

# ΟΠΤΙΚΕΣ Ίνες

## Ύλη για την πιστοποίηση CFOT

Βασικό Εκπαιδευτικό Πρόγραμμα  
Jim Hayes, The FOA

*Για χρήση από σχολεία εγκεκριμένα από το FOA*



FOA Fiber Optic PPT  
©2008 The Fiber Optic Association, Inc.

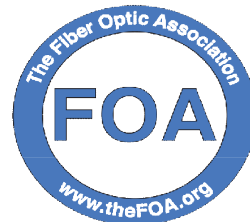
1

Αυτό είναι ένα βασικό εκπαιδευτικό πρόγραμμα για χρήση από σχολεία που έχουν εγκριθεί από το FOA. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε τάξεις προετοιμασίας για την πιστοποίηση FOA CFOT.

Το πρόγραμμα προετοιμάστηκε από τον Jim Hayes της VDV Academy, τον εκπαιδευτικό οργανισμό του VDV Works LLC ([www.vdnworks.com](http://www.vdnworks.com)) και πρώην εργαζόμενο της Fotec και του Fiber U. Ο Jim Hayes είναι επίσης ιδρυτής και Πρόεδρος του The Fiber Optic Association. Διαθέτει 25 χρόνια εμπειρία στη βιομηχανία των οπτικών ινών, μεταξύ των οποίων συγκαταλέγεται και η ίδρυση μιας από τις πρώτες εταιρίες κατασκευής οργάνων ελέγχου οπτικών ινών, της Fotec, η οποία πουλήθηκε το 2001 στην Fluke Networks. Επίσης, έχει εκπαιδεύσει χιλιάδες τεχνικούς οπτικών ινών.

Μετάφραση από την Αγγλική:

Δρ Κωνσταντίνος Χειλάς, Δρ. Αναστάσιος Πολίτης, Δρ. Αλέξανδρος Βακαλούδης  
Τμήμα Πληροφορικής και Επικοινωνιών, Τ.Ε.Ι. Σερρών



## Χρήση της παρούσας παρουσίασης

- Ο FOA επιτρέπει σε εκπαιδευτές να χρησιμοποιούν αυτό το πρόγραμμα για τη διδασκαλία προγράμματος CFOT
- Μπορεί να αλλαχθεί κατάλληλα για να συμπεριληφθεί σε ένα μάθημα
- Κάθε μαθητής μπορεί να λάβει ένα εκτυπωμένο αντίγραφο
- Το υλικό υπόκειται σε συμφωνία αδείας
- Τα πνευματικά δικαιώματα και το copyright παραμένουν ιδιοκτησία του Fiber Optic Assn. Inc.
- Δεν μπορεί να ξαναπουληθεί με οποιονδήποτε τρόπο, είτε συνολικά είτε τμηματικά σαν μέρος άλλου κειμένου ή παρουσίασης.



FOA Fiber Optic PPT  
©2008 The Fiber Optic Association, Inc.

2

Αυτό είναι ένα πλήρες εκπαιδευτικό πρόγραμμα που καλύπτει τα βασικά των οπτικών ινών. Το πρόγραμμα προετοιμάστηκε από τον Jim Hayes της VDV Works LLC ([www.vdvworks.com](http://www.vdvworks.com)) και πρώην εργαζόμενο της Fotec και του Fiber U. Ο Jim Hayes είναι επίσης ιδρυτής και Πρόεδρος του The Fiber Optic Association.

### NOTICE TO USERS LICENSE AGREEMENT

This product is offered subject to your acceptance of this license agreement and warranty terms. You are licensed to use this product for its intended purpose only, namely training students in fiber optics and cabling. You may use the material as is or you may adapt it to your course(s) but the intellectual property rights and copyright of the original material remain the property of The FOA or others who may supply materials distributed here. You may supply students with copies of the materials for classroom study. You may not resell any part of the materials to others for any purposes. No warranty is applicable to this material.

©2008 The Fiber Optic Association, Inc.

## Οι εξετάσεις FOA CFOT

- Ελέγχονται οι γνώσεις των εξεταζόμενων με βάση τα εξής:
  - The FOA text - *The Fiber Optic Technicians Manual*
  - The *NECA/FOA-301* installation standard
  - Τα περιεχόμενα αυτής της παρουσίασης
  - Το υλικό που βρίσκεται στα “Tech Topics” του δικτυακού τόπου του FOA



FOA Fiber Optic PPT  
©2008 The Fiber Optic Association, Inc.

3

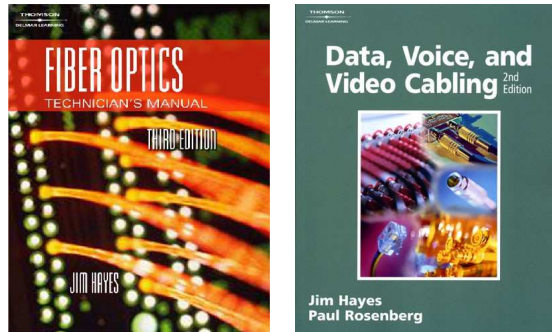
Αυτό είναι ένα πλήρες εκπαιδευτικό πρόγραμμα που καλύπτει τα βασικά των οπτικών ινών. Το πρόγραμμα προετοιμάστηκε από τον Jim Hayes της VDV Works LLC ([www.vdnworks.com](http://www.vdnworks.com)) και πρώην εργαζόμενο της Fotec και του Fiber U. Ο Jim Hayes είναι επίσης ιδρυτής και Πρόεδρος του The Fiber Optic Association.

### NOTICE TO USERS LICENSE AGREEMENT

This product is offered subject to your acceptance of this license agreement and warranty terms. You are licensed to use this product for its intended purpose only, namely training students in fiber optics and cabling. You may use the material as is or you may adapt it to your course(s) but the intellectual property rights and copyright of the original material remain the property of The FOA or others who may supply materials distributed here. You may supply students with copies of the materials for classroom study. You may not resell any part of the materials to others for any purposes. No warranty is applicable to this material.

©2008 The Fiber Optic Association, Inc.

## Τα βιβλία



FOA Fiber Optic PPT  
©2008 The Fiber Optic Association, Inc.

4

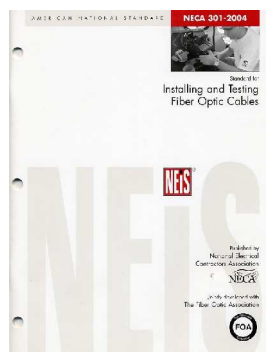
Το πρόγραμμα βασίζεται σε εμπειρία 25 ετών και μεγάλο μέρος του υλικού βρίσκεται σε δύο βιβλία, το *The Fiber Optic Technicians Manual* και το *Data, Voice and Video Cabling*. Καθένα από τα δύο ή και τα δύο μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν υλικό για το μάθημα. Στις σημειώσεις υπάρχουν παραπομπές στα ακατάλληλα κεφάλαια του βιβλίου. Οι σημειώσεις περιγράφουν το περιεχόμενο της κάθε διαφάνειας και παρέχουν στοιχεία που βοηθούν στην ερμηνεία της διαφάνειας.

Όπου στις παραπομπές αναφέρεται FOTM εννοείται *The Fiber Optic Technicians Manual* και όπου αναφέρεται DVVC εννοείται το *Data, Voice and Video Cabling*.

(σημ. Μετ.) Το *The Fiber Optic Technicians Manual* έχει μεταφραστεί στα ελληνικά και κυκλοφορεί από τις εκδόσεις ΙΩΝ με τον τίτλο *Εγχειρίδιο Οπτικών Ινών*.

## Το πρότυπο εγκατάστασης: Fiber Optic Installation Standard

- ANSI/NECA/FOA 301
- Ειδικά γραμμένο για εγκαταστάτες
- Περιγράφει την εγκατάσταση με «τρόπο καθαρό προσανατολισμένο στον τεχνίτη»
- Καλύπτει τόσο εσωτερικές όσο και εξωτερικές εγκαταστάσεις



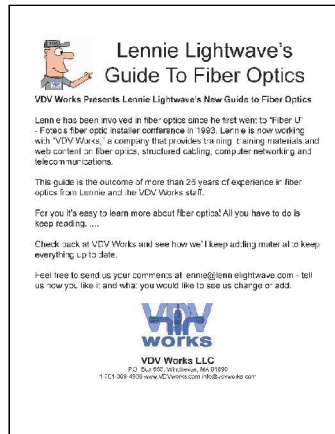
FOA Fiber Optic PPT  
©2008 The Fiber Optic Association, Inc.

5

ANSI/NECA/FOA 301 γράφηκε για εγκαταστάτες ώστε να παρέχει ένα απλό πρότυπο που να καλύπτει κάθε πτυχή μιας εγκατάστασης, τερματισμούς, splicing και ελέγχους. Περιγράφει την εγκατάσταση με «τρόπο καθαρό προσανατολισμένο στον τεχνίτη» Καλύπτει τόσο εσωτερικές όσο και εξωτερικές εγκαταστάσεις

## Πηγές πληροφορίας στο δίκτυο

- Lennie Lightwave's Guide
- FOA Tech Topics
- FOA Videos
- Οι ιστοχώροι των κατασκευαστών



FOA Fiber Optic PPT  
©2008 The Fiber Optic Association, Inc.

6

Επίσης, καλό εκπαιδευτικό υλικό που μπορεί να διανεμηθεί με μορφή σημειώσεων είναι το *Lennie Lightwave's Guide to Fiber Optics*. Μπορείτε να το βρείτε στο [www.LennieLightwave.com](http://www.LennieLightwave.com) και μια εκτυπώσιμη έκδοση του δίνεται από το site. (llguide.pdf)

Περιέχει πλήρες εκπαιδευτικό πρόγραμμα στις οπτικές ίνες και ένα μοναδικό εικονικό μάθημα σχετικά με τερματισμό και έλεγχο οπτικών ινών.

Μπορείτε επίσης να δείτε το κομμάτι "Virtual Hands-On" στο [www.LennieLightwave.com](http://www.LennieLightwave.com), FOA Tech Topics: <http://www.thefoa.org/tech/index.html> και βίντεο στον ιστοτόπο του FOA [http://www.thefoa.org/video/FOA\\_Videos/Termination.html](http://www.thefoa.org/video/FOA_Videos/Termination.html)

## FOA Tech Topics

- [www.thefoa.org/tech](http://www.thefoa.org/tech)
- Άρθρα, σύνδεσμοι και FAQs
- Από εισαγωγικά μέχρι εξαιρετικά τεχνικά.
- “Tech Bulletins” για κατασκευαστές, χρήστες, εγκαταστάτες
- Επίσης ελέγχετε τα “Links”

### Περιεχόμενα:

- Διορθώσεις βιβλίων
- Εισαγωγές στις ΟΙ
- FAQs
- Tech Bulletins
- Συστατικά
- Σχεδιασμός
- FTTx
- Εγκατάσταση
- Έλεγχος
- Επιστημονικά



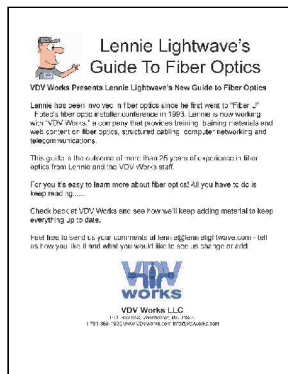
FOA Fiber Optic PPT  
©2008 The Fiber Optic Association, Inc.

7

Τα Tech Topics του FOA περιλαμβάνουν τεχνικές πληροφορίες για σχεδιαστές, εγκαταστάτες και χρήστες.

Επίσης, μπορείτε να ελέγχετε τους συνδέσμους από την ιστοσελίδα του FOA.

# Lennie Lightwave's Guide



FOA Fiber Optic PPT  
©2008 The Fiber Optic Association, Inc.

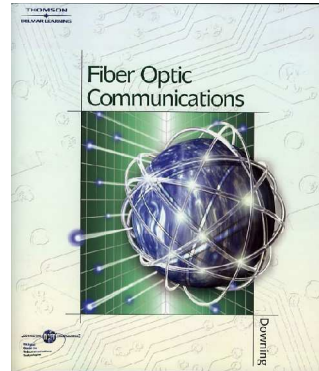
8

Επίσης, καλό εκπαιδευτικό υλικό που μπορεί να διανεμηθεί με μορφή σημειώσεων είναι το *Lennie Lightwave's Guide to Fiber Optics*. Μπορείτε να το βρείτε στο [www.LennieLightwave.com](http://www.LennieLightwave.com) και μια εκτυπώσιμη έκδοση του δίνεται από το site. (llguide.pdf)



## Περισσότερες γνώσεις: πανεπιστημιακά βιβλία

- Jim Downing's *Fiber Optic Communications*
- Jeff Hecht's *Understanding Fiber Optics*



FOA Fiber Optic PPT  
©2008 The Fiber Optic Association, Inc.

9

Το εγχειρίδιο «Fiber Optic Technicians Manual» προορίζεται για την εκπαίδευση εγκαταστατών και για εργαστήρια. Μερικοί φοιτητές μπορεί να επιθυμούν μια περισσότερο σε βάθος ανάλυση. Για το λόγο αυτό προτείνονται δύο βιβλία με περισσότερο θεωρητική εμβάθυνση.

Συνήθως συστήνεται το βιβλίο του Jeff Hecht, *Understanding Fiber Optics* το οποίο όμως είναι σχετικά ακριβότερο (σημ. μετ. : η έκδοση του 2005 στην ελληνική αγορά τιμάται περίπου 82 €).

Επίσης κατάλληλο είναι το βιβλίο του Jim Downing «Fiber Optic Communications» το οποίο καλύπτει αντίστοιχη ύλη (περίπου 60 €) και περιλαμβάνει ένα εργαστηριακό εγχειρίδιο (όχι όμως προσανατολισμένο στις εγκαταστάσεις).

## Τι είναι οι οπτικές ίνες?

- Μετάδοση σημάτων μέσω λεπτών ινών γυαλιού ή πλαστικού
- Δεν είναι μία «νέα» τεχνολογία
- Η αρχή λειτουργίας είναι 100 ετών,
- χρησιμοποιείται όμως εμπορικά εδώ και 25 χρόνια



FOA Fiber Optic PPT  
©2008 The Fiber Optic Association, Inc.

10

Η πρώτη εμπορική εγκατάσταση οπτικών ινών έγινε στο τηλεφωνικό δίκτυο του Σικάγο το 1976. Τα πρώτα τηλεφωνικά δίκτυα μακρινών αποστάσεων έγιναν στις αρχές της δεκαετίας 1980. Το μεγαλύτερο μέρος της σημερινής τεχνολογίας υπάρχει ήδη από το 1985 χρησιμοποιείται ευρέως για συνδέσεις μακρινών αποστάσεων.

FOTM, Chapter 2, DVVC, Chapter 11

## Εφαρμογές Οπτικών Ινών

- Οι οπτικές ίνες χρησιμοποιούνται
  - Τηλεπικοινωνίες – τηλεφωνία και Internet
  - LANs – τοπικά δίκτυα
  - CATV – για συνδέσεις βίντεο, φωνής και Internet
  - Διαχείριση δικτύων ενέργειας
  - Ασφάλεια - CCTV και αισθητήρες εισβολών
  - Σε όλες ! τις στρατιωτικές εφαρμογές



FOA Fiber Optic PPT  
©2008 The Fiber Optic Association, Inc.

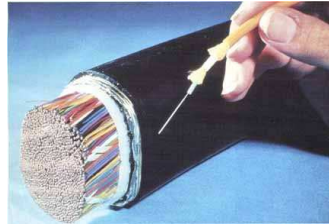
11

Αυτές είναι μερικές από τις εφαρμογές των οπτικών ινών, με έμφαση στις τηλεπικοινωνίες. Οι οπτικές ίνες χρησιμοποιούνται επίσης για φωτισμό, σήμανση, αισθητήρες και όργανα ελέγχου (στην Ιατρική και σε μη-καταστροφικούς ελέγχους).

FOTM, Chapter 2, DVVC, Chapter 11

## Γιατί προτιμάται η χρήση οπτικών ινών?

- Οικονομία
- Ταχύτητα
- Απόσταση
- Βάρος/μέγεθος
- Ελευθερία από παρεμβολές
- Ηλεκτρική απομόνωση
- Ασφάλεια



FOA Fiber Optic PPT  
©2008 The Fiber Optic Association, Inc.

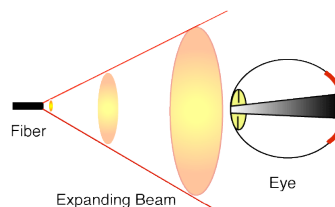
12

Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα των οπτικών ινών είναι ότι μπορούν να μεταφέρουν περισσότερη πληροφορία σε μεγαλύτερες αποστάσεις, ταχύτερα από οποιοδήποτε άλλο μέσο. Επιπρόσθετα, είναι ανεπηρέαστες από επιρροές της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας γεγονός που επιτρέπει τη μετάδοση πληροφορίας με λιγότερο θόρυβο και λιγότερα σφάλματα. Οι ίνες είναι ελαφρύτερες από το χαλκό και για αυτό δημοφιλείς σε εφαρμογές σε αεροσκάφη και οχήματα. Τα πλεονεκτήματα αυτά σε συνδυασμό με άλλα καθιστούν τις οπτικές ίνες την πιο λογική επιλογή για τη μετάδοση δεδομένων.

FOTM, Chapter 2, DVVC, Chapter 11

## Μύθοι σχετικά με τις οπτικές ίνες

- Το φως από τις ίνες βλάπτει τα μάτια
- Είναι πολύ δύσκολο να δουλέψεις με οπτικές ίνες
- Οι ίνες είναι εύθραυστες
- Οι ίνες είναι ακριβές
- Χρειάζεσαι πανάκριβο εξοπλισμό εγκατάστασης και ελέγχου



FOA Fiber Optic PPT  
©2008 The Fiber Optic Association, Inc.

13

Οι πηγές φωτός που χρησιμοποιούνται στις οπτικές ίνες, ειδικά τα LED που χρησιμοποιούνται στις πολύτροπες ίνες, έχουν γενικά χαμηλή ισχύ ώστε δεν μπορούν να βλάψουν τα μάτια. Μερικοί πομπόι LASER που χρησιμοποιούνται σε δίκτυα Gigabit ethernet, δίκτυα παρόχων και CATV έχουν υψηλότερη ισχύ και η παρατεταμένη έκθεση μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα. Για αυτό καλό είναι να προσέχετε. ΠΟΤΕ ΜΗ ΚΟΙΤΑΤΕ ΑΠΕΥΘΕΙΑΣ ΣΤΟ ΑΚΡΟ ΜΙΑΣ ΟΠΤΙΚΗΣ ΙΝΑΣ. Επειδή το φως στην ίνα είναι αόρατο (υπέρυθρο) δεν υπάρχει τρόπος να καταλάβετε αν είναι φωτισμένη ή όχι.

Οι οπτικές είναι δεν είναι δυσκολότερες στην εγκατάσταση από το χαλκό. Χρειάζεται εκπαίδευση, εξάσκηση και υπομονή, Όπως άλλωστε και ο χαλκός.

Εύθραυστη; Αλήθεια με τι είναι ενισχυμένα τα σκάφη από fiberglass;

Σήμερα, οι οπτικές ίνες είναι φθηνότερες από τις ίνες πλεξίματος ή τις πετονιές ψαρέματος. Οι συνδετήρες γίνονται, επίσης, όλο και φθηνότεροι. Από την άλλη, τα καλώδια χαλκού προσπαθώντας να προσεγγίσουν τις επιδόσεις των οπτικών ινών γίνονται όλο και ακριβότερα.

Ένα καλό κιτ ελέγχου οπτικών ινών είναι φθηνότερο από 1000 €, ενώ χρειάζεσαι περισσότερα από 6.000 € για να προμηθευτείς ένα καλό κιτ ελέγχου καλωδίων χαλκού.

FOTM, Chapter 2, DVVC, Chapter 11

## Εφαρμογές Οπτικών Ινών

- Οπτικές ίνες ήδη χρησιμοποιούνται
  - > 90% τηλεφωνίας μακρινών αποστάσεων
  - > 50% τοπικής τηλεφωνίας
  - Παροχή δικτύου στο σπίτι
  - Περισσότερα δίκτυα καλωδιακής τηλεόρασης
  - Καλωδίωση κορμού
  - Σε εγκαταστάσεις παρακολούθησης



FOA Fiber Optic PPT  
©2008 The Fiber Optic Association, Inc.

14

Μάλλον το μόνο σημείο που οι οπτικές ίνες δεν έχουν ακόμα αντικαταστήσει πλήρως τον χαλκό είναι στη σύνδεση υπολογιστών σε ένα τοπικό δίκτυο. Παρόλα αυτά αν χρησιμοποιηθεί μπορούμε να απαλλάξουμε το δωμάτιο εξοπλισμού από πολλά ηλεκτρονικά κι έτσι να έχουμε μια τελικά φθηνότερη επιλογή. Επιπλέον, έχει πολύ περισσότερες δυνατότητες όσον αφορά στις αναβαθμίσεις του δικτύου οι οποίες πλέον μπορούν να γίνουν χωρίς αντικατάσταση της καλωδίωσης.

FOTM, Chapter 2, DVVC, Chapter 11

Σήμερα (10/2009) εκτιμάται ότι το συνολικό μήκος οπτικών ινών στον πλανήτη είναι 1 δισ χιλιόμετρα, αρκετό να τυλίξει τη Γη 25.000 φορές.

Το μήκος τους αυξάνεται με ρυθμό 1.000 χλμ την ώρα.

## Εφαρμογές Οπτικών Ινών

- Είναι η λιγότερο ακριβή, και πιο αξιόπιστη μέθοδος για επικοινωνίες υψηλής ταχύτητας και μακρινής απόστασης
- Παρ' ότι έχουμε ήδη ταχύτητες Gigabits per second δεν έχουμε πλήρως αξιοποιήσει τις δυνατότητες της οπτικής ίνας



FOA Fiber Optic PPT  
©2008 The Fiber Optic Association, Inc.

15

Οι μονότροπες ίνες έχουν διαθέσιμο εύρος ζώνης υψηλότερο από 1 TeraHertz. Τα σημερινά συστήματα μεταφέρουν 64 κανάλια των 10 Gbps, το καθένα τους σε διαφορετικό μήκος κύματος.

FOTM, Chapter 2, DVVC, Chapter 11

## Εφαρμογές Οπτικών Ινών

- Διαφορές εξωτερικών (outside plants) και εσωτερικών εγκαταστάσεων (premises).



FOA Fiber Optic PPT  
©2008 The Fiber Optic Association, Inc.

16

Οι οπτικές ίνες δεν είναι παντού ίδιες. Με τον όρο εξωτερική εγκατάσταση (Outside plant) αναφερόμαστε σε οπτικές ίνες που χρησιμοποιούνται σε εξωτερικούς χώρους, σε τηλεπικοινωνιακά δίκτυα παρόχων και σε συνδρομητικά δίκτυα (CATV). Οι εσωτερικές εγκαταστάσεις (premises) αφορούν σε εγκαταστάσεις μέσα σε κτίρια ή campus.

Εξωτερική εγκατάσταση: Εταιρείες τηλεπικοινωνιών, CATV και Internet χρησιμοποιούν ευρύτατα οπτικές ίνες. Αυτές είτε βρίσκονται θαμμένες, είτε κρεμασμένες σε στύλους, είτε βυθισμένες υποβρυχίως. Οι περισσότερες ταξιδεύουν μεγάλες αποστάσεις, από μερικά χιλιόμετρα έως εκατοντάδες μίλια και είναι συνήθως «μονότροπου» τύπου.

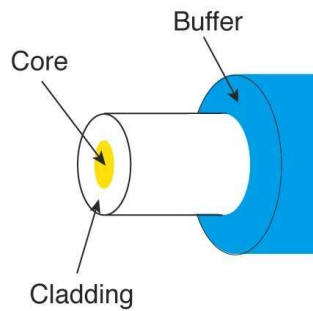
Εσωτερικές εγκαταστάσεις (premises): Σε αντίθεση, οι εσωτερικές καλωδιώσεις αφορούν καλώδια εγκατεστημένα εντός κτιρίων ή σε μικρά συμπλέγματα κτιρίων σπάνια είναι μακρύτερες από χιλιόμετρο και είναι συνήθως «πολύτροπου» τύπου.

Κάθε μια από τις παραπάνω εγκαταστάσεις διαφέρουν ως προς τα συστατικά τους μέρη, τα υλικά που χρησιμοποιούν και τις διαδικασίες ελέγχου, αλλά βασίζονται στις ίδιες βασικές αρχές που θα μάθουμε σε αυτό το μάθημα.

FOTM, Chapter 2, DVVC, Chapter 11, 15



## Η τεχνολογία των οπτικών ινών



FOA Fiber Optic PPT  
©2008 The Fiber Optic Association, Inc.

17

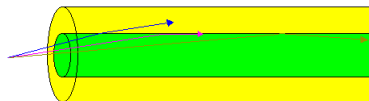
Οι οπτικές ίνες αποτελούνται από έναν πυρήνα (core) (μέσα από τον οποίο μεταφέρεται το φως) που περιβάλλεται από έναν μανδύα (cladding) ο οποίος παγιδεύει το φως εντός του πυρήνα ακολουθώντας την αρχή της πλήρους εσωτερικής ανακλάσεως.

Οι περισσότερες οπτικές ίνες είναι φτιαγμένες από γυαλί, αν και υπάρχουν μερικές φτιαγμένες από πλαστικό. Ο πυρήνας και ο μανδύας είναι λιωμένο πυριτικό γυαλί (fused silica glass), καλυμμένο με πλαστική επίστρωση (buffer) για προστασία του γυαλιού από φυσική καταστροφή και υγρασία. Σε κάποιες εφαρμογές χρησιμοποιούνται εντελώς πλαστικές ίνες. Οι γυάλινες οπτικές ίνες είναι ο πιο κοινός τύπος που συναντάται στις τηλεπικοινωνιακές εφαρμογές.

FOTM, Chapter 2, DVVC, Chapter 11

## Η τεχνολογία των οπτικών ινών

Total Internal Reflection



FOA Fiber Optic PPT  
©2008 The Fiber Optic Association, Inc.

18

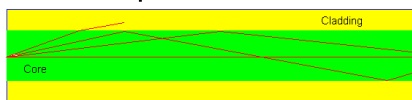
Κατασκευάζοντας το υλικό του πυρήνα με υψηλότερο δείκτη διάθλασης, επιτυγχάνουμε ολική ανάκλαση του φωτός στη διαχωριστική επιφάνεια με το μανδύα, για γωνία πρόσπτωσης μεγαλύτερη από κάποια κρίσιμη τιμή. Η κρίσιμη αυτή γωνία προσδιορίζεται από τη διαφορά στη σύνθεση των υλικών μεταξύ πυρήνα και μανδύα.

Πολλοί μαθητές είναι περίεργοι πως κατασκευάζονται έτσι οι οπτικές ίνες. Καλές περιγραφές είναι διαθέσιμες τόσο στο FOTM όσο και στο site του FOA ("tech topics") και στα site αρκετών κατασκευαστών.

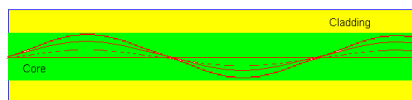
FOTM, Chapter 2, DVVC, Chapter 11

## ΤΥΠΟΙ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ

### Multimode Step Index



### Multimode Graded Index



### Singlemode



FOA Fiber Optic PPT  
©2008 The Fiber Optic Association, Inc.

19

Υπάρχουν δύο βασικοί τύποι οπτικών ινών, οι πολύτροπες (multimode) και οι μονότροπες (singlemode). Στις πολύτροπες ίνες το φως ταξιδεύει μέσα από τον πυρήνα ακολουθώντας πολλές διαφορετικές διαδρομές (ρυθμούς ή modes) οι οποίες εισέρχονται και εξέρχονται από την ίνα υπό διάφορες γωνίες. Η μεγαλύτερη γωνία υπό την οποία το φως επιτρέπεται να μπει στην ίνα καθορίζει το αριθμητικό διάφραγμα/ άνοιγμα (numerical aperture - NA). Υπάρχουν δύο τύποι πολύτροπων ινών, οι οποίοι διακρίνονται από το προφίλ του δείκτη διάθλασης των πυρήνων τους και από τον τρόπο διάδοσης του φωτός μέσα από αυτούς.

Οι οπτικές ίνες βηματικού δείκτη διάθλασης (Step index multimode fiber) διαθέτουν πυρήνα ο οποίος είναι κατασκευασμένος αποκλειστικά από έναν τύπο γυαλιού. Το φως διαδίδεται μέσα στον πυρήνα σε ευθείες μέσω διαδοχικών ανακλάσεων στη διαχωριστική επιφάνεια μεταξύ πυρήνα και μανδύα. Το αριθμητικό διάφραγμα προσδιορίζεται από τη διαφορά μεταξύ των δεικτών διάθλασης του πυρήνα και του μανδύα και μπορεί να υπολογιστεί από το νόμο του Snell. Επειδή, για κάθε ρυθμό ή γωνία εισόδου το φως διαδίδεται από διαφορετική διαδρομή, ένας παλμός φωτός διαχέεται καθώς ταξιδεύει μέσα στην ίνα, περιορίζοντας με τον τρόπο αυτό το εύρος ζώνης αυτών των ινών.

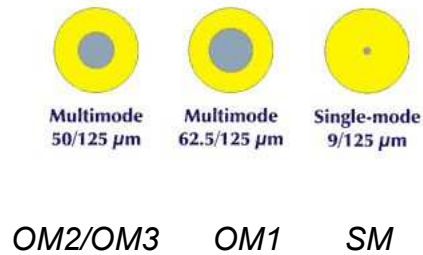
Στις πολύτροπες ίνες βαθμωτού δείκτη διάθλασης, ο πυρήνας κατασκευάζεται από αλληπάλληλα στρώματα γυαλιού με διαφορετικό δείκτη διάθλασης κατάλληλα επιλεγμένο ώστε το προφίλ του δείκτη διάθλασης να είναι σχεδόν παραβολικό (με την τιμή του δείκτη να μειώνεται από το κέντρο του μανδύα προς τον πυρήνα). Με τον τρόπο αυτό το φως διαδίδεται πιο γρήγορα καθώς απομακρύνεται από τον πυρήνα. Αντίστοιχα, το φως που ταξιδεύει κοντά στον πυρήνα θα ταξιδεύει πιο αργά. Ένα κατάλληλο προφίλ δείκτη διάθλασης θα αντισταθμίζει τα διαφορετικά μήκη διαδρομών κάθε ρυθμού, αυξάνοντας το εύρος ζώνης της ίνας κατά 100 φορές συγκριτικά με την περίπτωση της ίνας με βηματικό δείκτη διάθλασης.

Οι μονότροπες οπτικές ίνες (singlemode optical fibers) έχουν πολύ μικρό πυρήνα με διάσταση έξι περίπου φορές το διερχόμενο μήκος κύματος, αναγκάζοντας έτσι το φως να μεταδίδεται ακολουθώντας έναν μόνο ρυθμό. Έτσι, εξαφανίζεται το φαινόμενο της διασποράς των ρυθμών, ενώ το εύρος ζώνης αυτής της ίνας είναι τουλάχιστον 100 φορές μεγαλύτερο από εκείνο των οπτικών ινών με βαθμωτό δείκτη διάθλασης.

FOTM, Chapter 2, DVVC, Chapter 11

*Νόμος του Snell:  $n_1 \cdot \sin(\gamma \text{γωνίας πρόσπτωσης}) = n_2 \cdot \sin(\gamma \text{γωνίας διάθλασης})$*

## Τύποι οπτικών ινών



FOA Fiber Optic PPT  
©2008 The Fiber Optic Association, Inc.

20

Αυτοί είναι οι τρεις πιο συχνοί τύποι οπτικών ινών, από γυαλί. Ειδικά η πολύτροπη ίνα (multimode) υπάρχει με διάμετρο πυρήνα/μανδύα 50.125 και 62,5/125 μικρά.

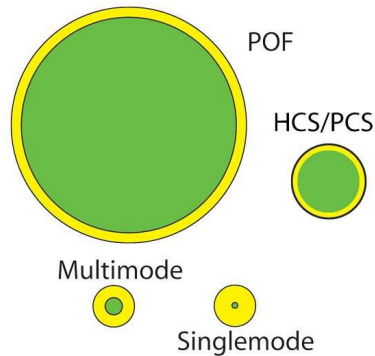
Ο τύπος 50/125 αναφέρεται συχνά σαν "laser rated" λόγω του αυξημένου εύρους ζώνης όταν χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με πηγές φωτός Laser. Υπάρχουν δύο εκδόσεις η OM2 με εύρος ζώνης 500 MHz-km με πηγές VCSEL 850nm, και η OM3 με εύρος ζώνης 2000 MHz-km στα 850nm.

Οι πολύτροπες ίνες με διάσταση 62,5/125 αναφέρονται συχνά ως "FDDI fiber" επειδή αποτελούσαν την τυπική υποδομή λειτουργίας των δικτύων FDDI που εισήχθησαν το 1990.

FOTM, Chapter 2, DVVC, Chapter 11

Εικόνα: VFL SM και MM ίνες

## Τύποι οπτικών ινών



FOA Fiber Optic PPT  
©2008 The Fiber Optic Association, Inc.

21

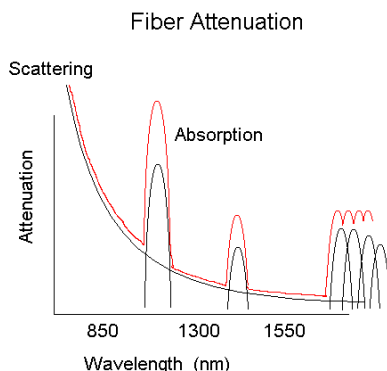
Εκτός από τις οπτικές ίνες που είναι κατασκευασμένες από γυαλί, υπάρχουν και πλαστικές οπτικές ίνες (POF – plastic optical fibers) είτε σκληρού πυριτικού μανδύα (hard-clad silica - HCS) είτε πυριτικές πλαστικού μανδύα (plastic-clad silica - PCS). Οι POF είναι εντελώς πλαστικές, με βηματικό δείκτη διάθλασης και διάμετρο 1mm, αν και πρόσφατα άρχισαν να κατασκευάζονται μικρότερες. Χρησιμοποιούνται σε ηλεκτρικές συσκευές, στην αυτοκινητοβιομηχανία και σε βιομηχανικό έλεγχο.

Οι οπτικές ίνες HCS ή PCS χρησιμοποιούν πυρήνα με βηματικό δείκτη διάθλασης και πλαστικό μανδύα. Και οι δύο τύποι χρησιμοποιούνται σε βιομηχανικά δίκτυα όπου απαιτείται ευελιξία και αντοχή.

Εκτός αν το αναφέρουμε πιο συγκεκριμένα, εμείς θα ασχοληθούμε κυρίως με γυάλινες οπτικές ίνες.

FOTM, Chapter 2, DVVC, Chapter 11

## Εξασθένηση (attenuation) στις οπτικές ίνες



FOA Fiber Optic PPT  
©2008 The Fiber Optic Association, Inc.

22

Η εξασθένηση (attenuation) του σήματος στις οπτικές ίνες είναι αποτέλεσμα δύο παραγόντων, της απορρόφησης και της σκέδασης.

Η απορρόφηση (absorption) οφείλεται σε απορρόφηση του φωτός και μετατροπή του σε θερμότητα από τα μόρια του γυαλιού. Κύριοι υπεύθυνοι για αυτήν είναι τα ιόντα  $\text{OH}^+$  και τα μόρια των προσμίξεων που χρησιμοποιούνται για να τροποποιήσουν τον δείκτη διάθλασης του γυαλιού. Η απορρόφηση συμβαίνει σε διακριτά μήκη κύματος, που προσδιορίζονται από τα υλικά που απορροφούν κάθε φορά το φως. Η κυρίαρχη απορρόφηση είναι αυτή που οφείλεται στα ιόντα  $\text{OH}^+$  και συμβαίνει κυρίως στα μήκη κύματος 1000nm, 1400nm και πάνω από τα 1600nm.

Η κύρια όμως αιτία εξασθένησης είναι η σκέδαση (scattering). Η σκέδαση συμβαίνει όταν το φως συγκρούεται με τα άτομα του γυαλιού και είναι ανισοτροπική. Το φως που σκεδάζεται σε γωνίες που βρίσκονται εκτός του αριθμητικού διαφράγματος (numerical aperture) απορροφώνται στον μανδύα ή ανακλώνται πίσω προς την πηγή. Η σκέδαση είναι, επίσης, συνάρτηση του μήκους κύματος, ανάλογη με το αντίστροφο της τέταρτης δύναμης του μήκους κύματος. Έτσι, αν διπλασιάσουμε το μήκος κύματος (wavelength) του φωτός επιτυγχάνουμε μείωση της σκέδασης κατά 16 ( $2^4$ ) φορές. Συμπερασματικά, για μετάδοση σε μεγάλες αποστάσεις είναι καλό να χρησιμοποιούμε το μέγιστο δυνατό μήκος κύματος, ώστε να επιτυγχάνουμε ελάχιστη απόσβεση και μεγαλύτερη απόσταση μεταξύ των επαναληπτών (repeaters).

Ο συνδυασμός απορρόφησης και σκέδασης παράγουν το διάγραμμα εξασθένησης, ως προς το μήκος κύματος, μιας τυπικής οπτικής ίνας, όπως φαίνεται στο σχήμα.

## Τυπικές προδιαγραφές εξασθένησης (TIA 568 Specs)

<b>Fiber Type @ Wavelength</b>	<b>850 nm</b>	<b>1300 nm</b>	<b>1550 nm</b>
<b>Multimode</b>	3 dB/km (3.5)	1 dB/km (1.5)	NA
<b>Singlemode</b>	NA	0.4 dB/km (1/0.5)	0.25 dB/km (1/0.5)



FOA Fiber Optic PPT  
©2008 The Fiber Optic Association, Inc.

23

Λεπτομερείς περιγραφές οπτικών ινών μπορούν να βρεθούν στο FOTM, σελ. 19, Πίνακας 2-1 ή από τους δικτυακούς τόπους και τα φύλλα προδιαγραφών των κατασκευαστών.

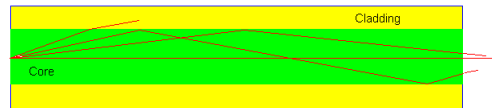
Οι προδιαγραφές στις παρενθέσεις είναι οι προδιαγραφές στο TIA-568 οι οποίες είναι πιο συντηρητικές από τις τυπικές. Στις μονότροπες ίνες η διπλή προδιαγραφή αναφέρεται σε ίνες προορισμένες για εσωτερικές (1 dB/Km) και εξωτερικές (0.5 dB/Km) εγκαταστάσεις.

FOTM, Chapter 2, DVVC, Chapter 11

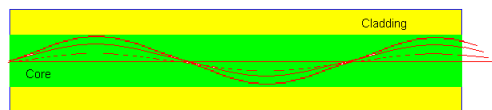
# Εύρος ζώνης

## Modal Dispersion

### Multimode Step Index



### Multimode Graded Index



Η χωρητικότητα μετάδοσης πληροφορίας σε μια οπτική ίνα περιορίζεται από δύο ανεξάρτητους παράγοντες διασποράς: τη διασπορά ρυθμών και τη χρωματική διασπορά.

**Διασπορά ρυθμών:** Οι πολύτροπες οπτικές ίνες βαθμωτού δείκτη διάθλασης (step index multimode fiber) έχουν πυρήνα που αποτελείται από έναν μόνο τύπο γυαλιού. Το φως ταξιδεύει μέσα στην ίνα σε ευθείες γραμμές ανακλώμενο στη διαχωριστική επιφάνεια πυρήνα / μανδύα (core/cladding). Επειδή, για κάθε ρυθμό ή γωνία εισόδου το φως διαδίδεται από διαφορετική διαδρομή, ένας παλμός φωτός διαχέεται (dispersed) καθώς ταξιδεύει μέσα στην ίνα, περιορίζοντας με τον τρόπο αυτό το εύρος ζώνης (bandwidth) αυτών των ινών.

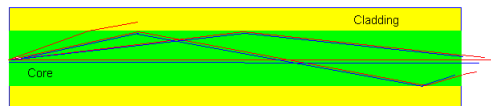
Στις πολύτροπες ίνες βαθμωτού δείκτη διάθλασης, ο πυρήνας κατασκευάζεται από αλληπάλληλα στρώματα γυαλιού με διαφορετικό δείκτη διάθλασης κατάλληλα επιλεγμένο ώστε το προφίλ του δείκτη διάθλασης να είναι σχεδόν παραβολικό (με την τιμή του δείκτη να μειώνεται από το κέντρο του μανδύα προς τον πυρήνα). Με τον τρόπο αυτό το φως διαδίδεται πιο γρήγορα καθώς απομακρύνεται από τον πυρήνα. Αντίστοιχα, το φως που ταξιδεύει κοντά στον πυρήνα θα ταξιδεύει πιο αργά. Ένα κατάλληλο προφίλ δείκτη διάθλασης θα αντισταθμίζει τα διαφορετικά μήκη διαδρομών κάθε ρυθμού, αυξάνοντας το εύρος ζώνης της ίνας κατά 100 φορές συγκριτικά με την περίπτωση της ίνας με βηματικό δείκτη διάθλασης.

Οι μονότροπες οπτικές ίνες (singlemode optical fibers) έχουν πολύ μικρό πυρήνα με διάσταση έξι περίπου φορές το διερχόμενο μήκος κύματος, αναγκάζοντας έτσι το φως να μεταδίδεται ακολουθώντας έναν μόνο ρυθμό. Έτσι, εξαφανίζεται το φαινόμενο της διασποράς των ρυθμών, ενώ το εύρος ζώνης αυτής της ίνας είναι τουλάχιστον 100 φορές μεγαλύτερο από εκείνο των οπτικών ινών με βαθμωτό δείκτη διάθλασης.



# Εύρος ζώνης

## Chromatic Dispersion



FOA Fiber Optic PPT  
©2008 The Fiber Optic Association, Inc.

25

Ο δεύτερος παράγοντας μείωσης της χωρητικότητας είναι η χρωματική διασπορά. Θυμηθείτε πως ένα πρίσμα αναλύει το φάσμα του φωτός που διέρχεται από αυτό, επειδή το φως διαδίδεται με διαφορετική ταχύτητα ανάλογα με το χρώμα του και έτσι διαθλάται (refracted) με διαφορετικές γωνίες. Ένας άλλος τρόπος να περιγράψουμε το ίδιο φαινόμενο είναι λέγοντας ότι ο δείκτης διάθλασης του γυαλιού εξαρτάται από το μήκος κύματος. Έτσι, μια προσεκτικά κατασκευασμένη πολύτροπη οπτική ίνα βαθμωτού δείκτη διάθλασης μπορεί να βελτιστοποιηθεί για ένα μόνο μήκος κύματος, συνήθως στην περιοχή των 1300 nm, ενώ το φως σε άλλα χρώματα (μήκη κύματος) θα υπόκειται σε χρωματική διασπορά. Ακόμη και φως του ίδιου μήκους κύματος θα διασπείρεται εφόσον έχει διαφορετικό μήκος κύματος.

Η χρωματική διασπορά είναι μεγαλύτερο πρόβλημα με πηγές LED οι οποίες παράγουν ένα ευρύ φάσμα συχνοτήτων, αντίθετα με τα LASER που συγκεντρώνουν περισσότερη ενέργεια σε μια στενή φασματική περιοχή. Η χρωματική διασπορά των LED οφείλεται στο ότι η περισσότερη ενέργεια βρίσκεται μακριά από το μήκος κύματος μηδενικής χρωματικής διασποράς της ίνας. Συστήματα υψηλής ταχύτητας (όπως τα δίκτυα FDDI) τα οποία βασίζονται σε LED ευρέως φάσματος εξόδου, υποφέρουν από έντονη χρωματική διασπορά, σχεδόν ίση με τη διασπορά ρυθμών. (σημ. μετ. : αυτός είναι από τους κύριους λόγους που δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε μεγάλες αποστάσεις).

FOTM, Chapter 2, DVVC, Chapter 11

## Εύρος ζώνης

Fiber Type	Bandwidth at 850 nm (MHz-km)	Bandwidth at 1300 nm (MHz-km)
<b>62.5/125 (FDDI or OM1)</b>	160	500
<b>50/125 (OM2)</b>	500	500
<b>50/125 (OM3, laser-rated)</b>	2000	500



FOA Fiber Optic PPT  
©2008 The Fiber Optic Association, Inc.

26

Για περίπου δεκαπέντε χρόνια, υπήρχαν μόνο δύο επιλογές στις εγκαταστάσεις οπτικών ινών. Το εξ-ορισμού πρότυπο (defacto standard) ήταν η χρήση πολύτροπης οπτικής ίνας με πυρήνα/μανδύα 62.5/125 μm που ήταν πιστοποιημένη για χρήση τόσο με FDDI (Fiber Distributed Data Interface) όσο και για Fast Ethernet, αμφότερα δίκτυα ταχύτητας 100 Mbps που χρησιμοποιούσαν φτηνές πηγές LED ως πομπούς. Μεγαλύτερες αποστάσεις ή μεγαλύτερες ταχύτητες επιτυγχάνονταν με τη χρήση μονότροπων ινών με πυρήνα 8 μm, οι οποίες απαιτούσαν ακριβές πηγές laser.

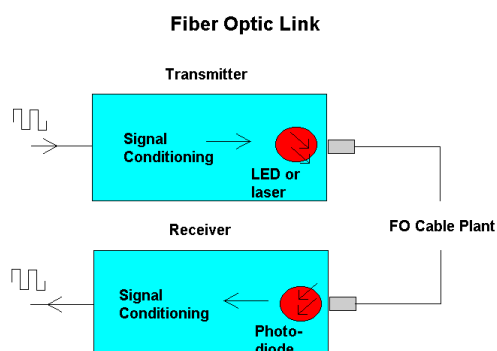
Οι κατασκευαστές οπτικών ινών δεν χρειάστηκε να προσπαθήσουν για την αλλαγή ή τη βελτίωση των πολύτροπων ινών γιατί οι υπάρχουσες 62.5/125 κάλυπταν τα πρότυπα της βιομηχανίας. Με την έλευση όμως του Gigabit Ethernet η ανάγκη για κάλυψη μεγαλύτερων αποστάσεων έστειλέ πάλι του μηχανικούς των κατασκευαστών πίσω στα εργαστήρια. Κι εκεί ανακάλυψαν την ολοκαίνουργια οπτική ίνα 50/125, ηλικίας ήδη 20 ετών!

Το GbE χρησιμοποιεί πηγές laser στα 850 nm, κι έτσι οι κατασκευαστές ανέστησαν μια οπτική ίνα που χρησιμοποιούνταν στην «προϊστορική» περίοδο των οπτικών επικοινωνιών. Τη δεκαετία του 1980 τα τηλεπικοινωνιακά δίκτυα χρησιμοποιούσαν τα νέα τότε laser στα 850 nm με ίνες που είχαν πυρήνα 50nm βελτιστοποιημένο για χρήση με lasers.

Τώρα οι κατασκευαστές έχουν βελτιώσει ακόμα περισσότερο τις επιδόσεις των οπτικών ινών 50/125 ώστε να χρησιμοποιούνται και σε δίκτυα 10 Gigabit Ethernet και Fibre Channel.

FOTM, Chapter 2, DVVC, Chapter 11

## Συνδέσεις Οπτικών Ινών



FOA Fiber Optic PPT  
©2008 The Fiber Optic Association, Inc.

27

Τα συστήματα μετάδοσης με οπτικές ίνες αποτελούνται από έναν πομπό (transmitter) ο οποίος μετατρέπει το ηλεκτρικό σήμα σε οπτικό μέσω μιας διόδου Laser ή LED. Το φως του πομπού οδηγείται μέσα στην ίνα μέσω σύζευξης (coupling) με χρήση κατάλληλου συνδετήρα (connector) και εκπέμπεται μέσα σε ολόκληρη την της οπτική καλωδιακή εγκατάσταση (cable plant).

Τελικά το φως από την ίνα περνάει, χρησιμοποιώντας κατάλληλο συνδετήρα για τη σύζευξη, σε έναν δέκτη (receiver) ο οποίος μετατρέπει το φως σε ηλεκτρικό σήμα το οποίο ρυθμίζεται (conditioned) κατάλληλα για χρήση από τον εξοπλισμό λήψης.

Όπως σε κάθε άλλη μετάδοση σήματος (μέσω χαλκού ή ασύρματη) η επίδοση της οπτικής σύνδεσης προσδιορίζεται από το πόσο καλά μοιάζει το ληφθέν σήμα με εκείνο που εκπέμφθηκε από τον πομπό.

FOTM, Chapter 2, DVVC, Chapter 11

## Πηγές που χρησιμοποιούνται σε ζεύξεις ΟΙ

Fiber	Length	Data Rate	Source
Multimode	Short	<100 MB/s	850nm LED
	Long	>100 MB/s	1300 LED
	Short	>1 GB/s	850 VCSEL
	Long	>1 GB/s	1300 Laser
Singlemode	Short	To 10 GB/s	1300 Laser
	Long	To 10 GB/s	1550 Laser

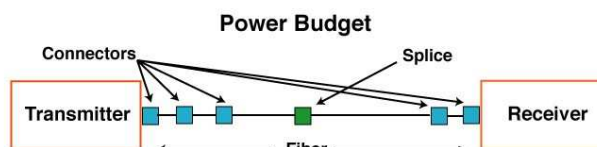


Το είδος των πηγών που χρησιμοποιούνται σε ένα δίκτυο εξαρτώνται από την ταχύτητα του δικτύου και την απόσταση στην οποία πρέπει να λειτουργεί.

Τα LED είναι χρήσιμα μόνο για ταχύτητες μερικών εκατοντάδων Mbps και για αυτό χρησιμοποιούνται σε αργά συστήματα. Τα laser μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε ταχύτητες μεγαλύτερες από 10 Mbps κι έτσι αποτελούν την πηγή που χρησιμοποιείται σε δίκτυα υψηλών ταχυτήτων.

Από τη στιγμή που οι απώλειες στις οπτικές ίνες μειώνονται για μεγαλύτερα μήκη κύματος, η τάση είναι να χρησιμοποιούνται πηγές με μεγαλύτερα μήκη κύματος σε ζεύξεις μεγάλων αποστάσεων.

## Ανάλυση ισολογισμού απωλειών ζεύξης καλωδίου οπτικών ινών (Fiber Optic Link Power Budget)



FOA Fiber Optic PPT  
©2008 The Fiber Optic Association, Inc.

29

Μετά την εγκατάστασή τους οι οπτικές ίνες μπορούν να χρησιμοποιηθούν με διαφορετικούς τύπους οπτικών δικτύων. Μέσα από τις οπτικές ίνες μπορούν να μεταφερθούν δεδομένα, τηλεφωνικά σήματα, βίντεο ή και ήχος. Κάθε τύπος δικτύου έχει τις δικές του απαιτήσεις για τις επιδόσεις της οπτικής ζεύξης. Στην πιο απλή περίπτωση περιγράφεται η μέγιστη απώλεια (maximum loss) που μπορεί να γίνει ανεκτή στη ζεύξη, και η οποία είναι συνάρτηση των προδιαγραφών των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν και της ποιότητας κατασκευής. Σε άλλες περιπτώσεις προδιαγράφεται και το εύρος ζώνης διέλευσης της οπτικής ίνας το οποίο προσδιορίζεται από τις προδιαγραφές της οπτικής ίνας που επιλέχθηκε για την εγκατάσταση.

Κάθε ζεύξη οπτικών ινών έχει μια μέγιστη απώλεια ισχύος. Αυτή εξαρτάται από την ισχύ εξόδου του πομπό και από την ευαισθησία του δέκτη που θα χρησιμοποιηθούν, εκφράζεται δε σε dB. Οι απώλειες των καλωδίων της εγκατάστασης που θα χρησιμοποιηθεί πρέπει να είναι μικρότερες από αυτή τη μέγιστη απώλεια ισχύος της ζεύξης ώστε να μπορεί να υπάρξει καλή λειτουργία.

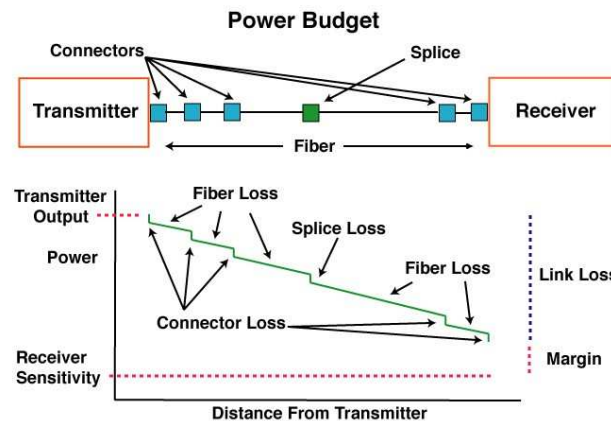
Κάθε δίκτυο έχει ένα συγκεκριμένο περιθώριο απωλειών, διαφορετικά όμως δίκτυα μπορεί να έχουν διαφορετικά περιθώρια απωλειών. Έτσι χρησιμοποιούμε μια διαφορετική προσέγγιση. Η απώλεια της ζεύξης θεωρείται αποδεκτή αν είναι μικρότερη από τυπικές μέγιστες τιμές που υπολογίζονται από τα χαρακτηριστικά της καλωδιακής εγκατάστασης.

Τι προκαλεί τις απώλειες στις καλωδιώσεις οπτικών ινών; Πρώτα απ' όλα η ίδια ή ίνα. Ο επόμενος παράγοντας απωλειών είναι οι τερματισμοί. Οι μόνιμες συνδέσεις είναι σπάνιες στις πολύτροπες αλλά συχνές στις μονότροπες ίνες. Οι μόνιμες συνδέσεις σε μονότροπες ίνες γίνονται συχνά με τήξη δύο ινών μαζί μέσα σε ένα ηλεκτρικό τόξο και έχει σαν αποτέλεσμα μια σύνδεση με πολύ χαμηλές απώλειες.

Ο τελευταίος παράγοντας απωλειών είναι οι καταπονήσεις τις ίνας κατά την εγκατάσταση. Ένα οπτικό καλώδιο που έλκεται με πολύ μεγάλη δύναμη μπορεί να καταστραφεί. Κάθε φορά που ένα οπτικό καλώδιο καμπυλώνεται ενδέχεται να καταπονείται τόσο ώστε να υπάρχουν απώλειες. Ακόμα και το δέσιμο των καλωδίων για τη στήριξη του μπορεί να προκαλέσει απώλειες. Σε μια εγκατάσταση οι απώλειες λόγω καταπόνησης πρέπει να είναι μηδενικές!

Στο σχήμα φαίνεται μια οπτική ζεύξη. Ο πομπός οδηγεί μια ποσότητα οπτικής ισχύος μέσα σε μια ίνα σε μια εγκατάσταση. Καθώς το φως μεταδίδεται μέσα στην ίνα εξασθενεί λόγω της αλληλεπίδρασής του με τα μόρια των γυαλιού και λόγω των απωλειών στους συνδετήρες και στις μόνιμες συνδέσεις. Η απώλεια ισχύος στη συγκεκριμένη ζεύξη οφείλεται στους 5 συνδετήρες, στη μια μόνιμη σύνδεση και στο συνολικό μήκος της οπτικής ίνας.

## Ανάλυση ισολογισμού απωλειών ζεύξης καλωδίου οπτικών ινών



FOA Fiber Optic PPT  
©2008 The Fiber Optic Association, Inc.

30

Για το ίδιο παράδειγμα, FOTM, κεφάλαιο 10.

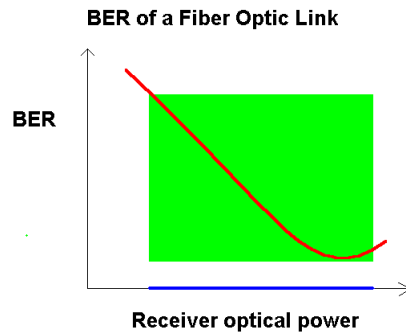
Το γράφημα κάτω από διάγραμμα της ζεύξης δείχνει τον τρόπο με τον οποίο μειώνεται η ποσότητα του φωτός σε αντιστοιχία με το διάγραμμα που βρίσκεται από πάνω. Το γράφημα μοιάζει πολύ με την έξοδο ενός OTDR (optical time domain reflectometer) μια και αντιστοιχεί σε αυτό που μετράει ένα OTDR. Σε περίπτωση που δεν είστε εξοικειωμένοι με OTDR, θα τα καλύψουμε στο τμήμα των ελέγχων οπτικών ινών.

Παρόλα αυτά κοιτάξτε προσεκτικά το γράφημα. Η ισχύς ελαττώνεται καθώς το φως ταξιδεύει στην ίνα, λόγω της απόσβεσης στην ίνα και των απωλειών στους συνδετήρες (βύσματα) και στις μόνιμες συνδέσεις. Κατά σύμβαση, περιλαμβάνουμε τους συνδετήρες στο τέλος της καλωδίωσης, αφού όταν ελέγχουμε συνδετήρες, το κάνουμε συνδέοντας πάνω τους έναν άλλο συνδετήρα αναφοράς.

Η μέτρηση της ισχύος ξεκινά στο σημείο όπου γίνεται η σύζευξη του πομπού με την οπτική ίνα (στο ψηλότερο σημείο του άξονα Y του σήματος που συμβολίζεται με Transmitter output). Μετά τις απώλειες από την εγκατάσταση η ισχύς του φωτός μειώνεται κατά το ποσό των απωλειών. Για να είναι δυνατή η λειτουργία της ζεύξης θα πρέπει η ισχύς στο τέλος του καλωδίου να είναι μεγαλύτερη από την ευαισθησία του δέκτη (που φαίνεται στο κάτω άκρο του άξονα Y, με την ένδειξη "Receiver Sensitivity"). Το ποσό κατά το οποίο η ισχύς που φτάνει στον δέκτη ξεπερνά την ευαισθησία του είναι ο ισολογισμός απωλειών (link budget) της σύνδεσης.

FOTM, Chapter 10, DVVC, Chapter 11

## Fiber Optic Link Performance



FOA Fiber Optic PPT  
©2008 The Fiber Optic Association, Inc.

31

Η ικανότητα κάθε συστήματος οπτικών ινών να μεταφέρει δεδομένα τελικά εξαρτάται από την οπτική ισχύ στον δέκτη όπως φαίνεται στο γράφημα, το οποίο δείχνει το ρυθμό σφαλμάτων (bit error rate) σε συνάρτηση της οπτικής ισχύος στον δέκτη. Τόσο η μικρή όσο και η μεγάλη ισχύς θα προκαλέσει υψηλούς ρυθμούς σφαλμάτων. Η υπερβολική ισχύς οδηγεί τα κυκλώματα της μονάδας ενίσχυσης του δέκτη στον κόρο, η μικρή ισχύς καθιστά τον θόρυβο σοβαρό πρόβλημα. Η ισχύς που φτάνει στον δέκτη εξαρτάται από δύο παράγοντες. Την ισχύ που οδηγείται στην είσοδο της ίνας από τον πομπό και τις απώλειες ισχύος που συμβαίνουν μέσα στο οπτικό καλώδιο που συνδέει τον πομπό με τον δέκτη.

FOTM, Chapter2, 10, DVVC, Chapter 11

## Δίκτυα Οπτικών Ινών

- Τηλεπικοινωνίες (telecom)
  - Καλωδιακή τηλεόραση (CATV)
  - Τοπικά δίκτυα (LAN)
  - Άλλα
- Μια ματιά στο πώς χρησιμοποιούνται οι οπτικές ίνες στα σημερινά τηλεπικοινωνιακά δίκτυα.



FOA Fiber Optic PPT  
©2008 The Fiber Optic Association, Inc.

32

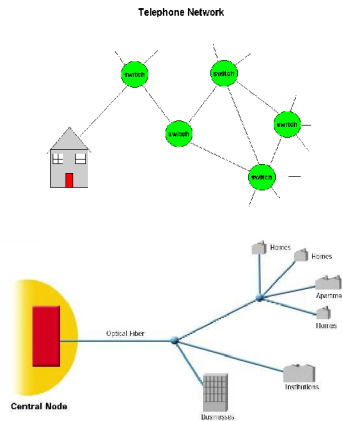
Κάθε εφαρμογή των οπτικών ινών έχει μοναδικά χαρακτηριστικά που είναι αποτέλεσμα της εφαρμογής τους. Ας δούμε μερικές από αυτές.

FOTM, Chapter 3, DVVC, Chapter 11



## Τεχνολογίες Τηλεπικοινωνιών

- Μονότροπες ίνες
- Lasers
- SONET/SDH protocol
- IP και πλήρως οπτικά (all-optical) πρωτόκολλα
- Fiber To The Home (FTTH) γίνεται τελικά μια οικονομική λύση μέσω του PON



FOA Fiber Optic PPT  
©2008 The Fiber Optic Association, Inc.

33

Οι οπτικές ίνες χρησιμοποιούνται ευρύτατα στις τηλεπικοινωνίες λόγω του μεγάλου εύρους ζώνης και της απόστασης μετάδοσης σε σύγκριση με τα καλώδια χαλκού. Στις τηλεπικοινωνίες χρησιμοποιούνται για να διασυνδέουν μεταγωγείς μεταξύ τους.

Τα συστήματα που βρίσκονται σήμερα σε παραγωγή μπορούν να υποστηρίξουν πολλές περισσότερες συνομιλίες πάνω από ένα μόνο ζεύγος οπτικής ίνας απ' ό,τι χιλιάδες καλώδια χαλκού. Το κόστος των υλικών, της εγκατάστασης, των εργατικών και η αξιοπιστία σε συνδυασμό με τις περιορισμένες απαιτήσεις χώρου είναι όλα υπέρ των οπτικών ινών. Σήμερα, στις μεγάλες πόλεις δεν υπάρχει χώρος στα φρεάτια που χρησιμοποιούνται από τους πάροχους τηλεπικοινωνιών για να καλύψουν τις τηλεπικοινωνιακές απαιτήσεις με καλώδια χαλκού.

Ενώ όμως οι οπτικές ίνες μεταφέρουν σήμερα το 90% των τηλεπικοινωνιών μεγάλων αποστάσεων και το 50% των τοπικής εμβέλειας επικοινωνιών, υπηρεσίες όπως το FTTC (fiber to the curb) και FTTH (fiber to the home) έχουν μείνει σημαντικά πίσω, κυρίως λόγω του ότι ήταν ασύμφορες οικονομικά. Τα τελευταία αυτά όρια χρήσης των οπτικών ινών αρχίζουν να καταργούνται καθώς οι ίνες γίνονται πιο φτηνές και οι αυξανόμενες απαιτήσεις των πελατών για ευρυζωνικές υπηρεσίες δεν μπορούν να καλυφθούν από τις υποδομές χαλκού.

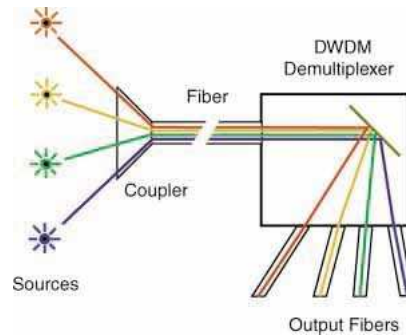
Το μυστικό που έκανε τις εφαρμογές FTTH συμφέρουσες οικονομικά είναι η υλοποίηση των PONs (passive optical networks).

Τα PON χρησιμοποιούν οπτικούς συζεύκτες (optical couplers), τόσο πολυπλέκτες μήκους κύματος (wavelength division multiplexers) όσο και απλούστερους διαχωριστές / συνδυαστές (splitters/ combiners), για να κάνουν δυνατή την ταυτόχρονη χρήση μιας ίνας από πολλούς πελάτες προς τα γραφεία του πάροχου (central office – CO). Με τον τρόπο αυτό λίγες ίνες μπορούν να υποστηρίξουν πολλούς πελάτες, μέχρι και 32 συνδέσεις πάνω από μια κοινή οπτική ίνα προς τις εγκαταστάσεις CO.

Ένα PON που χρησιμοποιεί πολυπλεξία μήκους κύματος (wavelength division multiplexing - WDM) μπορεί να χρησιμοποιηθεί με δύο τρόπους. Μπορεί να υποστηρίξει κάθε πελάτη με ένα αφιερωμένο μήκος κύματος, με σημαντικό εύρος ζώνης για τον καθένα αλλά και μεγαλύτερο κόστος. Μια πιο συχνή προσέγγιση είναι να χρησιμοποιείται WDM για την αποστολή διαφορετικών υπηρεσιών, συνήθως φωνή δεδομένα και βίντεο, μαζί με άλλα σήματα πάνω από μια ίνα.

Τα τηλεπικοινωνιακά συστήματα λειτουργούν σε ρυθμούς έως και 10 Gbps και πολλές ζεύξεις χρησιμοποιούν WDM για να συνδυάσουν πολλά κανάλια σημάτων πάνω από μία ίνα.

## Wavelength-Division Multiplexing



FOA Fiber Optic PPT  
©2008 The Fiber Optic Association, Inc.

34

Πώς δουλεύει το WDM;

Είναι εύκολο να καταλάβει κανείς το WDM. Σκεφτείτε το γεγονός ότι μπορείτε να δείτε πολλά διαφορετικά χρώματα φωτός ταυτόχρονα. Τα χρώματα μεταδίδονται μαζί μέσω του αέρα κι έτσι μπορεί να αναμιχθούν, μπορείτε όμως εύκολα να τα διαχωρίσετε χρησιμοποιώντας ένα πρίσμα, με τον ίδιο τρόπο που αναλύεται το φως του ήλιου στο φάσμα των χρωμάτων.

Η είσοδος ενός συστήματος WDM είναι πολύ απλή. Είναι απλά ένας μίκτης που συνδυάζει όλες τις εισόδους και τις οδηγεί σε μια ίνα. Τέτοιες συσκευές υπάρχουν εδώ και πολλά χρόνια με 2, 4, 8, 16, 32 και 64 εισόδους. Η συσκευή που είναι δύσκολο να κατασκευαστεί είναι ο αποπολυπλέκτης.

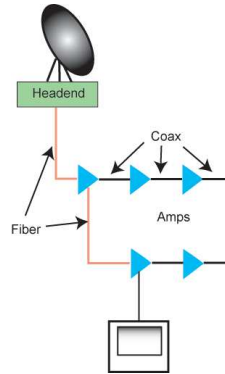
Ο αποπολυπλέκτης (demultiplexer) παίρνει την ίνα ως είσοδο και εστιάζει το φως σε μια στενή, παράλληλη δέσμη φωτός. Φωτίζει ένα πέτασμα (μοιάζει με καθρέφτης που λειτουργεί σαν πρίσμα, κάτι σαν την γυαλιστερή πλευρά των CD) το οποίο αναλύει το φως της ίνας στα συστατικά του μήκη κύματος στέλνοντας κάθε ένα σε διαφορετική γωνία. Ειδικές οπτικές διατάξεις συλλαμβάνουν κάθε ένα από τα μήκη κύματος και τα οδηγούν σε χωριστές οπτικές ίνες, δημιουργώντας διαφορετικές εξόδους για κάθε ένα από τα διακριτά μήκη κύματος του φωτός.

Τα σύγχρονα συστήματα υποστηρίζουν από 4 έως 32 κανάλια μήκους κύματος. Συστήματα με υψηλότερους αριθμούς μηκών κύματος οδήγησαν στην ονομασία DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing). Η τεχνική απαίτηση είναι τα laser που χρησιμοποιούνται να παράγουν φως σε πολύ συγκεκριμένα μήκη κύματος και χωρίς διακυμάνσεις, ώστε οι αποπολυπλέκτες DWDM να μπορούν να ξεχωρίσουν τα διαφορετικά μήκη κύματος χωρίς παραδιαφωνία (crosstalk).

FOTM, Chapter 3, DVVC, Chapter 11

## Τεχνολογίες CATV

- Hybrid-Fiber-Coax (HFC)
- Overbuild on coax
- Singlemode fiber
- Lasers
- Protocol: AM-Analog, future digital
- Mix video/data/voice



FOA Fiber Optic PPT  
©2008 The Fiber Optic Association, Inc.

35

Ο λόγος για τον οποίο οι οπτικές ίνες χρησιμοποιούνται στα συστήματα καλωδιακής τηλεόρασης (CATV) είναι η αυξημένη αξιοπιστία τους. Οι τεράστιες απαιτήσεις των εκπομπών τηλεόρασης σε εύρος ζώνης υποχρεώνουν στη συχνή χρήση επαναληπτών (repeaters). Ο μεγάλος αριθμός επαναληπτών στα συστήματα καλωδιακής τηλεόρασης είναι η συχνότερη αιτία βλαβών σε αυτά τα δίκτυα. Συμπληρωματικά, η δενδροειδής αρχιτεκτονική αυτών των συστημάτων σημαίνει ότι κάθε βλάβη στο σύστημα επηρεάζει όλους τους χρήστες που «κρέμονται» από αυτό το σημείο και πέρα. Η αξιοπιστία είναι πολύ σημαντική μια και οι θεατές είναι μια ισχυρή φωνή διαμαρτυρίας σε περίπτωση διακοπής του προγράμματος.

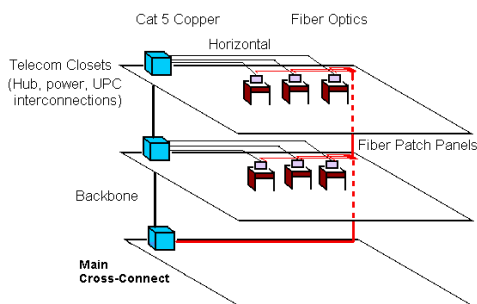
Οι εφαρμογές CATV ήταν πολύ αργές μέχρι την ανάπτυξη αναλογικών συστημάτων AM. Με τη μετατροπή του σήματος από ηλεκτρικό σε οπτικό, τα πλεονεκτήματα των οπτικών ινών, ειδικά ως προς την αξιοπιστία τους, καθιστούν τη χρήση τους τελικά οικονομική. Πλέον τα συστήματα CATV έχουν υιοθετήσει μια δικτυακή αρχιτεκτονική με την οποία αντικαθίσταται το κοινό ομοαξονικό δίκτυο με οπτικές ζεύξεις.

Το υβριδικό αυτό σύστημα HFC (hybrid fiber coax) επιτρέπει στο πάροχο να έχει μια αμφίδρομη σύνδεση με τον πελάτη η οποία του επιτρέπει να παρέχει και ευρυζωνικές συνδέσεις Internet με χαμηλό κόστος. Η ύπαρξη του οπτικού δικτύου θα κάνει επίσης εύκολη τη μετάβαση στην ψηφιακή τηλεόραση.

FOTM, Chapter 3, DVVC, Chapter 11

## Καλωδίωση για LANs

- Ethernet, Fast Ethernet, Gigabit Ethernet, 10 Gb Ethernet
- Token Ring
- FDDI
- ESCON



FOA Fiber Optic PPT  
©2008 The Fiber Optic Association, Inc.

36

Ας δούμε πως δημιουργείται ένα τοπικό δίκτυο ή LAN είτε με χάλκινα καλώδια ή με οπτικές ίνες. Είναι ουσιαστικά θέματα που έχετε δει στη θεωρία και τα οποία εν περιλήψει αναφέρονται και εδώ.

Υπάρχουν ήδη πολλά πρότυπα για LAN. Αυτό που χρησιμοποιείται ευρέως είναι το Ethernet ή IEEE802.3 και είναι ένα 10 MB/s με 10 Gb/s LAN το οποίο επιτρέπει εκπομπή πακέτων όταν το δίκτυο είναι ελεύθερο.

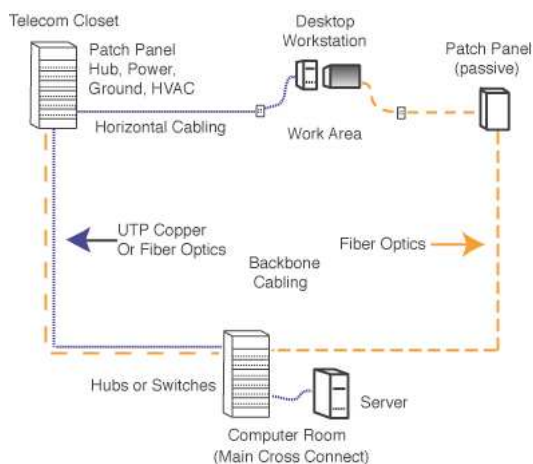
Το Token ring ήταν ένα δίκτυο LAN 4 με 16 MB/s με αρχιτεκτονική δακτυλίου όπου κάθε κόμβος περιμένει τη σειρά του για την αποστολή πακέτων. Έχει πλέον εγκαταλειφθεί από την IBM και δεν αναπτύσσεται όμως υπάρχουν πολλά ήδη υφιστάμενα δίκτυα.

Το Fiber Distributed Data Interface (FDDI) είναι ένα πρότυπο για τοπικά δίκτυα υψηλής ταχύτητας που σχεδιάστηκε ειδικά για να χρησιμοποιεί οπτικές ίνες. Η τοπολογία είναι διπλού δακτυλίου με σταθμούς να ενώνονται και στον κορμό και σε επιπλέον δακτυλίους. Το πρωτόκολλο πρόσβασης στο μέσο βασίζεται (όπως και στο Token Ring) στην ανταλλαγή ενός κουπονιού (token) και ταχύτητα του δικτύου είναι 100-Mbit/s.

Το ESCON είναι δίκτυο που αναπτύχθηκε από την IBM για τη σύνδεση περιφερειακών σε κεντρικό server. Το δίκτυο έχει τοπολογία αστέρα βασίζεται σε έναν κεντρικό μεταγωγέα (switch) και η ταχύτητα διαμεταγωγής είναι 10Mbps.

Η διεύθυνση των οπτικών ινών στις εγκαταστάσεις τοπικών δικτύων είναι πολύ μεγάλη. Το κόστος για να αντικαταστήσουμε το χαλκό με ίνα είναι ακόμη μεγάλο αλλά χρησιμοποιώντας την τουλάχιστον ως δίκτυο κορμού έχουμε σημαντικά οφέλη. Λόγω του μειωμένου κόστους εγκατάστασης, γίνεται όλο και πιο δημοφιλής λύση.

## ΕΠΙΚΕΝΤΡΩΜΕΝΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΟΠΤΙΚΗΣ ΪΝΑΣ, ΔΟΜΗΜΕΝΗ ΚΑΛΩΔΪΩΣΗ



FOA Fiber Optic PPT  
©2008 The Fiber Optic Association, Inc.

37

Η παραδοσιακή καλωδίωση για τοπικά δίκτυα (LAN cabling) περιγράφεται στο πρότυπο EIA/TIA 568 περί δομημένης καλωδίωσης, φαίνεται στα αριστερά του σχήματος, και ακολουθεί παρόμοιες και παλαιότερες σχεδιάσεις για τηλεφωνικά δίκτυα. Χωρίζει το LAN σε “οριζόντια” καλωδίωση 90 μέτρων, συνδέοντας τον κάθε υπολογιστή σε hub ή σε κατακεντρωμένη.

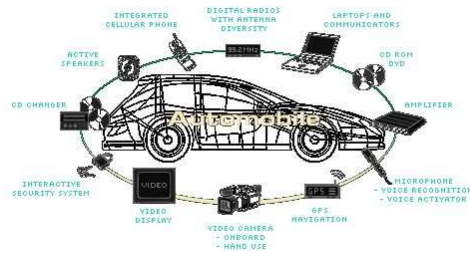
Η οριζόντια καλωδίωση συνδέεται στον κορμό ο οποίος συνήθως χρησιμοποιεί οπτική ίνα. Το δίκτυο κορμού οδηγείται στο δωμάτιο εξοπλισμού.

Κάθε κατακεντρωμένη έχει ένα hub για τη σύνδεση υπολογιστών στον κορμό και αυτό απαιτεί χώρο, ισχύ, UPS, κλιματισμό και εγκατάσταση, άρα και κόστος. Οι περισσότεροι κατακεντρωμένοι έχουν runchdowns, patch panels και άλλα παθητικά στοιχεία.

Με οπτική ίνα δεν υπάρχει περιορισμός στα 90 μέτρα, κι έτσι δε χρειάζεται τηλεπικοινωνιακός κατακεντρωμένος. Δε χρειάζεται τοπικό hub, τροφοδοσία για το hub, racks and χώρος για την εγκατάσταση του. Στη χειρότερη περίπτωση στη δικτύωση με οπτικές ίνες χρειάζεται ένα παθητικό patch panel για να συνδεθούν τα καλώδια οριζόντιας καλωδίωσης στην καλωδίωση κορμού. Συνεπώς το κόστος είναι μικρότερο. Δηλαδή με αυτήν την αρχιτεκτονική η οπτική ίνα είναι φθηνότερη του χαλκού και υποστηρίζει νέα δίκτυα σε μεγαλύτερες ταχύτητες και για περισσότερο χρόνο.

## Links & Other Networks

- RS232, 422
- Fibre Channel
- IEEE 1394 (Fire Wire), Toslink
- MOST, Flexray (automotive, POF)
- Video (analog or digital)



FOA Fiber Optic PPT  
©2008 The Fiber Optic Association, Inc.

38

Οι ζεύξεις δεδομένων συνδέουν απευθείας δύο συσκευές χωρίς τα πρωτόκολλα ενός δικτύου και πολλά είναι διαθέσιμα για οπτικές ίνες.

Τα σειριακά πρότυπα RS232 and RS422 είναι βιομηχανικές ζεύξεις που χρησιμοποιούνται εδώ και πολλά χρόνια και είναι διαθέσιμες με οπτικές ίνες.

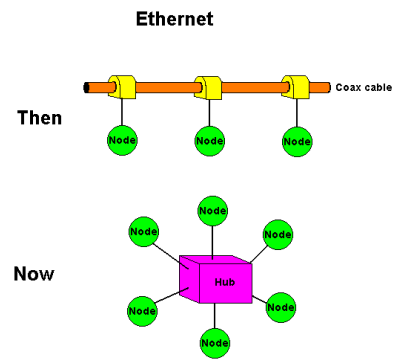
Το Fiber Channel είναι σύζευξη υψηλής ταχύτητας και συνδέει υπολογιστές σε περιφερειακά όπως σκληροί δίσκοι και εκτυπωτές. Δε χρησιμοποιείται πλέον.

Τα FireWire and TosLink χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές όπως ο ψηφιακός ήχος.

Τα Most and Flexray είναι δίκτυα που χρησιμοποιούνται στην αυτοκινητοβιομηχανία επειδή η ίνα είναι ελαφριά και αναίσθητη στον ηλεκτρικό θόρυβο.

Πολλά video links είναι διαθέσιμα μέσω οπτικών δικτύων από απομακρυσμένες κάμερες ασφάλειας έως εκπομπές TV.

## Εξέλιξη του Ethernet



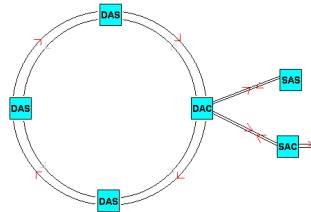
FOA Fiber Optic PPT  
©2008 The Fiber Optic Association, Inc.

39

Το Ethernet ξεκίνησε με ομοαξονικά καλώδια σε τοπολογία διαύλου. Πλέον χρησιμοποιεί τοπολογία αστέρα με hubs και switches.

# FDDI-Το πρώτο δίκτυο αποκλειστικά με ΟΠΤΙΚΕΣ ΪΝΕΣ

FDDI - Fiber Distributed Data Interface



FOA Fiber Optic PPT  
©2008 The Fiber Optic Association, Inc.

40

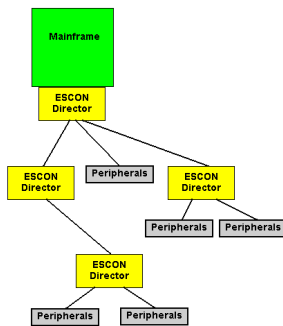
Το Fiber Distributed Data Interface (FDDI) είναι υψηλής ταχύτητας τοπικό δίκτυο σχεδιασμένο ειδικά για οπτικές ίνες από την επιτροπή ANSI X3T9.5. Έχει τοπολογία διπλού δακτυλίου



# IBM ESCON Mainframe Network

## ESCON backend network

ESCON is an IBM trademark



FOA Fiber Optic PPT  
©2008 The Fiber Optic Association, Inc.

41

Το ESCON είναι ένα δίκτυο της IBM που συνδέει περιφερειακά σε κεντρικούς servers. ESCON είναι τα αρχικά για Enterprise System Connection Architecture. Έχει αρχιτεκτονική αστέρα με χρήση switch. Η ταχύτητα μεταφοράς άρχισε στα 4.5 megabytes/second και τώρα είναι 10 Mbytes/second ενώ μπορεί να επεκταθεί στα 200 Mbits/sec.

Το ESCON αντικαθίσταται από ένα παρόμοιο αλλά γρηγορότερο δίκτυο , το Fibre Channel

## LAN με Οπτικές ίνες

- Η καλωδίωση κορμού σε LAN είναι πλέον με οπτική ίνα
- Fiber to the desk, δηλαδή οπτική ίνα ως τον υπολογιστή δεν είναι ακόμη ευρέως διαδεδομένη λόγω κόστους αλλά προσφέρει μεγαλύτερο bandwidth, χαμηλότερη κατανάλωση ρεύματος, υψηλότερες ταχύτητες και δεν έχει ανάγκη συνεχούς αναβάθμισης



Σήμερα τα πιο πολλά LAN χρησιμοποιούν οπτική ίνα στην καλωδίωση κορμού και καλώδιο UTP για τους υπολογιστές. Η καλωδίωση κορμού είναι σε ταχύτητες 100 Megabit/s ή 1 Gbps ενώ 100 Mbps είναι στους υπολογιστές. Οι αποστάσεις και οι ταχύτητες στον κορμό Προσφέρονται ήδη στα 10 Gbps, ενώ η τάση είναι για 40 – 100 Gbps

Ορισμένοι χρήστες έχοντας αναλύσει οικονομικά τη λύση της οπτικής ίνας έως τον υπολογιστή την έχουν βρει φθηνότερη του καλωδίου χαλκού αφού δεν απαιτεί καταμετρητά, ενεργά στοιχεία και όλο το συνεπαγόμενο κόστος.

## Άλλες εφαρμογές οπτικών ινών

- Τηλεπικοινωνίες
  - Κυψελωτές / ασύρματες/ PCS κεραίες
  - Ασύρματες LAN κεραίες
- Ασφάλεια
  - CCTV
  - Αισθητήρες πρόσβασης
  - Συστήματα παρακολούθησης



FOA Fiber Optic PPT  
©2008 The Fiber Optic Association, Inc.

43

Τα κυψελωτά συστήματα τηλεφωνίας δεν είναι απολύτως ασύρματα. Συνήθως οι κεραίες συνδέονται μεταξύ τους με οπτική ίνα.

Όμοια, πολλά ασύρματα LAN χρησιμοποιούν οπτική ίνα για διασύνδεση με το δίκτυο κορμού λόγω ανοχής στο θόρυβο.

Οι υπηρεσίες κοινής ωφελείας αντικαθιστούν τα δίκτυα διαχείρισής τους με οπτικές ίνες ειδικά όταν παρουσιάζονται προβλήματα.

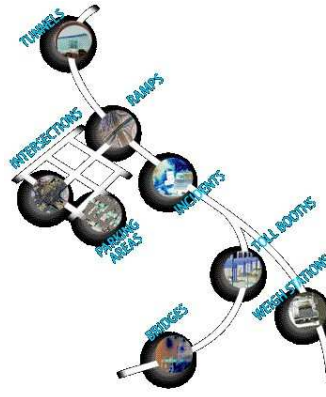
Τα συστήματα ασφαλείας χρησιμοποιούν οπτική ίνα κυρίως για να υπερβούν προβλήματα απόστασης π.χ. σε CCTV cameras σε αεροδρόμια ή στον περίβολο εγκαταστάσεων.

Οι οπτικές ίνες χρησιμοποιούνται επίσης ως αισθητήρες, π.χ. για την ανίχνευση εισβολέων σε φράκτες, κ.α.

Και για λόγους ασφαλείας οι οπτικές ίνες προφανώς προτιμώνται σε στρατιωτικά και κυβερνητικά δίκτυα επειδή είναι δύσκολο να υποκλαπούν.

## Άλλες εφαρμογές οπτικών ινών

- Διαχείριση κτιρίων
- Έλεγχος κίνησης
- Διαχείριση διεργασιών
- Διαχείριση δικτύου υπηρεσιών (π.χ. Ύδρευση)
- Αισθητήρες για
  - Υψηλή τάση
  - Χημικά
  - Επικίνδυνα περιβάλλοντα



FOA Fiber Optic PPT  
©2008 The Fiber Optic Association, Inc.

44

Συστήματα διαχείρισης κτιρίων χρησιμοποιούν οπτικές ίνες για μεγαλύτερες αποστάσεις και ασφάλεια

Βιομηχανικά δίκτυα προτιμούν οπτική ίνα για τη δικτύωση συστημάτων ελέγχου λόγω της αναισθησίας στον ηλεκτρικό θόρυβο και της μεγάλης απόστασης που μπορεί να καλυφθεί.

Αισθητήρες οπτικής ίνας είναι διαθέσιμοι για μεγάλο αριθμό εφαρμογών, ειδικά σε επικίνδυνα περιβάλλοντα μια και η χρήση τους είναι εγγενώς ασφαλής.

# Εγκαταστάσεις Οπτικών Ινών

Εσωτερικές ή εξωτερικές ?



FOA Fiber Optic PPT  
©2008 The Fiber Optic Association, Inc.

45

Για τον εγκαταστάτη οπτικών ινών ένας σημαντικός διαχωρισμός είναι αν πρόκειται για εσωτερική ή εξωτερική εγκατάσταση, δηλαδή για εγκατάσταση εντός κτιρίων η εξωτερικά, στο περιβάλλον.

Οι Εξωτερικές εγκαταστάσεις χρησιμοποιούν μονότροπη ίνα και το κάθε καλώδιο έχει πολλές ίνες. Η σχεδίαση των καλωδίων περιλαμβάνει βελτιστοποίηση για προστασία στη διάβρωση και υγρασία, γίνεται δε με ειδικούς γεραμούς. Έχουν επίσης και αντιπρωκτική προστασία.

Οι μακρινές αποστάσεις συνεπάγονται ένωση πολλών καλωδίων αφού κατασκευαστικά οι ίνες δεν υπερβαίνουν τα 4 km (2.5 miles). Οι ενώσεις γίνονται με λιώσιμο για κόλλημα των ινιδίων στα σημεία της ένωσης. Συνδετήρες (τύπου SC, ST ή FC) προσκολλώνται στα άκρα των καλωδίων και μετά την εγκατάσταση, κάθε καλώδιο και κάθε splice ελέγχεται με OTDR.

Οι εσωτερικές εγκαταστάσεις γίνονται συνήθως με πολύτροπες οπτικές ίνες και κάθε καλώδιο περιέχει 2 με 48 ίνες. Ορισμένοι προτιμούν τα υβριδικά καλώδια με πολύτροπες και μονότροπες οπτικές ίνες.

Το Splicing συνήθως δε συμβαίνει σε εσωτερικές εγκαταστάσεις. Οι κυριότεροι συνδετήρες είναι οι SC και ST. Ο τερματισμός γίνεται με την προσαρμογή των συνδετήρων απευθείας στο τέλος του καλωδίου, κυρίως με τη χρήση κάποιας ειδικής κόλλας. Ο έλεγχος γίνεται με τη χρήση μιας φωτεινής πηγής και ενός οργάνου μέτρησης φωτεινής ισχύος. Επίσης, συχνά χρησιμοποιείται ένα όργανο ελέγχου της συνέχειας της ίνας και της σύνδεσης (VFL).

Αντίθετα με τις εξωτερικές εγκαταστάσεις, ο τεχνίτης που εγκαθιστά εσωτερικά δίκτυα χρειάζεται να κάνει πολύ μικρότερη επένδυση σε εξοπλισμό και όργανα ελέγχου (συνήθως το 1/50).

FOTM, Chapter 9,12,13,15, DVVC, Chapter 11, 15

## Εξωτερικές εγκαταστάσεις



FOA Fiber Optic PPT  
©2008 The Fiber Optic Association, Inc.

46

Οι εξωτερικές εγκαταστάσεις απαιτούν πολύ περισσότερο εξοπλισμό και μεγαλύτερη επένδυση. Χρειάζονται όργανα ελέγχου (OTDR), όργανα κόλλησης (fusion splicers) ή ακόμη και ειδικά βαν εγκατάστασης ή βαρούλκα για ελεγχόμενη έλκυση των καλωδίων υπό σταθερή τάση.

FOTM, Κεφάλαιο 9,12,13,15, DVVC, Κεφάλαιο 11, 15

## Fiber To The Home FTTH PON Network

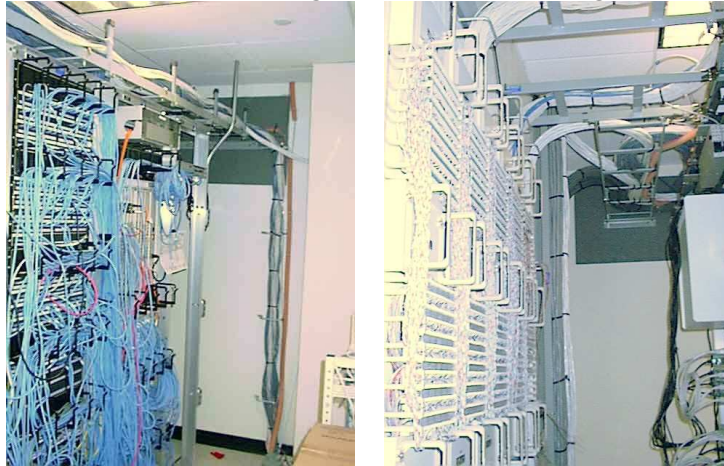


FOA Fiber Optic PPT  
©2008 The Fiber Optic Association, Inc.

47

Η πιο πρόσφατη εφαρμογή είναι η απ'ευθείας σύνδεση οπτικής ίνας στην κατοικία (Fiber To The Home – FTTH) παρέχοντας πρακτικά απεριόριστο bandwidth, Που περιορίζεται μόνο από τα ηλεκτρονικά συστήματα του πελάτη και του παρόχου.

## Εσωτερικές εγκαταστάσεις



FOA Fiber Optic PPT  
©2008 The Fiber Optic Association, Inc.

48

Εσωτερικές καλωδιώσεις σημαίνει πολλά καλώδια –χαλκός και ίνες που καταλήγουν σε δωμάτια εξοπλισμού

FOTM, Κεφάλαιο 9,12,13,15, DVVC, Κεφάλαιο 11, 15



## Εσωτερικές εγκαταστάσεις



FOA Fiber Optic PPT  
©2008 The Fiber Optic Association, Inc.

49

Οι εγκαταστάτες εσωτερικής καλωδίωσης χρειάζονται απλά μια συλλογή εργαλείων για τον τερματισμό των καλωδίων και ένα απλό όργανο για τον έλεγχο και την πιστοποίηση του δικτύου. Ο χώρος εργασίας είναι συνήθως πολύ περιορισμένος.

FOTM, Κεφάλαιο 9,12,13,15, DVVC, Κεφάλαιο 11, 15

## Συστατικά καλωδίου οπτικών ινών

- Καλώδιο προστατεύει την ίνα από το περιβάλλον
- Συνδετήρες ενώνουν ίνες ή τις συνδέουν σε ενεργές συσκευές
- Splices ενώνουν δύο ίνες μόνιμα
- Υλικό για την τοποθέτηση, την προστασία κλπ των συνδετήρων ή των ενώσεων (splices)
- Εξοπλισμός ελέγχου για την πιστοποίηση της εγκατάστασης

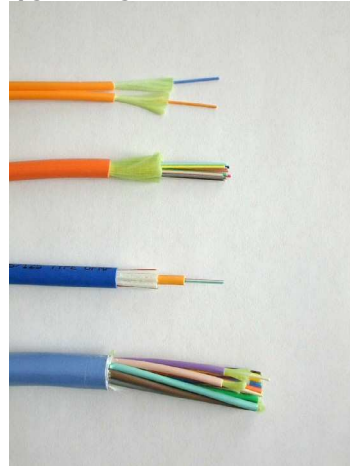


Ας δούμε τώρα αναλυτικά τα συστατικά ενός καλωδιακού συστήματος οπτικών ινών. Θα εξετάσουμε κάθε ένα αναλυτικά και θα δούμε και την εγκατάστασή του.

FOTM, Κεφάλαιο 4-7, DVVC, Κεφάλαιο 12-13

## Καλώδια οπτικής ίνας

- Tight buffer (Zipcord)
- Distribution (διανομής)
- Loose tube (χαλαρού σωλήνα)
- Tight buffer Breakout



FOA Fiber Optic PPT  
©2008 The Fiber Optic Association, Inc.

51

Ας δούμε τα διάφορα καλώδια που χρησιμοποιούνται για τις οπτικές ίνες. Αρχικά μας ενδιαφέρει η προστασία που πρέπει να παρέχει το καλώδιο.

Λόγω της ποικιλίας συνθηκών στις οποίες εκτίθενται, οι οπτικές ίνες εσωκλείονται σε πολλά επίπεδα προστασίας. Το πρώτο επίπεδο είναι μία προστατευτική επικάλυψη (buffer coating), που είναι μία λεπτή επίστρωση από ακρυλικό ή πλαστικό (plastic) ανθεκτικό στο υπεριώδες, η οποία προσκολλάται στην οπτική ίνα στο στάδιο της κατασκευής και προσφέρει προστασία απέναντι σε μηχανικές καταπονήσεις και υγρασία.

Το επόμενο επίπεδο αυξάνει την αντοχή της οπτικής ίνας και έχει τη μορφή χαλαρού ή σφιχτού σωλήνα. Έξω από αυτό υπάρχει ένα ακόμα επίπεδο προστασίας, συνήθως ίνες αραμιδίου (aramid, γνωστό και ως kevlar) το οποίο αυξάνει την αντοχή της ίνας στην έλξη.

Τέλος όλο το καλώδιο έχει συνθετικό κάλυμμα κατάλληλο για την προστασία του στο περιβάλλον όπου θα τοποθετηθεί.

Τα καλώδια σφιχτού πακέτου (tight buffer), τα καλώδια διανομής (distribution) και τα διαρρηγνύσιμα καλώδια (breakout) χρησιμοποιούνται σε εσωτερικές εγκαταστάσεις. Τα εξωτερικά καλώδια είναι κυρίως χαλαρού σωλήνα ώστε να υπάρχει χώρος για γέμισμα με αδιάβροχα υλικά.

FOTM, Κεφάλαιο 4,5,913, DVVC, Κεφάλαιο 11

## Καλώδιο οπτικής ίνας

Type	Application	#Fibers
Tight buffer	Building cable	1-48
	Single fiber	
	Zipcord	
	Breakout	
Distribution	Building cable	6-144
	Plenum	
Loose Tube	OSP	6-144+
	Aerial	
	Submarine	
Ribbon	OSP	72-288+
	Aerial	
	Submarine	



FOA Fiber Optic PPT  
©2008 The Fiber Optic Association, Inc.

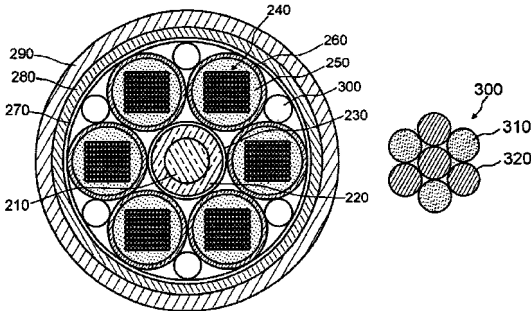
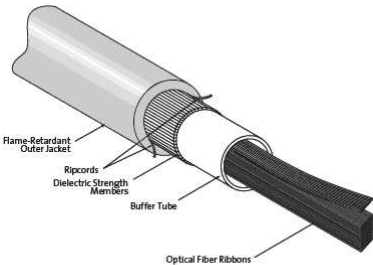
52

Εδώ εμφανίζονται οι διάφοροι τύποι καλωδίων:

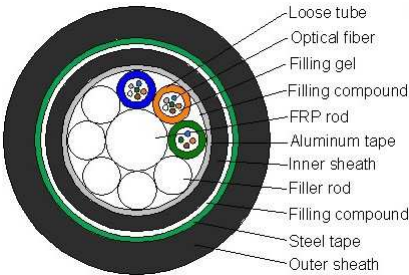
1. Τα καλώδια Tight buffer (σφιχτού δεσμού ή πακέτου) έχουν τρεις εκδόσεις :
  - Μία ίνα για καλώδια μικτονόμησης
  - Zipcord χρησιμοποιείται ως έτοιμο καλώδιο μικτονόμησης (patchcord) για σύνδεση πομποδεκτών ή για διασύνδεση συσκευών
  - Breakout cable (διαρρηγνυόμενο καλώδιο), με πολλαπλά μονά καλώδια μέσα σε ένα κάλυμμα για εσωτερικές εγκαταστάσεις, κάθε καλώδιο τερματίζεται σε δικό του συνδετήρα.
2. Καλώδιο διανομής (Distribution cable) είναι καλώδιο εσωτερικής χρήσης με πολλαπλές ίνες κάθε μια από τις οποίες διαθέτει απλή προστατευτική επίστρωση 900μm το οποίο πρέπει να τερματίζεται μέσα σε patch panel για προστασία.
3. Τα καλώδια χαλαρού σωλήνα (Loose Tube) είναι διαθέσιμα σε πολλές εκδόσεις τόσο για υπόγεια, όσο και για εναέρια ή ακόμα και υποβρύχια χρήση. Είναι επίσης ενισχυμένα κατάλληλα για θάψιμο ώστε να αντέχουν σε επιθέσεις απο τρωκτικά
4. Το Ribbon cable έχει 12 ή 24 ίνες τοποθετημένα πολύ σφιχτά για εξοικονόμηση χώρου και χρήσεις όπως τα καλώδια χαλαρού σωλήνα .

FOTM, Κεφάλαιο 4,5,913, DVVC, Κεφάλαιο 11

# Ribbon cable



# Direct buried FO cable





## Κριτήρια επιλογής καλωδίου οπτικής ίνας

- Κόστος
- Καταλληλότητα για την εφαρμογή (κτίριο, riser, εναέρια, υπόγεια, υποβρύχιο, etc.)
- Πλεονάζον καλώδιο για μελλοντικές αναβαθμίσεις
- Ικανοποιεί απαιτήσεις περιβάλλοντος
- Επιλογή υλικού συμβατού με τα καλώδια



### Επιλογή Καλωδίων

Εφ'όσον υπάρχουν διαφορετικοί τύποι καλωδίων, η επιλογή ενός για συγκεκριμένη εγκατάσταση είναι ένα σημαντικό ζήτημα

Οι παράγοντες που εξετάζονται για την επιλογή του καλωδίου είναι

1. Απαιτήσεις για τωρινό και μελλοντικό εύρος ζώνης
2. Αποδεκτός ρυθμός εξασθένησης (attenuation).
3. Μήκος καλωδίου
4. Κόστος εγκατάστασης.
5. Μηχανικές απαιτήσεις (ανθεκτικότητα, γυάλισμα, ευκαμψία, αντίσταση στη φωτιά, άκαπνη καύση).
6. Απαιτήσεις UL/NEC.
7. Πηγή σήματος (coupling efficiency, power output, receiver sensitivity).
8. Συνδετήρες και τερματισμοί.
9. Απαιτήσεις διαστάσεων καλωδίου.
10. Περιβάλλον (θερμοκρασία, τοποθεσία, υγρασία).
11. Συμβατότητα με ήδη εγκατεστημένα συστήματα.

FOTM, Κεφάλαιο 4,5,913, DVVC, Κεφάλαιο 11



## Προδιαγραφές για καλώδια οπτικής ίνας

- Προδιαγραφές εγκατάστασης
  - Φορτίο έλκυσης (Tensile load)
  - Ακτίνα στροφής (Bend radius)
  - Διάμετρος κατασκευής
  - Θερμοκρασία
- Προδιαγραφές Περιβάλλοντος
  - Θερμοκρασία
  - Μόνιμη ακτίνα στροφής
  - Τοπικοί ηλεκτρολογικοί κανονισμοί
  - Μόνιμο φορτίο έλκυσης
  - Αντοχή σε φλόγα
  - Αντοχή σε τρωκτικά
  - Αντίσταση στο νερό
  - Φορτία σύνθλιψης
  - Αντίσταση σε διάβρωση
  - Αντίσταση σε χημικά
  - Αντίσταση σε κρούσεις
  - Δονήσεις



FOA Fiber Optic PPT  
©2008 The Fiber Optic Association, Inc.

57

Επίσης για την επιλογή καλωδίου καλό είναι να λαμβάνονται υπόψιν δύο παράγοντες

1. Πως θα εγκατασταθεί το καλώδιο.
2. Ποιό θα είναι το περιβάλλον μετά την εγκατάσταση.

Αυτές είναι απλές οδηγίες για την επιλογή καλωδίων για κάθε εγκατάσταση. Οι κατασκευαστές έχουν πληθώρα καλωδίων, συνεπώς καλό είναι να λαμβάνονται υπόψιν προϊόντα πολλών κατασκευαστών πριν την τελική επιλογή

FOTM, Κεφάλαιο 4,5,913, DVVC, Κεφάλαιο 11

## Διαλέγοντας οπτική ίνα

- Εγκατάσταση της καλύτερης πολύτροπης ίνας
  - OM3 - laser 50/125 (το καλύτερο)
  - OM2 - 50/125
  - OM3 - 62.5/125 FDDI grade
- Συμπεριλαμβάνονται πλεονάζοντα καλώδια
- Να συμπεριλαμβάνονται μονότροπες ίνες σε καλώδιο πολύτροπων (υβριδικό – hybrid)
- Να συμπεριλαμβάνονται ίνες σε καλώδιο χαλκού (composite, σπάνια περίπτωση)



FOA Fiber Optic PPT  
©2008 The Fiber Optic Association, Inc.

58

Για περισσότερα από 15 χρόνια το τυπικό πολύτροπο καλώδιο είναι το 62.5/125 (FDDI grade) γιατί υποστηρίζει το εύρος ζώνης του FDDI. Υπάρχει μια αναγέννηση του ενδιαφέροντος για ένα παλιότερο τύπο καλωδίου το 50/125. Αυτό είναι κατάλληλο για υποστήριξη VCSELs μέχρι ταχύτητες 10Gbps που είναι πλέον τυπικές στα δίκτυα Gigabit Ethernet. Παρόλα αυτά δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συνεργασία με 62.5/125. Τυπικά όλα τα καλώδια μικτονόμησης πρέπει να ανήκουν στον ίδιο τύπο.

Οι οπτικές ίνες είναι πλέον φτηνές. Για το λόγο αυτό αξίζει να εγκαθιστά κανείς πλεονάζοντα ζεύγη ινών καθώς και μονότροπες ίνες μέσα σε καλώδια πολύτροπων (hybrid) ώστε να καλύπτονται και μελλοντικές ανάγκες.

Μερικές φορές ίσως υφίσταται λόγος οι οπτικές ίνες να μπαίνουν μαζί με χάλκινα καλώδια (composite cable) .

FOTM, Κεφάλαιο 4,5,913, DVVC, Κεφάλαιο 11

## Σχεδίαση καλωδίου

- Εσωτερικά
  - Μικρές αποστάσεις - breakout cable
  - Μεγαλύτερα μήκη -distribution cable
  - Όλα διηλεκτρικά
  - Με μόνωση PVC αν είναι διαθέσιμη
- Προδιαγραφές απόδοσης
  - Tensile load: 200-500 lbs max.
  - Εύρος Θερμοκρασίας: -10 έως +60 °C
  - Strength members: Kevlar®
  - Jacket: UL Rated
- *Ποτέ μην εγκαθιστάτε καλώδια χωρίς έγκριση UL για φωτιά!*



FOA Fiber Optic PPT  
©2008 The Fiber Optic Association, Inc.

59

Το καλώδιο Breakout είναι μεγαλύτερο και ακριβότερο αλλά για μικρές αποστάσεις προσφέρει αντοχή και μπορεί να τερματιστεί χωρίς patch panels

Για καλώδια κορμού τα καλώδια διανομής περιέχουν περισσότερες ίνες για δοσμένο πάχος καλωδίου και έτσι είναι μικρότερα διευκολύνοντας το πέρασμα σε κανάλια. Για την προστασία τους πρέπει καταλήγουν σε patch panels.

Όλα τα εσωτερικά καλώδια πρέπει να ικανοποιούν τις προδιαγραφές UL για για την συμπεριφορά τους στην καύση !

FOTM, Κεφάλαιο 4,5,913, DVVC, Κεφάλαιο 11

## Cable Ratings and Markings

GENERAL PHOTONICS OPTICAL FIBER CABLE OPTI-PAK 12R 2 FIBER 52.5/125 PDDI CUL2 CUL2 TYPE OFNR P/N CP00212R

- Όλες οι εγκαταστάσεις έχουν βαθμό σύμφωνα με το NEC (National Electrical Code) 770. Καλώδια χωρίς διακριτικά ποιότητας δε θα πρέπει να εγκαθίσταται γιατί απλά δεν περνούν την επιθεώρηση
- Οι χαρακτηρισμοί είναι
  - OFN optical fiber non-conductive
  - OFC optical fiber conductive
  - OFNG or OFCG γενικού σκοπού (General)
  - OFNR or OFCR riser καλώδια για κατακόρυφη καλωδίωση
  - OFNP or OFCP plenum rated
  - OFN-LS low smoke density



FOA Fiber Optic PPT  
©2008 The Fiber Optic Association, Inc.

60

Οι επιθεωρητές εγκαταστάσεων δεν ελέγχουν για ηλεκτρική ασφάλεια (εκτός αν το καλώδιο είναι αγώγιμο) αλλά για συμμόρφωση με προδιαγραφές φωτιάς

FOTM, Κεφάλαια 4,5,913, DVVC Κεφάλαιο 12

## Σχεδίαση καλωδίου

- Εξωτερικά
  - Χαλαρού σωλήνα
  - Με Αδιάβροχο ζελέ
  - Όταν χρειάζονται πολλές ίνες σκεφτείτε την περίπτωση των καλωδίων τύπου ταινίας (ribbon)
  - Πάντα Διηλεκτρικό
- Προδιαγραφές απόδοσης
  - Πίεση: 600 lbs max.
  - Strength members: fiberglass & Kevlar®
  - Εύρος θερμοκρασίας -40 to +60 °C
  - Αντίσταση στη διάβρωση, ίσως και οπλισμένη
  - Κάλυμμα: Μαύρο πολυαιθυλένιο



FOA Fiber Optic PPT  
©2008 The Fiber Optic Association, Inc.

61

Όλα τα καλώδια για εξωτερική χρήση είναι χαλαρού σωλήνα για την υποδοχή αδιαβροχοποιητικών υλικών όπως ζελέ.

Τα καλώδια εξωτερικής εγκατάστασης αν είναι υπόγεια πρέπει να είναι προστατευμένα εναντίον των τρωκτικών

Καλώδια που θα τοποθετηθούν μέσα σε κανάλια πρέπει να διαθέτουν κατάλληλη αντοχή σε έλξη και κατά την εγκατάστασή τους πρέπει να λιπανθούν και να έλκονται με κατάλληλο εξοπλισμό.

FOTM, Κεφάλαια 4,5,913, DVVC,Κεφάλαια 12

## Σχεδίαση καλωδίου

- Υβριδικό καλώδιο
  - Περιέχει δύο τύπου ίνες, συνήθως μονότροπη και πολύτροπη
  - Σύνηθες σε κορμό, επιτρέπει αναβαθμίσεις
- Composite Cable
  - Οπτική ίνα και χαλκός
  - Στο χαλκό ρεύμα τροφοδοσίας ή σήμα



## Συνδετήρες και ενώσεις οπτικής ίνας

- Συνδετήρες
  - Αποσπώμενες απολήξεις για οπτική ίνα
  - Σύνδεση σε πομπούς και δέκτες
- Splices (Ενώσεις)
  - Μόνιμος τερματισμός και ένωση δύο οπτικών ινών



FOA Fiber Optic PPT  
©2008 The Fiber Optic Association, Inc.

63

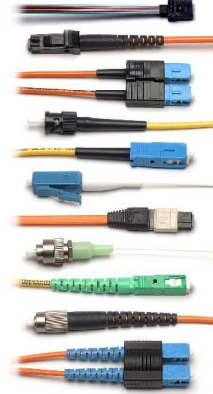
Σημαντικό μέρος της τεχνολογίας οπτικών ινών είναι ο τερματισμός τους. Δύο όροι είναι οι συνδετήρες (connectors) και οι ενώσεις (Splices)

Οι συνδετήρες και οι ενώσεις χρησιμοποιούνται για να ενώσουν δύο οπτικές ίνες. Οι ενώσεις, δημιουργούν μόνιμη ένωση ενώ οι συνδετήρες ενώνουν την ίνα σε πομπό ή δέκτη και είναι αποσπώμενοι. Ενώ έχουν κοινές απαιτήσεις (π.χ. χαμηλή εξασθένηση, οι συνδετήρες επιπλέον απαιτούν αντοχή οι ενώσεις αναμένεται να κρατήσουν για πολλά χρόνια

FOTM, Chapter 6,7,9, DVVC, Chapter 12, 14

## Συνδετήρες οπτικής ίνας

- Πολύτροπες
  - ST or SC
  - Small form factor, LC
  - Terminate in field
- Μονότροπες
  - SC, LC, άλλα
  - Ενώσεις



FOA Fiber Optic PPT  
©2008 The Fiber Optic Association, Inc.

64

Οι Πολύτροπες εγκαταστάσεις χρησιμοποιούν ST ή SC συνδετήρα, με αυξανόμενο αριθμό LC SFF (Small Form Factor) συνδετήρων. Το LC είναι πλέον το standard για εκπομπή/λήψη 1Gb/s και γρηγορότερα.

Οι Μονότροπες εφαρμογές χρησιμοποιούν SC ή LCs

FOTM, Chapter 6,7,9, DVVC, Chapter 12, 14



## Συνδετήρες οπτικής ίνας

- Προδιαγραφές
  - Απώλειες
  - Επαναληψιμότητα
  - Περιβάλλον (θερμοκρασία, υγρασία, πίεση, κτλ.)
  - Αξιοπιστία
  - Ανάκλαση
  - Ευκολία τερματισμού
  - Κόστος



Τι είναι σημαντικό στην απόδοση ενός συνδετήρα οπτικής ίνας?

Ο πιο σημαντικός παράγοντας είναι οι απώλειες φωτός, όσο λιγότερο τόσο το καλύτερο. Αλλά επιθυμούμε ο συνδετήρας να είναι επαναχρησιμοποιούμενος. Αυτό σημαίνει όλοι οι συνδετήρες να έχουν περίπου την ίδια απώλεια και η απώλεια να μην αυξάνει με τη χρήση.

Οι συνδετήρες πρέπει να σχεδιάζονται έτσι ώστε να ικανοποιούν προδιαγραφές αλλαγής περιβάλλοντος. Αυτό δεν είναι πρόβλημα σε εσωτερική εγκατάσταση αλλά σε εξωτερικές εγκαταστάσεις αλλάζουν η θερμοκρασία και η υγρασία. Σκεφτείτε τους συνδετήρες σε ένα αεροσκάφος, τια αλλαγές και τους κραδασμούς που πρέπει να υπομένουν.

Ο όρος Αξιοπιστία δηλώνει το να διατηρείται χαμηλή η απώλεια σε όλο το χρόνο ζωής

Τέλος η Ανάκλαση είναι σημαντική αφού δημιουργεί οπτικό θόρυβο

## Ιστορικό συνδετήρων

LC

SC

Biconic

Deutsch



FOA Fiber Optic PPT  
©2008 The Fiber Optic Association, Inc.

66

- Τέσσερις γενιές συνδετήρων έχουν αναπτυχθεί και αναμενόμενα το μέγεθος τους να μικραίνει:
- Στο τέλος είναι ο Deutsch 1000, από τους πρώτους συνδετήρες. Κρατάει τη ίνα με πλαστικούς φακούς με τη βοήθεια λιπαντικού
  - Πιο πάνω είναι ο Biconic, ο εμπορικός συνδετήρας της AT&T. Το Biconic ferrule είναι θερμοπλαστικό.
  - Το SC είναι της Ιαπωνικής NTT και χρησιμοποιεί κεραμικό ferrule με χαμηλή απώλεια ακόμη και με ίνα SM. Χρησιμοποιείται αρκετά ακόμη και σήμερα
  - Το LC χρησιμοποιεί μικρό κεραμικό ferrule έτσι ώστε ο συνδετήρας να είναι μικρός και με καλύτερη απόδοση από την SC.

FOTM, Chapter 6,7,9, DVVC,Chapter 13, 14

## Αναγνώριση συνδετήρων

ST



LC



SC



MTP



FOA Fiber Optic PPT  
©2008 The Fiber Optic Association, Inc.

67

Πως αναγνωρίζουμε τον τύπο συνδετήρα? Ακολουθούμε τις παρακάτω οδηγίες:

- Ο ST (an AT&T Trademark) είναι ο πιο διαδεδομένος για πολύτροπα δίκτυα (πλειοψηφία κτιρίων) Έχει bayonet βίδωμα και ένα μικρό κυλινδρικό ferruleγια να κρατιέται η ίνα. Τα περισσότερα ferrules είναι κεραμικά και λίγα πλαστικά ή μεταλλικά. Και επειδή λειτουργούν με ελατήριο, πρέπει να εγκατασταθούν σωστά
- Ο SC είναι μονότροπος συνδετήρας υψηλής απόδοσης. Είναι απλός στο «βάλε-βγάλε». Επίσης, διατίθεται σαν ζευγάρι.
- Ο LC είναι νέος συνδετήρας που χρησιμοποιεί ένα 1.25 mm ferrule, με το μισό μεγέθους του SC.
- Ο MT είναι συνδετήρας για 12 ίνες.

DVVC, Chapter 13

FOTM, Chapter 4,5,913

## Μικτές Συνδέσεις (Μετατροπείς) Συνδετήρων

ST-FC

SC-FC

SC-ST



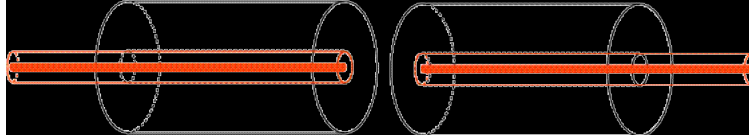
FOA Fiber Optic PPT  
©2008 The Fiber Optic Association, Inc.

68

Επειδή η πλειονότητα των συνδετήρων χρησιμοποιούν τον 2.5mm κεραμικό κυλινδρικό κρίκο (ferrule), μπορούμε να τους ενώσουμε με μετατροπείς όπως αυτοί της εικόνας. Υπάρχουν μετατροπείς από ST σε FDDI ακόμα και για ESCON.

FOTM, Chapter 6,7,9, DVVC, Chapter 13, 14

## Ferrules Συνδετήρων



FOA Fiber Optic PPT  
©2008 The Fiber Optic Association, Inc.

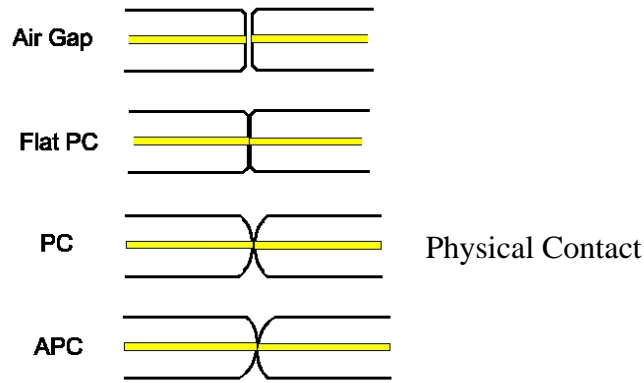
69

Οι περισσότεροι συνδετήρες είναι σχεδιασμένοι έτσι ώστε να ευθυγραμμίζουν τις δύο άκρες της ίνας με όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ακρίβεια. Η συνηθέστερη μέθοδος είναι η χρήση δύο κυλίνδρων με μία τρύπα στη μέση με διαστάσεις ίνας. Οι συνδετήρες οπτικών ινών είναι συνήθως «αρσενικού» τύπου με τον κύλινδρο (ferrule) να προεξέχει. Ο προεξέχων κύλινδρος πρέπει να λειανθεί αφού η ίνα κολληθεί εντός του.

Οι συνδετήρες μπορεί να έχουν μεταλλικούς, γυάλινους, πλαστικούς και κεραμικούς κυλίνδρους (ferrule) για την ακριβέστερη ευθυγράμμιση των ινών. Ωστόσο, οι κεραμικοί αποτελούν την καλύτερη επιλογή. Είναι εύκολο να «δεθεί» με την γυάλινη ίνα με εποξικές κόλλες και είναι κατάλληλοι για γρήγορη λείανση της ίνας. Επιπλέον το κόστος τους είναι το χαμηλότερο για χρήση στους συνδετήρες οπτικών ινών.

FOTM, Chapter 6,7,9, DVVC,Chapter 13, 14

## Απολήξεις Συνδετήρων



FOA Fiber Optic PPT  
©2008 The Fiber Optic Association, Inc.

70

Οι οπτικοί συνδετήρες έχουν πολλά και διαφορετικά ferrule σχήματα ή απολήξεις, που ονομάζονται συχνά **polishes**. Αρχικά οι συνδετήρες είχαν ένα κενό αέρα μεταξύ τους προκειμένου να μην μπορούν να περιστρέφονται και να δημιουργούν γρατζουνιές στις άκρες της ίνας.

Το κενό αυτό προκαλεί ανάκλαση όταν το φως συναντά την αλλαγή του δείκτη διάθλασης από την γυάλινη ίνα στο κενό αέρα. Αυτή η ανάκλαση ονομάζεται **back reflection** ή **optical return loss** και μπορεί να αποτελέσει πρόβλημα στα συστήματα με laser. Οι συνδετήρες χρησιμοποιούν μια σειρά από τεχνικές λείανσης προκειμένου να εξασφαλίσουν φυσική επαφή των απολήξεων των ινών μειώνοντας το **back reflection**.

Οι ST και FC ήταν σχεδιασμένοι να εφάπτονται σφικτά, το οποίο ονομάζεται συνδετήρες φυσικής επαφής (PC). Μειώνοντας το κενό αέρα μειώθηκε και το back reflection (πολύ σημαντικό στις μονότροπες οπτικές ίνες με laser) από την στιγμή που το φως έχει περίπου 5% απώλειες (~0.25 dB) σε κάθε κενό αέρα και το φως ανακλάται πίσω στην ίνα. Ενώ οι συνδετήρες με κενό αέρα τυπικά έχουν απώλειες της τάξης των 0.5 dB ή περισσότερο και return loss 20 dB, οι PC έχουν τυπικές απώλειες της τάξης των 0.3 dB και return loss από 30 έως 40 dB.

Κάνοντας τους ferrules των συνδετήρων κυρτούς (convex) είχαμε καλύτερες συνδέσεις. Οι **convex ferrules** είχαν τους πυρήνες σε επαφή. Οι απώλειες ήταν κάτω από 0.3 dB και return loss 40 dB ή καλύτερα.

Η τελική λύση για μονότροπα συστήματα που είναι ευαίσθητα στις ανακλάσεις, όπως το CATV, ήταν το κύρτωμα της άκρης του ferrule 8 μοίρες και να γίνει αυτό που ονομάζεται APC ή Angled PC connector. Έτσι το ανακλώμενο φως βρίσκεται σε γωνία που απορροφάται από την επίστρωση της ίνας.

## Διαδικασία Τερματισμού Συνδετήρα

- Κόλλημα/Λείανση
- Καυτό Λιώσιμο (3M trademark)
- Αναερόβια
- Τοποθέτηση (crimp)/Λείανση
- Τοποθέτηση (Crimp)/Κόψιμο
- Μηχανική Σύνδεση



FOA Fiber Optic PPT  
©2008 The Fiber Optic Association, Inc.

71

Κόλλημα (Epoxy)/Λείανση (Polish): Οι περισσότεροι συνδετήρες είναι τύπου «epoxy/polish» όπου η ίνα κολλά στον συνδετήρα με εποξική κόλλα και η άκρη του ferrule λειαίνεται με ειδικά λειαντικά φιλμ. Αυτό παρέχει την πιο αξιόπιστη σύνδεση, μικρότερες απώλειες και μικρότερο κόστος, ειδικά εάν κάνετε πολλές συνδέσεις. Η κόλλα μπορεί αφεθεί μια μέρα ή να τοποθετηθεί σε έναν φούρνο για μερικά λεπτά.

“Καυτό λιώσιμο”: Εδώ ο συνδετήρας έχει ήδη την κόλλα μέσα του. Τοποθετείτε τον συνδετήρα σε έναν ειδικό φούρνο και σε μερικά λεπτά η κόλλα έχει λιώσει και αφαιρείτε τον συνδετήρα και τοποθετείτε την ίνα. Αφήστε το να κρυώσει και είναι έτοιμο για λείανση.

Τοποθέτηση/Λείανση: Αντί να κολλήσετε την ίνα στον συνδετήρα, αυτοί οι συνδετήρες έχουν **crimp** στην ίνα για να την κρατάνε. Μεγαλύτερες απώλειες για γρηγορότερη σύνδεση.

Οι crimp/cleave συνδετήρες απλά κόβουν την ίνα για να γίνει ο τερματισμός. Δεν χρειάζεται λείανση. Οι απώλειες είναι μεγαλύτερες.

Πολλοί κατασκευαστές προσφέρουν συνδετήρες οι οποίοι έχουν ένα μικρό κομμάτι ίνας έτοιμο και κολλημένο μέσα στο ferrule και τέλεια λειασμένο. Έτσι θα πρέπει μόνο να κόψετε μία ίνα και να την τοποθετήσετε. Αυτοί οι συνδετήρες είναι αρκετά ακριβοί και θα πρέπει να κάνετε καλό κόψιμο για να πετύχετε μικρές απώλειες.

## Τερματισμός Συνδετήρα - Adhesive/Polish



### Απογύμνωση της ίνας



FOA Fiber Optic PPT  
©2008 The Fiber Optic Association, Inc.

72

Θα χρειαστείτε να εκτελέσετε δύο διαφορετικές διεργασίες για την προετοιμασία του τερματισμού του καλωδίου. Το εργαλείο απογύμνωσης θα απογυμνώσει την ίνα και έπειτα θα πρέπει να αφαιρέσετε προσεκτικά το **buffer** με τον απογυμνωτή της ίνας με μια σειρά από μικρές απογυμνώσεις. Οι οδηγίες του συνδετήρα που θα χρησιμοποιήσετε θα πρέπει να περιλαμβάνουν ένα σχέδιο των απαιτούμενων διαστάσεων του καλωδίου προς τερματισμό.

FOTM, Chapter 6,7,9, DVVC, Chapter 13, 14

Also see the “Virtual Hands-On” section of Lennie Lightwave’s Guide



## Τερματισμός Συνδετήρα



Εφαρμόστε την κόλλα



FOA Fiber Optic PPT  
©2008 The Fiber Optic Association, Inc.

73

Τοποθετείστε την βελόνα μέσα στον συνδετήρα όσο πάει. Ελαφρώς πιέστε μέχρι να εμφανιστεί μία σταγόνα κόλλας στην άκρη του ferrule.

Τραβήξτε την βελόνα στα μισά του συνδετήρα. Ελαφρώς πιέστε πάλι για να βγει και άλλη κόλλα μέσα στον συνδετήρα. Σταματήστε όταν αρχίσει να βγαίνει κόλλα πίσω από τον συνδετήρα.

Υπάρχουν άλλη δύο τύποι κόλλας:

Αναερόβιοι είναι γρήγορες κόλλες.

Στο «Καυτό λιώσιμο» η κόλλα θερμαίνεται και λιώνει μέσα στον συνδετήρα, μετά εισάγεται η ίνα και ο συνδετήρας «κρυώνει».

FOTM, Chapter 6,7,9, DVVC,Chapter 13, 14

Also see the “Virtual Hands-On” section of Lennie Lightwave’s Guide

## Τερματισμός Συνδετήρα



Πρεσάρισμα στο καλώδιο



FOA Fiber Optic PPT  
©2008 The Fiber Optic Association, Inc.

74

Κατά τον τερματισμό θα πρέπει να πρεσάρετε τον συνδετήρα ώστε μηχανικά να κάνει επαφή στα **strength members** του καλωδίου.

FOTM, Chapter 6,7,9, DVVC,Chapter 13, 14

Also see the “Virtual Hands-On” section of Lennie Lightwave’s Guide

## Τερματισμός Συνδετήρα



### Κόψιμο της Ίνας



FOA Fiber Optic PPT  
©2008 The Fiber Optic Association, Inc.

75

Όταν στεγνώσει η κόλλα, το επόμενο βήμα είναι να κόψουμε το κομμάτι της ίνας που προεξέχει από το ferrule. Κρατήστε τον συνδετήρα στο ένα χέρι και στο άλλο το εργαλείο χάραξης (scribe). Κρατώντας το εργαλείο, απαλά χαράξτε 3 φορές στο σημείο που προεξέχει από το ferrule. Πιάστε το κομμάτι γυαλιού. Θα πρέπει να σπάσει αλλά θα μείνει και λίγο στην άκρη και μπορεί να είναι κοφτερό. Πετάξτε το κομμάτι προσεκτικά σε ειδικό καλάθι. Τα κομμάτια της ίνας είναι επικίνδυνα, και μπορούν να κολλήσουν στα δάχτυλα σας ή να μπουν στα μάτια σας και να προκαλέσουν σημαντικές βλάβες.

FOTM, Chapter 6,7,9, DVVC,Chapter 13, 14

Also see the “Virtual Hands-On” section of Lennie Lightwave’s Guide

## Τερματισμός Συνδετήρα



“Air Polishing”



FOA Fiber Optic PPT  
©2008 The Fiber Optic Association, Inc.

76

Λειάνετε (Air Polish) το κομμάτι που προεξέχει αρχικά με ένα φιλμ 12μ κρατώντας το όπως φαίνεται. Λειάνετε την άκρη για 10 έως 20 δευτερόλεπτα. Παρατηρήστε ότι ο ήχος γίνεται πιο «σιωπηλός». Λειάνετε απαλά και όχι πολύ. Ελέγξτε οπτικά την άκρη. Θα πρέπει να υπάρχει λίγο κόλλα ακόμα και το γυαλί θα είναι τραχύ. Το επόμενο βήμα θα απομακρύνει την υπόλοιπη κόλλα και την προεξέχουσα ίνα.

FOTM, Chapter 6,7,9, DVVC,Chapter 13, 14

Also see the “Virtual Hands-On” section of Lennie Lightwave’s Guide

## Τερματισμός Συνδετήρα



### Λείανση



FOA Fiber Optic PPT  
©2008 The Fiber Optic Association, Inc.

77

Χρησιμοποιήστε φύλλα των 3 και 0.3 micron φιλμ στην πλακέτα λείανσης. Εάν θέλετε να λειάνετε PC (physical contact –ή concave) ferrules, χρησιμοποιήστε λαστιχένια πλακέτα μεταξύ του φιλμ λείανσης και της πλακέτας.

Πάντοτε να κρατάτε την θήκη στο χέρι σας και μετά βάλτε τον συνδετήρα. Μαλακά τοποθετήστε την θήκη με τον συνδετήρα στο φιλμ που βρίσκεται στην πλακέτα λείανσης. Να θυμάστε ότι η άκρη είναι γυαλί που μπορεί εύκολα να καταστραφεί.

Πολύ απαλά κάντε 4 ή 5 «οχτάρια» καθώς λειάνετε την άκρη. Θα νιώσετε το μαλάκωμα της άκρης καθώς η εποξική κόλλα θα ξεκολλά και η κεραμική επιφάνεια του ferrule θα εφάπτεται με την πλακέτα. Μην υπέρ-λειάνετε την άκρη.

Πολύ μαλακά τοποθετήστε την θήκη με τον συνδετήρα που κρατάτε στο φιλμ 0.3μ. Με σχεδόν καθόλου πίεση κάντε έξι «οχτάρια». Βγάλτε τώρα την άκρη από την θήκη και καθαρίστε την με ένα μαντίλι ποτισμένο με αλκοόλ. Η σύνδεση είναι τώρα έτοιμη για οπτικό έλεγχο της άκρης.

FOTM, Chapter 6,7,9, DVVC, Chapter 13, 14

Also see the “Virtual Hands-On” section of Lennie Lightwave’s Guide

## Τερματισμός Συνδέσεων



### Έλεγχος με το Μικροσκόπιο



FOA Fiber Optic PPT  
©2008 The Fiber Optic Association, Inc.

78

Σε αυτό το σημείο, ελέγξτε την λειασμένη άκρη του ferrule με το μικροσκόπιο για να δείτε ότι η εποξική κόλλα έχει αφαιρεθεί τελείως και η άκρη δεν έχει εκδορές.

Υπάρχουν πολλά μικροσκόπια ελέγχου διαθέσιμα με δυνατότητα μεγέθυνσης από 100X έως 400X.

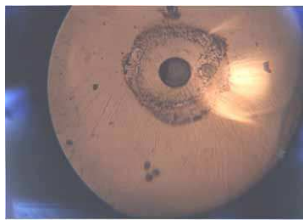
FOTM, Chapter 6,7,9,17, DVVC, Chapter 12,13, 14

Also see the “Virtual Hands-On” section of Lennie Lightwave’s Guide

## Τερματισμός Συνδετήρα



Απευθείας όψη με  
φώτιση του  
πυρήνα



Όψη υπό γωνία



FOA Fiber Optic PPT  
©2008 The Fiber Optic Association, Inc.

79

Μία απευθείας όψη με 100 φορές μεγέθυνση θα πρέπει να φαίνεται κάπως έτσι: Η φωτεινή κουκίδα στο κέντρο είναι ο πυρήνας της ίνας και το μαύρο δαχτυλίδι γύρω της η επίστρωση. Σε αυτόν τον συνδετήρα παρατηρείστε την σκοτεινή περιοχή στα αριστερά του πυρήνα στην επίστρωση. Αυτό φαίνεται να είναι ένα μικρό ράγισμα στην ίνα το οποίο επηρεάζει την επίστρωση και όχι τον πυρήνα οπότε και δεν αποτελεί πρόβλημα. Εάν το ράγισμα ήταν στον πυρήνα δεν θα βλέπαμε μία στρογγυλή κουκίδα.

Θα πρέπει επίσης να δείτε την άκρη με το μικροσκόπιο υπό γωνία, εάν αυτό είναι δυνατόν με το συγκεκριμένο μικροσκόπιο. Η όψη υπό γωνία θα εμφανίσει τις όποιες ανωμαλίες στην επιφάνεια. Μπορείτε να δείτε από την παραπάνω εικόνα μια μικρή ποσότητα κόλλας στην άκρη του ferrule το οποίο εμφανίζεται ως σκοτεινό ακανόνιστο δαχτυλίδι γύρω από την ίνα. Μπορείτε επίσης να δείτε την σκοτεινή περιοχή στα αριστερά της ίνας το οποίο είναι το μικρό ράγισμα που είδαμε και προηγουμένως. Εάν παρατηρήσετε εκδορές θα πρέπει να χρησιμοποιήσετε και πάλι το 0.3μ φιλμ και να λειάνετε με 1-2 «οχτάρια» για να εξαφανιστούν.

FOTM, Chapter 6,7,9,17, DVVC, Chapter 12,13, 14

Also see the “Virtual Hands-On” section of Lennie Lightwave’s Guide

## Αναερόβια/Λείανση

- Τρεις μέθοδοι
  - Αλείψτε την ίνα με κόλλα πριν την εισάγετε στον συνδετήρα
  - Βάλτε την κόλλα, και ψεκάστε τον επιταχυντή στην ίνα στην άκρη του ferrule
  - Βάλτε την κόλλα και βυθίστε την ίνα στο επιταχυντικό υλικό



FOA Fiber Optic PPT  
©2008 The Fiber Optic Association, Inc.

80

### Αναερόβια κόλλα (Anaerobic Adhesive)

Οι αναερόβιες χρησιμοποιούνται αντί των εποξικών κολλών για γρήγορο τερματισμό.

Υπάρχουν πολλοί τρόποι για να γίνει η γρήγορη εφαρμογή των αναερόβιων.

1. Η μέθοδος που προτείνουμε δεν χρησιμοποιεί επιταχυντή. Η κόλλα που προτείνουμε (Loctite(R) 648) θα πήξει σε 3-5 λεπτά χωρίς επιταχυντή, και εξαρτάται από την θερμοκρασία περιβάλλοντος.
2. Βάλτε την κόλλα μέσα στον συνδετήρα με μια σύριγγα και μετά βάλτε την ίνα μέσα στον συνδετήρα. Ψεκάστε τον επιταχυντή στην άκρη του ferrule. Μετά από αυτό θα έχουν μείνει υπολείμματα στον συνδετήρα τα οποία θα πρέπει να καθαριστούν. Πολλοί επιταχυντές είναι εξαιρετικά εύφλεκτοι και απαιτούν μεγάλη προσοχή.
3. Βάλτε την κόλλα στον συνδετήρα με μία σύριγγα και βυθίστε την ίνα σε διάλυμα επιταχυντή και μετά βάλτε την ίνα στον συνδετήρα. Αυτό πρέπει να το κάνετε γρήγορα για να μην πήξει η κόλλα.

Η διαδικασία της λείανσης είναι η ίδια.

DVVC, Chapter 15

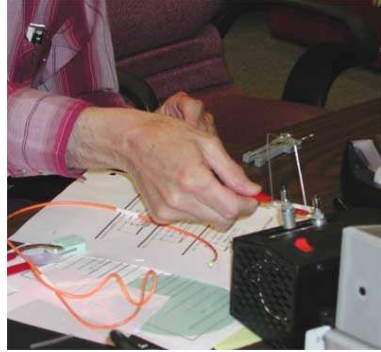
FOTM, Chapter 4,5,913

Also see the "Virtual Hands-On" section of Lennie Lightwave's Guide



## 3M Καυτό Λιώσιμο/Λείανση

- Η κόλλα προϋπάρχει στον συνδετήρα
- Θέρμανση του συνδετήρα για να λιώσει η κόλλα
- Βάλτε την ίνα
- Κόψτε και λειάνετε όπως συνήθως



FOA Fiber Optic PPT  
©2008 The Fiber Optic Association, Inc.

81

Οι Hot Melt συνδετήρες χρησιμοποιούν κόλλα που προϋπάρχει στον συνδετήρα. Η διαδικασία τερματισμού περιλαμβάνει την θέρμανση του συνδετήρα μέχρι η κόλλα να γίνει υγρή, και έπειτα την εισαγωγή της ίνας. Έπειτα την αφήνετε να κρυώσει πριν το κόψιμο και την λείανση.

Η κόλλα χρειάζεται τουλάχιστον 1 λεπτό στον φούρνο αλλά δεν πρέπει να ξεπερνά τα 10 λεπτά.

Πριν ξεκινήσετε, ανάψτε τον φούρνο και αφήστε τον να θερμανθεί τουλάχιστον 5 λεπτά.

Βάλτε τον συνδετήρα στον φούρνο αφήστε τον να θερμανθεί.

Ενώ περιμένετε κόψτε και καθαρίστε την ίνα.

Βγάλτε τον συνδετήρα και βάλτε την ίνα μέσα του.

Αφήστε τον να κρυώσει για να δέσει η κόλλα.

Κόψτε και λειάνετε.

Εάν αντιμετωπίσετε προβλήματα με την φάση του κοψίματος/λείανσης, συνήθως μπορείτε να ξαναχρησιμοποιήσετε τον συνδετήρα.

Συμβουλή: Σιγουρευτείτε ότι έχετε τις οδηγίες τερματισμού για τον συγκεκριμένο συνδετήρα!

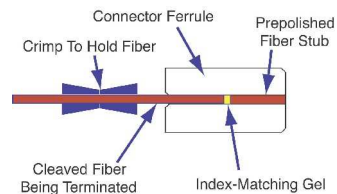
Προσοχή: Ο φούρνος λειτουργεί σε θερμοκρασίες 245-270 βαθμούς C. Μπορεί να προκαλέσει εγκαύματα εάν ακουμπήσετε τα μεταλλικά μέρη. Χρειάζεται εξαιρετική προσοχή η χρήση του! Επίσης μην αφήνετε τίποτε πάνω στον φούρνο, όπως χαρτιά!

DVVC, Chapter 15

FOTM, Chapter 4,5,913

Also see the "Virtual Hands-On" section of Lennie Lightwave's Guide

## Τερματισμός συνδετήρα - προ-λειασμένη ένωση



FOA Fiber Optic PPT  
©2008 The Fiber Optic Association, Inc.

82

Οι περισσότεροι κατασκευαστές προσφέρουν συνδετήρες που έχουν ένα μικρό κομμάτι ίνας κολλημένο στο ferrule και λειασμένο τέλεια προκειμένου εσείς απλά να κόψετε την ίνα και να την εισάγετε σαν ένωση.

Ενώ αυτή η τεχνική είναι γρηγορότερη, έχει αρκετά μειονεκτήματα. Τα εργαλεία είναι πιο πολύπλοκα και ακριβά όπως και οι συνδετήρες. Θα πρέπει να κάνετε καλό κόψιμο για να έχετε μικρές απώλειες. Ακόμα και αν κάνετε τα πάντα σωστά οι απώλειες θα είναι μεγαλύτερες επειδή έχετε απώλειες συνδετήρα και επιπλέον δύο απώλειες ενώσεων.

DVVC, Chapter 15

FOTM, Chapter 4,5,913

Also see the "Virtual Hands-On" section of Lennie Lightwave's Guide

Photo courtesy Corning Cabling Systems

## Διαδικασία προ-λειασμένου συνδετήρα

- Εισάγετε τον συνδετήρα στο εργαλείο
- Απογυμνώστε την ίνα
- Κόψτε την ίνα
- Βάλτε την ίνα στον συνδετήρα
- Cam and crimp
- Βγάλτε το από το εργαλείο
- Τοποθετήστε το boot



FOA Fiber Optic PPT  
©2008 The Fiber Optic Association, Inc.

83

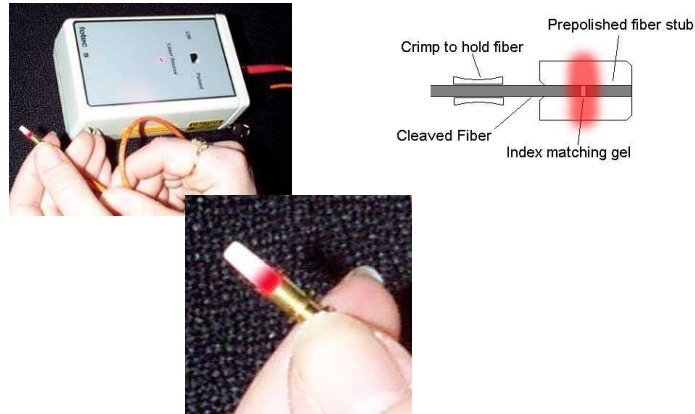
DVVC, Chapter 15

FOTM, Chapter 4,5,913

Also see the "Virtual Hands-On" section of Lennie Lightwave's Guide

Photo courtesy Corning Cabling Systems

## Τερματισμός Συνδετήρα



FOA Fiber Optic PPT  
©2008 The Fiber Optic Association, Inc.

84

Οι προ-λειανσμένοι συνδετήρες απαιτούν καλό κόψιμο στην ίνα γθα καλό τερματισμό και θα πρέπει να τοποθετήσετε πλήρως την ίνα στον συνδετήρα για να έχετε ένα μια καλή σύνδεση (splice). Χρησιμοποιώντας έναν **visible fault locator** (ένα φωτεινό κόκκινο laser συνδεδεμένο στην ίνα) σας επιτρέπει να δείτε την «απώλεια» στον συνδετήρα και να κάνετε διορθώσεις για καλό τερματισμό.

DVVC, Chapter 15

FOTM, Chapter 4,5,913

Also see the "Virtual Hands-On" section of Lennie Lightwave's Guide

## Ενώσεις Οπτικών Ινών

- Μόνιμοι Τερματισμοί Ινών
- Παράμετροι
  - Απώλειες
  - Επαναληπτικότητα
  - Περιβάλλον
  - Αξιοπιστία
  - Back reflection
  - Ευκολία Τερματισμού
  - Κόστος



FOA Fiber Optic PPT  
©2008 The Fiber Optic Association, Inc.

85

Οι ενώσεις είναι μόνιμες συνδέσεις οπτικών ινών.

Οι ενώσεις είναι απαραίτητες εάν το μήκος του καλωδίου είναι πολύ μεγάλο ή θέλετε να χρησιμοποιήσετε διαφορετικούς τύπους καλωδίων (όπως εάν θέλετε να γεφυρώσετε ένα 48 καλώδιο οπτικών ινών σε έξη 8 καλώδια οπτικών ινών).

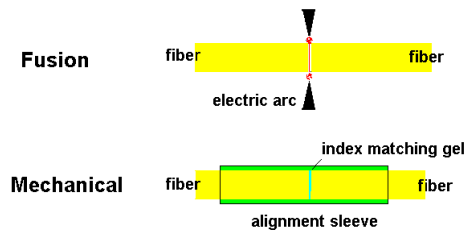
Μπορεί να έχουν διαφορετική χρησιμότητα, ωστόσο οι προδιαγραφές τους είναι ίδιες με αυτές των συνδετήρων.

Οι ενώσεις μπορεί να είναι ενώσεις τήξεως, όπου οι ίνες συγκολλούνται χρησιμοποιώντας μια συσκευή η οποία μοιάζει με αυτή στα αριστερά της κάτω φωτογραφίας. Ή μπορεί να είναι μηχανικές ενώσεις με πολλά παραδείγματα στην κάτω φωτογραφία.

DVVC, Chapter 15

FOTM, Chapter 4,5,913

## Ενώσεις Οπτικών Ινών



Υπάρχουν δύο τύποι ενώσεων: με τήξη και μηχανικές.

Η ένωση με τήξη γίνεται με συγκόλληση των δύο ινών, συνήθως με ηλεκτρικό τόξο με αυτοματοποιημένο συγκολλητή ο οποίος ευθυγραμμίζει τις ίνες με μεγάλη ακρίβεια. Τα πλεονεκτήματα είναι: οι χαμηλές απώλειες, μεγάλη ανθεκτικότητα, μικρό back reflection και μακρά αξιοπιστία.

Οι μηχανικές ενώσεις χρησιμοποιούν μία συσκευή ευθυγράμμισης για να ενώσουν τις ίνες και ζελέ ή εποξική κόλλα για να μειώσουν το back reflection.

Ενώ η ένωση με τήξη συνήθως χρησιμοποιεί ενεργή ευθυγράμμιση για την μείωση των απωλειών, η μηχανική ένωση βασίζεται στις αντοχές της ίνας για να μειώσει τις απώλειες.

FOTM, Chapter 6,7,9,17, DVVC, Chapter 12,13, 14

Also see the "Virtual Hands-On" section of Lennie Lightwave's Guide

## Ενώσεις Οπτικών Ινών - Τήξη



FOA Fiber Optic PPT  
©2008 The Fiber Optic Association, Inc.

87

Οι συσκευές ένωσης με τήξη είναι ακριβές, πλήρως αυτοματοποιημένες συσκευές που κάνουν σχεδόν όλη την δουλειά. Ο χρήστης χρησιμοποιεί έναν υψηλής ποιότητας κόφτη για να ετοιμάσει τις ίνες και τις εισάγει στα «σαγόνια» της συσκευής ένωσης. Η συσκευή αυτόματα ευθυγραμμίζει τις άκρες, κάνει την ένωση και υπολογίζει ακόμα και τις απώλειες. Ο χρήστης έπειτα τοποθετεί την ένωση σε μια άλλη συσκευή (holder) η οποία «σφραγίζει» την ένωση και την τοποθετεί σε μία θήκη (splice tray).

Ενώ οι συσκευές είναι ακριβές, κάθε ένωση είναι φθηνή. Επομένως, εάν θέλετε να κάνετε πολλές ενώσεις, η ενώσεις με τήξη είναι οικονομικά αποδοτικότερες.

FOTM, Chapter 6,7,9,17, DVVC, Chapter 12,13, 14

Also see the “Virtual Hands-On” section of Lennie Lightwave’s Guide

## Ενώσεις Οπτικών Ινών - Μηχανικές



FOA Fiber Optic PPT  
©2008 The Fiber Optic Association, Inc.

88

Οι μηχανικές ενώσεις, όπως αυτή της εικόνας (Ultrasplice), χρησιμοποιούν μια συσκευή ευθυγράμμισης και κάποιους τρόπους ασφάλισης των ινών στην ένωση. Χρησιμοποιούνται στις πολύτροπες ίνες.

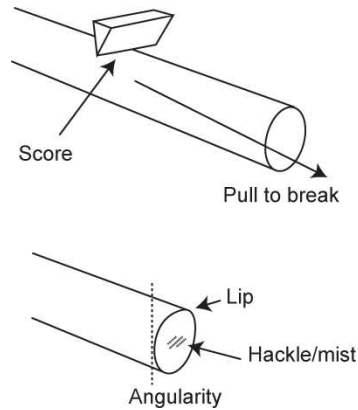
Είναι ακριβότερες, αλλά ο εξοπλισμός είναι σχετικά φτηνός. Επομένως, εάν θέλετε να κάνετε λίγες ενώσεις τότε οι μηχανικές ενώσεις είναι η πιο φθηνή λύση.

FOTM, Chapter 6,7,9,17, DVVC, Chapter 12,13, 14

Also see the "Virtual Hands-On" section of Lennie Lightwave's Guide



## Ενώσεις Οπτικών Ινών - Κόψιμο



FOA Fiber Optic PPT  
©2008 The Fiber Optic Association, Inc.

89

Προκειμένου να καταφέρετε καλές ενώσεις και τερματισμούς, ειδικά όταν χρησιμοποιείτε προ-λειασμένους συνδετήρες με εσωτερικές ενώσεις, είναι απαραίτητο το καλό κόψιμο της ίνας.

Ας καθορίσουμε αρχικά τους όρους και τις έννοιες:

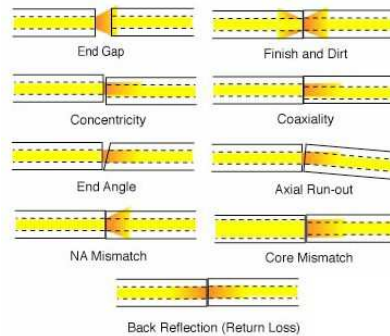
Το κόψιμο (Cleaving) είναι η διαδικασία κατά την οποία η οπτική ίνα κόβεται ή σπάει με ακρίβεια για να τερματιστεί ή να ενωθεί. Όπως και στο κόψιμο του γυαλιού, η ίνα κόβεται με χάραξη της επιφάνειας και έπειτα ασκώντας πίεση σπάει με ακρίβεια κατά μήκος των χαραξιών. Εάν γίνει σωστά, η ίνα θα σπάσει με καθαρή επιφάνεια κάθετα στο μήκος της χωρίς προεξοχές στις άκρες της (λέγεται και χείλος – lip) και ομοιομορφία στην επιφάνεια (χωρίς hackle-mist).

Ο κόφτης (Cleaver) είναι ένα εργαλείο που κρατά την ίνα με ελαφριά πίεση, την χαράζει στο κατάλληλο σημείο και έπειτα την πιέζει μέχρι να σπάσει. Οι καλοί κόφτες είναι αυτοματοποιημένοι με καλά αποτελέσματα άσχετα με την ικανότητα του χρήστη. Ο χρήστης απλά τοποθετεί την ίνα στον κόφτη και χειρίζεται τις λειτουργίες του κόφτη. Μερικοί κόφτες είναι λιγότερο αυτοματοποιημένοι, για παράδειγμα θα πρέπει ο χρήστης να ασκήσει πίεση για να σπάσει την ίνα, κάνοντας τους έτσι εξαρτώμενους από την τεχνική του χρήστη και άρα λιγότερο προβλέψιμους.

FOTM, Chapter 6,7,9,17, DVVC, Chapter 12,13, 14

Also see the “Virtual Hands-On” section of Lennie Lightwave’s Guide

## Απώλειες Συνδετήρων και Ενώσεων



FOA Fiber Optic PPT  
©2008 The Fiber Optic Association, Inc.

90

Οι απώλειες σύνδεσης μειώνονται όταν οι πυρήνες των ινών είναι όμοιοι και τέλεια ευθυγραμμισμένοι, και οι συνδετήρες ή οι ενώσεις έχουν τερματιστεί σωστά και δεν υπάρχει σκόνη. Μόνο το φως που εισέρχεται στον πυρήνα της ίνας θα διαδοθεί, και όλο το υπόλοιπο θα είναι η απώλεια του συνδετήρα ή της ένωσης.

Τα κενά στα άκρα (end-gap) προκαλούν δύο προβλήματα: insertion loss και return loss. Ο δημιουργούμενος κώνος φωτός θα διαχυθεί στον πυρήνα της ίνας και θα χαθεί. Επιπλέον, το κενό αέρα μεταξύ των ινών δημιουργεί ανάκλαση όταν το φως συναντήσει τον διαφορετικό δείκτη διάθλασης από το γυαλί στον αέρα.

Η άκρη της ίνας θα πρέπει να είναι σωστά λειασμένη για να μειωθούν οι απώλειες. Μια τραχεία επιφάνεια θα διασκορπίσει το φως και η σκόνη μπορεί επίσης να διασκορπίσει και να απορροφήσει το φως.

Από την στιγμή που οπτική ίνα είναι τόσο μικρή, η αερομεταφερόμενη σκόνη μπορεί να δημιουργήσει πολύ μεγάλες απώλειες. Όταν οι συνδετήρες δεν είναι τερματισμένοι, θα πρέπει να σκεπάζονται για να προστατευτεί το ferrule από την σκόνη. Δεν θα πρέπει να ακουμπήσετε την άκρη του ferrule καθώς η λιπαρότητα του δέρματος επιτρέπει στην ίνα να κολλήσει επάνω της σκόνη. Πριν από την σύνδεση και τον έλεγχο, προτείνεται να καθαριστούν οι συνδετήρες με μαντήλια ποτισμένα με ισοπροπυλική αλκοόλη.

Δύο πηγές απωλειών είναι κατευθυντικές: λάθος ταίριασμα (mismatch) στο αριθμητικό άνοιγμα (Numerical Aperture – NA) και διάμετρος πυρήνα. Οι διαφορές σε αυτές τις δύο παραμέτρους θα δημιουργήσουν συνδέσεις που έχουν διαφορετικές απώλειες ανάλογα με την κατεύθυνση της διάδοσης του φωτός.

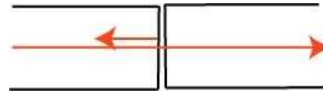
Το φως μιας ίνας με μεγαλύτερο NA θα είναι πιο ευαίσθητο στο angularity και στο end gap. Επομένως, η μετάδοση από μία ίνα μεγαλύτερου NA θα έχει περισσότερες απώλειες απ' ό,τι το αντίστροφο.

Κατ' αναλογία, το φως από μια μεγαλύτερη ίνα θα έχει περισσότερες απώλειες όταν θα συνδεθεί με μια ίνα μικρότερης διαμέτρου. Στην αντίστροφη περίπτωση οι απώλειες θα είναι πολύ μικρές.

FOTM, Chapter 6,7,9,17, DVVC, Chapter 12,13, 14

## Back Reflection (Return Loss)

- Το φως ανακλάται σε επιφάνειες μεταξύ υλικών διαφορετικών δεικτών διάθλασης
- Από γυαλί σε αέρα έχουμε 4-5% ανάκλαση (~0,25 dB)
- Συμβαίνει στις ενώσεις των οπτικών ινών
- Τα splices έχουν λιγότερο back reflection
- Οι PC συνδετήρες μπορούν να μειώσουν το κενό αέρα για να ελαττώσουν και το back reflection



FOA Fiber Optic PPT  
©2008 The Fiber Optic Association, Inc.

91

Το φως ανακλάται σε επιφάνειες υλικών με διαφορετικό δείκτη διάθλασης. Από το γυαλί σε αέρα έχουμε περίπου 4% ανάκλαση. Η ανάκλαση στα καλώδια των οπτικών ινών συμβαίνει στις ενώσεις τους, όπου οι συνδετήρες έχουν ένα μικρό ποσοστό αέρα μεταξύ των επιφανειών. Τα splices έχουν μικρότερο back reflection επειδή μπορεί να χρησιμοποιούν υγρό το οποίο εξομαλύνει την απότομη αλλαγή στον δείκτη διάθλασης των δύο υλικών. Οι PC συνδετήρες μειώνουν το κενό αέρα ελαττώνοντας και το back reflection.

## Fiber Optic Closure



## Έλεγχος καλωδίων, συνδετήρων και ενώσεων

- Έλεγχος συνέχειας με οπτικό ανιχνευτή/ εντοπιστή σφάλματος
- Insertion loss με πηγή και μετρητή
- Έλεγχος OTDR



FOA Fiber Optic PPT  
©2008 The Fiber Optic Association, Inc.

93

Ο έλεγχος των καλωδίων οπτικών ινών, των συνδετήρων και ενώσεων γίνεται κυρίως στην φάση τερματισμού των εγκατεστημένων καλωδίων. Υπάρχουν τρεις τρόποι για τον έλεγχο αυτών των καλωδίων.

Έλεγχος ακολουθίας με οπτική πηγή – ένα LED σε έναν ανιχνευτή ή μεγαλύτερης ισχύος οπτικό laser σε έναν εντοπιστή σφάλματος.

Ο έλεγχος του insertion loss σε ένα σύστημα μετάδοσης χρησιμοποιώντας μια πηγή (LED ή laser στο ίδιο μήκος κύματος με το σύστημα) και έναν μετρητή οπτικής ισχύος, με δύο καλώδια αναφοράς.

Ο έλεγχος OTDR χρησιμοποιεί μία μοναδική ιδιότητα της ίνας – το backscatter – για να δημιουργήσει μια εικόνα της ίνας και να βρεί σφάλματα.

FOTM, Chapter 6,7,9,17, DVVC, Chapter 12,13, 14

## Έλεγχος καλωδίων, συνδετήρων και ενώσεων

- Έλεγχος συνέχειας με οπτικό ανιχνευτή και εντοπιστή σφαλμάτων (Visual Fault Locator)
- Χρησιμοποιείται επίσης και για μηχανικές ενώσεις ή προ-λειασμένους/splice-type συνδετήρες



FOA Fiber Optic PPT  
©2008 The Fiber Optic Association, Inc.

94

Έλεγχος ακολουθίας με οπτική πηγή – ένα LED σε έναν ανιχνευτή ή μεγαλύτερης ισχύος οπτικό laser σε έναν εντοπιστή σφάλματος.

Ο μικρής ισχύος εντοπιστής ίνας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να επιβεβαιώσει ότι το φως μπορεί όντως να μεταδοθεί μέσω της ίνας και ότι οι απαραίτητες συνδέσεις μεταξύ του πομπού και του δέκτη έχουν γίνει.

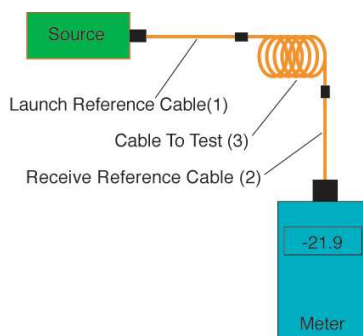
Το μεγαλύτερης ισχύος laser σε έναν οπτικό ανιχνευτή σφάλματος μπορεί να εντοπίσει ίνες σε μεγαλύτερες αποστάσεις και να βρει ακόμα και "σπασίματα". Σε ένα σπάσιμο, το φως που χάνεται μπορεί να φανεί μέσα από τον μανδύα του καλωδίου.

Οι οπτικοί ανιχνευτές σφαλμάτων μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για την βελτιστοποίηση των μηχανικών ενώσεων.

FOTM, Chapter 6,7,9,17, DVVC, Chapter 12,13, 14

## Έλεγχος καλωδίων, συνδετήρων και ενώσεων

- Insertion loss με πηγή και μετρητή



FOA Fiber Optic PPT  
©2008 The Fiber Optic Association, Inc.

95

Ο έλεγχος του insertion loss προσομοιώνει τον τρόπο με τον οποίο θα χρησιμοποιηθεί το καλώδιο από τα συστήματα που θα λειτουργούν με αυτό. Μια πηγή όμοια με την πηγή του συστήματος χρησιμοποιείται για να εισάγει φως στο καλώδιο υπό έλεγχο. Ένας μετρητής μετρά την έξοδο και την απώλεια. Αυτός ο έλεγχος μετρά την απώλεια της ίνας και των συνδετήρων και στις δυο άκρες, καθώς και οτιδήποτε άλλο στη μέση.

Η πηγή θα πρέπει να είναι ίδια με την πηγή του συστήματος (LED ή Laser) και το μήκος κύματος (850 or 1300 nm για LEDs και 850, 1310 ή 1550 nm για lasers.)

Ο μετρητής ισχύος πρέπει να είναι συμβατό με το NIST (standards US national standards labs) και να μπορεί να μετρά τα σωστά μήκη κύματος (850, 1310 ή 1550 nm.) Τα καλώδια αναφοράς είναι σημαντικά προκειμένου να έχουμε καλές μετρήσεις. Θα πρέπει να ταιριάζουν με το καλώδιο που ελέγχεται, και η ίνα θα πρέπει να ίδιου τύπου (MM ή SM).

Η μέτρηση γίνεται θέτοντας την έξοδο της πηγής στο καλώδιο αναφοράς και αποθηκεύοντας την μέτρηση ως 0dB απώλειες. Έπειτα τοποθετούμε το καλώδιο προς έλεγχο και το επόμενο καλώδιο αναφοράς και τον μετρητή και μετράμε την απώλεια. Η απώλεια θα πρέπει να είναι αρνητικός αριθμός.

Εναλλακτικές μέθοδοι είναι η χρήση και των δύο καλωδίων αναφοράς καθώς και ενός τρίτου προκειμένου να θέσουμε την τιμή αναφοράς 0dB. Αυτές οι μέθοδοι χρησιμοποιούνται με μερικούς τύπους συνδετήρων που δεν είναι συμβατοί με απευθείας σύνδεση με τον μετρητή.

Ένας άλλος έλεγχος χρησιμοποιεί μόνο ένα καλώδιο αναφοράς και το καλώδιο προς έλεγχο. Αυτή η μέθοδος επιτρέπει τον έλεγχο του καλωδίου από κάθε άκρο προκειμένου να φανεί εάν ένας από τους δύο συνδετήρες είναι ελαττωματικός.

FOTM, Chapter 6,7,9,17, DVVC, Chapter 12,13, 14

## Έλεγχος καλωδίων, συνδετήρων και ενώσεων

- Η απώλεια μετριέται σε “dB”
- dB σημαίνει decibel
- Λογαριθμική κλίμακα:  $\text{dB} = 10 \log (\text{λόγος ισχύων})$ 
  - 10 dB = 10X
  - 0 dB = 1X
  - 3 dB = 2X
  - -10dB = 0.1X
- Το dBm είναι dB αναφερόμενο στο 1 mW ισχύος
  - 0 dBm = 1 mW
  - -10 dBm = 0.1 mW = 100μW



FOA Fiber Optic PPT  
©2008 The Fiber Optic Association, Inc.

96

Το dB είναι μια μονάδα μέτρησης της οπτικής ισχύος σε λογαριθμική κλίμακα, απλοποιώντας τις μετρήσεις σε ένα ευρύ δυναμικό εύρος. Οι οπτικές ίνες χρησιμοποιούν επίπεδα ισχύος από +20 έως 40 dBm.

Η απόλυτη ισχύς μετριέται σε dBm ή dB αναφερόμενα στο 1 mw. Θετικές τιμές dBm σημαίνει ότι η ισχύς είναι μεγαλύτερη του 1mw, ενώ αρνητικές τιμές σημαίνει ότι το επίπεδο ισχύος είναι μικρότερο του 1 mw.

Με τα dB η απώλεια μετριέται εύκολα. Για παράδειγμα εάν μετρήσετε -20 dBm στην μία άκρη του καλωδίου και στην άλλη -22 dBm τότε οι απώλειες καλωδίου είναι 2 dBm.

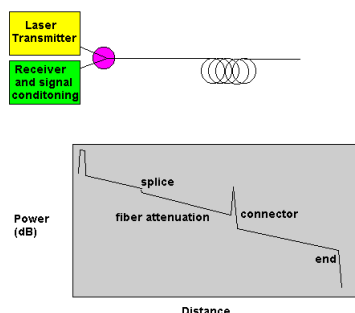
FOTM, Chapter 6,7,9,17, DVVC, Chapter 12,13, 14



## Έλεγχος καλωδίων, συνδετήρων και ενώσεων

- OTDR testing

### Optical Time Domain Reflectometer (OTDR)



FOA Fiber Optic PPT  
©2008 The Fiber Optic Association, Inc.

97

Αντίθετα με τους μετρητές ισχύος που μετράνε τις απώλειες άμεσα, το OTDR δουλεύει έμμεσα. Χρησιμοποιεί το οπισθοσκεδαζόμενο (backscattered) φως της ίνας για την απώλεια (η σκέδαση είναι σημαντική αιτία απωλειών στην ίνα). Το OTDR λειτουργεί όπως το RADAR, στέλνει υψηλής ισχύος φωτεινούς παλμούς από laser κατά μήκος της ίνας και περιμένει για επιστρεφόμενα σήματα στην ίνα από το σκεδαζόμενο φως ή το ανακλώμενο φως από τους συνδετήρες και τις ενώσεις. Οποιαδήποτε στιγμή, το φως που βλέπει το OTDR είναι το φως που σκεδαάζεται προς τα πίσω από τον παλμό που περνά από μια περιοχή της ίνας.

Μόνο ένα μικρό ποσοστό του φωτός διαχέεται πίσω προς το OTDR, όμως με ευαίσθητους δέκτες είναι δυνατόν να πάρουμε μετρήσεις σε σχετικά μεγάλες αποστάσεις. Καθώς είναι δυνατόν να καθορίσουμε την ταχύτητα του παλμού που μεταδίδεται στην ίνα, το OTDR μπορεί να μετρήσει τον χρόνο, να υπολογίσει την θέση του παλμού στην ίνα και να συσχετίσει αυτό που βλέπει με μια πραγματική θέση μέσα στην ίνα.

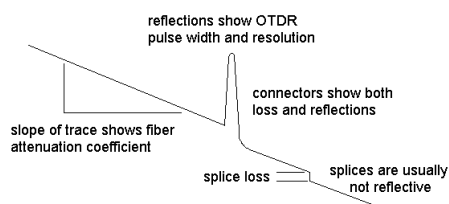
Επομένως, μπορεί να δημιουργήσει μια ένδειξη του ποσοστού του backscattered φωτός σε οποιοδήποτε σημείο στην ίνα. Από την στιγμή που ο παλμός εξασθενεί καθώς ταξιδεύει στην ίνα δέχεται απώλειες στους συνδετήρες και τις ενώσεις και το ποσοστό της ισχύος στον παλμό μειώνεται καθώς μεταδίδεται στην ίνα. Το ποσοστό του φωτός που διαχέεται πίσω θα μειωθεί ανάλογα παράγοντας μια εικόνα για τις απώλειες που συμβαίνουν στην ίνα. Μερικοί υπολογισμοί είναι απαραίτητοι για να μετατρέψουν αυτή την πληροφορία σε ένδειξη. Η τελική ένδειξη στο OTDR είναι σε dB στον Y άξονα και η απόσταση στον X.

Ο έλεγχος με το OTDR είναι ένας έμμεσος έλεγχος και δεν συσχετίζεται με τον έλεγχο του insertion loss. Ωστόσο, είναι χρήσιμο να επιβεβαιώσουμε τις απώλειες στις ενώσεις και να βρούμε ελαττώματα στην ίνα, όπως ραγίσματα ή απώλειες από πίεση.

FOTM, Chapter 6,7,9,17, DVVC, Chapter 12,13, 14 - Also Lennie for more on OTDRs

## Έλεγχος καλωδίων, συνδετήρων και ενώσεων

- Έλεγχος OTDR – κυρίως σε εξωτερικούς χώρους



FOA Fiber Optic PPT  
©2008 The Fiber Optic Association, Inc.

98

Υπάρχουν πολλές πληροφορίες στις ενδείξεις OTDR.

Η κλίση του ίχνους μιας ίνας δείχνει την εξασθένηση της ίνας και μετριέται σε dB/km από το OTDR. Προκειμένου να μετρηθεί η εξασθένηση της ίνας, χρειάζεστε ένα σχετικά μακρύ καλώδιο ίνας με καθόλου παραμόρφωση στις δύο άκρες. Εάν η ίνα φαίνεται μη γραμμική σε κάποια από τις άκρες, ειδικά κοντά σε κάποιον συνδετήρα, αποφύγετε αυτόν τομέα όταν μετράτε την απώλεια.

Οι συνδετήρες και οι ενώσεις ονομάζονται «γεγονότα» στην γλώσσα του OTDR. Και τα δύο θα πρέπει να δείχνουν απώλειες, αλλά πο συνδετήρες και οι μηχανικές ενώσεις θα δείχνουν και μία κορυφή ανάκλασης οπότε μπορείτε να τις ξεχωρίσετε από τις ενώσεις τήξεως.

Επίσης, το ύψος της κορυφής ανάκλασης θα δείχνει το ποσοστό ανάκλασης του γεγονότος, εκτός και αν είναι τόσο μεγάλο που γεμίζει τον OTDR δέκτη. Τότε η κορυφή θα είναι επίπεδη και θα έχει ουρά στην μακρινή άκρη, πράγμα που δείχνει ότι ο δέκτης έχει υπερφορτωθεί.

Το πλάτος της κορυφής δείχνει πόσο εύκολα μπορεί το OTDR να ανιχνεύσει γεγονότα. Η κατανόηση των αποτελεσμάτων του OTDR απαιτεί πολύ εκπαίδευση και πρακτική. Η κακή εκτίμηση των αποτελεσμάτων μπορεί να έχει αντίκτυπο στο κόστος εάν καλά καλώδια απορριφθούν ή ελαττωματικά γίνουν δεκτά.

FOTM, Chapter 6,7,9,17, DVVC, Chapter 12,13, 14

## Κανόνες Ασφαλείας

- Διαβάστε και ακολουθήστε τους κανόνες στο εγχειρίδιο του εργαστηρίου.
- Φορέστε τα προστατευτικά γυαλιά
- Μαζέψτε και απορρίψτε τα υπολείμματα των ινών προσεκτικά
- Να είστε πάντα προσεκτικοί με τα χημικά
- Απαγορεύεται να τρώτε και να πίνετε εντός του χώρου εργασίας



Το εγχειρίδιο του εργαστηρίου έχει πολλές σελίδες κανόνων για την ασφάλεια στα εργαστήρια οπτικών ινών. Κάθε σπουδαστής πρέπει να τους γνωρίζει και να τους εφαρμόζει προσεκτικά. Οι εκπαιδευτές επίσης!

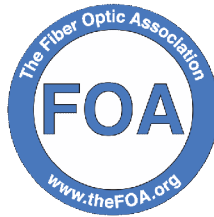
## Προετοιμασία για τις FOA CFOT εξετάσεις

- Διαβάστε το κείμενο - The Fiber Optic Technicians Manual και απαντήστε στις ερωτήσεις του κεφαλαίου
- Μελετήστε το NECA/FOA-301 Installation Standard
- Μελετήστε αυτήν την παρουσίαση



## Τέλος

Για περισσότερες πληροφορίες:  
The Fiber Optic Association, Inc.  
1119 S Mission Road #355, Fallbrook, CA 92028  
Tel: 1-760-451-3655 Fax: 1-781-207-2421  
[www.thefoa.org](http://www.thefoa.org) [info@thefoa.org](mailto:info@thefoa.org)



FOA Fiber Optic PPT  
©2008 The Fiber Optic Association, Inc.

101