κύματος γιατί είναι ανάλογη του $1/\lambda^4$. Αυτός ο τύπος σκέδασης είναι υπεύθυνος για τις απώλειες στις ίνες αλλά και για το μπλε χρώμα του ουρανού.

Στο σχήμα βλέπουμε την εξάρτηση των απωλειών μιας τυπικής οπτικής ίνας σε σχέση με το χρησιμοποιούμενο μήκος κύματος και με τους μηχανισμούς που τις προκαλούν. Φαίνονται οι περιοχές των 850nm, 1300nm και 1550nm. Στις δύο τελευταίες φαίνεται ότι η οπτική ίνα παρουσιάζει μικρή εξασθένιση σε σχέση με την πρώτη. Οι τρεις αυτές περιοχές, γνωστές και σαν «φασματικά παράθυρα» των οπτικών επικοινωνιών, είναι οι κυριότερες περιοχές μηκών κύματος που χρησιμοποιούνται σήμερα για την μετάδοση



Η περιοχή των 850nm χρησιμοποιήθηκε αρχικά στα πρώτα οπτικά συστήματα και είναι φανερό η ισχυρή εξάρτηση της σκέδασης από το μήκος κύματος λ . Τα παράθυρα των 1300nm με εύρος περίπου 12THz και των 1550nm με εύρος περίπου 15THz, χρησιμοποιούνται πλέον στα

σημερινά συστήματα, αφού η τεχνολογία επέτρεψε την κατασκευή κατάλληλων πομποδεκτών και παθητικών οπτικών στοιχείων. Οι μακροσκοπικές (macro bending) και οι μικροσκοπικές (micro bending) κάμψεις της οπτικής ίνας αποτελούν εξωγενή αίτια απωλειών. Υπάρχουν δύο τύποι Σκεδασης (σκέδαση Brillouin , σκέδαση Raman)

Οπτικοί Ενισχυτές

Στα μέχρι πρότινος επίγεια και υποθαλάσσια τηλεπικοινωνιακά συστήματα οπτικών ινών με γάλων αποστάσεων, για την περιοδική ενίσχυση του σήματος χρησιμοποιούνταν επαναλήπτες – αναγεννητές σήματος οι οποίοι μετατρέπουν το οπτικό σήμα σε ηλεκτρικό, το ενισχύουν ηλεκτρονικά και στη συνέχεια το αναμεταδίδουν σε οπτική μορφή. Η χρήση όμως αυτών των επαναληπτών – αναγεννητών είχε κάποιους περιορισμούς. Η ηλεκτρονική ενίσχυση προσθέτει θόρυβο στο σήμα, το κόστος και το μέγεθος των αναγεννητών είναι μεγάλο, υπάρχει συχνή ανάγκη

για συντήρησής τους και τέλος αδυναμία ταυτόχρονης ενίσχυσης πολλών μηκών κύματος μέσα στην

ίδια ίνα. Ο μόνος τρόπος για να ξεπεραστούν όλες οι παραπάνω αδυναμίες ήταν να διατηρηθεί το σήμα σε οπτική μορφή σε όλο το μήκος της διαδρομής, κάτι που συνεπάγεται ότι θα πρέπει να

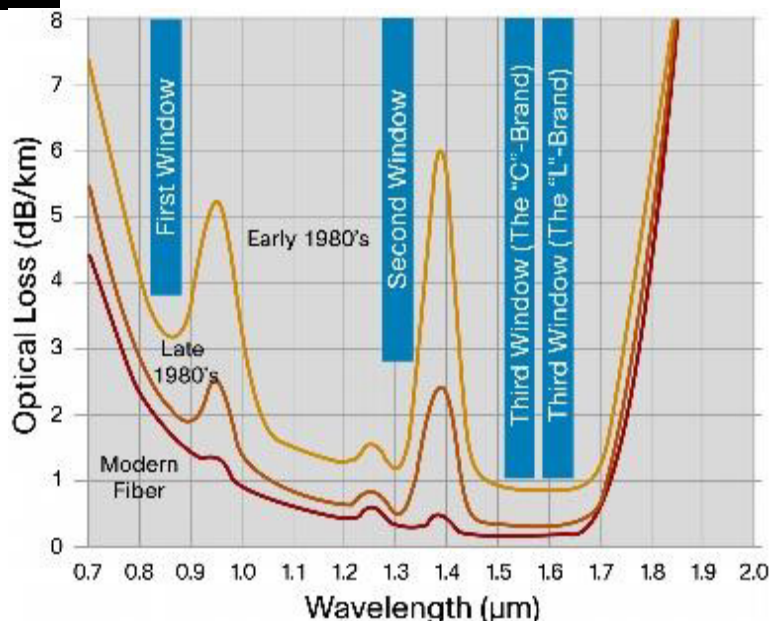
γίνεται απευθείας ενίσχυση του οπτικού σήματος από καθαρά οπτικούς ενισχυτές.

Υπάρχουν τρεις βασικοί τρόποι με τους οποίους μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένας οπτικός ενισχυτής, όπως φαίνεται στο σχήμα 11: α) ως ενισχυτής ισχύος (power amplifier), αν τοποθετηθεί αμέσως μετά από το laser εκπομπής για να υψώσει το σήμα εξόδου σε μια υψηλή στάθμη, β) ως ενισχυτής γραμμής (in-line amplifier), για να ενισχύει το σήμα περιοδικά κατά μήκος της διαδρομής όπου παίζει το ρόλο αναγεννητή,

γ) ως προενισχυτής (preamplifier), για να βελτιώσει την ευαισθησία του δέκτη ενισχύοντας το σήμα ακριβώς πριν τον δέκτη. Στην πράξη, υπάρχουν δύο τύποι οπτικών ενισχυτών: οι ενισχυτές ημιαγωγού (semiconductor optical amplifiers (SOA)) και οι ενισχυτές με ίνα προσμείξεων ερβίου (erbium doped fiber amplifiers - EDFA)

Φασματικά Παράθυρα

Στις Οπτικές Επικοινωνίες Η δυνατότητα επίτευξης πολύ υψηλών ταχυτήτων στις οπτικές επικοινωνίες υπάρχει λόγω της χρήσης «φασματικών παραθύρων» χαμηλής απόσβεσης. Συγκεκριμένα, υπάρχουν 3 φασματικά παράθυρα που έχουν χρησιμοποιηθεί ή/και χρησιμοποιούνται και τα οποία φαίνονται στη Γραφική 3.7. Η ανακάλυψη των «φασματικών παραθύρων» χαμηλής απόσβεσης έδωσε την κατάλληλη ώθηση στην ανάπτυξη της οπτικής τεχνολογίας, ώστε μέσα σε λίγες δεκαετίες να έχει κατορθώσει σημαντικότερη πρόοδο



Εικόνα 2: Οπτική απόσβεση σε συνάρτηση με το κυματοδηγούμενο μήκος κύματος

Πρώτο Φασματικό Παράθυρο: Βρίσκεται στην περιοχή των 800nm – 900nm και είναι ιδιαίτερα ενδιαφέρον, μιας και μπορούν να κατασκευαστούν πολύ φθηνές οπτικές πηγές με βάση το πυρίτιο σε αυτό. Όμως κυριαρχεί η μεγάλη απόσβεση και διασπορά, γεγονός που αποκλείει τη χρήση του σε μεγάλες αποστάσεις. Χρησιμοποιείται σε data centers και οικιακές καλωδιώσεις.

Δεύτερο Φασματικό Παράθυρο: Βρίσκεται στην περιοχή 1260nm – 1360nm και συνδυάζει πολύ μικρή απόσβεση με σχεδόν μηδενική διασπορά γύρω από τα 1310nm.

Τρίτο Φασματικό Παράθυρο: Βρίσκεται στην περιοχή 1430nm – 1580nm και έχει τη μικρότερη απόσβεση από κάθε άλλο κομμάτι του φάσματος.

Στην πράξη χρησιμοποιούνται το δεύτερο και τρίτο φασματικό παράθυρο για το FTTH.

Ισολογισμός ισχύος και Τεχνικές Πολυπλεξίας

Για να αντιμετωπίσουμε τις απώλειες που υπεισέρχονται λόγω της οπτικής ίνας αλλά και των διάφορων στοιχείων ενός δικτύου FTTH θα πρέπει να κάνουμε ισολογισμό ισχύος (power budget) της ζεύξης μας. Ο υπολογισμός αυτός καθορίζει διάφορες κρίσιμες παραμέτρους του συστήματός μας όπως το μέγιστο μήκος του οπτικού βρόγχου, την ισχύ

εκπομπής των οπτικών πηγών (άρα τόσο το κόστος αγοράς αυτών, όσο και την κατανάλωση ρεύματος εκ μέρους τους), την απαιτούμενη ευαισθησία του δέκτη κ.τ.λ. Το εύρος ζώνης της οπτικής ίνας μπορεί να υποστηρίξει μετάδοση αρκετών Tbps, αλλά και τα ηλεκτρονικά συστήματα δεν έχουν λειτουργία μεγαλύτερη από μερικές δεκάδες Gbps (το όριο των ηλεκτρονικών συστημάτων φαίνεται να μην υπερβαίνει τα 80Gbps), οπότε και βρίσκονται 2 τάξεις μεγέθους κάτω από την ταχύτητα της οπτικής ίνας. Αυτό ακριβώς το γεγονός μας αναγκάζει να χρησιμοποιούμε τεχνικές πολυπλεξίας. Οι βασικές τεχνικές πολυπλεξίας είναι τρεις:

Ηλεκτρονική Πολυπλεξία Διαίρεσης Χρόνου (Electronic Time Division Multiplex - ETDM), όπου ροές δεδομένων χαμηλότερης ταχύτητας πολυπλέκονται σε ένα ταχύτερο ηλεκτρικό σήμα και διαμορφώνουν οπτικό φέρον.

Οπτική Πολυπλεξία Διαίρεσης Χρόνου (Optical Division Multiplex - OTDM), όπου οπτικά σήματα χαμηλότερης ταχύτητας πολυπλέκονται σε ένα ταχύτερο οπτικό σήμα.

Οπτική Πολυπλεξία Διαίρεσης Μήκους Κύματος (Wavelength Division Multiplex – WDM), όπου εφαρμόζεται ταυτόχρονη μετάδοση δεδομένων με χρήση πολλαπλών οπτικών φερόντων. Στο δίκτυο πρόσβασης χρησιμοποιείται αποκλειστικά Οπτική Πολυπλεξία Διαίρεσης Χρόνου, πλην της λύσης του WDM PON, όπου χρησιμοποιείται Οπτική Πολυπλεξία Διαίρεσης Μήκους Κύματος

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2:FTT-BTS site

Η μετάβαση από το καλώδιο χαλκού στην οπτική ίνα ονομάζεται FTTx (Fiber To The x), όπου το x παριστάνει διάφορες επιλογές, όπως τον αριθμό των συνδρομητών που μοιράζονται το τελευταίο τμήμα της καλωδίωσης, το βαθμό προσέγγισης του συνδρομητή με οπτική ίνα, κτλ. 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.

Στο δικό μας δίκτυο έχουμε Fiber to the BTS site (FTT-BTS site) ή εναλλακτικά αποκαλείται Fiber to the Mobile Site (FTT-Ms).

ΔΙΚΤΥΑ FTTx

Τα FTTx δίκτυα(Fiber to the x), όπως θα ονομάζουμε στο εξής τα δίκτυα πρόσβασης των πελατών με χρήση οπτικών ινών, που παρέχουν ευρυζωνικές υπηρεσίες σε αρκετά μεγαλύτερες αποστάσεις σε σχέση με τις προηγούμενες τεχνολογίες. Κάποια επιπλέον κίνητρα για την ανάπτυξη των FTTx δικτύων είναι:

Διαθεσιμότητα και ανεξαρτησία όσον αφορά το ξετύλιγμα τοπικού βρόγχου(Local Loop Unbundling - LLU) ειδικά σε μελλοντικά ανεπτυγμένες περιοχές.

Βελτίωση και σταθεροποίηση των δικτύων πρόσβασης.

Ανταγωνιστική απειλή απέναντι στις τεχνολογίες των τωρινών παραδοσιακών δικτύων πρόσβασης.

Ανάγκη για πολύ υψηλή και συμμετρική ταχύτητα στην μετάδοση δεδομένων. Το εύρος των σύγχρονων εφαρμογών όπως για παράδειγμα η τηλεδιάσκεψη έχουν απαίτηση για υψηλές ταχύτητες τόσο στη λήψη(download) όσο και στην αποστολή (upload) δεδομένων. Τα σημερινά δίκτυα υστερούν κυρίως ως προς την αποστολή κάτι που λύνεται με τη συμμετρικότητα των FTTx δικτύων

Βασικά σημεία των FTTx δικτύων

«Στα FTTx δίκτυα το « x » αναφέρεται στην τοποθεσία όπου καταλήγει το τελικό σημείο της οπτικής ίνα κοντά στον πελάτη . Το σημείο αυτό είναι η οπτικο-ηλεκτρονική διασύνδεση και συνήθως βρίσκεται μέσα σε κάποιο είδος εξοπλισμού μετάδοσης, που ονομάζεται Οπτική Μονάδα Δικτύου (Optical Network Unit - ONU) ή Οπτικό Τερματικό Δικτύου(Optical Network Terminal - ONT). Τα ONU και ONT ωστόσο δεν είναι ακριβώς ίδια, αφού το ONU χρησιμοποιείται όταν η οπτική ίνα καταλήγει σε τηλεπικοινωνιακές καμπίνες (cabinets), ενώ το ONT όταν η ίνα φτάνει μέχρι μέσα στο 29 κτίσμα του πελάτη. Έτσι, για τα

FTTH(Οπτική ίνα μέχρι το σπίτι) μιλάμε πάντα για ONT στο άκρο της οπτικής ίνας του δικτύου. Το εναρκτήριο σημείο για τα δίκτυα πρόσβασης/FTTx δίκτυα βρίσκεται μέσα στο Κεντρικό Γραφείο(CO), που πολλές φορές αναφέρεται σαν σημείο παρουσίας του FTTx(POP). Ουσιαστικά, ορίζοντας τις διάφορες παραλλαγές του FTTx , ορίζεται και το τελικό σημείο που φτάνει η οπτική ίνα.

Παραλλαγές των FTTx δικτύων

Οι διάφορες παραλλαγές με τις οποίες εμφανίζονται τα FTTx δίκτυα σε σχέση με το τελικό σημείο όπου καταλήγει η οπτική ίνα είναι οι παρακάτω(βρίσκονται σε αλφαβητική σειρά ως προς το «x»).

FTTB (Fiber To The Business) – Οπτική ίνα μέχρι την επιχείρηση: Το τελικό σημείο της οπτικής ίνας βρίσκεται σε μια επιχείρηση.

FTTB (Fiber To The Building) – Οπτική ίνα μέχρι το κτίριο: Η ίνα εδώ φτάνει στο όριο του κτιρίου, όπως για παράδειγμα στο υπόγειο σε μια πολυκατοικία, με την τελική σύνδεση όμως των διαφορετικών κατοικιών να γίνεται με εναλλακτικούς τρόπους. Σύμφωνα με τον ορισμό του FTTH Council, ως «Fiber To The Building(FTTB)» ορίζεται η τηλεπικοινωνιακή αρχιτεκτονική σύμφωνα με την οποία, επικοινωνιακή οδός εκτείνεται με χρήση αποκλειστικά οπτικού καλωδίου από τον εξοπλισμό ενός δικτυακού παρόχου έως τουλάχιστον το όριο ιδιοκτησίας που περιβάλλει το χώρο διαμονής ή εργασίας του καθενός από τους παραπάνω χρήστες. Το επικοινωνιακό μονοπάτι προς τους χρήστες ολοκληρώνεται με χρήση άλλου μέσου όπως ομοαξονικό καλώδιο, συνεστραμμένα ζεύγη χαλκού ή ασύρματη ζεύξη. Η προαναφερθείσα επικοινωνιακή οδός παρέχεται με σκοπό την εξυπηρέτηση τηλεπικοινωνιακής κίνησης από και προς έναν ή και περισσότερους χρήστες, για μία ή περισσότερες υπηρεσίες και από ή προς ένα ή περισσότερους παρόχους υπηρεσιών.

FTTC(Fiber To The Curb) – Οπτική ίνα μέχρι το ρεϊθρο: Η οπτική ίνα να τερματίζει σε μια καμπίνα στο δρόμο, συνήθως λιγότερο από 300 μέτρα από το κτίριο του πελάτη, με την τελική σύνδεση να είναι συνήθως χάλκινα καλώδια ή οπτική ίνα.

FTTC (Fiber To The Cabinet) – Οπτική ίνα μέχρι την καμπίνα: Παραλλαγή συνώνυμη με αυτή για το Fiber To The Curb.

FTTH(Fiber To The Home) – Οπτική ίνα μέχρι το σπίτι: Σύμφωνα με τον ορισμό του FTTH Council, ως «Fiber to the Home(FTTH)» ορίζεται η τηλεπικοινωνιακή αρχιτεκτονική σύμφωνα με την οποία μία επικοινωνιακή οδός εκτείνεται με χρήση αποκλειστικά οπτικού μέσου από τον εξοπλισμό μεταγωγής ενός διαδικτυακού παρόχου έως το χώρο διαμονής ή εργασίας κάθε χρήστη. Η οπτική ίνα τερματίζεται εντός του καθαυτού χώρου διαμονής ή εργασίας του καθενός από τους παραπάνω χρήστες. Η προαναφερθείσα επικοινωνιακή οδός παρέχεται με σκοπό την εξυπηρέτηση τηλεπικοινωνιακής κίνησης από και προς ένα ή περισσότερους χρήστες για μία ή περισσότερες υπηρεσίες και από ή προς ένα ή περισσότερους παρόχους υπηρεσιών.

FTTLA (Fiber To The Last Amplifier) – Οπτική ίνα μέχρι τον πρώτο ενισχυτή: Σε δίκτυα που χρησιμοποιούν αρκετούς ενισχυτές σήματος, η τεχνολογία FTTLA σκοπεύει στην αντικατάσταση των ομοαξονικών καλωδίων πριν τον τελευταίο ενισχυτή κοντά στις κατοικίες των συνδρομητών. Χρησιμοποιείται κυρίως για να αντικαταστήσει σταδιακά με οπτική ίνα τα υπάρχοντα ομοαξονικά καλώδια που υπάρχουν στην αρχιτεκτονική CATV. 30

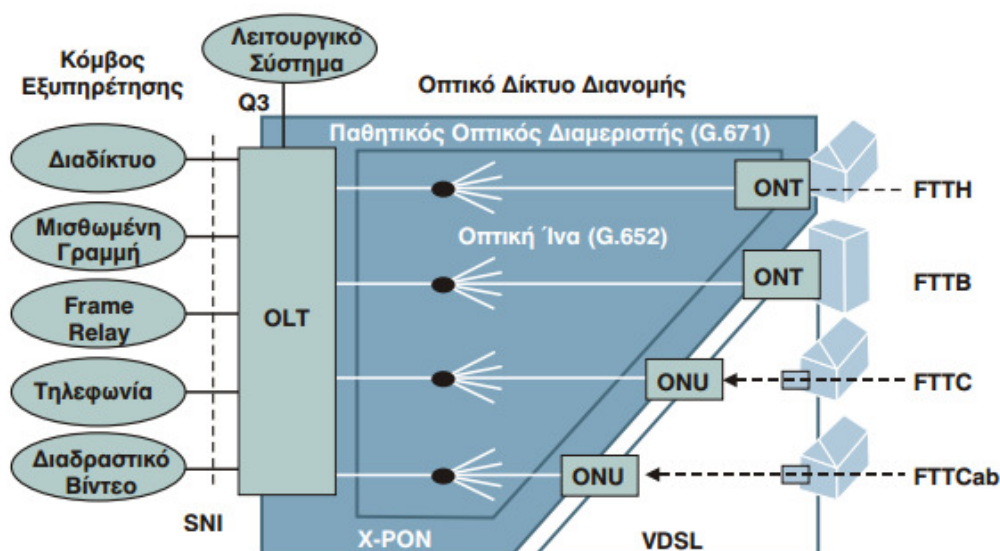
FTTN (Fiber To The Node) – Οπτική ίνα μέχρι τον κόμβο: Μοιάζει με το FTTC, με την καμπίνα όπως όπου καταλήγει η οπτική ίνα, να βρίσκεται σε πιο μακρινή απόσταση από την κατοικία και συγκεκριμένα έως και αρκετά χιλιόμετρα.

FTTN (Fiber To The Neighborhood) – Οπτική ίνα μέχρι τη γειτονιά: Παραλλαγή συνώνυμη με το Fiber To The Node.

FTTO (Fiber To The Office) – Οπτική ίνα μέχρι το γραφείο: Παρόμοια περίπτωση με το Fiber To The Business, όπου υπάρχει οπτική ίνα μέχρι το γραφείο κάποιου εταιρικού πελάτη μιας επιχείρησης.

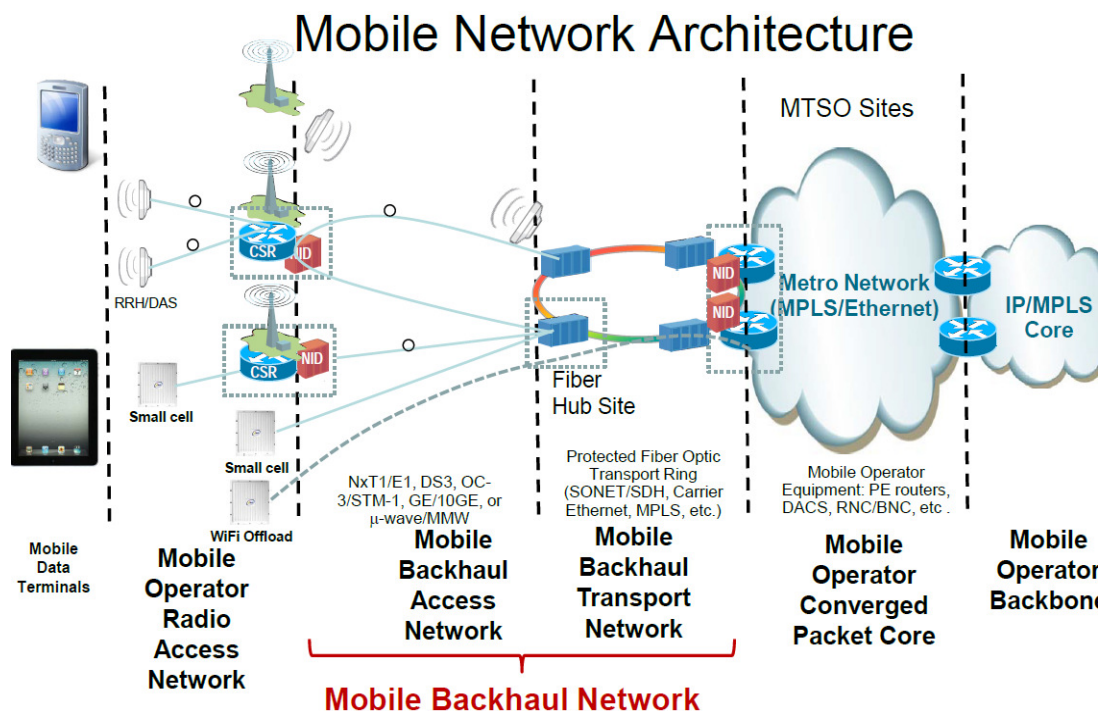
FTTP (Fiber To The Premises) – Οπτική ίνα μέχρι τα όρια ενός κτίσματος: Ο όρος αυτός χρησιμοποιείται σε διάφορα πλαίσια: Είτε σαν γενικός όρος για τα FTTH και FTTB, ή σε δίκτυα πρόσβασης που περιλαμβάνουν τόσο στίτια αλλά και μικρές επιχειρήσεις.

FTTU (Fiber To The User) – Οπτική ίνα μέχρι το χρήστη: Χρησιμοποιείται από την εταιρεία Alcatel για να περιγράψει τα προϊόντα της για εφαρμογές FTTH και FTTB. Ο διαχωρισμός μεταξύ FTTH και FTTB(building) είναι αρκετά λεπτός. Για παράδειγμα, όταν ένα Οπτικό Τερματικό Δικτύου(ONT) βρίσκεται σε μια ενιαία μονάδα κατοικιών, τότε το FTTH συμπίπτει με το FTTB. Όταν όμως το ONT τοποθετείται κάπου μέσα σε ένα από τα διαμερίσματα, τότε μιλάμε μόνο για FTTB. Από όλα τα δίκτυα πρόσβασης οπτικών ινών FTTx, εκείνα που είναι πιο συνηθισμένα είναι τα FTTB,FTTC,FTTH,FTTP .



Η επιλογή για κατασκευή ιδιόκτητου οπτικού δακτυλίου σε μια εταιρεία όπως η Cosmote, έχει συγκεκριμένο λόγο και σκοπό.

Το δίκτυο είναι έτσι στημένο ώστε η μερίδα του λέοντος των 3G και 4G ΣΒ να γίνονται backhauled μέσω μικροκυματικών ζεύξεων. Η ανάγκη όμως για εξυπηρέτηση απαιτήσεων τεράστιων ταχυτήτων με την μεταφορά του δικτύου από Legacy (TDM/ATM) τεχνολογίες σε IP, οδήγησε στη στρατηγική απόφαση 3 χρόνια πριν να μελετηθεί, σχεδιαστεί και κατασκευαστεί ιδιόκτητο δίκτυο οπτικής ίνας το οποίο θα εξυπηρετεί κύριους κόμβους του δικτύου μετάδοσης (οπού δύσκολα μπορούν να εξυπηρετηθούν από μισθωμένη ίνα [π.χ. βουνά και απομακρυσμένα σημεία από σημεία παρουσίας ΟΤΕ]).



Εικόνα 3: Αρχιτεκτονική του δικτύου μας

Συγκριση MW vs Fiber

Οι μικροκυματικές ζεύξεις χωρίζονται σε 2 κατηγορίες τις επίγειες και τις δορυφορικές. Εμείς θα ασχοληθούμε με τις επίγειες μια και οι συνδέσεις που κάνουμε είναι μεταξύ Σ.Β. με απόσταση μερικών χιλιομέτρων.

Μικροκυματικές ζεύξεις

Είναι η ζεύξη όπου δεν χρησιμοποιείται κάποιο είδος καλωδίου και χρησιμοποιεί ως μέσο διάδοσης τον αέρα ή το κενό. Αυτό γίνεται με τη διάδοση σημάτων στην ατμόσφαιρα μέσω κατάλληλων κεραιών (μεταξύ πομπού και δέκτη μεταδίδοντας την πληροφορία κωδικοποιημένη).

Επίγειες μικροκυματικές ζεύξεις

Οι επίγειες μικροκυματικές ζεύξεις στηρίζονται στην κατευθυντική μετάδοση μικροκυμάτων στην περιοχή πολύ υψηλών συχνοτήτων (από 2-40 GHz). Για να είναι δυνατή η μεταφορά δεδομένων πρέπει να έχουν οπτική επαφή μεταξύ τους και λόγω της καμπυλότητας της γης απαιτούνται σταθμοί αναμετάδοσης 40-50 χιλιόμετρα περίπου. Χρησιμοποιούνται για μετάδοση τηλεοπτικού σήματος και φωνής, για μικρές συνδέσεις, μεταξύ κτιρίων για κλειστό κύκλωμα τηλεόρασης ή για συνδέσεις δεδομένων μεταξύ τοπικών δικτύων.

Υπέρ

Διατηρούν την ικανότητα να διαχειρίζονται legacy δίκτυα (TDM) χωρίς επιπλέον εξοπλισμό. Σε αντίθεση με τα δίκτυα οπτικών ινών, η εγκατάσταση και ανάπτυξη ενός μικροκυματικού δικτύου μπορεί να γίνει ιδιαίτερα γρήγορα και μπορεί να αποφέρει κέρδη πολύ πιο άμεσα στην εταιρεία. Επήςσεις εκμιδενίζουν τις σύνδεσεις μεγάλων αποστάσεων.

Κατά

Χρειάζεται μεγάλη ισχύ στον πομπό, Αυτού του τύπου δίκτυα (ασύρματα) είναι αρκετά ευαίσθητα στον θόρυβο. Ακόμα έχουν χαμηλό επίπεδο ασφάλειας (ο οποιοσδήποτε με ένα δέκτη μπορεί να υποκλέψει το σήμα)

Όπτικές ίνες

Η χρήση της ίνας θα γίνεται κυρίως σε επίπεδο node backhaul (όπου πολυπλέκεται η κίνηση αρκετών Σ.Β. που φτάνουν στον κόμβο μέσω υβριδικών μικροκυματικών με Ethernet capabilities) όσο και δευτερευόντως το backhaul μεμονωμένων ΣΒ πολύ υψηλής σπουδαιότητας και σημασίας) οι οποίοι έχουν επιλεγεί να βρίσκονται στην διαδρομή της οπτικής ίνας με την χρήση κατάλληλων πολυπλεκτικών διατάξεων. Έχουμε αναφέρει χαρακτηριστικά σε προηγούμενη Ενότητα σχετικά, θα κάνουμε μία σύγκριση με την μικροκυματική ζεύξη.

Υπερ

Μικρές απαιτήσεις σε ενέργεια. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι δεν παρατηρούνται σημαντικές απώλειες σήματος, καθώς και στον τρόπο μετάδοσης δεδομένων, δηλαδή με τη χρήση φωτεινής δέσμης, που απαιτεί πολύ μικρότερη κατανάλωση ενέργειας, σε σχέση με το ηλεκτρικό σήμα. Μπορούν να μεταφέρουν παράλληλα τεράστιο όγκο δεδομένων σε σύγκριση με τα χάλκινα καλώδια. Η μεταφορά των δεδομένων είναι πολύ γρήγορη. Τα δεδομένα που ταξιδεύουν μέσα σε αυτές είναι λιγότερο ευάλωτα σε παρεμβολές. Τα δεδομένα μεταδίδονται ψηφιακά άρα έχουμε γρηγορότερη κωδικοποίηση-αποκωδικοποίηση των δεδομένων. Σχεδόν καθόλου απώλειες δεδομένων.

Κατά

Είναι πιο ακριβές(επιφέρουν κέρδος σε βάθος χρόνου). Επίσης το κόστος των ηλεκτρονικών και οπτικοηλεκτρονικών διατάξεων μπορεί να είναι μεγάλο.Είναι πιο δύσκολη η εγκατάστασή τους.Είναι πολύ εύθραυστες κατα την εγκατάσταση.Δεν είναι αρκετά ευλύγιστες.Θα πρέπει η εγκατάσταση τους να γίνεται με ελαφριά κλίση γιατί διαφορετικά θα υπάρχει απώλεια δεδομένων.

Τι σημαίνει για μία Εταιρία να χρησιμοποιήσει MW ή Fiber

Οί πιο βασικοί παράγοντες για μία εταιρία που θέλει να εγκαταστήσει τέτοια δίκτυα είναι οι παρακάτω:

1. Χωρητικότητα
2. Ρυθμιστική αρχή
3. Κόστος και χρόνος παράδοσης ανά μονάδα απόστασης
4. Μορφολογία εδάφους
5. Επιλογές επαναχρησιμοποίησης
6. Επίδραση καιρικών συνθηκών

1.Χωρητικότητα

- Για τα μικροκυματικά δίκτυα η χωρητικότητα με τα τελευταίας γενιάς υβριδικά μικροκυματικά με Ethernet capabilities μπορεί να ξεπεράσει οριακά το 1 Gbps.
- Από την άλλη μεριά, για τα οπτικά δίκτυα το θέμα της χωρητικότητας πρακτικά δεν υφίσταται, αφού με την πολυπλεξία Wave Division Multiplexing (WDM) η χωρητικότητα μπορεί να είναι θεωρητικά απεριόριστη, ενώ και άνευ πολυπλεξίας οι χωρητικότητες των 10 Gbps είναι κάτι το μάλλον συνηθισμένο.

2.Ρυθμιστική αρχή

- Για την εγκατάσταση μικροκυματικού δικτύου απαιτείτε μίσθωση φάσματος (OPEX – Operational Expenses).
- Ένας οπτικός δακτύλιος απαιτεί αγορά δικαιωμάτων επί των δρόμων, ενώ πρέπει να υπολογίζονται και έξοδα έργων κατασκευής και ανακαίνισης των ορυγμάτων.

3.Κόστος και χρόνος παράδοσης ανά μονάδα απόστασης

- Στις Ρ/Η ζεύξεις υπολογίζονται το κόστος απόκτησης κάθε link μαζί με κάποια κόστη που μεταβάλλονται με την απόσταση (κάτοπτρα κεραιών, συχνότητες, φάσματα κτλ). Ο χρόνος εγκατάστασης ενός τέτοιου δικτύου είναι πολύ μικρός.
- Στα οπτικά δίκτυα το κόστος αυξάνεται ακόμα και κατά μέτρο. Ο χρόνος εγκατάστασης αυξάνεται γραμμικά με την απόσταση, και δεν είναι μικρός.

4.Μορφολογία εδάφους

- Το μικροκυματικό δίκτυο ταιριάζει σε όλα τα είδη εδάφους και μορφολογίας. Απαιτεί όμως οπτική επαφή των 2 άκρων.
- Για την ίνα είναι πολύ ακριβό το σκάψιμο σε δύσκολα εδάφη (βουνά, ερήμους, βάλτους, βραχώδης εκτάσεις κτλ). Απαιτείται ειδική πρόσβαση για τα οχήματα διάνοιξης ορύγματος κατά μήκος αυτού.

5.Επιλογές επαναχρησιμοποίησης

- Τα υλικά των ζεύξεων μπορούν να αποσυναρμολογηθούν και επαναχρησιμοποιηθούν ανά πάσα στιγμή σε οποιοδήποτε μέρος του δικτύου.
- Οι οπτικές ίνες αντιθέτως στις περισσότερες περιπτώσεις δεν μπορούν να ξαναχρησιμοποιηθούν.

6.Επίδραση καιρικών συνθηκών

- Τα μικροκυματικά δίκτυα επηρεάζονται άμεσα και έντονα από τα καιρικά φαινόμενα. Χαρακτηριστικά όπως το Adaptive modulation καθώς επίσης και ένας σωστός σχεδιασμός μειώνουν αρκετά τις επιρροές από τις κλιματικές συνθήκες.
- Δεν υπάρχει καμία επίδραση, πλην φυσικά της πλημμύρας.

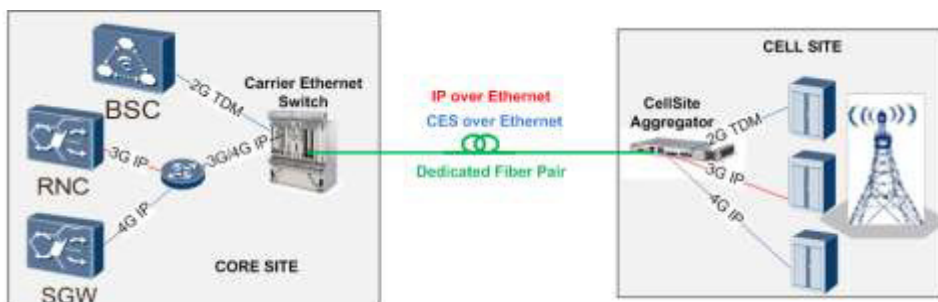
Οπότε, σχεδιάζουμε οπτικά δίκτυα στα κέντρα μεγάλων πόλεων όπου επιλέγουμε μεγάλους και σημαντικούς σταθμούς (σε κίνηση και ταχύτητα) για να μπορέσουμε να τους δώσουμε πρωτεύουσα διαδρομή την οπτική ίνα, η οποία προσφέρει μεγάλες ταχύτητες και απόλυτη προστασία τρόπου μετάδοσης από τα καιρικά φαινόμενα. Επιπροσθέτως, ανάλογα με το σχεδιασμό του δικτύου μετάδοσης ή διατηρούμε την υφιστάμενη μικροκυματική ζεύξη για εναλλακτική διαδρομή (για κάποιον πολύ σημαντικό σταθμό) ή επωφελοώμασε οικονομικά αποξηλώνοντας τη μικροκυματική ζεύξη και εξοικονομώντας έτσι τα ετήσια τέλη συχνοτήτων τα οποία απαιτεί η χρήση τους.

ΤΟΠΟΛΟΓΙΑ ΥΠΟΔΟΜΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ

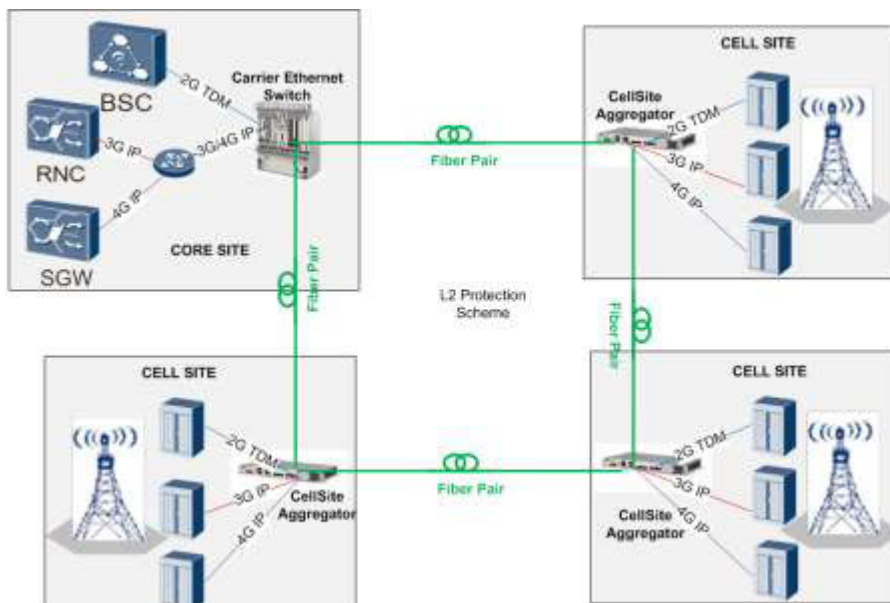
Τοπολογία Υποδομής

Στο δικό μας δίκτυό θα χρησιμοποιούμε τοπολογία δακτυλίου (Ring) όπου υλοποιείται με οπτικές ίνες.

Η τοπολογία δακτυλίου επιτρέπει την κοινή χρήση οπτικού μέσου το οποίο, υπό τη μορφή δακτυλίου συνδέει τους κόμβους και του σταθμούς βάσης του δικτύου ανά δύο. Στην ουσία, είναι μία σύνδεση από σημείο σε σημείο (P2P, Point-to-Point) η οποία δημιουργεί κλειστό κύκλωμα. Στο hub site χρησιμοποιείται ένα Ethernet Switch ενώ από την πλευρά του Σ/Β εγκαθίσταται ένα Cell Site Aggregator (Ethernet Switch) το οποίο χρησιμοποιείται σαν demarcation point του transport δικτύου από το radio δίκτυο. Η χρήση του Cell Site Aggregator κρίνεται σκόπιμη ώστε να υπάρχει η δυνατότητα να δρομολογηθεί τόσο TDM κίνηση, μέσω Circuit Emulation, όσο και pure Ethernet κίνηση, πάνω από μια ίνα. Στο Παράρτημα 1 παρουσιάζονται φωτογραφίες των μηχανημάτων του δικτύου.



Εικόνα: Τοπολογία Point to Point



Εικόνα: Τοπολογία Ring

Η τοπολογία αυτή προσφέρει σίγουρη μετάδοση κρίσιμης κίνησης. Αν για παράδειγμα ένας κόμβος/σταθμός καταρρεύσει, τότε η κίνηση θα “ταξιδέψει” προς την αντίθετη κατεύθυνση για να φτάσει στον κόμβο/σταθμό που πρέπει. Αυτό υλοποιείται με την τεχνική προστασίας Ethernet κίνησης MPLS, τεχνική η οποία είναι στρατηγική απόφαση της εταιρείας να ακολουθείται. Απαιτεί διπλούς router στα τερματικά σημεία της κίνησης και η κίνηση

οδεύει εν είδη Load Balancing και από τις δύο διαδρομές του δακτυλίου (μέσο των MPLS Tunnels). Με την πιθανή κατάρρευση ενός router στον κόμβο μετάδοσης της οπτικής ίνας, η κίνηση συνεχίζει τη δόδευσή της από την άλλη διαδρομή χωρίς να γίνει αντιληπτή καμία διακοπή της κίνησης (αφού πρακτικά δεν υπάρχει). Θεωρητικά αυτό που συμβαίνει είναι μια μείωση χωρητικότητας η οποία πρακτικά δεν γίνεται ποτέ αντιληπτή λόγω των μεγάλων χωρητικότητων των οπτικών ινών.

Τεχνολογία Πρόσβασης

Χρησιμοποιούμε την τεχνολογία Gigabit Passive Optical Network (GPON). Επιτρέπει υψηλές ταχύτητες, αυξημένη ασφάλεια, και επιλογή του πρωτοκόλλου επιπέδου 2 (L2) (ATM, GEM, Ethernet). Η τυπική ταχύτητα είναι 2.488 Gbps downstream και 1.244 Gbps upstream. Η μέθοδος ενθυλάκωσης GPON (GPON Encapsulation Method - GEM) επιτρέπει αποδοτική πακετοποίηση με κατακερματισμό πλαισίου, δίνοντας περισσότερες δυνατότητες για παροχή ποιότητας υπηρεσίας (Quality of Service - QoS) σε φωνή και video.

PON

Τα Παθητικά Οπτικά Δίκτυα (Passive Optical Networks – PON) είναι οπτικά δίκτυα σημείου προς πολλαπλά σημεία, τα οποία δεν περιέχουν ενεργά στοιχεία, δηλαδή δεν έχουμε μετατροπή του σήματος από οπτικό σε ηλεκτρικό από την πηγή μέχρι τον προορισμό του. Τα μόνα στοιχεία που χρησιμοποιούνται είναι παθητικοί ζεύκτες (couplers), διαιρέτες (splitters) και συνδυαστές (combiners).

Τα PON είναι μια αξιόπιστη λύση για τα Δίκτυα Πρόσβασης (Access Networks – AN) αφού επιτρέπουν τη χρήση υπηρεσιών ευρείας ζώνης με οικονομικούς όρους, ώστε να είναι εφικτή η πρόσβαση από μεμονωμένους χρήστες ή μικρές επιχειρήσεις οι οποίοι δεν έχουν τη οικονομική δυνατότητα χρησιμοποίησης οπτικών ινών αποκλειστικής χρήσης. Τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα της χρήσης PON σε Δίκτυα Πρόσβασης, είναι τα παρακάτω:

- Επιτρέπουν μεγαλύτερες αποστάσεις μεταξύ του κέντρου σύνδεσης και του συνδρομητή, μειώνοντας συνεπώς και το κόστος των οπτικών ινών στον τοπικό βρόχο.
- Επειδή είναι δίκτυα σημείου προς πολλαπλά σημεία είναι κατάλληλα για κοινοποίηση πληροφορίας, όπως η αναμετάδοση video (video broadcasting).
- Εξαλείφουν την ανάγκη χρήσης πολυπλεκτών και αποπολυπλεκτών στα σημεία διαχωρισμού, και έτσι απαλλάσσει τους διαχειριστές του δικτύου από την επίπονη και ακριβή διαδικασία συντήρησης και τροφοδότησης των στοιχείων αυτών. Αντί για ενεργά στοιχεία στα σημεία διαχωρισμού εγκαθίστανται παθητικά στοιχεία τα οποία παρουσιάζουν το πλεονέκτημα ότι δεν χρειάζονται τροφοδοσία, και μπορούν να θαφτούν στο έδαφος κατά την εγκατάσταση του δικτύου χωρίς να απαιτούν συντήρηση μελλοντικά.

- Επιτρέπουν την εύκολη αναβάθμιση σε υψηλότερους ρυθμούς μεταφοράς δεδομένων καθώς και τη χρήση πολλαπλών μηκών κύματος.

GPON

Τα GPON προσφέρουν πολύ υψηλά bit rates, έως και 2,048 Gbps, ενώ ταυτόχρονα υποστηρίζουν τη μεταφορά πολλαπλών υπηρεσιών, ιδιαίτερα δεδομένων και TDM, σε απλές διατάξεις και με μεγάλη αποδοτικότητα .

Το GPON διατηρεί, όπου αυτό είναι δυνατό, τα χαρακτηριστικά των τεχνολογιών που χρονικά προηγήθηκαν αυτού και περιγράφονται στα ITU-T G.982 και τη σειρά G.983.x Recommendations έτσι ώστε να είναι συμβατά με όλες τις τεχνολογίες PON που προηγήθηκαν. Τα GPON εξαιτίας του μεγάλου εύρους ζώνης που παρέχουν υποστηρίζουν ένα ευρύ φάσμα υπηρεσιών συμπεριλαμβανομένων υπηρεσιών φωνής, TDM, video, Ethernet, 10/100BASE-T, μισθωμένες γραμμές και επεκτάσεις χωρίς καλώδιο. Επίσης είναι δυνατό να εξυπηρετήσουν αποστάσεις των 60 km μεταξύ ONT/ONU και OLT, η απόσταση όμως αυτή υπολογίζεται χωρίς να ληφθούν υπόψη οι περιορισμοί του φυσικού μέσου και αποτελεί τη λογική απόσταση. Σε αντίθεση με την τιμή αυτή η μέγιστη φυσική απόσταση που είναι δυνατό να καλυφθεί είναι ίση με 20 km.

Επιπλέον το GPON έχει μεγάλες δυνατότητες όσον αφορά στις λειτουργίες ανάπτυξης, πρόβλεψης και διαχείρισης του δικτύου ενώ παρέχει και ασφάλεια σε επίπεδο πρωτοκόλλου για την downstream κίνηση. Συγκεκριμένα δεδομένου του multicast χαρακτήρα του μεριμνά ώστε να μην είναι εύκολη η αποκωδικοποίηση των downstream δεδομένων από όλους τους χρήστες παρά μόνο από αυτόν για τον οποίο προορίζονται τα δεδομένα και επιτρέπει προς την κατεύθυνση αυτή οικονομικά αποδοτικές υλοποιήσεις.

Το GPON είναι ένα παθητικό οπτικό δίκτυο το οποίο επιτρέπει τη μεταφορά δεδομένων με ρυθμό Gbit/sec. Η τοπολογία που χρησιμοποιεί είναι αυτή του παθητικού δένδρου, αφού κρίθηκε ως η πιο συμφέρουσα οικονομικά. Για να είναι δυνατή η μεταφορά δεδομένων με ρυθμό Gbit/sec σχεδιάστηκε εκ νέου το υπόστρωμα σύγκλισης μετάδοσης (Transmission Convergence) και προδιαγράφηκαν οι απαιτήσεις για το υπόστρωμα φυσικού μέσου ώστε να είναι εφικτή η μετάδοση σε τέτοιους υψηλούς ρυθμούς.

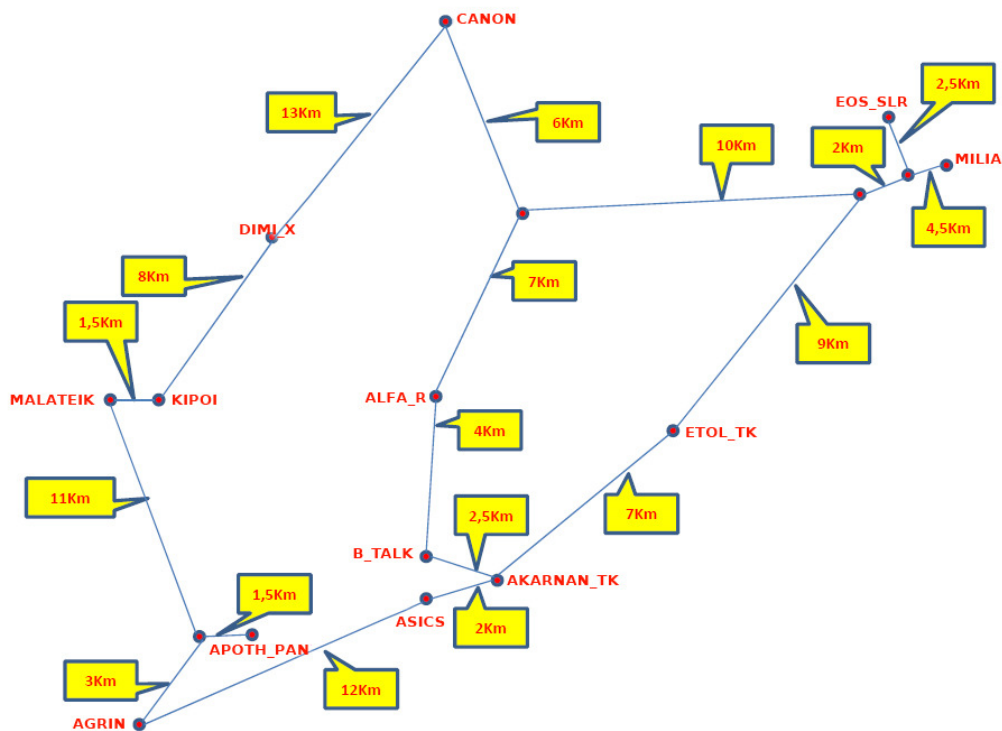
Το δίκτυο GPON βασίζεται στη μεταφορά πακέτων αλλά με ένα πιο γενικό τρόπο σε συγκρίσει με τους άλλους τύπους δικτύων (EPON, APON). Πιο συγκεκριμένα, το σύστημα μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως EPON, αλλά μπορεί να μεταδώσει και γνήσια πακέτα IP, με την προσθήκη μιας επικεφαλίδας MPLS (Multi Protocol Label Switching – Μεταγωγή Ετικέτας Πολλαπλών Πρωτοκόλλων), ή ακόμα και πακέτων ATM. Αυτό είναι εφικτό επειδή το πλαίσιο (frame) του στρώματος μετάδοσης σχεδιάστηκε εκ νέου, χωρίς να βασιστεί σε κάποια ήδη υπάρχουσα δομή που αφορούσε σε προγενέστερο δίκτυο (EPON, APON), με βασικό κριτήριο την αποδοτική και οικονομική υποστήριξη μεταβλητού μήκους πακέτων κάνοντας χρήση διαδοχικών σχισμών σταθερού μήκους. Η διαχείριση των πακέτων γίνεται από ένα πρωτόκολλο ελέγχου πρόσβασης στο μέσο (MAC – Medium Access Protocol) που λειτουργεί με γνώμονα την Ποιότητα Υπηρεσιών (QoS – Quality of Service), έτσι το GPON

είναι ένα πλήρες δίκτυο πρόσβασης σε αντίθεση με το EPON που δεν λαμβάνει υπόψη του τη QoS.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΜΕΛΕΤΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΔΙΚΤΥΟΥ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ

Σε αυτό το κεφάλαιο θα ασχοληθούμε με την μελέτη που απαιτείται για την αναβάθμιση ή κατασκευή ενός δικτύου οπτικών ινών. Η σχεδίαση ξεκίνησε από τον καθορισμό των κομβικών σημείων προς σύνδεση.

Η σχεδίαση ξεκινάει από τον καθορισμό των κομβικών σημείων προς σύνδεση. Στην συνέχεια με τη μελέτη χαρτών για την προεπιλογή κατάλληλων διαδρομών που καλύπτουν τις απαιτήσεις. Ακολουθεί αυτοψία, για επιτόπου εποπτεία και εντοπισμό πιθανών δυσκολιών (π.χ. κάθετες διαβάσεις κεντρικών αρτηριών, διέλευση σιδηροδρομικών γραμμών, ποταμών, γεφυρών, ειδικές εργασίες για είσοδο στα κτήρια και τα πεζοδρόμια κλπ). Εν συνεχεία εντοπίζονται τα όρια των Δήμων από τους οποίους διέρχεται η διαδρομή και προτάθηκαν εναλλακτικές διαδρομές σε σχέση με την κατασκευαστικές απαιτήσεις τους αλλά και το ενδεικτικό κόστος τελών χρήσης κοινόχρηστων χώρων, αποκατάσταση ασφαλτοτάπητα κλπ. Πραγματοποιήθηκε η μέτρηση του μήκους των διαδρομών και χαρτογράφησή τους με GPS. Όπου χρειάστηκε έγινε τοπογραφική απεικόνιση τμημάτων της διαδρομής που παρουσίασαν ιδιαιτερότητες. Επιπλέον, έγινε λίστα των απαιτούμενων αδειών και έπειτα πλήρη προετοιμασία φακέλων αδειών, περιλαμβάνοντας τις εγγυητικές επιστολές που απαιτήθηκαν. Στη συνέχεια γίνετε καθορισμός των υλικών που θα χρησιμοποιηθούν για κάθε διαδρομή. Τα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν είναι σημαντικά γιατί από τη στιγμή που θα εγκατασταθούν και το δίκτυο θα τεθεί σε λειτουργία είναι σχεδόν αδύνατο να αντικατασταθούν με άλλα καθώς τέτοια ενέργεια θα επηρεάσει την λειτουργία του δικτύου. Επόμενο βήμα είναι η επιλογή όλων των εξαρτημάτων του δικτύου. Τέλος καθορίζονται οι φάσεις του έργου και εκδίδονται χρονοδιάγραμμα εργασιών.



Εικόνα: Η τοπολογία του δικτύου μας

ΕΠΙΛΟΓΗ ΣΤΑΘΜΩΝ ΒΑΣΗΣ

Η επιλογή των ΣΒ γίνεται με βάση της κίνησης που παράγει ο εκάστοτε σταθμος βάσης , την απόσταση απο το ύπο κατασκευή δίκτυο , θέματα που αφορούν την κατασκευή της εγκατάστασης,αδειοδοτικά θέματα και θέματα πρόσκτησης.



Προβλήματα που αντιμετωπίζουμε κατα την κατασκευή είναι:

- Προβλήματα με περίοικους

- Σχετικά νέος ΣΒ
- Συμβόλαιο που εκπνέει σύντομα
- Αντιμετώπιση προβλημάτων στο παρελθόν

Πλεονεκτήματα ενός ΣΒ για να συμπεριληφθεί:

- Μηδενική απόσταση από διαδρομή ίνας ή πάνω στη διαδρομή
- Σημαντικός από πλευράς κίνησης
- Διαφάνουσα εύκολη πρόσβαση στα μηχανήματα
- Συμβόλαιο με ισχύ που εκπνέει μακροπρόθεσμα
- Επαγγελματικό κτήριο (λόγω της χρήσης του, είναι λιγότερο πιθανό να αντιμετωπίσουμε προβλήματα ιδιοκτησιακά)

Μειονεκτήματα ενός ΣΒ για να συμπεριληφθεί:

- Προβλήματα πρόσκτησης
- Μακριά από τη διαδρομή της ίνας
- Μέτριος από πλευράς κίνησης ΣΒ
- Προβλήματα αδειοδότησης

ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

Σε αυτή την ενότητα θα μελετήσουμε το κόστος που χρειάζεται ένα τέτοιο έργο για να έρθει εις πέρας. Φυσικά το μεγαλύτερο κομμάτι του κόστους κατασκευής σε ένα δίκτυο FTTx οφείλεται στα έργα εκσκαφής και αποκατάστασης σε δημόσιους κοινόχρηστους χώρους. Περίπου το 75% του προϋπολογισμού του έργου οφείλετε στο κόστους εκσκαφής και αποκατάστασης. Ως εκ τούτου, η εύρεση μεθόδων οι οποίες μπορούν να μειώσουν το εν λόγω κόστος επιφέρει σημαντική μείωση του κόστους κατασκευής ολόκληρου του οπτικού δικτύου πρόσβασης.

Τα υλικά που χρειάζοντε για ένα τέτοιο έργο είναι τα εξής :

- Φρεάτια στον κύριο κορμό τις διαδρομής και παράλληλα πιο μικρά όπου απαιτείτε
- Χαντάκι για την τοποθέτηση της ίνας απο ΣΒ σε ΣΒ
- εξακφή δημόσιον σημείον όπου πρέπει να περάσει η ίνα και αποκατάσταση αυτού(π.χ. πεζοδρόμια), ειδικές αποκαταστάσεις σε σταθμούς Βάσης (π.χ ειδικά μάρμαρα, πλάκες κλπ.).

- Τοποθέτηση 2 σωλήνων απο το φρεάτιο έως στην βάση του κτίριου
- κανάλια και σωληνώσεις για να ανέβει το καλώδιο έως την ταράτσα του κτιρίου
- Το καλώδιο που απετείτε από το φρεάτιο έως τον καταναεμητή
- Μετρήσεις - Πιστοποίηση Εγκατεστημένου Καλωδίου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4:

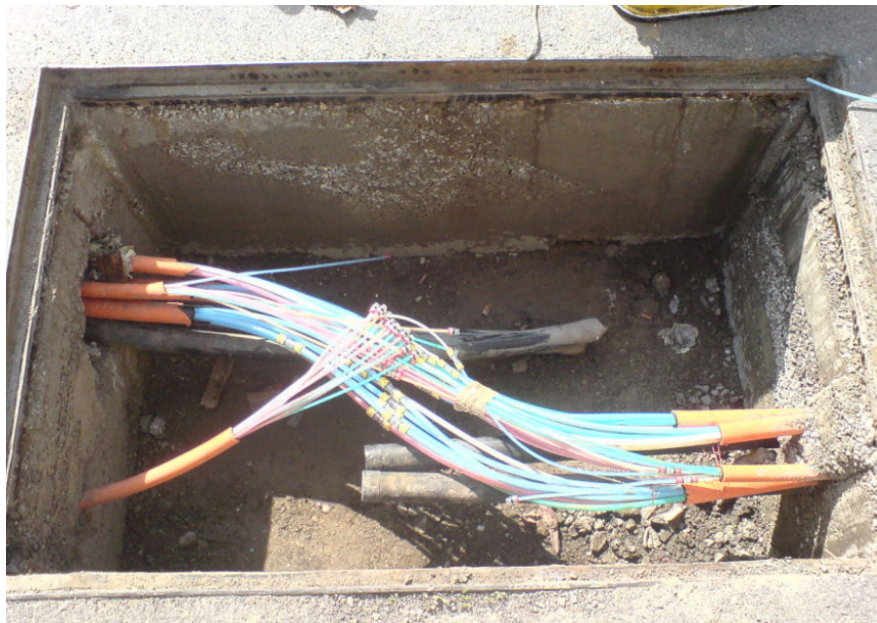
ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ

ΦΡΕΑΤΙΑ

Κατα μήκος του αγωγού όπου περνάει η οπτική ίνα ,ανοίγουμε και μερικά φρεάτια όπου μας βοηθάνε για τις πάροθη εργασίες:

- Διακλάδωση/συγκόλληση καλωδίων, αλλά και φιλοξενία των διατάξεων συγκόλλησης (cable splicing) ή των διακλαδωτήρων μικροσωληνώσεων (microtube branching). Τοποθετούνται οι σύνδεσμοι ("μούφες") οπτικών ινών ώστε να επιτευχθεί συνέχεια μεταξύ των διαδοχικών τμημάτων καλωδίων.
- Τοποθέτηση πλεονασματικού καλωδίου (looping cable).
- Σημεία για εμφύσηση καλωδίου ή υποβοήθηση της έλξης.
- Περιπτώσεις όπου δεν υπάρχει ικανοποίηση της απαιτούμενης ακτίνας καμπυλότητας (π.χ. απότομες στροφές του δρόμου, διασταυρώσεις μεταξύ οδών κ.τ.λ.

Είμαστε αναγκασμένοι να τοποθετούμε ανα 500m σε αστικές περιοχές, προβλέποντας έτσι μελλοντική ανάπτυξη του δικτύου, αλλά και μετατοπίσεις της διόδεσης, ενώ στις μη οικιστικές περιοχές (βουνά, κτλ) κάθε 1000m. Βέβαια, τα φρεάτια τα οποία χρησιμοποιούνται για την υποβοήθηση του περάσματος της ίνας με έλξη ή εμφύσηση, σε κάθε περίπτωση είναι τέτοιες ώστε να υποστηρίζονται απρόσκοπτα όλες οι τεχνικές περάσματος του καλωδίου για τον προβλεπόμενο τύπο και αριθμό καλωδίων και τον υπάρχοντα ή προβλεπόμενο τύπο σωληνώσεων, υποσωληνώσεων ή μικροσωληνώσεων.

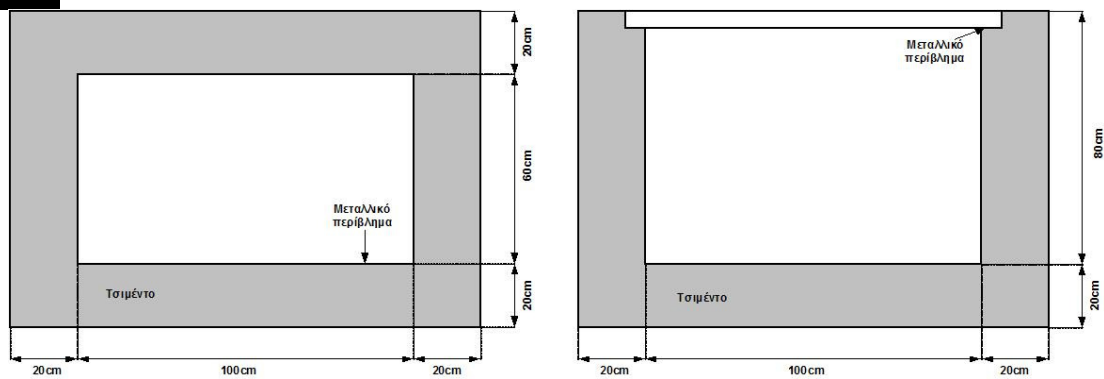


Εικόνα: Φρεάτιο σύνδεσης οπτικών ινών

Εν συνεχεία θα πρέπει να επιλέξουμε την σωστή θέση όπου θα τοποθετήσουμε το φρεάτιο μας, θα πρέπει να γίνει με προσοχή γιατί επηρεάζει όλη την δομή του δικτύου μας όχι μόνο του τωρινού αλλά και μελλοντικά (για μελλοντικές αναβαθμίσεις). Η επιλογή του τύπου του φρεατίου που τοποθετείται σε κάθε θέση αλλά και της θέσης προσδιορίζονται κατά τη φάση της μελέτης της κατασκευής του εκάστοτε έργου ανάλογα με τις ανάγκες. Επιλέγουμε κεντρικούς δρόμους ή γωνίες για την τοποθέτησή τους επιπλέον να σημειωθεί ότι στο φρεάτιο θα πρέπει να αφήσουμε περισσεια οπτική ίνα περίπου 15-20 μέτρα.

Οι προδιαγραφές για την κατασκευή του φρεατίου συμπεριλαμβάνουν το μέγεθος αλλά και διαστάσεις της απόστασης της ίνας από την επιφάνεια του εδάφους ποιο αναλυτικά:

- Οί διαστάσεις των φρεατίων είναι 90 cm μήκος, 80 cm πλάτος και 90 cm βάθος. Το μέγεθός τους όμως είναι μεταβλητό ανάλογα με το κόστος κατασκευής. Εάν το σημείο που έχει επιλεχθεί για να τοποθετηθεί το φρεάτιο είναι σε βραχώδες υπέδαφος, αυτό σημαίνει ότι η διαδικασία σκαψίματος κοστίζει και σε χρόνο και σε χρήματα.
- Μεταξύ του τελευταίου σωλήνα και του πυθμένα του φρεατίου υπάρχει κενό της τάξης των 10cm και η απόσταση μεταξύ της επιφάνειας του εδάφους και της πρώτης εκ των σωλήνων δεν είναι μεγαλύτερη των 30cm. Για την κατασκευή του φρεατίου χρησιμοποιείται τσιμέντο του οποίου το πάχος είναι 20cm και τέτοιας πυκνότητας ώστε τα φρεάτια να είναι ικανά να αντέχουν σε πίεση μεγαλύτερη από 60 τόνους. Αποτελούνται από περίβλημα κατασκευασμένο από σπλισμένο σκυρόδεμα με οπές στις δύο πλευρές για είσοδο των σωλήνων. Καλύπτονται με χυτοσίδηρο πλαίσιο και καπάκι βαρέως τύπου και τοποθετούνται στο έρεισμα του δρόμου ή επί της οδού.



Εικόν: Κάτοψη και τομή φρεατίου

ΤΑΦΡΟΙ

Το δίκτυο όδευσης αφορά την εγκατάσταση τηλεπικοινωνιακών καλωδίων και περιλαμβάνει την διάνοιξη στενού και ρηχού ορύγματος, σύμφωνα με τις συστάσεις ITU-T L.48 L.35 (CCITT outside plant technologies for public networks), το οποίο επεκτείνεται παράλληλα με τον κύριο άξονα των οδών. Το ορύγμα διανοίγεται επί της οδού και σε κοντινή απόσταση από το έρεισμα αυτής ανάλογα με την διαμόρφωση της οδού και τα φυσικά εμπόδια (φρεάτια, σωληνώσεις κλπ). Εκτός πόλεως, η τάφρος κατασκευάζεται στη θέση που ορίζουν τα σχέδια (τομές, αποστάσεις από άξονες οδών, παρατηρήσεις, κ.τ.λ.).

Το έργο της εκσκαφής πραγματοποιείται από ειδικό μηχάνημα (trencher) ροϊκής παραγωγής ορύγματος (trenching), εφοδιασμένο με σύστημα απόσβεσης θορύβου και καταστολής των αιωρουμένων σωματιδίων των προϊόντων εκσκαφής. Έχουν σχεδιαστεί για χρήση μέσα στην πόλη και ελαχιστοποιούν την φθορά και την όχληση. Έχουν ειδικό τροχό εκσκαφής και φέρουν κατάλληλα πλευρικά καλύμματα για μείωση της όχλησης και περιορισμό των προϊόντων εκσκαφής το σημείο εργασίας και μόνο. Τα ειδικά νέας τεχνολογίας μηχανήματα έχουν μεγάλες επιδόσεις σε μήκος εκσκαφής. Με την χρήση του μηχανήματος αυτού αποφεύγεται η χρήση άλλων μεθόδων διάνοιξης π.χ. «σφύρα», «κομπρεσέρ», κλπ., και θεωρείται εξαιρετικά φιλικό προς το περιβάλλον τόσο των πόλεων όσο και της υπαίθρου. Πριν από τις εργασίες εκσκαφής, διενεργούνται ερευνητικές τομές, κυρίως προς εξακρίβωση ή επιβεβαίωση υπάρξεως υπογείων εμποδίων (καλώδια, αγωγοί, υπόνομοι ή άλλες εγκαταστάσεις).

Με την μέθοδο του «ορύγματος» (Trenching) αποφεύγεται η πλήρης κατάληψη του οδοστρώματος καθ' όλη την διάρκεια των εργασιών και δεν δημιουργεί πρόβλημα διέλευσης αυτοκινήτων ή πεζών σε καμία περίπτωση. Τα τμήματα του ορύγματος που διανοίγονται, «κλείνουν» εντός του χρόνου εργασίας και παραδίδονται στην κυκλοφορία την ίδια ημέρα και πάλι. Τα μήκη διάνοιξης κυμαίνονται από 200-400μ την ημέρα ανάλογα με την ιδιαιτερότητα του υπεδάφους της οδού και ο συνολικός χρόνος που θ' απαιτηθεί υπολογίζεται σε 7-10 Ημέρες από την έναρξη των εργασιών.

Εντός του ορύγματος τοποθετούνται σωλήνες HDPE. Οι σωλήνες αυτοί καλύπτονται με σκυρόδεμα. Πάνω από αυτό τοποθετούνται αδρανή εκσκαφής ενώ στο άνω μέρος των

αδρανών εκσκαφής τοποθετείται ειδική ταινία (πλέγμα) σημάσεως και το όρυγμα αποκαθίσταται πλήρως στην αρχική μορφή του εδάφους (άσφαλτος, πλάκες πεζοδρομίου ή χώμα).



Εικόνα 4: Εκσκαφή τάφρου

Κατά μήκος της διαδρομής και κάθε 1000m περίπου κατασκευάστηκαν φρεάτια για την σύνδεση των καλωδίων, όπως αναλύεται σε επόμενη παράγραφο.

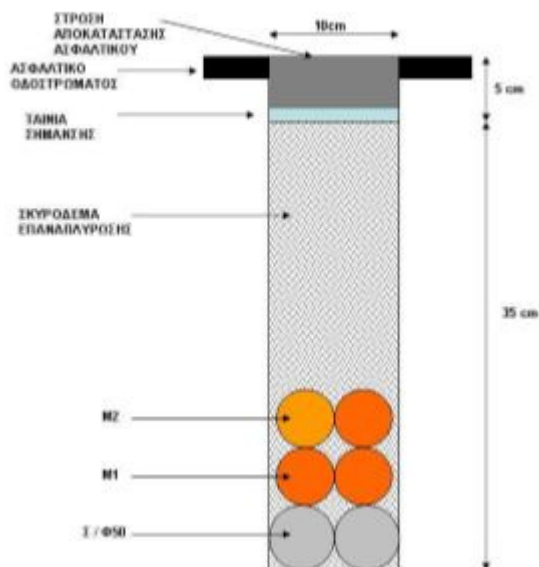
Τα κάλυμματα των γρεατίων πρέπει να υπερκαλύπτουν τις προδιαγραφές D400 για αντοχή πάνω από 10 τόνους και πρέπει να έχουν τις αναγκαίες βεβαιώσεις του Ελληνικού Οργανισμού Τυποποίησης. Σε κάθε περίπτωση τα φρεάτια θα πρέπει να μπορούν να φιλοξενήσουν τις απαραίτητες διατάξεις συγκόλλησης ίνων, διακλάδωσης μικροσωληνώσεων, σύνδεσης και σφράγισης υπο-σωλήνων κλπ. Επίσης θα πρέπει να μπορούν να φιλοξενήσουν πλεονασματικό καλώδιο χωρίς να παραβιάζονται οι προδιαγραφές του κατασκευαστή για την ελάχιστη ακτίνα κάμψης κλπ. Τέλος θα πρέπει να αναγράφεται συγκεκριμένα το λογότυπο που αφορά το δίκτυο.

Γενικές προδιαγραφές τάφρων

Οι τάφροι έχουν διαστάσεις Π10cm X Β50cm και κατασκευάζονται στις ακόλουθες περιπτώσεις:

- Πεζοδρόμια
- Οδόστρωμα εντός οικισμών
- Εθνικό και επαρχιακό οδικό δίκτυο με ασφαλτόστρωση

- Οι διαστάσεις που αναφέρονται, επιδέχονται απόκλιση της τάξης του 5%.



Εικόνα: Τομή τάφρου

Ο πυθμένας της τάφρου, προτού τοποθετηθούν οι σωλήνες, πρέπει να λειανθεί και να μην υπάρχουν αιχμηρές πέτρες που μπορεί να καταστρέψουν το σωλήνα.

Σωλήνες θα πρέπει να εγκιβωτιστούν σε σκυρόδεμα.

Οι σωλήνες πρέπει να τοποθετηθούν 5cm πάνω από τον πυθμένα και τουλάχιστον 30cm κάτω από την επιφάνεια του οδοστρώματος

Ασφαλτόστρωση πάχους 5 cm μέχρι πλήρους πλήρωσης της τάφρου.

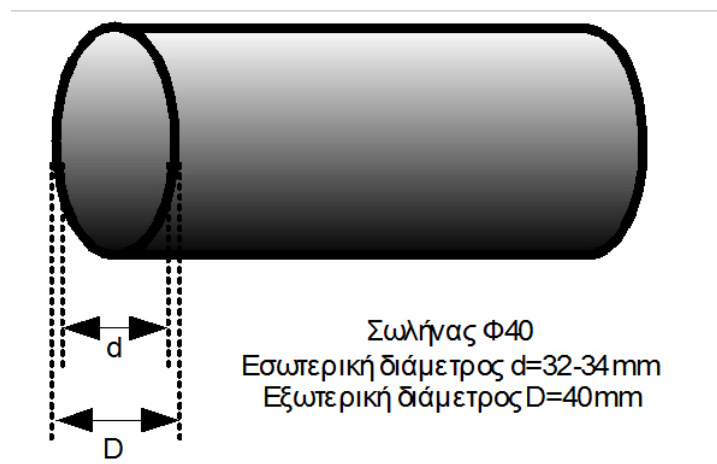
Σε περίπτωση που το οδόστρωμα έχει μόνο τσιμεντόστρωση, αντί της ασφάλτου, η πλήρωση των τελευταίων 5cm πρέπει να γίνει με σκυρόδεμα.

Στις περιπτώσεις των πεζοδρομίων τα τελευταία 5 cm συμπληρώνονται με σκυρόδεμα και εν συνεχεία τοποθετούνται οι πλάκες του πεζοδρομίου

Σε οποιαδήποτε άλλη περίπτωση που δεν περιλαμβάνεται στις παραπάνω ή σε περιπτώσεις δυσκολίας εκσκαφής (βραχώδες έδαφος, υπόγεια εμπόδια, υψηλή στάθμη υπογείων υδάτων κ.λ.π.), θα πρέπει να δίνεται λύση με τη σύμφωνη γνώμη του επιβλέποντα του έργου. Τέλος, στις περιπτώσεις που οι σωλήνες πρέπει να διέλθουν από γέφυρα ή σήραγγα, χρησιμοποιείται κατάλληλος μεταλλικός σωλήνας.

ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΣΩΛΗΝΩΝ

Οι σωλήνες θα πρέπει να είναι από πολυαιθυλένιο (High Density Polyethylene, HDPE) και να έχουν τη φυσική μορφή που περιγράφεται στην παρακάτω εικόνα



Εικόνα: Φυσική μορφή σωλήνα

Οι σωλήνες HDPE θα έχουν διάμετρο εξωτερική 40mm-50mm και εσωτερική διάμετρο 32mm – 44mm αντίστοιχα σε διάταξη μονών σωληνώσεων ή συστοιχιών περισσοτέρων της μίας συνδεδεμένων κατά μήκος σωληνώσεων. Οι σωλήνες θα έχουν τη δυνατότητα σύνδεσης τμημάτων τους, χωρίς αλλαγή της εσωτερικής διαμέτρου για την εξασφάλιση της απρόσκοπτης ολισθησης υποσωληνώσεων εντός του σωλήνα. Οι σωλήνες θα είναι κατασκευασμένοι από HDPE με υψηλές προδιαγραφές όσον αφορά την αντοχή σε θλίψη, παραμόρφωση και κρούση.

Οι σωλήνες θα έχουν εσωτερικά ιδιαίτερα λεία επιφάνεια και διαμήκεις εσοχές για μείωση της επιφάνειας επαφής με υποσωληνώσεις ή καλώδια, ώστε να ελαχιστοποιούνται οι τριβές και να διευκολύνεται το πέρασμα των τελευταίων. Οι κενές σωληνώσεις θα φέρουν στο εσωτερικό τους διηλεκτρικό οδηγό για έλξη υπο-σωληνώσεων ή καλωδίων.

Οι σωλήνες θα είναι ενιαίου χρώματος (μαύρου ή γκρι ή πορτοκαλί) και θα διαφέρουν από τους σωλήνες ύδρευσης, φυσικού αερίου και ηλεκτροδότησης (τυπικά μπλέ, κόλλινου και κίτρινου χρώματος αντίστοιχα).

Οι σωλήνες δεν θα διακόπτονται εκτός όπου προβλέπεται από την μελέτη και συντρέχει ιδιαίτερος λόγος (συγκόλληση ινών έλξη καλωδίων, εισαγωγή θπο-σωληνων και συστημάτων μικρο-σωληνώσεων).

Οι σωλήνες πρέπει να συμφώνονται στις οδηγίες για προστασία του περιβάλλοντος ISO GUIDE 64.2 και IEC Guide 109, Environmental aspects-inclusion in electrotechnical product standard 1995/08.

Σε κάθε περίπτωση θα πρέπει να υπάρχει χρωματικός κώδικας ή άλλος εμφανής πρόπος αναγνώρισης της κάθε σωληνώσης κατά μήκος του σωλήνα τα εξής:

1. Η επωνυμία της εταιρίας (παρόχου)
2. Ημερομηνία παραγωγής του σωλήνα (ημέρα/μήνας/έτος)

3. Η επωνυμία προμηθευτή



Εικόνα: Χρωματικός κώδικας

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΟΠΤΙΚΗΣ ΙΝΑ

Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφονται τα χαρακτηριστικά του καλωδίου και των οπτικών ινών που θα τοποθετηθούν σε σωλήνες.

Το καλώδιο και η οπτική ίνα θα πρέπει να πληρούν τις προδιαγραφές της σύστασης ITU-T G.652.D. Είναι το πιο ολοκληρωμένο πρότυπο για μονότροπες ίνες και ορίζει μία ίνα πλήρους φάσματος (1260nm-1625nm) και με χαμηλό water peak.

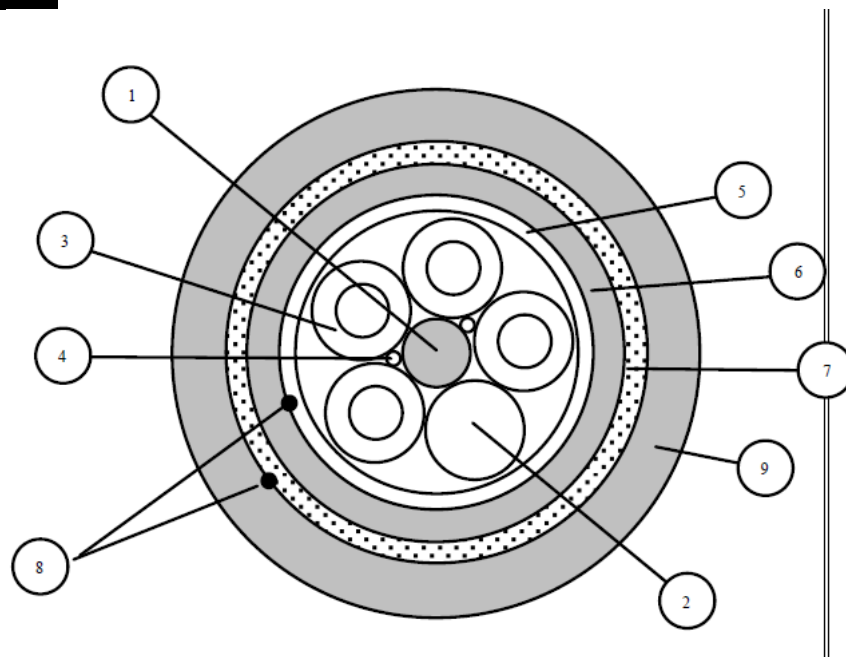
Τα οπτικά καλώδια που θα χρησιμοποιηθούν θα είναι μονότροπα (single mode) και οι ίνες που θα χρησιμοποιηθούν για το συγκεκριμένο έργο ανά καλώδιο είναι:

1. 24 ινών

2. 48 ινών

Στον οπτικό καταναμητή της θέσης τερματίζονται πάντα 12 ίνες.

Το καλώδιο ανήκει στην κατηγορία των loose tube (χαλαρού σωλήνα) καλωδίων και έχει την ακόλουθη τομή:



Εικόνα: Τομή καλωδίου

1. Central strength member (CSM): Dielectric, glass fiber reinforced plastic (FPR)
2. Filler: PE
3. Loose tube: PBT tube, filled with jelly compound
4. Water blocking element: Swellable, polyester yarns longitudinally applied
5. Wrapping: Water blocking tape longitudinally applied with overlap
6. Inner sheath: Black, HDPE
7. Reinforcement: double layer of glass yarns
8. Ripcord: Polyester or aramide thread of sufficient strength
9. Outer jacket: Black, UV resistant HDPE

No. of fibers	48
No. of loose tubes	4
No. of fibers / tube	12
No. of filler elements	1

Inner sheath thickness (nominal) (mm)	1.0
Outer sheath thickness (nominal) (mm)	1.5
Cable overall diameter (nominal) (mm)	12
Cable weight (nominal) (kg/km)	120

Η τοποθέτηση του καλωδίου πρέπει να είναι διακριτική, στιβαρή και να προφυλάσσει από καιρικά φαινόμενα και φθορές. Επίσης, η εγκατάσταση σε επαγγελματικά κτήρια είναι κατά κανόνα ευκολότερη καθώς υπάρχουν υφιστάμενες σχάρες.

Οι ίνες θα είναι τοποθετημένες σε σωληνίσκους από πολυεστέρα ΡΤΒ. Ο σωληνίσκος αυτός θα πρέπει να παρουσιάζει μεγάλη αντίσταση στην διαπερατότητα από υγρασία και μηχανικές καταπονήσεις.

Οι σωλήνες πρέπει να είναι γεμισμένοι με ειδικό παχύρρευστο υλικό πετρελαϊκής βάσεως σε μορφή βαζελίνης (gel), ώστε να προστατεύονται οι ίνες από ακραίες θερμοκρασίες και να εμποδίζεται η είσοδος της υγρασίας που προκαλεί σταδιακή διάβρωση των ινών. Ο αριθμός των ινών είναι μέχρι 12 ίνες ανά σωληνίσκο.

Σε κάθε σωληνίσκο περιέχονται μέχρι 12 χρωματικώς διακριτές οπτικές ίνες σύμφωνα με τον ακόλουθο πίνακα:

A/A ίνας	Χρώμα ίνας
1η	Κόκκινο
2η	Πράσινο
3η	Κίτρινο
4η	Φυσικό(άχρωμο)
5η	Καφέ
6η	Βιολέ

7η	Γκρι
8η	Τυρκουάζ
9η	Άσπρο
10η	Ροζ
11η	Πορτοκαλί
12η	Μπλε

ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΚΑΛΩΔΙΟΥ

Parameter	Tested according	Specified value	Acceptance criteria
Tensile strength (short term – installation)	IEC 60794-1-2E1	3500 N	$\Delta\alpha < 0.05$ dB reversible, fiber strain < 0.33 %
Crush resistance (short term)	IEC 60794-1-2E3	6000 N/10cm	$\Delta\alpha < 0.05$ dB reversible, no damage
Impact resistance	IEC 60794-1-2E4	10 N. m, 3 impacts spaced, R= 30 mm	$\Delta\alpha < 0.05$ dB reversible, no damage
Torsion	IEC 60794-1-2E7	$\pm 180^\circ$, 5 cycles, 50 N	$\Delta\alpha < 0.05$ dB reversible, no damage
Bending (static)	IEC 60794-1-2E11	R= 10 x D, 5 turns, 3 cycles	$\Delta\alpha < 0.05$ dB reversible, no damage
Repeated bending (dynamic)	IEC 60794-1-2E6	R= 15 x D, 100 N, 30 cycles	$\Delta\alpha < 0.05$ dB reversible, no damage

Temperature cycling	IEC 60794-1-2F1	-30°C to +70°C	$\Delta\alpha < 0.05$ dB/km
Water tightness	IEC 60794-1-2F5b	3 m cable, 1 m water column, 24 h	no water detected with UV light

Note: all optical power measurements are at 1550nm.

ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΟΝΟΤΡΟΠΩΝ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΟ	G652D
Διάμετρος προστατευτικού περιβλήματος (Cladding diameter)	125.0 ± 0.7 μm
Διάμετρος πρωτεύουσας επίστρωσης (Coating diameter) non-colored	245 ± 10 μm
Core concentricity error	≤ 0.5 μm
Σφάλμα μη-κυκλικότητας περιβλήματος (Cladding non-circularity)	≤ 1 %
Coating-Cladding concentricity error	≤ 12 μm
Mode field diameter 1310nm	9.2 ± 0.4 μm
Mode field diameter 1550nm	10.4 ± 0.5 μm
Συντελεστής Απόσβεσης 1310nm (Attenuation coefficient)	$\leq 0.35^*$ dB/km
Συντελεστής Απόσβεσης 1383nm	$\leq 0.33^*$ dB/km
Συντελεστής Απόσβεσης 1550nm	$\leq 0.22^*$ dB/km
Συντελεστής Απόσβεσης 1625nm	$\leq 0.25^*$ dB/km

Cable cut-off wavelength λ_{cc}	$\lambda_{cc} \leq 1260 \text{ nm}$
Χρωματική Διασπορά 1285-1330nm (Chromatic dispersion)	$\leq 3.5 \text{ ps}/(\text{nm} \cdot \text{km})$
Χρωματική Διασπορά 1550nm	$\leq 18 \text{ ps}/(\text{nm} \cdot \text{km})$
Link design value PMD_Q	$\leq 0.08 \text{ ps}/\sqrt{\text{km}}$

*: cabled values

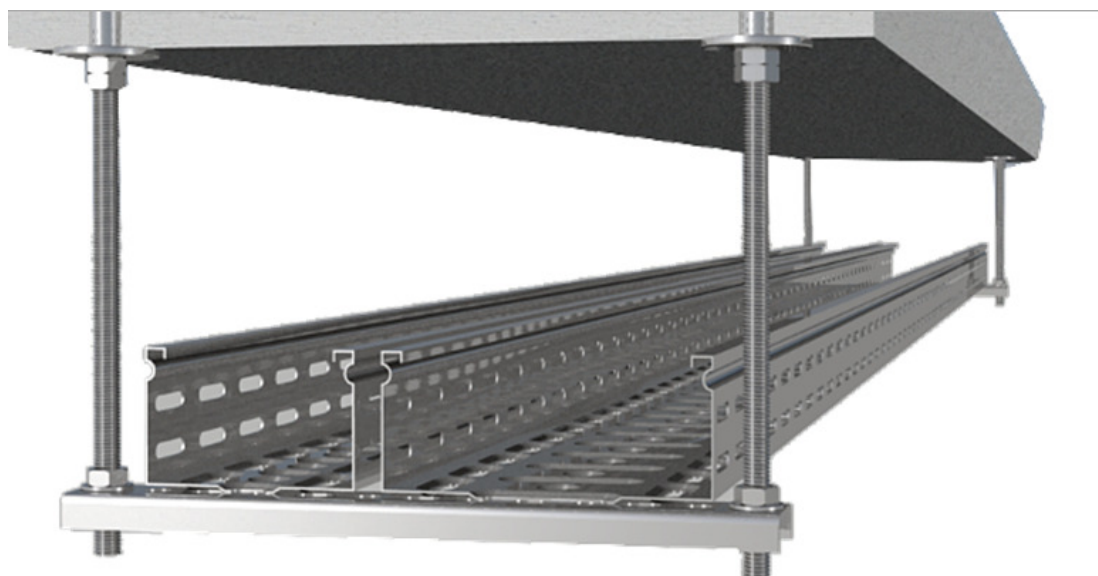
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΤΡΟΠΟΙ ΤΕΡΜΑΤΙΣΜΟΥ

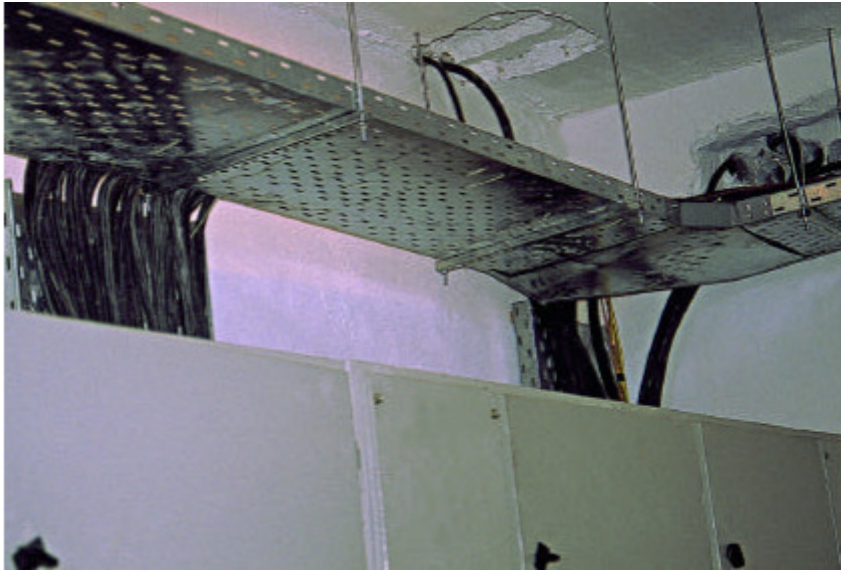
Σε αυτό το κεφάλαιο θα δείξουμε τα μικρο (αλλά σημαντικά για την περαίωση του έργου) εξαρτήματα που χρειάζεται να γίνει η συγκόλληση των οπτικών ινών, ακόμα τον τρόπο με τον οποίο η οπτικές ίνες απο τα φρεάτια φτάνουν μέχρι τα εξάρτηματα δρομολογησης (hardware) και τον τρόπο σύνδεση τους.

ΠΡΟΣΒΑΣΗ ΣΤΑ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ

Τα μηχανήματα τοποθετούντε συνήθως στις ταράτσες κτιρίου. έτσι θα πρέπει να συνδέσουμε τα μηχανήματα με το κορμο του δικτύου μας (φρεάτια) όπου έχουν φτάσει μέχρι έξω απο το κτίριο για να γίνει αυτό υπάρχουν 3 τρόποι .

1) Εσωτερικό Shaft και Σχάρες (επαγγελματικά κτήρια)





Εικόνα: Πρόσβαση στα μηχανήματα

2)Στήριξη με Ω (πρόσβαση του καλωδίου σε κάθε όροφο)



Εικόνα: Πρόσβαση στα μηχανήματα

3) Στήριξη με συρματοσχοίνο (απαιτείται πρόσβαση σε δύο τερματικά σημεία)

splice enclosures, ή συνηθέστερα μούφες



Όπως βλέπουμε στην εικόνα είναι ένας μηχανισμός όπου είναι ερμητικά κλειστός, προστατεύεται, διαθέτει σύστημα αδιαβροχοποίησης των καλωδίων και των ινών από

υδατοστεγές περίβλημα, πρόσβαση στα καλώδια χωρίς τη χρήση ειδικών εργαλείων. Χρησιμοποιείται στην συγκόλληση. Τοποθετούνται σε φρεάτια όταν η απόσταση δύο κόμβων είναι μεγαλύτερη του μέγιστου μήκους της οπτικής ίνας ή σε περιπτώσεις διακλαδώσεων.

ΤΕΡΜΑΤΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ

Οπτικός Κατανεμητής (ODF)

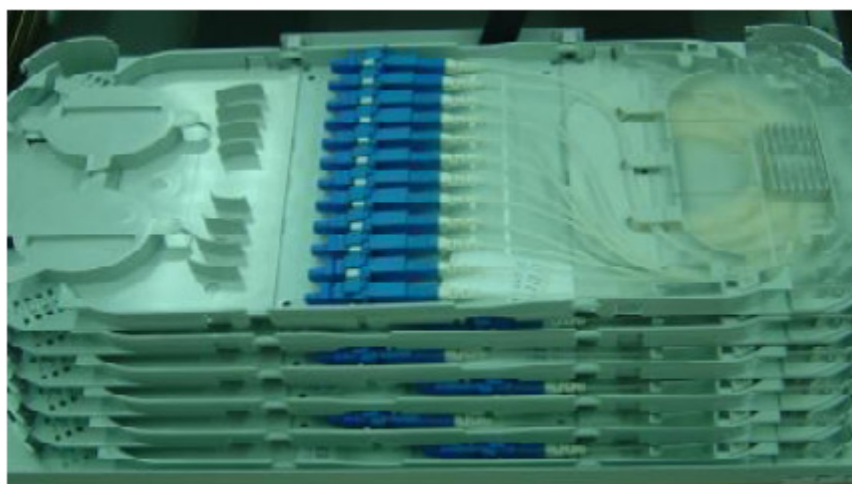
Ο οπτικός κατανεμητής ODF (Fiber optic distributor) είναι το σημείο διασύνδεσης μεταξύ των καλωδίων της εξωτερικής εγκατάστασης (εξωτερικό δίκτυο) και του ενεργού εξοπλισμού μετάδοσης. Τυπικά αυτά είναι κάπως μεγάλα σε μέγεθος και συγκεντρώνουν αρκετές εκατοντάδες έως αρκετές χιλιάδες οπτικές ίνες.

Γενικά τα εξωτερικά καλώδια τερματίζονται εντός ενός ODF με τη χρήση τυπικού οπτικού συνδετήρα. Αυτό κανονικά προβλέπει τη συγκόλληση ενός προσαρμογέα απόληξης οπτικής ίνας με συνδετήρα (καλωδιοουράς) στην απόληξη κάθε οπτικής ίνας. Στις περισσότερες περιπτώσεις, το ODF προσφέρει ευέλικτη σύνδεση μεταξύ των θυρών ενεργού εξοπλισμού και των συνδετήρων των οπτικών ινών πεδίου. Οι ίνες αναγνωρίζονται και αποθηκεύονται τυπικά σε φυσικά διαχωρισμένα ερμάρια ή ράφια για απλοποίηση της συντήρησης και προστασία του κυκλώματος οπτικών ινών ή για την αποφυγή ακούσιας επέμβασης σε ευαίσθητα κυκλώματα ινών.

Οι κατανεμητές οπτικών ινών αποτελούνται από ικριώματα (rack) με σύστημα οργάνωσης και διαχείρισης μεγάλης χωρητικότητας οπτικών ινών. Όλα τα υλικά έχουν ομοιογένεια ώστε να διασφαλίζουν την άμεση και με μικρό κόστος ανάπτυξη του συστήματος για να καλυφθούν οι μελλοντικές ανάγκες επέκτασης του δικτύου οπτικών ινών .



Οι οπτικοί κατανεμητές διακρίνονται σε οπτικούς κατανεμητές/συρτάρια ανεξάρτητους μεταξύ τους των 12 ή με 24 θέσεις αντίστοιχα, ανάλογα τις απαιτήσεις μας ώστε να αποφεύγεται ο κίνδυνος επίδρασης ή βλάβης στις ίνες γειτονικού κατανεμητή/συρτάρι. Η κάθε θέση περιέχει ένα συνδετήρα (connector) στον οποίο συνδέονται οι οπτικές ίνες. Στην περίπτωση τερματισμού του οπτικού καλωδίου στο κτίριο, που περιέχονται πολλές οπτικές ίνες, αλλά και για τη κάλυψη μελλοντικών απαιτήσεων χρησιμοποιούνται πολλές κασετίνες των παραπάνω, οι οποίες κουμπώνουν μέσα στον οπτικό κατανεμητή.



Οι κατανεμητές/συρτάρια είναι απαραίτητα τεχνικής «εσωτερικής μικτονόμησης» ώστε οι υποδοχείς, οι συνδετήρες, οι κασέτες συγκολλήσεων και οι διαδρομές των ινών και των συνδετικών καλωδίων να καλύπτονται εντός του συρταριού του κατανεμητή και να μην βρίσκονται στην πρόσοψη με κίνδυνο θραύσης συνδετικών καλωδίων και αποσύνδεσης κυκλωμάτων. Η πρόσοψη διαθέτει διαμορφωμένο χώρο με ειδικό αυτοκόλλητο για σήμανση και αρίθμηση των ινών και των κυκλωμάτων.

Η στήριξη του καλωδίου γίνεται μέσω «διαχωριστή σωληνίσκων» (break out kit) που προστατεύει τις ίνες με ειδικούς σωληνίσκους ικανούς να διατηρούν την ακτίνα καμπυλότητας των σωληνίσκων του καλωδίου. Οι σωληνίσκοι αυτοί εισέρχονται στους κατανεμητές/συρτάρια και οδηγούνται στις κασέτες συγκολλήσεων μέσω ανοιχτών (χωρίς τρύπες που θα περιόριζαν την είσοδο και έξοδο καλωδίων) και συρταρωτών αλλά εύκαμπτων καναλιών. Το ίδιο σύστημα εύκαμπτων καναλιών υπάρχει και στην έξοδο των κατανεμητών/συρταριών προς την πλευρά των συνδετικών καλωδίων διατηρώντας αυτόματα την ελάχιστη ακτίνα καμπυλότητας στα 38 mm.

Για τους οπτικούς κατανεμητές θα πρέπει να ισχύουν τα εξής:

- Να είναι εκγλωβισμένοι σε μεταλλικά ικριώματα 19'' (Racks 19'') για «SC to SC adapters», με «splicing box» επαρκές για τον τερματισμό όλων των οπτικών ινών, με «splicing tray» με χώρο για θερμοσυστελλόμενους σωληνίσκους και τέλος προστατευτικά αυτοσυγκρατούμενα καπάκια για όλες τις θέσεις (φαίνονται στη φωτογραφία -15-).
- Να περιέχουν συνδετήρες (connectors) τύπου SC με μήκος ινών τουλάχιστον 1m, να έχουν απώλειες σήματος max 0,3db, να έχουν κεραμικό ferrule και να συνοδεύονται με θερμοσυστελλόμενους σωληνίσκους για την κόλλησή τους (splicing). · Να περιέχουν οπτικά patch-cords πολύτροπα 62,5/125 μm τύπου SC to SC για τη σύνδεση συσκευών με αυτοσυγκρατούμενο καπάκι προστασίας.
- Οι τερματισμοί των οπτικών ινών να γίνουν από εξειδικευμένο συνεργείο με την τεχνική κολλήματος fusion splicing, το οποίο υποστηρίζεται από πανάκριβα μηχανήματα, τα οποία όμως ελαχιστοποιούν τις απώλειες και πετυχαίνεται καλύτερη ποιότητα μετάδοσης του οπτικού σήματος και να γίνει κατάλληλη σήμανση όλων των οπτικών καλωδίων και των κατανεμητών για τον καλύτερο έλεγχο της εγκατάστασης.

Οπότε, για τον τερματισμό του καλωδίου εφαρμόζονται 2 μέθοδοι:

1) Εγκατάσταση οπτικού κατανεμητή ύψους 1U

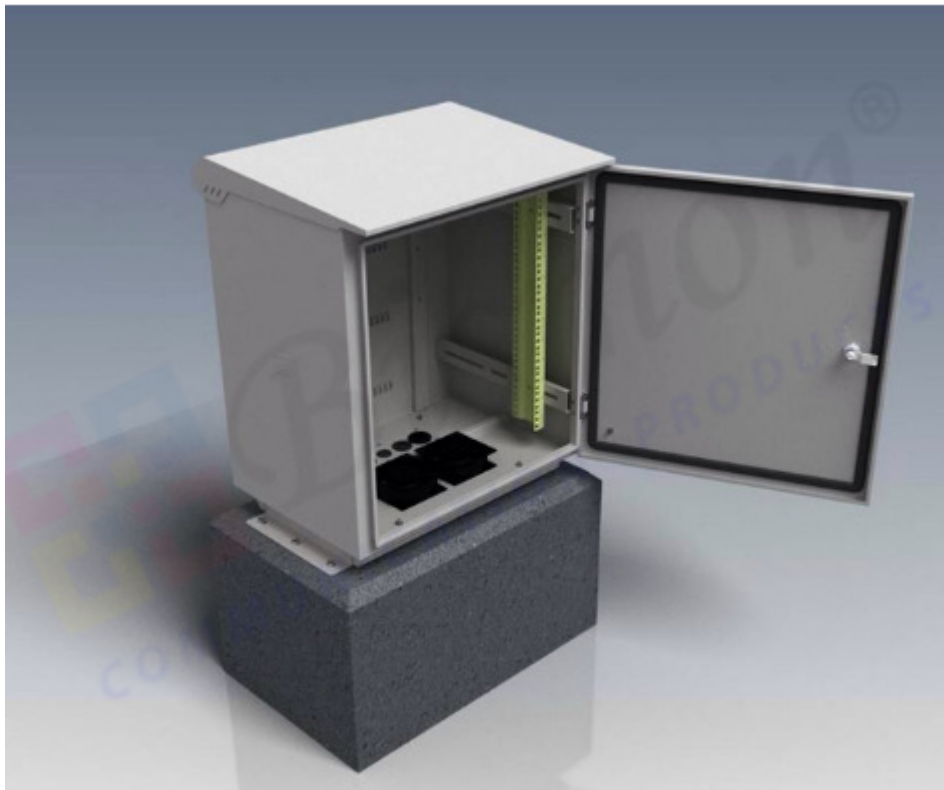
- α) Σε κλειστό χώρο σε Rack
- β) Εντός outdoor καμπίνας του ΣΒ
- γ) Εντός της καμπίνας RL



Εικόνα: οπτικός κατανομητής (rack)



Εικόνα: Εγκατάσταση οπτικού κατανεμητή (outdoor)



Εικόνα: Εγκατάσταση οπτικού κατανεμητή (RL)

Τα ζωτικά στοιχεία του οπτικού κατανεμητή είναι τα ακόλουθα :

1. Συνδετήρες
2. Συζεύκτες
3. Οπτικά καλώδια μικτονόμησης (fiber patchcords)

1. τερματισμός των οπτικών ινών εντός των κατανεμητών γίνεται σε μηχανικούς συνδετήρες SC Connectors. Ο μηχανισμός κλειδώματος του συνδετήρα SC εμποδίζει την περιστροφική κακή ευθυγράμμιση και εμποδίζει τον κρίκο να χάσει την οπτική επαφή κατά τη διάρκεια της ενδοσύνδεσης, ενώ προσφέρει εξαιρετική πυκνότητα δέσμης και μοναδική επίδοση και κόστος. Ο συνδετήρας αυτός έχει σχεδιαστεί για υψηλή απόδοση στις τηλεπικοινωνίες και στα δίκτυα καλωδιακής τηλεόρασης. Υπάρχει διαφορετική αίσθηση για τους συνδετήρες αυτούς όταν συγκρίνονται με τα προηγούμενα είδη. Το κύριο μέρος του είναι ελαφρύ από πλαστικό. Έχει μικρή απώλεια και το μικρό του μέγεθος με την τετραγωνισμένη φόρμα πιάνει πολύ λίγο χώρο.



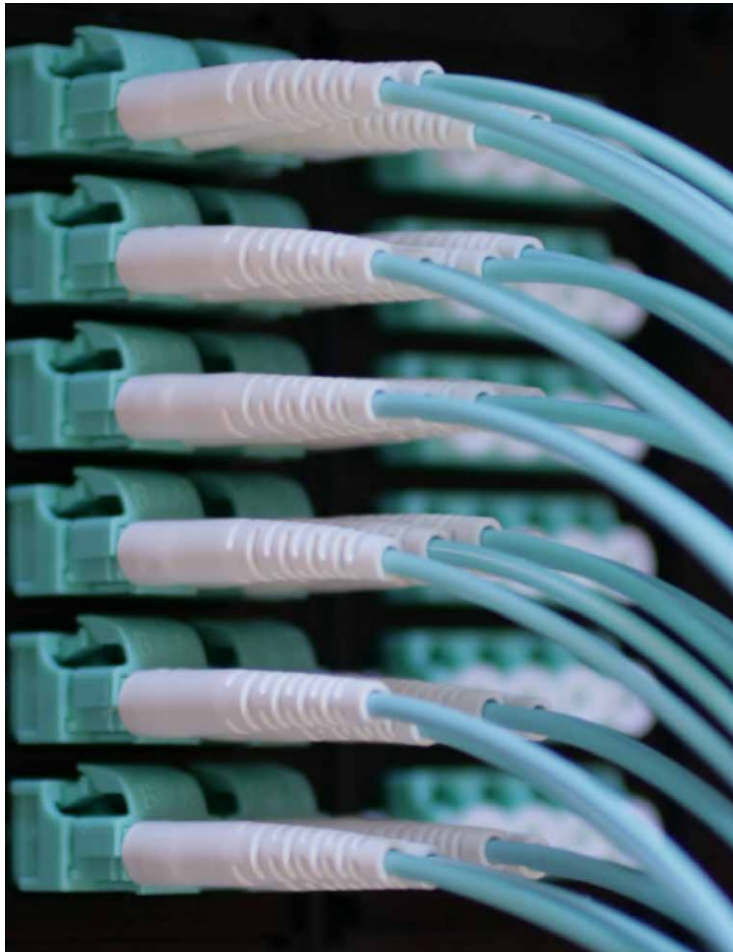
Εικόνα: Συνδετήρας

2. Οι συνδετήρες τερματίζουν στους συζεύκτες (couplers ή adapters). Οι συζεύκτες είναι μονοί θηλυκοί συνδετήρες, δηλαδή σωληνοειδείς συνδετήρες και είναι τοποθετημένοι επάνω στο πλαίσιο του οπτικού κατανεμητή. Ο αριθμός τους θα είναι ίσος με τον αριθμό των ινών του καλωδίου που τερματίζει στον κατανεμητή.



Εικόνα: Συζευκτής

3. Τα καλώδια οπτικών ινών μικτονόμησης χρησιμοποιείται για τη σύνδεση του εξοπλισμού και των εξαρτημάτων, υπάρχουν διαφορετικοί τύποι καλωδίων χαμηλή απώλεια .



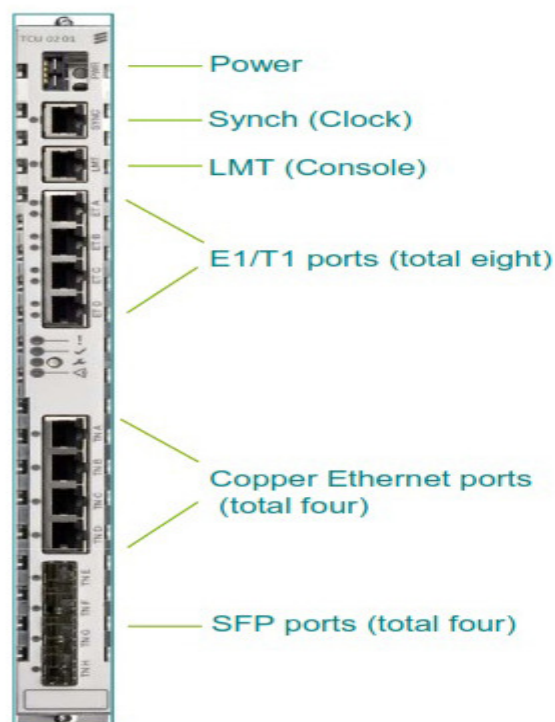
Εικόνα: Οπτικά καλώδια μικτονόμησης (fiber patchcords)

ΟΠΤΙΚΕΣ ΚΑΡΤΕΣ

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΟΠΤΙΚΩΝ ΚΑΡΤΩΝ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ:

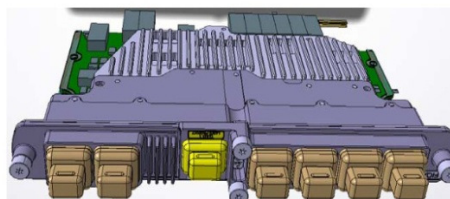
Unit Description	Wave-Length	ID	Transmitter Optical Power		Receive Optical Power Optical Power Limits	
			O/P Level Range		I/P Level Range	
			Max (dBm)	Min (dBm)	Max (dBm)	Min (dBm)
STM-1 Trib (Hot-plug module)	1310 nm	I-1.1	-8,0	-15,0	-8,0	-23,0
STM-1 Trib/LTU (SFP)	1310 nm	S-1.1	-8,0	-15,0	-8,0	-28,0
Fast Eth 100M Opt. LTU (SFP)	1310 nm	L-1.1	0,0	-5,0	-10,0	-34,0
Fast Eth 100M Opt. LTU (SFP) MRV - EM316FRM/S/S2 MRV - EM316EFRMAHSH	1550 nm	L-1.2	0,0	-5,0	-10,0	-34,0
STM-4 Line/tributary (SFP)	1310 nm	I-4.1	-8,0	-15,0	-8,0	-23,0
	1310 nm	S-4.1	-8,0	-15,0	-8,0	-28,0
	1310 nm	L-4.1	2,0	-3,0	-8,0	-28,0
	1550 nm	L-4.2	2,0	-3,0	-8,0	-28,0
STM-16 Line/tributary (Fixed) STM-16 Line/tributary (SFP) STM-16 Core (SFP)	1310nm	I-16.1	-3,0	-10,0	-3,0	-18,0
	1310nm	S-16.1	0,0	-5,0	0,0	-18,0
	1310nm	S-16.1	0,0	-5,0	0,0	-18,0
	1310nm	L-16.1	3,0	-2,0	-9,0	-27,0
	1310nm	L-16.1	3,0	-2,0	-9,0	-27,0
	1550nm	L-16.2	3,0	-2,0	-9,0	-28,0
	1550nm	L-16.2	3,0	-2,0	-9,0	-28,0
Gigabit Ethernet Unit (SFP)	850nm	1000BASE-SX	-4,0	-9,5	0,0	-17,0
	1310nm	1000BASE-LX/LH	-3,0	-11,0	-3,0	-19,0
	1550nm	1000BASE-ZX	3,0	-2,0	-3,0	-24,0
STM-64 Line (XFP)	1310nm	I-64.1	-1,0	-6,0	-1,0	-11,0
	1550nm	S-64.2b	2,0	-1,0	-1,0	-14,0
	1550nm	L-64.2	4,0	0,0	-7,0	-24,0

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΟΠΤΙΚΩΝ ΚΑΡΤΩΝ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ:

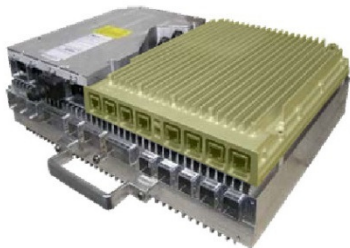


Εικόνα: Οπτική κάρτα

- TDM networks
- IP/Eth networks (CES over PSN / Native IP)
- Ethernet switching
- Supported interfaces
 - 2x GE**/FE electrical ports
 - 1x GE/FE optical port (with pluggable SFP)
 - 4x unbalanced 75ohm E1 interfaces
 - 4x balanced 120/100ohm E1/T1 interfaces



Εικόνα 5: Οπτική κάρτα (β)

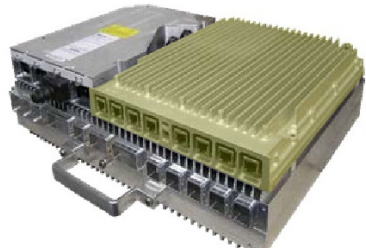


2 x GE ¹⁾
 4 x E1/T1/JT1 ²⁾
 IPsec ³⁾
 ToP (IEEE1588-2008), Sync Ethernet
 Ethernet switching

Non-blocking throughput performance without IPsec

1) 2 x GE electrical or 1 x GE electrical + 1 x GE optical via optional SFP module
 2) For synchronization, CESoPSN
 3) IPsec HW capability: 160 Mbit/s DL+UL
 For SW support please check roadmap summary page

Εικόνα 6: Οπτική κάρτα (γ)



3 x GE ¹⁾
 4 x E1/T1/JT1 ²⁾
 High-capacity IPsec ³⁾
 ToP (IEEE1588-2008), Sync Ethernet
 Ethernet switching

Non-blocking throughput performance with IPsec

1) 2 x GE electrical + 1 x GE optical via optional SFP module
 2) For synchronization, CESoPSN
 3) IPsec HW capability: 2 Gbit/s DL+UL
 For SW support please check roadmap summary page

Εικόνα 7: Οπτική κάρτα (δ)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

Το OTDR (optical time-domain reflectometer) είναι ένα όργανο μέτρησης ανακλάσεων οπτικών Ισχυος στο πεδίο του χρόνου. Μια συσκευή OTDR μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση του μήκους του οπτικού δικτύου και τον υπολογισμό της συνολικής εξασθένησης συμπεριλαμβανομένου των απωλειών στις συγκολλήσεις και τους συνδετήρες. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί επίσης στον εντοπισμό σφαλμάτων και στον υπολογισμό απωλειών επιστροφής.

Αρχή λειτουργίας

Το OTDR εκμεταλλεύεται το φαινόμενο της ανάκλασης μέσα στην οπτική ίνα, προκειμένου να εντοπιστεί η θέση της βλάβης και να βελτιστοποιηθούν οι μόνιμες συνδέσεις. Επειδή η ανάκλαση αποτελεί τον έναν από τους δύο κύριους παράγοντες απωλειών μέσα στις ίνες (ο άλλος είναι η απορρόφηση), το OTDR είναι μια γεννήτρια παλμών, στέλνει μέσα στην ίνα έναν οπτικό παλμό υψηλής ισχύος και ακολούθως μετρά τη σκεδαζόμενη ισχύ που επιστρέφει πίσω στο όργανο. Ο παλμός εξασθενεί κατά τη διάδοση του μέσα στην ίνα, καθώς επίσης και το σκεδαζόμενο προς τα πίσω τμήμα, οπότε το λαμβανόμενο σήμα αποτελεί συνάρτηση του διπλασίου των απωλειών της ίνας και του συντελεστή ανάκλασης. Εάν θεωρήσουμε ότι ο συντελεστής ανάκλασης της ίνας είναι σταθερός, το OTDR μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο για τη μέτρηση των απωλειών όσο και για τον εντοπισμό της θέσης του σπασίματος της ίνας, των μόνιμων συνδέσεων και των βυσματώσεων.

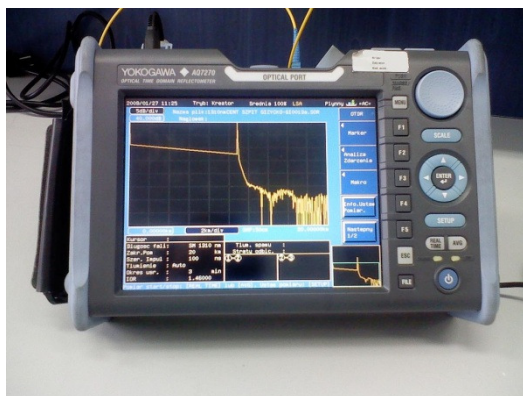
Επιπρόσθετα, το OTDR παρέχει συνολικά μια γραφική απεικόνιση της κατάστασης της υπό έλεγχο οπτικής ίνας. Ένα άλλο μεγάλο πλεονέκτημα που παρέχει συγκριτικά με τη χρήση οπτικής πηγής / οργάνου μετρήσεως ισχύος ή διάταξης OLTS, είναι ότι απαιτεί πρόσβαση μόνο από το ένα άκρο της ίνας. Ενώ στις περισσότερες περιπτώσεις το OTDR χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό βλαβών σε εγκατεστημένα καλώδια ή για τη βελτιστοποίηση μόνιμων συνδέσεων, το όργανο αυτό είναι επίσης πολύ χρήσιμο στην επιθεώρηση των ινών για τυχόν κατασκευαστικές ατέλειες. Η συνεχής βελτίωση της ανάλυσης του οργάνου σε μικρές αποστάσεις (εφαρμογές LAN) καθώς και σε νέες εφαρμογές όπως της μέτρησης των απωλειών επιστροφής των βυσμάτων, εκτιμάται ότι μελλοντικά θα αυξήσει ακόμη περισσότερο τη χρησιμότητα του οργάνου

Ιδιαίτερα χρησιμεύει στην διαδικασία εύρεσης σημείων τα οποία προκαλούν τη διακοπή μίας ζεύξης ή την υπερβολική υποβάθμισή της από πλευράς ισχύος, όπως:

- Μέτρηση αποστάσεων

- Μέτρηση εξασθένησης οπτικών ινών, ζεύξεων, συγκολλήσεων και συνδέσεων
- Ανίχνευση τοπικών διαταραχών εξασθένησης
- Μέτρηση ανακλάσεων σε συνδέσεις ή στο τέλος μίας οπτικής ζεύξης

Λειτουργεί με βάση τη διάδοση φωτός σε οπτική ίνα κατά τη διάρκεια συγκεκριμένου χρονικού διαστήματος.



Εικόνα 8: Μηχάνημα OTDR (α)



Εικόνα 9: Μηχάνημα OTDR (β)

Η σχέση την οποία έμμεσα χρησιμοποιεί η μέτρηση είναι:

$$L = \frac{vt}{2} = \frac{ct}{2n}$$

όπου v η ταχύτητα διάδοσης του φωτός στην οπτική ίνα, t ο χρόνος που απαιτείται να διαδοθεί και να ανακλαστεί το φως πίσω στο όργανο, L το μήκος της οπτικής ίνας, c η ταχύτητα του φωτός στο κενό και n ο δείκτης διάθλασης του πυρήνα της οπτικής ίνας. Στην πραγματικότητα αυτό που μετράει αυτό το όργανο είναι ο χρόνος διάδοσης και επιστροφής της φωτεινής δέσμης και εφόσον έχει μία τιμή του δείκτη διάθλασης n υπολογίζει το μήκος χρησιμοποιώντας τη σχέση. Αυτό κάνει προφανές το ότι η σωστή επιλογή δείκτη διάθλασης έχει πολύ σημαντικό ρόλο στην ακρίβεια της μέτρησης.

Ένας παλμός μικρού εύρους θα μπορούσε να βελτιώσει την ακρίβεια της απόστασης σε οπτικά γεγονότα, αλλά θα μείωνε το υπολογιστικό εύρος και την ανάλυση των υπολογισμών εξασθένησης της ίνας. Το «φαινομενικό» μήκος μετρήσεως ενός οπτικού γεγονότος αναφέρεται ως «νεκρή ζώνη» (dead zone)

Η «νεκρή ζώνη» του OTDR είναι ένα πολύ ενδιαφέρον θέμα για τους χειριστές. Η ζώνη αυτή χωρίζεται σε 2 κατηγορίες. Από τη μια, η «νεκρή ζώνη γεγονότος» σχετίζεται με ένα διακριτό, ανακλαστικό οπτικό γεγονός. Στην περίπτωση αυτή, ο υπολογισμός της νεκρής ζώνης εξαρτάται από το συνδυασμό του παλμικού εύρους και το μέγεθος της ανάκλασης. Από την άλλη, η «νεκρή ζώνη εξασθένησης» σχετίζεται με ένα μη ανακλαστικό φαινόμενο. Σε αυτή την περίπτωση, ο υπολογισμός της νεκρής ζώνης εξαρτάται και πάλι από το συνδυασμό των παλμικών ευρών

Ο μεγάλος χρόνος εξέλιξης του οπτικού σήματος αυξάνει την ευαισθησία του OTDR με τον κατά μέσο όρο υπολογισμό της εξόδου στο δέκτη. Η ευαισθησία αυξάνεται με την τετραγωνική ρίζα του χρόνου μετάδοσης του οπτικού σήματος. Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι αν ο χρόνος μετάδοσης αυξάνεται κατά 16 φορές, η ευαισθησία αυξάνεται κατά έναν παράγοντα 4. Το 34 γεγονός αυτό θέτει και ένα όριο ευαισθησίας, με χρόνους μετάδοσης από δευτερόλεπτα μέχρι μερικά λεπτά. Το δυναμικό εύρος ενός OTDR χαρακτηρίζεται συνήθως ως το επίπεδο εξασθένησης όπου το μετρούμενο σήμα χάνεται στα επίπεδα του θορύβου ανίχνευσης, για ένα συγκεκριμένο συνδυασμό παλμικού εύρους και χρόνου μετάδοσης σήματος. Αυτός ο αριθμός είναι εύκολο να συναχθεί με την μελέτη του ίχνους εξόδου του OTDR και είναι πολύ χρήσιμος για συγκρίσεις, όμως δεν είναι τόσο χρήσιμος πρακτικά, αφού σε αυτό το σημείο οι μετρούμενες τιμές είναι τυχαίες. Για το λόγο αυτό λοιπόν, το πρακτικό εύρος τιμών μέτρησης είναι μικρότερο, ανάλογα με την ακρίβεια που θέλουμε να επιτύχουμε στον υπολογισμό της εξασθένησης. Όταν χρησιμοποιούμε ένα OTDR για να υπολογίσουμε την εξασθένηση που παρουσιάζεται σε πολλαπλές ενώσεις οπτικών ινών, το ίχνος εξόδου μπορεί να δείξει εσφαλμένα ότι μια σύνδεση παρουσιάζει κέρδος αντί για απώλειες. Ο λόγος που γίνεται αυτό είναι ότι οι γειτονικές οπτικές ίνες μπορεί να έχουν διαφορετικούς συντελεστές σκέδασης κατά την αντίθετη κατεύθυνση μετάδοσης του σήματος, οπότε η δεύτερη κατά σειρά ίνα ανακλά περισσότερο φως σε σύγκριση με την πρώτη ίνα με την ίδια «ποσότητα» φωτός να περνά από αυτές. Εάν το OTDR τοποθετηθεί στο άλλο άκρο του οπτικού αυτού ζεύγους, θα καταγράψει αφύσικα μεγάλες απώλειες στην οπτική αυτή ένωση. Ωστόσο, αν τα 2 σήματα συνδυαστούν στη συνέχεια, θα λάβουμε τη σωστή τιμή εξασθένησης. Για το λόγο αυτό, μια συνήθης πρακτική με τα OTDRs είναι να υπολογίζουμε και να συνδυάζουμε τις τιμές εξασθένησης και από τα 2 άκρα της οπτικής ζεύξης, ώστε να λάβουμε πιο ακριβείς μετρήσεις των απωλειών στις ενώσεις και της συνολικής εξασθένησης. Η θεωρητική ακρίβεια υπολογισμού της απόστασης ενός OTDR είναι εξαιρετική, μιας και βασίζεται σε ειδικό software και ρολόι κρυστάλλων με εγγενή ακρίβεια καλύτερη του 0.01%. Η τυπική ακρίβεια υπολογισμού του μήκους του οπτικού καλωδίου περιορίζεται στο 1% μόλις, αφού το μήκος του καλωδίου δεν είναι το ίδιο με το μήκος της οπτικής ίνας. Επίσης, η ταχύτητα του φωτός μέσα στην οπτική ίνα είναι γνωστή με μικρή ακρίβεια και οι δείκτες του μήκους του καλωδίου έχουν και αυτοί με τη σειρά τους μικρή ακρίβεια (0.5%-1%)

ΙΣΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΙΣΧΥΟΣ (LINK POWER BUDGET)

Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να υπολογίσουμε θεωρητικά την ποσότητα του φωτός που χρειάζεται έτσι ώστε να γίνει μια σύνδεση μέσω οπτικής ίνας χωρίς απώλειες δεδομένων. Η ανάλυση του power budget είναι η επαλήθευση των λειτουργικών χαρακτηριστικών (operating characteristics) ενός συστήματος οπτικών ινών. Αυτό περιλαμβάνει στοιχεία όπως η δρομολόγηση, το μήκος κυκλώματος, τον τύπο της ίνας, τον αριθμό των συνδέσεων και των μουφών και τα μήκη κύματος.

Ο προϋπολογισμός της απώλειας του δικτύου μας έχει 2 φάσεις

1) Πριν από το σχεδιασμό ή την εγκατάσταση ενός οπτικών ινών σύστημα καλωδίωσης, μια ανάλυση της απώλειας του προϋπολογισμού συνιστάται έτσι ώστε να βεβαιωθούμε ότι το σύστημα θα λειτουργήσει πάνω από την προτεινόμενη σύνδεση.

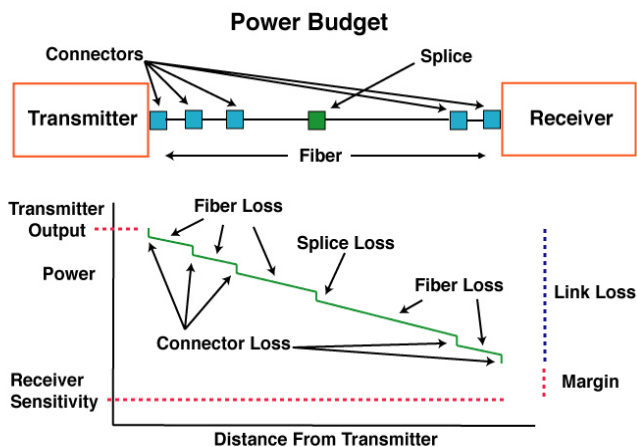
2) μετά την εγκατάσταση, συγκρίνοντας την υπολογιζόμενη απώλεια με τα αποτελέσματα δοκιμών για την εξασφάλιση της σωστής λειτουργίας του δικτύου μας.

ΜΕΛΕΤΗ LINK POWER BUDGET ΤΗΣ ΟΠΤΙΚΗΣ ΔΙΑΔΡΟΜΗΣ

ΣΚΟΠΟΣ:

Σκοπός της μελέτης είναι ο υπολογισμός του optical power budget της ακόλουθης οπτικής διαδρομής, ώστε να προβούμε στην προμήθεια των κατάλληλων οπτικών καρτών στα πολυπλεκτικά συστήματα:

Τόσο τα παθητικά και ενεργητικά στοιχεία του κυκλώματος πρέπει να συμπεριληφθούν στον υπολογισμό της απώλειας του προϋπολογισμού. Παθητικής απώλειας αποτελείται από απώλεια ινών, απώλεια σύνδεσης, και την απώλεια ματίσματος. Μην ξεχάσετε κανένα ζευκτών ή διαιρέτες στο σύνδεσμο. Ενεργά συστατικά είναι το κέρδος του συστήματος, το μήκος κύματος, η ισχύς του πομπού, ευαισθησία δέκτη, και δυναμικό εύρος. Πριν από σύστημα εμφανιστεί, ελέγξτε το κύκλωμα με μια πηγή και μετρητή ισχύος FO για να εξασφαλιστεί ότι είναι εντός του προϋπολογισμού απώλεια.



Παράδειγμα Power Budget

Θέτουμε μερικά στοιχεία που είναι θεσπισμένα για τον υπολογισμό ισχύος οπτικής ίνας:

TIA standard for connector loss	0.75db
Typical cable attenuation at 1310nm	0.4db
Typical cable attenuation at 1550nm	0.3db
Typical splice attenuation	0.1db
Typical distance between splices	6km
Typical safety margin	3db

Φόρμα υπολογισμού ισχύος

Optical Budget Calculator

Minimum Transmit Power _____
 Minimum Receive Sensitivity - _____
Available Power = _____

_____ Km of cable X _____ dB/km = _____
 _____ Connectors X _____ dB/Con. = _____
 _____ Splices X _____ dB/splice = _____
 _____ Link Margin = _____

_____ Repair Splices X _____ dB/Splice = _____
 _____ Safety Margin - _____
Excess Power _____

Παράδειγμα υπολογισμού βάση της φόρμας

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: Documentation

Σε αυτό το κεφάλαιο θα αναφερθούμε επιγραμματικά τονίζοντας μερικές λεπτομέρειες για τον τρόπο με τον οποίο σχεδιάσαμε το δίκτυο μας τι υλικά χρησιμοποιήσαμε κτλ. Είναι σημαντικό για να γνωρίζουν όλοι οι εμπλεκόμενοι για όλα τα κομμάτια του έργου τον τρόπο με τον οποίο είναι διεκπερομένο λεπτομερές και για την επίβλεψη και μελλοντική αναβάθμιση του δικτύου. Προετοιμάζεται από τον ανάδοχο του έργου.

Το documentation περιλαμβάνει τα παρακάτω:

1. Άδειες από δημόσιες υπηρεσίες

Ο εργολάβος που θα αναλάβει να κάνει την εξακφή για να τοποθετήσει την οπτική ίνα θα πρέπει να προβεί στις κατάλληλες ενέργειες για να εξασφαλιστούν οι απαραίτητες άδειες όσον αφορά την πλευρά της πολιτείας (άδειες για την εργασία του συνεργείου στους δημόσιους δρόμους, σε γέφυρες κτλ).

2. Σχεδια υποδομών

Αποτύπωση της διαδρομής με τη βοήθεια GPS σε σύστημα ED50 σε μορφή dd/mm/ss. Σχέδιο σε κλίμακα 1:500, όπου να φαίνονται τα ακόλουθα: Αποτύπωση της διαδρομής που ακολουθήθηκε. Θέσεις των κομβικών σημείων προς σύνδεση (π.χ. κόμβους, κτήρια, σταθμούς βάσης, κεραίες, κτλ). Προσδιορισμός φρεατίων που φέρουν συνδέσμους και προσδιορισμός του τύπου του συνδέσμου που εγκαταστάθηκε. Μήκος διαδρομής μεταξύ κομβικών σημείων. Λεπτομερή περιγραφή σημείων που χρήζουν ιδιαίτερης προσοχής, όπως διέλευση γραμμών τραίνου, ποταμών, πεζοδρόμια

3. Σχέδια των φρεατίων

Το σχέδιο θα πρέπει να περιλαμβάνει τόσο τα ακριβή κατασκευαστικά σχέδια των φρεατίων, όσο και σχέδια που να παρουσιάζουν τα ακριβή σημεία τοποθέτησης αυτών. Οι αποστάσεις που θα παρουσιάζονται θα πρέπει να αναφέρονται αφενός στην απόσταση μεταξύ των φρεατίων, αφετέρου στην απόσταση του εκάστοτε φρεατίου από το σημείο εκκίνησης της μέτρησης (το ένα από τα δυο τερματικά σημεία).

4. Προδιαγραφές οπτικών ίνων άλλα και μέθοδος συγκόλλησης. Θα πρέπει να αναφέρετε η απόσταση του καλωδίου μεταξύ του συνδέσμου (μούφας) και του ενός εκ των δυο κομβικών σημείων. Δεν θα πρέπει να συμπεριλαμβάνεται η απόσταση του καλωδίου που βρίσκεται μέσα στους συνδέσμους (sloops). Επίσης θα πρέπει να αναφέρετε η απόσταση του καλωδίου μεταξύ των συνδέσμων. Δεν θα πρέπει να συμπεριλαμβάνεται η απόσταση του καλωδίου που βρίσκεται μέσα στους συνδέσμους. Θα περιλαμβάνει την απόσταση της οπτικής ίνας μεταξύ του συνδέσμου (μούφας) και του ενός εκ των δυο κομβικών σημείων, δηλαδή την οπτική απόσταση. Εδώ θα πρέπει να υπολογίζεται το μήκος όλου του καλωδίου, συμπεριλαμβανομένου και αυτού που υπάρχει μέσα στους συνδέσμους. Ακόμα θα περιλαμβάνει την απόσταση του καλωδίου μεταξύ των ενώσεων. Εδώ θα πρέπει να υπολογίζεται το μήκος όλου του καλωδίου, συμπεριλαμβανομένου και αυτού που υπάρχει μέσα στους συνδέσμους. Καταγράφει της κατανομής των ζευγών οπτικών ιών μεταξύ των συνδέσμων και ο προσδιορισμός του καλώδιου (ποιο καλώδιο διέρχεται από ποια ίνα).

5. Εγκατάσταση καλωδίωσης στα κτίρια από το φρεάτιο μέχρι τον εξοπλισμό (hardware).

Θα πρέπει για κάθε κτίριο όπου υπάρχει σταθμός βάσεις να περιγράψετε ο τρόπος με τον οποίο συνδέοντε οι οπτικές ίνες με τα φρεάτια και την διαδρομή απο την οποία το καλώδιο οδηγήτε έως εκεί.

6. Λεπτομερή σχέδια των υποδομών που να συμπεριλαμβάνει τις τάφρους οι οποίες έχουν δημιουργηθεί.

7. Μετρήσεις/Πιστοποιήσεις ιών: Το σχέδιο αυτό θα περιλαμβάνει όλους τους ελέγχους που έχουν πραγματοποιηθεί για την πιστοποίηση και αποδοχή των οπτικών καλωδίων και στοιχεία όλων των χρησιμοποιούμενων υλικών (Datasheet).

8. Φωτογραφικό υλικό της τελικής διαδρομής, καθώς και των κρίσιμων σημείων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8:Monitoring

Μετά την ολοκλήρωση του έργου,θα πρέπει όλη αυτη την υποδομή να την ελέγχουμε για τυχόν βλάβες ή δυσλειτουργία.Ετσι ώστε να παρέχουμε μια ποιοτική υπηρεσία στους πελάτες μας και για να είμαστε σε θέση να βλέπουμε εάν λειτουργεί το δίκτυο μας ομαλά.

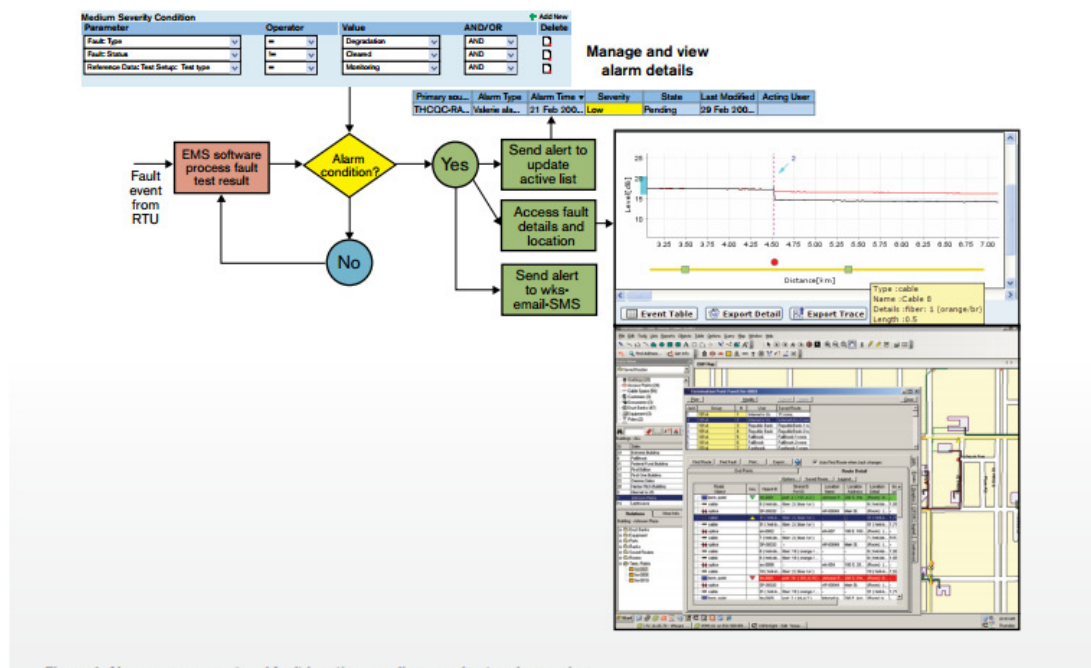
RTU (remote terminal unit)

Τα RTU είναι μία ηλεκτρονική συσκευή με μικροεπεξεργαστές ελεγχόμενη που διασυνδέεται με αντικείμενα στον φυσικό κόσμο σε ένα κατακεντρωμένο σύστημα ελέγχου ενός συστήματος για την μετάδοση δεδομένων τηλεμετρίας σε ένα κύριο σύστημα για εποπτία.Μία ίνα του δικτύου μας αφιερώνεται για την επίβλεψη της κατάστασης του δικτύου.

Τα RTUs με τη βοήθεια των κατάλληλων αισθητήρων, οθόνες κτλοποθετούντε σε απομακρυσμένη τοποθεσία και μεταδίδουν όλα τα δεδομένα σε ένα κεντρικό σταθμό όπου τα συγκεντρώνονται και να ελέγχουν.Αυτό που κάνει ένα RTU είναι να μετατρέπει εισερχόμενα σήματα από τον πραγματικό κόσμο, όπως πίεση, ροές, τάσεις/ρεύματα, επαφές, παλμούς, κτλ, σε σήματα τα οποία μπορούν να αποσταλλούν ενσύρματα (cable) ή ασύρματα (radio).

NQMS (Quality of Service Assurance)

Το NQMS (Network Quality Monitoring Systems), το οποίο πιο συγκεκριμένα είναι Remote Fiber Test System (RFTS) παρέχοντας τα απαραίτητα διαχειριστικά εργαλεία που απαιτούνται για τον συχνό έλεγχο του δικτύου και της ποιότητάς του. Επίσης κάθε εταιρία που αναλαμβάνει κάθε έργο έχει στο συμβόλαιο κάποια SLAs(Service Level Agreements) που θέτει αυτός που αναλαμβάνει το έργο σε συμφωνία με τον πάροχο .Έτσι σε μία τηλεπικοινωνιακή εταιρία όταν κάποιος αγοράσει κάποιο πακέτο έχει και τα ανάλογα sla εάν μία βλάβη παρουσιαστεί στην γραμμή του.Βάση αυτού καταλαβαίνουμε γιατί πρέπει μία γραμμή να εποπτεύετε,για να πληρούντε εκτός απο κάλης ποιότητας παροχές άλλα και για άμεση αποκατάσταση βλαβών σύμφωνα με τα συμβόλαια.



NQMS παρέχουν τις εξής λειτουργίες:

1. GUI(graphical user interface)
2. Test Head Controllers (THCs)
3. Πλήρης έλεγχος του συστήματος από μία ή περισσότερες θέσεις
4. User-definable alarm thresholds and fault handling
5. Automated web-based reporting functions
6. Powerful scheduling capabilities
7. Comprehensive connection and line quality testing
8. True end-to-end voice, fax and modem quality testing

επιδεικτικά θα αναφέρουμε ότι ένα τέτοιο δίκτυο χρειάζεται συνεχόμενη (24/7) παρακολούθηση ποιότητας της ίνας, Fault-on-map (χάρτης σφαλμάτων), Προγραμματισμένες OTDR μετρήσεις.

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ OTDR

48 FO CABLE **B TO A**

File

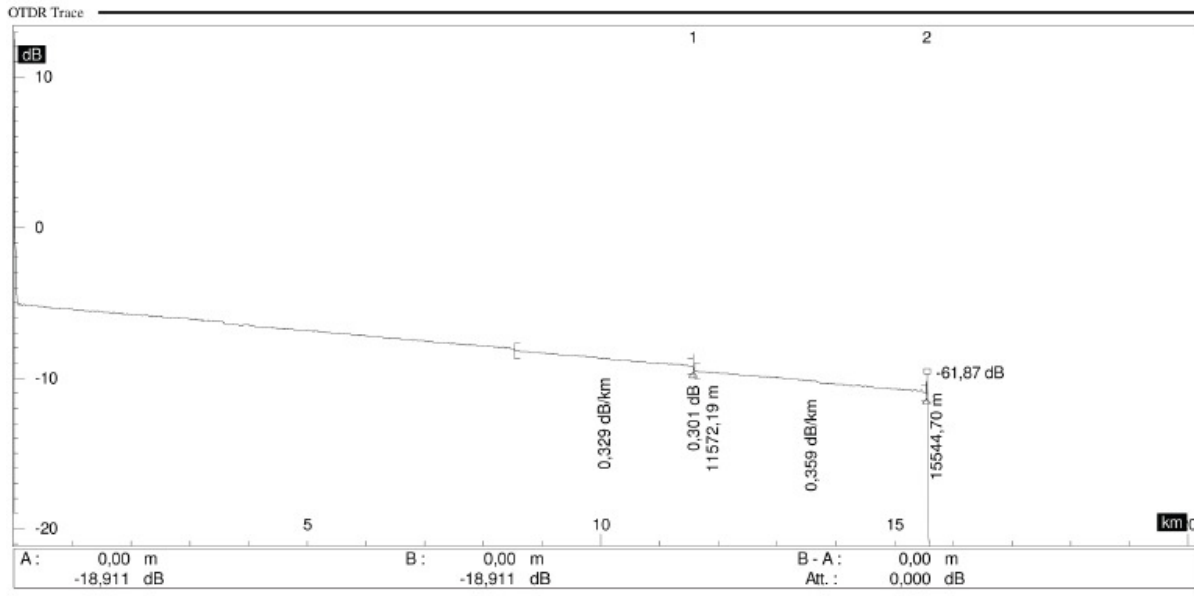
File : fibersm002_31oe.sor Device : MTS 8000 Num. 1378
 Date : 12/12/2011 3:15:30 ii Module : 8136HD Num. 743

Configuration

Technic. : Way : O->E Backscatter coeff.: -79,00 dB
 ORIGIN Origin : **B_A 2** Loss thresholds : No (H-M)
 Cable : SM End : Slope thresholds : 0,000 dB/km
 Fiber : **B_A 2** Wavelength (nm) : 1319 Reflectance threshold : All (H-M)
 Color : Index : 1,465000
 END Pulse (ns) : 100
 Cable : SM Range (km) : 20,464
 Fiber : **B_A 2** Acq. time : 10s
 Color : Resolution : 2,50 m

Comment

Comment :



Event (3)	Distance (m)	Attenuation (dB)	Reflectance (dB)	Slope (dB/km)	Rel. Dist. (m)	Link Budget (dB)	Uncertainty
1	11572,19	0,301		0,329	11572,19	3,807	
2	15544,70		-61,87	0,359	3972,51	5,540	
3			<31,96				

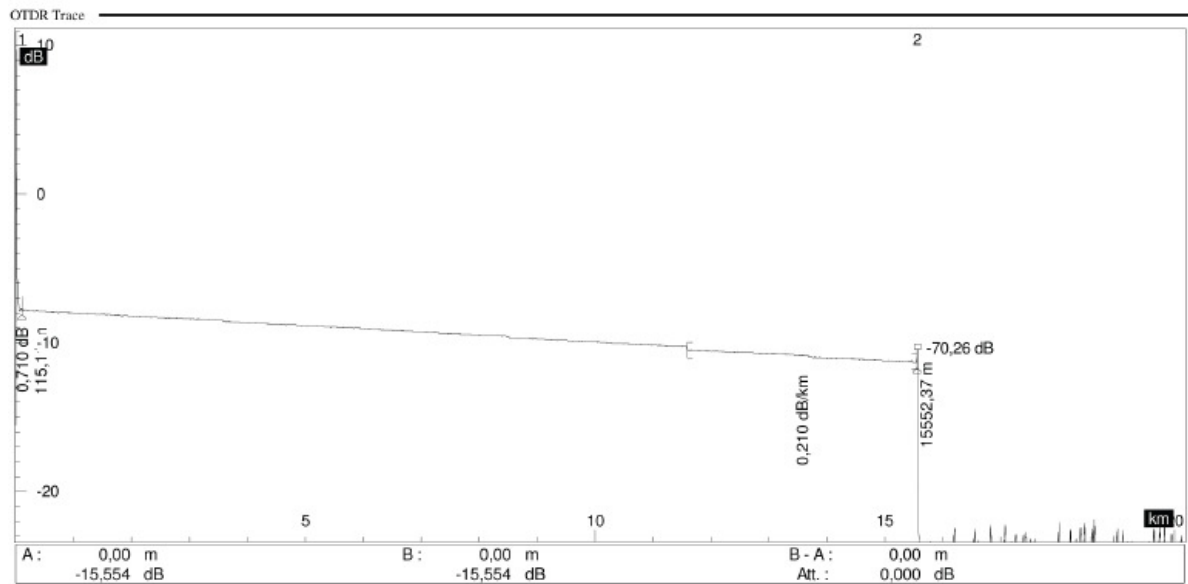
Εικόνα 10: Μέτρηση OTDR (1319nm)

48 FO CABLE **B TO A**

1

File			
File :	fibersm002_55oe.sor	Device :	MTS 8000 Num. 1378
Date :	12/12/2011 3:15:04 ii	Module :	8136HD Num. 743
Configuration			
Technic. :		Way :	O-->E
ORIGIN		Origin :	B_A 2
Cable :	SM	End :	
Fiber :	B_A 2	Wavelength (nm) :	1558
Color :		Index :	1,465000
END		Pulse (ns) :	30
Cable :	SM	Range (km) :	20,464
Fiber :	B_A 2	Acq. time :	10s
Color :		Resolution :	1,25 m

Comment :
Comment :



Event (3)	Distance (m)	Attenuation (dB)	Reflectance (dB)	Slope (dB/km)	Rel. Dist. (m)	Link Budget (dB)	Uncertainty
1	115,11	0,710			115,11	0,382	
2	15552,37		-70,26	0,210	15437,27	3,976	
3			<32,35				

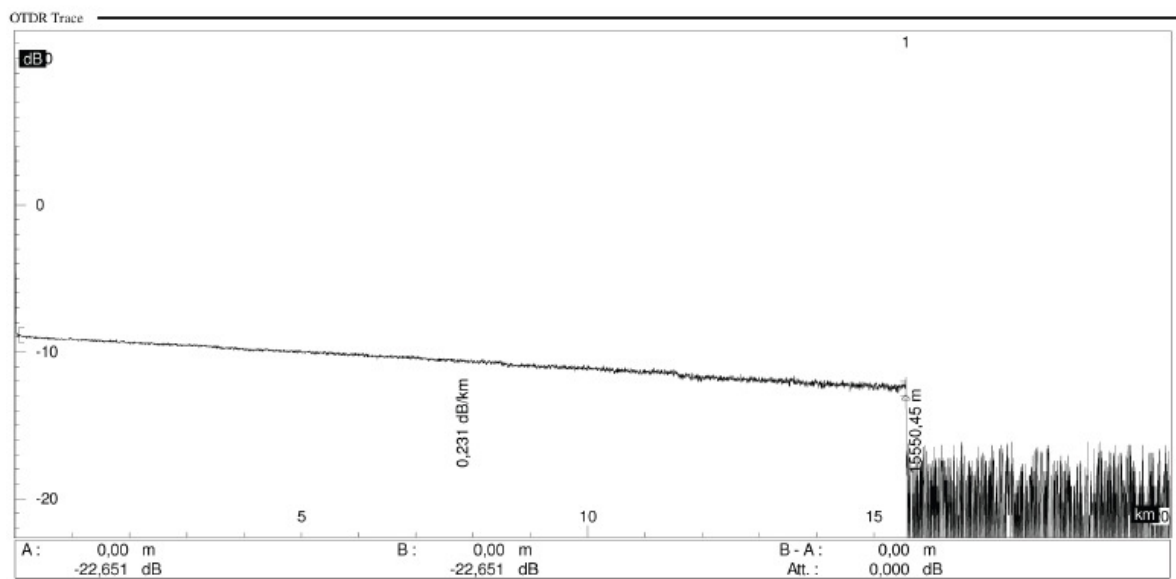
Εικόνα 11: Εικόνα 45: Μέτρηση OTDR (1558nm)



48 FO CABLE B TO A

1

File			
File :	fibersm002_62oe.sor	Device :	MTS 8000 Num. 1378
Date :	12/12/2011 3:15:17 ii	Module :	8136HD Num. 743
Configuration			
Technic. :		Way :	O-->E
ORIGIN		Origin :	B_A 2
Cable :	SM	End :	-
Fiber :	B_A 2	Wavelength (nm) :	1620
Color :		Index :	1,465000
END		Pulse (ns) :	10
Cable :	SM	Range (km) :	20,464
Fiber :	B_A 2	Acq. time :	10s
Color :		Resolution :	64,00 cm

Comment
 Comment :



Event (2)	Distance (m)	Attenuation (dB)	Reflectance (dB)	Slope (dB/km)	Rel. Dist. (m)	Link Budget (dB)	Uncertainty
1 	15550,45			0,231	15550,45	3,592	
2 			<32,29				

Εικόνα 12: Εικόνα 45: Μέτρηση OTDR (1620nm)

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ

Οι κινητές συσκευές που έχουν ανάγκη από δίκτυα υψηλών δυνατοτήτων συνεχώς αυξάνονται (smartphones, tablets, κ.α.) και μαζί τους αυξάνεται και το ποσοστό των χρηστών που εκμεταλλεύονται τις δυνατότητες αυτών των συσκευών, μπαίνοντας πλέον σε μία “mobile broadband” εποχή. Αυτή η ανάγκη για βελτίωση των υπηρεσιών τους οδηγεί τους operators να συνεχίζουν να κατασκευάζουν οπτικούς δακτυλίους, αυξάνοντας έτσι το ποσοστό τους σε σταθμούς βάσης μέχρι να γίνει 100% η πληρότητα.

Είναι σαφές ότι τα οπτικά δίκτυα μετάδοσης αποτελούν το μέλλον των δικτύων μετάδοσης. Για το λόγο αυτό άλλωστε έχουν χαρακτηριστεί και ως Δίκτυα Επόμενης Γενιάς (Next Generation Networks, NGN) και εμφανώς, υπάρχει ανοιχτό επιστημονικό πεδίο για τη μελέτη των πολυπλεκτικών μεθόδων στην οπτική τεχνολογία για τη βελτίωση της χρήσης της διαθέσιμης χωρητικότητας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- The Fiber Optic Association, Inc., "Guide To Fiber Optic Network Design" Σάββας Σάββας (2009), Διπλωματική Εργασία "Σχεδίαση και ψηφιακή χαρτογράφηση μητροπολιτικού δικτύου οπτικών ινών"
- <http://adtran.com/mobile> , "Fiber to the Cell Site "
- CISCO VNI Mobile 2011
- https://en.wikipedia.org/wiki/Fiber_to_the_x
- https://el.wikipedia.org/wiki/Fiber_to_the_x
- <http://www.diktyas.gr/index.php/2013-03-13-19-12-51/2012-01-22-21-57-40/2012-01-22-21-56-53>
- https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CF%83%CF%8D%CF%81%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%BF_%CE%B4%CE%AF%CE%BA%CF%84%CF%85%CE%BF
- Βιβλίο Συστήματα Επικοινωνιών με Οπτικές Ίνες, Agrawal Govind P
- ΔΙΚΤΥΑ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ - Paul Green
- <http://ikee.lib.auth.gr/record/282650/files/GRI-2016-16357.pdf>
- <https://www.itu.int/rec/T-REC-L.35-199810-I>
- http://www.wikipedia.or.ke/index.php/Optical_time-domain_reflectometer
-

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

ARP	Allocation and Retention Priority
AF	Assured Forward
BTS	Base Transceiver Station
BE	Best Effort
BFD	Bidirectional Forwarding Detection
BER	Bit Error Rate
CAC	Call Admission Control
CBCH	Cell Broadcast Channel
CO	Central Office
CSM	Central Strength Member
C-NBAP	Common Node B Application Part
CN	Core Network
DCH	Dedicated Channel
D-NBAP	Dedicated Node B Application Part
DiffServ	Differentiated Services
DSCP	Differentiated Services Code Point
DSCH	Downlink Shared Channel
DRNC	Drift Radio Network Controller
ETDM	Electronic Time Division Multiplex
EF	Expedited Forward
E-RED	Exponential Random Early Detection
FRP	Fiber Reinforced Plastic
FTTx	Fiber to the x
FIFO	First in, First out

FACH	Forward Access Channel
FEC	Forward Error Correction
FP	Frame Protocol
GPON	Gigabit Passive Optical Network
HDPE	High Density Polyethulene
HSDPA	High Speed Downlink Packet Access
HSUPA	High Speed Uplink Packet Access
ICMP	Internet Control Message Protocol
IFC	Internet Flow Control
IP	Internet Protocol
Ipv4	Internet Protocol version 4
IPBR	IP Based Route
MW	Microwave
MMF	Multi Mode Fiber
NQMS	Network Quality Monitoring Systems
NGN	Next Generation Networks
NBAP	Node B Application Part
Non-CAC	Non Call Admission Control
NRT	Not Real Time
OSPF	Open Shortest Path First
O&M	Operation & Maintenance
OA&M	Operation, Administration & Management
OPEX	Operational Expenses
ODF	Optical Distributor Fiber
OTDM	Optical Time Division Multplex
OTDR	Optical Time Domain Reflectometer
PS	Packet Switched

PHB	Per Hop Behaviour
PB	Priority Bit
QoS	Quality of Service
RAB	Radio Access Bearer
RANAP	Radio Access Network Application Part
RNC	Radio Network Controller
RNL	Radio Network Layer
RNSAP	Radio Network Subsystem Application Part
RACH	Random Access Channel
RTFS	Remote Fiber Test System
RTU	Remote Telemetry or Terminal Unit
NPGEF	RNC's card
SRNC	Serving Raadio Network Controller
SMF	Single Mode Fiber
SCTP	Stream Control Transmission Protocol
SP	Strict Priority
TDMA	Time Division Multiple Access
TDM	Time Division Multiplexing
TC	Traffic Class
THP	Traffic Handling Priority
TCP	Transmission Control Protocol
TNL	Transport Network Layer
ToS	Type of Service
UTRAN	UMTS Terrestrial Radio Access Network
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
UDP	User Datagram Equipment
UE	User Equipment

VLAN	Virtual Local Area Network
WDM	Wavelength Division Multiplex
WFQ	Weighted Fair Queuing
WBTS	Wideband Base Tranceiver Station
WCDMA	Wideband Code Division Multiple Access