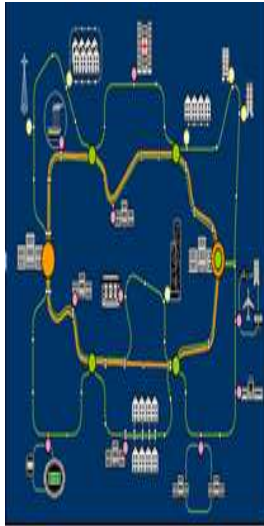




Τ.Ε.Ι. Κρήτης
Τμήμα Ηλεκτρονικής



ΟΠΤΙΚΑ ΕΥΡΥΖΩΝΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ

ΚΟΚΙΑΝΤΩΝΗΣ
ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ

Επιβλέπων Καθηγητής
Δρ. Πετρίδης Κωνσταντίνος

Χανιά

20/08/2010

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΙΣ ΟΠΤΙΚΕΣ ΙΝΕΣ ΚΑΙ ΣΤΑ ΔΙΚΤΥΑ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ

1.1	Εισαγωγή	5
1.2	Ολική ανάκλαση και διάθλαση	6
1.3	Η δομή της οπτικής ίνας	7
1.4	Κοίλη οπτική ίνα	10
1.5	Η απόσταση που διανύει το φως σε μια οπτική ίνα	12
	1.5.1 Τρόποι εκπομπής και μετάδοσης στις οπτικές ίνες	12
	1.5.2 Χαρακτηριστικά και επιδόσεις	17
1.6	Τύποι οπτικών ινών	18
1.7	Πλεονεκτήματα	20
1.8	Εφαρμογές οπτικών ινών	22
1.9	Εισαγωγή στα δίκτυα οπτικών ινών	24

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΜΗΤΡΟΠΟΛΙΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ

2.1	Τοπολογία αρχιτεκτονική	27
2.2	Οπτική υποδομή	29
2.3	Γενικές απαιτήσεις	30
2.4	Κριτήρια σχεδιασμού ευρυζωνικών υποδομών	30
2.5	Ορισμοί	31
2.6	Γενική περιγραφή του δικτύου	33
2.6.1	Εκκαφές	33
2.6.2	Χάνδακας (Χ1)	33
2.6.3	Μικροχάνδακας (Χ2)	35
2.6.4	Φρεάτια	36
2.6.5	Σωληνώσεις	38
2.6.6	Συμβατική προσέγγιση με χρήση συγκολλήσεων & Σωληνώσεων	39
2.6.7	Χρήση συστοιχιών μικροσωληνώσεων	40
2.6.8	Κύριος κόμβος	43
2.6.9	Κύριο δίκτυο	44
2.6.10	Κόμβος διανομής	46
2.6.11	Δίκτυο διανομής	47
2.6.12	Κόμβος πρόσβασης	48
2.6.13	Δίκτυο πρόσβασης	49
2.6.14	Τελικοί χρήστες	50

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΚΟΛΛΗΣΕΙΣ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ (OPTICAL FIBER SPLICING) ΚΑΙ OTDR

3.1	Εισαγωγή	52
3.2	Απαιτήσεις όσον αφορά τις κολλήσεις και τους connectors	52
3.3	Κοπή ίνας	53
3.4	Fusion κόλληση οπτικών ινών	54
	3.4.1 Διαδικασία Fusion κόλλησης μιας ίνας	54
	3.4.2 Διαδικασία Fusion κόλλησης για κορδέλα ινών	55
	3.4.3 Ανάλυση ηλεκτρονικής εικόνας σάρωσης	56
3.5	Μηχανικές κολλήσεις	56
	3.5.1 V-Block κόλληση	57
	3.5.2 Σωλήνες ακριβείας	57
	3.5.3 Κόλληση με τρεις ράβδους	58
	3.5.4 Κολλήσεις κορδελών ινών	58
3.6	Ημι-μόνιμες κολλήσεις	59
3.7	OTDR	59
	3.7.1 Το κλειδί είναι η ανάκλαση	60
	3.7.2 Νεκρές ζώνες	62
	3.7.2.1 Νεκρή ζώνη γεγονότος	62
	3.7.2.2 Νεκρή ζώνη εξασθένησης	63
	3.7.2.3 Η σημαντικότητα της νεκρής ζώνης	65
	3.7.3 Η δυναμική περιοχή	65
	3.7.4 Το μήκος του παλμού	66
	3.7.5 Ανάλυση δειγματοληψίας	67
3.8	Πρακτικά ζητήματα δικτύων οπτικών ινών	
	3.8.1 Εμφύσηση καλωδίου	
	3.8.2 Κωλλήσεις	
	3.8.3 Πιστοποίηση	
	3.8.4 Βλάβες	
	3.8.5 Συντήρηση	

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΙΣ ΟΠΤΙΚΕΣ ΙΝΕΣ ΚΑΙ ΣΤΑ ΔΙΚΤΥΑ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

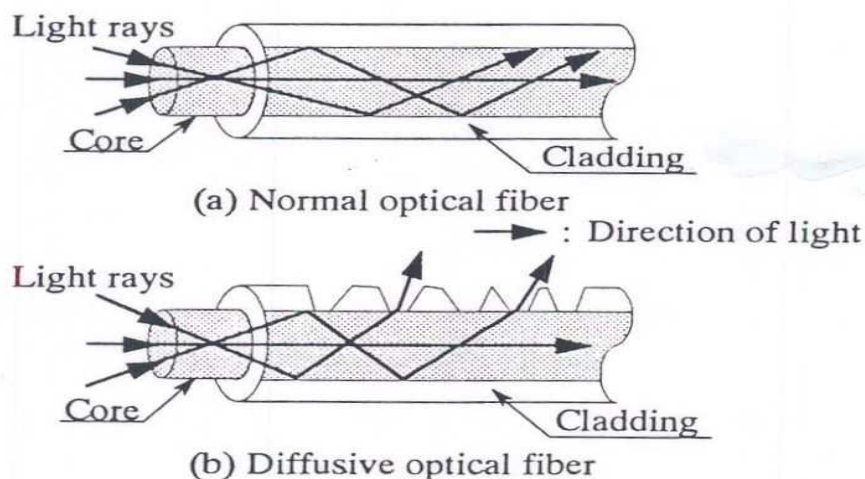
Όπως είναι γνωστό, τα καλώδια κατασκευάζονται από χαλκό ή κράματά του. Όμως ο χαλκός παράγεται σε λίγες μόνο χώρες του κόσμου. Έτσι οι υπόλοιπες χώρες είναι εξαρτημένες από αυτές που τον παράγουν. Οι ερευνητές ωθήθηκαν στο να προτείνουν πιο συμφέρουσες εναλλακτικές λύσεις παρακινούμενοι και από την προσπάθεια απεξάρτησης από τις χώρες παραγωγής χαλκού και από την προσπάθεια αποτροπής υποκλοπών στις τηλεπικοινωνίες καθώς και μεταφοράς μεγαλύτερου “όγκο” πληροφοριών.

Έτσι οδηγηθήκαμε στην κατασκευή των οπτικών ινών. Οι οπτικές ίνες είναι πολύ λεπτές κυλινδρικές ίνες γυαλιού ή πλαστικού με διάμετρο ακόμα και κάτω των 8μm (δηλαδή πιο λεπτές από μια τρίχα). Είναι διαφανείς και εύκαμπτες. Κατασκευάζονται από εξαιρετικά καθαρό γυαλί, με τρόπο ώστε να αντανακλούν το φως προς τον άξονά τους – να το κρατούν στο εσωτερικό τους. Έτσι, οι δέσμες φωτός μεταδίδονται εύκολα και γρήγορα. Με τις ακτίνες λέιζερ, ένα σήμα μπορεί να μεταδοθεί δια μέσου οπτικών ινών σε απόσταση μεγαλύτερη από 50 χλμ. Χωρίς ενδιάμεση ενίσχυση. Αυτό σημαίνει ότι οι οπτικές ίνες είναι πιο αποτελεσματικές από τα χάλκινα καλώδια. Με ένα μόνο ζεύγος οπτικών ινών μπορούν να πραγματοποιηθούν ταυτόχρονα εκατοντάδες τηλεφωνικές συνδιαλέξεις.

Αξίζει να αναφερθεί ότι με την βοήθεια των οπτικών ινών μπορούμε να “αναγκάσουμε” μια φωτεινή δέσμη να ακολουθήσει όποια διαδρομή επιθυμούμε. Θα μπορούσαμε να πούμε ότι, όπως με ένα εύκαμπτο λάστιχο ποτίσματος μπορούμε να οδηγήσουμε το νερό από την βρύση σε ένα σημείο του κήπου μας, έτσι και με τις οπτικές ίνες μπορούμε να “οδηγήσουμε” το φως από μια ακίνητη πηγή σε οποιοδήποτε σημείο θέλουμε. Γι’αυτό λέμε ότι μια οπτική ίνα είναι ένας **φωτοαγωγός ή φωτοοδηγός**.

Για να γίνει κατανοητό το παρακάτω κλείνουμε ένα λαμπτήρα σε ένα αδιαφανές κουτί και τον ανάβουμε. Αυτός δε φωτίζει το περιβάλλον. Τώρα με μια λεπτή βελόνα

ανοίγουμε μια οπή στο κουτί. Από αυτό ξεπηδά μια λεπτή ακτίνα φωτός, που διαδίδεται ευθύγραμμα. Στη συνέχεια παίρνουμε μια οπτική ίνα και την “σφηνώνουμε” στην οπή. Το φως που φτάνει στην άκρη της ίνας προσπίπτει στην κυλινδρική της επιφάνεια, από μέσα, με γωνία μεγαλύτερη από την οριακή γωνία και παθαίνει ολική ανάκλιση. Έτσι το φως μετά από συνεχείς ολικές ανακλίσεις βγαίνει από το άλλο άκρο της οπτικής ίνας, ακόμα και αν αυτή είναι καμπυλωμένη.



Σχήμα 1.1: Εικόνα με ακτίνες φωτός μέσα στην οπτική ίνα

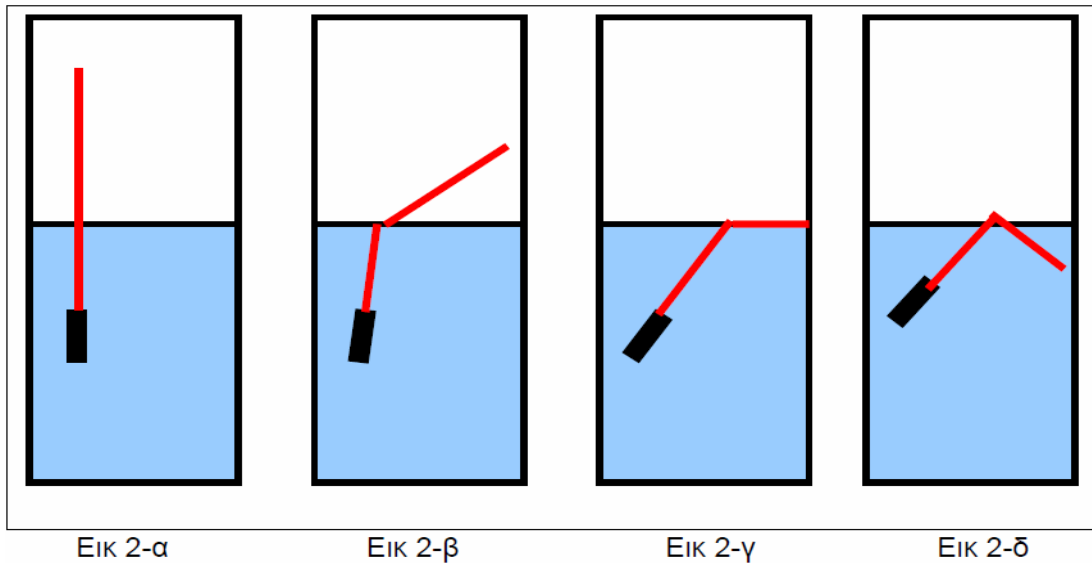
1.2 Η ΟΛΙΚΗ ΑΝΑΚΛΑΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΘΛΑΣΗ

Όλη η ιδέα των οπτικών ινών στηρίζεται σ' αυτές τις δύο ιδιότητες του φωτός. Είναι γνωστό ότι, αν κάποιες φωτεινές ακτίνες προσπέσουν σε ένα αντικείμενο ή σε μια επιφάνεια, ένα μέρος τους αντανακλάται και το υπόλοιπο απορροφάται. Μάλιστα, με την διαδικασία αυτή γίνονται εγχρώμως ορατά τα πάντα γύρω μας. Αν όμως η πρόσπτωση γίνει σε μια πολύ στιλπνή επιφάνεια (π.χ. καθρέπτης ή το ήρεμο νερό μίας λίμνης) τότε η απορρόφηση σχεδόν εκμηδενίζεται και παρατηρούμε το φαινόμενο της «ολικής ανάκλασης» και τον σχηματισμό στην επιφάνεια ενός ανεστραμμένου ειδώλου της φωτεινής πηγής, είτε αυτή είναι αυτόφωτη και εκπέμπει φως (πχ. λαμπτήρας, φλόγα κεριού), είτε ετερόφωτη και αντανακλά φως (πχ.ο εαυτός μας στον καθρέπτη ή το τοπίο γύρω από τη λίμνη στο σχήμα 1.2.



Σχήμα 1.2: Εικόνα με το φαινόμενο της ολικής ανάκλασης

Ωστόσο κάτω από ορισμένες συνθήκες μπορεί να υπάρξει και μια άλλου είδους ανάκλαση η λεγόμενη «εσωτερική ολική ανάκλαση». Είναι γνωστό ότι όταν το φως περνάει υπό γωνία από μια «ουσία» μέσα σε μία άλλη(πχ από το νερό στον αέρα), διαθλάται δηλ. αλλάζει κατεύθυνση, λυγίζει. Έτσι, ας υποθέσουμε πως στο βυθό της λίμνης της φωτογραφίας υπάρχει ένας δύτες με ένα προβολέα τον οποίο κρατάει κατακόρυφα, η δέσμη θα κτυπήσει από κάτω την επιφάνεια της λίμνης και θα εξέλθει κατακόρυφα στον αέρα.(σχήμα 1.3 Εικ.2-α)



Σχήμα 1.3: Διάθλαση σε διαφορετικές κατευθύνσεις

Αν τώρα ο δύτες στρέψει λίγο τον προβολέα η δέσμη θα πέσει πλάγια στην επιφάνεια και θα εξέλθει στον αέρα αλλά με διαφορετική (μικρότερη) γωνία λόγω της διάθλασης.(σχήμα 1.3 Εικ.2-β) Για το ίδιο λόγο βάζοντας ένα καλαμάκι σε ένα ποτήρι νερό το βλέπουμε σαν να είναι σπασμένο. Αν συνεχίσει σιγά-σιγά να στρέφει τον προβολέα στην ίδια κατεύθυνση η δέσμη που εξέρχεται θα γέρνει όλο και περισσότερο προς την επιφάνεια του νερού και κάποια στιγμή θα γίνει παράλληλη με αυτήν. (οριακή γωνία του νερού) .(σχήμα 1.3 Εικ.2-γ) Αν από το σημείο εκείνο ο προβολέας στρίψει ακόμη περισσότερο .(σχήμα 1.3 Εικ.2-δ) η διάθλαση σταματάει εντελώς, η επιφάνεια του νερού λειτουργεί σαν ανάστροφος καθρέπτης και το φως δεν θα βγει καθόλου στον αέρα αλλά θα ανακλαστεί και θα επιστρέψει μέσα στο νερό. Με άλλα λόγια το φως θα «παγιδευτεί» μέσα στο νερό. Σ' αυτό ακριβώς το φαινόμενο βασίζεται η λειτουργία των οπτικών ινών.

1.3 Η ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΟΠΤΙΚΗΣ ΙΝΑΣ

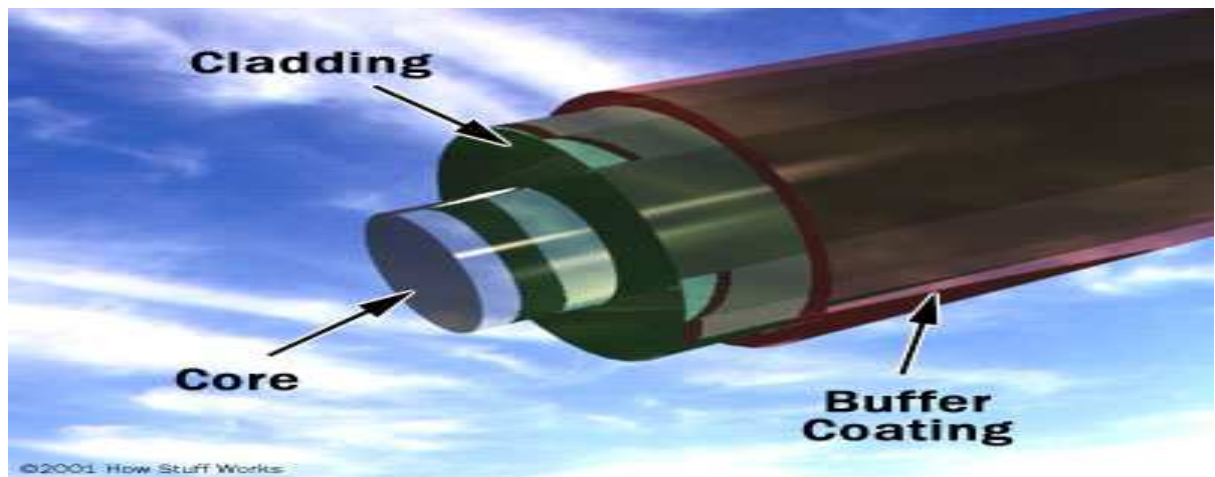
Στην πράξη χρησιμοποιούμε δέσμη οπτικών ινών. Αν οι ίνες αποτελούνταν μόνο από ένα υλικό, τότε το φως που “ταξιδεύει” στο εσωτερικό τους θα περνούσε, όταν θα έρχονταν σε επαφή, από την μια ίνα στην άλλη. Γι' αυτό κάθε ίνα επικαλύπτεται με ένα λεπτό στρώμα υλικού μικρότερου δείκτη διάθλασης ή με πολλά λεπτά στρώματα,

έτσι ώστε κάθε επόμενο στρώμα να έχει μικρότερο δείκτη διάθλασης από τον προηγούμενο. Τέλος στο σύστημα της γυάλινης ίνας τοποθετείται ένα περίβλημα που την προστατεύει και την κάνει πιο ανθεκτική σε μηχανικές καταπονήσεις. Όπως γίνεται φανερό από τα παραπάνω, κάθε οπτική ίνα αποτελείται από τρία μέρη: 1) Την κεντρική γυάλινη κυλινδρική ίνα, που ονομάζεται πυρήνας και είναι το τμήμα στο οποίο διαδίδεται το φως, όσο πιο στενός είναι ο πυρήνας, τόσο πιο γρήγορα μεταφέρεται το κύμα φωτός αφού έτσι έχουμε λιγότερες ανακλάσεις 2) Την επικάλυψη (απλή ή πολλαπλή), που είναι ένας ομόκεντρος με τον πυρήνα κύλινδρος. Έχει μικρότερο δείκτη διάθλασης από τον πυρήνα, για να παθαίνει το φως συνεχείς ολικές ανακλάσεις. Η επικάλυψη αυτή ονομάζεται μανδύας 3) Το περίβλημα, που είναι ένα αδιαφανές πλαστικό.

Η δέσμη φωτός εκπέμπεται στον πυρήνα της οπτικής ίνας και προσπίπτει με τέτοια γωνία στην επικάλυψη ώστε να υπάρχει ολική ανάκλαση και να μεταδίδεται σε όλο το μήκος της οπτικής ίνας. Η οπτική ίνα εγκλωβίζει όλη την ενέργεια της ακτίνας του φωτός. Τα οπτικά σήματα εσωτερικά ανακλώμενα μπορούν να ταξιδέψουν μεγάλες αποστάσεις αφού ισχύει η αρχή της φυσικής «Όταν μία ακτίνα φωτός περνά από το ένα μέσο σε άλλο, η ακτίνα διαθλάται στη διαχωριστική επιφάνεια γυαλιού/αέρας». Η ποσότητα διάθλασης εξαρτάται από τις ιδιότητες των δύο μέσων. Για γωνίες πρόσπτωσης μεγαλύτερες από μία συγκεκριμένη κρίσιμη τιμή, το φως διαθλάται πίσω στο γυαλί και δεν διαφεύγει στον αέρα. Συνεπώς μια ακτίνα φωτός προσπίπτουσα με γωνία ίση ή μεγαλύτερη της κρίσιμης τιμής παγιδεύεται εντός της ίνας. Με αυτό τον τρόπο η ακτίνα μπορεί να διαδοθεί για πολλά χιλιόμετρα, με σχεδόν μηδενική απώλεια. Επίσης, υπάρχει η δυνατότητα να διαδίδονται πολλές διαφορετικές ακτίνες αρκεί να στέλνονται με διαφορετικές γωνίες πρόσπτωσης και η γωνία αυτή να είναι μεγαλύτερη της κρίσιμης. Υπάρχουν πολλές γωνίες με τις οποίες το φως μπορεί να εισέλθει σε μια οπτική ίνα και να δημιουργήσει διαφορετικές γωνίες προσβολής της επικάλυψης οι οποίες αναφέρονται και ως τρόποι (modes). Ο αριθμός των τρόπων (modes) αυξάνει καθώς αυξάνει η διάμετρος του πυρήνα. Οι μονότροπες (single - mode) οπτικές ίνες έχουν συνήθως διάμετρο πυρήνα περίπου 10 μm ενώ οι πολύτροπες 50 - 100 μm . Από τις προδιαγραφές που αναφέρονται πάνω σε κάθε οπτική ίνα μπορούμε να διαχωρίσουμε μονότροπες από πολύτροπες (βλέπε σχήμα 1.15). Οι μονότροπες οπτικές ίνες, σε αντίθεση με τις πολύτροπες δεν διαχέουν τη δέσμη φωτός αλλά απαιτούν συγκέντρωση φωτός μεγάλης έντασης σε πυρήνα μικρής διαμέτρου, γεγονός που απαιτεί τη χρήση Laser.

Η βασική κατασκευή μιας οπτικής ίνας απεικονίζεται στο παρακάτω Σχήμα 1.4. Στο κέντρο του καλωδίου υπάρχει η οπτική ίνα, η οποία κατασκευάζεται από γυαλί ικανό να μεταφέρει φωτεινή δέσμη συγκεκριμένου μήκους κύματος με πολύ λίγες απώλειες. Την οπτική ίνα περιβάλλει ειδική επιστρώση υλικού με μικρότερο δείκτη διάθλασης από το υλικό της ίνας, το οποίο ονομάζεται cladding ή buffer. Το υλικό αυτό βοηθά στη συνεχή ανάκλαση της φωτεινής δέσμης, η οποία θα πέσει μέσα στην

περίπτωση θα έχουμε διάθλαση στην εξωτερική επίστρωση (cladding) (Βλέπε σχήμα 1.4). Με αυτό τον τρόπο η οπτική ίνα εγκλωβίζει τη δέσμη του φωτός και την οδηγεί στην άκρη της. Την επίστρωση περιβάλλει δέσμη συνθετικών ινών, οι οποίες έχουν στόχο την προστασία της ίνας από πιθανά τραβήγματα, όπου είναι επικίνδυνο να σπάσει το γυαλί, το οποίο αποτελεί και τον πυρήνα της ίνας. Όλα τα παραπάνω περικλείονται σε εξωτερικό πλαστικό περιβλήμα όμοιο με αυτό των καλωδίων συνεστραμμένων ζευγών.



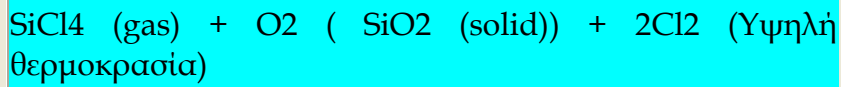
Σχήμα 1.4: Εικόνα με τη δομή της οπτικής ίνας



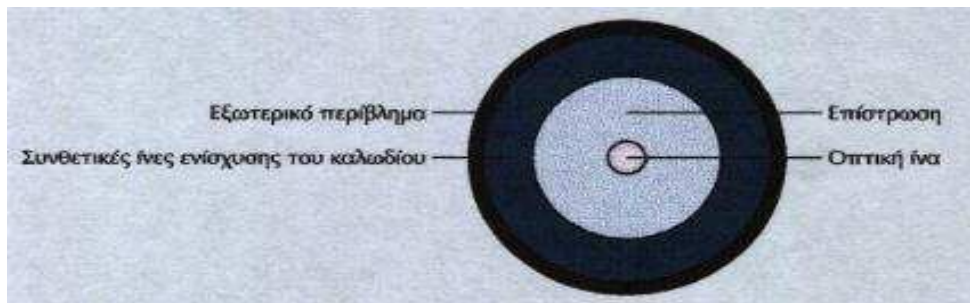
Σχήμα 1.5 : Δέσμη οπτικών ινών. Ένα καλώδιο οπτικών ινών, το οποίο περιέχει μια δέσμη οπτικών ινών μπορεί να μεταφέρει εκατό τηλεοπτικά κανάλια ταυτόχρονα, χωρίς το πάχος του να ξεπερνά το πάχος μιας κιμωλίας.

Σημείωση:

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



Σχήμα 1.6: Εικόνα με τη βασική χημική αντίδραση από την οποία παράγεται το οπτικό γυαλί

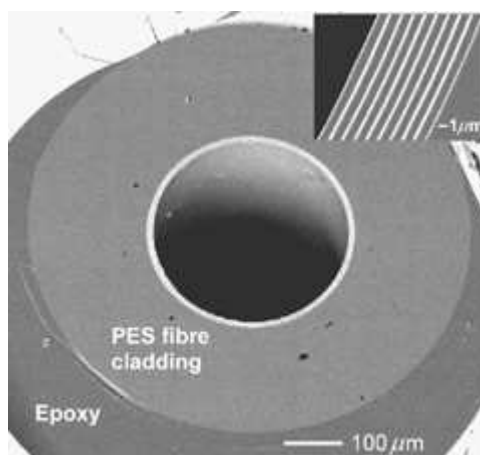


Σχήμα 1.7: Η κατασκευή καλωδίου οπτικής ίνας

1.4 ΚΟΙΛΗ ΟΠΤΙΚΗ ΙΝΑ

Η επινόηση του λέιζερ και η ανάπτυξη των οπτικών ινών έχουν φέρει επανάσταση στις τηλεπικοινωνίες, επιτρέποντας τεράστιες ποσότητες δεδομένων σε αποστάσεις χιλιάδων χιλιομέτρων στον πλανήτη, με την ταχύτητα του φωτός. Για να ικανοποιηθούν οι σύγχρονες απαιτήσεις για ολοένα και αυξανόμενο εύρος ζώνης, υπάρχει ένα ενδιαφέρον στην αύξηση της πυκνότητας πληροφορίας που μπορεί να μεταφερθεί μέσα από μια οπτική ίνα. Ένας τρόπος επίτευξης του σκοπού αυτού είναι η επέκταση του φάσματος των οπτικών μηκών κύματος που χρησιμοποιούνται για τη μετάδοση της πληροφορίας.

Ατυχώς, εξαιτίας του γεγονότος ότι το γυαλί από το οποίο κατασκευάζονται οι συνήθεις οπτικές ίνες, είναι διαφανές μόνο σε ορισμένες περιοχές μηκών κύματος, η παραπάνω προσέγγιση του θέματος έχει ισχυρούς περιορισμούς. Σε μια πρόσφατη όμως εργασία τους το 2002 στο περιοδικό Nature ο Burak Temelkuran και οι συνεργάτες του, αναφέρουν ένα τρόπο ξεπεράσματος της δυσκολίας αυτής, με τη μετάδοση φωτός, όχι μέσα από γυαλί αλλά μέσα από τον αέρα εντός μιας κοίλης οπτικής ίνας.



Σχήμα 1.8: Εγκάρσια διατομή μιας κοίλης πολυστρωματικής οπτικής ίνας τοποθετημένης μέσα σε εποξική ρητίνη. Το ένθετο εικονίδιο δείχνει λεπτομέρειες του εσωτερικού πολυστρωματικού διηλεκτρικού κατόπτρου που χρησιμοποιείται για να συγκρατεί το φως εντός του κοίλου πυρήνα.

Οι ίνες κατασκευάστηκαν με μια αρχική επίστρωση ενός στρώματος γυαλιού από As_2Se_3 πάχους 5-10 μm με δείκτη διάθλασης περίπου 2,8 πάνω σε στρώμα πλαστικού θερμοπολυμερούς (PES), πάχους 25-5 μm με δείκτη διάθλασης περίπου 1,55. Τα δύο αυτά τυλίχτηκαν στη συνέχεια αρκετές φορές ώστε να σχηματίσουν ένα κάτοπτρο με πολλά στρώματα και στη συνέχεια περιτυλίχτηκαν με ένα ακόμα παχύ στρώμα από PES, για να δώσουν την αρχική μορφή της ίνας. Το αρχικό υλικό δηλαδή του οποίου η μακροσκοπική δομή καθορίζει την μικροσκοπική δομή των ινών που φτιάχνονται από το υλικό αυτό. Στη συνέχεια οπτικές ίνες με μήκος δεκάδων και εκατοντάδων μέτρων φτιάχνονται από το υλικό αυτό με τρόπο ίδιο με αυτόν που φτιάχνονται οι συνηθισμένες συμπαγείς ίνες από γυαλί.

Επειδή τα οπτικά χαρακτηριστικά αυτών των ινών δεν καθορίζονται από τις ιδιότητες της συνολικής μάζας του υλικού (όπως στις συμπαγείς οπτικές ίνες) αλλά από τις ιδιότητες των πολυστρωματικών κατόπτρων, μπορεί να επιτευχθεί πολύ μεγαλύτερος σχεδιαστικός έλεγχος επάνω στα οπτικά χαρακτηριστικά τους. Με κατάλληλη επιλογή της δομής των κατόπτρων, το παράθυρο του φάσματος που μπορούν να μεταδώσουν επεκτείνεται από τα 0,75 μm έως τα 10,6 μm . Κάτι τέτοιο αποτελεί ένα μεγάλο ποσοστό του φάσματος του υπεριώδους.

Πέρα από τις οπτικές ιδιότητες αυτών των οπτικών ινών, υπάρχουν και άλλα πλεονεκτήματά τους, που σχετίζονται με την παραγωγή και τη χρήση τους. Για παράδειγμα οπτικές ίνες από πλαστικό πλεονεκτούν σε σχέση με αυτές από γυαλί. Έχουν μεγαλύτερη ευκαμψία, μεγαλύτερη ευκολία στην κατεργασία και χαμηλότερο κόστος υλικού. Αλλά η υψηλή απορρόφηση του πλαστικού, κάνει τέτοιες ίνες ακατάλληλες για μετάδοση φωτός σε μεγάλες αποστάσεις.

1.5 Η ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΠΟΥ ΔΙΑΝΥΕΙ ΤΟ ΦΩΣ ΣΕ ΜΙΑ ΟΠΤΙΚΗ ΙΝΑ

Η απόσταση που μπορεί να διανύσει το φως μέσα σε μια οπτική ίνα εξαρτάται

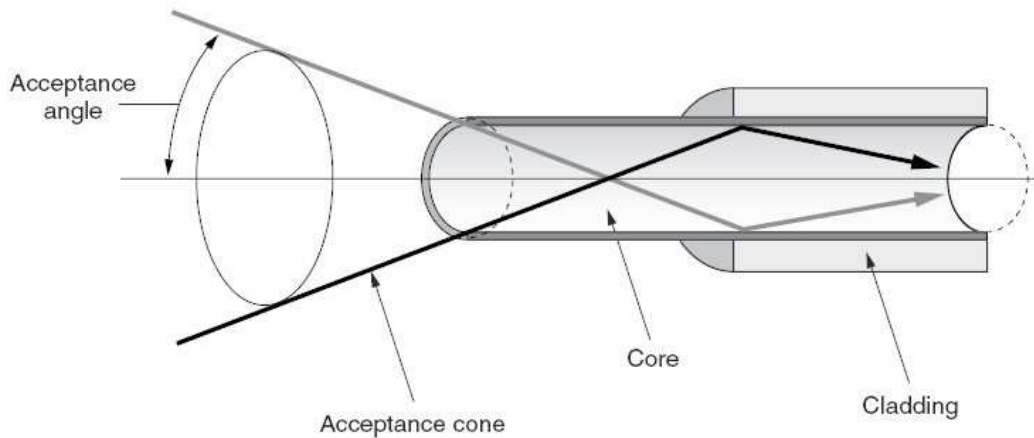
κυρίως από τη δομή της και το σχήμα της. Το φως κατά το “ταξίδι” του σε μια οπτική ίνα εξασθενεί. Αυτό συμβαίνει συνήθως για τους παρακάτω λόγους: 1) λόγω απορρόφησης, που οφείλεται στις ξένες προσμείξεις που υπάρχουν στο γυαλί 2) λόγω σκέδασης το φως διεισδύει στο μανδύα και διασκορπίζεται. Το φαινόμενο αυτό παρατηρείται εντονότερα, αν στην οπτική ίνα υπάρχουν συνδέσεις. 3) λόγω κακής κατασκευής που υπάρχουν στην διάμετρο του πυρήνα, για παράδειγμα, μικροδιακυμάνσεις. Και 4) λόγω μεγάλης καμψής της οπτικής ίνας. Αν ο πυρήνας ήταν κατασκευασμένος από κοινό γυαλί, όπως αυτό των τζαμιών των σπιτιών μας, τότε το φως θα “ταξίδευε” μέσα στην ίνα το πολύ ένα μέτρο. Για το λόγο αυτό το γυαλί που χρησιμοποιείται για την κατασκευή του πυρήνα είναι μεγάλης καθαρότητας. Έτσι το φως μεταφέρεται σε απόσταση πολλών χιλιομέτρων με πολύ μικρές απώλειες. Η καθαρότητα του γυαλιού είναι τέτοια, ώστε, αν θέλαμε να αντικαταστήσουμε το κοινό τζάμι ενός παραθύρου με τζάμι κατασκευασμένο από υλικό ίδιο με αυτό των οπτικών ινών, τότε αυτό, για να έχει την ίδια απορρόφηση φωτός, θα έπρεπε να έχει πάχος 1km περίπου!

1.5.1 ΤΡΟΠΟΙ ΕΚΠΟΜΠΗΣ ΚΑΙ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΣΤΙΣ ΟΠΤΙΚΕΣ ΙΝΕΣ

Η εκπομπή του οπτικού σήματος σε οπτική ίνα γίνεται από πηγή LED (light Emmiting Diode) ή LASER (Light Amplification by Stimulated Emission off Radiation), και τα μήκη κύματος του φωτός, που η οπτική ίνα είναι σχεδιασμένη να μεταφέρει, ποικίλουν από 800nm μέχρι 1500nm. Οι οπτικές ίνες διαφοροποιούνται, κατ'αρχήν, από τον τρόπο μετάδοσης του σήματος σε αυτές. Η πρώτη βασική διάκριση είναι μεταξύ των πολύτροπων και μονότροπων οπτικών ινών.

Α) Τα Καλώδια πολύτροπων οπτικών ινών (Multimode fiber).

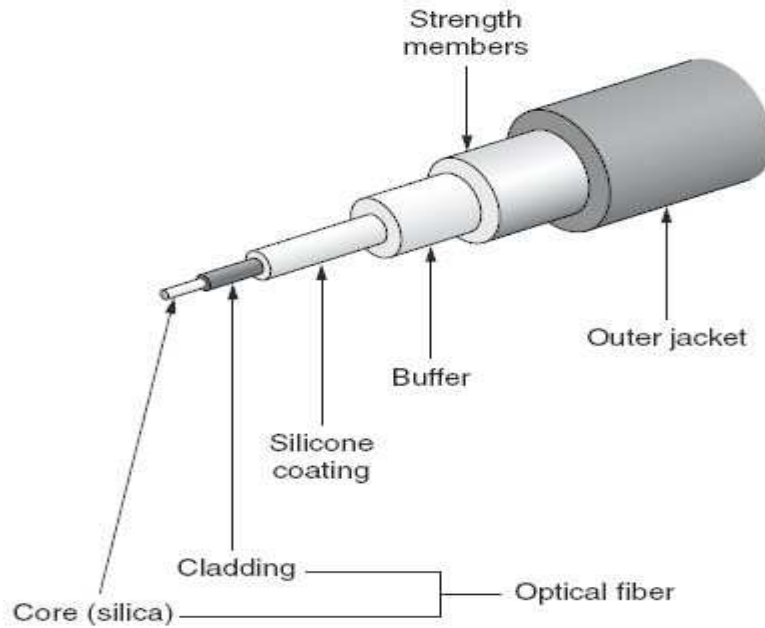
Το στοιχείο της οπτικής ίνας μέσω του οποίου ταξιδεύουν οι ακτίνες φωτός ονομάζεται πυρήνας (core). Ο πυρήνας στα καλώδια πολυτρόπων οπτικών ινών έχει μεγάλο μέγεθος και αυτό επιτρέπει σε πολλές ακτίνες φωτός να εισέλθουν σε αυτόν ταυτόχρονα. Οι ακτίνες φωτός μπορούν να εισέλθουν στον πυρήνα μόνο αν η γωνία τους ανήκει στο αριθμητικό φάσμα ανοίγματος της ίνας (δεκτή γωνία πρόσπτωσης) (σχήμα 1.9). Έπειτα, αφού οι ακτίνες έχουν εισέλθει στον πυρήνα της ίνας, υπάρχει περιορισμένος αριθμός από οπτικά μονοπάτια που μια ακτίνα φωτός μπορεί να ακολουθήσει. Αυτά τα οπτικά μονοπάτια ονομάζονται modes. Αν η διάμετρος του πυρήνα της ίνας είναι αρκετά μεγάλη ώστε να υπάρχουν πολλά μονοπάτια τα οποία να μπορούν να διασχίσουν οι ακτίνες φωτός τότε η οπτική ίνα ονομάζεται πολύτροπη "multimode" ίνα. Η μονότροπη “Single-mode” ίνα έχει πολύ μικρότερο πυρήνα και επιτρέπει στις ακτίνες φωτός να ταξιδεύουν μέσα σε αυτόν μέσω ενός μόνο mode.



Σχήμα 1.9 : Δεκτή γωνία πρόσπτωσης.

Κάθε καλώδιο οπτικής ίνας που χρησιμοποιείται στην δικτύωση αποτελείται από δύο ίνες οι οποίες εγκλείονται σε διαφορετικές θήκες. Αν υποθέσουμε πως έχουμε δύο συσκευές A και B η επικοινωνία μεταξύ τους επιτυγχάνεται ως εξής: η μία ίνα μεταφέρει δεδομένα από την συσκευή A στην συσκευή B ενώ η άλλη μεταφέρει δεδομένα από την συσκευή B στην συσκευή A. Οι ίνες λειτουργούν παρόμοια με δύο μονόδρομους που έχουν αντίθετες κατευθύνσεις. Αυτό το γεγονός παρέχει μία full-duplex επικοινωνία (επικοινωνία και προς τις δύο κατευθύνσεις ταυτόχρονα). Τα χάλκινα καλώδια συνεστραμμένων ζευγών χρησιμοποιούν ένα ζευγάρι καλωδίων για να αποστέλλουν δεδομένα και ένα άλλο ζευγάρι καλωδίων για να λαμβάνουν δεδομένα. Έτσι και τα κυκλώματα των οπτικών ινών χρησιμοποιούν την μία ίνα για αποστολή και την άλλη για λήψη δεδομένων. Μέχρι την σύνδεση των συνδέσμων δεν υπάρχει η ανάγκη για προστατευτικό κάλυμμα επειδή το φως δεν μπορεί να δραπετεύσει όταν βρίσκεται μέσα στην ίνα. Οι ίνες μπορούν να μεταφέρουν πολύ περισσότερα bits ανά δευτερόλεπτο και σε μεγαλύτερες αποστάσεις απ' ότι ο χαλκός. Συνήθως το οπτικό καλώδιο απαρτίζεται από 5 μέρη (σχήμα 1.10). Αυτά τα μέρη είναι :

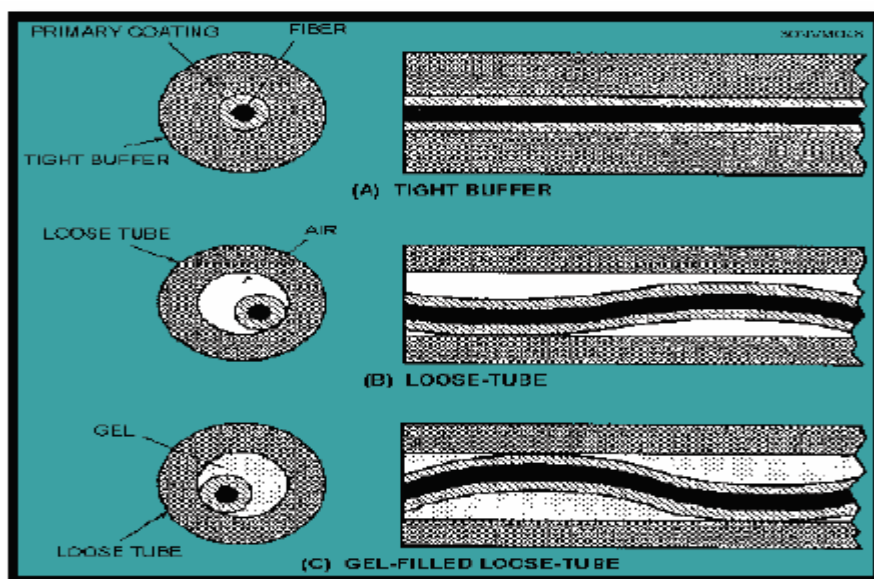
- Ο πυρήνας (core)
- Ο μανδύας (cladding)
- Η προστατευτική επικάλυψη (buffer)
- Τα ανθεκτικά μέλη (strength members)
- Μια εξωτερική προστασία (outer jacket)



Σχήμα 1.10 : Τα 5 μέρη της οπτικής ίνας.

Ο πυρήνας αποτελεί το μέσο της μεταφοράς του φωτός και βρίσκεται στο κέντρο της οπτικής ίνας. Όλα τα φωτεινά σήματα ταξιδεύουν μέσω του πυρήνα. Ο πυρήνας ουσιαστικά είναι γυαλί φτιαγμένο από έναν συνδυασμό διοξειδίου πυριτίου (silica) και άλλων στοιχείων. Η Multimode ίνα χρησιμοποιεί για τον πυρήνα της ένα τύπο γυαλιού που ονομάζεται graded index. Αυτό το γυαλί έχει χαμηλότερο δείκτη διάθλασης προς την εξωτερική άκρη του πυρήνα. Επομένως η εξωτερική περιοχή του πυρήνα είναι λιγότερο οπτικά πυκνή από αυτήν στο κέντρο με αποτέλεσμα το φως να ταξιδεύει γρηγορότερα στο εξωτερικό μέρος του πυρήνα. Αυτός ο σχεδιασμός χρησιμοποιείται επειδή μια ακτίνα φωτός που ακολουθεί ένα mode το οποίο πηγαίνει κατευθείαν στο κέντρο του πυρήνα δεν ταξιδεύει τόσο μακριά όσο μια άλλη ακτίνα η οποία αναπηδά πάνω κάτω μέσα στην ίνα. Όλες οι ακτίνες πρέπει να φτάσουν στο τέρμα ταυτόχρονα. Έτσι ο παραλήπτης στο τέλος της ίνας λαμβάνει μια ισχυρή λάμψη φωτός και όχι ένα μακροχρόνιο, αδύναμο παλμό. Ο πυρήνας περιβάλλεται από το cladding (μανδύας). Η εργασία του μανδύα είναι να κρατά το φως μέσα στον πυρήνα. Το υλικό από το οποίο φτιάχνεται το cladding είναι ίδιο με αυτό του πυρήνα αλλά με χαμηλότερο δείκτη διάθλασης. Ο πυρήνας έχει πάντα υψηλότερο δείκτη διάθλασης από τον μανδύα. Αυτό βοηθάει να μένουν οι ακτίνες φωτός μέσα στον πυρήνα, επειδή το φως τείνει να κυρτώνει φυσικά προς το υλικό με τον υψηλότερο δείκτη διάθλασης. Το κλασικό multimode καλώδιο οπτικής ίνας αποτελεί τον πιο κοινό τύπο καλωδίων οπτικών ινών που χρησιμοποιούνται στα LANs (Local Area Networks). Ένα κλασικό multimode καλώδιο οπτικής ίνας χρησιμοποιεί οπτική ίνα με πυρήνα διαμέτρου 62.5 ή 50 micron (1μ (micron) = ένα εκατομμυριοστό του μέτρου) και cladding διαμέτρου 125 micron [62.5/125 ή 50/125] (σχήμα 1.12).

Το cladding περιβάλλεται από ένα buffer υλικό το οποίο συχνά είναι πλαστικό. Αυτό το υλικό βοηθάει στην προστασία του πυρήνα και του cladding από πιθανές ζημιές. Υπάρχουν δύο βασικοί σχεδιασμοί καλωδίων ο ένας είναι ο loose-tube (χαλαρός σχεδιασμός) και ο άλλος ο tight-buffered (σφιχτός σχεδιασμός) (σχήμα 1.11). Οι περισσότερες οπτικές ίνες που χρησιμοποιούνται στα LANs ακολουθούν τον δεύτερο σχεδιασμό στον οποίο το buffering υλικό που περικλείει το cladding είναι σε άμεση επαφή με αυτό. Τα tight-buffered καλώδια έχουν πολύ μικρό μέγεθος και αυτό τα κάνει ιδιαίτερα εύκαμπτα, δηλαδή εύκολα στην εγκατάσταση. Η κατασκευή tight-buffered παρέχει εξαιρετική αντίσταση σε συγκρούσεις αλλά δεν προστατεύει το γυαλί της οπτικής ίνας και δεν παρέχει αντοχή σε εναλλαγές θερμοκρασίας. Γι' αυτούς τους λόγους τα tight-buffered καλώδια χρησιμοποιούνται κυρίως για εσωτερικές εγκαταστάσεις. Αντίθετα η τεχνολογία loose-tube παρέχει καλύτερη προστασία σε περιπτώσεις ακραίων εναλλαγών θερμοκρασίας. Οι περισσότεροι κατασκευαστές καλωδίων εγχύουν ένα ζελέ για προστασία από το νερό μέσα στους σωλήνες χαλαρής μόνωσης για να προστατεύουν την οπτική ίνα από καταστροφή από το νερό. Γι' αυτούς τους λόγους τα loose-tube καλώδια χρησιμοποιούνται για εξωτερικές εγκαταστάσεις. Τα καλώδια loose-tube που περιέχουν το ζελέ για την προστασία από το νερό δεν μπορούν να εγκατασταθούν σε εσωτερικούς χώρους γιατί παραβιάζουν τους κανονισμούς πυροπροστασίας καθώς το ζελέ αυτό είναι τυπικά ένα υλικό με βάση το πετρέλαιο.



Σχήμα 1.11 : Σφιχτός και χαλαρός σχεδιασμός οπτικών ινών.

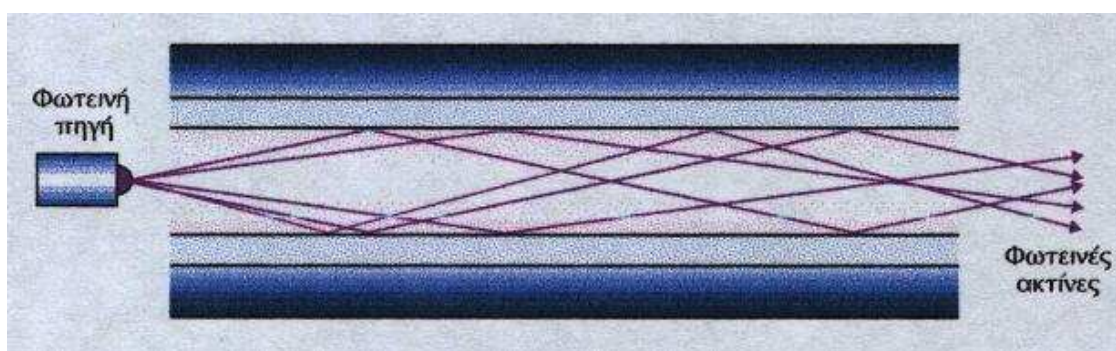
Τα ανθεκτικά μέλη που περιβάλλουν τον buffer προστατεύουν το καλώδιο από κακομεταχείριση όπως για παράδειγμα απότομο τράβηγμα. Το υλικό που συχνά χρησιμοποιείται εδώ είναι το Kevlar που επίσης χρησιμοποιείται και στην παραγωγή των αλεξισφαιρών γιλέκων. Το τελευταίο μέρος του οπτικού καλωδίου είναι η εξωτερική προστασία ή αλλιώς το περίβλημα του καλωδίου που προστατεύει την ίνα από γδαρσίματα, διαλυτικές ουσίες και από άλλες επικίνδυνες καταστάσεις. Συνήθως η εξωτερική προστασία έχει πορτοκαλί χρώμα. Στις multimode οπτικές ίνες

συνήθως χρησιμοποιούνται οι εξής δύο πηγές φωτός : Infrared Light Emitting Diodes (LEDs) ή Vertical Cavity Surface Emitting Lasers (VCSELs). Τα LEDs είναι λίγο φθηνότερα αλλά μπορούν να καλύψουν μικρότερες αποστάσεις σε σχέση με τα VCSELs.

Τέλος οι πολύτροπες οπτικές ίνες διακρίνονται σε δυο κατηγορίες: τις διακριτού βήματος (step index) και τις βαθμιαίου βήματος (graded index).

Οπτική ίνα διακριτού δείκτη (step index) :

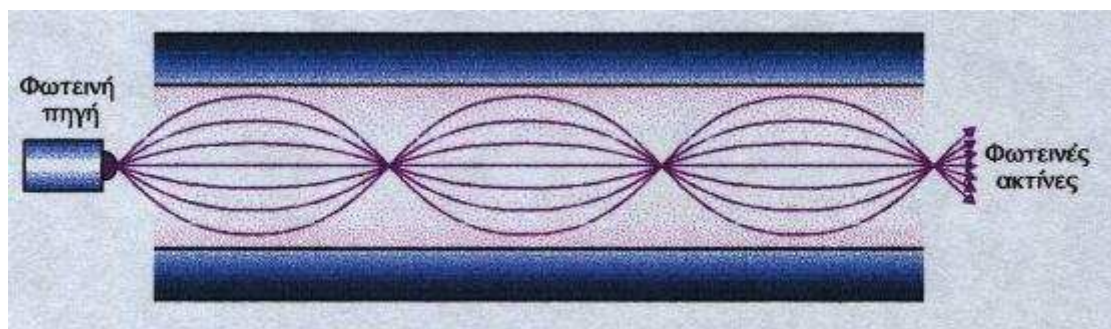
Στις ίνες αυτές συμβαίνει απότομη μεταβολή του δείκτη διάθλασης μεταξύ της κεντρικής ίνας και του υλικού επίστρωσης. Στην περίπτωση αυτή, η πορεία των ακτίνων εμφανίζεται στο Σχήμα 1.12.



Σχήμα 1.12 :: Οπτική ίνα διακριτού δείκτη

Οπτική ίνα βαθμιαίου δείκτη (graded index) :

Οι ίνες αυτές χαρακτηρίζονται από βαθμιαία μεταβολή του δείκτη διάθλασης του υλικού της κεντρικής ίνας. Συμβαίνει βαθμιαία μείωση όσο απομακρυνόμαστε από το κέντρο προς την εξωτερική επιφάνεια του γυαλιού. Η πορεία των ακτίνων σε μια τέτοια ίνα είναι αυτή, που φαίνεται στο Σχήμα 1.13.

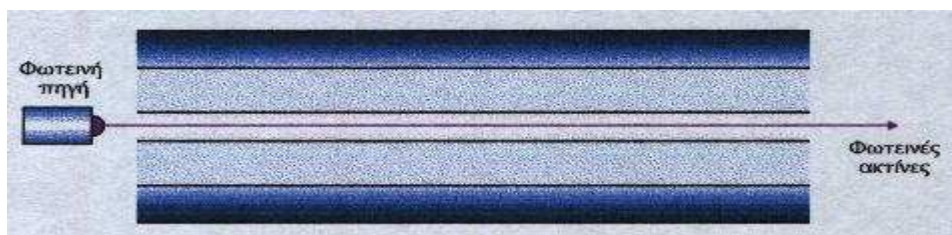


Σχήμα 1.13 :: Οπτική ίνα βαθμιαίου δείκτη

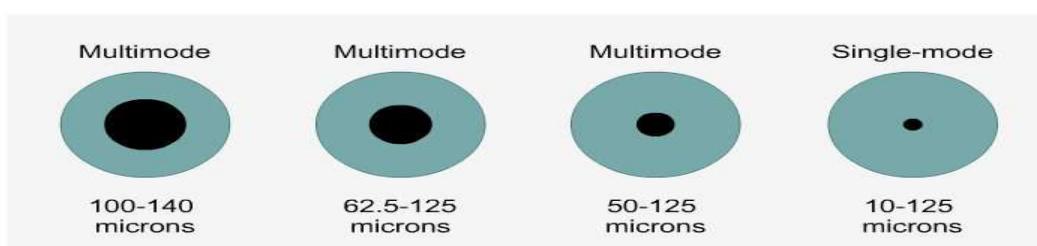
B) Καλώδια μονότροπων οπτικών ινών (Singlemode fiber).

Η Single-mode (μονότροπη) ίνα αποτελείται από τα ίδια μέρη με την multimode ίνα. Η εξωτερική προστασία της single-mode ίνας είναι συνήθως κίτρινη. Η σημαντικότερη διαφορά μεταξύ multimode και single-mode είναι το γεγονός ότι η

δεύτερη επιτρέπει μόνο σε ένα mode φωτός να μεταδίδεται μέσω του πυρήνα της. Ο πυρήνας της single-mode ίνας έχει διάμετρο από 8 ως 10 microns. Η πιο κοινή διάμετρος είναι αυτή των 9 microns ($9/125 = 9$ microns διάμετρος του πυρήνα και 125 microns διάμετρος του cladding, η τιμή αυτή αναγράφεται στην εξωτερική επιφάνεια της ίνας) (σχήμα 1.15). Στις single-mode ίνες ως πηγή φωτός χρησιμοποιείται ένα infrared laser. Οι ακτίνες φωτός που αυτό παράγει εισέρχονται στον πυρήνα με γωνία 90 μοιρών. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η ακτίνα να ακολουθεί μια σταθερή ευθεία πορεία μέσα από το κέντρο του πυρήνα. Αυτό αυξάνει σημαντικά και την ταχύτητα και την απόσταση που μπορούν τα δεδομένα να μεταφερθούν. Εξαιτίας του σχεδιασμού της η single-mode ίνα είναι συμβατή με υψηλότερους ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων (bandwidth) και μεγαλύτερες αποστάσεις σε σχέση με την multimode οπτική ίνα. Η single-mode ίνα μπορεί να μεταφέρει δεδομένα σε αποστάσεις μέχρι και τα 3000 μέτρα ενώ η multimode ίνα μέχρι και τα 2000 μέτρα και με bandwidth μικρότερο από τα 200 mb/sec. Παρά το γεγονός ότι αυτή η απόσταση θεωρείται ως στάνταρ οι νεότερες τεχνολογίες έχουν αυξήσει αυτές τις αποστάσεις. Τα laser και οι single-mode ίνες είναι πιο ακριβά από τα led και τις multimode ίνες. Λόγω των χαρακτηριστικών τους οι single-mode ίνες συχνά χρησιμοποιούνται για εσωτερικές κτηριακές δικτυώσεις. Σημείωση : Το φως του laser που χρησιμοποιείται για τις single-mode ίνες έχει μεγαλύτερο μήκος κύματος από αυτό που μπορεί να δει το ανθρώπινο μάτι. Το laser είναι τόσο δυνατό που μπορεί να προκαλέσει σοβαρή ζημιά στα μάτια.



Σχήμα 1.14 : Μονότροπη οπτική ίνα



Σχήμα 1.15 : Διάμετρος των πυρήνων multimode και singlemode ινών.

1.5.2 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΕΠΙΔΟΣΕΙΣ

Οι επιδόσεις μιας οπτικής ίνας συνδέονται με τον τρόπο μετάδοσης του σήματος

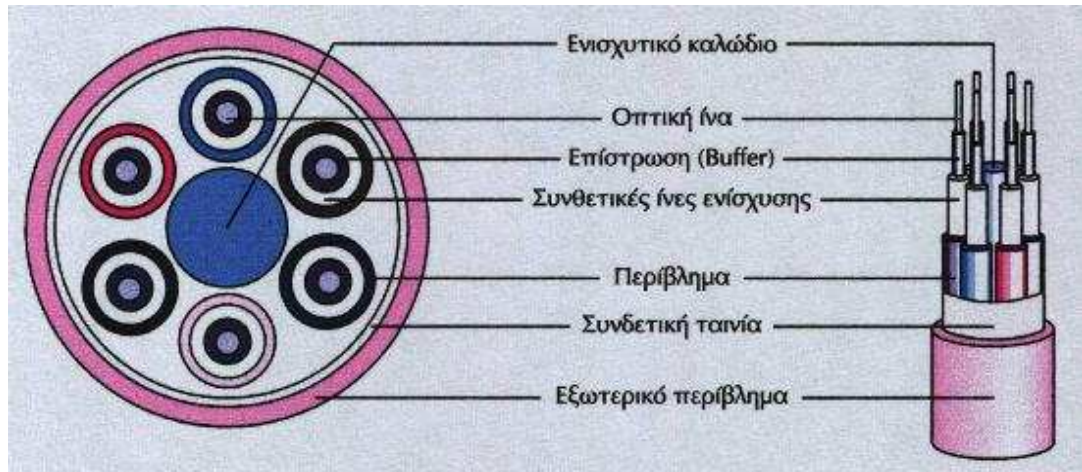
κύματος του φωτός, που εκπέμπεται από την πηγή, Στις μονότροπες οπτικές ίνες χρησιμοποιούνται μήκη κύματος μεταξύ των 1310 nm και των 1550 nm. Στις πολύτροπες οπτικές ίνες έχουμε μήκη κύματος από 850 nm έως 1300 nm. Θα πρέπει να τονίσουμε, ότι για δεδομένη εγκατάσταση, θα πρέπει να χρησιμοποιείται μόνο 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 εξασθένιση 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 σε μια οπτική ίνα, και η χρωματική διασπορά του μεταδιδόμενου σήματος μέσα στην οπτική ίνα, η οποία διασπορά αυξάνεται με την απόσταση και εξασθενίζει το σήμα. Επίσης, επιβαρυντικός παράγων είναι η χρήση συνδέσμων και διακλαδωτών στην πορεία των οπτικών ινών. Θα πρέπει να σημειώσουμε, ότι στις πολύτροπες οπτικές ίνες είναι πιο ανεκτό να χρησιμοποιήσουμε συνδετήρες και διακλαδωτές απ,ότι στις μονότροπες. Επίσης, στις πολύτροπες οπτικές ίνες μπορούν να χρησιμοποιηθούν χαμηλού κόστους πηγές LED, ενώ οι μονότροπες οδηγούνται συνήθως από πηγή LASER. Τυπική τιμή εξασθένισης σήματος για μια 62,5/125 πολύτροπη οπτική ίνα είναι 3,5 dB/Km για σήμα με μήκος κύματος 850 nm και 1.0 dB/Km για μήκος κύματος 1300nm. Τυπικό μέγεθος εξασθένισης σήματος για μονότροπη οπτική ίνα είναι 0,5 dB/Km στα 1310 nm και 0,4 dB/Km στα 1550nm.

1.6 ΤΥΠΟΙ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ

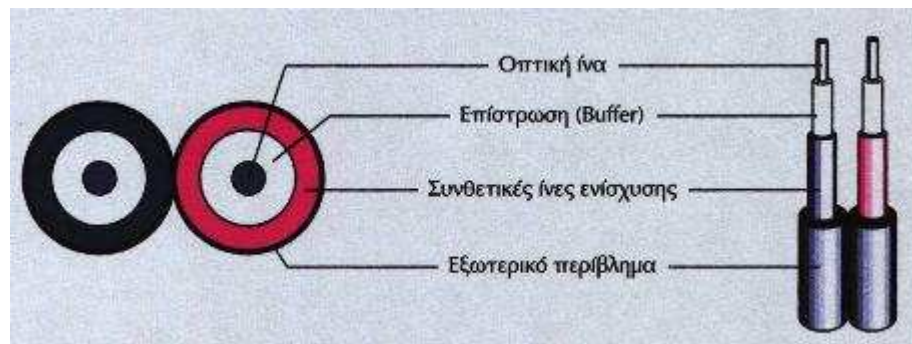
Τα καλώδια οπτικών ινών περιέχουν από 1 έως 96 οπτικές ίνες. Τα πιο συνηθισμένα είναι τα καλώδια με ζυγό αριθμό οπτικών ινών για την επικοινωνία των full-duplex κυκλωμάτων. Θα ξεχωρίσουμε δυο τύπους οπτικών ινών ως προς την κατασκευή τους :

1) Στην πρώτη περίπτωση, έχουμε σε κάθε οπτική ίνα και εξωτερικά από την επιστροφή συνθετικές ίνες και εξωτερικό μονωτικό περίβλημα. Μέσα στο καλώδιο υπάρχουν πολλές τέτοιες ίνες, όπου η κάθε ίνα αποτελεί και ένα ξεχωριστό καλώδιο. Μέσα στο καλώδιο περιέχονται εκτός από καλώδια οπτικών ινών και καλώδια, τα οποία χρησιμεύουν για ενίσχυση και στρογγυλοποίηση του όλου σχήματος. Όλα αυτά τα καλώδια, τέλος, περικλείονται από εξωτερικό περίβλημα. Αυτή η κατασκευή είναι γνωστή σαν Tight Buffer. Στο Σχήμα 1.16 εμφανίζεται ανάλογη κατασκευή καλωδίου οπτικών ινών.



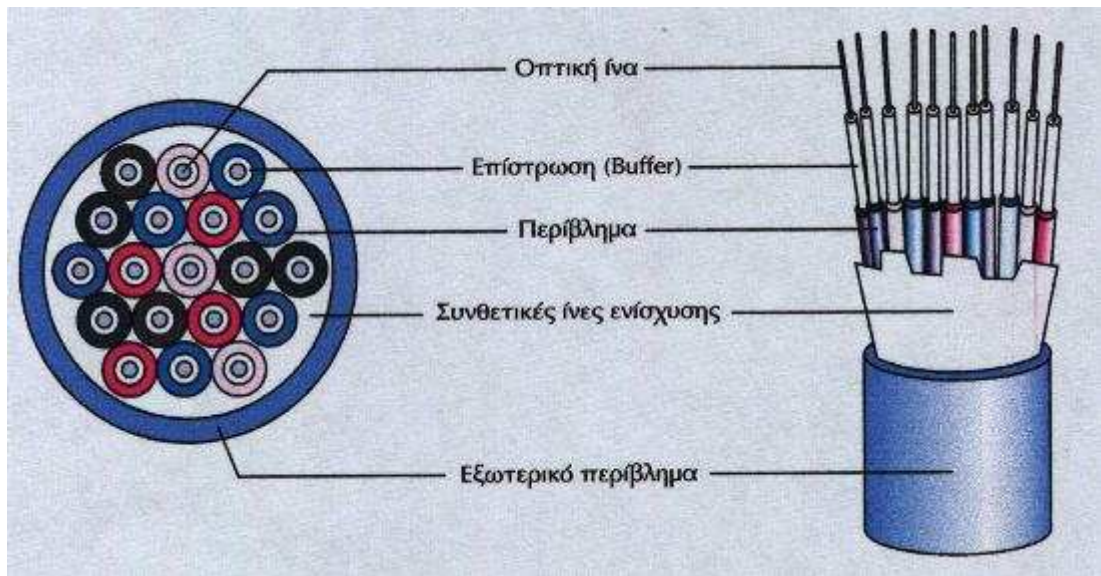
Σχήμα 1.16 : Καλώδιο οπτικών ινών (Tight Buffer)

Παρόμοιας κατασκευής είναι τα εύκαμπτα καλώδια, που χρησιμοποιούμε για τη σύνδεση με τον ενεργό εξοπλισμό (Optical patch cords). Αυτά αποτελούνται από δυο καλώδια ενωμένα στο εξωτερικό τους, το κάθε ένα από τα οποία περιέχει οπτική ίνα από πλαστικό. Στο σχήμα 1.17 εμφανίζεται ένα οπτικό καλώδιο σύνδεσης.



Σχήμα 1.17: Οπτικό Patch cord

2) Στην δεύτερη περίπτωση, έχουμε τις οπτικές ίνες με την επίστρωση τους να είναι τοποθετημένες ελεύθερα μέσα στο καλώδιο και περικλείονται από εξωτερικό περίβλημα, αφού πρώτα τοποθετηθεί μέσα στο καλώδιο επίστρωση από συνθετικές ίνες για την ανθεκτικότητα του καλωδίου. Αυτή η κατασκευή είναι γνωστή σαν Loose Buffer. Στο Σχήμα 1.18 εμφανίζεται ανάλογη κατασκευή καλωδίου οπτικών ινών.



Σχήμα 1.18 : Καλώδιο οπτικών ινών (Loose Buffer)

1.7 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

Οι οπτικές ίνες φαίνεται να είναι σήμερα η καλύτερη λύση στα μέσα μετάδοσης και αυτό γιατί τα πλεονεκτήματα, που παρουσιάζουν, σε σχέση με τα άλλα μέσα είναι ιδιαίτερα σημαντικά.

Οι οπτικές ίνες διαθέτουν πολύ μεγάλο εύρος ζώνης συχνοτήτων, με αποτέλεσμα να επιτυγχάνονται υψηλές ταχύτητες μετάδοσης (της τάξης των Gbps). Συνήθεις ταχύτητες μετάδοσης είναι αυτές των 2 και 10 Gbps, ενώ έχουν επίσης αναπτυχθεί συστήματα των 20,40 και 50 Gbps. Σε περίπτωση πολυπλεξίας με διαίρεση μήκους κύματος, οι ταχύτητες φθάνουν στα μερικά Tbps. Επίσης, δεν επηρεάζονται από ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία, με αποτέλεσμα να συνιστάται η χρήση τους σε βιομηχανικό περιβάλλον και σε χώρους με υψηλό θόρυβο. Η εξασθένηση των σημάτων είναι μικρότερη από ότι στα χάλκινα και ομοαξονικά καλώδια, με αποτέλεσμα οι αποστάσεις μεταξύ ενισχυτών ή άλλων ενεργών στοιχείων να κυμαίνονται από μερικά μέχρι και μερικές εκατοντάδες χιλιόμετρα, ανάλογα με τη τεχνική και το ρυθμό μετάδοσης. Η υποκλοπή ή η παρεμβολή πληροφορίας είναι πολύ δύσκολο να επιτευχθούν, με αποτέλεσμα οι οπτικές ίνες να συνιστούν πολύ ασφαλές μέσο μετάδοσης. Επίσης, το βάρος και ο όγκος τους είναι σημαντικά μικρότερος από τα αντίστοιχα μεγέθη των άλλων αγωγών. Αξίζει να αναφέρουμε, σαν παράδειγμα, ότι χάλκινο καλώδιο με 1000 ζεύγη και μήκος 500 μέτρων ζυγίζει περίπου 4000 κιλά, ενώ οπτική ίνα του ίδιου μήκους, που περιέχει τον ίδιο αριθμό καναλιών, ζυγίζει μόνο 45 κιλά. Επιπλέον, δεν είναι ευαίσθητη σε υγρό περιβάλλον, όπου τα χάλκινα καλώδια μπορεί να δημιουργήσουν βραχυκυκλώματα. Επειδή η οπτική ίνα δεν μεταφέρει ηλεκτρικό σήμα, προτιμάται σε περιοχές υψηλού κινδύνου εκρήξεων από σπινθήρες (χώροι καυσίμων, εύφλεκτων αερίων κλπ.).

Συμπερασματικά, θα πρέπει να αναφέρουμε, ότι τα καλώδια οπτικών ινών παρουσιάζουν ίδιες μηχανικές ιδιότητες με τα ομοαξονικά, αλλά είναι ελαφρότερα σε βάρος, μικρότερα σε διάμετρο και οι αποστάσεις μεταξύ των επαναληπτών είναι μεγαλύτερες. Ένα από τα βασικότερα μειονεκτήματα, που παρουσιάζουν οι οπτικές ίνες, είναι η δυσκολία υλοποίησης συνδέσεων, επειδή απαιτείται υψηλή προσαρμογή και ευθυγράμμιση της φωτεινής πηγής, για να μην υπάρχει διασπορά και να ελαχιστοποιηθούν οι απώλειες. Όμως, η πρόοδος της τεχνολογίας, που έχει σημειωθεί τα τελευταία χρόνια στην περιοχή των οπτικών ινών, αντιμετώπισε με επιτυχία την παραπάνω δυσκολία, με αποτέλεσμα να είναι δυνατή η χρήση τους και για συνδέσεις σημείου προς πολλά σημεία. Παρόλα αυτά, η χρήση τους σε τέτοιες συνδέσεις δεν έχει ακόμη ευρέως εξapλωθεί, ιδιαίτερα λόγω του αυξημένου κόστους, που παρουσιάζουν τέτοια συστήματα. Αναλυτικότερα πλεονεκτήματα οπτικών ινών:

1) Χαμηλό κόστος. Η δημιουργία ενός καλωδίου οπτικών ινών είναι πιο συμφέρουσα οικονομικά, σε σχέση με ένα χάλκινο καλώδιο ίδιας απόστασης και δυνατοτήτων. Αυτό ωφελεί αρχικά τους πάροχους υπηρεσιών τηλεπικοινωνιών, οι οποίοι με μικρότερο κόστος παρέχουν ποιοτικές υπηρεσίες. Τελικά αυτό μειώνει και τις ανάγκες απόσβεσης εξόδων των παρόχων, επομένως ωφελεί και τον καταναλωτή, που επιβαρύνεται με μικρότερες χρεώσεις για τις υπηρεσίες που χρησιμοποιεί :

2) Υψηλό bandwidth, το οποίο ξεπερνά κατά εκατοντάδες φορές αυτό ενός κοινού καλωδίου. Οι υψηλές ταχύτητες μετάδοσης δεδομένων, εξασφαλίζουν ταχύτητες της τάξεως των Gbps, που με τη σειρά τους προσφέρουν αστραπιαία διαμεταγωγή δεδομένων και αξιόπιστες υπηρεσίες τηλεφωνίας μέσω πρωτοκόλλου IP.

3) Μικρή εξασθένιση του σήματος, χάρη στην υψηλή ποιότητα του γυαλιού που χρησιμοποιείται ως μέσο μετάδοσης. Ακόμη και αν υπάρξει εξασθένιση σήματος, αυτό ενισχύεται πολύ εύκολα μέσω των κατάλληλων ενισχυτών.

4) 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.

5) Αμιγώς ψηφιακό σήμα, που εξασφαλίζει υψηλότερη ποιότητα επικοινωνίας και αποφυγή προβλημάτων που θα προέκυπταν σε μια αναλογική μετάδοση. Στον κόσμο της ψηφιακής πληροφορίας, τα δεδομένα αναπαρίστανται από τους αριθμούς 0 και 1, οι οποίοι ονομάζονται bits. Το 0 ισοδυναμεί με την κατάσταση «κλειστό» και το 1 με την κατάσταση «ανοικτό». Μια ακολουθία 8 bits σχηματίζουν 1 ψηφιακή λέξη που λέγεται byte ή octet. Οι οπτικές ίνες μεταδίδουν τις φωτεινές αναλαμπές με υψηλή αξιοπιστία, μεταφέροντας τα bytes με πολύ μικρότερες αλλοιώσεις σε σχέση με αυτές ενός κοινού καλωδίου δικτύου, ή μιας ασύρματης σύνδεσης δεδομένων.

6) Υψηλή διαθεσιμότητα, που οφείλεται κυρίως στην ανθεκτική κατασκευή των σύγχρονων οπτικών καλωδίων, που μειώνει στο ελάχιστο το ενδεχόμενο εξωτερικής ζημιάς.

7) Μικρές διαστάσεις και βάρος, καθώς ένα μικρό και ελαφρύ καλώδιο οπτικών ινών, μεταφέρει πολύ περισσότερα δεδομένα από ένα μεγαλύτερο και πιο βαρύ χάλκινο καλώδιο. Έτσι, απαιτείται πολύ λιγότερος χώρος για την υλοποίηση ενός δικτύου οπτικών ινών

1.8 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ

Οι οπτικές ίνες βρίσκουν πάρα πολλές εφαρμογές. Οπτικές ίνες μεγάλης διαμέτρου και μικρής καθαρότητας (συνήθως πλαστικές) χρησιμοποιούνται στην κατασκευή φωτεινών επιγραφών, στην διακόσμηση και στο φωτισμό των πισίνων. Έτσι αποτρέπεται ο κίνδυνος ηλεκτροπληξίας. Δέσμη οπτικών ινών (με μια μόνο λάμπα) φωτίζει πολλές προθήκες καταστημάτων ή πολλούς πίνακες ζωγραφικής στις γκαλερί, ώστε να εξοικονομούμε ηλεκτρική ενέργεια. Με την βοήθεια των οπτικών ινών μπορούμε να παρατηρήσουμε αντικείμενα απρόσιτα σε άμεση παρατήρηση. Έτσι κατασκευάστηκε το ενδοσκόπιο, όργανο που χρησιμοποιείται στην Ιατρική, για να κάνει ορατές ορισμένες εσωτερικές περιοχές του σώματός μας. Παρόμοια συστήματα χρησιμοποιούνται από τους μηχανικούς για να εντοπίσουν βλάβες στο εσωτερικό των μηχανών.

Η πιο σημαντική εφαρμογή των οπτικών ινών αφορά τις τηλεπικοινωνίες. Ίσως όλοι μας έχουμε ακούσει για την χρήση των οπτικών ινών στις ψηφιακές (digital) τηλεπικοινωνίες. Η χρήση τους έφερε την επανάσταση στο χώρο αυτό για τους λόγους που αναφέρουμε παρακάτω:

Με την βοήθεια μιας ίνας μπορούμε να μεταφέρουμε ταυτόχρονα και χωρίς παρεμβολές χιλιάδες τηλεφωνήματα, δεκάδες εκπομπές τηλεοπτικών καναλιών και μεγάλο αριθμό δεδομένων υπολογιστών. Οι διαστάσεις των καλωδίων των οπτικών ινών και το βάρος τους είναι πολύ μικρότερα από τα αντίστοιχα του χαλκού. Λόγου χάρη, ένα καλώδιο οπτικών ινών μπορεί να αντικαταστήσει χάλκινο καλώδιο δεκαπλάσιας, περίπου, διαμέτρου και τριανταπλάσιου, περίπου, βάρους. Κατά τη μεταφορά των πληροφοριών δεν έχουμε παράσιτα. Είναι πολύ δύσκολη η υποκλοπή (τοποθέτηση “κοριών”) ή η συνακρόαση. Δεν χρειάζονται γείωση. Μιλώντας στο τηλέφωνο η φωνή μας μετατρέπεται σε μια μορφή ενέργειας που μπορεί να μεταφερθεί. Μέχρι πρότινος μετασχηματιζόνταν σε ηλεκτρικό σήμα μεταφερόμενο με ηλεκτρικούς παλμούς μέσω των χονδρών παραδοσιακών καλωδίων, που παρά τις διαστάσεις τους «χωράνε» μόνο λίγες συνδιαλέξεις κάθε στιγμή. Η εφεύρεση των οπτικών ινών έφερε την επανάσταση. Το σήμα διαβιβάζεται τώρα με μορφή φωτεινών παλμών όχι μόνο με καλλίτερη ποιότητα αλλά και μέσω λεπτοτάτων καλωδίων με απίστευτα τεράστια χωρητικότητα.

Μπορούν να παραχθούν από κάθε χώρα με συνέπεια την απεξάρτησή της από χώρες που παράγουν χαλκό. Έτσι επιτυγχάνεται και τεχνολογική διάχυση. Στην Ελλάδα υπάρχουν εργοστάσια παραγωγής οπτικών ινών, δηλαδή επεξεργασίας του διοξειδίου του πυριτίου, με πρώτη ύλη την άμμο. Στην Ελλάδα ο ΟΤΕ έχει

αντικαταστήσει μέχρι σήμερα ένα μεγάλο μέρος του παλιού δικτύου του με δίκτυο οπτικών ινών.

Στην ιατρική οι οπτικές ίνες φωτίζουν τα μυστήρια του οργανισμού. Το ενδοσκόπιο δίνει στον γιατρό την εικόνα του εσωτερικού πχ. μιάς αρτηρίας. Αποτελείται από λεπτά ρυθμιστικά καλώδια που του επιτρέπουν να κινείται και να περιστρέφεται ώστε να φθάνει σε διάφορα σημεία του σώματος, και από οπτικές ίνες. Μια ομάδα οπτικών ινών μεταφέρει φως από μια πηγή στο άκρο του ενδοσκοπίου φωτίζοντας την αρτηρία ή κάποιο άλλο όργανο του σώματος. Μια άλλη ομάδα οπτικών ινών μεταφέρει το ανακλώμενο φως πίσω σε ένα προσοφθάλμιο φακό όπου ο γιατρός βλέπει τα είδωλα των οργάνων που σχηματίζονται χάρη σε άπειρες φωτεινές κουκκίδες που οφείλονται στις διάφορες οπτικές ίνες. Η όλη διαδικασία μοιάζει με τον μηχανισμό της όρασης των εντόμων.

Τέλος οι οπτικές ίνες χρησιμοποιούνται σε σύγχρονα επιστημονικά όργανα ανίχνευσης παραμορφώσεων, πίεσης, θερμοκρασίας (ηφαιστειών και πυρηνικών αντιδραστήρων), καθώς και άλλων μεγεθών. Μελλοντικά οι αεροναυπηγοί προσανατολίζονται στην κατασκευή αεροσκαφών τα οποία, αντί για μεταλλικό περίβλημα, θα έχουν περίβλημα από οπτικές ίνες και πολυμερή. Έτσι μέσω των οπτικών ινών ο πιλότος θα ενημερώνεται συνεχώς για την κατάσταση του αεροσκάφους του, για την πίεση που δέχεται, τη θερμοκρασία σε κάθε σημείο του, για κάποια πιθανή παραμόρφωση κτλ. Θα κατασκευαστούν δηλαδή αεροσκάφη με "δέρμα" που αισθάνεται.

Χρήσεις και παραδείγματα συναντάμε παρακάτω :

Τα καλώδια οπτικών ινών, τα οποία, συνήθως περιέχουν δεσμίδες οπτικών ινών, χρησιμοποιούνται, κυρίως, από τους τηλεπικοινωνιακούς οργανισμούς για επίγειες και υποθαλάσσιες συνδέσεις μεγάλων αποστάσεων, αντικαθιστώντας τόσο τις γραμμές ομοαξονικών καλωδίων, όσο και τις επίγειες και δορυφορικές μικροκυματικές ζεύξεις. Τα τελευταία χρόνια έχουν ποντισθεί πολλά καλώδια οπτικών ινών, με χωρητικότητα, η οποία ξεπερνά τα 30.000 κυκλώματα φωνής, για τη διασύνδεση ηπείρων. Τέτοια παραδείγματα αποτελούν το καλώδιο BSFOCS, που εκτείνεται στην περιοχή της Μαύρης θάλασσας και συνδέει τη Βουλγαρία, Ουκρανία και Ρωσία, το καλωδιακό σύστημα SEA - ME - WE 3 (South East Asia - Middle East - West Europe), που ξεκινά από τη Δυτική Ευρώπη (Γερμανία, Μεγ. Βρετανία), περνά από τα στενά του Γιβραλτάρ στη Μεσόγειο (Ιταλία, Ελλάδα, Κύπρο) συνεχίζει από τα στενά του Σουέζ προς την Ασία (Ινδία, Σιγκαπούρη) και χωρίζεται σε δύο μέρη, με το ένα άκρο να καταλήγει στην Ιαπωνία και το άλλο στην Αυστραλία και το καλώδιο ADRIA-1, που συνδέει την Ελλάδα (Κέρκυρα), την Αλβανία (Durrës) και την Κροατία (Dubrovnik).

Οι οπτικές ίνες χρησιμοποιούνται, επίσης, από ιδιωτικές εταιρίες σε τοπικά δίκτυα, σε πανεπιστημιακά δίκτυα κορμού, σε δίκτυα ευρείας περιοχής, σε δίκτυα καλωδιακής τηλεόρασης, σε εφαρμογές με υψηλές απαιτήσεις σε ασφάλεια μετάδοσης, όπως οι στρατιωτικές και, τέλος, σε βιομηχανικές εφαρμογές, όπου υπάρχει υψηλός

βιομηχανικός θόρυβος, στον οποίο οι οπτικές ίνες παρουσιάζουν ανοσία.

1.9 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΑ ΔΙΚΤΥΑ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ

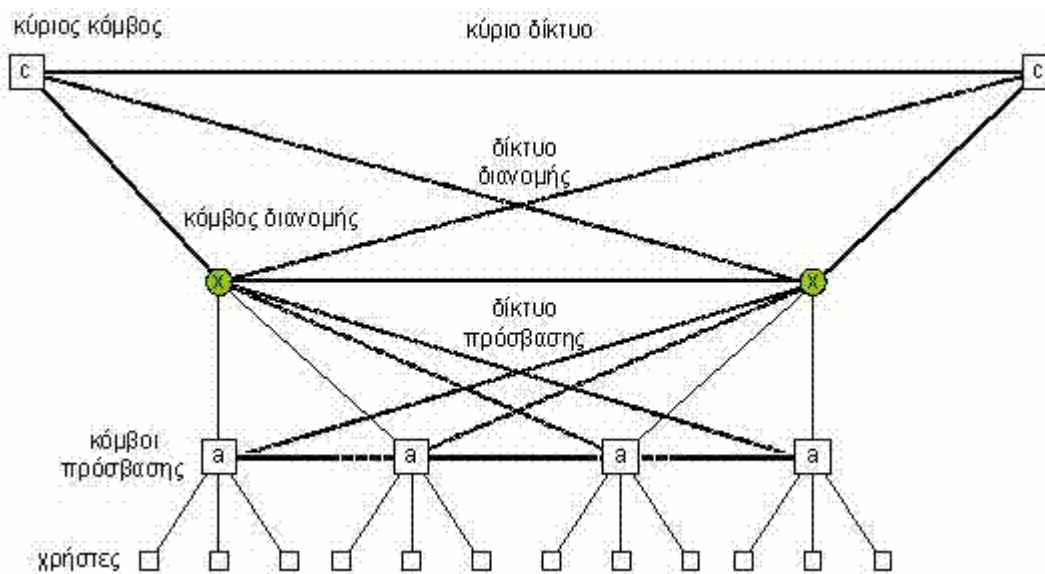
Μια στρατηγική για τη δημιουργία δικτύων που θα μπορούν να υποστηρίξουν τις νέες πολύ ενδιαφέροντες και απαιτητικές για εύρος ζώνης εφαρμογές είναι η τεχνολογία πολυπλεξίας μήκους κύματος WDM (Wavelength Division Multiplexing). Η βασική ιδέα πάνω στην οποία στηρίχτηκε η νέα τεχνολογία ήταν η εξής: σε κάθε οπτική ίνα το οπτικό σήμα που διαδίδεται έχει μια συγκεκριμένη συχνότητα, είναι δυνατόν από την ίδια ίνα να περάσουν περισσότερα του ενός διαφορετικά σήματα διαφορετικής συχνότητας (λ) ή αλλιώς διαφορετικού χρώματος μιας και μιλάμε για οπτικά σήματα, τα οποία το καθένα να αντιπροσωπεύει και μία ροή δεδομένων. Με βάση αυτό το χαρακτηριστικό έγινε δυνατή η παράλληλη μετάδοση σήματος και στις οπτικές ίνες. Η πολυπλεξία μήκους κύματος είναι η τεχνική μετάδοσης πληροφορίας μέσα από οπτική ίνα η οποία επιτρέπει την παράλληλη μετάδοση bits ή αλλιώς τη σειριακή μετάδοση χαρακτήρων.

Τα συστήματα WDM μπορούν να μεταδώσουν μέχρι 24 κανάλια αλλά στο μέλλον όλα δείχνουν ότι η χωρητικότητα θα αυξηθεί στα 128 και παραπάνω μέσα από μια ίνα. Σήμερα η τεχνική DWDM (Dense Wave Division Multiplexing = Πυκνή Πολυπλεξία στο πεδίο του Μήκους Κύματος) έχει ενταχθεί στην τεχνική WDM. Τεχνικά είναι η ίδια μεθοδολογία αλλά όπως φαίνεται και από το όνομα η DWDM εμπεριέχει περισσότερα κανάλια και μεγαλύτερη χωρητικότητα σε εύρος ζώνης. Συχνά οι δύο αυτές τεχνικές αναφέρονται σαν μια, WDM, χωρίς να διακρίνεται η ειδοποιός διαφορά. Η τεχνολογία DWDM είναι η περισσότερα υποσχόμενη τεχνολογία για μεταφορά δεδομένων μέσα από οπτικές ίνες και αποτελεί σίγουρα μονόδρομο για την υλοποίηση σχεδίων όπως το Gigabit Internet.

Επιπλέον, η τραχύς μήκους κύματος διαίρεση πολυπλεξία (CWDM - Coarse Wevelength Division Multiplexing) είναι μια τεχνολογία μεταφοράς πολυπρωτοκόλλων, που παρουσιάζει σημαντική ανάπτυξη στην αγορά λόγω των ιδιοτήτων χαμηλότερου κόστους και της απλότητας στον σχεδιασμό της. Η CWDM τεχνολογία αντιπροσωπεύει μια τέλεια οικονομική τεχνολογία τόσο σε πρόσβαση όσο και στην αγορά δικτύων κορμού και ειδικά σε σχετικά μικρές αποστάσεις (έως 31 μίλια). Παραδίδει τα πολλαπλάσια μήκη κύματος μέσω μιας οπτικής ίνας σε ένα μέρος του κόστους και πολυπλοκότητας των συστημάτων DWDM. Ένας ακριβέστερος ορισμός του CWDM είναι "μια μορφή διαίρεσης και πολυπλεξίας μήκους κύματος που έχει ευρύτερα διαστήματα μεταξύ των μηκών κύματος από αυτά που χρησιμοποιούνται στο DWDM. Επίσης, αντίθετα από άλλες μορφές WDM, χρησιμοποιεί ένα πολύ ευρύτερο φωτονιακό φάσμα ζωνών από άλλα τέτοια συστήματα, τα οποία συχνά είναι περιορισμένα σε μια ή δύο ζώνες" (Μέχρι 18 μήκη κύματος μπορούν να σταλούν χρησιμοποιώντας μερικά σχέδια CWDM).

Προς το παρόν οι οπτικές ίνες χρησιμοποιούνται για την υλοποίηση ευρυζωνικού δικτύου κορμού και διανομής, καθώς είναι ουσιαστικά η μόνη τεχνολογία που μπορεί να υποστηρίξει τη συγκέντρωση ευρυζωνικών συνδέσεων πρόσβασης και να μεταφέρει τις μεγάλες ποσότητες δεδομένων με υψηλό ρυθμό που απαιτεί η παροχή ευρυζωνικών υπηρεσιών από κεντρικά σημεία διανομής προς τους συνδρομητές. Για το λόγο αυτό είναι κοινή περίπτωση ο συνδυασμός υποδομών οπτικών ινών με άλλες ευρυζωνικές τεχνολογίες, όπου η υποδομή οπτικών ινών δημιουργείται και φτάνει μέχρι τις γειτονιές ή τα κτίρια των συνδρομητών και στη συνέχεια χρησιμοποιούνται οι υπόλοιπες τεχνολογίες ευρυζωνικής πρόσβασης για να δημιουργηθεί το δίκτυο πρόσβασης που φτάνει μέχρι το χώρο του χρήστη.

Όσον αφορά την αρχιτεκτονική ενός δικτύου οπτικών ινών, σημειώνεται ότι αποτελείται από τρεις βασικές λογικές μονάδες: το δίκτυο κορμού, το δίκτυο διανομής και το δίκτυο πρόσβασης. Η λογική αυτή παρουσιάζεται καλύτερα στα σχήματα που ακολουθούν:



Σχήμα 1.19: Εικόνα με τη αρχιτεκτονική ενός δικτύου οπτικών ινών

Το δίκτυο κορμού αποτελείται από έναν αριθμό κόμβων οι οποίοι συνδέονται μεταξύ τους. Σημειώνεται ότι υπάρχει σύνδεση μεταξύ των κύριων κόμβων οι οποίοι βρίσκονται σε κοντινή απόσταση μεταξύ τους. Επιπλέον, το δίκτυο διανομής αποτελείται από τους κόμβους διανομής, οι οποίοι συνδέονται μεταξύ τους και υπάρχει πρόβλεψη και για επιπλέον συνδέσεις μεταξύ τους στο μέλλον. Τέλος, στο δίκτυο πρόσβασης το οποίο αποτελείται από τους κόμβους πρόσβασης συνδέονται τα διάφορα κτίρια όπου αναλόγως των απαιτήσεων των τελικών χρηστών καθορίζονται και τα επιμέρους χαρακτηριστικά των συνδέσεων. (αναλυτικότερη

περιγραφή γίνεται στο κεφάλαιο 2).

Οι οπτικές ίνες παρέχουν μεγάλο εύρος ζώνης, το οποίο σήμερα φθάνει στις ευρέως χρησιμοποιούμενες υλοποιήσεις όπως το Gigabit Ethernet μέχρι και τα 10 Gbps. Η απόσταση κυμαίνεται μεταξύ 70-100 Km ανάλογα με τον τύπο της οπτικής ίνας και το σήμα που μεταφέρεται. Συνεπώς, περιορίζουν τον αριθμό των ενδιάμεσων ενισχύσεων που απαιτούνται για να διασχίσει το σήμα μια μεγάλη απόσταση, και έχει σημαντική ανοχή στον θόρυβο.

Όσον αφορά την υιοθέτηση τεχνολογίας οπτικών ινών στην παροχή τέτοιου είδους ευρυζωνικής πρόσβασης, η αρχιτεκτονική αναφέρεται ως Fiber To The Home (FTTH) και συνίσταται στην κατάληξη (ζευγών συνήθως) οπτικών ινών στο χώρο των συνδρομητών και τον τερματισμό τους με κατάλληλο εξοπλισμό. Η τεχνολογία FTTH διαχωρίζεται ανάλογα με το αν στα σημεία διακλάδωσης χρησιμοποιείται παθητικός ή ενεργός εξοπλισμός. Πρόκειται για τις τεχνολογίες Active Optical Network (AON) και Passive Optical Network (PON).

Ανάμεσα στα πολλαπλά πλεονεκτήματα της τεχνολογίας των οπτικών ινών διακρίνουμε το χαμηλό κόστος, το υψηλό bandwidth το οποίο ξεπερνά κατά εκατοντάδες φορές αυτό ενός κοινού καλωδίου, την μικρή εξασθένιση του σήματος καθώς και τις μικρές απαιτήσεις σε ενέργεια. Επιπλέον, οι οπτικές ίνες διαθέτουν μικρές διαστάσεις και βάρος και παρατηρείται υψηλή διαθεσιμότητα που οφείλεται κυρίως στην ανθεκτική κατασκευή των σύγχρονων οπτικών καλωδίων, που μειώνει στο ελάχιστο το ενδεχόμενο εξωτερικής ζημιάς.

Ένας άλλος σχετικός όρος με το συγκεκριμένο θέμα είναι οι σκοτεινές οπτικές ίνες (Dark Fibers). Πρόκειται για κλασσικές οπτικές ίνες οι οποίες είναι τοποθετημένες κανονικά αλλά παραμένουν αχρησιμοποίητες. Κάτι τέτοιο συμβαίνει σε περιπτώσεις όπου οι αντίστοιχες εταιρείες επιλέγουν να εγκαταστήσουν μεγαλύτερο πλήθος οπτικών ινών από τις υπάρχουσες ανάγκες για μελλοντική χρήση. Έτσι λοιπόν, οι επιπλέον οπτικές ίνες μπορούν να εκμισθωθούν σε άλλες εταιρείες ή ιδιώτες για προσωπική χρήση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΜΗΤΡΟΠΟΛΙΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ

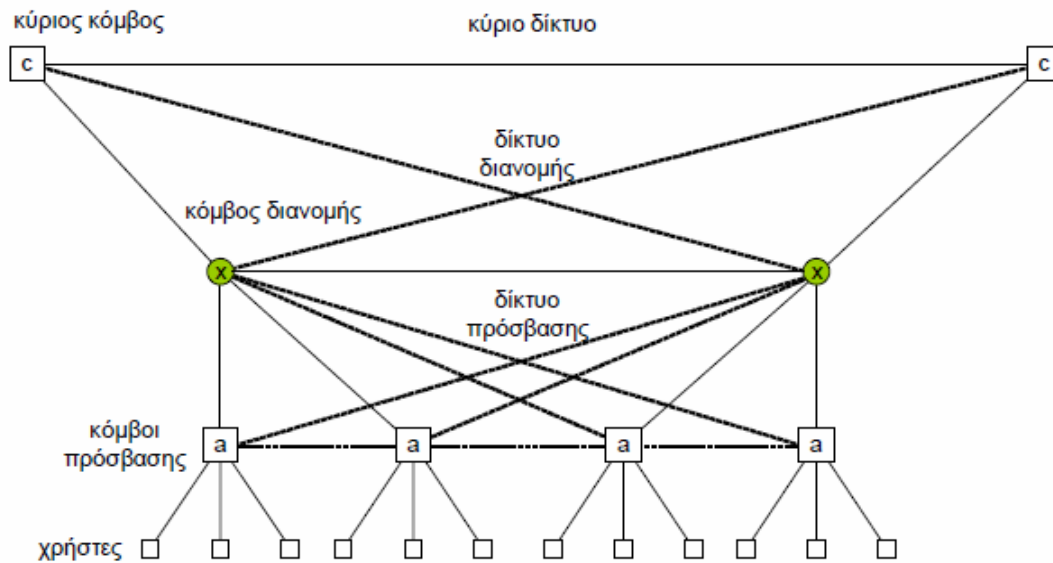
2.1 ΤΟΠΟΛΟΓΙΑ - ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ

Ο όρος παρουσιάζει μια ελαστικότητα όσον αφορά το εύρος της περιοχής που καταλαμβάνονται δίκτυα αυτά. Για μια μεγάλη χώρα, ένα τυπικό μητροπολιτικό δίκτυο (100-300 Km) θα μπορούσε να καλύψει ένα ολόκληρο νομό ή ακόμη και μία περιφέρεια. Παρ' όλα αυτά, όσον αφορά την Ελλάδα ως Μητροπολιτικά δίκτυα εννοούμε υπάρχοντα η μελλοντικά δίκτυα στο επίπεδο ενός μεγάλου αστικού κέντρου, ή ενός συνόλου μικρότερων δήμων που συνήθως έχουν τη μορφή ενός ή πολλαπλών δακτυλίων και συμπληρωματικών υποδομών πρόσβασης. Στο σχήμα 2.1 παρουσιάζεται η λογική τοπολογία ενός Μητροπολιτικού Δικτύου Οπτικών Ινών. Ένα Μητροπολιτικό Δίκτυο Οπτικών Ινών αποτελείται από τρία είδη κόμβων και 4 είδη λογικών υποδικτύων όπως παρουσιάζεται και στο Σχήμα 2.1. Οι κόμβοι του δικτύου διακρίνονται σε:

1. Κύριους Κόμβους
2. Κόμβους Διανομής
3. Κόμβους Πρόσβασης

Επίσης ένα Μητροπολιτικό Δίκτυο Οπτικών Ινών αποτελείται και από τις παρακάτω λογικές μονάδες:

1. Κύριο Δίκτυο
2. Δίκτυο Διανομής
3. Δίκτυο Πρόσβασης
4. Δίκτυο Συγκέντρωσης Τελικών Χρηστών



Σχήμα 2.1 : Μητροπολιτικό Δίκτυο Οπτικών Ινών

Το κύριο δίκτυο αποτελείται από έναν αριθμό κόμβων (κύριοι κόμβοι) οι οποίοι συνδέονται μεταξύ τους απευθείας. Μεταξύ των κυρίων κόμβων του δικτύου, πρέπει να γίνει κάθε προσπάθεια ώστε το καλώδιο να είναι διακριτό και ενιαίο χωρίς ενδιάμεσες μικτονομήσεις. Επιπλέον, το δίκτυο διανομής αποτελείται από τους κόμβους διανομής, οι οποίοι συνδέονται στους κύριους κόμβους του δικτύου με τέτοιο τρόπο ώστε κάθε κόμβος διανομής να συνδέεται είτε με δύο κύριους κόμβους είτε στον ίδιο κύριο κόμβο αλλά από διαφορετικές διαδρομές στο δίκτυο. Τέλος, το δίκτυο πρόσβασης αποτελείται από τους κόμβους πρόσβασης στους οποίους συνδέονται τα διάφορα κτίρια όπου αναλόγως των απαιτήσεων των τελικών χρηστών καθορίζονται και τα επιμέρους χαρακτηριστικά των συνδέσεων. Και στο δίκτυο πρόσβασης πρέπει κάθε κόμβος πρόσβασης να συνδέεται είτε με δύο κόμβους διανομής είτε στον ίδιο κόμβο διανομής από διαφορετική διαδρομή. Σε ότι αφορά το δίκτυο συγκέντρωσης τελικών χρηστών, τυπικά κάθε χρήστης (κτίριο) εξυπηρετείται από έναν κόμβο πρόσβασης, μέσω φρεατίων και διαδρομών οι οποίες στο φυσικό επίπεδο μπορούν να έχουν μικτή τοπολογία απαρτιζόμενη από αστέρα, αρτηρία ή και δακτύλιο. Κάθε χρήστης θα πρέπει να έχει τη δυνατότητα πλεονασματικών συνδέσεων (εντός της ίδιας όδευσης) προς τον οικείο κόμβο πρόσβασης και σε κάθε περίπτωση θα πρέπει να γίνεται εκμετάλλευση κοινών διοδεύσεων όπου αυτό είναι δυνατόν. Η υποδομή ενός MAN, πρέπει να αναπτύσσεται με κατάλληλο τρόπο ώστε:

1. Να έχει το στοιχείο του πλεονασμού και τη δυνατότητα εναλλακτικών συνδέσεων σε ένα πάροχο, ή συνδέσεων σε παραπάνω από έναν παρόχους υπηρεσιών.
2. Να μπορεί να προσαρμοσθεί σε διαφοροποιημένες απαιτήσεις παρόχων δικτυακών υπηρεσιών με διαφορετικούς τρόπους και αρχιτεκτονικές παροχής υπηρεσιών από τον καθένα.

3. Να επιτρέπει λειτουργικές (λογικές) τοπολογίες αρτηρίας, δένδρων και δακτυλίων σε υποσύνολο της υποδομής
4. Να επιτρέπει την πολυπλεξία υψηλής ρυθμαπόδοσης (α) μεταξύ κύριων κόμβων, β) μεταξύ κύριων κόμβων και κόμβων πρόσβασης, γ) μεταξύ κόμβων πρόσβασης και γ) μεταξύ κόμβων πρόσβασης και διακριτών χρηστών.
5. Να είναι επεκτάσιμη ακόμη και με πρωτοβουλία τρίτων μερών τα οποία θα μπορούν να κατασκευάσουν συμπληρωματικές υποδομές συγκέντρωσης χρηστών και πρόσβασης και να επιζητήσουν τη διασύνδεση των υποδομών αυτών (κατά τεκμήριο σε κόμβους διανομής ή πρόσβασης) μέσω φρεατίων και σωληνώσεων της παρούσας υποδομής. Επίσης να μπορούν να προστεθούν κόμβοι οποιουδήποτε επιπέδου μεταξύ υπαρχόντων κόμβων.
6. Να επιτρέπει με φυσικό τρόπο το μερισμό της και την κοστολόγηση των μερών που ενοικιάζονται ή εκχωρούνται μακροχρόνια ανάλογα με το διαχειριστικό σχήμα που θα προκύψει.
7. Να έχει μειωμένο κόστος διαχείρισης και αποκατάστασης βλαβών

2.2 ΟΠΤΙΚΗ ΥΠΟΔΟΜΗ

Η ποσότητα των οπτικών καλωδίων και του αριθμού των ινών σε κάθε οπτικό καλώδιο επιλέγονται με βάση κάποια κριτήρια ορισμένα από τα οποία παρουσιάζονται στη συνέχεια:

- α) Αριθμός υπαρχόντων αγωγών β) Είδος δικτύου (κύριο δίκτυο, δίκτυο διανομής, δίκτυο διασύνδεσης) γ) Αριθμός χρηστών δ) Πρόβλεψη ή αντιμετώπιση επέκτασης στην περιοχή. ε) Αριθμός παρόχων στην περιοχή. ζ) Πιθανότητα εκμίσθωσης dark fiber στους διαχειριστές Internet, σε επιχειρήσεις και άλλους οργανισμούς που κατασκευάζουν ενεργά δίκτυα. η) Αριθμός κομβικών σημείων στο δίκτυο θ) Τοποθέτηση ενεργού εξοπλισμού. ι) Βαθμός πλεονασματικότητας στα δίκτυα.

Στο κύριο δίκτυο πρέπει να υπάρχει απευθείας πλεονασματικότητα μεταξύ των κύριων κόμβων που είναι κοντά μεταξύ τους. Αυτό σημαίνει ότι πρέπει να είναι δυνατό από τον ένα κεντρικό κόμβο να φτάνεις στον επόμενο χωρίς να περνάς από τον ενεργό εξοπλισμό ενός άλλου κόμβου.

Τα οπτικά καλώδια θα πρέπει να τοποθετούνται χωρίς σπάσιμο μεταξύ των κύριων κόμβων, ώστε να επιτυγχάνεται η μεγαλύτερη διαχειριστική ανεξαρτησία. Ο αριθμός των ινών μεταξύ των κυρίων κόμβων του κυρίου δικτύου θα πρέπει, να μην είναι μικρότερος από 72 ίνες ανά οπτικό καλώδιο. Ο αριθμός των ινών στο δίκτυο διανομής επηρεάζεται από τις εξής παραμέτρους: 1) Αριθμός κόμβων πρόσβασης που συνδέονται πάνω σε κάθε κόμβο διανομής 2) Αριθμός διαχειριστών που χρειάζονται συνδέσεις πάνω στο δίκτυο διανομής 3) Εκμίσθωση dark fiber σε άλλους.

Τέλος, ο αριθμός των ινών στο δίκτυο πρόσβασης επηρεάζεται από τους εξής παράγοντες: 1) Τον τύπο του κτιρίου (Δημόσια Υπηρεσία, ίδρυμα τριτοβάθμιας εκπαίδευσης, Σχολείο) (Περισσότερα για τον διαχωρισμό των κτιρίων αναφέρονται σε επόμενη ενότητα) 2) Αριθμός διαχειριστών που χρειάζονται συνδέσεις στο δίκτυο διασύνδεσης 3) Εκμίσθωση dark fiber σε άλλους. Σε κάθε περίπτωση κάθε κτίριο πρέπει να συνδέεται σε έναν κόμβο πρόσβασης με οπτικό καλώδιο τουλάχιστον 4 ινών.

2.3 ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ

Ένα οπτικό δίκτυο πρέπει να κατασκευάζεται εξ αρχής με τρόπο τέτοιο ώστε να επιδεικνύει το μέγιστο βαθμό λειτουργικής διαθεσιμότητας, ώστε οποιοδήποτε διακοπές εξ' αιτίας βλαβών να είναι όσο το δυνατόν λιγότερο αντιληπτές από το χρήστη. Οι βλάβες πρέπει να είναι αναγνωρίσιμες και επιδιορθώσιμες σε μικρό σχετικά χρόνο. Για να επιτευχθεί αυτό, το δίκτυο πρέπει να έχει: α) Ενιαία (Ομοιόμορφη Δομή) δομή. Η ομοιόμορφη δομή καθιστά εύκολη την επέκταση, τη συντήρηση και την αποκατάσταση. Οι επιδιορθώσεις βλαβών μπορεί να εκτελεστούν γρήγορα επειδή όλα τα μέρη έχουν κατασκευαστεί με ομοιόμορφο τρόπο.

β) Προστασία από φθορές, φωτιά και κλοπή. Το επίπεδο των προστατευτικών μέτρων που πρέπει να παρθούν για την αντιμετώπιση φθοράς, κλοπής και φωτιάς θα πρέπει να καθορίζεται πιθανά σε συνεργασία με μια ασφαλιστική εταιρία που θα καλύπτει τον εξοπλισμό. γ) Πλεονασματικότητα σε ίνες. δ) Δυνατότητα άμεσης ανα-δρομολόγησης στο φυσικό ή λειτουργικό επίπεδο.

2.4 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΕΥΡΥΖΩΝΙΚΩΝ ΥΠΟΔΟΜΩΝ

Στην ενότητα αυτή γίνεται αναφορά σε ορισμένα βασικά χαρακτηριστικά των μητροπολιτικών δικτύων οπτικών ινών που αφορούν όχι τόσο την κατασκευή τους όσο τη σωστή διαχείριση τους και την εξασφάλιση της βιωσιμότητάς τους. Αναφερόμαστε στις έννοιες ανοιχτή πρόσβαση (open access) και ουδέτερος διαχειριστής (neutral operator). Σε ότι αφορά την ανοιχτή πρόσβαση, ο ορισμός της αναφέρεται αναλυτικά στην βιβλιογραφική αναφορά 4 όπου αποτελεί ένα κείμενο της Ευρωπαϊκής Επιτροπής με οδηγίες και κατευθύνσεις που πρέπει να διέπουν τις ηλεκτρονικές επικοινωνίες των κρατών μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης η οποία εντέλει και χρηματοδοτεί τις δράσεις για την κατασκευή των μητροπολιτικών δικτύων οπτικών ινών στη χώρα μας. Στο συγκεκριμένο κείμενο αναφέρεται ότι τα σχέδια που θα χρηματοδοτούνται θα πρέπει να είναι συνεπή και σύμφωνα με το νέο θεσμικό πλαίσιο των ηλεκτρονικών επικοινωνιών καθώς και με τους κανόνες του ανταγωνισμού (περί κρατικών ενισχύσεων και antitrust). Η συμμόρφωση με τους εν λόγω κανόνες αποτελεί κριτήριο επιλεξιμότητας της χρηματοδότησης, η οποία πρέπει σε κάθε περίπτωση να συνάδει με την υποχρέωση για καθαρή ανοιχτή πρόσβαση. Συγκεκριμένα η χρηματοδότηση πρέπει να περιορίζεται, μόνο σε υποδομές (π.χ. εγκαταστάσεις οπτικών καλωδίων, αγωγών, σωληνώσεων, πυλώνων κλπ) και εξοπλισμό που είναι ανοικτά σε κάθε

τηλεπικοινωνιακό φορέα και πάροχο υπηρεσιών. Ο διαχειριστής της υποδομής θα υπόκειται στην υποχρέωση να διατηρεί το χαρακτήρα της υποδομής, ως μιας εγκατάστασης ανοικτής σε όλους τους φορείς που παρέχουν ηλεκτρονικά δίκτυα και υπηρεσίες, χωρίς διακρίσεις. Ο ρόλος του ουδέτερου διαχειριστή αναφέρεται παρακάτω:

1. Να δώσει τη δυνατότητα στους ιδιοκτήτες των δικτυακών υποδομών (σε τοπικό, περιφερειακό και εθνικό επίπεδο) να αυξήσουν την αξία και τη βιωσιμότητά τους μέσα σε λογικά οικονομικά πλαίσια.
2. Να μειώσει τις ανάγκες για μεγάλες αρχικές επενδύσεις των παρόχων υπηρεσιών και συγχρόνως να αυξήσει σημαντικά την διαθεσιμότητα οικονομικά προσιτών υπηρεσιών προς τους συνδρομητές.
3. Να έχει την υπευθυνότητα για την τήρηση και εξέλιξη ενός σχήματος μερισμού εσόδων (revenue-sharing) μεταξύ των συμμετεχόντων μερών, και την συνεχή προσαρμογή των δυνατοτήτων του δικτύου σε συμφωνία με τις αναπτυσσόμενες ανάγκες.
4. Να δρα γενικώς ως μία διαχειριστική οντότητα η οποία εγγυάται την αξιόπιστη, και προσαρμοζόμενη στις συνεχείς απαιτήσεις, λειτουργία των «σκληρών» και «μαλακών» διεπαφών με τις υποδομές και τα συνεργαζόμενα μέρη (ιδιοκτήτες δικτύων, παρόχους και συνδρομητές) αντίστοιχα.

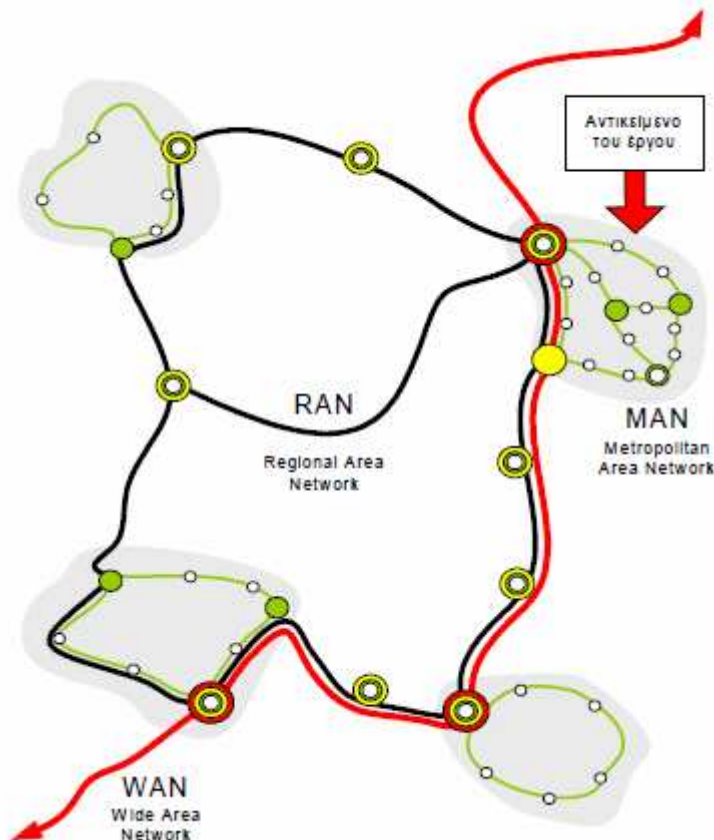
2.5 ΟΡΙΣΜΟΙ

Κατ' αρχάς αποσαφηνίζονται ορισμοί οι οποίοι είναι χρήσιμοι για τον προσδιορισμό του εύρους των έργων στα οποία αναφέρεται ο παρών οδηγός και των σχέσεων μεταξύ υποδομών διαφορετικού εύρους:

WAN (Wide Area Network_Δίκτυα ευρείας περιοχής): Όσον αφορά τον παρόντα οδηγό ως δίκτυο ευρείας περιοχής εννοούμε τα υπάρχοντα η μελλοντικά δίκτυα εθνικού ή και υπερεθνικού επιπέδου που συνήθως έχουν τη μορφή αραιού πλέγματος με κόμβους σε μεγάλα αστικά κέντρα της χώρας. Τα έργα στα οποία αναφέρεται ο παρών οδηγός δεν αφορούν τα δίκτυα ευρείας περιοχής αλλά πρέπει να λαμβάνουν υπ' όψη τους υπάρχοντες και μελλοντικούς κόμβους τους. **RAN (Regional Area Networks_ Περιφερειακά δίκτυα):** Ο όρος είναι αδόκιμος, αλλά χρησιμοποιείται ευρέως τελευταία λόγω του μεγάλου ενδιαφέροντος που έχουν οι δικτυακές υποδομές στο περιφερειακό επίπεδο και της σημασίας για την οικονομική ανάπτυξη ολόκληρων περιοχών από τα δίκτυα αυτά. Όσον αφορά τον παρόντα οδηγό ως περιφερειακά δίκτυα εννοούμε υπάρχοντα η μελλοντικά δίκτυα στο επίπεδο π.χ μιας διοικητικής περιφέρειας, που συνήθως έχουν τη μορφή πυκνότερου πλέγματος ή διασυνδεδεμένων δακτυλίων με κόμβους τοποθετημένους σε μεγάλους δήμους της περιφέρειας. Κατά μία έννοια τα RAN ανήκουν στην κατηγορία των δικτύων ευρείας περιοχής, αλλά οι εξελίξεις της τεχνολογίας των οπτικών ινών, έχουν καταστήσει δυνατή την

ανάπτυξη δικτύων «διαμέτρου» πολλών δεκάδων χιλιομέτρων με πρότυπα που προσιδιάζουν σε μικρότερης έκτασης δίκτυα. Τα έργα στα οποία αναφέρεται ο παρών οδηγός δεν αφορούν τα περιφερειακά δίκτυα αλλά πρέπει να λαμβάνουν υπ' όψη τους υπάρχοντες και μελλοντικούς κόμβους τους οι οποίοι μπορεί και πρέπει να ταυτίζονται με τους κύριους κόμβους του υπό κατασκευή δικτύου.

MAN (Metropolitan Area Networks_ Μητροπολιτικά δίκτυα): Ο όρος παρουσιάζει μια ελαστικότητα όσον αφορά το εύρος της περιοχής που καταλαμβάνουν τα δίκτυα αυτά. Για την Ελλάδα, ένα τοπικό (από άποψη μεγέθους για ευρωπαϊκή χώρα) μητροπολιτικό δίκτυο (100 -300 km) θα μπορούσε να καλύψει ένα ολόκληρο νομό ή ακόμη και μία περιφέρεια. Παρ' όλα αυτά, όσον αφορά τον παρόντα οδηγό ως Μητροπολιτικά δίκτυα εννοούμε εφ' εξής υπάρχοντα ή μελλοντικά δίκτυα στο επίπεδο ενός μεγάλου αστικού κέντρου, ή ενός συνόλου μικρότερων δήμων που συνήθως έχουν τη μορφή ενός ή πολλαπλών δακτυλίων και συμπληρωματικών υποδομών πρόσβασης. Τα έργα στα οποία αναφέρεται ο παρών οδηγός αφορούν μέρος ή όλο ενός μητροπολιτικού δικτύου στο επίπεδο ενός δήμου, με έμφαση στην πρόσβαση στους κύριους κόμβους του δικτύου αυτού. Το παρακάτω διάγραμμα αποτυπώνει σχηματικά τη σχέση μεταξύ των προαναφερθέντων επιπέδων και προσδιορίζει το εύρος του έργου στο οποίο αναφερόμαστε.



Σχήμα 2.2 : Διάγραμμα που αποτυπώνει σχηματικά τη σχέση μεταξύ των WAN-RAN και MAN.

Από το παραπάνω σχήμα, φαίνεται ότι μέρος του έργου (οι κόμβοι των WAN και RAN καθώς και οι συνδετήριες οδεύσεις μεταξύ των κόμβων αυτών εντός των ορίων του παρόντος έργου, μπορεί και συνήθως είναι καθοριστικοί παράγοντες για το σχεδιασμό του μητροπολιτικού δικτύου το οποίο μεταξύ άλλων θα πρέπει να εξασφαλίζει και την πρόσβαση στους κόμβους αυτούς οι οποίοι στη συνέχεια αναφέρονται ως κύριοι κόμβοι.

2.6 ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ

Το δίκτυο απαρτίζεται από εκσκαφές, σωληνώσεις, συστήματα μικροσωληνώσεων, φρεάτια, κόμβους, καταναμητές, οπτικά καλώδια, ενεργό εξοπλισμό και εξοπλισμό ασύρματης πρόσβασης, καθώς και τον απαραίτητο παθητικό εξοπλισμό για συγκολλήσεις, δρομολογήσεις καλωδίων και μικροσωληνώσεων, μικτονομήσεις ινών και σύνδεση με ενεργά στοιχεία.

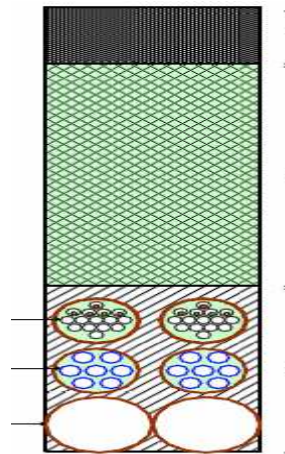
2.6.1 ΕΚΣΚΑΦΕΣ

Σε ένα δίκτυο MAN χρησιμοποιούνται δύο βασικοί τύποι χάνδακα ο Χ1 και Χ2. Ο τύπος Χ1 υλοποιεί τμήμα της κύριας και γενικής όδευσης του δικτύου όπου συνυπάρχουν σωληνώσεις για το κυρίως δίκτυο, το δίκτυο διανομής, το δίκτυο πρόσβασης και το δίκτυο συγκέντρωσης. Ο τύπος Χ2 υλοποιεί αποκλειστικά τμήματα του δικτύου συγκέντρωσης. Ο ακριβής καθορισμός της όδευσης του χάνδακα θα πρέπει να προκύψει μετά από λεπτομερή έρευνα από τον ανάδοχο, των υπογείων εμποδίων με ερευνητικές τομές και χρήση γεωραντάρ, σε συνεργασία με τους Δήμους και τους Οργανισμούς (ΟΤΕ, ΔΕΗ, Ύδρευση κλπ) για λειτουργικούς λόγους και για αποφυγή βλαβών από επεμβάσεις σε παρακείμενα δίκτυα. Στη περίπτωση πρόκλησης βλαβών σε παρακείμενα δίκτυα, αποκλειστικός υπεύθυνος είναι ο Ανάδοχος όπως και για την πλήρη αποκατάσταση τους. Στις υποχρεώσεις του Αναδόχου περιλαμβάνεται ο πλήρης καθαρισμός του χάνδακα και η πλήρης απομάκρυνση των προϊόντων εκσκαφών, κατεδαφίσεων και εν' γένει πάσης φύσεως ακρήστων υλικών που θα προκύψουν από την εκτέλεση των εργασιών σε οποιαδήποτε ποσότητα, απόσταση και καθιονδήποτε τρόπο. Σε κάθε περίπτωση μετά το πέρας των εργασιών, η επιφάνεια του εδάφους θα πρέπει να αποκαθίσταται στην αρχική της μορφή (ασφαλτοτάπητας, τοιμέντο, πλάκες πεζοδρομίου κλπ) και πάντως σύμφωνα με τους κανόνες της τέχνης και της επιστήμης ακόμα και αν σε κάποια σημεία η πρότερα κατάσταση δεν ήταν ανάλογη με αυτούς. Η όδευση των χανδάκων δε θα πρέπει να υφίσταται απότομες αλλαγές διεύθυνσης παρά μόνο σε εξαιρετικές περιπτώσεις όπου και είναι υποχρεωτική η εγκατάσταση φρεατίου.

2.6.2 ΧΑΝΔΑΚΑΣ (Χ1)

Ο χάνδακας τύπου X1 έχει διατομή βάθους 400 mm και πλάτους 100 mm σύμφωνα με την Ελληνική νομοθεσία και με τις προδιαγραφές ITU-T L.48 και L.35 (CCITT outside plant technologies for public networks). Στο σχήμα 2.3 εμφανίζεται μία τυπική τομή του χάνδακα X1. Μετά τη διάνοιξη και τον καθαρισμό του χάνδακα ο Ανάδοχος θα πρέπει να τοποθετήσει τις κατάλληλες σωληνώσεις με τη σειρά που εμφανίζονται στο σχήμα 2.3, εξασφαλίζοντας τη συγκεκριμένη χωροθέτηση τους καθ' όλο το μήκος του χάνδακα. Ιδιαίτερη έμφαση πρέπει να δοθεί στην αποφυγή μετακινήσεων και παραμορφώσεων των σωληνώσεων ώστε να διατηρείται πάντοτε η καθ' ύψος και πλάτος χωροθέτησης των καθ' όλο το μήκος του χάνδακα. Ο ανάδοχος θα είναι υποχρεωμένος να προβαίνει σύμφωνα με τις οδηγίες της ΕΠΠ σε κατά τόπους απλές στερεώσεις των σωληνώσεων για την εξασφάλιση του αμετάθετού τους, όπου είναι αναγκαίο. Κατόπιν της τοποθέτησης των σωληνών, ο Ανάδοχος θα πρέπει να προβεί στην τμηματική πλήρωση του χάνδακα.

- Η πρώτη στρώση μέχρι υπερκαλύψεως των σωληνών με μέγιστο ύψος περίπου 150 mm, θα γίνει με αραιό κονιόδεμα 300Kg/m³
- Η δεύτερη στρώση θα είναι από σκυρόδεμα των 200Kg/m³ σε ύψος περίπου 200 mm. Στο σκυρόδεμα θα προστεθεί χρωστική ουσία, σύμφωνα με τις οδηγίες της ΕΠΠ, για λόγους σήμανσης.
- Η τελευταία στρώση θα περιλαμβάνει την αποκατάσταση της επιφάνειας στην αρχική της μορφή, λαμβάνοντας ιδιαίτερη μέριμνα για την αποφυγή ασυνεχειών της επιφάνειας.



Σχήμα 2.3 : Τυπική τομή του χάνδακα X1.

Στις περιπτώσεις όπου η τελική επιφάνεια παρουσιάζει ιδιαιτερότητες (κυβόλιθοι, πλάκες πεζοδρομίου, κ.λ.π.) τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του χάνδακα θα προσαρμόζονται ανάλογα σύμφωνα και με τις οδηγίες της ΕΠΠ για την ορθή και έντεχνη αποκατάσταση της τελικής επιφάνειας.

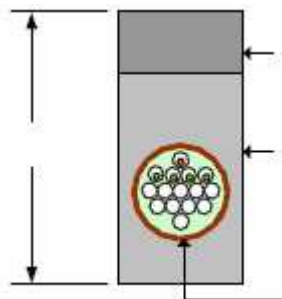


Σχήμα 2.4 : Φωτογραφία χάνδακα τύπου X1.

2.6.3 ΜΙΚΡΟΧΑΝΔΑΚΑΣ (X2)

Ο μικροχάνδακας τύπου X2 χρησιμοποιείται σε δρόμους, πεζοδρόμια, ρείθρα, προαύλους χώρους για την εξυπηρέτηση χρηστών, διατομής βάθους τουλάχιστον 200 mm και πλάτους 50 mm σύμφωνα με την Ελληνική νομοθεσία και με τις προδιαγραφές ITU-T L.48 και L.35 (CCITT outside plant technologies for public networks). Στο σχήμα 2.5 εμφανίζεται μία τυπική τομή του μικροχάνδακα X2. Μετά τη διάνοιξη και τον καθαρισμό του χάνδακα ο Ανάδοχος θα πρέπει να τοποθετήσει την κατάλληλη σωλήνωση. Ιδιαίτερη έμφαση πρέπει να δοθεί στην αποφυγή μετακινήσεων και παραμορφώσεων της σωλήνωσης ώστε να διατηρείται πάντοτε η καθ' ύψος και πλάτος χωροθέτηση της καθ' όλο το μήκος του μικροχάνδακα. Κατόπιν της τοποθέτησης της σωλήνωσης, ο Ανάδοχος θα πρέπει να προβεί στην τμηματική πλήρωση του χάνδακα:

- Η πρώτη στρώση θα είναι από σκυρόδεμα των 200Kg/m³ σε ύψος περίπου 150 mm. Στο σκυρόδεμα θα προστεθεί χρωστική ουσία, σύμφωνα με τις οδηγίες της ΕΠΠ, για λόγους σήμανσης.
- Η τελευταία στρώση θα περιλαμβάνει την αποκατάσταση της επιφάνειας στην αρχική της μορφή, λαμβάνοντας ιδιαίτερη μέριμνα για την αποφυγή ασυνεχειών της επιφάνειας.



Σχήμα 2.5 : Τυπική τομή του μικροχάνδακα X2.

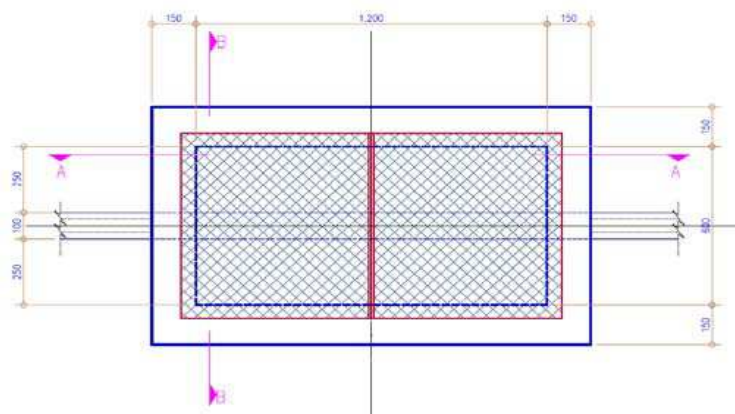
Στις περιπτώσεις όπου η τελική επιφάνεια παρουσιάζει ιδιαιτερότητες (κυβόλιθοι, πλάκες πεζοδρομίου, κ.λ.π.) τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του

μικροχάνδακα θα προσαρμόζονται ανάλογα σύμφωνα και με τις οδηγίες της ΕΠΠ για την ορθή και έντεχνη αποκατάσταση της τελικής επιφάνειας.

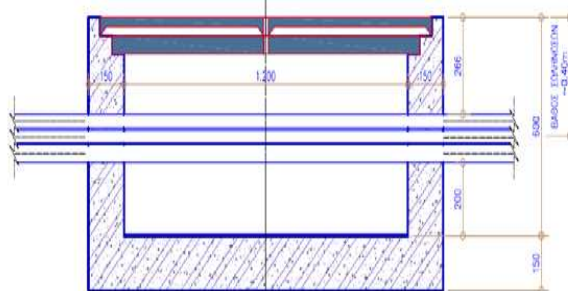
2.6.4 ΦΡΕΑΤΙΑ

Γενικά φρεάτια εγκαθίστανται επί το πλείστον σε δρόμους και σε διαστήματα μικρότερα των 250 μέτρων. Τα φρεάτια θα χρησιμοποιούνται επίσης στις περιπτώσεις όπου έχουμε διακλάδωση, απότομη αλλαγή πορείας της όδευσης και σε αρκετές περιπτώσεις σύνδεσης τελικού χρήστη. Στο σχέδιο παρουσιάζονται θέσεις φρεατίων. Ο ανάδοχος θα πρέπει να κάνει επιτόπιο έλεγχο της όδευσης του δικτύου και να αναπροσαρμόσει κατάλληλα τις ακριβείς θέσεις ή και την ποσότητα των φρεατίων προς χάριν της λειτουργικότητας και της ασφάλειας. Οι όποιες αλλαγές και αναπροσαρμογές θα πρέπει να έχουν πάντοτε την έγκριση της Αναθέτουσας Αρχής. Ενδεικτικά χαρακτηριστικά παρατίθενται στη συνέχεια:

- Μήκος φρεατίου (εσωτερικά): 1200mm
- Πλάτος φρεατίου (εσωτερικά): 600mm
- Βάθος φρεατίου (καθαρό): 600 mm
- Περιμετρική κάλυψη με σκυρόδεμα κατηγορίας C20-25, πάχους τουλάχιστον 150mm με οπλισμό 2#T377

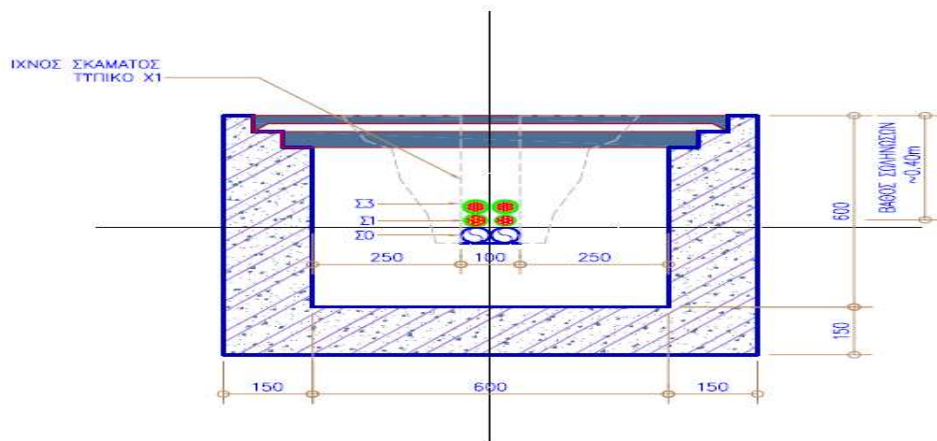


Σχήμα 2.6 :



Σχήμα 2.7 :

Τα καλύμματα των φρεατίων πρέπει να υπερκαλύπτουν τις προδιαγραφές D 400 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 ινών, διακλάδωσης μικρό-σωληνώσεων, σύνδεσης και σφράγισης σωλήνων, συστοιχιών μικροσωληνώσεων κλπ.



Σχήμα 2.8 :



Σχήμα 2.9 : Απεικόνιση φωτογραφιών με φρεάτια



Σχήμα 2.10 :

2.6.5 ΣΩΛΗΝΩΣΕΙΣ

Αναφερόμαστε στο σύστημα σωλήνων και υπο-σωλήνων HDPE (High-density polyethylene) ή και συστοιχιών μικρο-σωληνώσεων που θα εγκατασταθούν για την υποδοχή των οπτικών καλωδίων. Ένα σημαντικό κόστος της υποδομής αποτελούν οι εκκαφές και η τοποθέτηση των σωληνώσεων αυτών. Αυτό αυξάνει τις απαιτήσεις για καλό σχεδιασμό και πρόβλεψη. Σχετικά με τον προσδιορισμό των μελλοντικών αναγκών, η εμπειρία δείχνει, ιδιαίτερα στις περιπτώσεις όπου ανάλογες υποδομές αναπτύχθηκαν από τηλεπικοινωνιακούς φορείς με σκοπούς την κάλυψη άμεσων αναγκών και την ελαχιστοποίηση του κόστους, ότι αυτά ήταν υπο-διαστασιολογημένα όσον αφορά σωληνώσεις, καλώδια, μέγεθος και πυκνότητα φρεατίων. Στην επιλογή της διάδεσης, πρέπει να δοθεί προσοχή στη μελλοντική δομή του πλήρως ανεπτυγμένου δικτύου. Οι σωληνώσεις για το κύριο δίκτυο, το δίκτυο διανομής και το δίκτυο πρόσβασης διαστασιολογούνται χωριστά, αλλά είναι επιθυμητό να εμπερικλείονται στην ίδια διάδεση (χάνδακα και φρεάτια) όπου αυτό είναι εφικτό. Ο αριθμός των σωλήνων (ή υπο-σωλήνων ή συστοιχιών μικροσωλήνων εντός ενός κοινού σωλήνα) εξαρτάται από τον αριθμό των απαιτούμενων οπτικών καλωδίων. Η τοποθέτηση ενός (και μόνο) καλωδίου ανά υπο-σωληνώση ή μικροσωλήνα πρέπει να θεωρείται γενικός κανόνας και να αποφεύγονται οι παρεκκλίσεις. Σε κάθε περίπτωση, ο

σχεδιασμός κύριου δικτύου, δικτύου διανομής, και δικτύου πρόσβασης, πρέπει να προβλέπει την άμεση τοποθέτηση κενών σωλήνων ή συστοιχιών μικροσωληνώσεων και τη μελλοντική εισαγωγή υπο-σωλήνων και οπτικών καλωδίων για την ικανοποίηση της μελλοντικής ζήτησης. Η θεώρηση των αναπτυξιακών και ρυμοτομικών σχεδίων της περιοχής είναι απαραίτητη ώστε η πιθανότητα να προκύψει ανάγκη αχρήστευσης ή μετακίνησης μεγάλου μέρους της υποδομής να ελαχιστοποιηθεί. Γενικά διακρίνουμε 2 προσεγγίσεις όσον αφορά τις σωληνώσεις:

- Χρήση συμβατικών σωληνώσεων για τις κύριες αρτηρίες ή/και τις αρτηρίες διανομής εάν μεσολαβούν μεγάλες αποστάσεις και υπάρχει η ανάγκη για μεγάλο αριθμό ινών ανά καλώδιο και συγκολλήσεις σε φρεάτια συγκόλλησης.
- Χρήση συστοιχιών μικροσωληνώσεων οι οποίες και προτείνονται να χρησιμοποιηθούν τουλάχιστον για τις συνδέσεις των χρηστών, το δίκτυο πρόσβασης ή/και τις αρτηρίες διανομής (ακόμη και του κυρίου δικτύου εάν αυτό είναι εφικτό).



Σχήμα 2.11 : Απεικόνιση φωτογραφίας με σωληνώσεις μέσα σε χάνδακα

2.6.6 ΣΥΜΒΑΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΣΩΛΗΝΩΣΕΩΝ

Η προσέγγιση αυτή μπορεί να ακολουθηθεί για το κύριο δίκτυο στην περίπτωση μεγάλων αποστάσεων και επίσης πρέπει να εξετασθεί η καταλληλότητα της χρήσης της για το δίκτυο διανομής και πρόσβασης καθώς και για τις συνδέσεις προς τους χρήστες, ανάλογα με την περίπτωση, και

σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν παραπάνω. Σύμφωνα με την προσέγγιση αυτή την οποία εφ' εξής αποκαλούμε «συμβατική» ισχύουν τα παρακάτω:

Κάθε καλώδιο του κυρίου δικτύου τοποθετείται εντός ιδιαίτερης υπο - σωλήνωσης και οδεύει χωρίς διακοπές από κύριο κόμβο σε κύριο κόμβο με προσπάθεια για μεγιστοποίηση των τμημάτων τα οποία μεσολαβούν μεταξύ συγκολλήσεων. Οι συγκολλήσεις όλων των ινών του καλωδίου ασφαλιζονται και προστατεύονται από την υγρασία εντός ειδικής διάταξης (μούφας). Το δίκτυο διανομής, δηλαδή οι συνδέσεις από τους κύριους κόμβους προς τους κόμβους διανομής αναπτύσσεται με τον ίδιο τρόπο εφ' όσον αυτό είναι δυνατόν. Η πρόβλεψη πλεονασματικής απ' ευθείας σύνδεσης ενός κόμβου διανομής προς δεύτερο κύριο κόμβο, απαιτεί την ύπαρξη κενής υπο - σωλήνωσης καθ' όλο το μήκος της σχετικής διαδρομής. Έτσι για ένα τμήμα με N κόμβους διανομής μεταξύ δύο κυρίων κόμβων απαιτούνται N υπο - σωλήνες.

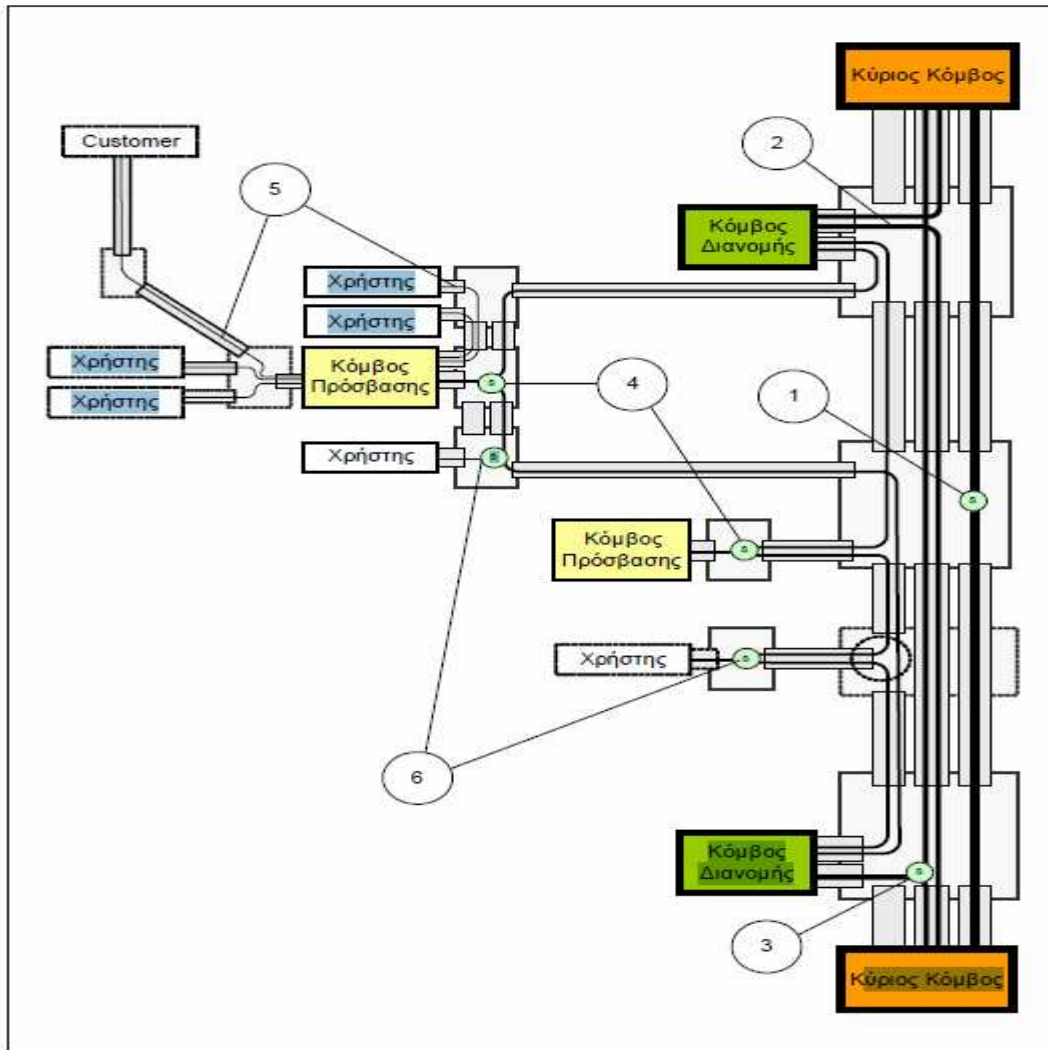
Για τη μείωση του απαιτούμενου αριθμού καλωδίων και υπο-σωληνώσεων, μπορούν να χρησιμοποιηθούν καλώδια μεγαλύτερου αριθμού ινών και στο πέρασμά τους από τους κόμβους διανομής να εξέρχονται μέσω διάταξης συγκόλλησης μόνο οι απαιτούμενες για το συγκεκριμένο κόμβο ίνες από τον κατάντη της διαδρομής κύριο κόμβο και να εισέρχονται οι ίνες που προορίζονται για τον ανάντη της διαδρομής κύριο κόμβο. Το δίκτυο πρόσβασης αναπτύσσεται με τον ίδιο τρόπο που αναφέρθηκε στην παραπάνω παράγραφο για το δίκτυο διανομής.

Οι χρήστες γενικά υποστηρίζονται με διακριτά καλώδια από τον κόμβο πρόσβασης χωρίς να αποκλείεται η προαναφερθείσα τεχνική με καλώδιο που εκκινεί από κόμβο πρόσβασης και «ξεφλουδίζεται» τμηματικά παρέχοντας συγκεκριμένο αριθμό ινών ανά χρήστη. Η διαμεσολάβηση χρήστη στο δίκτυο πρόσβασης δεν αποκλείεται σε περιπτώσεις μεγάλου χρήστη ισοδύναμου από άποψη απαίτησης ινών με κόμβο πρόσβασης.

2.6.7 ΧΡΗΣΗ ΣΥΣΤΟΙΧΙΩΝ ΜΙΚΡΟΣΩΛΗΝΩΣΕΩΝ

Σύμφωνα με τη δεύτερη προσέγγιση, προτείνεται να χρησιμοποιηθούν συστοιχίες μικροσωληνώσεων για τις συνδέσεις των χρηστών, το δίκτυο πρόσβασης ή/και τις αρτηρίες διανομής. Οι μικροσωληνώσεις είτε έχουν τη μορφή μίας ολοκληρωμένης συστοιχίας σωληνίσκων με εξωτερικό περιβάλλοντα προστατευτικό μανδύα (κατάλληλο για άμεσο ενταφιασμό πχ. από HDPE), είτε μπορούν να τοποθετηθούν τμηματικά κατά δέσμες, εφόσον προκύπτει ανάγκη, εντός υπάρχοντος προστατευτικού σωλήνα με ειδικές διατάξεις προώθησης. Αν και εκ πρώτης όψεως το σύστημα φαίνεται παρόμοιο με αυτό των συμβατικών υπο-σωληνώσεων που χρησιμοποιούνται στη συμβατική προσέγγιση, η διαφορά έγκειται στο εξής: Αντί της δρομολόγησης οπτικών ινών μέσω συγκόλλησης μεταξύ διαφορετικών καλωδίων και χρήσης διατάξεων συγκόλλησης, αυτά που δρομολογούνται είναι οι μικροσωληνώσεις μέσω κατάλληλων διακλαδωτήρων και συνδέσμων

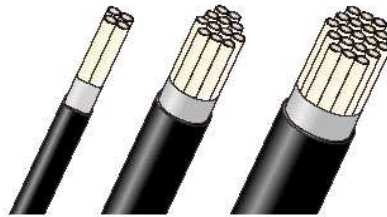
(βλ. τεχνικές προδιαγραφές). Με τον τρόπο αυτό, εξασφαλίζεται ένα λείο φυσικό κανάλι από επιλεγμένο σημείο προς επιλεγμένο σημείο, με τη δυνατότητα το κανάλι αυτό να ενώνει κόμβους διαφορετικών επιπέδων, κόμβους ίδιου επιπέδου ή χρήστες με κόμβους πρόσβασης. Τα άκρα των κενών μικροσωλήνων σφραγίζονται με υδατοστεγή πώματα στα σημεία που αυτές καταλήγουν (κατά τεκμήριο σε κόμβους). Το μικρο-καλώδιο εμφυσάται με κατάλληλες συσκευές σε ύστερο χρόνο, όταν απαιτείται, και με τον απαιτούμενο αριθμό ινών ο οποίος με την τρέχουσα τεχνολογία μπορεί να κυμαίνεται από 2 έως 96 ίνες με την μέγιστη εξωτερική διάμετρο του μικρο-καλωδίου να παραμένει στο επίπεδο των 4 -6mm, ανάλογα με τον αριθμό των ινών. Η διάμετρος και το βάρος του μικρο -καλωδίου είναι δυνατό να παραμένει σε χαμηλά επίπεδα επειδή λόγω της μεθόδου τοποθέτησης και λόγω της προστασίας από τη μικροσωλήνωση και το εξωτερικό περίβλημα της συστοιχίας, δεν αναπτύσσονται δυνάμεις ελκυσμού ή θλίψης οπότε εκλείπει η ανάγκη για ενισχυτικούς μανδύες στο ίδιο το καλώδιο. Βεβαίως η απαιτούμενη αντοχή του μικροκαλωδίου πρέπει να είναι τέτοια ώστε να αντέχει τα συνήθη φορτία κρούσης και θλίψης τα οποία μπορούν να αναπτυχθούν κατά τη διάρκεια της εγκατάστασης του καλωδίου καθ' όσο διάστημα αυτό βρίσκεται εκτεθειμένο εκτός των μικροσωληνώσεων. Στο παρακάτω σχήμα 2.12 παρουσιάζεται μια γενικευμένη χρήση συστοιχιών μικροσωληνώσεων.



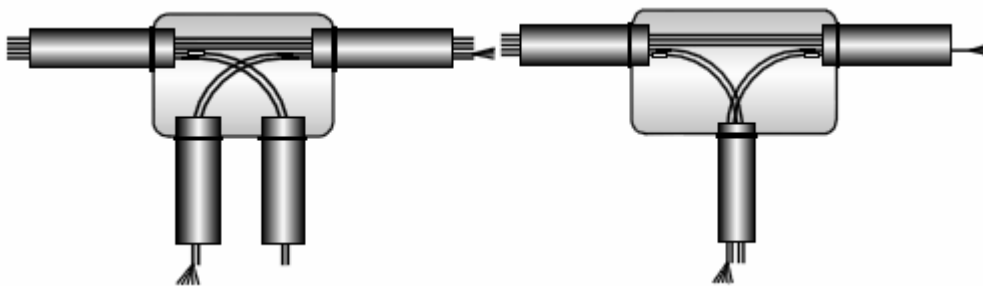
Σχήμα 2.12 : Διάγραμμα με συστοιχίες μικροσωληνώσεων

Όπως γίνεται φανερό, απουσιάζουν οι διατάξεις συγκόλλησης οι οποίες πλέον περιορίζονται στο εσωτερικό των κόμβων και στο εσωτερικό των εγκαταστάσεων των χρηστών. Οι συνδέσεις με τον απαιτούμενο αριθμό ιών γίνονται όταν προκύψει ανάγκη. Δεν τοποθετείται μικρο -καλώδιο εάν αυτό δεν χρειάζεται άμεσα ή μεσοπρόθεσμα. Για μεγάλες αποστάσεις, η εμφύσηση του καλωδίου μπορεί να γίνει από ενδιάμεσο σημείο προς τα υπο σύνδεση άκρα ή ακόμη και να επαναληφθεί σε σειρά. Το καλώδιο μπορεί να παραγγελθεί σε στροφεία μεγάλου μήκους αλλά εάν παρουσιασθεί η ανάγκη συγκόλλησης μεταξύ δύο τμημάτων μεγάλου μήκους, αυτό μπορεί να γίνει με διακλάδωση των σχετικών μικροσωληνώσεων προς κιβώτιο συγκόλλησης (βλ. σημείο (1) στο παραπάνω σχήμα).

Όπως φαίνεται στο σχήμα 2.12, τα αρχικά τοποθετημένα καλώδια μπορεί να είναι τα άκρως απαραίτητα, με τον απαιτούμενο αριθμό ιών (βλ. σημείο 2, συνεχείς γραμμές). Οι δρομολογήσεις για εναλλακτικές οδεύσεις μπορούν να προετοιμαστούν σε οποιαδήποτε στιγμή (διακεκομμένες γραμμές) και νέο μικρο -καλώδιο μπορεί να εμφυσηθεί όταν προκύψει ανάγκη.



Σχήμα 2.13 : Μικροσωληνώσεις



Σχήμα 2.14 : Συνδέσεις μικροσωληνώσεων



Σχήμα 2.15 : Φωτογραφία με μικροσωληνώσεις

2.6.8 ΚΥΡΙΟΣ ΚΟΜΒΟΣ :

Κύριο σημείο διασύνδεσης οπτικών αγωγών και καλωδίων του περιφερειακού ιστού για κάλυψη των συναθροισμένων επικοινωνιακών αναγκών ενός μεγάλου δήμου ή μιας ευρύτερης αλλά πλέον αραιοκατοικημένης περιοχής η μέρους ενός μεγάλου αστικού κέντρου. Για λόγους διαθεσιμότητας της

υποδομής, επιδιώκεται κάθε κύριος κόμβος να είναι άμεσα συνδεδεμένος με παραπάνω του ενός ομότιμους κύριους κόμβους. Στους κύριους κόμβους εγκαθίσταται ενεργός εξοπλισμός, πέραν των παθητικών διατάξεων μικτονόμησης οπτικών ινών και προβλέπεται συν-εγκατάσταση ή πρόσβαση διαχειριστών και παρόχων υπηρεσιών και εφαρμογών. Απαιτήσεις : Ο απαιτούμενος χώρος για τον κύριο κόμβο (όπου θα υπάρχει σημείο παρουσίας PoP ενός ή πολλών παρόχων) πρέπει να εξασφαλίζει την ικανοποίηση ιδιαίτερων λειτουργικών απαιτήσεων. Το μέγεθος του χώρου πρέπει να είναι ικανό να φιλοξενήσει όλες τις διατάξεις για συγκόλληση ινών, διασύνδεση ινών (interconnection) μικτονόμηση ινών (cross - connection), και σύνδεση ενεργού εξοπλισμού μετάδοσης από διαφορετικούς (ανταγωνιστικούς ή μη) παρόχους. Επιπλέον πρέπει να υπάρχει χώρος για μελλοντική επέκταση. Ο χώρος πρέπει να είναι εφοδιασμένος με διατάξεις κλιματισμού, μηχανική προστασία από κλοπή, κοινή διάταξη αδιάλειπτης ηλεκτρικής παροχής με χρόνο αυτόνομης κάλυψης τουλάχιστον 30 λεπτά. Παράλληλα, εάν δεν υπάρχει, πρέπει να μπει στο σχεδιασμό και να υλοποιηθεί δευτερεύουσα πηγή ηλεκτρικής ενέργειας (ηλεκτρο-παραγωγό ζεύγος). Επιπλέον, είναι επιθυμητό ο χώρος να είναι εφοδιασμένος με ηλεκτρονικό σύστημα ταυτοποίησης με ιδιαίτερα επιθυμητή τη δυνατότητα καταγραφής (logging). Τα βασικά παθητικά στοιχεία απαρτίζονται από μονάδες συγκόλλησης, τερματισμού και μικτονόμησης οι οποίες μπορούν να φιλοξενούνται σε κοινά κριώματα (Optical Distribution Frames - ODF). Τα ενεργά στοιχεία, καθώς και παθητικές διατάξεις πολυπλεξίας, απο-πολυπλεξίας αφορούσες συγκεκριμένες υπηρεσίες, συγκεκριμένων παρόχων, τοποθετούνται σε κριώματα παράπλευρου χώρου ο οποίος, σε πλήρη ανάπτυξη, μπορεί να έχει διαφορετική πολιτική πρόσβασης και διαφορετικό μηχανισμό ταυτοποίησης .



Σχήμα 2.16 : Φωτογραφία που απεικονίζει ένα κύριο κόμβο

2.6.9 ΚΥΡΙΟ ΔΙΚΤΥΟ:

Το δίκτυο υποδομών και οπτικών καλωδίων για τη διασύνδεση μεταξύ των κυρίων κόμβων με την έννοια που ορίστηκαν παραπάνω (regional network, trunk network κλπ). Στις περισσότερες περιπτώσεις οι διαδρομές μεταξύ των κύριων κόμβων γειτνιάζουν ή ταυτίζονται με εθνικά ή περιφερειακά δίκτυα υποδομών άλλου τύπου (όπως οδικά δίκτυα, σιδηροδρομικά δίκτυα, δίκτυα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας, δίκτυα μεταφοράς φυσικού αερίου, δίκτυα άρδευσης ή ύδρευσης). Απαιτήσεις : Μεταξύ των κυρίων κόμβων του δικτύου, πρέπει να γίνει κάθε προσπάθεια ώστε το καλώδιο να είναι διακριτό και ενιαίο χωρίς ενδιάμεσες μικτονομήσεις ή, αν αυτό δεν είναι δυνατόν, το κύριο δίκτυο θα μπορεί να μοιράζεται καλώδιο από το δίκτυο διανομής. Σε κάθε περίπτωση, θα πρέπει να έχει τον ελάχιστο αριθμό συγκολλήσεων, οι οποίες στη δεύτερη αναφερόμενη παραπάνω περίπτωση θα γίνουν κατά προτίμηση εντός των κόμβων διανομής, χωρίς όμως δυνατότητα τερματισμού και μικτονόμησης, δηλαδή λειτουργικά/λογικά ένας συγκεκριμένος αριθμός ινών θα πρέπει να ενώνει κύριο κόμβο με κύριο κόμβο. Τα ενιαία τμήματα μεταξύ συγκολλήσεων σε καμία περίπτωση δεν πρέπει να είναι μικρότερα των 2 χιλιομέτρων (εκτός προφανώς των τερματικών τμημάτων που απομένουν μετά την τελευταία συγκόλληση στην κατεύθυνση εγκατάστασης της ίνας προς τον επόμενο κεντρικό κόμβο). Συνήθως μόνο ένα οπτικό καλώδιο εντός ιδιαίτερης υπο -σωληνώσης απαιτείται για τη σύνδεση δύο κυρίων κόμβων προς τη μία κατεύθυνση ενός κεντρικού δακτυλίου με την προϋπόθεση ότι αυτό είναι επαρκώς διαστασιολογημένο. Η αντίστροφη κατεύθυνση προφανώς θα έχει άλλη διαδρομή. Προβλέποντας την επέκταση του κυρίου δικτύου σε περιφερειακό επίπεδο, και τις συνδέσεις πχ μεταξύ δήμων ή κοινοτήτων ή δημοτικών διαμερισμάτων, θα χρειαστεί χώρος για ίνες και συνεπώς για καλώδιο και σωληνώσεις στο μέλλον. Για το κύριο δίκτυο, η απόλυτη ελάχιστη προτεινόμενη ποσότητα είναι τρεις (3) εγκατεστημένες υπο -σωληνώσεις κατά μήκος της διαδρομής του κυρίου δικτύου, ασχέτως αν θα χρησιμοποιηθούν σε πρώτη φάση. Γενικότερα, θα πρέπει να υπάρχουν τουλάχιστον $K+1$ υποσωληνώσεις όπου K είναι ο αριθμός των προβλεπόμενων κυρίων κόμβων στους οποίους θα συνδεθούν οι κόμβοι διανομής των συγκεκριμένων έργων. Επιπλέον σωληνώσεις/ υπο -σωληνώσεις θα απαιτηθούν εάν ληφθούν υπ' όψη τα όσα αναφέρθηκαν παραπάνω. Προφανώς πρέπει να γίνει προσπάθεια για την εκμετάλλευση της εκκαφής της συγκεκριμένης διόδευσης για τις σωληνώσεις και καλώδια διανομής και της πρόσβασης. Σημειώνεται ότι στους κύριους κόμβους προβλέπεται να τοποθετηθούν ενεργά και παθητικά στοιχεία πολυπλεξίας και απο - πολυπλεξίας. Έτσι ακόμη και η ανάγκη πλεονασματικής υποστήριξης όλων των χρηστών από περισσότερους του ενός κύριους κόμβους, θα μπορεί να ικανοποιηθεί με μειωμένο αριθμό ινών στο κύριο δίκτυο έως και μία τάξη

μεγέθους μικρότερο από αυτόν που καταλήγει τελικά στους κόμβους πρόσβασης μέσω των δικτύων διανομής και πρόσβασης

2.6.10 ΚΟΜΒΟΣ ΔΙΑΝΟΜΗΣ:

Το σημείο διασύνδεσης οπτικών αγωγών και καλωδίων του κατ' εξοχήν μητροπολιτικού δικτύου (δικτύου διανομής) για συγκέντρωση των συναθροισμένων επικοινωνιακών αναγκών μιας γεωγραφικής περιοχής ιδίως στις περιπτώσεις όπου α) δεν συντρέχουν λόγοι για τοποθέτηση κόμβου υ κορμού όπως στην περίπτωση ενός μικρού Δήμου, η β) για την εξυπηρέτηση ενός τμήματος μεγάλου αστικού κέντρου και την διευκόλυνση της σύνδεσης των κόμβων χαμηλότερου επιπέδου προς το κύριο δίκτυο. Ανάλογα με το μοντέλο ανάπτυξης των λειτουργικών δικτύων, στους κόμβους διανομής μπορεί να μην εγκατασταθεί ενεργός εξοπλισμός, αλλά μόνο διατάξεις μικτονόμησης οπτικών ινών. Για διάφορους λόγους όμως, όπως η μεγάλη απόσταση από τον πλησιέστερο κύριο κόμβο ή η έλλειψη κύριου κόμβου ή η στενότητα στον αριθμό οπτικών ινών ή η επιθυμία πολλαπλασιασμού του εύρους ζώνης ή άλλες εξωγενείς αιτίες, στον κόμβο διανομής μπορεί να τοποθετηθεί παθητικός ή/και ενεργός εξοπλισμός για πολυπλεξία. Απαιτήσεις : Ο κόμβος διανομής απαρτίζεται απλά από παθητικές διατάξεις cross-connect, και είναι προετοιμασμένος να δεχθεί παθητικά στοιχεία πολυπλεξίας/από-πολυπλεξίας ή/και ενεργό εξοπλισμό. Έτσι ο κόμβος διανομής μπορεί να υλοποιηθεί με ένα κιβώτιο εξωτερικού ή εσωτερικού χώρου εφοδιασμένου με ερμάρια συγκόλλησης, τερματισμού, αποθήκευσης καλωδίου και μικτονόμησης από την εμπρόσθια πλευρά. Για την περίπτωση μελλοντικής επέκτασης και εγκατάστασης και υποστήριξης παθητικών ή ενεργών στοιχείων πολυπλεξίας (π.χ. CWDM OADM, PON Splitters και Couplers κλπ) απαιτείται επαρκής επιπλέον χώρος. Για τις περιπτώσεις προγραμματισμού παθητικού εξοπλισμού δεν απαιτείται ηλεκτρική παροχή.



Σχήμα 2.17 : Φωτογραφία που απεικονίζει ένα κόμβο διανομής

2.6.11 ΔΙΚΤΥΟ ΔΙΑΝΟΜΗΣ:

Το πυκνότερο δίκτυο για τη διασύνδεση μεταξύ των κόμβων διανομής ή/ και μεταξύ κόμβων διανομής και κύριων κόμβων. Στις περισσότερες περιπτώσεις οι διαδρομές (χάνδακες) μεταξύ κόμβων διανομής ταυτίζονται με διαδρομές του δικτύου κορμού, του δικτύου πρόσβασης και «τρέχουν» παράλληλα με δίκτυα άλλων υποδομών (οδικό δίκτυο, δίκτυο αποχέτευσης, κλπ). Για λόγους διαθεσιμότητας της υποδομής, επιδιώκεται η έμμεση σύνδεση κάθε κόμβου διανομής με περισσότερους του ενός κύριους κόμβους είτε απ' ευθείας είτε εμμέσως ή/ και μέσω ενδιάμεσων συνδέσεων με άλλους κόμβους διανομής (πχ με τη μορφή φυσικών δακτυλίων). Απαιτήσεις : Δεδομένου ότι κάθε κόμβος διανομής συνδέεται τυπικά με δύο κεντρικούς κόμβους ή με ένα κεντρικό κόμβο μέσω δύο διαδρομών, μία (1) υπο-σωλήνωση προς κάθε κατεύθυνση ή δύο (2) υπο-σωληνώσεις προς τη μία κατεύθυνση απαιτούνται για το σκοπό αυτό (ανάλογα με το εάν ο κόμβος διανομής είναι ανάμεσα από τους κυρίους κόμβους ή από την ίδια πλευρά αντιστοίχως), για κάθε κόμβο διανομής. Για το δίκτυο διανομής, η απόλυτη ελάχιστη προτεινόμενη ποσότητα είναι πέντε (5) εγκατεστημένες υπο-σωληνώσεις ή μικροσωληνώσεις. Συνήθως, σωληνώσεις για περισσότερους του ενός κόμβους διανομής, καθώς και σωληνώσεις του δικτύου πρόσβασης θα συνυπάρχουν στην ίδια διόδευση. Συνεπώς πρέπει να υπάρχει πρόβλεψη για περισσότερες υπο-σωληνώσεις. Το καλώδιο από κύριο κόμβο προς κάθε κόμβο διανομής στη βέλτιστη

περίπτωση πρέπει είναι διακριτό και ενιαίο. Σημειώνεται ότι οι κόμβοι διανομής μπορεί αρχικά (για λόγους απλότητας και μικρού κόστους διαχείρισης) να μην είναι τίποτε παραπάνω από διατάξεις μικτονόμησης (cross-connect) οι οποίες υλοποιούν κατά περίπτωση μία ή παραπάνω φυσικές συνδέσεις (χωρίς πλεονασμό ή με πλεονασμό αντίστοιχα) μεταξύ ενός κόμβου πρόσβασης και ενός κυρίου κόμβου. Αυτό όμως σημαίνει ότι σε πλήρη ανάπτυξη, και με ανάγκη πλεονασματικής σύνδεσης κάθε σημείου πρόσβασης προς δύο κεντρικούς κόμβους, ο αριθμός των ινών που πρέπει να μπορεί να υποστηρίξει ο κόμβος διανομής είναι ιδιαίτερα μεγάλος. Η πρόβλεψη ενεργών ή παθητικών στοιχείων πολυπλεξίας και απο-πολυπλεξίας στους κόμβους διανομής, καθώς και της σύνδεσης εν σειρά κόμβων για υλοποίηση τοπικών δακτυλίων ή αρτηριών με ένα ή περισσότερα σημεία εξόδου, μπορεί να μειώσει κατά πολύ τις παραπάνω απαιτήσεις σε αριθμό εγκατεστημένων ινών. Στα παρόντα έργα, θα υπάρχει πρόβλεψη για απ' ευθείας σύνδεση μεταξύ κόμβων διανομής εν σειρά, για αντιμετώπιση μελλοντικής ζήτησης σε ίνες κυρίου δικτύου, για την περίπτωση ανουπαρξίας κυρίου δικτύου, και για την ικανοποίηση λειτουργικών δακτυλίων χωρίς τη διαμεσολάβηση κυρίου κόμβου .

2.6.12 ΚΟΜΒΟΣ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ:

Το σημείο διασύνδεσης μεμονωμένων κτιριακών εγκαταστάσεων ή συγκροτημάτων προς το δίκτυο πρόσβασης. Αποτελεί και σημείο τοποθέτησης ενεργού εξοπλισμού για παροχή δικτυακών υπηρεσιών προς τους τελικούς χρήστες. Απαιτήσεις : Ο κόμβος πρόσβασης, είναι το σημείο απ' όπου υλοποιούνται οι ζεύξεις προς κάθε ιδιαίτερο χρήστη και συμπεριλαμβάνει παθητικές διατάξεις (συγκόλλησης, τερματισμού) οι οποίες μπορεί να απαρτίζονται από διακριτές μονάδες ή να συστεγάζονται σε κοινά ικρίωματα (FDFs), Η διαμόρφωση του χώρου εξαρτάται απ' ό τον αριθμό των υποστηριζόμενων χρηστών. Οι διαστάσεις του απαιτούμενου χώρου εξαρτώνται από τον αριθμό των υποστηριζόμενων χρηστών, το είδος των χρηστών (εάν ανήκουν π.χ. σε ομογενές κλειστό group ή όχι) κλπ. Για μικρό αριθμό χρηστών, ο κόμβος πρόσβασης μπορεί να περιορίζεται σε ένα κλειστό ικρίωμα εντός στεγασμένου χώρου, το οποίο θα συμπεριλαμβάνει παθητικά και ενεργά στοιχεία, με πιθανά απομακρυσμένο το κιβώτιο εισόδου του καλωδίου και συγκόλλησης των εισερχόμενων (OSP) προς τις ενδοκτιριακές ίνες (IFC) ή θα περιορίζεται σε ένα κιβώτιο εξωτερικού χώρου εφοδιασμένου με ερμάρια συγκόλλησης, τερματισμού, αποθήκευσης καλωδίου και μικτονόμησης από την εμπρόσθια πλευρά, μπαταρίες, UPS, και ικρίωμα ανάρτησης ενεργών στοιχείων κατάλληλων για χρήση σε εξωτερικό περιβάλλον. Για μεγάλο αριθμό χρηστών, το μέγεθος και ο τύπος του κόμβου πρόσβασης μπορεί να είναι συγκρίσιμος με αυτά του κεντρικού κόμβου. Σημειώνεται ότι κόμβοι διανομής και πρόσβασης μπορούν να συστεγασθούν στον ίδιο χώρο, ιδιαίτερα στο έργο αυτό, πλην όμως, οι διατάξεις του κόμβου διανομής θα είναι διακριτές από αυτές του κόμβου πρόσβασης.

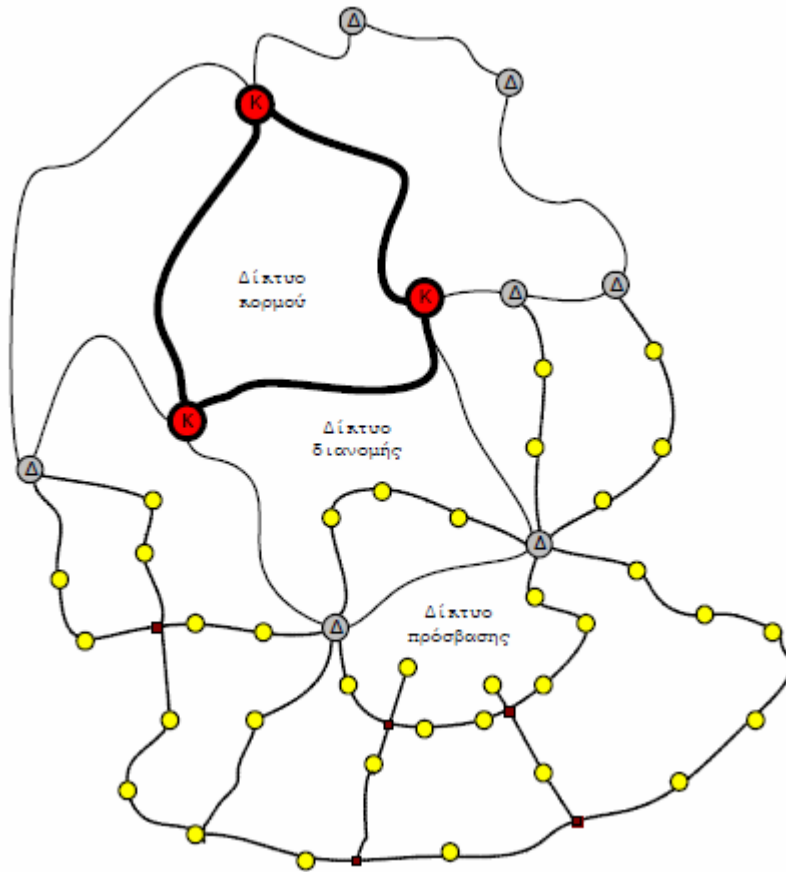


Σχήμα 2.18 : Φωτογραφία που απεικονίζει ένα κόμβο πρόσβασης

2.6.13 ΔΙΚΤΥΟ ΠΡΟΣΒΑΣΗΣ:

Το πυκνό δίκτυο σύνδεσης των κόμβων πρόσβασης με το δίκτυο διανομής. Στις περισσότερες περιπτώσεις οι διαδρομές μεταξύ κόμβων πρόσβασης γειτνιάζουν ή ταυτίζονται και με δίκτυα άλλων υποδομών σε τοπικό επίπεδο π.χ. μιας γειτονιάς. Για λόγους διαθεσιμότητας και ασφάλειας της υποδομής, αποτελεί λογική επιδίωξη ή έμμεση σύνδεση κάθε κόμβου πρόσβασης με περισσότερους του ενός κόμβους διανομής (πχ με την τοποθέτησή τους σε φυσικό δακτύλιο), αν και αυτό λόγω της πυκνότητας της υποδομής, του συνεπαγόμενου μεγάλου κόστους εναλλακτικών οδεύσεων, της μικρής σχετικά σημασίας των βλαβών στο επίπεδο μεμονωμένων χρηστών, και της παραδοσιακής πρακτικής ακτινοειδούς ανάπτυξης του τοπικού βρόχου, μπορεί να μην είναι καθολικά υλοποιήσιμο. Η δομή του δικτύου πρόσβασης διαφοροποιείται ως προς την πυκνότητα και την τοπολογία ανάλογα με την περίπτωση της εξυπηρετούμενης περιοχής (αστική, βιομηχανική, αγροτική). Απαιτήσεις : Το δίκτυο πρόσβασης ενώνει τους κόμβους πρόσβασης με τους κόμβους διανομής μέσω του καλωδίου πρόσβασης το οποίο με τη μορφή βρόχου διατρέχει φρεάτια διακλάδωσης και συγκόλλησης. Σημειώνεται ότι στον κόμβο πρόσβασης, θα υπάρχουν ενεργά στοιχεία μεταγωγής ή/και ενεργά ή παθητικά στοιχεία πολυπλεξίας για την υποστήριξη των χρηστών, οπότε ο αριθμός των ινών που αντιστοιχούν σε συνδέσεις με χρήστες μπορεί τελικά να ικανοποιηθεί από πολύ μικρότερο αριθμό ινών μεταξύ κόμβου πρόσβασης και κύριου κόμβου. Από τον κόμβο πρόσβασης αναχωρούν

ζεύξεις για διακριτούς χρήστες της περιοχής. Ο αριθμός των σωλήνων, υποσωλήνων, κλπ. που θα τοποθετηθεί στο χάνδακα που ενώνει τα φρεάτια πρόσβασης θα εξαρτηθεί από το εάν κοινοί χάνδακες και σωληνώσεις εξυπηρετούν κατά μήκος της διαδρομής τους και άλλους χρήστες. Στο επόμενο διάγραμμα παρουσιάζεται για αναφορά, η γενική δομή ενός φυσικού δικτύου οπτικών υποδομών.



Σχήμα 2.19 : Διάγραμμα με τη γενική δομή ενός φυσικού δικτύου οπτικών υποδομών.

2.6.14 ΤΕΛΙΚΟΙ ΧΡΗΣΤΕΣ :

Κατά τεκμήριο, οι τελικοί χρήστες εξυπηρετούνται από επιτοίχιο οπτικό κιβώτιο συγκόλλησης όπου καταλήγει το καλώδιο εξωτερικού χώρου (ή η μικροσωλήνωση). Ο τερματισμός μπορεί να γίνει στο κιβώτιο αυτό, ή εναλλακτικά να χρησιμοποιηθεί καλώδιο εσωτερικού χώρου του οποίου οι ίνες, μετά τη συγκόλληση στο ένα άκρο με τις αντίστοιχες ίνες του εξωτερικού καλωδίου θα τερματισθούν σε δεύτερο οπτικό κατανεμητή, πλησίον των ενεργών στοιχείων του χρήστη (π.χ. στο ίδιο ικρίωμα 19''). Άξιος ιδιαίτερης προσοχής είναι λύσεις οι οποίες συνδυάζουν σε ένα επιτοίχιο κιβώτιο εξωτερικού χώρου, τη φιλοξενία ενός μεταγωγέα, διάταξης εισόδου και στεγανοποίησης των καλωδίων οπτικών ινών και χαλκού για τον πάροχο και το χρήστη αντίστοιχα, UPS, μπαταρίας και μηχανισμού ασφαλείας για περιορισμό της πρόσβασης. Η λύση αυτή συμβάλλει στον περιορισμό

διαδικαστικών προβλημάτων που θα προκαλούσε η ανάγκη συντήρησης και επιδιόρθωσης βλαβών σε μη εργάσιμες ώρες. Απαιτήσεις : Τυπικά κάθε χρήστης (κτίριο) εξυπηρετείται από έναν κόμβο πρόσβασης, μέσω φρεατίων και διαδρομών οι οποίες στο φυσικό επίπεδο μπορούν να έχουν μικτή τοπολογία απαρτιζόμενη από αστέρα, αρτηρία ή και δακτύλιο. Κάθε χρήστης θα πρέπει να έχει τη δυνατότητα πλεονασματικών συνδέσεων (εντός της ίδιας όδευσης) προς τον οικείο κόμβο πρόσβασης και σε κάθε περίπτωση θα πρέπει να γίνεται εκμετάλλευση κοινών διοδεύσεων όπου αυτό είναι δυνατόν. Δεδομένου του ότι, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, για το συγκεκριμένο έργο θα υπάρχει και πρόβλεψη για απ' ευθείας φυσική εν σειρά ζεύξη των κόμβων πρόσβασης που ανήκουν στον ίδιο βρόχο, θα υπάρχει δυνατότητα πολλών τρόπων διασύνδεσης μεταξύ ομοειδών χρηστών. Αυτό μπορεί να περιορίσει τον αριθμό των αφιερωμένων απαιτούμενων ινών και συνδέσεων στους ενδιάμεσους κόμβους όλων των επιπέδων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΚΟΛΛΗΣΕΙΣ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ (OPTICAL FIBER SPLICING) ΚΑΙ ΟΤDR

3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Για να συνδέσουμε τα διάφορα μέρη ενός οπτικού δικτύου επικοινωνιών, πρέπει να κολλήσουμε και να τερματίσουμε τα καλώδια οπτικών ινών και να ενώσουμε τους πομπούς και τους δέκτες. Οι κατασκευαστές συνήθως παράγουν καλώδια ινών με προκαθορισμένα μήκη 2, 4 και 6 km. Μόνο για δίκτυα μικρών αποστάσεων είναι εφικτό να χρησιμοποιήσουμε ένα καλώδιο μήκους 2-6 km. Σε δίκτυα μεγάλων αποστάσεων χρησιμοποιούνται πολλαπλά καλώδια μήκους 2-6 km, τα οποία ενώνονται μεταξύ τους με συγκεκριμένες τεχνικές κόλλησης. Οι τεχνικές αυτές έχουν σαν αποτέλεσμα δύο είδη κολλήσεων:

A) Μόνιμη κόλληση 1. Fusion splicing (οι ίνες λιώνουν και στη συνέχεια συνδέονται). Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται κυρίως σε δίκτυα μεγάλων αποστάσεων 2. Mechanical splicing. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται σε μικρού μήκους indoor δίκτυα

B) Ημι-μόνιμη κόλληση. Αυτός ο τύπος κόλλησης χρησιμοποιείται σε δίκτυα των οποίων οι χρήστες κινούν τον εξοπλισμό τους συνεχώς ή σε δίκτυα τα οποία ανανεώνονται συνέχεια π.χ. LAN. Για μεγάλες αποστάσεις, απαιτείται συνήθως ενίσχυση του οπτικού σήματος. Η διαδικασία αυτή επιτελείται από ενισχυτές που ονομάζονται επαναλήπτες. Η λειτουργία ενός συνηθισμένου επαναλήπτη βασίζεται στη μετατροπή του οπτικού σήματος σε ηλεκτρικό. Το ηλεκτρικό σήμα ενισχύεται με χρήση διαφόρων ηλεκτρονικών κυκλωμάτων και στη συνέχεια μετατρέπεται ξανά σε οπτικό. Ένας νέος τύπος επαναλήπτη είναι οι ενισχυτές ίνας ερβίου (Erbium doped fiber amplifiers). Οι επαναλήπτες αυτού του τύπου ενισχύουν το οπτικό σήμα χωρίς να το μετατρέψουν σε ηλεκτρικό. Οι οπτικές ίνες τερματίζονται σε κάθε επαναλήπτη με χρήση connectors.

Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφονται οι διάφορες μέθοδοι κόλλησης και τερματισμού (με connectors) οπτικών ινών.

3.2 ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΟΣΟΝ ΑΦΟΡΑ ΤΙΣ ΚΟΛΛΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΤΟΥΣ CONNECTORS

Στις μέρες μας περίπου μισό εκατομμύριο τηλεφωνικές συνομιλίες μπορεί να περνούν ταυτόχρονα από μια κόλληση ή έναν οπτικό connector. Για το λόγο αυτό υπάρχουν αυστηρές απαιτήσεις όσον αφορά τις κολλήσεις στα οπτικά δίκτυα :

- 1) Ευκολία εγκατάστασης. Ο τερματισμός οπτικών καλωδίων με connectors πρέπει να επιτυγχάνεται με χρήση σχετικά φθηνού εξοπλισμού και να μην αποτελεί μια ιδιαίτερα χρονοβόρα διαδικασία
- 2) Χαμηλή εξασθένηση.

Ένα οπτικό δίκτυο παρουσιάζει πολύ χαμηλή εξασθένηση εντός των καλωδίων. Το ίδιο πρέπει να ισχύει και για τις κολλήσεις και τους connectors. Οι περισσότερες fusion κολλήσεις παρουσιάζουν εξασθένηση μικρότερη από 0.08dB ενώ οι connectors μικρότερη από 0.5Db 3) Ευκολία στη χρήση και ανθεκτικότητα. Είναι απαραίτητο οι πολλαπλές συνδέσεις/ αποσυνδέσεις ενός connector σε ένα rack π.χ. να μην επηρεάζουν αισθητά την εξασθένησή του 4) Οικονομία. Μια fusion κόλληση στοιχίζει λιγότερο από 1\$, παρόλα αυτά απαιτείται μεγάλη επένδυση χρημάτων για τεχνικό εξοπλισμό. Η τιμή μιας μηχανικής κόλληση είναι περίπου δεκαπλάσια και ο εξοπλισμός που χρησιμοποιείται είναι πολύ φθηνότερος σε σχέση με τον προηγούμενο.

Από τα παραπάνω διαφαίνεται ο λόγος για τον οποίο η μέθοδος κόλλησης fusion χρησιμοποιείται κατά κόρον σε δίκτυα μεγάλων αποστάσεων, όπου απαιτείται μηχανική ποιότητα και χαμηλή εξασθένηση. Η μέθοδος μηχανικών κολλήσεων εφαρμόζεται κυρίως σε indoor δίκτυα όπως τα LANs. Σε γενικές γραμμές μια fusion κόλληση είναι καλύτερη από μια μηχανική. Σε αυτό το σημείο πρέπει να αναφέρουμε ότι η μέθοδος μηχανικής κόλλησης οπτικών καλωδίων έχει σχεδόν εγκαταλειφθεί λόγω του αυξημένου κόστους και της μεγάλης εξασθένησης που παρουσιάζεται.

3.3 ΚΟΠΗ ΙΝΑΣ

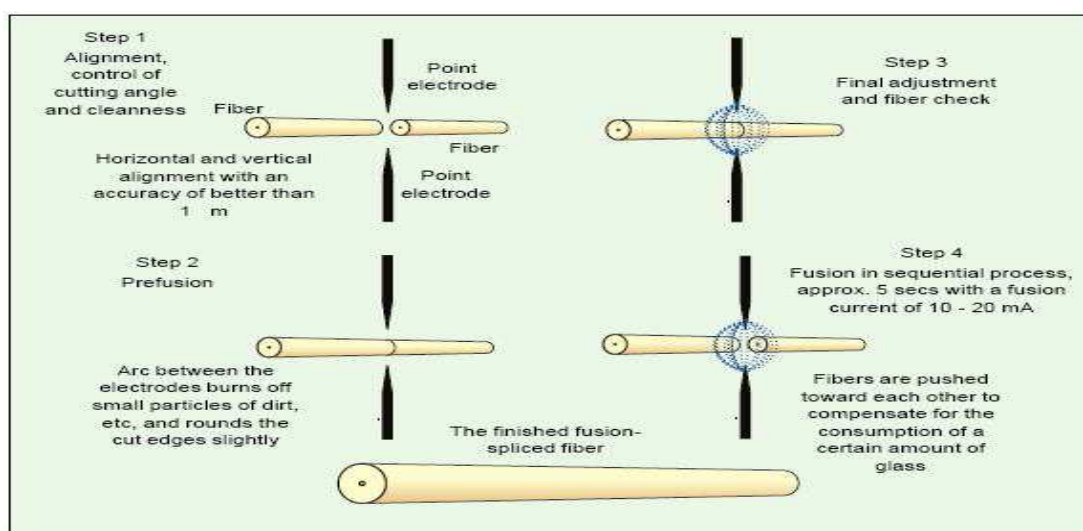
Μια ίνα για να κολληθεί πρέπει πρώτα να προετοιμαστεί κατάλληλα. Αρχικά αφαιρείται κάθε πρωτεύον επίστρωμα με ειδικά εργαλεία γύμνωσης. Στη συνέχεια η ίνα «πλένεται» με καθαρή αλκοόλη ή ισοπροπανόλη και τελικά κόβεται. Το τελείωμα της ίνας όπως αναφέραμε και παραπάνω, πρέπει να σχηματίζει γωνία 90ο με τον κεντρικό άξονα. Τα σύγχρονα κολλητήρια έχουν ενσωματωμένο σύστημα για τη μέτρηση της γωνίας κοπής. Αποκλίσεις που ξεπερνούν την τιμή 1ο δεν επιτρέπονται.



Σχήμα 3.1: Η ποιότητα του κόφτη που χρησιμοποιείται μπορεί συχνά να προσδιορίσει την ποιότητα μιας κόλλησης. Ένας κόφτης οπτικών ινών καλής ποιότητας, κόβει την οπτική ίνα υπό γωνία 90^ο χωρίς να δημιουργεί μικρο-ατέλειες.

3.4 FUSION ΚΟΛΛΗΣΗ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ

Η πιο αξιόπιστη μέθοδος κόλλησης οπτικών ινών είναι η μέθοδος fusion. Θερμαίνοντας δυο οπτικές ίνες «καθαρισμένες» και κομμένες με μεγάλη ακρίβεια, ακριβώς στη θερμοκρασία που λιώνουν και πιέζοντας τες τη μια προς την άλλη, συνδέονται δημιουργώντας μια κόλληση με πολύ μικρή απώλεια (< 0.08dB).



Σχήμα 3.2: Απλοποιημένη αναπαράσταση των βασικότερων βημάτων της μεθόδου Fusion

3.4.1 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ FUSION ΚΟΛΛΗΣΗΣ ΜΙΑΣ ΙΝΑΣ

Η διαδικασία κόλλησης με τη μέθοδο fusion έχει ως εξής : Αρχικά τα τελειώματα των δυο ινών τοποθετούνται απέναντι. Στα σύγχρονα κολλητήρια όλη η διαδικασία που περιγράφεται είναι πλήρως αυτοματοποιημένη. Με χρήση μικροεπεξεργαστών, μικρό-μηχανισμών και εξαιρετικά εξελιγμένης τεχνολογίας σάρωσης, τα τελειώματα των δύο ινών τοποθετούνται απέναντι και ευθυγραμμίζονται με ακρίβεια 1/10.000 mm. Η ευθυγράμμιση συμπεριλαμβάνει έλεγχο της γωνίας κοπής και της καθαρότητας των τελειωμάτων των ινών. Τα δύο τελειώματα θερμαίνονται (χρήση δυο ηλεκτροδίων) με μεγάλη ακρίβεια στη θερμοκρασία που λιώνουν και πλησιάζουν το ένα με το άλλο με χρήση μικρό- μηχανισμών, ώστε τελικά να δημιουργηθεί μια ομογενοποιημένη κόλληση. Κατά τη διαδικασία fusion λαμβάνονται κάποιες εικόνες σάρωσης ώστε να μπορεί να ελεγχθεί η

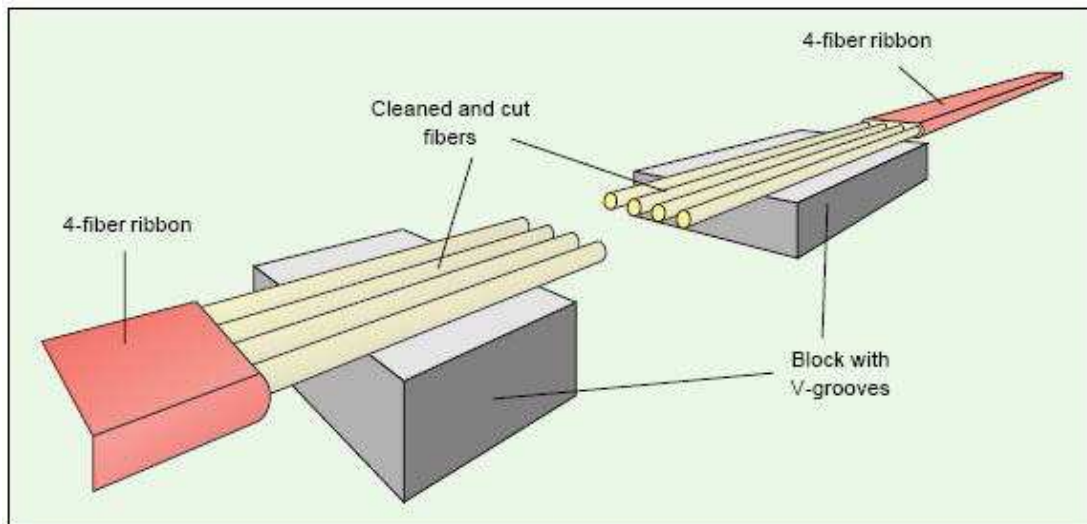
ποιότητα των κολλήσεων. Μετά τη συγκόλλησης των δύο ινών το σημείο κόλλησης ασφαρίζεται με τη χρήση θερμο-συστελλόμενων σωλήνων (περιέχουν ενσωματωμένο κεραμικό ή μεταλλικό μέρος).



Σχήμα 3.3: Δυο εικόνες ηλεκτρονικής σάρωσης. Η εικόνα στα αριστερά έχει ληφθεί κατά τη διάρκεια της fusion κόλλησης μιας ίνας, ενώ η εικόνα στα δεξιά έχει ληφθεί κατά την αντίστοιχη διαδικασία για μια κορδέλα 12 ινών. Ο πυρήνας παρουσιάζεται ως μια φωτεινή περιοχή στο μέσο της ίνας.

3.4.2 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ FUSION ΚΟΛΛΗΣΗΣ ΓΙΑ ΚΟΡΔΕΛΑ ΙΝΩΝ

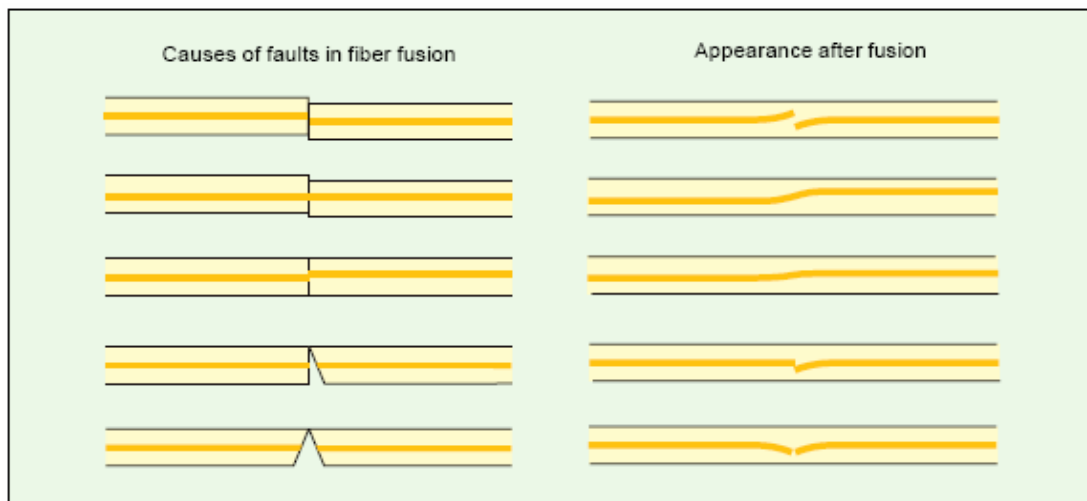
Όταν κολλάμε μια ίνα, τα δυο κομμάτια μπορούν να ευθυγραμμιστούν ανεξάρτητα το ένα από το άλλο, με χρήση ηλεκτρονικών μικρο-μηχανισμών. Όταν κολλάμε κορδέλες όμως, τα πράγματα δεν είναι τόσο εύκολα. Δεν είναι δυνατόν να ευθυγραμμίσουμε τις ίνες ξεχωριστά. Το acrylate που τις συγκρατεί, πρέπει να αφαιρεθεί από την κορδέλα σε μήκος 40 mm. Η κοπή των κορδελών είναι καθοριστική για την ποιότητα των κολλήσεων. Όλες οι ίνες πρέπει να κοπούν ακριβώς στο ίδιο μήκος και υπό γωνία 90ο. Όταν μια κορδέλα είναι έτοιμη για κόλληση, τοποθετείται σε ένα «πίνακα» V-groove, ο οποίος έχει την ιδιότητα να ευθυγραμμίζει τις ίνες μεταξύ τους. Στη συνέχεια ακολουθούνται αντίστοιχα βήματα όπως κατά τη διαδικασία κόλλησης μιας μόνο ίνας. Είναι σημαντικό να παρατηρήσουμε ότι κατά το λιώσιμο των ινών, η θερμοκρασία πρέπει να είναι ίδια παντού ώστε να έχουμε ομοιόμορφες κολλήσεις. Κατά τη διάρκεια των κολλήσεων λαμβάνονται εικόνες ηλεκτρονικής σάρωσης, ώστε να είναι ορατή η ποιότητα των κολλήσεων (όπως συμβαίνει και κατά την κόλληση μιας μόνο ίνας). Τέλος οι κολλήσεις ασφαρίζονται με ειδικά θερμο-συστελλόμενα μέλη.



Σχήμα 3.4: Για την ευθυγράμμιση των ινών μιας κορδέλας χρησιμοποιείται «πίνακας» V-groove

3.4.3 ΑΝΑΛΥΣΗ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ ΣΑΡΩΣΗΣ

Οι ηλεκτρονικές εικόνες που λαμβάνονται κατά τη διάρκεια της fusion κόλλησης αναλύονται με μαθηματικά μοντέλα. Όταν η ίνα θερμαίνεται ο πυρήνας γίνεται ορατός (παρακάτω εικόνα), γεγονός που μας επιτρέπει να διακρίνουμε την ποιότητα της κόλλησης με απλή παρατήρηση. Η ανάλυση με μαθηματικά μοντέλα δίνει μια καλύτερη εικόνα όσον αφορά την ποιότητα της κόλλησης. Η παρακάτω εικόνα παρουσιάζει διάφορα προβλήματα που μπορεί να δημιουργηθούν κατά τη διαδικασία Fusion splicing. Όλα τα παρακάτω προβλήματα αυξάνουν δραματικά τις απώλειες στην κόλληση.

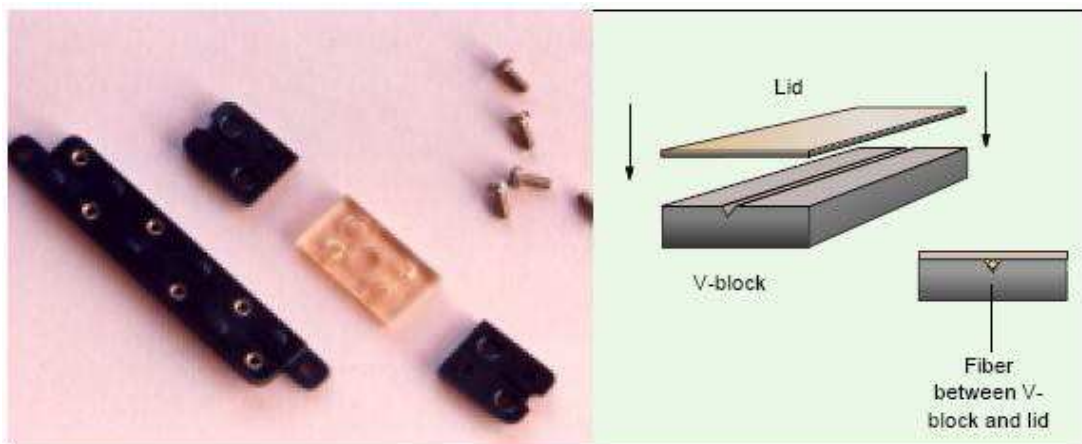


Σχήμα 3.5: Προβλήματα που παρουσιάζονται κατά τη διαδικασία Fusion splicing

3.5 ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΚΟΛΛΗΣΕΙΣ

3.5.1 V-BLOCK ΚΟΛΛΗΣΗ

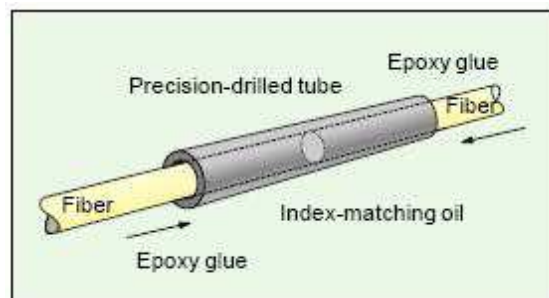
Η μέθοδος V-block αποτελεί την πιο απλή μέθοδο για μηχανική κόλληση οπτικών ινών. Σε ένα πλαστικό block υπάρχει ένα αυλάκι σχήματος V, μέσα στο οποίο τοποθετείται η ίνα. Όταν τοποθετηθεί ένα πλαστικό καπάκι πάνω από το block οι ίνες δέχονται πίεση από τρεις διαφορετικές μεριές με αποτέλεσμα τα δύο άκρα να πλησιάζουν μεταξύ τους. Χρησιμοποιώντας ειδικό έλαιο με δείκτη διάθλασης που δε διαφέρει αρκετά από αυτό των ινών, πετυχαίνουμε μια κόλληση με απώλειες < 0.2 dB. Τέτοιου τύπου κολλήσεις χρησιμοποιούνται μόνο σε εσωτερικού χώρου εφαρμογές και ελάχιστες φορές σε δίκτυα μεγάλων αποστάσεων (ως κολλήσεις έκτακτης ανάγκης).



Σχήμα 3.6: Παρουσίαση της μεθόδου V-block για μηχανικές κολλήσεις ινών

3.5.2 ΣΩΛΗΝΕΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ

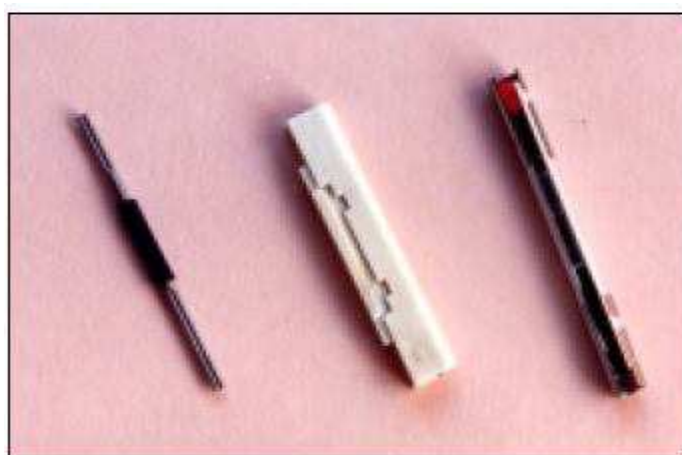
Σε αρκετές μεθόδους μηχανικής κόλλησης χρησιμοποιούνται σωλήνες. Τα δυο τελειώματα των ινών πλησιάζουν μεταξύ τους μέσα στο σωλήνα. Ως υλικό γέμισης χρησιμοποιείται έλαιο με δείκτη διάθλασης πολύ κοντά σε εκείνο των οπτικών ινών. Τέλος η κόλληση ασφαρίζεται με ειδική κόλλα.



Σχήμα 3.7: Οι ίνες πιέζονται από δυο πλευρές και πλησιάζουν μέσα στο σωλήνα

3.5.3 ΚΟΛΛΗΣΗ ΜΕ ΤΡΕΙΣ ΡΑΒΔΟΥΣ

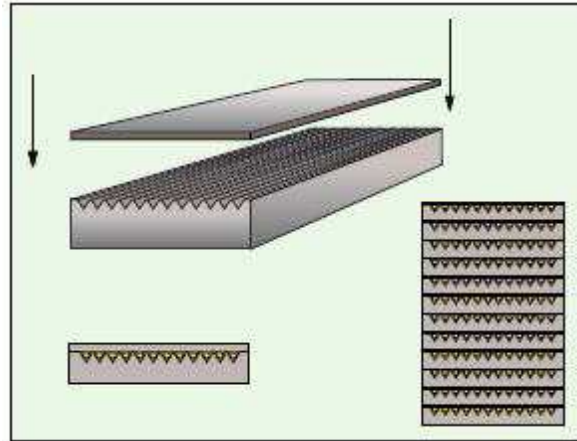
Κατά τη μέθοδο κόλλησης με τρεις ράβδους, χρησιμοποιούνται μεταλλικοί ράβδοι με διάμετρο τέτοια ώστε όταν οι ίδιες τοποθετούνται όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα, το κανάλι που δημιουργείται να έχει ακριβώς την ίδια διάμετρο με εκείνη της ίνας που πρόκειται να κολληθεί. Για να παραμένουν οι ράβδοι ενωμένες χρησιμοποιείται ελαστικό υλικό. Μετά από τη γέμιση του καναλιού με κατάλληλο έλαιο, οι ίνες πλησιάζουν μεταξύ τους δημιουργώντας μια ημι-μόνιμη μηχανική κόλληση. Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιείται για άμεσες κολλήσεις οργάνων πάνω στο σύστημα. Η κόλληση που προκύπτει παρουσιάζει απώλειες κοντά στα 0.2 dB.



Σχήμα 3.8: Τρεις τύποι μηχανικών κολλήσεων. Από αριστερά προς τα δεξιά: Κόλληση με τρεις ράβδους, Fiberlock (3M), Fingersplice (AMP)

3.5.4 ΚΟΛΛΗΣΕΙΣ ΚΟΡΔΕΛΩΝ ΙΝΩΝ

Η μηχανική κόλληση καλωδίων που περιέχουν κορδέλες ινών είναι μια αρκετά περίπλοκη διαδικασία. Τα τελειώματα από όλες τις ίνες καθαρίζονται και αφαιρούνται από τα ίδια το πρωτεύον και δευτερεύον κάλυμμα. Στη συνέχεια οι ίνες τοποθετούνται απέναντι, ανάμεσα σε δυο πλάκες σιλικόνης (μια πλάκα έχει αυλακώσεις τύπου V). Στη συνέχεια γεμίζουμε τα κενά με ειδικό έλαιο και οι ίνες πλησιάζουν μεταξύ τους. Τέλος αφού ολοκληρωθούν οι κολλήσεις, οι πλάκες σιλικόνης τοποθετούνται η μια πάνω στην άλλη (κατά αυτό τον τρόπο μπορούμε να κολλήσουμε μέχρι και 12x12 ίνες).



Σχήμα 3.9: Μέθοδος μηχανικής κόλλησης κορδελών ινών

3.6 ΗΜΙ-MONΙΜΕΣ ΚΟΛΛΗΣΕΙΣ

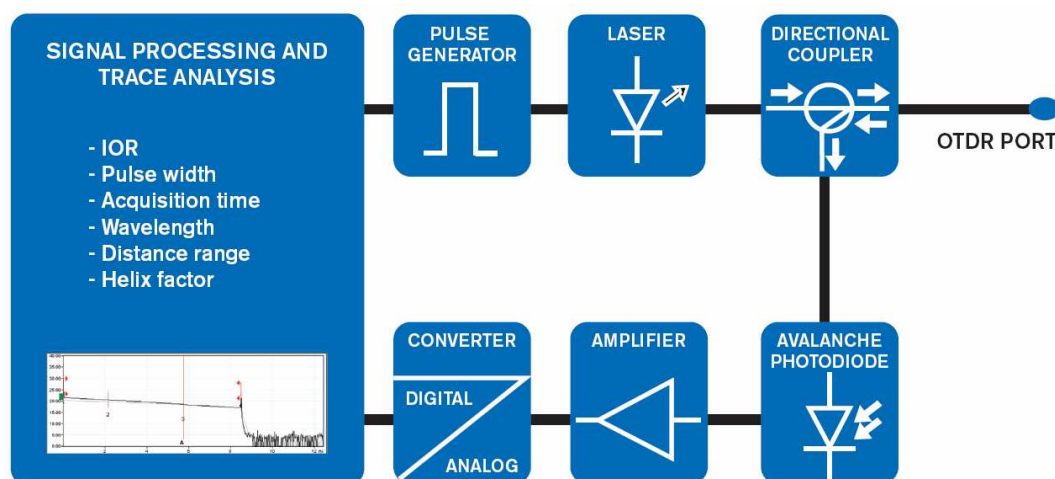
Τα προβλήματα που αντιμετωπίζουμε στις ημι-μόνιμες κολλήσεις είναι κάπως διαφορετικά από εκείνα που αντιμετωπίζουμε σε άλλους τύπους κολλήσεων. Είναι απαραίτητο για μια ημι-μόνιμη κόλληση να μπορούμε να συνδέουμε και να αποσυνδέουμε τις ίνες πολλές φορές χωρίς να εμφανίζονται απώλειες. Αυτό σημαίνει ότι είναι απαραίτητη η αυξημένη ακρίβεια και ανθεκτικότητα σε τέτοιου είδους κολλήσεις (ειδικά για μονότροπες ίνες). Τα αίτια απωλειών για τις ημι-μόνιμες κολλήσεις είναι όμοια με αυτά που αναφέρθηκαν παραπάνω για τους άλλους τύπους κολλήσεων. Μερικές ιδιαίτερες απαιτήσεις για τις ημι-μόνιμες κολλήσεις αναφέρονται παρακάτω :

- A) Ειδική προστασία από σκόνη και υγρασία
- B) Ομοκεντρικότητα (Πολύ μεγάλη ακρίβεια)
- Γ) Ικανότητα κόλλησης να αντέχει διαμήκεις δυνάμεις χωρίς να αυξάνονται οι απώλειες
- Δ) Ικανότητα σύνδεσης και αποσύνδεσης της κόλλησης
- E) Μεγάλη αντοχή

3.7 OTDR

Ένα OTDR συνδυάζει μια πηγή laser και έναν ανιχνευτή laser προκειμένου να παρέχει μια εικόνα του εσωτερικού της οπτικής ίνας. Η πηγή στέλνει ένα σήμα στην ίνα όπου και ο ανιχνευτής λαμβάνει το φως που ανακλάται από τα διάφορα στοιχεία του δικτύου (μούφες σπασίματα λυγίσματα κτλ). Αυτό παράγει μια καμπύλη σε μια γραφική παράσταση με βάση το σήμα που λαμβάνεται και ένα πίνακα συμβάντων ο οποίος περιέχει πληροφορίες για κάθε τι που υπάρχει πάνω στο οπτικό δίκτυο. Το σήμα που στέλνεται είναι ένας στενός παλμός ο οποίος μεταφέρει ένα ορισμένο ποσό ενέργειας. Ένας χρονομετρητής υπολογίζει με ακρίβεια το χρόνο διάδοσης του παλμού ο οποίος στην συνέχεια μετατρέπεται σε απόσταση - γνωρίζοντας τα

χαρακτηριστικά της συγκεκριμένης ίνας. Καθώς ο παλμός ταξιδεύει κατά μήκος της ίνας, ένα μέρος της ενέργειας επιστρέφει στον ανιχνευτή εξαιτίας της ανάκλασης από τις συνδέσεις και της ίδιας της ίνας. Όταν ένας παλμός επιστρέφει ολοκληρωτικά στον ανιχνευτή, άλλος ένας στέλνεται μέχρι να ολοκληρωθεί η συλλογή δεδομένων. Αυτό σημαίνει ότι γίνονται πολλές μετρήσεις διαδοχικά ή μια μετά την άλλη και υπολογίζοντας την μέση τιμή τους έχουμε μια καλύτερη εικόνα των συμβάντων πάνω στην οπτική ίνα. Μόλις ολοκληρωθεί η συλλογή δεδομένων πραγματοποιείται η επεξεργασία τους προκειμένου να υπολογιστεί η απόσταση η εξασθένιση και το μέγεθος της ανάκλασης σε κάθε συμβάν όπως επίσης και ο υπολογισμός του συνολικού μήκους, της συνολικής εξασθένισης και το ORL της οπτικής ίνας. Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα της χρήσης ενός OTDR είναι ότι απαιτείται μόνο ένα άτομο για να τεκμηριώσει ή να ελέγξει ένα δίκτυο. Το σχήμα 3.10 απεικονίζει τις βαθμίδες ενός OTDR

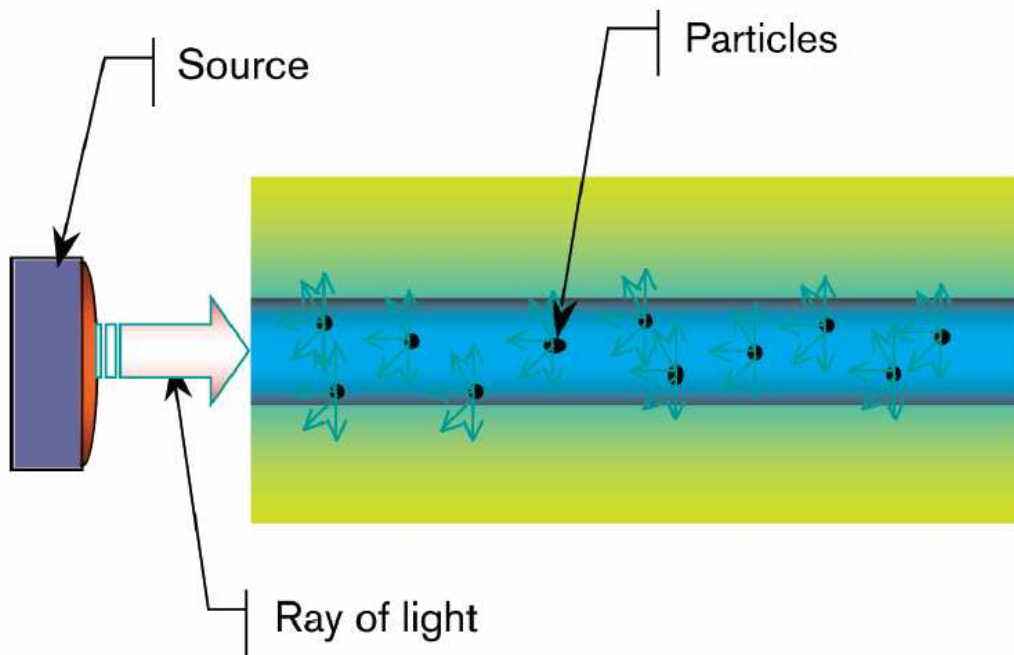


Σχήμα 3.10: Οι βαθμίδες ενός OTDR

3.7.1 ΤΟ ΚΛΕΙΔΙ ΕΙΝΑΙ Η ΑΝΑΚΛΑΣΗ

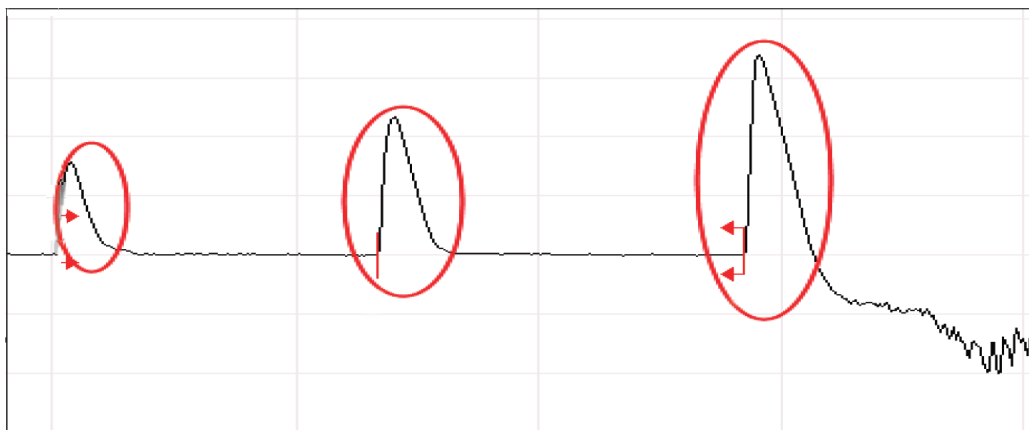
Όπως αναφέραμε νωρίτερα το OTDR παρέχει μια εικόνα του δικτύου μετρώντας το ποσοστό του φωτός που επιστρέφεται από τον παλμό που στέλνει. Σημειώνεται ότι υπάρχουν δυο είδη οπτικής ανάκλασης: μια συνεχόμενη χαμηλής έντασης που προκαλείται από την ίδια την ίνα και ονομάζεται 'Rayleigh backscattering' και μια υψηλής έντασης που δημιουργείται στα σημεία σύνδεσης και ονομάζεται "Fresnel reflection". Η ανάκλαση Rayleigh χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της εξασθένισης της ίνας σαν συνάρτηση της απόστασης (εκφράζεται σε dB/km) και φαίνεται σαν μια φθίνουσα ευθεία στο γράφημα του OTDR. Αυτό το φαινόμενο προέρχεται από την φυσική ανάκλαση και την εξασθένιση λόγω κάποιων ξένων σωματιδίων που εμπεριέχονται στο γυαλί. Όταν το φως χτυπήσει σε ένα τέτοιο σωματίδιο συμβαίνει ανάκλαση προς διάφορες κατευθύνσεις προκαλώντας εξασθένιση του σήματος. Τα μεγαλύτερα μήκη κύματος εξασθενούν λιγότερο σε σχέση με τα μικρότερα άρα απαιτούν λιγότερη

ενέργεια για να ταξιδέψουν την ίδια απόσταση σε μια ίνα. Στο Σχήμα 3.11 παρουσιάζεται αυτό το φαινόμενο .



Σχήμα 3.11: Rayleigh

Το δεύτερο είδος ανάκλασης που χρησιμοποιείται από ένα OTDR (Fresnel) εντοπίζει φυσικά γεγονότα κατά μήκος της ίνας. Όταν το φως χτυπήσει σε ένα τέτοιο σημείο (π.χ. κόλληση), ένα μεγάλο ποσοστό επιστρέφει πίσω δημιουργώντας την ανάκλαση Fresnel η οποία μπορεί να είναι χιλιάδες φορές μεγαλύτερη σε σχέση με την Rayleigh. Η ανάκλαση Fresnel διακρίνεται από αιχμές στην κυματομορφή του OTDR. Για παράδειγμα τέτοιες ανακλάσεις συμβαίνουν σε κοννέκτορες, μηχανικές συνδέσεις, σπασίματα ή ατερμάτιστες ίνες. Το σχήμα 3.12 που φαίνεται παρακάτω παρουσιάζει μερικές τέτοιες περιπτώσεις



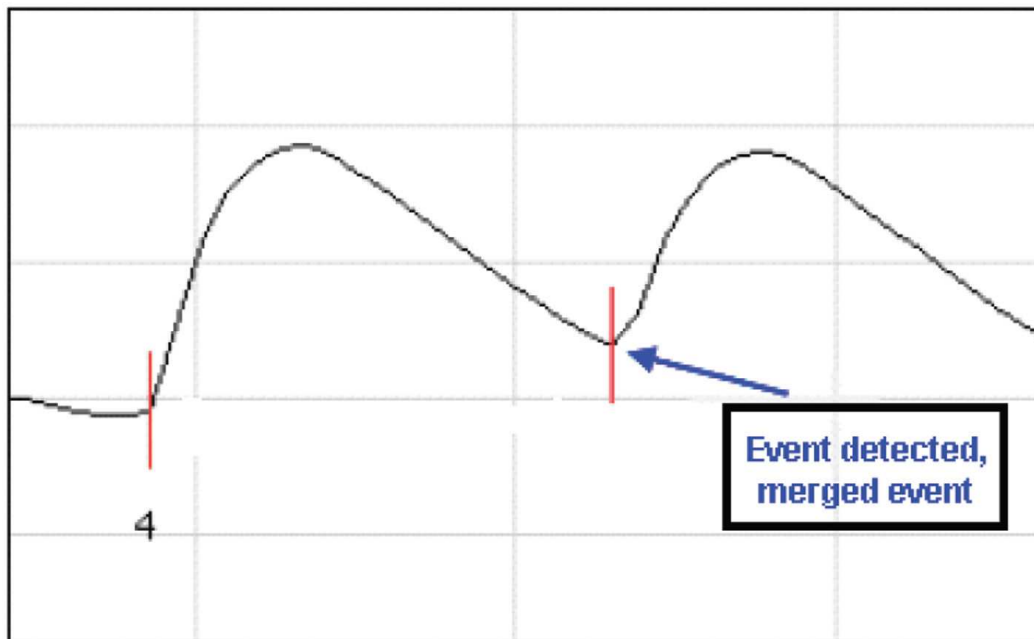
Σχήμα 3.12: Ανακλάσεις Fresnel που προκαλούνται από μηχανικές συνδέσεις, ανοιχτούς κωννέκτορες κτλ.

3.7.2 «ΝΕΚΡΕΣ ΖΩΝΕΣ»

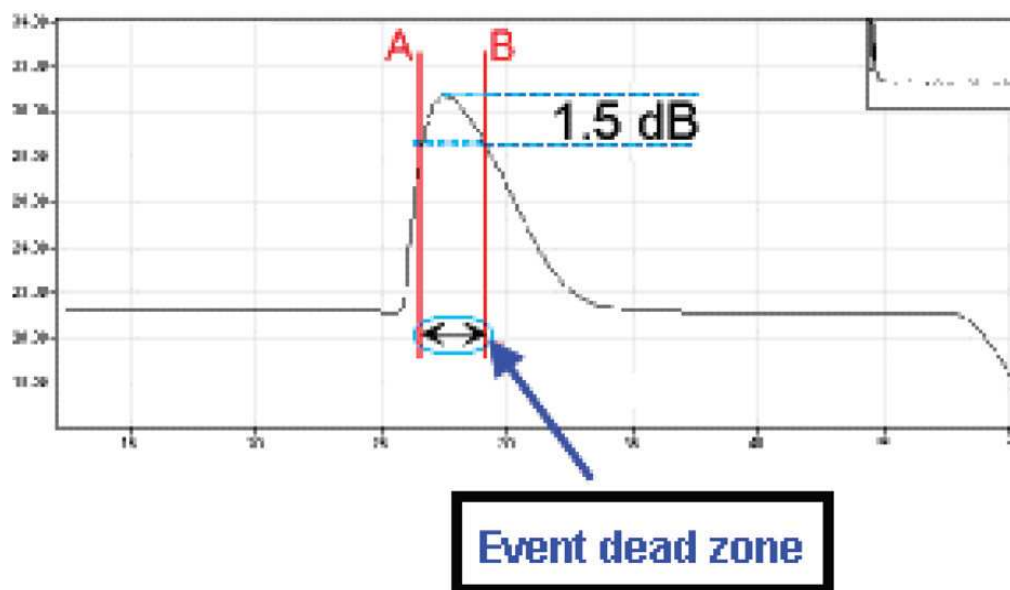
Οι ανακλάσεις Fresnel εισάγουν ένα σημαντικό χαρακτηριστικό το οποίο ονομάζεται 'νεκρή ζώνη'. Υπάρχουν δυο ειδών νεκρές ζώνες: γεγονόςτος και εξασθένισης. Και οι δυο δημιουργούνται από τις ανακλάσεις Fresnel και εκφράζονται σε απόσταση (μέτρα) η οποία μεταβάλετε ανάλογα με την ισχύ αυτών των ανακλάσεων. Σαν νεκρή ζώνη ορίζεται η απόσταση κατά την οποία ο ανιχνευτής του OTDR τυφλώνεται προσωρινά από την μεγάλη ποσότητα ανακλώμενου φωτός - φαντάσου ότι οδηγάς το βράδυ και συναντάς ένα αμάξι από την αντίθετη κατεύθυνση: τα μάτια σου τυφλώνονται για ένα μικρό διάστημα. Στον κόσμο των OTDR ο χρόνος μεταφράζεται σε απόσταση, άρα περισσότερη ανάκλαση σημαίνει περισσότερο χρόνο για να ανακάμψει ο ανιχνευτής δηλαδή μεγαλύτερη 'νεκρή ζώνη'. Οι περισσότεροι κατασκευαστές αναφέρουν στα χαρακτηριστικά τους τις 'νεκρές ζώνες' με τον μικρότερο δυνατό παλμό λειτουργίας και στα -45dB για τις μονότροπες και -35dB για τις πολύτροπες ίνες. Γι' αυτό τον λόγο είναι πολύ σημαντικό να διαβάζονται πολύ προσεκτικά τα χαρακτηριστικά ενός OTDR μια και κάθε κατασκευαστής χρησιμοποιεί διαφορετικές συνθήκες μέτρησης των 'νεκρών ζωνών'.

3.7.2.1 «ΝΕΚΡΗ ΖΩΝΗ» ΓΕΓΟΝΟΤΟΣ

Η νεκρή ζώνη γεγονόςτος είναι η ελάχιστη απόσταση που χρειάζεται ένα OTDR να ανιχνεύσει ένα γεγονός μετά από μια ανάκλαση Fresnel. Με άλλα λόγια είναι το ελάχιστο μήκος της ίνας που απαιτείται για δυο συνεχόμενα γεγονότα. Χρησιμοποιώντας το παράδειγμα του αυτοκινήτου που αναφέρθηκε παραπάνω, όταν τα μάτια τυφλωθούν από ένα άλλο αυτοκίνητο χρειάζονται μερικά δευτερόλεπτα για να αναγνωρίσεις ένα αντικείμενο που ακολουθεί. Στην περίπτωση του OTDR ένα γεγονός που ακολουθεί ανιχνεύεται αλλά δεν μπορεί να υπολογιστεί η απώλεια του (όπως φαίνεται στο σχήμα 3.13). Το OTDR συγχωνεύει όλα τα επαναλαμβανόμενα γεγονότα σε ένα και επιστρέφει την συνολική ανάκλαση και απώλεια τους. Οι κατασκευαστές των OTDR έχουν καθιερώσει έναν κοινό τρόπο μέτρησης αυτού του χαρακτηριστικού υπολογίζοντας την απόσταση μεταξύ των -1.5dB σημείων μιας αιχμής (σχήμα 3.14)



Σχήμα 3.13 : Γεγονότα που έχουν συγχωνευτεί εξαιτίας μεγάλης ‘νεκρής ζώνης’

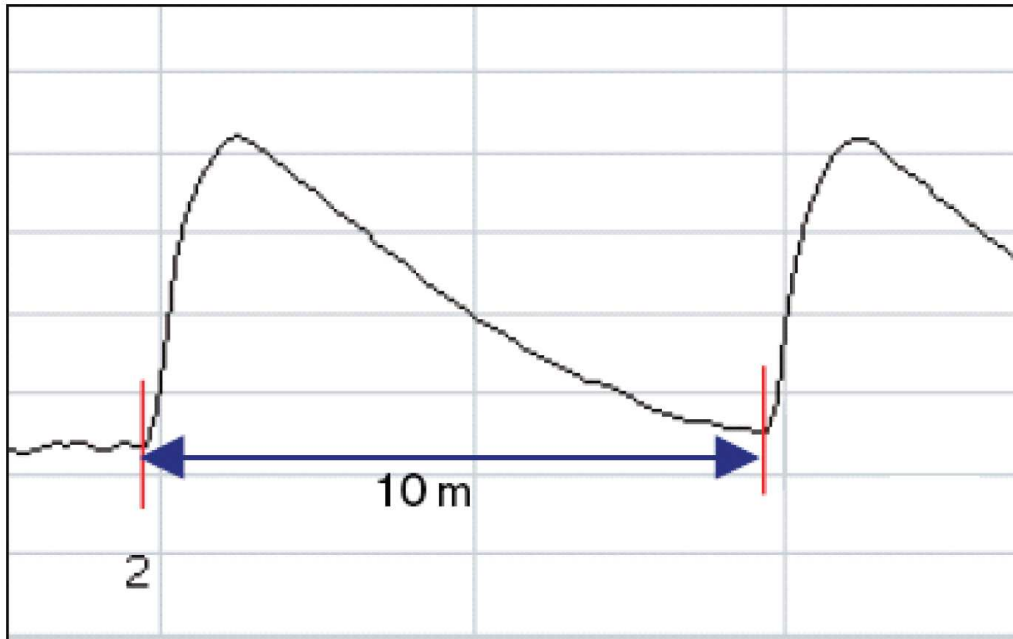


Σχήμα 3.14 : Μετρώντας την ‘νεκρή ζώνη’.

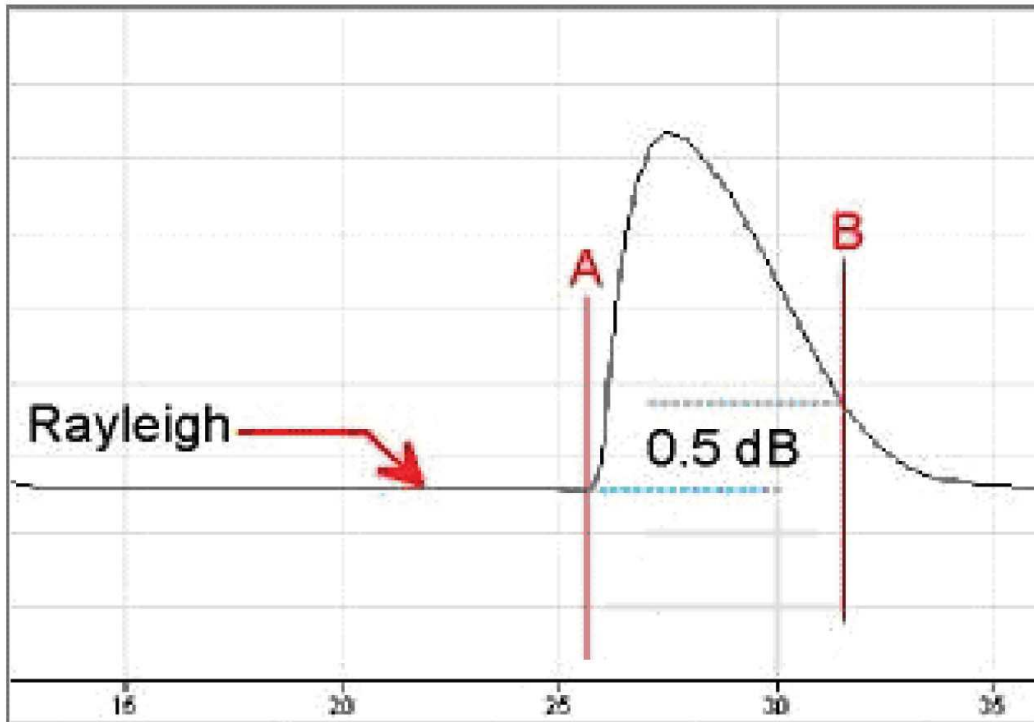
Είναι σημαντικό ένα OTDR να διαθέτει την ελάχιστη δυνατή νεκρή ζώνη έτσι ώστε να μπορεί να εντοπίσει γεγονότα που βρίσκονται σε μικρή απόσταση μεταξύ τους. Για παράδειγμα για μετρήσεις σε τοπικά δίκτυα απαιτείται ένα OTDR με πολύ μικρή ‘νεκρή ζώνη’ μια και τα patchcords που χρησιμοποιούνται για τις συνδέσεις είναι πολύ κοντά. Μεγάλη ‘νεκρή ζώνη’ σημαίνει ότι κάποιες συνδέσεις ίσως δεν εντοπιστούν με αποτέλεσμα να είναι πιο δύσκολο για έναν τεχνικό να βρει ένα πρόβλημα

3.7.2.2 «ΝΕΚΡΗ ΖΩΝΗ» ΕΞΑΣΘΕΝΙΣΗΣ

Η 'νεκρή ζώνη' εξασθένισης είναι η ελάχιστη απόσταση που χρειάζεται ένα OTDR για να μετρήσει την απώλεια ενός γεγονότος που ακολουθεί ένα άλλο. Επιστρέφοντας στο παράδειγμα του αυτοκινήτου που αναφέρθηκε νωρίτερα μετά από αρκετό χρόνο τα μάτια θα έχουν επανέλθει σε φυσιολογική κατάσταση έτσι ώστε θα μπορούν να αναγνωρίσουν ένα αντικείμενο στο δρόμο. Όπως φαίνεται στο σχήμα 3.15 παρακάτω ο ανιχνευτής του OTDR χρειάζεται αρκετό χρόνο για να εντοπίσει και να μετρήσει την απώλεια ενός γεγονότος που ακολουθεί. Η ελάχιστη αυτή απόσταση μετριέται από την αρχή ενός γεγονότος μέχρι η ανάκλαση να πέσει στο 0,5dB του φυσιολογικού της επιπέδου όπως φαίνεται στο σχήμα 3.16.



Σχήμα 3.15 : 'Νεκρή ζώνη' εξασθένισης



Σχήμα 3.16 : Μέτρηση της 'Νεκρής ζώνης' εξασθένισης

3.7.2.3 Η ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΗΤΑ ΤΗΣ «ΝΕΚΡΗΣ ΖΩΝΗΣ»

Οι μικρές νεκρές ζώνες επιτρέπουν σε ένα OTDR όχι μόνο να εντοπίσει κοντινά γεγονότα αλλά και να μετρήσει την απώλεια τους. Για παράδειγμα η απώλεια ενός κοντού patchcord γίνεται γνωστή με αποτέλεσμα αυτό να βοηθάει τους τεχνικούς να έχουν μια ξεκάθαρη εικόνα για το τι συμβαίνει σε ένα δίκτυο. Οι 'νεκρές ζώνες' επηρεάζονται από άλλον ένα παράγοντα που είναι το εύρος του παλμού. Στα τεχνικά χαρακτηριστικά των κατασκευαστών δίδεται το ελάχιστο μήκος 'νεκρής ζώνης' επειδή χρησιμοποιείται ο μικρότερος δυνατός παλμός. Όμως οι 'νεκρές ζώνες' δεν έχουν πάντα το ίδιο σταθερό μήκος αλλά φαρδαινούν καθώς μεγαλώνει το εύρος του παλμού. Χρησιμοποιώντας το μέγιστο δυνατό εύρος παλμού έχει σαν αποτέλεσμα αρκετά μεγάλο μήκος 'νεκρής ζώνης'. Παρόλα αυτά αυτό έχει και μια διαφορετική χρήση την οποία θα εξετάσουμε στην συνέχεια.

3.7.3 Η ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ

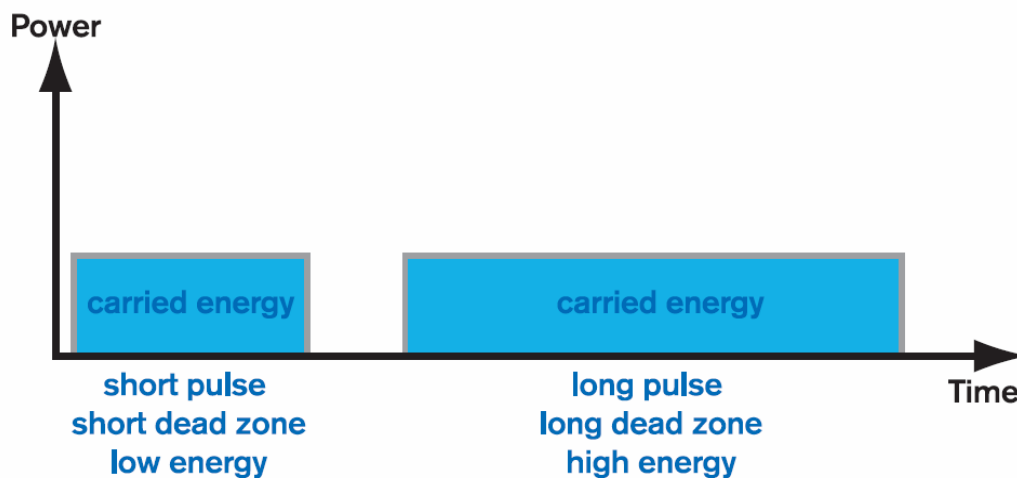
Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό των OTDR είναι η δυναμική περιοχή. Αυτή η παράμετρος φανερώνει την μέγιστη οπτική εξασθένιση που μπορεί να μετρήσει ένα OTDR μέχρι ένα συγκεκριμένο επίπεδο θορύβου. Με άλλα λόγια είναι το μέγιστο μήκος της ίνας στο οποίο μπορεί να φτάσει ένας παλμός με το μέγιστο δυνατό εύρος. Άρα μεγάλη δυναμική περιοχή (σε dB) σημαίνει ότι μπορούν να μετρηθούν και μεγάλες αποστάσεις. Στην πραγματικότητα η μέγιστη απόσταση αλλάζει από περίπτωση σε περίπτωση αφού η εξασθένιση κάθε δικτύου είναι διαφορετική. Συνδετήρες, κολλήσεις και διαχωριστές είναι

μερικοί από τους παράγοντες που μειώνουν το μέγιστο μήκος που μπορεί να μετρήσει ένα OTDR. Τις περισσότερες φορές στα τεχνικά χαρακτηριστικά των κατασκευαστών η δυναμική περιοχή δίδεται χρησιμοποιώντας το μέγιστο δυνατό παλμό και παίρνοντας τον μέσο όρο των μετρήσεων που γίνονται για χρονικό διάστημα τριών λεπτών.

Ένας καλός κανόνας είναι να επιλέξουμε ένα OTDR που έχει δυναμική περιοχή 5 με 8 dB μεγαλύτερη από την μέγιστη εξασθένιση που θα μετρηθεί γενικά. Για παράδειγμα ένα OTDR μονότροπης ίνας με δυναμική περιοχή 35dB έχει μια λειτουργική δυναμική περιοχή περίπου 30 dB. Υποθέτοντας ότι μια τυπική ίνα έχει εξασθένιση 0.20dB/Km στα 1550nm και κολλήσεις κάθε 2Km με απώλεια 0,1dB κάθε μια το OTDR θα μπορεί με ακρίβεια να μετρήσει αποστάσεις μέχρι 120Km. Η μέγιστη απόσταση μπορεί να υπολογιστεί διαιρώντας τις απώλειες της ίνας με την δυναμική περιοχή του OTDR. Πρέπει να έχουμε υπόψη ότι όσο μεγαλύτερες είναι οι απώλειες ενός δικτύου τόσο μεγάλη πρέπει να είναι και η δυναμική περιοχή.

3.7.4 ΤΟ ΜΗΚΟΣ ΤΟΥ ΠΑΛΜΟΥ

Το μήκος παλμού είναι στην πραγματικότητα ο χρόνος όπου το laser είναι σε λειτουργία. Όπως ξέρουμε ο χρόνος στην περίπτωση των OTDR μετατρέπεται σε απόσταση άρα το μήκος παλμού φανερώνει απόσταση. Ένας παλμός μεταφέρει ενέργεια για να δημιουργηθούν οι ανακλάσεις και με αυτό τον τρόπο να μετρηθεί ένα δίκτυο. Ένας μικρός παλμός μεταφέρει ελάχιστη ενέργεια και άρα ταξιδεύει σε μικρότερες αποστάσεις εξαιτίας της απώλειας που υπάρχει κατά μήκος μιας ίνας. (συνδεδητές κολλήσεις κτλ). Ένας μεγάλος παλμός έχει περισσότερη ενέργεια με αποτέλεσμα να ταξιδεύει σε μεγαλύτερες αποστάσεις. Το σχήμα 3.17 παρακάτω παρουσιάζει το μήκος του παλμού σε σχέση με τον χρόνο.



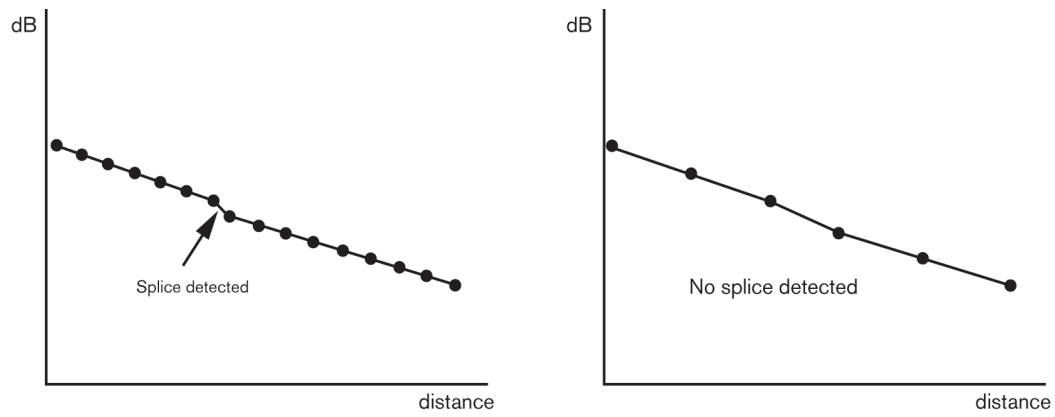
Σχήμα 3.17 : Μικρός και μεγάλος παλμός.

Αν ο παλμός είναι πολύ μικρός (σε χρονική διάρκεια) τότε χάνει την ενέργεια του πριν φτάσει στο τέλος της ίνας με αποτέλεσμα η ανάκλαση να είναι τόσο ασθενής ώστε να χάνεται στο θόρυβο. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να μην μπορεί να μετρηθεί η ίνα σε ολόκληρο από άκρη σε άκρη μιας και το φαινομενικό της μήκος είναι μικρότερο από το πραγματικό. Επίσης όταν η καμπύλη γίνεται πολύ θορυβώδης κοντά στο τέρμα της ίνας το OTDR δεν μπορεί πλέον να αναλύσει σωστά το σήμα και παρουσιάζει λανθασμένες μετρήσεις.

Όταν η καμπύλη γίνεται πολύ θορυβώδης υπάρχουν δυο εύκολοι τρόποι να το αντιμετωπίσουμε . Πρώτα από όλα μπορεί να αυξηθεί ο χρόνος μέτρησης το οποίο έχει σαν αποτέλεσμα μια σημαντική βελτίωση στο λόγο σήματος προς θόρυβο (SNR) ενώ παράλληλα διατηρείται η καλή διακριτική ικανότητα του μικρού παλμού. Παρόλα αυτά η αύξηση του χρόνου μέτρησης έχει και τα όρια της μιας και δεν βελτιώνει το SNR επ' αόριστον. Αν η καμπύλη δεν είναι αρκετά καθαρή τότε εφαρμόζουμε την δεύτερη μέθοδο που είναι η χρήση του αμέσως μεγαλύτερου διαθέσιμου παλμού (περισσότερη ενέργεια). Να έχουμε υπόψη μας ότι οι 'νεκρές ζώνες' μεγαλώνουν καθώς αυξάνεται το εύρος του παλμού. Ευτυχώς τα περισσότερα OTDR της αγοράς έχουν ένα αυτόματο τρόπο λειτουργίας όπου από μόνα τους διαλέγουν το κατάλληλο εύρος παλμού ανάλογα με την ίνα που μετριέται. Αυτός ο τρόπος λειτουργίας είναι πολύ εύχρηστος στην περίπτωση που το μήκος ή η απώλεια της ίνας που μετριέται είναι άγνωστα.

3.7.5 ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ

Η ικανότητα ενός OTDR να υπολογίζει την σωστή απόσταση ενός γεγονότος εξαρτάται από διάφορες παραμέτρους ανάμεσα στις οποίες είναι η ανάλυση της δειγματοληψίας καθώς και τα σημεία που συμβαίνει η δειγματοληψία. Η ανάλυση της δειγματοληψίας ορίζεται η ελάχιστη απόσταση μεταξύ δύο σημείων δειγματοληψίας. Η παράμετρος αυτή είναι πολύ σημαντική γιατί φανερώνει την ακρίβεια με την οποία μετράει τις αποστάσεις ένα OTDR αλλά και την ικανότητα του να βρίσκει λάθη πάνω στο δίκτυο. Ανάλογα με το εύρος του παλμού που χρησιμοποιείται και την απόσταση η τιμή της ανάλυσης αυτής κυμαίνεται από 4cm έως μερικά μέτρα. Επίσης θα πρέπει να υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός σημείων δειγματοληψίας κατά την διάρκεια μιας μέτρησης έτσι ώστε να διατηρείται η καλύτερη δυνατή ανάλυση. Στο σχήμα 3.18 φαίνεται ο ρόλος της υψηλής ανάλυσης στην ανίχνευση ενός λάθους.



Σχήμα 3.18 : Η ανάλυση όταν χρησιμοποιείται α) δειγματοληψία ανά 5 μέτρα και β) ανά 15 μέτρα. Όπως φαίνεται παραπάνω χρησιμοποιώντας μεγάλο αριθμό σημείων δειγματοληψίας έχει σαν αποτέλεσμα καλύτερη ανάλυση.



Σχήμα 3.19 : Μέτρηση με OTDR

3.8 ΠΡΑΚΤΙΚΑ ΖΗΤΗΜΑΤΑ ΔΙΚΤΥΩΝ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ

3.8.1 ΕΜΦΥΣΗΣΗ ΚΑΛΩΔΙΟΥ

Για να ριξουμε ένα στροφείο (στροφείο είναι το καρούλι του καλωδίου) πρέπει να γίνει η εξής διαδικασία:

Αν το στροφείο είναι 48 ινών αυτό σημαίνει πως έχουμε 4 σωληνίσκους με 12 ίνες ο κάθε ένας. Αυτό που προβλέπεται συνήθως είναι να πάρουμε δειγματοληπτικές μετρήσεις για να βεβαιωθούμε πως το στροφείο δεν έχει κάποιο πρόβλημα γι' αυτό μετράμε με το OTDR δυο ίνες από κάθε σωληνίσκο. Κάθε νέο στροφείο έχει μήκος περίπου 4Km (το ακριβές μήκος αναγράφεται πάνω στο στροφείο) που σημαίνει πως αν σε κάποια ίνα το μήκος είναι μικρότερο των 4Km το στροφείο είναι ελαττωματικό και στέλνεται πίσω στον κατασκευαστή για άμεση αντικατάσταση. Αν δεν υπάρχει κάποιο πρόβλημα συνεχίζουμε στην εγκατάσταση του καλωδίου μέσα από τους σωλήνες με την χρήση πεπιεσμένου αέρα (φύσημα καλωδίου)

Για να γίνει το φύσημα του καλωδίου χρειάζεται ο εξής εξοπλισμός: Κομπρεσέρ λαδιού, κομπρεσέρ αέρος και το breeze. Το κομπρεσέρ λαδιού κινεί τον μηχανισμό (breeze) ο οποίος σπρώχνει το καλώδιο ενώ το κομπρεσέρ αέρος φυσάει αέρα μέσα στον σωλήνα που περνάει το καλώδιο υποβοηθώντας το. Πριν ενώσουμε το καλώδιο στο breeze καθαρίζουμε τον σωλήνα που θα περάσει μέσα το καλώδιο φυσώντας μέσα του ένα απλό σφουγγάρι. Στην συνέχεια συνδέουμε το καλώδιο στο breeze. Συνήθως ξεκινάμε το φύσημα από το φρεάτιο που βρίσκεται στην μέση της διαδρομής ριχνοντας από 2Km σε κάθε μεριά. Το στροφείο τοποθετείται πάνω σε δυο τρίποδα ώστε να μπορεί να ελευθερώνεται το καλώδιο. Στις επόμενες φωτογραφίες φαίνεται το breeze



Σχήμα 3.20 : To breeze



Σχήμα 3.21 : Το breeze



Σχήμα 3.22 : Χρήση του breeze κατά τη διάρκεια φύσηματος καλωδίου.

Σε περίπτωση που το καλώδιο δυσκολεύεται να περάσει μονοκόμματο από την μια μεριά στην άλλη πηγαίνουμε στο πιο κοντινό φρεάτιο από το σημείο που κολλάει το καλώδιο και το βγάζουμε έξω κάνοντας το οχτάρια και στην συνέχεια συνεχίζουμε το φύσημα από το σημείο που έγιναν τα οχτάρια. Όταν δυσκολεύεται το φύσημα του καλωδίου οφείλεται κυρίως σε διαδρομή με αρκετές στροφές, υψηλές θερμοκρασίες ή σε τσάκιση των σωλήνων κατά την τοποθέτησή τους. Μόλις τελειώσει το φύσημα του καλωδίου αφήνουμε περίπου 50m spare στις άκρες του καλωδίου καθώς και στα ενδιάμεσα

φρεάτια και ξαναμετράμε τις αρχικές ίνες ώστε να σιγουρευτούμε ότι δεν τραυματίσαμε το καλώδιο μας. Σε αντίθετη περίπτωση πρέπει να τραβήξουμε έξω το καλώδιο και να περάσουμε καινούριο από την αρχή. Το spare επίσης το αφήνουμε για να μπορούμε σε περίπτωση μελλοντικής βλάβης να τραβήξουμε καλώδιο και να κολλήσουμε τις ίνες.

3.8.2 ΚΟΛΛΗΣΕΙΣ

Εάν έχουμε ρίξει δυο ή και παραπάνω καλώδια τότε θα πρέπει να ενώσουμε τις ίνες με την μέθοδο Fusion splicing και τις τοποθετούμε μέσα σε μια οπτική μούφα παρέχοντας έτσι προστασία στις ίνες. Παρακάτω φαίνεται μια οπτική μούφα.



Σχήμα 3.23 : Η οπτική μούφα

Παρακάτω φαίνεται ο χρωματικός κώδικας που χρησιμοποιείται όταν κάνουμε μία οπτική μούφα: Η εταιρεία μας χρησιμοποιεί 2 τύπους καλωδίων. Το αντιτρωκτικό καλώδιο που χρησιμοποιείται για συνδέσεις μεταξύ πόλεων και το μικροκαλώδιο που χρησιμοποιείται στα μητροπολιτικά δίκτυα. Αυτά τα 2 καλώδια έχουν διαφορετικό χρωματικό κώδικα στα σωληνάκια.

Στο αντιτρωκτικό 72 ινών ο χρωματικός κώδικας των σωληνίσκων είναι
1.Κόκκινο 2. Άσπρο α 3. Άσπρο β 4. Άσπρο γ 5. Άσπρο δ 6. Μπλε

Στο αντιτρωκτικό 48 ινών ο χρωματικός κώδικας των σωληνίσκων είναι
1.Κόκκινο 2. Άσπρο α 3. Άσπρο β 4. Μπλε

Στο μικροκαλώδιο 72 ινών ο χρωματικός κώδικας των σωληνίσκων είναι
1.Μπλε 2. Πορτοκαλί 3. Πράσινο 4. Καφέ 5. Γκρι 6. Άσπρο

Στο μικροκαλώδιο 48 ινών ο χρωματικός κώδικας των σωληνίσκων είναι
1.Κόκκινο 2. Άσπρο α 3. Άσπρο β 4. Μπλε

Σημείωση: Ο πρώτος άσπρος σωληνίσκος βρίσκεται τυλιγμένος πάνω στον κόκκινο οπότε ξετυλίγοντας με την σειρά βρίσκουμε και τους υπόλοιπους άσπρους.

Κάθε σωληνίσκος έχει 12 ίνες τα χρώματα των οποίων είναι τα εξής:

- 1) Κόκκινο
- 2) Πράσινο
- 3) Κίτρινο
- 4) Διαφανές ή Μαύρο
- 5) Καφέ
- 6) Μωβ
- 7) Γκρι
- 8) Γαλάζιο
- 9) Λευκό
- 10) Ροζ
- 11) Πορτοκαλί
- 12) Μπλε

Τα καλώδια οπτικών ινών ξεκινούν από οπτικούς καταναμητές και τερματίζουν σε οπτικούς καταναμητές. Εκεί συγκολλούνται με τα μονόινα οπτικά καλώδια (pigtails) που διαθέτουν έτοιμους συνδετήρες (connectors) τύπου SC ή LC από το εργοστάσιο κατασκευής. Οι συνδετήρες αυτοί στη συνέχεια συνδέονται στους διπλούς υποδοχείς (adaptors) του οπτικού καταναμητή. Ακολουθεί πίνακας με τους πιο διαδεδομένους connectors.

Πίνακας 3.1 : Απεικόνιση πίνακα με τους πιο διαδεδομένους connectors.

Connector	Insertion Loss	Repeatability	Fiber Type	Applications
 FC	0.50-1.00 dB	0.20 dB	SM, MM	Datacom, Telecommunications
 FDDI	0.20-0.70 dB	0.20 dB	SM, MM	Fiber Optic Network
 LC	0.15 db (SM) 0.10 dB (MM)	0.2 dB	SM, MM	High Density Interconnection
 MT Array	0.30-1.00 dB	0.25 dB	SM, MM	High Density Interconnection
 SC	0.20-0.45 dB	0.10 dB	SM, MM	Datacom
 SC Duplex	0.20-0.45 dB	0.10 dB	SM, MM	Datacom
 ST	Typ. 0.40 dB (SM) Typ. 0.50 dB (MM)	Typ. 0.40 dB (SM) Typ. 0.20 dB (MM)	SM, MM	Inter-/Intra-Building, Security, Navy

Οι τερματισμοί γίνονται με τεχνική fusion splicing για ελαχιστοποίηση των απωλειών και καλύτερη ποιότητα τερματισμών. Επίσης γίνεται σήμανση όλων των οπτικών κατανομών καθώς και των καλωδίων οπτικών ινών που καταλήγουν σε αυτούς με ετικέτες έτσι ώστε να παράσχετε πλήρη τεκμηρίωση της εγκατάστασης.

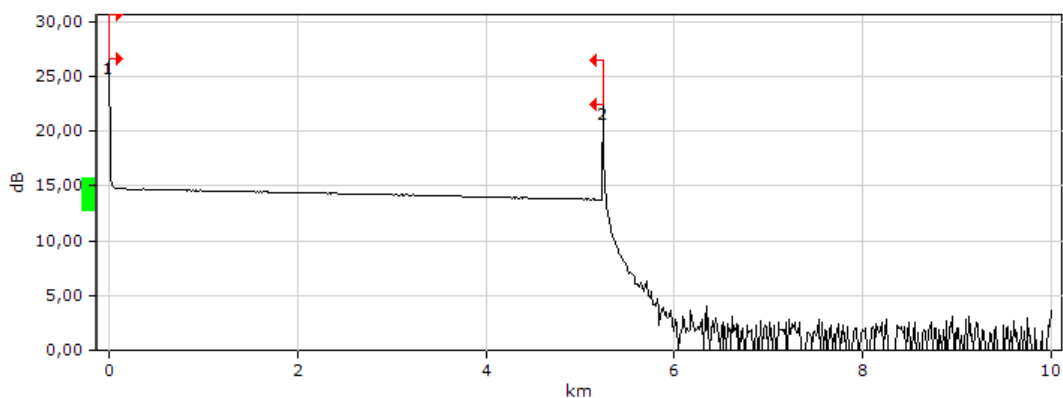
3.8.3 ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ

Στην συνέχεια γίνεται η πιστοποίηση κάθε μιας οπτικής ίνας ξεχωριστά όπως φαίνεται παρακάτω χρησιμοποιώντας ένα OTDR όπως για παράδειγμα το FTB200 της EXFO και το πρόγραμμα Lite Reporter για την παρουσίαση των αποτελεσμάτων.



Σχήμα 3.24 : Απεικόνιση του OTDR

Οι μετρήσεις που ακολουθούν αφορούν τον δήμο Χανίων και δείχνουν την απόσταση από τον κόμβο της Γαλλικής σχολής προς τον κόμβο του Πολυτεχνείου.



OTDR Report

General Information

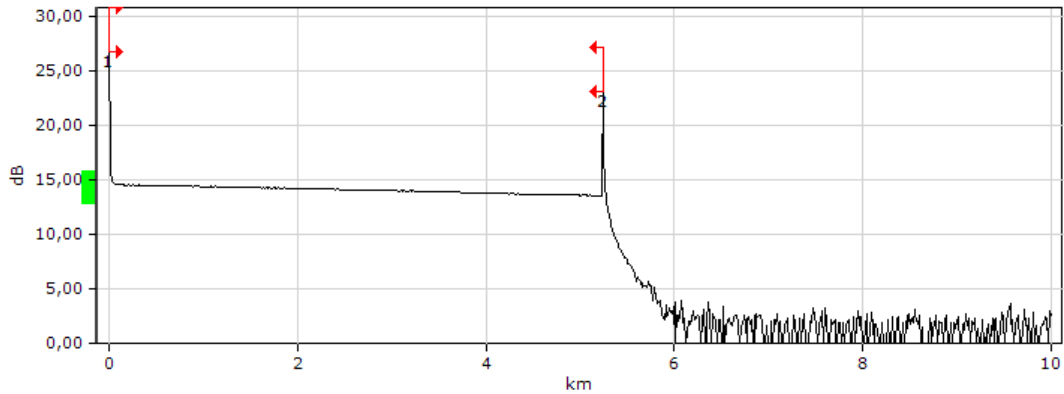
File name: trace 00012
Test date: 02/08/2010
Test time: 2:48μμ

Results

Span length: 5.2441Km
Span loss: 1.021 dB
Average loss: 0.195 dB/Km

Test Parameters

Wavelength: 1550 nm
Range: 10.000 km
Pulse: 30 ns
Duration: 15 s



OTDR Report

General Information

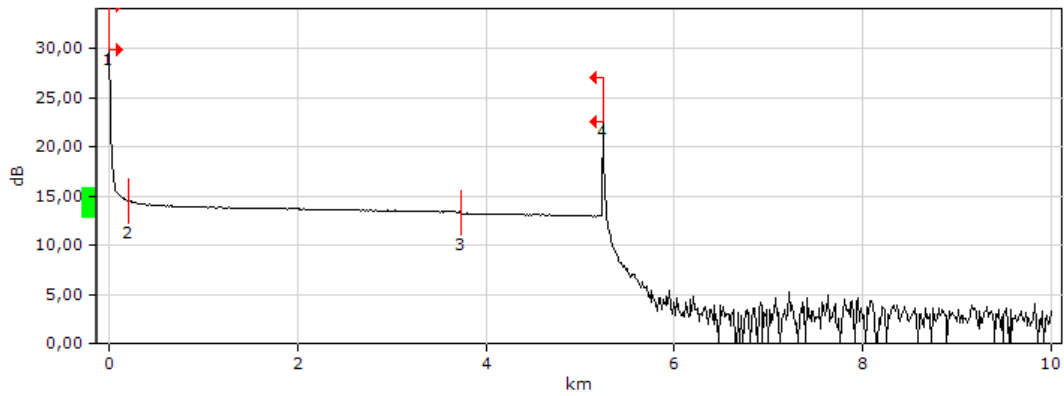
File name: trace 00030
Test date: 02/08/2010
Test time: 2:49μμ

Results

Span length: 5.2441Km
Span loss: 1.051 dB
Average loss: 0.201 dB/Km

Test Parameters

Wavelength: 1550 nm
Range: 10.000 km
Pulse: 30 ns
Duration: 15 s



OTDR Report

General Information

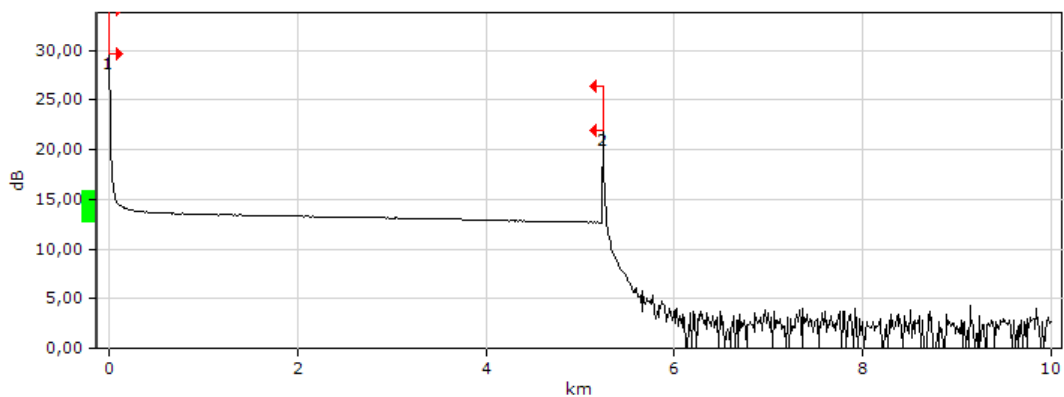
File name: trace 00034
Test date: 02/08/2010
Test time: 2:50μμ

Results

Span length: 5.2447Km
Span loss: 2.295 dB
Average loss: 0.438 dB/Km

Test Parameters

Wavelength: 1550 nm
Range: 10.000 km
Pulse: 30 ns
Duration: 15 s



OTDR Report

General Information

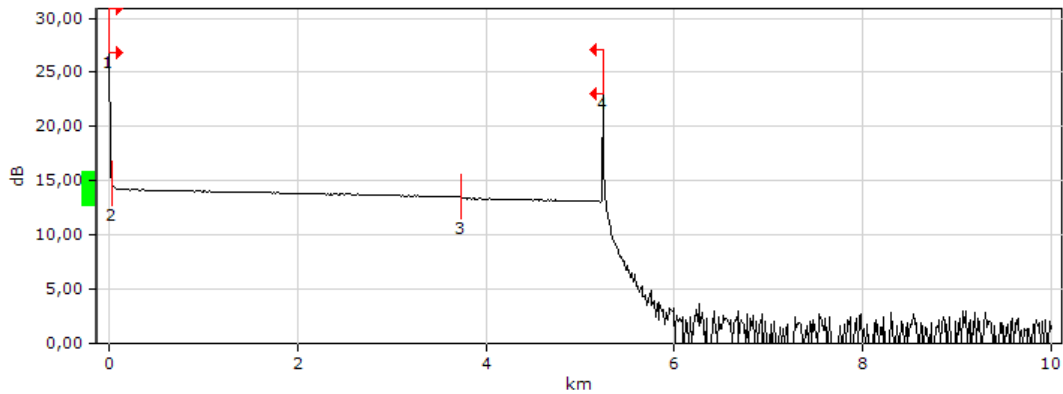
Results

File name: trace 00054
Test date: 02/08/2010
Test time: 2:51μμ

Span length: 5.2440Km
Span loss: 1.142 dB
Average loss: 0.218 dB/Km

Test Parameters

Wavelength: 1550 nm
Range: 10.000 km
Pulse: 30 ns
Duration: 15 s



OTDR Report

General Information

File name: trace 00070
Test date: 02/08/2010
Test time: 2:52μμ

Results

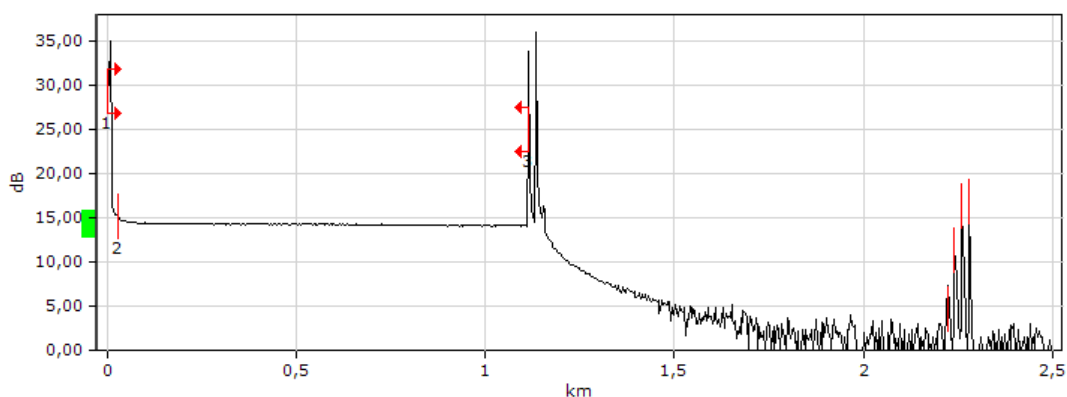
Span length: 5.2439Km
Span loss: 2.121 dB
Average loss: 0.405 dB/Km

Test Parameters

Wavelength: 1550 nm
Range: 10.000 km
Pulse: 30 ns
Duration: 15 s

Σε κάθε μια μέτρηση εκτός από τον αριθμό της ίνας (πχ trace 00070) την ημερομηνία και ώρα φαίνονται το ακριβές μήκος (span length), η συνολική απώλεια (span loss) η μέση απώλεια (average loss) καθώς και οι συνθήκες μέτρησης του οργάνου: μήκος κύματος (wavelength), κλίμακα (range), διάρκεια παλμού (pulse) και χρόνος μέτρησης (duration). Το γράφημα απεικονίζει την απώλεια της οπτικής ίνας κατά μήκος του καλωδίου. Τα κόκκινα σημάδια που φαίνονται στα γραφήματα 3 και 5 είναι σημεία μεγάλης απώλειας ενδεχομένως από κολλήσεις μέσα σε μούφα.

Οι επόμενες μετρήσεις είναι από τον κόμβο της Γαλλικής σχολής προς το χρήστη του ΤΕΙ Χανίων



OTDR Report

General Information

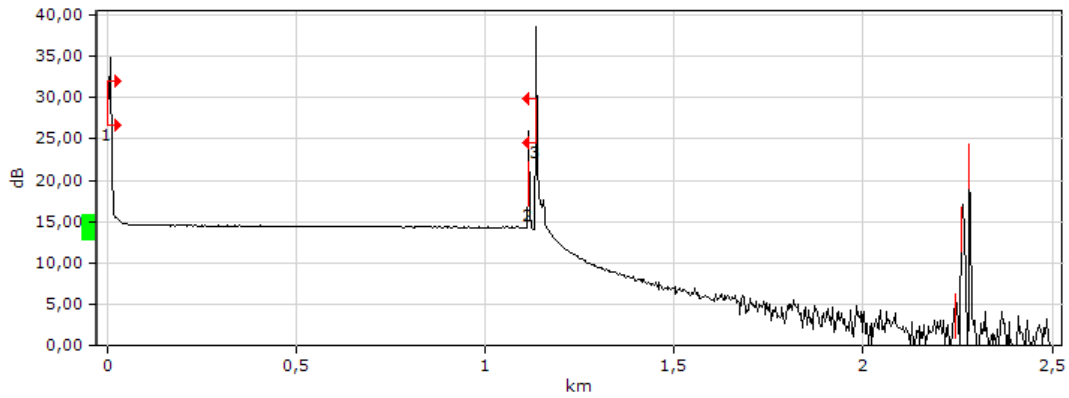
File name: trace 00001
Test date: 02/08/2010
Test time: 3:00μμ

Results

Span length: 1,1131Km
Span loss: 1,113 dB
Average loss: 1,000 dB/Km

Test Parameters

Wavelength: 1550 nm
Range: 2.500 km
Pulse: 30 ns
Duration: 15 s



OTDR Report

General Information

File name: trace 00002
Test date: 02/08/2010
Test time: 3:01μμ

Results

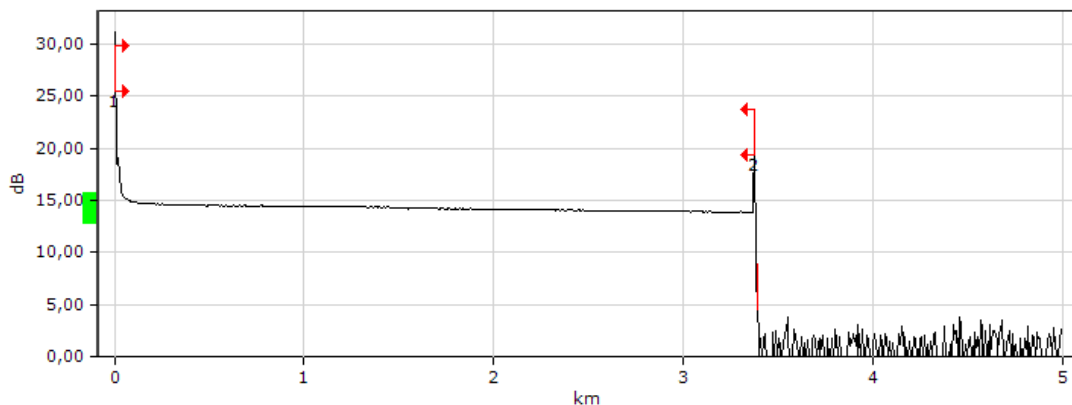
Span length: 1,1132Km
Span loss: 0,540 dB
Average loss: 0,476 dB/Km

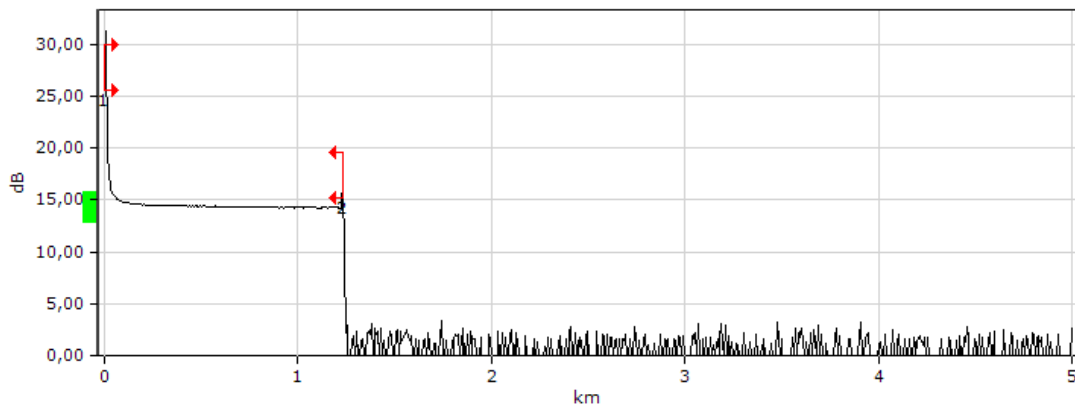
Test Parameters

Wavelength: 1550 nm
Range: 2.500 km
Pulse: 30 ns
Duration: 15 s

3.8.4 ΒΛΑΒΕΣ

Στα επόμενα δυο γραφήματα φαίνεται μια φυσιολογική μέτρηση ίνας σε απόσταση 3,3768 Km και μιας κομμένης σε απόσταση 1,2356 Km στο ίδιο καλώδιο. Οι μετρήσεις έγιναν στην διαδρομή από την καμπίνα Φρούδια Χαλέπας προς τον κόμβο στον Δημοτικό Κήπο.





Σε αυτήν την περίπτωση πρέπει να γίνει έλεγχος στην απόσταση που φαίνεται κομμένη ή να γίνει έλεγχος για να διαπιστώσουμε αν υπάρχει φρεάτιο και ενδεχομένως οπτική μούφα. Αν ισχύει κάτι τέτοιο επαναλαμβάνεται η κόλληση της συγκεκριμένης ίνας, αν πάλι δεν υπάρχει κάποια μούφα το καλώδιο πρέπει να αντικατασταθεί και να γίνουν όλες οι κολλήσεις από την αρχή.

Σε περίπτωση βλάβης που οφείλεται σε εξωτερικούς παράγοντες (π.χ. δολιοφθορά, διάφορα χωματουργικά έργα, φυσικά αίτια: κατολισθήσεις κτλ) γίνονται μετρήσεις όπως παραπάνω για να διαπιστωθεί το σημείο του προβλήματος και στην συνέχεια ένα συνεργείο μεταβαίνει εκεί προκειμένου να αποφασίσει τι θα γίνει για την αντιμετώπιση της βλάβης. Αν η βλάβη έχει γίνει μέσα σε ένα φρεάτιο τότε μπορούμε επιτόπου να κάνουμε μία οπτική μούφα ενώ αν δεν συμβαίνει κάτι τέτοιο μπορεί να κατασκευαστεί στο σημείο ένα νέο φρεάτιο. Για την διαδικασία αυτή ενδεχομένως να απαιτηθεί τράβηγμα του καλωδίου από το κοντινότερο φρεάτιο.

3.8.5 ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ


Από την στιγμή που παραδοθεί ένα δίκτυο γίνεται περιοδικά ανά μήνα ένας έλεγχος του δικτύου. Αυτός μπορεί να περιλαμβάνει :

- Κατάσταση καθαριότητας και στεγανότητας φρεατίων, καλύμματα
- Κατάσταση εγκατάστασης πλεονάζοντος καλωδίων εντός των φρεατίων και διατάξεων συγκόλλησης οπτικών ινών
- Κατάσταση σωληνώσεων, συνδέσμων και διακλαδώσεων
- Κατάσταση εξωτερικών οικίσκων και εξωτερικών επιτοιχιών κατανεμητών

- Κατάσταση εσωτερικών εγκαταστάσεων κόμβων, σωληνώσεις εντός κτιρίων κλπ
- Κατάσταση καλωδίων οπτικών ινών (για δειγματοληπτικές μετρήσεις
- Έλεγχος ενεργού εξοπλισμού στις καμπίνες και τους κόμβους. (UPS, κλιματισμός, ηλεκτρογεννήτριες.

Κατά τους παραπάνω ελέγχους παίρνονται ενδεικτικά κάποιες φωτογραφίες και στην συνέχεια γίνεται μια αναφορά όλων των παραπάνω που περιλαμβάνει και προτάσεις για την επιδιόρθωση τυχόν προβλημάτων που εντοπίστηκαν.

Τέλος παρακάτω φαίνεται η φόρμα αναφοράς που συμπληρώνεται κατά την διάρκεια της συντήρησης.

ERICSSON 		Ericsson Internal		
Πρωτόκολλο για τον έλεγχο περιστατικών T-Cities		ΑΝΑΦΟΡΑ ΠΕΡΙΟΔΙΚΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ		
		1 (5)		
Όργανο	Στελέχος	Ημερ	Μην	Πλάτος
		2009-12-11	ΡΑ1	

**ΑΝΑΦΟΡΑ ΠΕΡΙΟΔΙΚΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΕΥΡΥΖΩΝΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ
ΔΗΜΟΥ ΧΑΝΙΩΝ**

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ : xx/xx/xxxx

Πρωτόκολλο ελέγχου υπηρεσιών Έλεγχου		No.		
Αρχίβος	Έκδοση	Ημερ.	Παγ.	Παράρτημα
		2009-12-11	PA 1	

Περιεχόμενα

1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	3
2	ΣΥΝΕΡΓΕΙΟ ΕΛΕΓΧΟΥ	3
3	ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΔΙΚΤΥΟΥ ΤΗΝ	4
4	ΕΥΡΗΜΑΤΑ ΕΠΙΤΟΠΙΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ	5
5	ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΔΙΟΡΘΩΤΙΚΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΩΝ	5
6	ΑΝΑΦΟΡΕΣ	5
7	ΣΥΝΗΜΜΕΝΑ	5
7.1	Δειγματοληπτικές μετρήσεις δικτύου οπτικών ινών	5
7.2	Ενδεικτικές φωτογραφίες στοιχείων δικτύου	5

Πρωτόκολλο ελέγχου υπηρεσιών Έλεγχου		No.		
Αρχίβος	Έκδοση	Ημερ.	Παγ.	Παράρτημα
		2009-12-11	PA 1	

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ERICSSON για την υποστήριξη των τηλεπικοινωνιακών έργων που έχει εγκαταστήσει στην Ελλάδα και στην περιοχή της Νοτιοανατολικής Ευρώπης διαθέτει ήδη μια αναλόγη οργάνωση 24ωρης υποστήριξης των πελατών της. Στα πλαίσια της υπηρεσίας υποστήριξης και πιο συγκεκριμένα αναφορικά με τις προληπτικές υπηρεσίες, η συγκεκριμένη αναφορά καταγράφει την κατάσταση των εγκαταστάσεων του Δήμου Χανίων.

Ο συγκεκριμένος περιοδικός επίτοπος έλεγχος των εγκαταστάσεων του Ευρωπαϊκού Δικτύου του Δήμου Χανίων έγινε το διάστημα από XX/XX/XXXX έως XX/XX/XXXX.

2 ΣΥΝΘΕΣΗ ΣΥΝΕΡΓΕΙΟΥ ΕΠΙΤΟΠΙΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ

Το συνεργείο το οποίο εκτέλεσε το συγκεκριμένο επίτοπο έλεγχο αποτελείται από τα παρακάτω μέλη:

1. ΚΟΚΙΑΝΤΩΝΗΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ

Πρωτόκολλο ελέγχου περιόδου Έλεγχου		No.	
Αρμόδιος	Χώρα	Ημερ.	Πάροχος
		2009-12-11	PA1

3 ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΔΙΚΤΥΟΥ

	ΚΑΛΗ	ΙΚΑΝΟΠΟΙΗΤΙΚΗ	ΜΕΤΡΙΑ	ΚΑΚΗ
ΓΕΝΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΔΙΚΤΥΟΥ (ΦΥΣΙΚΗ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ)				
Κατάσταση καθαριότητας και στεγανότητας φρεατίων, καλώδια				
Κατάσταση εγκατάστασης πλεονάζοντος καλωδίου εντός των φρεατίων και διατάξεων συγκόλλησης οπτικών ινών				
Κατάσταση σωληνώσεων, συνδεσμών και διακλαδώσεων				
Κατάσταση εξωτερικών ογκοκων και εξωτερικών επιπέδων κατανεμητών				
Κατάσταση εσωτερικών εγκαταστάσεων κόμβων, σωληνώσεις εντός κτιρίων κλπ				
Κατάσταση εξωτερικών εγκαταστάσεων κεραιών και της σχετικής καλωδίωσης				
Κατάσταση καλωδίων οπτικών ινών (για δειγματοληπτικές μετρήσεις βλ. παράγραφο 7.1)				

Για δειγματοληπτικές φωτογραφίες σημείων του δικτύου που τραβήχτηκαν κατά τη διάρκεια της διεξαγωγής του επιτόπιου ελέγχου, βλ. παράγραφο 7.2.

Πρωτόκολλο ελέγχου περιόδου Έλεγχου		No.	
Αρμόδιος	Χώρα	Ημερ.	Πάροχος
		2009-12-11	PA1

4 ΕΥΡΗΜΑΤΑ ΕΠΙΤΟΠΙΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ

A/A	<ΟΝΟΜΑ / ΤΥΠΟΣ ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ>	<ΣΗΜΕΙΟ ΣΤΟ ΔΙΚΤΥΟ / ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ>	ΕΥΡΗΜΑΤΑ / ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
1	ΚΑΜΠΙΝΕΣ	ΧΑΝΙΑ	
2	ΦΡΕΑΤΙΑ	ΧΑΝΙΑ	
3	ΧΑΝΔΑΚΑΣ	ΧΑΝΙΑ	
4	ΚΟΜΒΟΙ	ΧΑΝΙΑ	

5 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΔΙΟΡΘΩΤΙΚΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΩΝ

A/A	<ΟΝΟΜΑ / ΤΥΠΟΣ ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ>	<ΣΗΜΕΙΟ ΣΤΟ ΔΙΚΤΥΟ / ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ>	ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΔΙΟΡΘΩΤΙΚΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΩΝ

6 ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Παρακάτω αναφέρονται αναλυτικά οι εργασίες που έγιναν:

6 ΣΥΝΗΜΜΕΝΑ

- 6.1 Δειγματοληπτικές μετρήσεις δικτύου οπτικών ινών
- 6.2 Ενδεικτικές φωτογραφίες στοιχείων δικτύου

Βιβλιογραφία

- [1] http://www.lucarte.gr/uplds/14_10-2004.pdf , Accessed on 2/2/2010 , Κώστα Μαθιό , “ Φωτισμός με οπτικές ίνες ” Εκδόσεις περιοδικό Ελληνικές κατασκευές , 2004
- [2] http://gaia.cti.gr/P84-broadband/el/fiber_optics.php , Accessed on 3/2/2010
- [3] http://3lyk-kalam.mes.sch.gr/opt_fiber_gr.htm , Accessed on 3/2/2010
- [4] http://egnatia.ee.auth.gr/~aalexioy/fiber_op.htm , Accessed on 10/2/2010
- [5] <http://pc-questions.pblogs.gr/optikh-ina-analysh.html> , Accessed on 5/3/2010
- [6] <http://www.physics4u.gr/news/2002/scnews760.html> , Accessed on 10/2/2010
- [7] <http://www.eng.ucy.ac.cy/gellinas/laserworkbook.pdf> , Accessed on 13/2/2010
- [8] Ανάπτυξη Υποδομών Δικτύων Τοπικής Πρόσβασης, “Αναλυτική μελέτη για την προμήθεια και εγκατάσταση Ευρωζωνικού Δικτύου Οπτικών Ινών στο Δήμο Χανίων”
- [9] <http://documents.exfo.com/appnotes/anote194-ang.pdf> , Accessed on 1/5/2010 , “ Jimmy Gagnon – Product specialist – Optical Business unit ”