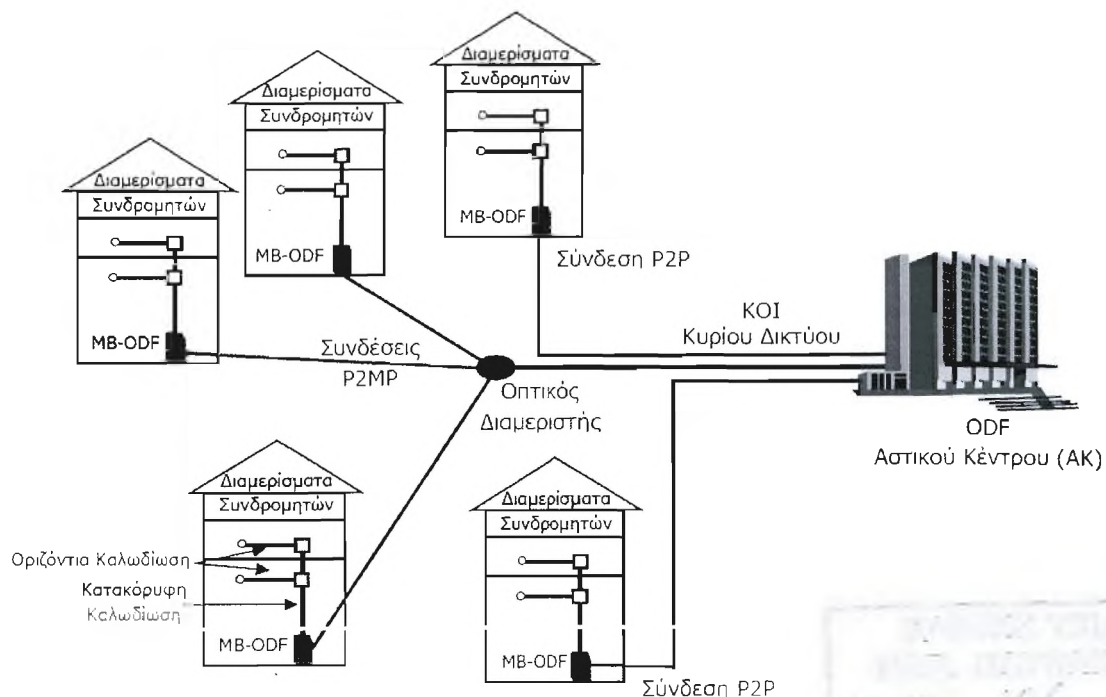




ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

FTTH-ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ ΜΕ OTDR



ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ ΣΠΟΥΔΑΣΤΗ
ΚΟΚΚΑΣ ΘΕΟΔΩΡΟΣ

ΕΠΟΠΤΕΥΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ
ΛΟΥΒΡΟΣ ΣΠΥΡΙΔΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η αλματώδης αύξηση της χρήσης δικτύων οπτικών ινών, ώστε να καλυφθούν οι ανάγκες των μοντέρνων τηλεπικοινωνιακών συστημάτων, έχει δημιουργήσει την ανάγκη ύπαρξης εξειδικευμένου προσωπικού που θα ελέγχει και θα διαχειρίζεται ένα δίκτυο οπτικών ινών μετά το τέλος της εγκατάστασης.

Η παρουσίαση του θέματος χωρίζεται σε 4 βασικούς άξονες. Ο πρώτος άξονας είναι η αναφορά μέσα από την οποία παρουσιάζονται κύρια θέματα των οπτικών ινών. Ο δεύτερος άξονας είναι η παρουσίαση θεμάτων που χρήζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον όσο αναφορά την απώλεια των φαινομένων. Τρίτος άξονας είναι η παρουσίαση των συγκολλήσεων μέσα από το οποίο μπορεί ο αναγνώστης να κατανοήσει έννοιες συνδέσεων. Τέταρτος άξονας είναι παρουσίαση μετρήσεων με την χρήση ODTR η οποία συνοδεύεται αργότερα από ανάλυση κάποιων μετρήσεων στο παράρτημα που ακολουθεί.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στον επιβλέποντα καθηγητή μου για την ηθική και επιστημονική υποστήριξη που μου προσέφερε στην διαδρομή διεκπεραίωσης της πτυχιακής μου μελέτης. Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τους γονείς μου για την συνεχή συμπαράσταση και την έμπνευση που μου προσέφεραν καθ' όλη την διάρκεια των σπουδών μου.



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΙΣ ΟΠΤΙΚΕΣ ΙΝΕΣ

- 1.1 Η θεωρία των οπτικών ινών.....
- 1.2 Τύποι οπτικών ινών.....
- 1.3 Τρόποι εκπομπής και μετάδοσης στις οπτικές ίνες.....
- 1.4 Κατασκευαστικά στοιχεία συστήματος.....

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΑΠΩΛΕΙΩΝ

- 2.1 Εσωτερικοί παράγοντες
- 2.1.1 Σκέδαση.....
- 2.1.2 Απορρόφηση.....
- 2.2 Εξωτερικοί παράγοντες
- 2.2.1 Κάμψεις.....
- 2.3 Διασπορά.....

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 :ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΙΣ ΣΕ ΟΠΤΙΚΕΣ ΙΝΕΣ

- 3.1 Συγκόλληση συγχώνευσης
- 3.2 Μηχανικές συγκολλήσεις.....
- 3.3 Τερματικές διατάξεις σε δίκτυα FFTH.....
- 3.4 Απώλειες συνδέσεων.....

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 : ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ

- 4.1 Παράμετροι μετρήσεων.....
- 4.2 Μετρήσεις εγκατάστασης
- 4.2.1 Μετρήσεις συντήρησης.....
- 4.3 Η τεχνολογία ODTR.....
- 4.4 Μετρήσεις ODTR.....
- 4.5 Πρόβλημα μετρήσεων.....

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

- A- Αναλυτική περιγραφή και παρουσίαση με την μορφή γραφήματος μετρήσεων σε ODTR.....

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΙΣ ΟΠΤΙΚΕΣ ΙΝΕΣ

1.1 Η θεωρία των οπτικών ινών

Οι οπτικές ίνες αποτελούν έναν υβριδικό τομέα. Ξεκινώντας σαν ένα εκμεταλλεύσιμο οπτικό προϊόν, οι οπτικές ίνες πρώτο-χρησιμοποιήθηκαν σαν οπτικά μέρη. Στη συνέχεια, ως ένα νέο μέσο επικοινωνίας, ο τομέας "δανείστηκε" ιδέες και ορολογία από τις ηλεκτρονικές επικοινωνίες. Πομποί και δεκτές μετατρέπουν σήματα από ηλεκτρικά σε οπτικά και αντιστρόφως.

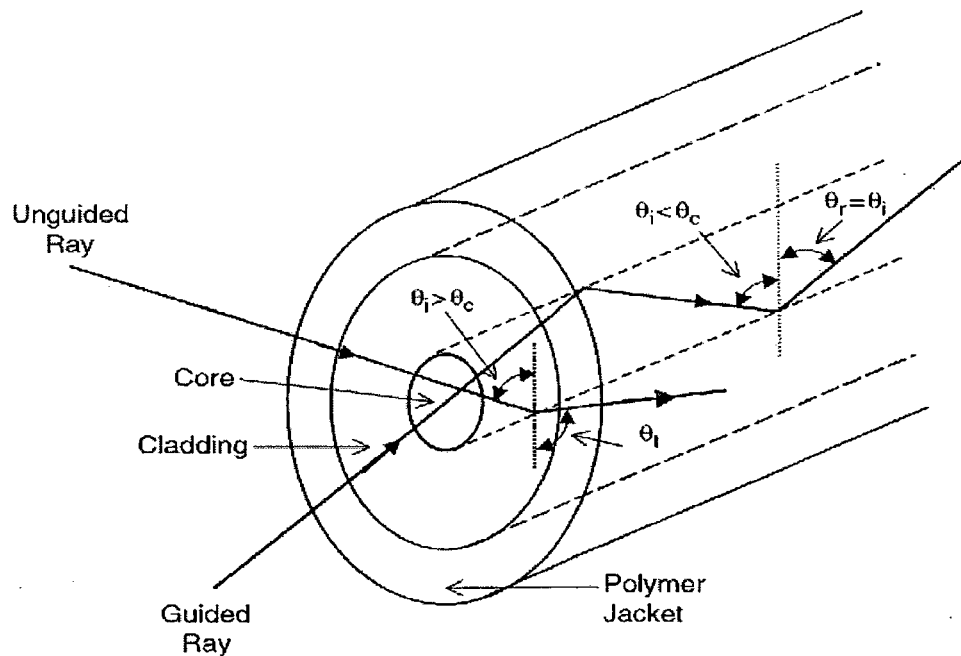
Τα καλώδια οπτικών ινών είναι τα καλώδια τηλεπικοινωνιών στα οποία το μέσο μετάδοσης δεν είναι μεταλλικοί αγωγοί αλλά υάλινοι οπτικοί κυματοδηγοί όπου τα μονοχρωματικά οπτικά ηλεκτρομαγνητικά κύματα διαδίδονται εξαιτίας του φαινομένου "ολικής ανάκλασης". Τα οπτικά ηλεκτρομαγνητικά κύματα παράγονται από τις μονοχρωματικές πηγές φωτός όπως Leds, Lasers κ.λπ

Είναι τα πιο προηγμένα τηλεπικοινωνιακά μέσα ενσύρματης μετάδοσης και χρησιμοποιούνται σε όλα τα σύγχρονα συστήματα τηλεπικοινωνιών δεδομένου ότι προσφέρουν ένα πολύ μεγάλο εύρος ζώνης, υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης και απόλυτη ανοσία ενάντια στις ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές παρέχοντας έτσι ασφαλή και γρήγορη μετάδοση χωρίς περιορισμούς απόστασης.

Οι οπτικές ίνες μπορούν να κυματοδηγούν το φως εκμεταλλευόμενες την αρχή της ολικής εσωτερικής ανάκλασης. Έστω μια επαφή 2 διηλεκτρικών μέσων στην οποία ο δείκτης διάθλασης του «ενεργού» μέσου είναι μεγαλύτερος από τον δείκτη διάθλασης του μέσου στο οποίο ανακλάται το

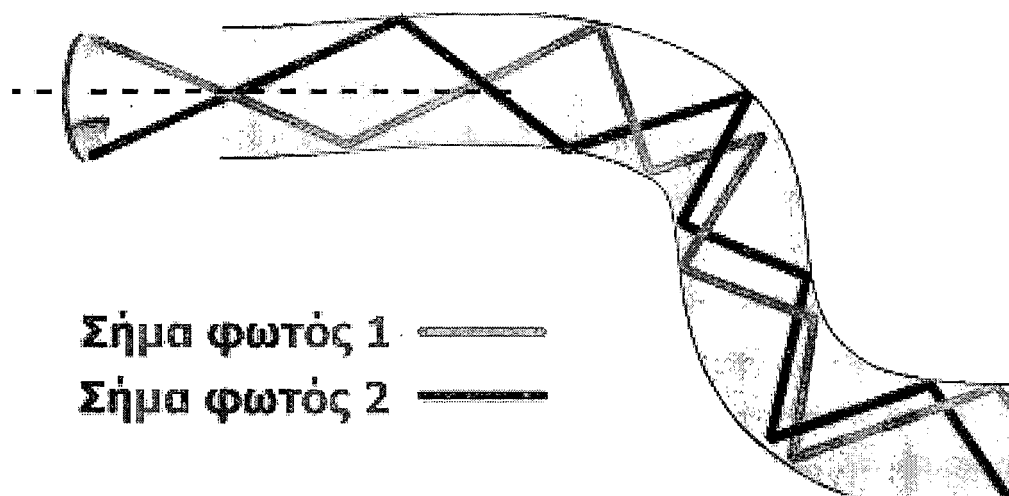
φως. Καθώς μεγαλώνει η γωνία θ_i , η θ_c φτάνει σε μια τιμή όπου όλη η εισερχόμενη ισχύς υφίσταται ολική ανάκλαση.

Στην πράξη, το περίβλημα της ίνας είναι συνήθως κατασκευασμένο από διοξείδιο του πυριτίου. Η επιλογή του τύπου αυτού γυαλιού ικανοποιεί πολλά από τα κριτήρια για την κατασκευή οπτικών ινών. Έχει χαμηλές οπτικές απώλειες και ο δείκτης διάθλασής του μπορεί να καθοριστεί επακριβώς στην ακτινική κατεύθυνση με ελάχιστες διακυμάνσεις στη διαμήκη κατεύθυνση. Επιπλέον είναι χημικά ευσταθές και έχει μεγάλη μηχανική αντοχή. Ο πυρήνας της ίνας κατασκευάζεται συνήθως με την προσθήκη διάφορων στοιχείων όπως γερμάνιο, φώσφορο και αλουμίνιο, τα οποία αυξάνουν την τιμή του δείκτη διάθλασης. Τελικά, ένα πολυμερές περίβλημα τοποθετείται πάνω από το διοξείδιο του πυριτίου ώστε να παρέχει μηχανική προστασία. Ο δείκτης διάθλασης του πολυμερούς είναι μεγαλύτερος από αυτόν του περιβλήματος έτσι ώστε να αποφεύγεται η κυματοδήγηση μέσα στο περίβλημα.



Εικ 1.1: Σχηματική αναπαράσταση εγκάρσιας τομής οπτικής ίνας κατά την ολική εσωτερική ανάκλαση.

Το φως «οδηγείται» σύμφωνα με την αρχή της ανάκλασης, όπως αυτή ορίζεται από το νόμο της διάθλασης. Σύμφωνα με αυτή, όταν υπερβούμε την γωνία προσπτώσεως το φως ανακλάται στην επιφάνεια επαφής ενός «πυκνού» υλικού, όπως το νερό, και ενός αραιού υλικού, όπως ο αέρας. Στην περίπτωση των οπτικών ινών, η κεντρική ίνα έχει υψηλότερο συντελεστή διάθλασης από αυτό της επίστρωσης. Βασική προϋπόθεση για να συμβεί ολική ανάκλαση είναι αφ' ενός ο δείκτης διάθλασης του εξωτερικού υλικού να είναι μικρότερος από αυτόν του εσωτερικού και αφετέρου η γωνία πρόσπτωσης της ακτίνας να είναι μεγαλύτερη από κάποια τιμή που ονομάζεται 'κρίσιμη γωνία



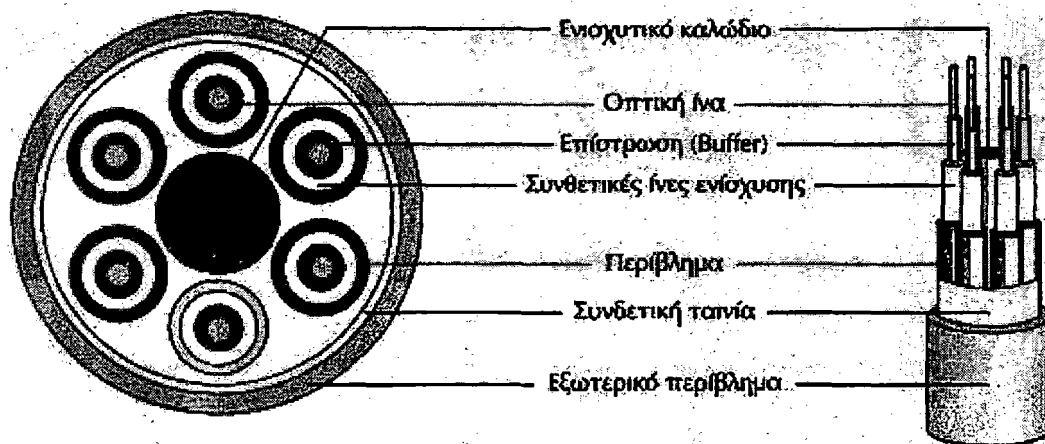
Εικ 1.2: Σχηματική αναπαράσταση αντανάκλασης φωτός

Οι οπτικές ίνες που είναι κατασκευασμένες από πλαστικό λειτουργούν καλύτερα όταν τα μήκη των κυμάτων τα οποία μεταφέρουν κυμαίνονται στο οπτικό φάσμα. Ωστόσο οι οπτικές αυτές ίνες δεν είναι τόσο διαυγείς όσο αυτές που χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά υπέρυθρων κυμάτων, οι οποίες είναι φτιαγμένες από γυαλί. Τέλος, σε εξέλιξη βρίσκονται και οπτικές ίνες φτιαγμένες από άλλα υλικά που μπορούν να μεταδώσουν φως που βρίσκεται σε μήκη κύματος πάνω από τα υπέρυθρα.

1.2 Τύποι οπτικών ινών

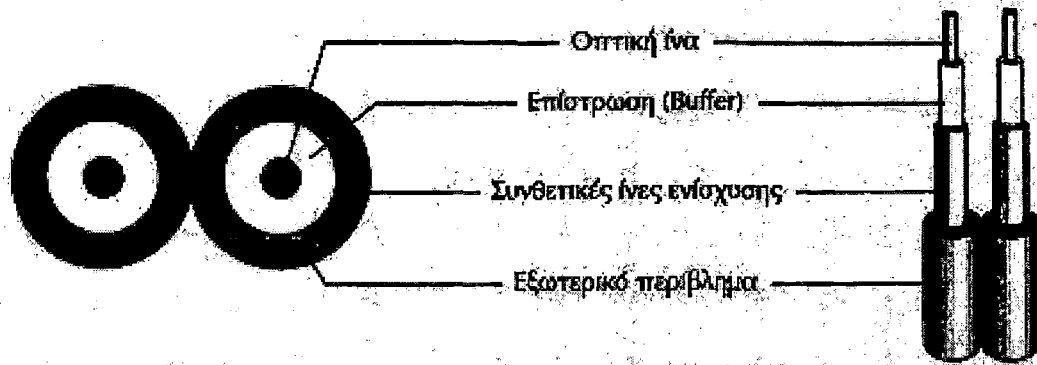
Τα καλώδια οπτικών ινών περιέχουν από 1 έως 36 οπτικές ίνες. Τα πιο συνηθισμένα είναι τα καλώδια με ζυγό αριθμό οπτικών ινών για την επικοινωνία των full-duplex κυκλωμάτων. Θα ξεχωρίσουμε δυο τύπους οπτικών ινών ως προς την κατασκευή τους.

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



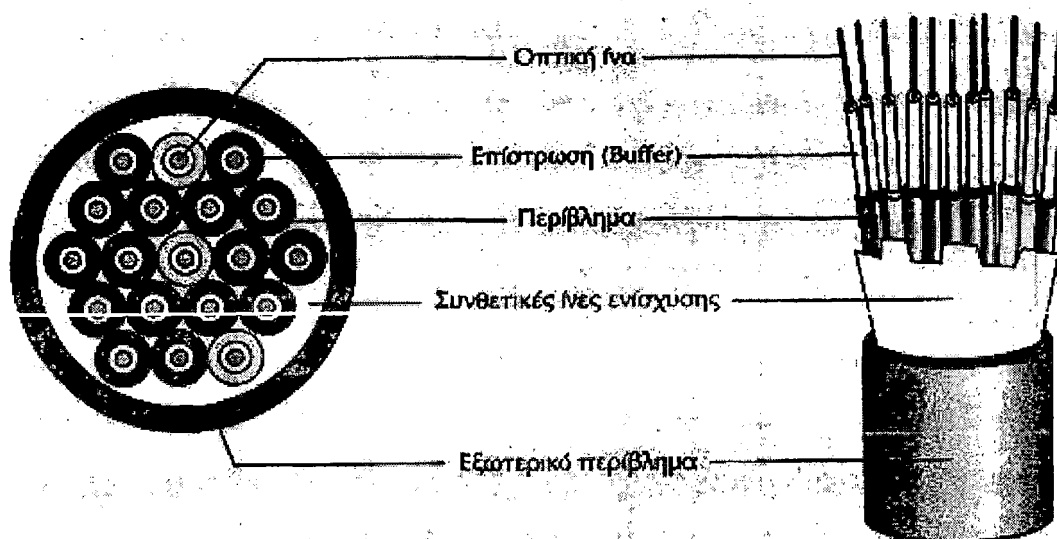
Εικ 1.3: Σχηματική αναπαράσταση καλωδίου οπτικών ινών

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 εμφανίζεται ένα οπτικό καλώδιο σύνδεσης.



Εικ 1.4: Σχηματική αναπαράσταση οπτικό Patch cord

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



Εικ 1.5: Σχηματική αναπαράσταση καλωδίου οπτικών ινών (Loose Buffer)

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

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.

1.3 Τρόποι εκπομπής και μετάδοσης στις οπτικές ίνες

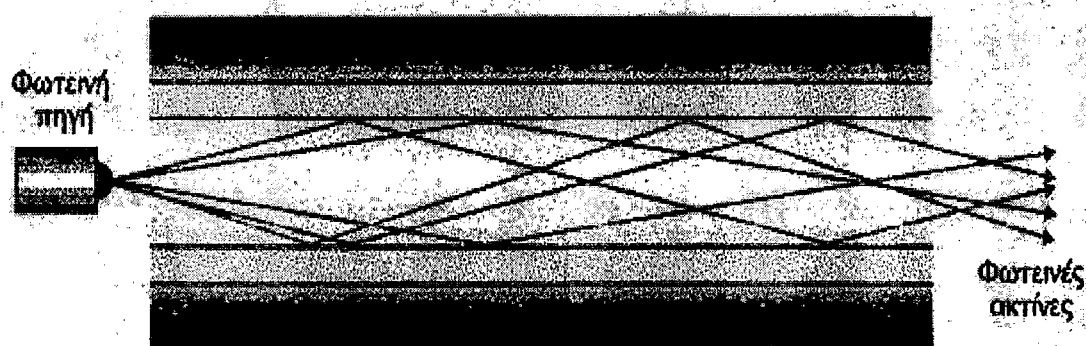
Η εκπομπή του οπτικού σήματος σε οπτική ίνα γίνεται από πηγή LED (light Emmiting Diode) ή LASER (Light Amplification by Stimulated Emission off Radiation), και τα μήκη κύματος του φωτός, που η οπτική ίνα είναι σχεδιασμένη να μεταφέρει, ποικίλουν από 800nm μέχρι 1500nm. Οι οπτικές ίνες διαφοροποιούνται,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

✦ Πολύτροπες οπτικές ίνες (Multimode fiber optics)

Ο τρόπος αναφοράς των μεγεθών για τις οπτικές ίνες είναι να αναφέρουμε πρώτα τη διάμετρο του πυρήνα (γυαλιού) και στη συνέχεια τη διάμετρο της επίστρωσης (cladding). Οι μετρήσεις των παραπάνω μεγεθών γίνονται σε 10^{-6} μέτρα. Οι πολύτροπες οπτικές ίνες έχουν τυπικά μεγέθη 50μm/ 125μm, 62,5/125, 85/125 ή 100/140. Ο συνηθέστερος τύπος, ο οποίος κυκλοφορεί, είναι ο 62,5/125. Η ολική διάμετρος της οπτικής ίνας συμπεριλαμβανομένων των ενισχυτικών συνθετικών ινών και του εξωτερικού περιβλήματος φτάνει τα 900μm. Η αρχή μετάδοσης σε πολύτροπη οπτική ίνα είναι ότι οι διάφορες ακτίνες του οπτικού σήματος ανάλογα με την είσοδο τους στην οπτική ίνα ταξιδεύουν ανακλώμενες υπό διαφορετικές γωνίες, όπως φαίνεται στα σχήματα . Αυτός ο τρόπος μετάδοσης ονομάζεται πολύτροπος (multimode), επειδή έχουμε πολλούς δρόμους μετάδοσης, που αντιστοιχούν στις διαφορετικές γωνίες ανάκλασης. 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)**

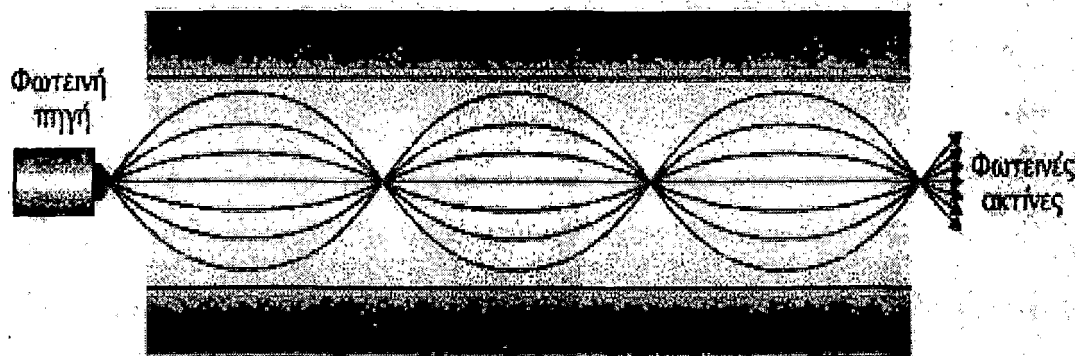
Στις ίνες αυτές συμβαίνει απότομη μεταβολή του δείκτη διάθλασης μεταξύ της κεντρικής ίνας και του υλικού επίστρωσης. Στην περίπτωση αυτή, η πορεία των ακτινών εμφανίζεται στο σχήμα.



Εικ 1.6: Σχηματική αναπαράσταση Οπτικής ίνας 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 ακτινών σε μια τέτοια ίνα είναι αυτή, που φαίνεται στο σχήμα.



Εικ 1.7: Σχηματική αναπαράσταση Οπτικής ίνας βαθμιαίου δείκτη

⚡ Μονότροπες οπτικές ίνες (single mode fiber optics).

Στις μονότροπες οπτικές ίνες η διάμετρος της κεντρικής ίνας είναι πολύ μικρή και πλησιάζει περίπου το επίπεδο του μήκους κύματος του εκπεμπόμενου σήματος. Στην περίπτωση αυτή, έχουμε έναν μόνο δυνατό τρόπο μετάδοσης του οπτικού σήματος, τον αξονικό. Η πορεία των ακτινών σε μια τέτοια οπτική ίνα φαίνεται στο σχήμα.



Εικ 1.8: Σχηματική αναπαράσταση μονότροπης οπτικής ίνας

1.4 Κατασκευαστικά στοιχεία συστήματος

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.
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

ΕΙΔΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ

❖ Οπτικά καλώδια

Τα οπτικά καλώδια έχουν εξελιχθεί παρά πολύ από τότε που άρχισαν να χρησιμοποιούνται. Αξίζει να σημειωθεί ότι υπάρχουν οπτικά καλώδια τα οποία

από μόνα τους ενισχύουν το οπτικό σήμα που ταξιδεύει μέσα τους με τη χρησιμοποίηση ειδικών επιστρώσεων στην κεντρική ίνα, τα οποία ιονίζουν το φως, αυξάνοντας την ενέργεια του καθώς αυτό περνά μέσα από τα καλώδια αυτά. Έτσι το σήμα μπορεί να ταξιδεύσει ακόμα πιο μακριά χωρίς τη χρησιμοποίηση ενισχυτών. Τέλος τα υποθαλάσσια καλώδια αποτελούνται πλέον από έναν αριθμό οπτικών καλωδίων και ειδικών μεταλλικών ράβδων, που συνήθως βρίσκονται στο κέντρο του καλωδίου και 'τρέχουν' παράλληλα με τα οπτικά καλώδια, οι οποίες έχουν σαν σκοπό την ενίσχυση του καλωδίου, επιτρέποντας στο καλώδιο να δεχτεί ψηλότερες πιέσεις χωρίς να σπάσει.

❖ Εξασθένηση

Ο όρος αυτός αναφέρεται στην εξασθένηση του σήματος. Όπως σε όλες τις μορφές επικοινωνίας, το σήμα που φτάνει σε ένα δέκτη είναι πιο χαμηλό σε ένταση από αυτό που εκπέμφθηκε από τον πομπό. Αυτή η εξασθένηση του σήματος οφείλεται κατά κύριο λόγο σε ακαθαρσίες και στη 'διασκόρπιση' της δέσμης φωτός λόγο ανομοιογενών περιοχών στη κεντρική ίνα του οπτικού καλωδίου. Μεγαλύτερη εξασθένηση του σήματος παρουσιάζεται σε σημεία που γίνεται η ένωση δυο καλωδίων λόγω μη καλής ευθυγράμμισης των δυο άκρων. Τέλος η εξασθένηση του σήματος εξαρτάται και από τα μήκη κύματος του φωτός που χρησιμοποιούνται κατά τη μεταφορά του σήματος. Οι μικρότερες τιμές εξασθένησης, λόγω του μήκους κύματος που χρησιμοποιείται, εμφανίζονται σε περιοχές που ονομάζονται "οπτικά παράθυρα.

❖ Διασπορά

Τα χαρακτηριστικά μεταφοράς του σήματος των οπτικών ινών εξαρτώνται από την εξασθένιση και τη διασπορά. Η διασπορά οφείλεται σε δύο παράγοντες.

Το υλικό που χρησιμοποιείται για τη κατασκευή της κεντρικής ίνας παίζει σημαντικό λόγο. Αυτό σημαίνει ότι το μήκος κύματος που χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με το συντελεστή διάθλασης της κεντρικής ίνας συντελούν στη διεύρυνση του σήματος που φτάνει στο δέκτη. Τέλος διασπορά του σήματος οφείλεται και στους ρυθμούς (modes) λόγω της συνύπαρξης αρκετών διαφορετικών σημάτων με διαφορετικούς χρόνους διάδοσης μέσα στην ίδια οπτική ίνα.

❖ Πομποί

Ο σκοπός του πομπού είναι η μετατροπή του ηλεκτρικού σήματος στο απαραίτητο ηλεκτρικό ρεύμα έτσι ώστε να λειτουργήσει μια πηγή φωτός. Τα ηλεκτρικά σήματα είναι είτε αναλογικά είτε ψηφιακά. Εάν το σήμα είναι ήδη ψηφιακό, ο πομπός πρέπει να αποτελείται από ένα ολοκληρωμένο το οποίο να παρέχει ταχύτατη εναλλαγή παλμικής κωδικοποίησης. Εάν το σήμα είναι αναλογικό, ο πομπός θα πρέπει να παρέχει ρεύμα σε μια πηγή φωτός έτσι ώστε να γίνει η εκπομπή των εναλλαγών του σήματος. Δύο είναι οι τύποι των πηγών φωτός που χρησιμοποιούνται στις οπτικές επικοινωνίες. Αυτοί έχουν διαφορετικά επίπεδα ενέργειας, χαρακτηριστικά εκπομπής φωτός και διάρκεια ζωής. Led. Τα LED έχουν ένα μη γραμμικό χαρακτήρα. Επιπλέον, δε σχετίζονται άμεσα με τη θερμοκρασία αφού δεν

απαιτούν έλεγχο της ενέργειας και της θερμοκρασίας. Ακόμη, είναι πιο αργά και με λιγότερη εκπομπή ενέργειας από τους πομπούς LASER. Το φως που εκπέμπουν είναι ασυνεχές και έχει φάσμα πλάτους της τάξης των 60nm. Laser. Τα LASER είναι δίοδοι ημιαγωγών που εκπέμπουν μια συνεχή δέσμη φωτός με φάσμα πλάτους μικρότερο από 10nm. Απαιτούν εξειδικευμένο έλεγχο της θερμοκρασίας και της ενέργειας και χρησιμοποιούνται για ροή σήματος αρκετών Mbit αφού έχουν μεγάλη ταχύτητα εναλλαγής πολικότητας. Επιπλέον πάνω από ένα όριο ρεύματος, τα LASER έχουν γραμμικό χαρακτήρα και είναι κατάλληλα για αναλογική μετάδοση.

❖ Δέκτες

Οι δέκτες λαμβάνουν το σήμα από την οπτική ίνα και το μετατρέπουν σε ηλεκτρικό ρεύμα. Σήμερα χρησιμοποιούνται δυο τύποι φωτοδίοδων ως ανιχνευτές για τη μετατροπή του οπτικού σήματος σε ηλεκτρικού. Οι δίοδοι PIN, οι οποίοι είναι λιγότεροι ευαίσθητοι στο φως αποτελούνται από θετικά, αρνητικά και ουδέτερα υλικά τα οποία βρίσκονται σε στερεά κατάσταση. Οι δίοδοι χιονοστιβάδας, ή αλλιώς APD (Avalanche Photo Diode) είναι ακριβότεροι από τους PIN επειδή παρέχουν μεγαλύτερη ευαισθησία. Τέλος οι δέκτες APD χρειάζονται εξωτερική τροφοδοσία.

❖ Σύνδεσμοι

Όπως είναι φυσικό, κάποιες φορές οι οπτικές ίνες χρειάζεται να ενωθούν μεταξύ τους έτσι ώστε είτε να δημιουργηθούν μεγαλύτερα τμήματα ινών είτε για τη συγκόλληση ινών που έχουν σπάσει.

Σε αντίθεση με τα ηλεκτρικά καλώδια, που το μόνο που χρειάζεται για να γίνει μια συγκόλληση είναι ένα 'κολλητήρι', η διαδικασία ένωσης οπτικών ινών, που είναι γνωστή ως splicing, είναι αρκετά πολύπλοκη και απαιτεί ειδικά μηχανήματα.

❖ Διακλαδωτές

Διακλαδωτές χρησιμοποιούνται για τη διανομή και συνένωση οπτικών σημάτων. Η διαφορά τους με τους μόνιμους διακλαδωτές και τους συνδέσμους είναι ότι χρησιμοποιούνται για τη διασύνδεση τουλάχιστον τριών οπτικών καλωδίων. Η χρησιμοποίηση των διακλαδωτών εισάγει ένα ακόμα πρόβλημα. Το σήμα όταν διέρχεται από ένα διακλαδωτή χάνει αρκετή από την ισχύ του, με αποτέλεσμα να είναι περιορισμένος ο αριθμός των εξόδων ενός διακλαδωτή. Γι' αυτό το λόγο έχουν αναπτυχθεί δύο ειδών διακλαδωτές, οι παθητικοί και οι ενεργητικοί. Οι παθητικοί διακλαδωτές απλώς διαβιβάζουν το οπτικό σήμα από μια είσοδο σε ένα αριθμό εξόδων. Από την άλλη μεριά οι ενεργητικοί διακλαδωτές, έχουν ένα πομπό στην είσοδο του σήματος και πομπούς σε κάθε έξοδο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΑΠΩΛΕΙΩΝ

2.1 Εσωτερικοί παράγοντες

Δύο εσωτερικοί παράγοντες είναι η σκέδαση και η απορρόφηση.

2.1.1 Σκέδαση

Ο πιο κοινός τρόπος σκέδασης είναι η σκέδαση Rayleigh ,προκαλείται από μικροσκοπικές ανομοιομορφίες στην οπτική ίνα .Αυτές οι ανομοιομορφίες προκαλούν τις ακτίνες φωτός να διασκορπιστούν κατά ένα μέρος ,καθώς μεταδίδονται μέσα στην ίνα με αποτέλεσμα κάποια ενέργεια φωτός να χάνεται. Η σκέδαση αντιπροσωπεύει τον ισχυρότερο μηχανισμό εξασθένησης στις πιο σύγχρονες οπτικές ίνες περίπου το 90%της ολικής εξασθένησης μπορεί να αποδοθεί σε αυτόν. Σημαντικό είναι όταν το μέγεθος της σύνθεσης του γυαλιού είναι συγκρίσιμο με το μέγεθος του μήκους κύματος φωτός με το οποίο μεταδίδεται στο γυαλί. Έτσι όσο μεγαλύτερο είναι το μήκος κύματος τόσο λιγότερο επηρεάζει σε σύγκριση με το μικρότερο μήκος κύματος.

2.1.2 Απορρόφηση

Η απορρόφηση μπορεί να προκληθεί από την μοριακή δομή του υλικού από προσμίξεις στην ίνα ,όπως μεταλλικά ιόντα και ιόντα νερού και ατομικές

ατέλειες όπως ανεπιθύμητα οξειδωμένα μέταλλα στην σύνθεση του γυαλιού. Αυτές οι ακαθαρσίες απορροφούν την οπτική ενέργεια η οποία καταναλώνεται σε ένα μικρό ποσό θερμότητας με αποτέλεσμα ,το φως να γίνεται πιο αδύναμο. Στα μήκη κύματος 1250 και 1390nm συμβαίνουν οπτικές απώλειες εξαιτίας της παρουσίας ιόντων OH στην ίνα. Πάνω από 1700nm μήκος κύματος ,το γυαλί αρχίζει να απορροφά ενέργεια φωτός εξαιτίας του μοριακού συντονισμού.

2.2 Εξωτερικοί παράγοντες

Εξωτερικοί παράγοντες εξασθένησης περιλαμβάνουν παραγόμενες τάσεις καλωδίων ,περιβαλλοντικές επιδράσεις και φυσικές κάμψεις της ίνας.

2.2.1 Κάμψεις

Οι φυσικές κάμψεις μιας ίνας χωρίζονται σε δύο κατηγορίες. Στις μικροκάμψεις και στις μακροκάμψεις. Η μικροκάμψη είναι το αποτέλεσμα των μικροσκοπικών ατελειών στην γεωμετρία της ίνας. Αυτές οι ατέλειες μπορεί να είναι περιστροφικές ασυμμετρίες, αλλαγές στην διάμετρο του πυρήνα, ισχυρά εμπόδια μεταξύ του πυρήνα και του περιβλήματος ,αποτέλεσμα της κατασκευής ή μηχανικής τάσης, πίεσης ή στροφής.

Οι μακροκάμψεις αφορούν τις κυρτότητες της ίνας με διαμέτρους της τάξης των cm.Η απώλεια της οπτικής ισχύος είναι το αποτέλεσμα της διάθλασης

αντί ολικής ανάκλασης στο όριο πυρήνα-περιβλήματος. Στις μονότροπες ίνες ο βασικός τρόπος μετατρέπεται μερικώς σε ένα ατελή τρόπο εξαιτίας των κάμψεων της ίνας. Εξαιτίας της αύξησης στο πεδίο της διαμέτρου με το μήκος κύματος σε μια δεδομένη μονότροπη ίνα, οι απώλειες μακροκάμψεων θα είναι μεγαλύτερες σε μεγαλύτερα μήκη κύματος. Η απώλεια κάμψης είναι συνήθως αμελητέα αν η ακτίνα της κάμψης είναι μεγαλύτερη από 10cm. Το ποσό εξασθένισης που προκαλείται από μια οπτική ίνα καθορίζεται από το μήκος της ίνας και το μήκος κύματος φωτός καθώς ταξιδεύει μέσα στην ίνα.

2.3 Διασπορά

Το φως που ταξιδεύει μέσα σε ένα κυματοδηγό θα υποστεί παραμόρφωση. Το εκπεμπόμενο φως θα διευρυνθεί στο πεδίο του χρόνου. Στον τομέα της οπτικής ινών το παραπάνω φαινόμενο ονομάζεται διασπορά. Υπάρχουν δυο διαφορετικά είδη διασποράς :

- Η intermodal (διατροπική) διασπορά που εμφανίζεται στις πολύτροπες ίνες
- Η intramodal (ενδοτροπική) διασπορά που εμφανίζεται στις μονότροπες και στις πολύτροπες ίνες

Intermodal or modal dispersion (Διατροπική διασπορά)

Ένας παλμός φωτός που διαδίδεται μέσα σε μια πολύτροπη ίνα πρέπει να θεωρείται ως ένας μεγάλος αριθμός υπο-παλμών, ο καθένας με τη χαρακτηριστική του γωνία πρόσπτωσης μέσα στην ίνα. Το μήκος της ακτίνας

διαδρομής διαφέρει λόγω των γωνιών πρόσπτωσης και διάθλασης. Έτσι οι παλμοί φωτός που διαδίδονται ταυτόχρονα θα φτάσουν στο τέλος της ίνας σε ελάχιστα διαφορετικούς χρόνους. Το γεγονός αυτό μπορεί να περιγραφεί ως διεύρυνση του παλμού (κατά τη διάρκεια διάδοσης του μέσα στην ίνα), λόγω αύξησης της διάρκειας του. Το φαινόμενο αυτό περιορίζει αρκετά τις τηλεπικοινωνίες οπτικών ινών. Για παράδειγμα ας θεωρήσουμε ότι φως διαδίδεται μέσα σε οπτική ίνα μήκους 1 km σε χρόνο 5 μs. Για το συγκεκριμένο παράδειγμα η διαφορά χρόνου θα είναι $\delta t = 50$ ns. Η χρονική καθυστέρηση κάθε ρυθμού διάδοσης παραμορφώνει το σήμα.

Η modal διασπορά προκαλεί τα παρακάτω προβλήματα :

- ✓ Μείωση του εύρους μετάδοσης (Mbit/s)
- ✓ Μείωση της απόστασης μετάδοσης

Υπάρχει ένας φυσικός τρόπος μείωσης της modal διασποράς μέσα σε μια ίνα. Ο κάθε ρυθμός διάδοσης μεταφέρει ενέργεια από και προς κάποιον άλλο. Οι ρυθμοί χαμηλής τάξης (ρυθμοί με μικρή γωνία ως προς τον κεντρικό άξονα) μετατρέπονται σε ρυθμούς υψηλής τάξης (μεγάλη γωνία ως προς τον κεντρικό άξονα) μετά τη μεταφορά ενέργειας. Το mode coupling, όπως ονομάζεται το προηγούμενο φαινόμενο, λαμβάνει χώρα περισσότερο σε σημεία «μη καθαρότητας» του πυρήνα, σε κολλήσεις (splices) και σε απότομα λυγίσματα της οπτικής ίνας. Στις σύγχρονες ίνες, ήταν δυνατό να μειώσουμε το mode coupling, βελτιώνοντας την ποιότητα της ίνας.

Intramodal dispersion - Ενδοτροπική διασπορά

Ακόμα και αν αδρανοποιηθεί πλήρως η modal διασπορά, επιτρέποντας μόνο στο θεμελιώδη ρυθμό να μεταδίδεται μέσα στην ίνα (μονότροπη), θα συνεχίσει να υπάρχει διασπορά του συγκεκριμένου ρυθμού. Η παραμόρφωση αυτού του τύπου ονομάζεται χρωματική διασπορά μαζί με διασπορά πόλωσης ρυθμού μετάδοσης. Η χρωματική διασπορά μέσα σε μια μονότροπη ίνα συνίσταται από τη διασπορά υλικού και τη διασπορά κυματοδηγού. Η διασπορά υλικού και κυματοδηγού τείνουν να αλληλοαναιρούνται σε μήκη κύματος κοντά στα 1310 nm, όπου η χρωματική διασπορά θεωρείται μηδέν. Για μικρότερα μήκη κύματος η χρωματική διασπορά είναι αρνητική ενώ για μεγαλύτερα μήκη κύματος είναι θετική. Η διασπορά υλικού μπορεί να διορθωθεί μόνο αν αλλάξουμε τη σύσταση του γυαλιού στον πυρήνα και στο μανδύα της ίνας. Η διασπορά κυματοδηγού οφείλεται στο προφίλ δείκτη διάθλασης του κυματοδηγού και μπορεί να διορθωθεί μόνο αλλάζοντας αυτό το προφίλ.

Ο πρωτεύον λόγος εμφάνισης του φαινομένου της χρωματικής διασποράς είναι η πηγή διάδοσης του φωτός. Τα laser δεν είναι 100% μονοχρωματικά, γεγονός που σημαίνει ότι κάθε παλμός που διαδίδεται περιέχει φως το οποίο ξεφεύγει από το κόκκινο και μπλε όριο (άνω και κάτω όριο) του φάσματος του συγκεκριμένου μήκους κύματος που χρησιμοποιείται. Ο παράγοντας αυτός καλείται φασματικό εύρος και για εμβέλεια μήκους κύματος 1 – 1.5 μm , μια δίοδος laser έχει φασματικό εύρος 0.1 – 1 nm ενώ ένα LED 50 – 100 nm.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 :ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΙΣ ΣΕ ΟΠΤΙΚΕΣ ΙΝΕΣ

3.1 Συγκόλληση συγχώνευσης

Οι συγκολλήσεις είναι προσωρινές ή ημι-προσωρινές συνδέσεις μεταξύ των ινών. Τυπικά η συγκόλληση χρησιμοποιείται συνήθως για να ενώσει καλώδια στο εξωτερικό κτιρίων. Οι συνδετήρες γενικά χρησιμοποιούνται στο τέλος των συνδέσεων στο εσωτερικό κτιρίων. Οι συγκολλήσεις προσφέρουν χαμηλότερη εξασθένηση και ανάκλαση από ότι οι συνδετήρες.

Η συγκόλληση συγχώνευσης είναι η ένωση των άκρων δύο ινών και την θέρμανση τους έως ότου λιώσουν μαζί και αναμιχθούν. Αυτό κανονικά επιτυγχάνεται με μια συσκευή η οποία προσεκτικά ελέγχει την ευθυγράμμιση των δύο ινών έτσι ώστε η απώλεια να διατηρείται στο χαμηλό επίπεδο. Οι συσκευές αυτές είναι σχετικά ακριβές και συνήθως περιλαμβάνουν ένα ηλεκτρικό τόξο συγκόλλησης ,διάταξη ευθυγράμμισης, φωτογραφική μηχανή η μικροσκόπιο ώστε να υπέρ μεγεθύνεται η ευθυγράμμιση 50 φορές η περισσότερο και εργαλεία που ελέγχουν την οπτική ισχύ που διαπερνά τις ίνες και πριν αλλά και μετά την συγκόλληση.

3.2 Μηχανικές συγκολλήσεις

Οι μηχανικές συγκολλήσεις ενώνουν δύο ίνες συνδέοντας αυτές μέσα σε μια άλλη κατασκευή ή επικολλώντας τις ίνες μεταξύ τους. Γενικά ο εξοπλισμός που απαιτείται ώστε να κάνουμε μια μηχανική συγκόλληση είναι λιγότερο ακριβός σε κόστος από ότι το μηχάνημα τήξης. Οι μηχανικές συγκολλήσεις μπορούν να έχουν λίγο μεγαλύτερη απώλεια και η οπισθοανάκλαση να

αποτελεί ένα αίτιο περισυλλογής αλλά το ζελέ με δείκτη ισοδυναμίας μπορεί να μειώσει τα μειονεκτήματα. Η μηχανική συγκόλληση ίνας είναι η πιο απλή μορφή συγκόλλησης. Περιλαμβάνει την τοποθέτηση των δύο άκρων των ινών μέσα ένα πολύ λεπτό σωληνάριο.

Κόλληση με τρεις ράβδους

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



Κολλήσεις κορδελών ινών

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).

Ημι-μόνιμες κολλήσεις

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 :

- Ειδική προστασία από σκόνη και υγρασία
- Ομοκεντρικότητα (Πολύ μεγάλη ακρίβεια)

- Ικανότητα κόλλησης να αντέχει διαμήκεις δυνάμεις χωρίς να αυξάνονται οι απώλειες
- Ικανότητα σύνδεσης και αποσύνδεσης της κόλλησης
- Μεγάλη αντοχή

3.3 Τερματικές διατάξεις σε δίκτυα FTTH

Το FTTH σημαίνει ίνα μέχρι το σπίτι και αποτελεί τον τελευταίο σταθμό στην εξελικτική διαδικασία προς ένα αμιγώς οπτικό δίκτυο πρόσβασης. Με τον όρο σπίτι υπονοείται συνήθως ένα διαμέρισμα σε μία πολυκατοικία και όχι η μονοκατοικία, η οποία μπορεί να θεωρηθεί ως κτίριο.

Στην υλοποίηση FTTH κάθε διαμέρισμα ενός κτιρίου συνδέεται με το αστικό του κέντρο μέσω ενός ζεύγους οπτικών ινών. Για την σύνδεση μπορεί να χρησιμοποιηθούν τοπολογίες P2P ή P2MP. Ένα οπτικό καλώδιο, κατάλληλης χωρητικότητας σε οπτικές ίνες, εισάγεται στο κτίριο και τερματίζεται στο κύριο οπτικό κατανεμητή κτιρίου (MB-ODF88), που αποτελεί το σημείο διεπαφής μεταξύ εξωτερικού και εσωτερικού οπτικού δικτύου.

Δύο διαφορετικοί τρόποι ανάπτυξης του εσωτερικού δικτύου περιγράφονται παρακάτω. Στην πρώτη περίπτωση υπάρχει μια σαφής διαφοροποίηση μεταξύ της καλωδίωσης κορμού, που ξεκινά από τον MB-ODF και τερματίζει σε ανεξάρτητο κατανεμητή κάθε ορόφου (F-ODF89), και της οριζόντιας καλωδίωσης, που ξεκινά από κάθε F-ODF και τερματίζει στην

τηλεπικοινωνιακή υποδοχή (TY) κάθε διαμερίσματος σε τοπολογία αστέρα, σύμφωνα με την δομή του καλωδιακού συστήματος του ISO/IEC 11801 για δομημένη καλωδίωση σε επιχειρησιακά κτίρια.

Στο εσωτερικό δίκτυο μιας πολυκατοικίας προτιμάται συνήθως η κεντρικοποιημένη καλωδίωση, με κατάργηση των F-ODF κάθε ορόφου και απ' ευθείας σύνδεση όλων των διαμερισμάτων (TY) στον MB-ODF. Μια περισσότερο ελκυστική προσέγγιση χρησιμοποιεί, αντί καλωδίου, δέσμη μικρο-σωληνώσεων σε όλη τη διαδρομή από το αστικό κέντρο μέχρι τα διαμερίσματα των συνδρομητών, αφήνοντας εφεδρεία σωληνίσκων σε κάθε ενδιάμεσο κουτί διασύνδεσης ή τερματισμού για μελλοντικές συνδέσεις. Για την σύνδεση ενός νέου διαμερίσματος απαιτείται:

- α) η εξασφάλιση της συνέχειας στη διαδρομή των σωληνίσκων από το αστικό κέντρο μέχρι την TY του συνδρομητή,
- β) η εμφύσηση δέσμης ινών από το ένα άκρο στο άλλο και
- γ) ο τερματισμός των ινών στα δύο άκρα. Με τον τρόπο αυτό αποφεύγονται οι ενδιάμεσες συγκολλήσεις σε οπτικούς συνδέσμους και οι τερματισμοί ινών σε ενδιάμεσους ODF, που αυξάνουν τόσο την εξασθένιση της ζεύξης όσο και το κόστος κατασκευής. Καταργείται όμως ουσιαστικά ο λειτουργικός διαχωρισμός μεταξύ εξωτερικού και εσωτερικού δικτύου.

Σε πολλά νέα κτίρια υφίσταται εσωτερική καλωδίωση οπτικών ινών, ή διατίθεται υποδομή από σωληνώσεις και καλωδιο-διαδρομές για εύκολη μελλοντική εγκατάσταση καλωδίων οπτικών ινών από τον MB-ODF μέχρι τα διαμερίσματα των συνδρομητών. Η κατάσταση γίνεται περισσότερο δύσκολη

σε υφιστάμενα κτίρια, που δεν διαθέτουν ελεύθερες σωληνώσεις για την εγκατάσταση ΚΟΙ μέχρι τα διαμερίσματα, και απαιτείται κατασκευαστικό έργο στον κοινόχρηστο χώρο της πολυκατοικίας, με χρήση επίτοιχων σωληνώσεων ή καλωδιο-διαδρομών.

Η δομή ενός τέτοιου δικτύου περιλαμβάνει:

- Την κατακόρυφη καλωδίωση ή καλωδίωση κορμού, που εκτείνεται σε αστεροειδή τοπολογία από τον MB-ODF προς όλα τα ενδιάμεσα κουτιά των F-ODF (ένα για κάθε όροφο). Η κατακόρυφη καλωδίωση είναι επίτοιχια, ακολουθώντας συνήθως την διαδρομή του κλιμακοστασίου, του φωταγωγού ή του ανελκυστήρα. Έχει επίσης εξετασθεί και η δυνατότητα για εγκατάσταση της καλωδίωσης στο εξωτερικό του κτιρίου, στην περίπτωση όμως αυτή η πρόσβαση στους F-ODF είναι δυσκολότερη, ενώ μπορεί να υπάρχουν αντιδράσεις συνιδιοκτητών λόγω αλλοίωσης της όψης του κτιρίου.
- Το οριζόντιο τμήμα της καλωδίωσης ορόφου εκτείνεται από τον F-ODF μέχρι την ΤΥ κάθε διαμερίσματος, σε αστεροειδή τοπολογία. Αποτελείται από επίτοιχους καλωδιο-διαδρόμους, προσεκτικά κατασκευασμένους σε δύσκολες διαδρομές από τοίχο σε τοίχο, με γωνίες που δεν πρέπει να παραβιάζουν την ελάχιστη επιτρεπτή καμπυλότητα των οπτικών ινών, μέχρι να εισέλθουν από οπή του τοίχου στο διαμέρισμα του συνδρομητή και να φθάσουν στην ΤΥ με την ελάχιστη δυνατή κατασκευαστική και αισθητική ενόχληση.

- Το τμήμα ενδο-οικιακής διανομής, από την κεντρική ΤΥ του διαμερίσματος στις επιμέρους υποδοχές των δωματίων τηλεπικοινωνιακού ενδιαφέροντος, όπως στο γραφείο, το καθιστικό, τα υπνοδωμάτια κλπ. Μετά τον τερματισμό του ζεύγους οπτικών ινών στον ενεργό εξοπλισμό του διαμερίσματος (ONT93), η διανομή των επιμέρους υπηρεσιών (POTS, Fast Internet, IPTV/VoD κλπ) μπορεί να γίνεται με διαφορετικές τεχνολογίες, όπως με καλωδίωση UTP, ασύρματη μετάδοση WiFi ή αξιοποιώντας την υφιστάμενη καλωδίωση διανομής ηλεκτρικής ισχύος PLC.

Τόσο οι πλαστικές καλωδιο-διαδρομές όσο και τα λοιπά εξαρτήματα εσωτερικής καλωδίωσης πρέπει να πληρούν τις απαιτήσεις πυροπροστασίας για χρήση σε εσωτερικούς χώρους. Αυτές επιβάλλουν την χρήση βραδύκαυστων υλικών, χαμηλής εκπομπής καπνού και μηδενικής εκπομπής αλογόνων (LSZH97). Η κατασκευή του εσωτερικού δικτύου οπτικών ινών σε υφιστάμενα κτίρια πολυκατοικιών έχει υψηλό κόστος⁹⁸ και η υλοποίησή του εμφανίζει συχνά δυσκολίες και καθυστερήσεις, αφού σημαντικό έργο (όπως διάτρηση τοίχων, επίτοιχη στήριξη σωληνώσεων και καλωδιο-διαδρομών) πρέπει να γίνει σε κοινόχρηστους χώρους, όπου απαιτείται η σύμφωνη γνώμη της γενικής συνέλευσης των ιδιοκτητών. Δεν είναι επίσης προφανές ποιόν θα επιβαρύνει οικονομικά η κατασκευή του νέου αυτού δικτύου (Telco, ιδιοκτήτες του κτιρίου ή κρατική χρηματοδότηση), και ποιο θα είναι το ιδιοκτησιακό καθεστώς του.

Ο ενεργός εξοπλισμός (ONT) σε υλοποιήσεις FTTH λαμβάνει την μορφή ενός οπτικού modem (με εξοπλισμό μεταγωγής και δρομολόγησης), με κατάλληλες ενσύρματες και ασύρματες (WiFi) διεπαφές για την παροχή όλων των διαθέσιμων τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών, όπως POTS, πιθανόν ISDN, VoIP, Fast Internet και IPTV/VoD. Ο εξοπλισμός λειτουργεί με τοπική τροφοδοσία AC, ενώ απαιτείται και κάποιας μορφής εφεδρική τροφοδοσία για την διασφάλιση των κρίσιμων υπηρεσιών (λειτουργία τηλεφώνου) σε περίπτωση ηλεκτρικής διακοπής.

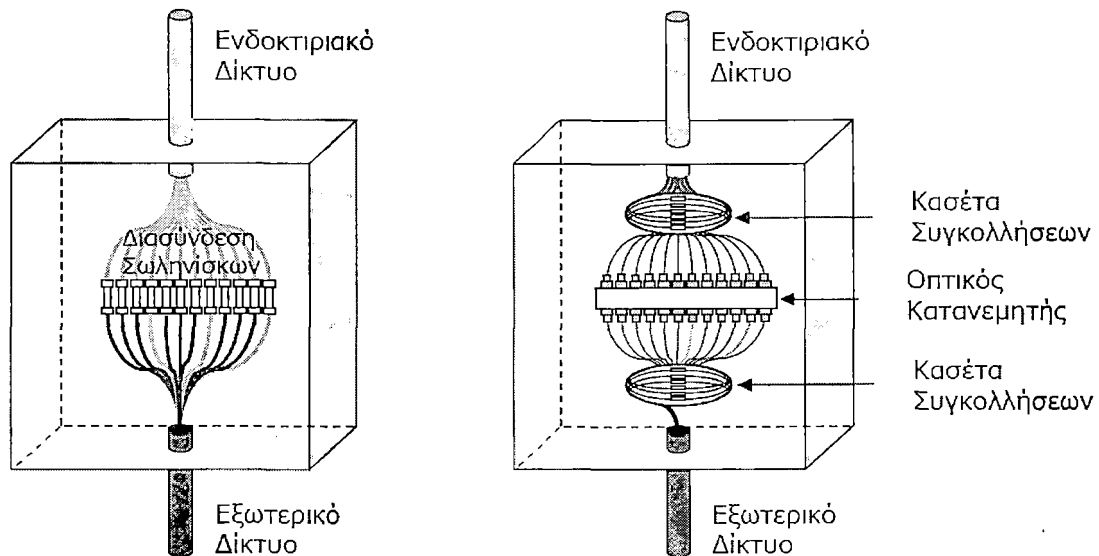
Το ONT τοποθετείται κοντά στην οπτική ΤΥ του διαμερίσματος και συνδέεται με αυτή με διπλό οπτικό κορδόνι μικρού μήκους, το οποίο θα προστατεύεται από απότομες κάμψεις και καταπονήσεις. Η σύνδεση των διεπαφών του ONT με τις υπόλοιπες συσκευές του διαμερίσματος γίνεται μέσω του ενδο-οικιακού δικτύου διανομής. Στο CAPEX μιας υλοποίησης FTTH, το βασικό κόστος είναι κυρίως δικτυακό (για την κατασκευή του εξωτερικού και πιθανόν του εσωτερικού δικτύου), ενώ το κόστος του ενεργού εξοπλισμού είναι μικρό και αφορά μόνο το αστικό κέντρο, αφού για το κόστος του τερματικού εξοπλισμού επιβαρύνεται ο συνδρομητής. Σε σχέση με το OPEX, οι υποστηρικτές του FTTH θεωρούν ότι θα είναι το ελάχιστο δυνατό, αφού η τερματική συσκευή ONT αποτελεί εξοπλισμό του συνδρομητή. Το επιχείρημα όμως αυτό θα ήταν σωστό μόνο εφόσον οι συσκευές ONT διέθεταν στιβαρότητα και λειτουργική συμπεριφορά αντίστοιχη των DSL modem, πράγμα το οποίο όμως δεν ισχύει ακόμη. Μέχρι τότε θα πρέπει να παρέχεται τους συνδρομητές κάποια μορφή υποστήριξης σε 24-ωρη βάση, η οποία, για μεγάλη συνδρομητική βάση, αναμένεται να έχει αυξημένο OPEX.

Επίσης, συγκριτικά στοιχεία σχετικά με την άρση καλωδιακών βλαβών σε συμβατικά δίκτυα πρόσβασης και υλοποιήσεις FTTH δείχνουν ότι, με τα σημερινά δεδομένα, το OPEX ενός δικτύου FTTH είναι σημαντικά μεγαλύτερο.

Το υλικό τερματισμού, που χρησιμοποιείται σε έργα FTTH, τόσο στην εισαγωγή του κτιρίου όσο και στον χώρο του συνδρομητή, εξαρτάται από τις σχεδιαστικές επιλογές του δικτύου. Οι δύο βασικές υλοποιήσεις διαφοροποιούνται ως προς την χρήση οπτικού κατανεμητή για τον τερματισμό των ινών του απερχόμενου δικτύου στην εισαγωγή του κτιρίου.

Είναι συχνά απαραίτητο να υφίσταται σαφής διαχωρισμός μεταξύ του εξωτερικού δικτύου, που βρίσκεται στον έλεγχο του δικτυακού παρόχου, και του κτιριακού δικτύου, που ανήκει στους ιδιοκτήτες του κτιρίου. Στην περίπτωση αυτή, το απερχόμενο δίκτυο περιλαμβάνει ένα πολυσωλήνα με δύο σωληνίσκους ανά κτίριο. Στο έναν από αυτούς εγκαθίσταται με εμφύσηση μία ινο-ομάδα (2 έως 12 ΟΙ, ανάλογα με το πλήθος των διαμερισμάτων του κτιρίου) και τερματίζεται σε κουτί τερματισμού στην εισαγωγή του κτιρίου (MB-ODF), που μπορεί να βρίσκεται εσωτερικά ή εξωτερικά του κτιρίου, και στο οποίο καταλήγει και η καλωδίωση του κτιριακού δικτύου (ένα σωληνάκι με μια ινο-ομάδα 1 ή 2 ΟΙ ανά διαμέρισμα). Στην περίπτωση, που δεν απαιτείται τερματισμός των ΟΙ στην εισαγωγή του κτιρίου, το κουτί εισαγωγής περιλαμβάνει μόνο σωληνίσκους και συνδέσμους σωληνίσκων, που συνδέουν τους σωληνίσκους του απερχόμενου δικτύου (συνήθως ένας σωληνίσκος ανά διαμέρισμα) με τους σωληνίσκους του ενδο-κτιριακού δικτύου. Η εμφύσηση των ινών (συνήθως 2 ΟΙ σε κάθε σωληνίσκο) γίνεται απευθείας από το ΠΚΣ

(Περιφερειακό Σημείο Συγκέντρωσης, δηλαδή την υπαίθρια καμπίνα) προς την υποδοχή του διαμερίσματος του συνδρομητή, χωρίς να μεσολαβεί τερματισμός στη εισαγωγή του κτιρίου (αποφεύγεται ένας ενδιάμεσος ODF).

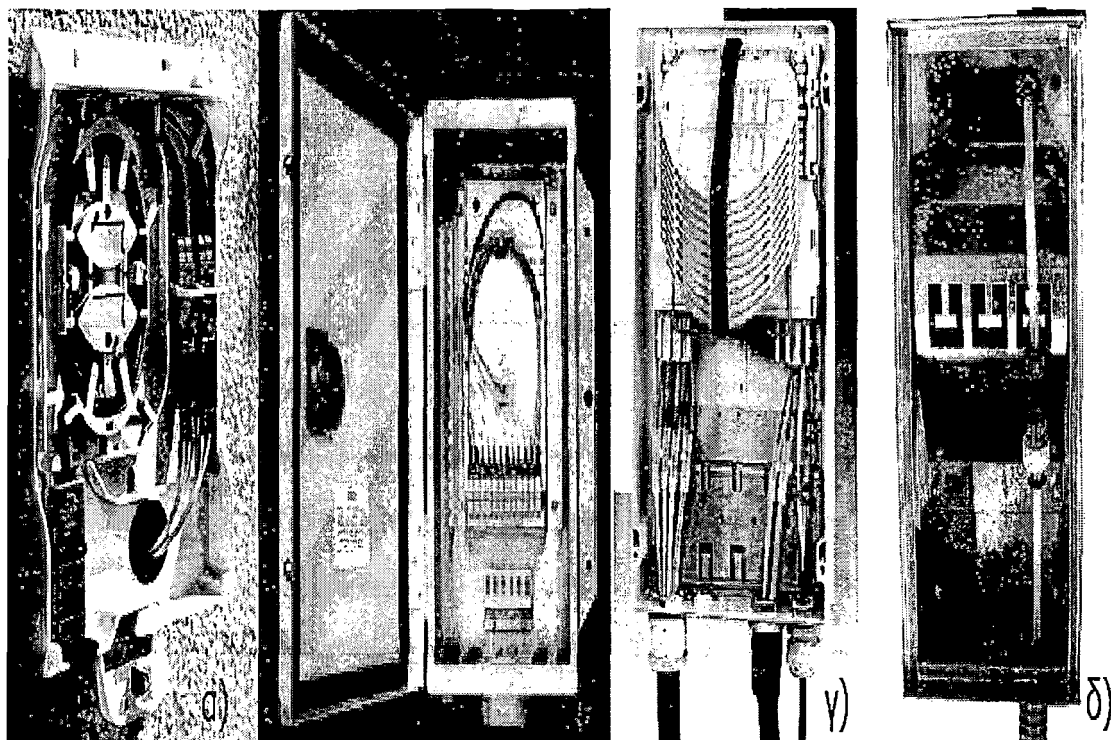


α) Κουτί Διασύνδεσης Σωληνίσκων β) Κουτί τερματισμού ΟΙ (B-ODF)

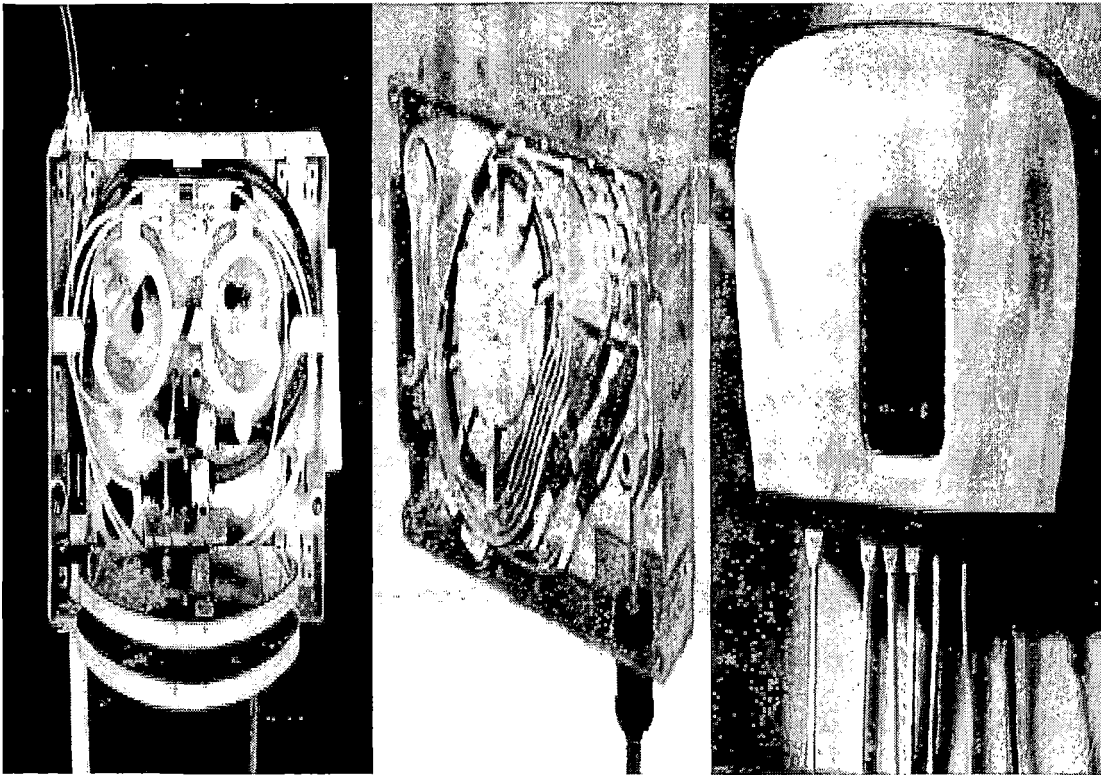
Εικ. 1.9 Σχηματική αναπαράσταση τρόπων διασύνδεσης του εξωτερικού δικτύου με το κτιριακό δίκτυο

. Η ανάπτυξη του κτιριακού δικτύου σωληνώσεων γίνεται δενδροειδώς από το κουτί εισαγωγής προς τα διαμερίσματα των συνδρομητών. Σε σπάνιες περιπτώσεις πολύ μεγάλων κτιρίων μπορεί να χρησιμοποιείται οπτικός κατανομητής σε κάθε όροφο (FODF), διαχωρίζοντας την κτιριακή καλωδίωση σε οριζόντιο και κατακόρυφο τμήμα, με βάση τις αρχές του διέπουν την δομημένη καλωδίωση επιχειρησιακών κτιρίων. Στις περισσότερες όμως των περιπτώσεων, σε κάθε όροφο χρησιμοποιείται ένα μικρό κουτί διασύνδεσης σωληνίσκων για να συνδέσει τους σωληνίσκους του κατακόρυφου πολυσωλήνα με τους σωληνίσκους του οριζόντιου τμήματος, που καταλήγουν, ένας σε κάθε διαμέρισμα. Τα κουτιά τερματισμού ή διασύνδεσης σωληνίσκων

είναι συνήθως πλαστικά, για εσωτερική ή εξωτερική στεγασμένη χρήση, και φέρουν κατάλληλη κλειδαριά ασφαλείας.



Εικ.1.10 Σχηματική αναπαράσταση από τα κουτιά τερματισμού ΟΙ και διασύνδεσης σωληνίσκων διαφόρων τύπων: α) ODF εξωτερικού χώρου, β) ODF εσωτερικού χώρου, γ) κουτί διασύνδεσης ινών χωρίς ODF και δ) κουτί διασύνδεσης σωληνίσκων



Εικ.1.11 Σχηματική αναπαράσταση από διατάξεις τερματισμού δικτύου στο διαμέρισμα του συνδρομητή

Η υποδοχή σύνδεσης (TY) στο διαμέρισμα του συνδρομητή περιλαμβάνει, στην απλούστερή της μορφή, έναν μικρό ODF για τον τερματισμό 1 ή 2 οπτικών ινών. Για εξοικονόμηση χώρου χρησιμοποιούνται συνήθως ίνες, που έχουν προτερματισμένο το ένα τους άκρο σε κατάλληλο ακροδέκτη, και εγκαθίστανται με εμφύσηση του ελεύθερου άκρου από την υποδοχή του συνδρομητή προς το κουτί τερματισμού του κτιρίου ή το ΠΣΣ. Στην πιο εξελιγμένη τους μορφή, οι διατάξεις τερματισμού δικτύου ενσωματώνουν και ενεργή μονάδα οπτο-ηλεκτρονικής μετατροπής, παρέχοντας ηλεκτρική διεπαφή FE προς την τερματική συσκευή του συνδρομητή.

✦ Πλεονεκτήματα του FTTH

Το βασικότερο πλεονέκτημα της εγκατάστασης ίνας έως το χρήστη, με τεχνολογία Fiber to the Home, είναι ο πολύ μεγάλος ρυθμός μετάδοσης που επιτυγχάνεται, τόσο στο κανάλι ανόδου όσο και στο κανάλι καθόδου. Επειδή το εύρος ζώνης της ίνας είναι τεράστιο, είναι το πλέον κατάλληλο μέσο για να παρέχει στον καταναλωτή όλες τις σύγχρονες και τελευταίες υπηρεσίες πολυμέσων και όχι μόνο. Επιπλέον οι ίνες είναι εξαιρετικά ανθεκτικές στην ηλεκτρομαγνητική παρεμβολή, πράγμα που έχει δύο άμεσες συνέπειες. Πρώτον, την εύκολη τοποθέτηση τους, καθώς μπορούν να περάσουν πάνω από καλώδια παροχής ηλεκτρικού ρεύματος, και δεύτερον την εξασφάλιση του απορρήτου των επικοινωνιών του χρήστη, αφού η υποκλοπή από ένα τέτοιο μέσο μπορεί να είναι εξαιρετικά δύσκολη. Επιπρόσθετα, με το διαρκώς αυξανόμενο κόστος του χαλκού, η ίνα τείνει να γίνει πιο οικονομικό μέσο εγκατάστασης δικτύου, στα πλαίσια ενός κτιρίου. Το κόστος αυτό μειώνεται ακόμα περισσότερο όταν πρόκειται για τοποθέτηση Multi – Mode ινών.

✦ Μειονεκτήματα του FTTH

Το βασικότερο ίσως μειονέκτημα του FTTH είναι η ύπαρξη της εγκατάστασης χαλκού στη συντριπτική πλειοψηφία των κατασκευασμένων κτιρίων. Σε κάθε περίπτωση το κόστος της αλλαγής της δικτυακής υποδομής, και η τοποθέτηση οπτικών ινών θα είναι τόσο μεγάλο, που είναι μάλλον απίθανο να

συμβεί. Γι αυτό το λόγο, ακόμα και αν η οπτική ίνα χρησιμοποιηθεί στο access δίκτυα και φτάσει μέχρι το κτίριο, το εύρος ζώνης της σύνδεσης θα περιορίζεται πάντα από τη στενωπό της ηλεκτρικής εγκατάστασης. Φυσικά δεν πρέπει να ξεχνάμε και το αυξημένο κόστος του εξοπλισμού που θα συνοδεύει την εγκατάσταση οπτικών ινών καθώς μέχρι σήμερα αποτελεί ένα μεγάλο μέρος του συνολικού κόστους εγκατάστασης.

3.4 Απώλειες συνδέσεων

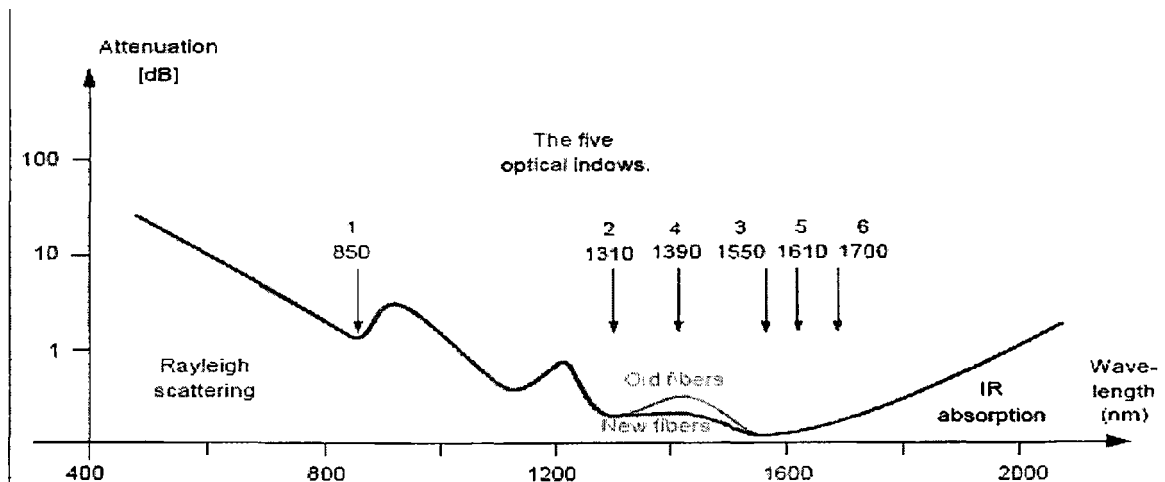
- ✓ Απώλειες που οφείλονται στην ίνα
- ✓ Απώλειες που οφείλονται στα υλικά των κολλήσεων/connectors

Απώλειες που οφείλονται στην ίνα

Κατά την κατασκευή οπτικών ινών, επιτρέπονται μικρές αποκλίσεις στις τιμές των παραμέτρων τους, αφού είναι σχεδόν αδύνατο να φτιαχτούν δυο πανομοιότυπες ίνες. Οι αποκλίσεις αυτές είναι της τάξης των 10⁻³ nm, ακόμα όμως και τόσο μικρές αποκλίσεις συμβάλουν στη δημιουργία απωλειών κατά την (fusion) κόλληση των ινών. Μια ιδανική ίνα θα παρουσιάζει εξασθένηση κοντά στα 0.16 dB/km θεωρητικά (1550 nm). Στην πραγματικότητα η εξασθένηση μιας ίνας πολύ καλής ποιότητας πλησιάζει τα 0.20 dB/km στα 1550 nm (λόγω της σκέδασης Rayleigh και της IR απορρόφησης). Οι

απώλειες που οφείλονται στην ίνα προκαλούνται από τους παρακάτω παράγοντες :

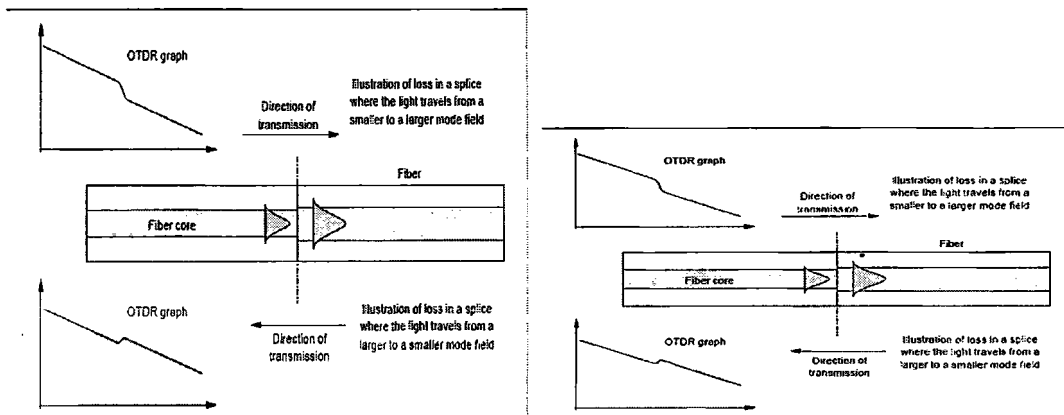
- ✚ Διαφορές στον τρόπο πεδίου
- ✚ Διαφορετικά αριθμητικά ανοίγματα (NA)
- ✚ Διαφορετικές διαμέτροι πυρήνα
- ✚ Διαφορετικές διαμέτροι μανδύα
- ✚ Μη-κυκλικότητα πυρήνα ή/και μανδύα
- ✚ Μη-ομοκεντρικότητα πυρήνα/μανδύα



Εικ.1.12 Γραφική παράσταση της εξασθένισης μιας ίνας από σιλίκονη, σε συνάρτηση με το μήκος κύματος μετάδοσης

ο Διαφορές στον τρόπο πεδίου

Αν η διάμετρος του πυρήνα της ίνας μετάδοσης είναι διαφορετική από εκείνη της ίνας του δέκτη, ο τρόπος πεδίου θα γίνει πιο ευρύς ή πιο στενός. Το γεγονός αυτό θα προκαλέσει εξασθένηση του φωτός πολλές φορές διακρίνεται σαν ενίσχυση του σήματος κατά τη μια κατεύθυνση, όταν παίρνουμε μετρήσεις με ένα OTDR (Optical Time Domain Reflectometer)].

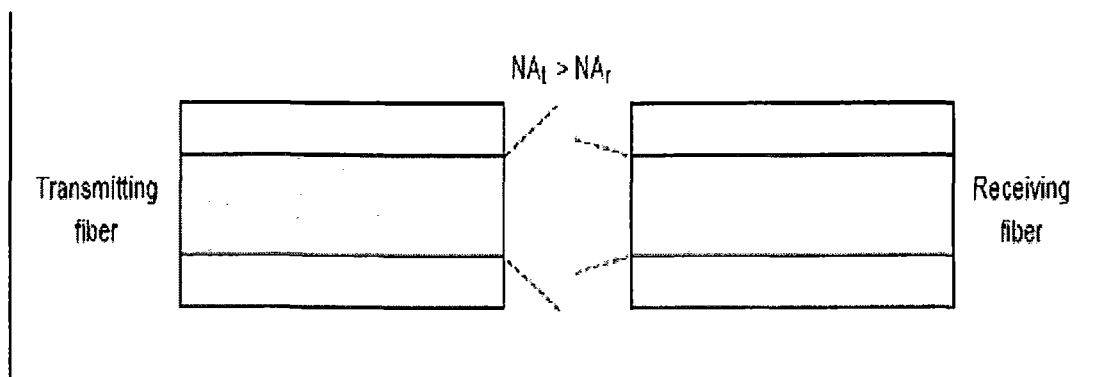


Εικ.1.13 Σχηματική απεικόνιση απωλειών

Διαφορετικά αριθμητικά ανοίγματα (NA)

Παρουσιάζονται απώλειες όταν το αριθμητικό άνοιγμα της ίνας μετάδοσης είναι μεγαλύτερο από εκείνο της ίνας του δέκτη. Μέρος του φωτός που διαδίδεται θα χαθεί στο μανδύα της ίνας του δέκτη. Για την παραπάνω περίπτωση ($NA_t > NA_r$), οι απώλειες δίνονται από τον επόμενο τύπο :

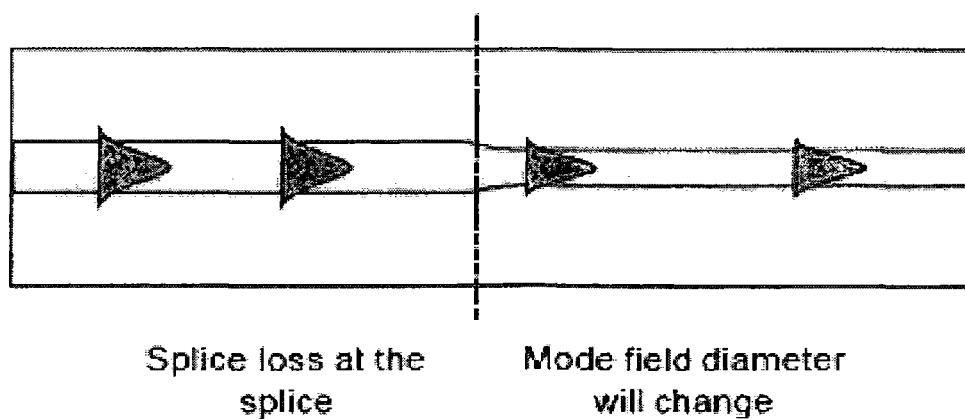
$$\left| \text{Attenuation}_{NA} = 10 \log_{10} \left(\frac{NA_r}{NA_t} \right)^2 \right|$$



Εικ.1.14 Σχηματική αναπαράσταση απωλειών όταν $NA_t > NA_r$

- Διαφορετικές διαμέτροι πυρήνα

Όταν η διάμετρος της ίνας μετάδοσης είναι μεγαλύτερη από εκείνη της ίνας του δέκτη, παρουσιάζονται απώλειες, αφού μέρος του φωτός μεταφέρεται στο μανδύα της ίνας του δέκτη. Οι διαφορετικές διαμέτροι πυρήνα επηρεάζουν και τη διάμετρο του τρόπου πεδίου.



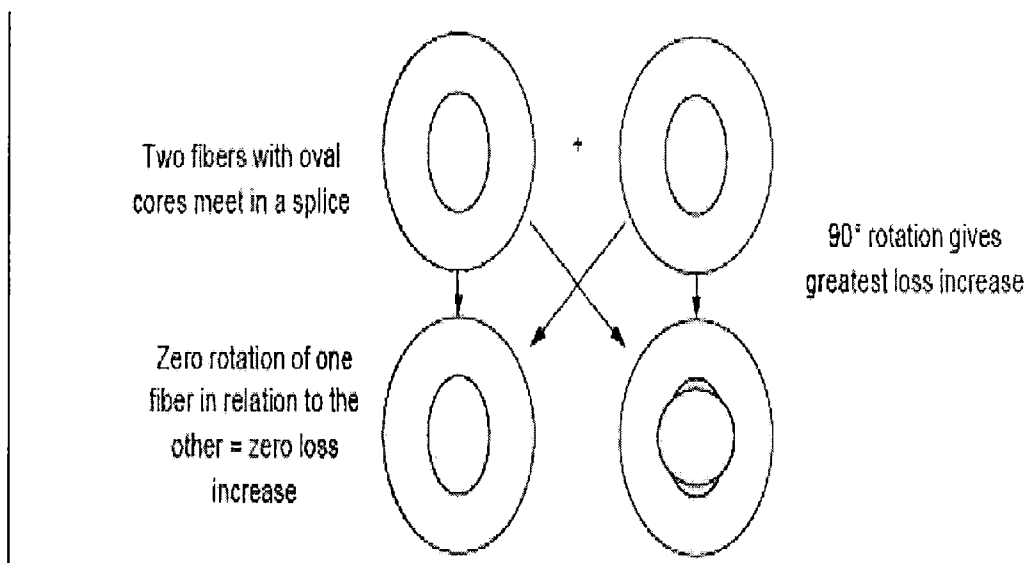
Εικ 1.15 Όταν συνδέονται ίνες με διαφορετικές διαμέτρους πυρήνα, παρουσιάζονται απώλειες και αλλάζει η διάμετρος του τρόπου πεδίου του παλμού φωτός

- ο Διαφορετικές διαμέτροι μανδύα

Στη βιομηχανία παραγωγής ινών, η ανοχή (σύμφωνα με την ITU) για τη διάμετρο του μανδύα μιας ίνας είναι $\pm 2\mu\text{m}$. Αυτό σημαίνει ότι μια ίνα με διάμετρο 125 μm μπορεί να κολληθεί με μια άλλη διαμέτρου 127 μm . Με τη μέθοδο κόλλησης fusion οι ίνες ευθυγραμμίζονται αρκετά καλά. Για μηχανικές και για ημι-μόνιμες κολλήσεις, διαφορά διαμέτρων όπως η παραπάνω μπορεί να προκαλέσει δραματική αύξηση των απωλειών (ειδικά στις μονότροπες ίνες). Όσο μεγαλώνει η διαφορά μεταξύ των διαμέτρων τόσο αυξάνονται και οι απώλειες. Με ανοχή 125 ± 2 μm οι μέγιστη απώλεια είναι 1.4 dB. Αν η ανοχή μειωθεί στα 125 ± 1 μm η μέγιστη απώλεια είναι περίπου 0.7 dB. Όταν συνδέονται καλώδια που περιέχουν μονότροπες ίνες με connectors, πραγματοποιούνται αρκετά τεστ ευθυγράμμισης ώστε να μειωθούν όσο το δυνατόν γίνεται οι απώλειες.

- ο Μη-κυκλικότητα πυρήνα ή/και μανδύα

Η μη κυκλικότητα του πυρήνα και του μανδύα έχουν σχεδόν την ίδια επίδραση με τις διαφορές στις διαμέτρους πυρήνα. Το φαινόμενο αυτό είναι ιδιαίτερα εμφανές σε ημι-μόνιμες κολλήσεις. Η παρακάτω εικόνα είναι άκρως κατατοπιστική



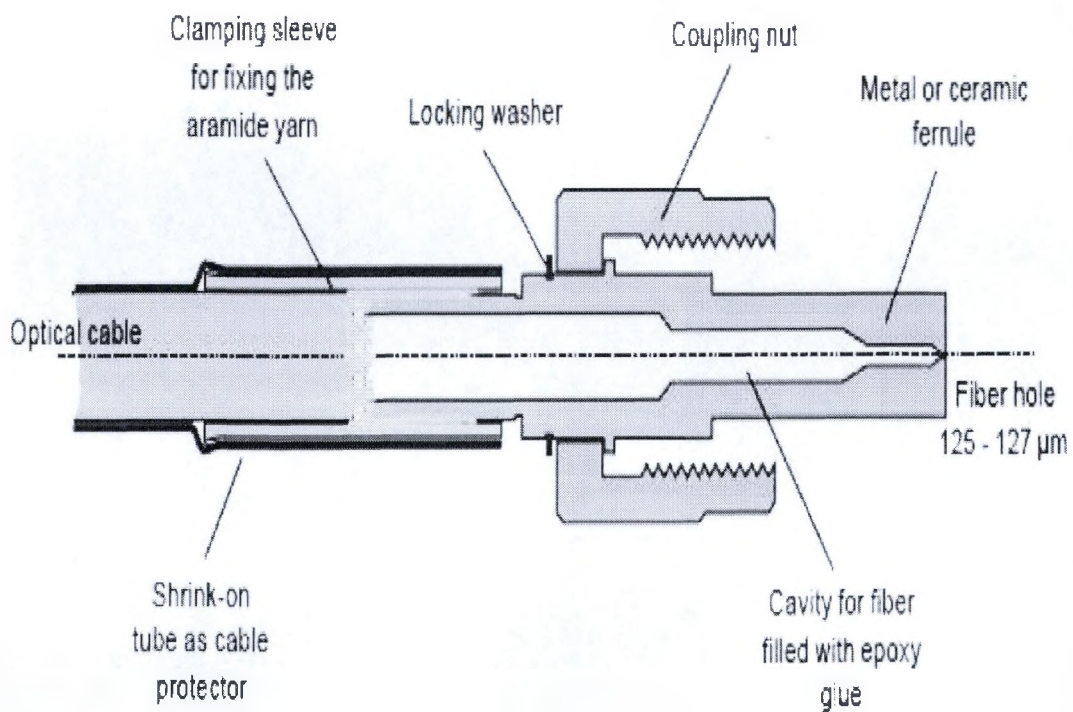
Εικ.1.16 Η μη κυκλικότητα του πυρήνα επηρεάζει τις απώλειες σε μια κόλληση

Απώλειες που οφείλονται σε connectors/κολλήσεις

Όταν δυο ίνες συνδέονται, η κόλληση θα συνεισφέρει κατά κάποιο τρόπο στην αύξηση της εξασθένησης. Η αύξηση της εξασθένησης λόγω κολλήσεων μειώνεται στο ελάχιστο, όταν οι κολλήσεις πραγματοποιούνται με τη μέθοδο fusion, καθαρίζονται προσεκτικά και κόβονται με ακρίβεια. Σύγχρονα κολλητήρια όπως το Ericsson FSU 975, πετυχαίνουν γωνία κοπής 90° και εξαιρετικό καθαρισμό της ίνας πριν την κόλληση. Αν όλες οι παραπάνω παράμετροι είναι τέλειες τότε μια κόλληση fusion δεν εισάγει περαιτέρω εξασθένηση στο σύστημα. Οι παρακάτω παράγοντες απωλειών που οφείλονται σε connectors/κολλήσεις αναφέρονται κυρίως σε ημι-μόνιμες και μηχανικές κολλήσεις (και λιγότερο σε fusion κολλήσεις) :

- Μη-ομοαξονικότητα
- Διάκενο
- Γωνιακή απόκλιση
- Καθαρότητα επιφάνειας κόλλησης (μόνο σε ημι-μόνιμες κολλήσεις)

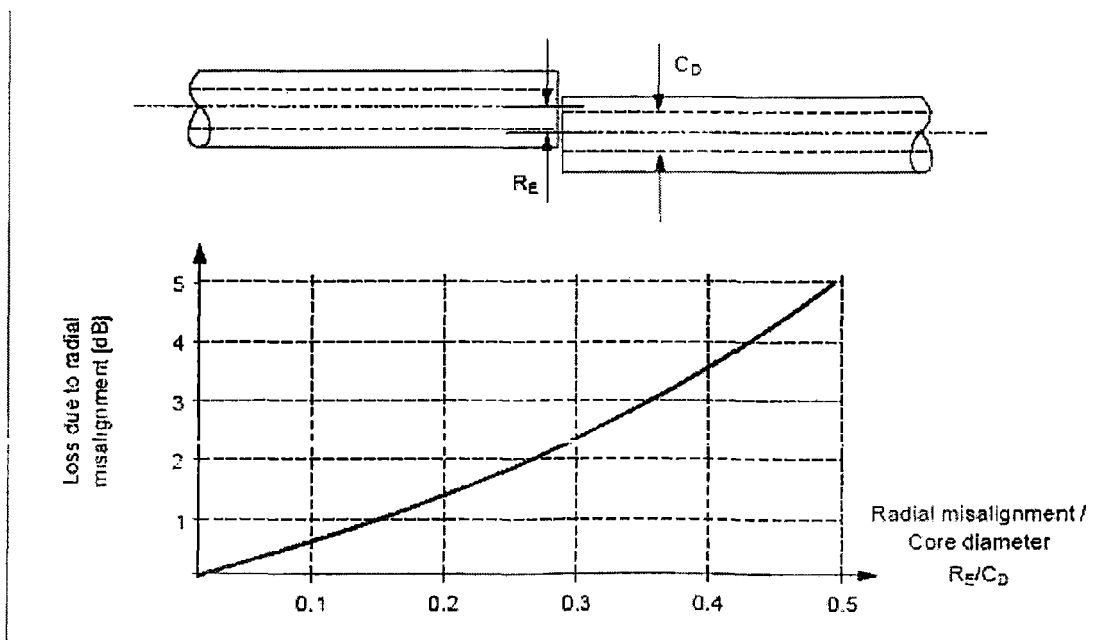
Για να διευκολύνουμε την κατανόηση των παραπάνω παραγόντων απωλειών παρουσιάζονται στην επόμενη εικόνα τα βασικά μέρη ενός connector



Εικ.1.17 Σχηματική απεικόνιση τα βασικά μέρη ενός connector

ο Μη-ομοαξονικότητα

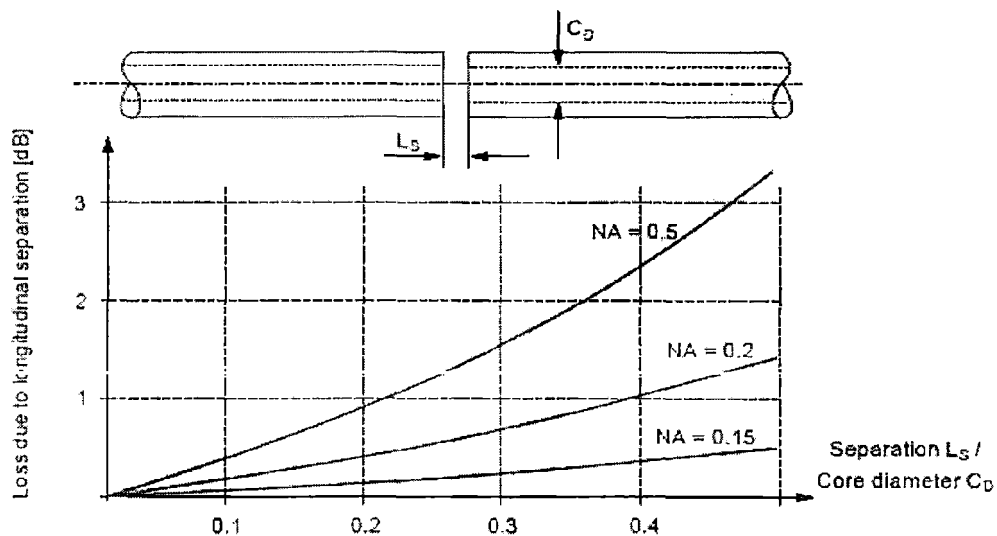
Ένας connector πρέπει να κατασκευάζεται με μεγάλη ακρίβεια : η οπή από την οποία θα περάσει η ίνα πρέπει να βρίσκεται ακριβώς στο κέντρο του συνεκτικού δακτυλίου (ferrule). Η οπή αυτή θα πρέπει να έχει την ίδια ακριβώς διάμετρο με την ίνα και ο συνεκτικός δακτύλιος θα πρέπει να έχει την ίδια διάμετρο με την υποδοχή που θα τοποθετηθεί. Η ακρίβεια πρέπει να είναι της τάξης των 1-2 μm . Για να μην υπάρχουν διαφορές μεταξύ της ίνας και της παραπάνω οπής, κάθε connector θα πρέπει να ελέγχεται σε σχέση με την ίνα που θα χρησιμοποιηθεί. Ο έλεγχος αυτός είναι αρκετά χρονοβόρος αλλά άκρως απαραίτητος. Η ακτινική απόκλιση R_E εκφράζεται σε συνάρτηση με τη διάμετρο του πυρήνα της ίνας C_D .



Εικ.1.18 Γραφική παράσταση των απωλειών σε έναν connector με μη-ομοκεντρικότητα μεταξύ των δυο ινών

ο Διάκενο

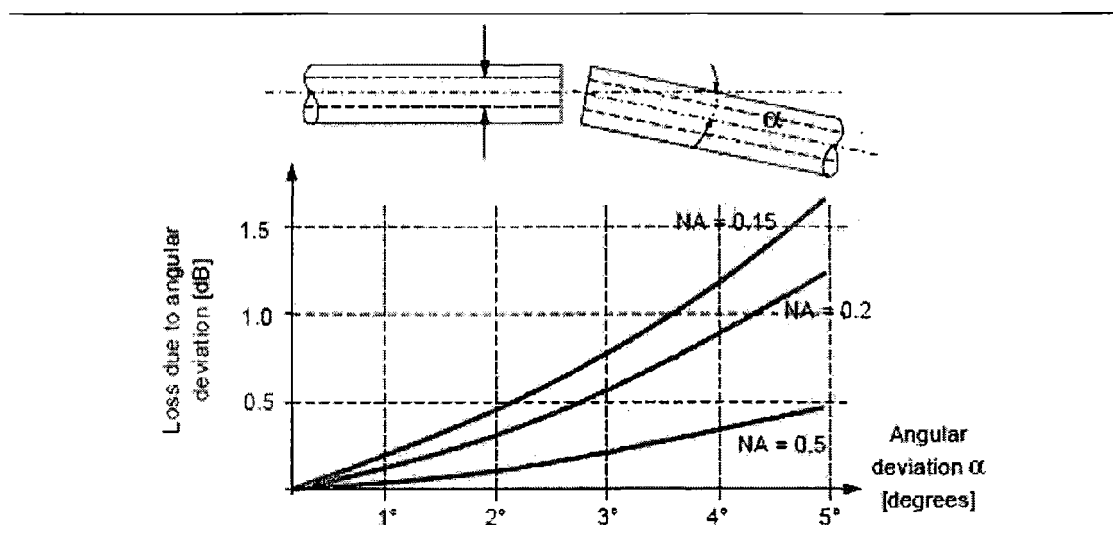
Συνήθως, το διάκενο μεταξύ των δυο τελειωμάτων των ινών είναι περίπου 1 με 2 μm . Η αύξηση των απωλειών σχετίζεται άμεσα με το κλάσμα του διακένου L_S προς τη διάμετρο του πυρήνα C_D και με το αριθμητικό άνοιγμα της ίνας. Αύξηση του NA για σταθερό διάκενο έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση των απωλειών. Οι σύγχρονοι connectors περιέχουν κάποια μορφή ελατηρίου στον συνεκτικό δακτύλιο, έτσι ώστε οι ίνες να συνταιριάζονται άψογα μεταξύ τους, χωρίς να υπάρχει κίνδυνος να υποστούν ζημιές. Το διάκενο επίσης αυξάνει την ανάκλαση Fresnel στην επιφάνεια διασύνδεσης. Η ανάκλαση αυτή είναι της τάξης των -14 dB αν υπάρχει διάκενο αέρα μεταξύ των δυο τελειωμάτων. Χρησιμοποιώντας έλαια με δείκτη διάθλασης πολύ κοντά σε εκείνο των τελειωμάτων των ινών, για να γεμίσουμε το διάκενό, η ανάκλαση Fresnel μειώνεται δραματικά.



ΕΙΚ.1.19 Γραφική παράσταση των απωλειών που οφείλονται στο διάκενο

ο Γωνιακή απόκλιση

Η γωνιακή απόκλιση μεταξύ των δυο ινών που πρόκειται να συνδεθούν, αποτελεί μια από τις σημαντικότερες παραμέτρους της διαδικασίας κόλλησης. Μετά την κοπή και τον καθαρισμό του τελειώματος της ίνας, πρέπει να σχηματίζεται γωνία 90° ως προς τον κεντρικό άξονά της. Όσο αυξάνεται η γωνιακή απόκλιση από τις 90° αυξάνονται και οι απώλειες. Είναι σημαντικό να παρατηρήσουμε ότι σχετικά μικρό NA αυξάνει τις απώλειες που οφείλονται στη γωνιακή απόκλιση.



Εικ.1.20 Γραφική παράσταση των απωλειών που οφείλονται στη γωνιακή απόκλιση μεταξύ των τελειωμάτων των ινών

- ο Καθαρότητα επιφάνειας κόλλησης

Το πρώτο βήμα στη διαδικασία καθαρισμού της επιφάνειας κόλλησης είναι να απομακρυνθούν όλα τα υπολείμματα κόλλας και να δοθεί στο το τελικό του σχήμα. Στη συνέχεια η επιφάνεια γυαλίζεται ώστε να μην υπάρχουν μικρές γρατζουνιές.

Αν παραμείνουν μικρές ατέλειες στην επιφάνεια μέρος του διαδιδόμενου φωτός θα διασκορπίζεται, με αποτέλεσμα να μη φτάνει στο συνεκτικό δακτύλιο και να αυξάνονται οι απώλειες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 : ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ

4.1 Παράμετροι μετρήσεων

Προκειμένου να είναι κατάλληλη η χρήση μιας οπτικής ίνας ή ενός συστήματος οπτικής ίνας για μία μετάδοση ,εκτελούνται διάφορες βασικές μετρήσεις.

- ✓ Οπτική απώλεια σύνδεσης από άκρη σε άκρη
- ✓ Ποσοστό εξασθένησης ανα μονάδα μήκους
- ✓ Συμβολή εξασθένησης στις συνδέσεις ,συνδετήρες
- ✓ Μήκος της ίνας η της απόστασης σε ένα συμβάν
- ✓ Γραμμικότητα της απώλειας ίνας ανά μονάδα μήκους
- ✓ Συντελεστής ανάκλασης
- ✓ Χρωματική διασπορά
- ✓ Διασπορά τρόπου πόλωσης
- ✓ Καμπύλη εξασθένησης
- ✓ Εύρος ζώνης

Κάποιες άλλες μετρήσεις είναι συχνά λιγότερο σημαντικές εκτός από μερικές συγκεκριμένες εφαρμογές. Μερικές μετρήσεις απαιτούν πρόσβαση μόνο στο ένα άκρο. Οι τεχνικές μέτρησης με απαίτηση πρόσβασης μόνο σε ένα άκρο είναι ιδιαίτερα ενδιαφέρουσες για τον τομέα εφαρμογών διότι αυτές οι

μετρήσεις μειώνουν το χρόνο που ξοδεύεται για το ταξίδι από το ένα άκρο του καλωδίου στο άλλο.

Ο έλεγχος των οπτικών καλωδίων απαιτεί μετρήσεις σε τρία επίπεδα

- Εγκατάσταση

- Συντήρηση

- Αποκατάσταση

4.2 Μετρήσεις εγκατάστασης

Πριν από την εγκατάσταση ,οι επιθεωρήσεις ινών εκτελούνται για να εξασφαλίσουν ότι τα καλώδια ινών που παραλαμβάνονται από τον κατασκευαστή προσαρμόζονται στις απαραίτητες προδιαγραφές και δεν ήταν χαλασμένα κατά την διάρκεια της μεταφοράς η της τοποθέτησης των καλωδίων.

Κατά την διάρκεια της εγκατάστασης οι μετρήσεις εκτελούνται για να καθορίσουν την ποιότητα των συγκολλήσεων και των τερματισμών των καλωδίων. Οι μετρήσεις εκτελούνται επίσης για να καθορίσουν ότι το ολοκληρωμένο υποσύστημα καλωδίων είναι κατάλληλο για το προοριζόμενο σύστημα μετάδοσης .Όλες αυτές οι μετρήσεις παρέχουν ένα πλήρες σύνολο τεκμηρίωσης της σύνδεσης των καλωδίων για λόγους συντήρησης

4.2.1 Μετρήσεις συντήρησης

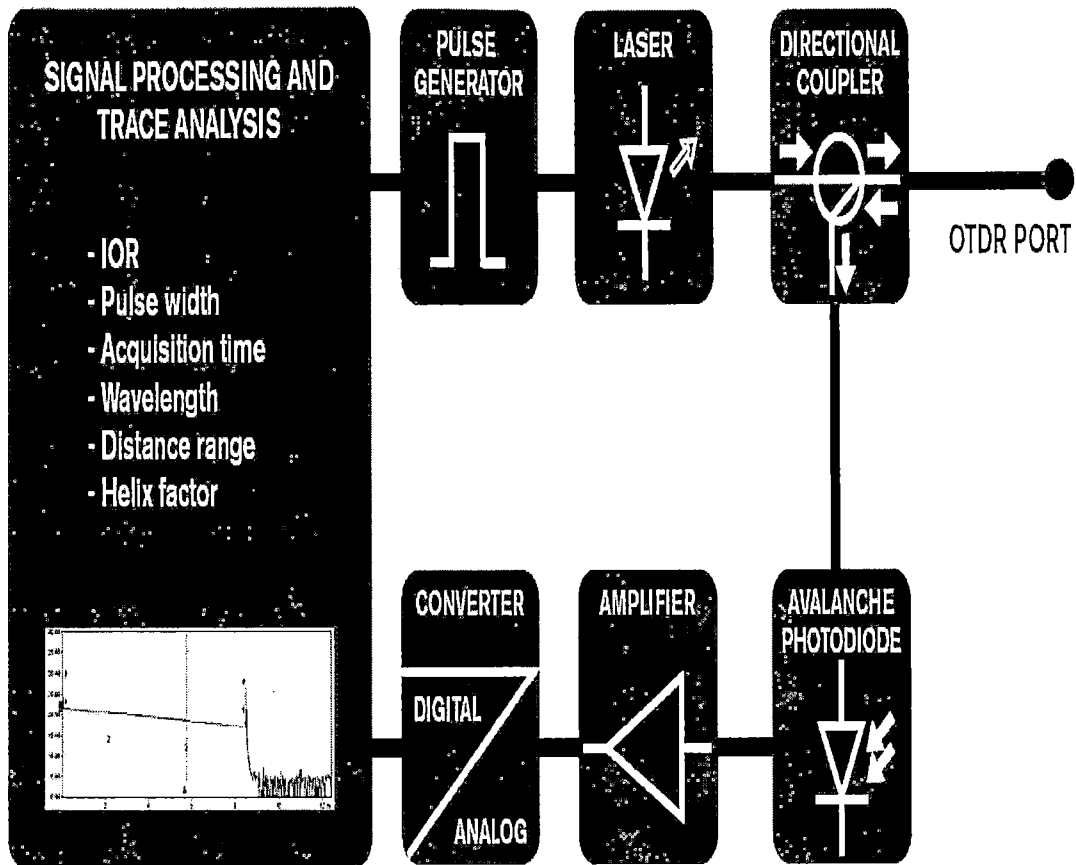
Η μέτρηση συντήρησης περιλαμβάνει την περιοδική αξιολόγηση του συστήματος για να εξασφαλισθεί ότι δεν έχει εμφανιστεί καμία υποβάθμιση του καλωδίου, στις συγκολλήσεις ή στις συνδέσεις. Οι μετρήσεις περιλαμβάνουν την εξασθένιση καλωδίων καθώς επίσης και την εξασθένιση και την ανάκλαση των συγκολλήσεων και των τερματισμών των καλωδίων. Σε μερικά συστήματα, μετρήσεις συντήρησης μπορούν να εκτελεστούν κάθε λίγους μήνες και συγκρίνονται με αποτέλεσμα άλλων μετρήσεων για να παρέχετε η έγκαιρη προειδοποίηση για σημάδια υποβάθμισης. Σε συστήματα με πολύ υψηλή χωρητικότητα κρίσιμα συστήματα ,αυτοπονημένες συσκευές μέτρησης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να εξετάσουν την ακεραιότητα του συστήματος κάθε λίγα λεπτά και να δώσουν την άμεση προειδοποίηση υποβάθμισης η διακοπή λειτουργίας .

4.3 Η τεχνολογία OTDR

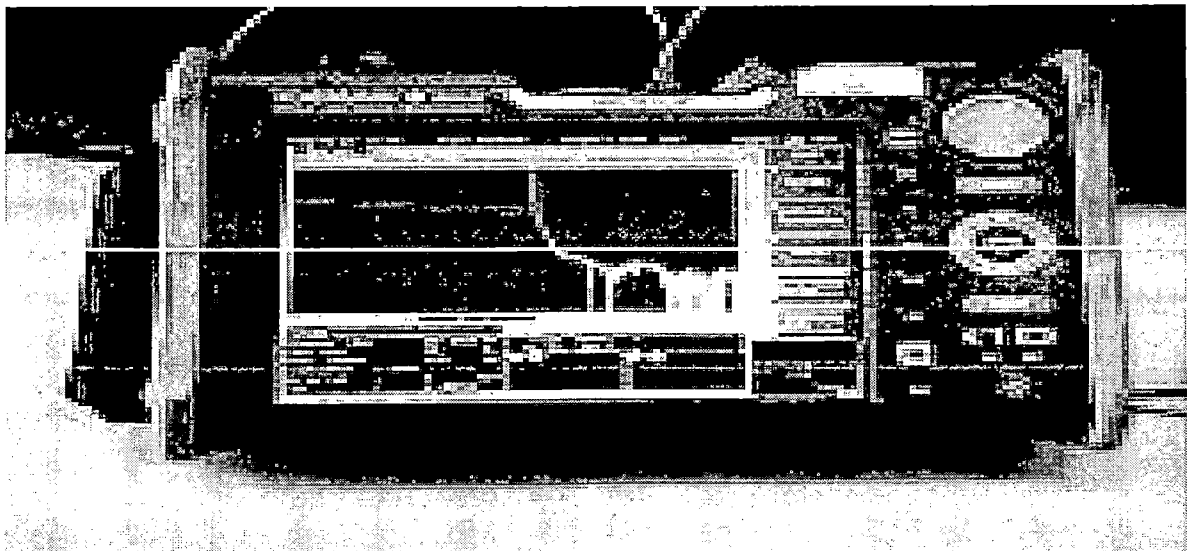
Ένα OTDR συνδυάζει μια πηγή laser και έναν ανιχνευτή laser προκειμένου να παρέχει μια εικόνα του εσωτερικού της οπτικής ίνας. Η πηγή στέλνει ένα σήμα στην ίνα όπου και ο ανιχνευτής λαμβάνει το φως που ανακλάται από τα διάφορα στοιχεία του δικτύου Αυτό παράγει μια καμπύλη σε μια γραφική παράσταση με βάση 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 η 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 η να ελέγξει ένα δίκτυο



Εικ.1.21. Σχηματική απεικόνιση των βαθμίδων ενός OTDR



Εικ.1.22. Απεικόνιση ενός OTDR

Το όργανο αυτό εξαπολύει συρμό οπτικών παλμών μέσα στην υπό εξέταση ίνα. Επίσης, είναι δυνατή η εξαγωγή φωτός από το ίδιο σημείο της ίνας, το οποίο σκεδάζεται και ανακλάται κατά την αντίθετη κατεύθυνση μετάδοσης του σήματος σε σημεία της οπτικής ίνας όπου ο δείκτης διάθλασης μεταβάλλεται (παρόμοια λειτουργία με ένα ηλεκτρονικό time-domain reflectometer που υπολογίζει τις ανακλάσεις οι οποίες παρουσιάζονται λόγω μεταβολών στην εμπέδηση του καλωδίου που μελετάμε). Η ισχύς των παλμών που επιστρέφουν υπολογίζεται και μελετάται ως συνάρτηση του χρόνου, ενώ αναπαριστάται γραφικά ως συνάρτηση του μήκους της οπτικής ζεύξης.

Μια συσκευή OTDR μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση του μήκους της οπτικής ζεύξης και τον υπολογισμό της συνολικής εξασθένησης, συμπεριλαμβανομένων των απωλειών στις κολλήσεις και τους συνδετήρες. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί επίσης στον εντοπισμό σφαλμάτων, όπως κάποιο σπάσιμο της οπτικής ίνας, και στον υπολογισμό των οπτικών απωλειών επιστροφής.

Πέραν των ειδικών οπτικών και ηλεκτρονικών διατάξεων που περιέχουν, οι συσκευές OTDR χαρακτηρίζονται από σημαντική υπολογιστική ισχύ και δυνατότητα γραφικής αναπαράστασης πειραματικών αποτελεσμάτων, ώστε να μπορούν να παρέχουν ικανοποιητικά επίπεδα αυτοματισμού στις δοκιμές που χρησιμοποιούνται. Ωστόσο, η σωστή χρήση και επεξήγηση των πειραματικών αποτελεσμάτων μιας συσκευής OTDR απαιτεί ακόμη ειδική εκπαίδευση σε τεχνικό επίπεδο αλλά και εμπειρία.

Οι συσκευές OTDR χρησιμοποιούνται συνήθως στον χαρακτηρισμό των απωλειών και του μήκους μιας οπτικής ίνας καθώς αυτή περνά από τα στάδια της αρχικής παραγωγής, το σχηματισμό καλωδίων, την αποθήκευσή της γύρω από ειδικά τύμπανα, την τοποθέτησή της και την ένωσή της με ήδη υφιστάμενες ίνες . Το τελευταίο στάδιο δοκιμής της οπτικής ίνας που έχει εγκατασταθεί σε ένα τηλεπικοινωνιακό σύστημα είναι και το πιο ενδιαφέρον, αφού μπορεί να δώσει αξιόπιστα αποτελέσματα σε ζεύξεις υπερβολικά μεγάλων αποστάσεων ή σε μικρή περιοχή ίνας όπου έχουν συμβεί πολλές κολλήσεις ή σε ίνες που έχουν διαφορετικά οπτικά χαρακτηριστικά και συνδέονται μεταξύ τους.

Τα αποτελέσματα των πειραματικών δοκιμών με τη συσκευή OTDR συνήθως αποθηκεύονται με προσοχή σε περίπτωση μελλοντικού σφάλματος στην ίνα. Τα σφάλματα αυτά μπορεί να αποβούν πολύ ακριβά τόσο από πλευράς κόστους για την επισκευή τους, όσο και από πλευράς απώλειας υπηρεσιών.

Οι συσκευές OTDR χρησιμοποιούνται επίσης πολύ συχνά για την ανεύρεση σφαλμάτων σε εγκατεστημένα συστήματα. Στην περίπτωση αυτή, η αναφορά στα αποτελέσματα του OTDR κατά την εγκατάσταση του συστήματος είναι πολύ χρήσιμη, ώστε να καθοριστούν με μεγάλη ακρίβεια οι περιοχές στις οποίες έχουν γίνει αλλαγές. Η χρήση μιας συσκευής OTDR κατά συνέπεια χρειάζεται έναν έμπειρο χειριστή, ο οποίος είναι σε θέση να κρίνει με ορθότητα τις απαραίτητες ρυθμίσεις στο όργανο για να εντοπισθεί με ακρίβεια η αιτία του προβλήματος που έχει προκύψει. Μάλιστα, σε περιπτώσεις

μεγάλων αποστάσεων, πολλών κολλήσεων ή ενώσεων σε μικρές αποστάσεις και σε δίκτυα PON, ο έμπειρος χειρισμός είναι καθοριστικής σημασίας.

Οι συσκευές OTDR είναι διαθέσιμες στο εμπόριο σε ποικιλία υποδοχών οπτικών ινών και μηκών κύματος, ώστε να μπορούν να χρησιμοποιούνται στις δοκιμές των πιο συνηθισμένων τύπων διατάξεων. Γενικότερα, οι δοκιμές με ένα όργανο OTDR σε μεγάλα μήκη κύματος όπως 1550 nm ή 1625 nm, μπορούν να πραγματοποιηθούν για τον χαρακτηρισμό της εξασθένησης της ίνας που προκαλείται από την ίδια την οπτική ίνα σε αντίθεση με τις περισσότερες κοινές απώλειες λόγω συγκολλήσεων ή ενώσεων. Το οπτικό δυναμικό εύρος ενός OTDR περιορίζεται από τον συνδυασμό της ισχύος εξόδου των οπτικών παλμών, του εύρους των οπτικών παλμών, την ευαισθησία εισόδου (input sensitivity) και το χρόνο εξέλιξης του σήματος.

Ένας πιο ευρύς παλμός laser μπορεί να βελτιώσει τη δυναμική περιοχή και την ακρίβεια υπολογισμού της εξασθένησης εις βάρος της ακρίβειας σε απόσταση. Για παράδειγμα, με τη χρήση ενός παλμού μεγάλου εύρους, είναι εφικτό να μετρήσουμε την εξασθένηση του σήματος σε απόσταση μεγαλύτερη των 100 km, αν και στην περίπτωση αυτή ένα οπτικό γεγονός μπορεί να εμφανίζεται για πάνω από 1 km. Το σενάριο αυτό είναι πολύ χρήσιμο για το συνολικό χαρακτηρισμό μιας ζεύξης, αλλά θα μπορούσε να είναι λιγότερο σημαντικό στην περίπτωση που προσπαθούμε να αναγνωρίσουμε λάθη.

Ένας παλμός μικρού εύρους θα μπορούσε να βελτιώσει την ακρίβεια της απόστασης σε οπτικά γεγονότα, αλλά θα μείωνε το υπολογιστικό εύρος και

την ανάλυση των υπολογισμών εξασθένησης της ίνας. Το «φαινομενικό» μήκος μετρήσεως ενός οπτικού γεγονότος αναφέρεται ως «νεκρή ζώνη» (dead zone).

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

Ο μεγάλος χρόνος εξέλιξης του οπτικού σήματος αυξάνει την ευαισθησία του OTDR με τον κατά μέσο όρο υπολογισμό της εξόδου στο δέκτη. Η ευαισθησία αυξάνεται με την τετραγωνική ρίζα του χρόνου μετάδοσης του οπτικού σήματος. Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι αν ο χρόνος μετάδοσης αυξάνεται κατά 16 φορές, η ευαισθησία αυξάνεται κατά έναν παράγοντα 4. Το γεγονός αυτό θέτει και ένα όριο ευαισθησίας, με χρόνους μετάδοσης από δευτερόλεπτα μέχρι μερικά λεπτά.

Το δυναμικό εύρος ενός OTDR χαρακτηρίζεται συνήθως ως το επίπεδο εξασθένησης όπου το μετρούμενο σήμα χάνεται στα επίπεδα του θορύβου ανίχνευσης, για ένα συγκεκριμένο συνδυασμό παλμικού εύρους και χρόνου μετάδοσης σήματος. Αυτός ο αριθμός είναι εύκολο να συναχθεί με την μελέτη

του ίχνους εξόδου του OTDR και είναι πολύ χρήσιμος για συγκρίσεις, όμως δεν είναι τόσο χρήσιμος πρακτικά, αφού σε αυτό το σημείο οι μετρούμενες τιμές είναι τυχαίες. Για το λόγο αυτό λοιπόν, το πρακτικό εύρος τιμών μέτρησης είναι μικρότερο, ανάλογα με την ακρίβεια που θέλουμε να επιτύχουμε στον υπολογισμό της εξασθένησης. Όταν χρησιμοποιούμε ένα OTDR για να υπολογίσουμε την εξασθένηση που παρουσιάζεται σε πολλαπλές ενώσεις οπτικών ινών, το ίχνος εξόδου μπορεί να δείξει εσφαλμένα ότι μια σύνδεση παρουσιάζει κέρδος αντί για απώλειες. Ο λόγος που γίνεται αυτό είναι ότι οι γειτονικές οπτικές ίνες μπορεί να έχουν διαφορετικούς συντελεστές σκέδασης κατά την αντίθετη κατεύθυνση μετάδοσης του σήματος, οπότε η δεύτερη κατά σειρά ίνα ανακλά περισσότερο φως σε σύγκριση με την πρώτη ίνα με την ίδια «ποσότητα» φωτός να περνά από αυτές. Εάν το OTDR τοποθετηθεί στο άλλο άκρο του οπτικού αυτού ζεύγους, θα καταγράψει αφύσικα μεγάλες απώλειες στην οπτική αυτή ένωση.

Ωστόσο, αν τα 2 σήματα συνδυαστούν στη συνέχεια, θα λάβουμε τη σωστή τιμή εξασθένησης. Για το λόγο αυτό, μια συνήθης πρακτική με τα OTDRs είναι να υπολογίζουμε και να συνδυάζουμε τις τιμές εξασθένησης και από τα 2 άκρα της οπτικής ζεύξης, ώστε να λάβουμε πιο ακριβείς μετρήσεις των απωλειών στις ενώσεις και της συνολικής εξασθένησης.

Η θεωρητική ακρίβεια υπολογισμού της απόστασης ενός OTDR είναι εξαιρετική, μιας και βασίζεται σε ειδικό software και ρολόι κρυστάλλων με εγγενή ακρίβεια καλύτερη του 0.01%. Η τυπική ακρίβεια υπολογισμού του μήκους του οπτικού καλωδίου περιορίζεται στο 1% μόλις, αφού το μήκος του

καλωδίου δεν είναι το ίδιο με το μήκος της οπτικής ίνας. Επίσης, η ταχύτητα του φωτός μέσα στην οπτική ίνα είναι γνωστή με μικρή ακρίβεια και οι δείκτες του μήκους του καλωδίου έχουν και αυτοί με τη σειρά τους μικρή ακρίβεια (0.5%-1%)

4.4 Μετρήσεις OTDR

Τα περισσότερα σύγχρονα OTDR εκτελούν πλήρως αυτόματα τις μετρήσεις με περιορισμένη ανάγκη επέμβασης από τον χειριστή. Ένα OTDR μπορεί να κάνει τις ακόλουθες μετρήσεις.

Για κάθε συμβάν :

- ✓ Θέση απόστασης
- ✓ Απώλεια
- ✓ Συντελεστής ανάκλασης

Για κάθε τμήμα της ίνας :

- ✓ Μήκος κύματος
- ✓ Απώλεια τμήματος
- ✓ Ρυθμός απώλειας τμήματος
- ✓ Οπτική απώλεια καταστροφής του τμήματος

Για πλήρες τερματισμένο σύστημα:

- ✓ Μήκος συνδέσεων
- ✓ Συνολική απώλεια συνδέσεων
- ✓ ORL της σύνδεσης

Το OTDR επιτρέπει στους τεχνικούς να εκτελούν τις μετρήσεις ινών με τρεις διαφορετικούς τρόπους:

Αυτόματη λειτουργία:

Χρησιμοποιώντας την αυτόματη λειτουργία το όργανο εντοπίζει και μετρά όλα τα συμβάντα ,τα τμήματα και τα άκρα των ινών αυτόματα ,χρησιμοποιώντας έναν εσωτερικό αλγόριθμο.

Ημιαυτόματη λειτουργία :

Όταν επιλέγεται η ημιαυτόματη λειτουργία το OTDR μετράει και αναφέρει ένα συμβάν σε κάθε θέση όπου ένας δείκτης έχει τοποθετηθεί .Αυτοί οι δείκτες μπορούν να τοποθετηθούν αυτόματα ή με το χέρι.

Χειροκίνητη λειτουργία

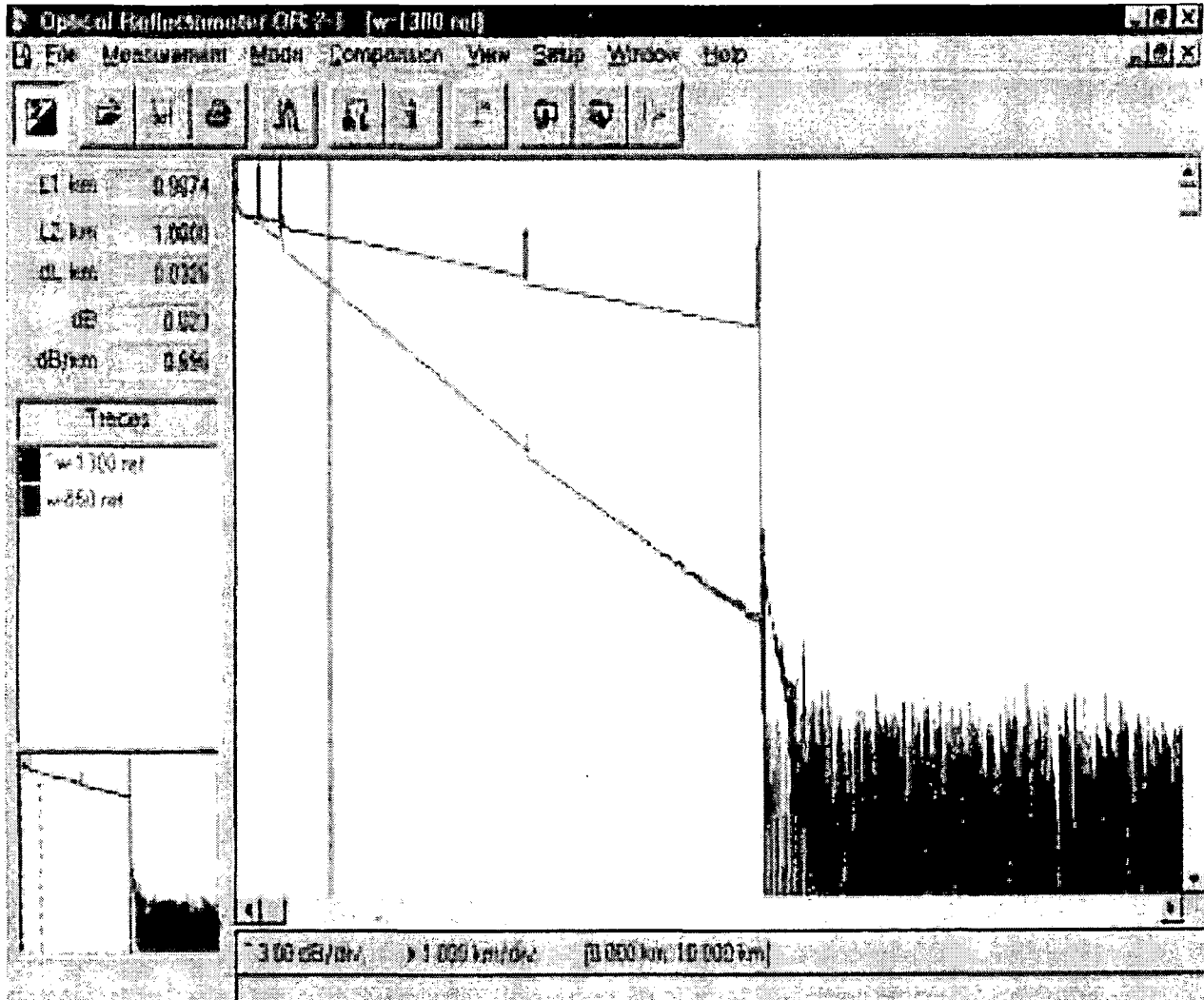
Για ακόμη πιο λεπτομερή ανάλυση οι τεχνικοί ελέγχουν πλήρως τη λειτουργία μέτρησης με το χέρι.

Σε αυτήν την περίπτωση ο τεχνικός τοποθετεί δύο ή περισσότερους δρομείς στην οθόνη προκειμένου να ελεγχθεί ο τρόπος που μετρά το συμβάν. Ανάλογα με την παράμετρο που μετριέται, ο τεχνικός μπορεί να χρειαστεί να τοποθετήσει μέχρι και πέντε δρομείς προκειμένου να εκτελεστεί μια μέτρηση.

Υπάρχουν πολλές πληροφορίες στην οθόνη ενός OTDR. Ο οριζόντιος άξονας δείχνει μήκος σε KM ενώ ο κάθετος απώλεια σε dB. Η κλίση του ίχνους δίνει το συντελεστή εξασθένησης στην ίνα σε dB/Km. Για να μετρήσουμε το συντελεστή εξασθένησης σε ένα καλώδιο οπτικής ίνας χρειαζόμαστε ένα αρκετά μακρύ καλώδιο και στη μέτρηση να μην υπάρχουν παραμορφώσεις στα άκρα (που οφείλονται είτε στην διακριτική ικανότητα (resolution) του οργάνου είτε σε υπερφόρτωση λόγω ισχυρών αντανάκλασεων). Αν η ίνα δείχνει σημάδια μη γραμμικότητας σε κάποιο από τα άκρα, ειδικά κοντά σε ανακλάσεις π.χ. από συνδετήρες, τότε δεν πρέπει να συμπεριλάβουμε εκείνη την περιοχή στον υπολογισμό των απωλειών.

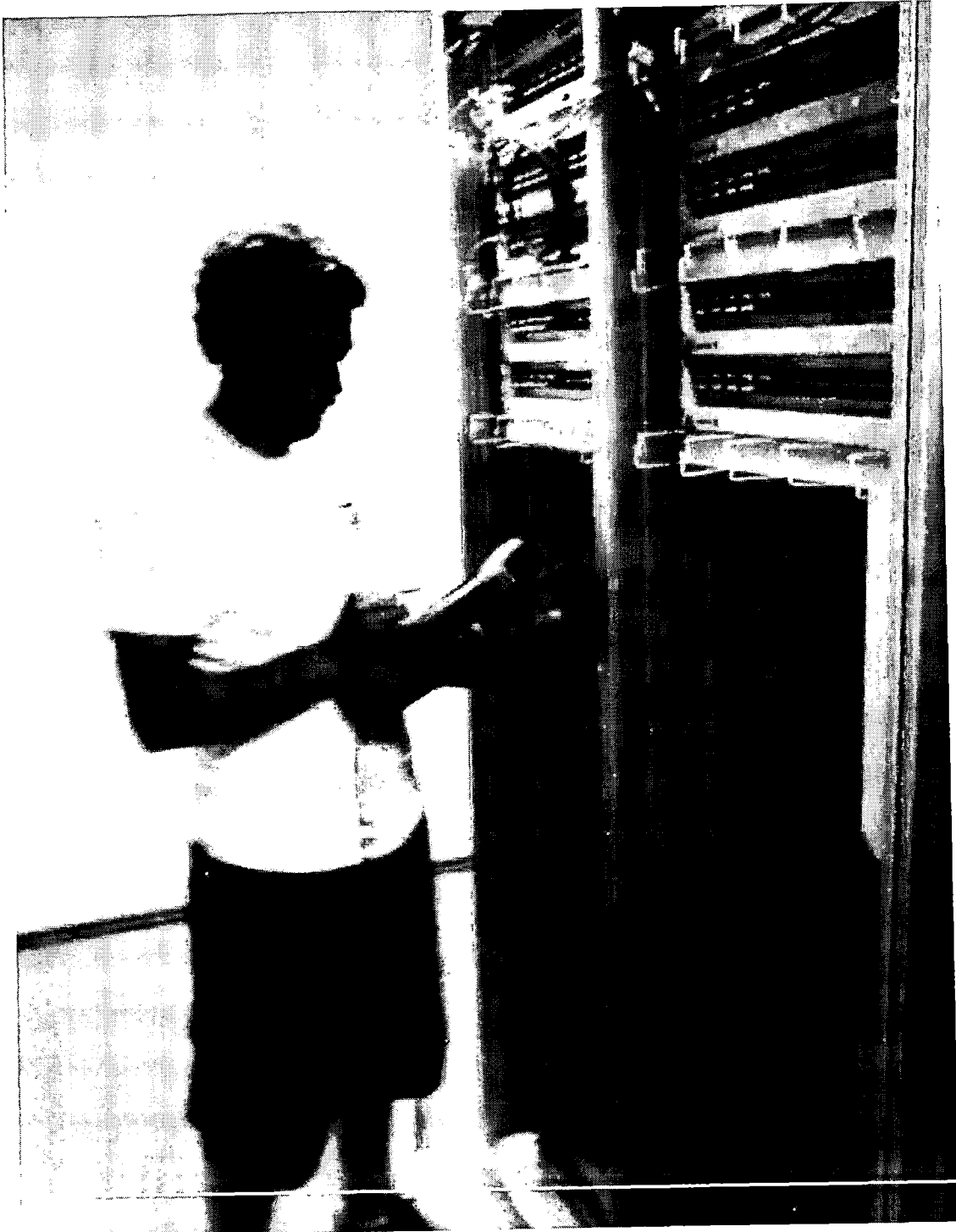
Στη «γλώσσα» των OTDR οι συνδετήρες και οι συγκολλήσεις αναφέρονται ως γεγονότα (events). Και τα δύο εμφανίζουν απώλεια, ειδικά όμως οι συνδετήρες και οι μηχανικές συγκολλήσεις παρουσιάζουν και μια τοπική κορυφή η οποία οφείλεται σε ανάκλαση και ξεχωρίζει τα γεγονότα αυτά από τις συγκολλήσεις σύντηξης (fusion splices) οι οποίες παρουσιάζουν μόνο απώλεια. Το ύψος των κορυφών δείχνει το ποσό της ανάκλασης στο γεγονός, εκτός αν είναι τόσο ισχυρή που να οδηγεί το όργανο στον κόρο (saturation). Σε αυτή την περίπτωση η κορυφή θα έχει ένα πλατώ στην άκρη της καθώς και μια ουρά στο μακρινό

άκρο. Το πλάτος της κορυφής δείχνει την ανάλυση του οργάνου σε μήκος και το πόσο κοντινά γεγονότα μπορεί να αναγνωρίσει.



ΟΘΟΝΗ ΟΤΔΡ

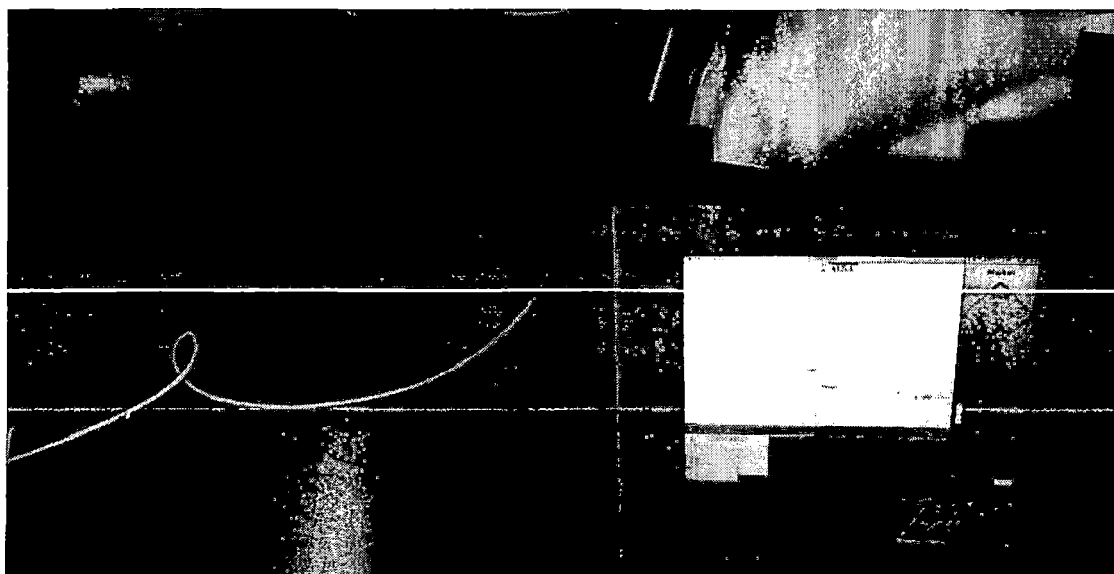
Εικ.1.23 Απόδοση Οθόνης ΟΤΔΡ



Εικ.1.24 Μέτρηση με OTDR

Η περιορισμένη δυνατότητα ενός OTDR να «βλέπει» σε μικρές αποστάσεις κάνει τη χρήση του δύσκολη σε τοπικά δίκτυα και σε κτιριακές εγκαταστάσεις όπου τα μήκη είναι της τάξης των μερικών εκατοντάδων μέτρων. Ένα OTDR δεν έχει τη διακριτική ικανότητα να αναδείξει γεγονότα σε κοντά καλώδια και είναι πολύ πιθανό να δείχνει «φαντάσματα» από ανακλάσεις σε συνδετήρες τόσο συχνά που να μπερδεύει τον χειριστή.

Για τη σωστή λειτουργία ενός συστήματος οπτικών ινών είναι σημαντικό να υπάρχει αρκετή οπτική ισχύς, όχι όμως υπερβολικά πολλή. Η χαμηλή ισχύς έχει σαν αποτέλεσμα ο δέκτης να μην μπορεί να αναγνωρίσει το σήμα. Η υπερβολική ισχύς μπορεί να υπεροδηγήσει τον δέκτη και να δημιουργήσει σφάλματα.

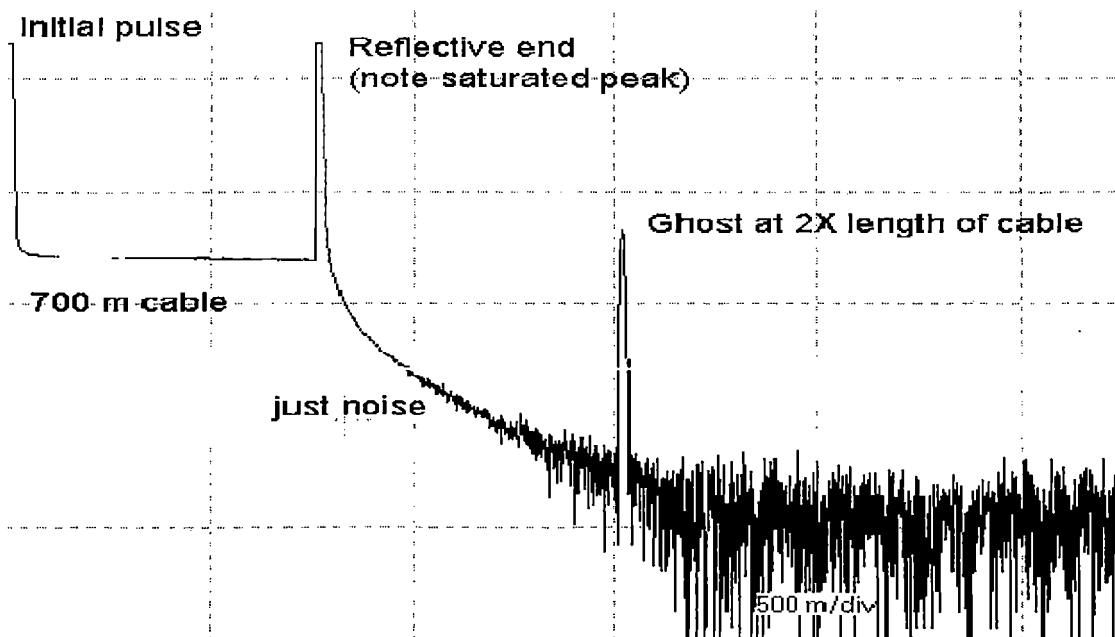


Εικ .1.25 OTDR

4.5 Προβλήματα μετρήσεων

Οι ψεύτικες ανακλάσεις Fresnel που καλούνται τα φαντάσματα ,στο ίχνος μπορούν να παρατηρηθούν κατά διαστήματα .Τα φαντάσματα μπορούν να είναι το αποτέλεσμα ενός ισχυρού ανακλαστικού συμβάντος στην ίνα, που προκαλεί ένα μεγάλο ποσό ανακλώμενου φωτός που στέλνεται πίσω στο OTDR,ή μία ανακριβής ρύθμιση κλίμακας.

Και στις δύο περιπτώσεις ,το φάντασμα μπορεί να προσδιοριστεί δεδομένου ότι καμία απώλεια δεν υφίσταται όπως τα περάσματα σημάτων μέσω αυτού του συμβάντος. Στην πρώτη περίπτωση ,η απόσταση που το φάντασμα εμφανίζεται κατά μήκος του ίχνους είναι ένα πολλαπλάσιο της απόστασης του ισχυρού ανακλαστικού συμβάντος από το OTDR.



Εικ.1.26 Σχηματική απεικόνιση φαντασμάτων

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

A- Αναλυτική περιγραφή και παρουσίαση με την μορφή γραφήματος μετρήσεων σε OTDR

Οι βασικές παράμετροι που χρησιμοποιήθηκαν κατά τις μετρήσεις

OTDR είναι:

- ✚ Μήκος κύματος : 1550nm
- ✚ Εύρος μέτρησης : 20km
- ✚ Χρόνος Παλμού: 30ns
- ✚ Λείκτης διάθλασης : 1,465
- ✚ Ελάχιστη ανιχνεύσιμη τιμή : 0.01 db

Στη συνέχεια περιλαμβάνονται οι καμπύλες και οι μετρήσεις του OTDR.

-Στην παρούσα εγκατάσταση πραγματοποιήθηκαν:

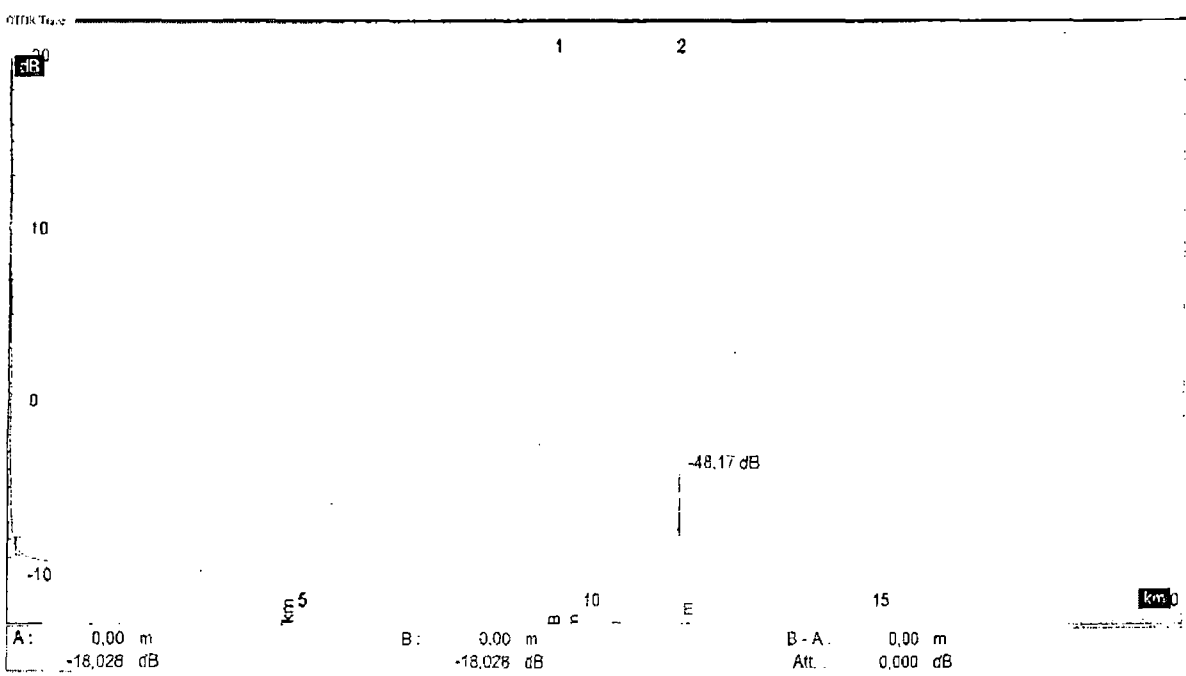
- 120 συγκολλήσεις O/I σε 5 μούφες.
- 24 μετρήσεις απωλειών με OTDR

File
 File: , Device: MYS 8000 Num. 1378
 Date: 4/6/2009 10:58:23 AM Module: 8136HD Num. 743

Configuration
 Technic.: GN Origin: Backscatter coeff.: -81,00 dB
 ORIGIN End: Loss thresholds: No (H-M)
 Fiber: 1 Wavelength (nm): 1558 Slope thresholds: 0,000 dB/km
 Color: Index: 1,465000 Reflectance threshold: All (H-M)
 END Pulse (ns): 30
 Fiber: 1 Range (km): 20,464
 Color: Acq. time: 20s
 Way: O→E Resolution: 1,25 m

Comments
 Comment:

Info
 Cable manufacturer:
 Cable type:
 Fiber manufacturer:
 Fiber type:
 Contractor:
 Project manager:
 Operator:



Event (s)	Distance (m)	Attenuation (dB)	Reflectance (dB)	Slope (dB/km)	Rel. Dst. (m)	Link Budget (dB)	Uncertainty	Comment
1	9353,17	0,147		0,202	9353,17	1,889		
2	11501,85		-48,17	0,189	2148,68	2,450		
3			-32,60					

File

File : Device : MTS 8000 Num. 1378
 Date : 4/6/2009 10:58:51 AM Module : 8136HD Num. 743

Configuration

Technic :	GN	Origin :	Backscatter coeff. :	-81,00 dB
ORIGIN		End :	Loss thresholds :	No (H-M)
Fiber :	2	Wavelength (nm) :	Slope thresholds :	0,000 dB/km
Color :		Index :	Reflectance threshold All (H-M)	
END		Pulse (ns) :		
Fiber :	2	Range (km) :		
Color :		Acq. time :		
Way :	O→E	Resolution :		

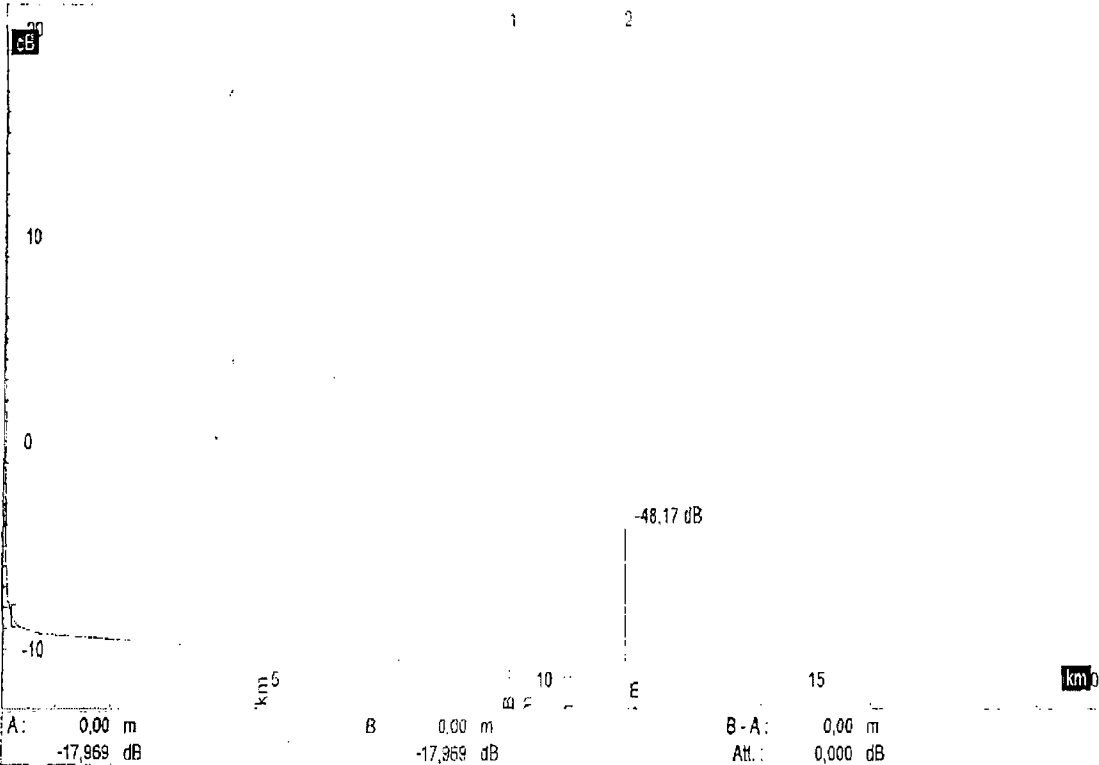
Comment

Comment :

Job

Cable manufacturer :
 Cable type :
 Fiber manufacturer :
 Fiber type :
 Contractor :
 Project manager :
 Operator :

OTDR Trace



Table

Event (3)	Distance (m)	Attenuation (dB)	Reflectance (dB)	Slope (dB/km)	Ref. Dist (m)	Link Budget (dB)	Uncertainty	Comment
1	9353,17	0,161		0,201	9353,17	1,880		
2	11501,85		-48,17	0,190	2148,68	2,445		
3			<32,70					

File		Device		MTS 8000 Num. 1378	
Date:	4/6/2009 10:59:47 di	Module	8136HD Num. 743		
Configuration					
Technic.:	GN	Origin:	Backscatter coeff. -81.00 dB		
ORIGIN		End:	Loss thresholds: No (H-M)		
Fiber:	4	Wavelength (nm):	1558		
Color:		Index:	1,465000		
END		Pulse (ns):	30		
Fiber:	4	Range (km):	20,464		
Color:		Acq. time:	20s		
Way:	O-->E	Resolution:	1,25 m		

Comment:

Job

Cable manufacturer:

Cable type:

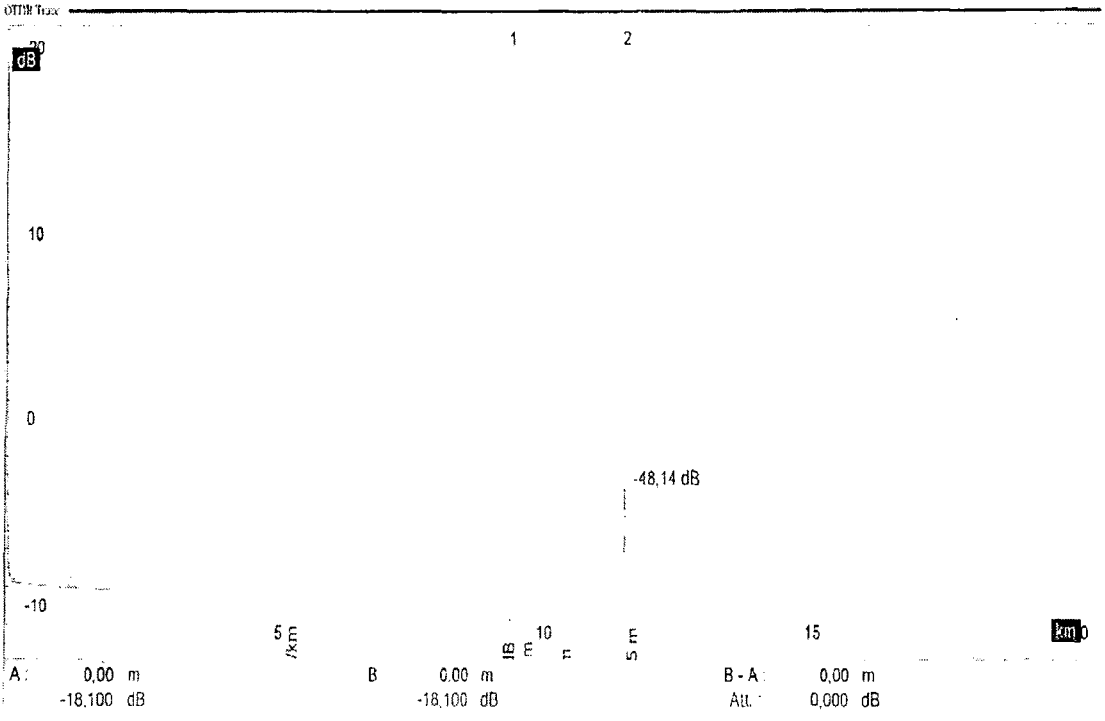
Fiber manufacturer:

Fiber type:

Contractor:

Project manager:

Operator:



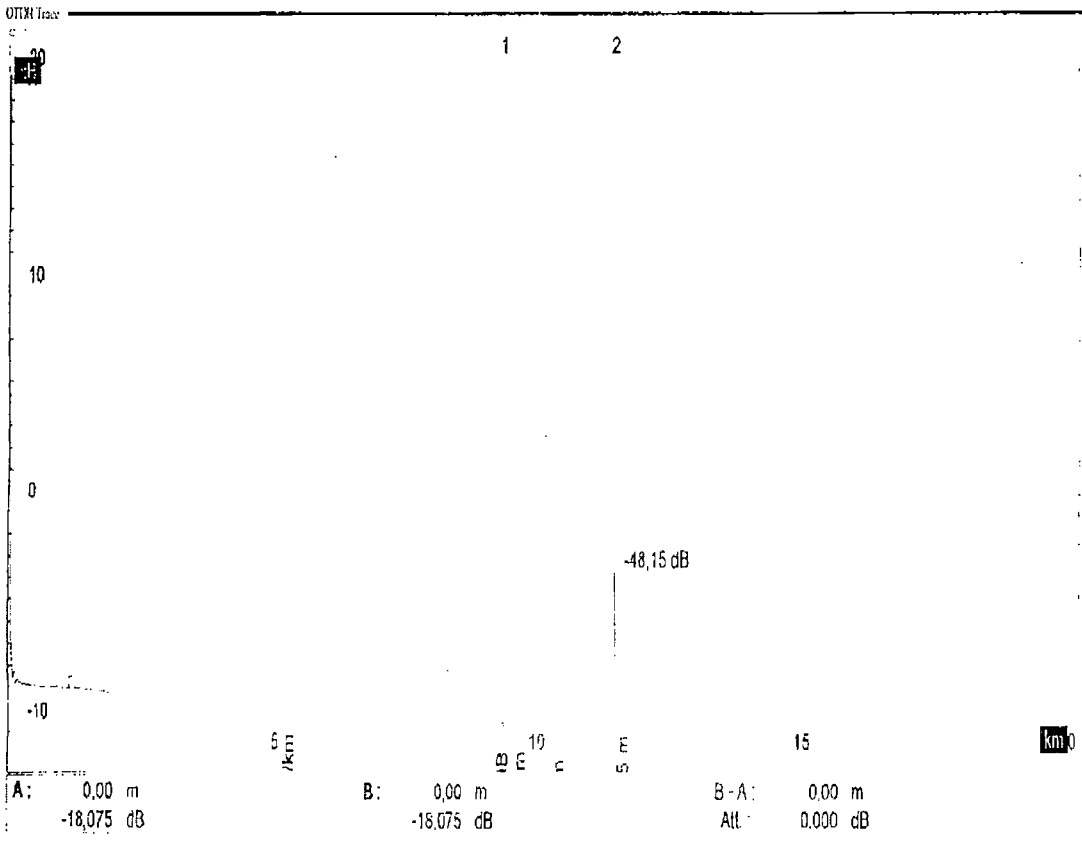
Event (3)	Distance (m)	Attenuation (dB)	Reflectance (dB)	Slope (dB/km)	Ref. Dist (m)	Link Budget (dB)	Uncertainty	Comment
1	9357,00	0,178		0,192	9357,00	1,797		
2	11501,85		-48,14	0,190	2144,85	2,379		
3			<32,69					

File
File: Device: MTS 8000 Num. 1378
Data: 4/6/2009 11:00:14 di Module 8136HD Num. 743

Configuration
Technic.: GN Origin: Backscatter coeff.: -81,00 dB
ORIGIN End: Loss thresholds: No (H-M)
Fiber: 5 Wavelength (nm): 1553 Slope thresholds: 0,000 dB/km
Color Index: 1,465030 Reflectance threshold: All (H-M)
END Pulse (ns): 30
Fiber: 5 Range (km): 20,464
Color: Acq. time: 20s
Way: O→E Resolution: 1,25 m

Comment

Job
 Cable manufacturer:
 Cable type:
 Fiber manufacturer:
 Fiber type:
 Contractor:
 Project manager:
 Operator:



Event (3)	Distance (m)	Attenuation (dB)	Reflectance (dB)	Slope (dB/km)	Rel. Dist (m)	Link Budget (dB)	Uncertainty	Comment
1	9357,00	0,178		0,192	9357,00	1,797		
2	11501,85		-48,15	0,189	2144,85	2,378		
3			<32,66					

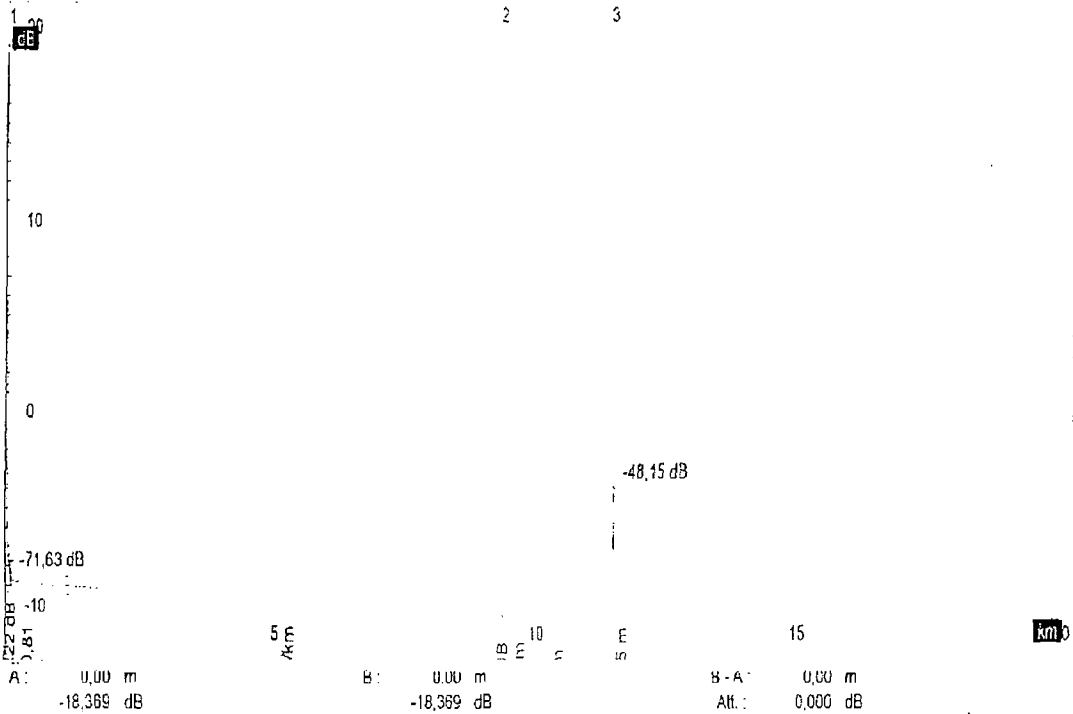
File:		Device:		MTS 8000 Num. 1378	
Date:		Module:		8136HD Num. 743	
Configuration:					
Technic.:	GN	Origin:		Backscatter coeff:	-91,00 dB
ORIGIN		End		Loss thresholds:	No (H-M)
Fiber:	6	Wavelength (nm):	1558	Slope thresholds:	0,000 dB/km
Color:		Index:	1,465000	Reflectance threshold:	All (H-M)
END		Pulse (ns):	30		
Fiber:	6	Range (km):	20,464		
Color:		Acq. time:	20s		
Way:	O->E	Resolution:	1,25 m		

Comment:

Job:

Cable manufacturer:
 Cable type:
 Fiber manufacturer:
 Fiber type:
 Contractor:
 Project manager:
 Operator:

OTDR Trace:



Event (4)	Distance (m)	Attenuation (dB)	Reflectance (dB)	Slope (dB/km)	Ref. Dist. (m)	Link Budget (dB)	Uncertainty	Comment
1	90,81	0,222	-71,63		90,81			
2	9357,00	0,178		0,192	9266,20	2,019		
3	11501,85		-48,15	0,190	2144,85	2,601		
4			<32,70					

ΣΧΟΛΙΑ-ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

Μετά την σύντομη αναφορά στο εξοπλισμό που χρησιμοποιήσαμε μπορούμε να προχωρήσουμε στις μετρήσεις του δικτυού με την χρήση του OTDR. Συνδέουμε την άκρη της περίσσειας της οπτικής ίνας στην είσοδο του οπτικού ανακλασίμετρου και την άλλη άκρη της περίσσειας σε μια μη ενεργή (dark) υποδοχή του οπτικού κατανεμητή. Σε πρώτη φάση θα μετρήσουμε την εξασθένιση που παρουσιάζεται στην ίνα χωρίς να έχουμε κάμψη σε κάποιο σημείο της. Είναι λογικό να υπάρχει αρκετή εξασθένιση καθώς στο σημείο που μετράμε υπάρχουν δυο διαδοχικές μηχανικές ενώσεις της ίνας με FC-PC και SC connectors. Παρατηρούμε πως η εξασθένιση που παρουσιάζεται από τους connectors είναι περίπου 0.79Db Παρατηρούμε ότι η κάμψη της οπτικής ίνας οδήγησε σε εξασθένιση .

Παράμετροι όπως το πλάτος παλμού, ο αριθμός των σημείων δειγματοληψίας, η απόσταση της μέτρησης, το εύρος ζώνης δέκτη και κατά μέσο όρο σε όλα επηρεάζουν το SNR (αναλογία backreflected προς θόρυβο στάθμη του σήματος). Ως σύνολο, οι παράμετροι αυτές έχουν σημαντικό αντίκτυπο στα αποτελέσματα τέλος και η επίδραση αυτών των παραγόντων στην μέτρηση.

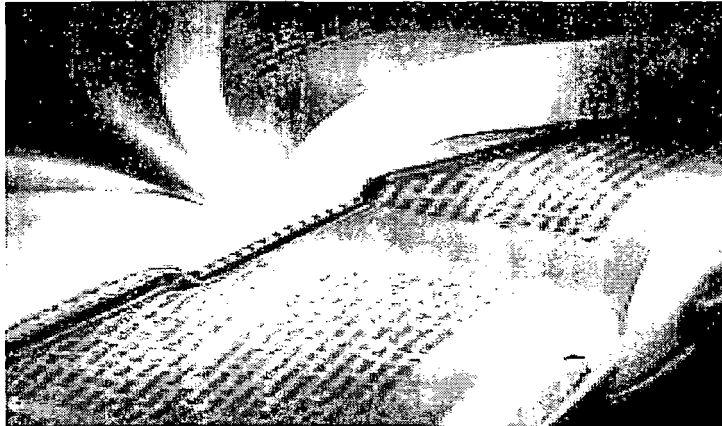
Κατά την κίνηση, όλη την ενέργεια που μεταφέρεται στο OTDR προέρχεται από τα κομμάτια που έχουν «συγχρονισμένα» με την OTDR παλμών . Αυτό θα προκαλέσει μια ξαφνική μείωση του εύρους κίνησης.

Σε μια τυπική ίνα, κάθε nsec διάρκειας του παλμού ισοδυναμεί σε διάστημα 200mm. Μέσα στο διάστημα αυτό, ο παλμός σκεδάζεται, οπότε όσο μεγαλύτερο μήκος διαθέτει τόσο περισσότερο φως υφίσταται οπισθοσκέδαση, σε απευθείας αναλογία με την χρονική διάρκεια παλμού. Η ένταση του παλμού μειώνεται από τις απώλειες διάδοσης της ίνας, ένα μέρος του παλμού σκεδάζεται πίσω στην πηγή, το οποίο μειώνεται επιπλέον λόγω των απωλειών διάδοσης.

Παρατηρώντας τη μείωση του επιστρεφόμενου σήματος ως προς το χρόνο, μπορεί να υπολογιστεί ο συντελεστής απωλειών της προς έλεγχο ίνας. Επειδή ο παλμός διαδίδεται και προς τις δυο κατευθύνσεις, οι απώλειες της ίνας εξασθενίζουν το σήμα και προς τις δυο κατευθύνσεις διάδοσης, ενώ ο χρόνος επιστροφής είναι διπλάσιος του χρόνου της μιας διαδρομής. Γι' αυτό, οι κλίμακες έντασης και απόστασης πρέπει να διαιρούνται δια δυο.

Τα βύσματα τελευταίας τεχνολογίας παρουσιάζουν απώλειες επιστροφής περί τα 40 έως 60 db. Περίπου το 1/3 όλων των μονίμων συνδέσεων δείχνουν κέρδος προς τη μια κατεύθυνση.

Προέκυψε μεγάλη ποικιλία στις τιμές της απολαβής στην έξοδο της ζεύξης, ανάλογα με τα μήκη κύματος άντλησης και το προς μετάδοση μήκος κύματος. Οι τιμές αυτές απολαβής έφταναν έως και τα 10 dB, παρέχοντας ικανοποιητικά επίπεδα οπτικής ενίσχυσης



ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. «Επικοινωνιακά συστήματα με οπτικές ίνες» Αλέξανδρος Αλεξανδρής
Εκδόσεις Τζιόλα
2. «Ενσύρματα δίκτυα Πρόσβασης Νέας Γενιάς» Χρ. Βασιλόπουλος,
Κωτούλας 2009
3. Govind P.Agrawal, “Συστήματα επικοινωνιών με οπτικές ίνες”, Εκδόσεις
Τζιόλα

Έγινε χρήση των ακόλουθων μηχανών αναζήτησης

www.google.gr

Google

www.in.gr

in.gr