



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ  
ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ  
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
«ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ  
ΒΙΟΙΑΤΡΙΚΗ»**

*«Χρήση Οπτικών Ινών στα Πλοία με εξειδίκευση στα συστήματα  
επικοινωνιών και δεδομένων»*

**Σιώκος Απόστολος**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**Επιβλέπων  
Σταμούλης Γεώργιος**

**Επιστημονικός Σύμβουλος  
Φιλιππόπουλος Ιωάννης**

**Λαμία, 2018**





**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ  
ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ  
ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΒΙΟΙΑΤΡΙΚΗ  
ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΜΕ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΤΗΝ  
ΑΣΦΑΛΕΙΑ, ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΜΕΓΑΛΟΥ ΟΓΚΟΥ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ  
ΚΑΙ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ**

**«ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ ΜΕ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΤΗΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑ,  
ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΜΕΓΑΛΟΥ ΟΓΚΟΥ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΚΑΙ  
ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ»  
**ΡΟΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ****

*«Χρήση Οπτικών Ινών στα Πλοία με εξειδίκευση στα συστήματα  
επικοινωνιών και δεδομένων»*

**Σιώκος Απόστολος**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**Επιβλέπων  
Σταμούλης Γεώργιος**

**Επιστημονικός Σύμβουλος  
Φιλιππόπουλος Ιωάννης**

## Λαμία, 2018

«Υπεύθυνη Δήλωση μη λογοκλοπής και ανάληψης προσωπικής ευθύνης»

Με πλήρη επίγνωση των συνεπειών του νόμου περί πνευματικών δικαιωμάτων, και γνωρίζοντας τις συνέπειες της λογοκλοπής, δηλώνω υπεύθυνα και ενυπογράφως ότι η παρούσα εργασία με τίτλο «*Χρήση Οπτικών Ινών στα Πλοία με εξειδίκευση στα συστήματα επικοινωνιών και δεδομένων*» αποτελεί προϊόν αυστηρά προσωπικής εργασίας και όλες οι πηγές από τις οποίες χρησιμοποίησα δεδομένα, ιδέες, φράσεις, προτάσεις ή λέξεις, είτε επακριβώς (όπως υπάρχουν στο πρωτότυπο ή μεταφρασμένες) είτε με παράφραση, έχουν δηλωθεί κατάλληλα και ευδιάκριτα στο κείμενο με την κατάλληλη παραπομπή και η σχετική αναφορά περιλαμβάνεται στο τμήμα των βιβλιογραφικών αναφορών με πλήρη περιγραφή. Αναλαμβάνω πλήρως, ατομικά και προσωπικά, όλες τις νομικές και διοικητικές συνέπειες που δύναται να προκύψουν στην περίπτωση κατά την οποία αποδειχθεί, διαχρονικά, ότι η εργασία αυτή ή τμήμα της δεν μου ανήκει διότι είναι προϊόν λογοκλοπής.

Ο ΔΗΛΩΝ

Ημερομηνία

Υπογραφή

*..... Χρήση Οπτικών Ινών στα Πλοία με εξειδίκευση στα  
συστήματα επικοινωνιών και δεδομένων .....*  
*.... Σιώκος Απόστολος ....*

## Περιεχόμενα

<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΔΙΚΤΥΟ ΚΑΙ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ</u> .....	σελ. 9
1.1 ΤΟΠΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΘΕΣΕΙΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΕ ΕΝΑ ΠΛΟΙΟ.....	σελ. 9
1.2 ΕΠΙΠΕΔΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ - ΥΠΟΔΙΚΤΥΩΣΗ – ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ.....	σελ. 14
1.3 ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ.....	σελ. 15
1.3.1 ΤΕΡΜΑΤΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ.....	σελ. 15
1.3.2 ΔΙΚΤΥΑΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ.....	σελ. 15
1.3.3 ΜΕΣΟ ΣΥΝΔΕΣΙΜΟΤΗΤΑΣ.....	σελ. 15
1.4 ΣΚΟΠΟΣ.....	σελ. 16
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΚΑΛΩΔΙΑ ΧΑΛΚΟΥ</u> .....	σελ. 16
2.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ΚΑΛΩΔΙΩΝ.....	σελ. 16
2.2 ΤΥΠΟΙ ΚΑΛΩΔΙΩΝ.....	σελ. 16
2.3 ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΚΑΛΩΔΙΩΝ.....	σελ. 17
2.3.1 ΑΓΩΓΟΣ.....	σελ. 17
2.3.2 ΔΙΗΛΕΚΤΡΙΚΟ (ΜΟΝΩΣΗ) .....	σελ. 17
2.3.3 ΘΩΡΑΚΙΣΗ ΚΑΛΩΔΙΟΥ.....	σελ. 18
2.3.4 ΠΕΡΙΒΛΗΜΑ ΚΑΛΩΔΙΟΥ.....	σελ. 18
2.4 ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΚΑΛΩΔΙΩΝ.....	σελ. 18
2.4.1 ΟΜΟΑΞΩΝΙΚΑ ΚΑΛΩΔΙΑ.....	σελ. 19
2.4.2 ΚΑΛΩΔΙΑ ΣΥΝΕΣΤΡΑΜΕΝΩΝ ΖΕΥΓΩΝ.....	σελ. 20
2.4.2.1 ΚΑΛΩΔΙΑ CROSSOVER.....	σελ. 26
2.4.2.2 ΚΑΛΩΔΙΑ STRAIGHT-THROUGH.....	σελ. 28
2.4.2.3 ΚΑΛΩΔΙΑ ROLLOVER.....	σελ. 29
2.5 ΕΠΙΛΟΓΗ ΚΑΛΩΔΙΟΥ.....	σελ. 30
2.6 ΚΟΣΤΟΣ.....	σελ. 34
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΟΠΤΙΚΕΣ ΙΝΕΣ</u> .....	σελ. 34
3.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ.....	σελ. 34

3.1.1 ΟΠΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ ΔΕΥΤΕΡΗΣ ΓΕΝΙΑΣ.....	σελ. 36
3.1.2 ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ ΤΡΙΤΗΣ ΓΕΝΙΑΣ.....	σελ. 39
3.2 ΚΑΛΩΔΙΑ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ.....	σελ. 39
3.2.1 ΤΥΠΟΙ ΚΑΛΩΔΙΩΝ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ.....	σελ. 40
3.3 ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ ΣΤΑ ΔΙΚΤΥΑ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ.....	σελ. 45
3.4 ΚΟΣΤΟΣ ΟΠΤΙΚΗΣ ΙΝΑΣ.....	σελ. 47
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΔΙΚΤΥΟΥ.....</b>	<b>σελ. 47</b>
4.1 ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΔΙΚΤΥΟΥ.....	σελ. 47
4.1.1 ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΤΗΣ - ROUTER.....	σελ. 47
4.1.2 ΓΕΦΥΡΑ - BRIDGE.....	σελ. 49
4.1.3 ΠΥΛΗ - GATE.....	σελ. 50
4.1.4 ΜΕΤΑΓΩΓΕΑΣ – SWITCH.....	σελ. 51
4.1.5 ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΗΣ - REPEATER.....	σελ. 54
4.1.6 ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΗΣ - HUB.....	σελ. 55
4.1.7 PATCH PANELS.....	σελ. 55
4.1.8 PATCH CORDS.....	σελ. 56
4.1.9 ΓΕΙΩΣΕΙΣ.....	σελ. 57
4.2 ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΤΕΡΜΑΤΙΚΩΝ.....	σελ. 58
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΥΚΡΙΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ETHERNET – OPTICAL LAN.....</b>	<b>σελ. 61</b>
5.1 ΑΠΩΛΙΕΣ - ΠΑΡΕΜΒΟΛΕΣ.....	σελ. 61
5.2 ΑΝΤΟΧΕΣ – ΑΝΟΨΕΣ ΥΛΙΚΩΝ.....	σελ. 63
5.3 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ – ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ.....	σελ. 65
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΟΠΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ ΣΕ ΠΛΟΙΑ.....</b>	<b>σελ. 66</b>
6.1 ΣΕ ΚΑΙΝΟΥΡΓΙΑ ΠΛΟΙΑ.....	σελ. 67
6.1.1 ΧΡΟΝΟΙ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΧΑΛΚΟΥ - ΟΠΤΙΚΟΥ.....	σελ. 67
6.1.2 ΚΟΣΤΟΣ ΧΑΛΚΟΥ – ΟΠΤΙΚΟΥ .....	σελ. 69
6.2 ΣΕ ΠΑΛΙΑ ΠΛΟΙΑ.....	σελ. 70

6.2.1 ΧΡΟΝΟΣ - ΚΟΣΤΟΣ ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ.....	σελ. 70
6.3 ΣΥΓΚΡΙΣΕΙΣ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....	σελ. 70
6.4 ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΙΚΟΝΑ .....	σελ. 72
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ – ΑΝΑΦΟΡΕΣ.....	σελ. 73



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΔΙΚΤΥΟ ΚΑΙ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Στον σχεδιασμό αυτού του δικτύου πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα θέματα της συμβατότητά του με τις διάφορες συσκευές στο δίκτυο και την μετάδοση δεδομένων (ποσότητα πληροφοριών, λανθάνουσα κατάσταση...).

Επομένως, ένας σχεδιαστής συστημάτων δικτύου πρέπει να έχει μια κατανόηση όλου του συστήματος και πλήρη γνώση για τη χρήση των συστημάτων που χρειάζεται να λειτουργούν σωστά σε ένα πλοίο με γνώμονα την σωστή λειτουργία του πλοίου.

Κατά το σχεδιασμό του δικτύου, ο πραγματικός όγκος δεδομένων και ο συντελεστής φόρτισης δικτύου πρέπει να υπολογιστούν από την αρχή, όπως επίσης θα πρέπει να έχει γίνει και μελέτη για πιθανές περιπτώσεις υπερφόρτωσης του δικτύου οι οποίες θα πρέπει να αποφευχθούν ή να μπορούν να είναι άμεσα επιλύσιμες από το σύστημα, για την σωστή λειτουργία των επιμέρους συστημάτων.

Επίσης θα πρέπει να υπάρχει και ανάλογη μελέτη για πιθανή ανάγκη επέκτασης είτε του δικτύου είτε των συστημάτων είτε των ταχυτήτων, δηλαδή θα πρέπει να υπάρχει η μελλοντική δυνατότητα να εγκατασταθεί ένα νέο σύστημα ακόμα ή ένα σύστημα να αναβαθμιστεί με απαιτήσεις για περισσότερες ταχύτητες μεταφοράς δεδομένων ή ακόμα αν χρειαστεί να δημιουργηθεί μια ακόμα θέση εργασίας να μπορεί να υπάρχει η δυνατότητα να ενταχθεί στο δίκτυο.

### 1.1 ΤΟΠΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΘΕΣΕΙΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΕ ΕΝΑ ΠΛΟΙΟ

- Navigation Bridge / Control Centre

(- Γέφυρα πλοήγησης / Κέντρο ελέγχου)



- Captain's Office  
(- Γραφείο καπετάνιου)



- Officer's Office  
(- Γραφείο αξιωματικού)

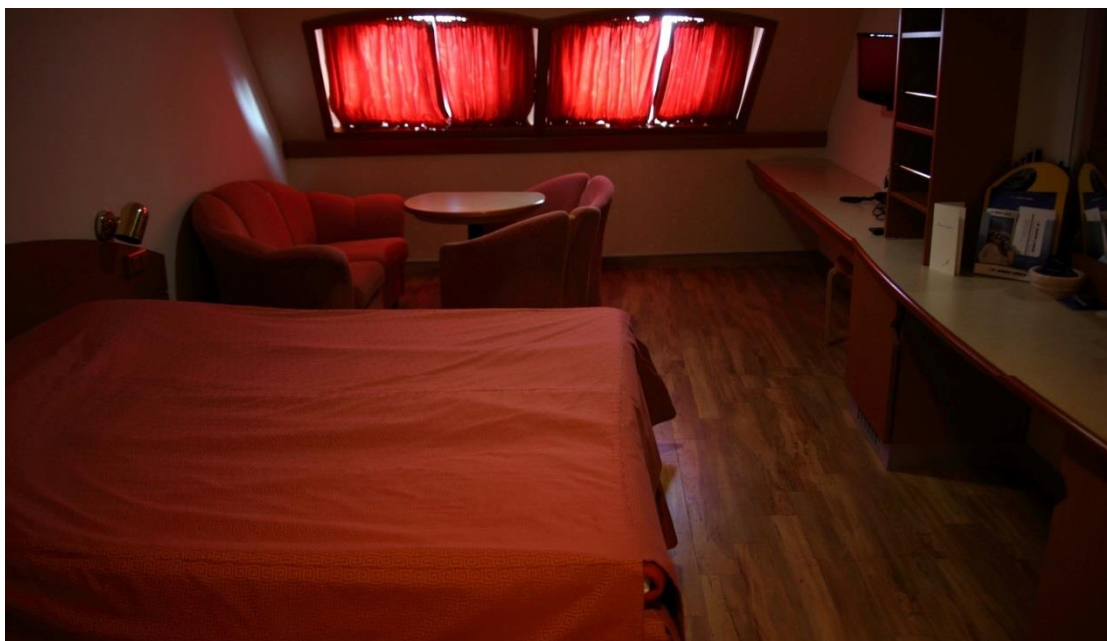




- Officer's Mess



- Captain's Cabin  
(- Καμπίνα του καπετάνιου)



- Officer's Day Room  
(- Αίθουσα ημέρας αξιωματικού)



- Engine Control Room  
(- Χώρος ελέγχου κινητήρα)





- Engine Room  
(- Μηχανοστάσιο)



- Cargo Control Room  
(- Χώρος Ελέγχου Φορτίου)



- Field / Cargo  
(- Πεδίο / φορτίο)



Αυτά είναι τα κύρια σημεία στα οποία θα πρέπει να υπάρχει δικτύωση σε ένα πλοίο , μπορούμε να πούμε πως τα σημεία αυτά αποτελούν θέσεις εργασίας για ένα δίκτυο.

Επίσης σε όλα τα πλοία και συνήθως κοντά στην γέφυρα υπάρχει το λεγόμενο Server Room , στο οποίο υπάρχει το RACK , ο SERVER και γενικά αποτελείται από δικτυακές συσκευές όπως switches routers modems.

## 1.2 ΕΠΙΠΕΔΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ – ΥΠΟΔΙΚΤΥΩΣΗ – ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ

Για να εξασφαλιστεί η ασφάλεια διαχωρίζονται οι λειτουργίες μέσα σε ένα πλοίο με βάση το είδος της χρήσης. Όλες οι λειτουργίες που σχετίζονται με το μηχανοστάσιο του πλοίου με τις μηχανές του πλοίου διαχωρίζονται από λειτουργίες πληροφοριακές που έχουν να κάνουν με δεδομένα καιρού και όχι μόνο, μια άλλη χρήση που διαχωρίζεται επίσης είναι η χρήση του Internet για χρήση από το πλήρωμα TV , web surfing , Skype ...

Τα παραπάνω επιτυγχάνονται με χρήση της υποδικτύωσης (subnetting), η κύρια αρχή της είναι ο διαχωρισμός με Virtual Private Networks VPN από το υπόλοιπο δίκτυο. Με τον τρόπο αυτό τα συστήματα που βρίσκονται στο δίκτυο ενός πλοίου διαχωρίζονται το ένα με το άλλο κάτι που έχει ως αποτέλεσμα την επίτευξη της ασφάλειας των συστημάτων αυτών.

Συστήματα που συνδέονται δικτυακά μέσα σε ένα πλοίο είναι:

- Το ρολόι του πλοίου
- Πληροφορίες αισθητήρων
- Ενδείξεις πολλαπλών σημείων
- Ενδείξεις των μηχανών του πλοίου
- Ενδείξεις του φορτίου του πλοίου
- Συστήματα καταγραφής με κάμερες
- Τηλεφωνικά συστήματα επικοινωνιών IP
- VDSL

Σε αυτά τα συστήματα υπάρχει η δυνατότητα απομακρυσμένης σύνδεσης από εξουσιοδοτημένους χρήστες για το έλεγχο και την διαχείριση του πλοίου. Ένας από του κύριους λόγος που απαιτείται αυξημένη ασφάλεια σε αυτά τα συστήματα είναι η απομακρυσμένη σύνδεση.

### 1.3 ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ

Ο εξοπλισμός διαχωρίζεται στον εξοπλισμού του δικτύου και στις τερματικές συσκευές και στο μέσω συνδεσιμότητας που είναι το καλώδιο.

#### 1.3.1 ΤΕΡΜΑΤΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ

Ο τερματικός εξοπλισμός είναι οι συσκευές που βρίσκονται στις θέσεις εργασίας. Οι συσκευές αυτές είναι υπολογιστές οι οποίοι έχουν επάνω συνδεδεμένες κάποιες συσκευές οι οποίες εισάγουν ή εξάγουν δεδομένα, τα δεδομένα είναι οι ενδείξεις από κάποιους αισθητήρες η από κάποιους μηχανισμούς που υπάρχουν επάνω στο πλοίο. Με την χρήση ανάλογου λογισμικού και μέσω δικτύου οι τιμές είναι διαθέσιμες για χρήση σε άλλα συστήματα. Επίσης υπάρχουν και συσκευές όπως Access Point , IPTV players, Smart TVs οι οποίες συσκευές είναι για ψυχαγωγία κατά κύριο λόγο.

#### 1.3.2 ΔΙΚΤΥΑΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ

Ο δικτυακός εξοπλισμός εμπεριέχει τις συσκευές που πλαισιώνουν την συνδεσιμότητα σε όλες τις τερματικές συσκευές του δικτύου επίσης είναι κατά κύριο λόγο υπεύθυνη για τις παρεχόμενες δικτυακές υπηρεσίες οι οποίες παρέχονται σε όλο το δίκτυο. Συσκευές τέτοιες είναι τα Switches, Routers, Repeaters. Αυτά βρίσκονται στον ίδιο χώρο από τον οποίο ξεκινάει όλο το δίκτυο, συνήθως τέτοιο χώροι ονομάζονται Server Rooms και τις περισσότερες φορές υπάρχουν RACK στα οποία ξεκινά η δομημένη καλωδίωση και εξαπλώνεται στο χώρο που βρίσκεται το δίκτυο, Σε μεγάλες κτιριακές εγκαταστάσεις υπάρχουν περισσότερα Racks για την σωστή υποδικτύωση, στα πλοία που χρησιμοποιούνται στην εμπορική ναυτιλία (όχι επιβατικά) δεν υπάρχει ανάγκη για πολύ μεγάλο δίκτυο ένα Server Room κοντά στην Γέφυρα είναι υπέρ αρκετό να καλύψει οποιαδήποτε ανάγκη για το πλοίο.

#### 1.3.3 ΜΕΣΟ ΣΥΝΔΕΣΙΜΟΤΗΤΑΣ

Μέσο συνδεσιμότητας ονομάζουμε το μέσω με το οποίο διασυνδέονται οι συσκευές σε όλο το δίκτυο. Το μέσω αυτό είναι άλλοτε το καλώδιο και άλλοτε ο αέρας (ενσύρματη σύνδεση – ασύρματη σύνδεση). Στο καλώδιο μπορούμε να έχουμε καλώδια χαλκού ή καλώδια οπτικών ινών, τα καλώδια χαλκού φέρουν τάση και συχνότητα ανάλογα τις συσκευές και το οπτικό καλώδιο φέρει φώς συνήθως υπεριώδες το οποίο δεν είναι εμφανή στο μάτι του ανθρώπου.

## 1.4 ΣΚΟΠΟΣ

Σκοπός αυτού του δικτύου είναι η ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ των συσκευών επί του πλοίου. Θα είναι ανεξάρτητο από τα δίκτυα εξοπλισμού πλοήγησης και τον έλεγχο του κινητήρα. Το δίκτυο αυτό δεν θα περιορίζεται μόνο στη γέφυρα. Το δίκτυο δεν θα πρέπει να λειτουργεί (ελέγχει) τον εξοπλισμό πλοήγησης του πλοίου, ωστόσο πρέπει να του επιτρέπει να έχει την δυνατότητα για παρακολούθηση του εξοπλισμού πλοήγησης.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΚΑΛΩΔΙΑ ΧΑΛΚΟΥ

### 2.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ΚΑΛΩΔΙΩΝ

Καλώδιο ορίζουμε την κατασκευή που μπορεί να έχει έναν ή περισσότερους αγωγούς οι οποίοι έχουν μόνωση με ανθεκτικά προστατευτικά μέλη και επίσης έχουν και εξωτερικό περίβλημα το οποίο έχει την ιδιότητα να κρατά συγκροτημένα όλα τα στοιχεία του καλωδίου μαζί.

### 2.2 ΤΥΠΟΙ ΚΑΛΩΔΙΩΝ

Ορισμένοι από τους συνηθέστερους τύπους καλωδίων που χρησιμοποιούνται στα συστήματα επικοινωνίας είναι οι εξής :

Καλώδιο αθωράκιστου συνεστραμμένου ζεύγους (UTP)

- Category 3 (κατηγορία 3)
- Category 4 (κατηγορία 4)
- Category 5 (κατηγορία 5)
- Category 5e (κατηγορία 5e)
- Category 6 (κατηγορία 6)

Θωρακισμένο καλώδιο συνεστραμμένου ζεύγους (ScTP)

- Category 3 (κατηγορία 3)
- Category 4 (κατηγορία 4)
- Category 5 (κατηγορία 5)

Καλώδιο θωρακισμένου συνεστραμμένου ζεύγους (STP)

- STP
- STP-A

Ομοαξονικό καλώδιο

- RG-58 A/U Ισχνό Ethernet
- RG-8 παχύ Ethernet
- RG-6 καλώδιο βίντεο
- RG-11 καλώδιο βίντεο
- RG-59 καλώδιο βίντεο
- RG-62



## 2.3 ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΚΑΛΩΔΙΩΝ

Τα καλώδια, ανεξάρτητα από τον τύπο τους, αποτελούνται από τα ίδια συστατικά. Το βασικό μέρος κάθε καλωδίου είναι ο αγωγός του από τον οποίο μεταδίδονται και μεταφέρονται τα σήματα. Γύρω από τον αγωγό υπάρχει μονωτικό υλικό που χρησιμεύει κυρίως στην προστασία του αγωγού. Ο μονωμένος αγωγός και γενικά όλη η συγκρότηση του καλωδίου καλύπτεται από το περίβλημα του καλωδίου. Ένα συστατικό που δεν εμφανίζεται σε όλους τους τύπους καλωδίου (προαιρετικό) είναι η θωράκιση καλωδίου.

### 2.3.1 ΑΓΩΓΟΣ

Ο αγωγός είναι το σημαντικότερο συστατικό κάθε καλωδίου επικοινωνίας επειδή είναι ο κύριος υπεύθυνος για την μεταφορά του μεταδιδόμενου σήματος ως προς την ποιότητα ταχύτητας και απώλειας της μεταφοράς δεδομένων.

Ο αγωγός ενός χάλκινου καλωδίου είναι συνήθως κάποια μορφή χάλκινου μεταλλικού υλικού. Ο αγωγός μπορεί να είναι ένα από τα παρακάτω :

- Χάλκινος
- Χάλυβας με κάλυψη χαλκού
- Κράμα χαλκού (χαλκός με άλλα υλικά τα οποία έχουν προστεθεί για αύξηση της ανθεκτικότητας και της αντοχής του)

Ο χαλκός έχει πολύ καλό συντελεστή αγωγιμότητας. Είναι μια από τις καλύτερες επιλογές λόγω των εξαιρετικών ιδιοτήτων αγωγιμότητας του και του χαμηλού του κόστους. Ο χρυσός και το ασήμι είναι μέταλλα με εξαιρετικές ιδιότητες αγωγιμότητας αλλά χρησιμοποιούνται σπάνια λόγω του υψηλού τους κόστους. Οι αγωγοί χάλκινων καλωδίων διατίθενται γενικά σαν σκέτοι αγωγοί ή πλεγμένοι αγωγοί. Οι σκέτοι αγωγοί είναι στρογγυλοί, συμπαγείς μεταλλικοί αγωγοί, που διατρέχουν όλο το μήκος του καλωδίου. Οι πλεγμένοι αγωγοί κατασκευάζονται συστρέφοντας πολλούς μικρότερους αγωγούς για να δημιουργηθεί ένας μεγαλύτερος αγωγός (συνεστραμμένος). Οι σκέτοι αγωγοί κατασκευάζονται ευκολότερα και είναι φθηνότεροι από τους συνεστραμμένους αγωγούς. Επίσης οι στερεοί αγωγοί τερματίζονται ευκολότερα και παρέχουν καλύτερη απόδοση μετάδοσης σε υψηλότερες συχνότητες. Οι συνεστραμμένοι αγωγοί είναι πιο εύκαμπτοι από τους στερεούς αγωγούς. Τα καλώδια με συνεστραμμένους αγωγούς προτιμώνται σε περιβάλλοντα όπου το καλώδιο πρέπει να καμφθεί υπό μεγάλες γωνίες.

### 2.3.2 ΔΙΗΛΕΚΤΡΙΚΟ (ΜΟΝΩΣΗ)

Διηλεκτρικό ονομάζουμε την μόνωση ή το μη αγωγίμο τμήμα ενός καλωδίου. Κάθε αγωγός πρέπει να καλύπτεται με ένα μονωτικό υλικό για να αποτρέπεται η διέλευση ρεύματος σε άλλους αγωγούς και σε άλλα μεταλλικά αντικείμενα. Πολλά καλώδια UTP μονώνονται με χλωριούχο πολυβινύλιο, που είναι γνωστό σαν PVC. Η μόνωση PVC χρησιμοποιείται για καλώδια που έχουν σχεδιαστεί για εσωτερικές εγκαταστάσεις κτηρίων. Η μόνωση PVC δεν ικανοποιεί τις

απαιτήσεις πυροπροστασίας και απόδοσης για δίκτυα υψηλών ταχυτήτων. Για αυτό τον λόγο έχουν αναπτυχθεί νέα υλικά, σαν το φθοριούχο αιθυλένιο προπυλένιο, γνωστό σαν FEP. Το πολυαιθυλένιο, γνωστό σαν PE, είναι ένα μονωτικό υλικό που χρησιμοποιείται για καλώδια σχεδιασμένα για εξωτερικές εγκαταστάσεις κτηρίων. Η μόνωση PE παρέχει καλύτερη απόδοση χάλκινων αγωγών σε σχέση με το PVC, αλλά μπορεί να εγκατασταθεί μόνο ανάμεσα σε κτήρια. Το PE είναι ένα υλικό που βασίζεται στο πετρέλαιο και δεν μπορεί να εγκατασταθεί μέσα σε κτήρια λόγω των κινδύνων πυρκαγιάς.

### 2.3.3 ΘΩΡΑΚΙΣΗ ΚΑΛΩΔΙΟΥ

Η θωράκιση καλωδίου είναι ένα προαιρετικό συστατικό που χρησιμοποιείται στα καλώδια για φυσική και για ηλεκτρική προστασία. Μπορεί να καλύπτει καθένα από τα παρακάτω συστατικά καλωδίου :

- Όλο το καλώδιο
- Μεμονωμένα ζεύγη του καλωδίου
- Ένα αγωγό μέσα στο καλώδιο

Η βασικότερο χαρακτηριστικό που έχει η θωράκισης είναι να προστατεύει τα σήματα που ταξιδεύουν μέσα στο καλώδιο από τις εξωτερικές ηλεκτρικές παρεμβολές καθώς και να μην αφήνει την εκπομπή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας μέσα από το ίδιο το καλώδιο.

### 2.3.4 ΠΕΡΙΒΛΗΜΑ ΚΑΛΩΔΙΟΥ

Το περίβλημα καλωδίου είναι συστατικό που έχει εξωτερικά ένα καλώδιο. Το περίβλημα είναι ένα μη μεταλλικό στοιχείο, που χρησιμοποιείται για να κρατά τα συστατικά του καλωδίου όλα μαζί ως προς την δομή τους και να τα προστατεύει.

Ο τύπος του περιβλήματος που χρησιμοποιείται στα καλώδια διαφοροποιείται ανάλογα με το πού πρόκειται αυτά να εγκατασταθούν. Τα καλώδια που εγκαθίστανται έξω από ένα κτήριο έχουν διαφορετικές απαιτήσεις περιβλήματος από τα καλώδια που εγκαθίστανται μέσα σε ένα κτίριο. Τα καλώδια που εγκαθίστανται έξω από ένα κτήριο πιθανόν να έχουν περισσότερες φθορές και πρέπει να κατασκευάζονται από διαφορετικά υλικά σε σχέση με τα καλώδια που εγκαθίστανται μέσα σε κτίρια.

## 2.4 ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΚΑΛΩΔΙΩΝ

Οι προδιαγραφές των καλωδίων διαφοροποιούνται σε σχέση με την απόδοσή τους και είναι οι ακόλουθες:

- Η ταχύτητα για την μετάδοση των δεδομένων

Η ταχύτητα είναι μια από τις σημαντικότερες προδιαγραφές και είναι άμεσα συσχετιζόμενη με το είδος του αγωγού που έχει το κάθε καλώδιο.

- Ψηφιακές ή Αναλογικές μεταδόσεις

Οι μεταδόσεις έχουν μεγάλη σημασία αν θα είναι ψηφιακές ή αναλογικές διότι οι απαιτήσεις ως προς τους τύπους καλωδίων διαφέρουν ανάμεσα στις αναλογικές και στις ψηφιακές μεταδόσεις δεδομένων.

- Μέγιστη απόσταση μετάδοσης σήματος

Όλα τα σήματα δεν μπορούν να ταξιδέψουν σε άπειρη απόσταση, με διαφορετικά κριτήρια κάθε καλώδιο έχει διαφορετική εξασθένηση σήματος σε σχέση με την απόσταση, επομένως μια ακόμα σοβαρή προδιαγραφή είναι η μέγιστη απόσταση μετάδοσης σήματος η οποία είναι απαραίτητη για την σωστή λειτουργία συσκευών και κυκλωμάτων δικτύων. Με απλά λόγια θα πρέπει οι προδιαγραφές ενός καλωδίου να μπορεί να καλύψει την απόσταση όπου θα μπορεί να μην έχει τόση εξασθένηση ώστε να μπορεί να λειτουργεί.

Προδιαγραφές Ethernet καλωδίων:

10 BASE-T

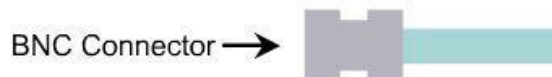
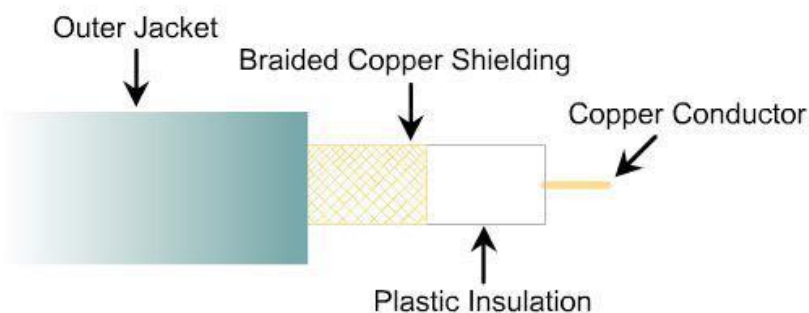
10 BASE5

10 BASE2

Όπου 10 100 1000 10000 Mbps η ταχύτητα, ο τύπος μετάδοσης BASEband BROADband και ο τύπος καλωδίου και μέγιστο αριθμό T ή 5 ή 2.

#### 2.4.1 ΟΜΟΑΞΟΝΙΚΑ ΚΑΛΩΔΙΑ (coaxial cable)

Το ομοαξονικό καλώδιο αποτελείται από έναν αγωγό χαλκού που περιβάλλεται από ένα στρώμα ευλύγιστης μόνωσης (insulation).



Για υλικά κατασκευής στον αγωγό μπορεί να χρησιμοποιηθεί αλουμίνιο με επικάλυψη κασσίτερου για να μειωθεί το κόστος κατασκευής. Έπειτα πάνω από μονωτικό υλικό του αγωγού υπάρχει μια πλεξούδα – μπλεντάζ η οποία χρησιμοποιείται ως ασπίδα έτσι ώστε να θωρακίζει τον εσωτερικό αγωγό, Πάνω από την θωράκιση αυτή υπάρχει το περίβλημα του καλωδίου.

Συγκριτικά για τα δίκτυα υπολογιστών LAN το ομοαξονικό καλώδιο μπορεί να φτάσει πιο μακριά από τα UTP , STP καλώδια ως την απόσταση, είναι φθηνότερο από το οπτικό καλώδιο και για πολλά χρόνια χρησιμοποιώντας για την καλωδιακή τηλεόραση ακόμα και τις μέρες μας. Όμως έχουμε περιορισμούς στις επιδόσεις και στις απαιτήσεις του μέλλοντος για τα δίκτυα υπολογιστών και όχι μόνο.

Ως προς την ανατομία του την κατασκευή του και τον όγκο του το ομοαξονικό καλώδιο έχει αρκετό πάχος κάτι το οποίο ανεβάζει συγχρόνως το επίπεδο δυσκολίας τοποθέτησης και κατά επέκταση το κόστος τοποθέτησης και λαμβάνοντας υπόψη συγκριτικά τι συμβαίνει στα καλώδια συνεστραμμένων ζευγών μπορούμε και έμπρακτα να διαπιστώσουμε ότι επειδή στα UTP – STP... το κόστος τοποθέτησης είναι μικρότερο λόγω της χαμηλότερης δυσκολίας από το ομοαξονικό καλώδιο.

#### ΚΥΡΙΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΟΜΟΑΞΟΝΙΚΩΝ ΚΑΛΩΔΙΩΝ :

- Ταχύτητα : 10 – 100 Mbps
- Κόστος : Χαμηλό
- Μέγεθος συνδέσμων : Μέτριο
- Μέγιστο μήκος καλωδίου : 500μ

Τύποι ομοαξονικών καλωδίων.

Οι τύποι ομοαξονικών καλωδίων που συναντάμε πιο συχνά είναι τα εξής:

- RG-6/RG-59 για video, CATV. (Σύνθετη αντίσταση 75 ohms)
- RG-8/RG-58 (παλιότερα) για δίκτυα Ethernet (Σύνθετη αντίσταση 50 ohms)
- RG-62 για παλιές εγκαταστάσεις τερματικών (Σύνθετη αντίσταση 93 ohms)

#### 2.4.2 ΚΑΛΩΔΙΑ ΣΥΝΕΣΤΡΑΜΜΕΝΟΥ ΖΕΥΓΟΥΣ

Πολλά καλώδια που συσχετίζονται με τα δεδομένα και τις συχνότητες χρησιμοποιούν για την κατασκευή του την μέθοδο του συνεστραμμένου ζεύγους. Κατά την μέθοδο αυτή οι αγωγοί συστρέφονται σε ζεύγη. Για την αποφυγή – ελαχιστοποίηση του φαινομένου crosstalk τα ζεύγη μέσα στο καλώδιο συστρέφονται με διαφορετικό ρυθμό στρέψης.

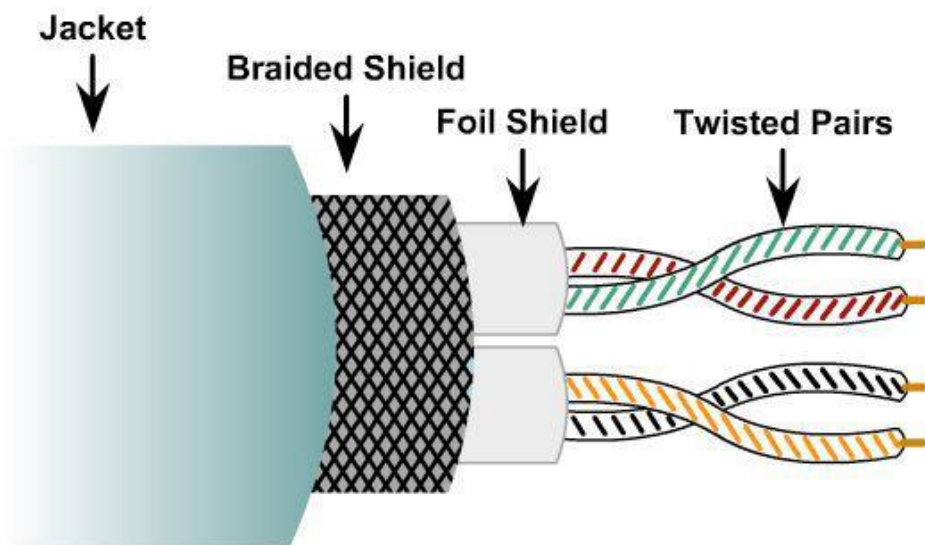
Για να μειωθεί το crosstalk αυξάνουμε περισσότερο τον ρυθμό στρέψης. Στα συνεστραμμένα ζεύγη μέσα στο καλώδιο μπορεί να έχουμε θωράκιση μπορεί και να μην έχουμε και ανάλογα ονομάζουμε τα καλώδια θωρακισμένα ή αθωράκιστα.

Τα καλώδια συνεστραμμένου ζεύγους είναι:

- Καλώδιο UTP
- Καλώδιο ScTP
- Καλώδιο STP

ΚΑΛΩΔΙΑ STP (Shielded twisted pair).

Το καλώδιο θωρακισμένου συνεστραμμένου ζεύγους STP δημιουργήθηκε από την IBM το 1984 και χρησιμοποιεί τις τεχνικές ακύρωσης (cancellation), θωράκισης (shield) και συνεστραμμένων ζευγών (twisted pair).



Το STP είναι καλώδιο των 150 Ohm το οποίο μειώνει τον ηλεκτρικό θόρυβο μέσα στο καλώδιο καθώς και το φαινόμενο crosstalk. Το STP αντίστοιχα μειώνει και εξωτερικά τον ηλεκτρονικό θόρυβο όπως η ηλεκτρομαγνητική παρέμβαση (EMI) και η παρέμβαση ραδιοσυχνότητας (RFI) αλλά και επαγωγικών μαγνητικών πεδίων. Το STP καλώδιο είναι σχεδόν ίδιο με το UTP έχοντας παραπάνω μόνωση και θωράκιση με αποτέλεσμα να το χαρακτηρίζει καλύτερο από το UTP, με την θωράκιση και την μόνωση ενδείκνυται να χρησιμοποιείται σε εξωτερικούς χώρους διότι με αυτά τα χαρακτηριστικά παρέχει καλύτερη προστασία και μεγαλύτερη αντοχή. Όμως σε σχέση με το UTP είναι πιο δύσκολο στην εγκατάσταση κάτι το οποίο το καθιστά και ακριβότερο τόσο στην αγορά αλλά και στην εγκατάσταση.

Τα καλώδια STP έχουν διαφορετικό χρωματικό κώδικα από τα καλώδια UTP και ScTP :

Ζεύγος	Χρωματικός Κώδικας
Ζεύγος 1	<b>Κόκκινο</b>
	<b>Πράσινο</b>
Ζεύγος 2	<b>Μαύρο</b>
	<b>Πορτοκαλί ή Κίτρινο</b>

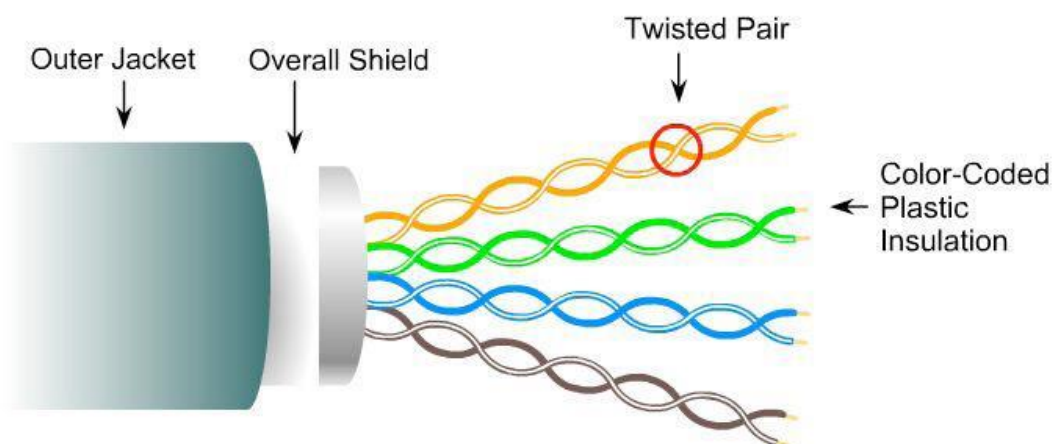
Τα STP καλώδια είναι θωρακισμένα καλώδια με αποτέλεσμα να είναι μεγαλύτερα σε μέγεθος πιο ακριβά από τα UTP. Τα καλώδια STP ανήκουν στα συμμετρικά καλώδια, στα οποία οι αγωγοί είναι συνεστραμμένοι σε ζεύγη. Με την διπλή θωράκιση και την καλή μόνωση τα καλώδια STP με την κατασκευή

συνεστραμμένων ζευγών έχουμε ως αποτέλεσμα τα καλώδια αυτά να έχουν μεγάλη αντοχή στον ηλεκτρικό θόρυβο και στην ηλεκτρομαγνητική παρεμβολή.

ΚΥΡΙΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ STP:

- Ταχύτητα : 0 – 100 Mbps
- Κόστος : Μέτριο
- Μέγεθος συνδέσμων : Μέτριο προς Μεγάλο
- Μέγιστο μήκος καλωδίου : 100μ

Επίσης υπάρχει και ένα υβρίδιο του UTP το οποίο ονομάζεται Screened UTP (ScTP) (Εικόνα 3), το οποίο είναι επίσης γνωστό ως foil screened twisted pair (FTP).



Το ScTP είναι το UTP που έχει μια περιτύλιξη αλουμίνιου πριν το προστατευτικό του εξωτερικό μανδύα και το ονομάζουμε overall shield. Το ScTP, όπως και το UTP, είναι επίσης καλώδιο 100 ohm.

Τα STP και ScTP καλώδια δεν μπορούν να καλύψουν πολύ μεγάλες αποστάσεις ενώ τα ομοαξονικά και τα οπτικά μπορούν να το επιτύχουν αυτό. Η μόνωση και το προστατευτικό κάλυμμα μεγαλώνουν το βάρος το κόστος και το μέγεθος του καλωδίου επίσης τα υλικά αυτά κάνουν τους τερματισμούς του καλωδίου αυτού πολύ δυσκολότερους και πιο ευαίσθητους στην φτωχή εργασία, παρόλα αυτά τα STP και ScTP κατέχουν ακόμα έναν ρόλο, ειδικά στην Ευρώπη ή στις εγκαταστάσεις όπου υπάρχει εκτενή EMI και RFI κοντά στην καλωδίωση.

Τα καλώδια ScTP έχουν τον ίδιο χρωματικό κώδικα με τα καλώδια UTP :

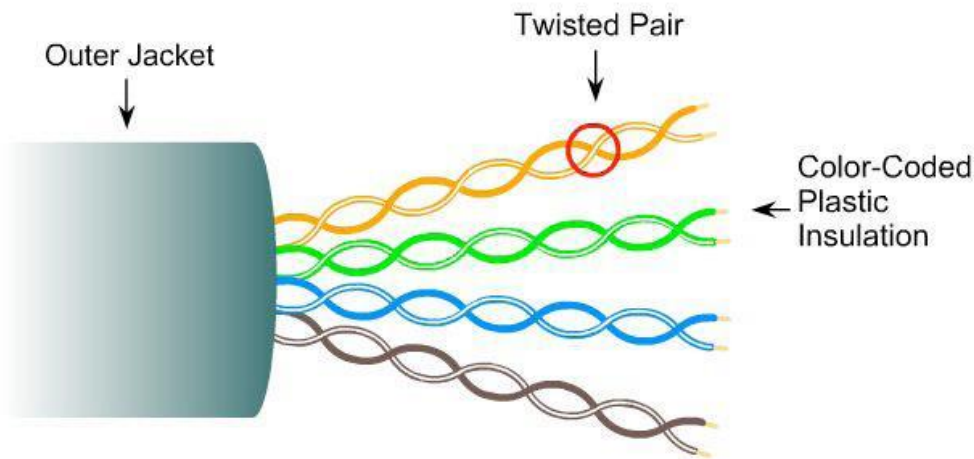
Ζεύγος	Χρωματικός Κώδικας	Συντομογραφία
Ζεύγος 1	Άσπρο Πορτοκαλί	W - O
	Πορτοκαλί	O
Ζεύγος 2	Άσπρο Πράσινο	W - G
	Πράσινο	G
Ζεύγος 3	Άσπρο Μπλε	W - BL
	Μπλέ	BL
Ζεύγος 4	Άσπρο Καφέ	W - BR
	Καφέ	BR

ΚΥΡΙΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ScTP:

- Ταχύτητα : 0 – 100 Mbps
- Κόστος : Ακριβό
- Μέγεθος συνδέσμων : Μέτριο προς Μεγάλο
- Μέγιστο μήκος καλωδίου : 100μ

ΚΑΛΩΔΙΑ UTP (Unshielded twisted pair)

Το UTP καλώδιο το οποίο είναι καλώδιο αθωράκιστου συνεστραμμένου ζεύγους, είναι το πιο διαδεδομένο καλώδιο και χρησιμοποιείται περισσότερο από όλα του είδους του και ένας λόγος που γίνεται αυτό είναι και η ευκαμψία του. Το UTP καλώδιο χρησιμοποιείται για φωνή και δεδομένα υψηλών και χαμηλών ταχυτήτων επίσης το χρησιμοποιούν σε συστήματα ήχου και συστήματα αυτοματισμού αλλά και σε συστήματα ελέγχου κτιρίων.



Το UTP έχει οχτώ αγωγούς οι οποίοι επικαλύπτονται από μονωτικό υλικό. Το κάθε ζευγάρι είναι συνεστραμμένο και έτσι έχουμε τέσσερα συνεστραμμένα ζευγάρια. Στο UTP λόγω της συστροφής έχουμε την επίδραση της ακύρωσης (cancelation) η οποία γίνεται λόγω των συνεστραμμένων ζευγαριών στο καλώδιο. Με αυτή την επίδραση περιορίζονται η υποβάθμιση των σημάτων που προκαλείται από το EMI και RFI. Για να έχουμε την μείωση του crosstalk μεταξύ των ζευγαριών στο UTP καλώδιο, έχουμε διαφοροποίηση στον αριθμό των συστροφών στα ζευγάρια του καλωδίου και επίσης έχουμε περιορισμό από κανόνες και ακριβείς προδιαγραφές για το πόσες συστροφές επιτρέπονται ανά πόδι του καλωδίου. Αυτό όπως ισχύει στο STP καλώδιο ισχύει και στο UTP καλώδιο.

Το TIA/EIA-568-B.2 περιέχει τις προδιαγραφές που σχετίζονται άμεσα με την απόδοση των καλωδίων. Πιο συχνά συναντάμε την κατηγορία 5e η οποία είναι η πιο δημοφιλής ως προς την επιλογή σε πολλές εγκαταστάσεις, βέβαια με τον καιρό η κατηγορία 5e θα αντικατασταθεί από την 6 διότι η κατηγορία 6 έχει πολλές βελτιώσεις σε σχέση με την κατηγορία 5e τόσο στην κατασκευή και στην αντοχή αλλά και στις επιδόσεις των ταχυτήτων. Είναι μια πρόβλεψη η οποία ήδη αρχίζει και πραγματοποιείται. Επίσης ότι λειτουργεί την κατηγορία 5e λειτουργεί χωρίς κανένα πρόβλημα στην κατηγορία 6.

Το UTP καλώδιο εξελίσσεται με τα χρόνια. Στη αρχή είχαμε την χρήση του σε εφαρμογές φωνής δηλαδή μεταφέρονταν μόνο αναλογικά σήματα, τα σήματα αυτά είναι πιο σταθερά και δεν έχουν καμία επίδραση από τον ηλεκτρικό θόρυβο ή από ηλεκτρομαγνητική παρεμβολή. Τα καλώδια UTP τα χρησιμοποιούσαν σε πάρα πολλά συστήματα τέτοια όμως με την εξέλιξη των σημάτων και των συστημάτων η αύξηση της ποιότητας και η βελτίωση του καλωδίου ήταν αναγκαστικά απαραίτητη για να μπορούν να χρησιμοποιούν την ψηφιακή σηματοδοσία.

Κατά την εξέλιξη αυτή το καλώδιο UTP διαχωρίστηκε σε πολλές κατηγορίες και διαβαθμίσεις με αποτέλεσμα όσο ανεβαίνουμε σε κατηγορία να έχουν καλύτερη απόδοση αλλά και διαφορετικό κόστος.

Τα καλώδια UTP ανάλογα με την εξέλιξη των κατηγοριών τους έχουμε και βελτίωση στις υπηρεσίες που μπορούν να προσφέρουν ξεκινώντας από τα τις



αρχικές κατηγορίες αναφέρονται ως καλώδια ποιότητας φωνής και καταλήγοντας σε καλώδια υψηλών ταχυτήτων δεδομένων.

#### ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΤΟΥ Unshielded Twisted Pair (UTP)

##### **Category 1**

- Voice Only (Telephone Wire)

##### **Category 2**

- Data to 4 Mbps (Local Talk)

##### **Category 3**

- Data to 10 Mbps (Ethernet)

##### **Category 4**

- Data to 20 Mbps (16 Mbps Token Ring)

##### **Category 5**

- Data to 100 Mbps (Fast Ethernet)

##### **Category 6**

- Data to 1Gbps (Gigabit Ethernet)

##### **Category 7**

- Data to 10Gbps (Gigabit Ethernet)

#### Κατηγορίες καλωδίου UTP

Το πρότυπο TIA/EIA-568-B υποστηρίζει τις κατηγορίες 3,5e,6,6e,7 με εντύπωση ότι υποστηρίζει την κατηγορία 3.

Το UTP καλώδιο είναι ένα καλώδιο με πολλά πλεονεκτήματα. Αρχικά ένα από τα βασικά πλεονεκτήματα του είναι το κόστος σε σχέση με όλα τα υπόλοιπα καλώδια δικτύου είναι το πιο φθηνό από όλα τα άλλα καλώδια δικτύου, επίσης ένα ακόμα από τα πλεονεκτήματα που έχει είναι ο όγκος του διότι δεν καταλαμβάνει όγκο όσο άλλα καλώδια δικτύου με αποτέλεσμα και να μπορεί να εγκατασταθεί πιο εύκολα αλλά και να μην πιάνει χώρο στα κανάλια δομημένης καλωδίωσης με αποτέλεσμα να μειώνονται οι περιορισμοί στο χώρο για την τοποθέτηση των καλωδίων δικτύου. Αυτό είναι σημαντικός παράγοντας και μελετάται με ιδιαίτερη προσοχή όταν έχουμε να κάνουμε με μια εγκατάσταση ενός δικτύου σε ένα παλιό χώρο ή κτήριο. Ο τερματισμός του UTP ολοκληρώνεται με έναν σύνδεσμο RJ-45, με αυτόν τον τερματισμό έχουμε ελαχιστοποίηση θορύβου και εγγυημένη σταθερή σύνδεση.

Όπως τα πλεονεκτήματα στο καλώδιο UTP υπάρχουν και τα μειονεκτήματα ως προς την καλωδίωση συνεστραμμένων-ζευγών.

Το UTP καλώδιο έχει περισσότερη ευαισθησία σε ηλεκτρικούς θορύβους και στα παράσιτα αλλά και στα ηλεκτρομαγνητικά πεδία από όλα τα άλλα καλώδια δικτύωσης.

Για την καλωδίωση συνεστραμμένων-ζευγών υπήρχε παλιά η θεωρία πως δεν μπορούμε να έχουμε υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων και πως θα πρέπει να έχουμε μόνο μικρότερους ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων. Κατά την εξέλιξη των κατηγοριών και γενικώς την εξέλιξη των καλωδίων αποδεικνύεται πως μόνο τα καλώδια με την τεχνολογία των συνεστραμμένων ζευγών μπορούν να επιτύχουν πολύ υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων και πλέον θεωρείται και το πιο γρήγορο μέσω μεταφοράς δεδομένων με βάση τον χαλκό.

#### 2.4.2.1 ΚΑΛΩΔΙΑ CROSSOVER

Για να υπάρξει επικοινωνία το σήμα που διαβιβάζεται από την πηγή πρέπει να γίνει κατανοητό από τον προορισμό. Το σήμα προς αποστολή πρέπει να παραληφθεί σωστά από το κύκλωμα της σύνδεσης που σχεδιάστηκε με σκοπό να λάβει το σήμα. Οι τύποι συνδέσεων καλωδίων που χρησιμοποιούνται μεταξύ δικτυακών συσκευών είναι οι εξής :

- Crossover

Crossover καλώδιο δικτύου ονομάζουμε το καλώδιο που διασυνδέσει δυο τερματικά μαζί από τις κάρτες δικτύου τους χωρίς να συνδέονται αυτά σε κάποιο hub ή σε κάποιο switch ή σε κάποιο router ή γενικά χωρίς να συνδέονται σε κάποια συσκευή δικτύου. ΤΟ καλώδιο αυτό διαφοροποιείται ως προς την συνδεσμολογία στα άκρα του για να δημιουργηθεί και δεν το συναντάμε τόσο συχνά πλέον.

Με τις τεχνολογίες 10BASE-T και 100BASE-TX Ethernet έχουμε την αντιστροφή δυο ζευγαριών για να επιτύχουμε την μετάδοση ως προς κάθε κατεύθυνση. Δηλαδή έχουμε από τα οχτώ ζευγάρια ανά δυο ζευγάρια τις αντίστοιχες συνδέσεις όπου τα δυο ζευγάρια εκπομπής συνδέονται με τα δυο ζευγάρια λήψης. Όταν έχουμε ανάμεσα στα τερματικά συνδεδεμένες συσκευές όπως hub, switch ή router η διαδικασία αυτή γίνεται εσωτερικά σε αυτές τις συσκευές και τα καλώδια που πλέον θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν είναι τα straight through και όχι τα crossover.

Για μια συσκευή που συνδέεται κατευθείαν με μια άλλη χωρίς να παρεμβάλλεται ανάμεσα κάποια συσκευή όπως hub, switch ή router το crossover θα πρέπει να γίνει στο καλώδιο. Επομένως με τις τεχνολογίες 10BASE-T και 100BASE-TX Ethernet έχουμε για χρήση 2 ζευγάρια καλωδίων για αποστολή και λήψη δεδομένων, μέσα στο καλώδιο αυτά τα ζευγάρια θα πρέπει να αντιστραφούν έτσι ώστε να επιτύχουμε την σύνδεση εκπομπής και λήψης αντίστοιχα στα άκρα.

Για τα πρότυπα συνδεσμολογίας TIA/EIA T568A και T568B ένα καλώδιο μπορεί να δημιουργηθεί με την ανάλογη χρήση αυτών των πρότυπων, δηλαδή αν έχουμε ένα καλώδιο με άκρα που φέρουν την συνδεσμολογία TIA/EIA T568A και



στα δυο άκρα ή να φέρουν την συνδεσμολογία TIA/EIA T568B και στα δυο άκρα έχουν καλώδια που γίνονται straight thought ενώ αν σε ένα καλώδιο έχουμε στα άκρα διαφορετική συνδεσμολογία δηλαδή στο ένα άκρο έχουμε TIA/EIA T568A και στο άλλο άκρο έχουμε TIA/EIA T568B τότε έχουμε ένα καλώδιο crossover.

Τέτοια καλώδια λειτουργούν με τις τεχνολογίες 10BASE-T ή 100BASE-TX. Για την τεχνολογία 1000BASE-T4 (Gigabit crossover) η οποία χρησιμοποιεί και τα τέσσερα ζευγάρια θα πρέπει και από τα επόμενα δύο ζευγάρια να αντιμετωπισθούν.

**Gigabit T568A crossover**  
All four pairs crossed  
10base-T/100base-TX/1000base-TX/T4 crossover (shown as T568A)

Pin	Connection 1: T568A			Connection 2: T568A Crossed			Pins on plug face
	signal	pair	color	signal	pair	color	
1	BI_DA+	3	 white/green stripe	BI_DB+	2	 white/orange stripe	
2	BI_DA-	3	 green solid	BI_DB-	2	 orange solid	
3	BI_DB+	2	 white/orange stripe	BI_DA+	3	 white/green stripe	
4	BI_DC+	1	 blue solid	BI_DD+	4	 white/brown stripe	
5	BI_DC-	1	 white/blue stripe	BI_DD-	4	 brown solid	
6	BI_DB-	2	 orange solid	BI_DA-	3	 green solid	
7	BI_DD+	4	 white/brown stripe	BI_DC+	1	 blue solid	
8	BI_DD-	4	 brown solid	BI_DC-	1	 white/blue stripe	

**Gigabit T568B crossover**  
All four pairs crossed  
10base-T/100base-TX/1000base-TX/T4 crossover (shown as T568B)

Pin	Connection 1: T568B			Connection 2: T568B Crossed			Pins on plug face
	signal	pair	color	signal	pair	color	
1	BI_DA+	2	 white/orange stripe	BI_DB+	3	 white/green stripe	
2	BI_DA-	2	 orange solid	BI_DB-	3	 green solid	
3	BI_DB+	3	 white/green stripe	BI_DA+	2	 white/orange stripe	
4	BI_DC+	1	 blue solid	BI_DD+	4	 white/brown stripe	
5	BI_DC-	1	 white/blue stripe	BI_DD-	4	 brown solid	
6	BI_DB-	3	 green solid	BI_DA-	2	 orange solid	
7	BI_DD+	4	 white/brown stripe	BI_DC+	1	 blue solid	
8	BI_DD-	4	 brown solid	BI_DC-	1	 white/blue stripe	

## Σύνδεση Gigabit Crossover

Το crossover καλώδιο το χρησιμοποιούμε για να συνδέσουμε διάφορες συσκευές όπως :

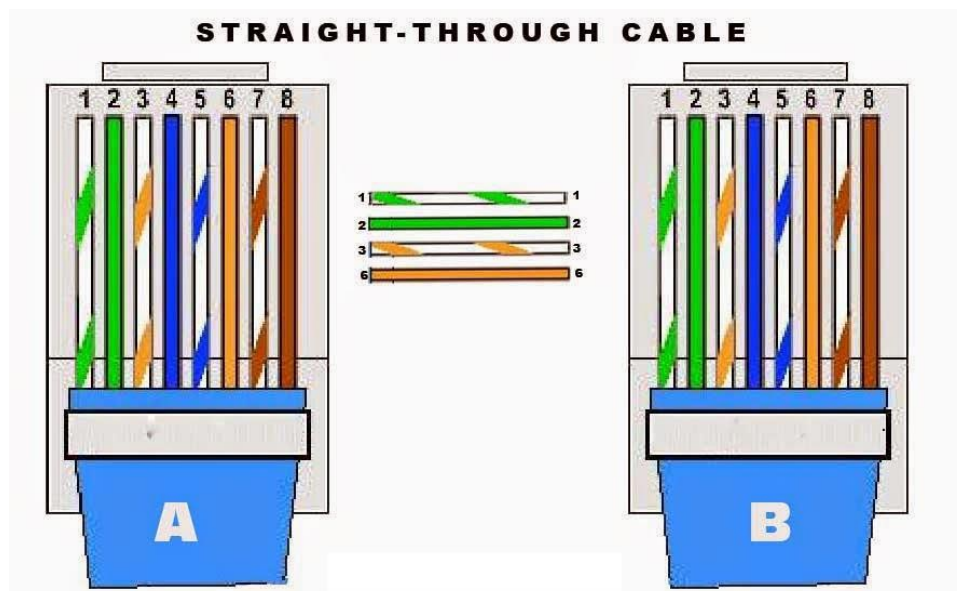
- Switch με switch
- Switch με hub
- Hub με hub
- Router με router
- PC με PC
- Router με PC

### 2.4.2.2 ΚΑΛΩΔΙΑ STRAIGHT – THROUGH

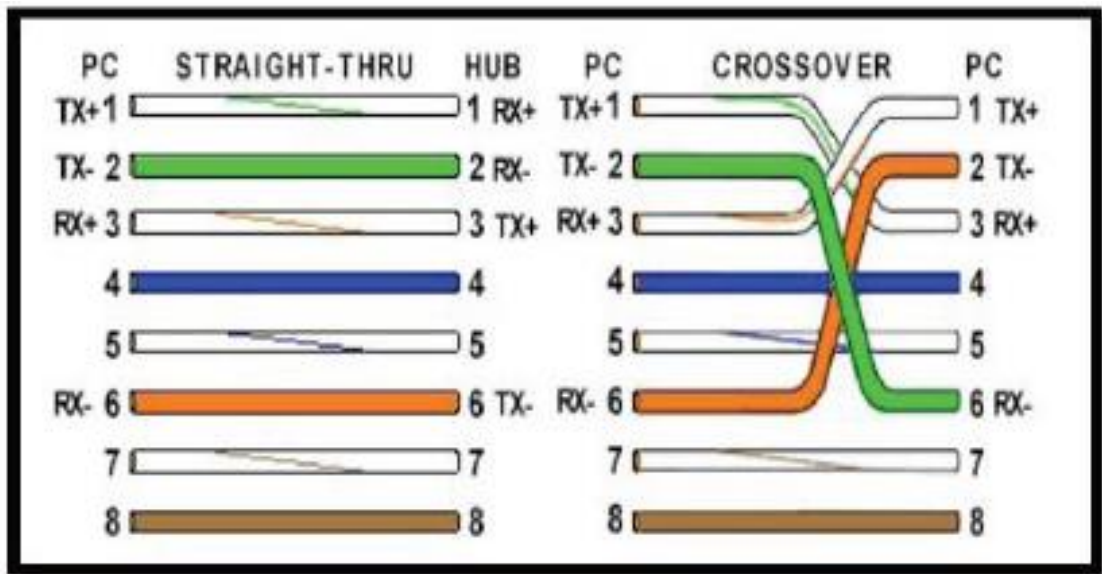
Το straight-through καλώδιο το χρησιμοποιούμε για να συνδέσουμε συσκευές διαφορετικών τύπων όπως :

- Switch με router
- Switch με PC ή server
- Hub με PC ή server

Για να διακρίνουμε το είδος του καλωδίου δεν έχουμε παρά να διακρίνουμε στα άκρα τερματισμού τους χρωματικούς κώδικες έτσι ώστε να διακρίνουμε ποια συνδεσμολογία έχει γίνει χρήση έτσι στην συνέχεια θα μπορούμε να διακρίνουμε αν ένα καλώδιο είναι straight through ή αν είναι crossover.

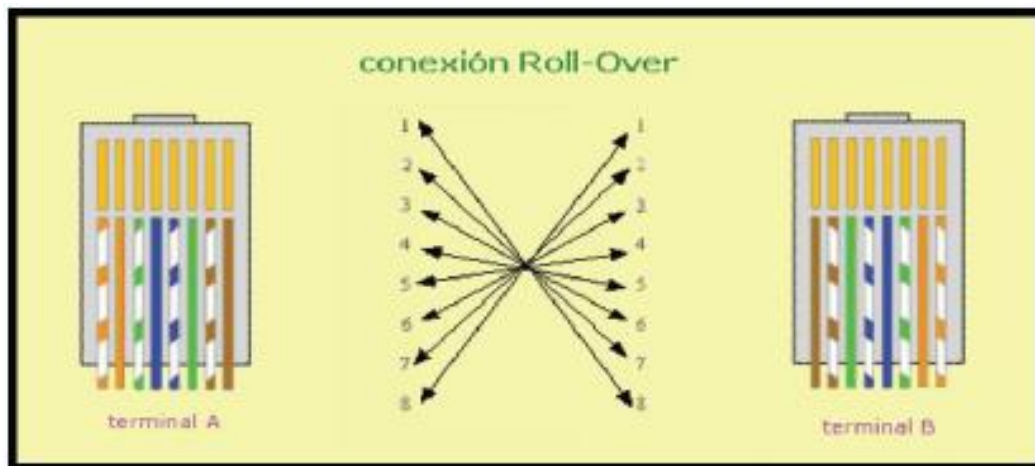


Η παρακάτω εικόνα , μας δίνει την δυνατότητα να δούμε πως γίνεται η αντιμετάθεση των ζευγαριών εσωτερικά σε ένα καλώδιο Crossover.

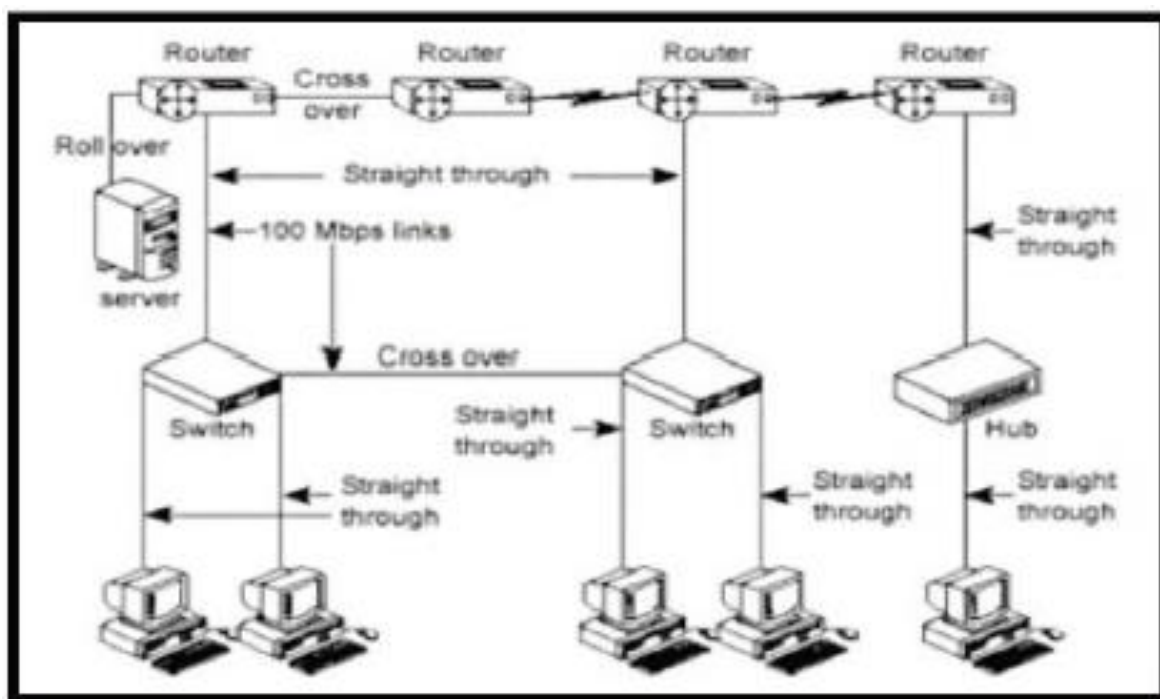


### 2.4.2.3 ΚΑΛΩΔΙΑ ROLLOVER

Το καλώδιο rollover χρησιμοποιείται συνήθως για την σύνδεση μεταξύ ενός τερματικού με την console πόρτα ενός router ή ενός switch. Συνήθως το καλώδιο τυπικά είναι πλακέ - επίπεδο και έχει χρώμα ανοιχτό γαλάζιο για να μπορούμε να το διαχωρίζουμε από τα άλλα καλώδια δικτύωσης. Την ονομασία του την πήρε από την συνδεσμολογία των άκρων του η οποία είναι εντολών αντίθετη και για αυτό ονομάζεται rollover.



Η παρακάτω εικόνα παρουσιάζει τον τύπο σύνδεσης που χρησιμοποιείται μεταξύ διάφορων συσκευών ενός δικτύου.



## 2.5 ΕΠΙΛΟΓΗ ΚΑΛΩΔΙΟΥ

Με γνώμονα τις εφαρμογές τις απαιτήσεις τις ανάγκες υψηλής ακρίβειας και την αξιοπιστία προβαίνουμε στην επιλογή του μέσου μετάδοσης του καλωδίου. Έχοντας υπόψιν όλες τις παραμέτρους και για τις τεχνολογίες που υπάρχουν κάνουμε τις επιλογές.

Λαμβάνουμε υπόψιν επίσης και την απόσταση, τις ηλεκτρομαγνητικές επιρροές από το διερχόμενο σήμα και τις μηχανικές καταπονήσεις, τα ηλεκτρικά φορτία, τις περιβαλλοντικές συνθήκες, τους χρόνους λειτουργίας, τα οποία είναι μερικά από τα στοιχεία μας βοηθούν να επιλέξουμε το καταλληλότερο τύπο καλώδιο.

Έτσι τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά και οι φυσικές ιδιότητες των διαφόρων καλωδίων διαμορφώνουν τους πίνακες κριτηρίων για μία σωστή επιλογή.

### 1. ΑΓΩΓΟΙ

Οι αγωγοί χωρίζονται γενικά σε δύο κατηγορίες:

- Συμπαγείς (μονόκλωνοι) αγωγοί
- Πολύκλωνοι αγωγοί (συνήθως 7 κλώνων)
- Μονόκλωνοι αγωγοί

Τρόποι τερματισμού και σύνδεσης:

- Γυμνή ενσυρμάτωση
- Κόλληση
- Αγγύρωση (με την προσθήκη ακροδέκτη)
- Βίδωμα (σε ακροσειρές)

Ικανότητα κάμψης:

- Μεγάλη γωνία κάμψης
- Μικρή αντοχή σε παραμορφώσεις
- Πολύκλωνοι αγωγοί

Τρόποι τερματισμού και σύνδεσης:

- Κόλληση
- Αγγύρωση (με την προσθήκη ακροδέκτη)
- Βίδωμα (σε ακροσειρές)

Ικανότητα κάμψης:

- Μικρή γωνία κάμψης
- Μεγάλη αντοχή σε παραμορφώσεις

## 2. ΜΟΝΩΣΗ

Τα ακόλουθα χαρακτηριστικά λαμβάνονται υπόψη στην επιλογή του υλικού μόνωσης των αγωγών:

- Διηλεκτρική Σταθερά ( $\epsilon_r$ )
- Μηχανική σταθερότητα
- Βαθμός Ανάφλεξης
- Αντίσταση Μόνωσης
- Θερμική συμπεριφορά
- Αντίσταση σε διαβρωτικά διαλύματα
- Αντίσταση Ακτινοβολίας

## 3. ΠΛΕΞΗ

Οι αγωγοί ενός καλωδίου είτε διατάσσονται σαν απλοί αγωγοί είτε πλέκονται σε ζεύγη, τριάδες και τετράδες. Οι πλέξεις διευθετούν ομόκεντρες κυκλικές στρώσεις που σχηματίζουν τον πυρήνα του καλωδίου.

**Απλός:** Μονωμένος αγωγός

**Ζεύγος:** Δύο μονωμένοι αγωγοί συνεστραμμένοι μαζί για να σχηματίσουν ένα κύκλωμα

**Τριάδα:** Τρεις μονωμένοι αγωγοί συνεστραμμένοι μαζί, οι αγωγοί a και b σχηματίζουν κύκλωμα και ο c είναι η γραμμή σηματοδότησης

**Τετράδα:** Τέσσερις μονωμένοι αγωγοί συνεστραμμένοι μαζί

A. Οι διαμετρικά απέναντι αγωγοί a-b αποτελούν κύκλωμα και οι c, d είναι για σκοπούς σηματοδοσίας

B. Οι διαμετρικά απέναντι αγωγοί a- b και c- d αποτελούν δύο ανεξάρτητα κυκλώματα

Τα ακόλουθα σημεία λαμβάνονται υπ όψη στο πλέξιμο των καλωδίων:

- i. Για να έχουμε αμελητέες ηλεκτρικές παρεμβολές των καλωδιακών πλέξεων (ζεύγη, τριάδες, τετράδες), το μήκος συστροφής (length of twist) η κάθε πλέξη πρέπει να διαφέρει. Αποτέλεσμα αυτού ήταν να έχουμε διάφορες τεχνικές παραγωγής και μπορεί να να αποφευχθεί μόνο στην περίπτωση που χρησιμοποιούνται ζεύγη, τριάδες και τετράδες με ξεχωριστή θωράκιση.
- ii. Το μικρό μήκος συστροφής ελαχιστοποιεί τις εξωτερικές παρεμβολές, καθιστώντας ικανή την μετάδοση δεδομένων με μεγαλύτερες ταχύτητες.
- iii. Όταν ένα καλώδιο διαθέτει πάνω από επτά καλωδιακές πλέξεις, τότε αυτές πρέπει να διευθετηθούν σε στρώσεις. Η αντεστραμμένη διάταξη αυτών των στρώσεων μειώνει τις μεταξύ τους ηλεκτρικές παρεμβολές.

#### 4. ΘΩΡΑΚΙΣΗ

Για να προστατευτούν τα καλώδια από τις ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές τα καλώδια φέρουν θωράκιση, τα καλώδια που χρησιμοποιούνται για την μετάδοση πληροφοριών πρέπει να είναι θωρακισμένα. Η θωράκιση επιλέγεται με βάση τις ανάλογες παρεμβολές που υπάρχουν κατά την λειτουργία.

Η θωράκιση πρέπει να γίνεται σε σωστό τρόπο γιατί σε αντίθετη περίπτωση δημιουργούνται παρασιτικές ηλεκτρικές τάσεις.

Με τον όρο παρεμβολές εννοούμε:

- Εσωτερικές παρεμβολές που αναπτύσσονται από το ίδιο το καλώδιο.
- Εσωτερικές παρεμβολές που οφείλονται σε συγκεκριμένα συνδεδεμένα κυκλώματα (π.χ. cross-talk)
- Εξωτερικές παρεμβολές από πηγές ισχύος, υψηλών συχνοτήτων κ.λ.π.

#### 5. ΜΑΝΔΥΑΣ ΚΑΙ ΟΠΛΙΣΜΟΣ

Ο Μανδύας του καλωδίου (πλαστικός ή μολύβδινος) και ο οπλισμός του, θα πρέπει να είναι σωστά τοποθετημένοι ώστε να προστατεύουν τον πυρήνα από:

- μηχανικές καταπονήσεις
- υγρασία
- χημική διάβρωση
- οξείδωση
- ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές



## 6. ΑΚΤΙΝΑ ΚΑΜΨΗΣ

Για να προσδιοριστεί η επιτρεπτή γωνία κάμψης του καλωδίου, χρησιμοποιούνται δύο έννοιες:

- Καμπτική ικανότητα = εξωτερική διάμετρος κουλούρας του καλωδίου
- Ακτίνα κάμψης = ακτίνα καμπύλης του καλωδίου (R)

Οι σημαντικότεροι παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η μικρότερη επιτρεπτή ακτίνα κάμψης, είναι:

- Η εξωτερική διάμετρος του καλωδίου (d)
- Το είδος (τρόπος κατασκευής) του καλωδίου

Στις κουλούρες και στα στροφεία οι καμπύλες στις σχάρες και στους διαδρόμους των καλωδίων, δεν πρέπει να έχουν γωνίες με μικρότερη ακτίνα κάμψης από την επιτρεπτή. Γωνία με μικρότερη ακτίνα κάμψης προκαλεί μόνιμη παραμόρφωση στο καλώδιο.

Μέχρι το καλώδιο να τοποθετηθεί στην τελική του θέση μπορούμε να το λυγίσουμε, μετά την τοποθέτηση του θα πρέπει να βρίσκεται σε σωστή θέση έτσι ώστε να μην έχουμε υπερβεί την ακτίνα κάμψης του.

## 7. ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΣΗΜΑΤΟΣ

Για την πιο αξιόπιστη και οικονομική μετάδοση ηλεκτρικών σημάτων τα καλώδια πρέπει να ικανοποιούν τις ακόλουθες ανάγκες:

- Μετάδοση χωρίς απώλειες
- Μετάδοση σε μεγάλη απόσταση
- Υψηλό βαθμό απόδοσης στην μεταφορά δεδομένων
- Καλή και μακρόχρονη λειτουργία

Αυτό σημαίνει:

- να είναι όσο δυνατό μικρότερη η παραμόρφωση και η εξασθένηση του σήματος που μεταδίδεται, ώστε στο τέλος της διαδρομής να υπάρχει ικανοποιητικός λόγος σήματος προς θόρυβο
- να διατηρούνται τα αρχικά ηλεκτρικά χαρακτηριστικά του καλωδίου, έστω και μετά από σοβαρές μηχανικές, ηλεκτρικές και χημικές καταπονήσεις, ακόμα και εάν έχει περάσει σημαντικός χρόνος γήρανσης των αγωγών.

## 2.5 ΚΟΣΤΟΣ

Οι σημερινές τιμές της αγορά για τα καλώδια χαλκού που μπορούν να υποστηρίξουν τις νέες τεχνολογίες και απαιτήσεις των νέων συστημάτων κυμαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Τύπος Καλωδίου	Κατηγορία	Τιμή /μέτρο
UTP	CAT5E	0.36
UTP	CAT6	0.47
FTP	CAT5E	0.50
FTP	CAT6	0.74
FTP	CAT6A	0.86
SFTP	CAT6	0.95
SFTP	CAT7	0.97

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΟΠΤΙΚΕΣ ΙΝΕΣ

### 3.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Ιστορική αναδρομή στα οπτικά δίκτυα της πρώτης γενιάς. Για πρώτη φορά έχουμε την χρήση οπτικής ίνας στο δίκτυο TAT-8 για τη μετάδοση υπεραστικών και υπερατλαντικών τηλεφωνικών σημάτων σε ρυθμό μετάδοσης 560 Mb/s. Στη συνέχεια τα οπτικά δίκτυα εισέβαλαν στον χώρο των τηλεπικοινωνιών με μεγαλύτερους ρυθμούς μετά την υλοποίηση των πρώτων οπτικών ενισχυτών με ίνες προσμίξεων ερβίου (Erbium Doped Fiber Amplifier- EDFA), με τις οποίες μπορούσε να ενισχυθεί το σήμα κατευθείαν στο οπτικό επίπεδο χωρίς τη χρήση οπτοηλεκτρονικών μετατροπών, το οποίο έδινε πλέον την δυνατότητα για την κατασκευή μεγαλύτερου μήκους οπτικών καλωδίων οπτικών δικτύων. Έπειτα στα μέσα της δεκαετίας του 1990 ολοκληρώθηκε το υπερατλαντικό δίκτυο TAT-12/13, το οποίο διαχειρίζεται πλέον κίνηση σε ρυθμό μετάδοσης 10 Gb/s, το υποθαλάσσιο δίκτυο FLAG με παρεμφερείς δυνατότητες και βάση τη Σύγχρονη Ψηφιακή Ιεραρχία (Synchronous Digital Hierarchy-SDH), καθώς και το παναφρικανικό δίκτυο Africa ONE. Στις αρχές του 2000 έχουμε την ολοκλήρωση του παγκόσμιου δικτύου SEA-MEWE\_ 3 (Ευρώπη-Ασία-Αυστραλία) με συνολική διέλευση 10 Gb/s, ενώ ανακοινώνεται και η έναρξη των δικτύων Flag-Atlantic1 και Flag-Pacific1 με διέλευση 5 και 10 Tb/s πάντα με βάση το SDH. Συγχρόνως εμφανίστηκαν και τα πρώτα εμπορικά διαθέσιμα συστήματα μετάδοσης με ρυθμό μετάδοσης κάθε καναλιού στα 40 Gb/s.

Τα χαρακτηριστικά των οπτικών δικτύων που οδήγησαν στην ταχύτατη διεύρυνση τους στις τηλεπικοινωνίες, είναι οι χαμηλές απώλειες που παρουσιάζουν, η παροχή τεράστιου εύρους ζώνης που μπορούν να διαθέσουν, η δυνατότητα ενιαίας υποδομής για την παροχή πολλαπλών υπηρεσιών, και η διάθεση εύρους ζώνης όπου και όποτε χρειάζεται. Στις οπτικές ίνες το εύρος ζώνης είναι πολύ μεγαλύτερο από το χαλκό και δεν είναι ευάλωτες σε ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές και σε άλλες ανεπιθύμητες επιδράσεις κατά τη μετάδοση πληροφορίας. Έτσι ως επιλογή η οπτική ίνα προτιμάται έναντι του χαλκού ως μέσο μετάδοσης, όταν πρόκειται για μετάδοση δεδομένων με ρυθμό μετάδοσης μεγαλύτερο από μερικές δεκάδες Mb/s και σε αποστάσεις πάνω από 1 km.

Τα οπτικά δίκτυα διαχωρίζονται σε δύο γενιές: στα δίκτυα πρώτης και στα δίκτυα δεύτερης γενιάς. Στα οπτικά δίκτυα πρώτης γενιάς η οπτική ίνα χρησιμοποιούνταν μόνο ως φυσικό μέσο μετάδοσης και παροχής χωρητικότητας, ενώ η μεταγωγή, η δρομολόγηση, καθώς και όλες οι άλλες ευφυείς δικτυακές διεργασίες επιτελούνταν από ηλεκτρονικά κυκλώματα. Χαρακτηριστικά παραδείγματα των οπτικών δικτύων πρώτης γενιάς είναι το Σύγχρονο Οπτικό Δίκτυο (Synchronous Optical Network-SONET) και το SDH, τα οποία σχηματίζουν τον κορμό της τηλεπικοινωνιακής υποδομής στη Βόρεια Αμερική, την Ασία και την Ευρώπη.

Στις μέρες μας σχηματίζονται σταδιακά τα οπτικά δίκτυα δεύτερης γενιάς, στα οποία μέρος της δρομολόγησης, της μεταγωγής καθώς και των άλλων ευφυών διαδικασιών έχει μετακινηθεί στο οπτικό επίπεδο (optical layer).

Για να μπορέσουμε να εκμεταλλευτούμε και να αξιοποιήσουμε το τεράστιο εύρος ζώνης κάνουμε χρήση τεχνικών πολυπλεξίας και κατά την περίπτωση μας τεχνικές οπτικής πολυπλεξίας τεχνικές ανάλογες με τις τεχνικές ηλεκτρονικής πολυπλεξίας. Ήταν μια αναμενόμενη ανάγκη για να κάνουμε χρήση στα οπτικά δίκτυα τέτοιες τεχνικές γιατί είναι πολύ πιο οικονομική η μετάδοση δεδομένων με υψηλότερο ρυθμό μέσα από μία και μόνο ίνα, από το να χρησιμοποιούνται πολλές ίνες. Οι βασικοί τρόποι πολυπλεξίας μέσα σε μία οπτική ίνα, οι οποίοι έχουν αναφερθεί και στην αρχή στα πλεονεκτήματα των οπτικών δικτύων, είναι η πολυπλεξία κατά μήκος κύματος (Wavelength Division Multiplexing-WDM) και η οπτική πολυπλεξία δεδομένων στο πεδίο του χρόνου (Optical Time Division Multiplexing-OTDM). Η τεχνική WDM χρησιμοποιείται στα οπτικά δίκτυα σε πλήρη αντιστοιχία με την πολυπλεξία διαίρεσης συχνότητας (Frequency Division Multiplexing-FDM) στα δίκτυα ραδιοεπικοινωνιών. Σύμφωνα με την τεχνική WDM η μετάδοση των δεδομένων γίνεται με ταυτόχρονη μετάδοση πολλών μηκών κύματος μέσα από την ίδια ίνα, όπου το κάθε μήκος κύματος φέρει ένα ποσοστό του συνολικού όγκου των δεδομένων. Τα εμπορικά διαθέσιμα WDM δίκτυα, που έχουν ανακοινωθεί από μεγάλες τηλεπικοινωνιακές εταιρίες, περιλαμβάνουν ως και 160 κανάλια σε ρυθμό μετάδοσης 2.5–10 Gb/s το καθένα ή 80 κανάλια με ρυθμό μετάδοσης 40 Gb/s ανά κανάλι. Σε εργαστηριακό/ερευνητικό επίπεδο οι επιδόσεις των WDM συστημάτων μετάδοσης είναι πολύ πιο εντυπωσιακές. Η τεχνική πολυπλεξίας OTDM χρησιμοποιείται στα οπτικά συστήματα σε πλήρη αντιστοιχία με την ηλεκτρονική πολυπλεξία στο πεδίο του χρόνου (Electronic Time Division Multiplexing-ETDM), που χρησιμοποιείται στα ηλεκτρονικά δίκτυα, με μόνη

διαφορά ότι στην OTDM πολυπλεξία οι ρυθμοί μετάδοσης είναι πολύ υψηλότεροι. Στην τεχνική OTDM τα δεδομένα μεταδίδονται σε ένα και μόνο κανάλι (φέρουσα συχνότητα) παρεμβάλλοντας με οπτικό τρόπο τα ψηφία πολλών ροών δεδομένων χαμηλής ταχύτητας σε μία μοναδική ροή δεδομένων υψηλού ρυθμού μετάδοσης. Οι βασικότεροι παράγοντες για την επίδοση των OTDM συστημάτων είναι ο ακριβής χρονισμός των οπτικών σημάτων και το χρονικό εύρος των οπτικών παλμών για την αποφυγή φαινομένων διασυμβολικής παρεμβολής (intersymbol interference) στο πολυπλεγμένο κανάλι. OTDM συστήματα μετάδοσης δεν υπάρχουν αυτή τη στιγμή ως εμπορικά διαθέσιμα προϊόντα, καθώς η OTDM πολυπλεξία δεν θεωρείται ακόμα αρκετά πρακτική τεχνική μετάδοσης.

### 3.1.1 ΟΠΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ ΔΕΥΤΕΡΗΣ ΓΕΝΙΑΣ

Δεν άργησε να διαπιστωθεί πως πλέον τα οπτικά δίκτυα εκτός του ότι μπορούν να χρησιμοποιούνται για την μετάδοση δεδομένων ότι έχουν και δυνατότητες για την υλοποίηση περισσότερων λειτουργικών διεργασιών πέραν της ζεύξης από σημείο σε σημείο. Μεταφέροντας ορισμένες από τις διεργασίες μεταγωγής και δρομολόγησης απευθείας στο οπτικό επίπεδο, προκύπτουν ορισμένα πολύ σημαντικά πλεονεκτήματα, καθώς έτσι ορισμένες λειτουργίες γίνονται σε συντομότερο χρονικό διάστημα και ταυτόχρονα απαλλάσσονται τα ηλεκτρονικά κυκλώματα από την επεξεργασία όλου του όγκου δεδομένων. Η διαπίστωση αυτή μας οδήγησε στα οπτικά δίκτυα δεύτερης γενιάς, τα οποία έχουν ήδη αρχίσει να εγκαθίστανται σταδιακά. Στα οπτικά δίκτυα δεύτερης γενιάς είναι δυνατή η χρήση και των δύο τεχνικών πολυπλεξίας παρόλα αυτά στην πραγματικότητα χρησιμοποιείται μόνο η WDM. Τα βασικά δομικά συστήματα αυτών των δικτύων (σχήμα 1.2) είναι τα οπτικά τερματικά γραμμής (optical line terminal-OLT), οι οπτικοί πολυπλέκτες προσθήκης/αφαίρεσης δεδομένων (optical add/drop multiplexer-OADM) και τα οπτικά στοιχεία διασύνδεσης (optical cross-connect-OXC). Σημαντικά δομικά συστήματα είναι, επίσης, οι οπτικοί ενισχυτές, οι οποίοι χρησιμοποιούνται ανά τακτές αποστάσεις μετάδοσης για την επανενίσχυση των οπτικών σημάτων.

Τα οπτικά τερματικά γραμμής χρησιμοποιούνται στα τερματικά άκρα μίας ζεύξης για τη μετατροπή του ηλεκτρικού σήματος σε οπτικό ή αντίστροφα και την πολυπλεξία ή αποπολυπλεξία κατά WDM των καναλιών διαφορετικού μήκους κύματος, ανάλογα με το αν το τερματικό είναι στην είσοδο ή στην έξοδο της ζεύξης. Κατά συνέπεια,  $N$  ηλεκτρικά σήματα αντιστοιχίζονται σε  $N$  κανάλια διαφορετικού μήκους κύματος. Για την υλοποίηση των WDM πολυπλεκτών και αποπολυπλεκτών χρησιμοποιούνται συστοιχίες φραγμάτων περίθλασης (Arrayed Waveguide Gratings-AWG), συστοιχίες διηλεκτρικών φίλτρων λεπτού φύλλου (dielectric thin-film filters), ή συστοιχίες φραγμάτων περίθλασης Bragg. Οι αυξημένες λειτουργικές δυνατότητες των οπτικών δικτύων δεύτερης γενιάς οφείλονται στη χρήση των οπτικών πολυπλεκτών προσθήκης/αφαίρεσης δεδομένων (OADM) και των οπτικών στοιχείων διασύνδεσης (OXCs). Τα στοιχεία αυτά τοποθετούνται σε ενδιάμεσα σημεία της ζεύξης και ο βασικός τους ρόλος είναι η δρομολόγηση των εισερχόμενων WDM καναλιών. Οι OADM επιλεκτικά «αφαιρούν» ορισμένα κανάλια από τη ζεύξη και επιτρέπουν τη διέλευση των υπολοίπων καναλιών, ενώ ταυτόχρονα μπορούν να

«προσθέτουν» νέα κανάλια στη ζεύξη στη θέση αυτών που «αφαιρέθηκαν». Ανάλογη λειτουργία επιτελούν και οι OXCs, αλλά με πολύ μεγαλύτερο αριθμό καναλιών. Οι OXCs διαχειρίζονται σημαντικά περισσότερες εισόδους/εξόδους και πιο πολύπλοκες τοπολογίες δικτύων από τους OADMs. Συνήθως χρησιμοποιούνται για την σύνδεση πολύπλοκων τοπολογιών δικτύου και διαφόρων υποδικτύων μεταξύ τους. Αντίθετα, οι OADMs χρησιμοποιούνται σε σημεία της ζεύξης, στα οποία απαιτείται ο τοπικός τερματισμός της μετάδοσης κάποιων καναλιών και η εισαγωγή και η δρομολόγηση νέων καναλιών σε διαφορετικούς προορισμούς του δικτύου, και συνδέονται σε τοπολογίες γραμμής ή τοπολογίες δακτυλίου. Δεδομένης της ικανότητας των OXCs να χειρίζονται πολύ μεγαλύτερο όγκο δεδομένων, οι OXCs τοποθετούνται σε κεντρικά ενδιάμεσα σημεία της ζεύξης, ενώ οι OADMs τοποθετούνται περισσότερο κοντά στα τερματικά σημεία της ζεύξης. Για την υλοποίηση και των δύο μπορούν να χρησιμοποιηθούν διακόπτες μεταγωγής ή οπτικοί ενισχυτές ημιαγωγού (Semiconductor Optical Amplifier-SOA), μικρο-ηλεκτρο-μηχανικοί διακόπτες (Micro-Electro-Mechanical Switches-MEMS) ή μετατροπείς μήκους κύματος (wavelength converters).

Με βάση την παραπάνω ανάλυση τα WDM οπτικά δίκτυα δεύτερης γενιάς παρέχουν συνδέσεις μήκους κύματος μεταξύ των τερματικών, και για το λόγο αυτό αποκαλούνται και δίκτυα δρομολόγησης μήκους κύματος (wavelengthrouted networks). Κατά συνέπεια οι συνδέσεις μεταξύ των τερματικών γραμμής είναι υψηλής χωρητικότητας και παρέχονται σε σταθερή βάση. Τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά αυτής της αρχιτεκτονικής είναι τα εξής:

- **Επαναχρησιμοποίηση μήκους κύματος (wavelength reuse):**

Εδώ έχουμε την σύνδεση μεταξύ δύο τερματικών η οποία γίνεται μέσω ενός μήκους κύματος, το ίδιο μήκος κύματος μπορεί να χρησιμοποιηθεί ξανά για τη σύνδεση δύο άλλων τερματικών, με περιορισμό στο να μην υπάρχει επικάλυψη των δύο συνδέσεων σε κάποιο σημείο της ζεύξης. Με αυτόν τον τρόπο μπορούμε να έχουμε το πλεονέκτημα πολλαπλών συνδέσεων με χρήση ενός περιορισμένου αριθμού μηκών κύματος.

- **Μετατροπή μήκους κύματος (wavelength conversion):**

Η μετατροπή μήκους κύματος έχει ως αποτέλεσμα την αποδοτικότερη εκμετάλλευση των διαθέσιμων μηκών κύματος στο δίκτυο. Μερικά από τα βασικότερα οπτικά στοιχεία, που χρησιμοποιούνται ως μετατροπείς μήκους κύματος, είναι οι οπτικοί ημιαγωγιμοί ενισχυτές (SOAs) και οι οπτικές συμβολομετρικές πύλες.

- **Διαφάνεια (Transparency):**

Για να μπορεί ένα δίκτυο να εξυπηρετεί ταυτόχρονα μια ποικιλία τηλεπικοινωνιακών στρωμάτων υψηλότερου επιπέδου, όπως, για παράδειγμα, τερματικά SONET και δρομολογητές IP επιβάλλεται να υπάρχει διαφάνεια, δηλαδή σε κάθε σύνδεση μήκους κύματος να μεταδίδονται δεδομένα με διαφορετικούς

ρυθμούς μετάδοσης, διαφορετικά πρωτόκολλα ή διαφορετικό τύπο δεδομένων, δεδομένου ότι η δρομολόγηση αυτών γίνεται απευθείας στο οπτικό επίπεδο και με μοναδικό κριτήριο το φέρον μήκος κύματος.

- **Μεταγωγή κυκλώματος (circuit switching) :**

Οι συνδέσεις μήκους κύματος στα οπτικά δίκτυα δεύτερης γενιάς παραμένουν στατικές, αφού εδραιωθούν, σε πλήρη αναλογία με τις συνδέσεις στα δίκτυα μεταγωγής κυκλώματος. Στην πράξη, μία σύνδεση μήκους κύματος παραμένει «ανοιχτή» για μήνες ή ακόμα και για χρόνια μετά την εδραίωσή της.

- **Ανθεκτικότητα**

Ένα τέτοιο δίκτυο πρέπει να έχει εναλλακτικά σενάρια επαναδρομολόγησης των δεδομένων – σημάτων έτσι ώστε να μην έχουμε απώλεια πληροφοριών δηλαδή το δίκτυο μας να έχει την κατάλληλη ανθεκτικότητα.

Τα χαρακτηριστικά των WDM δικτύων δεύτερης γενιάς μπορούν και παρέχουν τη δυνατότητα για ευρυζωνικές συνδέσεις υψηλής ταχύτητας δεδομένων και μεγάλης χρονικής διάρκειας, καθώς και τη δυνατότητα για αποδοτική διαχείριση ενός τεράστιου όγκου δεδομένων απευθείας στο οπτικό επίπεδο. Με αυτά τα χαρακτηριστικά τα δίκτυα αυτά μπορούν να καλύψουν χωρίς κανένα πρόβλημα τα μεγάλης έκτασης δίκτυα ευρείας περιοχής (WANs), στα οποία η τηλεπικοινωνιακή κίνηση συναθροίζεται σε οντότητες δεδομένων μεγάλου μεγέθους και είναι δεσμεύεται η υψηλή χωρητικότητα για μεγάλο χρονικό διάστημα. Για το λόγο αυτό, τα οπτικά δίκτυα δεύτερης γενιάς βρίσκουν κυρίως εφαρμογή στα δίκτυα WANs χρησιμοποιώντας υψηλής χωρητικότητας στατικές συνδέσεις μηκών κύματος για τη διασύνδεσή τους.

Όμως τα οπτικά δίκτυα δεύτερης γενιάς δεν παρέχουν, τη δυνατότητα για χειρισμό οντοτήτων δεδομένων μικρού μεγέθους, αν και αυτή η δυνατότητα θα ανήκει σίγουρα στις βασικές απαιτήσεις των χρηστών από τα μελλοντικά οπτικά δίκτυα. Η επέμβαση στη μεταδιδόμενη πληροφορία περιορίζεται, όμως, στα οπτικά δίκτυα δεύτερης γενιάς σε επίπεδο μήκους κύματος και ο χρόνος μεταγωγής της πληροφορίας είναι της τάξης δεκάδων λεπτών, με αποτέλεσμα η δέσμευση ενός τεράστιου εύρους ζώνης σε μία σύνδεση να διατηρείται στατική για πολύ μεγάλο χρονικό διάστημα μετά την εδραίωση της σύνδεσης, ακόμα και αν αυτή είναι ανενεργή. Κατά συνέπεια, τα δίκτυα αυτά επιτελούν μεταγωγή κυκλώματος, δεν είναι σε θέση να παρέχουν εύρος ζώνης κατ' απαίτηση και είναι πλήρως αδύνατη η εξυπηρέτηση εκρηκτικών ροών δεδομένων. Ο αριθμός των μέγιστων συνδέσεων στα οπτικά δίκτυα μεταγωγής κυκλώματος καθορίζεται από το μέγιστο αριθμό χρησιμοποιούμενων καναλιών-μηκών κύματος, με αποτέλεσμα να υπάρχουν συγκρούσεις στην κίνηση δεδομένων, όταν οι επιθυμητές συνδέσεις ξεπερνούν σε αριθμό τα διαθέσιμα μήκη κύματος. Τα μειονεκτήματα αυτά καθιστούν απαγορευτική τη χρήση των οπτικών συστημάτων δεύτερης γενιάς σε δίκτυα, στα οποία απαιτείται άμεσα η παροχή πολλαπλών υπηρεσιών τόσο συνεχούς, όσο και εκρηκτικής ροής δεδομένων σε υψηλές ταχύτητες μετάδοσης. Τέτοια δίκτυα είναι,

για παράδειγμα, τα μητροπολιτικά δίκτυα (MANs). Η εκμετάλλευση του εύρους ζώνης στα δίκτυα αυτά προφανώς δε θα είναι αποδοτική, καθώς για κάθε μία από τις εν γένει πολλές συνδέσεις τους θα χρειάζεται και ένα ολόκληρο μήκος κύματος, το οποίο θα παραμένει ανενεργό στο μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. Επομένως, αν και οι επιδόσεις των οπτικών δικτύων δεύτερης γενιάς είναι αρκετά ικανοποιητικές για τα δίκτυα ευρείας περιοχής, δεν επαρκούν για την αποδοτική διασύνδεση σε δίκτυα μεγαλύτερης εκρηκτικότητας και αμεσότερης πρόσβασης. Για την εξυπηρέτηση αυτών των δικτύων και τη βέλτιστη εκμετάλλευση του διαθέσιμου εύρους ζώνης οι ελπίδες έχουν εναποτεθεί στα μελλοντικά οπτικά δίκτυα τρίτης γενιάς, τα οποία έχουν συγκεντρώσει σημαντικό ερευνητικό ενδιαφέρον τα τελευταία χρόνια, και για τα οποία γίνεται λόγος στην επόμενη ενότητα.

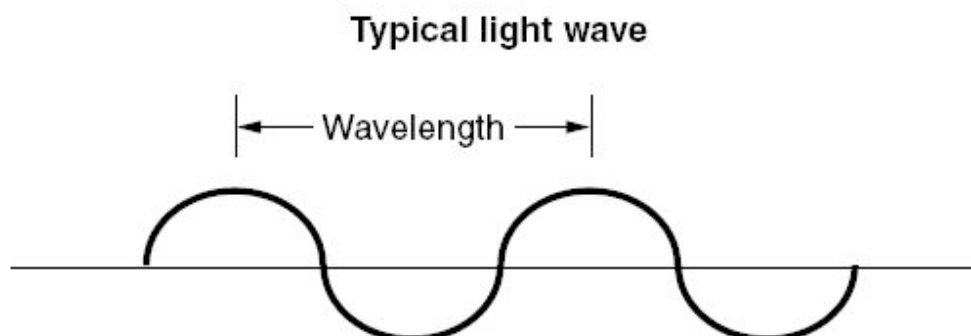
### 3.1.2 ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ ΤΡΙΤΗΣ ΓΕΝΙΑΣ

Το βασικότερο χαρακτηριστικό που περιμένουμε να δούμε στα δίκτυα 3<sup>ης</sup> γενιάς είναι η αποδοτική εκμετάλλευση του διαθέσιμου εύρους ζώνης των οπτικών δικτύων, υπό την έννοια της παροχής συνδέσεων υψηλής χωρητικότητας μόνο κατά το χρονικό διάστημα, για το οποίο οι συνδέσεις αυτές είναι ενεργές. Για την επίτευξη της παροχής εύρους ζώνης κατ' απαίτηση τα οπτικά δίκτυα τρίτης γενιάς έχουν υιοθετήσει την τεχνική μεταγωγής πακέτου, η οποία ήδη λειτουργούν με αποδοτικό τρόπο στα ηλεκτρονικά δίκτυα. Ο όρος οπτικά δίκτυα τρίτης γενιάς είναι, επομένως, ταυτόσημος με τον όρο οπτικά δίκτυα μεταγωγής πακέτων (All-Optical Packet Switched Networks – OPS)

## 3.2 ΚΑΛΩΔΙΑ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ

Η αρχή της λειτουργίας των οπτικών ινών είναι η μετάδοση της πληροφορίας με την μορφή παλμών φωτός και γι' αυτό η τεχνολογία τους είναι πιο περίπλοκη από αυτήν των χάλκινων καλωδίων. Η φωτεινή πηγή είναι ή laser ή LED συγκεκριμένου μήκους κύματος.

Το μήκος κύματος μιας συγκεκριμένης πηγής φωτός είναι το μήκος, υπολογισμένο σε nanometers, μεταξύ δύο συνεχόμενων κορυφών ενός κύματος φωτός που εκπέμπει η πηγή.



Η χρήση παλμών φωτός για μεταφορά πληροφοριών είναι η ανάλογη τεχνική όπως στο χάλκινο καλώδιο με διαφοροποίηση στο χάλκινο καλώδιο έχουμε ηλεκτρικά σήματα. Οποιοσδήποτε τύπος ηλεκτρικού σήματος που μπορεί να μετατραπεί σε παλμούς φωτός μπορεί να μεταδοθεί μέσα σε ένα καλώδιο οπτικών ινών.

Η σύσταση των οπτικών ινών είναι σχεδόν κοντά στην σύσταση κατασκευής των χάλκινων καλωδίων, τα συστατικά τους μπορούμε να πούμε πως είναι παρόμοια με κύρια διαφοροποίηση το γυαλί που υπάρχει στις οπτικές ίνες ενώ στα καλώδια χαλκού υπάρχει ο χαλκός.

Τα καλώδια οπτικών ινών διαφέρουν σε κάποια υλικά που υπάρχουν ως προστατευτικό μονωτικό υλικό που καλύπτει τις γυάλινες οπτικές ίνες και ένα περίβλημα που καλύπτει όλη την συγκρότηση του καλωδίου. Ορισμένα καλώδια οπτικών ινών περιλαμβάνουν μια θωράκιση καλωδίου. Οι θωρακίσεις είναι ένα προαιρετικό συστατικό και περιλαμβάνονται μόνο σε μερικούς τύπους καλωδίων οπτικών ινών.

### 3.2.1 ΤΥΠΟΙ ΚΑΛΩΔΙΩΝ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ

Υπάρχουν δύο γενικές κατηγορίες οπτικών ινών που διαχωρίζονται κυρίως με βάση το μέγεθος του πυρήνα της οπτικής ίνας. Φυσικά λόγω του μεγέθους της οπτικής ίνας η μετάδοση στις δύο κατηγορίες πραγματοποιείται με διαφορετικό τρόπο που θα αναλυθεί παρακάτω και που μπορεί να αποτελέσει ένα ακόμα τρόπο διαχωρισμού μεταξύ των δύο κατηγοριών.

**Οι δύο αυτές κατηγορίες είναι οι εξής :**

- Καλώδια πολύτροπων οπτικών ινών
- Καλώδια μονότροπων οπτικών ινών

#### ***Καλώδια πολύτροπων οπτικών ινών (Multimode fiber)***

Στην πολύτροπη διάδοση ένα φωτεινό σήμα, το οποίο αποτελείται από πολλές φωτεινές ακτίνες, εισέρχεται στον πυρήνα της οπτικής ίνας. Η κάθε ακτίνα ανακλάται με διαφορετική γωνία στα τοιχώματα του περιβλήματος. ανάλογα με τη γωνία με την οποία εισέρχεται η κάθε ακτίνα οδεύει κατά μήκος της οπτικής ίνας διανύοντας διαφορετικό δρόμο.

Επειδή ακριβώς υπάρχουν πολλοί τρόποι μετάδοσης που αντιστοιχούν στις διαδρομές των ακτίνων, η διάδοση αυτή ονομάζεται πολύτροπη. Οι ίνες που επιτρέπουν αυτού του είδους τη μετάδοση φωτός ονομάζονται πολύτροπες ίνες. Όπως είναι λογικό, ο κάθε τρόπος μετάδοσης έχει διαφορετικό μήκος. Επομένως, η κάθε ακτίνα φτάνει σε διαφορετικό χρόνο στην άλλη άκρη της οπτικής ίνας. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη σημαντική παραμόρφωση του σήματος. Επιπλέον, λόγω του ότι κάποιες από τις ακτίνες δεν επιτυγχάνουν ολική ανάκλαση, η μέθοδος αυτή διάδοσης επιφέρει κάποια πρόσθετη εξασθένηση στο φωτεινό σήμα. Οι πολύτροπες οπτικές ίνες χωρίζονται σε δυο βασικές κατηγορίες, ανάλογα με την τιμή του δείκτη διάθλασης στον πυρήνα:

- Ίνες βηματικού δείκτη διάθλασης

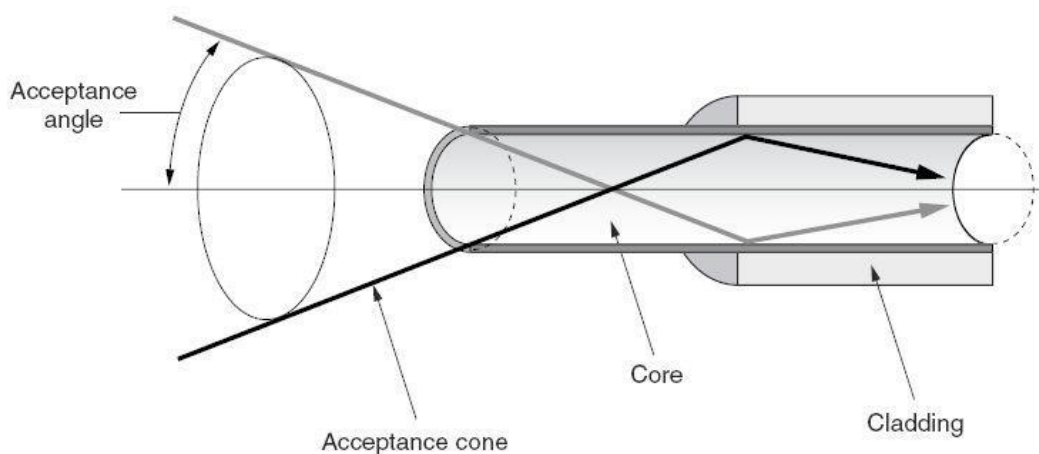


- Ίνες διαβαθμισμένου δείκτη διάθλασης

Οι πρώτες χαρακτηρίζονται από απότομη μεταβολή του δείκτη διάθλασης μεταξύ του πυρήνα και περιβλήματος. Έχουν διαστάσεις διαμέτρου πυρήνα 50 και 62.5  $\mu\text{m}$  και εξωτερική διάμετρο της ίνας 125  $\mu\text{m}$ . Η εξασθένηση για τις ίνες βηματικού δείκτη διάθλασης είναι 10-50 db ανά χιλιόμετρο. Είναι οι πιο απλές και φθηνές οπτικές ίνες για εφαρμογές που δεν έχουν μεγάλες απαιτήσεις σε εύρος ζώνης.

Η δεύτερη κατηγορία πολύτροπων ινών είναι οι ίνες διαβαθμισμένου δείκτη διάθλασης. Σε αυτές τις ίνες ο δείκτης διάθλασης μεταβάλλεται ομαλά από το κέντρο του πυρήνα προς το περίβλημα. Η διαφορά αυτή στο δείκτη διάθλασης αναγκάζει τις ακτίνες να φράσουν ταυτόχρονα στην άλλη άκρη της οπτικής ίνας, παρόλο που η κάθε μια διανύει διαφορετική απόσταση.

Η εξασθένηση για τις ίνες διαβαθμισμένου δείκτη διάθλασης είναι 7-15 db ανά χιλιόμετρο. Οι ίνες αυτές χρησιμοποιούνται σε δίκτυα υπολογιστών και σε εφαρμογές που απαιτούν μεγάλο εύρος ζώνης.



(Δεκτή γωνία πρόσπτωσης)

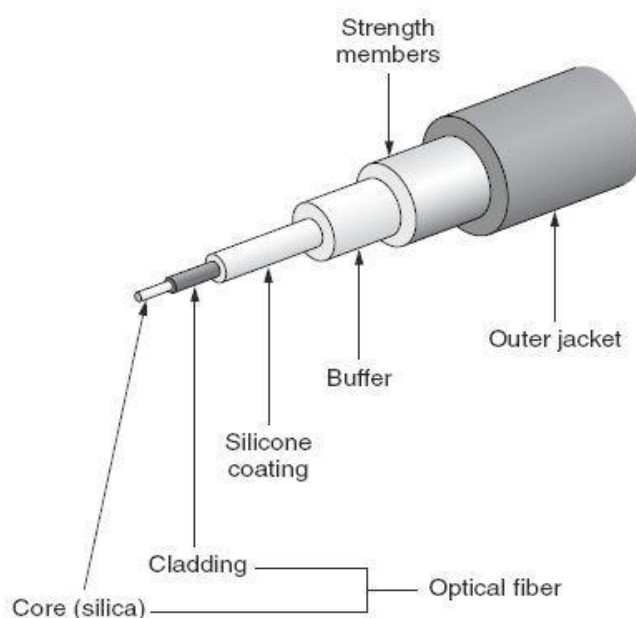
Κάθε καλώδιο οπτικής ίνας που χρησιμοποιείται στην δικτύωση αποτελείται από δύο ίνες οι οποίες εγκλείονται σε διαφορετικές θήκες. Αν υποθέσουμε πως έχουμε δύο συσκευές A και B η επικοινωνία μεταξύ τους επιτυγχάνεται ως εξής: η μία ίνα μεταφέρει δεδομένα από την συσκευή A στην συσκευή B ενώ η άλλη μεταφέρει δεδομένα από την συσκευή B στην συσκευή A. Οι ίνες λειτουργούν παρόμοια με δύο μονόδρομους που έχουν αντίθετες κατευθύνσεις. Αυτό το γεγονός παρέχει μία full-duplex επικοινωνία (επικοινωνία και προς τις δύο κατευθύνσεις ταυτόχρονα). Τα χάλκινα καλώδια συνεστραμμένων ζευγών χρησιμοποιούν ένα ζευγάρι καλωδίων για να αποστέλλουν δεδομένα και ένα άλλο ζευγάρι καλωδίων για να λαμβάνουν δεδομένα. Έτσι και τα κυκλώματα των οπτικών ινών χρησιμοποιούν την μία ίνα για αποστολή και την άλλη για λήψη δεδομένων. Τυπικά αυτές οι δύο ίνες εγκλείονται σε ένα απλό εξωτερικό κάλυμμα μέχρι να φτάσουν στο σημείο που γίνεται η σύνδεση των συνδέσμων (connectors).

Μέχρι την σύνδεση των συνδέσμων δεν υπάρχει η ανάγκη για προστατευτικό κάλυμμα επειδή το φως δεν μπορεί να δραπετεύσει όταν βρίσκεται μέσα στην ίνα. Οι ίνες μπορούν να μεταφέρουν πολύ περισσότερα bits ανά δευτερόλεπτο και σε μεγαλύτερες αποστάσεις απ' ότι ο χαλκός.

Συνήθως το οπτικό καλώδιο απαρτίζεται από 5 μέρη όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα:

Αυτά τα μέρη είναι :

- Ο πυρήνας (core)
- Ο μανδύας (cladding)
- Η προστατευτική επικάλυψη (buffer)
- Τα ανθεκτικά μέλη (strength members)
- Μια εξωτερική προστασία (outer jacket)



(Τα 5 μέρη της οπτικής ίνας)

Ο πυρήνας αποτελεί το μέσο της μεταφοράς του φωτός και βρίσκεται στο κέντρο της οπτικής ίνας. Όλα τα φωτεινά σήματα ταξιδεύουν μέσω του πυρήνα. Ο πυρήνας ουσιαστικά είναι γυαλί φτιαγμένο από έναν συνδυασμό διοξειδίου πυριτίου (silica) και άλλων στοιχείων. Η Multimode ίνα χρησιμοποιεί για τον πυρήνα της ένα τύπο γυαλιού που ονομάζεται graded index. Αυτό το γυαλί έχει χαμηλότερο δείκτη διάθλασης προς την εξωτερική άκρη του πυρήνα. Επομένως η εξωτερική περιοχή του πυρήνα είναι λιγότερο οπτικά πυκνή από αυτήν στο κέντρο με αποτέλεσμα το φως να ταξιδεύει γρηγορότερα στο εξωτερικό μέρος του πυρήνα. Αυτός ο σχεδιασμός χρησιμοποιείται επειδή μια ακτίνα φωτός που ακολουθεί ένα mode το οποίο πηγαίνει κατευθείαν στο κέντρο του πυρήνα δεν ταξιδεύει τόσο μακριά όσο μια άλλη ακτίνα η οποία αναπηδά πάνω κάτω μέσα στην ίνα. Όλες οι ακτίνες πρέπει να φτάσουν στο τέρμα ταυτόχρονα. Έτσι ο παραλήπτης στο τέλος της ίνας λαμβάνει μια ισχυρή λάμψη φωτός και όχι ένα μακροχρόνιο, αδύναμο παλμό.

Ο πυρήνας περιβάλλεται από το cladding (μανδύας). Η εργασία του μανδύα είναι να κρατά το φως μέσα στον πυρήνα. Το υλικό από το οποίο φτιάχνεται το cladding είναι ίδιο με αυτό του πυρήνα αλλά με χαμηλότερο δείκτη διάθλασης. Ο πυρήνας έχει πάντα υψηλότερο δείκτη διάθλασης από τον μανδύα. Αυτό βοηθάει να μένουν οι ακτίνες φωτός μέσα στον πυρήνα, επειδή το φως τείνει να κυρτώνει φυσικά προς το υλικό με τον υψηλότερο δείκτη διάθλασης. Το κλασικό multimode καλώδιο οπτικής ίνας αποτελεί τον πιο κοινό τύπο καλωδίων οπτικών ινών που χρησιμοποιούνται στα LANs. Ένα κλασικό multimode καλώδιο οπτικής ίνας χρησιμοποιεί οπτική ίνα με πυρήνα διαμέτρου 62.5 ή 50 micron (1μ (micron) = ένα εκατομμυριοστό του μέτρου) και cladding διαμέτρου 125 micron [62.5/125 ή 50/125]. Το cladding περιβάλλεται από ένα buffer υλικό το οποίο συχνά είναι πλαστικό. Αυτό το υλικό βοηθάει στην προστασία του πυρήνα και του cladding από πιθανές ζημιές. Υπάρχουν δύο βασικοί σχεδιασμοί καλωδίων ο ένας είναι ο loose-tube (χαλαρός σχεδιασμός) και ο άλλος ο tight-buffered (σφιχτός σχεδιασμός). Οι περισσότερες οπτικές ίνες που χρησιμοποιούνται στα LANs ακολουθούν τον δεύτερο σχεδιασμό στον οποίο το buffering υλικό που περικλείει το cladding είναι σε άμεση επαφή με αυτό.

Τα tight-buffered καλώδια έχουν πολύ μικρό μέγεθος και αυτό τα κάνει ιδιαίτερα εύκαμπτα, δηλαδή εύκολα στην εγκατάσταση. Η κατασκευή tight-buffered παρέχει εξαιρετική αντίσταση σε συγκρούσεις αλλά δεν προστατεύει το γυαλί της οπτικής ίνας και δεν παρέχει αντοχή σε εναλλαγές θερμοκρασίας. Γι' αυτούς τους λόγους τα tight-buffered καλώδια χρησιμοποιούνται κυρίως για εσωτερικές εγκαταστάσεις.

Αντίθετα η τεχνολογία loose-tube παρέχει καλύτερη προστασία σε περιπτώσεις ακραίων εναλλαγών θερμοκρασίας. Οι περισσότεροι κατασκευαστές καλωδίων εγχύουν ένα ζελέ για προστασία από το νερό μέσα στους σωλήνες χαλαρής μόνωσης για να προστατεύουν την οπτική ίνα από καταστροφή από το νερό. Γι' αυτούς τους λόγους τα loose-tube καλώδια χρησιμοποιούνται για εξωτερικές εγκαταστάσεις. Τα καλώδια loose-tube που περιέχουν το ζελέ για την προστασία από το νερό δεν μπορούν να εγκατασταθούν σε εσωτερικούς χώρους γιατί παραβιάζουν τους κανονισμούς πυροπροστασίας καθώς το ζελέ αυτό είναι τυπικά ένα υλικό με βάση το πετρέλαιο.

Τα ανθεκτικά μέλη που περιβάλλουν τον buffer προστατεύουν το καλώδιο από κακομεταχείριση όπως για παράδειγμα απότομο τράβηγμα. Το υλικό που συχνά χρησιμοποιείται εδώ είναι το Kevlar που επίσης χρησιμοποιείται και στην παραγωγή των αλεξίσφαιρων γιλέκων.

Το τελευταίο μέρος του οπτικού καλωδίου είναι η εξωτερική προστασία ή αλλιώς το περίβλημα του καλωδίου που προστατεύει την ίνα από γδαρσίματα, διαλυτικές ουσίες και από άλλες επικίνδυνες καταστάσεις. Συνήθως η εξωτερική προστασία έχει πορτοκαλί χρώμα.

Στις multimode οπτικές ίνες συνήθως χρησιμοποιούνται οι εξής δύο πηγές φωτός : Infrared Light Emitting Diodes (LEDs) ή Vertical Cavity Surface Emitting Lasers (VCSELs). Τα LEDs είναι λίγο φθηνότερα αλλά μπορούν να καλύψουν μικρότερες αποστάσεις σε σχέση με τα VCSELs.

## Καλώδια μονότροπων οπτικών ινών (Singlemode fiber)

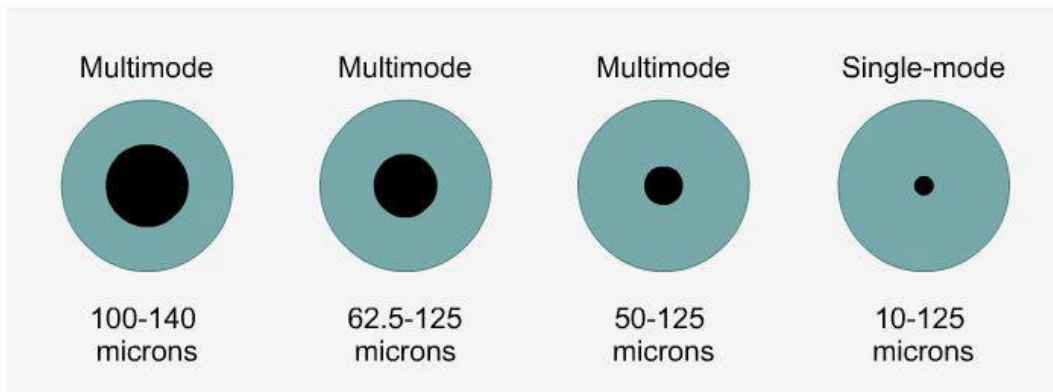
Έχει αποδειχθεί πως όσο μικρότερη είναι η διάμετρος του πυρήνα, τόσο λιγότεροι τρόποι μετάδοσης υπάρχουν. Όταν αυτή η διάμετρος μειωθεί και γίνει παραπλήσια με το μήκος κύματος του φωτεινού σήματος, απομένει μόνο ένας τρόπος μετάδοσης, ο αξονικός. Η μετάδοση ονομάζεται τότε μονότροπη. Η διάμετρος του πυρήνα στην μονότροπη οπτική ίνα είναι 9 μm και η εξωτερική διάμετρος της ίνας είναι 125 μm. Η εξασθένηση της μονότροπης ίνας στο φως που έχει μήκος κύματος 1.5 μm είναι μόλις 0.19 db ανά χιλιόμετρο. Η περιοχή αυτή του φάσματος από 1.5 έως 1.6 μm ονομάζεται παράθυρο χαμηλής εξασθένησης. Η περιοχή των 1.5 μm ονομάζεται χρησιμοποιείται σήμερα στις τηλεπικοινωνίες και στις ζεύξεις μεγάλων αποστάσεων.

Η μονότροπη ίνα είναι η καταλληλότερη για ζεύξεις μεγάλων αποστάσεων και εκεί όπου απαιτούνται υψηλοί ρυθμοί μετάδοσης. Φυσικά οι ίνες αυτές παρουσιάζουν κάποιες δυσκολίες στην εισαγωγή αρκετού φωτός στον πυρήνα τους, μια και η διάμετρος τους είναι πολύ μικρή. Η Single-mode (μονότροπη) ίνα αποτελείται από τα ίδια μέρη με την multimode ίνα. Η εξωτερική προστασία της single-mode ίνας είναι συνήθως κίτρινη. Η σημαντικότερη διαφορά μεταξύ multimode και single-mode είναι το γεγονός ότι η δεύτερη επιτρέπει μόνο σε ένα mode φωτός να μεταδίδεται μέσω του πυρήνα της. Ο πυρήνας της single-mode ίνας έχει διάμετρο από 8 ως 10 microns. Η πιο κοινή διάμετρος είναι αυτή των 9 microns ( $9/125=9$  microns διάμετρος του πυρήνα και 125 microns διάμετρος του cladding, η τιμή αυτή αναγράφεται στην εξωτερική επιφάνεια της ίνας).

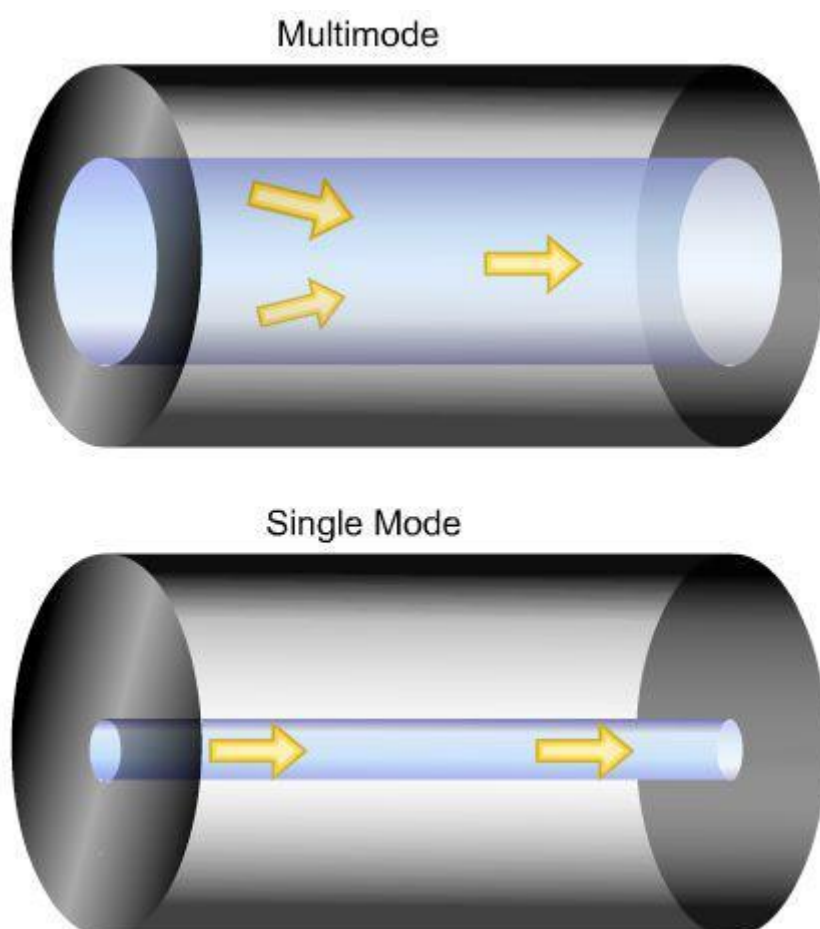
Στις single-mode ίνες ως πηγή φωτός χρησιμοποιείται ένα infrared laser. Οι ακτίνες φωτός που αυτό παράγει εισέρχονται στον πυρήνα με γωνία 90 μοιρών. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η ακτίνα να ακολουθεί μία σταθερή ευθεία πορεία μέσα από το κέντρο του πυρήνα. Αυτό αυξάνει σημαντικά και την ταχύτητα και την απόσταση που μπορούν τα δεδομένα να μεταφερθούν.

Εξαιτίας του σχεδιασμού της η single-mode ίνα είναι συμβατή με υψηλότερους ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων (bandwidth) και μεγαλύτερες αποστάσεις σε σχέση με την multimode οπτική ίνα. Η single-mode ίνα μπορεί να μεταφέρει δεδομένα σε αποστάσεις μέχρι και τα 3000 μέτρα ενώ η multimode ίνα μέχρι και τα 2000 μέτρα και με bandwidth μικρότερο από τα 200 mb/sec. Παρά το γεγονός ότι αυτή η απόσταση θεωρείται ως στάνταρ οι νεότερες τεχνολογίες έχουν αυξήσει αυτές τις αποστάσεις. Τα laser και οι single-mode ίνες είναι πιο ακριβά από τα led και τις multimode ίνες. Λόγω των χαρακτηριστικών τους οι single-mode ίνες συχνά χρησιμοποιούνται για εσωτερικές κτηριακές δικτυώσεις.

**ΠΡΟΣΟΧΗ :** Το φως του laser που χρησιμοποιείται για τις single-mode ίνες έχει μεγαλύτερο μήκος κύματος από αυτό που μπορεί να δει το ανθρώπινο μάτι. Το laser είναι τόσο δυνατό που μπορεί να προκαλέσει σοβαρή ζημιά στα μάτια.



(Διάμετρος των πυρήνων multimode και singlemode ιών)



### 3.3 ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ ΣΤΑ ΔΙΚΤΥΑ ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ

Τα περισσότερα από τα δεδομένα που στέλνονται σε ένα τοπικό δίκτυο (LAN) ταξιδεύουν με την μορφή ηλεκτρικών σημάτων. Ωστόσο όπως γνωρίζουμε οι οπτικές ίνες χρησιμοποιούν το φως για την αποστολή δεδομένων. Επομένως για την σωστή επικοινωνία σε ένα δίκτυο που υπάρχουν και οπτικές ίνες και χάλκινα καλώδια θα πρέπει να υπάρχει κάποιος μηχανισμός που να μετατρέπει τον ηλεκτρισμό σε φως στην μία άκρη της ίνας και το φως σε ηλεκτρισμό στην άλλη άκρη της. Ο μηχανισμός που χρησιμοποιείται για να κάνει αυτή την μετατροπή είναι

ο transmitter από την μία άκρη της ίνας και ο receiver από την άλλη άκρη της. Ο transmitter λαμβάνει τα δεδομένα προς αποστολή από switches και routers. Αυτά τα δεδομένα είναι στην μορφή ηλεκτρικών σημάτων. Ο transmitter μετατρέπει τα ηλεκτρικά σήματα στους αντίστοιχους φωτεινούς παλμούς. Υπάρχουν δύο τύποι φωτεινών πηγών που χρησιμοποιούνται για την κρυπτογράφηση και για την αποστολή δεδομένων μέσω των καλωδίων :

- Τα LED και
- Τα Laser

Τα LED παράγουν υπέρυθρο φως με μήκος κύματος των 850 nm ή των 1310nm και χρησιμοποιούνται στα τοπικά δίκτυα με multimode ίνες.

Τα Laser παράγουν μια λεπτή ακτίνα υπέρυθρου φωτός με μήκος κύματος που συνήθως κυμαίνεται μεταξύ των 1310-1550 nm και χρησιμοποιούνται στα WANs ή στα campus backbones με single-mode ίνες.

Κάθε μια από αυτές τις πηγές μπορεί να αναβοσβήνει πολύ γρήγορα για να στείλει δεδομένα (σε μορφή 1,0) σε υψηλό αριθμό bits ανά second.

Στην άλλη άκρη της οπτικής ίνας βρίσκεται ο receiver. Ο receiver λειτουργεί κάπως σαν τις φωτοηλεκτρικές κυψέλες που υπάρχουν στα κομπιουτεράκια που τροφοδοτούνται με ηλιακή ενέργεια. Όταν το φως χτυπάει στον receiver αυτός παράγει ηλεκτρισμό. Η πρώτη δουλειά του receiver είναι να εντοπίσει τον φωτεινό παλμό που έρχεται από την ίνα. Έπειτα μετατρέπει τον φωτεινό παλμό πίσω στο αρχικό ηλεκτρικό σήμα που είχε εισαχθεί στον transmitter στην άλλη άκρη της ίνας. Τώρα που το σήμα είναι ξανά στην αρχική του μορφή είναι έτοιμο να αποσταλεί μέσω του χάλκινου καλωδίου σε κάθε ηλεκτρονική συσκευή όπως ένας υπολογιστής, ένα switch ή ένας router. Οι ημιαγωγοί που χρησιμοποιούνται σαν δέκτες στις συνδέσεις των οπτικών ινών ονομάζονται p-intrinsic-n diodes (PIN photodiodes). Τα PIN photodiodes σχεδιάζονται έτσι ώστε να είναι ευαίσθητα στα 850,1310 ή 1550 nm μήκη κύματος φωτός που παράγονται από τον transmitter στην άλλη άκρη της ίνας. Όταν δέχεται ένα χτύπημα από ένα παλμό φωτός στα παραπάνω μήκη κύματος τότε το PIN photodiode παράγει γρήγορα ένα ηλεκτρικό ρεύμα της σωστής τάσης για το δίκτυο και στιγμιαία σταματάει αυτή την παραγωγή όταν κανένα φως δεν χτυπάει πάνω του. Αυτό παράγει τις αλλαγές της τάσης που αναπαριστούν τα δεδομένα σε μορφή 0 και 1 στο χάλκινο καλώδιο.

Οι σύνδεσμοι στις άκρες των ινών είναι συνδεδεμένοι έτσι ώστε οι ίνες να μπορούν να συνδεθούν στις πόρτες του transmitter και του receiver. Στις multimode οπτικές ίνες οι τύποι συνδέσμων που χρησιμοποιούνται πιο συχνά είναι οι Subscriber Connectors (SC) ενώ στις single-mode ίνες χρησιμοποιούνται οι Straight Tip (ST) σύνδεσμοι .

Εκτός από τους transmitters, τους receivers, τους connectors και τις ίνες που είναι απαραίτητα σε ένα οπτικό δίκτυο συνήθως χρησιμοποιούνται και κάποιοι επαναλήπτες (repeaters).

Οι επαναλήπτες είναι οπτικοί ενισχυτές που λαμβάνουν ένα αποδυναμωμένο φωτεινό παλμό που ταξιδεύει σε μεγάλες αποστάσεις και το επαναφέρουν στο αρχικό του σχήμα.

Συνοψίζοντας :

Μερικά σημαντικά πλεονεκτήματα των οπτικών ινών είναι τα εξής :

Ανοσία στην ηλεκτρομαγνητική παρεμβολή.

- Επίτευξη υψηλότερων ρυθμών μετάδοσης.
- Κάλυψη μεγαλύτερων αποστάσεων.
- Μεγαλύτερη ασφάλεια.

Και μερικά σημαντικά μειονεκτήματα των οπτικών ινών είναι τα εξής :

- Μεγαλύτερο κόστος.
- Δυσκολία στην εγκατάσταση.

### 3.4 ΚΟΣΤΟΣ ΟΠΤΙΚΗΣ ΙΝΑΣ

Οι σημερινές τιμές της αγορά για τα οπτικά καλώδια που μπορούν να υποστηρίξουν τις νέες τεχνολογίες και απαιτήσεις των νέων συστημάτων κυμαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Τύπος Καλωδίου	Χωρητικότητα	Διαστάσεις Πυρήνα	Τιμή ανά μέτρο
Μονότροπη OS1	12 ίνες	9/125	1,45 ευρώ
Πολύτροπη OM3	8 ίνες	50/125	2,34 ευρώ
Πολύτροπη OM3	12 ίνες	50/125	4,35 ευρώ

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΔΙΚΤΥΟΥ

Ο εξοπλισμός ενός δικτύου χωρίζεται στις συσκευές του δικτύου και στις συσκευές των τερματικών.

### 4.1 ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΔΙΚΤΥΟΥ

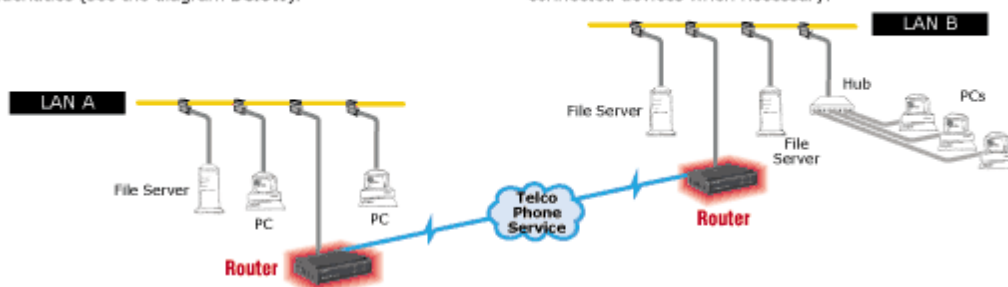
#### 4.1.1 ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΤΗΣ - ROUTER

Ένας router είναι μία συσκευή που συνδέει δύο ή περισσότερα δίκτυα (που μπορεί να είναι διαφορετικού τύπου) και έτσι ανήκει σε δύο ή περισσότερα δίκτυα ταυτόχρονα. Η δουλειά των routers είναι να δρομολογούν τα πακέτα των δεδομένων μέσα από τα διάφορα δίκτυα που αποτελούν το Internet μέχρις ότου τα επιδώσουν στον προορισμό τους. Οι δρομολογητές επιτρέπουν την διασύνδεση δικτύων με διαφορετικά πρωτόκολλα επικοινωνίας. Ο δρομολογητής είναι η μόνη συσκευή που ουσιαστικά βλέπει κάθε μήνυμα που αποστέλλεται και από τις δύο πλευρές του δικτύου. Διασφαλίζει ότι η πληροφορία θα φτάσει στον προορισμό της και απαγορεύει την πρόσβαση από το ένα δίκτυο στο άλλο, απαγορεύοντας μη αναγκαία πληροφορία να μεταφέρεται από δίκτυο σε δίκτυο. Οι δρομολογητές συνδέουν πολλαπλά δίκτυα LAN και έχει πρόσβαση στις network addresses.

### Typical applications:

Use a router to transmit data between multiple LANs running the same protocol but with different network identities (see the diagram below).

Use a bridge to separate or segment a LAN with high amounts of traffic but still allow communication among all connected devices when necessary.



Οι routers διατηρούν πίνακες που προσδιορίζουν την κατεύθυνση που πρέπει να πάρει ένα πακέτο προκειμένου να φτάσει στον προορισμό του. Βάσει αυτών των πινάκων αποφασίζουν ποιος θα είναι ο επόμενος router στον οποίο θα πρέπει να προωθήσουν το πακέτο. Κάθε φορά, το πακέτο μετακινείται όλο και πιο κοντά προς τον προορισμό του έως ότου τελικά τον φτάσει.

Υπάρχουν δυο τύποι routing, ο στατικός και ο δυναμικός. Στατικό ονομάζουμε το routing όταν υπάρχει ένας σταθερός τρόπος που δρομολογούνται τα δεδομένα ανεξάρτητα από την κατάσταση του δικτύου. Αντίθετα, στον δυναμικό τρόπο, λαμβάνεται υπόψη η κατάσταση δικτύου και υπάρχει επαναδρομολόγηση εάν αυτό κριθεί απαραίτητο.

Τα Router που κυκλοφορούν αυτή την στιγμή στο εμπόριο θα μπορούσαμε να τα κατατάξουμε σε 3 κατηγορίες σε σχέση την συνδεσιμότητα:

- Router με **Ethernet θύρες** (τα περισσότερα και τα πιο συνηθισμένα)
- Router με **Ethernet θύρες και με SFP Optical Ports** (λιγότερα αλλά πολύ ιδανικά για προσαρμογή σε μεικτό δίκτυο χαλκού – οπτικής ίνας)
- Router με **SFP Optical Ports** (δυσεύρετα με ανεβασμένο κόστος χρήση σε ειδικές περιπτώσεις πολύ μεγάλων απαιτήσεων)

Κάθε Router χαρακτηρίζεται από τα παρακάτω Specifications σε αναλογία με τον κατασκευαστή, μερικά από τα παρακάτω σε οικονομικότερο εξοπλισμό δεν υποστηρίζονται.

- **WAN** Ethernet θύρες, SFP Ports, Dual Gigabit, Failover, Load balancing
- **Πρότυπα** 802.3, 802.3u, IPv4 (RFC 791), IPv6 (RFC 2460)
- **Πρωτόκολλα Δικτύου:** Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP) server, DHCP client, DHCP relay agent, Static IP, Point-to-Point Protocol over Ethernet (PPPoE), Point-to-Point Tunneling Protocol (PPTP), Transparent bridge, DNS relay, Dynamic DNS
- **Πρωτόκολλα Routing:** Routing Information Protocol (RIP) v1 και v2, και RIP για IPv6 (RIPng), Inter-VLAN routing, Static routing, VLANs supported
- **Network Address Translation (NAT):** Port Address Translation (PAT), Network Address Port Translation (NAPT), NAT traversal, one-to-one NAT.
- **Protocol binding**



- **Network edge (DMZ)** εξυπηρετητής DMZ.
- **Firewall** SPI firewall , Denial-of-service (DoS) prevention: ping of death, SYN flood, IP spoofing
- **Port forwarding**
- **Port triggering**
- **VLAN** 802.1Q VLAN

Κάθε Router έχει ανάλογα την αρχιτεκτονική κατασκευής του ανάλογη αξιοποίηση στις ανάλογες θύρες που διαθέτει σε σχέση πάντα με τις απαιτήσεις του δικτύου, δηλαδή παραδείγματος χάρη τα Router με **Ethernet θύρες και με SFP Optical Ports** τις περισσότερες φορές χρησιμοποιούν τις SFP για χρήση του τοπικού LAN ενώ για χρήση WAN χρησιμοποιούν τις Ethernet.

Κατά τα επόμενα χρόνια το πλάνο της εξέλιξης της τεχνολογίας προϋποθέτει να καταργηθούν οι Ethernet θύρες , αλλά το πλάνο αυτό λόγω του ότι ακόμα τα καλώδια χαλκού και κατ' επέκταση οι θύρες Ethernet έχουν ακόμα καλές αποδόσεις σε θέμα ταχύτητας και καλύπτουν τις σημερινές απαιτήσεις στις περισσότερες εφαρμογές, θα αργήσει αρκετά χρόνια.

#### 4.1.2 ΓΕΦΥΡΑ - BRIDGE

Η δημιουργία των γεφυρών υπήρξε αποτέλεσμα της εξέλιξης των επαναληπτών, αλλά και των περιορισμών που δημιούργησε η χρήση τους. Η ανάγκη για διασύνδεση τοπικών δικτύων μεταξύ τους γίνεται στις μέρες μας ολοένα και μεγαλύτερη, και στις περισσότερες περιπτώσεις η χρήση επαναληπτών και διανομένων δεν κρίνεται επαρκής. Η γέφυρα, όπως και ο δρομολογητής (router) , λειτουργεί όχι μόνο στο φυσικό επίπεδο αλλά και σε αυτό της γραμμής δεδομένων του μοντέλου OSI. Η λειτουργία της γέφυρας είναι παρόμοια με αυτή του επαναλήπτη, αλλά ακριβώς επειδή λειτουργεί στο επίπεδο γραμμής δεδομένων μπορεί να διαχειριστεί και να πάρει αποφάσεις για τα πλαίσια που περνάνε μέσα από αυτή. Στα πλεονεκτήματα των γεφυρών πρέπει να συμπεριλάβουμε την δυνατότητα τους για εύκολη συντήρηση, προσαρμογή σε δίκτυα τα οποία μεταβάλλονται (π.χ. όταν εμείς προσθέτουμε ή αφαιρούμε μηχανήματα) καθώς και η δυνατότητα τους να συνδέουν δίκτυα διαφορετικών ρυθμών μετάδοσης.

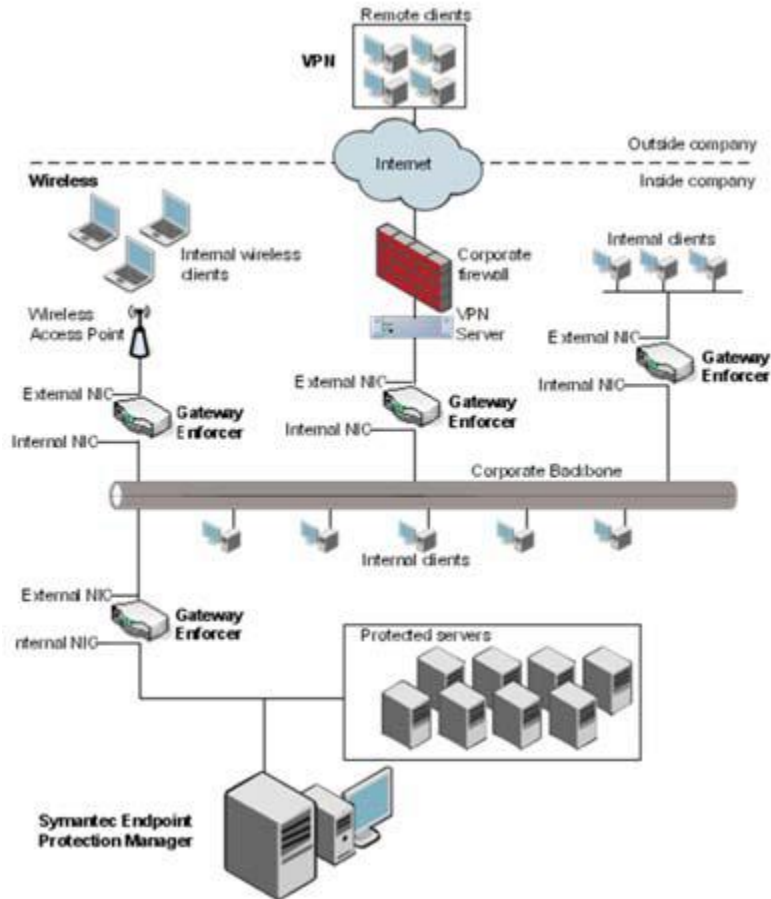
Μέσω της γέφυρας, το επίπεδο γραμμής δεδομένων είναι σε θέση να χειριστεί τη ροή των δεδομένων με τρόπο αποτελεσματικό. Για παράδειγμα, μια γέφυρα που ενώνει δύο τμήματα τοπικών δικτύων μπορεί να καταλάβει αν κάποιο πλαίσιο από το πρώτο τμήμα προορίζεται για το δεύτερο. Στην περίπτωση αυτή το προωθεί στο δεύτερο. Αν όμως αντιληφθεί ότι ένα πλαίσιο από το πρώτο τμήμα απευθύνεται σε ένα υπολογιστή ξανά του πρώτου τμήματος δεν το προωθεί στο δεύτερο τμήμα. Έτσι κερδίζουμε χρόνο αλλά και εύρος ζώνης στο μέσο μετάδοσης αφού δεν μεταδίδονται άχρηστα δεδομένα. Γενικά υπάρχει κάποιος αλγόριθμος που καθορίζεται από τον κατασκευαστή της γέφυρας, και ο οποίος ακολουθείται για να αποφασίσει η γέφυρα ποια πλαίσια θα περάσουν και με ποιο τρόπο από το ένα δίκτυο στο άλλο. Ακόμα μέσα από τη γέφυρα, το επίπεδο γραμμής δεδομένων είναι σε θέση να ελέγξει τα λάθη της μετάδοσης και τον έλεγχο πρόσβασης στο μέσο.



Η δημιουργία Γεφυρών συνήθως γίνεται σε μεγάλες επιχειρήσεις η ακόμα και σε μεγάλα πλοία τύπου κρουαζιερόπλοια που απαιτούν πάρα πολλές θέσεις τερματικών. Με χρήση Δομημένης καλωδίωσης θα γίνει ο διαχωρισμός του δικτύου σε επιμέρους δίκτυα τα οποία θα πρέπει να διασυνδεθούν μεταξύ τους με Γέφυρα και λόγω των απαιτήσεων ενδείκνυται να γίνεται αυτό με οπτική ίνα για να μην υπάρχει ο περιορισμός σε επίπεδο απαιτήσεων και επιδόσεων. Σε αναλογία με τις απαιτήσεις του δικτύου τόσο σε ταχύτητα αλλά και σε χωρητικότητα θα χρησιμοποιηθεί ανάλογες εξοπλισμός (Router – Hub – Switch ...).

#### 4.1.3 ΠΥΛΗ - GATE

Χρησιμοποιούνται για τη διασύνδεση τοπικών δικτύων σε επίπεδο υψηλότερο του τρίτου επιπέδου δικτύου του μοντέλου OSI. Αυτό σημαίνει πως οι πύλες μπορούν και διασύνδεουν διαφορετικά τμήματα δικτύων (π.χ. δίκτυο οπτικών ινών με δίκτυο ομοαξονικού καλωδίου). Αντίστοιχες δυνατότητες έχουν και όλοι οι σύγχρονοι δρομολογητές. Εκτός από το υλικό, σημαντικό ρόλο στην υλοποίηση ενός δικτύου αναλαμβάνει το λειτουργικό σύστημα. Ως λειτουργικό σύστημα μπορούμε να αναγνωρίσουμε ένα σύνολο προγραμμάτων που μας δίνουν τη δυνατότητα αξιοποίησης και διαχείρισης των λειτουργικών και περιφερειακών μονάδων του υπολογιστή μας.

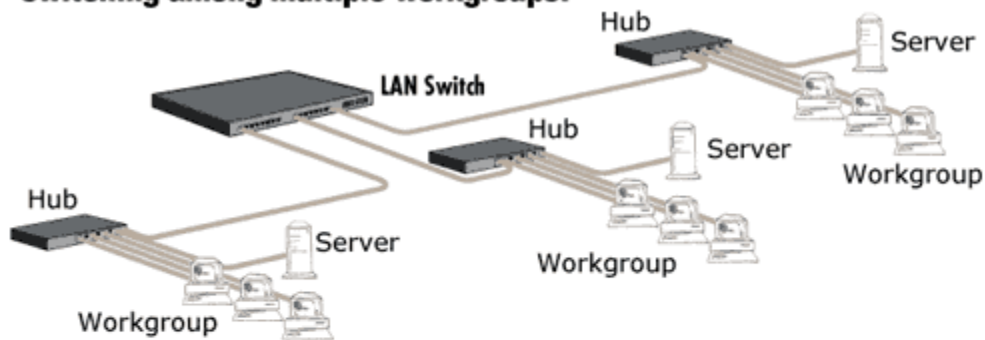


#### 4.1.4 ΜΕΤΑΓΩΓΕΑΣ - SWITCH

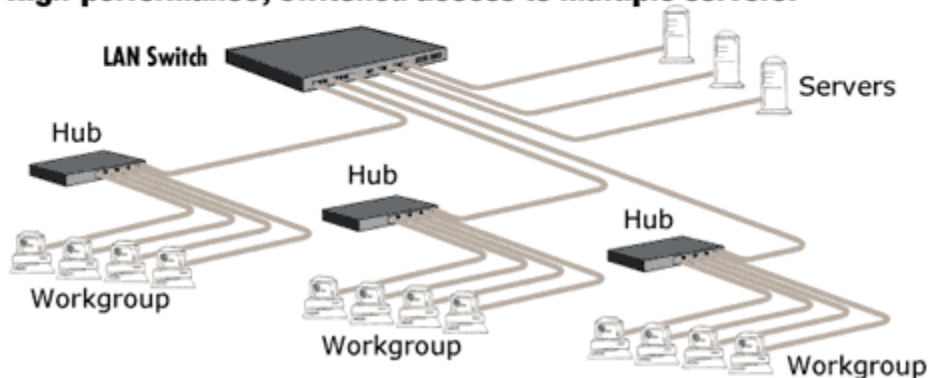
Ο switch είναι μια μικρή συσκευή που επιτυγχάνει διασύνδεση υπολογιστών σε χαμηλό επίπεδο. Τεχνικά, οι switches λειτουργούν στο 2<sup>ο</sup> επίπεδο (Data Layer) του OSI Model.

Τα Switches είναι σχεδόν όμοια εξωτερικά με τα Hubs ,ο τρόπος λειτουργίας τους όμως είναι πολύ αρκετα πιο έξυπνος. Ο μεταγωγέας δημιουργεί περισσότερες συνδέσεις από ένα σημείο σύνδεσης δικτύου. Εκτός αυτού, μπορεί να διαιρέσει μια ήδη υπάρχουσα σύνδεση δικτύου ενός δρομολογητή ή κάποιου άλλου μεταγωγέα σε περισσότερες νέες συνδέσεις. Οι μεταγωγείς συνδέονται μόνο σε συνδέσεις δικτύου δρομολογητών ή μόντεμ - ρούτερ ή σε κάποιον άλλο δρομολογητή. Οι μεταγωγείς διαθέτουν μια θύρα Uplink, στην οποία συνδέεται το μόντεμ δικτύου ή κάποια από τις εξόδους ενός δρομολογητή. Στις υπόλοιπες συνδέσεις του δρομολογητή συνδέονται οι συσκευές δικτύου, όπως π.χ. υπολογιστές ή εκτυπωτές.

### Switching among multiple workgroups.



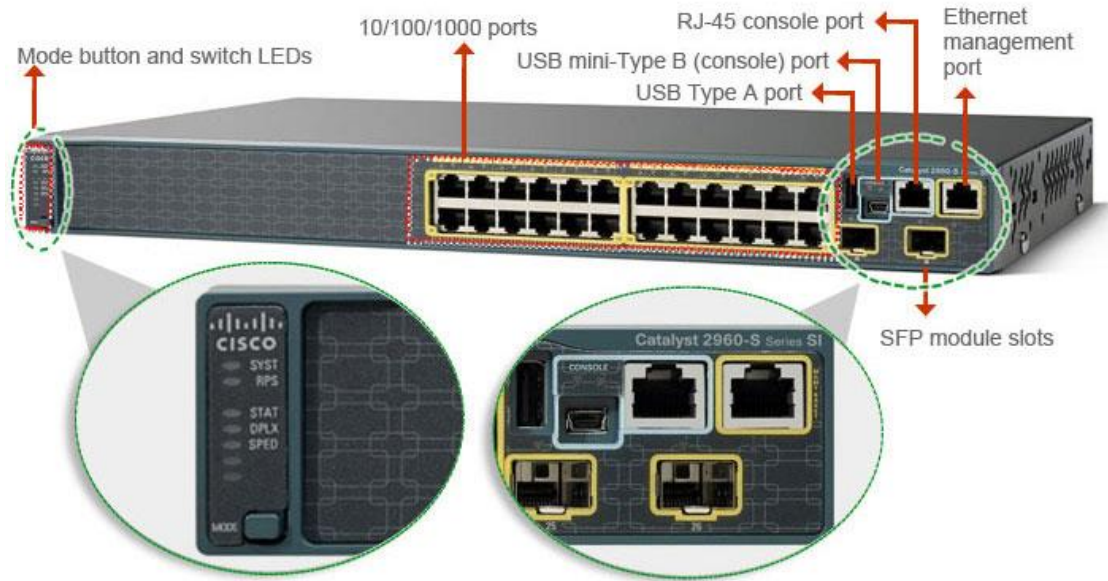
### High-performance, switched access to multiple servers.



Υπάρχουν δύο ειδών Switches ,τα unmanageable και τα manageable :

- Τα unmanageable λειτουργούν ως κανονικά Switches, μη έχοντας περαιτέρω δυνατότητες διαχείρισης.
- Τα manageable ενσωματώνουν πολλές δυνατότητες διαχείρισης. Η διαχείριση αυτή μπορεί να γίνεται "remotely" είτε με ειδικό γραφικό πρόγραμμα, είτε με telnet στο IP του switch. Ο διαχειριστής ενός τέτοιου switch μπορεί να δημιουργήσει πολλά VLANs κάτω από αυτό, να παρακολουθήσει την κίνηση του δικτύου με MRTG (διάφορα στατιστικά στοιχεία), να κλείσει και να ανοίξει πόρτες και να προγραμματίσει το κλείδωμα κάποιας πόρτας σε περίπτωση που αλλάξει η MAC address του συνδεδεμένου χρήστη.

Επίσης υπάρχουν εκτός τα από τα Ethernet Switch και τα Optical Switch τα οποία δεν διαφέρουν στην λειτουργία τους αλλά έχουν μεγαλύτερες δυνατότητες σε θέματα χωρητικότητας και ταχύτητας. Επίσης υπάρχουν και Switch που έχουν και SFP και Ethernet τα οποία χρησιμοποιούνται με βάση τις ανάγκες του δικτύου.



Manageable Switch με Ethernet και με SFP module slots



Optical Switch



## Ethernet Switch

### 4.1.5 ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΗΣ - REPEATER

Οι επαναλήπτες (repeaters) χρησιμοποιούνται όταν η καλωδίωση του δικτύου γίνει πολύ μεγάλη, δυσχεραίνοντας την μεταφορά των δεδομένων μεταξύ των σταθμών εργασίας. Είναι δηλαδή απλοί ενισχυτές του σήματος.. Οι συσκευές αυτές έχουν να κάνουν με το πρώτο επίπεδο του μοντέλου του OSI. Ο επαναλήπτης διαθέτει μια είσοδο η οποία λαμβάνει το εξασθενημένο σήμα του δικτύου. Εσωτερικά, ο επαναλήπτης διαβάζει τα δεδομένα που περιέχονται στο σήμα και το αναδημιουργεί στην αρχική του μορφή Το σήμα αυτό που πλέον έχει απαλλαχθεί από τον θόρυβο και έχει ενισχυθεί στο αρχικό του πλάτος παραδίδεται στην έξοδο του επαναλήπτη. Η χρήση επαναλήπτη οδηγεί στην αύξηση του φυσικού εύρους του δικτύου.



Οι Επαναληπτές – Repeaters πλέον λόγω των οπτικών ινών και του ανάλογου εξοπλισμού που υπάρχει, δεν χρησιμοποιούνται σχεδόν καθόλου σε ενσύρματα δίκτυα διότι το πρόβλημα που λύνουν επιτυγχάνεται με την χρήση οπτικής ίνας η οποία μπορεί να μεταφέρει δεδομένα σε μεγαλύτερη απόσταση και ταχύτερα αλλά και με μεγαλύτερη χωρητικότητα, μπορούμε να πούμε πως η χρήση τους πλέον γίνεται αρκετά στις ασύρματες επικοινωνίες Wifi στις οποίες πραγματικές έχουν μεγάλη χρήση.

#### 4.1.6 ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΗΣ - HUB

Ενας συγκεντρωτής είναι μια συσκευή στην οποία συνδέονται δικτυακοί κόμβοι μέσω καλωδίων συνεστραμμένων ζευγών ή οπτικής ίνας ώστε να δρουν ως ενιαίο τμήμα. Κυρίως χρησιμοποιείται σε τοπικά δίκτυα ethernet. Οι αναμεταδότες λειτουργούν στο φυσικό επίπεδο (layer 1) του μοντέλου OSI. Η συσκευή είναι μια μορφή αναμεταδότη πολλαπλών θυρών. Οι πλήμνες (Hub) ethernet είναι επίσης υπεύθυνες για την προώθηση ενός σήματος συμφόρησης σε όλες τις θύρες, εφόσον εντοπιστεί κάποια σύγκρουση.

Υλοποιούν στο εσωτερικό τους την τοπολογία αρτηρίας του Ethernet. Έχουν πολλές εισόδους-εξόδους και οι συσκευές που συνδέονται σ' αυτές συνδέονται πάνω στην αρτηρία του δικτύου η οποία υλοποιείται στο εσωτερικό της πλήμνης. Συνοδεύονται από BNC βύσμα ή/και AUI(Attachment Unit Interface) υποδοχές για να επιτρέψουν τη σύνδεση παλαιότερων τμημάτων δικτύου τύπου 10BASE2 ή 10BASE5. Η διάθεσιμότητα φτηνών διακοπών ethernet έχει καταστήσει απαρχαιωμένους πλέον τους διανομείς, αλλά συναντώνται σε παλαιότερες εγκαταστάσεις δικτύων και σε εξειδικευμένες εφαρμογές.

Τα hub διαχωρίζονται σε 3 κατηγορίες. Τα παθητικά, τα ενεργητικά και τα έξυπνα. Τα παθητικά hub ή αλλιώς 'συγκεντρωτές' απλά παραλαμβάνουν τα εισερχόμενα πακέτα και τα στέλνουν σε όλες τις συσκευές του δικτύου. Τα ενεργητικά hub ή 'πολύθυροι επαναλήπτες' ενισχύουν το ηλεκτρικό σήμα των εισερχόμενων πακέτων πριν τους διαδώσουν στο δίκτυο. Τα έξυπνα hub είναι ένα στάδιο ψηλότερα από τα ενεργά hub με την έννοια ότι είναι εύκολα αποθηκεύσιμα και παρέχουν υποστήριξη από απόσταση.

Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα των hub είναι το χαμηλό κόστος τους. Για το λόγο αυτό αποτελούν τον πιο οικονομικό και απλό τρόπο για την κατασκευή μικρών δικτύων. Μπορούν να λειτουργήσουν με dial-up καλώδιο καθώς και DSL υπηρεσίες.

#### 4.1.7 PATCH PANELS

Patch panels είναι εξαρτήματα στα οποία καταλήγουν και σταθεροποιούνται τα καλώδια του οριζόντιου και κατακόρυφου δικτύου. Πρακτικά δείχνουν την προέλευση και τον προορισμό κάθε καλωδίου και διακρίνονται σε καλωδίων χαλκού συνεστραμμένων ζευγών και οπτικών ινών.





Ethernet Patch panel



Optical Patch panel

#### 4.1.8 PATCH CORDS

Τα patch cords είναι καλώδια γεφυρώσεως UTP ή FTP, που χρησιμοποιούνται για τις διάφορες συνδέσεις στους καταναμητές, καθώς επίσης και για τις συνδέσεις διαφόρων συσκευών με τις πρίζες.

Ανάλογα με την εφαρμογή για την οποία προορίζονται, ποικίλουν ως προς τα υλικά κατασκευής ή ακόμη και το σχήμα. Τα πιο συνηθισμένα είναι εκείνα που αποτελούνται από εύκαμπτο καλώδιο 4 ζευγών, Cat 6 και τερματισμένα σε βύσματα RJ 45. Σε περιπτώσεις συνδέσεων μεταξύ οριολωρίδων χρησιμοποιείται κατά κανόνα εύκαμπτο καλώδιο 4 ζευγών χωρίς βύσματα τερματισμού. Για σύνδεση οριολωρίδας και patch panel χρησιμοποιούνται patch cords με το ένα άκρο ελεύθερο και το άλλο τερματισμένο σε βύσμα RJ 45.





Patch cord



Optical Patch cord

#### 4.1.9 ΓΕΙΩΣΕΙΣ

Όλα τα παραπάνω στοιχεία καλωδιώσεων δε θα 'χανε καμία σημασία αν δεν ήταν εξασφαλισμένη η σωστή λειτουργία και η προστασία τόσο της δομημένης καλωδίωσης, όσο και των συσκευών που αυτή περιέχει, από παράγοντες εσωτερικούς και εξωτερικούς που εγκυμονούν κινδύνους. Ένας από αυτούς είναι και το μέσο λειτουργίας των δικτύων, δηλαδή το ηλεκτρικό ρεύμα, μέσω του οποίου

προκαλούνται υπερτάσεις, βραχυκυκλώματα και ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές. Οι γειώσεις έρχονται να καλύψουν όλα αυτά και πάνω από όλα τη δική μας προστασία. Όλοι οι τηλεπικοινωνιακοί εξοπλισμοί καλύπτονται από συστήματα γείωσης, τα οποία με τη σειρά τους συνδέονται στο ενιαίο σύστημα γείωσης της ηλεκτρικής εγκατάστασης του χώρου και του κτιρίου.

Γενικότερα θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα εξής:

Όλα τα μεταλλικά ικριώματα θα πρέπει να είναι γειωμένα από σημείο κάτω της ηλεκτροστατικής βαφής και μαζί με αυτά και τα ράφια και οι πόρτες στα οποία ανήκουν. Η γείωση γίνεται με πολύκλωνο καλώδιο ελάχιστης διατομής 6mm και στη συνέχεια συνδέεται με αγωγό γείωσης και καταλήγει στη γείωση της ηλεκτρικής εγκατάστασης.

Τα patch-panels να γειώνονται με πολύκλωνο καλώδιο με ελάχιστη διατομή 2,5mm, το οποίο με τη σειρά του φτάνει στον αγωγό γείωσης που κουμπώνουν και τα μεταλλικά ικριώματα.

Τα κουτιά των κατανεμητών ορόφων και κτιρίων να γειώνονται εξίσου και μοιώς, σύμφωνα με τους ισχύοντες κανονισμούς ασφαλείας.

Τα καλώδια FTP, που είναι παρόμοια με τα UTP, δηλαδή περιέχουν 4 ζεύγη από μονόκλινα και χρωματιστά καλώδια αλλά και ξέχωρο αγωγό που χρησιμοποιείται για γείωση, θα πρέπει να γειώνονται μέσω των patch-panels. Δεν συνιστάται να γειώνονται και σε ενδιάμεσα σημεία όπως ορίζουν διάφοροι κατασκευαστές αλλά μόνο από τα άκρα τους.

Στην περίπτωση ύπαρξης πολλών γειώσεων, αυτές θα πρέπει να είναι ισοδυναμικές και μην υπάρχει μεταξύ τους διαφορά μεγαλύτερη του ενός Volt RMS.

Εξασφαλίζοντας όλα τα παραπάνω πετυχαίνουμε πάνω από όλα την προστασία της υγείας μας, αυτή των μηχανημάτων και των συσκευών, που μη ξεχνάμε το υψηλό κόστος τους καθώς και τη συνεχή λειτουργία του δικτύου στα κτίρια που είναι απαραίτητη, αν υπολογίσει κανείς τους χρήστες αλλά και την ανικανότητα να ανταπεξέλθουν στις επιθυμίες και τις εργασίες τους.

## 4.2 ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΤΕΡΜΑΤΙΚΩΝ

Συσκευές τερματικών μπορούμε να χαρακτηρίσουμε τις συσκευές που μπορούν να συνδεθούν στα άκρα του δικτύου – θέσεις εργασίας. Εκτός από τα συνήθεις που είναι Ηλεκτρονικοί Υπολογιστές μπορούν να μπουν IP Cameras, κάποιο Access Point για διαμοιρασμό Wifi κάποιος δικτυακός εκτυπωτής και όχι μόνο. Σε ένα πλοίο μπορούν να διασυνδεθούν δικτυακά συστήματα του πλοίου που μπορούν να έχουν αισθητήρες μετρητές και συστήματα επίβλεψης και διαχείρισης.

Όλα τα τερματικά θα πρέπει να έχουν σε σχέση με το δίκτυο ανάλογο τρόπο διασύνδεσης στο δίκτυο ανάλογο υλικό-λογισμικό. Αν έχουμε δίκτυο χαλκού θα

πρέπει τα τερματικά να έχουν θύρα Ethernet σε αντίθετη περίπτωση αν έχουμε ένα δίκτυο οπτικών ινών θα πρέπει να έχουν SFP Port.



SFP Optical LAN Card PCIEX



Lan Card PCI

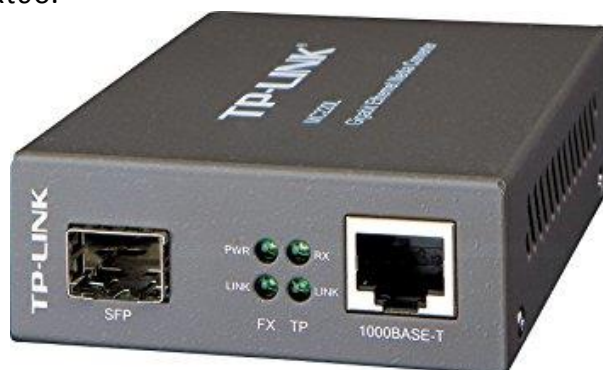


SFP IP Camera



IP Camera

Επίσης υπάρχει και η δυνατότητα μετατροπής του οπτικού SFP σε Ethernet για προσαρμογή δικτυακών συσκευών που είναι Ethernet έτσι ώστε να συνδεθούν στο δίκτυο.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΥΚΡΙΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ETHERNET – OPTICAL LAN

### 5.1 ΑΠΩΛΙΕΣ – ΠΑΡΕΜΒΟΛΕΣ

#### A. Οπτική ίνα

Οι απώλειες εξασθένησης της έντασης του οπτικού σήματος διεξάγονται κατά τη διάδοση του φωτός μέσα σε ένα σύστημα οπτικών ινών. Ορισμένες απώλειες λαμβάνουν χώρα μέσα στην ίδια την ίνα, ενώ άλλες συμβαίνουν στις συνδέσεις αυτών. Η μέτρηση των απωλειών γίνεται σε decibels (dB).

Το decibel αποτελεί μαθηματική λογαριθμική μονάδα που περιγράφει το λόγο της ισχύος εξόδου προς την ισχύ εισόδου, σε οποιοδήποτε σύστημα (οπτικών ινών ή χάλκινων αγωγών).

Σε ένα σύστημα οπτικών ινών, οι απώλειες συνήθως οφείλονται σε απορρόφηση, ανάκλαση, διάχυση, σκέδαση ή διασπορά των φωτονίων μέσα στην ίνα. Ωστόσο, απώλειες συμβαίνουν επίσης στις μόνιμες συνδέσεις και στα βύσματα. Οι παράγοντες που προκαλούν απώλειες στις μόνιμες συνδέσεις και στα βύσματα διαιρούνται σε δύο κατηγορίες: **εσωτερικούς και εξωτερικούς**.

Οι εσωτερικές απώλειες οφείλονται σε παράγοντες τους οποίους δεν ελέγχει ο τεχνίτης, και εξαρτώνται από τη σχεδίαση και κατασκευή της ίνας.

Οι συνηθέστεροι παράγοντες εσωτερικών απωλειών είναι:

- 1. Η εκκεντρότητα πυρήνα**
- 2. Η ελλειπτικότητα πυρήνα**
- 3. Η κακή προσαρμογή αριθμητικού διαφράγματος (NA)**
- 4. Οι διαφορετικές διαμέτροι πυρήνα**

Όταν λέμε εκκεντρότητα του πυρήνα σημαίνει ότι οι άξονες πυρήνα και μανδύα δε συμπίπτουν όπως πρέπει. Η ελλειπτικότητα του πυρήνα εκφράζει κάθε απόκλιση από τη διατομή κυκλικού σχήματος. Μικρές αποκλίσεις τέτοιου είδους επηρεάζουν τις συνολικές απώλειες του συστήματος. Η κακή προσαρμογή του αριθμητικού διαφράγματος και των διαμέτρων των πυρήνων δεν αποτελούν λάθη δεξιοτεχνίας του τεχνίτη, ωστόσο απαιτείται προσοχή στη σύνδεση των ινών για την αντιστάθμιση αυτών. Κατά την σύνδεση δύο ινών οι οποίες έχουν διαφορετικές διαμέτρους πυρήνων, τότε η διεξαγωγή ελέγχου φανερώνει υψηλές απώλειες από την κατεύθυνση της μεγαλύτερης προς τη μικρότερη διάμετρο, ενώ φανερώνει το αντίθετο προς την άλλη κατεύθυνση.

Οι εξωτερικές απώλειες οφείλονται στην ίδια τη μηχανική σύνδεση. Συνήθεις αιτίες απωλειών στις συνδέσεις αυτές είναι οι ακόλουθες:

- 1. Κακή ευθυγράμμιση των άκρων των συνδεόμενων ινών, λόγω εσφαλμένων τεχνικών σύνδεσης ή βυσμάτωσης.**
- 2. Κακές τεχνικές κοπής ή γυαλίσματος οδηγούν σε αυξημένες απώλειες σήματος.**
- 3. Διάκενα αέρα μεταξύ των ινών σε βύσματα ή μόνιμες συνδέσεις, στα οποία δεν έχει εφαρμοσθεί ειδικό ζελέ ή υγρό προσαρμογής του δείκτη διάθλασης.**
- 4. Εισχώρηση ακαθαρσιών, από μαντηλάκια καθαρισμού ή σκόνη.**

Ένας άλλος μηχανισμός απωλειών είναι η ανάκλαση της διερχόμενης οπτικής ακτινοβολίας, η οποία αναφέρεται και ως οπτικές απώλειες επιστροφής. Καθώς το φως διαδίδεται μέσα από την ίνα, διερχόμενο μέσω συνδέσεων και βυσμάτων, μέρος από αυτό ανακλάται προς τα πίσω. Οι οπτικές απώλειες επιστροφής αφορούν κυρίως τα μονότροπα δίκτυα υψηλής απόδοσης, και όχι τα πολύτροπα.

Υπάρχουν μόνο τρία πραγματικά προβλήματα που σχετίζονται με τη σύνδεση των οπτικών ινών:

- Οι ίνες θα πρέπει να είναι συμβατού τύπου,
- Τα άκρα των ινών θα πρέπει να τοποθετούνται το ένα κοντά στο άλλο,
- Θα πρέπει οι ίνες να είναι ευθυγραμμισμένες με ακρίβεια.

## B. Καλώδιο Χαλκού

**Απώλειες Αγωγού :** Όλα τα καλώδια εμφανίζουν απώλειες λόγω της ροής ρεύματος μέσα από τον αγωγό. Οι εν λόγω απώλειες, που συμβολίζονται με  $W_c$  (W/m), συχνά αποκαλούνται Joule ή  $I^2R$  απώλειες λόγω της εξίσωσης με την οποία υπολογίζονται. Οι απώλειες αγωγού είναι συνάρτηση του ρεύματος φορτίου και στους υπολογισμούς του ρεύματος κυκλικής φόρτισης βασίζονται σε ένα συντελεστή φόρτισης που αναπαριστά την διακύμανση του φορτίου εντός μιας επιλεγμένης χρονικής περιόδου (Μέθοδος Neher-McGrath). Σε περίπτωση που το φορτίο είναι σταθερό όταν το ρεύμα του καλωδίου είναι το μέγιστο δυνατό, ο συντελεστής φόρτισης είναι ίσος με 100 %.

**Απώλειες Μανδύα :** Τα μεταλλικά μέρη του καλωδίου πέρα από τον αγωγό μπορεί να αποτελέσουν πηγή απωλειών Joule λόγω των ρευμάτων που επάγονται σε αυτά. Υπάρχουν δύο μέρη του καλωδίου που μπορεί να εμφανιστούν αυτές τις επιπρόσθετες απώλειες : στον μανδύα ή στα προστατευτικά στρώματα (απώλειες που συμβολίζονται με  $W_s$ ) και στην θωράκιση (οι απώλειες συμβολίζονται με  $W_a$ ). Γενικά, οι απώλειες μανδύα/προστατευτικών στρωμάτων διακρίνονται σε δύο κατηγορίες.

Η πρώτη κατηγορία, που περιλαμβάνει απώλειες δινορρευμάτων μανδύα, προκαλείται από τα επαγόμενα δινορρεύματα. Είναι γνωστό πως όποτε μια εναλλασσόμενη ροή διαπερνά μέρος αγωγίμου υλικού, δινορρεύματα παράγονται σε αυτό. Αυτά τα ρεύματα κυκλοφορούν μέσα στον μανδύα. Οι απώλειες εμφανίζονται διότι κανένα σημείο ενός μανδύα δεν ισαπέχει από τους τρεις αγωγούς.

Η δεύτερη κατηγορία απωλειών μανδύα, γνωστή ως απώλειες κυκλικών ρευμάτων μανδύα, εμφανίζεται σε συστήματα με μονοπολικά καλώδια και σε τριπολικά SL καλώδια (καλώδια με μολύβδινο μανδύα γύρω από κάθε πόλο). Οι απώλειες αυτές οφείλονται στα επαγόμενα ρεύματα που ρέουν στον μεταλλικό μανδύα και επιστρέφουν μέσω του μανδύα των άλλων δύο φάσεων ή μέσω της γης.

**Απώλειες Θωράκισης και σωλήνα :** Μερικοί τύποι καλωδίων, όπως τα καλώδια υποβρυχίων, διαθέτουν μία προστατευτική θωράκιση. Επειδή η θωράκιση αυτή γειώνεται σε πολλά σημεία, στην πλειονότητα των περιπτώσεων κυκλικά ρεύματα επάγονται σε αυτήν. Αν η θωράκιση κατασκευάζεται από μη-μαγνητικό υλικό οι απώλειες θωράκισης και μανδύα εξετάζονται μαζί κατά τους υπολογισμούς.

Επίσης υπάρχουν και απώλειες που εξαρτώνται από την τάση. Δύο διαφορετικοί τύποι απωλειών ανήκουν σε αυτήν την κατηγορία :

- α) οι διηλεκτρικές απώλειες
- β) οι απώλειες που οφείλονται στο ρεύμα φορτίσεως

Το καλώδιο λειτουργεί σαν ένας μεγάλος πυκνωτής που υπόκειται σε ρεύματα φορτίσεως. Η ενέργεια που απαιτείται για την φόρτιση του πυκνωτή αποτελεί τις διηλεκτρικές απώλειες ( $W_d$ ).

Το ρεύμα φορτίσεως που εμφανίζεται λόγω της χωρητικότητας του καλωδίου παράγει ωμικές απώλειες στο καλώδιο. Οι απώλειες αυτές εμφανίζονται κάθε φορά που το καλώδιο είναι υπό τάση.

Οι Οπτικές Ίνες παρουσιάζουν απώλειες απο:

- Κακούς συνδέσμους
- Κατασκευαστικές ατέλειες – Αστοχία υλικού καλωδίου
- Κάμψη του καλωδίου μεγαλύτερης της επιτρεπτής γωνίας

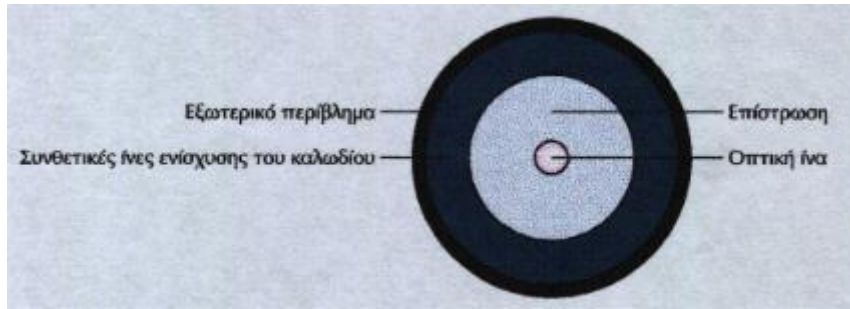
Τα καλώδια χαλκού UTP παρουσιάζουν απώλειες από:

- Μεγάλο μήκος καλωδίου (υπάρχει όριο τα 100μ υπό ιδανικές συνθήκες)
- Απώλειες από επαγωγικά ρεύματα
- Απώλειες από φθορά στον προστατευτικό μανδύα
- Απώλειες υγρασία (διάβρωση χαλκού εσωτερικά στο καλώδιο από υγρασία)

## 5.2 ΑΝΤΟΧΕΣ – ΑΝΟΧΕΣ ΥΛΙΚΩΝ

Από μελέτες που έχουν γίνει οι οπτικές ίνες έχουν χρόνια ζωής τουλάχιστον 70-100 χρόνια και τα καλώδια χαλκού 40-50 χρόνια ζωής, όλα βασίζονται σε μελέτες χωρίς όμως να αποτελεί κανόνα. Δηλαδή ένα καλώδιο χαλκού μπορεί να λειτουργεί και πάνω από 50 χρόνια αλλά να μην λειτουργεί με το 100% της απόδοσης.

Από την μεριά της αντοχής υλικών οι οπτικές ίνες κατασκευάζονται όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:



Κατά αυτή την κατασκευή επιτυγχάνεται αντοχή στην ταλάντευση του καλωδίου διότι ο πυρήνας που αποτελείται από γυαλί είναι πολύ ευαίσθητος όμως με σύνθετες ίνες πολυαιθυλενίου και τις ανάλογες ενισχύσεις στον μανδύα του καλωδίου υπάρχει μεγάλη αντοχή με μοναδική περίπτωση να διπλώσει τελείως το οπτικό καλώδιο όπου εκεί δεν αντέχει ο πυρήνας και αχρηστεύεται το καλώδιο. Το οπτικό καλώδιο αντέχει στην υγρασία στην ζέστη και δεν επηρεάζεται η λειτουργία του καθόλου.

Το χάλκινο καλώδιο αντέχει όταν βρίσκεται σε καλή κατάσταση ο εξωτερικός του μανδύας στην υγρασία όμως αν υπάρξει εξωτερικά φθορά το καλώδιο δεν έχει αντοχές και σε επίπεδο υλικού και σε επίπεδο λειτουργίας ανάλογα την υγρασία, όσον αφορά την ζέστη σε λογικές θερμοκρασίες το καλώδιο χαλκού συμπεριφέρεται σχεδόν το ίδιο, σε ακραίες θερμοκρασίες ο χαλκός σε μοριακή δομή χάνει την συνοχή του. Επίσης το χάλκινο καλώδιο στον τερματισμό απαιτείται να μην υπάρχει υγρασία διότι υπάρχει μεγάλος κίνδυνος διάβρωσης των μεταλλικών μερών του ακροδέκτη.

Οι Οπτικές Ίνες παρουσιάζουν:

- Χρόνια ζωής 70-100
- Μεγάλες ανοχές και αντοχές ως προς το υλικό

Τα καλώδια Χαλκού:

- Χρόνια ζωής 40-50
- Δεν αντέχουν στην υγρασία αν υπάρχει φθορά εξωτερικά στο καλώδιο
- Απαιτείται προσοχή στην υγρασία στα σημεία όπου υπάρχουν ακροδέκτες



## 5.3 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ – ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

### ➤ Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα

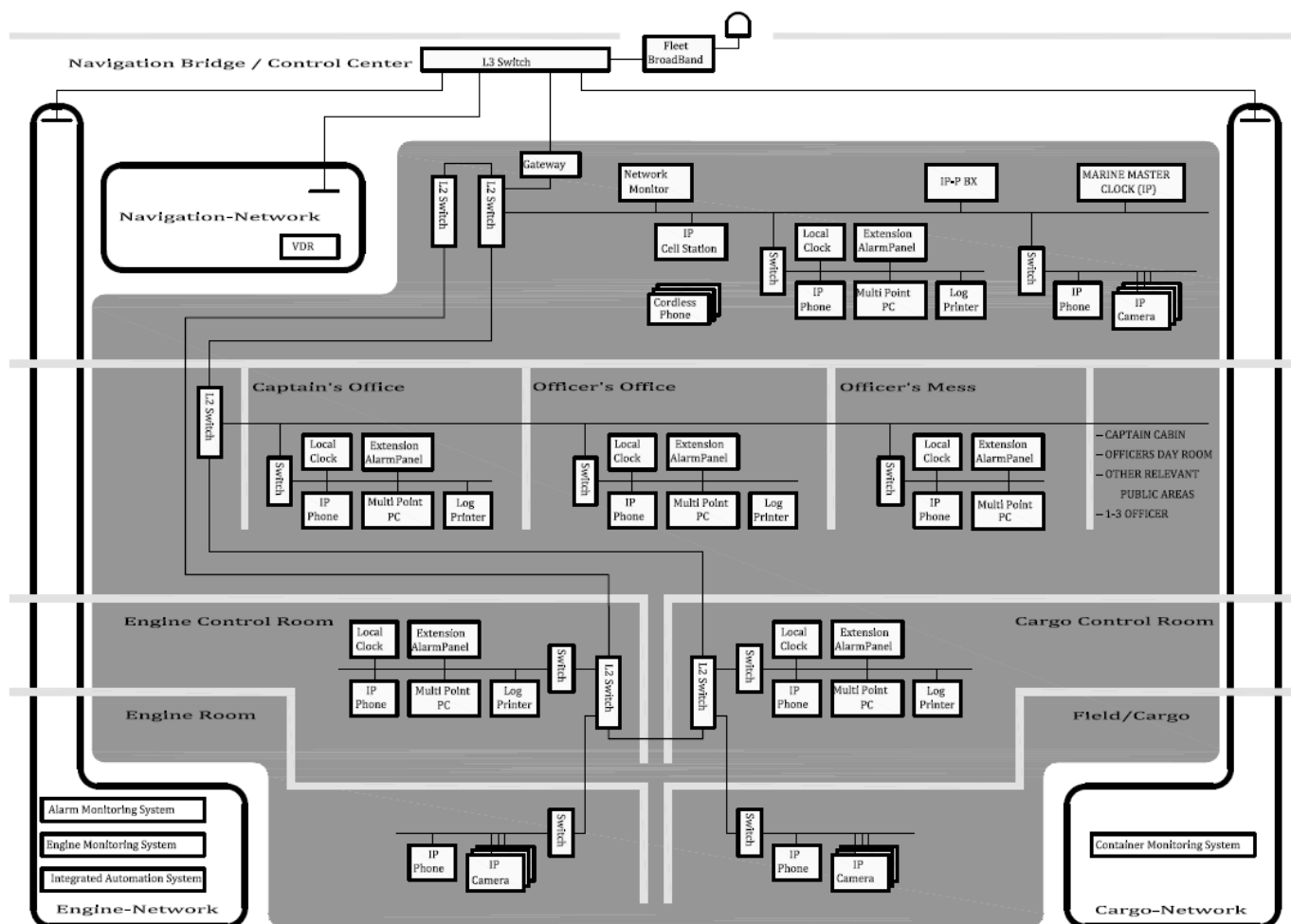
<i>Οπτικές Ίνες</i>	<i>Καλώδια Χαλκού Ethernet</i>
<p>Οι οπτικές ίνες διαθέτουν πολύ μεγάλο εύρος ζώνης συχνοτήτων, με αποτέλεσμα να επιτυγχάνονται υψηλές ταχύτητες μετάδοσης (της τάξης των Gbps).</p> <p>Συνήθεις ταχύτητες μετάδοσης είναι αυτές των 2 και 10 Gbps, ενώ έχουν επίσης αναπτυχθεί συστήματα των 20,40 και 50 Gbps. Σε περίπτωση πολυπλεξίας με διαίρεση μήκους κύματος (WDM), οι ταχύτητες φθάνουν σε μερικά Tbps.</p>	<p>Τα καλώδια χαλκού δεν μπορούν να ξεπεράσουν ταχύτητες μεγαλύτερες από 10Gbps.</p>
<p>Δεν επηρεάζονται από ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία, με αποτέλεσμα να συνιστάται η χρήση τους σε βιομηχανικό περιβάλλον και σε χώρους με υψηλό θόρυβο.</p>	<p>Επηρεάζονται από ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία.</p>
<p>Η εξασθένηση των σημάτων είναι μικρότερη από ότι στα χάλκινα και ομοαξονικά καλώδια, με αποτέλεσμα οι αποστάσεις μεταξύ ενισχυτών ή άλλων ενεργών στοιχείων να κυμαίνονται από μερικά μέχρι και μερικές εκατοντάδες χιλιόμετρα, ανάλογα με τη τεχνική και το ρυθμό μετάδοσης.</p>	<p>Έχουμε περιορισμό στις μεγάλες αποστάσεις λόγω εξασθένησης λόγω αντίστασης χαλκού, όσο αυξάνονται τα μέτρα αυξάνεται και η αντίσταση του υλικού με αποτέλεσμα να έχουμε μεγαλύτερη εξασθένηση στις μεγάλες αποστάσεις.</p>
<p>Η υποκλοπή ή η παρεμβολή πληροφορίας είναι πολύ δύσκολο να επιτευχθούν, με αποτέλεσμα οι οπτικές ίνες να συνιστούν πολύ ασφαλές μέσο μετάδοσης</p>	<p>Στον χαλκό υπάρχει ο κίνδυνος υποκλοπής δεδομένων.</p>
<p>Επίσης, το βάρος και ο όγκος τους είναι σημαντικά μικρότερος από τα αντίστοιχα μεγέθη των άλλων αγωγών. Αξίζει να αναφέρουμε, σαν παράδειγμα, ότι χάλκινο καλώδιο με 1000 ζεύγη και μήκος 500 μέτρων ζυγίζει περίπου 4000 κιλά, ενώ οπτική ίνα του ίδιου μήκους, που περιέχει τον ίδιο αριθμό καναλιών, ζυγίζει μόνο 45 κιλά.</p> <p>Επιπλέον, δεν είναι ευαίσθητη σε υγρό περιβάλλον, όπου τα χάλκινα καλώδια μπορεί να δημιουργήσουν βραχυκυκλώματα.</p>	<p>Έχουμε πολύ περισσότερο βάρος και όγκο και υπάρχει και ο κίνδυνος βραχυκυκλώματος.</p>
<p>Ένα από τα βασικότερα μειονεκτήματα, που παρουσιάζουν οι οπτικές ίνες, είναι η δυσκολία υλοποίησης συνδέσεων, επειδή απαιτείται υψηλή προσαρμογή και ευθυγράμμιση της φωτεινής πηγής, για να μην υπάρχει διασπορά και να ελαχιστοποιηθούν οι απώλειες.</p>	<p>Ο χαλκός μπορεί να δουλευτεί πιο εύκολα, η υλοποίηση των συνδέσεων γίνεται πιο εύκολα πιο γρήγορα.</p>
<p>Οι οπτικές ίνες σε σχέση με το μέγεθος του έργου είναι φτηνότερες για μεγάλα έργα.</p>	<p>Το κόστος είναι μικρότερο σε μικρά έργα.</p>
<p>Μικρές απαιτήσεις σε ενέργεια. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι δεν παρατηρούνται σημαντικές απώλειες σήματος, καθώς και στον τρόπο μετάδοση δεδομένων, δηλαδή με τη χρήση φωτεινής δέσμης, που απαιτεί πολύ μικρότερη κατανάλωση ενέργειας, σε σχέση με το ηλεκτρικό σήμα.</p>	<p>Μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας.</p>

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΟΠΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ ΣΕ ΠΛΟΙΑ

Σε αυτό το κεφάλαιο θα αναλύσουμε τις 2 περιπτώσεις που θα χρησιμοποιήσουμε οπτικά καλώδια και κατ' επέκταση οπτικό εξοπλισμό. Η πρώτη περίπτωση αφορά πλοία καινούργια στα οποία από την αρχή της κατασκευής θα τοποθετηθούν οπτικά καλώδια και οπτικός εξοπλισμός, η δεύτερη κατηγορία αφορά τα παλιά πλοία στα οποία υπάρχουν ήδη δίκτυο χαλκού και ανάλογος εξοπλισμός στα οποία θα χρειαστεί αντικατάσταση.

Θα αναλύσουμε τα τις 2 αυτές περιπτώσεις σε κόστος , σε τεχνολογικό επίπεδο αλλά και σε χρόνους εργασιών.

Σε όλα τα πλοία μέχρι στιγμής ισχύει το παρακάτω δικτυακό διάγραμμα στηριζόμενο στο ανάλογο ISO:



Sample network architecture scope (Reference)

Σε ανάλυση του παραπάνω σχεδιαγράμματος θα χρειαστούμε αντικατάσταση των συσκευών με συσκευές που χρησιμοποιούν οπτικά καλώδια, συσκευές ανάλογες όπως αναφέρονται στο Κεφάλαιο 4.

## 6.1 ΣΕ ΚΑΙΝΟΥΡΓΙΑ ΠΛΟΙΑ

Σε ένα καινούργιο πλοίο η μελέτη για την κατασκευή του δικτύου σε οπτικό δίκτυο γίνεται πιο εύκολα διότι έχουμε την επιλογή από κατασκευαστικής σκοπιάς να επιλέξουμε εμείς τα σημεία στο πλοίο από όπου θα περάσουμε τα οπτικά καλώδια με κριτήρια τα οποία είναι απαραίτητα για την σωστή λειτουργία του οπτικού δικτύου με βασικότερο την «Δεκτή γωνία πρόσπτωσης» η με πιο απλά λόγια την επιτρεπόμενη γωνία που μπορεί να έχει ένα οπτικό καλώδιο για να μπορεί να επιτευχθεί η μετάδοση του φωτός.

### 6.1.1 ΧΡΟΝΟΙ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΧΑΛΚΟΥ – ΟΠΤΙΚΟΥ

Μέσος χρόνος τοποθέτησης για ένα δίκτυο χαλκού είναι για 1 μέτρο καλωδίου ορίζεται ο χρόνος 3 λεπτών στηριγμένο – τοποθετημένο σε ανάλογο κανάλι δίνοντας προσοχή την θέση τοποθέτησης η οποία δεν θα πρέπει να έχει κοντά καλώδια ρεύματος για αποφυγή επαγωγικών απωλειών, σε οπτικό καλώδιο ο χρόνος τοποθέτησης είναι ίδιος 3 λεπτά με μοναδική ιδιαιτερότητα την προσεκτικότερη τοποθέτηση του σε σημεία ώστε να μην λυγίζει παραπάνω από την επιτρεπτή γωνία. Μέσα σε αυτούς του χρόνους υπολογίζεται και η τοποθέτηση του ανάλογου καναλιού ή υποστυλωμάτων που χρειάζονται έτσι ώστε να τοποθετηθεί σωστά και προστατευμένα το καλώδιο. Συγκριτικά το οπτικό καλώδιο χρειάζεται τον ίδιο χρόνο με το καλώδιο χαλκού στην τοποθέτηση, αλλά το καλώδιο χαλκού πρέπει να τοποθετηθεί μακριά από καλώδια ρεύματος και το οπτικό καλώδιο δεν έχει περιορισμό από πού θα περαστεί απλά με προσοχή θα πρέπει να μην λυγίζει παραπάνω από την επιτρεπτή γωνία.

Εκτός από τον μέσο χρόνο τοποθέτησης υπάρχει και ο μέσος χρόνος τερματισμού. Στον χαλκό ο μέσος χρόνος τερματισμού πρίζας ή καλωδίου είναι τα 3 λεπτά , σε ανάλογο switch ανάλογα τις πόρτες που έχει το switch 5/8/16/32/64 ports , πολλαπλασιάζουμε την κάθε θέση επί 3 λεπτά, το ίδιο ισχύει στην συνέχεια και για τα ανάλογα patch panels που υπάρχουν κάθε θέση στο patch panel επί 3 λεπτά. Στο οπτικό καλώδιο τα πράγματα δυσκολεύουν , εδώ γίνεται χρήση του splicer με το οποίο κάνουμε κόλληση την ίνας με την πρίζα τερματισμού η οποία πρίζα έρχεται έτοιμη για να κολλήσουμε την οπτική ίνα, μέσος χρόνος για 1 ίνα είναι τα 12 λεπτά διότι χρειάζεται ξεγύμνωμα του καλωδίου της ίνας, καθαρισμός , ξύσιμο του χαρακτηριστικού χρώματος της ίνας με ειδικό εργαλείο έτσι ώστε να μείνει ο πυρήνας μόνο το γυαλί, στην συνέχεια αυτή η διαδικασία πρέπει να γίνει και από τις δυο μεριές και με το splicer (κόλληση με χρήση φωτοβολταϊκού τόξου) κάνουμε την κόλληση, σε καλώδια με περισσότερες ίνες ο χρόνος αυξάνεται ανάλογα διότι εκεί αναγκαστικά θα πρέπει να κάνουμε και το ανάλογο συστημάρισμα των οπτικών ινών σε ανάλογες συσκευές (πιάτα διανομής), ένας μέσος χρόνος για ένα καλώδιο 12 ινών είναι η 1 ώρα και 20 λεπτά μέσω όρο είτε έχουμε καλώδιο – καλώδιο είτε καλώδιο – οπτικό κατανεμητή. Επισημαίνουμε επίσης πως σε κάθε τερματισμό χρειαζόμαστε 2 ίνες!

Επίσης ένα αξιοσημείωτο είναι πως το οπτικό καλώδιο έχει πλεονέκτημα ως προς το καλώδιο χαλκού διότι είναι πιο ανθεκτικό στις εξωτερικές συνθήκες

(υγρασία – ζέστη) με αποτέλεσμα σε πολλά σημεία μπορεί να τοποθετηθεί στο πλοίο χωρίς να είναι αναγκαία η τοποθέτηση του ανάλογου προστατευτικού καναλιού, κάτι το οποίο θα ρίξει του χρόνους τοποθέτησης στο μισό τουλάχιστον.

Ακόμα υπάρχουν και τα βραδύκαυστα πυράντοχα οπτικά καλώδια τα οποία δεν χρειάζεται να τοποθετηθούν σε κάποιο κανάλι και αντέχουν στην φωτιά, τα πυράντοχα λειτουργούν ακόμα και όταν έχει καεί τελείως ο εξωτερικός μανδύας.

Συνοψίζουμε μπορούμε με ένα μοντέλο ανάλογα το συνολικό μήκος καλωδίου να υπολογίσουμε το χρόνο τοποθέτησης:

- Για τον χαλκό:  
 $C \text{ (λεπτά)} = 3 \text{ (λεπτά)} \times L1 \text{ (μέτρα)}$   
Όπου L1 το συνολικό μήκος των καλωδίων χαλκού  
Όπου C ο συνολικός χρόνος σε λεπτά που θα χρειαστεί
- Για το οπτικό:  
 $O \text{ (λεπτά)} = 3 \text{ (λεπτά)} \times L2 \text{ (μέτρα)}$   
Όπου L2 το συνολικό μήκος των οπτικών καλωδίων  
Όπου O ο συνολικός χρόνος σε λεπτά που θα χρειαστεί

Για το χρόνο τερματισμού επίσης έχουμε ένα μοντέλο:

- Για τον χαλκό:  
 $CT \text{ (λεπτά)} = 3 \text{ (λεπτά)} \times T1$   
Όπου T1 οι συνολικοί τερματισμοί  
Όπου CT ο συνολικός χρόνος σε λεπτά που θα χρειαστεί
- Για το οπτικό:  
 $OT \text{ (λεπτά)} = 12 \text{ (λεπτά)} \times T2$   
Όπου T2 οι συνολικοί τερματισμοί ή συνολικές ίνες  
Όπου OT ο συνολικός χρόνος σε λεπτά που θα χρειαστεί

**Με βάση και τα 2 παραπάνω μοντέλα έχουμε το εξής:**

- Για τον χαλκό:  
 $SC = C + CT$   
Όπου C συνολικά λεπτά για τοποθέτηση καλωδίου χαλκού  
Όπου CT συνολικά λεπτά για τερματισμό  
Όπου SC ο συνολικός χρόνος που απαιτείται για τοποθέτηση και τερματισμό του καλωδίου χαλκού
- Για τον οπτικό:  
 $SO = O + OT$   
Όπου O συνολικά λεπτά για τοποθέτηση οπτικού καλωδίου  
Όπου OT συνολικά λεπτά για τερματισμό  
Όπου SO ο συνολικός χρόνος που απαιτείται για τοποθέτηση και τερματισμό του οπτικού καλωδίου

## 6.1.2 ΚΟΣΤΟΣ ΧΑΛΚΟΥ – ΟΠΤΙΚΟΥ

Κόστος για τα καλώδια χαλκού:

Τύπος Καλωδίου	Κατηγορία	Τιμή /μέτρο
UTP	CAT5E	0.36
UTP	CAT6	0.47
FTP	CAT5E	0.50
FTP	CAT6	0.74
FTP	CAT6A	0.86
SFTP	CAT6	0.95
SFTP	CAT7	0.97

Τύπος Καλωδίου	Χωρητικότητα	Διαστάσεις Πυρήνα	Τιμή ανά μέτρο
Μονότροπη OS1	12 ίνες	9/125	1,45 ευρώ
Πολύτροπη OM3	8 ίνες	50/125	2,34 ευρώ
Πολύτροπη OM3	12 ίνες	50/125	4,35 ευρώ

Με τι παραπάνω τιμές έχοντας γνωστό τα συνολικά μέτρα που θα χρειαστούν βάση μελέτης μεγέθους πλοίου αλλά και τον τύπο του καλωδίου μπορούμε να βγάλουμε το συνολικό κόστος.

Μπορούμε να υπολογίσουμε ένα μέσο κόστος τοποθέτησης και τερματισμοί σε υλικά αν πούμε για παράδειγμα ότι θα χρειαστούμε 250μ καλώδιο FTP CAT6 ή αντίστοιχα 250μ καλώδιο οπτικό πολύτροπης ίνας 12ινών. Έχουμε:

- Για καλώδιο χαλκού FTP CAT6  
 $250\mu \times 0.74\text{ευρώ/μέτρο} = 185 \text{ ευρώ}$
- Για οπτικό καλώδιο πολύτροπης ίνας 8ινών  
 $250\mu \times 2,34 \text{ ευρώ/μέτρο} = 585 \text{ ευρώ}$

Έχουμε μια αύξηση κόστους κατά **316%** πιο ακριβή η οπτική ίνα από το καλώδιο χαλκού.

Με βάση τα παραπάνω όσο μέτρα και αν έχουμε γνωρίζουμε ότι η οπτική ίνα θα είναι πιο ακριβή κατά **316%** ως προς το καλώδιο. Το κόστος την εργατοώρας είναι ανάλογο του έργου της χώρας και του χρόνου που θα απαιτηθεί από το ανάλογο συνεργείο που θα αναλάβει αυτές τις εργασίες.

Επίσης το κόστος των τερματικών συσκευών έχει επίσης διαφοροποίηση πρώτα ως προς την εταιρία που θα προμηθευτούν οι συσκευές αυτές όπως Cisco, Ubiquity, Dlink, LevelOne, HP... Συνήθως εδώ διενεργείται έρευνα αγοράς και με

ανάλογες προσφορές υπάρχει ανάλογη επιλογή. Αν ο πλοιοκτήτης επιλέξει κάτι πιο συγκεκριμένο το κόστος το διαμορφώνει ο κατασκευαστής ανάλογα τις απαιτήσεις του πλοιοκτήτη.

## 6.2 ΣΕ ΠΑΛΙΑ ΠΛΟΙΑ

Σε πλοία που ήδη έχουν δίκτυο με καλώδια χαλκού μπορεί να υπάρξει ανάλογη μελέτη για αντικατάσταση των καλωδίων με καλώδια οπτικών ινών και όπου δεν είναι εφικτό να υπάρξουν ανάλογοι μετατροπείς που μετατρέπουν το optical to copper και το ανάποδο, ως προσωπική εκτίμηση ένα τέτοιο μεικτό δίκτυο δεν θα έχει την ίδια απόδοση όπως ένα καινούργιο οπτικό δίκτυο, επίσης πολλές φορές αν όχι σε όλες αλλά στις περισσότερες περιπτώσεις λόγω έλλειψης και χρόνου αλλά και έλλειψης συνθηκών δεν είναι εφικτό μέσα στο πλοίο να αντικατασταθούν τα υπάρχοντα καλώδια χαλκού με οπτικά καλώδια, σε αυτές τις περιπτώσεις επειδή τα οφέλη δεν θα αποφέρουν άμεσα κάποιο χρηματικό κέρδος στον πλοιοκτήτη δεν υλοποιείται, στα καινούργια πλοία εκτός από τα τεχνολογικά οφέλη υπάρχουν και τα οφέλη των αντοχών που παρέχουν οι οπτικές ίνες και εκεί αποκτά και το πλοίο καλύτερη αξία ως προς τον εξοπλισμό του.

Μια περίπτωση που μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε σε παλιά πλοία οπτικές ίνες, είναι κάποια πλοία που ανακατασκευάζονται λόγω παλαιότητας στα οποία το δίκτυο του χαλκού έχει αχρηστευθεί με τα χρόνια έχει διαβρωθεί ίσως και χρήζει επισκευής – αντικατάστασης, σε αυτή την περίπτωση μπορούμε να το αντικαταστήσουμε με οπτικό καλώδιο και να κάνουμε χρήση την μελέτη όπως σε ένα καινούργιο πλοίο αφού πρώτα υπολογίσουμε το ανάλογο κόστος για να ξηλωθούν τελείως τα παλιά καλώδια και ο εξοπλισμός.

### 6.2.1 ΧΡΟΝΟΣ - ΚΟΣΤΟΣ ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Ο χρόνος αντικατάστασης είναι ο χρόνος που θα χρειαστεί να ξηλωθούν όλα τα παλιά + τον χρόνο που χρειαστούμε για την τοποθέτηση όπως υπολογίσαμε στο παραπάνω μοντέλο.

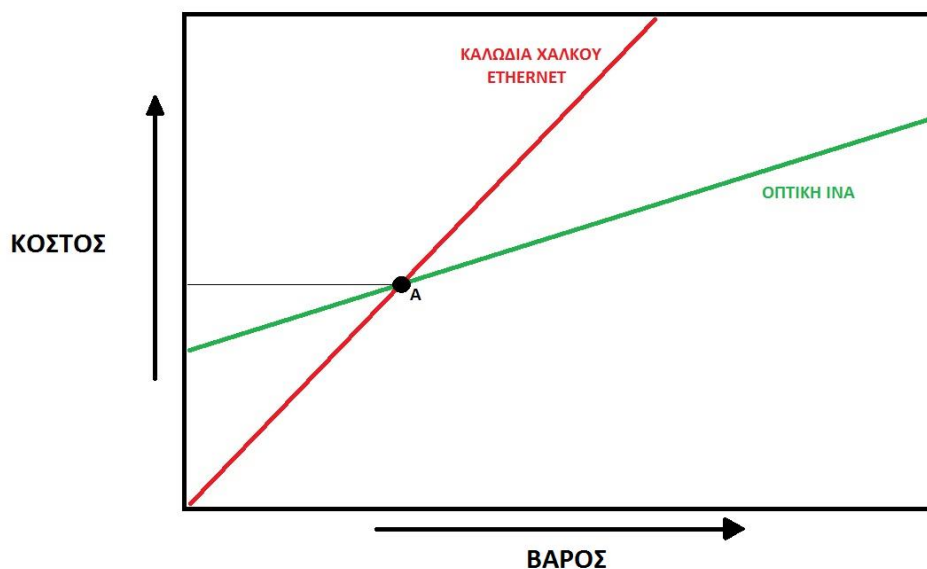
Το κόστος θα είναι πιο ακριβό από ότι σε ένα νέο πλοίο διότι εδώ θα χρειαστεί να υπολογίσουμε και το κόστος για να ξηλωθούν τα παλιά καλώδια τα οποία έχουν βλάβη.

## 6.3 ΣΥΓΚΡΙΣΕΙΣ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι οπτικές ίνες έχουν απίστευτες δυνατότητες σε ταχύτητες, έχουν μικρό μέγεθος και λιγότερο βάρος, έχουν αντοχές στην υγρασία και στη ζέση και αντέχουν περισσότερα χρόνια, προσφέρουν μεγαλύτερη ασφάλεια για υποκλοπές έχουν όμως δυσκολία στον τερματισμό και χρειάζεται πολύ περισσότερος χρόνος για αυτήν την διαδικασία επίσης για μικρές αποστάσεις το κόστος είναι αρκετά ανεβασμένο και σε υλικό και σε εξοπλισμό.

Ο χαλκός από την άλλη με ανάλογες τεχνικές συστρεμμένων ζευγών έχει καταφέρει ικανοποιητικές ταχύτητες και με φτηνότερο κόστος υλικού και

εξοπλισμού , έχει μειονεκτήματα ως προς τις υποκλοπές παρεμβολές από καλώδια ρεύματος αλλά και από επαγωγικά ρεύματα, επίσης δεν αντέχουν στην διάβρωση και στην πολύ ζέση το καλώδιο παθαίνει ζημιές. Έχει περισσότερο βάρος κάτι το οποίο δεσμεύει τον χαλκό για χρήση όχι μεγάλων έργων διότι όσο αυξάνεται το βάρος του χαλκού το κόστος εκτοξεύεται όπως φαίνεται στο παρακάτω σχεδιάγραμμα:



Όπως βλέπουμε όταν αυξάνεται το βάρος του χαλκού το κόστος εκτοξεύεται και σε συνάρτηση με τις υψηλές επιδόσεις της οπτικής ίνας , αναγκαστικά επιλέγουμε την οπτική ίνα να κάνουμε χρήση, μια σκέψη για κάτι παρόμοιο θα μπορούσε να έχει χρήση σε ένα κρουαζιερόπλοιο το οποίου λόγω του ότι τα μέτρα του καλωδίου που θα πρέπει να χρησιμοποιήσουμε είναι πάρα πολλά δεν ενδείκνυται σε τέτοιο πλοία να κάνουμε χρήση καλώδια χαλκού.

## 6.4 ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΙΚΟΝΑ

Μια συνολική εικόνα για τις οπτικές ίνες είναι η παρακάτω:

<b>Πλεονεκτήματα</b>	<b>Μειονεκτήματα</b>
Μεγάλη χωρητικότητα πάνω 10Gbps	Δυσκολία στη σύνδεση, με συνέπεια την ανάγκη ύπαρξης επιδέξιων εγκαταστατών
Με νέες τεχνικές πολυπλεξίας με διαίρεση μήκους κύματος (Wave division Multiplexing) επιτυγχάνονται ταχύτητες της τάξης των Tbps.	Ακριβές για μικρές αποστάσεις
Μικρό μέγεθος και βάρος	-
Χαμηλή εξασθένηση	-
Απρόσβλητη σε περιβαλλοντολογικές παρεμβολές	-
Υψηλή ασφάλεια - δυσκολία στις υποκλοπές	-
Μη δέσμευση τοποθέτησης διότι δεν έχει προβλήματα με παρεμβολές συχνότητας ρεύματος	-



## **BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

[ISO 16425:2013\(E\)](#)

[http://www.kafkas.gr/ \(τιμές\)](http://www.kafkas.gr/)

[https://en.wikipedia.org/wiki/Template:UTP\\_Cable\\_Standards](https://en.wikipedia.org/wiki/Template:UTP_Cable_Standards)

<https://incentre.net/ethernet-cable-color-coding-diagram/>

<http://www.patchit.nl/glasvezel-connectors>

<http://www.jimhayes.com/uncleted/test.html>

## **ΑΝΑΦΟΡΕΣ**

Optical Fiber Cabling Components Standard TIA/EIA-568-B.3 (Revision of TIA/EIA-568-A), APRIL 2000

John Crisp, Introduction To Fiber Optics, 2<sup>nd</sup> Edition. Great Britain: Elsevier Science & Technology Books, 2001

FTK100 Optical Fiber Test Kit. Fluke Corporation, 2000

Commercial Building Telecommunications Cabling Standard TIA/EIA-568-B.1 (Revision of TIA/EIA-568-A), MAY 2001

Commercial Building Telecommunications Cabling Standard TIA/EIA-568-B.2 (Revision of TIA/EIA-568-A), MAY 2001

Cisco Networking Academy Program. Cisco Systems Inc., 2003

David Barnett, David Groth, and Jim McBee, Cabling : The Complete Guide to Network Wiring, 3<sup>rd</sup> Edition. Alameda: Joel Fugazzotto, 2004

Agrawal, G.P. Fiber-Optic Communications Systems (3<sup>ed</sup>), Wiley, 2002.

John Crisp – Barry Elliott, “Introduction to Fiber Optics, Third Edition”, 2005.

Jim Hayes, “Εγχειρίδιο Οπτικών Ινών”, Εκδόσεις Ίων, 1999.

Wiley - Broadband Optical Access Networks and Fiber to the Home, 2006.

## **Τριμελής Επιτροπή:**

Όνοματεπώνυμο, .....

Όνοματεπώνυμο, .....

Όνοματεπώνυμο, .....

## **Επιστημονικός Σύμβουλος:**

Όνοματεπώνυμο.....