



**ΤΕΙ ΜΕΣΟΛΟΓΓΙΟΥ  
ΤΜΗΜΑ ΤΗΛΕΠ/ΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΔΙΚΤΥΩΝ**

**Τίτλος Πτυχιακής Εργασίας**

**“ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ ΓΙΑ ΜΕΤΑΔΟΣΗ SDH”**

**ΦΑΡΜΟΥΖΗ ΑΝΤΩΝΙΑ  
ΑΜ 0436**

**Επιβλέπων καθηγητής: Δρ.ΛΟΥΒΡΟΣ Σπ.  
Επίκουρος Καθηγητής  
Ναύπακτος, Μαρτίος 2012**



## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η χρήση των οπτικών ινών στην κατασκευή δικτύων σε περιοχές κατοικιών είναι βασικός παράγοντας για την ποιότητα των υπηρεσιών που προσφέρονται στους τελικούς χρήστες, αφού οι οπτικές ίνες είναι η μόνη μακροπρόθεσμη λύση που μπορεί να παρέχει το απαιτούμενο εύρος ζώνης για πολυμεσικές και αλληλεπιδραστικές εφαρμογές. Η διπλωματική εργασία αυτή απευθύνεται σε άτομα που έχουν βασικές γνώσεις πάνω στην τεχνολογία επικοινωνιών και θέλουν να αποκτήσουν νέες γνώσεις πάνω στις εφαρμογές και στο σχεδιασμό οπτικών τηλεπικοινωνιακών δικτύων. Στην διπλωματική αυτή αναλύονται θέματα όπως : βασικές αρχές λειτουργίας των οπτικών δικτύων , παράμετροι οπτικών ινών, γίνεται αναφορά στο SONET/SDH, το οποίο αποτελεί ένα πρότυπο οπτικών δικτύων με το οποίο επιλύονται σημαντικά προβλήματα επικοινωνίας, ασφαμάτων και ταχύτητας. Στη συνέχεια επεξηγείται ο λόγος ύπαρξής του, τα πλεονεκτήματά του , οπτικοί πομποί (Lazer, φωτοδιόδοι), οπτικοί ανιχνευτές, συνδετήρες και τεχνικές κόλλησης για οπτικά δίκτυα. Γίνεται αναφορά και στα οπτικά δίκτυα WDM (Wavelength Division Multiplexing )

## SUMMARY

The use of fiber optics in the construction of residential networks is an essential factor for the quality of the provided services to the end users, since fiber optics is the only long-term solution that can provide the bandwidth required for multimedia and interactive applications. This paper is addressed in individuals that have basic knowledge on the technology of communications and want to acquire new knowledge on the applications and planning of optical telecommunication networks. In this paper are analyzed subjects as: basic operating principles of optical networks, optical fiber parameters, refer to SONET / SDH, which is a standard optical networks that solve a significant communication problems, errors and speed. The following explains the raison d'etre, its strengths, optical transmitters (Lazer, photodiodes), optical detectors, connectors and soldering techniques for optikadiktya. Ginetai reference and optical networks, WDM (Wavelength Division Multiplexing)

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

## Κεφάλαιο 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Εισαγωγή .....	8
1.2. Γενιες Δικτυων .....	9
1.3. Κατασκευες Δικτυων .....	9
1.4. Εξελιξη Κινητων Επικοινωνιων .....	9
1.5. Τηλεπικοινωνιακα Συστηματα Οπτικων Ινων .....	10
1.6. Το Οπτικο Φασμα .....	11
1.7. Εφαρμογες Οπτικων Ινων .....	11

## Κεφάλαιο 2 ΒΑΣΙΚΕΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΟΠΤΙΚΗΣ

2.1. Η Δομή Της Οπτικής Ίνας .....	12
2.1.1. Ανάκλαση .....	12
2.1.2. Ολική ανάκλαση .....	12
2.1.3. Διάθλαση .....	14
2.2. Πλεονεκτηματα - Μειονεκτηματα Οπτικων Ινων .....	15

## Κεφαλαιο 3 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΣΕ ΟΠΤΙΚΕΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ

3.1. Γενικα Τα Οπτικα Συστηματα Μεταδοσης .....	16
3.2. Τυποι Οπτικων Ινων .....	17
3.3. Καλωδια Οπτικων Ινων .....	20
3.4. Συνδεση Οπτικων Ινων .....	21
3.4.1. Διαδικασία Fusion Κόλλησης .....	24
3.4.2. Ανάλυση Ηλεκτρονικής Εικόνας Σάρωσης .....	24
3.4.3. Εξαρτήματα Συνενώσεως Και Τερματισμού .....	25
3.4.3.1. Συνενώσεις .....	24
3.5. Απωλειες Σε Μια Οπτικη Ζευξη .....	26
3.5.1 Απώλειες Που Οφείλονται Στην Ίνα .....	26
3.5.2 Απώλειες Που Οφείλονται Σε Connectors/Κολλήσεις .....	27
3.5.2.1. Μη-Ομοαξονικότητα .....	27
3.5.2.2. Καθαρότητα Επιφάνειας Κόλλησης .....	28
3.5.3. Άλλα Αίτια Απωλειών Κόλλησης .....	28
3.5.4. Κοπή Ίνας .....	28

3.6. Connectors .....	29
3.6.1. Τύποι Connectors .....	29
3.6.1.1. Connectors Με Κυλινδρικό Συνεκτικό Δακτύλιο .....	29
3.6.1.2. Lme Connector .....	29
3.6.1.3. Sma Connector .....	30
3.6.1.4. Fc Connector .....	30
3.6.1.5. Fc/Pc Connector .....	30
3.7. Συνδετηρες Οπτικων Ινων .....	31
3.8. Ενώσεις ( Joint Closures – « Μούφες » ) .....	32
3.8.1. Τύποι Ενώσεων .....	32
3.8.1.1. Ncd 503 .....	32
3.8.1.2. Ncd 504 .....	33
3.8.1.3. Ncd 505 1004 .....	33
3.8.2. Σχηση συνδετηρα με Connector .....	33

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 LASERS ΚΑΙ LED's ΓΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ**

4.1. Γενικά Το Led .....	34
4.1.1. Τυποι Led .....	34
4.2. Γενικά Το Laser .....	35
4.3. Διαφορες Led - Laser .....	35

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ**

5.1. Εξασθένιση (Attenuation) .....	37
5.2. Διασπορά (Dispersion) .....	38
5.2.1. Χρωματική Διασπορά .....	38

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ΤΕΡΜΑΤΙΚΑ ΚΑΙ ΟΠΤΙΚΟΙ ΚΑΤΑΝΕΜΗΤΕΣ**

6.1. Κατηγοριες Τερματικων (LT, ODF Και FDF) .....	39
6.2. Οπτικοί Κατανεμητές – Optical Distributors Και Οργανωτήρες .....	41
6.3. Εσωτερική Δομή Πολυπλέκτη .....	42
6.4. Εξωτερική Δομή Του Πολυπλέκτη .....	47
6.5. Συμπεράσματα .....	48

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 ΟΠΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ

7.1. Τεχνολογία Pdh .....	49
7.1.1. Χαρακτηριστικά Του Σήματος Pdh .....	50
7.2. Τεχνολογία Sonet/Sdh .....	51
7.2.1. Εισαγωγή Sonet/Sdh .....	51
7.2.2. Απαιτήσεις Sonet Και Sdh .....	52
7.2.3. Πλεονεκτήματα Που Εξασφαλίζει Η Τεχνολογία Sonet/Sdh .....	53
7.2.4. Το Πρότυπο Επικοινωνίας Sdh .....	54
7.2.4.1. Χαρακτηριστικά Του Σήματος Sdh .....	55
7.2.4.2. Το Στοιχειώδες Πλαίσιο Stm-1 Και Η Διαδικασία	
Μετάδοσης Του Μέσα Σε Ένα Δίκτυο Βασισμένο Στο Sdh .....	55
7.2.4.3. Πολυπλεξία Σήματος Και Επίπεδα Μετάδοσης Του Sdh..	58
7.2.5. Δομοστοιχεία Της Τεχνολογίας Sonet/Sdh .....	61
7.2.6. Αρχιτεκτονικές Δικτύων Sonet/Sdh .....	62
7.2.7. Τοπολογίες Και Δομικά Στοιχεία Sonet/Sdh .....	62
7.2.8. Τεχνολογία «Ip Over Sonet/Sdh» & «Ip Over Sonet/Sdh Over	
Wdm» .....	63
7.2.8.1. Τα Πλεονεκτήματα Της Τεχνολογίας “Ip Over Sonet/Sdh”.	64
7.2.9. Το Μέλλον Του Sonet/Sdh .....	65
7.3. Μέλλον Του Wdm .....	68

## Κεφάλαιο 8 CONTROLS OF THE MTS 8000 (ACTERNA)

8.1. Ελέγχος Του MTS 8000 .....	71
8.1.1. Διεπαφή Ελέγχου (Control Interface).....	71
8.1.2. Οθόνη (Display Screen).....	73
8.1.2.1. Οι Διάφορες Ζώνες Της Οθόνης .....	73
8.1.3. Πλήκτρα Κατεύθυνσης (Direction Keys) .....	73
8.1.4. Κουμπιά Ελέγχου (Control Buttons) .....	74
8.1.4.1. Χρησιμοποίηση Εξωτερικού Πληκτρολογίου Ή Ποντικιού .....	75
8.1.4.2. Ισοδυναμία Εξωτερικού Πληκτρολογίου Και Του MTS 8000 .....	75
8.1.5. Πρόσβαση Στο MTS 8000 Από Ένα PC.....	76
8.1.5.1. Σύνδεση Του MTS 8000 Με Ένα PC .....	76
8.1.5.2. Σύνδεση Μέσω Ενός Τοπικού Δικτύου .....	77
8.1.6. Η Μεταφορά Της Διεπαφής Του MTS 8000 Προς Ένα PC .....	77
8.1.7. Πρόσβαση Στο Σκληρό Δίσκο Του MTS 8000 Μέσω Ενός PC ...	78
8.1.8. Συνδετήρες (Connectors) .....	78
8.1.9. Διαμόρφωση Του Συστήματος .....	79
8.2. Τι Χρειάζεται Να Ξερούμε Για Τις Μετρήσεις Των Κ.Ο.Ι .....	80
8.2.1. Επιλογή Της Λειτουργίας .....	80
8.2.2. Διαμόρφωση Της Δοκιμής Ανακλασίμετρου .....	81

8.2.2.1. Παράμετροι Απόκτησης .....	81
8.2.2.2. Εργοστασιακές Ρυθμίσεις.....	83
8.2.2.3. Παράμετροι Μετρήσεων .....	83
8.2.2.3.1. Detection.....	83
8.2.2.3.2. Δείκτης Διάθλασης.....	84
8.2.3. Οθόνη Αποτελεσμάτων.....	84
8.2.3.1. Τρόπος Πραγματικού Χρόνου.....	84
8.2.3.1.1 Δείκτης Ποιότητας Σύνδεσης.....	85
8.2.4. Πίνακας Αποτελεσμάτων .....	87
8.2.4.1. Μετρήσεις Της Κλίσης .....	89
8.2.4.2. Αποτέλεσμα Της Μέτρησης Κλίσης.....	90
8.2.5. Διαδικασία Για Να Ακολουθήσετε.....	91
8.3. Μετρήσεις Των Κ.Ο.Ι.....	92

## **Κεφάλαιο 9 ΠΙΝΑΚΕΣ ΚΑΙ ΑΝΑΦΟΡΕΣ**

9.1. Βιβλιογραφία .....	96
9.2. Συντομογραφίες .....	98
9.3. Σχηματα .....	100

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### 1.1 Εισαγωγή

Ένα από τα σημαντικότερα ζητήματα στον τομέα των δικτύων τα τελευταία χρόνια είναι η ραγδαία αύξηση των απαιτήσεων σε εύρος ζώνης τόσο στα εσωτερικά δίκτυα των επιχειρήσεων όσο και στα δίκτυα των ISPs. Οι μεγάλες απαιτήσεις σε εύρος ζώνης προήλθαν όχι μόνο από τη συνεχή αύξηση του αριθμού των χρηστών του Internet, αλλά και από τις αυξανόμενες απαιτήσεις των δικτυακών εφαρμογών, οι οποίες αλλάζουν την συμπεριφορά των χρηστών, καθιστώντας τους ολοένα και πιο απαιτητικούς. Παράλληλα, το κόστος για τη μετάδοση αυτού του συνεχώς αυξανόμενου όγκου δεδομένων πρέπει να διατηρείται σε λογικά επίπεδα και η προσφορά του απαιτούμενου εύρους ζώνης να μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσα σε εύλογο χρονικό διάστημα.

Έτσι λοιπόν από πολύ νωρίς η πλειοψηφία των εταιριών – οργανισμών είχε μόνο μια απάντηση στο πρόβλημα της εύρεσης bandwidth, την χρησιμοποίηση οπτικών ινών για την υλοποίηση των μεγάλων δικτύων κορμού. Οι οπτικές ίνες παρέχουν μεγάλο εύρος ζώνης, το οποίο μπορεί να φθάσει τα 10 Gbps, και μεταφέρουν το σήμα σε αρκετά μεγάλη απόσταση χωρίς σημαντικές απώλειες λόγω εξασθένησης. Η απόσταση κυμαίνεται μεταξύ 70-100 Km ανάλογα με τον τύπο της οπτικής ίνας και το σήμα που μεταφέρεται. Συνεπώς, περιορίζουν τον αριθμό των ενδιάμεσων ενισχύσεων που απαιτούνται για να διασχίσει το σήμα μια μεγάλη απόσταση, και έχει σημαντική ανοχή στον θόρυβο.

Για το λόγο αυτό η χρήση των οπτικών ινών για την μεταφορά της ολοένα και αυξανόμενης πληροφορίας στα δίκτυα κορμού και όχι μόνο, ήταν καθολική. Αυτό όμως αποτελούσε την απάντηση μόνο για το πρώτο επίπεδο του μοντέλου OSI. Για τα ανώτερα επίπεδα οι διάφοροι παροχείς χρησιμοποιούν μια πληθώρα τεχνολογιών για να διανείμουν δεδομένα. Γίνεται χρήση μιας ολόκληρης στοίβας τεχνολογιών για την επίτευξη του στόχου, στην οποία στοίβα κάθε τεχνολογία προσδίδει και ένα συγκεκριμένο χαρακτηριστικό στο δίκτυο προκειμένου να εξασφαλιστούν κάποια πρότυπα.

Σήμερα σχεδόν όλα τα δίκτυα κορμού βασίζονται κυρίως σε οπτικές ίνες και μπορούν να έχουν ουσιαστικά απεριόριστο εύρος ζώνης αναβαθμίζοντας μονό τον ηλεκτρονικό τους εξοπλισμό. Από την άλλη τα δίκτυα πρόσβασης αποτελούνται ακόμη από τα συμβατικά καλώδια χαλκού. Αν και υπάρχουν διάφορες ευρυζωνικές τεχνολογίες βασισμένες στο χαλκό καμιά από αυτές δεν υπόσχεται μια μακροπρόθεσμη λύση για τις αυξανόμενες σε απαιτήσεις εφαρμογές του σήμερα και του αύριο. Η μόνη μακροπρόθεσμη λύση μέχρι σήμερα είναι η προσέγγιση των οπτικών ινών μέχρι τους χρήστες, τεχνολογία γνωστή και ως *fiber to the home (FTTH)*.



## 1.2 ΓΕΝΙΕΣ ΔΙΚΤΥΩΝ

Η πρώτη γενιά δε χρησιμοποιούσε οπτικές ίνες  
Αντικατάσταση χαλκού με οπτικές ίνες  
Αμιγώς οπτικά δίκτυα  
Χρησιμοποίηση πολυπλεξίας στο χρόνο και στη συχνότητα.  
Χρησιμοποίηση ενισχυτών ίνας EDFA's

## 1.3 Κατασκευές Δικτύων

- Υποθαλάσσια καλώδια - Μετάδοση μεγάλων αποστάσεων
- Wide Area Network (WAN)
- Metropolitan Area Network (MAN)
- Local Area Network (LAN)

## 1.4 Εξελίξη Κινητών Επικοινωνιών

- **1G (1980-1990):**
  - μόνο αναλογική τεχνολογία
  - έλλειψη συμβατότητας
  - κυρίως φωνή
  - Βασική υποστήριξη μετακινούμενων χρηστών (*Roaming*)
  - AMPS
- **2G (1990-2000):**
  - ψηφιακή τεχνολογία
  - υποστήριξη μετακινούμενων χρηστών
  - υποστήριξη και υπηρεσιών δεδομένων
  - GSM
- **2.5G (τέλη 90's- αρχές 00):**
  - μετάβαση από 2G – 3G
  - αυξανόμενοι ρυθμοί μετάδοσης & εύρος ζώνης
  - από μεταγωγή κυκλώματος σε μεταγωγή πακέτου
  - GPRS
- **3G (2000- ....):**
  - πλήρως διαφανής μετακίνηση
  - μεγάλο εύρος ζώνης
  - πολύ υψηλοί ρυθμοί μετάδοσης
  - περισσότερες υπηρεσίες δεδομένων και πολυμέσων
  - παγκόσμια λύση (UMTS)

- **3G+ & 4G (2005+...):**
  - Ακόμα μεγαλύτεροι ρυθμοί μετάδοσης & εύρος ζώνης (2-40Mbps)
  - Παγκόσμια Πρόσβαση και υποστήριξη κινούμενων χρηστών
  - all-IP μεταγωγή:
    - \* Η μεταγωγή δε βασίζεται πια στο TDM
    - \* IP μεταφορά και σηματοδότηση (SIP)

## 1.5 Τηλεπικοινωνιακά Συστήματα Οπτικών Ινών

Η βασική διάταξη ενός **τηλεπικοινωνιακού συστήματος οπτικών ινών** (Εικόνα 1) περιλαμβάνει:

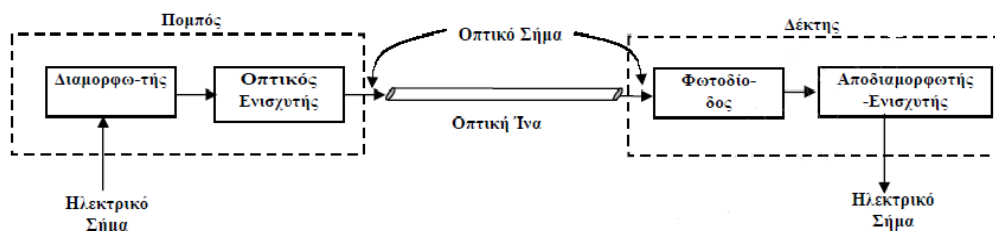
- τον οπτικό πομπό
- την οπτική ίνα, και
- τον οπτικό δέκτη

Ο **οπτικός πομπός** αποτελείται από:

- τον διαμορφωτή που διαμορφώνει τη φέρουσα συχνότητα σύμφωνα με το σήμα, και
- τον οπτικό ενισχυτή, μετατρέπει το ηλεκτρικό σήμα που δέχεται σε οπτικό κατάλληλης μορφής και ισχύος για να μεταδοθεί χωρίς προβλήματα μέσω της οπτικής ίνας στον οπτικό δέκτη.

Ο **οπτικός δέκτης** αποτελείται από:

- έναν ανιχνευτή φωτός, συνήθως μια φωτοδίοδος που μετατρέπει το οπτικό σήμα σε ηλεκτρικό
- τον αποδιαμορφωτή για τον διαχωρισμό της πληροφορίας από το φέρον, και
- τον ενισχυτή.



Εικόνα 1: Τηλεπικοινωνιακό Σύστημα Οπτικών Ινών

## 1.6 Το Οπτικό Φάσμα

Το οπτικό φάσμα αποτελεί μέρος του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος που φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Σήμερα τα οπτικά συστήματα χρησιμοποιούν το τμήμα του φάσματος μεταξύ  $3 \times 10^{13}$  και  $3 \times 10^{15}$  Hz. Στην πράξη στα οπτικά συστήματα δεν μιλάμε για συχνότητα λειτουργίας αλλά για μήκος κύματος. Έτσι όπως φαίνεται και από τον πίνακα, τα οπτικά συστήματα λειτουργούν σε μήκη κύματος 200-20.000 nm.

Το ορατό φάσμα είναι: 400 nm-800 nm.

Ο Άλμπερτ Αϊνστάιν επαλήθευσε ότι το φως ταξιδεύει στο διάστημα με κβαντική μορφή και συγκεκριμένα με τη μορφή ενεργειακών σωματιδίων που ονόμασε φωτόνια. Τα φωτόνια μπορούν να περάσουν διαμέσου του κενού, του διαστήματος, των αερίων, του νερού, του γυαλιού ή και του πλαστικού, σύμφωνα με τη θεωρία αυτή. Το γυαλί και το πλαστικό είναι τα κύρια στοιχεία που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή οπτικών ινών. Καθώς τα υλικά αυτά είναι αγωγοί φωτονίων και μπορούν να οδηγήσουν το φως σε συγκεκριμένη και επιθυμητή κατεύθυνση αφού περιβληθούν με εξωτερικό μανδύα για να αποτραπεί η διάχυση του φωτός.

Το μεγάλο πρόβλημα που αντιμετώπισαν αρχικά οι κατασκευαστές οπτικών ινών ήταν το μεγάλο ποσοστό εξασθένισης του φωτός μέσα στην ίνα. Στην αρχή το φως εξασθενούσε κατά 90% μετά από τα πρώτα 10 μέτρα. Μετά από προσπάθειες έφτασαν το 1966 να αυξήσουν την απόσταση αυτή στα 500 m. Σήμερα η απόσταση αυτή έχει ξεπεράσει, για καλής ποιότητας οπτική ίνα, την απόσταση των 50 km.

Τα καλώδια, οπτικών ινών είναι πιο ανθεκτικά από τα καλώδια χαλκού του ίδιου μεγέθους. Επιπλέον, οι οπτικές ίνες υπερτερούν έναντι του χαλκού ως προς το βάρος (σημαντικός παράγων σε πλοία αεροπλάνα), το μέγεθος, την ανθεκτικότητα στις καιρικές συνθήκες και αντέχουν περισσότερο στη διάβρωση των περισσότερων υγρών.

Τουλάχιστον 50.000 φωνητικά σήματα μπορούν να μεταδοθούν μέσω μιας οπτικής ίνας διαμέτρου 1 mm. Την ίδια στιγμή, ένα χάλκινο καλώδιο αποτελούμενο από 900 ζεύγη συρμάτων μπορεί να μεταδώσει μόνο 10.000 φωνητικά σήματα.

## 1.7 Εφαρμογές Οπτικών Ινών

Λόγω των σημαντικών πλεονεκτημάτων τους, οι οπτικές ίνες χρησιμοποιούνται με άριστα αποτελέσματα σε μια σειρά από εφαρμογές σαν:

- εθνικές και διεθνείς τηλεφωνικές επικοινωνίες με καταποντισμό καλωδίων
- τοπικά δίκτυα ευρείας ζώνης
- ζεύξεις καλωδιακής τηλεόρασης
- ζεύξεις ραντάρ
- ζεύξεις στούντιο με τερματικά δορυφόρων
- μετάδοση σημάτων σε περιβάλλοντα ηλεκτρομαγνητικών παρεμβολών
- δίκτυα υπολογιστών

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### ΒΑΣΙΚΕΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΟΠΤΙΚΗΣ

#### 2.1 Η Δομή Της Οπτικής Ίνας

Η οπτική ίνα είναι ένας γυάλινος κυματοδηγός κυλινδρικής διατομής. Η βασική της δομή περιλαμβάνει μια κεντρική κυλινδρική ράβδο που ονομάζεται πυρήνας (core) και έναν σωλήνα, που περιβάλλει τον πυρήνα και ονομάζεται μανδύας (cladding). Για λόγους προστασίας από εξωτερικούς παράγοντες, ο μανδύας καλύπτεται από πρωτογενή επικάλυψη πλαστικού γνωστή ως πρωτεύουσα επικάλυψη ή εξωτερικό περίβλημα (coating). Τόσο ο πυρήνας, όσο και μανδύας είναι συνήθως κατασκευασμένα από συνθετικό γυαλί υψηλής καθαρότητας ( $\text{SiO}_2$  - με συντελεστή διάθλασης 1,46), ενώ ο πυρήνας περιλαμβάνει νοθεύσεις  $\text{GeO}_2$  ( με συντελεστή διάθλασης 1,48) και άλλων προσμίξεων, που μεταβάλλουν τον συντελεστή διάθλασης του πυρήνα, επιτυγχάνοντας την διαφορά από το συντελεστή διάθλασης του μανδύα,  $n_1 - n_2 = 0,01$  που απαιτείται για την κυματοδηγηση. Τυπικές τιμές συντελεστών διάθλασης είναι για τον πυρήνα  $n_1 = 1,47$  ενώ για των μανδύα  $n_2 = 1,46$ . Επισημάνουμε ότι η διαφορά  $n_1$  είναι επιθυμητή.

##### 2.1.1. Ανάκλαση

Μια ακτίνα φωτός που χτυπά πάνω σε μια ευθεία επιφάνεια ανακλάται υπό γωνία (που σχηματίζεται από την ανακλώμενη ακτίνα και τον κάθετο άξονα στο σημείο πρόσπτωσης της επιφάνειας) ίση με τη γωνία πρόσπτωσης (που σχηματίζεται κατά αντίστοιχο τρόπο)

Νόμος Ανάκλασης : Γωνία πρόσπτωσης ( $i$ ) = Γωνία ανάκλασης ( $r$ )

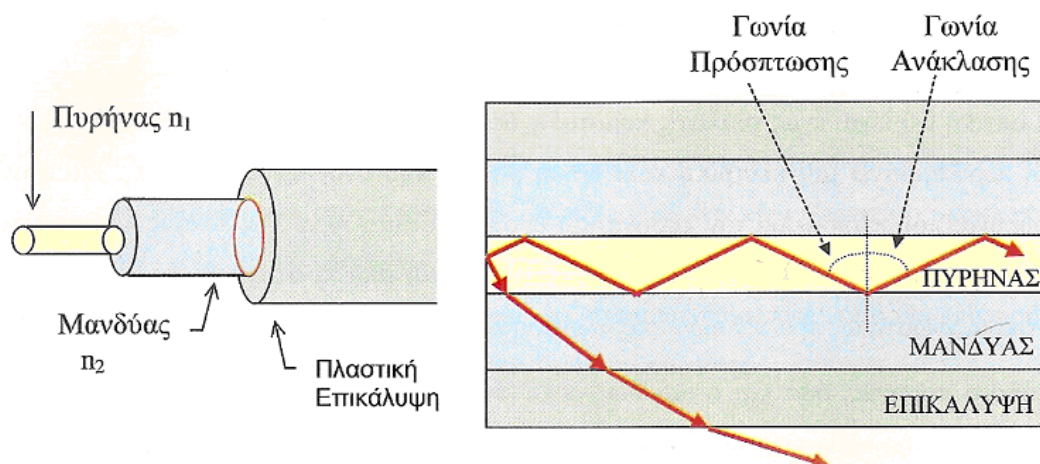
##### 2.1.2. Ολική Ανακλαση

Το οπτικό σήμα κυματοδηγείται στον πυρήνα της οπτικής ίνας μέσω του φαινομένου ολικών ανακλάσεων στη κοινή επιφάνεια πυρήνα – μανδύα (Εικόνα 2).

Στο εσωτερικό του πυρήνα, μια ακτίνα φωτός, προσπίπτουσα στην κοινή επιφάνεια με γωνία μεγαλύτερη της κρίσιμης γωνίας, ανακλάται ολικά και συνεχίζει την διαδρομή της εντός του πυρήνα, μέσω συνεχών ανακλάσεων. Αντίθετα αν η γωνία πρόσπτωσης είναι μικρότερη της κρίσιμης γωνίας, το φως διαθλάται μέσα από τον μανδύα και χάνεται μετά από κάποια απόσταση.

Τα ειδικότερα χαρακτηριστικά της μετάδοσης του φωτός σε έναν οπτικό κυματοδηγό εξαρτώνται:

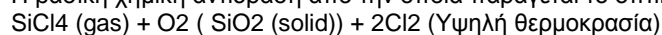
- Από την διάμετρο του πυρήνα
- Τους συντελεστές διάθλασης πυρήνα και μανδύα
- Το μήκος κύματος του φωτός



Εικόνα 2: Κυματοδηγηση μέσω ολικής ανάκλασης σε οπτική ίνα

#### Σημείωση

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



Υπάρχουν οπτικές ίνες, οι οποίες κατασκευάζονται από πλαστικό. Προς το παρόν δεν είναι μέσα στις προδιαγραφές, που καθορίζονται από τα διεθνή πρότυπα. Οφείλουμε, όμως, να σημειώσουμε, ότι καταβάλλονται προσπάθειες για να βελτιωθούν τα χαρακτηριστικά τους και ειδικά η πολύτροπη, graded index πλαστική ίνα ενδέχεται να αποτελέσει αξιόπιστο μέσο μετάδοσης εφάμιλλο της γυάλινης ίνας. Μεγάλη εξασθένηση και ευαισθησία σε θερμοκρασιακές μεταβολές.

- Η δέσμη φωτός εκπέμπεται στον πυρήνα της οπτικής ίνας και προσπίπτει με τέτοια γωνία στην επικάλυψη ώστε να υπάρχει ολική ανάκλαση και να μεταδίδεται σε όλο το μήκος της οπτικής ίνας. Η οπτική ίνα εγκλωβίζει όλη την ενέργεια της ακτίνας του φωτός (Εικόνα 3).
- Τα οπτικά σήματα εσωτερικά ανακλώμενα μπορούν να ταξιδέψουν μεγάλες αποστάσεις

– Αρχή της φυσικής «Όταν μία ακτίνα φωτός περνά από το ένα μέσο σε άλλο, η ακτίνα διαθλάται στη διαχωριστική επιφάνεια γυαλιού/αέρας»



Εικόνα 3: Ολική Ανακλαση Μεσα Στην Οπτική Ινα

### 2.1.3. Διάθλαση

Μια ακτίνα φωτός διαθλάται υπό διαφορετική γωνία από αυτή της γωνίας πρόσπτωσης (οι γωνίες σχηματίζονται από τις ακτίνες και τον κάθετο άξονα στο σημείο πρόσπτωσης της επιφάνειας). Η διάθλαση ακολουθεί το νόμο του Snell ή αλλιώς νόμο διάθλασης.

Νόμος Snell :  $n_0 \sin a = n_2 \sin b$

Γενικά ο δείκτης διάθλασης  $n$  για συνηθισμένα οπτικά μέσα δίνεται παρακάτω:

- Αέρας (κενό) = 1
- Νερό = 1.33
- Γυαλί πυριτίου = 1.444
- Σύνηθες γυαλί = 1.52

## 2.2. Πλεονεκτήματα - Μειονεκτήματα Οπτικών Ινών

Τα βασικά πλεονεκτήματα της οπτικής ίνας έναντι των άλλων ενσύρματων Μέσων διάδοσης περιλαμβάνονται τα ακόλουθα:

1. Παρουσιάζουν πολύ μικρή ευαισθησία στις ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές και στο φαινόμενο των διασταυρωμένων συνομιλιών.
2. Αντέχουν σε υγρά, αλλά και στη ραδιενεργό ακτινοβολία.
3. Έχουν μικρό βάρος και μέγεθος.
4. Παρουσιάζουν μεγαλύτερο εύρος ζώνης συχνοτήτων.
5. Δεν είναι επικίνδυνες για περιοχές με εύφλεκτα υλικά.
6. Απαιτούν λιγότερους αναμεταδότες.
7. Δεν επηρεάζεται σημαντικά η λειτουργία τους από τις μεγάλες θερμοκρασίες.
8. Δεν υπάρχει πιθανότητα διαρροής σήματος στις συνδέσεις.
9. Έχουν μεγάλη μηχανική αντοχή.

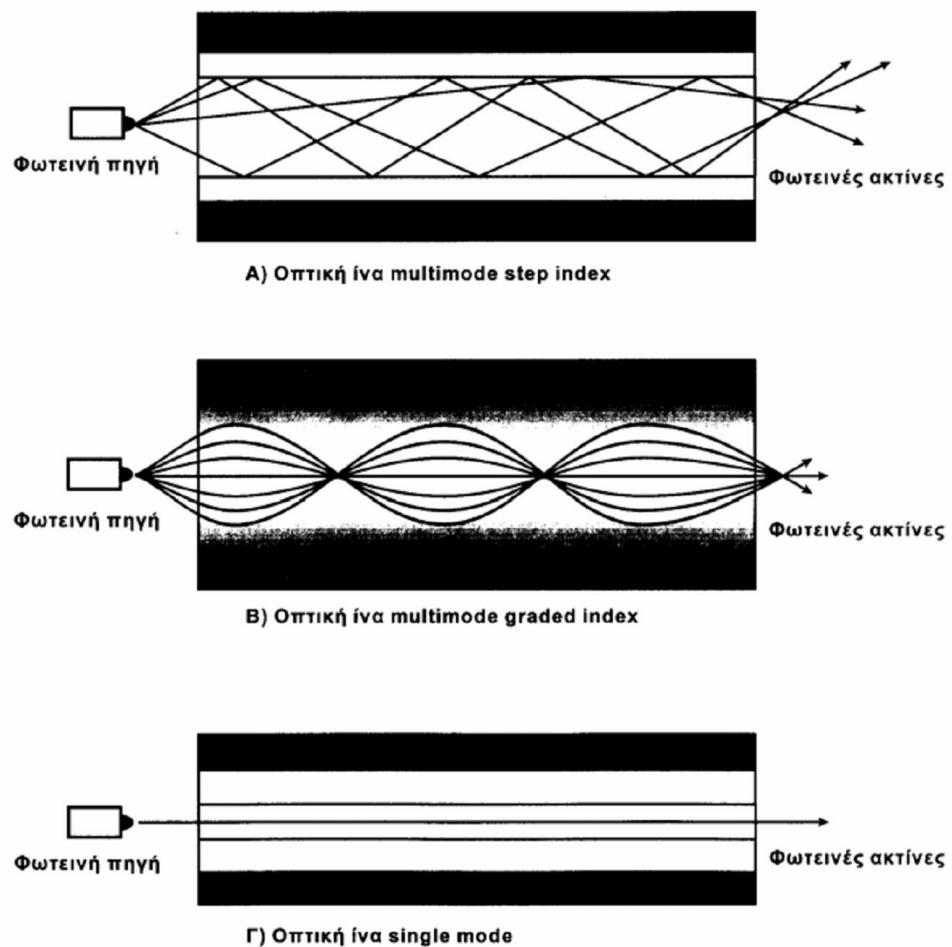
Στα μειονεκτήματα των οπτικών ινών μπορεί να συμπεριλάβει κανείς τη δυσκολία σύνδεσης των οπτικών ινών με άλλα εξαρτήματα. Ένα σημαντικό πρόβλημα που συναντάται είναι η ευθυγράμμιση της ίνας με τη φωτεινή πηγή του πομπού. Είναι χαρακτηριστικό ότι και μικρές ακόμη αποκλίσεις στην ευθυγράμμιση αυτή μπορούν να προξενήσουν μεγάλη απώλεια του φωτεινού σήματος.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΣΕ ΟΠΤΙΚΕΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ

#### 3.1 Γενικά Τα Οπτικά Συστήματα Μετάδοσης

Ένα οπτικό σύστημα μετάδοσης έχει τρία στοιχεία: την πηγή φωτός, το μέσο μετάδοσης και τον ανιχνευτή. Συμβατικά, ένας παλμός φωτός αντιστοιχεί στο bit 1, ενώ η απουσία φωτός στο bit 0. Το μέσο μετάδοσης είναι μία εξαιρετικά λεπτή ίνα γυαλιού. Ο ανιχνευτής δημιουργεί έναν ηλεκτρικό παλμό όταν πέφτει πάνω του φως. Συνδέοντας μια πηγή φωτός στο ένα άκρο οπτικής ίνας και έναν ανιχνευτή στο άλλο, έχουμε ένα μονοκατευθυντικό σύστημα μετάδοσης, που δέχεται ένα ηλεκτρικό σήμα, το μετατρέπει σε παλμούς φωτός και το μεταδίδει, ενώ στο τέλος το μετατρέπει σε ηλεκτρικό σήμα στη λήψη.

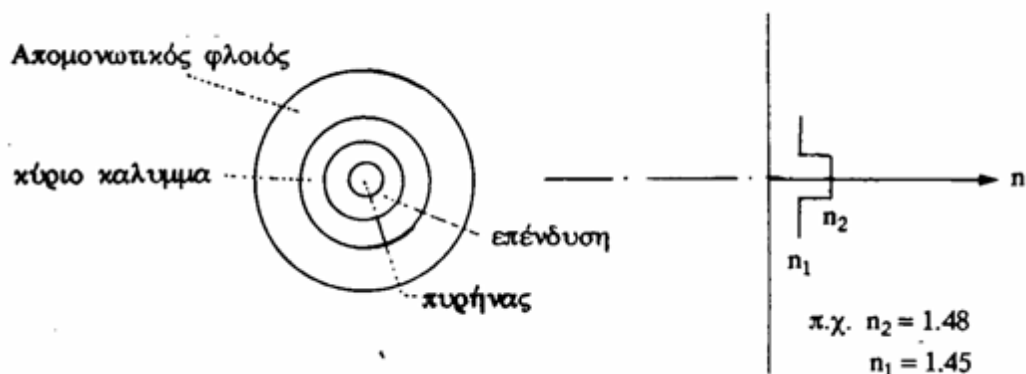


Εικόνα 4: Τύποι Οπτικών Ινών



### 3.2 Τύποι Οπτικών Ινών

α) Πολυρυθμικές ίνες με ομοιόμορφο δείκτη διάθλασης του πυρήνα (Εικόνα 5)



Εικόνα 5

Οι συνήθεις διαστάσεις των διαφόρων στρωμάτων σε αυτόν τον τύπο της ίνας είναι:

- Διάμετρος πυρήνα: 50-400  $\mu\text{m}$
- Διάμετρος επένδυσης: 125-500  $\mu\text{m}$
- Διάμετρος απομονωτικού φλοιού: 250-1000  $\mu\text{m}$

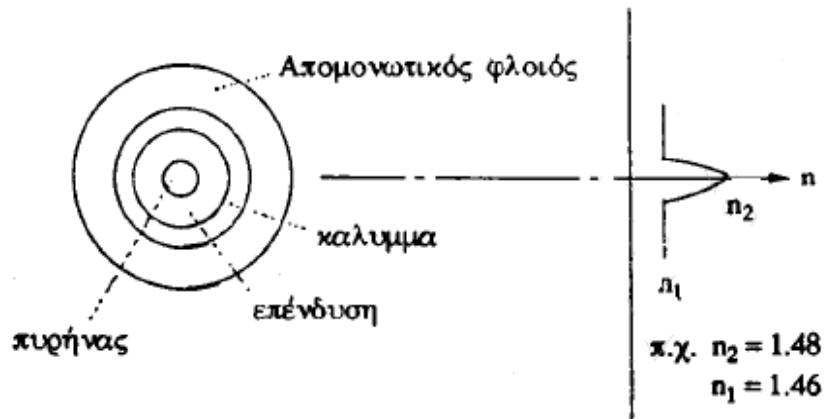
Οι προδιαγραφές των ινών αυτών κυμαίνονται στα παρακάτω περιθώρια:

Εξασθένηση: 50 dB/km (για, πολυσυνιστάμενα γυαλιά)  
5 dB/km (για πλούσια σε πυρίτιο γυαλιά)  
Εύρος ζώνης : 6-25 MHz/km

Οι ίνες αυτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για ζεύξεις μικρών αποστάσεων και περιορισμένου εύρους ζώνης και έχουν σχετικά χαμηλό κόστος

β) Πολυρυθμικές ίνες με βαθμιαίο δείκτη διάθλασης (Εικόνα 6)

Μπορούν να κατασκευαστούν είτε από πολυσυνιστάμενα είτε από πλούσια σε πυρίτιο γυαλιά. Συνήθως όμως κατασκευάζονται από υλικά που έχουν μεγαλύτερη καθαρότητα από τις πολυρυθμικές ίνες με ομοιόμορφο πυρήνα και για το λόγο αυτό παρουσιάζουν καλύτερα χαρακτηριστικά.



Εικόνα 6

Συνήθεις διαστάσεις των ινών αυτών είναι:

- Διάμετρος πυρήνα: 30-60  $\mu\text{m}$
- Διάμετρος επένδυσης: 100-150  $\mu\text{m}$
- Διάμετρος απομονωτικού φλοιού: 250-1000  $\mu\text{m}$

Από αυτόν τον τύπο της ίνας χρησιμοποιούνται πολύ και ιδιαίτερα για τηλεπικοινωνιακούς σκοπούς οι διαστάσεις:

- Διάμετρος πυρήνα: 50  $\mu\text{m}$
- Διάμετρος επένδυσης: 125  $\mu\text{m}$

Οι προδιαγραφές των ινών αυτών είναι:

Εξασθένηση: 2-10 dB/km

Εύρος ζώνης : 150 MHz/km μέχρι 2 GHz/km

Εφαρμογές: Για μετάδοση οπτικών σημάτων σε μεγάλες αποστάσεις και με αρκετά μεγάλο εύρος ζώνης συχνοτήτων

### γ) Μονορυθμικές ίνες (Εικόνα 7)

Χρησιμοποιούνται σε ζεύξεις μεγάλων αποστάσεων και ευρείας ζώνης. Χαρακτηριστικές διαστάσεις των μονορυθμικών ινών είναι:

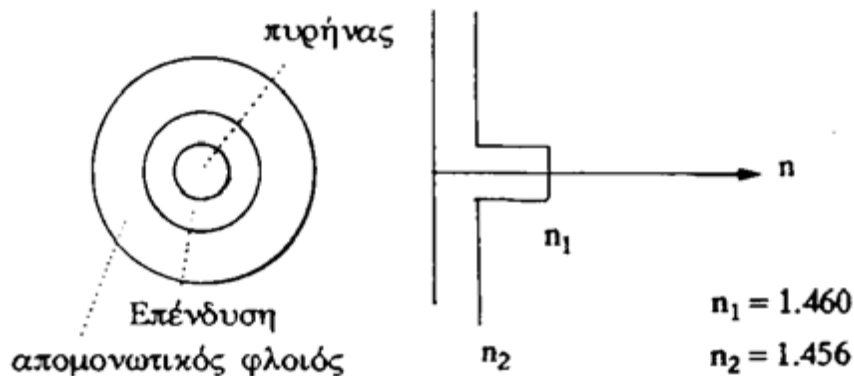
- Διάμετρος πυρήνα: 3-10  $\mu\text{m}$
- Διάμετρος επένδυσης: 50-125  $\mu\text{m}$
- Διάμετρος απομονωτικού φλοιού: 250-1000  $\mu\text{m}$

Οι προδιαγραφές των μονορυθμικών ινών κυμαίνονται ανάλογα με τον κατασκευαστή. Χαρακτηριστικές τιμές είναι:

Εξασθένηση: 2-5 dB για  $\lambda = 0.85 \mu\text{m}$

0.6 dB/cm για  $\lambda = 1.30 \mu\text{m}$

0.25 dB/cm για  $\lambda = 1.55 \mu\text{m}$



Εικόνα 7

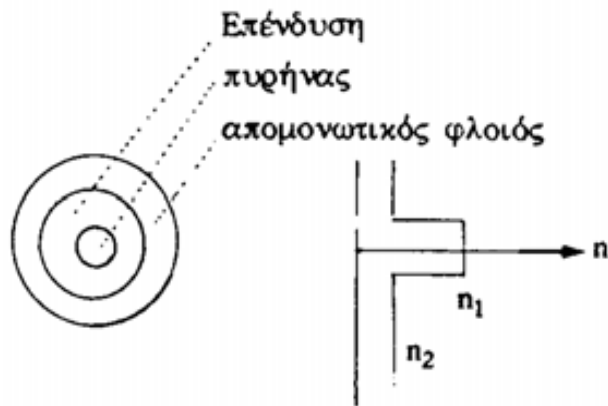
#### δ) Οπτικές ίνες με πλαστική επένδυση (Εικόνα 8)

Είναι πολυρυθμικές ίνες που έχουν πυρήνα ομοιόμορφο ή βαθμιαίο δείκτη διάθλασης. Η επένδυσή τους κατασκευάζεται από πλαστικό (ελαστική σιλικόνη) ο δε πυρήνας από γυαλί πλούσιο σε πυρίτιο.

Οι ίνες αυτές παρουσιάζουν μικρότερες απώλειες ακτινοβολίας και για τον λόγο αυτόν προτιμούνται σε ορισμένες εφαρμογές

Χαρακτηριστικές διαστάσεις των ινών με πλαστική επένδυση είναι:

- Διάμετρος πυρήνα: Ομοιόμορφος δείκτης διάθλασης 100-500  $\mu\text{m}$
- Διάμετρος πυρήνα: Βαθμιαίος δείκτης διάθλασης 50-100  $\mu\text{m}$
- Διάμετρος επένδυσης: Ομοιόμορφος δείκτης διάθλασης 300-800  $\mu\text{m}$
- Διάμετρος επένδυσης: Βαθμιαίος δείκτης διάθλασης 125-150  $\mu\text{m}$
- Διάμετρος απομονωτικού φλοιού: Ομοιόμορφος δείκτης διάθλασης 0.2-0.5 m m



Εικόνα 8

Οι προδιαγραφές των ινών αυτών είναι:

Εξασθένηση: Ομοιόμορφος δείκτης διάθλασης 5-50 dB/km

Βαθμιαίος δείκτης διάθλασης 4-15 dB/km

Εύρος ζώνης: Ομοιόμορφος δείκτης διάθλασης 5-25 dB/km

Βαθμιαίος δείκτης διάθλασης 200-400 MHz/km

Οι οπτικές ίνες τού τύπου αυτού χρησιμοποιούνται για ζεύξεις μικρής ταχύτητας και σε μικρές αποστάσεις.

### 3.3 Καλωδια Οπτικων Ινων

Όταν οι οπτικές ίνες πρόκειται να αντικαταστήσουν συμβατικές τηλεπικοινωνιακές γραμμές θα πρέπει οι πρώτες να ικανοποιούν τις προδιαγραφές αντοχής στις εξωτερικές επιδράσεις. Για τον λόγο αυτό είναι απαραίτητη η κάλυψη των οπτικών κενών με κατάλληλα προστατευτικά υλικά. Στη σχεδίαση αυτών των προστατευτικών φλοιών πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι μηχανικές τάσεις και οι χημικές επιδράσεις που θα υφίσταται η οπτική ίνα.

Στη σχεδίαση οπτικών καλωδίων πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα παρακάτω σημεία:

**α) Προστασία της ίνας.**

Ο κύριος σκοπός των προστατευτικών στρωμάτων είναι η διατήρηση της οπτικής ίνας σε καλή κατάσταση είτε στη διάρκεια της εγκατάστασης είτε στη διάρκεια της λειτουργίας της.

**β) Σταθερότητα των χαρακτηριστικών μετάδοσης της ίνας**

Τα οπτικά καλώδια πρέπει να διατηρούν τις ιδιότητες μετάδοσης σημάτων που έχουν πριν τοποθετηθούν σ' αυτά τα προστατευτικά στρώματα.

**γ) Αντοχή του καλωδίου**

Τα οπτικά καλώδια, πρέπει να έχουν παρόμοιες ιδιότητες με τα συμβατικά όσον αφορά την αντοχή στις εξωτερικές επιδράσεις. Οι μηχανικές ιδιότητες αναφέρονται στη μηχανική τάση, συμπίεση, κάμψη, πίεση, δόνηση και ροπή.

**δ) Αναγνώριση και σύνδεση ινών.**

Σε περίπτωση οπτικών καλωδίων που περιέχουν πολλαπλές ίνες είναι ανάγκη να διαχωρίζονται εύκολα οι οπτικές ίνες μεταξύ τους. Η σύνδεση ινών μεταξύ τους για αύξηση του μήκους της ζεύξης αποτελεί ένα σημαντικό τεχνολογικό πρόβλημα

### **3.4 Σύνδεση Οπτικών Ινών**

Όπως στις συμβατικές γραμμές μεταφοράς, που χρησιμοποιούνται στις ραδιοσυχνότητες και τα μικροκύματα, και για τις οπτικές ίνες η σύνδεσή τους αποτελεί ένα σοβαρό τεχνικό πρόβλημα.

Διακρίνουμε δύο ειδών συνδέσεις μεταξύ οπτικών ινών:

- A) Συνδέσεις μόνιμης ένωσης που συνδέει μόνιμα δύο ίνες.
- B) Συνδέσεις με συνδετήρες που συνδέουν μια ίνα με μια άλλη, σε πομπούς ή δέκτες με τρόπο που μπορεί να αποσυνδεσμοποιηθεί.

Συνδέσεις μόνιμης ένωσης (Εικόνα 9) :





Eikova 9

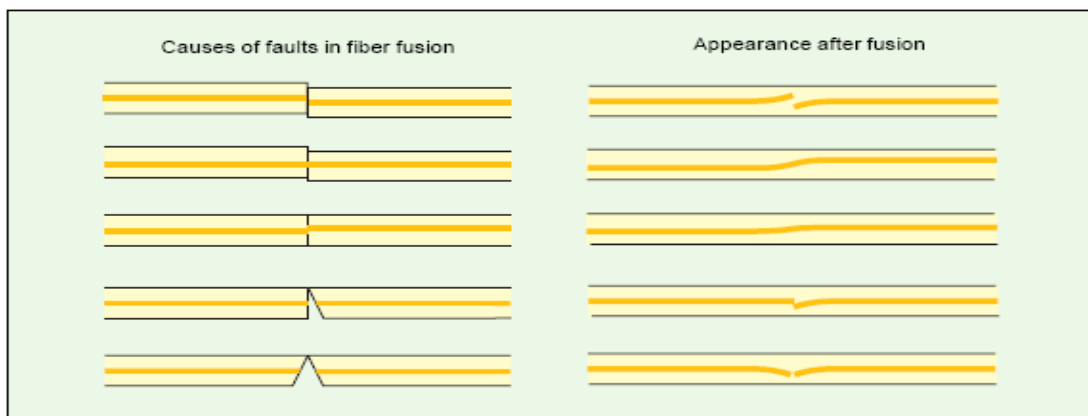
### 3.4.1. Διαδικασία Fusion Κόλλησης

Η διαδικασία κόλλησης με τη μέθοδο fusion (Εικόνα 9) έχει ως εξής : Αρχικά τα τελειώματα των δυο ινών τοποθετούνται απέναντι. Στα σύγχρονα κολλητήρια όλη η διαδικασία που περιγράφεται είναι πλήρως αυτοματοποιημένη. Με χρήση μικροεπεξεργαστών, μικρό-μηχανισμών και εξαιρετικά εξελιγμένης τεχνολογίας σάρωσης, τα τελειώματα των δύο ινών τοποθετούνται απέναντι και ευθυγραμμίζονται με ακρίβεια 1/10.000 mm. Η ευθυγράμμιση συμπεριλαμβάνει έλεγχο της γωνίας κοπής και της καθαρότητας των τελειωμάτων των ινών. Τα δύο τελειώματα θερμαίνονται (χρήση δυο ηλεκτροδίων) με μεγάλη ακρίβεια στη θερμοκρασία που λιώνουν και πλησιάζουν το ένα με το άλλο με χρήση μικρό-μηχανισμών, ώστε τελικά να δημιουργηθεί μια ομογενοποιημένη κόλληση.

Κατά τη διαδικασία fusion λαμβάνονται κάποιες εικόνες σάρωσης ώστε να μπορεί να ελεγχθεί η ποιότητα των κολλήσεων. Μετά τη συγκόλληση των δύο ινών το σημείο κόλλησης ασφαρίζεται με τη χρήση θερμο-συστελλόμενων σωλήνων (περιέχουν ενσωματωμένο κεραμικό ή μεταλλικό μέρος). Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται πολύ συχνά στην πράξη και δίνει ικανοποιητικά αποτελέσματα. Οι επιπρόσθετες εξασθενήσεις που παρατηρούνται είναι περίπου 0.02 dB ανά συγκόλληση.

### 3.4.2. Ανάλυση Ηλεκτρονικής Εικόνας Σάρωσης

Οι ηλεκτρονικές εικόνες που λαμβάνονται κατά τη διάρκεια της fusion κόλλησης αναλύονται με μαθηματικά μοντέλα. Όταν η ίνα θερμαίνεται ο πυρήνας γίνεται ορατός (Εικόνα 10), γεγονός που μας επιτρέπει να διακρίνουμε την ποιότητα της κόλλησης με απλή παρατήρηση. Η ανάλυση με μαθηματικά μοντέλα δίνει μια καλύτερη εικόνα όσον αφορά την ποιότητα της κόλλησης. Η παρακάτω εικόνα παρουσιάζει διάφορα προβλήματα που μπορεί να δημιουργηθούν κατά τη διαδικασία Fusion splicing. Όλα τα παρακάτω προβλήματα αυξάνουν δραματικά τις απώλειες στην κόλληση.



Εικόνα 10: Προβλήματα που παρουσιάζονται κατά τη διαδικασία Fusion splicing



### 3.4.3. Εξαρτήματα Συνενώσεως Και Τερματισμού

#### 3.4.3.1 Συνενώσεις

Ως συνένωση θεωρείται η απευθείας σύνδεση των άκρων δυο οπτικών ινών μόνιμα, μέσω ηλεκτρικής σύντηξης – fusion splice των επιφανειών τους, ή προσωρινά, με μηχανικό εξάρτημα συγκράτησης – mechanical splice. Σκοπός των συνενώσεων είναι η σύνδεση δύο ινών μεταξύ τους – midspan ή η ένωση ενός rigtail – (ίνα που από την μία άκρη έχει σύνδεσμο – connector ενώ η άλλη είναι ελεύθερη) με ίνα εντός καλωδίου.

Οι μόνιμες συνενώσεις, κυρίως, χρησιμοποιούνται κυρίως για να επεκτείνουν το μήκος μιας οπτικής ζεύξης πέραν του καλωδιακού μήκους. Οι μηχανικές συνενώσεις χρησιμοποιούνται συνήθως κατά την διάρκεια δοκιμών.

Οι απώλειες οι οποίες συμβαίνουν κατά την σύνδεση οπτικών ινών είναι:

Οι απώλειες εισόδου – insert losses οι οποίες μετρούνται σε dbm. Εκφράζει το λόγο της ισχύος του οπτικού σήματος αμέσως μετά την έξοδο από την ένωση προς την ισχύ του σήματος λίγο πριν το πέρασμά του από την ένωση.

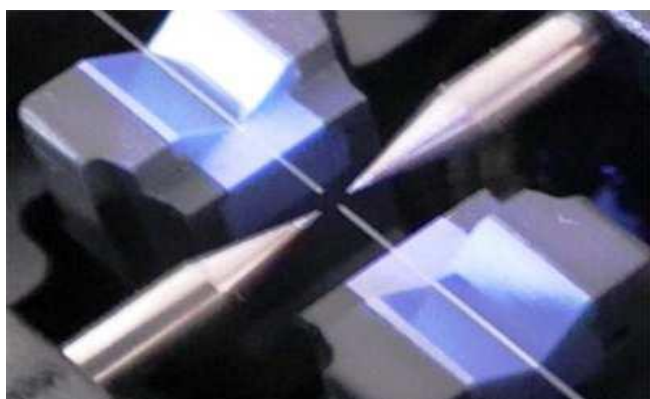
Οι απώλειες ανάκλασης – reflection losses οι οποίες μετριοούνται επίσης σε dbm.

Λόγος ισχύος του οπτικού σήματος που ανακλάται στην ένωση προς την ισχύ του οπτικού σήματος που διέρχεται από την ένωση

Προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί η απόσβεση κατά την συνένωση χρησιμοποιούνται ίνες του ίδιου τύπου και κατασκευαστή. Αρχικά αφαιρείται η πρωτεύουσα επικάλυψη και δημιουργούνται τα κατάλληλα προς συγκόλληση άκρα.

Η διαδικασία ευθυγράμμισης των δυο άκρων έχει αυτοματοποιηθεί, με χρήση κατάλληλων διατάξεων μικρό μετατόπισης, που φέρουν τους δυο πυρήνες σε φυσική επαφή.

Όταν τα άκρα δεν εφάπτονται λόγω της ύπαρξης ακίδων, που έχουν δημιουργηθεί κατά την κοπή, οι ακίδες αυτές καίγονται με ηλεκτρικό σπινθήρα, ώστε οι επιφάνειες να έρθουν σε επαφή. Μετά την ευθυγράμμιση των άκρων, δημιουργείται ηλεκτρικό τόξο στο σημείο επαφής, που τοπικά μαλακώνει το γυαλί συντήκοντας τα δυο μέρη. Η επιφανειακή τάση κατά την διάρκεια της σύντηξης τείνει να ευθυγραμμίσει περαιτέρω τις ίνες ελαχιστοποιώντας την πλευρική μετατόπιση. Η όλη διαδικασία είναι ορατή από το ενσωματωμένη κάμερα της συσκευής (Εικόνα 11)



Εικόνα 11: Ευθυγράμμισης Των Δυο Άκρων

Η μέση απόσβεση ανά συγκόλληση, όταν αυτή γίνεται με αυτοματοποιημένη διαδικασία από κατάλληλη συσκευή (Εικόνα 11) είναι μικρότερη από 0,1 dB για μονότροπες ίνες.

Στις ενώσεις τύπου fusion γίνεται σχεδόν τέλεια η συνένωση χωρίς να υπάρχει έστω και το παραμικρό κενό αέρος οπότε ελαχιστοποιούνται οι απώλειες εισόδου και ανάκλασης.

Η συγκόλληση προστατεύεται από θερμοσυστελόμενο σωληνίσκο με στοιχείο μηχανικής ενίσχυσης, σε δυο μεγέθη, 4,5 cm και 6 cm αντίστοιχα.

### 3.5 Απώλειες Σε Μια Οπτική Ζευξη

Εδώ αναφέρονται οι απώλειες που παρουσιάζονται στις κολλήσεις. Οι απώλειες αυτές χωρίζονται σε δυο κατηγορίες :

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

#### 3.5.1 Απώλειες που οφείλονται στην ίνα

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

Οι απώλειες που οφείλονται στην ίνα προκαλούνται από τους παρακάτω παράγοντες :

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

### 3.5.2 Απώλειες Που Οφείλονται Σε Connectors/Κολλήσεις

Όταν δυο ίνες συνδέονται, η κόλληση θα συνεισφέρει κατά κάποιο τρόπο στην αύξηση της εξασθένησης. Η αύξηση της εξασθένησης λόγω κολλήσεων μειώνεται στο ελάχιστο, όταν οι κολλήσεις πραγματοποιούνται με τη μέθοδο fusion, καθαρίζονται προσεκτικά και κόβονται με ακρίβεια.

Σύγχρονα κολλητήρια όπως το Ericsson FSU 975, πετυχαίνουν γωνία κοπής 90ο και εξαιρετικό καθαρισμό της ίνας πριν την κόλληση. Αν όλες οι παραπάνω παράμετροι είναι τέλειες τότε μια κόλληση fusion δεν εισάγει περαιτέρω εξασθένηση στο σύστημα. Οι παρακάτω παράγοντες απωλειών που οφείλονται σε connectors/κολλήσεις αναφέρονται κυρίως σε ημι-μόνιμες και μηχανικές κολλήσεις (και λιγότερο σε fusion κολλήσεις) :

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

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

#### 3.5.2.1. Μη-ομοαξονικότητα

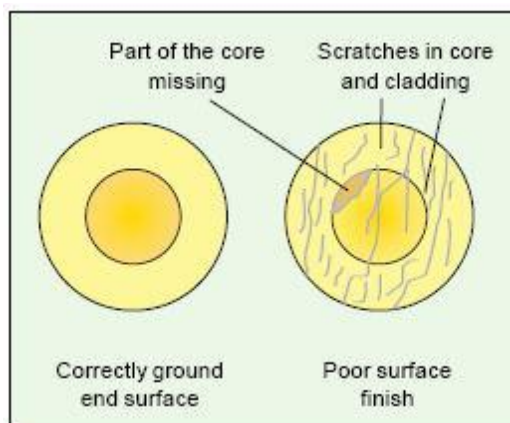
Ένας connector πρέπει να κατασκευάζεται με μεγάλη ακρίβεια : η οπή από την οποία θα περάσει η ίνα πρέπει να βρίσκεται ακριβώς στο κέντρο του συνεκτικού δακτυλίου (ferrule). Η οπή αυτή θα πρέπει να έχει την ίδια ακριβώς διάμετρο με την ίνα και ο συνεκτικός δακτύλιος θα πρέπει να έχει την ίδια διάμετρο με την υποδοχή που θα τοποθετηθεί. Η ακρίβεια πρέπει να είναι της τάξης των 1-2  $\mu\text{m}$ .

Για να μην υπάρχουν διαφορές μεταξύ της ίνας και της παραπάνω οπής, κάθε connector θα πρέπει να ελέγχεται σε σχέση με την ίνα που θα χρησιμοποιηθεί. Ο έλεγχος αυτός είναι αρκετά χρονοβόρος αλλά άκρως απαραίτητος. Η ακτινική απόκλιση RE εκφράζεται σε συνάρτηση με τη διάμετρο του πυρήνα της ίνας CD.

Από την επόμενη εικόνα μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι 10% μη-ομοκεντρικότητα προκαλεί σχεδόν 0.5 dB απώλεια. Για μια μονότροπη ίνα 10% μη-ομοκεντρικότητα αντιστοιχεί σε 1  $\mu\text{m}$  γεγονός που σημαίνει ότι απαιτείται ακρίβεια 0.5  $\mu\text{m}$  για κάθε connector. Μια κόλληση μεταξύ πολύτροπων ινών 62.5/125  $\mu\text{m}$  πρέπει να έχει ακρίβεια  $\pm 3 \mu\text{m}$  για να μην υπερβαίνουν οι απώλειες τα 0.5 dB.

### 3.5.2.2 Καθαρότητα Επιφάνειας Κόλλησης

Το πρώτο βήμα στη διαδικασία καθαρισμού της επιφάνειας κόλλησης είναι να απομακρυνθούν όλα τα υπολείμματα κόλλας και να δοθεί στο το τελικό του σχήμα. Στη συνέχεια η επιφάνεια γυαλίζεται ώστε να μην υπάρχουν μικρές γρατζουνιές. Αν παραμείνουν μικρές ατέλειες στην επιφάνεια μέρος του διαδιδόμενου φωτός θα διασκορπίζεται, με αποτέλεσμα να μη φτάνει στο συνεκτικό δακτύλιο και να αυξάνονται οι απώλειες.



Εικόνα 12. Όταν η επιφάνεια δεν έχει καθαριστεί άριστα παρουσιάζονται απώλειες στην Κόλληση

### 3.5.3. Άλλα Αίτια Απωλειών Κόλλησης

Αν και συνιστάται να χρησιμοποιούνται πανομοιότυπες ίνες για τις κολλήσεις, πολλές φορές είναι απαραίτητο να χρησιμοποιηθούν ίνες από διαφορετικό κατασκευαστή, διαφορετικού τύπου ακόμα και διαφορετικού μεγέθους. Συνήθως αλλαγές τέτοιου τύπου έχουν καταστρεπτικές συνέπειες για το τελικό αποτέλεσμα. Σε περίπτωση τέτοιων αλλαγών θα πρέπει να προσέχουμε παράγοντες όπως το NA και η διάμετρος πυρήνα/μανδύα να διαφέρουν το λιγότερο δυνατό.

### 3.5.4 Κοπή Ίνας

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

## 3.6 Connectors

### 3.6.1 Τύποι Connectors

Στην αγορά σήμερα υπάρχουν πολλοί τύποι connectors, οι οποίοι μπορούν να χωριστούν στις παρακάτω κατηγορίες :

- Connectors με κυλινδρικό συνεκτικό δακτύλιο
- Connectors με κωνικό συνεκτικό δακτύλιο
- Connectors διαστελλόμενης δέσμης
- Connectors κορδελών ινών

#### 3.6.1.1 Connectors Με Κυλινδρικό Συνεκτικό Δακτύλιο

Η πιο συνηθισμένη και φθηνή μέθοδος δημιουργίας μιας μηχανικής κόλλησης είναι η χρήση κεραμικού ή μεταλλικού συνεκτικού δακτυλίου κυλινδρικού σχήματος. Ο συνεκτικός δακτύλιος (ferrule) της μιας ίνας τοποθετείται απέναντι από το συνεκτικό δακτύλιο της άλλης μέσα σε ένα κυλινδρικό κάλυμμα. Η κόλληση αυτού του τύπου εξαρτάται κατά πολύ από την ομοκεντρικότητα. Οι απώλειες αυτού του τύπου κόλλησης κυμαίνονται από 0.2 μέχρι 1 dB.

#### 3.6.1.2. LME Connector

Ο LME connector (Εικόνα 13) χρησιμοποιείται κατά βάση για πολύτροπες ίνες (MM) και κατασκευάστηκε αρχικά από την LM Ericsson. Αυτού του τύπου ο connector αποτέλεσε τη βάση για το σχεδιασμό του SMA connector.



Εικόνα 13: LME connector, ένας από τους πρώτους connector για οπτικές ίνες

### 3.6.1.3. SMA Connector

Ο SMA connector (Εικόνα 14) χρησιμοποιείται κυρίως για MM ίνες. Ο SMA είναι κυλινδρικός με συνεκτικό δακτύλιο διαμέτρου 3.174 mm. Επειδή ο συνεκτικός δακτύλιος αυτού του τύπου connector δεν περιέχει κάποια μορφή ελατηρίου, πρέπει να υπάρχει κάποιο κενό αέρος μεταξύ των συνεκτικών δακτυλίων των ινών που συνδέονται, αλλιώς ενδέχεται να καταστραφούν τα δύο μέρη.



Εικόνα 14. Ο SMA connector αποτελεί διεθνές standard. Η εικόνα παρουσιάζει δυο connector, ο ένας έχει κεραμικό ενώ ο άλλος μεταλλικό συνεκτικό δακτύλιο

### 3.6.1.4 FC Connector

Αυτός ο connector αρχικά σχεδιάστηκε από την Ιαπωνική NTT. Ο συνεκτικός δακτύλιος του περιέχει ελατήριο και έχει διάμετρο 2.499 mm (μικρότερη από τη διάμετρο του SMA). Ο FC χρησιμοποιείται κυρίως όταν ο οπτικός πομπός του συστήματος περιέχει LED (λόγω της κατασκευής του, παρατηρείται ανάκλαση προς τον πομπό).

### 3.6.1.5 FC/PC Connector

Για να μειωθεί η ανάκλαση που αναφέρθηκε παραπάνω, ο FC connector εξελίχθηκε περαιτέρω. Το τελείωμα του συνεκτικού δακτυλίου του άλλαξε σχήμα, από επίπεδο σε ημισφαιρικό. Ο PC connector συνιστάται για συστήματα με οπτικό πομπό LASER. Ο FC/PC connector χρησιμοποιείται σε δίκτυα υψηλού bit rate.

### 3.7 Συνδετήρες Οπτικών Ινών

Η κατασκευή συνδετήρων που μπορούν να αποσυνδένονται είναι πολύ πιο δύσκολη από τις μόνιμες συνδέσεις που είδαμε παραπάνω. Αυτό διότι οι αυστηρές προδιαγραφές που πρέπει να τηρούνται στις οπτικές συνδέσεις πρέπει επίσης να ικανοποιούνται και στην περίπτωση των συνδετήρων που έχουν την ιδιότητα να συνδέονται και να αποσυνδέονται πολλές φορές. Η σχεδίαση και η κατασκευή των οπτικών συνδετήρων πρέπει να γίνεται λαμβάνοντας υπόψη τις προδιαγραφές που πρέπει να τηρούνται σε ότι αφορά την ευθυγράμμιση των οπτικών ινών που επιθυμείται η σύνδεση. Επιπρόσθετα ο οπτικός συνδετήρας πρέπει να παρέχει ικανοποιητική προστασία στο άκρο της οπτικής ίνας και να συνδέεται εύκολα στις ίνες. Η μηχανική σταθερότητα και αντοχή του συνδετήρα επίσης πρέπει να λαμβάνεται υπόψη.

Όπως στην περίπτωση οπτικών ινών και καλωδίων έτσι και για τους οπτικούς συνδετήρες μέχρι τώρα δεν έχει γίνει καμιά ουσιαστική τυποποίηση. Παρακάτω παραθέτουμε ορισμένους τύπους συνδετήρων που χρησιμοποιούνται στην πράξη.

Εκτός από τη σύνδεση ινών μεταξύ τους στην πράξη παρουσιάζεται το πρόβλημα της σύνδεσης της οπτικής ίνας με πηγές LED ή LASER. Για τον σκοπό αυτό έχουν αναπτυχθεί ειδικές υποδοχές LED ή LASER που επιτρέπουν τη σύνδεση με την οπτική ίνα με τη βοήθεια οπτικών συνδετήρων. Στο παρακάτω σχήμα (Εικόνα 15) δείχνουμε μία χαρακτηριστική τέτοια σύνδεση.



Εικόνα 15: τύποι συνδετήρων

### 3.8. Ενώσεις ( Joint Closures – « Μούφες » )

Μια προστατευτική ένωση για εξωτερικά καλώδια οπτικών ινών πρέπει :

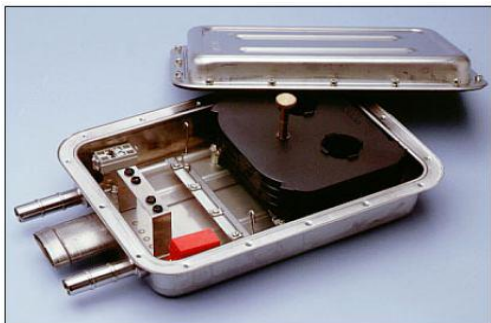
- να είναι εύκολη στην εγκατάστασή της
- να είναι εύκολη στο άνοιγμα και στο κλείσιμό της
- να παρέχει πολύ καλό επίπεδο μηχανικής προστασίας
- να παρέχει την ίδια προστασία για ενισχυμένα και μη καλώδια
- να παρέχει την ίδια προστασία για καλώδια διαφορετικών μεγεθών
- να προστατεύει καλώδια σε σωλήνες , θαμμένα καλώδια και εναέρια καλώδια

#### 3.8.1 Τύποι Ενώσεων

Παρακάτω παρουσιάζονται μερικοί από τους τύπους ενώσεων που κυκλοφορούν στο εμπόριο :

##### 3.8.1.1 NCD 503

Η ένωση αυτή (Εικόνα 16) κατασκευάζεται από ανοξείδωτο ατσάλι και προστατεύει έναντι των οξέων . Σε τέτοιες ενώσεις μπορούν να χωρέσουν τυπικά έως 6 οδηγοί οπτικών ινών των 12 ινών ο καθένας .



Εικόνα 16



### 3.8.1.2 NCD 504

Η ένωση αυτή (Εικόνα 17) είναι παρόμοια με την παραπάνω με μόνη διαφορά το γεγονός ότι κατασκευάζεται από πλαστικό υλικό ( Noryl ) .



Εικόνα 17

### 3.8.1.3 NCD 505 1004

Η ένωση αυτή (Εικόνα 18) είναι μια μικρή οπτοηλεκτρονική ένωση που μπορεί να χειριστεί έως και 4 καλώδια και 48 κολλήσεις οπτικών ινών . Η ένωση περιλαμβάνει ένα εξωτερικό πλαστικό κέλυφος και 2 κλείστρα στα άκρα της . Καθένα από τα 2 κλείστρα έχει εισόδους για 2 καλώδια .



Εικόνα 18

## 3.8.2 Γενικά Σχέση Συνδετηρα Με Connector

Ο συνδετηρας είναι ένα εξαρτημα το οποιο ενωνονται δυο ινες.  
Connector το χρησιμοποιουμε πιο πολυ για το τι τυπου είναι η εξοδος ενός μηχανηματος ή τι τυπου είναι ο συνδετηρας ή ένα οπτικο κορδονι.  
Δηλαδη μπορεί ένας συνδετηρας να ενώνει μια ίνα με connector τυπου fc/pc με μια άλλη τυπου sc/apc κτλ

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

### LASERS ΚΑΙ LED's ΓΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ

Στο κεφάλαιο αυτό , θα εξετάσουμε τις πηγές οπτικής εκπομπής που χρησιμοποιούνται σε οπτικά τηλεπικοινωνιακά συστήματα  
Η φωτεινή πηγή θεωρείται συχνά ως το « ενεργό στοιχείο » σε ένα οπτικό τηλεπικοινωνιακό σύστημα . Η βασική του λειτουργία είναι η μετατροπή ηλεκτρικής ενέργειας (ρεύματος) σε «οπτική» ενέργεια (φως) με τρόπο που το φως θα μπορέσει να εισαχθεί αποτελεσματικά σε μια οπτική ίνα για την μετάδοση πληροφοριών (σε μικρές ή μεγάλες αποστάσεις).

#### 4.1 Γενικά Το Led

Για τη δημιουργία της φωτεινής δέσμης μπορούν να χρησιμοποιηθούν δύο είδη πηγών, οι Δίοδοι Εκπομπής Φωτός LED (Light Emitting Diodes) και τα Laser ημιαγωγών. Οι Δίοδοι Εκπομπής Φωτός LED παράγουν δεδομένα με χαμηλό ρυθμό και χρησιμοποιούνται για μετάδοση δεδομένων σε μικρές αποστάσεις. Αποτελούν σχετικά αργές συσκευές, κατάλληλες για εφαρμογές με ταχύτητες χαμηλότερες από 1Gbps, ενώ εμφανίζουν ένα σχετικά ευρύ πλάτος φάσματος. Οι διατάξεις αυτές χρησιμοποιούνται συνήθως σε επικοινωνιακές εφαρμογές πολύτροπων οπτικών ινών.  
Ωστόσο, παρουσιάζουν κάποια πλεονεκτήματα όπως είναι η μεγάλη διάρκεια ζωής, η μικρή ευαισθησία σε μεταβολές της θερμοκρασίας και το χαμηλό κόστος.

##### 4.1.1 Τυποί Led

Υπάρχουν 4 κύριοι τύποι LED από τους οποίους οι πρώτοι 2 χρησιμοποιούνται σε συστήματα οπτικών επικοινωνιών και οι επόμενοι 2 σε συσκευές συναγερμών, σε remote-controls τηλεοράσεων , αριθμομηχανές κλπ.

- LED τύπου Burrus
- Ακμοπυροδοτίτο LED ( edge emitting )
- Επίπεδο LED (planar)
- Θολωτό LED (dome)

## 4.2 Γενικά Το Laser

Από την άλλη πλευρά οι συσκευές Laser (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) παράγουν δέσμες φωτονίων μέσω της διέγερσης με ηλεκτρικό ρεύμα ιονισμένων υλικών. Οι δέσμες φωτονίων ενισχύονται με σύστημα καθρεπτών και στη συνέχεια εξέρχονται με τη μορφή εξαιρετικά εστιασμένων ακτίνων.

Τα Lasers μπορούν να συντονιστούν, όσον αφορά το μήκος κύματος τους, με χρήση μεθόδων συντονισμού όπως είναι ο μηχανικός συντονισμός, ο ακουστοπτικός συντονισμός, ο ηλεκτροπτικός συντονισμός και ο injection - current-based συντονισμός. Τα μηχανικά συντονιζόμενα Lasers μπορούν να συντονιστούν σε όλο το ωφέλιμο φάσμα (τάξεως των 100nm), αλλά ο χρόνος εναλλαγής καναλιών είναι της τάξης msec εξ'αιτίας των μηχανικών στοιχείων μέσω των οποίων γίνεται ο συντονισμός. Τα ακουστοπτικά Lasers συνδυάζουν μέσο εύρος και μέσο χρόνο συντονισμού (τάξεως των 10μsec). Οι μικρότεροι χρόνοι εναλλαγής καναλιών μπορούν να επιτευχθούν με τη χρήση Laser ημιαγωγών όπως τα Distributed -Feedback Laser (DFB) και Distributed-Bragg-Reflector (DBR) που έχουν χρόνο συντονισμού μικρότερο των 10nsec αλλά έχουν περιορισμένο εύρος μήκους κύματος (της τάξεως μερικών καναλιών). Διαθέτουν χαρακτηριστικά και απόδοση που τους καθιστά καταλληλότερους για εφαρμογές μονότροπης οπτικής ίνας .

## 4.3 Διαφορές Led - Laser

Το LED διαφέρει από τη laser δίοδο κυρίως στο ότι μέσα σε ένα led δεν παρουσιάζεται εξαναγκασμένη εκπομπή φωτός . Το LED λειτουργεί με βάση την αρχή της αυθόρμητης εκπομπής . Για το λόγο αυτό , το LED παρουσιάζει ορισμένα μειονεκτήματα σε σύγκριση με τη δίοδο laser :

- Λιγότερη ισχύς εισέρχεται στην ίνα
- Σχετικά μικρό , ικανό να διαμορφωθεί εύρος ζώνης ( < 50 MHz ) , αν και ορισμένα LEDS μπορούν να φτάσουν τα 150 MHz
- Ευρύτερο φασματικό πλάτος

Αυτά τα μειονεκτήματα μπορεί να παρουσιάζουν το LED ως μια χειρότερη λύση από τη δίοδο laser . Ωστόσο , το LED έχει ορισμένα πλεονεκτήματα σε σχέση με τη δίοδο laser και σε πολλές περιπτώσεις , προτιμάται στα οπτικά τηλεπικοινωνιακά συστήματα .

Τα πλεονεκτήματα είναι :

- Απλούστερη κατασκευή ( δεν χρειάζονται επιφάνειες ανάκλασης , γραμμική γεωμετρική σχεδίαση )
- Φτηνότερα . Παρατηρείται μεγάλη μείωση του κόστους παραγωγής με τη χρήση του led και των αντίστοιχων κυκλωμάτων οδήγησης
- Αξιόπιστα . Ένα LED δεν « γερνά » τόσο γρήγορα όσο η δίοδος laser
- Μικρότερη ευαισθησία στη θερμοκρασία . Η ένταση του φωτός σχετικά με τα κυκλώματα οδήγησης επηρεάζεται λιγότερο από τις μεταβολές της θερμοκρασίας σε σύγκριση με την ένταση του φωτός μιας δίοδου laser
- Γραμμικότητα . Ένα laser μπορεί να κατασκευαστεί γραμμικό αρκετά εύκολα , γεγονός που καθιστά τα LEDS καταλληλότερα για αναλογική διαμόρφωση .

Τα παραπάνω πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα εξηγούν και τη χρήση των LEDS κυρίως σε τοπικά δίκτυα ( LANs ) , σε εφαρμογές υπολογιστών και στους τηλεοπτικούς δέκτες . Το σύστημα FDDI ( fiber distributed data interface ) αποτελεί ρυθμιστικό σύστημα που έχει αναπτυχθεί αποκλειστικά για τις οπτικές ίνες και είναι ένα κλασσικό παράδειγμα χρήσης των LEDS για οπτική εκπομπή .

Τα LEDS κατασκευάζονται από τον ίδιο συνδυασμό υλικών με τις δίοδους laser . Ένα LED που κατασκευάζεται από GaAs / AlGaAs είναι ιδανικό για μικρότερα μήκη κύματος μέχρι 870 nm .

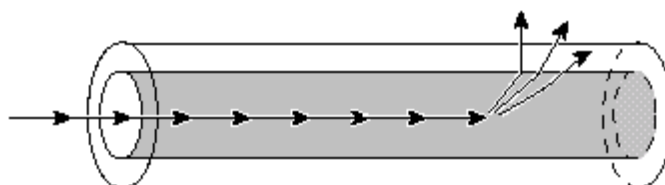
## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

### ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ

Τα μεταδόμενα χαρακτηριστικά των οπτικών ινών περιλαμβάνουν φαινόμενα όπως η **εξασθένιση του σήματος** (attenuation) καθώς αυτό μεταφέρεται, η **διασπορά** (dispersion, και ειδικότερα η **χρωματική διασπορά**-chromatic dispersion) και η **μη-γραμμικότητα** (nonlinearity) λόγω της αλληλεπίδρασης της οπτικής ισχύος του σήματος με το υλικό της ίνας.

#### 5.1 Εξασθένιση (Attenuation)

Είναι, απαραίτητο να ξέρουμε τις απώλειες που εισάγει μια οπτική ίνα, αφού, μόνο έτσι μπορούμε να καθορίσουμε τη μέγιστη εμβέλεια μιας ζεύξης χωρίς χρήση επαναληπτή. Η εξασθένιση, οφείλεται κυρίως στην απορρόφηση της φωτεινής ενέργειας λόγω μετατροπής της σε θερμότητα και λόγω σκέδασης. Έχουν κατασκευασθεί ίνες που η εξασθένιση που παρουσιάζουν πλησιάζει το όριο *σκέδασης Rayleigh* (Rayleigh Scattering), που οφείλεται στις μοριακές ανομοιογένειες του γυαλιού (Εικόνα 19)



Εικόνα 19

Η μέτρηση της εξασθένισης της κορδέλας πρέπει να αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι της διαδικασίας παραγωγής της. Μελέτες έχουν δείξει ότι αν έχει ακολουθηθεί ποιοτική διαδικασία κατασκευής που περιλαμβάνει διάφορα τεστ, δεν είναι απαραίτητο να μετρηθούν ξανά οι παράμετροι μετάδοσης της κορδέλας. Είναι απαραίτητο λοιπόν κατά την παρασκευή της κορδέλας να μετρηθεί η εξασθένιση στα 1550 nm με OTDR (Εικόνα 20).



Εικόνα 20: OTDR όργανο

## 5.2 Διασπορά (Dispersion)

Διασπορά εμφανίζεται σε φωτεινούς παλμούς καθώς αυτοί ταξιδεύουν μέσα στην οπτική ίνα και οδηγεί στη παραμόρφωση του σήματος, και περιορισμού του εύρους ζώνης.

Υπάρχουν δύο τύποι διασποράς που επηρεάζουν τις μονότροπες οπτικές ίνες, η **χρωματική διασπορά** (chromatic dispersion) και η **διασπορά τρόπου πόλωσης** (Polarisation Mode Dispersion – PMD).

### 5.2.1 Χρωματική Διασπορά

Η **χρωματική διασπορά** (chromatic dispersion) οφείλεται στο γεγονός ότι τα διαφορετικά μήκη κύματος διαδίδονται με διαφορετικές ταχύτητες. Το φαινόμενο της χρωματικής διασποράς αυξάνεται με το τετράγωνο του ρυθμού μετάδοσης δεδομένων (bit rate). Σε μία μονότροπη οπτική ίνα, η χρωματική διασπορά αποτελεί συνδυασμό της **διασποράς υλικού** (material dispersion) της **διασποράς κυματοδηγού** (waveguide dispersion). Η διασπορά υλικού οφείλεται στην εξάρτηση του δείκτη διάθλασης από το μήκος κύματος ενώ η διασπορά κυματοδηγού στην εξάρτηση της ταχύτητας ομάδας (group velocity) από τα χαρακτηριστικά του κυματοδηγού (πυρήνας, επίστρωση).

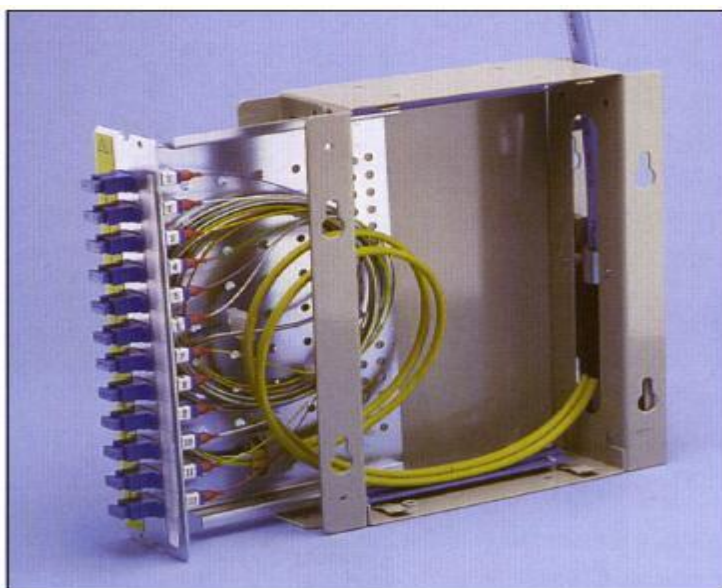
Ως αποτέλεσμα του φαινομένου της διασποράς κυματοδηγού είναι η καθυστέρηση διάδοσης και το χρονικό άνοιγμα των φωτοπαλμών.

Στην περίπτωση της χρωματικής διασποράς στα μεταδιδόμενα, διαμέσου της ίνας, ψηφιακά σήματα, οι παλμοί που αναπαριστούν το λογικό “1” υφίστανται διαπλάτυνση η οποία μπορεί να οδηγήσει στην αλληλοεπικάλυψή τους.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

### ΤΕΡΜΑΤΙΚΑ ΚΑΙ ΟΠΤΙΚΟΙ ΚΑΤΑΝΕΜΗΤΕΣ

Τα εξαρτήματα αυτά αποτελούν το interface ( διεπαφή ) μεταξύ του εξοπλισμού μετάδοσης και του δικτύου οπτικών ινών . Η κύρια λειτουργία τους είναι η οργάνωση και ο τερματισμός της ίνας στο σημείο όπου η ίνα από τον εξοπλισμό μετάδοσης συναντά την ίνα από το δίκτυο πρόσβασης .



Εικόνα 21: Οπτική τερματική μονάδα (παρατηρούμε τις τερματισμένες οπτικές ίνες)

#### 6.1 Κατηγορίες Τερματικων (LT, ODF Και FDF)

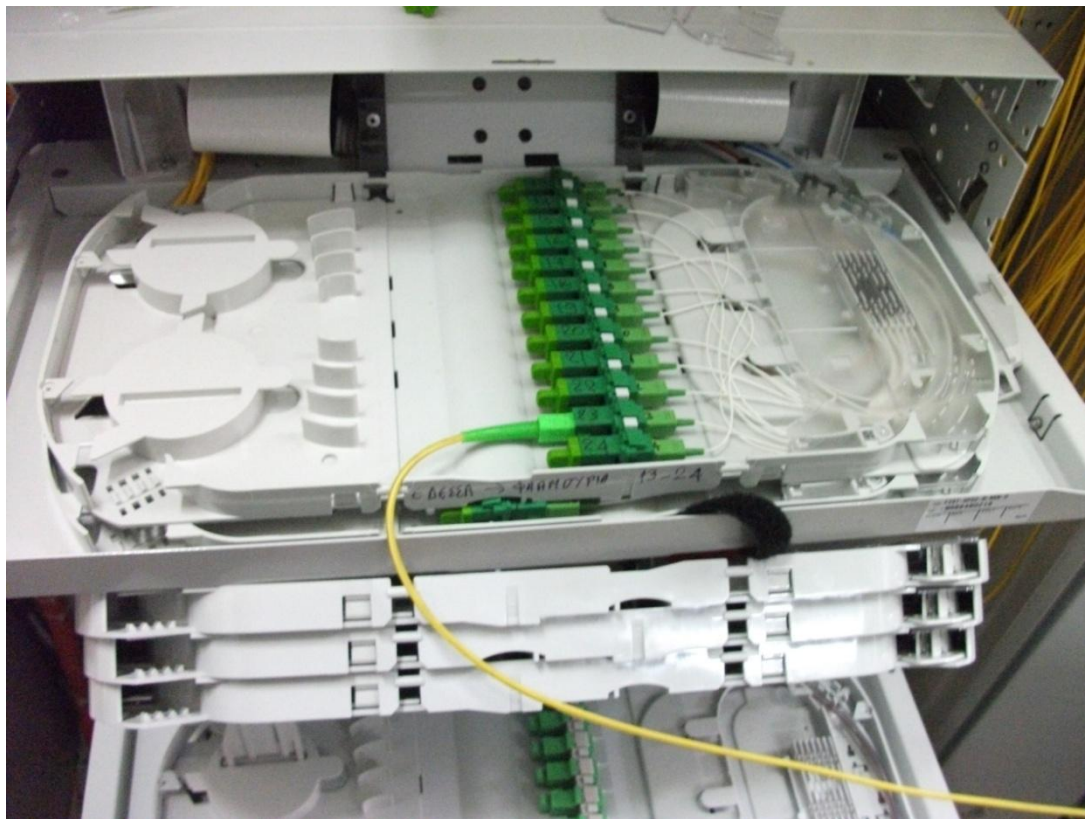
Τα εξαρτήματα αυτά τοποθετούνται κυρίως όταν έχουμε 2 εισερχόμενα καλώδια πολλών ινών με ένα σύνολο 48 ινών . Σε περίπτωση μονότροπων οπτικών ινών , τα εξαρτήματα αυτά παραδίδονται τερματισμένα από πριν με ένα συγκεκριμένο μήκος ελεύθερου καλωδίου (καθορίζεται από τον αγοραστή) και είναι έτοιμα προς τοποθέτηση μαζί με τον εξοπλισμό για τη μετάδοση .

Οι ίνες τερματίζονται με διάφορους τύπους συνδετήρων ( FC/PC ή FC ) ή με συνδετήρες πολλών ινών MT ή MTRJ .





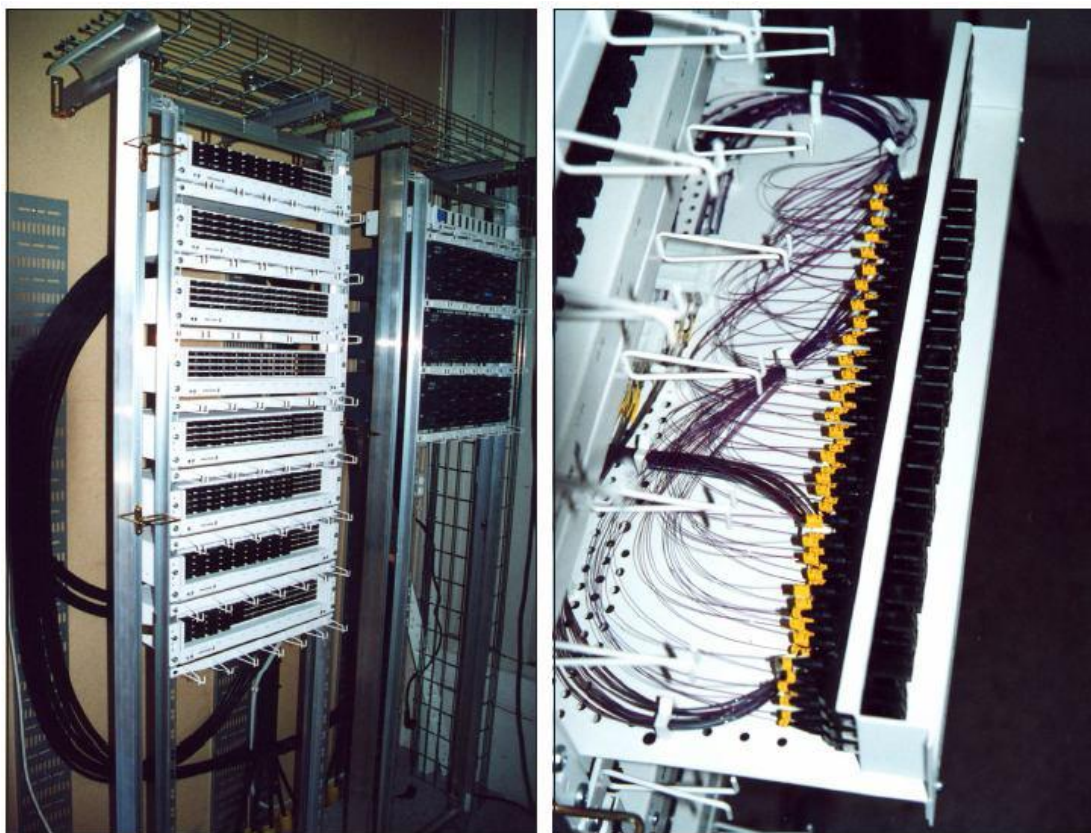
Εικόνα 22 : Προ-τερματισμένο ODF 1



Εικόνα 23: Προ-τερματισμένο ODF 2



Τα εξαρτήματα αυτά μπορούν να εισαχθούν σε racks των 19 ιντσών . Με τον τρόπο αυτό μπορούν να τραβηχτούν προς τα έξω σε περίπτωση που θέλουμε να εργαστούμε πάνω στον ίδιο κατανεμητή .



Εικόνα 24: Παράδειγμα rack κατανεμητών που μπορεί να εξυπηρετήσει τον τερματισμό ακόμα και 2000 οπτικών ινών

## 6.2 Οπτικοί Κατανεμητές – Optical Distributors Και Οργανωτήρες

Οι συνενώσεις φυλάσσονται σε πλαστικούς ή μεταλλικούς, κατάλληλα διαμορφωμένους δίσκους που ονομάζονται οργανωτήρες. Οι οργανωτήρες χρησιμοποιούνται σε περιβλήματα συνδέσεως, κουτιά τερματισμού στον χώρο του συνδρομητή και στον κεντρικό κατανεμητή του τηλεπικοινωνιακού κέντρου. Η μορφή του οργανωτήρα διαφέρει ανάλογα με το είδος της εφαρμογής και τον κατασκευαστή.

Οι οπτικοί κατανεμητές – Main Distributor Frame – MDF τερματίζουν τις ίνες ενός ινοοπτικού καλωδίου και επιτρέπουν την σύνδεση τους στο ενεργό εξοπλισμό με χρήση κορδονιών διασύνδεσης. Ο τερματισμός των ινών στον οπτικό κατανεμητή αποτελεί το σημείο πρόσβασης στις ίνες του οπτικού καλωδίου για εκτέλεση δοκιμών και μικτονομήσεων. Περιέχουν εσωτερικά πολλούς οργανωτήρες.



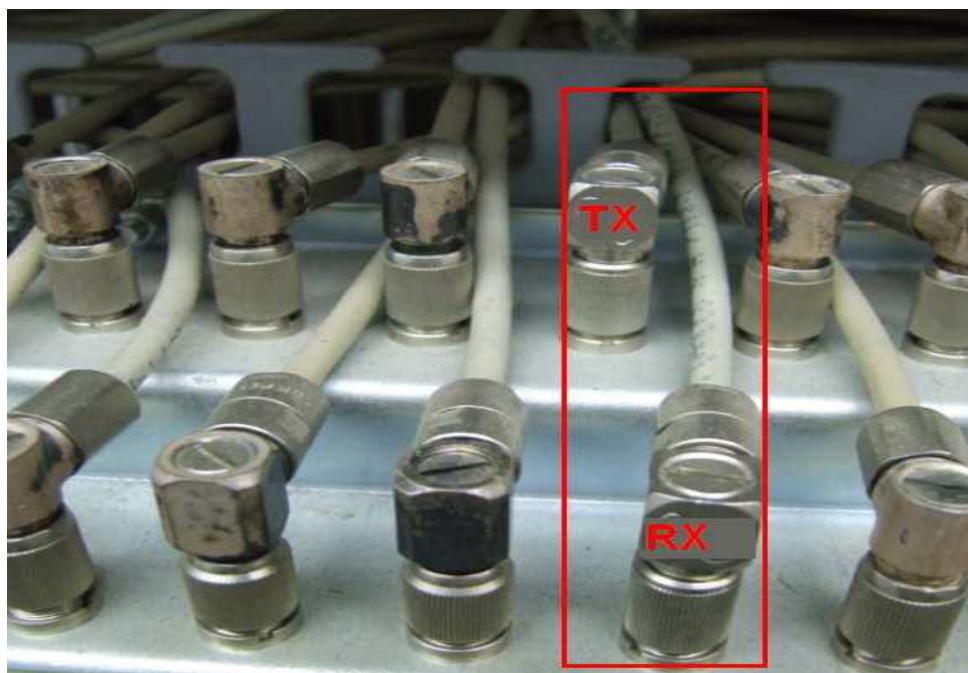
Εικόνα 25: Οργανωτρες μεσα στα πλαισια οπτικων κατανεμητων

### 6.3 Εσωτερική Δομή Πολυπλέκτη

Σε αυτήν την παράγραφο θα περιγράψουμε το block διάγραμμα των ηλεκτρονικών και οπτικών διατάξεων που συνθέτουν έναν πολυπλέκτη STM1. Θα δούμε πως προστατεύονται οι διατάξεις του πολυπλέκτη σε καταστάσεις αστοχίας υλικού αλλά και άλλες τεχνικές λεπτομέρειες.

**Tributary Unit:** Η συγκεκριμένη μονάδα αναλαμβάνει να διαχειριστεί τις 63 διαφορετικές πόρτες εισόδου/εξόδου (Rx/Tx) των 2Mbits/sec. Η συγκεκριμένη κάρτα προωθεί κίνηση – traffic των 2Mbits/sec προς την matrix και ταυτόχρονα παίρνει κίνηση από την matrix και την οδηγεί στις πόρτες εξόδου. Οι 63 πόρτες διπλής κατεύθυνσης των 2Mbits/sec οδηγούνται σε ειδική μονάδα διασύνδεσης – connection unit η οποία παρέχει 63 βύσματα εξόδου και 63 βύσματα εισόδου BNC ώστε να μπορέσουν να κουμπώσουν – plugged τα αντίστοιχα 63 ζευγάρια ομοαξονικών καλωδίων σύνθετης αντίστασης τύπου 751 /100 feet ST214 ή τύπου EV1 CH.49/2,95 . Η χρήση 4 BNC connectors και δύο ομοαξονικών καλωδίων (Rx Tx) μικρής εξασθένισης(db/km) είναι τα δομικά στοιχεία της κάθε ζεύξης Μεταξύ της μονάδων διασύνδεσης του πολυπλέκτη και των κυκλωμάτων παρεμβάλλεται ένας κατανεμητής DDF – Digital Distributor Frame

Στη Εικόνα 26 βλέπουμε μια πραγματική όψη ενός ψηφιακού κατανεμητή. Το κάθε ζευγάρι (Rx Tx) της μονάδας διασύνδεσης ενός πολυπλέκτη τερματίζει στο κατανεμητή και αποτελείται από δύο ομοαξονικά καλώδια



Εικόνα 26: Ηλεκτρικός κατανεμητής ομοαξονικά καλώδια  
Από την κάτω πλευρά του κατανεμητή αναχωρούν δύο αντίστοιχα ομοαξονικά καλώδια για τη διασύνδεση των τερματικών συσκευών των κυκλωμάτων 2Mbits/sec.

Οι ηλεκτρικές κάρτες(tributary units) οποίες μπορούν να τοποθετηθούν σε ένα πολυπλέκτη σε κατάλληλους υποδοχείς – slots. Ένας πολυπλέκτης μπορεί να δεχθεί τόσες ηλεκτρικές κάρτες όση είναι και η μέγιστη χωρητικότητα των καρτών γραμμής.

Για παράδειγμα σε ένα πολυπλέκτη STM4 που μεταδίδει το οπτικό σήμα με συχνότητα 622MHz (622Mbits/sec) μπορούν να γίνουν οι εξής συνδυασμοί

- 2 ηλεκτρικές κάρτες των 2 X 155Mbits
- 2 κάρτες 63 X 2MMbits και 1 ηλεκτρική κάρτα 2 X 155Mbits
- 2 κάρτες 63 X 2MMbits , 1 των 3 X 34Mbits και 1 των 2 X 155Mbits

Ο κατασκευαστής ενός πολυπλέκτη προδιαγράφει το είδος των ηλεκτρικών καρτών που μπορεί να δεχθεί ο ADM αλλά και την διαδικασία εγκατάστασης τους.

Όπως αναφέραμε οι tributary units είναι κάρτες που υποστηρίζουν κυκλώματα χαμηλών ταχυτήτων της ιεραρχίας SDH. Οι έξοδοι και οι αντίστοιχοι είσοδοι για το κάθε ένα από τα κυκλώματα βρίσκονται σε ειδική μονάδα διασύνδεσης στη οποία έχουν τοποθετηθεί ζευγάρια από BNC connectors .



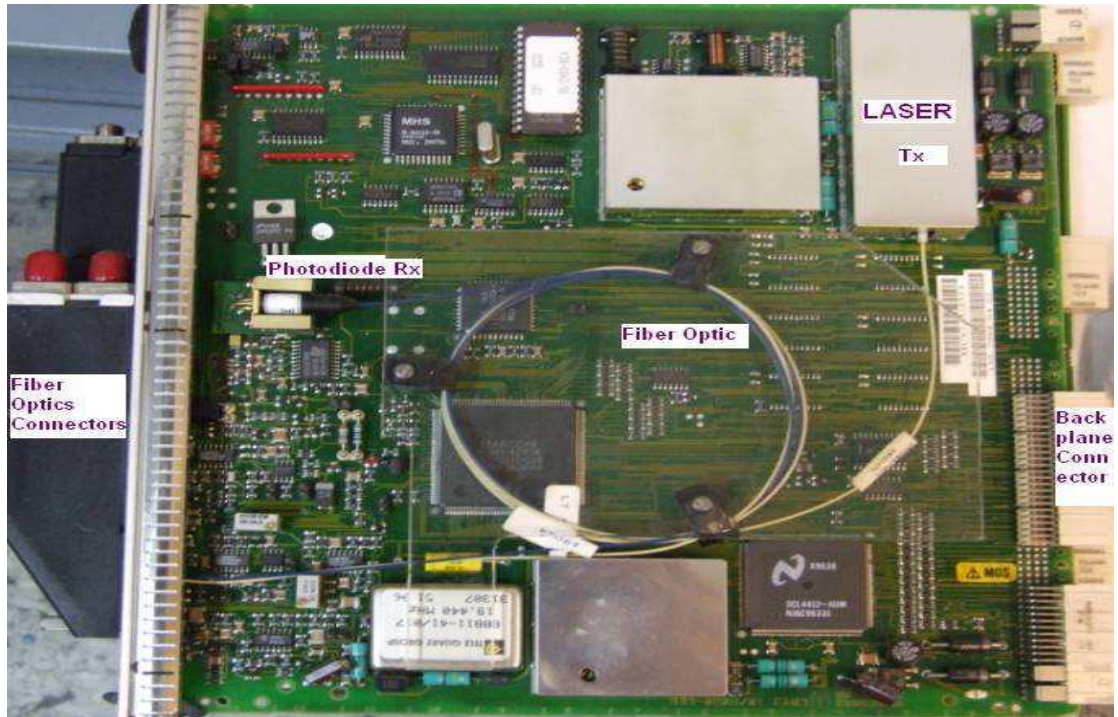
**Line Card:** Η κάρτα γραμμής διαχειρίζεται ηλεκτρικά σήματα μεγάλης χωρητικότητας (από 155Bits/sec και άνω) τα οποία παραλαμβάνει από την switch matrix και αναλαμβάνει να τα μετατρέψει σε οπτικό σήμα το οποίο θα ταξιδεύσει εντός της οπτικής ίνας. Αντίστροφα μετατρέπει το οπτικό σήμα υψηλής χωρητικότητας έως και 10Gbits/sec σε ηλεκτρικό σήμα το οποίο προωθείται στην switch matrix. Κάθε πολυπλέκτης έχει είτε 2 κάρτες γραμμής (1 κάρτα γραμμής ανά πλευρά) είτε 4 κάρτες γραμμής αν έχουμε (2 κάρτες γραμμής ανά πλευρά). Στην κάρτα γραμμής ξεκινάει και τερματίζει το ζευγάρι οπτικών ινών (Tx Rx). Οι κάρτες γραμμής ακολουθούν τις συστάσεις G.707/G.957 της ITU – T. Μεταξύ του καλωδίου οπτικών ινών και της κάρτας γραμμής του πολυπλέκτη παρεμβάλλεται ο οπτικός κατανεμητής – Optical distributor frame. Από εκεί αναχωρούν τα μεν ζευγάρια οπτικών ινών προς τις κάρτες γραμμής του πολυπλέκτη και τα δε αντίστοιχα pig tails για το καλώδιο οπτικών ινών.

Οι κάρτες γραμμής όταν αναγνωρίσουν διακοπή σήματος στη λήψη – φωτοδίοδος τότε ενεργοποιείται η διαδικασία Automatic laser shutdown. Αυτή η διαδικασία ενεργοποιείται μόλις περάσουν περίπου 500ms από την στιγμή που διακόπηκε η λήψη του σήματος στο δέκτη. Μετά την έλευση των 500ms απενεργοποιείται το λέιζερ. Αυτό η διαδικασία ενεργοποιείται για δύο λόγους, πρώτον για να προστατευτεί ο μηχανικός που από λάθος θα κοιτάξει εντός του λέιζερ και δεύτερον για να προστατευτεί το ίδιο το λέιζερ από την άσκοπη κατανάλωση ισχύος κατά το διάστημα της διακοπής. Ανά τακτά χρονικά διαστήματα το λέιζερ ενεργοποιείται και παραμένει ενεργό για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα εάν αναγνωρισθεί λήψη στο δέκτη τότε παραμένει διαθέσιμο εάν όχι απενεργοποιείται εκ νέου.

Στη Εικόνα 27 και Εικόνα 28 εικόνα φαίνεται ο οπτικός κατανεμητής και μια οπτική κάρτα υψηλής χωρητικότητας.



Εικόνα 27: Οπτικός Κατανεμητής



Εικόνα 28: Ύψη Κάρτας γραμμής (Οπτική κάρτα)



Εικόνα 29 : Οπτική ζεύξη Θεσσαλονίκης – Αλεξανδρούπολης (ενδιάμεσα παρεμβάλλονται οπτικοί ενισχυτές)

## **Common Cards:** Σε αυτή την ομάδα καρτών ανήκουν

- Η κάρτα τροφοδοσίας του πολυπλέκτη (+/- 48Volt DC)
- Η βοηθητική κάρτα – Auxiliary card παρέχει κανάλια φωνής ώστε να παρέχεται στους μηχανικούς δυνατότητα τηλεφωνικής επικοινωνίας μέσω του οπτικού δικτύου όταν αυτοί βρίσκονται στο σημείο όπου είναι εγκατεστημένος ο πολυπλέκτης.
- Η κάρτα η οποία κρατάει όλη τη βάση δεδομένων του συστήματος – end of self. Η βάση δεδομένων – Data base του πολυπλέκτη κρατάει σημαντικές πληροφορίες που αφορούν τα κυκλώματα που διαχειρίζεται η switch matrix card Σε αυτήν καταγράφονται όλα τα κυκλώματα καθώς και οι διαδρομές τους. Δηλαδή πια κυκλώματα πρόκειται να ανέβουν στις οπτικές κάρτες πια πρέπει να κατέβουν από τις οπτικές κάρτες και πια θα περάσουν από την μία κάρτα γραμμής στην άλλη κάρτα γραμμής

- Η κάρτα – communication and control unit η οποία είναι υπεύθυνη για την επικοινωνία του πολυπλέκτη με το τμήμα επίβλεψης και διαχείρισης δικτύου (Telecommunication Network Management) Η συγκεκριμένη κάρτα δίνει την δυνατότητα στον μηχανικό να επιβλέπει είτε εξ' αποστάσεως – Q Interface(Ethernet) είτε τοπικά στέλνοντας – F Interface(RS232) το πολυπλέκτη παρέχοντας τις εξής πληροφορίες:

ο Σηματοδοσίες των σφαλμάτων: Πολλές είναι οι φορές που υπάρχουν στο πολυπλέκτη σφάλματα όπως LOS – Loss of Signal, LOF – Loss of Frame κ.α. τα οποία πρέπει να αναγνωριστούν γρήγορα ώστε να ακολουθήσει η άρση βλάβης – fault restoration

ο Μετρήσεις επιδόσεων συστήματος (ITU –T G.784 G826) : Μέτρηση ρεύματος κατανάλωσης από το λέιζερ, θερμοκρασία λέιζερ, εκπεμπόμενη οπτική ισχύς λέιζερ και εισερχόμενη οπτική ισχύς φωτοδιόδου. Επίσης δίνεται η δυνατότητα 24ώρου ή 15λέπτου μέτρησης για αναγνώριση ρυθμού λαθών που εισάγεται στη γραμμή BER – Bit error rate, όπως επίσης και μετρήσεις πακέτων δεδομένων.

ο Πληροφορίες που αφορούν το πολυπλέκτη: Η διεύθυνση του πολυπλέκτη NSAP – Network Service Access Point. Κάθε πολυπλέκτης έχει μοναδική διεύθυνση δικτύου και ορίζεται από το διαχειριστή του συστήματος καταλαμβάνει από 8 έως 20 bytes Μπορούμε επίσης να μάθουμε τους τύπους καρτών που έχει ο πολυπλέκτης, το σειριακό αριθμό κάθε κάρτας, την έκδοση του λογισμικού που τρέχει σε κάθε κάρτα. Κάθε κάρτα διαθέτει δύο τράπεζες μνήμης – memory bank φορτωμένη η κάθε μία με διαφορετική έκδοση του λογισμικού. Ο διαχειριστής του συστήματος έχει τη δυνατότητα να δει πια έκδοση είναι ενεργή – active και πια ανενεργή – ανενεργή.

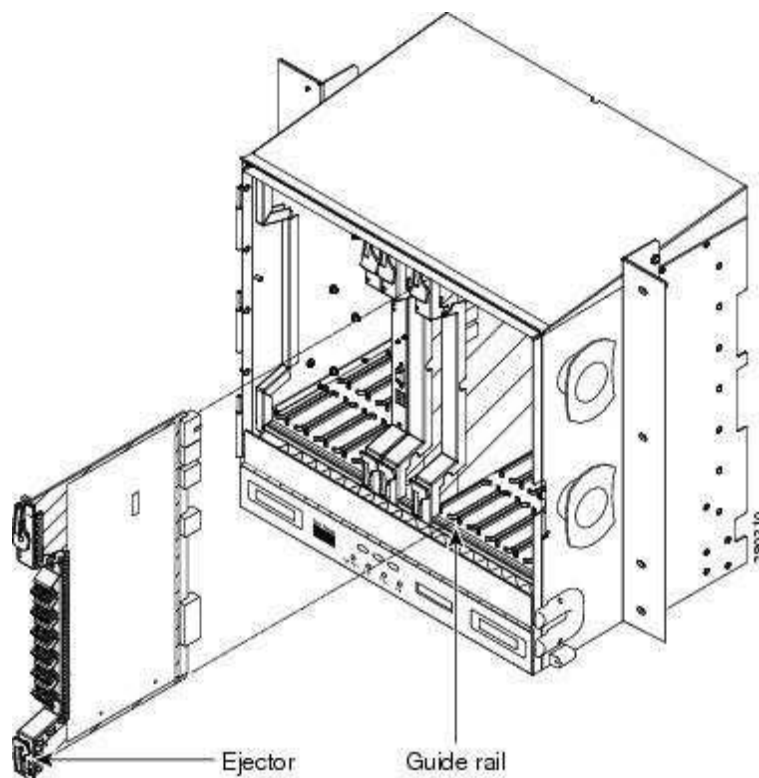
ο Αναβαθμίσεις – Διαγνωστικοί έλεγχοι: Μπορούμε να κάνουμε διαγνωστικούς ελέγχους με την μέθοδο του Loop back και loop front. Επίσης μπορούμε να αναβαθμίσουμε το λογισμικό μιας κάρτας και έπειτα να το θέσουμε σε λειτουργία.

## 6.4. Εξωτερική Δομή Του Πολυπλέκτη

Στη παράγραφο 6.3. είδαμε την εσωτερική δομή ενός πολυπλέκτη και αναφέραμε τις κάρτες που συνθέτουν το πολυπλέκτη όπως επίσης και τις μονάδες διασύνδεσης. Η επικοινωνία των καρτών του πολυπλέκτη και των μονάδων διασύνδεσης γίνεται με τη χρήση του μιας κεντρικής πλακέτας πάνω στην οποία έχουν σχεδιαστεί όλες οι απαραίτητες διασυνδέσεις καρτών (tributary units, switch unit, line cards) και μονάδων διασύνδεσης – connection units. Η πλακέτα αποτελεί το back plane του πολυπλέκτη το οποίο διαθέτει ειδικούς υποδοχείς slots στους οποίους συνδέονται όλες οι μονάδες και έτσι επιτυγχάνεται η μεταξύ τους διασύνδεσή.

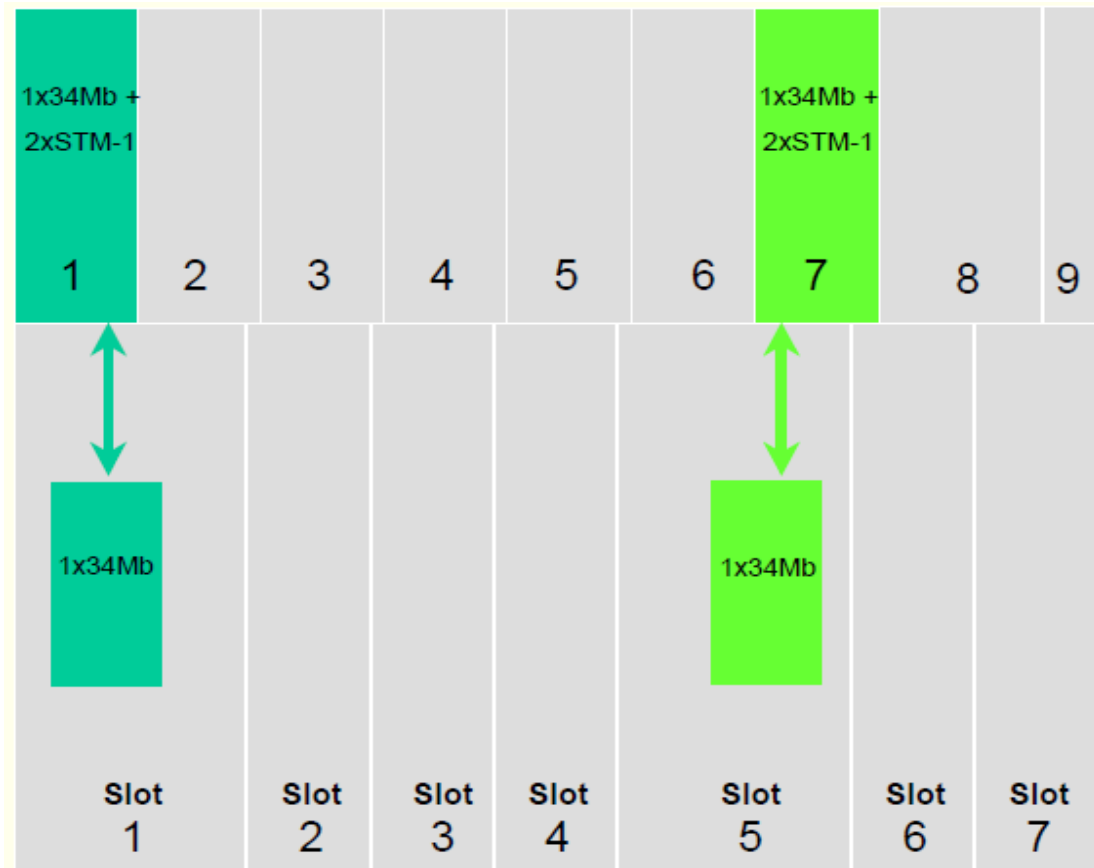
Οι connection units να υπενθυμίσουμε ότι είναι οι πόρτες εισόδου εξόδου στις οποίες θα συνδεθούν κυκλώματα – circuits των 2Mbits/sec, 34Mbits/sec, 155Mbits/sec ώστε να οδηγηθούν στις tributary cards και από έπειτα στην switch card και τέλος στη line card όπου και θα γίνει η μετάδοση.

Στις δύο εικόνες 30 και 31 φαίνεται πώς γίνεται η εγκατάσταση κάρτας στο back plane του πολυπλέκτη καθώς και ένα πραγματικό rack στο οποίο φαίνεται το back plane.



Εικόνα 30: Εισαγωγή κάρτα σε backplane

Στα φυλλάδια των κατασκευαστών το back plane του πολυπλέκτη δίνεται ως πρόσοψη με αριθμημένα τα slots τόσο των μονάδων διασύνδεσης όσο και των καρτών.



Εικόνα 31: Μπλοκ διάγραμμα connectors και καρτών tributaries

## 6.5 Συμπεράσματα

Στο παρών κεφάλαιο μελετήσαμε διάφορες παραμέτρους των οπτικών ινών. Η καταλληλότερη επιλογή για τον τύπο της οπτικής ίνας εξαρτάται από την εφαρμογή και από το κόστος που θα απαιτηθεί. Διασπορά και εξασθένηση είναι δύο βασικές παράμετροι τους οποίους θα πρέπει να λάβουμε υπόψη κατά το στάδιο σχεδίασης μιας ζεύξης. Γινόμενο χιλιομετρικής απόστασης και ρυθμού ροής της πληροφορίας επίσης θα πρέπει να ληφθεί σοβαρά. Κάθε τύπος οπτικών ινών είναι κατάλληλος για ένα πολύ συγκεκριμένο εύρος εφαρμογών. Κατά συνέπεια θα πρέπει να επιλέγουμε την καταλληλότερη και όχι την γενικά ποιοτικότερη η οποία ανεβάζει το κόστος προμήθειας υλικών. Πέραν των οπτικών ινών οπουδήποτε υπάρχει σύνδεση – connectors θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η τυχόν απώλειες σύνδεσης ώστε να γίνει σωστά ο υπολογισμός του optical power budgeting. Πρέπει να θυμόμαστε ότι καμία υλοποίηση δεν μπορεί να γίνει αποδεκτή αν πρώτα δεν πληροί προδιαγεγραμμένα τεχνοοικονομικά κριτήρια



# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

## ΟΠΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ

### 7.1. Τεχνολογία PDH

Η PDH τεχνολογία προήλθε από τα Bell Labs και στόχο είχε την μεταφορά φωνής.

Η βασική ροή δεδομένων παραμένει το «βασικό ψηφιακό ρεύμα» (DS0-Digital Stream 0) που μεταφέρει bit με ρυθμό 64Kbps και το οποίο δομείται σε μια ιεραρχία όπου εφαρμόζεται πολυπλεξία σε διαδοχικά επίπεδο, αυξάνοντας έτσι και την ταχύτητα μετάδοσης. Η τεχνολογία αυτή βασίζεται στην πλεισιόχρονη πολυπλεξία και χρησιμοποιεί την τεχνική bit stuffing για να αντιμετωπίσει τις απαιτήσεις συγχρονισμού. Η τεχνολογία αυτή παρουσιάζει μια σειρά από μειονεκτήματα με κυριότερα:

- Μειωμένη απόδοση εξαιτίας του γεγονότος πως σε κάθε οπτικό σήμα μετάδοσης εισάγονται δυαδικά ψηφία συμπλήρωσης, σπαταλώντας έτσι χωρητικότητα.
- Για να υπάρξει πρόσβαση σε ένα σήμα χαμηλότερα στην ιεραρχία πρέπει να γίνει αποπολυπλεξία όλων των επιπέδων.
- Τα πρότυπα και οι μηχανισμοί μεταφοράς πληροφοριών ελέγχου και διαχείρισης είναι περιορισμένα.

Για την αντιμετώπιση όλων των προβλημάτων που παρουσίασε η PDH τεχνολογία υπήρξε μεταστροφή σε μια νέα ομάδα προτύπων - τεχνολογιών, την SONET/SDH που βασίζεται στην σύγχρονη (synchronous) πολυπλεξία.

Η βασική διαφορά της σε σχέση με το PDH είναι ότι οι ρυθμοί μετάδοσης των δεδομένων είναι αυστηρά συγχρονισμένοι κατά μήκος ολόκληρου του δικτύου, χρησιμοποιώντας ρολόγια μεγάλης ακριβείας.

### 7.1.1 Χαρακτηριστικά Του Σήματος PDH

Τα κύρια χαρακτηριστικά ενός σήματος PDH είναι τα εξής:

- Κάθε πολυπλέκτης έχει τη δική του πηγή χρονισμού (εσωτερικό ρολόι). Δεν είναι απαραίτητο ο πολυπλέκτης να συγχρονίζεται με το σήμα εισόδου. Τα ρολόγια των ψηφιακών παροχών – tributaries έχουν την ίδια ονομαστική τιμή συχνότητας αλλά παρουσιάζουν μικρές αποκλίσεις από αυτή μέσα σε προδιαγεγραμμένα πλαίσια. Για το λόγο αυτό τα σήματα αυτά ονομάζονται πλησιόχρονα – Plesiochronous.
- Η πολυπλεξία πάνω από τα 2Mbits/sec γίνεται bit – by – bit Στην κατά CEPT ιεραρχία, τέσσερα σήματα πολυπλέκονται για να δώσουν ένα σήμα ανώτερης τάξης. Σε κάθε τάξη πολυπλεξίας δημιουργείται ένα καινούριο πλαίσιο – frame, το οποίο περιέχει πρόσθετη πληροφορία (λέξη συγχρονισμού πλαισίου, υπηρεσιακά bits, bits ελέγχου και bits σηματοδότησης).
- Ο συγχρονισμός επιτυγχάνεται με bit – by – bit θετική τροποποίηση. Ο ρυθμός που αντιστοιχεί σε κάθε ψηφιακή παροχή στο πλαίσιο του πολυπλεγμένου σήματος είναι πάντοτε λίγο μεγαλύτερος από το μέγιστο επιτρεπόμενο ρυθμό μετάδοσης της παροχής. Η έλλειψη του ωφέλιμου σήματος που οφείλεται στο λόγο αυτό καλύπτεται με προσθήκη – όταν χρειάζεται – bits τροποποίησης – justification bits σε προκαθορισμένες θέσεις του πλαισίου του πολυπλεγμένου σήματος. Η διαδικασία αυτή γίνεται ανεξάρτητα για το κάθε κανάλι.
- Η σχετική θέση που έχει η πολυπλεγμένη πληροφορία εντός του πλαισίου – frame δεν καταγράφεται. Άρα εάν δεν ακολουθήσει αποπολυπλεξία του πλαισίου ώστε να προκύψουν τα ψηφιακά σήματα δεν είναι δυνατή η πρόσβαση στο σήμα. Δηλαδή το πολυπλεγμένο σήμα πρέπει να αποπολυπλεχθεί πλήρως ώστε να προκύψει το κύκλωμα προς διάθεση. Γι αυτό το λόγο τα PDH είναι Point to point διότι δεν μπορεί να γίνει επιλεκτική αποπολυπλεξία ενός μόνον σήματος.

## 7.2 Τεχνολογία Sonet/Sdh

### 7.2.1 Εισαγωγή SONET/SDH

Η χρήση της οπτικής μετάδοσης σε backbone δίκτυα στα οποία συνδέονται πελάτες με διαφορετικές ανάγκες σε ταχύτητες πρόσβασης και διαφορετικού τύπου εξοπλισμό ήταν ένας από τους λόγους που οδήγησαν στην δημιουργία προτύπων περιγραφής του τρόπου μεταφοράς δεδομένων πάνω από ένα οπτικό δίκτυο και κυρίως του τρόπου διασύνδεσης πάνω σε ένα οπτικό δίκτυο. Έτσι δημιουργήθηκαν οι αρχιτεκτονικές SONET και SDH που καθορίζουν πρότυπα για τους ρυθμούς μεταφοράς δεδομένων πάνω από οπτικά δίκτυα καθώς και τους τρόπους ομαδοποίησης και μετάδοσης των δεδομένων σε πλαίσια.

Πριν την εφαρμογή του WDM, οι αρχιτεκτονικές SONET/SDH υπέθεταν ότι η μετάδοση των δεδομένων γίνεται με χρήση ενός μόνο μήκους κύματος πάνω από μια οπτική ίνα. Τα πρότυπά τους όμως μπορούν να χρησιμοποιηθούν χωρίς αλλαγές και για μετάδοση πάνω από ένα σύστημα WDM. Ουσιαστικά οι αρχιτεκτονικές SONET/SDH αποτελούν ένα επίπεδο που βρίσκεται πάνω από το επίπεδο των οπτικών ινών και του ακριβούς τρόπου μετάδοσης του οπτικού σήματος μέσα από αυτές.

Παρόλα αυτά όμως τον τελευταίο καιρό αρχίζει μια έντονη αμφισβήτηση της χρησιμότητας ύπαρξης του επιπέδου SONET/SDH η οποία έχει οδηγήσει στην υλοποίηση συστημάτων WDM που δεν απαιτούν την ύπαρξη συστήματος SONET/SDH για την παροχή υπηρεσιών σε αρχιτεκτονικές υψηλότερων επιπέδων.

Το SONET (*Synchronous Optical Network*) είναι το καθιερωμένο πρότυπο μετάδοσης και πολυπλεξίας για μεταδόσεις υψηλών ταχυτήτων σημάτων στη Βόρεια Αμερική. Ένα σχετικό πρότυπο το SDH (*Synchronous Digital Hierarchy*), υιοθετήθηκε στην Ευρώπη και την Ιαπωνία και για τις περισσότερες υποθαλάσσιες συνδέσεις.

Τα πρότυπα SONET/SDH έλυσαν πολλά προβλήματα που σχετίζονταν με το προηγούμενο PDH (standards Plesiochronous Digital Hierarchy). Τα SONET και SDH είναι δίκτυα κυκλώματος και διαχειρίζονται σαν σταθερά αμετάβλητα δίκτυα κυκλώματος.

## 7.2.2 Απαιτήσεις Sonet Και SDH

Οι απαιτήσεις που πρέπει να αντιμετωπίσουν τα SONET και SDH είναι:

- Ευρυζωνικά Σήματα Διεθνούς Προτύπου. Τα πρότυπα ψηφιακής μετάδοσης που προηγήθηκαν του SDH προέκυψαν απ' την ανάγκη για πολυπλεξία σημάτων φωνής με διαίρεση χρόνου και γι' αυτό βασίστηκαν σε μια μονάδα bandwidth των 64 kb/s. Κανένας άλλος ρυθμός δεν είχε ιδιαίτερη σημασία απ' την άποψη της υπηρεσίας. Σαν αποτέλεσμα, δεν υπήρχε κανένα ευρυζωνικό σήμα διεθνούς προτύπου και αυτό θα γινόταν ένα σημαντικό οικονομικό εμπόδιο στη διαθεσιμότητα οικονομικών ευρυζωνικών υπηρεσιών.
- Βαθμωτή Χωρητικότητα Συστήματος. Ένα σύνολο από πρότυπα ήταν αναγκαία που θα μπορούσαν να κλιμακωθούν με την τεχνολογία, έτσι ώστε να μη χρειαζόταν να επαναφέρουμε ομάδες προτύπων για κάθε αλλαγή.
- Χαμηλότερο κόστος πρόσβασης σε συνθετικά σήματος. Στα προηγούμενα πρότυπα το σήμα έπρεπε να αποπολυπλεχθεί πλήρως για να προσδιοριστεί η ωφέλιμη πληροφορία. Στα SONET/SDH υπήρχε η πρόκληση να δημιουργηθεί ένα σύστημα στο οποίο κάθε ψηφιολέξη θα μπορούσε να προσδιοριστεί και να διαχειριστεί εύκολα. Η εξάλειψη της back-to-back πολυπλεξίας και η δημιουργία ενός add-drop πολυπλέκτη (ADM) μπορούσε να προσφέρει σημαντικό όφελος στα έξοδα των διαχειριστών δικτύων.
- Αρχιτεκτονικές Επιβιώσιμων Δικτύων. Καθώς η χωρητικότητα των συστημάτων συνέχιζε να μεγαλώνει με βελτιώσεις στην οπτο-ηλεκτρονική τεχνολογία, η καταγιστική επίδραση του εξοπλισμού ή τα σφάλματα στις συνδέσεις αυξάνονταν αντίστοιχα. Οι νέες αρχιτεκτονικές ήταν αναγκαίο να είναι αποδοτικές σε σφάλματα και σε οικονομικές επιδράσεις. Μία απ' τις σημαντικές παροχές του SDH είναι η εισαγωγή των αρχιτεκτονικών δακτυλίων με «αυτοίαση».
- Τυποποιημένες Αυτόματες Λειτουργίες. Οι διαχειριστές υπηρεσιών είναι αναγκαίο να αυτοματοποιούν τις λειτουργίες τους στο μέγιστο βαθμό, έτσι ώστε να βελτιώνουν και τα έξοδά τους και τις ποιότητες των υπηρεσιών που παρέχουν.

\*\*\* Το βασικό σήμα του SDH έχει ένα ρυθμό των 155.52 Mb/s και ονομάζεται μέτρο ασύγχρονης μετάδοσης, επίπεδο 1 (STM-1). Υψηλότερου ρυθμού σήματα είναι ακριβή πολλαπλάσια αυτού του ρυθμού και αυξάνονται κατά παράγοντες του 4. Το SDH και το SONET είναι ιεραρχικά συμβατά το ένα με το άλλο, με το δεύτερο να ξεκινάει σε ρυθμό ακριβώς το ένα τρίτο του βασικού σήματος του SDH. Για να φτιάξουμε συστήματα μετάδοσης συμβατά με τις υπάρχουσες ιεραρχίες σημάτων, καθορίζεται ένας αριθμός χαρτογραφήσεων.

Σήματα υψηλότερου ρυθμού στην ιεραρχία μπορούν να είναι είτε πολλαπλάσια σημάτων χαμηλότερου ρυθμού, είτε μπορούν να αποτελέσουν ένα νέο υψηλής χωρητικότητας κανάλι Ένα σήμα το οποίο δεν αποτελείται από πολλαπλά σήματα αναφέρεται με τον όρο “concatenated”, και υποδηλώνεται με ένα C μετά το νούμερο της ιεραρχίας, π.χ. STM-4C. Το ωφέλιμο τμήμα αυτού του σήματος υποδηλώνει ότι αυτό το σήμα δεν μπορεί να αποπολυπλεχθεί σε χαμηλότερης ταχύτητας ροές. Τα πιο κοινά παραδείγματα σήματα είναι υψηλής ταχύτητας ροές πακέτων από IP routers ή ATM διακόπτες, που πρέπει να χαρτογραφηθούν στο ωφέλιμο τμήμα για μετάδοση στο SDH. Αυτή η ιδιαιτερότητα επιτρέπει τη μελλοντική μετάδοση υψηλής χωρητικότητας σημάτων καθώς πλησιάζει η στιγμή που αυτό θα είναι αναγκαίο.

Το TDM είναι περιοδικό με περίοδο 125 μs. Αυτό αντιστοιχεί στην περίοδο ενός δείγματος φωνής απ’ την τηλεφωνία. Μία οχτάδα βοηθάει στο να μεταδοθεί ένα ψηφιακό σήμα 8 δυφίων, για ένα κανάλι φωνής κι αυτά τα δείγματα πρέπει να παίρνονται κάθε 125 μs για να αναπαράγονται πιστά οι συχνότητες στο 3-kHz αναλογικό bandwidth του σήματος φωνής. Αυτό αντιστοιχεί σε ρυθμό 64 kb/s.

Το SDH σήμα σε μια γραμμή μετάδοσης υψηλής ταχύτητας είναι μια ακολουθία από οχτάδες που σχηματίζουν ένα δείγμα το οποίο επαναλαμβάνεται κάθε 125 μs. Γι’ αυτό το λόγο ένα δείγμα είναι μια συγκεκριμένη ακολουθία από 810 οχτάδες. Η πλειονότητα των οχτάδων διακομίζει subscriber πληροφορία..

### **7.2.3 Ειδικότερα, Άλλα Σημαντικά Πλεονεκτήματα Που Εξασφαλίζει Η Τεχνολογία SONET/SDH Είναι Τα Εξής:**

- **Σχεδιάστηκε για συμφέρουσα, από πλευράς κόστους, και ευέλικτη τηλεπικοινωνιακή δικτύωση.** Τα πρότυπα του SONET/SDH βασίζονται στις αρχές της άμεσης σύγχρονης πολυπλεξίας, που είναι το κλειδί για οικονομική και ευέλικτη τηλεπικοινωνιακή δικτύωση. Ουσιαστικά, αυτό σημαίνει ότι συγκεκριμένα σήματα εισόδου μπορεί να πολυπλεχθούν κατ’ ευθείαν σε ένα SONET/SDH σήμα υψηλότερης ταχύτητας, χωρίς ενδιάμεσα στάδια πολυπλεξίας. Στη συνέχεια τα στοιχεία του SONET/SDH δικτύου (network elements) μπορούν να διασυνδεθούν κατ’ ευθείαν στο υπάρχον δίκτυο, με προφανή οφέλη από πλευράς κόστους και οικονομίας συσκευών.

- **Εξασφαλίζει ενσωματωμένη χωρητικότητα σήματος, για προηγμένη διαχείριση και συντήρηση δικτύου.** Ικανότητες για προηγμένη διαχείριση και συντήρηση δικτύου έτσι ώστε να είναι δραστικά διαχειρίσιμη η ευελιξία του. Περίπου 5% της δομής SONET/SDH σήματος χρησιμοποιείται για υποστήριξη διαδικασιών και πρακτικών προηγμένης διαχείρισης και συντήρησης του δικτύου.

- **Εξασφαλίζει ευέλικτη μεταφορά σήματος.** Το SONET/SDH σήμα είναι ικανό να μεταφέρει όλα τα συνηθισμένα σήματα, που υπάρχουν στα σημερινά τηλεπικοινωνιακά δίκτυα. Αυτό σημαίνει ότι το SONET/SDH μπορεί να αναπτυχθεί σαν ένα πλαίσιο επικάλυψης στο υπάρχον δίκτυο και όπου χρειαστεί, εξασφαλίζει βελτιωμένη ευελιξία δικτύου, μεταφέροντας διαφόρους τύπους σημάτων.

Επιπρόσθετα, το SONET/SDH έχει τη δυνατότητα να ενσωματώσει εύκολα νέους τύπους σημάτων, που εξυπηρετούν πελάτες, και τα οποία θα ζητηθούν στο μέλλον από τους χρήστες δικτύων.

- **Οδηγεί σε μία απλή και ενιαία δομή τηλεπικοινωνιακού δικτύου.**

Το SONET/SDH μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε όλα τα παραδοσιακά πεδία εφαρμογής των τηλεπικοινωνιών. Το βασικό δομικό στοιχείο των οπτικών διεπαφών (optical interfaces) της τεχνολογίας SONET είναι το *Σήμα Σύγχρονης Μεταφοράς (Synchronous Transport Signal-STS)*. Το αντίστοιχο για το πρότυπο SDH είναι η *Μονάδα Σύγχρονης Μεταφοράς (Synchronous Transfer Module-STM)*. Στον παρακάτω πίνακα συνοψίζονται οι προτυποποιημένοι ρυθμοί για τις πλατφόρμες SONET/SDH, με τους αντίστοιχους συμβολισμούς για το οπτικό και το ηλεκτρικό επίπεδο.

#### 7.2.4 Το Πρότυπο Επικοινωνίας SDH (Synchronous Digital Hierarchy)

Η Σύγχρονη Ψηφιακή Ιεραρχία (**Synchronous Digital Hierarchy - SDH**) (Εικόνα 32) διατυπώθηκε για πρώτη φορά από τη Διεθνή Ένωση Τηλεπικοινωνιών (ITU) το 1987 και από τότε αναπτύσσεται με γοργούς ρυθμούς στα τηλεπικοινωνιακά δίκτυα. Χρησιμοποιείται αποτελεσματικά σε όλα τα επίπεδα των δικτυακών υποδομών, συμπεριλαμβανομένων των δικτύων κορμού (**trunk networks**) και των δικτύων πρόσβασης (**access networks**). Στο **SDH**, τα σήματα πολυπλέκονται σε ένα μόνο στάδιο και μεταδίδονται στο δίκτυο, αφού ευθυγραμμιστούν χρονικά με ένα τοπικό σήμα ρολογιού. Αυτό έρχεται σε αντίθεση με το προηγούμενο πρότυπο της Πλησιοσύγχρονης Ψηφιακής Ιεραρχίας (PDH), όπου η πολυπλεξία γινόταν ασύγχρονα και σε βήματα. Το πρότυπο **SDH** αναμένεται να αποτελέσει τη βάση των παγκόσμιων τηλεπικοινωνιακών συστημάτων για τουλάχιστον τις επόμενες δύο ή τρεις δεκαετίες.

Το SDH βασίζεται στο SONET και το επεκτείνει

Το βασικό πρόβλημα το οποίο επιλύει επιτυχώς η τεχνολογία SONET/SDH είναι οι πολύπλοκες διαδικασίες μετατροπών (πολύπλεξης-αποπολύπλεξης κωδικοποίησης- αποκωδικοποίησης) που θα απαιτούνταν για την επικοινωνία μεταξύ διαφορετικών τύπων δικτύων. Το γεγονός αυτό επιτυγχάνεται μέσω της τυποποίησης κατά SONET/SDH των ρυθμών μεταφοράς και των τρόπων με τον οποίο είναι οργανωμένα τα δεδομένα. Έτσι, είναι δυνατή η μεταφορά πολλών διαφορετικών τύπων δεδομένων μέσω μιας κοινής γραμμής.

#### 7.2.4.1 Χαρακτηριστικά Του Σήματος SDH

Τα κύρια χαρακτηριστικά ενός σήματος SDH είναι τα εξής:

- Όλο το δίκτυο μετάδοσης είναι συγχρονισμένο από μία κεντρική πηγή χρονισμού.
- Τα σήματα εισάγονται απ' ευθείας στο ανώτερο επίπεδο χωρίς παροδική αποθήκευση buffering. Η σχετική θέση της ωφέλιμης πληροφορίας εντός του πλαισίου – frame καταγράφεται με τη βοήθεια δεικτών – data pointer. Έτσι η πρόσβαση σε συγκεκριμένη παροχή στο πολυπλεγμένο σήμα SDH της ανώτερης τάξης της ιεραρχίας γίνεται ακολουθώντας την τιμή του δείκτη.
- Υπάρχει δυνατότητα για πλησιόχρονη λειτουργία αν αυτό είναι απαραίτητο. Σ' αυτή την περίπτωση ο συγχρονισμός επιτυγχάνεται με byte by byte θετική/μηδενική/αρνητική τροποποίηση.
- Η πολυπλεξία γίνεται byte by byte. Με την πολυπλεξία πολλών σημάτων STM – 1 πετυχαίνονται υψηλότεροι ρυθμοί μετάδοσης, αρχίζοντας από το βασικό σήμα STM – 1.

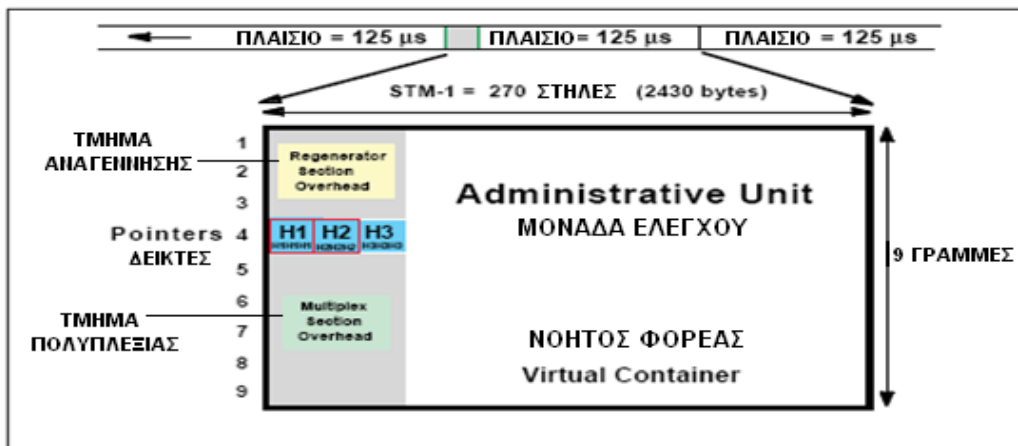
Η πολυπλεξία γίνεται με τέτοιο τρόπο, ώστε η δομή του πολυπλεγμένου σήματος STM – N να είναι βασικά η ίδια με την STM -1. Οι ρυθμοί μετάδοσης των πολυπλεγμένων σημάτων είναι ακέραια πολλαπλάσια του 155,52Mbits/sec

#### 7.2.4.2 Το Στοιχειώδες Πλαίσιο STM-1 Και Η Διαδικασία Μετάδοσης Του Μέσα Σε Ένα Δίκτυο Βασισμένο Στο SDH

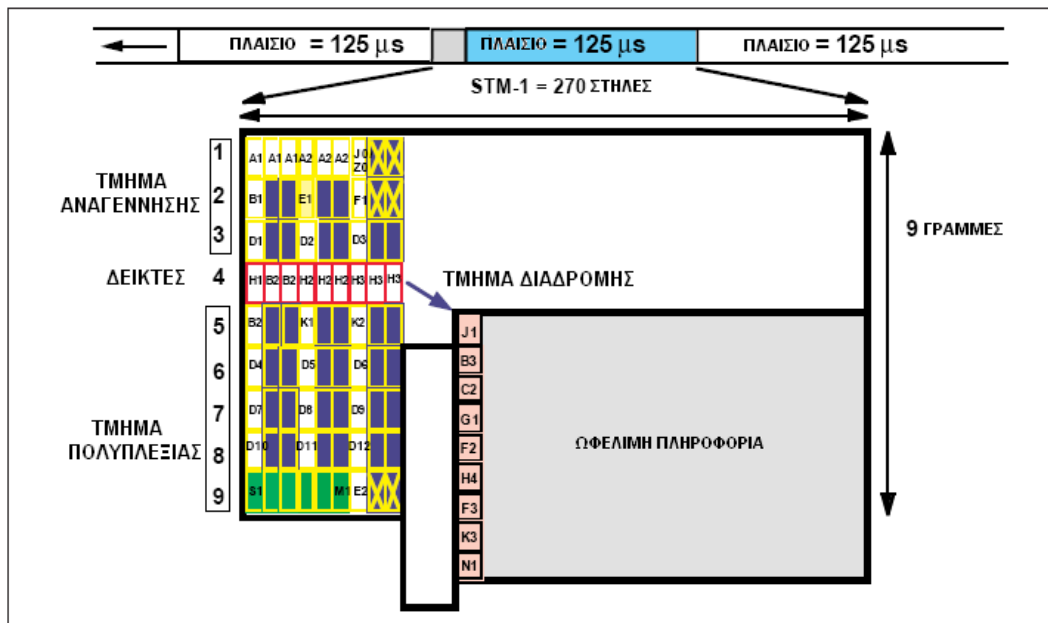
Η στοιχειώδης μονάδα πληροφορίας του SDH ονομάζεται πλαίσιο **STM-1** (Εικόνα 32). Η διάρκειά του είναι 125 μs (μεταδίδονται δηλαδή 8.000 πλαίσια το δευτερόλεπτο) και αποτελείται από 9 γραμμές των 270 bytes το καθένα. Τα πρώτα 9 bytes κάθε γραμμής, συνθέτουν τον πλεονασμό (**standard/fixed overhead**), ενώ τα υπόλοιπα 261 αντιστοιχούν στην ωφέλιμη πληροφορία (**payload**). Το payload μαζί με τους δείκτες (pointers - bytes H1, H2 και H3) σχηματίζουν τη μονάδα ελέγχου (**Administrative Unit**). Η προσθήκη στο payload ενός δείκτη (header), που περιέχει πληροφορία για τη διαδρομή (POH - Path OverHead), καταλήγει στη δημιουργία ενός νοητού φορέα (**Virtual Container - VC**).

Στην Εικόνα 32, απεικονίζεται ένα τέτοιο πλαίσιο ως 9 σειρές bytes επί 270 στήλες bytes. Η σειρά μετάδοσης, σύμφωνα με το πρότυπο 6707 της ITU, είναι: η γραμμή #1 μεταδίδεται πρώτη, όπως και το πιο σημαντικό bit (MSB) κάθε byte.

Η χωρητικότητα κάθε πλαισίου, δηλαδή ο αριθμός των συνολικών bit που περιέχονται σε αυτό, υπολογίζεται ως εξής: 270 bytes/στήλη x 9 στήλες/πλαίσιο x 8 bits/byte = 19.440 bits/πλαίσιο, ενώ ο ρυθμός μετάδοσης του STM-1 είναι: 8.000 πλαίσια/sec x 19.440 bits/πλαίσιο = 155,52 Mbit/s. Στην Εικόνα 33 που ακολουθεί, παρουσιάζεται αναλυτικότερα η δομή του σταθερού πλεονασμού του STM-1, καθώς και ο «πλεονασμός διαδρομής» που εμπεριέχεται μέσα στον τομέα ωφέλιμης πληροφορίας. Όπως φαίνεται, τον πλεονασμό του πλαισίου συνθέτουν οκτάδες bit, οι οποίες εκτελούν συγκεκριμένες λειτουργίες στο δίκτυο, ενώ υπάρχουν και κάποιες οκτάδες, οι οποίες δε χρησιμοποιούνται προς το παρόν.



Εικόνα 32: Το βασικό πλαίσιο STM-1 του SDH

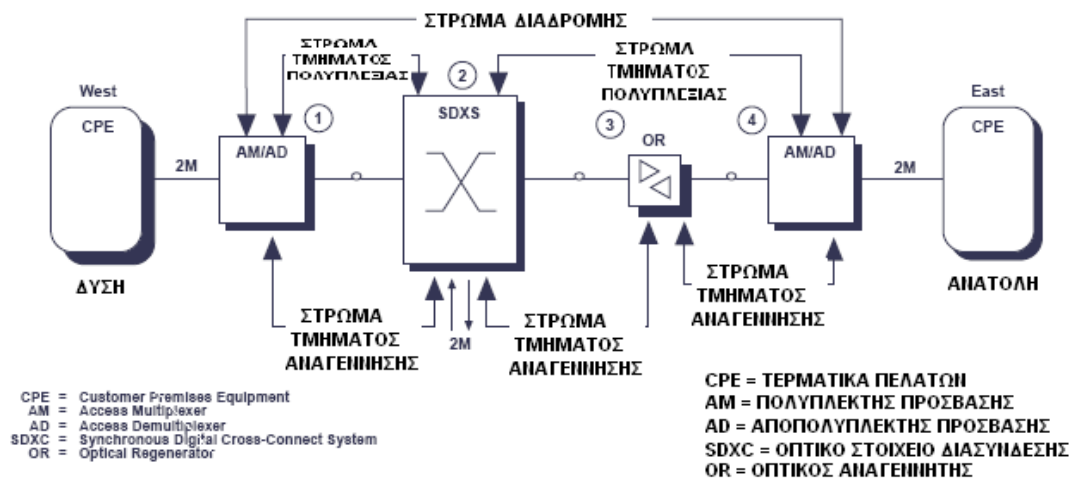


Εικόνα 33: Αναλυτικότερη παρουσίαση του πλαισίου STM-1 και των επιμέρους bit που συνθέτουν τον πλεονασμό.



Ο σταθερός πλεονασμός (fixed overhead) του SDH χωρίζεται σε τρία επί μέρους τμήματα (Εικόνα 32): το «τμήμα αναγέννησης» (**Regeneration Section**), το «τμήμα πολυπλεξίας» (**Multiplex Section**) και το «τμήμα δεικτών» (**Pointer Section**), καθένα από τα οποία εκτελεί καθορισμένη λειτουργία. Τα τμήματα αυτά έχουν ιεραρχική σχέση, με κάθε επίπεδο να στηρίζεται στη λειτουργία αυτών που βρίσκονται πιο χαμηλά. Το «**τμήμα αναγέννησης**» εντοπίζεται στις πρώτες τρεις γραμμές, ανάμεσα στις στήλες 1 έως 9 και χρησιμοποιείται για να αυξήσει την αξιοπιστία μετάδοσης μεταξύ των αναμεταδοτών (regenerators). Το «**τμήμα πολυπλεξίας**» βρίσκεται μεταξύ των γραμμών 5 έως 9, ανάμεσα στις πρώτες 9 στήλες και μεταφέρει πληροφορία απαραίτητη για την πολυπλεξία-αποπολυπλεξία. Συνεχίζοντας, το «**τμήμα δεικτών**» βρίσκεται στην τέταρτη γραμμή, μεταξύ των στηλών 1 έως 9 και χρησιμοποιείται για να δείξει την αρχή του Virtual Container (εικονικού συσσωρευτή), καθώς η διεύθυνση της δεν είναι σταθερή μέσα στο πεδίο ωφέλιμης πληροφορίας του πλαισίου. Αξίζει να σημειωθεί ότι πλέον του σταθερού πλεονασμού (fixed overhead) και η πρώτη στήλη του νοητού φορέα (VC), χρησιμοποιείται ως πλεονασμός. Ονομάζεται «πλεονασμός διαδρομής» (**Path OverHead – POH**) και περιέχει πληροφορία για το μονοπάτι που θα ακολουθήσει το πλαίσιο μέσα στο δίκτυο.

Το δίκτυο μετάδοσης αποτελείται από επιμέρους στοιχεία (Εικόνα 33) (**network elements ή NE**) τα οποία είναι υπεύθυνα να ερμηνεύουν και να μεταβάλλουν το τμήμα του overhead που τους αντιστοιχεί. Πιο συγκεκριμένα, το NE που επεξεργάζεται το Regenerator Section του overhead καλείται «στοιχείο τερματισμού τμήματος αναγέννησης» (**regenerator section terminating equipment – RSTE**), αυτό που επεξεργάζεται το Multiplex Section λέγεται «στοιχείο τερματισμού τμήματος πολυπλεξίας» (**multiplexer section terminating equipment - MSTE**), ενώ αυτό που ασχολείται με το Path Section λέγεται στοιχείο «τερματισμού τμήματος διαδρομής» (**path terminating equipment - PTE**). Η εικόνα 34 περιγράφει τη μετάδοση ενός σήματος μέσα από ένα τέτοιο δίκτυο.



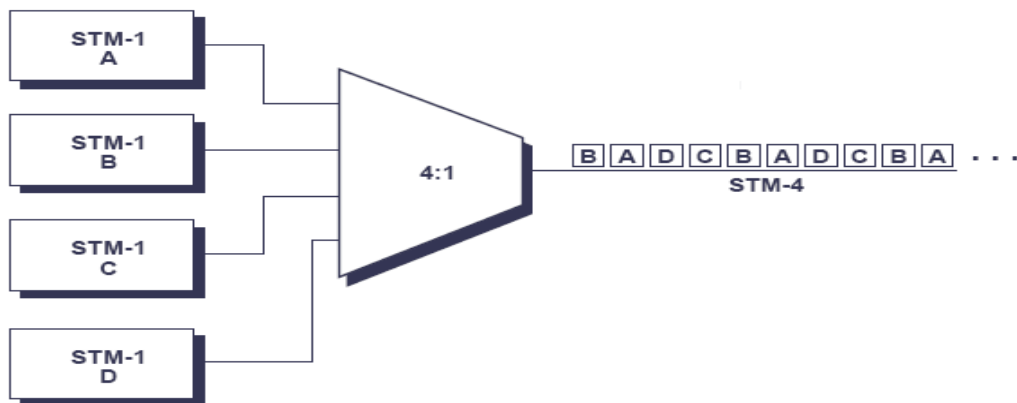
Εικόνα 34 :Η δομή ενός δικτύου μετάδοσης SDH

Η διαδικασία γίνεται ως εξής: το τμήμα μονοπατιού (**POH**) δημιουργείται από ένα στοιχείο PTE, λ.χ. έναν πολυπλέκτη πρόσβασης (access multiplexer - AM), όταν το αρχικό σήμα εισέρχεται στο δίκτυο του SDH.

Έπειτα, πραγματοποιείται επεξεργασία του τμήματος πολυπλεξίας (**MSOH**), μέσω του MSTE, που στο σχήμα είναι ο συνδυασμός ενός σύγχρονου πολυπλέκτη (synchronous multiplexer - SM), ενός οπτικού στοιχείου διασύνδεσης (synchronous digital crossconnect system – SDXS) και ενός πολυπλέκτη πρόσβασης (access multiplexer - AM) ή ενός αποπολυπλέκτη πρόσβασης (access demultiplexer - AD). Εκεί γίνεται ο συγχρονισμός μεταξύ των κυριότερων κόμβων του δικτύου και εμποτεύονται τα λάθη μεταξύ αυτών. Στη συνέχεια, το τμήμα αναγέννησης (**RSOH**) μεταβάλλεται από ένα στοιχείο RSTE που μπορεί να αποτελείται από ένα οπτικό αναγεννητή (OR), ένα σύγχρονο πολυπλέκτη (SM), ένα οπτικό στοιχείο διασύνδεσης (SDXS), ένα πολυπλέκτη πρόσβασης (AM), ή ένα αποπολυπλέκτη πρόσβασης (AD). Στο σημείο αυτό εντοπίζονται τα σφάλματα μεταξύ όλων των κόμβων του δικτύου. Τέλος, το Path Overhead (POH) αφαιρείται από ένα PTE (αυτή τη φορά έναν αποπολυπλέκτη AD) και η διαδικασία ολοκληρώνεται.

#### 7.2.4.3 Πολυπλεξία Σήματος Και Επίπεδα Μετάδοσης Του SDH

Μερικά χαρακτηριστικά επίπεδα μετάδοσης στη Σύγχρονη Ψηφιακή Ιεραρχία είναι τα STM-1, STM-4, STM-16, STM-64, STM-256 και γενικά είναι της μορφής STM-N, με  $N = 2^k$  ( $k = 0, 1, 2..12$ ). Αξίζει να σημειωθεί ότι για λόγους πληρότητας της ορολογίας SDH, ορίζεται και το επίπεδο μετάδοσης STM-0, με ρυθμό μετάδοσης τα 51.84 Mbit/s (ίσο με το  $\frac{1}{3}$  του αντίστοιχου ρυθμού του STM-1). Όπως φαίνεται στην Εικόνα 35, ένα σήμα STM-4 δημιουργείται από την πολυπλεξία τεσσάρων πλαισίων STM-1. Ο βασικός ρυθμός μετάδοσης των πλαισίων παραμένει στα 8000 πλαίσια/sec, όμως η συνολική χωρητικότητα τετραπλασιάζεται, φτάνοντας τα  $4 \times 155.52$  Mbit/s = 622.08 Mbit/s (Εικόνα 33).



Εικόνα 35: Πολυπλεξία τεσσάρων πλαισίων STM-1 για τη δημιουργία ενός STM-4.

Με ανάλογο τρόπο τέσσερα πλαίσια STM-4 μπορούν να πολυπλεχθούν ώστε να σχηματιστεί ένα STM-16 κ.ο.κ. Στην εικόνα 36 παρουσιάζονται ορισμένα από τα πρότυπα μετάδοσης πλαισίων του SDH, ο ρυθμός μετάδοσης της πληροφορίας και ο μέγιστος αριθμός των τηλεφωνικών καναλιών 64 bit/sec που μπορούν να μεταδοθούν σε κάθε πρότυπο (Εικόνα 33).

ΤΥΠΟΣ ΠΛΑΙΣΙΟΥ	ΡΥΘΜΟΣ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ	ΜΕΓΙΣΤΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΤΗΛΕΦΩΝΙΚΩΝ ΚΑΝΑΛΙΩΝ
STM-0	51.84 Mbit/s	480
STM-1	155.52 Mbit/s	1,920
STM-4	622.08 Mbit/s	7,680
STM-16	2.488 Gbit/s	30,720

Εικόνα 36 : Πρότυπα μετάδοσης πλαισίων του SDH, ο ρυθμός μετάδοσης της πληροφορίας και ο μέγιστος αριθμός των τηλεφωνικών καναλιών 64 bit/sec που μπορούν να μεταδοθούν σε κάθε πρότυπο.

Το πρότυπο SDH βασίζεται σε μεγάλο βαθμό στο SONET και μάλιστα επεκτείνει κάποια στοιχεία του έτσι ώστε να μπορέσει να γίνει διεθνές standard. Παρά τη μεγάλη ομοιότητα υπάρχουν κάποιες διαφορές μεταξύ τους. Η πιο βασική είναι η διαφορά στον βασικό ρυθμό. Στο SDH ο ρυθμός αυτός είναι περίπου 150Mbps, ενώ στο SONET είναι 50Mbps. Αυτό σημαίνει ότι απαιτείται η συνένωση (concatenation) τριών βασικών σημάτων STS-1 του SONET για να προκύψει το STM-1 του SDH.

Επίσης τα SONET και SDH διαφέρουν στο πλήθος και την πυκνότητα των ρυθμών μετάδοσης που υποστηρίζουν. Επειδή η τιμή του βασικού πλαισίου του SDH είναι 155,520 Mbps, με την πολυπλεξία π.χ. τεσσάρων καναλιών θα προκύψει ροή πληροφορίας με ρυθμό 622,080 Mbps (STM-4) και αν πολυπλεχθούν 16, ο ρυθμός που θα προκύψει ισούται με 2488,320 (STM-16).

Επιπλέον, όσον αφορά το πλαίσιο μετάδοσης, το πλαίσιο του SONET μπορεί να θεωρηθεί ότι είναι το ένα τρίτο του SDH. Το πλαίσιο του SDH αποτελείται από 9 γραμμές των 270 bytes, ενώ του SONET από 9 γραμμές των 90 bytes. Τέλος, επειδή στο SDH ορίζεται πολύ υψηλός βασικός ρυθμός, υπάρχει μια μεγαλύτερη δυσκολία για τη μεταφορά των σημάτων μικρότερου ρυθμού. Έτσι ορίζονται επιπλέον ρεύματα μικρότερου ρυθμού από τα VT όπως π.χ. τα C (container) και TU (tributary unit).

SONET (ANSI)	Οπτικός φορέας (OC)	SDH	Ρυθμός δεδομένων (Mbps)
STS-1	OC-1		51,84
STS-3	OC-3	STM-1	155,52
STS-9	OC-9	STM-3	466,56
STS-12	OC-12	STM-4	622,08
STS-18	OC-18	STM-6	933,12
STS-24	OC-24	STM-8	1244,16
STS-36	OC-36	STM-12	1866,24
STS-48	OC-48	STM-16	2488,32
STS-96	OC-96	STM-32	4976,64
STS-192	OC-192	STM-64	9953,28
STS-768	OC-768	STM-256	39813,12

Εικόνα 37 : πρότυπα ρυθμών μεταφοράς

Όταν η μετάδοση γίνεται χρησιμοποιώντας οπτική ίνα, ορίζεται ένα οπτικό αντίστοιχο του σήματος STS-1 που ονομάζεται «Οπτικός Φορέας – 1ου επιπέδου» (OC-1 Optical Carrier- level 1). Το OC-1 είναι το σήμα που λαμβάνεται στη ν έξοδο ενός ηλεκτρικό-οπτικού μετατροπέα, όταν στην είσοδό του εισάγεται το σήμα STS -1.

Το OC-1 αποτελεί το βασικό δομικό στοιχείο μετάδοσης στο SONET και από αυτό μπορούν να παραχθούν σήματα υψηλότερης ιεραρχίας. Για παράδειγμα το OC -3 μεταφέρει πληροφορία με ρυθμό 3x51,84 δηλαδή 155,42 Mbps. Ο αριθμός που συνοδεύει το πρόθεμα OC δείχνει το πλήθος των σημάτων ψηφιακού ρεύματος (DS3), που το τοπικό σήμα μπορεί να μεταφέρει. Έτσι έχουν δημιουργηθεί διάφορα πρότυπα ρυθμών μεταφοράς δεδομένων πάνω από οπτικές ίνες τα οποία αντιστοιχίζονται με τους ρυθμούς μεταφοράς δεδομένων από ηλεκτρικά σήματα (Εικόνα 37).

Για την μεταφορά μικρότερων ρυθμών δεδομένων από το βασικό STS -1 ο Φάκελος Σύγχρονου Φορτίου (SPE) ενός πλαισίου STS -1 μπορεί να διαιρεθεί σε συνιστώσες χαμηλότερων ρυθμών. Αυτές οι συνιστώσες είναι ειδικές δομές που ονομάζονται «νοητές μερικές ροές» (VT-Virtual Tributary) και επιτρέπουν τη μεταφορά ωφέλιμων φορτίων, που είναι μικρότερα από το ωφέλιμο φορτίο του STS -1. Για παράδειγμα η νοητή ροή VT1.5 μπορεί να μεταφέρει σήμα 1,544 Mbps (T1).

## 7.2.5 Δομοστοιχεία Της Τεχνολογίας SONET/SDH

Τα βασικά δομοστοιχεία ενός δικτύου που χρησιμοποιεί την τεχνολογία SONET/SDH περιγράφονται συνοπτικά παρακάτω:

- **Τερματικοί Πολυπλέκτες (Terminal Multiplexers - PTEs):**  
Επιτελούν το σημαντικότερο έργο της συγκέντρωσης όλων των ψηφιακών (ηλεκτρικών ή οπτικών) σημάτων. Τα σήματα πολυπλέκονται και μεταδίδονται σε οπτικό επίπεδο, μέσω μιας κοινής OC-N γραμμής.
- **Συσκευές Αναγέννησης Σήματος (Regenerators):**  
Αυτές οι συσκευές είναι απαραίτητες τις περιπτώσεις κατά τις οποίες, λόγω μεγάλων αποστάσεων μεταξύ των πολυπλεκτών, το σήμα εξασθενίζει σημαντικά.
- **Πολυπλέκτες Προσθαφαίρεσης (Add/Drop Multiplexers - ADMs):**  
Οι συγκεκριμένες συσκευές αναλαμβάνουν να αποπολυπλέξουν μόνο τα σήματα που είναι απαραίτητα να προσπελαστούν στο δεδομένο σημείο του δικτύου, ενώ τα υπόλοιπα περνούν διαβατικά δίχως να υποστούν οποιαδήποτε επεξεργασία. Οι πολυπλέκτες αυτοί επιτρέπουν τη διασύνδεση μεταξύ των σημάτων SONET/SDH και των διαφορετικού τύπου σημάτων στο δίκτυο.
- **Ψηφιακές Διατάξεις Ευρυζωνικής Διασύνδεσης (Wideband Digital Cross-Connects):**  
Ο ρόλος τους έγκειται στο να δέχονται πολλαπλά οπτικά σήματα, προσπελάζοντας τα στοιχειώδη σήματα STS-1 και επιτρέποντας τη μεταγωγή τους στο επίπεδο αυτό. Τα στοιχεία αυτά καθιστούν δυνατή τη διασύνδεση πολύ μεγαλύτερου αριθμού STS-1 σημάτων, σε σχέση με τους πολυπλέκτες προσθαφαίρεσης. Το βασικό τους πλεονέκτημα είναι οι μειωμένες διαδικασίες πολύπλεξης/αποπολύπλεξης, λόγω του ότι γίνεται προσπέλαση και μεταγωγή μόνο των απαιτούμενων σημάτων. Τα χαρακτηριστικά αυτών των συσκευών, τις καθιστούν κατάλληλες για εφαρμογές διαχείρισης δικτύων.
- **Μεταφορείς Ψηφιακού Βρόχου (Digital Loop Carriers-DLCs):**  
Η συσκευή αυτή περιλαμβάνει ένα σύνολο πολυπλεκτών και διακοπών και μπορεί να θεωρηθεί ως ένα είδος συγκεντρωτή υπηρεσιών χαμηλών ταχυτήτων, προτού αυτές εισέλθουν στο Τηλεπικοινωνιακό Κέντρο (CO). Με αυτόν τον τρόπο, ο αριθμός των συνδρομητών που μπορούν να εξυπηρετηθούν δεν περιορίζεται από τον αριθμό των γραμμών που εξυπηρετούνται από το CO.

## 7.2.6 Αρχιτεκτονικές Δικτύων SONET/SDH

Μετά την εξέταση των δομοστοιχείων του δικτύου SONET/SDH, κρίνεται σκόπιμη η παράθεση των δυνατών αρχιτεκτονικών ενός τέτοιου δικτύου:

- Σημείο-σημειακή (point-to-point) Αρχιτεκτονική: Στην απλούστερη έκδοσή του περιλαμβάνει δύο τερματικούς πολυπλέκτες (PTE), οι οποίοι συνδέονται μέσω οπτικής ίνας, με ή χωρίς συσκευή αναγέννησης σήματος (regenerator). Η αρχιτεκτονική αυτή αποτελεί ταυτόχρονα και την απλούστερη υλοποίηση δικτύων SONET/SDH.
- Σημείο-πολυσημειακή (point-to multipoint) Αρχιτεκτονική: Περιλαμβάνει και την εισαγωγή/εξαγωγή κυκλωμάτων (adding/dropping circuits) κατά μήκος της διαδρομής. Συνεπώς, είναι απαραίτητη η ύπαρξη των πολυπλεκτών προσθαφαίρεσης (ADMs) για την επιτέλεση της συγκεκριμένης λειτουργίας.
- Δίκτυο κομβικού σημείου (Hub Network): Ένα “hub” αποτελεί το κομβικό σημείο της κίνησης στο δίκτυο, επιτρέποντας με αυτό τον τρόπο την επανατροφοδότηση (reprovisioning) των κυκλωμάτων.
- Αρχιτεκτονική Δακτυλίου (Ring Architecture): Τα βασικά δομικά στοιχεία αυτής της διαμόρφωσης είναι τα ADMs, τα οποία και τοποθετούνται σε τοπολογία δακτυλίου επιτρέποντας την κατεύθυνση της πληροφορίας προς μία ή και προς τις δύο κατευθύνσεις. Το κύριο πλεονέκτημα της αρχιτεκτονικής δακτυλίου είναι η ύπαρξη εναλλακτικής διαδρομής για αναδρομολόγηση σε περίπτωση βλάβης.

## 7.2.7 Τοπολογίες και Δομικά Στοιχεία SONET/SDH

Το SONET/SDH εγκαθίσταται με τρεις βασικές τοπολογίες: τοπολογία δακτυλίου, γραμμική τοπολογία και ζεύξεις σημείου-προς-σημείο. Στις ζεύξεις σημείου-προς-σημείο οι κόμβοι στα άκρα της ζεύξης ονομάζονται τερματικοί πολυπλέκτες (Terminal Multiplexers - TMs). Σε πολλές περιπτώσεις υπάρχει ανάγκη πολυπλεξίας και αποπολυπλεξίας πλαισίων με μικρούς ρυθμούς μετάδοσης σε πλαίσια με υψηλότερους ρυθμούς (π.χ. αποπολυπλεξία ενός VT από ένα STM-1 ή ενός STM-1 από ένα STM-N).

Η λειτουργία αυτή πραγματοποιείται σε πολυπλέκτες προσθήκης /απομάστευσης (Add/Drop Multiplexers - ADMs). Οι εν λόγω πολυπλέκτες τοποθετούνται μεταξύ τερματικών πολυπλεκτών, οπότε προκύπτει η γραμμική τοπολογία SONET/SDH.

Οι τοπολογίες δακτυλίου χρησιμοποιούνται για την παροχή υπηρεσίας κατά την αντιμετώπιση δικτυακών βλαβών. Οι δακτύλιοι παρέχουν μία τουλάχιστον εναλλακτική διαδρομή για την επαναδρομολόγηση της κίνησης και αποτελούνται από ADMs οι οποίοι πέραν της προσθήκης/απομάστευσης δεδομένων, παρέχουν μηχανισμούς προστασίας για την αντιμετώπιση της δικτυακής βλάβης. Οι δακτύλιοι χρησιμοποιούνται τόσο για το δίκτυο πρόσβαση (ταχύτητες OC-3/OC-12) όσο και για το δίκτυο κορμού (ταχύτητες OC-12/OC-48/OC-192). Συνήθως χρησιμοποιούνται δύο τύποι δακτυλίων: οι unidirectional path-switched δακτύλιοι για το δίκτυο πρόσβασης και οι bidirectional line switched δακτύλιοι για το δίκτυο κορμού. Οι τελευταίοι χρησιμοποιούν δύο οι τέσσερις οπτικές ίνες.

Βασικό δομικό στοιχείο των δικτύων SONET/SDH είναι επίσης η ψηφιακή διασύνδεση (Digital Cross-connect - DCS). Οι DCS πολυπλέκουν και αποπολυπλέκουν κίνηση χαμηλού ρυθμού από κίνηση σε υψηλότερους ρυθμούς (όπως οι ADMs), αλλά επιπλέον ομαδοποιούν την εισερχόμενη κίνηση ανάλογα με χαρακτηριστικά όπως ο κόμβος προορισμού, η επιθυμητή ποιότητα υπηρεσίας και ο τύπος κίνησης.

<sup>1</sup> Τα υποστρώματα του SDH ονομάζονται υπόστρωμα μονοπατιού, πολυπλεξίας τμήματος, αναγέννησης τμήματος και φυσικό (path, multiplex section, regenerator section and physical sublayer) στο SDH.

### **7.2.8 Η τεχνολογία «IP over SONET/SDH» και «IP over SONET/SDH over WDM»**

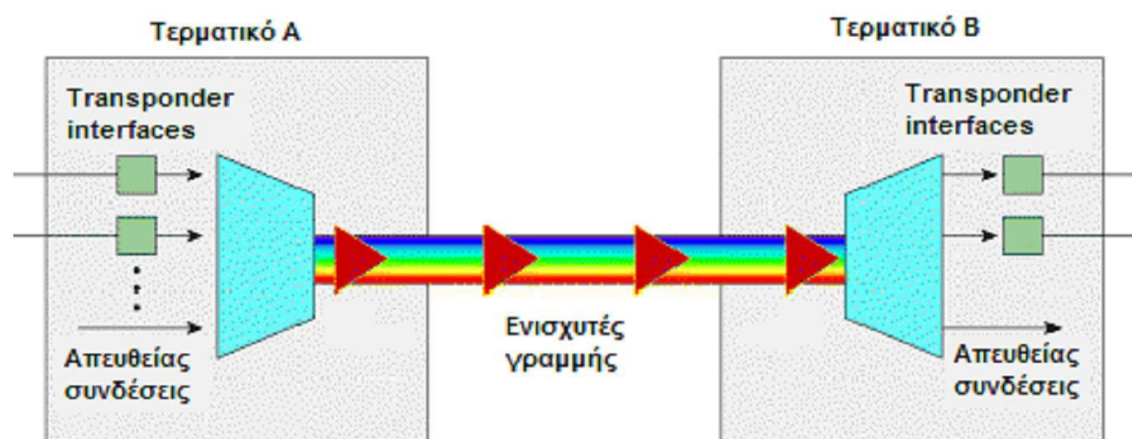
Ο όρος «IP over SONET/SDH», ή αλλιώς «Packet over SONET/SDH», αναφέρεται ουσιαστικά στην προσθήκη SONET/SDH διασυνδέσεων με κάποιον δρομολογητή που αποτελεί τερματικό στοιχείο για τη διακίνηση δεδομένων μέσω του πρωτοκόλλου από-σημείο-σε-σημείο (Point-to-Point Protocol-PPP). Το πρωτόκολλο PPP αποτελεί το ευρύτερα αποδεκτό πρωτόκολλο μορφοποίησης για την κυκλοφορία δεδομένων στο διαδίκτυο (Internet Protocol -IP traffic). Στην πραγματικότητα, η IP κυκλοφορία μέσω ενός SONET/SDH δρομολογητή προσομοιάζεται ως μια σειριακή ροή δεδομένων (datastream) που μετακινείται κατά μήκος του δικτύου, χρησιμοποιώντας το PPP πρωτόκολλο για τις λειτουργίες μορφοποίησης και συμπύκνωσής της.

Αυτές οι ροές δεδομένων χαρτογραφούνται σε καθορισμένα STS πλαίσια, όπως προβλέπεται από το RFC 1619. Τα πλαίσια μπορούν να έχουν τυπικό ρυθμό μετάδοσης OC-3/STM-1, OC-12/STM-4 και OC-48/STM-16. Σε κάθε κόμβο του δικτύου το IP πακέτο δεδομένων απομονώνεται από το PPP πλαίσιο του, εξετάζεται η διεύθυνση προορισμού του και τελικά αυτό εντάσσεται σε ένα νέο PPP πλαίσιο για να συνεχιστεί η μεταφορά του.

### 7.2.8.1 Τα Βασικά Πλεονεκτήματα Που Προσέφερε Η Τεχνολογία “IP Over SONET/SDH” Συνοψίζονται Στα Εξής

- Η αποτελεσματική από-σημείο-σε-σημείο μεταφορά της IP κυκλοφορίας.
- Η πρόβλεψη σχετικά υψηλών ευρών ζώνης για την παροχή μη διαφοροποιημένων υπηρεσιών (nondifferentiated services).

Ωστόσο, κατά τα τελευταία χρόνια, η αύξηση της κυκλοφορίας δεδομένων στο διαδίκτυο είναι εκρηκτική. Κάθε χρόνο ο όγκος της διακινουμένης πληροφορίας υπερδιπλασιάζεται και αυτό αναμένεται να διατηρηθεί και κατά τα επόμενα έτη



Εικόνα 38: Η αρχή λειτουργίας του transponder

Για την αντιμετώπιση του προβλήματος της έλλειψης εύρους ζώνης, κρίθηκε αναγκαία η ενσωμάτωση της τεχνολογίας πολυπλεξίας στο πεδίο του μήκους κύματος (WDM) στην υπάρχουσα «IP over SONET/SDH» τεχνολογία. Έτσι, προέκυψε μια νέα βελτιωμένη μέθοδος μετάδοσης IP δεδομένων η οποία αναφέρεται ως «IP over SONET/SDH over WDM».

Σε ένα τέτοιο σύστημα, καθοριστικό ρόλο έχει μια εξειδικευμένη διάταξη εκπομπής (transponder - Εικόνα 38), η οποία αναλαμβάνει τη μετατροπή του συμβατού με το πρότυπο SONET/SDH οπτικού σήματος, που περιέχει τις πληροφορίες του IP πακέτου, σε ηλεκτρικό σήμα.



Η προσθήκη της WDM τεχνολογίας στα τυπικά «IP over SONET» συστήματα προσφέρει μια σειρά από σημαντικότερα πλεονεκτήματα όπως:

- Η αύξηση της χωρητικότητας της υπάρχουσας οπτικής ίνας, δίχως να απαιτείται η εγκατάσταση επιπλέον οπτικών ινών.
- Η αντικατάσταση των ηλεκτρικών αναγεννητών (electrical regenerators), που αποτελούν διατάξεις υψηλού κόστους και είναι πολύπλοκες, με αυτές των οπτικών ενισχυτών (optical amplifiers). Έτσι, δεν απαιτείται η πρότερη μετατροπή του σήματος σε ηλεκτρικό προκειμένου να ενισχυθεί ενώ όλα τα κανάλια ενισχύονται ταυτόχρονα. Επιπλέον, οι οπτικοί ενισχυτές τοποθετούνται κάθε περίπου 1000 km, σε αντίθεση με τους ηλεκτρικούς αναγεννητές του «IP over SONET» συστήματος που τοποθετούνται κάθε 60-100km.
- Η διαδικασία προσθήκης νέων καναλιών στο δίκτυο απλοποιείται σημαντικά. Η μοναδική απαίτηση είναι η εγκατάσταση του κατάλληλου αριθμού transponders στο σύστημα, στα δύο άκρα του WDM υποσυστήματος. Οι οπτικοί ενισχυτές αναλαμβάνουν την ενίσχυση των επιπλέον καναλιών, ταυτόχρονα με τα προϋπάρχοντα, δίχως την απαίτηση επιπλέον αναγεννητών. Αξίζει να σημειωθεί ότι τα προαναφερθέντα οφέλη για τα WAN δίκτυα υποσκελίζουν, σχεδόν πάντοτε, σε μεγάλο βαθμό το κόστος εγκατάστασης του WDM υποσυστήματος στο υπάρχον «IP over SONET» σύστημα και για αυτό το λόγο η συντριπτική πλειοψηφία των δικτύων αυτής της κατηγορίας έχει ενσωματώσει την τεχνολογία της πολύπλεξης στο πεδίο του μήκους κύματος.

### 7.2.9 Το Μέλλον Του SONET/SDH.

Κλείνοντας το κεφάλαιο 7 θα θέλαμε να αφιερώσουμε μια τελευταία παράγραφο ώστε να κάνουμε μια ανακεφαλαίωση αλλά και να αναφερθούμε στο μέλλον του SONET/SDH.

Στις πιο πάνω παραγράφους περιγράψαμε τις βασικές δομές του PDH εκείνες του SONET και τέλος έγινε μια αναφορά στην βασική δομή του SDH το STM - 1. Η θεωρία του SDH γενικότερα είναι αρκετά μεγάλη η οποία υλοποιείται από την εφαρμογή πολύπλοκων προγραμματιστικών τεχνικών. Επίσης όλα τα bytes της πλεονάζουσας πληροφορίας – SOH περιέχουν και μια πληροφορία της κατάστασης του συστήματος.

Η πολυπλεξία σε ανώτερα STM – N (N=4, 16, 64, 256, 1024) ιεραρχικά επίπεδα παρόλο ότι είναι μια επαναλαμβανόμενη διαδικασία στηριζόμενη στο STM – 1 δεν παύει να χρήζει ιδιαίτερης προσοχής κατά την μελέτη της συγκεκριμένης διαδικασίας.

Στις μέρες που διανύουμε η ενσωμάτωση των Ethernet καρτών στους πολυπλέκτες ADM δημιουργεί επιπλέον δυσκολίες για την κατανόηση εις βάθος της θεωρίας SDH.

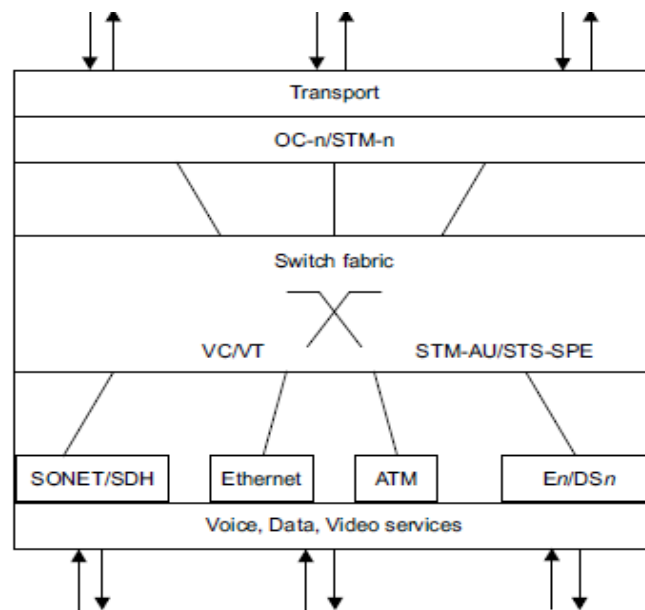
Νέες εισερχόμενες τεχνολογίες οι οποίες συγκεντρώνονται γύρω από το SDH αναδεικνύουν επιπλέον δυνατότητες της θεωρίας του SDH ως παράδειγμα σχετικό με την Ethernet τεχνολογία πάνω από το SDH – Ethernet over SDH είναι η δυνατότητα του **virtual concatenation** στην οποία και αναφερθήκαμε. Αν υποθέσουμε ότι έχουμε μια γραμμή STM 64 θα μπορούσαμε να υλοποιήσουμε το 1Gbits/sec Ethernet κάνοντας χρήση 7 μη συνεχόμενων STM – 1 π.χ. του 1,4,7,9,10,11,15 (δεν είναι συνεχόμενα – contiguous). Με την χρήση του πρωτοκόλλου LCAS – Link Capacity adjustment scheme (ITU – T G.7042/Y.1305) κατευθύνουμε τα 4 STM – 1 (1,4,7,9) από την West πλευρά του πολυπλέκτη και τα άλλα 3 STM – 1(10,11, 15) από την East πλευρά.

Ο δέκτης τελικά συγκεντρώνει τα πακέτα των 7 STM – 1 (packet switching networks) και έπειτα τα ανακατατάσσει. Ας υποθέσουμε ότι συμβαίνει διακοπή ίνας στην West πλευρά του πομπού άρα μένουν 3 STM – 1 για να εξυπηρετήσουν την κίνηση του 1Gbits/sec Ethernet. Προφανώς η ταχύτητα πέφτει στα  $3 \times 155 \text{ Mbits/sec} = 465 \text{ Mbit/sec}$  άλλα δεν παύει να υπάρχει η ροή των δεδομένων.

Ένα άλλο παράδειγμα που θα μπορούσε να αναδείξει τις δυνατότητες του πρωτοκόλλου SDH είναι η τεχνική του **contiguous concatenation**. Αυτή η δυνατότητα καλύπτει μεταδόσεις data που ο όγκος τους είναι πολλαπλάσιος του STM – 1 Αν υποθέσουμε ότι έχουμε ζεύξη STM – 64 τότε μπορούμε να ομαδοποιήσουμε 4 ή 16 συνεχόμενα – contiguous STM – 1 τα οποία πλέον θα αντιμετωπίζονται ως μία ενιαία υπηρεσία STM – 4 ή STM – 16 αντίστοιχα. δηλαδή η contiguous concatenation τεχνική συνθέτει πολλαπλάσια του 4 STM – 1 σε ένα ενιαίο αδιαίρετο STM –  $N \times 4$ . Η εν λόγω τεχνική προστατεύεται από το MSP Ring και το SNCP. Είναι μια τεχνική άμεσα συνδεδεμένη με το SDH.

Από τα παραπάνω αντιλαμβάνεται ο αναγνώστης πως η θεωρία του SDH δεν θα μπορούσε να εξαντληθεί σε ένα και μόνο κεφάλαιο. Σκοπός του κεφαλαίου 7 είναι η γενική παρουσίαση του πρωτοκόλλου SDH κάνοντας αναφορά σε βασικά στοιχεία του και όχι η αναλυτική παρουσίαση του το οποίο απαιτεί μακροχρόνια τεχνογνωσία.

Το μέλλον του SDH περνάει μέσα από τη τεχνολογία Multi Services Provisioning Platform – MSPP (Εικόνα 39). Υπάρχει πλέον η μεγάλη αναγκαιότητα για δημιουργία υψηλής ολοκλήρωσης συστημάτων τα οποία θα έχουν την δυνατότητα να διαχειρίζονται πολλές διαφορετικές τεχνολογίες όπως είναι το Ethernet, το SDH και το ATM. Τέτοιου είδους συστήματα μπορούν να αξιοποιούν το είδη υπάρχων σύγχρονό οπτικό δίκτυο – SONET πάνω από οποίο θα αναλαμβάνουν την μετάδοση και λήψη πακέτων δεδομένων τα οποία «φορτώνονται» σε πλαίσια – frames προερχόμενα από διαφορετικές υπηρεσίες. Τέτοια συστήματα έχουν την δυνατότητα να λειτουργούν ως πολυπλέκτες ADM, Ethernet switches και routers, και ως Digital Cross Connectors – DCS (DXC)



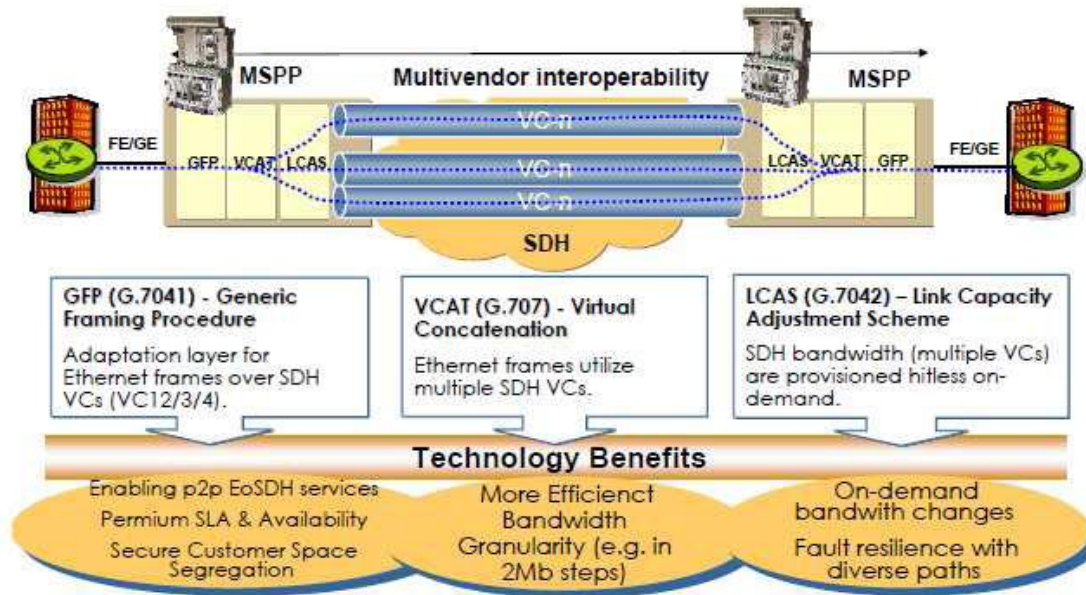
Εικόνα 39: **MSPP**

Τα συστήματα MPLS – Multi Protocol Label Switching τα οποία ανήκουν στην κατηγορία των packet switching networks υλοποιούν την τεχνολογία MSPP αφού μπορούν να διαχειριστούν τέτοιου είδους υπηρεσίες κάνοντας χρήση του υπάρχοντος δικτύου SONET.

Το μεγάλο πλεονέκτημα του MPLS είναι ότι μπορεί να ενοποιήσει υπηρεσίες οι οποίες βρίσκονται στο Layer 2 κατά το OSI πρότυπο (Data Link Layer) και οι οποίες υλοποιούν το layer 2 με διαφορετικό τρόπο. Το MPLS βρίσκεται ανάμεσα στο Layer 3 και Layer 2 με σκοπό να υλοποιήσει ένα ενιαίο layer 2 άσχετα με την υπηρεσία που θα το χρησιμοποιεί. Το Layer στο οποίο βρίσκεται το MPLS καλείται και ως Layer 2.5 (Εικόνα 39).

Στην Εικόνα 40 παρατηρούμε την υλοποίηση ενός Ethernet δικτύου αξιοποιώντας το δίκτυο SONET/SDH1.

## Ethernet over SONET/SDH - Benefits



Εικόνα 40 : Ethernet over SONET/SDH

### 7.3 Μέλλον Του WDM

Η τεχνολογία WDM θα συνεχίσει να παρέχει εύρος ζώνης για μεγάλες ταχύτητες μετάδοσης για μεταφορά δεδομένων. Επίσης, η ανάπτυξη υπερταχέων *εξ' ολοκλήρου οπτικών* (all optical) δικτύων WDM, στα οποία όλες οι απαραίτητες λειτουργίες (ενίσχυση, αναγέννηση, μεταγωγή, δρομολόγηση κλπ.) θα γίνονται στο οπτικό επίπεδο (optical layer) χωρίς ενδιάμεσες ηλεκτροοπτικές μετατροπές, θα οδηγήσει στην επέκταση της εφαρμογής του WDM σε όλους τους τύπους δικτύων. Τέλος κρίνεται απαραίτητο να αναφερθούμε σε κάποιες από τις έρευνες που διεξάγονται σε ερευνητικά και πανεπιστημιακά ιδρύματα, οι οποίες θα οδηγήσουν σε αναβαθμισμένα συστήματα WDM.

Πιο συγκεκριμένα η έρευνα έχει στραφεί στις εξής κατευθύνσεις:

- *Εξ' ολοκλήρου οπτική λειτουργία :*

Αναφέρονται ενδεικτικά οι λειτουργίες της μετατροπής μήκους κύματος, της αναγέννησης (3R), της μεταγωγής και της επιτήρησης που θα επιδιωχθεί να γίνονται στο οπτικό επίπεδο. Η εξ' ολοκλήρου οπτική λειτουργία είναι απαραίτητη προϋπόθεση για την ανάπτυξη εξ' ολοκλήρου οπτικών δικτύων.

- *Ανάπτυξη νέων τεχνολογιών:*

Αναφέρεται ενδεικτικά η μετάδοση σολιτονίων. Τα σολιτόνια είναι παλμοί ειδικής μορφής, που δεν επηρεάζονται από τη διασπορά. Ένα σολιτόνιο μπορεί να διαδοθεί σε μεγάλες αποστάσεις (της τάξης των 10.000 km), χωρίς ουσιαστική χρονική διεύρυνση.

- *Βελτίωση των δομοστοιχείων του συστήματος:*

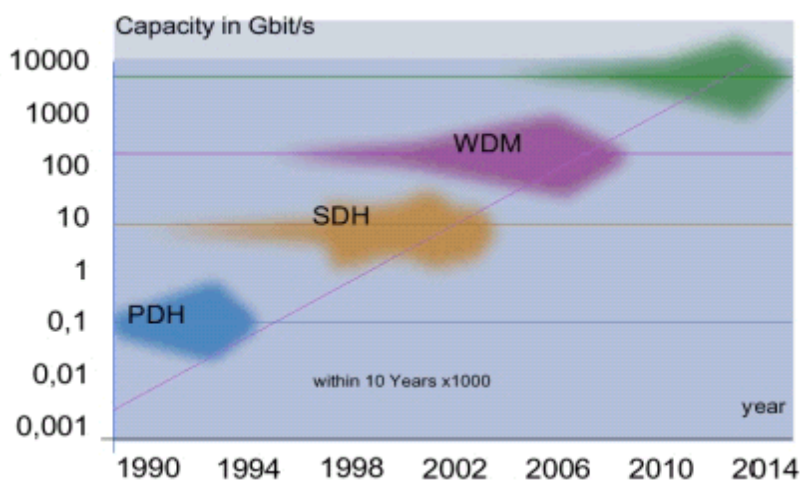
Αφορά την ανάπτυξη μεταβαλλόμενου μήκους κύματος λειτουργίας (tunable) lasers κατανεμημένης ανάδρασης (έχει ήδη ανακοινωθεί), ενισχυτικών διατάξεων με ίνα Ερβίου με περιοχή λειτουργίας 1525- 1605 nm (έχει ήδη ανακοινωθεί), διατάξεων οπτικής προσθαφαίρεσης OADMs (αρχικά στατικά και, στο απώτερο μέλλον, δυναμικά) και οπτικών διασταυρωτήρων (OXC's).

- *Αναβάθμιση συστημάτων:*

Αφορά τη χρήση συστημάτων 10 Gbps (STM-64) και 40 Gbps (STM-256) και την πολυπλεξία 128 ή και περισσότερων καναλιών.

- *Νέες αρχιτεκτονικές δικτύων:*

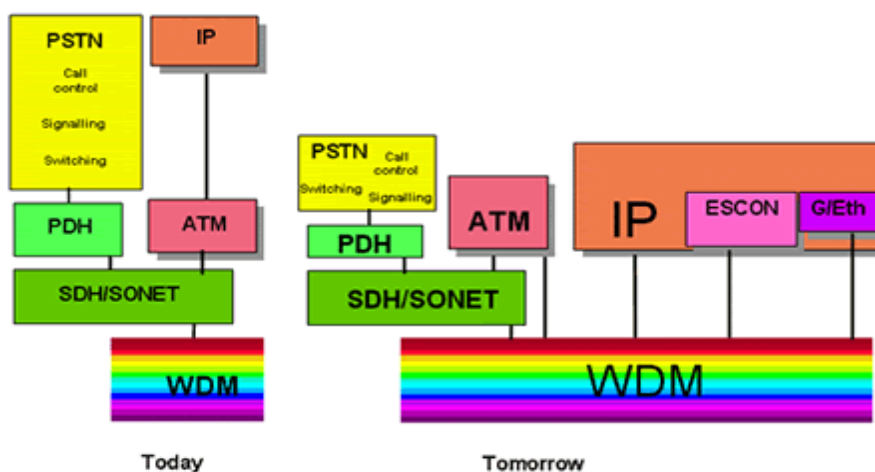
Αξιοσημείωτο είναι και το γεγονός ότι αναπτύσσονται προσπάθειες, με την εκμετάλλευση των χαρακτηριστικών της τεχνολογίας WDM για την κατασκευή νέων αρχιτεκτονικών δικτύων, που θα στηρίζονται στην οπτική μεταγωγή. Σίγουρα αυτό θα ήταν και το τελευταίο βήμα για να ολοκληρωθεί η εικόνα ενός δικτυακού μοντέλου με τέλεια συνδυασμένα, για τα δεδομένα της εποχής, την ομοιομορφία και την ταχύτητα.



Εικόνα 41: Αύξηση Εύρους Ζώνης

## Πλεονεκτήματα

– Υποστήριξη διαφορετικών τεχνολογιών μετάδοσης & Πρωτοκόλλων



Εικόνα 42 : Τεχνολογίες Μετάδοσης και Πρωτόκολλα πάνω από WDM

Ένα ακόμη χαρακτηριστικό που κάνει την WDM ιδιαίτερα ελκυστική για τους μεγάλους παροχείς είναι το γεγονός ότι για την ενίσχυση του οπτικού σήματος, προκειμένου αυτό να διανύσει αποστάσεις μεγαλύτερες από 65-70 km, δεν απαιτούνται πλέον οι κλασσικές οπτικοηλεκτρονικές διατάξεις, που μετατρέπουν το σήμα σε ηλεκτρικό, προκειμένου να το ενισχύσουν, αλλά γίνεται χρήση του οπτικού ενισχυτή, ο οποίος λειτουργεί, ανεξάρτητα από το πλήθος των διαφορετικών μηκών κύματος και ρυθμού μετάδοσης των σημάτων.

Τέλος, η χρήση της τεχνολογίας WDM προσφέρει την δυνατότητα για εύκολη αναβάθμιση της υφιστάμενης υποδομής, αφού η ενεργοποίηση μιας νέας εικονικής ίνας μπορεί να γίνει άμεσα και χωρίς ιδιαίτερο κόστος. Πέραν αυτού, η τεχνολογία είναι εντελώς διαφανής και στο ρυθμό μετάδοσης, αλλά και στα πρωτόκολλα που έχουν εφαρμοστεί.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

### CONTROLS OF THE MTS 8000 (ACTERNA)

#### 8.1 Ελέγχος Του MTS 8000:

- Εμπρόσθια πλευρά: κουμπιά, πλήκτρα επιλογών, οθόνη, κ.λπ....
- Οπίσθια πλευρά:
  - a) οπτικοί connectors (συνδετήρες): VFL, talkset, power meter.
  - b) ηλεκτρικοί connectors (συνδετήρες): headset, RS 232, Ethernet 10/100, external optical switch, modem, USB, extension cards COMPACT FLASH, SVGA),
- Πλαϊνή πλευρά: floppy disk ή CD drive, power supply και σύνδεση φόρτισης μπαταρίας

**Σημαντικό:** Το MTS 8000 είναι ένα πολλαπλών καθηκόντων όργανο: ο χρήστης

μπορεί ταυτόχρονα να πραγματοποιήσει μια μέτρηση, να τροποποιήσει τις παραμέτρους διαμόρφωσης, να εκτυπώσει τα αποτελέσματα και να έχει πρόσβαση στην εσωτερική μνήμη ή στη δισκέτα.

Σε μερικές περιπτώσεις, είναι ακόμα και δυνατό να εκτελεστούν διάφορες διαδικασίες μέτρησης συγχρόνως, αλλά μόνο το αποτέλεσμα της λειτουργίας που επιλέγεται μπορεί να εμφανίζεται.

#### 8.1.1 Διεπαφή Ελέγχου (Control Interface)

Το Interface Module του MTS 8000 ενσωματώνει τα κουμπιά χειρισμού και την οθόνη που απαιτούνται για τις μετρήσεις:

- η οθόνη απεικόνισης, με τα σχετικά κλειδιά επιλογών δεξιά.
- το κουμπί ON/OFF και τους δείκτες λειτουργίας και φόρτισης μπαταριών.
- τα γενικά κουμπιά ελέγχου:

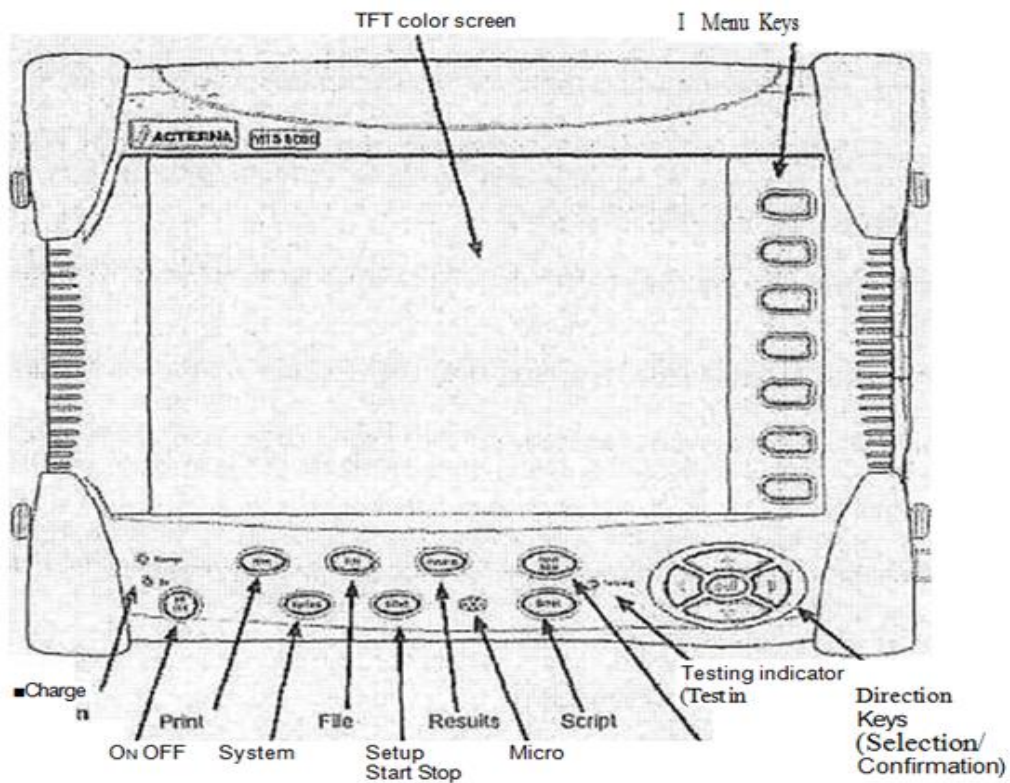
-SYSTEM: για τη διαμόρφωση του οργάνου

-SETUP: για τη διαμόρφωση της μέτρησης

-PRINT: για την εκτύπωση,

-RESULTS: για εμφάνιση των αποτελεσμάτων των μετρήσεων και ανάλυση.

- τα πλήκτρα ελέγχου μέτρησης:
- START/STOP: για να αρχίσει και να σταματήσει μια μέτρηση
  - SCRIPT: για να αρχίσει και να ολοκληρωθεί μια ακολουθία γεγονότων (events)
- ο δείκτης που δείχνει ότι τουλάχιστον μια μέτρηση είναι υπό εξέλιξη (π.χ. ο δείκτης εκπομπής του λέιζερ σε μια μέτρηση OTDR).
  - Πλήκτρα κατεύθυνσης για μετακίνηση ανάμεσα στο menu και το κεντρικό κουμπί για επιβεβαίωση.



Εικόνα 43 : Controls of the Interface module



### 8.1.2. Οθόνη (Display Screen)





Το MTS 8000 έχει μεγάλη, 10.4 inch TFT έγχρωμη οθόνη, ανάλυση SVGA (800 X 600 pixels), οπίσθοφωτιζόμενη:

- είτε μια κανονική οθόνη TFT
- είτε μια οθόνη TFT υψηλού φωτισμού, για χρήση σε εξωτερικούς χώρους .

Ως επιλογή, η παρεχόμενη οθόνη μπορεί να είναι μια οθόνη αφής (touch screen).

#### 8.1.2.1 Οι Διάφορες Ζώνες Της Οθόνης

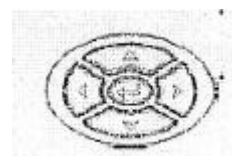
Η οθόνη διαιρείται σε 3 ζώνες:

- 1) την κεντρική ζώνη, που δείχνει τη διαμόρφωση ή τα αποτελέσματα των μετρήσεων.
- 2) τη ζώνη της κορυφής, στο status bar, υπό μορφή εικονιδίων:
  - τύπος τροφοδοσίας: τάση δικτύου ή μπαταρία, και στην τελευταία περίπτωση, ένδειξη φόρτισης μπαταρίας
  - εάν το λείζερ ενεργοποιείται, το εικονίδιο  το μήκος κύματος του, τον τύπο και την ισχύ του.
  - εάν το visual fault location (VFL) ενεργοποιείται, το εικονίδιο  και ο τύπος.
  - εάν η αποθήκευση στοιχείων είναι υπό εξέλιξη, το εικονίδιο 
  - εάν το talkset ενεργοποιείται, το εικονίδιο 
  - τρέχουσα ημερομηνία και χρόνο.
- 3) στο πλάι, άκαμπτα πλήκτρα λειτουργίας (ή αφής σε επιλογή).

### 8.1.3. Πλήκτρα Κατεύθυνσης (Direction Keys)

Τα πλήκτρα κατεύθυνσης έχουν δύο κύριες λειτουργίες:

- στη σελίδα αποτελεσμάτων, χρησιμοποιούνται για να κινήσουν τους δρομείς ή να τροποποιήσουν τον παράγοντα
- Στις set-up σελίδες, χρησιμοποιούνται για μετακίνηση ανάμεσα στο μενου,το κεντρικο κουμπί που χρησιμεύει για να επιλεγθεί ή να επιβεβαιωθεί μια επιλεγμένη παράμετρος.



#### 8.1.4. Κουμπιά Ελέγχου (Control Buttons)

Τα κουμπιά ελέγχου κάτω από την οθόνη προσφέρουν τις παρακάτω λειτουργίες:

**ON/OFF** : κεντρικός διακόπτης ON/OFF

**SYSTEM** : αυτό το κουμπί δίνει την πρόσβαση σε:

- επιλογή των διαφορετικών λειτουργιών μέτρησης ή βασικών λειτουργιών
- στις επιλογές διαμόρφωσης του οργάνου (επιλογή των modules), και του συστήματος (οθόνη, ημερομηνία, γλώσσα, κ.λ.π....).
- στη περιγραφή των hardware και software διαμορφώσεων του συστήματος
- Βοήθεια (manual)
- Αναβάθμιση λογισμικού (software upgrade)
- εφαρμογές Office (μελλοντική επιλογή)

**SET-UP:** αυτό το κουμπί καλεί τις επιλογές διαμόρφωσης μέτρησης. Αυτό το μενού συνδέεται με τη τρέχουσα λειτουργία

**RESULTS:** αυτό το κουμπί καλεί τη σελίδα αποτελεσμάτων (π.χ. με OTDR module: OTDR trace, αποτελέσματα και ο πίνακας των αποτελεσμάτων) και χρησιμοποιείται για την ανάλυση των αποτελεσμάτων.

**FILE:** το κουμπί αυτό καλεί το αρχείο και τις επιλογές διαχείρισης του αρχείου για να σώσετε, ανακτήσετε ή να διαγράψετε ένα αρχείο στην εσωτερική μνήμη (EEPROM ή σκληρός δίσκος) ή στην εξωτερική μνήμη (δισκέτα, CD-ROM, USB stick ή compact flash).

**PRINT:** αρχίζει μια εκτύπωση της οθόνης ή της επιλογής στον διαμορφωμένο εκτυπωτή διαμορφωμένο του οργάνου (μελλοντική λειτουργία).

Δύο κουμπιά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να αρχίσουν μια μέτρηση:

**START/STOP:** αρχίζει και σταματά τη μέτρηση.

**SCRIPT:** χρησιμοποιείται για να εισαγάγει μια ακολουθία εντολών και να την εκτελέσει (μελλοντική λειτουργία).

#### Ενδείξεις (Indicators)

**ON/OFF:**

- όταν αναβοσβήνει: το όργανο, αν και είναι συνδεδεμένο με μια εξωτερική πηγή, είναι κλειστό.
- On: το όργανο λειτουργεί, είτε από την μπαταρία είτε από εξωτερική τροφοδοσία.

**Charge:** on: το όργανο συνδέεται με μια εξωτερική τροφοδοσία και οι μπαταρίες φορτίζονται.

**Testing:** on: τουλάχιστον μια λειτουργία είναι στη φάση μέτρησης.

#### 8.1.4.1. Χρησιμοποίηση Εξωτερικού Πληκτρολογίου Ή Ποντικιού, (Επιλογές)

Το εξωτερικό πληκτρολόγιο διευκολύνει την εισαγωγή:

- αλφανουμερικών παραμέτρων διαμόρφωσης
- σχολίων στο File μενού
- σημειώσεων στον πίνακα των αποτελεσμάτων
- διόρθωση/σύνταξη χαρακτήρων

Το ποντίκι μπορεί να χρησιμοποιηθεί αντί των πλήκτρων κατεύθυνσης (direction keys) για περιήγηση στο μενού και επιλογή.

#### 8.1.4.2. Ισοδυναμία Μεταξύ Του Εξωτερικού Πληκτρολογίου Και Του MTS 8000:

Αν και προορίζεται πρώτιστα να αντικαταστήσει το Edit μενού του MTS 8000, το εξωτερικό πληκτρολόγιο μπορεί να αντικαταστήσει όλα τα κουμπιά και τα πλήκτρα του MTS 8000 εκτός από το κουμπί ON/OFF:

Τα πλήκτρα επιλογών δεξιά της οθόνης αντικαθίστανται από τα πλήκτρα λειτουργίας F1 μέχρι F7.

Τα κουμπιά κάτω από την οθόνη είναι ισοδύναμα με CTRL + γράμμα (δείτε τον παρακάτω πίνακα).

Τα κουμπιά κατεύθυνσης έχουν την ίδια λειτουργία στο εξωτερικό πληκτρολόγιο και στο MTS 8000.

Function on the MTS 8000	External Keyboard
SYSTEM	Ctrl + Y
SET-UP	Ctrl + U
PRINT	Ctrl + P
PILE	Ctrl + F
RESULTS	Ctrl + R
START/STOP	Ctrl + S
SCRIPT (.Macro) .	Ctrl + M
Menu keys 1 to 7 (from top to bottom)	F1 → F7
Save and quit (Exit)	Entrée/Enter
Quit without saving (Abort)	Escape/Echap

EIKONA 44 : πληκρολόγιο –πλήκτρα MTS

### 8.1.5. Πρόσβαση Στο MTS 8000 Από Ένα PC

Το MTS 8000 μπορεί να συνδεθεί με ένα PC προκειμένου:

- Να μεταφέρουμε την οθόνη του MTS 8000 στο PC και να θέσουμε εντολές από το πληκτρολόγιο του PC
- να έχουμε πρόσβαση στην εσωτερική μνήμη (ή το σκληρό δίσκο) του MTS 8000 από το PC και να μεταφέρουμε τα αρχεία από το MTS 8000 στο PC και αντίστροφα.

#### 8.1.5.1. Σύνδεση Του MTS 8000 Με Ένα PC

Αμεση σύνδεση

1. ΣΤΟ PC: βρείτε τη διεύθυνση IP και τη μάσκα του υποδικτύου του PC:
  - Με Windows 98 ή Millenium: Επιλέξτε Έναρξη > Εκτέλεση, κατόπιν εισάγετε "winipcfg"1 και πατήστε OK.
  - Με τα WINDOWS NT, 2000 ή XP: επιλέξτε Έναρξη > Προγράμματα > Εξαρτήματα > DOS Prompt και πληκτρολογήστε «ipconfig»1, και μετά ENTER. Σημειώστε τη διεύθυνση IP και τη μάσκα του υποδικτύου του PC.

2. ΣΤΟ MTS 8000:

ΣΤΟ set-up μενού, κάτω από το I/O Interface > Ethernet, εισάγετε:

- μια IP ίδια με αυτήν του PC +/- 1, παραδείγματος χάριν, 10.10.50.204 εάν η διεύθυνση στο PC είναι της 10.10.50.203.
- τη μάσκα IP του PC,
- μια IP gateway παρόμοια με την IP διεύθυνση π.χ. που τελειώνει με το χαρακτήρα 1.

3. Συνδέστε το RJ 45 connector του MTS 8000 με αυτόν του PC με ένα crossover Ethernet καλώδιο.

4. Περιμένετε περίπου δέκα δευτερόλεπτα ενώ η σύνδεση καθιερώνεται.

### 8.1.5.2. Σύνδεση Μέσω Ενός Τοπικού Δικτύου

1. Στο PC: βρείτε τη διεύθυνση IP και τη μάσκα του υποδικτύου του PC:
  - Με Windows 98 ή Millenium: Επιλέξτε Έναρξη > Εκτέλεση, κατόπιν εισάγετε "winipcfg"1 και πατήστε OK.
  - Με τα WINDOWS NT, 2000 ή XP: επιλέξτε Έναρξη > Προγράμματα > Εξαρτήματα (Accessories)>Common line και πληκτρολογήστε «ipconfig»1, και μετά ENTER.
  - Σημειώστε τη διεύθυνση IP και τη μάσκα του υποδικτύου του PC.
2. Στο MTS 8000:

Στο set-up μενού, κάτω από το I/O Interface > Ethernet, εισάγετε: τη διεύθυνση IP, τη μάσκα IP του PC και την IP gateway που κοινοποιείται σε σας από το διευθυντή δικτύων ή στη σύσταση του, δυναμικός τρόπος απόδοσης χρήσης (DHCP). Σε αυτήν την περίπτωση, η διεύθυνση του MTS 8000 (10.10.50.204 στο παράδειγμα) επιδεικνύεται αλλά δεν μπορεί να αλλαχθεί

3. Συνδέστε το RJ 45 connector του MTS 8000 σε ένα hub ή σε ένα διακόπτη Ethernet με ένα straight-through Ethernet καλώδιο
4. Περιμένετε για περίπου δέκα δευτερόλεπτα ενώ η σύνδεση καθιερώνεται.
5. Στο PC, σιγουρευτείτε ότι η σύνδεση είναι λειτουργική επιλέγοντας Έναρξη > Εκτέλεση ... και πληκτρολογώντας «ping» ακολουθούμενο από την IP διεύθυνση του MTS 8000

### 8.1.6. Η Μεταφορά Της Διεπαφής Του MTS 8000 Προς Ένα PC

Κάντε τη σύνδεση του MTS 8000/PC όπως περιγράφεται παρακάτω:

- Στο MTS 8000 στο set-up μενού, κάτω από το I/O interface, επιβεβαιώστε Offset screen = ναι
- Στο PC, πηγαίνετε στον Internet Explorer και πληκτρολογήστε τη διεύθυνση: <http://10.10.50.204:5800> εάν 10.10.50.204 είναι η διεύθυνση IP του MTS που καθορίστηκε όταν γινόταν η εγκατάσταση της σύνδεσης.
- Ένα παράθυρο VNC θα ανοίξει ζητώντας ένα κωδικό πρόσβασης: πατήστε Enter χωρίς να πληκτρολογήσετε οποιοδήποτε κωδικό πρόσβασης. Η οθόνη του MTS 8000 θα εμφανιστεί στο PC σας. Μπορείτε να χρησιμοποιήσετε το πληκτρολόγιο και το ποντίκι του PC για να ελέγξετε το MTS 8000: δείτε "Χρησιμοποίηση ενός εξωτερικού πληκτρολογίου και ένα ποντικιού

### 8.1.7. Πρόσβαση Στο Σκληρό Δίσκο Του MTS 8000 Μέσω Ενός PC

Είναι δυνατόν να έχετε πρόσβαση στην εσωτερική μνήμη ή στον σκληρό δίσκο του MTS 8000 από ένα PC με τη βοήθεια του FTP server του MTS 8000. Η πρόσβαση στο ftp server επιτυγχάνεται μέσω του user account mts8000 (password: acterna).

- Κάντε τη σύνδεση MTS 8000/PC όπως περιγράφεται παραπάνω.
- ΣΤΟ PC, χρησιμοποιήστε είτε FTP client είτε Internet Explorer
- Στον internet explorer, πληκτρολογήστε την ακόλουθη διεύθυνση

- ftp://mts8000:acterna(5)10.10.50.204/harddisk/, εάν το MTS 8000 είναι εξοπλισμένο με έναν σκληρό δίσκο.

- ftp://rnts8b00:acterna(a>10.10.50.204/disk/, εάν το MTS 8000 δεν είναι εξοπλισμένο με έναν σκληρό δίσκο, πρόσβαση στην εσωτερική μνήμη.

(10.10.50.204, είναι η διεύθυνση IP του MTS 8000 που καθορίστηκε όταν έγινε η σύνδεση). Το PC επιδεικνύει έπειτα το περιεχόμενο του σκληρού δίσκου ή την εσωτερική μνήμη του MTS 8000.

### 8.1.8. Συνδετήρες (Connectors)

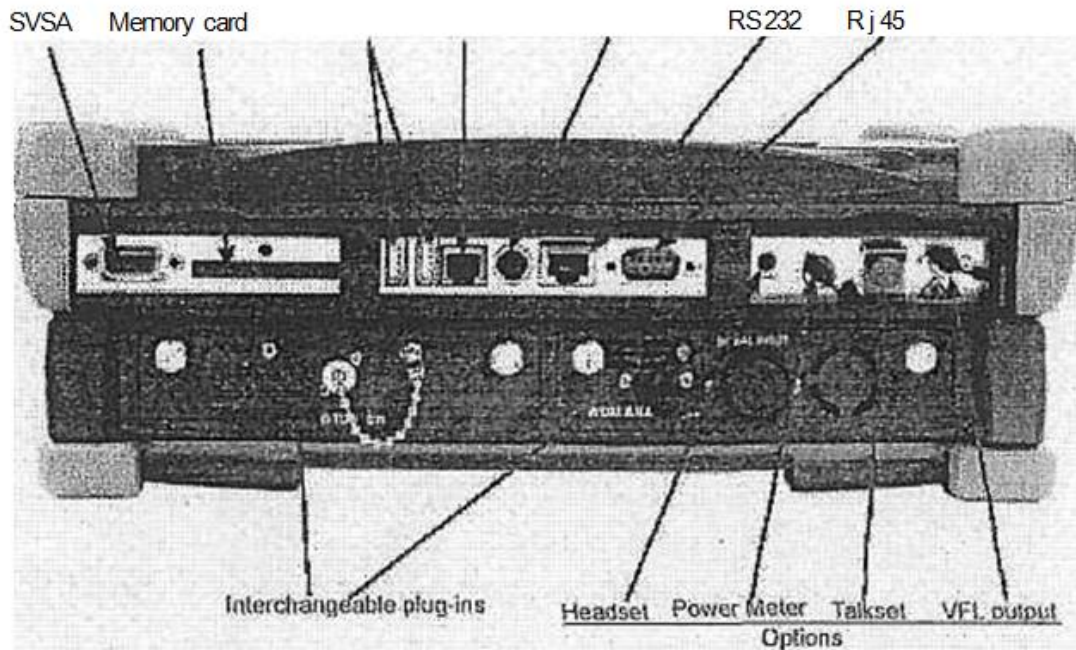
Στη δεξιά πλευρά υπάρχουν:

- παροχή ηλεκτρικού ρεύματος 12 V που χρησιμοποιείται για να φόρτιση των μπαταριών
- η δισκέτα ή το CD-ROM

Στην οπίσθια πλευρά υπάρχουν:

Η οπίσθια πλευρά περιλαμβάνει: από αριστερά προς τα δεξιά, τα ακόλουθα στοιχεία:

- SVGA έξοδος
- Flash memory card reader
- USB connectors για τον εκτυπωτή, το ποντίκι, το πληκτρολόγιο, Flash memory key κτλ.
- RJ 11 connector για την επιλογή του modem
- DIN connectors για την πρόσβαση στις εξωτερικές λειτουργίες (μελλοντικές επιλογές όπως optical switch),
- RS 232 connector
- RJ 45 connector για τη διεπαφή Ethernet
- εάν η επιλογή Talkset είναι παρούσα, η υποδοχή ακουστικών
- εάν η επιλογή power meter είναι παρούσα, ο αντίστοιχος συνδετήρας
- εάν η επιλογή Talkset είναι παρούσα, ο οπτικός συνδετήρας
- εάν η επιλογή VFL είναι παρούσα, η αντίστοιχη έξοδος



ΕΙΚΟΝΑ 45 : Η οπίσθια πλευρά

### 8.1.9. Διαμόρφωση Του Συστήματος

Όταν το MTS 8000 πρόκειται να χρησιμοποιηθεί για πρώτη φορά, ή πριν από μια μέτρηση, οι παράμετροι του συστήματος πρέπει να διαμορφωθούν:

- οι συγκεκριμένες παράμετροι για το MTS 8000 (επίπεδο φωτισμού οθόνης, αυτόματο κλείσιμο, επικύρωση του SVGA output).
- οι συγκεκριμένες παράμετροι για τη χώρα της χρήσης; γλώσσα, ημερομηνία, ώρα, τρόπος εμφάνισης της ημερομηνίας και της ώρας.
- Παράμετροι input/output
- ενεργοποίηση του μεγαφώνου και ρύθμιση του επιπέδου ήχου (με την επιλογή Talkset)
- προγραμματισμός του αυτόματου κλεισίματος (για λειτουργία με μπαταρίες)

Για να καλέσετε αυτές τις επιλογές διαμόρφωσης, πιέστε το πλήκτρο SYSTEM, και μετά το πλήκτρο System Setup.

\*Επίσης υπάρχει και η διαδικασία διαμόρφωσης του οργάνου (επιλέγοντας το module ή τη λειτουργία που χρησιμοποιείται) και του συστήματος

Οθόνη : Επιλογή του επιπέδου φωτισμού της οθόνης , Screen Saver,

Χώρα : Επιλογή Γλώσσας

Ρύθμιση : ημερομηνίας , ώρας , του format της ημερομηνίας

Update

Αυτόματο κλείσιμο

Εκτύπωση (Printer)

## 8.2. Τι Χρειάζεται Να Ξερούμε Για Τις Μετρήσεις Των Κ.Ο.Ι


Χρειάζεται μόνο να πατήσετε το πλήκτρο **START/STOP** για να ξεκινήσετε ή να σταματήσετε μετρήσεις. Ωστόσο, είναι απαραίτητο να διαμορφωθεί η μέτρηση και ο τύπος επιθυμητών αποτελεσμάτων.

Το κεφάλαιο αυτό περιγράφει τις διάφορες φάσεις της μέτρησης χρησιμοποιώντας μία μονάδα OTDR ή τη λειτουργία της μίας μονάδας 5083CD:

- ο Διαμόρφωση της μέτρησης (manual, auto, κλπ), παράμετροι της μέτρησης και επιλογή των αποτελεσμάτων της μέτρησης για να εμφανιστούν
- ο Ξεκινώντας τη μέτρηση (Απόκτηση)
- ο Ανάλυση των αποτελεσμάτων (Γεγονότα, πίνακας αποτελεσμάτων κλπ.)
- ο Αυτόματες μετρήσεις και ανίχνευση
- ο Ημι-αυτόματες μετρήσεις (με την χρήση δεικτών)
- ο Χειροκίνητες (manual) μετρήσεις

### 8.2.1. Επιλογή Της Λειτουργίας

Πατήστε το κουμπί **SYSTEM** . Εάν το όργανο είναι εξοπλισμένο με διάφορες μονάδες ή αν μία μονάδα εκτελεί διάφορες λειτουργίες:

- Χρησιμοποιείτε τα κουμπιά κατεύθυνσης για να διαλέξετε λειτουργία: το εικονίδιο κάτω από τον δείκτη του ποντικιού περιστοιχίζεται από ένα πράσινο πλαίσιο.
- Διαλέξτε τη λειτουργία πιέζοντας  το εικονίδιο αλλάζει σε πορτοκαλί-κίτρινο.



## 8.2.2. Διαμόρφωση Της Δοκιμής Ανακλασίμετρου

Για να ανακαλέσετε το παράθυρο διαμόρφωσης δοκιμών, πατήστε το κουμπί SETUP. Πλαίσια διαλόγου στην ίδια οθόνη επιτρέπουν την επιλογή των παραμέτρων μέτρησης, επίδειξη των αποτελεσμάτων και τις παραμέτρους της οπτικής ίνας.

Σ' αυτά τα παράθυρα, οι επιλεγμένες παράμετροι εμφανίζονται με αντίθετο χρώμα. Επιλέξτε αυτήν την παράμετρο χρησιμοποιώντας τα κουμπιά κατεύθυνσης .

Οι διαθέσιμες επιλογές εμφανίζονται στην οθόνη: συναρτώνται με την λειτουργία που έχει επιλεγεί. Επιλέξτε χρησιμοποιώντας τα κουμπιά κατεύθυνσης (βελακία).

### 8.2.2.1. Παράμετροι Απόκτησης

Μπορείτε να διαλέξετε τις παρακάτω παραμέτρους απόκτησης, για οποιοδήποτε τύπο μέτρησης εμφανίζεται στο ίχνος. Αν οι παράμετροι απόκτησης δεν είναι προσβάσιμες, ελέγξτε μήπως η λειτουργία OTDR έχει πραγματικά επιλεγεί.

The screenshot shows the OTDR SETUP screen with the following parameters:

Acquisition	1310nm	1310nm ,1550 nm, All
Mode	Manual	
pulse	300ns(30m)	
Range	20 Km	
Resolution	10 m	
Delete traces on Start	No	
Acq. Time	10.00	

**Measurements**

Detection	>
Group Refr. Index	>
Scatter Coefficient	>
Launch Cable Start	No

**Results Screen**

Alarms	None
Notes	No
Results On Trace	Graphics Only
Ghosts	Yes
Automatic DHL	Yes
Grid	No
Unit	km

OTDR Powermeter

20/8/2011  
17:50

Test Auto  
Factory Defaults

ΕΙΚΟΝΑ 46 : Οθόνη OTDR SETUP (με μονάδα διπλού μήκους κύματος)

Laser → Η απόκτηση θα εκτελεσθεί στο μήκος κύματος που έχει επιλεγεί (για μονάδες με πολλά μήκη κύματος)  
All: η απόκτηση θα εκτελεσθεί σε όλα τα διαθέσιμα μήκη κύματος.

Mode → Επιλέξτε τον τρόπο ανίχνευσης των γεγονότων:

- Real time: η βασική μονάδα 8000 εκτελεί μέχρι δέκα αποκτήσεις ανά δευτερόλεπτο και εμφανίζει το ίχνος που προκύπτει σε πραγματικό χρόνο μαζί με ένα δείκτη της κατάστασης σύνδεσης. Αυτός ο τρόπος δίνει την δυνατότητα ανάλυσης της ίνας, γρήγορα χωρίς κανένα φαινόμενο μνήμης και έτσι να ελεγχθεί η εγκατάσταση και η ποιότητα των συνδέσεων.

-Manual: οι παράμετροι απόκτησης πρέπει να διαμορφωθούν σαν συνάρτηση της ίνας που δοκιμάζεται. Όταν η απόκτηση ολοκληρωθεί, μία μέτρηση έχει ολοκληρωθεί και τα αποτελέσματα επιδεικνύονται

-Auto: η βασική μονάδα 8000 αρχίζει μία απόκτηση με μία αυτόματη διαμόρφωση επιλέγοντας κατάλληλο συνδυασμό παλμού/διαστήματος/ανάλυσης. Όταν η απόκτηση ολοκληρωθεί, μία μέτρηση έχει ολοκληρωθεί και τα αποτελέσματα επιδεικνύονται

Pulse → Αυτό εξαρτάται από τον τύπο της μονάδας OTDR.

Range → Αυτό εξαρτάται από τον τύπο της μονάδας OTDR.  
Το πιθανό διάστημα εξαρτάται από μήκος παλμού που επιλέχθηκε.  
Στο Auto mode, το διάστημα επιλέγεται σαν συνάρτηση του τέλους της ίνας.

Resolution → Από 4cm έως 160m ανάλογα με την μονάδα.  
Χωρίς βαθμονόμηση της μέτρησης. Οι επιλογές που προσφέρονται εξαρτώνται από το διάστημα και τον παλμό που επιλέχθηκε.  
Στο Auto mode, η ανάλυση επιλέγεται αυτόματα σύμφωνα με τις παραπάνω δύο παραμέτρους

Remove Traces on Start →

-Yes: όταν ξεκινά η επόμενη απόκτηση με το κουμπί START, τα ίχνη που αποκτήθηκαν νωρίτερα, σβήνονται.

-Όχι: όταν ξεκινά η επόμενη απόκτηση με το κουμπί START, τα ίχνη που αποκτήθηκαν νωρίτερα, σώζονται.

Note: for a multi-wavelength acquisition, this parameter must be set to Yes .

Χρόνος απόκτησης → Από 5s έως 10min.

## All Auto

Το κουμπί <Test Auto> φέρει τις παρακάτω παραμέτρους:

- Παράμετροι απόκτησης:  
Laser: All  
Mode: Auto
- Παράμετροι αποθήκευσης  
Ονομασία Αρχείων:  
[καλώδιο] [όνομα ίνας] [μήκος κύματος] [παλμός] [κατεύθυνση]  
Αύξηση Αριθμού Ίνας: Ναι  
Αυτόματη Αποθήκευση: Ναι

### 8.2.2.2. Εργοστασιακές Ρυθμίσεις

Το κουμπί <Factory Defaults> επιφέρει τις παραμέτρους απόκτησης, μετρήσεις και επίδειξη αποτελεσμάτων που ορίστηκαν στο εργοστάσιο

### 8.2.2.3. Παράμετροι Μετρήσεων

Σημαντικό

Αυτές οι παράμετροι ισχύουν για όλα τα ίχνη που υπάρχουν στην οθόνη. Μπορείτε να επιλέξετε τις παρακάτω παραμέτρους μετρήσεων, στο πεδίο Measurements field .

#### 8.2.2.3.1 Detection

Επιλογή των γεγονότων για ανίχνευση :

Splices → All: όλες οι συγκολλήσεις θα ανιχνευτούν.  
None: καμία συγκόλληση δεν θα ανιχνευτεί ή επιλέξτε το κατώφλι από το οποίο οι συγκολλήσεις θα ανιχνευτούν μεταξύ 0.01 dB και 1.99dB σε βήματα των 0.01 αΒ.  
Εργοστασιακή τιμή εξ' ορισμού: All.

Reflections → All: όλες οι ανακλάσεις θα ανιχνευτούν.  
None: καμία ανάκλαση δεν θα ανιχνευτεί ή επιλέξτε το κατώφλι από το οποίο οι ανακλάσεις θα ανιχνευτούν μεταξύ -99 και -11 σε βήματα των 1 dB .  
Εργοστασιακή τιμή εξ' ορισμού: All.

#### Σημείωση

Αν δεν εμφανίζεται κανένα αποτέλεσμα μετά από μία μέτρηση επιβεβαιώστε ότι η παράμετρος All έχει επιλεγεί για την ανίχνευση των συγκολλήσεων και των ανακλάσεων.

Fiber end → Auto (προτείνεται) δυνατότητα στην οποία η βασική μονάδα 8000 ανιχνεύει αυτόματα το τέλος της ίνας 3 έως 20dB (σε βήματα των 1dB): κατώφλι ανίχνευσης το του τέλους της ίνας. Εργοστασιακή τιμή εξ' ορισμού: Auto.

### 8.2.2.3.2. Δείκτης Διάθλασης

Επιλογή του ομαδικού δείκτη διάθλασης όλης της ίνας.

- User → - είτε: ορίστε για κάθε μήκος κύματος (1310 SM, 1420-1510 SM, 1550SM, 1625 SM) ένα δείκτη διάθλασης από 1.30000 έως 1.69999. Η επιλογή ενός δείκτη αλλάζει την τιμή του τμήματος AB (πραγματική απόσταση μεταξύ των δρομέων A και B).
- Or, αν η τρέχουσα απόσταση μεταξύ των δρομέων A και B είναι γνωστή, τοποθετήστε την τιμή της κάτω από το Section AB για να ιδρύσετε τον δείκτη της ίνας. Επιλογή αυτής της απόστασης προκαλεί την επίδειξη των δεικτών. Οι ακραίες τιμές απόστασης δίνονται από τις τιμές δείκτη (1.30000 έως 1.70000).

## 8.2.3. Οθόνη Αποτελεσμάτων

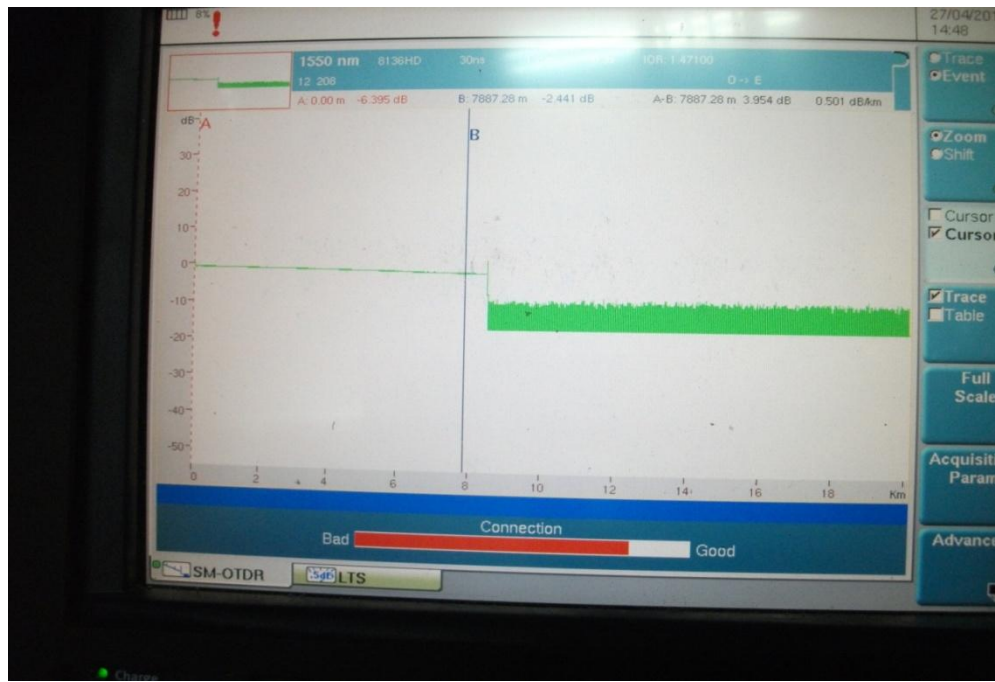
### 8.2.3.1. Τρόπος Πραγματικού Χρόνου

Η απόκτηση στον πραγματικό χρόνο δεν πρέπει να χρησιμοποιηθεί εάν μια ακριβής μέτρηση απαιτείται λόγω του υψηλού επιπέδου θορύβου, αλλά είναι ικανοποιητικό για τη γρήγορη βελτιστοποίηση μιας σύνδεσης και για την παρατήρηση μιας ίνας στο στάδιο της χρησιμοποίησης.

Για να πραγματοποιηθεί μια απόκτηση σε πραγματικό χρόνο, μετά από την επιλογή των απαραίτητων παραμέτρων αποκτήσεων

- Αν Auto ή Manual τρόπος έχει επιλεγεί στο **SETUP** menu, κρατείστε πατημένο το κουμπί **START** για περίπου δύο δευτερόλεπτα, όταν η απόκτηση πραγματικού χρόνου.
- ή επιλέξτε τον τρόπο απόκτησης πραγματικού χρόνου στο **SETUP** menu και πατήστε το κουμπί **START STOP**.

Ο κόκκινος δείκτης Testing θα ανάψει για να δείξει ότι μία απόκτηση πραγματικού χρόνου, είναι σε εξέλιξη. Το ίχνος που αποκτήθηκε επιδεικνύεται σε πραγματικό χρόνο. Ένας δείκτης της κατάστασης της σύνδεσης (GOOD/BAD) επιδεικνύεται κάτω από το ίχνος.



ΕΙΚΟΝΑ 47 : Τρόπος πραγματικού χρόνου

### Σημείωση

Αν η σύνδεση δεν είναι καλή, ελέγξτε και καθαρίστε τον συνδετήρα. Για να τερματίσετε ή διακόψετε μία απόκτηση σε πραγματικό χρόνο, πατήστε το κουμπί **START STOP**.

### 8.2.3.1.1. Δείκτης Ποιότητας Σύνδεσης

Ο δείκτης ποιότητας σύνδεσης δίνει τις παρακάτω πληροφορίες:

Κατάσταση	Σύνδεση
<b>Good</b>	Η σύνδεση είναι εντάξει
<b>Bad</b>	Πιθανές αιτίες του κακού αποτελέσματος: Υπάρχουν πολλοί συνδετήρες κοντά στον εξωτερικό συνδετήρα της βασικής μονάδας 8000. Ένας από τους συνδετήρες είναι λερωμένος ή όχι σωστά συνδεδεμένος. Αντικαταστήστε το αρχικό καλώδιο (launch cable) ξανακάνετε την σύνδεση με σωστό τρόπο. Δεν υπάρχει συνδεδεμένη ίνα.

ΕΙΚΟΝΑ 48 : δείκτης ποιότητας σύνδεσης

Εάν η κατάσταση της σύνδεσης είναι κακή, είναι ακόμα δυνατό να πραγματοποιηθεί μια μέτρηση, αλλά τα αποτελέσματα δεν θα είναι ιδιαίτερα αξιόπιστα.

#### 1) Αυτόματος τρόπος απόκτησης

Ο γρηγορότερος τρόπος τα ελαττώματα στην οπτική ίνα σας είναι να χρησιμοποιηθεί ο αυτόματος τρόπος αποκτήσεων. Η μονάδα 8000 βάσεων χρησιμοποιεί έπειτα τις παραμέτρους αποκτήσεων (πλάτος σφυγμού, σειρά και ψήφισμα) καταλληλότερες στην ίνα που εξετάζεται και στο χρόνο αποκτήσεων που επιλέγεται.

#### 2) Χειροκίνητος Τρόπος Απόκτησης

Σε αυτόν τον τρόπο, η βασική μονάδα 8000 πραγματοποιεί διάφορους υπολογισμούς μέσου όρου που ορίζονται ως μια λειτουργία του μέγιστου χρόνου απόκτησης, που καθορίζεται στο menu απόκτησης και στη συνέχεια ολοκληρώνει την απόκτηση. Η απόκτηση πραγματοποιείται με τις παραμέτρους που επιλέγονται προηγουμένως στο menu απόκτησης. Μπορεί να σταματήσει οποιαδήποτε με τη χρήση του κουμπιού START STOP .

Για να διαμορφώσετε μια χειρωνακτική απόκτηση της ίνας υπό δοκιμή, ακολουθήστε τη διαδικασία που περιγράφεται κατωτέρω, στο menu SETUP

- a) Επιλέξτε το μήκος κύματος στη γραμμή Laser.
- b) Στη γραμμή Mode, επιλέξτε Manual.
- c) Στη γραμμή Pulse, επιλέξτε το κατάλληλο μήκος παλμού για τις προτεινόμενες τιμές.
- d) Επιλέξτε το απαιτούμενο Range από τις προτεινόμενες τιμές.
- e) Επιλέξτε TO Resolution.
- f) Στη γραμμή Acquisition Time , επιλέξτε τη διάρκεια της απόκτησης (5 seconds έως 10 minutes).
- g) Πατήστε το κουμπί **START STOP** για να αρχίσει η απόκτηση.  
Ο κόκκινος δείκτης ανάβει για να δείξει ότι η βασική μονάδα 8000 είναι στο στάδιο της απόκτησης και η οθόνη επιδεικνύει το ίχνος στο στάδιο της απόκτησης. Η ποιότητα της σύνδεσης επιδεικνύεται για μερικά δευτερόλεπτα, κατόπιν μια μπάρα γραφικών παρουσιάζει τον παρερχόμενο και τον υπόλοιπο χρόνο απόκτησης.
- h) Στο τέλος της απόκτησης, το ίχνος επιδεικνύεται και μία αυτόματη μέτρηση αρχίζει.

## 8.2.4 Πίνακας Αποτελεσμάτων

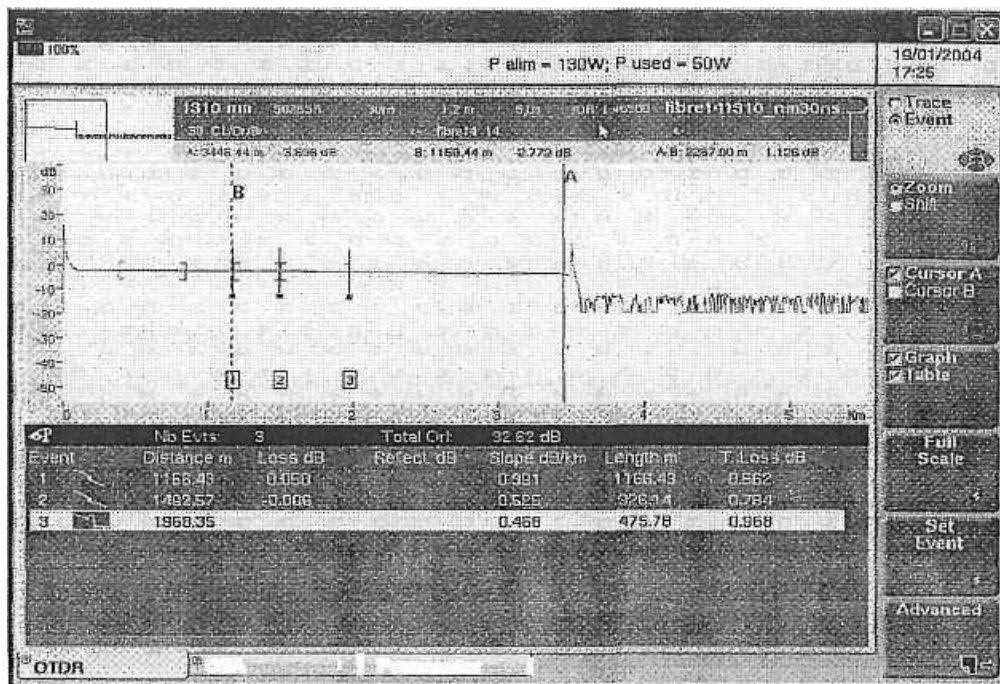
Σημείωση

Πα να επιδείξετε όλα τα γεγονότα, βεβαιωθείτε ότι η επιλογή του κατωφλίου ανίχνευσης, στο SETUP menu είναι All.

Υπάρχουν δύο τύποι πινάκων αποτελεσμάτων στη βασική μονάδα 8000:

- Ένας πίνακας με μία γραμμή κάτω από το ίχνος που δίνει τον τύπο και τα χαρακτηριστικά του κοντινότερου γεγονότος στον δρομέα.
- Ένας πίνακας που δίνει τον τύπο και τα χαρακτηριστικά όλων των γεγονότων που ανιχνεύονται κατά την διάρκεια αυτόματων μετρήσεων: Οι 8 γραμμές που επιδεικνύονται αντιστοιχούν στον κοντινότερο δρομέα υπερτονίζεται. Η έμφαση αυτή κινείται ακολουθώντας τον δρομέα όταν κινείτε.

Στο πάνω μέρος του πίνακα, μία γραμμή δείχνει τις γενικές παραμέτρους της ίνας: αριθμοί των γεγονότων που εμφανίζονται, συνολικό ORL της σύνδεσης, και εικονίδιο κλειδωμένου δείκτη.



ΕΙΚΟΝΑ 49 : Παράδειγμα πίνακα αποτελεσμάτων

Πληροφορία που δίδεται για κάθε ανιχνευόμενο γεγονός

Κάθε γεγονός, κάτω από το ίχνος αναφέρεται με έναν σειριακό αριθμό ο οποίος επαναλαμβάνεται στην πρώτη στήλη του πίνακα. Ο πίνακας έτσι, δείχνει:

- ένα εικονίδιο συμβολίζοντας τον τύπο του γεγονότος:



Μη ανακλώσα εξασθένηση (π.χ. συγκόλληση).



Γεγονός με ανάκλαση (π.χ. συνδετήρας).



Ανάκλαση φάντασμα.



Κλίση της ίνας (όταν η κλίση δεν ακολουθείται από λάθος).



Τέλος της ίνας



Μέτρηση ORL



Δείκτης γεγονότος όταν δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί μια μέτρηση. Εάν το γεγονός που προστίθεται είναι πολύ κοντά σε ένα υπάρχον γεγονός το εικονίδιο εμφανίζεται στο ίχνος και τον πίνακα, αλλά καμία μέτρηση δεν πραγματοποιείται: για να πάρουμε το αποτέλεσμα αυτού του γεγονότος μια χειρωνακτική μέτρηση είναι απαραίτητη ..



Τέλος του καλωδίου αρχής: η εξασθένηση και οι αποστάσεις μετρώνται στη βάση των αντιστοίχων δεικτών.


- Η απόσταση του γεγονότος από την αρχή της ίνας, σε μέτρα (ή kfeet ή miles).
- Η εξασθένηση εξ' αιτίας του γεγονότος, σε dB.
- Ο συντελεστής ανάκλασης του γεγονότος, σε dB (ή το αποτέλεσμα ORL, εάν μία μέτρηση ORL έχει διεξαχθεί).
- Η κλίση πριν από το γεγονός, σε dB/km (dB/kft) εάν μπορεί να μετρηθεί.
- Το μήκος του τμήματος, δηλαδή η απόσταση μεταξύ του δείκτη γεγονότος και του προηγούμενου δείκτη.
- Η συνολική εξασθένηση της ίνας (συνολική απώλεια dB), σε dB.

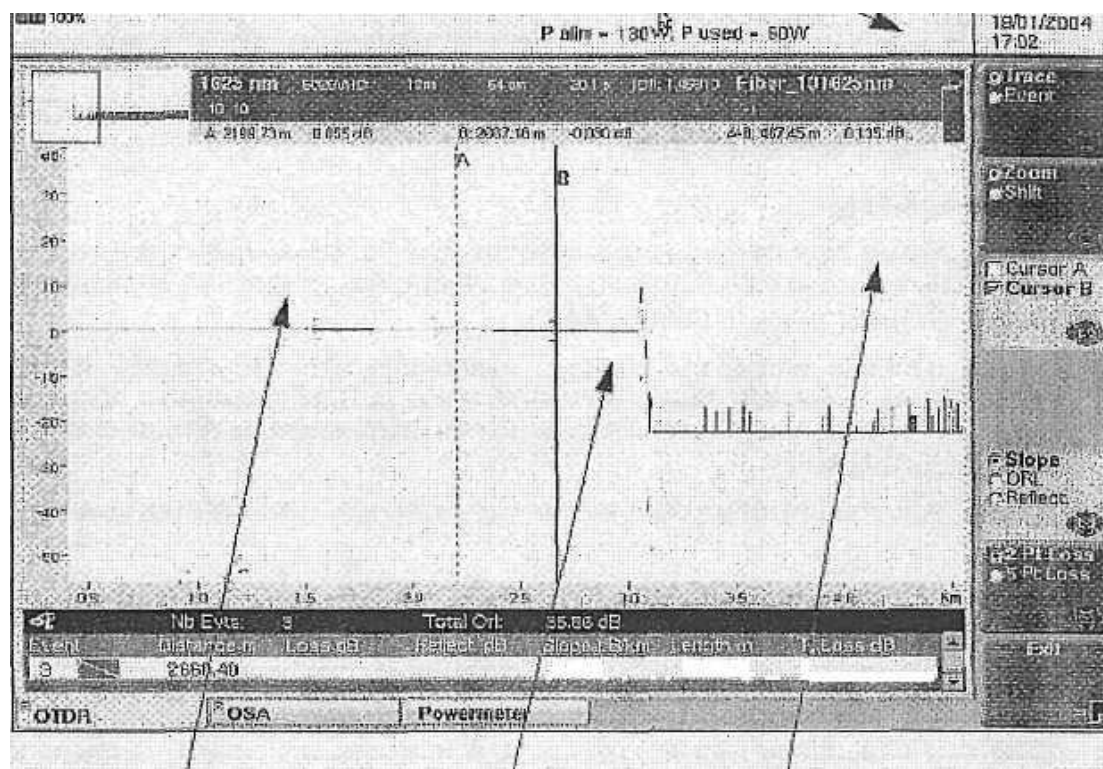


Ο πίνακας των αποτελεσμάτων είναι με αλληλεπίδραση, και απεικονίζει τις μετρήσεις υπό εξέλιξη. Οποιαδήποτε λειτουργία που διενεργείται στο ίχνος εισάγεται αμέσως στον πίνακα, έτσι ώστε μπορείτε να δείτε το αποτέλεσμα.

### 8.2.4.1 Μετρήσεις Της Κλίσης

Για να κάνετε μία χειροκίνητη μέτρηση κλίσης, πατήστε το πλήκτρο **RESULTS** για να κληθεί το ίχνος και μετά:

- Τοποθετείστε τον δρομέα A στην αρχή του τμήματος του ίχνους όπου επιδιώκουμε να μετρήσουμε την κλίση.
- Τοποθετείστε τον δρομέα B στο τέλος του τμήματος.
- Πατήστε το κουμπί <Advanced> , μετά το κουμπί <Manual> , μετά επιλέξτε <Slope>.
- Πατήστε  : η κλίση του συγκεκριμένου τμήματος του ίχνους επιδεικνύεται.



Κλίση

Συγκόλληση

Συντελεστής ανάκλασης

ΕΙΚΟΝΑ 50 : Αποτελέσματα μέτρησης

### 8.2.4.2 Αποτέλεσμα Της Μέτρησης Κλίσης

Το αποτέλεσμα επιδεικνύεται στην οθόνη μεταξύ των δύο δεικτών κλίσης [ και ].

Τα αποτελέσματα της μέτρησης είναι επίσης διαθέσιμα στον πίνακα τον οποίο μπορείτε να επιδείξετε στην ολότητα του, επιλέγοντας την λειτουργία <Table> (αφού πατήσετε δύο φορές <Exit> για να εγκαταλείψετε το Advanced mode).

Στον πίνακα:


- "distance" δείχνει την απόσταση μεταξύ της αρχής του ίχνους και του τέλους της κλίσης
- "Section" δείχνει την απόσταση μεταξύ του προηγούμενου γεγονότος (το οποίο μπορεί να είναι η αρχή της ζεύξης) και του τέλους της κλίσης. Έτσι η τιμή αυτού του τμήματος δεν είναι ισοδύναμη με την απόσταση μεταξύ των δύο δείκτες κλίσης [ και ].

Αν δεν επιδεικνύεται κανένα αποτέλεσμα στον πίνακα:

η απόσταση μεταξύ των δρομέων A και B είναι πολύ μικρή.

Σβήνοντας μία μέτρηση κλίσης

Πα να σβήσετε το αποτέλεσμα μίας συγκεκριμένης μέτρησης κλίσης:

- τοποθετείστε και τους δύο δρομείς A και B πάνω στην κλίση που ενδιαφέρει
- επιλέξτε <Slope> (αφού, αν είναι απαραίτητο, πατήσετε <Advanced> και μετά <Manual>).
- Πατήστε  η κλίση του συγκεκριμένου τμήματος ίχνους, σβήνεται.

### Εκτελώντας μετρήσεις συγκόλληση και συντελεστή ανάκλαση

Υπάρχουν δύο μέθοδοι για χειροκίνητες μετρήσεις των συγκολλήσεων στο ίχνος: η μέθοδος δύο-δρομέων και η μέθοδος πέντε-δρομέων.

Η μέθοδος πέντε-δρομέων είναι η ακριβέστερη, δεδομένου ότι λαμβάνει υπόψη τη διαφορά του επιπέδου μεταξύ της κλίσης πριν από τη συγκόλληση και της κλίσης μετά από τη συγκόλληση. Αυτή η μέθοδος πρέπει να χρησιμοποιηθεί όποτε είναι δυνατόν.

Εάν πολύ κοντινά γεγονότα έχουν δημιουργήσει μια νεκρή ζώνη που αποτρέπει τη μέτρηση της κλίσης με τη μέθοδο πέντε-δρομέων, είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί η μέθοδος δύο-δρομέων. Αυτή εξετάζει τη διαφορά στο επίπεδο μεταξύ των δρομέων.

Πριν από την διεξαγωγή μίας από αυτές τις μετρήσεις, πηγαίνετε στο **SETUP** menu και καθορίστε το κατώφλι ανίχνευσης συγκόλλησης (συστήνεται All). Επίσης επιβεβαιώστε την επίδειξη των αποτελεσμάτων στο ίχνος (Results στο Trace= All ή γραφική παράσταση μόνο).

Μέθοδος δύο σημείων:

Για να εκτελέσετε μία μέτρηση συγκόλλησης με την μέθοδο των «δύο σημείων», εμφανίστε τη σελίδα Results , μετά:

1. Τοποθετείστε τον δρομέα A ακριβώς πάνω στο λάθος, μετά τοποθετείστε τον δρομέα B μετά την συγκόλληση που θέλετε να ορίσετε .
2. Πιέστε το κουμπί <Advanced>, μετά το <Manual Measurement^ μετά επιλέξτε την λειτουργία <2 Pt Loss>.

3. Πατήστε 

Ο δείκτης συγκολλήσεων τοποθετείται στο σημείο που καθορίζεται από τον πρώτο (αριστερό) δρομέα και το αποτέλεσμα επιδεικνύεται στην οθόνη. Εάν το ελάττωμα είναι ανακλαστικό, η τιμή συντελεστή ανάκλασης μετριέται επίσης και επιδεικνύεται. Αυτά τα αποτελέσματα προστίθενται στον πίνακα των αποτελεσμάτων.

Εάν κανένα αποτέλεσμα δεν επιδεικνύεται, είναι δυνατό ότι το κατώφλι της ανίχνευσης εξασθένησης είναι υψηλότερο από τη εξασθένηση που δοκιμάζετε να μετρήσετε, ειδάλως μπορεί να είχατε επιλέξει No ή Graphics only στη γραμμή Results on Trace,

Σημείωση

Αν προσπαθείτε να μετρήσετε μία συγκόλληση σε μία κλίση, η μέτρηση δεν πραγματοποιείται και το παρακάτω μήνυμα λάθους επιδεικνύεται: "Slope found between two cursors".


## 8.2.5 Διαδικασία Για Να Ακολουθήσετε

Η παρακάτω διαδικασία προτείνεται για να αρχίσει μία, μέτρηση με δείκτες:

1. Εκτελέστε μια χειροκίνητη μέτρηση.
2. Απομνημονεύατε τη θέση των γεγονότων με το κουμπί <Add Marker>.
3. Προσθέστε τις χειροκίνητες μετρήσεις που χρειάζονται (κουμπιά: <Advanced>/<Manual Measurements>).

## Προσοχή

Αν ένας δείκτης προστίθεται (με το κουμπί <Add Marker>) αφού έχουν προηγουμένως εκτελεσθεί χειροκίνητες μετρήσεις, τότε όλοι οι δείκτες στο ίχνος θα μετατραπούν σε δείκτες ΑΥΤΟ και μία αυτόματη μέτρηση θα εκτελεσθεί χρησιμοποιώντας αυτούς τους δείκτες. Οι προηγούμενες χειροκίνητες μετρήσεις, θα χαθούν.

Υπό τον όρο ότι το εικονίδιο απομνημόνευσης, γεγονός  επιδεικνύεται, η αυτόματη μέτρηση μετά από την απόκτηση πραγματοποιείται χρησιμοποιώντας τους δείκτες που ήταν παρόντες πριν από την απόκτηση.

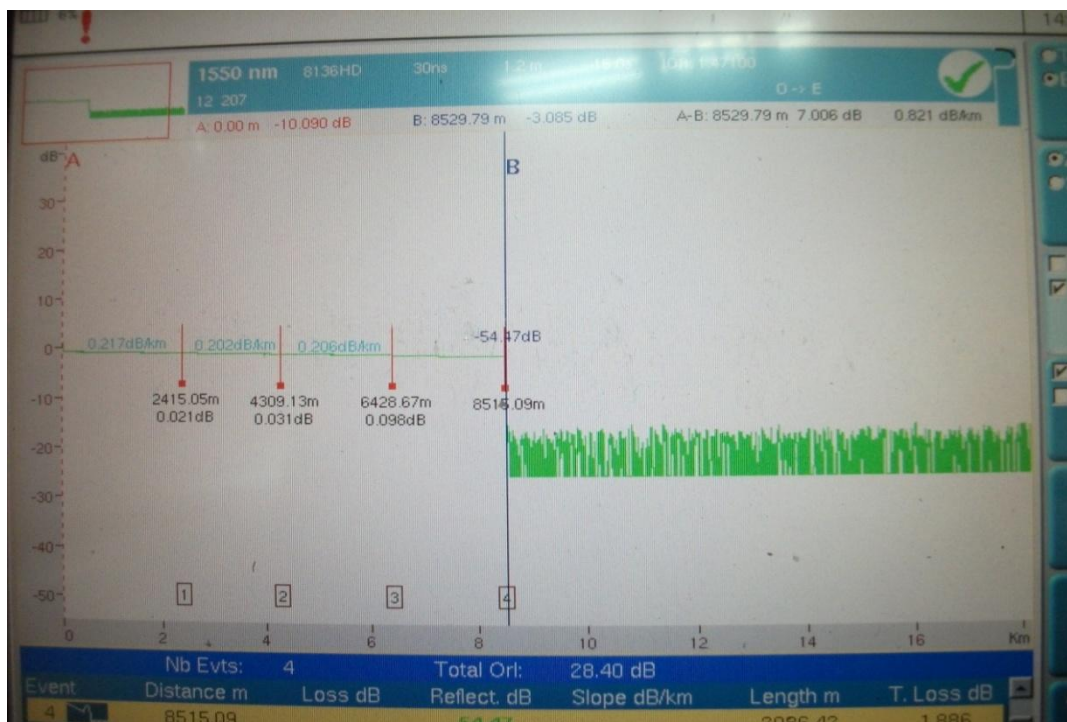
Εάν επιθυμείτε να κάνετε μια μέτρηση χωρίς δείκτες, απενεργοποιήστε την απομνημόνευση γεγονότων με πιέζοντας το κουμπί <Free Evts>.

## 8.3 Μετρήσεις Των Κ.Ο.Ι

- Εδεσσα-Φλαμουρια

Στο 1,5 παραθυρο ( μήκος κυματος )  $\lambda$  :  
Χλμ 8,515            Αποσβηση 1,886 dB

Μετρηση για 22 , απο σημειο A 0m εως B μήκος = 8,529 km

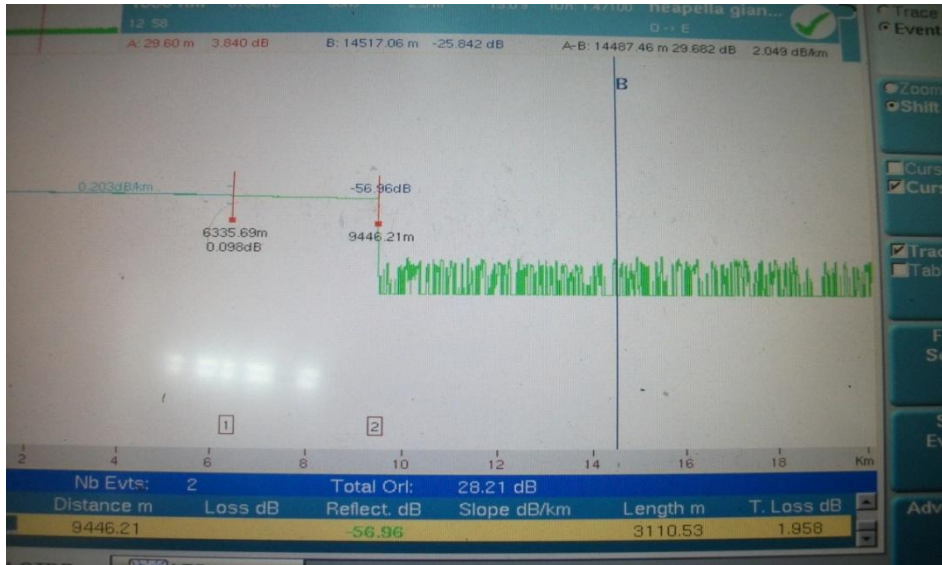


- Νέα Πελλα - Γιαννιτσα

Auto

Στο 1,5 παραθυρο ( μήκος κυματος ) λ :  
 Χλμ 9,446                    Αποσβεση 1,958 dB

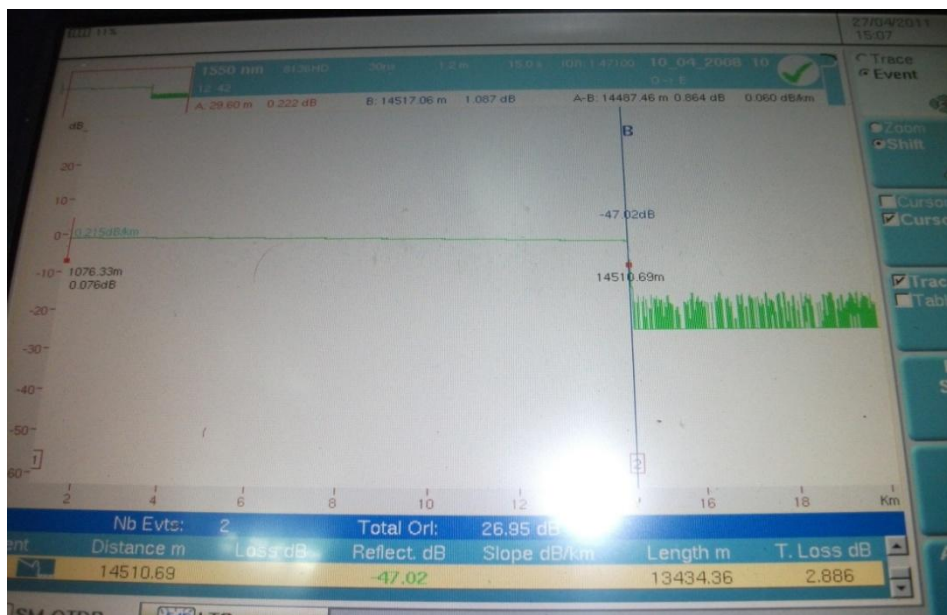
Μετρηση για 23 , απο σημειο A εως B μήκος = 14,487 km



- Εδεσσα-Παλαιφιτο-Γιαννιτσα

Στο 1,5 παραθυρο ( μήκος κυματος ) λ :  
 Χλμ 14,510                    Αποσβεση 2,886 dB

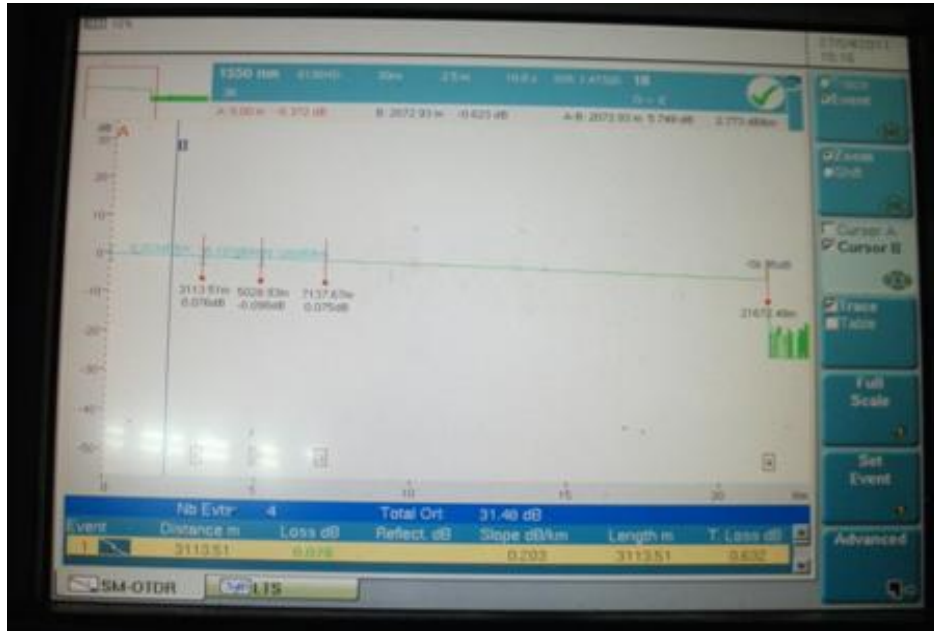
Μετρηση για 24 , απο σημειο A εως B μήκος = 14,487 km



- Εδεσσα - Σκυδρα

Στο 1,5 παραθυρο ( μήκος κυματος ) λ :  
 Χλμ 3,113                    Αποσβεση 0,632 dB

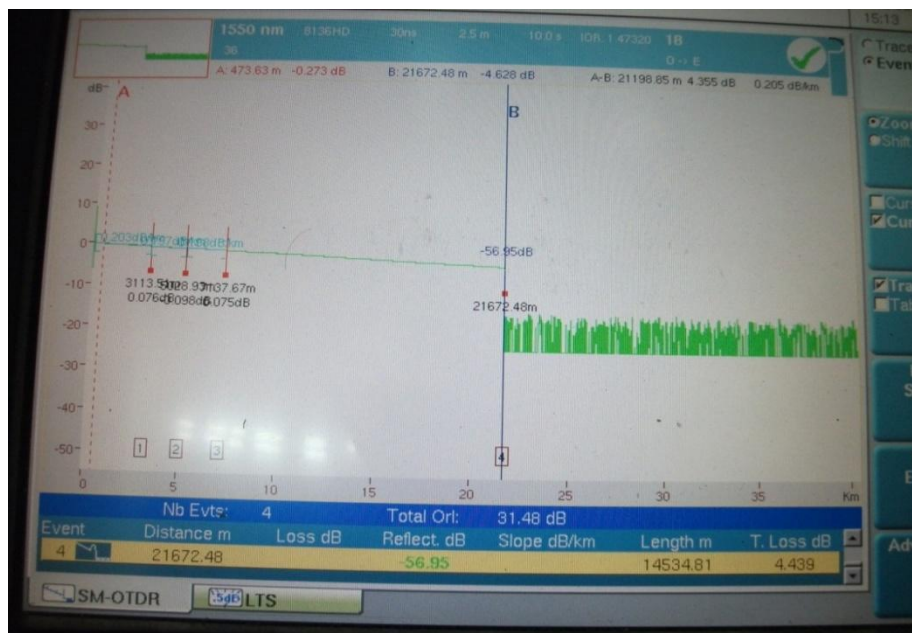
Μετρηση για 25 , απο σημειο A 0m εως B    μήκος = 2,072 km



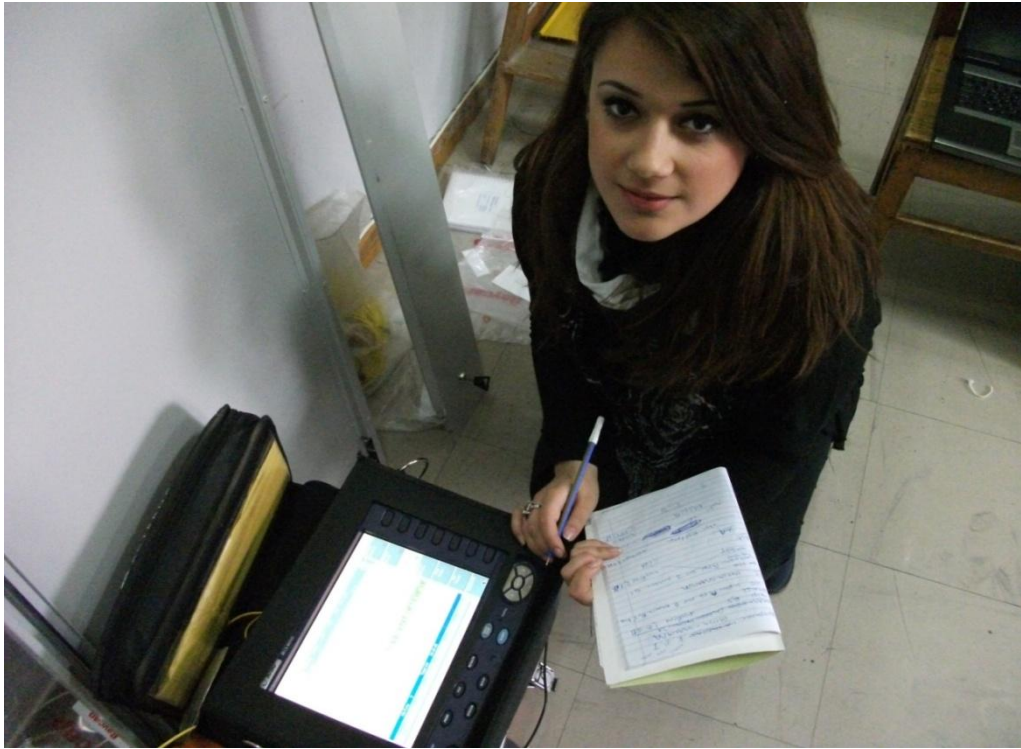
- Γιαννιτσα –Χαλκιδώνα

Auto  
 Στο 1,5 παραθυρο ( μήκος κυματος ) λ :  
 Χλμ 21,672                    Αποσβεση 4,439 dB

Μετρηση για 26 , απο σημειο A εως B    μήκος = 21,198 km







## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

### 9.1 Βιβλιογραφία

- 1) Εθνικο Μετσοβιο Πολυτεχνειο Σχολη Ηλεκτρολογων Μηχανικων Και Μηχανικων Υπολογιστων , Αθηνα, Ιουνιος 2008, Νικολαος Γαλανακης ,Διπλωματικη Εργασια: Αναλυση Και Αναπτυξη Μεθοδων Σχεδιασης Οπτικων Ευρυζωνικων Δικτυων Νεας Γενιας  
[http://artemis.cslab.ntua.gr/el\\_thesis/artemis.ntua.ece/DT2008-0092/DT2008-0092.pdf](http://artemis.cslab.ntua.gr/el_thesis/artemis.ntua.ece/DT2008-0092/DT2008-0092.pdf)
- 2) Αριστοτελειο Πανεπιστημιο Θεσσαλονικης , Πολυτεχνικη Σχολη Τμημα Ηλεκτρολογων Μηχανικων Και Μηχανικων Υπολογιστων Τομεας Τηλεπικοινωνιων, Θεσσαλονικη, Μαρτιος 2010, Κωνσταντινος Ε. Τσουκας ,Διπλωματικη Εργασια: Μετρησεις Και Προσομοιωση Συγχρονων Τηλεπικοινωνιακων Δικτυων
- 3) Πανεπιστημιο Πατρων Τμημα Ηλεκτρολογων Μηχανικων Και Τεχνολογιας Υπολογιστων, Σαββας Σαββα Του Κωστα , Διπλωματικη Εργασια : «Σχεδιαση Και Ψηφιακη Χαρτογραφηση Μητροπολιτικου Δικτυου Οπτικων Ινων»
- 4) Πανεπιστημιο Πατρων Τμημα Ηλεκτρολογων Μηχανικων Και Τεχνολογιας Υπολογιστων, Μιχαηλ Ε. Κοζιωτη , Ιουλιος 2008, Διδακτορικη Διατριβη, “Σχεδιαση Μικροηλεκτρονικων Κυκλωματων Μεγαλης Ταχυτητας Για Τηλεπικοινωνιακες Εφαρμογες Και Επιλυση Προβληματων Χρονισμου”
- 5) Φωτονικη Τεχνολογια Για Τηλεπικοινωνιες, Ηρακλης Αβραμοπουλος, Εθνικο Μετσοβιο Πολυτεχνειο Τμημα Ηλεκτρολογων Μηχανικων Και Μηχανικων Η/Υ
- 6) Τμημα Η.Υ.Συστηματων Τ.Ε.Ι. Πειραια Πτυχιακη Εργασια : Πολυπλεξια Με Διαιρεση Μηκους Κυματος Εφαρμογες Σε Μητροπολιτικα Δικτυα, Τζιουμακης Η. Αθανασιος



- 7) Εθνικο Μετσοβιο Πολυτεχνειο Τμημα Ηλεκτρολογων Μηχανικων Και Μηχανικων Η/Υ Εργαστηριο Φωτονικων Επικοινωνιων, Συστηματα Μεταδοσης Και Δικτυα Οπτικων Ινων
- 8) Πανεπιστημιο Μακεδονιας Πμς Πληροφοριακα Συστηματα Τεχνολογιες Τηλεπικοινωνιων & Δικτυων , Θεσσαλονικη, Φεβρουαριος 2005 ,Τσομπανιδου Δεσποينا –Χρηστου Ιωαννης , Πρωτοκολλα Οπτικων Δικτυων
- 9) Τμημα Μηχανικων Ηλεκτρονικων Υπολογιστων Και Πληροφορικης Της Πολυτεχνικης Σχολης Του Πανεπιστημιου Πατρων, Ιουλιος 2008 ,Χ. Ι. Μπουρας, , Μαθημα Ευρυζωνικες Τεχνολογιες <http://ru6.cti.gr/bouras/lessons.php?id=5&action=general>
- 10) Ειδικα Κεφαλαια Ηλεκτρονικων .Σημειωσεις ,Ηλεκτρονικα – Χαλκιαδης [http://www.ee.teihal.gr/labs/electronics/web/downloads/theory/fiberoptics/FO\\_notes.pdf](http://www.ee.teihal.gr/labs/electronics/web/downloads/theory/fiberoptics/FO_notes.pdf)
- 11) Επιχειρησιακο Προγραμμα: «Μακεδονιας- Θρακης 2007-2013», Ετικ: Προμηθεια Νεου Ή Αναβαθμιση Εργαστηριακου Και Τεχνολογικου Εξοπλισμου & Λογισμικου Στο Τει Καβαλας, Τμημα: Μισθοδοσιας, Αποζημιωσεων, Προμηθειων & Περιουσιας ,Γραφειο: Προμηθειων Και Περιουσιας, Πληροφοριες: Χρυσοχρου Κων/Νος [http://www.teikav.edu.gr/wb/media/files/prokirkseis/pr\\_1\\_2011.pdf](http://www.teikav.edu.gr/wb/media/files/prokirkseis/pr_1_2011.pdf)
- 12) Εθνικο Μετσοβιο Πολυτεχνειο Τμημα Ηλεκτρολογων Μηχανικων Και Μηχανικων Η/Υ ΤΟΜΕΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΛΙΚΩΝ, Βασιλειος Ι. Καρασακαλιδης, Αθηνα, Ιανουαριος 2009, Διπλωματικη Εργασια : Διορθωση Στο Δεκτη Των Λανθασμενων Δεδομενων Της Οπτικης Μεταδοσης Με Τη Χρηση Ηλεκτρονικων Μεσων
- 13) ΟΤΕacademy ,Εισαγωγη στη θεωρια και πραξη των οπτικων ινων , σεμιναριο 01-05/03/2010

## ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ

- [1] Optical Network Design and Implementation  
<http://optic-networks.com/Cisco.Press-2004-Optical.Net/1587051052/toc.html>
- [2] Understanding SONET/ SDH  
<http://electrosofts.com/sonet/index.html>
- [3] SONET/ SDH  
[http://www.ceid.upatras.gr/faculty/kvlachos/courses/documents/onet/Chapter\\_3.pdf](http://www.ceid.upatras.gr/faculty/kvlachos/courses/documents/onet/Chapter_3.pdf)
- [4] School of Engineering, University of Greenwich at Medway  
[http://engweb.info/courses/various/gnotes/SONET-SDH\\_lecture\\_compare.html](http://engweb.info/courses/various/gnotes/SONET-SDH_lecture_compare.html)
- [5] Μάθετε τα πάντα για τις οπτικές ίνες  
[http://egnatia.ee.auth.gr/~aalexioy/fiber\\_op.htm](http://egnatia.ee.auth.gr/~aalexioy/fiber_op.htm)
- [6] Πολυπλεξία με Διαίρεση Μήκους Κύματος Εφαρμογές σε Μητροπολιτικά Δίκτυα  
[http://users.sch.gr/stzioumakis/docs/Thesis\\_Metro\\_WDM.pdf](http://users.sch.gr/stzioumakis/docs/Thesis_Metro_WDM.pdf)
- [7] International Telecommunication Union  
<http://www.itu.int/rec/T-REC-G/e>
- [8] Ευρυζωνικά δίκτυα , Δρ. Βέρα Σταυρουλάκη, university of piraeus  
[http://dtps.unipi.gr/files/notes/20082009/eksamino\\_7/eyryzwnika\\_diktya/1o\\_mathima.pdf](http://dtps.unipi.gr/files/notes/20082009/eksamino_7/eyryzwnika_diktya/1o_mathima.pdf)
- [9] Wikipedia – The Free Encyclopedia  
<http://www.wikipedia.org>
- [10] πλεονεκτηματα, μειωνεκτηματα οπτικων ινων  
[http://www.ee.teihal.gr/labs/pkoukos/Documentation/tilep\\_ipodomies.pdf](http://www.ee.teihal.gr/labs/pkoukos/Documentation/tilep_ipodomies.pdf)

## 9.2 Συντομογραφίες

APD	Avalanche Photo Diodes
ASK	Amplitude Shift Keying
ATM	Asynchronous Transfer Mode
AWG	Arrayed Waveguide Grating
BPS	Bit Per Second
CVD	Chemical Vapor Deposition
DBFA	Dual Band Fiber Amplifier
DFB	Distributed FeedBack
DSF	Dispersion-Shifted Fiber
DWDM	Dense Wavelength Division Multiplexing

EDFA	Erbium-Doped Fiber Amplifier
ESCON	Enterprise System CONNecTion
FDDI	Fiber Distributed Data Interface
FDM	Frequency Division Multiplexing
FWM	Four-Wave Mixing
IEEE	Institute of Electrical and Electronic Engineers
ITU	International Telecommunication Unit
LAN	Local Area Network
LED	Light Emitting Diode
MAN	Metropolitan Area Network
NZDSF	Non-zero Dispersion-Shifted Fiber
OADM	Optical Add/Drop Multiplexer
OXC	Optical Cross Connect
PDH	Plesiochronous Digital Hierarchy
PMD	Polarisation Mode Dispersion
PSTN	Public Switched Telephone Network
SAN	Storage Area Network
SBS	Stimulated Brillouin Scattering
SDH	Synchronous Digital Hierarchy
SMDS	Switched Multimegabit Data Services
SMF	Standard Single-mode Fiber
SONET	Synchronous Optical NETwork
SPM	Shelf-Phase Modulation
SRS	Stimulated Raman Scattering
STM	Synchronous Transfer Mode
STM-1	Synchronous Transport Module-Level 1
TDM	Time Division Multiplexing
WAN	Wide Area Network
WDM	Wavelength Division Multiplexing
XPM	Cross-Phase Modulation

### 9.3 Σχηματα

- EIKONA 1: Τηλεπικοινωνιακό Σύστημα Οπτικών Ινών
- EIKONA 2: Κυματοδότηση Μέσω Ολικής Ανάκλασης Σε Οπτική Ίνα
- EIKONA 3: Ολική Ανάκλαση Μέσα Στην Οπτική Ίνα
- EIKONA 4 : Τύποι Οπτικών Ινών
- EIKONA 5 : Πολυρυθμικές Ίνες Με Ομοιόμορφο Δείκτη Διάθλασης Του Πυρήνα
- EIKONA 6 : Πολυρυθμικές Ίνες Με Βαθμιαίο Δείκτη Διάθλασης
- EIKONA 7 : Μονορυθμικές Ίνες
- EIKONA 8 : Οπτικές Ίνες Με Πλαστική Επένδυση
- EIKONA 9 : Συνδέσεις Μόνιμης Ένωσης
- EIKONA 10: Προβλήματα Που Παρουσιάζονται Κατά Τη Διαδικασία Fusion Splicing
- EIKONA 11: Ευθυγράμμιση Των Δυο Άκρων
- EIKONA 12: Απώλειες Στην Κόλληση
- EIKONA 13: LME Connector

- EIKONA 14: Διο Connector Α) Με Κεραμικό Β) Με Μεταλλικό Συνεκτικό Δακτύλιο
- EIKONA 15: Τύποι Συνδετήρων
- EIKONA 16: Ένωση NCD 503
- EIKONA 17: Ένωση NCD 504
- EIKONA 18: Ένωση NCD 505 1004
- EIKONA 19: Ίνες Με Εξασθένιση
- EIKONA 20: OTDR Όργανο
- EIKONA 21: Οπτική Τερματική Μονάδα
- EIKONA 22: Προ-Τερματισμένο ODF 1
- EIKONA 23: Προ-Τερματισμένο ODF 2
- EIKONA 24: Rack Κατανεμητές (Εξυπηρετήση Έως Και 2000 Οπτικών Ινών)
- EIKONA 25: Οργανωτήρες Μεσα Στα Πλαισια Οπτικων Κατανεμητων
- EIKONA 26: Ηλεκτρικός Κατανεμητής Ομοαξονικά Καλώδια
- EIKONA 27: Οπτικός Κατανεμητής
- EIKONA 28: Όψη Κάρτας Γραμμής (Οπτική Κάρτα)
- EIKONA 29: Οπτική Ζεύξη Θεσσαλονίκης – Αλεξανδρούπολης
- EIKONA 30: Εισαγωγή Κάρτα Σε Backplane
- EIKONA 31: Μπλοκ Διάγραμμα Connectors Και Καρτών Tributaries
- EIKONA 32: Το Βασικό Πλαίσιο STM-1 Του SDH
- EIKONA 33: Αναλυτικότερη Παρουσίαση Του Πλαισίου STM-1 Και Των επιμέρους Bit Που Συνθέτουν Τον Πλεονασμό
- EIKONA 34: Η Δομή Ενός Δικτύου Μετάδοσης SDH
- EIKONA 35: Πολυπλεξία 4 Πλαισίων STM-1 Για Τη Δημιουργία Ενός STM-4
- EIKONA 36: Πρότυπα Μετάδοσης Πλαισίων Του SDH
- EIKONA 37: Πρότυπα Ρυθμών Μεταφοράς
- EIKONA 38: Η Αρχή Λειτουργίας Του Transponder
- EIKONA 39: Συστήματα MPLS
- EIKONA 40: Ethernet Over SONET/SDH
- EIKONA 41: Αύξηση Εύρους Ζώνης
- EIKONA 42: Τεχνολογίες Μετάδοσης Και Πρωτόκολλα Πάνω Από WDM
- EIKONA 43: Controls Of The Interface Module
- EIKONA 44 : Πληκρολογιο –Πληκτρα MTS
- EIKONA 45 : Η Οπισθια Πλευρα
- EIKONA 46 : Οθόνη OTDR SETUP (Με Μονάδα Διπλού Μήκους Κύματος)
- EIKONA 47 : Τρόπος πραγματικού χρόνου
- EIKONA 48 : Δείκτης Ποιότητας Σύνδεσης
- EIKONA 49 : Παράδειγμα Πίνακα Αποτελεσμάτων
- EIKONA 50 : Αποτελέσματα Μέτρησης