

## Εργαστήριο: Μετρήσεις Οπτικών Ινών

Παρακάτω θα αναλύσουμε τη διαδικασία με την οποία εκτελούμε μετρήσεις ελέγχου και πιστοποίησης σε ένα δίκτυο οπτικών ινών. Αυτή είναι μια διαδικασία απαραίτητη και πρέπει πάντα να ακολουθεί την εγκατάσταση της καλωδίωσης. Είναι ο μοναδικός τρόπος για να μάθουμε αν η εγκατάσταση έγινε σωστά και αν είναι συμβατή με τις προδιαγραφές που έχουν τεθεί από τον πελάτη και τα διεθνή πρότυπα.

Για κάθε εγκατεστημένο δίκτυο πρέπει να ελέγξουμε τη συνέχεια της καλωδίωσης καθώς και τις απώλειες από άκρο σε άκρο. Σε δίκτυα με μεγάλα μήκη και ενδιάμεσες συνδέσεις πρέπει να βεβαιωθούμε, με τη χρήση ενός οργάνου OTDR (optical time domain reflectometer), ότι όλες έχουν γίνει σωστά. Οποιοδήποτε σφάλμα εντοπιστεί πρέπει να διορθωθεί πριν την παραλαβή του δικτύου από τον πελάτη.

Ξεκινώντας τις διαδικασίες μέτρησης πρέπει να βεβαιωθούμε ότι διαθέτουμε τα κατάλληλα εργαλεία. Αυτά είναι:

1. Μια πηγή φωτός laser (light source) και ένα όργανο μέτρησης φωτεινής ισχύος (power meter). Ο συνδυασμός τους μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την μέτρηση οπτικών απωλειών.
2. Προσαρμογείς για τους συνδετήρες (connectors) που θα συναντήσουμε στην εγκατάσταση.
3. Καλώδια αναφοράς ίδιων προδιαγραφών με αυτά της εγκατάστασης με τους κατάλληλους συνδετήρες.
4. Όργανο οπτικού εντοπισμού σφαλμάτων (Visual Fault Locator)
5. Υλικά καθαρισμού για τους συνδετήρες.
6. Optical Time Domain Reflectometer (OTDR) και καλώδιο αρχικοποίησης του σήματος κατάλληλο για την εγκατάσταση που θα μετρήσουμε.

Σημαντική παράμετρος μαζί με τα κατάλληλα εργαλεία είναι να γνωρίζω τη χρήση τους και να είμαι εξοικειωμένος με αυτή. Μελετήστε τα εγχειρίδια λειτουργίας και δοκιμάστε τα όργανα πριν βρεθείτε στο πεδίο.

Μια άλλη σημαντική παράμετρος είναι να γνωρίζω το δίκτυο που θα ελέγξω. Μελετήστε την τεκμηρίωση του δικτύου και εντοπίστε τη θέση όλων των καλωδίων τα οποία σκοπεύετε να μετρήσετε. Ετοιμάστε ένα λογιστικό φύλλο με τα στοιχεία του δικτύου στο οποίο θα συμπληρώσετε τις μετρήσεις.

Προσοχή στην ασφάλεια. Οι περισσότερες πηγές φωτός που χρησιμοποιούνται στις οπτικές επικοινωνίες και στα όργανα μέτρησης είναι γενικά αρκετά ασθενείς για να προκαλέσουν κάποιου είδους βλάβη στα μάτια. Παρόλα αυτά κάποια στοιχεία δικτύων DWDM ή CATV διαθέτουν αρκετή ισχύ για να δημιουργήσουν πρόβλημα. Ποτέ, λοιπόν μη κοιτάτε απευθείας σε μια οπτική ίνα ακόμη κι αν γνωρίζετε ότι δεν είναι συνδεδεμένη πουθενά. Αν πρέπει να ελέγξετε έναν συνδετήρα καλύτερα να μετρήσετε πρώτα με ένα όργανο μέτρησης φωτεινής ισχύος για να διαπιστώσετε αν η ίνα είναι φωτισμένη ή όχι.

Ο έλεγχος οπτικών ινών γίνεται συνήθως με τρία διαφορετικά τεστ.

1. Τον οπτικό έλεγχο για τη συνέχεια της ίνας ή την κατάσταση των συνδετήρων.
2. Τη μέτρηση απωλειών

### 3. Τον έλεγχο δικτύου.

#### **Οπτικός έλεγχος**

##### **Οπτικός έλεγχος συνέχειας**

Με τον οπτικό έλεγχο μπορούμε να διαπιστώσουμε αν μια οπτική ίνα είναι συνεχής και δεν υπάρχει κάποιου είδους ασυνέχεια, π.χ. σπάσιμο.

Για τον έλεγχο αυτό μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε μια πηγή ορατού φωτός (π.χ. ένα δείκτη laser, ή ένα visual fault locator).

Αν φωτίσουμε το ένα άκρο και κοιτάξουμε στο άλλο θα πρέπει να δούμε το φως. Αν όχι τότε είτε κοιτάμε σε λάθος άκρο είτε η ίνα έχει κάπου κοπεί.



Με τον τρόπο αυτό μπορούμε να ελέγξουμε ότι το καλώδιο οπτικής ίνας που μόλις μας παρέδωσε ο προμηθευτής μας είναι συνεχές και δεν έχει κόψιμο. Επίσης, μπορούμε να εντοπίσουμε τα διαφορετικά ινίδια σε ένα καλώδιο που διαθέτει πολλές ίνες. Ακόμη μπορούμε να εντοπίσουμε ή να προσδιορίσουμε τα ζεύγη εκπομπής – λήψης σε ένα δίκτυο οπτικών ινών πριν συνδέσουμε τον τηλεπικοινωνιακό εξοπλισμό.

##### **Οπτικός έλεγχος απωλειών.**

Υπάρχουν όργανα τα οποία ονομάζονται Visual Fault Locators και μπορούμε να τα χρησιμοποιήσουμε για να εντοπίσουμε την ακριβή θέση ενός ραγίσματος ή σπασίματος σε οπτική ίνα. Ένα τέτοιο όργανο είναι στην πραγματικότητα ένα ισχυρό κόκκινο laser του οποίου το φως φαίνεται να προβάλλει από την επένδυση του καλωδίου στο σημείο του σπασίματος (**προσοχή**: αυτό δεν συμβαίνει σε καλώδια με μαύρη ή γκριζα επένδυση). Τα VFL είναι ιδιαίτερα χρήσιμα στη διαδικασία μηχανικής συγκόλλησης (mechanical splicing) οπτικών ινών. Στην πραγματικότητα είναι σχεδόν αδύνατο να κάνει κάποιος μια τέτοια σύνδεση χωρίς VFL.

##### **Οπτικός έλεγχος συνδετήρων**

Τα μικροσκόπια οπτικών ινών είναι όργανα που χρησιμοποιούνται για τον οπτικό έλεγχο συνδετήρων (connectors). Η μεγέθυνση τους κυμαίνεται από 40 έως 400 φορές. Μια καλή τιμή μεγέθυνσης βρίσκεται κάπου στη μέση. Με το μικροσκόπιο μπορούμε να ελέγξουμε την ποιότητα λείανσης ενός συνδετήρα όπως επίσης και την καθαρότητά του. Μπορούμε επίσης να εντοπίσουμε σπασίματα ή ραγίσματα στο σώμα της οπτικής ίνας.

Ένα καλό μικροσκόπιο επιτρέπει και τον έλεγχο του συνδετήρα υπό γωνία, είτε επιτρέποντας τη στροφή του είτε φωτίζοντάς τον υπό γωνία. Ο έλεγχος αυτός μπορεί να αποκαλύψει πολλά για την ποιότητα τερματισμού.

Προσοχή: Προστατέψτε τα μάτια σας. Πριν κοιτάξετε μια ίνα με μικροσκόπιο βεβαιωθείτε ότι αυτή δεν είναι συνδεδεμένη σε ενεργό εξοπλισμό.



### **Οπτική Ισχύς – Απόλυτη ή σχετική μέτρηση;**

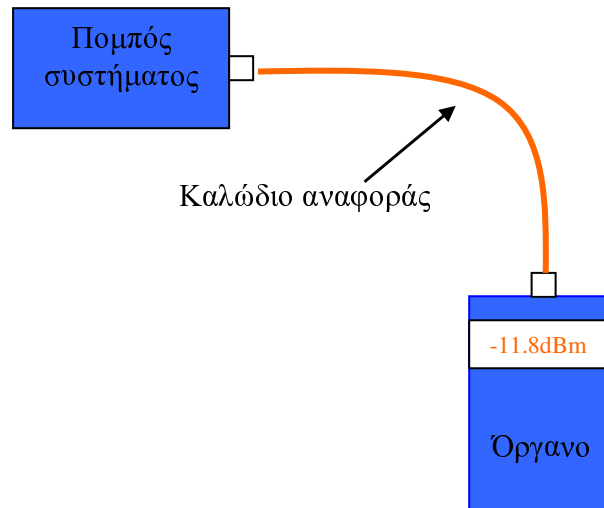
Κάθε μέτρηση σε οπτικές ίνες αναφέρεται σε οπτική ισχύ (optical power). Η ισχύς εξόδου ενός πομπού ή η είσοδος ενός πομπού είναι απόλυτες μετρήσεις οπτικής ισχύος. Η απώλεια (Loss) είναι σχετική μέτρηση ισχύος. Είναι η διαφορά μεταξύ της ισχύος που οδηγείται σε ένα συνδετήρα ή ένα καλώδιο και της ισχύος που εκπέμπεται μέσα από αυτό (στο άλλο άκρο του). Αυτή η απώλεια οπτικής ισχύος προσδιορίζει την επίδοση ενός καλωδίου, ενός κονέκτορα, μιας σύνδεσης, κλπ.

### **Μέτρηση ισχύος**

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

Για να μετρήσουμε την ισχύ χρειαζόμαστε μόνο ένα όργανο μέτρησης ισχύος και να ενεργοποιήσουμε τον πομπό του συστήματος μετάδοσης. Όταν μετράτε ισχύ το όργανο μέτρησης πρέπει να είναι στην κατάλληλη κλίμακα (συνήθως dBm ή microwatts, όχι όμως dB). Επίσης, πρέπει να έχετε επιλέξει το κατάλληλο μήκος κύματος που να ταιριάζει με εκείνο της πηγής. Δοκιμάστε τον εξοπλισμό σας πριν ξεκινήσετε τη δουλειά.

Για να μετρήσετε ισχύ συνδέστε το όργανο μέτρησης στην κατάλληλη έξοδο του συστήματος μετάδοσης. Αυτή μπορεί να βρίσκεται είτε στην πλευρά του δέκτη ώστε να μετρήσετε την ισχύ που φτάνει εκεί, είτε στην πλευρά του πομπού για να μετρήσετε την εκπεμπόμενη ισχύ. Πολλές φορές στην πλευρά του πομπού, για να συνδέσουμε το όργανο στην πηγή του φωτός, χρησιμοποιούμε ένα καλό και πιστοποιημένο καλώδιο το οποίο γνωρίζουμε ότι λειτουργεί σωστά. Συγκρίνετε τη μέτρηση του οργάνου με εκείνη που περιμένετε από τις προδιαγραφές του εξοπλισμού ή της εγκατάστασης. Είναι καλό η ισχύς να είναι αρκετή αλλά όχι υπερβολική.



### Μέτρηση απωλειών

Η μέτρηση απώλειας υπολογίζει τη διαφορά της ισχύος που τροφοδοτείται στο ένα άκρο ενός καλωδιακού συστήματος από την ισχύ που εξέρχεται από το άλλο άκρο του. Η μέτρηση της απώλειας προϋποθέτει τη μέτρηση της οπτικής ισχύος που χάνεται μέσα στο καλωδιακό σύστημα (περιλαμβανομένων των συνδετήρων, των ενώσεων (splices), κ.α.). Η μέτρηση αυτή γίνεται χρησιμοποιώντας μια πηγή φωτός και ένα όργανο μέτρησης οπτικής ισχύος, συνδέοντας το καλώδιο που θέλουμε να μετρήσουμε σε ένα γνωστό καλώδιο αναφοράς.

Η πηγή φωτός που θα χρησιμοποιήσουμε για τον έλεγχο πρέπει να ταιριάζει με τον τύπο της πηγής που χρησιμοποιεί το σύστημα εκπομπής (LED ή LASER) καθώς και το μήκος κύματός της (850, 1300, 1550 nm). Για μια ακόμη φορά η εξοικείωση με τον εξοπλισμό μας είναι σημαντική.

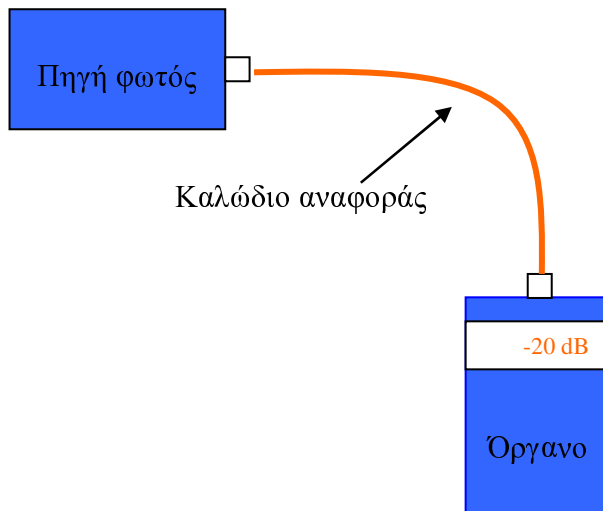
Επίσης, ανάλογα με τον έλεγχο που θα κάνουμε, χρειάζονται ένα ή δύο καλώδια αναφοράς. Η ακρίβεια της μέτρησης εξαρτάται πολύ από την ποιότητα των καλωδίων αναφοράς.

Προσοχή! Πάντα να ελέγχετε τα καλώδια αναφοράς χρησιμοποιώντας τη μέθοδο μέτρησης ενός άκρου (περιγράφεται παρακάτω) πριν ξεκινήσετε τις μετρήσεις στο πεδίο.

Καθαρίστε όλους τους συνδετήρες (connectors), συνδέστε τα καλώδια και προετοιμάστε τον εξοπλισμό ως εξής:

Ανοίξτε την πηγή και επιλέξτε (αν μπορείτε) το κατάλληλο μήκος κύματος για τη μέτρηση. Αφήστε την σε κατάσταση λειτουργίας για περίπου ένα λεπτό ώστε να σταθεροποιηθεί. Ανοίξτε το όργανο μέτρησης ισχύος και επιλέξτε είτε την κλίμακα dBm είτε την κλίμακα dB. Μετρήστε την ισχύ στο όργανο. Η ένδειξή του σας δίνει την ισχύ αναφοράς για όλες τις άλλες μετρήσεις. Αν το όργανο μέτρησης διαθέτει λειτουργία μηδενισμού του σημείου αναφοράς χρησιμοποιήστε την. Σε αντίθετη περίπτωση καταγράψτε την ένδειξή του. Μερικά όργανα δεν επιτρέπουν το

μηδενισμό αλλά επιτρέπουν τη ρύθμιση της ένδειξης, έτσι ρυθμίστε να δείχνει μια ευκολομνημόνευτη τιμή (π.χ. αντί για -11,2 ρυθμίστε στο -10).



Προσοχή! Από τη στιγμή που θα κάνετε αυτή τη μέτρηση αναφοράς, μην αποσυνδέσετε το καλώδιο αναφοράς από την πηγή.

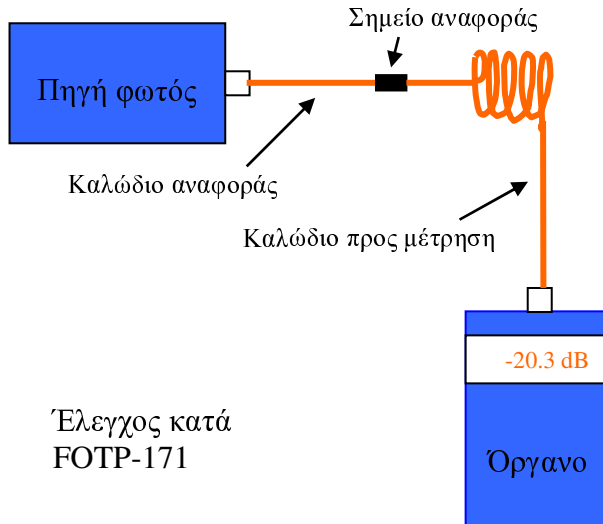
Μερικά βιβλία ή εγχειρίδια δείχνουν τη χρήση δύο καλωδίων αναφοράς συνδεδεμένων μεταξύ τους με έναν αντάπτορα. Άλλα αναφέρουν τη χρήση τριών καλωδίων αναφοράς. Η μέθοδος αυτή είναι αποδεκτή σε μερικές περιπτώσεις, ενώ είναι υποχρεωτική αν τα καλώδια αναφοράς διαθέτουν διαφορετικού τύπου συνδετήρες από εκείνους της εγκατάστασης. Παρόλα αυτά επηρεάζει τη μέτρηση αναφοράς ανάλογα με το ποσό της απώλειας στο σημείο σύνδεσης μεταξύ των καλωδίων αναφοράς. Επίσης, αν ένα από τα καλώδια αναφοράς έχει πρόβλημα, η ρύθμιση της στάθμης αναφοράς και με τα δύο αποκρύπτει το πρόβλημα. Έτσι, όλες οι μετρήσεις που θα διεξαχθούν με χαλασμένα καλώδια θα είναι λανθασμένες. Το EIA/TIA 568 προδιαγράφει μετρήσεις με ένα καλώδιο αναφοράς, ενώ το πρότυπο OFSTP-14 επιτρέπει και τις δύο μεθόδους.

### **Μέτρηση απωλειών στην πράξη**

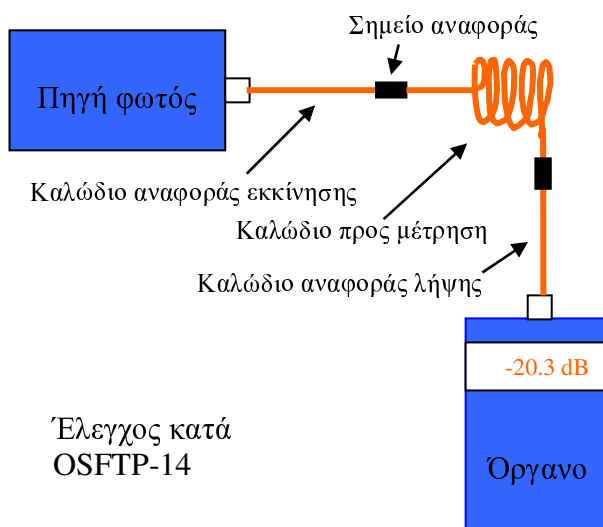
Υπάρχουν δύο μέθοδοι μέτρησης της απώλειας που ονομάζονται "single-ended loss" (μονόπλευρη μέτρηση απώλειας) και "double-ended loss" (αμφίπλευρη μέτρηση απώλειας). Η πρώτη χρησιμοποιεί ένα μόνο καλώδιο αναφοράς συνδεδεμένο στην πηγή, ενώ η δεύτερη απαιτεί και τη χρήση δεύτερου καλωδίου αναφοράς συνδεδεμένου στο όργανο μέτρησης.

Η μέτρηση *Single-ended* γίνεται συνδέοντας το ένα άκρο του καλωδίου που θέλουμε να μετρήσουμε στο ελεύθερο άκρο του καλωδίου αναφοράς και μετρώντας την ισχύ στο άλλο του άκρο με το όργανο μέτρησης ισχύος. Η διαφορά μεταξύ της τιμής που μετράμε τώρα και της τιμής αναφοράς που πήραμε κατά την αρχικοποίηση της διάταξης μέτρησης είναι η απώλεια ισχύος στο καλώδιο που μετράμε. Η μέτρηση αυτή μας δίνει: 1) τις απώλειες στον κονέκτορα που συνδέεται με το καλώδιο αναφοράς και 2) την απώλεια ισχύος στο σύνολο του μήκους της οπτικής ίνας (συμπεριλαμβανομένων και τυχόν ενώσεων και συνδέσεων που υπάρχουν κατά

μήκος της). Η μέθοδος περιγράφεται στο πρότυπο FOTP-171 και φαίνεται στο σχήμα. Αν θέλουμε να μετρήσουμε τις απώλειες στον κονέκτορα που είναι συνδεδεμένος με το όργανο μέτρησης πρέπει να αντιστρέψουμε το καλώδιο που ελέγχουμε.



Σε μια μέτρηση *double-ended*, συνδέουμε το καλώδιο που θέλουμε να μετρήσουμε μεταξύ των δύο καλωδίων αναφοράς τα οποία είναι συνδεδεμένα το ένα στην πηγή και το άλλο στο όργανο μέτρησης. Η διαφορά μεταξύ της τιμής που μετράμε τώρα και της τιμής αναφοράς που πήραμε κατά την αρχικοποίηση της διάταξης μέτρησης είναι η απώλεια ισχύος στο καλώδιο που μετράμε. Με τον τρόπο αυτό μετράμε τις απώλειες και στους δύο συνδετήρες που βρίσκονται στα άκρα του υπό μέτρηση καλωδίου καθώς και όλες τις απώλειες στο μήκος του καλωδίου αυτού. Η μεθοδολογία περιγράφεται στο πρότυπο OFSTP-14 και χρησιμοποιείται για την πιστοποίηση εγκατεστημένων καλωδίων.



### **Πόση πρέπει να είναι η απώλεια όταν μετρώ καλώδια;**

Αν και είναι δύσκολο να γενικεύει κανείς, παραθέτουμε παρακάτω μερικές οδηγίες:

- Σε κάθε συνδετήρα απώλεια 0,5 dB (0.7 max)
- Σε κάθε σημείο συγκόλλησης (splice) 0.2 dB
- Στις πολύτροπες ίνες η απώλεια είναι περίπου 3 dB ανά km στα 850 nm, 1 dB ανά km στα 1300 nm.
- Στις μονότροπες ίνες η απώλεια είναι περίπου 0,5 dB ανά km στα 1300 nm, 0,4 dB ανά km στα 1550 nm.

Έτσι για τις απώλειες κατά μήκος ενός εγκατεστημένο καλωδίου υπολογίστε μια προσεγγιστική τιμή ως:

$(0,5 \text{ dB} \times \text{αριθμός συνδετήρων}) + (0,2 \text{ dB} \times \text{αριθμός splices}) + \text{την απώλεια που αντιστοιχεί στο συνολικό μήκος καλωδίου για τον τύπο του καλωδίου και το μήκος κύματος}$

### **Κόλπα αποσφαλμάτωσης**

Αν παρατηρήσετε μεγάλες απώλειες σε ένα καλώδιο, αντιστρέψτε το και ξαναμετρήστε στην αντίθετη κατεύθυνση χρησιμοποιώντας τη μέθοδο *single-ended*. Εφόσον η μέθοδος ελέγχει μόνο την ποιότητα του συνδετήρα στο ένα άκρο, είναι εύκολο να εντοπίσετε το πρόβλημα. Ο προβληματικός συνδετήρας είναι αυτός που είναι συνδεδεμένος στο καλώδιο αναφοράς όταν έχετε την υψηλότερη ένδειξη απώλειας.

Η ύπαρξη υψηλών απωλειών στην περίπτωση μέτρησης *double ended* πρέπει να απομονωθεί ελέγχοντας εκ νέου το καλώδιο χρησιμοποιώντας τη μέθοδο *single ended* όπως πριν ώστε να απομονωθεί ο προβληματικός συνδετήρας. Αν η απώλεια είναι ίδια και το καλώδιο αποτελείται από τμήματα τότε αυτά πρέπει να απομονωθούν ώστε να εντοπιστεί το πρόβλημα ή να γίνει έλεγχος με OTDR.

Στην περίπτωση που δεν «βλέπετε» καθόλου φως στο άκρο του καλωδίου (πολύ υψηλή απώλεια) τότε το πρόβλημα πιθανά (και αν είστε τυχεροί) οφείλεται σε ένα από τους συνδετήρες. Απομονώστε το προβληματικό καλώδιο, κόψτε έναν από τους συνδετήρες (δεν μπορείτε να ξέρετε ποιόν) και ξανατερματίστε τον. Έχετε 50% πιθανότητα να πετύχετε τον προβληματικό και να λύσετε το πρόβλημα με την πρώτη. Σε αντίθετη περίπτωση χρησιμοποιήστε ένα OTDR ή ένα όργανο Visual Fault Locator (VFL) για να εντοπίσετε σημεία στην εγκατάσταση όπου η οπτική ίνα δέχεται ισχυρή πίεση (π.χ. είναι πολύ σφιγμένο το καλώδιο ή έχει καμπυλωθεί πολύ). Επίσης, αν το πρόβλημα βρίσκεται σε συνδετήρα που έχει τοποθετηθεί με splicing τότε μπορεί να εντοπιστεί μόνο με OTDR ή VFL. Στη χειρότερη περίπτωση το καλώδιο κάπου έχει σπάσει.

### **Έλεγχος με OTDR**

Το Optical Time Domain Reflectometer (OTDR) είναι ένα όργανο ελέγχου οπτικών ινών το οποίο είναι απαραίτητο όταν θέλουμε να ελέγξουμε δίκτυα μεγάλου μήκους με συνδέσεις και συγκολλήσεις. Παρακάτω περιγράφεται η χρήση τους τόσο για πιστοποίηση όσο και για εντοπισμό και αντιμετώπιση προβλημάτων.

## Πώς δουλεύουν τα OTDR

Αντίθετα με τις πηγές φωτός και τα όργανα μέτρησης ισχύος τα οποία μετράνε τις απώλειες άμεσα, ένα OTDR κάνει τον έλεγχο έμμεσα. Η πηγή και το όργανο μέτρησης ισχύος υποκαθιστούν τον πομπό και τον δέκτη σε μια εγκατάσταση κι έτσι η μέτρησή τους συσχετίζεται καλά με την πραγματική απώλεια ισχύος στο σύστημα.

Αντίθετα ένα OTDR χρησιμοποιεί την οπισθοσκέδαση του φωτός μέσα στην ίνα για να εντοπίσει απώλειες. Θα μπορούσαμε να πούμε ότι το OTDR δουλεύει σαν RADAR, στέλνει παλμούς laser μεγάλης ισχύος μέσα στην οπτική ίνα και μετράει το φως που σκεδάζεται προς τα πίσω από το υλικό της ίνας ή αυτό που ανακλάται από τα σημεία σύνδεσης των συνδετήρων και τις κολλήσεις.

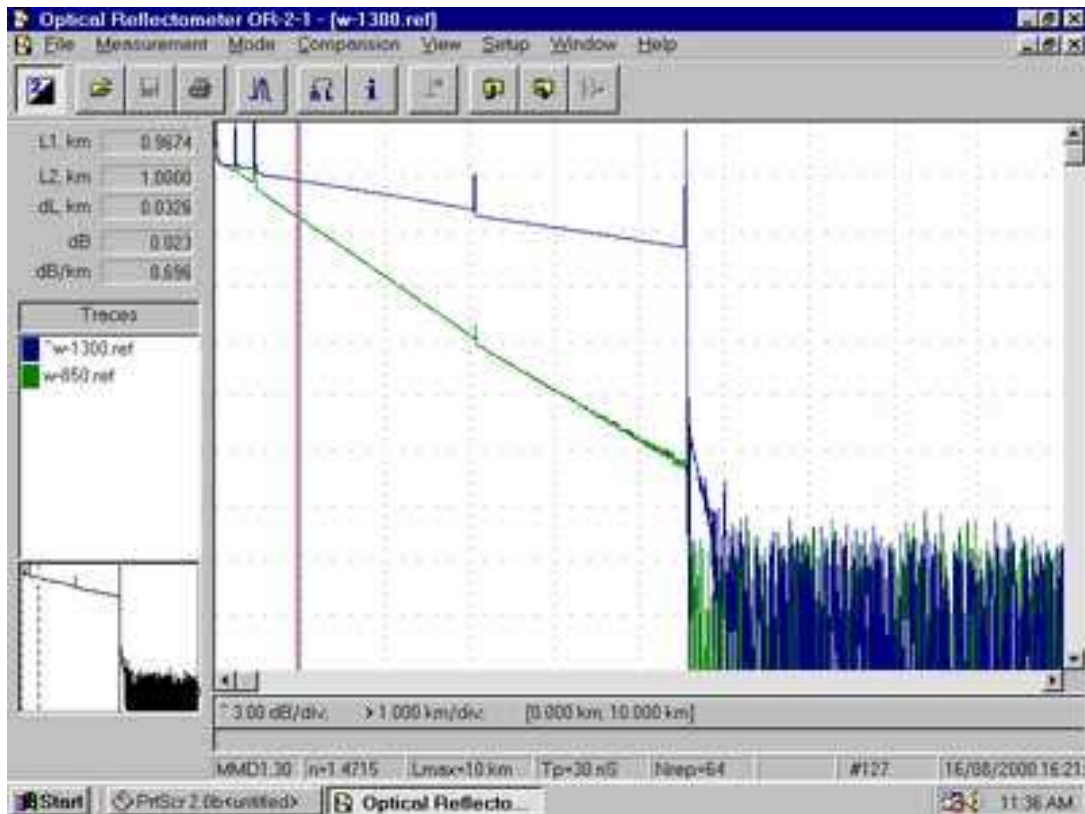
Σε κάθε χρονική στιγμή το φως που βλέπει το OTDR είναι το φως του παλμού που σκεδάζεται καθώς ο παλμός διέρχεται από κάποια περιοχή της ίνας. Το ποσοστό του φωτός που επιστρέφει είναι πολύ μικρό αλλά η ανίχνευσή του γίνεται δυνατή με τη χρήση ευαίσθητων δεκτών και τεχνικών υπολογισμού της μέσης τιμής του σήματος. Έτσι, μπορούμε να κάνουμε μετρήσεις σε σχετικά μεγάλες αποστάσεις. Από τη στιγμή που μπορούμε να ρυθμίσουμε την ταχύτητα του παλμού καθώς διέρχεται μέσα από την ίνα καθώς και τη διάρκειά του, το OTDR μπορεί να μετρά το χρόνο και να υπολογίζει τη θέση του παλμού στην ίνα. Έτσι, συσχετίζει αυτό που αναδεικνύεται από το οπισθοσκεδασμένο φως με συγκεκριμένες θέσεις στην οπτική ίνα. Με τον τρόπο αυτό μπορεί να φτιάξει ένα διάγραμμα με το ποσό του φωτός που σκεδάστηκε προς τα πίσω για κάθε σημείο της ίνας.

Από την άλλη καθώς ο παλμός ταξιδεύει μέσα στην ίνα αποσβένεται σταδιακά, ενώ πρόσθετες απώλειες συμβαίνουν στα σημεία συγκόλλησης και στους συνδετήρες. Έτσι, η ισχύς του παλμού μειώνεται σταδιακά καθώς περνάει μέσα από την ίνα έχοντας σαν αποτέλεσμα το ποσοστό του φωτός που σκεδάζεται να μειώνεται αναλογικά παράγοντας, με τον τρόπο αυτό, μια εικόνα της απώλειας που συμβαίνει στην ίνα. Επειδή αυτή η διαδικασία συμβαίνει δύο φορές, μία καθώς το φως φεύγει και μία καθώς επιστρέφει, η μετατροπή αυτής της πληροφορίας σε ένδειξη απαιτεί κατάλληλους υπολογισμούς που συμβαίνουν μέσα στο όργανο.

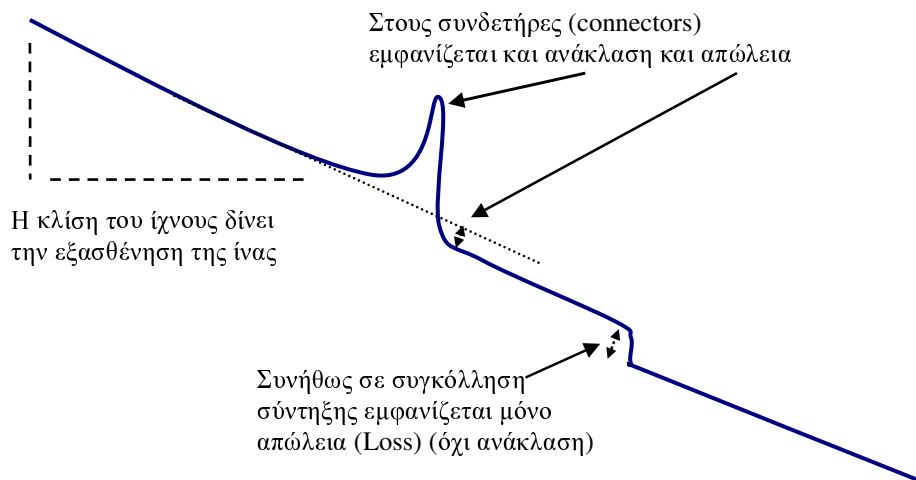
Υπάρχουν πολλές πληροφορίες στην οθόνη ενός OTDR. Ο οριζόντιος άξονας δείχνει μήκος σε Km ενώ ο κάθετος απώλεια σε dB. Η κλίση του ίχνους δίνει το συντελεστή εξασθένησης στην ίνα σε dB/Km. Για να μετρήσουμε το συντελεστή εξασθένησης σε ένα καλώδιο οπτικής ίνας χρειαζόμαστε ένα αρκετά μακρύ καλώδιο και στη μέτρηση να μην υπάρχουν παραμορφώσεις στα άκρα (που οφείλονται είτε στην διακριτική ικανότητα (resolution) του οργάνου είτε σε υπερφόρτωση λόγω ισχυρών αντανάκλασεων). Αν η ίνα δείχνει σημάδια μη-γραμμικότητας σε κάποιο από τα άκρα, ειδικά κοντά σε ανακλάσεις π.χ. από συνδετήρες, τότε δεν πρέπει να συμπεριλάβουμε εκείνη την περιοχή στον υπολογισμό των απωλειών. Στη «γλώσσα» των OTDR οι συνδετήρες και οι συγκολλήσεις αναφέρονται ως γεγονότα (events). Και τα δύο εμφανίζουν απώλεια, ειδικά όμως οι συνδετήρες και οι μηχανικές συγκολλήσεις παρουσιάζουν και μια τοπική κορυφή η οποία οφείλεται σε ανάκλαση και ξεχωρίζει τα γεγονότα αυτά από τις συγκολλήσεις σύντηξης (fusion splices) οι οποίες παρουσιάζουν μόνο απώλεια. Το ύψος των κορυφών δείχνει το ποσό της ανάκλασης στο γεγονός, εκτός αν είναι τόσο ισχυρή που να οδηγεί το όργανο στον κόρο (saturation). Σε αυτή την περίπτωση η κορυφή θα έχει ένα πλατώ στην άκρη της



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



Εικόνα 1. Μια οθόνη ενός OTDR



Με ένα OTDR μπορούμε να ανιχνεύσουμε και προβλήματα που οφείλονται σε λάθος εγκατάσταση. Μια σπασμένη (κομμένη) ίνα θα φαίνεται μικρότερη από το μήκος καλωδίου που ξέρουμε ότι έχουμε εγκαταστήσει. Αν το καλώδιο δέχεται υπερβολική πίεση σε κάποιο σημείο ή αν η ακτίνα στροφής του είναι μεγαλύτερη από την επιτρεπτή τότε το σημείο εκείνο θα συμπεριφέρεται σαν σημείο συγκόλλησης ενώ θα ξέρουμε ότι δεν έχουμε κάνει κάτι τέτοιο εκεί.

## Περιορισμοί των OTDR

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

## Η χρήση του OTDR

Η χρήση ενός OTDR γίνεται πιο εύκολη και δίνει πιο κατανοητά αποτελέσματα αν ληφθούν μερικά απλά μέτρα. Πρώτα απόλα πρέπει να χρησιμοποιείται ένα μακρύ καλώδιο αρχικοποίησης (launch cable) ώστε αφενός μεν να εξασθενήσει μερικώς ο αρχικός παλμός και αφετέρου να υπάρχει ένα καλώδιο αναφοράς για να μπορέσουμε να μετρήσουμε την ποιότητα του πρώτου συνδετήρα στο καλώδιο που μετράμε.

Πάντα να ξεκινάτε τις μετρήσεις χρησιμοποιώντας τη μικρότερη διάρκεια παλμού που δίνει το όργανο (ώστε να επιτυγχάνεται η μέγιστη ανάλυση και διακριτική ικανότητα) και κλίμακα μήκους τουλάχιστον διπλάσια από το μήκος που αναμένετε να έχει το καλώδιο που θέλετε να μετρήσετε. Κάντε μια αρχική μέτρηση με αυτές τις ρυθμίσεις και έπειτα κάντε τις κατάλληλες αλλαγές ώστε να πάρετε την κανονική μέτρηση.

*Προσοχή! Μη χρησιμοποιείτε τη λειτουργία αυτόματης μέτρησης (auto-test). Τα OTDR δεν είναι έξυπνα όργανα ώστε να πάρουν μόνα τους τις αποφάσεις των ρυθμίσεων ή της ένδειξης pass/fail. Εφόσον έχετε ρυθμίσει μόνοι σας το όργανο σύμφωνα με τις προδιαγραφές της εγκατάστασης τότε μπορείτε να κάνετε και μια μέτρηση χρησιμοποιώντας την αυτόματη λειτουργία ώστε να ελέγξετε αν δίνει αξιόπιστα αποτελέσματα. Ποτέ όμως μη τη χρησιμοποιείτε για να παρακάμψετε ή να επιταχύνετε τη δουλειά ενός έμπειρου χειριστή.*

## Επίλυση προβλημάτων

Κάποτε έρχεται η στιγμή που πρέπει να βρεις και να διορθώσεις ένα πρόβλημα στην καλωδίωση του δικτύου. Αν το δίκτυο είναι μικρό τότε θα πρέπει να προσλάβεις κάποιον να κάνει τη δουλειά. Αν έχεις ένα μεγάλο δίκτυο με κρίσιμες εφαρμογές τότε πιθανόν να διαθέτεις και το κατάλληλο προσωπικό. Σε αυτή την περίπτωση εκτός από το προσωπικό χρειάζονται και τα κατάλληλα όργανα και εξοπλισμός (όπως καλώδια, συνδετήρες, υλικά συγκόλλησης, όργανα μέτρησης, κ.α.) ενώ το προσωπικό πρέπει να γνωρίζει τη χρήση τους.

Από τις πιο κρίσιμες παραμέτρους είναι η ύπαρξη κατάλληλης και επαρκούς τεκμηρίωσης της εγκατάστασης, μια δουλειά που κανονικά πρέπει να είχε κάνει ο εγκαταστάτης και να την είχε παραδώσει μαζί με το έργο. Αν δεν γνωρίζεις που βρίσκονται τα καλώδια, ποιο είναι το μήκος τους, ποια ήταν η μέτρηση απωλειών κατά την παραλαβή, τότε δεν μπορείς να βγάλεις ασφαλή συμπεράσματα από την τρέχουσα (προβληματική) κατάσταση. Επίσης, εκτός από την τεκμηρίωση είναι καλό να διατηρείς ό,τι υλικό περισσεύει από την εγκατάσταση για λόγους μελλοντικών διορθωτικών επεμβάσεων.

Από τα πρώτα πράγματα που πρέπει να διαγνωστούν είναι αν το πρόβλημα είναι στην καλωδίωση ή στον εξοπλισμό που τη χρησιμοποιεί. Ένα απλό όργανο μέτρησης ισχύος μπορεί να ελέγξει αν οι πομποί στέλνουν σήμα στο καλώδιο και αν το σήμα φτάνει στο δέκτη, ενώ ένα VFL μπορεί να ελέγξει τη συνέχεια των οπτικών ινών. Αν το πρόβλημα είναι μέσα στο καλώδιο, τότε το καταλληλότερο όργανο για τη διάγνωση του είναι ένα OTDR.