

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ



Τ.Ε.Ι. ΚΡΗΤΗΣ-ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΧΑΝΙΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ (ΣΤΕΦ)
Ακαδημαϊκό Έτος 2008-2009, Μάιος 2009

Ρωμανού 3
Χαλέπα, Χανιά

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Διαδικασίες ελέγχου και εφαρμογές
διαχείρισης δικτύων οπτικών ινών
Check procedures and optical fiber network
administration applications

Κρανίτης Παναγιώτης

Εισηγητής : Δρ. (Ph.d.) Μπαρμπουνάκης Ιωάννης
Καθηγητής Εφαρμογών Τμ. Ηλεκτρονικής Τ.Ε.Ι. Κρήτης

ΕΡΓΟ	ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΤΙΤΛΟΣ	<ul style="list-style-type: none"> • Διαδικασίες ελέγχου και εφαρμογές διαχείρισης δικτύων οπτικών ινών • Check procedures and optical fiber network administration applications
ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ	<p>Εισηγητής : Δρ. (Ph.d.) Μπαρμπουνάκης Ιωάννης Καθηγητής Εφαρμογών Τμ. Ηλεκτρονικής Τ.Ε.Ι. Κρήτης</p>
Ημερομηνία/ Τόπος Ανάληψης	<p>Εαρινό Εξάμηνο, Απρίλιος 2008/ ΤΕΙ Κρήτης, ΣΤΕΦ, Τμήμα Ηλεκτρονικής</p>
Ημερομηνία Παράδοσης	<p>Εαρινό Εξάμηνο, Μάιος 2009</p>
Σπουδαστής	<p>Κρανίτης Παναγιώτης</p>

Πρόλογος-Περίληψη

Η αλματώδης αύξηση της χρήσης δικτύων οπτικών ινών, ώστε να καλυφθούν οι ανάγκες των μοντέρνων τηλεπικοινωνιακών συστημάτων, έχει δημιουργήσει την ανάγκη ύπαρξης εξειδικευμένου προσωπικού που θα ελέγχει και θα διαχειρίζεται ένα δίκτυο οπτικών ινών μετά το τέλος της εγκατάστασης. Αυτή η πτυχιακή εργασία στο πρώτο μέρος της έχει σκοπό να χρησιμοποιηθεί για την εκπαίδευση του προσωπικού ελέγχου και συντήρησης δικτύων οπτικών ινών. Παρέχει απλώς μία εισαγωγή στις βασικές αρχές των οπτικών ινών, αφήνοντας τη φυσική και τα μαθηματικά της τεχνολογίας αυτής, για τα υψηλότερου επιπέδου βιβλία. Αντίθετα, εστιάζει στις πρακτικές διαστάσεις της εγκατάστασης και του ελέγχου του δικτύου. Στο δεύτερο μέρος της εργασίας γίνεται ανάλυση όλων των παραμέτρων και δυνατοτήτων που θα πρέπει να έχει ένα εύχρηστο και λειτουργικό λογισμικό διαχείρισης δικτύων οπτικών ινών.

Introduction

The rapid increase of the use of fiber optic networks, in order to cover the necessities of modern telecommunication systems, has brought on the need of creating a specialized staff which will control and manage a fiber optic network after the end of the installation. The purpose of the first part of this graduated project is to be used for the training of the technicians that will control, manage and maintain a fiber optic network. It simply provides an introduction to the principles of the optical fibers, leaving physics and maths of this specific technology to books of higher level. On the contrary, it focuses on the practical dimensions of the installation and the network control. At the second part of this project we analyze all the parameters and the capabilities that a handy and functional fiber optic network administration application should have.

1.	Εισαγωγή.....	6
2.	Τυποποιημένες διαδικασίες ελέγχου.....	7
3.	Απαραίτητος Εξοπλισμός Ελέγχου Οπτικών Ινών	7
3.1	Ισχυόμετρα Οπτικών Ινών	7
3.1.1	Διακρίβωση Ισχυομέτρων.....	10
3.1.2	Αβεβαιότητα μετρήσεων οπτικής ισχύος.....	10
3.2	Πηγές Ισχύος για ελέγχους οπτικών ινών	11
3.3	Κιτ ελέγχου οπτικών απωλειών OLTS (Optical Loss Test Sets).....	12
3.4	OTDR (Optical Time Domain Reflectometers).....	13
3.5	Συστήματα ελέγχου οπτικής συνέχειας των ινών	14
3.6	Αναγνωριστές ινών	15
3.7	OCWR (Optical Continuous Wave Reflectometer).....	16
3.8	Μικροσκόπια οπτικών ελέγχων	16
3.9	Εξασθενητές.....	17
4.	Ποιοτικός Έλεγχος Οπτικών Ινών	18
4.1	Έλεγχος Συνέχειας και Επιθεώρηση Βυσμάτων.....	18
4.1.1	Έλεγχος συνέχειας	18
4.1.2	Επιθεώρηση βυσμάτων	18
4.2	Μετρήσεις Απωλειών Ισχύος Οπτικών Ινών	20
4.2.1	Εισαγωγή.....	20
4.2.2	Μετρήσεις	23
4.2.2.1	Μέθοδος ενός άκρου	23
4.2.2.2	Μέθοδος δύο άκρων.....	26
4.2.2.3	Σύγκριση των δύο μεθόδων	27
4.2.3	Μέτρηση απωλειών μονίμων συνδέσεων (splice)	28
4.2.4	Έλεγχος εγκατεστημένων καλωδίων οπτικών ινών.....	29
4.2.4.1	Μέγιστες Ενδεικτικές Τιμές Απωλειών	31
4.2.5	Μέτρα Προστασίας κατά τις Μετρήσεις.....	31
4.2.5.1	Διαδικασίες χειρισμού και καθαρισμού.....	31
4.3	Μετρήσεις Οπτικών Απωλειών Επιστροφής(Optical Return Loss).....	32
4.3.1	Οπτικές Απώλειες Επιστροφής	32
4.3.2	Μέθοδοι Μέτρησης.....	33
4.3.3	Μέθοδος με χρήση OCWR.....	33
4.3.4	Μέθοδος με τη χρήση OTDR.....	35
4.3.5	Σύγκριση των δύο μεθόδων	38
4.3.6	Οπτικές απώλειες επιστροφής βυσμάτων	39
4.3.7	Αβεβαιότητες και περιορισμοί μετρήσεων OTDR	40
4.4	Έλεγχος εύρους διέλευσης συχνοτήτων.....	44
4.4.1	Διασπορά Ρυθμών	44
4.4.2	Χρωματική Διασπορά	45
5.	Πιθανά αίτια αδικαιολόγητων απωλειών	46
5.1	Απώλειες κάμψης.....	46
5.2	Απώλειες κακής προσαρμογής ινών	47
6.	Υλικά Τερματισμού & Διασύνδεσης Οπτικών Ινών.....	47
6.1	Συζεύκτες οπτικών ινών	48
6.2	Διακόπτες οπτικών ινών.....	49
7.	Ζεύξεις δεδομένων με οπτικές ίνες	49
8.	Συνήθη προβλήματα στις εγκαταστάσεις οπτικών ινών	51
9.	Επίλογος	53

1.	Συστήματα GIS	55
1.1	Ανάλυση των GIS συστημάτων	55
1.2	Εφαρμογή των συστημάτων GIS στην διαχείριση δικτύων κοινής ωφελείας. 56	
2.	Εφαρμογή διαχείρισης δικτύου οπτικών ινών	57
2.1	Εισαγωγή.....	57
2.2	Εφαρμογή ανεξάρτητη της αρχιτεκτονικής υπολογιστών	58
2.3	Βασικά αρχεία της εφαρμογής και διασύνδεση αυτών.....	58
2.4	Τρόποι απεικόνισης και σύμβολα των στοιχείων του δικτύου	60
2.5	Συλλογή και επαλήθευση δεδομένων	62
2.6	Διαμόρφωση των βάσεων δεδομένων της εφαρμογής και καταχώρηση των στοιχείων του δικτύου σε αυτές.....	64
2.7	Συντομεύσεις δυνατοτήτων και λειτουργιών της κύριας οθόνης της εφαρμογής.....	65
3.	Δυνατότητες της εφαρμογής για αναλύσεις και αναφορές του δικτύου.....	68
3.1	Πίνακες.....	68
3.1.1	Πίνακας σημείων πρόσβασης.....	69
3.1.2	Πίνακας κτιρίων	70
3.1.3	Πίνακας καλωδιώσεων.....	70
3.1.4	Πίνακας χρηστών	71
3.1.5	Πίνακας εγγράφων	72
3.1.6	Πίνακας φρεατίων	72
3.1.7	Πίνακας σημείων συγκόλλησης ινών.....	72
3.1.8	Πίνακας εξοπλισμού	73
3.1.9	Πίνακας σταθμών τερματισμού	73
3.1.10	Πίνακας στύλων	74
3.1.11	Πίνακας τερματισμένων ινών και μικτονομήσεων	74
3.2	Αναφορές	74
3.2.1	Αναφορά πελατών και εξοπλισμού	75
3.2.2	Αναφορά τερματισμένων ινών.....	75
3.2.3	Αναφορά εγκατεστημένων υλικών	76
3.2.4	Αναφορά υπολογισμού διαδρομής ινών	77
3.2.4.1	Καρτέλα δρομολόγησης.....	78
3.2.4.2	Καρτέλα ανάθεσης.....	79
3.2.4.3	Καρτέλα σύνοψης	79
3.2.4.4	Καρτέλα ανάλυσης.....	80
3.2.5	Αναφορά μήκους ενεργών ινών	80
3.2.6	Αναφορά μισθωμένων ινών	81
3.2.7	Αναφορά φρεατίων και σωληνώσεων.....	81
3.2.8	Σχηματικό διάγραμμα τερματισμών	81
3.2.9	Σχηματικό διάγραμμα διαδρομών.....	83
3.3	Δυνατότητα ενσωμάτωσης εξωτερικών αρχείων.....	84
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ-ΑΝΑΦΟΡΕΣ.....	86

Εγχειρίδιο Ελέγχου Δικτύων Οπτικών Ινών

1. Εισαγωγή

Ο έλεγχος των δικτύων οπτικών ινών απαιτεί αρκετές βασικές μετρήσεις. Οι συνηθέστερες παράμετροι που προκύπτουν από τις μετρήσεις αυτές, αναγράφονται στον πίνακα 1. Η μέτρηση οπτικής ισχύος είναι η πιο σημαντική από όλες και απαιτείται για τον έλεγχο όλων των οπτικών ινών ανεξαιρέτως τύπου, εφαρμογής ή εγκατάστασης της ίνας. Επιπλέον, χρησιμοποιείται όταν απαιτείται η μέτρηση της ισχύος εξόδου κάποιας πηγής, η μέτρηση της λαμβανόμενης ισχύος καθώς και η μέτρηση των απωλειών ισχύος. Η μέτρηση ανάκλασης είναι η επόμενη περισσότερο σημαντική, ενώ οι μετρήσεις μήκους κύματος, εύρους διέλευσης συχνοτήτων και διασποράς είναι μικρότερης σημασίας. Οι επιθεωρήσεις των γεωμετρικών παραμέτρων των ινών είναι σημαντικές στην φάση της κατασκευής τους και μόνο. Επίσης, σε εγκατεστημένα δίκτυα οπτικών ινών που βρίσκονται σε λειτουργία, συχνά απαιτούνται μετρήσεις για τον εντοπισμό βλαβών.

Μετρούμενη Παράμετρος	Ειδικό Όργανο Μέτρησης
Οπτική Ισχύς (εξόδου πηγής, λήψης δέκτη)	Μετρητής ισχύος οπτικών ινών
Απώλειες ινών, καλωδίων και βυσμάτων	Μετρητής ισχύος οπτικών ινών, Κιτ ελέγχου (OLTS - Optical Loss Test Set)
Ανάκλαση (Reflection/Return Loss) (απώλειες, μήκος κύματος, εντοπισμός σημείων βλάβης)	OTDR (Optical Time Domain Reflectometer)
Εύρος διέλευσης συχνοτήτων / Διασπορά συχνοτήτων	Ελεγκτής εύρους διέλευσης (ρυθμών και χρωματική) ¹

Πίνακας 1: Απαιτήσεις ελέγχου οπτικών ινών

¹ Σπάνια μετρώνται σε μια εγκατάσταση

2. Τυποποιημένες διαδικασίες ελέγχου

Οι περισσότερες διαδικασίες ελέγχου δικτύων οπτικών ινών έχουν τυποποιηθεί από διάφορες αμερικάνικες και διεθνείς επιτροπές π.χ. EIA/TIA (ΗΠΑ) και IEC διεθνώς. Αυτές οι διαδικασίες καλύπτουν απόλυτες μετρήσεις οπτικής ισχύος, απώλειες καλωδίων και βυσμάτων, καθώς και την επίδραση πολλών περιβαλλοντικών παραγόντων (θερμοκρασίας, πίεσης, κάμψης κτλ).

Για την εκτέλεση των ελέγχων αυτών, ο βασικός εξοπλισμός αποτελείται από

- ένα όργανο μέτρησης ισχύος οπτικών ινών,
- μια διακριβωμένη πηγή ελέγχου,
- ένα οπτικό ανακλασίμετρο στο πεδίο του χρόνου (OTDR),
- ένα ανακλασίμετρο συνεχών οπτικών κυμάτων (OCWR)
- έναν οπτικό αναλυτή φάσματος και
- ένα μικροσκόπιο επιθεωρήσεως.

Αυτά, όπως και άλλα εξειδικευμένα όργανα, περιγράφονται στη συνέχεια.

3. Απαραίτητος Εξοπλισμός Ελέγχου Οπτικών Ινών

3.1 Ισχυόμετρα Οπτικών Ινών

Η πιο βασική μέτρηση οπτικών ινών είναι αυτή της οπτικής ισχύος που καταφθάνει στο άκρο μιας ίνας. Η μέτρηση αυτή αποτελεί τη βάση για την εύρεση των απωλειών και της ισχύος που εκπέμπεται από την πηγή ή καταφθάνει στο δέκτη. Το πρότυπο FOTP-95 της EIA/TIA καλύπτει τις μετρήσεις οπτικής ισχύος. Η οπτική ισχύς σχετίζεται με τη θερμαντική ισχύ του φωτός, και ορισμένα όργανα στην πραγματικότητα μετρούν τη θέρμανση που

προκαλεί η απορρόφηση του φωτός από κάποιο φωτοανιχνευτή. Αν και η τεχνική αυτή είναι αποτελεσματική για τα laser υψηλής ισχύος, δεν είναι το ίδιο ευαίσθητη για τα τυπικά επίπεδα ισχύος των συστημάτων επικοινωνιών οπτικών ινών. Στον **πίνακα 2**, αναγράφονται ορισμένα τυπικά επίπεδα ισχύος συστημάτων οπτικών ινών.

Τύπος Δικτύου	Μήκος Κύματος (nm)	Εύρος τιμών ισχύος (dBm)	Εύρος τιμών ισχύος (W)
Telecom	1310, 1550	+3 έως -45	2 mW έως 50 nW
Datacom	665, 790, 850, 1300	-10 έως -30	100 μW έως 1μW
CATV	1310, 1550	+10 έως -6	10 mW έως 250μW

Πίνακας 2: Επίπεδα οπτικής ισχύος επικοινωνιακών συστημάτων οπτικών ινών

Τα ισχυόμετρα οπτικών ινών, παρέχουν το επίπεδο της μέσης οπτικής ισχύος που εξέρχεται από μια οπτική ίνα, και χρησιμοποιούνται συνδυαζόμενα με κάποια συμβατή πηγή, για έλεγχο των απωλειών σήματος. Τυπικά, αποτελούνται από ένα φωτοανιχνευτή στερεάς κατάστασης πυριτίου για τα μικρά μήκη κύματος, γερμανίου ή InGaAs για τα μεγαλύτερα μήκη κύματος. Οι φωτοανιχνευτές πυριτίου είναι ευαίσθητοι στα μήκη κύματος από 400 έως 1100 nm, ενώ οι φωτοανιχνευτές γερμανίου και InGaAs είναι ευαίσθητοι στα μήκη κύματος από 800 έως 1600 nm. Τα χαρακτηριστικά των φωτοανιχνευτών φαίνονται στον **πίνακα 3**.

Τύπος Φωτοανιχνευτή	Μήκος Κύματος (nm)	Εύρος τιμών ισχύος (dBm)	Σχόλια
Πυρίτιο	400 – 1100	+10 έως -70	
Γερμάνιο	800 – 1600	+10 έως -60	-70 για ανιχνευτές μικρού εμβαδού +30 με παράθυρο εξασθένησης
InGaAs	800 – 1600	+10 έως -70	Οι ανιχνευτές μικρού εμβαδού μπορεί να υπερφορτωθούν σε υψηλή ισχύ (>0 dBm)

Πίνακας 3: Χαρακτηριστικά φωτοανιχνευτών που χρησιμοποιούνται σε όργανα μέτρησης οπτικής ισχύος

Επιπρόσθετα, τα ισχυόμετρα περιέχουν κυκλώματα ελέγχου του σήματος και ψηφιακή απεικόνιση της ισχύος. Για την προσαρμογή τους στη μεγάλη ποικιλία υφιστάμενων βυσμάτων οπτικών ινών, συνήθως συνοδεύονται από κάποιο αφαιρούμενο προσαρμοστή.

Τα ισχυόμετρα είναι διακριβωμένα σε γραμμικές μονάδες μέτρησης (mW, μ W και nW) ή και σε dBm, dbW. Ορισμένα όργανα διαθέτουν επίσης μια σχετική κλίμακα dB, χρήσιμη για μετρήσεις απωλειών στο εργαστήριο. Ωστόσο, στο χώρο μιας εγκατάστασης χρησιμοποιούνται συνήθως ρυθμιζόμενες πηγές σε κάποια τυποποιημένη τιμή, για αποφυγή σύγχυσης.

Τα ισχυόμετρα καλύπτουν μια πολύ ευρεία δυναμική περιοχή, από το 1 έως και πάνω από το 1 εκατομμύριο. Αν και οι περισσότερες μετρήσεις ισχύος και απωλειών εκτελούνται στην περιοχή από 0 dBm έως -50 dBm, ορισμένα όργανα διαθέτουν πολύ μεγαλύτερη δυναμική περιοχή. Για τον έλεγχο αναλογικών συστημάτων καλωδιακής τηλεόρασης CATV ή ενισχυτών οπτικών ινών, απαιτούνται ειδικά όργανα με δυναμική περιοχή που να φτάνει μέχρι και τα +20 dBm (100 mW).

Τα ισχυόμετρα οπτικών ινών παρουσιάζουν μια τυπική αβεβαιότητα μετρήσεων 5%, παρά την συμμόρφωσή τους σε εθνικά πρότυπα εργαστηρίων όπως π.χ. το NIST (National Institute of Standards and Technology). Πηγές σφαλμάτων αποτελούν η μεταβλητότητα του συντελεστή σύζευξης του φωτοανιχνευτή και του προσαρμοστή βύσματος, ανακλάσεις από τις γυαλισμένες επιφάνειες των βυσμάτων, άγνωστο μήκος κύματος πηγής (επειδή οι φωτοανιχνευτές είναι ευαίσθητοι στο μήκος κύματος), μη γραμμικότητες στα ηλεκτρονικά κυκλώματα ελέγχου σήματος του οργάνου, και ο θόρυβος του φωτοανιχνευτή σε πολύ χαμηλά επίπεδα ισχύος σήματος. Επειδή, οι περισσότεροι από τους παράγοντες αυτούς επηρεάζουν όλα τα όργανα μέτρησης ισχύος, ανεξάρτητα της ποιότητάς τους, ακόμη και υψηλού κόστους όργανα των εργαστηρίων είναι με δυσκολία πιο ακριβή από τα φθηνότερα φορητά όργανα.

3.1.1 Διακρίβωση Ισχυομέτρων

Η διακρίβωση του εξοπλισμού μέτρησης ισχύος οπτικών ινών απαιτεί τον καθορισμό ενός προτύπου αναφοράς. Τα όργανα μέτρησης οπτικής ισχύος παρουσιάζουν μια αβεβαιότητα διακρίβωσης περίπου +/- 5%, συγκριτικά με τα πρότυπα NIST (National Institute of Standards and Technology). Οι περιορισμοί της αβεβαιότητας οφείλονται στις οπτικές ζεύξεις, περίπου 1% σε κάθε μετάβαση, και σε μικρομεταβολές στη διακρίβωση του μήκους κύματος. Το NIST συνεργάζεται διαρκώς με τους κατασκευαστές οργάνων και τα ιδιωτικά εργαστήρια διακρίβωσης, για μείωση των παρουσιαζόμενων αβεβαιοτήτων.

Η διακρίβωση των οργάνων μέτρησης θα πρέπει να εκτελείται σε ετήσια βάση. Ωστόσο, η εμπειρία δείχνει ότι η ακρίβεια των οργάνων σπάνια μεταβάλλεται σημαντικά μέσα σε αυτό το χρονικό διάστημα, τουλάχιστον όσο δεν παρουσιάζεται πρόβλημα στα ηλεκτρονικά των οργάνων. Δυστυχώς, η διακρίβωση των οργάνων μέτρησης ισχύος οπτικών ινών, απαιτεί σημαντική επένδυση κεφαλαιουχικού εξοπλισμού και συνεχή ανανέωση των προτύπων μεταφοράς, και γι' αυτό μέχρι σήμερα υπάρχουν πολύ λίγα εργαστήρια διακρίβωσης. Τα περισσότερα όργανα θα πρέπει να επιστρέφονται για διακρίβωση στον κατασκευαστή τους.

3.1.2 Αβεβαιότητα μετρήσεων οπτικής ισχύος

Η αβεβαιότητα των μετρήσεων οπτικής ισχύος είναι περίπου **0,2 dB** (5%). Οι μετρήσεις απωλειών συνήθως παρουσιάζουν αβεβαιότητα 0,5 dB ή περισσότερο, ενώ οι μετρήσεις απωλειών επιστροφής (reflection) παρουσιάζουν αβεβαιότητα περί το 1 dB. Όργανα με ενδείξεις ανάλυσης 0,01 dB είναι γενικά κατάλληλα για εργαστηριακές μετρήσεις πολύ χαμηλών απωλειών, όπως π.χ. βυσμάτων και μονίμων συνδέσεων μικρότερων του 1 dB ή για την παρακολούθηση μικρομεταβολών απωλειών ισχύος ανάλογα με τις περιβαλλοντικές συνθήκες.

Τα όργανα μετρήσεων που χρησιμοποιούνται σε πραγματικές εφαρμογές είναι προτιμότερο να έχουν ανάλυση μέχρι 0,1dB, επειδή οι παρεχόμενες ενδείξεις είναι απίθανο να παρουσιάζουν αστάθεια κατά τη μέτρηση και θεωρούνται περισσότερο ενδεικτικές της αβεβαιότητας μετρήσεων.

3.2 Πηγές Ισχύος για ελέγχους οπτικών ινών

Για την μέτρηση των οπτικών απωλειών σε ίνες, καλώδια και βύσματα, απαιτείται κάποια πρότυπη/τυποποιημένη πηγή σήματος και ένα όργανο μέτρησης ισχύος. Η πηγή θα πρέπει να διαθέτει συμβατότητα με τον τύπο της μετρούμενης ίνας (μονότροπη ή πολύτροπη με κατάλληλη διάμετρο πυρήνα) και το μήκος κύματος που θα χρησιμοποιηθεί. Οι περισσότερες πηγές είναι δίοδοι LED ή Laser, όπως αυτές που συνήθως χρησιμοποιούνται στους πομπούς των συστημάτων οπτικών ινών.

Τυπικά μήκη κύματος πηγών είναι τα 665 nm (πλαστικές ίνες), 850 nm (μικρό μήκος κύματος σε πολύτροπες γυάλινες ίνες), και 1300, 1310 ή 1550 nm (μεγάλο μήκος κύματος σε πολύτροπες και μονότροπες ίνες). Οι δίοδοι LED τυπικά χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο πολύτροπων ινών, ενώ οι δίοδοι laser χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο μονότροπων ινών, εκτός από τα μικρού μήκους μονότροπα καλώδια συνδέσεων, στα οποία ο έλεγχος εκτελείται με πηγές LED. Οι πηγές laser δε θα πρέπει να χρησιμοποιούνται σε πολύτροπες ίνες, επειδή σύμφωνες πηγές όπως είναι αυτές παρουσιάζουν υψηλή αβεβαιότητα μετρήσεων σε πολύτροπες ίνες, λόγω του εισαγόμενου θορύβου ρυθμών. Ωστόσο, το μεγάλο φασματικό εύρος των LED μερικές φορές υπερκαλύπτει το μήκος κύματος αποκοπής των μονότροπων ινών (το χαμηλότερο μήκος κύματος για το οποίο η ίνα υποστηρίζει τη μετάδοση ενός μόνο ρυθμού) στα χαμηλότερα μήκη κύματος και στα 1400 nm. Η περιοχή απορρόφησης στα μεγαλύτερα μήκη κύματος εισάγει σφάλματα στις μετρήσεις απωλειών μονότροπων καλωδίων μεγαλύτερου μήκους (πάνω από 5 km περίπου).

Η τιμή του μήκους κύματος της πηγής μπορεί να αποτελέσει σημαντικό θέμα προκειμένου για μετρήσεις ακριβείας σε μεγαλύτερου μήκους καλώδια, επειδή οι απώλειες παρουσιάζουν ευαισθησία ιδιαίτερα στα μικρότερα μήκη κύματος. Επομένως, όλες οι πηγές ελέγχου θα πρέπει να είναι διακριβωμένες ως προς το μήκος κύματος που παράγουν.

Επίσης, σημαντική είναι η δυνατότητα προσαρμογής των πηγών σε μια μεγάλη ποικιλία βυσμάτων οπτικών ινών, αφού συνολικά υπάρχουν πάνω από 70 τύποι, αν και οι συνηθέστεροι από αυτούς είναι οι SM, ST, FDDI και ESCON για πολύτροπες ίνες, και Biconic, FC, SC και D4 για μονότροπες ίνες. Ορισμένες πηγές LED χρησιμοποιούν τμηματικούς προσαρμοστές, όπως και τα όργανα μέτρησης ισχύος, έτσι ώστε να μπορούν να συνδέονται σε διαφορετικούς τύπους βυσμάτων. Οι πηγές laser σχεδόν πάντοτε έχουν σταθερά βύσματα. Στις περιπτώσεις αυτές, χρησιμοποιούνται υβριδικά καλώδια σύνδεσης με βύσματα συμβατά προς την πηγή στο ένα άκρο και προς το υπό έλεγχο βύσμα στο άλλο άκρο.

3.3 Κιτ ελέγχου οπτικών απωλειών OLTS (Optical Loss Test Sets)

Μια διάταξη ελέγχου οπτικών απωλειών αποτελεί συνδυασμό ενός οργάνου μέτρησης ισχύος οπτικών ινών και μιας οπτικής πηγής και χρησιμοποιείται για τη μέτρηση απωλειών σε ίνες, βύσματα και τερματισμένα καλώδια. Οι πρώτες εκδόσεις της διάταξης αυτής ονομάζονταν όργανα μέτρησης απωλειών. Ένα κιτ ελέγχου έχει παρόμοιο σκοπό, αλλά συνήθως αποτελείται από δύο ανεξάρτητα τμήματα και περιλαμβάνει εξαρτήματα για την προσαρμογή του στη συγκεκριμένη εφαρμογή, π.χ. έλεγχο LAN (datacom), τηλεφωνικού δικτύου (telecom) ή CATV.

Τα ολοκληρωμένα όργανα OLTS είναι συνήθως χρήσιμα στις μετρήσεις εργαστηρίου, αλλά σε μετρήσεις εγκαταστάσεων συνήθως χρησιμοποιούνται

ανεξάρτητη πηγή και όργανο μέτρησης ισχύος, επειδή τα άκρα της ελεγχόμενης ίνας βρίσκονται σε μεγάλη μεταξύ τους απόσταση. Ακόμη όμως και στο περιβάλλον του εργαστηρίου, μπορεί να απαιτούνται διάφοροι τύποι πηγών, κάνοντας ακόμη περισσότερο ευέλικτη την επιλογή ανεξάρτητης πηγής και οργάνου μέτρησης ισχύος.

3.4 OTDR (Optical Time Domain Reflectometers)

Το OTDR εκμεταλλεύεται το φαινόμενο της ανάκλασης μέσα στην οπτική ίνα, προκειμένου να εντοπιστεί η θέση της βλάβης και να βελτιστοποιηθούν οι μόνιμες συνδέσεις. Επειδή η ανάκλαση αποτελεί τον έναν από τους δύο κύριους παράγοντες απωλειών μέσα στις ίνες (ο άλλος είναι η απορρόφηση), το OTDR στέλνει μέσα στην ίνα έναν οπτικό παλμό υψηλής ισχύος και ακολούθως μετρά τη σκεδαζόμενη ισχύ που επιστρέφει πίσω στο όργανο. Ο παλμός εξασθενεί κατά τη διάδοση του μέσα στην ίνα, καθώς επίσης και το σκεδαζόμενο προς τα πίσω τμήμα, οπότε το λαμβανόμενο σήμα αποτελεί συνάρτηση του διπλάσιου των απωλειών της ίνας και του συντελεστή ανάκλασης.

Εάν θεωρήσουμε ότι ο συντελεστής ανάκλασης της ίνας είναι σταθερός, το OTDR μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο για τη μέτρηση των απωλειών όσο και για τον εντοπισμό της θέσης του σπασίματος της ίνας, των μονίμων συνδέσεων και των βυσματώσεων. Επιπρόσθετα, το OTDR παρέχει συνολικά μια γραφική απεικόνιση της κατάστασης της υπό έλεγχο οπτικής ίνας. Ένα άλλο μεγάλο πλεονέκτημα που παρέχει συγκριτικά με τη χρήση οπτικής πηγής / οργάνου μετρήσεως ισχύος ή διάταξης OLTS, είναι ότι απαιτεί πρόσβαση μόνο από το ένα άκρο της ίνας.

Ενώ στις περισσότερες περιπτώσεις το OTDR χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό βλαβών σε εγκατεστημένα καλώδια ή για τη βελτιστοποίηση μονίμων συνδέσεων, το όργανο αυτό είναι επίσης πολύ χρήσιμο στην επιθεώρηση των ινών για τυχόν κατασκευαστικές ατέλειες. Η συνεχής βελτίωση της ανάλυσης του οργάνου σε μικρές αποστάσεις (εφαρμογές LAN)

καθώς και σε νέες εφαρμογές όπως της μέτρησης των απωλειών επιστροφής των βυσμάτων, εκτιμάται ότι μελλοντικά θα αυξήσει ακόμη περισσότερο τη χρησιμότητα του οργάνου.

Το OTDR έρχεται σε τρεις βασικές εκδόσεις. Το πλήρους μεγέθους OTDR προσφέρει την υψηλότερη απόδοση με τις περισσότερες ευκολίες, π.χ. μνήμη αποθήκευσης δεδομένων, αλλά το όργανο αυτό είναι πολύ μεγάλο και έχει υψηλό κόστος. Το mini-OTDR εκτελεί τις ίδιες μετρήσεις με τα μεγαλύτερα όργανα, αλλά με λιγότερα χαρακτηριστικά και ευκολίες, έτσι ώστε να μειώσει το μέγεθος και το κόστος. Στην απλούστερη έκδοση το OTDR είναι γνωστό ως εντοπιστής βλαβών, και παρέχει μόνο την απόσταση στην οποία βρίσκεται η βλάβη, με σκοπό τη μεγαλύτερη ευκολία χρήσης και το χαμηλότερο κόστος.

3.5 Συστήματα ελέγχου οπτικής συνέχειας των ινών

Πολλά από τα προβλήματα των δικτύων οπτικών ινών σχετίζονται με την ακαταλληλότητα των συνδέσεων. Επειδή το φως που χρησιμοποιούν τα δίκτυα αυτά δε βρίσκεται στην ορατή περιοχή, δεν μπορεί κάποιος με τα μάτια του να διαπιστώσει τη μετάδοση φωτός. Εγχέοντας όμως το φως από κάποια πηγή ορατού φάσματος, π.χ. δίοδο LED ή λαμπτήρα πυρακτώσεως, τότε μπορεί κάποιος να διαπιστώσει εάν η ίνα μεταδίδει φως μέχρι το δέκτη, έτσι ώστε να ελέγξει την οπτική συνέχεια της ίνας. Ένα τέτοιο όργανο αποτελεί ένα σύστημα ελέγχου της οπτικής συνέχειας των ινών.

Όταν το φως από κάποια ισχυρή πηγή laser (π.χ. He-Ne ή ημιαγωγό δίοδο) εισαχθεί μέσα στην ίνα, τότε μπορεί να καταστούν ορατά τα σημεία υψηλών απωλειών. Οι περισσότερες εφαρμογές εστιάζονται γύρω από καλώδια μικρού μήκους. Ωστόσο, επειδή το ορατό φως καλύπτει την περιοχή όπου τα OTDR δεν είναι χρήσιμα, τα συστήματα ελέγχου οπτικής συνέχειας λειτουργούν συμπληρωματικά με αυτά στον εντοπισμό βλαβών. Η μέθοδος αυτή λειτουργεί σε ίνες με απομονωτή, ακόμη και σε μονότροπα καλώδια με περίβλημα, εάν το περίβλημα δεν είναι απόλυτα αδιαπέραστο από το ορατό

φως. Το κίτρινο περίβλημα των μονότροπων ινών και το πορτοκαλί περίβλημα των πολύτροπων ινών συνήθως επιτρέπει τη διέλευση του ορατού φωτός. Τα υπόλοιπα χρώματα, ιδιαίτερα το μαύρο και το γκρι, δεν επιτρέπουν την εφαρμογή της τεχνικής αυτής, η οποία δεν εφαρμόζεται ούτε και στα καλώδια πολλαπλών ινών. Ωστόσο, πολλά σπασίματα καλωδίων, απώλειες κάμψης, κακές μόνιμες συνδέσεις κτλ., μπορούν να εντοπιστούν απευθείας με το μάτι. Επειδή οι απώλειες μέσα στην ίνα είναι αρκετά υψηλές στο ορατό φάσμα, της τάξης των 9 έως 15 dB/km, το όργανο αυτό έχει μικρή εμβέλεια, τυπικά έως 3-5 km.

3.6 Αναγνωριστές ινών

Εάν κάποιος λυγίσει προσεκτικά μια μονότροπη ίνα ώστε να της προξενήσει απώλειες, το εξερχόμενο φως μπορεί να ανιχνευτεί από κάποιον φωτοανιχνευτή μεγάλου εμβαδού επιφανείας. Ένας αναγνωριστής ινών εφαρμόζει την ίδια τεχνική, για την ανίχνευση σήματος στην ίνα, στο κανονικό μήκος κύματος λειτουργίας. Τα όργανα αυτά συνήθως λειτουργούν ως δέκτες, και μπορούν να διακρίνουν μεταξύ της ανυπαρξίας σήματος, ενός σήματος υψηλής συχνότητας και ενός τόνου 2 kHz. Ερευνώντας ειδικά για τον τόνο 2 kHz μιας πηγής ελέγχου προσαρμοσμένης στην ίνα, μπορεί κάποιος να την αναγνωρίσει ανάμεσα σε άλλες ίνες ενός μεγάλου καλωδίου πολλαπλών ινών, πράγμα που επιταχύνει ιδιαίτερα τις διαδικασίες αποκατάστασης βλαβών.

Οι αναγνωριστές ινών μπορούν να χρησιμοποιηθούν τόσο σε ίνες με απομονωτή όσο και σε μονότροπες ίνες με περίβλημα. Με τις ίνες με απομονωτή, θα πρέπει κάποιος να είναι πολύ προσεκτικός ώστε να μην προξενήσει ζημιά στην ίνα, αφού η υπέρμετρη άσκηση δύναμης μπορεί να της προκαλέσει ρωγμές.

3.7 OCWR (Optical Continuous Wave Reflectometer)

Το OCWR αρχικά προτάθηκε ως ένα ειδικό όργανο μέτρησης των οπτικών απωλειών επιστροφής μονότροπων βυσμάτων σε μικρού μήκους καλώδια συνδέσεων. Δυστυχώς όμως, στην πράξη ο σκοπός χρήσης του μπερδεύτηκε με άλλα πράγματα, καθώς τα πρώτα όργανα που βγήκαν στην αγορά, διέθεταν πολύ υψηλότερη ανάλυση μετρήσεων από την απαιτούμενη για την αβεβαιότητα μετρήσεων (0,01 dB ανάλυση και 1 dB αβεβαιότητα), οδηγώντας σε σύγχυση τους χρήστες σχετικά με το γιατί οι μετρήσεις δεν μπορούσαν να αναπαραχθούν. Επιπρόσθετα, πολλά τέτοια όργανα χρησιμοποιήθηκαν για τη μέτρηση οπτικών απωλειών επιστροφής εγκατεστημένων καλωδίων, αγνοώντας το γεγονός ότι ενσωμάτωναν την οπισθοσκέδαση της ίνας μέσα σε οποιοσδήποτε επιστροφές από βύσματα και μόνιμες συνδέσεις της εγκατάστασης. Επειδή η μέτρηση των απωλειών επιστροφής ενός βύσματος μπορεί να εκτελεστεί επίσης καλά με οποιοδήποτε μετρητή ισχύος, πηγή laser και διακριβωμένο συζεύκτη, ενώ το OTDR αποτελεί το μοναδικό τρόπο ελέγχου εγκατεστημένων καλωδίων για απώλειες επιστροφής, τελικά το OCWR χρησιμοποιείται ελάχιστα σήμερα στον έλεγχο των οπτικών ινών.

3.8 Μικροσκόπια οπτικών ελέγχων

Κομμένα άκρα ινών έτοιμα για μόνιμες συνδέσεις, καθώς και γυαλισμένα άκρα για τερματισμό με βύσματα, απαιτούν οπτική επιθεώρηση για τυχόν ελαττώματα. Η επιθεώρηση αυτή εκτελείται με μικροσκόπια, τα οποία διαθέτουν κατάλληλο τμήμα συγκράτησης της ίνας ή του βύσματος μέσα στο οπτικό τους πεδίο. Τα μικροσκόπια επιθεώρησης οπτικών ινών ποικίλλουν σε μεγεθυντική ικανότητα από 30 έως 800, με τις συνηθέστερες τιμές να κυμαίνονται από 30 έως 100. Οι κομμένες ίνες συνήθως παρατηρούνται από τα πλάγια, για τον εντοπισμό κάποιου σπασίματος. Τα βύσματα επιθεωρούνται ακριβώς στην εμπρόσθια όψη ή υπό κάποια μικρή γωνία, για την εύρεση τυχόν ελαττωμάτων στο γυάλισμα, π.χ. εκδορές.

3.9 Εξασθενητές

Οι εξασθενητές χρησιμοποιούνται στο εργαστήριο, για την προσομοίωση απωλειών μεγάλου μήκους ινών, για έλεγχο του περιθωρίου ζεύξης σε προσομοίωση δικτύων ή για αυτοελέγχους ζεύξεων σε διαμόρφωση βρόχου. Στους ελέγχους περιθωρίου, χρησιμοποιούνται μεταβαλλόμενοι εξασθενητές για αύξηση των απωλειών μέχρι το σύστημα να παρουσιάσει υψηλό αριθμό σφαλμάτων. Στους ελέγχους λειτουργίας βρόχου, χρησιμοποιείται ένας εξασθενητής μεταξύ πομπού και δέκτη του εξοπλισμού, για έλεγχο λειτουργίας κάτω από τις μέγιστες καθορισθείσες απώλειες ίνας. Εάν το σύστημα λειτουργεί σε διαμόρφωση βρόχου για έλεγχο, απαιτείται η κατάλληλη καλωδιακή εγκατάσταση. Γι' αυτό, πολλοί κατασκευαστές εξοπλισμού δικτύων καθορίζουν κάποιο έλεγχο βρόχου ως μια διαδικασία ευρέσεως βλαβών.

Οι εξασθενητές μπορούν να υλοποιηθούν είτε με την εισαγωγή μεταξύ των ινών κάποιου φυσικού διακένου απωλειών, είτε με την εισαγωγή απωλειών κάμψης ή με την εισαγωγή διακριβωμένων τμημάτων οπτικών ινών. Οι εξασθενητές διακρίνονται σε σταθερούς και μεταβαλλόμενους, αλλά για την εκτέλεση ελέγχων χρησιμοποιούνται κυρίως οι δεύτεροι. Οι σταθεροί εξασθενητές μπορεί να χρησιμοποιηθούν σε περιπτώσεις μικρού μήκους ζεύξης οπτικών ινών, όπου η υπερβολική ισχύς στο δέκτη προκαλεί προβλήματα λήψης.

4. Ποιοτικός Έλεγχος Οπτικών Ινών

Σε αυτή την ενότητα, αναφέρονται αναλυτικά όλοι οι πρακτικοί ποιοτικοί έλεγχοι εξαρτημάτων και συστημάτων οπτικών ινών. Η σειρά αναφοράς τους λαμβάνει υπόψη την σπουδαιότητά τους αλλά και την πραγματική σειρά με την οποία ενδείκνυται να πραγματοποιούνται αυτοί οι έλεγχοι σε μια εγκατάσταση.

4.1 Έλεγχος Συνέχειας και Επιθεώρηση Βυσμάτων

4.1.1 Έλεγχος συνέχειας

Ο πρωταρχικός έλεγχος των οπτικών ινών είναι ο έλεγχος της συνέχειας αυτών. Συνήθως, εκτελείται με χρήση κάποιας πηγής ορατού φωτός, π.χ. λαμπτήρα πυρακτώσεως, laser He-Ne (633 nm), LED ή διόδου Laser (650 nm). Τα laser He-Ne συνήθως συντονίζονται σε ισχύ εξόδου μικρότερη του 1mW (Laser class II), δηλαδή ισχύ όχι ικανή να βλάψει την όραση, αλλά αρκετή για να είναι ορατή μέχρι και μήκος διαδρομής 4km και συνεπώς ικανή για την εύρεση ελαττωμάτων στην ίνα (μικροκάμψεων ή ρωγμών), εντοπίζοντας τη λάμψη που βγαίνει από το κίτρινο ή πορτοκαλί περίβλημα που χρησιμοποιούν τα περισσότερα καλώδια μιας οπτικής ίνας.

4.1.2 Επιθεώρηση βυσμάτων

Η οπτική επιθεώρηση με μικροσκόπιο της επιφάνειας στην άκρη ενός βύσματος αποτελεί έναν από τους καλύτερους τρόπους προσδιορισμού της ποιότητας τερματισμού και διάγνωσης πιθανών προβλημάτων. Ένα καλά κατασκευασμένο βύσμα διαθέτει μια ομαλή, γυαλισμένη και χωρίς εκδορές επιφάνεια, και η ίνα δεν εμφανίζει ίχνη ρωγμών ή τάσεις μετατοπίσεων (μπρος-πίσω).

Η κατάλληλη μεγέθυνση η οποία είναι γενικά αποδεκτή για παρατήρηση των βυσμάτων είναι από 30x έως 100x. Μικρότερη μεγέθυνση, τυπική για ένα μεγενθυτικό φακό τσέπης, δεν παρέχει την κατάλληλη ανάλυση για να αποφανθούμε για την κατάσταση του βύσματος. Μεγαλύτερη ανάλυση έχει την τάση να παρουσιάζει μικρά και ασήμαντα προβλήματα να μοιάζουν χειρότερα απ' ό τι πραγματικά είναι. Η καλύτερη λύση είναι η χρήση μεσαίας μεγέθυνσης, και η επιθεώρηση του βύσματος με τρεις τρόπους: απευθείας παρατήρηση του άκρου τερματισμού με πλευρικό φωτισμό, απευθείας παρατήρηση με πλευρικό φωτισμό και μεταδιδόμενο φως μέσα στο πυρήνα, και τέλος γωνιακή παρατήρηση με φωτισμό από την αντίθετη γωνιά.

Η απευθείας παρατήρηση με πλευρικό φωτισμό επιτρέπει να καταλάβουμε εάν η τρύπα του βύσματος έχει το κατάλληλο μέγεθος, εάν η ίνα είναι κεντραρισμένη μέσα στη τρύπα και αν έχει χρησιμοποιηθεί κατάλληλο ποσό κολλητικής ουσίας. Ωστόσο, με το τρόπο αυτό μόνο οι μεγάλες εκδορές γίνονται αντιληπτές. Προσθέτοντας μεταδιδόμενο φως μέσα στο πυρήνα, καθίστανται ορατές ρωγμές στο άκρο της ίνας, οι οποίες έχουν προκληθεί από μηχανική πίεση ή θέρμανση κατά τη διάρκεια του γυαλίσματος.

Παρατηρώντας το άκρο του βύσματος υπό γωνία, ενώ το φωτίζουμε από την αντίθετη και περίπου ίση γωνία, επιτυγχάνεται η καλύτερη δυνατή επιθεώρηση της ποιότητας γυαλίσματος και εντοπισμού τυχόν εκδορών. Οι σκιάσεις της γωνιακής παρατήρησης επαυξάνουν την αντίθεση των εκδορών ως προς τη γυαλισμένη επιφάνεια του γυαλιού.

Ωστόσο, απαιτείται πολλή προσοχή κατά την επιθεώρηση βυσμάτων. Σε περιπτώσεις υπερμεγέθυνσης απαιτείται μεγάλη αυστηρότητα από τον επιθεωρητή της ίνας. Είναι σημαντικό να τονιστεί εδώ ότι ελαττώματα που υπάρχουν μόνο πάνω στον πυρήνα της ίνας αποτελούν πρόβλημα. Ρωγμές ή σπασίματα εξωτερικά του μανδύα δεν επιδρούν στην ικανότητα του βύσματος να μεταβιβάζει φως στον πυρήνα της ίνας. Παρομοίως, εκδορές μόνο πάνω στον μανδύα δε δημιουργούν προβλήματα απωλειών.

Ένας εναλλακτικός τρόπος επιθεώρησης των βυσμάτων και των επιφανειών τους είναι το συμβολόμετρο. Το συμβολόμετρο εφαρμόζει μια ειδική τεχνική απεικόνισης του προφίλ του άκρου τερματισμού του βύσματος, το οποίο προσδιορίζει την επιπεδότητα ή την καμπυλότητα για τα βύσματα φυσικής επαφής PC (Physical Contact). Τα συμβολόμετρα αποτελούν σημαντικά όργανα για την επιθεώρηση κρίσιμων τύπων βυσμάτων, όπως είναι τα μονότροπα τύπου PC, αλλά το μέγεθος και το κόστος τους περιορίζουν τη χρήση τους μόνο σε μεγάλης κλίμακας εγκαταστάσεις τηλεπικοινωνιακών οργανισμών.

4.2 Μετρήσεις Απωλειών Ισχύος Οπτικών Ινών

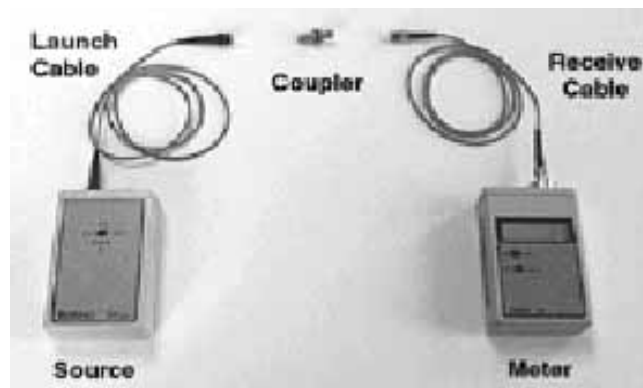
4.2.1 Εισαγωγή

Μετά από τον τερματισμό των καλωδίων με βύσματα, ο έλεγχος θα πρέπει να περιλαμβάνει τόσο την μέτρηση των απωλειών της ίνας όσο και των απωλειών των βυσμάτων και των μονίμων συνδέσεων. Αυτή είναι η συνηθέστερη μέτρηση που εκτελείται στο πεδίο των εφαρμογών, μετά από την εγκατάσταση και τον τερματισμό των καλωδίων. Σε πολύ μικρού μήκους καλώδια (μέχρι 10 μέτρα), οι απώλειες των βυσμάτων αποτελούν τη μοναδική ενδιαφέρουσα αιτία απωλειών, ενώ η οπτική ίνα συνεισφέρει στις απώλειες μόνο σε μεγάλου μήκους διαδρομές. Σε μια εγκατεστημένη καλωδίωση, απαιτείται έλεγχος ολόκληρου του καλωδίου από άκρο σε άκρο, συμπεριλαμβάνοντας και κάθε εξάρτημα, όπως π.χ. μόνιμες συνδέσεις, συζεύκτες και ενδιάμεσα βύσματα. Πριν από οποιαδήποτε εργασία μετρήσεων, **θα πρέπει** να είναι στην διάθεση του υπεύθυνου τα κατάλληλα όργανα και υλικά για τον τύπο των καλωδίων που θέλει να ελέγξει:

- **Κατάλληλη οπτική πηγή ελέγχου και μετρητής οπτικής ισχύος** (εναλλακτικά κιτ ελέγχου οπτικών απωλειών).
- **Κατάλληλοι προσαρμοστές** (couplers), ίδιου τύπου και από τις δυο πλευρές ή διαφορετικού τύπου σε κάθε πλευρά (υβριδικό). Οι υβριδικοί

χρησιμοποιούνται όταν θέλουμε να συνδέσουμε καλώδια που έχουν διαφορετικού τύπου βύσματα.

- **Ειδικά καλώδια ελέγχου.**
- **Υλικά καθαρισμού** (καθαρά πανάκια που να μην αφήνουν υπολείμματα και ισοπροπυλική αλκοόλη). Συνήθως διατίθενται έτοιμα συστήματα καθαρισμού μαζί με κάποια κιτ ελέγχου.



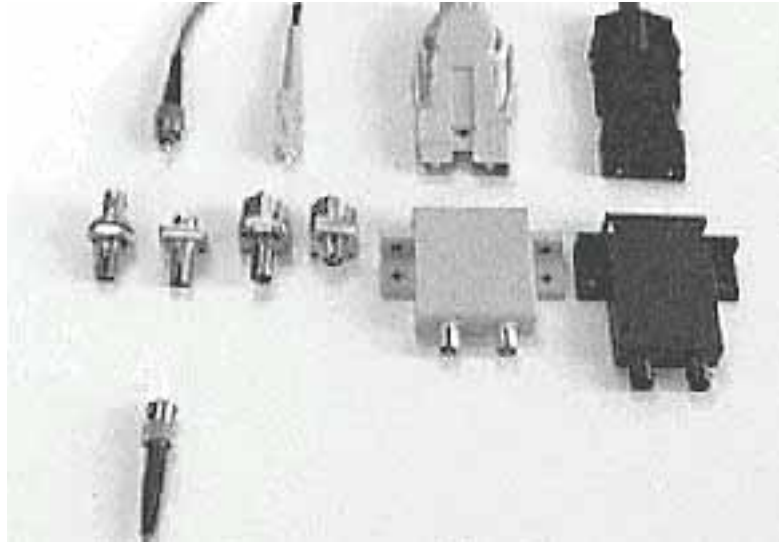
Σχήμα 1: Κιτ ελέγχου

Ειδικά καλώδια ελέγχου (test jumpers): Είναι στην ουσία έτοιμα καλώδια 1-2 μέτρων, με έτοιμα βύσματα χαμηλών απωλειών ($<0.5 \text{ db}$). Θα πρέπει να επιλέγονται πάντοτε αυτά, που ταιριάζουν στον τύπο (μονότροπη ή πολύτροπη) και το μέγεθος πυρήνα της ελεγχόμενης ίνας και στα βύσματα που έχει το καλώδιο που θέλουμε να μετρήσουμε. Σε όλες τις μεθόδους μετρήσεων χρησιμοποιείται τουλάχιστον ένα ειδικό καλώδιο, που συνδέεται στην πηγή έλεγχου και ονομάζεται καλώδιο εκπομπής (launch cable). Σε κάποια άλλη μέθοδο που ονομάζεται, έλεγχος δυο άκρων, χρησιμοποιείται ένα πρόσθετο καλώδιο συνδεδεμένο στον μετρητή ισχύος, γνωστό ως καλώδιο λήψης (receive cable). Όπως γίνεται εύκολα αντιληπτό, είναι πολύ σημαντικό να διατηρούνται τα καλώδια έλεγχου σε καλή κατάσταση, και να ελέγχονται συχνά, αλλιώς όλες οι μετρήσεις ενδέχεται να είναι ανακριβείς. Οι περισσότερες πολύτροπες ίνες που χρησιμοποιούνται είναι ίδιας διατομής (62.5 μm), με τα βύσματα τερματισμού ST. Οι μονότροπες ίνες είναι ίδιες ανεξαρτήτως κατασκευαστή.

Πριν ξεκινήσει ο έλεγχος, χρειάζεται να έχουν συγκεντρωθεί κάποιες πληροφορίες σχετικά με την καλωδίωση, ώστε να γίνει η κατάλληλη προετοιμασία.

1. Τύπος καλωδίου που πρόκειται να ελεγχθεί (simplex ή duplex)
2. Τύπος χρησιμοποιούμενης ίνας (πολύτροπη (50μm ή 62.5μm), μονότροπη)
3. Τύπος βυσμάτων (ST, SC, FC...)
4. Μήκος καλωδίου.

Προσαρμοστές (Couplers): Η δουλειά τους είναι να συνδέουν δυο καλώδια με κατάλληλη προσαρμογή στα βύσματά τους. Είναι πολύ σημαντικοί για την ακρίβεια των μετρήσεων, διότι και αυτοί συμβάλουν στη συνολική απώλεια της σύνδεσης. Μέσα στον προσαρμοστή υπάρχει μια κυλινδρική θήκη ευθυγράμμισης και στήριξης του μεταλλικού δακτυλίου σύνδεσης του βύσματος. Η κυλινδρική θήκη ευθυγράμμισης του προσαρμοστή μπορεί να είναι κατασκευασμένη από πλαστικό, μέταλλο ή κεραμικό υλικό. Δεν ενδείκνυται η χρήση προσαρμοστών με πλαστική κυλινδρική θήκη ευθυγράμμισης στις μετρήσεις, γιατί φθείρονται πολύ γρήγορα. Η κυλινδρική θήκη ευθυγράμμισης είναι εξίσου κρίσιμη για την ακρίβεια των μετρήσεων, όσο και τα βύσματα των καλωδίων. Οι υβριδικοί προσαρμοστές είναι αυτοί που συνδέουν καλώδια διαφορετικών βυσμάτων. Στην αγορά μπορούν να βρεθούν προσαρμοστές που να συνδέουν βύσματα: ST to ST, SC to FC, ST to SC, SC to FDDI, ST to FC, SC to ESCON, ST to FDDI, ST to ESCON.



Σχήμα 2: Δείγματα βυσμάτων και προσαρμοστών

Το βύσμα τύπου ST είναι στο κάτω μέρος του Σχήμα 2. Στο πάνω μέρος του Σχήμα 2, από αριστερά, είναι τα βύσματα FC, SC, FDDI και ESCON. Στο μέσο του Σχήμα 2 είναι οι προσαρμοστές ST-ST, ST-FC, ST-SC, FC-SC, ST-FDDI και ST-ESCON. Άρα είναι δυνατό να πραγματοποιηθούν μετρήσεις ανεξαρτήτως των βυσμάτων που έχουν πάνω τους τα καλώδια, αποκλειστικά με χρήση των ειδικών καλωδίων ελέγχου με βύσματα ST.

4.2.2 Μετρήσεις

4.2.2.1 Μέθοδος ενός άκρου

Πρώτο μέλημα του υπευθύνου μετρήσεων πρέπει να είναι η μέτρηση των ειδικών καλωδίων ελέγχου. Η μέθοδος μέτρησης που ενδείκνυται να ακολουθηθεί, είναι η λεγόμενη 'μέθοδος ενός άκρου', η οποία αναλύεται διεξοδικότερα παρακάτω.

Εάν το προς μέτρηση καλώδιο είναι τερματισμένο με ST βύσματα και στις δυο άκρες του, για να γίνει η απαιτούμενη μέτρηση θα πρέπει να διατίθεται μια πηγή ελέγχου συμβατή με το καλώδιο, ένας μετρητής ισχύος, καλώδιο έλεγχου με ST βύσματα και ένας προσαρμοστής ST-ST.

- Πρώτα πρέπει να οριστεί η ισχύς αναφοράς. Αυτό επιτυγχάνεται συνδέοντας την πηγή απ' ευθείας στον μετρητή μέσω του ειδικού καλωδίου έλεγχου.
- Κατόπι αν ο μετρητής έχει την δυνατότητα, μηδενίζεται η ένδειξη του. Αν δεν έχει τέτοια δυνατότητα ο μετρητής, τότε ρυθμίζεται η πηγή ώστε η ένδειξη του μετρητή να πάει σε ένα στρογγυλό και εύκολο νούμερο, π.χ **-20db**. Αυτή είναι η ισχύς αναφοράς μηδενικών απωλειών. Αφού οριστεί, **δεν θα πρέπει να αποσυνδεθεί το καλώδιο έλεγχου από την πηγή γιατί η ένδειξη ισχύος μπορεί να αλλάξει όταν αυτό ξανασυνδεθεί.**
- Στη συνέχεια χρησιμοποιώντας τον ST-ST προσαρμοστή, συνδέεται το ένα άκρο του προς μέτρηση καλωδίου με την ελεύθερη άκρη του καλωδίου έλεγχου. Η άλλη άκρη συνδέεται με τον μετρητή και διαβάζεται η ένδειξή του. Αφού τα 'db' ορίζονται ως μια σχετική λογαριθμική κλίμακα, μια χαμηλότερη ισχύς θα είναι ένας μικρότερος αρνητικός αριθμός . Άρα αν η ισχύς αναφοράς είναι -20db και η μέτρηση είναι -20.3db, τότε οι απώλειες είναι 0.3db.

Με αυτόν τον τρόπο μετρώνται, μόνο οι απώλειες που προκαλούνται από την σύνδεση των δυο βυσμάτων, καθώς ο ανιχνευτής του μετρητή, είναι τόσο μεγάλης διατομής που απορροφά όλο το φως και συνεπώς δεν δημιουργεί απώλειες το βύσμα του ελεγχόμενου καλωδίου που συνδέεται στον μετρητή. Η ίδια η ίνα προσθέτει πρακτικά απώλειες, μόνο σε μεγάλο μήκος διαδρομές (για μήκη μεγαλύτερα των 10 m). Αυτή η μέθοδος ουσιαστικά πραγματοποιεί μέτρηση απωλειών βύσματος του ενός άκρου του ελεγχόμενου καλωδίου και είναι γνωστή ως 'μέθοδος του ενός άκρου'.

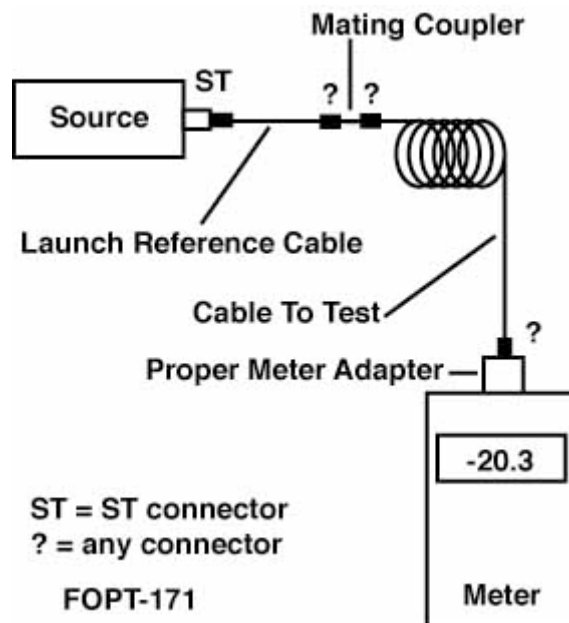
Με αυτή την μέθοδο όμως, δεν προκύπτουν οι συνολικές απώλειες του καλωδίου, αφού δεν προσμετρώνται οι απώλειες του βύσματος προς την πλευρά του μετρητή. Γι' αυτό τον λόγο, θα πρέπει να αντιστρέφονται τα άκρα του καλωδίου, έτσι ώστε να βρίσκονται οι απώλειες που εισάγει και το βύσμα του άλλου άκρου του καλωδίου. Το καλώδιο θα πρέπει να παρουσιάζει υψηλότερες απώλειες όταν ελέγχεται με το προβληματικό βύσμα στην πλευρά

του ειδικού καλωδίου σύνδεσης, αφού όπως είπαμε το μέγεθος του ανιχνευτή του μετρητή αποκρύπτει τις απώλειες του βύσματος που συνδέεται πάνω του. Αυτό βέβαια είναι δύσκολο στις περιπτώσεις εγκατεστημένων καλωδίων, για ευνόητους λόγους.

Εάν κάποια μέτρηση δείξει ότι κάποιο καλώδιο έχει υψηλές απώλειες, υπάρχουν διάφοροι τρόποι για να εντοπιστεί το πρόβλημα. Εάν είναι διαθέσιμο μικροσκόπιο, επιθεωρούνται τα βύσματα για εμφανή ελαττώματα, όπως εκδορές, ρωγμές ή επιφανειακή ρύπανση. Εάν φαίνονται εντάξει, ξανακαθαρίζονται πριν τον επανέλεγχο. Εάν συνεχίζουν οι απώλειες να είναι υψηλές, ελέγχονται ξανά τα ειδικά καλώδια ελέγχου με τη μέθοδο του ενός άκρου και προς τις δυο κατευθύνσεις.

Για να λαμβάνονται σωστές και ακριβείς μετρήσεις τα ειδικά καλώδια έλεγχου δεν πρέπει να έχουν απώλειες πάνω από 0.5 db.

Πολλές φορές θα πρέπει να εκτελούνται μετρήσεις, όπου τα καλώδια ελέγχου και τα προς μέτρηση καλώδια, θα έχουν διαφορετικά βύσματα. Σε αυτές τις περιπτώσεις είναι απαραίτητη η χρήση υβριδικών προσαρμοστών, για τη σύνδεση των διαφορετικών βυσμάτων. Τα όργανα έλεγχου, η πηγή και ο μετρητής, συνήθως έχουν μαζί στη συσκευασία τους και δικό τους υβριδικό προσαρμοστή για να μπορούν να συνδεθούν με κάθε είδους βύσμα.



Σχήμα 3: Σύνδεση διαφορετικών βυσμάτων με χρήση υβριδικών προσαρμοστών

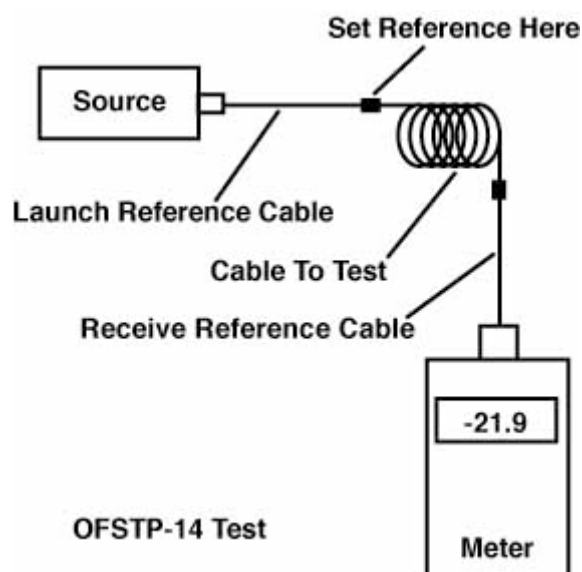
4.2.2.2 Μέθοδος δύο άκρων

Όπως προαναφέρθηκε, σε ένα εγκαταστημένο καλώδιο δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί η παραπάνω μέθοδος. Η μέθοδος που χρησιμοποιείται σε αυτές τις περιπτώσεις, ονομάζεται και μέθοδος των δυο άκρων και περιγράφεται στο πρότυπο **OFSTP-14**. Η βασική διαφορά που έχει με την προηγούμενη μέθοδο, είναι ότι χρησιμοποιείται ένα ακόμα καλώδιο έλεγχου, που συνδέεται με τον μετρητή και ονομάζεται καλώδιο λήψης.

Η διαδικασία είναι η ακόλουθη :

- Αρχικά συνδέεται το ειδικό καλώδιο εκπομπής στην πηγή ελέγχου και στο μετρητή, για να οριστεί η ισχύς αναφοράς.
- Ακολούθως αποσυνδέεται η πλευρά του μετρητή και συνδέεται το ειδικό καλώδιο λήψης.
- Με χρήση των κατάλληλων προσαρμοστών, συνδέεται το προς μέτρηση καλώδιο με τα ειδικά καλώδια ελέγχου
- Πραγματοποιείται η μέτρηση των απωλειών.

Με αυτό τον τρόπο, μετρώνται οι απώλειες και των δυο βυσμάτων του καλωδίου. Ωστόσο, βασικό μειονέκτημα και αυτής της μεθόδου είναι ότι οι σωστές μετρήσεις εξαρτώνται κατά πολύ από την ποιότητα των ειδικών καλωδίων ελέγχου.



Σχήμα 4: Μέθοδος δύο άκρων

4.2.2.3 Σύγκριση των δύο μεθόδων

Με την πρώτη μέθοδο, προκύπτουν δυο νέες αβεβαιότητες μετρήσεων. Πρώτον, η μέθοδος του ενός άκρου υποεκτιμά τις απώλειες της καλωδιακής εγκατάστασης μη λαμβάνοντας υπόψη τις απώλειες της μιας σύνδεσης, αφού αυτές μηδενίζονται κατά τη διαδικασία της διακρίβωσης. Δεύτερον, εάν χρησιμοποιηθεί ένα κακό βύσμα σε ένα ή και στα δυο άκρα του καλωδίου ελέγχου, αυτό καλύπτεται κατά τη διακρίβωση, αφού ακόμα και αν και τα δυο άκρα έχουν απώλειες 10db, αυτό δεν γίνεται αντιληπτό από τη χρησιμοποιούμενη διαδικασία διακρίβωσης. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε μεγάλα σφάλματα μετρήσεων, όπου οι μετρούμενες απώλειες θα είναι μεγαλύτερες των πραγματικών,

Η σωστή διαδικασία είναι να μετρηθεί πρώτα η εξερχόμενη ισχύς απευθείας από το καλώδιο σύνδεσης της πηγής. Με τον τρόπο αυτό, μπορεί κάποιος να μετρήσει και τα δυο βύσματα του καλωδίου σύνδεσης, αφού η μετρούμενη ισχύς θα έχει αναφορά την εξερχόμενη ισχύ από το βύσμα του καλωδίου σύνδεσης. Επιπρόσθετα, μπορεί να ελεγχθεί η ποιότητα ταιριάσματος των βυσμάτων των καλωδίων σύνδεσης, προσαρμόζοντας το καλώδιο λήψης στο όργανο και στη συνέχεια μετρώντας τις απώλειες μεταξύ των δυο καλωδίων σύνδεσης (πηγής και λήψης). Εάν οι απώλειες αυτές είναι υψηλές, τότε διαπιστώνεται ότι υπάρχει πρόβλημα με τα βύσματα των καλωδίων ελέγχου, το οποίο θα πρέπει προηγουμένως να αποκατασταθεί, πριν αρχίσουν οι μετρήσεις των πραγματικών απωλειών των καλωδίων.

Προφανώς, η δεύτερη μέθοδος είναι η σωστή. Και οι δυο μέθοδοι περιγράφονται λεπτομερώς στη προδιαγραφή OFSTP-14, η οποία αποτελεί επέκταση της FOTP-171 για να περιλαμβάνει καλωδιακές εγκαταστάσεις, και η οποία επίσης αναφέρει τα προβλήματα που σχετίζονται με την κατανομή ισχύος των ρυθμών.

4.2.3 Μέτρηση απωλειών μονίμων συνδέσεων (splice)

Οι περισσότερες διατάξεις μονίμων συνδέσεων τήξης διαθέτουν ενσωματωμένο εξοπλισμό έγχυσης και ανίχνευσης φωτός μέσω της κατασκευαζόμενης σύνδεσης, για εκτίμηση των οπτικών απωλειών αυτής. Οι συσκευές αυτές δεν απαιτούν άλλα μέσα μέτρησης των απωλειών των μονίμων συνδέσεων. Ωστόσο, για άλλους τύπους μονίμων συνδέσεων, ίσως είναι επιθυμητή η απευθείας μέτρηση των απωλειών τους.

Ένα OTDR μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μέτρηση των απωλειών αυτών, αλλά η αβεβαιότητα των μετρήσεων, που προκαλείται από τα διαφορετικά χαρακτηριστικά μεταξύ των δυο διαφορετικών ινών που συνδέονται, καθιστά τη τιμή της μέτρησης πολύ σχετική. Ωστόσο, εάν είναι απαραίτητο να υπολογιστεί η απόλυτη τιμή απωλειών κάποιας μόνιμης σύνδεσης, τότε μετριέται με το OTDR και από τα δυο άκρα και εξάγεται ο μέσος όρος των μετρήσεων.

Επίσης, μπορεί κάποιος να μετρήσει τις απώλειες μιας μόνιμης σύνδεσης, χρησιμοποιώντας μια τεχνική παρόμοια με τη FOTP-171 των βυσμάτων. Για τη μέτρηση της εξόδου του καλωδίου σύνδεσης της πηγής θα πρέπει να χρησιμοποιείται ένας γυμνός προσαρμοστής ίνας στο όργανο μέτρησης ισχύος. Μετά από την κοπή της ίνας, μετριέται η ισχύς με το όργανο και χρησιμοποιείται την τιμή αυτή ως αναφορά. Από τη στιγμή κατά την οποία έχει υλοποιηθεί η μόνιμη σύνδεση, η μέτρηση των απωλειών, μαζί με τις απώλειες του μήκους του καλωδίου, που έχει συνδεθεί, μπορεί να διεξαχθεί στο άλλο άκρο της ίνας που συνδέθηκε, το οποίο μπορεί να βρίσκεται χιλιόμετρα μακριά. Επειδή συνήθως γίνονται πολλές μόνιμες συνδέσεις ταυτόχρονα, δεν είναι πρακτική η μετακίνηση κάθε φορά του οργάνου μέτρησης ισχύος στην απομακρυσμένη περιοχή, γι' αυτό χρειάζεται και δεύτερος τεχνικός με ένα διακριβωμένο όργανο στην άλλη άκρη του καλωδίου, ο οποίος θα μετράει την ισχύ και θα αναφέρει την τιμή μέτρησης, προκειμένου να εκτελείται ο υπολογισμός των απωλειών.

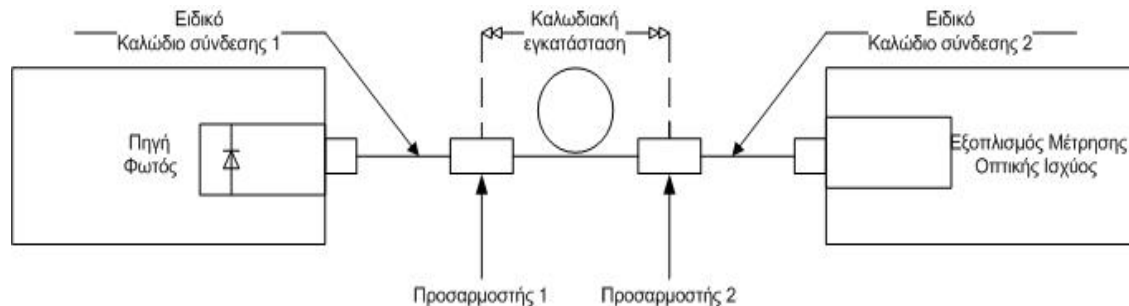
4.2.4 Έλεγχος εγκατεστημένων καλωδίων οπτικών ινών

Η διαδικασία ελέγχου οποιασδήποτε καλωδιακής εγκατάστασης οπτικών ινών, κατά τη διάρκεια και μετά την εγκατάστασή της, περιλαμβάνει όλες τις διαδικασίες που περιγράφηκαν μέχρι τώρα. Για τον ενδεδειγμένο έλεγχο της εγκατάστασης, απαιτείται η εκτέλεση τριών μετρήσεων, πριν από την εγκατάσταση, σε κάθε εγκατεστημένο τμήμα και πλήρης τελική μέτρηση από άκρο σε άκρο. Ωστόσο, πρακτικά οι μετρήσεις συνήθως υπονοούν έλεγχο της συνέχειας του κάθε καλωδίου πριν από την εγκατάσταση, για εξασφάλιση ότι δεν έχει υποστεί κάποια ζημιά κατά την μεταφορά του, και σε κάθε τμήμα του καθώς αυτό θα τερματίζεται. Τέλος, ελέγχονται οι απώλειες ολόκληρης της διαδρομής από άκρο σε άκρο.

Το καλώδιο θα πρέπει να ελέγχεται για συνέχεια πάνω στο καρούλι αποθήκευσης, για επαλήθευση ότι δεν υπέστη κάποια ζημιά κατά την μεταφορά του από τον κατασκευαστή στον χώρο εγκατάστασης. Επειδή το κόστος εγκατάστασης είναι συνήθως υψηλότερο, ακόμα και από το κόστος των υλικών, είναι λογικό ότι πρέπει να διασφαλιστεί ότι δεν θα εγκατασταθεί ελαττωματικό καλώδιο. Γενικά, είναι αρκετός μόνο ο έλεγχος της συνέχειας, αφού το μεγαλύτερο τμήμα του καλωδίου εγκαθίσταται χωρίς βύσματα, τα οποία τοποθετούνται στο τέλος, και όποια προβλήματα σχετίζονται με αυτά εντοπίζονται από τις μετρήσεις απωλειών. Μετά από την εγκατάσταση και τον τερματισμό του καλωδίου, κάθε τμήμα της εγκατάστασης ελέγχεται ανεξάρτητα καθώς αυτό εγκαθίσταται, για να εξασφαλίζεται ότι κάθε βύσμα και κάθε τμήμα του καλωδίου βρίσκεται σε καλή κατάσταση. Στο τέλος, θα πρέπει να ελεγχθεί κάθε διαδρομή από άκρο σε άκρο (από ηλεκτρονικό εξοπλισμό σε ηλεκτρονικό εξοπλισμό).

Ο πλήρης έλεγχος της εγκατάστασης εκτελείται σύμφωνα με μια άλλη πρότυπη διαδικασία, την OFSTP-14. Η διαδικασία αυτή καλύπτει με λεπτομέρεια τις ιδιαιτερότητες των πολύτροπων ινών. Στην πραγματικότητα, η προδιαγραφή αυτή συντάχθηκε για τις πολύτροπες ίνες, για κάλυψη

προβλημάτων ελέγχου κατανομής ισχύος ρυθμών, αλλά οι ίδιες αρχές εφαρμόζονται και στις μονότροπες ίνες, με λιγότερη βέβαια ανησυχία για τα σφάλματα που έχουν σχέση με την κατανομή ισχύος των ρυθμών.



Σχήμα 5: Διαδικασία ελέγχου OFSTP-14

Ο έλεγχος των πολύτροπων ινών συνήθως εκτελείται και στα δυο μήκη κύματος 850 και 1300 nm, χρησιμοποιώντας πηγές LED. Με τον τρόπο αυτό διαφαίνεται η απόδοση κάθε καλωδίου επικοινωνιών δεδομένων, συμπεριλαμβανομένων των FDDI και ESCON, και εκπληρώνονται όλες οι απαιτήσεις των πωλητών δικτύων. Ο έλεγχος των μονότροπων καλωδίων οπτικών ινών συνήθως εκτελείται στα 1310nm, αλλά μερικές φορές απαιτείται και μέτρηση στα 1550nm. Ο έλεγχος στα 1550nm δείχνει εάν το καλώδιο μπορεί να υποστηρίξει πολυπλεξία μήκους κύματος WDM (Wavelength Division Multiplexing) στα 1310 και 1550nm, για τυχόν μελλοντική επέκταση. Επιπρόσθετα, ο έλεγχος στα 1550nm μπορεί να δείξει την ύπαρξη απωλειών κάμψης, οι οποίες μπορεί να μην φαίνονται στα 1300nm, επειδή οι ίνες είναι πολύ περισσότερο ευαίσθητες στα 1550nm σε τέτοιου είδους απώλειες.

Εάν οι απώλειες της καλωδιακής εγκατάστασης από άκρο σε άκρο υπερβαίνουν τη συνολικά επιτρεπόμενη τιμή, τότε η καλύτερη λύση είναι ο επανέλεγχος του κάθε τμήματος ανεξάρτητα, ελέγχοντας τα ύποπτα καλώδια και προς τις δυο κατευθύνσεις, αφού η πιθανότερη αιτία προβλημάτων είναι κάποιο βύσμα ή κάποια μόνιμη σύνδεση. Εάν η καλωδιακή εγκατάσταση έχει αρκετά μεγάλο μήκος, τότε ο εντοπισμός του προβλήματος μπορεί να γίνει με το OTDR. Τα ελαττωματικά βύσματα που θα εντοπισθούν θα πρέπει να

ξαναγαλιστούν ή να αντικατασταθούν, έτσι ώστε οι απώλειες να πέσουν μέσα στα αποδεκτά όρια.

4.2.4.1 Μέγιστες Ενδεικτικές Τιμές Απωλειών

Μετά από πολλές μετρήσεις διαφορετικών υλικών από διαφορετικούς κατασκευαστές έχουν προκύψει κάποιες μέγιστες τιμές απωλειών που αναφέρονται παρακάτω για κάθε υλικό.

1. Για κάθε βύσμα : 0.5 db (0.7 db max)
2. Για κάθε μόνιμη σύνδεση (splice) οπτικής ίνας : 0.2 db
3. Για πολύτροπες ίνες : οι απώλειες είναι περίπου 3db/km για πηγές 850nm και 0.4 db/km για πηγές 1300 nm.
4. Για μονότροπες ίνες : οι απώλειες είναι περίπου 0.5 db/km για πηγές 1310 nm και 0.4db/km για πηγές 1550 nm.

Ένας απλουστευμένος τρόπος λοιπόν υπολογισμού των συνολικών απωλειών ενός εγκατεστημένου καλωδίου δίνεται από τον ακόλουθο τύπο :

$$[0.5\text{db} \times \text{Αριθμό_Βυσμάτων}] + [0.2\text{db} \times \text{Αριθμό_Μονίμων_Συνδέσεων}] + [\text{Συντελεστή_Απωλειών_Καλωδίου} \times \text{Μήκος_Καλωδίου}]$$

4.2.5 Μέτρα Προστασίας κατά τις Μετρήσεις

4.2.5.1 Διαδικασίες χειρισμού και καθαρισμού

Τα βύσματα και τα καλώδια, θα πρέπει να επιδέχονται προσεκτική μεταχείριση. Τα καλώδια δεν θα πρέπει να κάμπτονται υπερβολικά, ιδιαίτερα κοντά στις περιοχές των βυσμάτων, επειδή οι απότομες κάμψεις μπορεί να προκαλέσουν θραύση των ινών. Θα πρέπει να αποφεύγεται η πτώση των

βυσμάτων, ώστε να αποφεύγεται η πιθανότητα καταστροφής της οπτικής τους επιφανείας. Θα πρέπει να αποφεύγεται το τράβηγμα με δύναμη των βυσμάτων, καθόσον μπορεί να προκληθεί θραύση της ίνας στο εσωτερικό τους ή να προκληθούν ανοχές μετακινήσεων της ίνας μπρος-πίσω. Μια απαραίτητη αρχή που πρέπει να έχει κάθε τεχνικός, είναι ότι πρέπει να τηρεί πιστά τους κανόνες καθαριότητας. Πρέπει να διατηρεί καθαρό τον χώρο εργασίας του, να μην αφήνει χωρίς τα προστατευτικά καπάκια τα βύσματα και τους προσαρμοστές και να χρησιμοποιεί τα είδη καθαρισμού που περιέχονται με τα υλικά και τα εργαλεία ελέγχου. Επίσης, πρέπει να φροντίζει να αντικαθιστά συχνά τα καλώδια ελέγχου, γιατί είναι δεδομένο ότι με την συνεχόμενη χρήση φθείρονται και αλλοιώνουν τις μετρήσεις.

4.3 Μετρήσεις Οπτικών Απωλειών Επιστροφής(Optical Return Loss)

4.3.1 Οπτικές Απώλειες Επιστροφής

Οι απώλειες λόγω επιστροφής φωτός (Optical Return Loss), ορίζονται ως το ποσοστό φωτός που ανακλάται πίσω στην πηγή κατά μήκος της ίνας. Αυτή η επιστροφή οφείλεται σε διάφορα φυσικά φαινόμενα όπως, η ανάκλαση από βύσματα και μόνιμες συνδέσεις, η οπισθοσκέδαση Rayleigh και το φαινόμενο της διάχυσης μέσα στην ίνα. Πιο συγκεκριμένα, οι απώλειες ορίζονται ως το λογαριθμικό ποσοστό μεταξύ της εκπεμπόμενης ισχύος (P_e) και της λαμβανόμενης ισχύος (P_i) πίσω στην πηγή (λόγω ανάκλασης και οπισθοσκέδασης) και εκφράζονται σε ντεσιμπέλς (db).

$$ORL = 10 \text{Log} \frac{P_e}{P_i} \quad (\geq 0)$$

Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή αυτού του λόγου, τόσο χαμηλότερη είναι η ισχύς που επιστρέφεται πίσω στην πηγή, άρα και μικρότερες οι επιπτώσεις στην εκπεμπόμενη ισχύ.

4.3.2 Μέθοδοι Μέτρησης

Η μέτρηση των απωλειών γίνεται στο τέλος της εγκατάστασης και συνήθως εκτελείται μόνο προς τη μια κατεύθυνση, εκτός και αν το σύστημα εκπομπής που θα χρησιμοποιηθεί θα είναι δύο κατευθύνσεων, οπότε θα μετρηθούν οι απώλειες και προς τις δύο κατευθύνσεις.

Το όργανο που θα χρησιμοποιηθεί, θα πρέπει να διαθέτει την δυνατότητα να εκτελεί μετρήσεις στο ίδιο μήκος κύματος με το σύστημα που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί στην εγκατάσταση, αλλά να διαθέτει και δυναμικό πεδίο (μετρητική ικανότητα) μεγαλύτερο από τις ελάχιστες απώλειες που θα μπορούσαν να δημιουργήσουν πρόβλημα στο εγκαθιστούμενο σύστημα. Συνήθως, ένα όργανο με δυναμικό πεδίο 60db είναι ικανοποιητικό. Επίσης, για μέγιστη ευελιξία το όργανο θα πρέπει να διαθέτει πηγές μήκους κύματος 1310/1550/1625nm, καθώς με αυτό τον τρόπο υπάρχει η δυνατότητα μετρήσεων σε συστήματα C+L DWDM (1520 to 1620 nm), σε συστήματα καλωδιακής τηλεόρασης (CATV) και σε Μητροπολιτικά Δίκτυα (1310 nm). Υπάρχουν διάφορες τεχνικές μέτρησης. Οι πιο κοινές τεχνικές, είναι αυτή με τη χρήση OCWR και αυτή με τη χρήση OTDR. Σε κάποια όργανα ελέγχου τελευταίας γενιάς έχουν ενσωματωθεί οι δυνατότητες και των δύο προαναφερθέντων οργάνων.

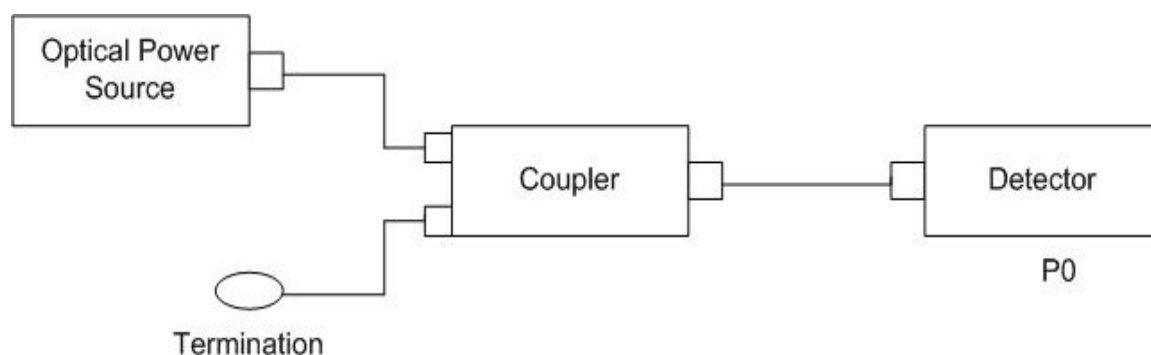
4.3.3 Μέθοδος με χρήση OCWR.

Η τεχνική μέτρησης με OCWR διαχωρίζεται σε τρία στάδια. Τα δύο πρώτα απαιτούνται για την διακρίβωση του μετρητή. Εναλλακτικά, μπορεί να γίνει στην υπό μέτρηση διασύνδεση, τερματισμός με προρυθμισμένες απώλειες. Το πρώτο στάδιο ονομάζεται ορισμός ισχύος αναφοράς και εκτελείται ώστε να μετρηθεί η ισχύς αναφοράς (P_0) στο τέλος του ειδικού

καλωδίου ελέγχου. Το δεύτερο στάδιο εκτελείται ώστε να μετρηθεί η ισχύς που ανακλάται πίσω, χωρίς να έχει συνδεθεί τίποτα στο ειδικό καλώδιο ελέγχου. Αυτό γίνεται για να αφαιρεθούν οι απώλειες που οφείλονται στο ειδικό καλώδιο ελέγχου. Και τα δύο πρώτα στάδια πρέπει να εκτελούνται κάθε φορά που θα γίνεται μία σημαντική κλιματολογική αλλαγή ή θα αποσυνδέεται το ειδικό καλώδιο ελέγχου.

- **Στάδιο 1**

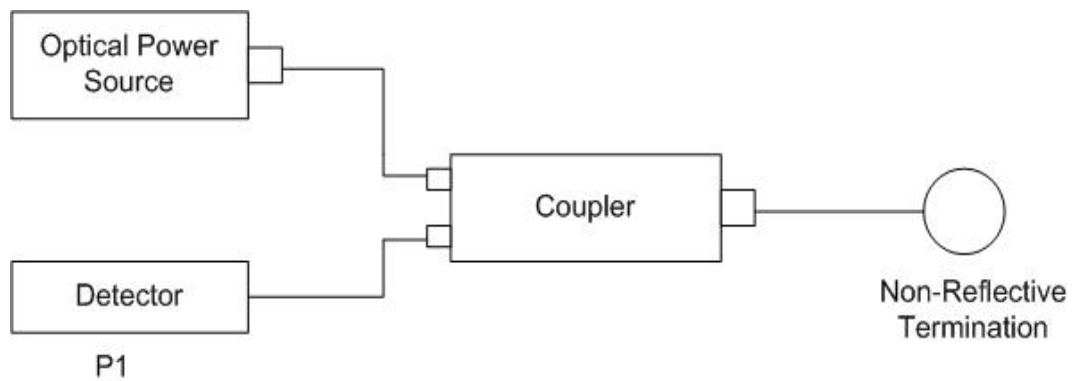
Ορίζεται και καταγράφεται η ισχύς αναφοράς (P_0). Ο μετρητής του οργάνου μετράει την ισχύ του συνεχόμενου κύματος που εκπέμπεται από την πηγή του (Σχήμα 6).



Σχήμα 6: Ορισμός της ισχύος αναφοράς (P_0).

- **Στάδιο 2**

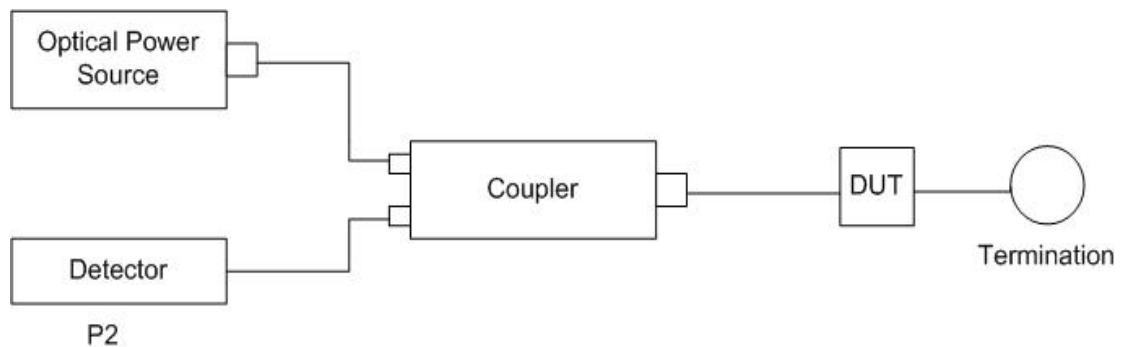
Για να ολοκληρωθεί η διακρίβωση του οργάνου, πρέπει να υπολογιστούν οι απώλειες ανάκλασης (P_1) του ειδικού καλωδίου ελέγχου για να αφαιρεθούν από τις συνολικές (Σχήμα 7). Για να γίνει αυτό δυνατό, πρέπει να τερματιστεί το ειδικό καλώδιο ελέγχου με τέτοιο τρόπο ώστε να μην δημιουργείται ανάκλαση στο τέλος του ($\leq 70\text{db}$) από τη διαφορά του δείκτη διάθλασης της ίνας με τον δείκτη διάθλασης του αέρα. Αυτό επιτυγχάνεται χρησιμοποιώντας διάφορες μεθόδους όπως, τυλίγοντας το ειδικό καλώδιο ελέγχου γύρω από έναν άξονα, χρησιμοποιώντας ειδικό gel ή χρησιμοποιώντας ειδικό διακριβωμένο υλικό τερματισμού ($\leq 70\text{db}$).



Σχήμα 7: Υπολογισμός των απωλειών ανάκλασης του ειδικού καλωδίου (P1)

- **Στάδιο 3**

Αφού ολοκληρωθεί η διακρίβωση του οργάνου, συνδέεται το προς έλεγχο υλικό (Device Under Test - DUT) στο ειδικό καλώδιο ελέγχου (Σχήμα 8). Όπως και προηγουμένως, θα πρέπει να τερματιστεί το υλικό με τέτοιο τρόπο ώστε να μην υφίσταται ανάκλαση από το άκρο του.



Σχήμα 8: Υπολογισμός των απωλειών (P2)

4.3.4 Μέθοδος με τη χρήση OTDR

Το OTDR εκμεταλλεύεται το φως που σκεδάζεται από την ίνα και ανακλάται από τα βύσματα και τις μόνιμες συνδέσεις, πίσω προς την οπτική πηγή. Συγκεκριμένα, αποστέλλει στην υπό έλεγχο ίνα έναν παλμό από μια πηγή laser υψηλής ισχύος, μέσω ενός κατευθυνόμενου συζεύκτη. Καθώς ο παλμός φωτός διαδίδεται μέσα στην ίνα, ένα μικρό μέρος του ανακλάται πίσω στην πηγή. Όταν το ανακλώμενο τμήμα φτάσει στο OTDR, κατευθύνεται μέσω του συζεύκτη σε έναν πολύ ευαίσθητο δέκτη. Ο ενδείκτης (display)

απεικόνισης του OTDR δείχνει την ένταση του επιστρεφόμενου σήματος σε dB, ως συνάρτηση του χρόνου. Χρησιμοποιώντας τη μέση ταχύτητα του φωτός μέσα στην ίνα μπορεί να υπολογιστεί και η απόσταση από το τέρμα της ίνας (σημείο ανάκλασης) ή κάποια σημεία έντονων απωλειών.

Για την κατανόηση του τρόπου λειτουργίας του OTDR, ακολουθεί περιγραφή των επιδράσεων σε έναν διαδιδόμενο φωτεινό παλμό. Καθώς ο παλμός διαδίδεται μέσα στην ίνα, ο πυρήνας της γεμίζει στην κυριολεξία με φως, για ένα διάστημα που αντιστοιχεί στον παλμό που εκπέμφθηκε από το OTDR. Σε μια τυπική ίνα, κάθε nsec διάρκειας του παλμού ισοδυναμεί σε διάστημα 200mm. Μέσα στο διάστημα αυτό, ο παλμός σκεδάζεται, οπότε όσο μεγαλύτερο μήκος διαθέτει τόσο περισσότερο φως υφίσταται οπισθοσκέδαση, σε απευθείας αναλογία με την χρονική διάρκεια παλμού. Η ένταση του παλμού μειώνεται από τις απώλειες διάδοσης της ίνας, ένα μέρος του παλμού σκεδάζεται πίσω στην πηγή, το οποίο μειώνεται επιπλέον λόγω των απωλειών διάδοσης. Επομένως η ένταση του σήματος που λαμβάνει το OTDR ανά πάσα χρονική στιγμή αποτελεί συνάρτηση της θέσης στην οποία βρίσκεται ο παλμός μέσα στην ίνα.

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

Εάν στην ίνα υπάρχει βύσμα ή μόνιμη σύνδεση, το σήμα εξασθενίζει επιπλέον, και το OTDR αντιλαμβάνεται την πτώση της ισχύος, απεικονίζοντας τις απώλειες ανάκλασης του οπτικού σήματος στα σημεία σύνδεσης. Εάν η μόνιμη σύνδεση ή το βύσμα ανακλά φως (οπτικές απώλειες επιστροφής), τότε στο OTDR απεικονίζεται η ανάκλαση ως κάποια αιχμή πάνω στο σκεδαζόμενο προς τα πίσω σήμα. Το OTDR μπορεί να διακριβωθεί, έτσι ώστε να χρησιμοποιηθεί η αιχμή αυτή για τη μέτρηση των απωλειών επιστροφής.

Στο τέλος της ίνας, το ανακλώμενο προς τα πίσω σήμα εξαφανίζεται μέσα στο θόρυβο (εάν βρίσκεται μέσα στη δυναμική περιοχή μέτρησης του οργάνου). Εάν το τέλος της ίνας είναι κομμένο ή γυαλισμένο, τότε εμφανίζεται κάποια αιχμή πάνω στο ανακλώμενο σήμα. Αυτό επιτρέπει τη μέτρηση του συνολικού μήκους της υπό έλεγχο ίνας.

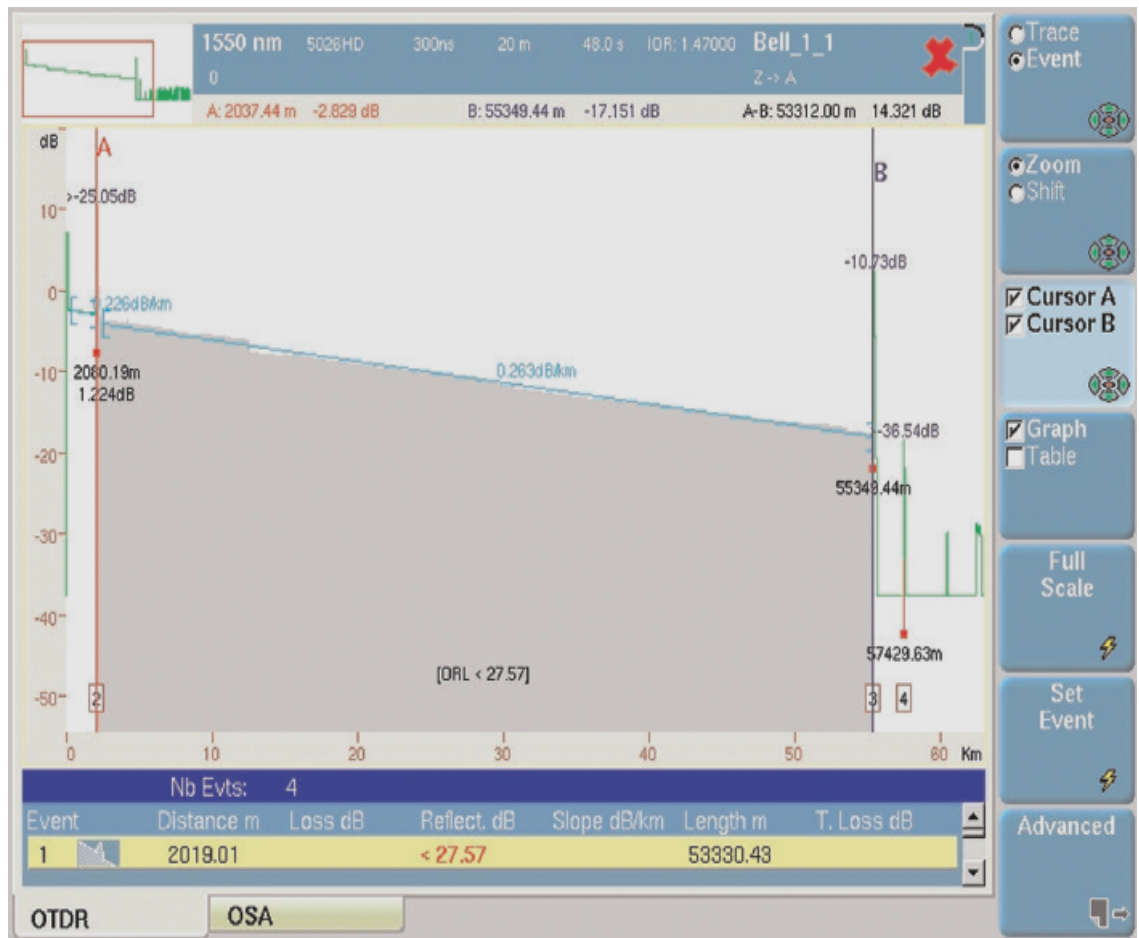
Για την επαύξηση του λόγου σήματος προς θόρυβο του λαμβανομένου σήματος, το OTDR αποστέλλει πολλούς παλμούς και εξάγει το μέσο όρο των επιστρεφόμενων σημάτων. Για να επιτευχθούν μεγαλύτερες αποστάσεις, η ενάργεια του εκπεμπόμενου παλμού αυξάνεται με αύξηση της διάρκειας αυτού. Όσο μεγαλύτερη διάρκεια έχει ο παλμός, τόσο μεγαλύτερη περιοχή της ίνας γεμίζει με φως. Όμως, ο μεγαλύτερης διάρκειας παλμός καλύπτει όλες τις λεπτομέρειες μέσα στην περιοχή που γεμίζει, αυξάνοντας την ελάχιστη απόσταση διάκρισης μεταξύ χαρακτηριστικών που μπορεί να αναλύσει το OTDR.

$$ORL = 10 \text{Log} \left[\frac{(P_o \times Dt)}{\int P_r(z) dz} \right]$$

P_o = Ισχύς εξόδου του OTDR

Dt = Πλάτος παλμού που εκπέμπει το OTDR

$\int P_r(z) dz$ = Ολική ισχύς του ανακλώμενου φωτός



Εικόνα 1

4.3.5 Σύγκριση των δύο μεθόδων

Ο υπολογισμός των οπτικών απωλειών επιστροφής με τη χρήση του OTDR είναι φανερά πιο εύκολος, καθώς δεν χρειάζεται να υπάρχει κάποια πηγή ισχύος αναφοράς. Επίσης, η μέτρηση με το OTDR γίνεται μόνο από το ένα άκρο, αλλά μπορούν να μετρηθούν οι απώλειες και συνολικά αλλά και σε επιμέρους τμήματα. Όπως για παράδειγμα ένα βύσμα ή μια μόνιμη σύνδεση. Ωστόσο με τη μέθοδο του OCWR επιτυγχάνονται πολύ πιο ακριβή αποτελέσματα, της τάξης του $\pm 0.5\text{db}$, σε αντίθεση με το OTDR που η ακρίβεια του είναι της τάξης των $\pm 2\text{db}$. Επιπλέον, με το OCWR δίνεται η δυνατότητα να μετρηθούν οι απώλειες σε υλικά όπως βύσματα, προσαρμοστές, οπτικά Patch Cords μικρού μήκους και ειδικά καλώδια ελέγχου πριν χρησιμοποιηθούν.

4.3.6 Οπτικές απώλειες επιστροφής βυσμάτων

Ο έλεγχος κάποιου βύσματος με ένα OTDR, εμφανίζει μια χαρακτηριστική αιχμή που δείχνει την θέση του βύσματος κατά μήκος της ίνας. Η αιχμή αυτή αποτελεί μέτρο της ανάκλασης των οπτικών απωλειών επιστροφής ORL (Optical Return Loss) του βύσματος ή του ποσοστού εκείνου του φωτός που επιστρέφει από ανάκλαση πάνω στην επιφάνεια τερματισμού της ίνας, στο σημείο του βύσματος. Η ανάκλαση αυτή λέγεται fresnel και οφείλεται στη μεταβολή του δείκτη διάθλασης μεταξύ της ίνας ($n = 1.5$) και του αέρα ($n = 1$).

Για τα περισσότερα συστήματα, στα οποία η αιχμή επιστροφής αποτελεί απλά μια συνιστώσα των απωλειών του βύσματος, αυτή αντιπροσωπεύει περίπου 0,3db (δύο επιφάνειες αέρα/γυαλιού με ανακλαστικότητα 4% η καθεμία), τιμή που αντιστοιχεί στις ελάχιστες απώλειες για βύσματα που δεν έρχονται σε επαφή μεταξύ τους και δε χρησιμοποιούν κάποιο υγρό προσαρμογής του δείκτη διάθλασης. Όμως, σε μονότροπα συστήματα υψηλής ταχύτητας μετάδοσης, η ανάκλαση αυτή μπορεί να αποτελέσει πηγή προβλημάτων αύξησης του ρυθμού σφαλμάτων. Το ανακλώμενο φως συμβάλει στη δίοδο laser, προκαλώντας αναπήδηση ρυθμών και εισάγοντας θόρυβο. Η μείωση του ανακλώμενου φωτός πίσω στη πηγή laser, είναι αναγκαία για τη μεγιστοποίηση της απόδοσης συστημάτων υψηλής ταχύτητας, ιδιαίτερα αυτών που εφαρμόζουν διαμόρφωση πλάτους AM και των συστημάτων καλωδιακής τηλεόρασης CATV.

Τα βύσματα τελευταίας τεχνολογίας παρουσιάζουν απώλειες επιστροφής περί τα 40 έως 60 db. Η μέτρηση των απωλειών αυτών μπορεί να εκτελεστεί στο χώρο των εφαρμογών με τα περισσότερα σύγχρονα OTDR ή χρησιμοποιώντας μια πηγή και ένα όργανο μέτρησης ισχύος σύμφωνα με την τυποποιημένη διαδικασία EIA FOTP-107 για την κατασκευαστική βιομηχανία. Γενικά, ο εξοπλισμός ORL δε χρησιμοποιείται στα πεδία εφαρμογών.

4.3.7 Αβεβαιότητες και περιορισμοί μετρήσεων OTDR

Η αβεβαιότητα των μετρήσεων με OTDR εξαρτάται πολύ από το συντελεστή ανάκλασης, ο οποίος αποτελεί συνάρτηση των εσωτερικών χαρακτηριστικών σκέδασης της ίνας, της διαμέτρου του πυρήνα, και του αριθμητικού διαφράγματος (NA). Λόγω της μεταβλητότητας αυτής του συντελεστή οπισθοσκέδασης, πολλές μόνιμες συνδέσεις μπορεί να επιδεικνύουν «κέρδος» αντί απωλειών. Έχει βρεθεί, ότι οι μετρήσεις απωλειών μόνιμων συνδέσεων με OTDR μπορεί να παρουσιάζουν αβεβαιότητα έως και 0.8 dB. Επίσης, το χρησιμοποιούμενο OTDR θα πρέπει να ταιριάζει με τις υπό έλεγχο ίνες, τόσο στο μήκος κύματος όσο και στη διάμετρο πυρήνα, έτσι ώστε να προκύπτουν ακριβείς μετρήσεις. Για το λόγο αυτό, πολλά OTDR διαθέτουν αρκετές πηγές, για επιλογή της πιο κατάλληλης στη συγκεκριμένη εφαρμογή.

Με το OTDR, μπορεί κάποιος να μετρήσει απώλειες και απόσταση. Για την αποτελεσματική χρήση του οργάνου, είναι απαραίτητη η κατανόηση των μετρητικών του περιορισμών. Η ανάλυση απόστασης του OTDR περιορίζεται από τη διάρκεια του εκπεμπόμενου παλμού. Καθώς εκπέμπεται ο παλμός του OTDR, η διαρροή μέσα στο συζεύκτη του οργάνου και οι ανακλάσεις από το πλησιέστερο βύσμα δημιουργούν στο δέκτη κορεσμό. Ο δέκτης χρειάζεται κάποιο χρόνο για να επανέλθει, προκαλώντας μη-γραμμικότητες στη βάση μέτρησης χρόνου του ενδείκτη (display). Μπορεί να απαιτηθούν 100 έως και 1000 μέτρα απόσταση, πριν από την επαναφορά του δέκτη. Γι' αυτό, συνηθίζεται η σύνδεση μιας μεγάλης μήκους ίνας μεταξύ του OTDR και του υπό μέτρηση καλωδίου, έτσι ώστε ο δέκτης να μπορεί να επανέρχεται πλήρως.

Το OTDR περιορίζεται επίσης και στην ικανότητα ανάλυσης δυο πολύ κοντινών χαρακτηριστικών στο χώρο, λόγω της διάρκειας του παλμού. Τα OTDR μεγάλων αποστάσεων συνήθως έχουν ανάλυση 250 έως 500 μέτρων, ενώ τα OTDR μικρών αποστάσεων έχουν ανάλυση 5 έως 10 μέτρων. Ο περιορισμός αυτός καθιστά δύσκολο τον εντοπισμό προβλημάτων μέσα σε

ένα κτίριο, όπου οι αποστάσεις είναι πολύ μικρές. Στην περίπτωση αυτή, το OTDR μπορεί να βοηθηθεί από μια διάταξη ελέγχου της οπτικής συνέχειας των ινών.

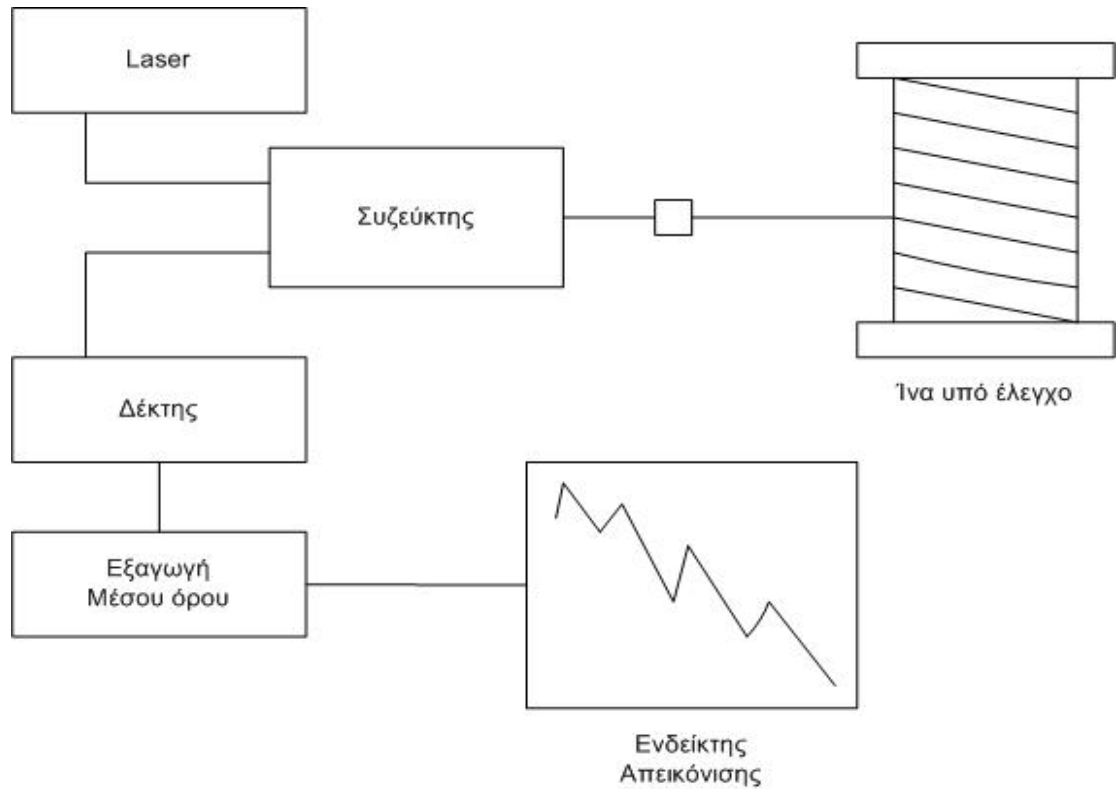
Κατά τη μέτρηση απόστασης, το OTDR έχει δυο κυρίες πηγές σφαλμάτων, οι οποίες δεν σχετίζονται με το ίδιο το όργανο: την ταχύτητα του φωτεινού παλμού μέσα στην ίνα και το μήκος της ίνας μέσα στο καλώδιο. Η ταχύτητα του παλμού μέσα στην ίνα αποτελεί συνάρτηση της μέσης τιμής του δείκτη διάθλασης του υλικού (γυαλιού). Αν και η τιμή αυτή είναι αρκετά σταθερή για τις περισσότερες ίνες, μπορεί όμως να μεταβάλλεται κατά ένα μικρό ποσοστό. Κατά την κατασκευή των καλωδίων, είναι ανάγκη να υπάρχει κάποιο επιπρόσθετο μήκος ίνας μέσα στο καλώδιο, ώστε να επιτρέπεται το τράβηγμα της ίνας χωρίς να κινδυνεύει να καταστραφεί. Αυτό το επιπλέον μήκος ίνας συνήθως είναι 1 έως 2%. Επειδή το OTDR μέτρα το μήκος της ίνας και όχι του καλωδίου, θα πρέπει να αφαιρείται περί το 1 – 2% από τη μετρηθείσα τιμή, ώστε να βρίσκεται το πραγματικό μήκος του καλωδίου. Αυτό είναι πολύ σημαντικό για κάποιον που χρησιμοποιεί OTDR για να εντοπίσει κάποιο πρόβλημα σε ένα καλώδιο. Σημειωτέον ότι αυτό προσθέτει 10 έως 20 μέτρα μήκους ανά χιλιόμετρο, και επομένως δεν μπορεί να αγνοηθεί.

Κατά τις μετρήσεις απωλειών, υπάρχουν δύο βασικά ερωτήματα σχετικά με τις ανωμαλίες που εμφανίζονται χρησιμοποιώντας OTDR:

- Γιατί οι μετρήσεις OTDR διαφέρουν από αυτές ενός κιτ ελέγχου οπτικών απωλειών, το οποίο ελέγχει την ίνα στην ίδια διαμόρφωση με την οποία χρησιμοποιείται;
- Γιατί οι μετρήσεις των OTDR μεταβάλλονται τόσο πολύ, όταν μετρώνται, σε αντίθετες κατευθύνσεις στην ίδια μόνιμη σύνδεση και η μια κατεύθυνση μερικές φορές δείχνει κέρδος αντί για απώλεια;

Για να κατανοηθεί ένα τέτοιο πρόβλημα, θα πρέπει πάλι να ληφθεί υπόψη ο τρόπος λειτουργίας του OTDR. Τα όργανα OTDR, στέλνουν ένα ισχυρό παλμό LASER μέσα στην ίνα, ο οποίος καθώς διαδίδεται υφίσταται απώλειες. Σε κάθε σημείο της ίνας, μέρος της φωτεινής ενεργείας σκεδάζεται

πίσω στη πηγή. Το σκεδαζόμενο προς τα πίσω φως υφίσταται και αυτό απώλειες απορρόφησης, μέχρι να φτάσει στο OTDR και να μετρηθεί.



Σχήμα 9: Μπλοκ διάγραμμα της μεθόδου λειτουργίας του OTDR

Αξίζει να παρατηρηθεί ότι όπως φαίνεται και στο Σχήμα 9 το μετρούμενο σήμα επηρεάζεται από τρεις παράγοντες: απώλειες απορρόφησης προς τα έξω, σκέδαση και απώλειες απορρόφησης προς τα μέσα.

Συνήθως ο συντελεστής σκέδασης θεωρείται σταθερός και επομένως το OTDR μπορεί να διακριβωθεί έτσι ώστε να μετρά απώλειες. Στην πραγματικότητα, ο συντελεστής σκέδασης αποτελεί συνάρτηση της διαμέτρου του πυρήνα της ίνας (ή της διαμέτρου κάλυψης ρυθμού στις μονότροπες ίνες) και τη σύνθεση του υλικού της ίνας (από την οποία εξαρτώνται και οι απώλειες απορρόφησης). Επομένως, μια ίνα με υψηλές απώλειες απορρόφησης ή μεγάλη διάμετρο πυρήνα παράγει μεγαλύτερο σκεδαζόμενο προς τα πίσω σήμα.

Ακριβείς μετρήσεις απωλειών με OTDR εξαρτώνται από τη σταθερότητα του συντελεστή σκέδασης. Στην πράξη δυστυχώς δε συμβαίνει πάντοτε κάτι τέτοιο. Συχνά συναντώνται οπτικές ίνες με προοδευτική ή κυμαινομένη μεταβολή της διαμέτρου του πυρήνα, λόγω μεταβολών της ταχύτητας έλξης κατά την κατασκευή της ίνας. Μια μικρή μεταβολή της διαμέτρου (1%) προκαλεί μεγαλύτερη μεταβολή στη διατομή, η οποία επηρεάζει ευθέως το συντελεστή σκέδασης και μπορεί να προκαλέσει μεγάλη μεταβολή στις απώλειες (της τάξης του 0,1 db). Επομένως, οι απώλειες της ίνας που μετρώνται με το OTDR μπορεί να είναι μη-γραμμικές κατά μήκος της ίνας, και να είναι σημαντικά διαφορετικές προς αντίθετες κατευθύνσεις.

Για τους περισσότερους χρήστες, η πρώτη ένδειξη προβλήματος με το OTDR είναι, όταν παρατηρούν μια μόνιμη σύνδεση που παρέχει κέρδος. Η κοινή λογική λέει ότι παθητικά στοιχεία όπως οι ίνες και οι μόνιμες συνδέσεις τους δεν παράγουν φως, οπότε αυτό που συμβαίνει είναι κάτι διαφορετικό. Στην πραγματικότητα, αυτό οφείλεται στη διαφορά μεταξύ των συντελεστών σκέδασης των δυο ινών που μετέχουν στη μόνιμη σύνδεση.

Εάν οι δυο ίνες στη μόνιμη σύνδεση είναι ακριβώς ίδιες μεταξύ τους, τότε η μέτρηση του OTDR θα είναι σωστή, αφού οι συντελεστές σκέδασης έχουν την ίδια τιμή. Αυτό ακριβώς συμβαίνει, όταν κόψετε και ξανασυνδέσετε μια ίνα στο ίδιο σημείο.

Εάν η οπτική ίνα έχει μικρότερο συντελεστή σκέδασης από αυτήν που προηγείται, τότε το φως που σκεδάζεται πίσω στο OTDR μειώνεται μετά τη σύνδεση, με αποτέλεσμα το OTDR να δείχνει μεγαλύτερες απώλειες από τις πραγματικές.

Εάν παρατηρήσουμε τη μόνιμη αυτή σύνδεση από την αντίθετη κατεύθυνση, το αποτέλεσμα της μέτρησης θα είναι ακριβώς το αντίθετο από το προηγούμενο. Το σκεδαζόμενο μετά τη σύνδεση φως θα είναι ισχυρότερο, και οι απώλειες που θα δείχνει το OTDR θα είναι μικρότερες από τις πραγματικές απώλειες της σύνδεσης. Εάν η αύξηση αυτή είναι μεγαλύτερη

από τις απώλειες της σύνδεσης, τότε το OTDR θα δείχνει λανθασμένα κέρδος αντί για απώλειες. Περίπου το 1/3 όλων των μονίμων συνδέσεων δείχνουν κέρδος προς τη μια κατεύθυνση.

Αυτό που συνήθως συνιστάται στην πράξη, είναι η μέτρηση με το OTDR και προς τις δυο κατευθύνσεις, και στη συνέχεια η εξαγωγή του μέσου όρου αυτών (με τον τρόπο αυτό παρέχεται ακρίβεια 0,01 db). Αυτό όμως αναιρεί το πιο χρήσιμο χαρακτηριστικό του OTDR, να εκτελούν δηλαδή μετρήσεις από το ένα άκρο της ίνας.

4.4 Έλεγχος εύρους διέλευσης συχνοτήτων

Η χωρητικότητα μεταφοράς πληροφορίας των ινών περιορίζεται από δυο διαφορετικούς παράγοντες: τη διασπορά ρυθμών και τη χρωματική διασπορά. Η διασπορά ρυθμών συμβαίνει σε πολύτροπες ίνες βηματικού δείκτη, όπου οι διαδρομές των ρυθμών έχουν διαφορετικό μήκος. Επίσης, η διασπορά ρυθμών οφείλεται και στο γεγονός ότι το προφίλ του δείκτη διάθλασης των πολύτροπων ινών βαθμιαίου δείκτη δεν είναι ποτέ τέλειο.

4.4.1 Διασπορά Ρυθμών

Η διασπορά ρυθμών αποτελεί την πιο συνηθισμένη παράμετρο ελέγχου του εύρους διέλευσης συχνοτήτων. Ο έλεγχος διεξάγεται με μια πηγή laser στενής ζώνης και ένα δέκτη υψηλής ταχύτητας απόκρισης, με σκοπό τον προσδιορισμό των δυναμικών χαρακτηριστικών του συστήματος. Ο έλεγχος μπορεί να γίνει με σάρωση της συχνότητας ενός ημιτονοειδούς σήματος, και παρατηρώντας το σημείο εξασθένησης 3db της μέγιστης τιμής του παλμού, δηλαδή το μισό της μέγιστης τιμής του παλμού στις χαμηλές συχνότητες. Μια εναλλακτική μέθοδος είναι η μέτρηση του χρόνου ανόδου (rise time) του παλμού.

Επειδή όλος αυτός ο εξοπλισμός μετρήσεων, θα πρέπει να λειτουργεί στην περιοχή των GHz, έχει πολύ υψηλό κόστος. Ευτυχώς, τα φασματικά χαρακτηριστικά των ινών έχουν μοντελοποιηθεί πολύ καλά, και μπορούν να υπολογίζονται με αρκετή ακρίβεια συγκριτικά με τις πραγματικές μετρήσεις. Υπάρχουν τουλάχιστον δυο μοντέλα που περιγράφονται λεπτομερώς, το ένα από τα οποία είναι διαθέσιμο στην αγορά. Το διαθέσιμο στην αγορά μοντέλο (Fotec's Cable Characterizer) υπολογίζει το εύρος διέλευσης συχνοτήτων πολύτροπων ινών με βάση το εύρος ρυθμών και το μήκος της ίνας, το μήκος κύματος της πηγής και το φασματικό της εύρος.

Με τη χρήση των μοντέλων αυτών, μπορεί κάποιος να προσδιορίσει εύκολα εάν η εγκατεστημένη ίνα είναι κατάλληλη για δίκτυα υψηλών ταχυτήτων, όπως π.χ. το FDDI. Επίσης, τα μοντέλα αυτά μπορεί να βοηθήσουν στη σχεδίαση δικτύων κατάλληλου εύρους διέλευσης συχνοτήτων για υψηλότερες ταχύτητες, χωρίς να ξοδεύονται περισσότερα χρήματα από αυτά που πραγματικά απαιτούνται, και ταυτόχρονα να παρέχουν στο χρήστη την δυνατότητα ελέγχου της λειτουργίας μιας εγκατάστασης σε υψηλότερες ταχύτητες.

4.4.2 Χρωματική Διασπορά

Ο δεύτερος περιοριστικός παράγοντας του εύρους διέλευσης συχνοτήτων είναι η χρωματική διασπορά. Όπως ένα οπτικό πρίσμα, το οποίο αναλύει το φάσμα του προσπίπτοντος φωτός, διαθλά το φως υπό διαφορετική γωνία επειδή διαδίδεται με διαφορετική ταχύτητα αναλόγως του χρώματος, έτσι και ο δείκτης διάθλασης του γυαλιού εξαρτάται από το μήκος κύματος. Επομένως, μια προσεκτικά κατασκευασμένη πολύτροπη ίνα βαθμιαίου δείκτη μπορεί να βελτιστοποιηθεί για ένα και μοναδικό μήκος κύματος, συνήθως περί τα 1300nm, ενώ τα υπόλοιπα χρώματα θα υπόκεινται σε χρωματική διασπορά.

Η χρωματική διασπορά αποτελεί μεγαλύτερο πρόβλημα με τις πηγές LED, οι οποίες παράγουν ευρύτερο φάσμα συχνοτήτων, αντίθετα με τις πηγές

LASER οι οποίες συγκεντρώνουν το περισσότερο φως γύρω από κάποιο στενό εύρος συχνοτήτων. Η χρωματική διασπορά των LED οφείλεται στο ότι μεγάλο μέρος της παραγόμενης οπτικής ισχύος βρίσκεται μακριά από το μηδενικής διασποράς μήκος κύματος της ίνας. Συστήματα επικοινωνιών υψηλής ταχύτητας όπως το FDDI, τα οποία βασίζονται σε πηγές LED ευρείας ζώνης, υποφέρουν από τόσο έντονη χρωματική διασπορά, ώστε ακόμα και μετάδοση σε απόσταση μόλις 2-3 km με ίνα 62,5/125μm μπορεί να είναι προβληματική.

Η χρωματική διασπορά απαιτεί σύγκριση του χρόνου διάβασης (transit time) των παλμών ή της ολίσθησης φάσης, ως συνάρτηση του μήκους κύματος. Επομένως, χρησιμοποιούνται πηγές πολλών μηκών κύματος και οι αντίστοιχες χρονικές μεταβολές επιτρέπουν τον υπολογισμό της διασποράς ως συνάρτηση του μήκους κύματος. Αν και φαίνεται ότι αυτό μπορεί να εκτελεστεί με μια πηγή ευρέως φάσματος (LED), η αφαίρεση της επίδρασης των φασματικών χαρακτηριστικών του LED αποτελεί περίπλοκη μαθηματική διεργασία που σε συνδυασμό με το γεγονός ότι κάθε LED έχει μοναδικά φασματικά χαρακτηριστικά, η διακρίβωση του εξοπλισμού μετρήσεων καθίσταται πολύ δύσκολη.

5. Πιθανά αίτια αδικαιολόγητων απωλειών

5.1 Απώλειες κάμψης

Τα καλώδια και οι ίνες μπορεί να εμφανίσουν επί πλέον απώλειες, ως αποτέλεσμα κάμψης από την άσκηση μηχανικής πίεσης. Στην πραγματικότητα, οι οπτικές ίνες αποτελούν πολύ καλούς αισθητήρες πίεσης. Ωστόσο, αυτό εισάγει μια επί πλέον αιτία αβεβαιότητας των μετρήσεων απωλειών. Κατά την εκτέλεση των μετρήσεων, είναι επιτακτική η ανάγκη μείωσης των μηχανικών πιέσεων που ασκούνται πάνω στην ίνα. Εάν η ίνα

είναι τυλιγμένη πάνω σε καρούλι, θα παρουσιάζει υψηλότερες απώλειες όταν οι περιελίξεις είναι σφικτές. Η ξετυλιγμένη ίνα θα πρέπει να τοποθετείται προσεκτικά πάνω στον πάγκο και να στερεώνεται καλά, ώστε να μην κινείται. Πάνω από όλα, απαιτείται προσοχή στην τοποθέτηση ινών με βυσματωμένα άκρα. Ίνες που ασκούν έντονη μηχανική πίεση στο πίσω μέρος του βύσματος παρουσιάζουν σημαντικές απώλειες.

5.2 Απώλειες κακής προσαρμογής ινών

Η κακή προσαρμογή μεταξύ ινών οφείλεται σε δύο λόγους: στη περιστασιακή ανάγκη διασύνδεσης δυο ανόμοιων ινών και στη παραγωγή παραλλαγών ινών στις ίδιες ονομαστικές διαστάσεις. Με ύπαρξη μόνο δύο ειδών πολύτροπων ινών (πυρήνων 62.5 και 50 μm) και δύο άλλων ειδών που έχουν χρησιμοποιηθεί περιστασιακά κατά το παρελθόν, η σύνδεση ανόμοιων ινών και η χρήση συστημάτων σχεδιασμένων για τη μια ή για την άλλη ίνα μερικές φορές είναι αναγκαίες διαδικασίες. Ορισμένοι κατασκευαστές συστημάτων παρέχουν οδηγίες για τη χρήση κάποιων ινών. Εάν συνδέεται μια μικρότερης διατομής ίνα σε μια μεγαλύτερης διατομής, τότε οι απώλειες σύζευξης θα είναι οι μικρότερες δυνατές, τυπικά οι απώλειες fresnel (περί τα 0.3 db). Συνδέοντας όμως μεγαλύτερες ίνες σε μικρότερες, αυτό οδηγεί σε σημαντικά μεγαλύτερες απώλειες, όχι μόνο λόγω της μικρότερης διαμέτρου πυρήνα, αλλά και λόγω του μικρότερου αριθμητικού διαφράγματος (Numerical Aperture) των περισσότερων ινών μικρού πυρήνα.

6. Υλικά Τερματισμού & Διασύνδεσης Οπτικών Ινών

Ορισμένα δίκτυα χρησιμοποιούν παθητικούς συζεύκτες ή διακόπτες, για αλλαγή της διαδρομής του φωτός σε μια οπτική ίνα. Τα εξαρτήματα αυτά θα πρέπει να ελέγχονται για απώλειες, όπως και τα υπόλοιπα τμήματα μιας

εγκατάστασης. Τα πολύτροπα εξαρτήματα παρουσιάζουν μεγαλύτερη ευαισθησία στην κατανομή ισχύος των ρυθμών και απαιτείται προσεκτικός έλεγχος προκειμένου να ληφθούν ακριβείς μετρήσεις.

6.1 Συζεύκτες οπτικών ινών

Οι συζεύκτες διαχωρίζουν ή συνδυάζουν το φως των οπτικών ινών. Μπορεί να είναι απλοί ή μέχρι 64x64 θυρών αστεροειδείς συζεύκτες. Οι περισσότεροι κατασκευάζονται με τήξη ινών κάτω από υψηλές θερμοκρασίες, πράγμα το οποίο προκαλεί το διαχωρισμό ή το συνδυασμό του φωτός με κατάλληλη αναλογία. Σχετικές προδιαγραφές των συζευκτών είναι ο λόγος σύζευξης κάθε θύρας ή ο διαχωρισμός σήματος (crosstalk) και οι απώλειες υπέρβασης που προκαλούνται από την τήξη. Οι απώλειες υπέρβασης εκφράζουν τη διαφορά μεταξύ του αθροίσματος όλων των εισόδων και του αθροίσματος όλων των εξόδων. Όταν οι συζεύκτες χρησιμοποιούνται σε συστήματα laser, θα πρέπει να ελέγχονται για οπτικές απώλειες επιστροφής και για εξάρτηση της απόδοσής τους ως προς το μήκος κύματος.

Έτσι, ο έλεγχος ενός συζεύκτη εμπλέκει τη σύνδεση μιας πηγής ελέγχου σε κάθε θύρα εισόδου με τη σειρά, και τη μέτρηση όλων των εξόδων. Στη συνέχεια, αθροίζουμε όλες τις τιμές ισχύος των θυρών εξόδου και αφαιρούμε το άθροισμα από το άθροισμα των ισχύων εισόδου, προκειμένου να υπολογίσουμε τις απώλειες υπέρβασης. Οι βυσματωμένοι συζεύκτες ελέγχονται όπως και τα βυσματωμένα καλώδια, με τη χρήση ενός καλωδίου σύνδεσης πηγής, ενώ στους συζεύκτες γυμνών ινών εφαρμόζεται κάποια μέθοδος κοπής της ίνας ή ένα καλώδιο rigtail και μια προσωρινή σύνδεση με την πηγή.

Οι μονότροποι συζεύκτες έχουν ακόμα ένα χαρακτηριστικό που θα πρέπει να ληφθεί υπόψη: είναι πολύ ευαίσθητοι στο μήκος κύματος. Οι περισσότεροι συζεύκτες είναι βελτιστοποιημένοι σε ένα μήκος κύματος, εκτός και αν είναι ειδικά σχεδιασμένοι για λειτουργία σε δυο μήκη κύματος (1310 και

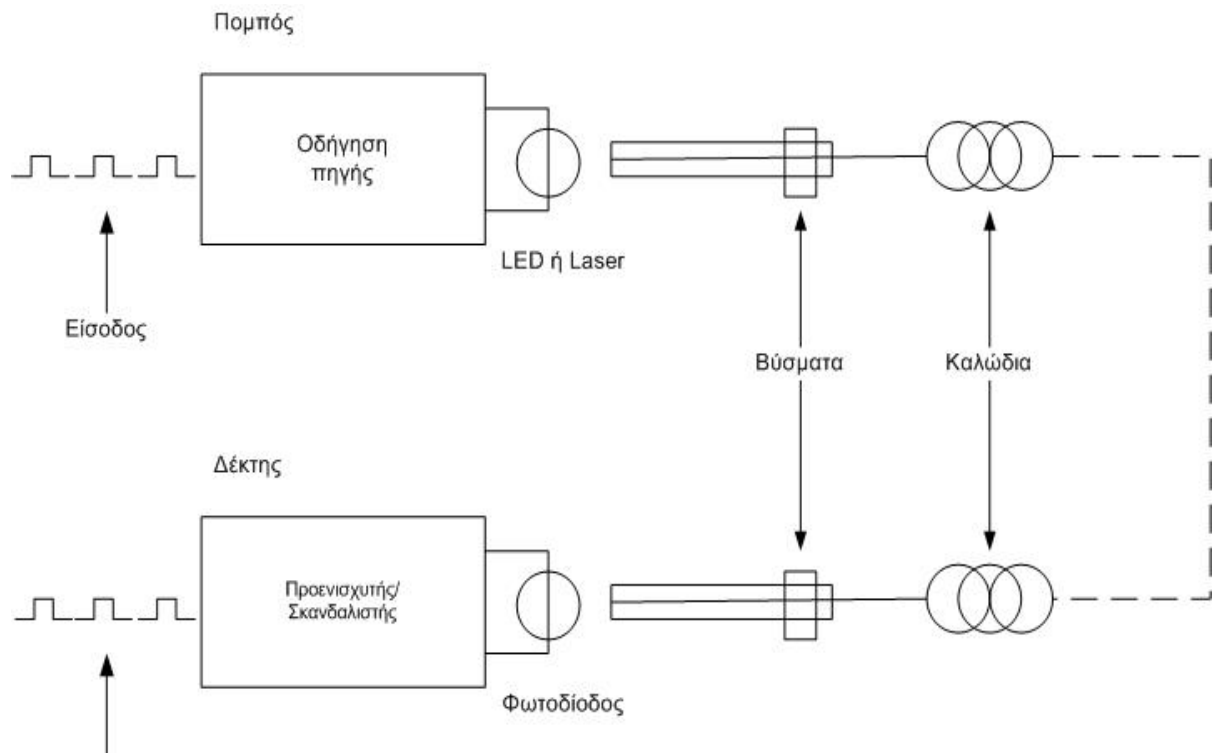
1550nm). Ορισμένοι συζεύκτες είναι κατασκευασμένοι ως πολυπλέκτες διαίρεσης μήκους κύματος WDM, διαχωρίζοντας το φως πηγών laser 1300 και 1550 nm σε δυο ξεχωριστές θύρες εξόδου. Επομένως, οι πηγές ελέγχου συζευκτών θα πρέπει να χαρακτηρίζονται από ακριβή τιμή μήκους κύματος, για ελάττωση της αβεβαιότητας μετρήσεων.

6.2 Διακόπτες οπτικών ινών

Οι διακόπτες μεταφέρουν φως από τη μια οπτική ίνα στην άλλη. Όπως και στους συζεύκτες, έτσι και ο έλεγχος των διακοπών περιλαμβάνει μέτρηση απωλειών, μετρώντας την ισχύ εισόδου και την ισχύ εξόδου από κάθε διακόπτη. Σε πολύτροπα εξαρτήματα, η κατανομή ισχύος των ρυθμών μπορεί να προκαλέσει μεταβολές στις απώλειες του διακόπτη ή στους λόγους σύζευξης.

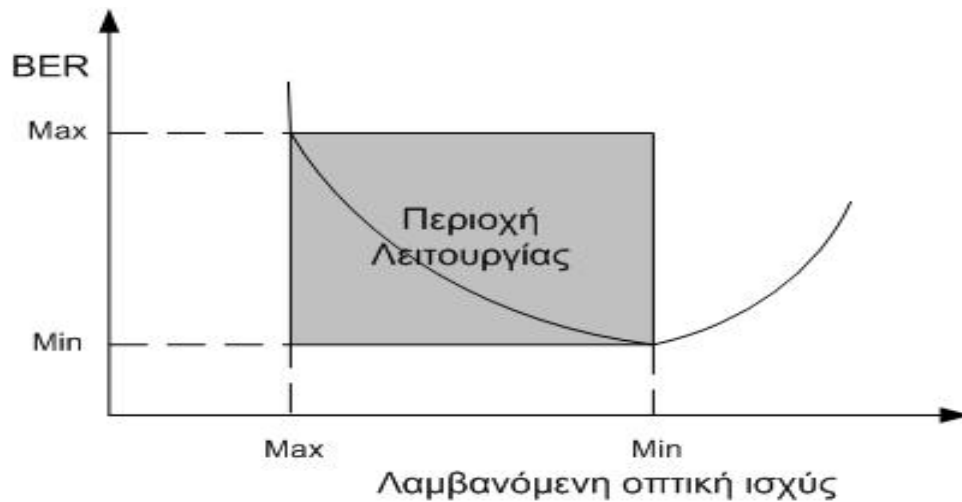
7. Ζεύξεις δεδομένων με οπτικές ίνες

Όλα τα συστήματα επικοινωνιών οπτικών ινών λειτουργούν με τον τρόπο που απεικονίζεται στο Σχήμα 10. Περιλαμβάνουν κάποιο πομπό, που λαμβάνει το ηλεκτρικό σήμα εισόδου, και το μετατρέπει σε οπτική έξοδο από μια δίοδο laser ή LED. Το φως του πομπού οδηγείται μέσα σε μια οπτική ίνα, μέσω κάποιου βύσματος και στη συνέχεια μεταδίδεται μέσα σε ολόκληρη την καλωδιακή εγκατάσταση. Τελικά, το φως λαμβάνεται από κάποιο δέκτη, όπου ένας φωτοανιχνευτής το μετατρέπει σε ηλεκτρικό σήμα, το οποίο παίρνει την κατάλληλη για χρήση μορφή από τον ηλεκτρονικό εξοπλισμό του δέκτη. Όπως και με τα χάλκινα καλώδια ή με τις εκπομπές ραδιοκυμάτων, η απόδοση των ζεύξεων οπτικών ινών μπορεί να προσδιοριστεί από το πόσο καλά το σήμα εξόδου του δέκτη ταιριάζει με το σήμα εισόδου του πομπού.



Σχήμα 10: Ζεύξεις δεδομένων με οπτικές ίνες

Η ικανότητα οποιουδήποτε συστήματος οπτικών ινών στη μετάδοση δεδομένων τελικά εξαρτάται από την οπτική ισχύ στο δέκτη. Στο Σχήμα 11 απεικονίζεται ο ρυθμός σφαλμάτων BER ως συνάρτηση της οπτικής ισχύος που λαμβάνεται στο δέκτη. Είτε πολύ χαμηλή είτε πολύ υψηλή λαμβανομένη ισχύς παράγει πολύ υψηλό ρυθμό σφαλμάτων. Η υπερβολική ισχύς προκαλεί κορεσμό του ενισχυτή λήψης, ενώ όταν η ισχύς είναι χαμηλή τότε ο θόρυβος αποτελεί πρόβλημα. Η ισχύς λήψης εξαρτάται από δυο βασικούς παράγοντες: α) πόση ισχύς εκπέμπει ο πομπός μέσα στην ίνα, και β) πόση ισχύς χάνεται λόγω απωλειών κατά τη διάδοση μέσα στην ίνα που συνδέει πομπό με δέκτη.



Σχήμα 11: Διάγραμμα ρυθμού σφαλμάτων BER συναρτήσει της οπτικής ισχύος

Ο έλεγχος των ζεύξεων δεδομένων οπτικών ινών εκτελείται με ένα όργανο μέτρησης της λαμβανομένης ισχύος, πρώτα στο δέκτη και μετά στο πομπό (με την ισχύ να τροφοδοτεί κάποιο προμετρημένο ειδικό καλώδιο ελέγχου, συνήθως ένα από τα καλώδια σύνδεσης πηγών που χρησιμοποιούνται στους ελέγχους καλωδιακών εγκαταστάσεων.

8. Συνήθη προβλήματα στις εγκαταστάσεις ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ

Κατά την εγκατάσταση και τον έλεγχο δικτύων οπτικών ινών, το πρώτο πρόβλημα που συνήθως αντιμετωπίζεται είναι οι λάθος συνδέσεις. Μια ζεύξη οπτικών ινών αποτελείται από δυο ίνες που μεταδίδουν προς αντίθετες μεταξύ τους κατευθύνσεις, με σκοπό την παροχή full duplex επικοινωνιών. Δεν είναι ασύνηθες να εναλλάσσεται ο ρόλος μεταξύ της ίνας εκπομπής και της ίνας λήψης. Ένας ελεγκτής της οπτικής συνέχειας μας επιβεβαιώνει εύκολα και γρήγορα ποιες είναι οι σωστές συνδέσεις. Ο ελεγκτής αυτός μπορεί να ιχνηλατήσει μια ίνα μέσα από καλώδια, πίνακες συνδέσεων, και αλλά εξαρτήματα μέχρι το άλλο άκρο της εγκατάστασης.

Εάν οι ίνες έχουν συνδεθεί σωστά, αλλά το δίκτυο ακόμα δεν λειτουργεί, τότε το επόμενο βήμα είναι ο έλεγχος του επιπέδου της λαμβανόμενης ισχύος. Εάν το λαμβανόμενο επίπεδο ισχύος βρίσκεται μέσα στα αποδεκτά όρια, πιθανότατα το πρόβλημα βρίσκεται στα ηλεκτρονικά του δικτύου. Εάν το λαμβανόμενο επίπεδο ισχύος είναι χαμηλό, ελέγχεται εάν η εκπεμπόμενη ισχύς βρίσκεται μέσα στα αποδεκτά όρια. Εάν η εκπεμπόμενη ισχύς είναι αποδεκτή, τότε το πρόβλημα βρίσκεται στην καλωδιακή εγκατάσταση.

Σε μια τέτοια περίπτωση απαιτείται έλεγχος ολόκληρης της καλωδιακής εγκατάστασης, μαζί με τα μεμονωμένα καλώδια σύνδεσης, χρησιμοποιώντας ένα όργανο μέτρησης ισχύος και μια οπτική πηγή, και εφαρμόζοντας την μέθοδο μέτρησης και στα δυο άκρα που περιγράφηκε σε προηγούμενη ενότητα του εγχειριδίου. Εάν οι μετρήσεις απωλειών από άκρο σε άκρο βρίσκονται μέσα στα όρια του δικτύου, τα στοιχεία αυτά θα πρέπει να κρατηθούν για μελλοντική αναφορά.

Εάν οι απώλειες είναι πολύ χαμηλές, θα πρέπει να εξεταστεί η περίπτωση να παρεμβληθεί ένας εξασθενητής σήματος, για μείωση της λαμβανομένης ισχύος στα αποδεκτά επίπεδα. Εάν οι απώλειες είναι πολύ υψηλές, τότε θα πρέπει να επανελεγχτεί κάθε τμήμα της εγκατάστασης, προκειμένου να εντοπιστεί το πρόβλημα.

Πιθανές αιτίες υψηλών απωλειών από άκρο σε άκρο είναι τα κακά βύσματα, οι κακές μόνιμες συνδέσεις, οι υπερβολικές μηχανικές κάμψεις καλωδίων γύρω από γωνίες, σπασμένες ίνες μέσα σε καλώδια, ή ακόμα προβληματικά καλώδια σύνδεσης πηγής και λήψης ή και όργανα μετρήσεων. Υπάρχουν μόνο δυο τρόποι να προσδιοριστεί κάποιο πρόβλημα : ο έλεγχος του κάθε τμήματος της εγκατάστασης ανεξάρτητα και η χρήση OTDR σε μεγάλα μήκη καλωδίων (όπου η περιορισμένη ανάλυση του οργάνου δεν αποτελεί πρόβλημα).

Το OTDR δεν θα πρέπει να χρησιμοποιείται για τη μέτρηση απωλειών από άκρο σε άκρο. Δεν είναι δυνατή η ακριβής μέτρηση των πραγματικών

απωλειών, που αντιστοιχούν στην εκπεμπόμενη και λαμβανομένη ισχύ σε μια ζεύξη οπτικής ίνας με αυτόν τον τρόπο. Όπως συνήθως χρησιμοποιείται το OTDR, δεν μετρά τις απώλειες του τελικού βύσματος. Το OTDR χρησιμοποιεί μια πηγή laser με πολύ περιορισμένη κατανομή ισχύος ρυθμών, η οποία ελαχιστοποιεί τις απώλειες της ίνας και των ενδιάμεσων βυσμάτων.

9. Επίλογος

Με το πέρας των εργασιών μιας εγκατάστασης, την ολοκλήρωση του ελέγχου και την ομαλή λειτουργία του εξοπλισμού του δικτύου, ελάχιστα πράγματα μπορούν να στραβώσουν με τις οπτικές ίνες. Ένα από τα μεγαλύτερα πλεονεκτήματα των συστημάτων οπτικών ινών είναι η αξιοπιστία τους. Υπάρχουν όμως ορισμένα προβλήματα που μπορεί να αντιμετωπίσει ο τελικός χρήστης.

Στις καλωδιακές εγκαταστάσεις, το μεγαλύτερο πρόβλημα είναι αυτό που οι τηλεφωνικές εταιρίες αποκαλούν “backhoe fade”, όπου κάποιος κατά λάθος κόβει ή σπάει κάποιο καλώδιο. Αυτό συνήθως συμβαίνει κατά την διενέργεια εκσκαφών σε περιοχές διέλευσης εγκατεστημένων υπόγειων καλωδίων αλλά και στο εσωτερικό κτιρίων από ηλεκτρολογικές επεμβάσεις. Σε εξωτερικούς χώρους, ο καλύτερος τρόπος αντιμετώπισης είναι η σήμανση των διαδρομών που βρίσκονται υπόγεια καλώδια και η τοποθέτηση κάποιας προειδοποιητικής ταινίας πάνω από το καλώδιο που κινδυνεύει να χτυπηθεί πρώτο. Στο εσωτερικό των κτιρίων η χρήση καλωδίων με κίτρινο ή πορτοκαλί περίβλημα, αντί μαύρων ή γκρι καλωδίων, τα καθιστά πιο ευδιάκριτα. Τα προβλήματα καλωδίων σε εξωτερικούς χώρους εντοπίζονται καλύτερα με τη χρήση OTDR και με προσωπικό που ερευνά την περιοχή για κάποια εμφανή ζημιά. Στο εσωτερικό των κτιρίων, οι μικρές αποστάσεις καθιστούν τα OTDR άχρηστα, οπότε είναι απαραίτητος ένας ελεγκτής της οπτικής συνέχειας των ινών.

Ένα άλλο πρόβλημα είναι η θραύση των καλωδίων ακριβώς πίσω από τα βύσματα στους πίνακες συνδέσεων. Αυτή η βλάβη εντοπίζεται δυσκολότερα, αλλά και πάλι ο καλύτερος τρόπος είναι η χρήση ενός ελεγκτή της οπτικής συνέχειας. Το OTDR δε βοηθά σε τίποτα, εκτός εάν τα καλώδια έχουν πολύ μεγάλο μέγεθος.

Σε μια ζεύξη οπτικών ινών, το πιθανότερο εξάρτημα να παρουσιάσει βλάβη είναι ο πομπός LED ή laser, επειδή αυτός αποτελεί το περισσότερο δοκιμαζόμενο τμήμα της ζεύξης. Η λειτουργία των laser σταθεροποιείται με ανάδραση, έτσι ώστε να διατηρείται σταθερή η ισχύς εξόδου, οπότε όταν πάθουν κάτι καταστρέφονται εντελώς. Οι πηγές LED παρουσιάζουν μείωση της εκπεμπόμενης ισχύος με το χρόνο, αλλά έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής, περί τις εκατό χιλιάδες έως ένα εκατομμύριο ώρες λειτουργίας, Εάν δεν υπάρχει καθόλου ισχύς στο δέκτη, το αμέσως επόμενο βήμα ελέγχου αφορά την πηγή LED ή laser, ώστε να απομονωθεί ο εντοπισμός του προβλήματος στον πομπό ή στην καλωδιακή εγκατάσταση. Οι δέκτες δεν καταπονούνται πολύ κατά τη λειτουργία τους, και παρουσιάζουν υψηλή αξιοπιστία. Μπορεί όμως να παρουσιαστεί βλάβη στα ηλεκτρονικά τους. Εάν υπάρχει λαμβανομένη ισχύς και δεν έχουμε επικοινωνίες, τότε θα πρέπει να εξεταστεί η σωστή λειτουργία του δέκτη.

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΔΙΚΤΥΟΥ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ

1. Συστήματα GIS

1.1 Ανάλυση των GIS συστημάτων

Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών(ΓΣΠ) είναι πληροφοριακά συστήματα (Information Systems) που παρέχουν την δυνατότητα: συλλογής, διαχείρισης, αποθήκευσης, επεξεργασίας, ανάλυσης και απεικόνισης σε ψηφιακό περιβάλλον των δεδομένων που σχετίζονται με τον χώρο. Τα δεδομένα αυτά συνήθως λέγονται γεωγραφικά ή χαρτογραφικά ή και χωρικά και μπορεί να συσχετίζονται με μια σειρά από περιγραφικά δεδομένα τα οποία και τα χαρακτηρίζουν κατά μοναδικό τρόπο.

Ένα **Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών** (ΓΣΠ), γνωστό ευρέως και ως G.I.S. Geographic Information System, είναι ένα σύστημα διαχείρισης χωρικών δεδομένων (spatial data) και ιδιοτήτων αναφορικά με αυτά. Στην πιο λιτή μορφή του, είναι ένα ηλεκτρονικό σύστημα, ικανό να ενσωματώσει, αποθηκεύσει, προσαρμόσει, αναλύσει και παρουσιάσει πληροφορίες με γεωγραφική αναφορά (geographically-referenced). Σε πιο ολοκληρωμένη μορφή, ένα ΓΣΠ είναι ένα εργαλείο το οποίο επιτρέπει στους χρήστες του να δημιουργήσουν διαδραστικές ερωτήσεις, σύνθετες αναζητήσεις προσαρμοσμένες στις επιθυμίες του χρήστη, να αναλύσουν τα χωρικά δεδομένα (spatial data) και να τα προσαρμόσουν στη μορφή που επιθυμεί ο χρήστης.

Βασικό χαρακτηριστικό των ΓΣΠ είναι το γεγονός ότι λειτουργούν με γεωγραφικές συντεταγμένες σε αντίθεση με άλλα συστήματα διανυσματικής σχεδίασης (CAD).

Η χαρακτηριστική δυνατότητα που παρέχουν τα συστήματα ΓΣΠ(GIS) είναι αυτή της σύνδεσης της χωρικής με την περιγραφική πληροφορία, η οποία δεν έχει από μόνη της χωρική υπόσταση. Η τεχνολογία που χρησιμοποιείται για την λειτουργία αυτή βασίζεται: είτε στο σχεσιακό μοντέλο δεδομένων

(relational), όπου τα περιγραφικά δεδομένα κατηγοριοποιούνται σε πίνακες χωριστά και αργότερα συσχετίζονται με τα χωρικά δεδομένα μέσω κάποιων μοναδικών δεικτών που είναι κοινές και στα δύο είδη δεδομένων, είτε στο αντικειμενοστραφές μοντέλο δεδομένων (object-oriented), όπου τόσο τα χωρικά όσο και τα περιγραφικά δεδομένα συγχωνεύονται σε αντικείμενα, τα οποία μπορεί να μοντελοποιούν κάποια αντικείμενα με φυσική υπόσταση (π.χ. κατηγορία = "δρόμος", όνομα = "Πανεπιστημίου", γεωμετρία = "[X1,Y1],[X2,Y2]...", πλάτος = "20μέτρα"). Το αντικειμενοστραφές μοντέλο τείνει να χρησιμοποιείται όλο και περισσότερο σε εφαρμογές GIS εξαιτίας των αυξημένων δυνατοτήτων του σε σχέση με το σχεσιακό μοντέλο της δυνατότητας που παρέχει για την εύκολη και απλοποιημένη μοντελοποίηση σύνθετων φυσικών φαινομένων και αντικειμένων με χωρική διάσταση.

Πολλές φορές η έννοια των ολοκληρωμένων συστημάτων GIS) επεκτείνεται για να συμπεριλάβει τόσο τα δεδομένα (που αποτελούν ουσιαστικά τον πυρήνα τους), το λογισμικό και τον μηχανικό εξοπλισμό όσο και τις διαδικασίες και το ανθρώπινο δυναμικό που αποτελούν αναπόσπαστα τμήματα ενός οργανισμού, ο οποίος έχει σαν πρωταρχική του δραστηριότητα την διαχείριση πληροφορίας με την βοήθεια συστημάτων GIS.

1.2 Εφαρμογή των συστημάτων GIS στην διαχείριση δικτύων κοινής ωφελείας.

Η διαχείριση δικτύων κοινής ωφελείας απαιτεί από το σύστημα GIS που θα υιοθετηθεί, να υπάρχει η δυνατότητα καταγραφής, καταχώρησης και απεικόνισης όλων των στοιχείων του δικτύου με σκοπό την επεξεργασία των δεδομένων, ώστε να βοηθηθεί η διαχείριση, η εκμετάλλευση και η συντήρηση του δικτύου και να προκύψουν στοιχεία μελλοντικής επέκτασης του δικτύου.

Για την υλοποίηση της παραπάνω απαίτησης, τα δεδομένα πρέπει να περιέχουν κατάλληλα πεδία ώστε να μπορούν να διασυνδεθούν οι πίνακες δεδομένων της βάσης με τις χωρικές συντεταγμένες, ώστε για παράδειγμα σε ένα σημείο της όδευσης του δικτύου ο διαχειριστής εκμετάλλευσης και

λειτουργίας του έργου να γνωρίζει ανά πάσα χρονική στιγμή πόσες και ποιες σωληνώσεις οδεύουν εκεί, πόσες και ποιες σωληνώσεις είναι ελεύθερες καλωδίων, πόσα καλώδια οδεύουν στο συγκεκριμένο σημείο κοκ. Η λογική αυτή επεκτείνεται σε κάθε σημείο του δικτύου που θα απεικονίζεται στο σύστημα GIS όπως για παράδειγμα τα φρεάτια, οι κόμβοι πρόσβασης, οι κόμβοι διανομής, οι καταναλωτές κτλ.

Η λειτουργικότητα της γεωβάσης βασίζεται στη χωρική ανάλυση των δεδομένων με σκοπό την ορθολογικότερη και οικονομικότερη επέκταση του δικτύου, την ευχέρεια στην συντήρηση του δικτύου καθώς και στην τεκμηρίωση του έργου (asset tracking).

2. Εφαρμογή διαχείρισης δικτύου οπτικών ινών

2.1 Εισαγωγή

Στις ενότητες που ακολουθούν πρόκειται να καθοριστούν τα στοιχεία που αποτελούν τα βασικά συστατικά μιας εφαρμογής διαχείρισης οπτικών ινών, που θα βασίζεται σε μία γεωγραφική βάση δεδομένων η οποία θα παρέχεται από κάποιο συμβατό σύστημα ΓΣΠ(GIS). Τέσσερις είναι οι βασικές διαδικασίες που θα πρέπει να υποστηρίζει μια τέτοια εφαρμογή διαχείρισης

- η διαδικασία καταχώρησης πληροφοριών στο σύστημα
- η διαδικασία αποτύπωσης του δικτύου
- η διαδικασία εμφάνισης των αναφορών
- η επαλήθευση των στοιχείων

2.2 Εφαρμογή ανεξάρτητη της αρχιτεκτονικής υπολογιστών

Απαραίτητη προϋπόθεση για μια αποτελεσματική και εύχρηστη εφαρμογή διαχείρισης δικτύου οπτικών ινών είναι η απόλυτη συμβατότητα της με όλα τα γνωστά λειτουργικά συστήματα και όλες τις καθιερωμένες αρχιτεκτονικές υπολογιστικών συστημάτων. Ακόμα θα πρέπει να υποστηρίζεται είτε από ένα αυτόνομο προσωπικό υπολογιστή είτε από δίκτυο υπολογιστών, όπου όλοι οι εξουσιοδοτημένοι χρήστες θα έχουν πρόσβαση στις πληροφορίες και στις δυνατότητες της εφαρμογής, αναλόγως με τον βαθμό εξουσιοδότησης τους. Αυτό θα μπορούσε να είναι το δίκτυο υπολογιστών μιας εταιρίας που έχει αναλάβει την επιτήρηση και συντήρηση του δικτύου οπτικών ινών. Για παράδειγμα το τεχνικό τμήμα θα μπορεί να χρησιμοποιεί τις πληροφορίες για τον εντοπισμό βλαβών και το διοικητικό τμήμα για μελέτες επέκτασης του δικτύου. Ακόμα είναι χρήσιμο να υιοθετηθεί από την αρχή μια αυστηρά καθορισμένη διαδικασία δημιουργίας αντιγράφων ασφαλείας, έτσι ώστε να μην υπάρχει ο κίνδυνος απώλειας δεδομένων. Ειδικά αν η εφαρμογή εκτελείται σε δίκτυο υπολογιστών, που είναι και το πιο συνηθισμένο στις μέρες μας, πρέπει να δίνεται μεγάλη προσοχή στην ανάθεση δικαιωμάτων πρόσβασης στην βάση γεωγραφικών δεδομένων και πολύ δε περισσότερο στη διαχείριση αυτής μέσω της εφαρμογής.

2.3 Βασικά αρχεία της εφαρμογής και διασύνδεση αυτών

Είναι απαραίτητο να αναφέρουμε ότι όλες οι εφαρμογές διαχείρισης δικτύων οπτικών ινών που υπάρχουν στην αγορά δεν είναι αυτόνομα προγράμματα που μπορούν να λειτουργήσουν από μόνα τους, αλλά έχουν και την ανάγκη συνεργασίας με άλλα ανεξάρτητα προγράμματα. Αυτά είναι συνήθως εξειδικευμένα προγράμματα γεωγραφικής απεικόνισης τα οποία βοηθούν την εφαρμογή διαχείρισης του δικτύου να συνθέσει τους ψηφιακούς χάρτες του δικτύου αντλώντας στοιχεία από τη βάση δεδομένων της εφαρμογής. Άρα η εφαρμογή λειτουργεί ως πηγή πληροφοριών του προγράμματος απεικόνισης. Γνωστό πρόγραμμα τέτοιου τύπου είναι το ArcEditor της εταιρίας ESRI. Ωστόσο είναι πολύ χρήσιμο η εφαρμογή να είναι συμβατή με πολλά προγράμματα τέτοιου τύπου.

Στην ουσία η εφαρμογή είναι μια μεγάλη βάση δεδομένων, η οποία αποτελείται από διάφορα επιμέρους αρχεία. Για να είναι πιο εύχρηστη η εφαρμογή πρέπει να δίνετε η δυνατότητα της δημιουργίας των αρχείων της βάσης δεδομένων με διάφορα προγράμματα διαχείρισης βάσεων δεδομένων όπως η Access ή η Oracle.

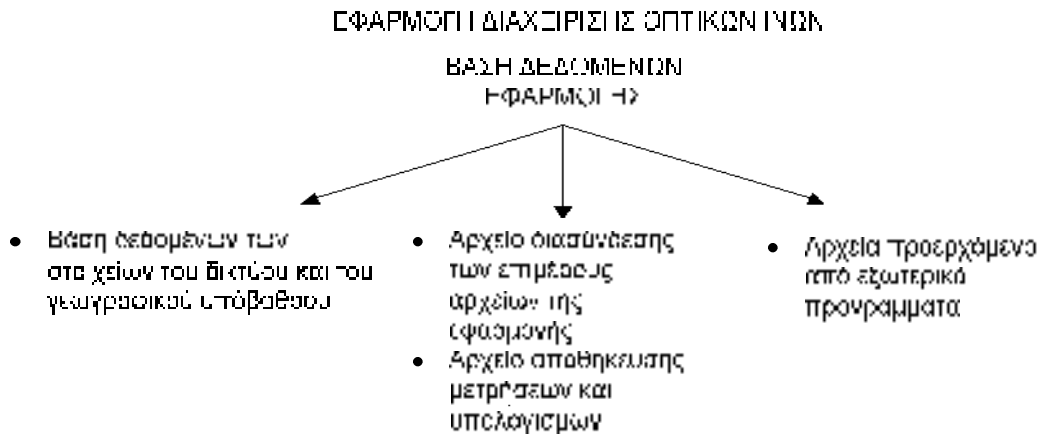
Το βασικότερο αρχείο της εφαρμογής είναι το αρχείο της βάσης δεδομένων που ορίζει τις διαδρομές όλων των υπολοίπων αρχείων που απαιτούνται για να τρέξει η εφαρμογή. Ακόμα θα περιέχει παραπομπές για όλα τα υπόλοιπα αρχεία της βάσης δεδομένων καθώς και τις προεπιλεγμένες πληροφορίες για τη βάση δεδομένων του δικτύου.

Επόμενα βασικά αρχεία της εφαρμογής είναι τα αρχεία της γεωγραφικής βάσης δεδομένων των στοιχείων του δικτύου. Αυτά αποτελούνται από πίνακες που θα πρέπει να περιέχουν τις απαιτούμενες πληροφορίες που χαρακτηρίζουν τα στοιχεία του δικτύου(σημεία πρόσβασης, κτίρια, καλωδιώσεις, έγγραφα, σημεία συγκόλλησης, σημεία τερματισμού και φρεάτια) καθώς και τη διασύνδεση όλων αυτών των στοιχείων. Ακόμα θα πρέπει να περιέχουν και τα χωροταξικά δεδομένα που χρειάζονται για να απεικονιστούν τα στοιχεία του δικτύου πάνω σε χάρτη.

Εξίσου χρήσιμο αρχείο είναι και η γεωγραφική βάση δεδομένων που περιέχει το γεωγραφικό υπόβαθρο του δικτύου. Δηλαδή τους δρόμους, τα οικοδομικά τετράγωνα, ποτάμια, πάρκα κ.λ.π. Αυτά τα δεδομένα προσδίδουν πληρέστερη απεικόνιση των στοιχείων του δικτύου.

Σημαντικό μέρος της εφαρμογής είναι και το αρχείο αποθήκευσης των μετρήσεων και των υπολογισμών που έχουν να κάνουν με το δίκτυο. Αυτό το αρχείο είναι ενεργό κατά τη διάρκεια της χρήσης της εφαρμογής και από εκεί αντλούνται τα αποτελέσματα των ζητούμενων αναφορών.

Τέλος, τυχόν εξωτερικά αρχεία, όπως σχέδια CAD, ψηφιακές φωτογραφίες, αρχεία μετρήσεων OTDR κτλ, που μπορεί να έχουν επισυναφθεί σε αρχεία της εφαρμογής πρέπει να μπορούν να ανοίγουν με το φυσικό τους πρόγραμμα.



Σχήμα 12: Βασικά αρχεία της εφαρμογής

2.4 Τρόποι απεικόνισης και σύμβολα των στοιχείων του δικτύου

Τα βασικότερα στοιχεία που χρειάζονται για λεπτομερή απεικόνιση του δικτύου είναι οκτώ και χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, στα στοιχεία που απεικονίζουν δομές και στα στοιχεία που απεικονίζουν υλικά. Όπου η κάθε κατηγορία περιλαμβάνει τα εξής:

Δομικά

Κτίρια

Σημεία πρόσβασης

Στύλοι

Σωληνώσεις

Υλικά

Σημεία τερματισμού (πλαισία, πίνακες διακλάδωσης ινών, κόμβοι κ.λ.π)

Σημεία συγκόλλησης ινών

Δακτύλιοι προσαρμογής(Slack Loops)

Καλώδια

Τα στοιχεία που απεικονίζουν δομές έχουν γεωγραφική αξία και δεν έχουν να κάνουν με την πραγματική διασύνδεση των ινών του δικτύου. Χρησιμεύουν μόνο στο να προσδιορίσουν γεωγραφικά τα στοιχεία που απεικονίζουν υλικά, τα οποία και δημιουργούν πάνω στον ψηφιακό γεωγραφικό χάρτη ένα

εικονικό δίκτυο το οποίο αποτελεί μία ακριβή απεικόνιση του πραγματικού δικτύου.

Όλα αυτά τα στοιχεία αποτελούν τη βάση δεδομένων του δικτύου. Κατά τη διάρκεια της συμπλήρωσης με δεδομένα της βάσης η εφαρμογή κατατάσσει όλα τα στοιχεία σε πίνακες και δίνει σε κάθε στοιχείο και ένα μοναδικό αριθμό αναγνώρισης. Αυτός ο μοναδικός αριθμός δεν χρησιμεύει μόνο στην αναγνώριση ενός συγκεκριμένου στοιχείου αλλά δίνει πληροφορίες και για την σχέση μεταξύ των στοιχείων. Για παράδειγμα, αν έχουμε ένα σημείο τερματισμού μέσα σε ένα κτίριο, αυτά τα δύο στοιχεία θα έχουν τον ίδιο αριθμό στον αντίστοιχο πίνακα τους και το μόνο που θα αλλάζει θα είναι η περιγραφή που θα τα ακολουθεί. Έτσι είναι εύκολο να καταλάβουμε την σχέση που υπάρχει μεταξύ τους.

Αυτός ο τρόπος κατάταξης των στοιχείων σε πίνακες είναι πολύ χρήσιμος γιατί έτσι η εφαρμογή μπορεί να δημιουργεί πολλαπλά επίπεδα πάνω στον γεωγραφικό ψηφιακό χάρτη που θα συνθέσει, καθώς για κάθε πίνακα δημιουργεί και ένα επίπεδο. Όταν θέλουμε να δούμε την απεικόνιση του δικτύου μπορούμε να βλέπουμε όλα τα επίπεδα μαζί ή και το κάθε ένα χωριστά.

Όλα τα στοιχεία, που αναφέραμε έχουν και το αντίστοιχο προκαθορισμένο σύμβολο απεικόνισης τους πάνω στους ψηφιακούς χάρτες, για να είναι πιο εύκολη η αναγνώριση τους. Τα σύμβολα αυτά μπορούν να είναι τρίγωνα, τετράγωνα, πολύγωνα, κουκίδες, γραμμές διαφόρων χρωμάτων και γενικώς ότι άλλο είναι επιθυμητό από τον χρήστη της εφαρμογής.

Η διαδρομή των καλωδιώσεων είναι όλες οι φυσικές συνδέσεις μεταξύ των σημείων τερματισμού και των σημείων συγκόλλησης, μαζί με τυχόν ενδιάμεσους βρόχους. Για να έχουμε τις πιο ακριβείς μετρήσεις, θα πρέπει να μετρηθεί κάθε τμήμα της καλωδίωσης από σημείο σε σημείο. Ο πίνακας που θα πρέπει να δημιουργείται κατά τη λήψη των μετρήσεων θα μοιάζει ως εξής :

Σειρά	Αναγνωριστικό	Τύπος	Έναρξη	Τέλος	Σύνολο
1	31	Σημείο συγκόλλησης	10050	10100	50
2	72	Καλώδιο	0	0	1400
3	30	Δακτύλιος προσαρμογής	12500	12600	100
4	72	Καλώδιο	0	0	3100
5	30	Σημείο τερματισμού	15700	15750	50

Πίνακας 1

Οπότε η γραφική απεικόνιση αυτής της πληροφορίας μέσα στην εφαρμογή θα μοιάζει ως εξής :

#	Object	Type	In	Out	Total
1	31	enclosure	10050	10100	50
2	72	cable	0	0	1400
3	30	slack	12500	12600	100
2	72	cable	0	0	3100
3	30	frame	15700	15750	50

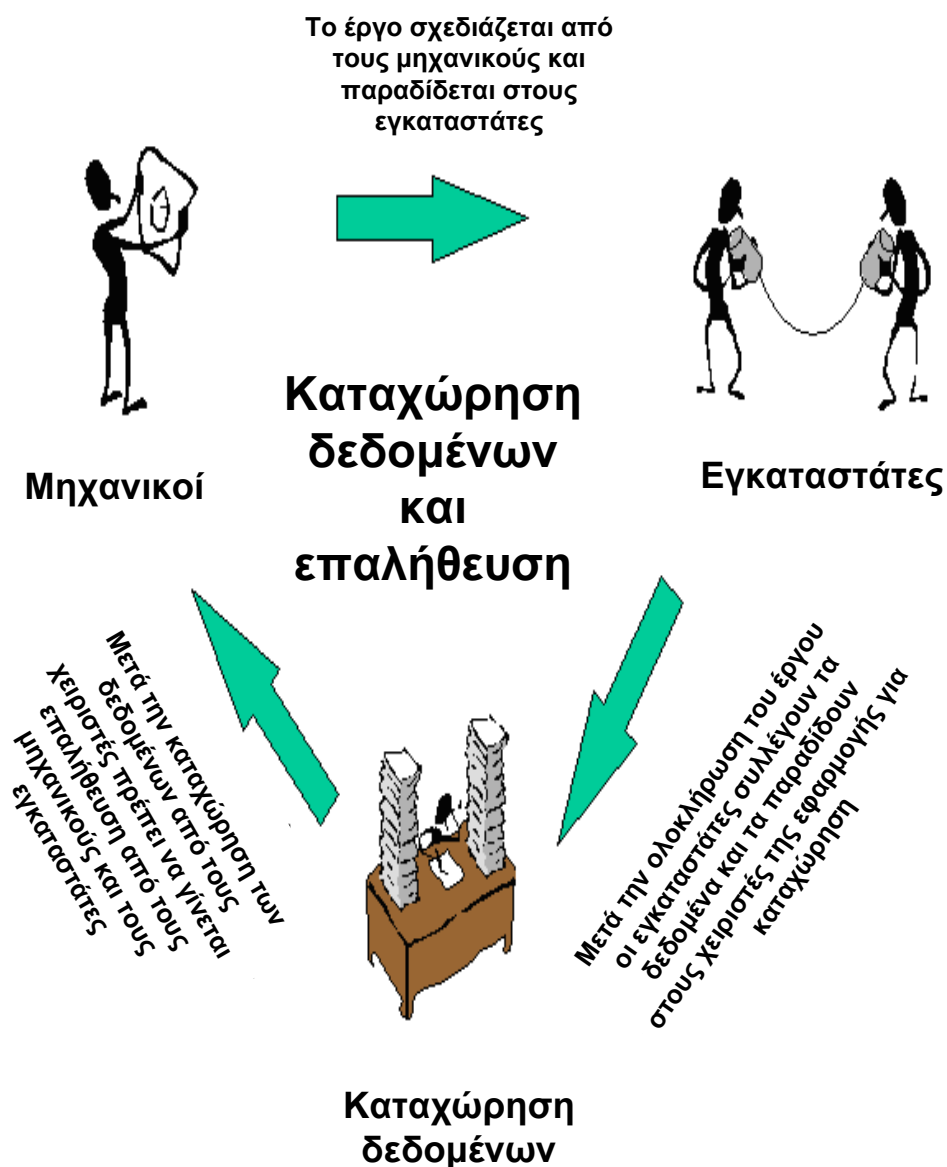
Σχήμα 13: Γραφική απεικόνιση ενός πίνακα πληροφοριών

2.5 Συλλογή και επαλήθευση δεδομένων

Η συλλογή των δεδομένων θα πρέπει να γίνεται στο πεδίο της εγκατάστασης από τους τεχνικούς μέσω της συμπλήρωσης των κατάλληλων φύλλων έργου με όσο το δυνατόν περισσότερες λεπτομέρειες. Κατόπιν, αυτά τα φύλλα έργου θα πρέπει να μεταφέρονται στους χειριστές της εφαρμογής, οι οποίοι θα τα αντιγράφουν σε φόρμες καταγραφής και επαλήθευσης δεδομένων και θα καταχωρούν τις πληροφορίες στην βάση δεδομένων. Αυτό πρέπει να γίνεται το συντομότερο δυνατό, γιατί μετά την ολοκλήρωση της καταχώρησης πρέπει οι τεχνικοί της εγκατάστασης να ξαναπαίρνουν τα φύλλα έργου και τις φόρμες καταγραφής στα χέρια τους ώστε να ανοίξουν την βάση δεδομένων και να επαληθεύσουν την σωστή καταχώρηση των δεδομένων σε αυτή. Αν υπάρχει κάποιο λάθος, ενδείκνυται τα φύλλα έργου μαζί με τις φόρμες καταγραφής να επιστρέφονται στους χειριστές για διόρθωση. Μετά και την επαλήθευση θα γίνεται η οριστική αποθήκευση των δεδομένων. Ωστόσο, κρίνεται σημαντικό

να παραμένουν σε φύλαξη και τα φύλλα έργου και οι φόρμες καταγραφής γιατί κάποια στιγμή μπορεί να χρειαστούν.

Ένα τυπικό λειτουργικό διαχείρισης θα πρέπει να παρέχει έτοιμα σε μορφή Microsoft Word ή Excel ή ισοδύναμης εφαρμογής τα φύλλα έργου και τις φόρμες καταγραφής για λόγους ομοιομορφίας και πιο αξιόπιστης καταχώρησης δεδομένων. Στο Παράρτημα 1 βρίσκεται το παράδειγμα ενός τέτοιου φύλλου έργου.



Σχήμα 14: Διάγραμμα συλλογής και επαλήθευσης δεδομένων

2.6 Διαμόρφωση των βάσεων δεδομένων της εφαρμογής και καταχώρηση των στοιχείων του δικτύου σε αυτές

Το πρώτο βήμα για την δημιουργία μιας νέας βάσης δεδομένων είναι να δημιουργηθεί το γεωγραφικό υπόβαθρο πάνω στο οποίο θα προβάλλονται τα δεδομένα. Τα επίπεδα (layers) που συνήθως απαιτούνται για την ακριβέστερη προβολή, περιλαμβάνουν δρόμους, εθνικές οδούς, ποτάμια, πάρκα, όρια δήμων και νομών, ταχυδρομικούς κώδικες και ότι άλλο μπορεί να είναι χρήσιμο στον γεωγραφικό προσδιορισμό κάποιου στοιχείου. Συνήθως αυτοί οι χάρτες μπορούν να βρεθούν έτοιμοι από πηγές όπως οι εταιρίες ανάπτυξης εφαρμογών GIS, οι Δήμοι, η Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού ή στο Διαδίκτυο. Ακολουθεί η χρήση κάποιου εξειδικευμένου προγράμματος με το οποίο επιλέγονται τα επίπεδα που ενδιαφέρουν την εφαρμογή και δημιουργείται ένα νέο αρχείο επιπέδων που προτείνεται να ονομάζεται **“Υπόβαθρο”** .

Επόμενο βήμα της διαδικασίας είναι η δημιουργία της γεωγραφικής βάσης δεδομένων που θα περιέχει τις αναλυτικές πληροφορίες του δικτύου, όπως οι διαδρομές των καλωδίων, τα σημεία πρόσβασης, τα σημεία συγκόλλησης ινών, τα σημεία τερματισμού κλπ. Αυτό επιτυγχάνεται με την χρήση ενός κατάλληλου προγράμματος, μέσω του οποίου στην ουσία δημιουργείται ένας ηλεκτρονικός χάρτης που απεικονίζει αναλυτικά όλα τα στοιχεία του δικτύου. Κατά την δημιουργία των επιπέδων αυτού του χάρτη πρέπει να καθοριστεί ότι το υπόβαθρο πάνω στο οποίο θα προβάλλονται τα στοιχεία του δικτύου θα είναι τα επίπεδα που δημιουργήθηκαν στο προηγούμενο βήμα. Ως αποτέλεσμα, θα δημιουργηθεί ένα νέο αρχείο δεδομένων.

Κατόπιν χρησιμοποιώντας πάλι το κατάλληλο πρόγραμμα θα πρέπει να συσχετισθούν τα επίπεδα του ηλεκτρονικού χάρτη που επιλέχθηκαν στο πρώτο βήμα ως υπόβαθρο, με τα επίπεδα του ηλεκτρονικού χάρτη του δικτύου που δημιουργήθηκαν στο δεύτερο βήμα. Έτσι θα δημιουργηθεί ένα νέο αρχείο ηλεκτρονικού ψηφιακού χάρτη στο οποίο θα πρέπει να περιλαμβάνονται όλα τα επιθυμητά επίπεδα που αναφέρθηκαν παραπάνω και το οποίο θα περιέχει όλα τα απαιτούμενα δεδομένα που χρειάζονται για την ακριβή γεωγραφική αναπαράσταση του δικτύου.

Μετά χρησιμοποιώντας το αρχείο συμβόλων, που απαιτείται να έχει η εφαρμογή διαχείρισης, θα καθοριστούν τα στοιχεία του δικτύου που βρίσκονται πάνω στον ηλεκτρονικό χάρτη με τα αντίστοιχα σύμβολά τους. Αυτό είναι απαραίτητο για την εύκολη και γρήγορη αναγνώριση καθώς και τον εντοπισμό των σημείων του δικτύου που ενδιαφέρουν.

Τέλος αφού ολοκληρωθεί η διαδικασία της δημιουργίας της βάσης δεδομένων θα πρέπει να γίνουν οι απαραίτητες ρυθμίσεις του δικτύου υπολογιστών, ώστε να έχουν πρόσβαση στην βάση δεδομένων και στο λειτουργικό διαχείρισης του δικτύου οπτικών ινών όλοι οι χρήστες. Αυτό θα περιλαμβάνει τον ορισμό κωδικών (password) για όλους τους χρήστες προκειμένου να αποφευχθεί η μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση στη βάση δεδομένων. Ακόμα πρέπει να οριστούν τα επίπεδα εξουσιοδότησης που θα έχει ο κάθε χρήστης. Αυτά συνήθως είναι, οι απλοί χρήστες που έχουν δικαίωμα μόνο ανάγνωσης των δεδομένων, ο διορθωτής(editor) που έχει δικαίωμα να προσθέτει ή να αλλάζει τα δεδομένα της βάσης δεδομένων και τέλος ο διαχειριστής που έχει όλα τα δικαιώματα του editor και επιπροσθέτως μπορεί να ορίζει και να αλλάζει τους κωδικούς των χρηστών. Το τελικό στάδιο είναι να οριστεί ο αποθηκευτικός πόρος του δικτύου στον οποίο θα φυλάσσονται αντίγραφα ασφαλείας των αρχείων δεδομένων. Αυτό γίνεται για εξασφάλιση ότι δεν θα χαθούν τα δεδομένα από κάποιο λάθος χειρισμό ή από κάποια βλάβη.

2.7 Συντομεύσεις δυνατοτήτων και λειτουργιών της κύριας οθόνης της εφαρμογής

Σε αυτή την ενότητα, γίνεται μια εισαγωγή στις βασικές ιδιότητες και δυνατότητες που θα πρέπει να έχει μία αποτελεσματική εφαρμογή διαχείρισης και πώς αυτή θα πρέπει να συνεργάζεται με ένα εξωτερικό πρόγραμμα που δημιουργεί και επεξεργάζεται γεωγραφικά δεδομένα.

Στην κύρια οθόνη της εφαρμογής θα πρέπει να έχουμε την ψηφιακή απεικόνιση του δικτύου αλλά και όσο το δυνατόν περισσότερες εργαλειοθήκες (toolbars) με εικονίδια που θα δημιουργούν συντομεύσεις για όλες τις

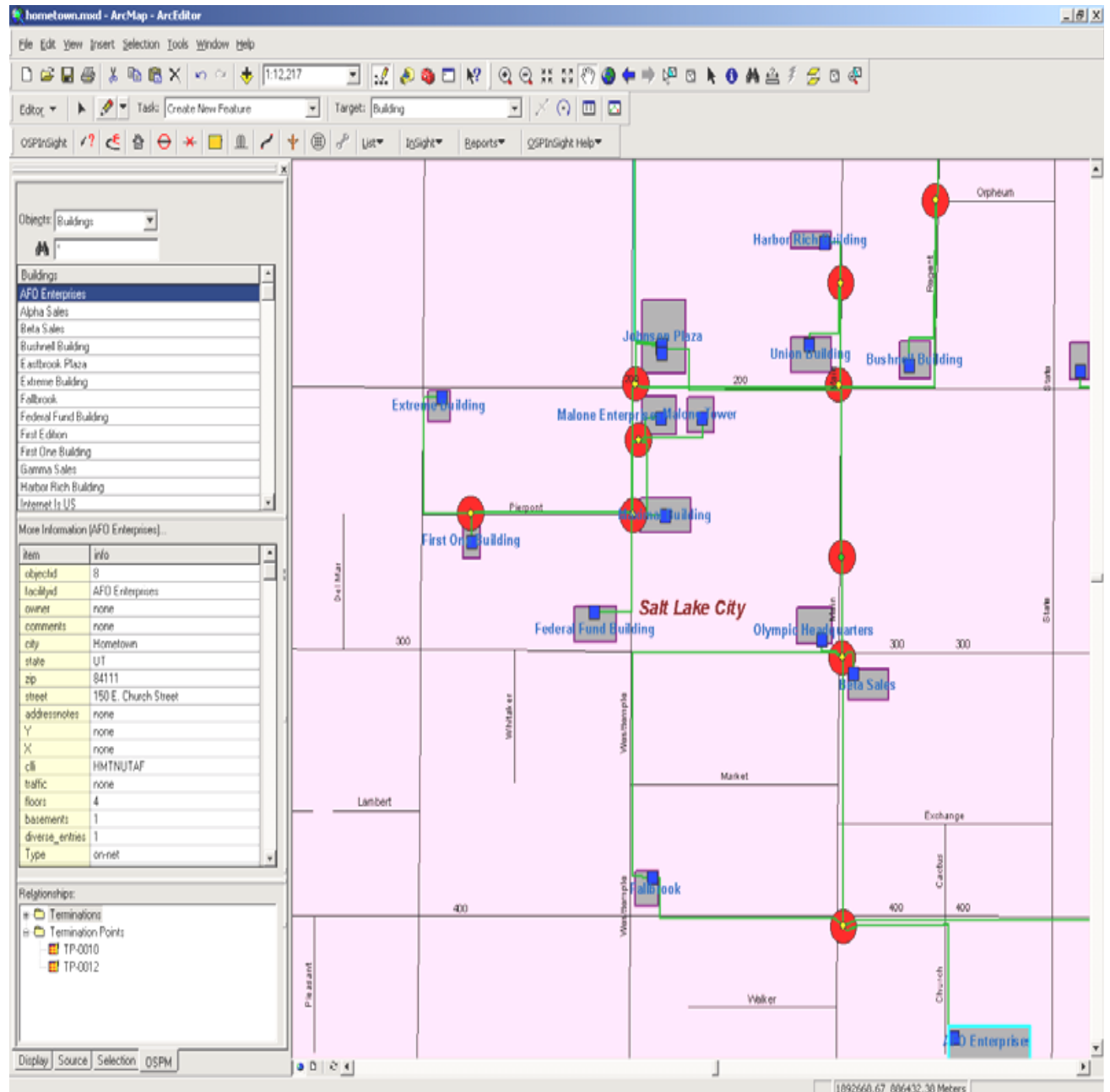
λειτουργίες που είναι χρήσιμες για την διαχείριση του δικτύου. Επίσης, θα πρέπει να μας δίνει την δυνατότητα να προσθέτουμε και να αφαιρούμε εικονίδια από την οθόνη.

Πρώτη εργαλειοθήκη που θα πρέπει να υπάρχει στην οθόνη είναι η εργαλειοθήκη των βασικών λειτουργιών. Δηλαδή αυτή που θα περιέχει τα εικονίδια για τη δημιουργία νέου αρχείου, για το άνοιγμα υπάρχοντος αρχείου, για την αποθήκευση αλλαγών, για τη εκτύπωση, για την διαγραφή αρχείου αλλά και για όλες τις γνωστές δυνατότητες που ξέρουμε από τα Windows όπως την αντιγραφή, την επικόλληση, την αναίρεση κ.λ.π.

Επόμενη απαραίτητη εργαλειοθήκη που θα πρέπει να υπάρχει στην οθόνη της εφαρμογής είναι αυτή, με τα εικονίδια των βασικών εργαλείων που χρησιμοποιούνται για την πλοήγηση στον χάρτη. Για την γρήγορη εύρεση σημείων αλλά και για την άντληση πληροφοριών για συγκεκριμένα στοιχεία του δικτύου. Αυτά θα μπορούσαν να είναι εικονίδια για την σμίκρυνση και την μεγέθυνση των αναλογιών του χάρτη, για την επιλογή των επιπέδων εμφάνισης, για την γρήγορη εύρεση σημείων πάνω στον χάρτη, για τον υπολογισμό αποστάσεων από σημείο σε σημείο και την αναγωγή τους σε πραγματικές μονάδες μέτρησης και τέλος την δημιουργία υπερσυνδέσεων μεταξύ των στοιχείων του δικτύου και των πινάκων με τις πληροφορίες για το επιλεγμένο στοιχείο.

Η επόμενη πολύ σημαντική εργαλειοθήκη που θα πρέπει να υπάρχει είναι αυτή που θα περιέχει τα εικονίδια των εντολών διαχείρισης των γεωγραφικών παραμέτρων του ψηφιακού χάρτη. Όπως έχουμε προαναφέρει η δημιουργία και η διαχείριση του γεωγραφικού υπόβαθρου πάνω στο οποίο απεικονίζεται το δίκτυο των οπτικών ινών δημιουργείται από εξωτερικό πρόγραμμα, όπως το ArcMap. Άρα οι εντολές που θα περιέχονται σε αυτή την εργαλειοθήκη θα έχουν να κάνουν με τις δυνατότητες διαχείρισης που έχει το συνεργαζόμενο πρόγραμμα. Αυτές θα πρέπει να είναι η εντολή διόρθωσης, η εντολή επιλογής εργαλείου σχεδίασης, η δυνατότητα επιλογής επιπέδου (layer) στο οποίο θέλουμε να επέμβουμε, η εντολή ανοίγματος του παραθύρου ιδιοτήτων ενός επιλεγμένου στοιχείου του δικτύου η εντολή αλλαγής προσανατολισμού ενός στοιχείου του δικτύου και τέλος η εντολή προσδιορισμού γεωγραφικών συντεταγμένων οποιουδήποτε σημείου του χάρτη.

Τέλος χρήσιμη θα ήταν και μια εργαλειοθήκη που θα περιέχει εικονίδια με όλα τα πιθανά στοιχεία του δικτύου, έτσι ώστε να είναι πιο άμεσα προσβάσιμη και συνεπώς πιο χρηστική η προσθήκη ενός νέου στοιχείου στο δίκτυο.



Σχήμα 15: Κόρια οθόνη της εφαρμογής²

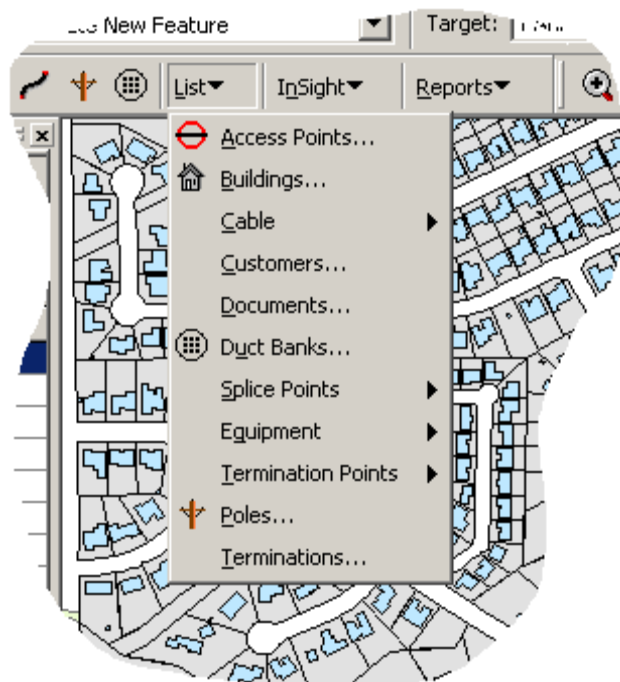
² Εικόνα από το OSPInSight Outside Plant Manager for ESRI ArcEditor 9.x της Advance Fiber Optics

3. Δυνατότητες της εφαρμογής για αναλύσεις και αναφορές του δικτύου.

3.1 Πίνακες

Μία από τις βασικότερες δυνατότητες που θα πρέπει να έχει μια εφαρμογή διαχείρισης δικτύων οπτικών ινών, είναι η δυνατότητα προβολής πινάκων με όσο το δυνατόν πιο λεπτομερείς πληροφορίες για στοιχεία του δικτύου, όπως σημεία πρόσβασης, κτίρια, καλωδιώσεις, πελάτες, έγγραφα, φρεάτια, σημεία συγκόλλησης ινών, εξοπλισμός, τερματικοί σταθμοί καλωδιώσεων, σύλτοι εναέριων καλωδιώσεων και τερματισμοί και μικτονομήσεις ινών στους κόμβους. Αυτές οι πληροφορίες θα πρέπει να αντλούνται από την βάση δεδομένων που δημιουργείται στα πρώτα στάδια της εφαρμογής.

Για να είναι πιο εύχρηστη η λειτουργία των πινάκων και πιο γρήγορη η εύρεση των επιθυμητών πληροφοριών θα πρέπει να δίνεται η δυνατότητα επιλογής των πεδίων που θα προβάλλονται αλλά και η χρήση συνδυαστικών ερωτημάτων. Δηλαδή για παράδειγμα να μπορεί ο χρήστης να κάνει το συνδυαστικό ερώτημα σημείων πρόσβασης και κτιρίων και η εφαρμογή να δημιουργεί έναν πίνακα που θα περιέχει τις σχετικές πληροφορίες με τα σημεία πρόσβασης που βρίσκονται μέσα σε κτίρια. Ακόμα οι χρήστες της εφαρμογής θα πρέπει να έχουν τις δυνατότητες της ενημέρωσης των πινάκων, της εκτύπωσης και της εξαγωγής σε ανεξάρτητα αρχεία ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα δεδομένα και από άλλα ανεξάρτητα προγράμματα.



Σχήμα 16: Λίστα των διαθέσιμων πινάκων της εφαρμογής³

Ακολουθεί περιγραφή των πεδίων που θα πρέπει να έχει κάθε πίνακας.

3.1.1 Πίνακας σημείων πρόσβασης

Σημεία πρόσβασης πρέπει να θεωρούνται όλες οι τοποθεσίες που διαθέτουν εύκολη πρόσβαση σε καλωδιώσεις, φρεάτια και μηχανήματα. Αυτά είναι τα σημεία που υπάρχει κτίριο ή δωμάτιο που περιέχει μηχανήματα, οι εξωτερικοί πίνακες διακλάδωσης ινών που είναι τοποθετημένοι σε δρόμους ή στύλους και τα σημεία πρόσβασης σε φρεάτια. Τα πεδία που θα πρέπει να έχει ο πίνακας για να προσδιορίζονται πλήρως τα σημεία πρόσβασης που αναφέρθηκαν είναι ο αύξων αριθμός αναγνώρισης που θα δοθεί σε αυτό το σημείο κατά την καταχώρησή του στη βάση δεδομένων του δικτύου, η περιγραφή, το όνομα, η οδός, η πόλη, το κτίριο, ο τύπος σημείου, το μέγεθος, το γεωγραφικό μήκος και το πλάτος, η ετικέτα στο καπάκι του φρεατίου και τέλος πιθανά σχόλια των κατασκευαστών. Όπως είναι ευνόητο δεν είναι απαραίτητα όλα τα πεδία να είναι συμπληρωμένα για να προσδιοριστεί ένα

³ Εικόνα από το OSPInSight Outside Plant Manager for ESRI ArcEditor 9.x της Advance Fiber Optics

σημείο, αλλά όσο περισσότερα είναι συμπληρωμένα τόσο πιο αποτελεσματικός και χρηστικός είναι ο πίνακας.

	placec	name	cilli	street	city	state	addressnotes	plac
2	AP-00002	none	80 S. Brookfield	Hometown	UT	West of American Plaza	unde	
3	AP-00003	none	Rockypoint &&	Hometown	UT	On Rockypoint where	unde	
4	AP-00004	none	West end of	Hometown	UT	Where Rocky point turns and	unde	
5	AP-00005	none	Rockypoint &&	Hometown	UT	Where Shorewood intersects	unde	
6	AP-00006	none	Redcliff && Rockpoint	Hometown	UT	Where Redcliff intersects with	unde	
7	AP-00007	none	Rockypoint &&	Hometown	UT	Where Rockpoint intersects	unde	
8	AP-00008	none	Crosstrails && Santa Fe	Hometown	UT	Where Crosstrails intersects with	unde	
10	AP-00010	none	Santa Fe && Crosstrails	Hometown	UT	West side of Santa Fe	unde	
11	AP-00011	none	Santa Fe && Research	Hometown	UT	East of Research Park on	unde	
12	AP-00012	none	Santa Fee && Research	Hometown	UT	East of Research Park - North	unde	
13	AP-00013	none	Santa Fe && Bent Trail	Hometown	UT	Corner of Santa Fe and Bent	unde	
15	AP-00015	none	Santa Fe && North of	Hometown	UT	West side of Santa Fe through	unde	
16	AP-00016	none	Santa Fe && Nn Name	Hometown	UT	Street North of Castle Rock	unde	

Σχήμα 17: Δείγμα πίνακα σημείων πρόσβασης⁴

3.1.2 Πίνακας κτιρίων

Σε αυτόν τον πίνακα θα πρέπει να περιέχονται όλοι οι στεγασμένοι χώροι οι οποίοι στεγάζουν ενεργό ή παθητικό εξοπλισμό του δικτύου ή διέρχονται καλωδιώσεις μέσα από αυτούς. Τα πεδία που θα πρέπει να έχει ο πίνακας για να προσδιορίζονται αυτοί οι χώροι είναι ο αύξων αριθμός αναγνώρισής τους, περιγραφή του χώρου, όνομα, οδός, πόλη, τύπος και μέγεθος του χώρου, γεωγραφικό μήκος και πλάτος και τέλος πιθανά σχόλια των κατασκευαστών.

3.1.3 Πίνακας καλωδιώσεων

Ο συγκεκριμένος πίνακας λόγω του ότι θα είναι ίσως ο σημαντικότερος πίνακας της εφαρμογής θα πρέπει να χωρίζεται σε υποπίνακες ώστε να υπάρχουν όσο το δυνατόν πιο πολλές και αναλυτικές πληροφορίες για τις καλωδιώσεις του δικτύου. Οι πληροφορίες που κρίνεται σκόπιμο να υπάρχουν σε υποπίνακες είναι τα στροφεία των καλωδίων, οι τύποι των

⁴ Εικόνα από το OSPInSight Outside Plant Manager for ESRI ArcEditor 9.x της Advance Fiber Optics

καλωδίων, οι διαδρομές των εγκατεστημένων καλωδίων, τα μήκη των διαδρομών, ο κώδικας χρωμάτων και τέλος πιθανές εγκατεστημένες αλλά αχρησιμοποίητες διαδρομές καλωδίων.

Ο υποπίνακας των στροφείων θα περιέχει τις πληροφορίες για τα στροφέια από τα οποία προήλθαν τα καλώδια. Τα πεδία αυτού του πίνακα πρέπει να περιλαμβάνουν τον αύξοντα αριθμό παραγωγής του στροφείου, τον τύπο του, την πιστοποίηση του, την εταιρία που έκανε την πιστοποίηση, τον τεχνικό που έκανε την πιστοποίηση, την ημερομηνία πιστοποίησης, τα αποτελέσματα του ελέγχου με το OTDR, το μήκος κύματος του καλωδίου και την εξασθένησή του.

Ο υποπίνακας των τύπων των καλωδίων θα περιέχει τις πληροφορίες για τους τύπους όλων των καλωδίων που χρησιμοποιήθηκαν στο δίκτυο. Τα πεδία του θα πρέπει να περιλαμβάνουν τον αριθμό παραγωγής των καλωδίων, τον κατασκευαστή, το μοντέλο του καλωδίου, τον τύπο του, το διηλεκτρικό του, τις ίνες του και τον χρωματικό του κώδικα.

Ο υποπίνακας των διαδρομών των καλωδιώσεων θα περιέχει πληροφορίες για όλα τα μήκη των διαδρομών. Τα πεδία του θα πρέπει να περιλαμβάνουν τον αύξοντα αριθμό της σύνδεσης, τις περιοχές που διασχίζει η διαδρομή, από που αρχίζει, και που τελειώνει, το συνολικό μήκος της διαδρομής και ποιος χρήστης χρησιμοποιεί αυτή την σύνδεση.

Ο υποπίνακας των κωδικών των χρωμάτων θα περιλαμβάνει τους χρωματικούς κώδικες για όλα τα καλώδια που χρησιμοποιήθηκαν στο δίκτυο. Τα πεδία του θα πρέπει να έχουν τον τύπο του κώδικα, το εξωτερικό χρώμα του καλωδίου, το χρώμα που έχει το περίβλημα κάθε δέσμης ινών μέσα στο καλώδιο, τα χρώματα που έχουν οι ίνες μέσα στην δέσμη και τους αριθμούς που έχουν οι ίνες.

Ο υποπίνακας των αχρησιμοποίητων διαδρομών θα περιλαμβάνει ότι και ο πίνακας των χρησιμοποιούμενων, εκτός από το πεδίο των χρηστών.

3.1.4 Πίνακας χρηστών

Σε αυτό τον πίνακα θα περιέχονται οι πληροφορίες για τους πελάτες που μισθώνουν γραμμές του δικτύου. Τα πεδία του θα πρέπει να περιλαμβάνουν την επωνυμία του πελάτη, τα στοιχεία επικοινωνίας του, τα κτίρια και τα

μηχανήματα που του ανήκουν, τους αριθμούς των συνδέσεων που μισθώνει και τέλος στοιχεία της σύμβασης του πελάτη με την ιδιοκτήτρια εταιρία του δικτύου όπως π.χ η χρονική διάρκεια της σύμβασης.

3.1.5 Πίνακας εγγράφων

Σε αυτό τον πίνακα θα περιέχονται πληροφορίες για όλα τα έντυπα έγγραφα που έχουν ταξινομηθεί από την έναρξη της εγκατάστασης του δικτύου. Τα πεδία του θα πρέπει να περιλαμβάνουν τον χώρο στον οποίο είναι αποθηκευμένο το έγγραφο, το όνομα του εγγράφου, τον συντάκτη του εγγράφου, την ημερομηνία δημιουργίας του, το πεδίο αναφοράς και τέλος το πότε έγινε η τελευταία ενημέρωση του και από ποιόν.

3.1.6 Πίνακας φρεατίων

Σε αυτόν τον πίνακα θα περιέχονται πληροφορίες για όλα τα κλειστά φρεάτια ή τις ανοιχτές τάφρους μέσα από τα οποία περνάνε κανάλια ή σωληνώσεις του δικτύου. Τα πεδία που θα πρέπει να έχει είναι ο αύξων αριθμός καταχώρησης του φρεατίου, ο αύξων αριθμός καταχώρησης του καναλιών ή των σωληνώσεων που περνάνε μέσα από το φρεάτιο, ο ιδιοκτήτης του φρεατίου σε περίπτωση που αυτό δεν ανήκει στην ιδιοκτήτρια εταιρία του δικτύου, ο τύπος του (ανοιχτό ή κλειστό), οι διαστάσεις του, τα σημεία πρόσβασης, ο κατασκευαστής του, η ημερομηνία κατασκευής του, το συνολικό του μήκος, η αφετηρία και ο τερματισμός του, τα σημεία στα οποία διασταυρώνεται με άλλα φρεάτια, από ποιους μισθώνονται οι ίνες που περνούν μέσα από το φρεάτιο και τέλος πιθανά σχόλια του κατασκευαστή.

3.1.7 Πίνακας σημείων συγκόλλησης ινών

Σε αυτό τον πίνακα θα περιέχονται οι πληροφορίες για κάθε σημείο συγκόλλησης ινών στο δίκτυο. Τα πεδία που θα πρέπει να περιλαμβάνει θα είναι ο αύξων αριθμός καταχώρησης της συγκόλλησης, ο τύπος της συγκόλλησης, η ημερομηνία που έγινε, το ακριβές σημείο του δικτύου στο οποίο έγινε, η εταιρία που την έκανε, ποιος τεχνικός της εταιρίας και τέλος

όλες οι μετρήσεις που έγιναν στη συγκεκριμένη διαδρομή πριν και μετά την συγκόλληση.

3.1.8 Πίνακας εξοπλισμού

Σε αυτόν τον πίνακα θα περιέχονται πληροφορίες για όλα τα μηχανήματα του δικτύου, είτε αυτά χρησιμοποιούνται είτε είναι εφεδρικά. Τα πεδία που θα πρέπει να έχει αυτός ο πίνακας θα είναι ο αύξων αριθμός καταχώρησης του μηχανήματος, ο τύπος του, η εταιρία κατασκευής του, το μοντέλο του, ο τύπος των συνδέσεών του, το έτος αγοράς του, το έτος εγκατάστασής του αν βρίσκεται σε χρήση, ποια εταιρία το εγκατέστησε, η τοποθεσία στην οποία βρίσκεται, το κτίριο στο οποίο είναι, το δωμάτιο του κτιρίου, σε ποιο πλαίσιο(rack) και σε ποιο ράφι του πλαισίου είναι, ποιες θύρες του χρησιμοποιούνται, ποιες συνδέσεις του δικτύου εξυπηρετεί και ποιοί πελάτες έχουν μισθώσει αυτές τις συνδέσεις.

3.1.9 Πίνακας σταθμών τερματισμού

Σε αυτό τον πίνακα θα περιέχονται οι πληροφορίες για τους σταθμούς που τερματίζονται οι διαδρομές των καλωδίων. Τα πεδία που θα πρέπει να έχει αυτός ο πίνακας είναι ο αύξων αριθμός καταχώρησης του σταθμού, η τοποθεσία του, ο τύπος του, αν στεγάζεται σε κάποιο κτίριο και σε ποιο δωμάτιο του κτιρίου, η εταιρία που τον εγκατέστησε, η ημερομηνία εγκατάστασης, ποιες συνδέσεις εξυπηρετεί, από ποιους πελάτες μισθώνονται αυτές οι συνδέσεις, τα μοντέλα των μηχανημάτων που περιέχει, πόσα πλαίσια(rack) υπάρχουν στον σταθμό και από πόσα ράφια αποτελούνται, πόσες ίνες τερματίζονται στον σταθμό, πόσες θύρες των μηχανημάτων χρησιμοποιούνται, την μέγιστη χωρητικότητα και τέλος την δυνατότητα επέκτασης.

3.1.10 Πίνακας στύλων

Σε αυτόν τον πίνακα θα περιέχονται όλες οι πληροφορίες για τους στύλους που στηρίζουν εναέρια καλωδίωση του δικτύου. Τα πεδία αυτού του πίνακα θα πρέπει να έχουν τον αύξοντα αριθμό του στύλου, τον τύπο του, το ύψος του, τον κατασκευαστή του, την ημερομηνία που κατασκευάστηκε, τον ιδιοκτήτη του, την ακριβή του τοποθεσία, τις καλωδιώσεις των συνδέσεων που εξυπηρετεί και τέλος αν υπάρχει στεγανό κιβώτιο εξωτερικού τύπου τερματισμού ινών πάνω στον στύλο.

3.1.11 Πίνακας τερματισμένων ινών και μικτονομήσεων

Σε αυτόν τον πίνακα θα περιέχονται οι πληροφορίες για τις τερματισμένες ίνες και τις μικτονομήσεις τους. Τα πεδία αυτού του πίνακα θα πρέπει να περιλαμβάνουν τον αύξοντα αριθμό της ίνας, τον τύπο της, σε ποια ομάδα και σε ποιο καλώδιο ανήκει, ποια σύνδεση εξυπηρετεί, από ποιο κόμβο ξεκινάει και σε ποιόν καταλήγει, ποιούς χρήστες εξυπηρετεί, με ποιές άλλες ίνες μικτονομείται, αν υπάρχουν συγκολλήσεις κατά μήκος της και όλες τις μετρήσεις που έχουν γίνει με OTDR αλλά και με ισχυόμετρο.

3.2 Αναφορές

Όπως είδαμε στην προηγούμενη ενότητα η εφαρμογή διαχείρισης δικτύου οπτικών ινών αντλώντας πληροφορίες από την βάση δεδομένων της θα πρέπει να έχει την δυνατότητα να δημιουργεί πίνακες με πληροφορίες σχετικές με τα στοιχεία που αποτελούν το δίκτυο. Για να γίνει όμως ακόμα πιο χρήσιμη η εφαρμογή στη διαχείριση δικτύων οπτικών ινών απαιτείται να μπορεί να δημιουργεί αναφορές, στις οποίες θα απαντάει σε συνδυαστικά ερωτήματα που απαιτούν υπολογισμούς από τον διαχειριστή του δικτύου. Δηλαδή η εφαρμογή επιβάλλεται να περιέχει τους κατάλληλους αλγόριθμους που θα της επιτρέπουν να κάνει τους ζητούμενους υπολογισμούς.

Για να είναι πιο εύχρηστη και ταχύτερη η αναζήτηση, θα πρέπει να υπάρχει μια στήλη από την οποία θα μπορεί να επιλέγει ο χρήστης τις πιο συχνά χρησιμοποιούμενες αναφορές. Αυτή θα είναι η αναφορά που συσχετίζει τους χρήστες με τον εξοπλισμό, η αναφορά όλων των τερματισμένων ινών, η

αναφορά όλων των εγκατεστημένων υλικών, η αναφορά υπολογισμένων διαδρομών της κάθε ίνας, η αναφορά μήκους των ενεργών ινών, η αναφορά των μισθωμένων ινών, η αναφορά φρεατίων και σωληνώσεων, το σχηματικό διάγραμμα των τερματισμών του δικτύου και τέλος το σχηματικό διάγραμμα των διαδρομών.

Ακόμα πολύ χρήσιμο θα ήταν να υπήρχε η δυνατότητα φιλτραρίσματος των αποτελεσμάτων ανάλογα με τις επιθυμίες του χρήστη αλλά και η δυνατότητα ταυτόχρονης απεικόνισης πολλών αναφορών με τη μορφή παραθύρων.

Παρακάτω θα δούμε αναλυτικότερα τι πρέπει να περιλαμβάνει η κάθε αναφορά.

3.2.1 Αναφορά πελατών και εξοπλισμού

Σε αυτή την αναφορά θα πρέπει να απεικονίζονται όλες οι πληροφορίες που σχετίζουν έναν πελάτη του δικτύου με τον εξοπλισμό που χρησιμοποιεί. Οι απαιτούμενες πληροφορίες που θα πρέπει να υπάρχουν σε αυτή την αναφορά είναι η επωνυμία του πελάτη, σε ποιο κτίριο βρίσκεται, διεύθυνση, όνομα υπευθύνου, οι αριθμοί των μηχανημάτων που έχει, ο τύπος τους, το δωμάτιο του κτιρίου στο οποίο βρίσκονται τα μηχανήματα και από ποιά καλωδιακή διαδρομή εξυπηρετείται.

3.2.2 Αναφορά τερματισμένων ινών

Σε αυτή την αναφορά θα πρέπει να απεικονίζονται οι σχετικές πληροφορίες για κάθε τερματισμένη ίνα του δικτύου, με όσο το δυνατό περισσότερες λεπτομέρειες. Οι πληροφορίες που θα πρέπει να υπάρχουν σε αυτή την αναφορά είναι η διαδρομή στην οποία ανήκει η ίνα, σε ποιο καλώδιο της διαδρομής, σε ποια υποομάδα του καλωδίου, ο αριθμός της μέσα στην ομάδα, σε ποιο ικρίωμα(rack) τερματίζει, σε ποια θέση του ικριώματος, σε τι τύπο συνδετήρα τερματίζει, αν χρησιμοποιείται ή όχι, από ποιόν πελάτη, τα αποτελέσματα ελέγχου της ίνας με OTDR και ισχυόμετρο και τέλος η εφεδρική της σε περίπτωση βλάβης.

3.2.4 Αναφορά υπολογισμού διαδρομής ινών

Σε αυτή την αναφορά θα πρέπει να δίνονται τα αποτελέσματα του εργαλείου υπολογισμού της κατεύθυνσης που ακολουθούν οι ίνες μέσα σε μια διαδρομή, ώστε να καθορίζεται η ακριβής πορεία της και το σημείο τερματισμού της. Για παράδειγμα ένα καλώδιο λίγων ινών μπορεί να εξυπηρετεί πάρα πολλούς πελάτες, άρα είναι χρήσιμο να γνωρίζει ο διαχειριστής του δικτύου που ακριβώς πηγαίνει η κάθε ίνα αλλά και να μπορεί να βλέπει αυτή τη διαδρομή πάνω στο χάρτη. Κατά το άνοιγμα της καρτέλας, θα πρέπει να υπάρχουν τα κατάλληλα πεδία που θα δίνουν στο διαχειριστή του δικτύου τη δυνατότητα επιλογής της ελεγχόμενης ίνας. Δηλαδή ο ορισμός της διαδρομής του καλωδίου, το καλώδιο, η υποομάδα και τέλος ο αριθμός της ίνας. Λόγω του όγκου των πληροφοριών που θα περιέχει αυτή η αναφορά, καλό θα ήταν το σκέλος των απαντήσεων να χωρίζεται σε καρτέλες ώστε να γίνεται πιο εύκολη η ανάγνωσή του. Τα μέρη στα οποία μπορούν να χωρίζονται οι καρτέλες είναι της δρομολόγησης, της ανάθεσης, η σύνοψη και τέλος οι λεπτομέρειες της διαδρομής. Παρακάτω γίνεται επεξήγηση της κάθε καρτέλας αναλυτικότερα.

information			one side of the splice			other side of the splice			main span for report			
desc.	dir.	splice	span	# from	# to	span	# from	# to	span	# from	# to	path
FR-000	fwd	term-in	1	24	24	1-00001	24	24	1	24	24	0
FR-000	fwd	term-in	1	23	23	1-00001	23	23	1	23	23	0
FR-000	fwd	term-in	1	22	22	1-00001	22	22	1	22	22	0
FR-000	fwd	term-in	1	21	21	1-00001	21	21	1	21	21	0
FR-000	fwd	term-in	1	20	20	1-00001	20	20	1	20	20	0
FR-000	fwd	term-in	1	19	19	1-00001	19	19	1	19	19	0
FR-000	fwd	term-in	1	18	18	1-00001	18	18	1	18	18	0
FR-000	fwd	term-in	1	17	17	1-00001	17	17	1	17	17	0
FR-000	fwd	term-in	1	16	16	1-00001	16	16	1	16	16	0
FR-000	fwd	term-in	1	15	15	1-00001	15	15	1	15	15	0
FR-000	fwd	term-in	1	14	14	1-00001	14	14	1	14	14	0
FR-000	fwd	term-in	1	13	13	1-00001	13	13	1	13	13	0
FR-000	fwd	term-in	1	12	12	1-00001	12	12	1	12	12	0

Σχήμα 19: Αναφορά υπολογισμού διαδρομής ινών⁶

3.2.4.1 Καρτέλα δρομολόγησης

Σε αυτή την καρτέλα θα πρέπει να απεικονίζονται οι πληροφορίες της διαδρομής της επιλεγμένης ίνας μέσα σε ένα διάστημα. Τα αποτελέσματα θα χωρίζονται σε υποομάδες.

Στο πρώτο μέρος θα δίνονται οι γενικές πληροφορίες, όπως το που έχει συγκόλληση ή τερματισμό η ίνα, την κατεύθυνση που έχει καθώς και τον τύπο της συγκόλλησης ή του τερματισμού.

Στο δεύτερο μέρος θα δίνονται οι πληροφορίες που θα αφορούν τα στοιχεία της διαδρομής της μίας πλευράς της συγκόλλησης, όπως τον αριθμό της

⁶ Εικόνα από το OSPInSight Outside Plant Manager for ESRI ArcEditor 9.x της Advance Fiber Optics

διαδρομής και τα στοιχεία που περιέχονται σε αυτό το τμήμα από εκεί που ξεκινάει μέχρι εκεί που τελειώνει.

Στο τρίτο μέρος θα δίνονται οι πληροφορίες που θα αφορούν τα στοιχεία της διαδρομής της άλλης πλευράς της συγκόλλησης, όπως τον αριθμό της διαδρομής και τα στοιχεία που περιέχονται σε αυτό το τμήμα από εκεί που ξεκινάει μέχρι εκεί που τελειώνει.

Στο τέλος θα δίνονται οι πληροφορίες που θα αφορούν τα στοιχεία της συνολικής διαδρομής, όπως τον αριθμό της διαδρομής, τα στοιχεία που περιέχονται σε αυτή και την πορεία της συνολικής διαδρομής.

3.2.4.2 Καρτέλα ανάθεσης

Σε αυτή την καρτέλα θα πρέπει να απεικονίζονται οι πληροφορίες ανάθεσης της ίνας. Δηλαδή τα στοιχεία της εργασίας που έχει "ανατεθεί" στην συγκεκριμένη ίνα. Αυτά τα στοιχεία είναι ο αριθμός της διαδρομής, ο αριθμός της ίνας, την κατεύθυνση που έχει, την κατάσταση στην οποία βρίσκεται, δηλαδή αν χρησιμοποιείται ή όχι, την προτεραιότητα που έχει για τον χρήστη όταν λειτουργεί, τον τύπο τερματισμού, δηλαδή αν τερματίζει σε πλαίσιο ή πίνακα διανομής ή σε μηχανήμα ή οτιδήποτε άλλο, ο αριθμός αναγνώρισης του τερματικού σημείου και τέλος το όνομα και η διεύθυνση της φυσικής τοποθεσίας στην οποία τερματίζει ή ίνα.

3.2.4.3 Καρτέλα σύνοψης

Σε αυτή την καρτέλα θα πρέπει να απεικονίζονται οι συνοπτικές πληροφορίες για επιλεγμένα κομβικά σημεία του δικτύου. Ο διαχειριστής του δικτύου θα πρέπει να έχει τη δυνατότητα να επιλέγει τη φυσική διεύθυνση του κόμβου και να του εμφανίζονται σε διαφορετικούς πίνακες οι πληροφορίες για τις καλωδιακές διαδρομές που διέρχονται από εκεί. Οι πληροφορίες αυτές θα είναι η λίστα των κτιρίων από τα οποία διέρχεται η διαδρομή πριν και μετά από το επιλεγμένο κτίριο. Η λίστα με τις συνοπτικές πληροφορίες της διαδρομής, όπως ο αριθμός της, το σύνολο των ινών που έχει, ο αριθμός των ινών που πάνε από κόμβο σε κόμβο, ο αριθμός των ινών που πάνε από κόμβο και είναι νεκρές στο άλλο τερματικό τους σημείο, ο αριθμός των ινών

που πάνε από πελάτη σε πελάτη, ο αριθμός των ινών που φεύγουν από πελάτη και είναι νεκρές στο άλλο τερματικό τους σημείο και τέλος ο αριθμός των ινών που είναι νεκρές και στα δύο τερματικά τους σημεία.

3.2.4.4 Καρτέλα ανάλυσης

Σε αυτή την καρτέλα θα πρέπει να απεικονίζονται οι συνολικές πληροφορίες για την πορεία που ακολουθεί μέσα στο δίκτυο μία επιλεγμένη ίνα από σημείο σε σημείο. Απαραίτητο είναι ακόμη να υπάρχει η δυνατότητα να απεικονιστούν αυτές οι πληροφορίες πάνω στον ψηφιακό χάρτη της εφαρμογής. Τα δεδομένα που θα πρέπει να δίνονται για κάθε τμήμα είναι ο αριθμός της διαδρομής, ο αριθμός της ίνας μέσα στη διαδρομή, το μήκος του τμήματος, οι εκτιμώμενες απώλειες ισχύος της ίνας και για τις δύο κατευθύνσεις, περιγραφή των δύο άκρων του τμήματος, ο τύπος της σύνδεσης στα δύο άκρα, οι αριθμοί των τοποθεσιών που βρίσκονται τα δύο άκρα, το συνολικό μήκος της διαδρομής στην οποία ανήκει το τμήμα, οι πραγματικές συνολικές απώλειες ισχύος του τμήματος και για τις δύο κατευθύνσεις και τέλος η ανάλυση αυτών των απωλειών ισχύος. Δηλαδή πόση ακριβώς εξασθένηση έχουν οι ίνα, τα σημεία συγκόλλησης και οι συνδετήρες. Πολύ χρήσιμο θα είναι να μπορεί η εφαρμογή να υπολογίσει τη διαφορά των εκτιμώμενων απωλειών με τις πραγματικές και να ορίζει αν αυτή η διαφορά είναι μέσα στα ανεκτά όρια ή όχι. Ακόμα να υποδεικνύει με τη χρήση διαφορετικού χρώματος π.χ κόκκινο τα στοιχεία του τμήματος στα οποία έχουμε απώλειες πάνω από τις ανεκτές.

3.2.5 Αναφορά μήκους ενεργών ινών

Σε αυτή την αναφορά θα πρέπει να δίνεται το αποτέλεσμα του υπολογισμού του μήκους της κάθε ίνας που είναι συνδεδεμένη μεταξύ δύο σημείων και είναι ενεργή. Ακόμα εκτός από το συνολικό μήκος θα πρέπει να αναφέρεται και ο τύπος μηχανήματος όπου είναι συνδεδεμένα τα δύο άκρα. Σε αυτό το τμήμα της εφαρμογής κρίνεται σκόπιμο να υπάρχει και ένα εργαλείο μετατροπής των μονάδων μήκους, με επιλογές σε μέτρα, πόδια κ.α.

3.2.6 Αναφορά μισθωμένων ινών

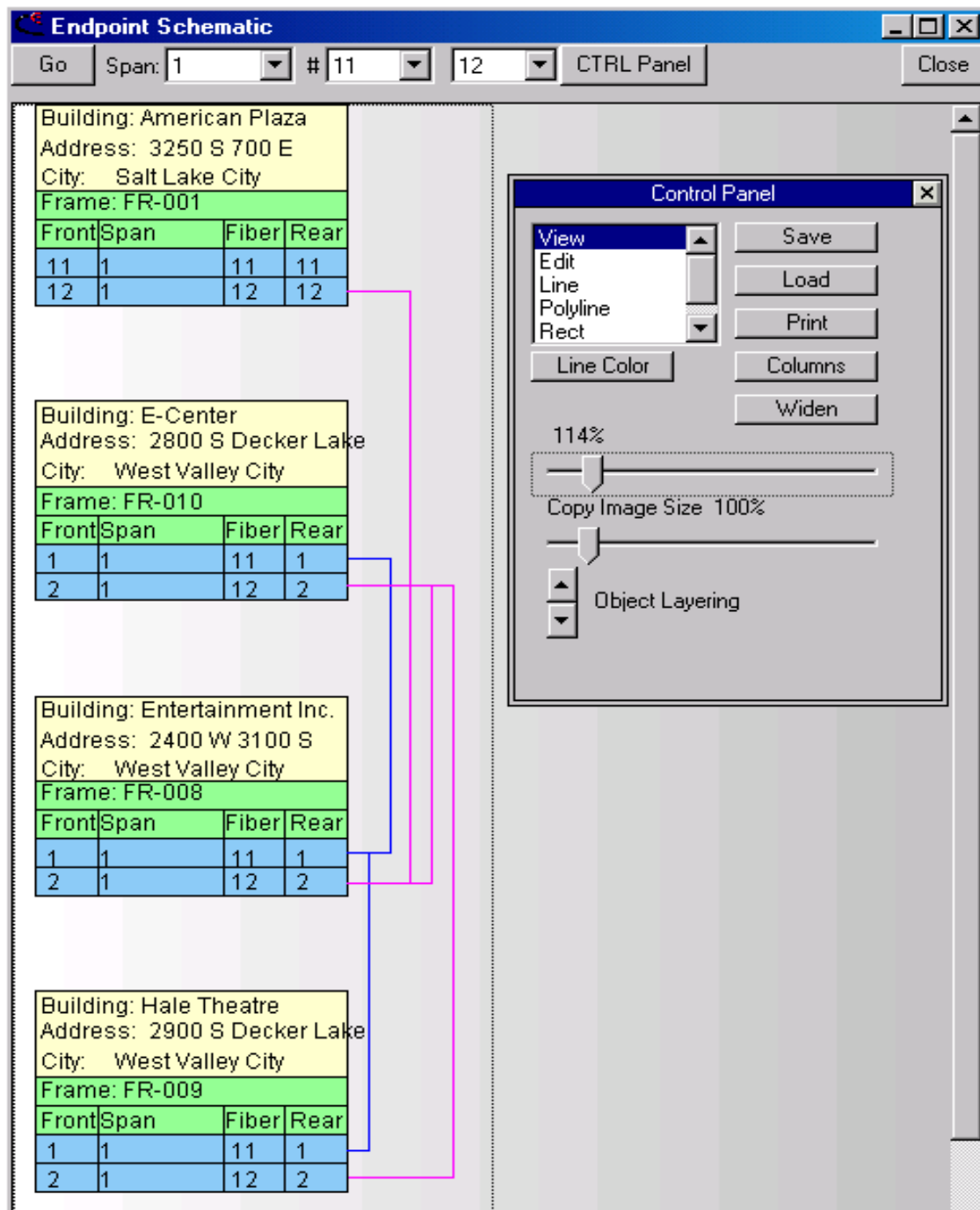
Σε αυτή την αναφορά θα πρέπει να δίνεται η σχέση μεταξύ των παρόχων των ινών και των εκμισθωτών. Επιλέγοντας έναν πάροχο από τη σχετική λίστα, θα πρέπει να εμφανίζονται οι αριθμοί όλων των ινών που του ανήκουν και δίπλα σε αυτούς το όνομα της εκμισθώτριας εταιρίας, αλλά και το συνολικό τους μήκος. Κρίνεται σκόπιμο να υπάρχει και η αντίστροφη δυνατότητα, δηλαδή να επιλέγεται μια εταιρία που μισθώνει ίνες του δικτύου και να εμφανίζονται τα ονόματα των ιδιοκτητών τους.

3.2.7 Αναφορά φρεατίων και σωληνώσεων

Σε αυτή την αναφορά θα πρέπει να δίνονται οι αναλυτικές πληροφορίες για όλες τις σωληνώσεις που υπάρχουν μέσα σε φρεάτια. Αυτές πρέπει να είναι ο αριθμός του φρεατίου, το όνομα του ιδιοκτήτη, η επωνυμία της εταιρίας που το κατασκεύασε, τα ονόματα των πελατών που εξυπηρετούνται από τις ίνες που περνάνε από μέσα, πόσους σωλήνες περιέχει το φρεάτιο, οι αριθμοί των σωληνώσεων, το μήκος των σωληνώσεων, το αρχικό και τελικό σημείο του φρεατίου, τι καλώδια περνάνε μέσα από τις σωληνώσεις, οι αριθμοί των διαδρομών, ο χρωματικός κώδικας και των σωληνώσεων και των καλωδίων που περνάνε από μέσα και πόσες ίνες από αυτές τις σωληνώσεις χρησιμοποιούνται.

3.2.8 Σχηματικό διάγραμμα τερματισμών

Με αυτό το εργαλείο, η εφαρμογή διαχείρισης δικτύου θα πρέπει να δημιουργεί το σχηματικό διάγραμμα σύνδεσης των τερματισμών μεταξύ τους. Ο χρήστης θα πρέπει να έχει τη δυνατότητα να επιλέγει συγκεκριμένες ίνες μίας διαδρομής και η εφαρμογή να δημιουργεί ένα σχηματικό διάγραμμα στο οποίο να φαίνεται η πορεία των ινών από τερματισμό σε τερματισμό. Σε κάθε σημείο θα πρέπει να φαίνεται το όνομα του κτιρίου που βρίσκεται το τερματισμό, η διεύθυνση του κτιρίου, το αναγνωριστικό του πίνακα διακλάδωσης και σε ποιά θύρα του τερματίζει. Καλό θα είναι να υπάρχει και η δυνατότητα εκτύπωσης και διόρθωσης του διαγράμματος, αλλά και η δυνατότητα απεικόνισης του διαγράμματος πάνω στο χάρτη.

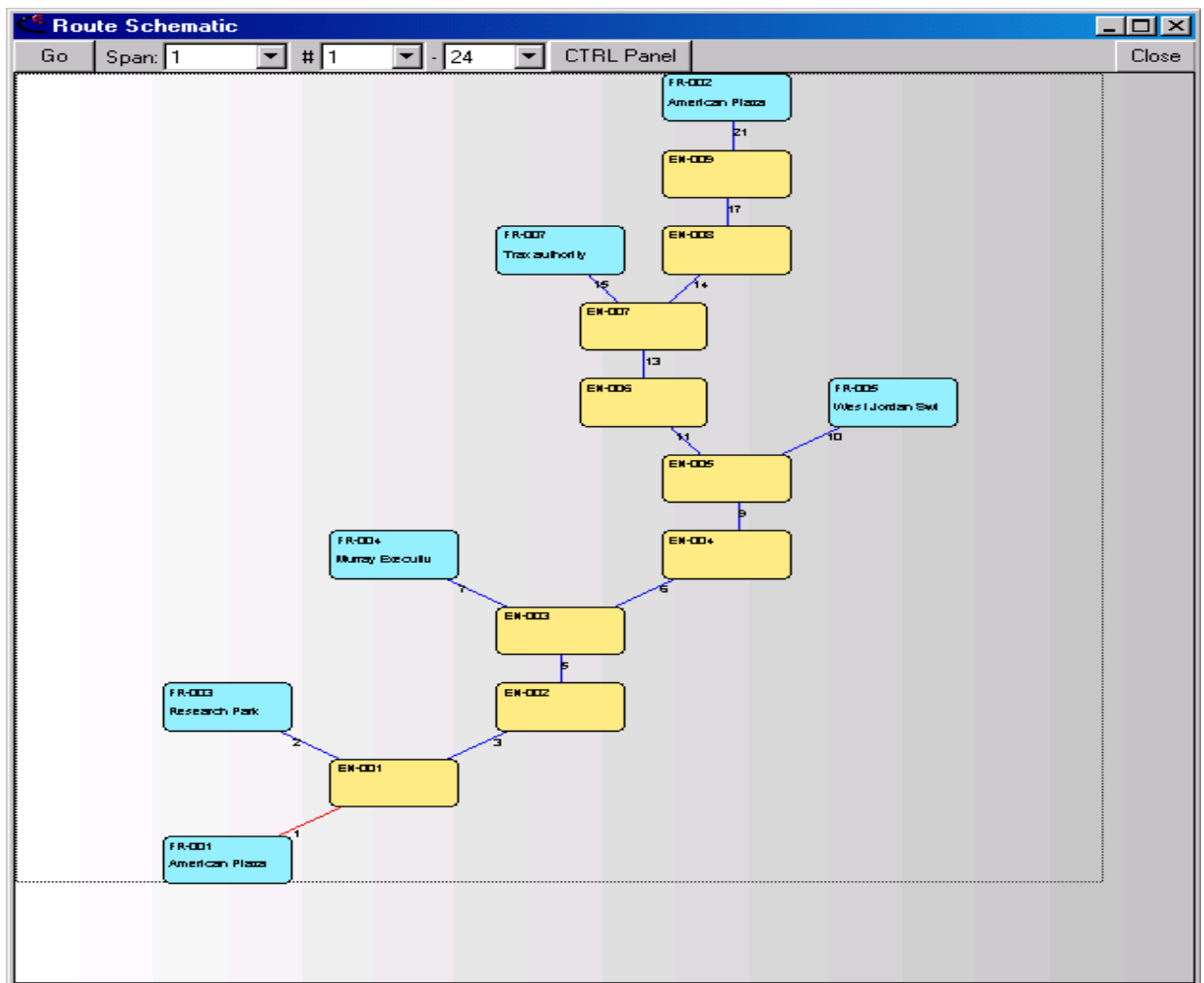


Σχήμα 20: Σχηματικό διάγραμμα τερματισμών⁷

⁷ Εικόνα από το OSPInSight Outside Plant Manager for ESRI ArcEditor 9.x της Advance Fiber Optics

3.2.9 Σχηματικό διάγραμμα διαδρομών

Με αυτό το εργαλείο, η εφαρμογή διαχείρισης δικτύου θα πρέπει να δημιουργεί το σχηματικό διάγραμμα των διαδρομών του δικτύου. Με την επιλογή μιας διαδρομής θα πρέπει να εμφανίζεται το σχηματικό της διάγραμμα, το οποίο θα περιλαμβάνει τα κτίρια και τα τερματικά από τα οποία διέρχεται η διαδρομή, καθώς και τα σημεία συγκόλλησης. Όπως και προηγουμένως καλό θα είναι να υπάρχει και η δυνατότητα εκτύπωσης και διόρθωσης του διαγράμματος, αλλά και η δυνατότητα απεικόνισης του διαγράμματος πάνω στο χάρτη.



Σχήμα 21: Σχηματικό διάγραμμα διαδρομών⁸

⁸ Εικόνα από το OSPInSight Outside Plant Manager for ESRI ArcEditor 9.x της Advance Fiber Optics

3.3 Δυνατότητα ενσωμάτωσης εξωτερικών αρχείων

Από τις πιο σημαντικές ιδιότητες που θα πρέπει να έχει η εφαρμογή διαχείρισης δικτύου οπτικών ινών είναι η δυνατότητα ενσωμάτωσης εξωτερικών αρχείων. Αυτά μπορούν να είναι τα OTDR trace αρχεία που έχουν δημιουργηθεί από μετρήσεις στο δίκτυο, αρχεία excel, word ή οποιοδήποτε άλλο ηλεκτρονικό αρχείο περιέχει δεδομένα για στοιχεία του δικτύου. Επίσης σε όποιο σημείο της εφαρμογής υπάρχει αναφορά ή δεδομένα που προέρχονται από κάποιο εξωτερικό αρχείο θα πρέπει να δίνεται η δυνατότητα στον χρήστη να “ανοίγει” απ’ ευθείας αυτό το αρχείο με τη χρήση υπερσυνδέσμων.

Πίνακας σχημάτων

Σχήμα 1: Κιτ ελέγχου	21
Σχήμα 2: Δείγματα βυσμάτων και προσαρμοστών	23
Σχήμα 3: Σύνδεση διαφορετικών βυσμάτων με χρήση υβριδικών προσαρμοστών....	25
Σχήμα 4: Μέθοδος δύο άκρων	26
Σχήμα 5: Διαδικασία ελέγχου OFSTP-14	30
Σχήμα 6: Ορισμός της ισχύος αναφοράς (P0).....	34
Σχήμα 7: Υπολογισμός των απωλειών ανάκλασης του ειδικού καλωδίου (P1)	35
Σχήμα 8: Υπολογισμός των απωλειών (P2).....	35
Σχήμα 9: Μπλοκ διάγραμμα της μεθόδου λειτουργίας του OTDR	42
Σχήμα 10: Ζεύξεις δεδομένων με οπτικές ίνες.....	50
Σχήμα 11: Διάγραμμα ρυθμού σφαλμάτων BER συναρτήσει της οπτικής ισχύος.....	51
Σχήμα 12: Βασικά αρχεία της εφαρμογής.....	60
Σχήμα 13: Γραφική απεικόνιση ενός πίνακα πληροφοριών	62
Σχήμα 14: Διάγραμμα συλλογής και επαλήθευσης δεδομένων	63
Σχήμα 15: Κύρια οθόνη της εφαρμογής	67
Σχήμα 16: Λίστα των διαθέσιμων πινάκων της εφαρμογής.....	69
Σχήμα 17: Δείγμα πίνακα σημείων πρόσβασης	70
Σχήμα 18: Αναφορά εγκατεστημένων υλικών	76
Σχήμα 19: Αναφορά υπολογισμού διαδρομής ινών	78
Σχήμα 20: Σχηματικό διάγραμμα τερματισμών	82
Σχήμα 21: Σχηματικό διάγραμμα διαδρομών	83

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ-ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Α Μέρους

1. European Standard (BS)EN 50346 A.1: 2006 'Information technology - Cabling installation - Testing of installed cabling'
2. Duwayne R. Anderson- Larry Johnson- Florian G. Bell, Ph.D. (2^η έκδοση). Troubleshooting Optical-Fiber Networks
3. Hayes, Jim. (2004) Εγχειρίδιο Οπτικών Ινών, Εκδόσεις Ίων
4. Ιστοσελίδα www.globalspec.com

Β Μέρους

1. Dennis Petersen-Tom Taber. Managing a fiber optic network with GIS
2. Basic Training Course Manual (2006). OSPInSight Outside Plant Manager for ESRI ArcEditor 9.x, Advance Fiber Optics Training Services
3. MacFarlane, R. (2005). A Guide to GIS Applications in Integrated Emergency Management, Emergency Planning College, Cabinet Office.
4. Αναλυτική μελέτη για την προμήθεια και εγκατάσταση Ευρυζωνικού Δικτύου Οπτικών Ινών στο Δήμο Χανίων
5. Ιστοσελίδες
 - a. www.esri.com
 - b. www.gis.com
 - c. www.ospinsight.com