

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο Β

1. Η ανάπτυξη της δομημένης καλωδίωσης

1.1 Αναγκαιότητα και πλεονεκτήματα

Τα τελευταία χρόνια, με την ανάπτυξη της τεχνολογίας και τη ραγδαία αύξηση των εφαρμογών της, με την παγκοσμιοποίηση της οικονομίας και την ανάγκη για αύξηση της ανταγωνιστικότητας των επιχειρήσεων, κυρίως στον τομέα παροχής υπηρεσιών, με τις αυξημένες απαιτήσεις για ποιότητα ζωής στους τομείς της υγείας, της παιδείας, των μεταφορών, των οικονομικών συναλλαγών κ.ά., προέκυψε η ανάγκη για τη χρήση δικτυακής υποδομής με καλώδια ασθενών ρευμάτων στις εσωτερικές εγκαταστάσεις των κτιρίων, παράλληλα με τα γνωστά καλώδια μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας.

Στις αίθουσες και στα γραφεία τα οποία χρησιμοποιεί ένας μεγάλος οργανισμός, ένα νοσοκομείο, ένα πανεπιστήμιο ή μια επιχείρηση, που μπορεί να είναι ένα απλό λογιστήριο αλλά και το μηχανογραφικό κέντρο μιας τράπεζας, οι συσκευές τροφοδοτούνται για τη λειτουργία τους, εκτός από τα ισχυρά ρεύματα (δηλαδή με τάση 230V), και με ασθενή ρεύματα.

Σε ένα σύγχρονο περιβάλλον εργασίας, ο κάθε εργαζόμενος προκειμένου να είναι αποδοτικός θα πρέπει να έχει άμεση πρόσβαση τουλάχιστον σε ένα τηλέφωνο και σε έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή, για να μπορεί επιπλέον να ανταλλάσσει και να επεξεργάζεται αρχεία κειμένου, εικόνες και άλλων δεδομένων.

Στην ηλεκτρολογία και στην τεχνολογία των υπολογιστών, το δίκτυο ορίζεται ως ένα σύστημα κυκλωμάτων ή αλληλοσυνδεόμενων εξαρτημάτων και συσκευών. Έτσι, είναι γνωστά τα δίκτυα ηλεκτροδότησης, τηλεπικοινωνιών, υπολογιστών κ.ά..

Ειδικότερα σε ένα κτίριο που στεγάζει επαγγελματικές, εμπορικές, βιομηχανικές, κοινωνικές και άλλες ποικίλες δραστηριότητες, για την κάλυψη των αναγκών ή την εξυπηρέτηση των εργαζομένων και των επισκεπτών, διακρίνουμε διάφορα επιμέρους δίκτυα, όπως:

1. Το τηλεφωνικό δίκτυο για τη μεταφορά φωνής και την αποστολή ή λήψη γραπτών μηνυμάτων (τηλεομοιοτυπία - fax).
2. Το δίκτυο ενδοεπικοινωνίας.
3. Τα δίκτυα ασφαλείας, όπως πυρανίχνευσης, συναγερμού, σηματοδότησης, ελέγχου προσπέλασης κ.λπ..
4. Τα δίκτυα κεντρικής διαχείρισης κτιρίων για τον αυτόματο έλεγχο συσκευών θέρμανσης, ψύξης, εξαερισμού και κλιματισμού.
5. Τα τοπικά δίκτυα ηλεκτρονικών υπολογιστών (LAN- Local Area Network) για την εκμετάλλευση κοινών και ακριβών πόρων, όπως κεντρικοί ηλεκτρονικοί υπολογιστές (servers), αποθηκευτικά μέσα, εκτυπωτές, σαρωτές (scanners), εκτυπωτές σχεδίων (plotters) κ.λπ..
6. Το δίκτυο κλειστού κυκλώματος τηλεόρασης.
7. Το δίκτυο μουσικής και αναγγελίας για την ψυχαγωγία και την ενημέρωση των ατόμων εντός του κτιρίου.

Τα παραπάνω δίκτυα απαιτούν στις διάφορες εφαρμογές εξειδικευμένες καλωδιώσεις. Για παράδειγμα αναφέρουμε μερικές εφαρμογές όπου απαιτούνται διάφορα καλώδια:

- Ι Στα τηλεφωνικά κέντρα, πλήθος χάλκινων καλωδίων.
- Ι Στις τηλεομοιοτυπίες (Fax), ένα ζεύγος χάλκινων καλωδίων.
- Ι Στις ψηφιακές τηλεφωνικές συσκευές ή στους διαποδιαμορφωτές (modem), ένα ή δύο ζεύγη χάλκινων καλωδίων.
- Ι Στους υπολογιστές σε σύνδεση τοπικού δικτύου, ομοαξονικό καλώδιο τύπου RG-58 στα 50Ω.
- Ι Στα τερματικά 3270 σε σύνδεση με ελεγκτή (controller) IBM, ομοαξονικό καλώδιο τύπου RG-62 στα 93Ω.
- Ι Από υπολογιστή σε υπολογιστή ή σε σύνδεση τερματικών με υπολογιστή UNIX, καλώδια τύπου RS-232 που καταλήγουν συνήθως σε συνδετήρες των 25 ή 9 ακροδεκτών αρσενικών (pin) ή θηλυκών.
- Ι Στις συνδέσεις υπολογιστή IBM AS 400, διαξονικά καλώδια.

Η πρόσθετη και εκ των υστέρων καλωδίωση που τοποθετείται για να καλύψει διάφορες νέες ανάγκες σε ένα κτίριο, έχει επίπτωση στην αισθητική του κτιρίου, υψηλό κόστος και συχνά δυσκολίες στην κατασκευή.

Η ανάπτυξη και λειτουργία πολλών ανεξάρτητων και διαφορετικών μεταξύ τους δικτύων δημιουργούσε κατά το παρελθόν προβλήματα στη σχεδίαση, την κατασκευή, τη χρήση, τη συντήρηση, την αναβάθμιση και γενικότερα τον εκσυγχρονισμό τους.

Μερικά από τα προβλήματα που παρουσίαζαν τέτοιου είδους εγκαταστάσεις ήταν:

1. Κατά τη σχεδίαση, έπρεπε να είναι γνωστά από την αρχή η ακριβής χρήση κάθε χώρου και η ακριβής θέση εγκατάστασης των συσκευών ή των μηχανημάτων.

2. Το κάθε δίκτυο απαιτούσε διαφορετικό τύπο καλωδίου, ενώ για τα υλικά σύνδεσης και τερματισμού υπήρχε ακόμα μεγαλύτερη πολυμορφία.

3. Τα τεχνικά προβλήματα μεγεθύνονταν ακόμα περισσότερο λόγω της έλλειψης τυποποίησης.

Δηλαδή, όταν ένα δίκτυο γινόταν με υλικά μιας εταιρείας, έπρεπε υποχρεωτικά να αγορασθούν τα προϊόντα της ίδιας εταιρείας και δεν υπήρχε δυνατότητα συνεργασίας με προϊόντα άλλης εταιρείας.

4. Από τη φάση σχεδίασης του κτιρίου έπρεπε να είναι γνωστές οι συσκευές καθώς και τα μηχανήματα που θα χρησιμοποιούσε ο τελικός χρήστης.

5. Επειδή από τη φάση του σχεδιασμού μέχρι τη φάση κατασκευής και παράδοσης του κτιρίου μεσολαβεί συχνά μεγάλο χρονικό διάστημα, ακόμα και η καλύτερη μελέτη και σχεδίαση, μπορούσε να θεωρηθεί ξεπερασμένη λόγω της τεχνολογικής εξέλιξης και των νέων προϊόντων.

6. Η ευρεία χρήση των τοπικών δικτύων υπολογιστών και η ανάγκη ταχείας μεταφοράς

μεγάλων ποσοτήτων δεδομένων απαιτεί αποδοτικότερα καλώδια. Η καθολική χρήση του διαδικτύου (Internet) επέβαλε ακόμη περισσότερο την ανάγκη ταχείας μεταφοράς μεγάλου όγκου πληροφοριών (δεδομένα, ήχος, εικόνα, γραπτά κείμενα) σε πραγματικό χρόνο.

7. Το μεγαλύτερο πρόβλημα της μη τυποποίησης των δικτύων ήταν ότι δεν μπορούσαν να δεχτούν συσκευές νεότερης τεχνολογίας με περισσότερες δυνατότητες και πιο οικονομικές, με τελικό αποτέλεσμα να απαιτείται η αντικατάσταση του δικτύου. Σε αυτή την περίπτωση, το πρόβλημα δεν ήταν μόνο το κόστος αντικατάστασης του δικτύου αλλά και οι συνέπειες που αυτή προκαλεί, όπως η διακοπή εργασιών της επιχείρησης για κάποιο χρονικό διάστημα αλλά και η αναστάτωση του προσωπικού και των πελατών.

Αυτά τα προβλήματα οδήγησαν στην επινόηση ενός νέου τύπου δικτύου, το οποίο αντικαθιστά όλα τα προηγούμενα και είναι:

- ✓ ενιαίο,
- ✓ απλό στη κατασκευή,
- ✓ ευέλικτο,
- ✓ επεκτάσιμο και

μπορεί να ανταποκρίνεται στις παρούσες αλλά και σε μελλοντικές ανάγκες.

Το δίκτυο αυτό, λόγω της συγκεκριμένης δομής που πρέπει να έχει για την ανάπτυξη των πλεονεκτημάτων του, ονομάζεται
ΔΟΜΗΜΕΝΗ ΚΑΛΩΔΙΩΣΗ.

Τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά που συνιστούν πλεονεκτήματα σε ένα δίκτυο δομημένης καλωδίωσης είναι τα παρακάτω:

1. Επεκτασιμότητα

Αν υπάρχει ανάγκη επέκτασης του δικτύου, αυτό γίνεται εύκολα, γρήγορα και χωρίς να διακοπεί η λειτουργία του υπάρχοντος δικτύου. Μειώνει το χρόνο κατασκευής των νέων εγκαταστάσεων και τις ζημιές που είναι πιθανό να προκαλούνται από εργασίες ανακαίνισης.

2. Τυποποίηση

Όλα τα υλικά του δικτύου είναι απολύτως τυποποιημένα, γεγονός που συνεπάγεται τη μείωση του κόστους των υλικών και τη συμβατότητα με όλους τους κατασκευαστές ηλεκτρολογικού υλικού. Η απόσβεση του κόστους της δομημένης καλωδίωσης γίνεται συνήθως σε τρία χρόνια.

3. Εύκολη σχεδίαση

Κατά τη σχεδίαση, δεν είναι αναγκαίο να είναι γνωστά το ακριβές πλήθος και η ακριβής θέση των συσκευών και μηχανημάτων. Δίνεται έτσι η δυνατότητα εύκολης προσαρμογής των χώρων σε κάθε αλλαγή υλικών ή θέσεων εργασίας.

4. Πολυ-υποστήριξη

Η ταυτόχρονη λειτουργία συσκευών τελείως διαφορετικών μεταξύ τους υποστηρίζεται από το ίδιο δίκτυο (Η/Υ, τηλέφωνο, φαξ, κάμερα, εκτυπωτής), από διαφορετικές κατασκευάστριες εταιρείες.

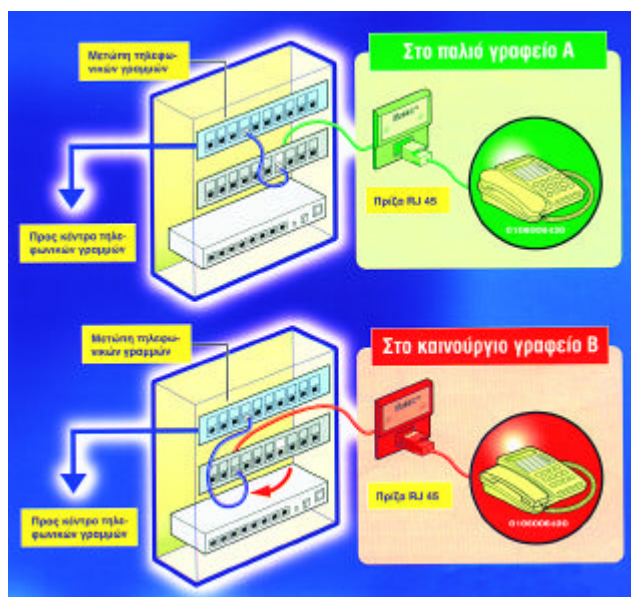
5. Εύκολη συντήρηση και διαχείριση

Επιτυγχάνεται γιατί όλες οι συσκευές, πλην των τερματικών, είναι συγκεντρωμένες σε κατάλληλο χώρο (κατανεμής), με ελάχιστη παρενόχληση στους χρήστες. Το δίκτυο εξαπλώνεται από τον κεντρικό κατανεμής προς τις συσκευές σε ακτινική διάταξη και παρέχει ευκολίες στη χρήση του και δυνατότητα ελέγχου από μακριά.

6. Ευέλικτη καλωδίωση

Σε μια σύγχρονη επιχείρηση, μέχρι και το 40% των υπαλλήλων, αλλάζει θέση εργασίας κατά τη διάρκεια του έτους. Γι' αυτό είναι απαραίτητη μια ευέλικτη καλωδίωση πολλαπλής χρήσης, όπως είναι η δομημένη, ώστε να μειώνεται το κόστος και να αυξάνεται η παραγωγικότητα. Η δομημένη καλωδίωση επιτρέπει την καλύτερη διαχείριση των καλωδιώσεων καθώς και τη γρήγορη και απλή αλλαγή χρήσης. Χαρακτηριστική εφαρμογή αποτελεί η περίπτωση κατά την οποία υπάλληλος μετακινείται σε άλλο όροφο αλλά διατηρεί τον παλιό αριθμό τηλεφώνου.

Σχήμα 1.1: Διατήρηση του παλαιού αριθμού τηλεφώνου και σε νέο γραφείο.



Με την ίδια καλωδίωση εξυπηρετούνται εφαρμογές, όπως είναι η μεταφορά φωνής και γραπτού κειμένου (τηλεφωνία), εικόνας (σήμα video), δεδομένων (data) υπολογιστών, και άλλες εφαρμογές ασθενών ρευμάτων, όπως είναι η πυρανίχνευση και ο συναγερμός.

Στην επικράτηση της δομημένης καλωδίωσης συντέλεσε αποφασιστικά και η κατασκευή από τις βιομηχανίες καλωδίων ενός συγκεκριμένου τύπου **καλωδίου συνεστραμμένων ζευγών**, που είναι δυνατόν να συμπεριφερθεί, υπό ορισμένες προϋποθέσεις, όπως και η πλειονότητα των διαφόρων καλωδίων, με αποτέλεσμα να μπορεί να τα αντικαταστήσει.

Η ανάπτυξη αυτού του τύπου δικτύου, ιδίως σε κτίρια γραφείων, βιομηχανικούς χώρους, νοσοκομεία, πανεπιστήμια, αεροδρόμια, τράπεζες κ.λπ., απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή, καθώς αποτελεί βασικό μέρος της υποδομής για την απόδοση του ανθρωπίνου δυναμικού.

Σύμφωνα με προβλέψεις ειδικών, το δίκτυο της δομημένης καλωδίωσης είναι δυνατόν να καλύπτει τις απαιτήσεις των κτιρίων για περισσότερο από 10 έτη, ενώ ένας Η/Υ έχει ημιπερίοδο ζωής 3 έτη και το λογισμικό των υπολογιστών 1,5 έτος.

Το κόστος της δομημένης καλωδίωσης είναι δύο φορές τουλάχιστον μικρότερο συγκρινόμενο με το κόστος που επιβάλλουν οι εκ των υστέρων πρόσθετες λύσεις του παλαιού τρόπου καλωδίωσης.

1.2 Κύρια μέρη μιας δομημένης καλωδίωσης

Ο όρος δομημένη καλωδίωση περιγράφει ένα πλήρες καλωδιακό σύστημα που αναπτύσσεται σε ένα κτίριο ή συγκρότημα κτιρίων και περιλαμβάνει τη μελέτη, τη σχεδίαση, τους τύπους των υλικών με εγγυημένες επιδόσεις, τους τρόπους υλοποίησης, τον έλεγχο και την πιστοποίηση των επιδόσεών του.

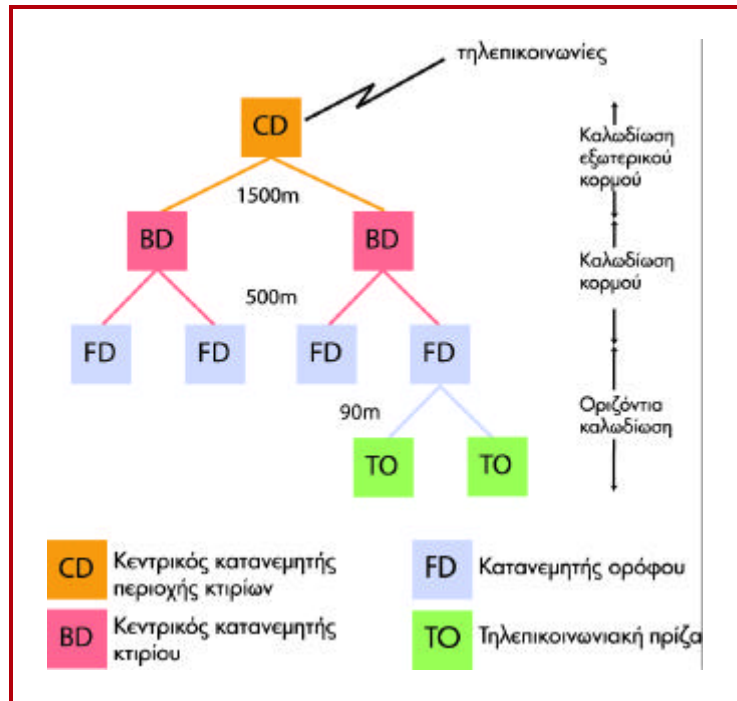
Η δομημένη καλωδίωση ενός κτιρίου ή ενός συγκροτήματος κτιρίων αποτελείται από τέσσερα (4) κύρια μέρη:

1. Κατανεμτές
2. Καλωδίωση κορμού (κατακόρυφη)
3. Οριζόντια καλωδίωση
4. Θέση εγκατάστασης

Τα χαρακτηριστικά ποιότητας και επιδόσεων μιας δομημένης καλωδίωσης, που είναι απολύτως αναγκαία ειδικά σε ένα δίκτυο υπολογιστών εξασφαλίζονται εάν τηρηθούν συστηματικά κατά την εγκατάσταση τα πρότυπα που δημοσιεύουν αναγνωρισμένοι οργανισμοί τυποποίησης και κυρίως:

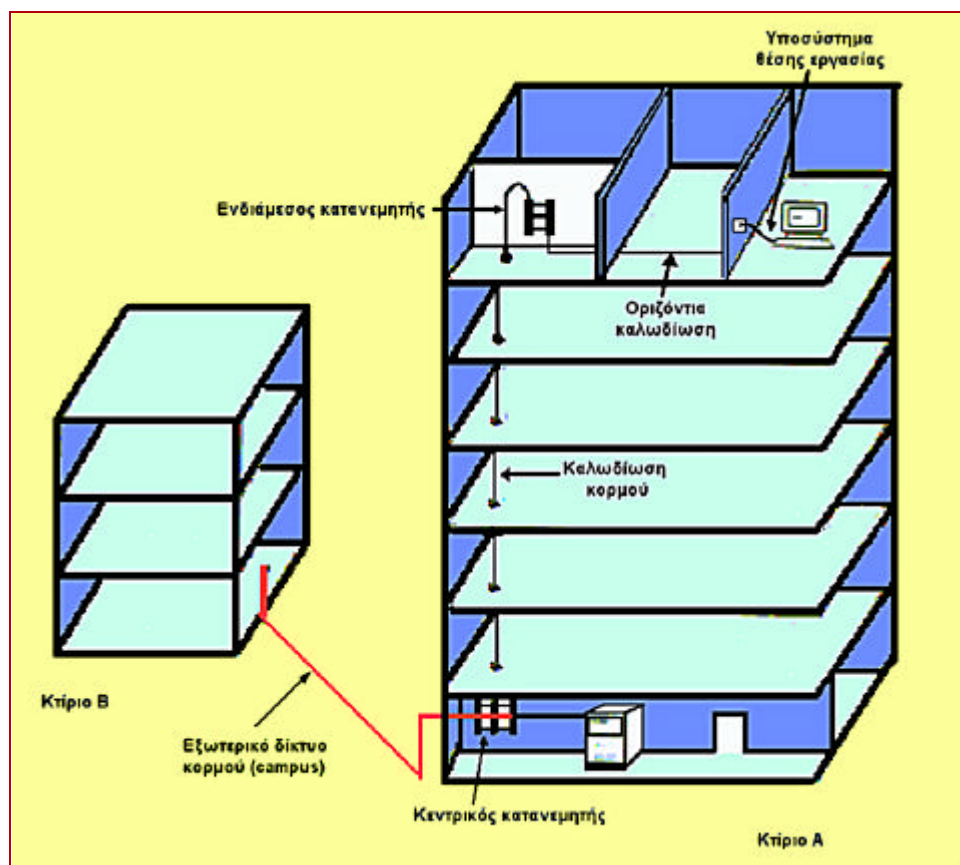
- 3 η ΕΙΑ/ΤΙΑ (Ένωση Ηλεκτρονικών Βιομηχανιών των ΗΠΑ και πιο συγκεκριμένα το τμήμα της, Ένωση Τηλεπικοινωνιακής Βιομηχανίας) και
- 3 ο ISO/IEC (Διεθνής Οργανισμός Τυποποίησης/ Διεθνής Επιτροπή Ηλεκτροτεχνικών).

Στο Σχήμα 1.2 φαίνεται η ιεραρχία στο δίκτυο δομημένης καλωδίωσης, που συνιστά το πρότυπο ISO 11801.



Σχήμα 1.2: Ιεραρχία στο δίκτυο δομημένης καλωδίωσης.

Στο Σχήμα 1.3 φαίνεται η ανάπτυξη σε κτίριο ενός δικτύου δομημένης καλωδίωσης.



Σχήμα 1.3:
Κύρια μέρη δομημένης καλωδίωσης.

1.2.1 Κατανεμτές

Όπως στην εγκατάσταση ισχυρών ρευμάτων υπάρχει ένας γενικός ηλεκτρικός πίνακας και μερικοί ηλεκτρικοί πίνακες (υποπίνακες), έτσι και στη δομημένη καλωδίωση υπάρχει ένας **κεντρικός κατανεμτής** και οι **ενδιάμεσοι κατανεμτές ορόφου**.

Οι θέσεις των κατανεμτών στο κτίριο βρίσκονται σε τέτοιους χώρους ώστε να απαιτείται το μικρότερο δυνατόν μήκος καλωδίων, να είναι εύκολα επισκέψιμοι και γενικά να παρέχουν ευελιξία σε κάθε αλλαγή χρήσης ή μετατροπή.

Στο χώρο που βρίσκεται ο κεντρικός κατανεμτής (αίθουσα κατανεμτή), τερματίζουν όλα τα καλώδια που έρχονται από τις πρίζες του κτιρίου. Εάν το κτίριο είναι μεγάλο, τοποθετείται και ενδιάμεσος κατανεμτής, ανά όροφο.

Κριτήριο για τον αριθμό των ενδιάμεσων κατανεμτών αποτελεί ο περιορισμός ότι η απόσταση κατανεμτή από υπάρχουσα ή μελλοντική πρίζα δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 90 μέτρα.

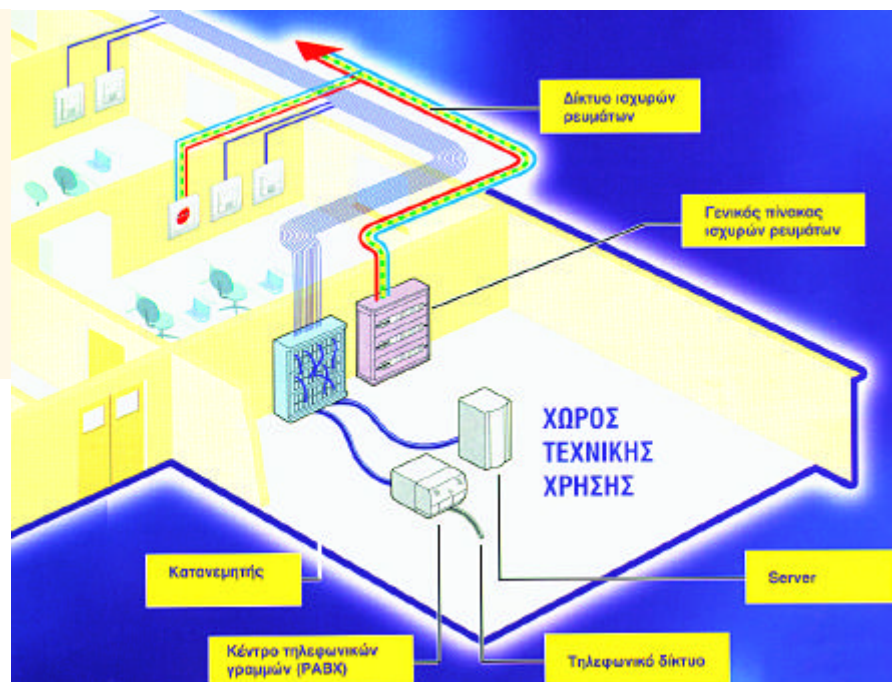
Επιφάνειες μεγάλων διαστάσεων, όπου οι διαδρομές των καλωδίων ξεπερνούν το επιτρεπτό μήκος, χωρίζονται σε περιοχές, η κάθε μία από τις οποίες αντιμετωπίζεται ως διαφορετικός όροφος και, συνεπώς, απαιτείται η χρήση ενδιάμεσου κατανεμτή στον ίδιο όροφο.

1.2.1.1 Κεντρικός κατανεμτής

Σε κτίρια επαγγελματικής χρήσης, ο κεντρικός κατανεμτής εγκαθίσταται σε ειδική αίθουσα, όπου έχουν πρόσβαση μόνο οι τεχνικοί, η οποία διαθέτει εγκατάσταση κλιματισμού με φιλτράρισμα του αέρα, για τη διατήρηση σταθερής θερμοκρασίας και υγρασίας αλλά και για την αποφυγή της σκόνης.

Στην ίδια αίθουσα συνυπάρχει:

- ✓ το **τηλεφωνικό κέντρο**,
- ✓ ο **κεντρικός εξυπηρετητής (server)** του δικτύου των ηλεκτρονικών υπολογιστών,
- ✓ **συστήματα συναγερμού, πυρανίχνευσης, ήχου** κ.λπ..



Σχήμα 1.4:
Χώρος τεχνικής χρήσης.

Η αίθουσα αυτή μπορεί να είναι ένα μικρό κλειστό δωμάτιο 5 έως 10 τετραγωνικών μέτρων ή, αν δεν είναι αυτό εφικτό, ένας χώρος απαλλαγμένος από άλλες χρήσεις και που κυρίως δεν περιέχει συσκευές ισχυρών ρευμάτων, π.χ. UPS (μονάδες αδιάλειπτης παροχής ισχύος), οι οποίες είναι δυνατόν να επηρεάζουν με το ηλεκτρομαγνητικό τους πεδίο.

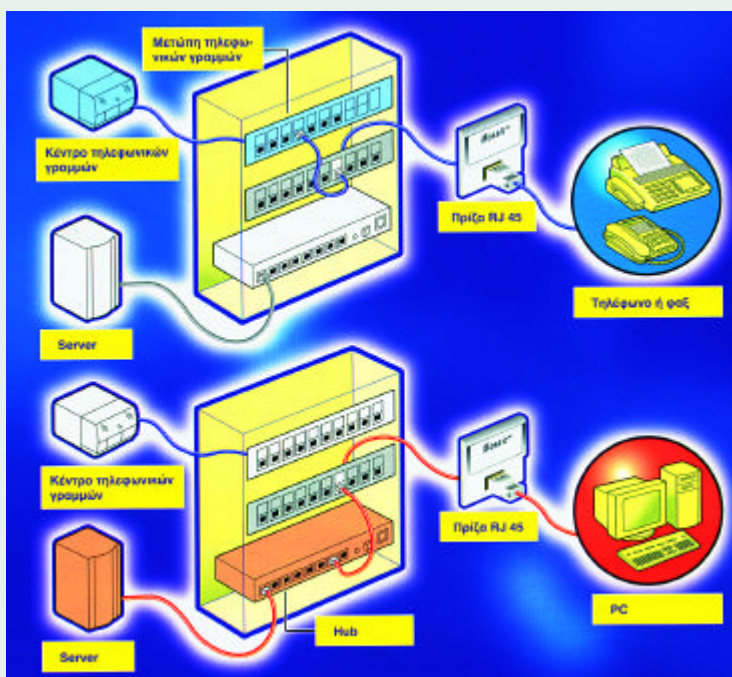
Αν το τηλεφωνικό κέντρο και ο κεντρικός εξυπηρετητής (server) του δικτύου των ηλεκτρονικών υπολογιστών ενός κτιρίου βρίσκονται σε διαφορετικά σημεία, τότε ο κεντρικός κατανεμητής εγκαθίσταται στο σημείο εισόδου των τηλεφωνικών γραμμών, για τον περιορισμό των καλωδιώσεων.

Στο χώρο που βρίσκεται ο κεντρικός κατανεμητής καταλήγει όλη η καλωδίωση των τηλεφώνων και των υπολογιστών του κτιρίου.

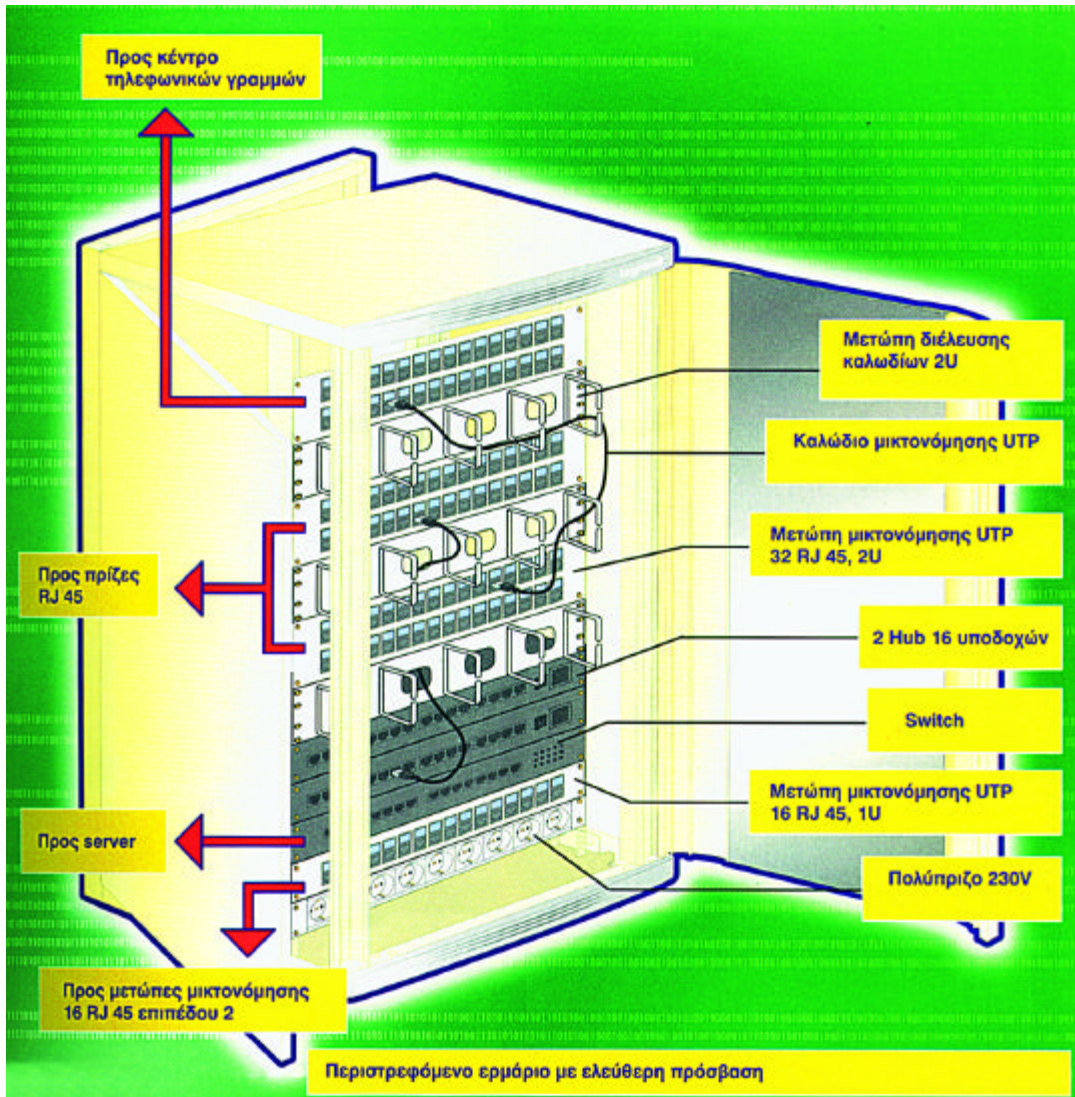
Βασική αρχή του κατανεμητή είναι η εξασφάλιση της ευελιξίας της καλωδίωσης σε κάθε μετατροπή ή αλλαγή χρήσης.

Στην πράξη, μέσα στον **κεντρικό κατανεμητή**:

- Ι Όλα τα καλώδια **από το τηλεφωνικό κέντρο** καταλήγουν σε μια **μετώπη μεικτονόμησης (patch panel)**.
- Ι Επίσης, όλα τα καλώδια από τις πρίζες τηλεφώνων καταλήγουν σε μια άλλη μετώπη μεικτονόμησης.
- Ι Οι δύο αυτές μετώπες μεικτονόμησης ενώνονται μεταξύ τους με τα **καλώδια μεικτονόμησης (patch cords)**.
- Ι Ανάμεσα στις δύο μετώπες, για να διευκολύνεται η διέλευση των καλωδίων μεικτονόμησης, μπορεί να τοποθετηθεί μία **μετώπη διευθέτησης**.
- Ι **Από τον κεντρικό εξυπηρετητή (Server)** το καλώδιο καταλήγει σε μία θύρα του **συγκεντρωτή (hub)** που βρίσκεται στο κάτω μέρος του κατανεμητή.
- Ι Όλα τα καλώδια από τις πρίζες υπολογιστών καταλήγουν σε μια μετώπη μεικτονόμησης (patch panel).
- Ι Οι υπόλοιπες θύρες του hub ενώνονται με τη μετώπη μεικτονόμησης (patch panel) μέσω των καλωδίων μεικτονόμησης (patch cords).
- Ι Ανάμεσα στο hub και τη μετώπη μεικτονόμησης, για να διευκολύνεται η διέλευση των καλωδίων μεικτονόμησης, μπορεί να τοποθετηθεί μία μετώπη διευθέτησης.



Σχήμα 1.5: Διαφορετικές μετώπες μεικτονόμησης για τις εφαρμογές φωνής (τηλέφωνα) και δεδομένων (υπολογιστές).



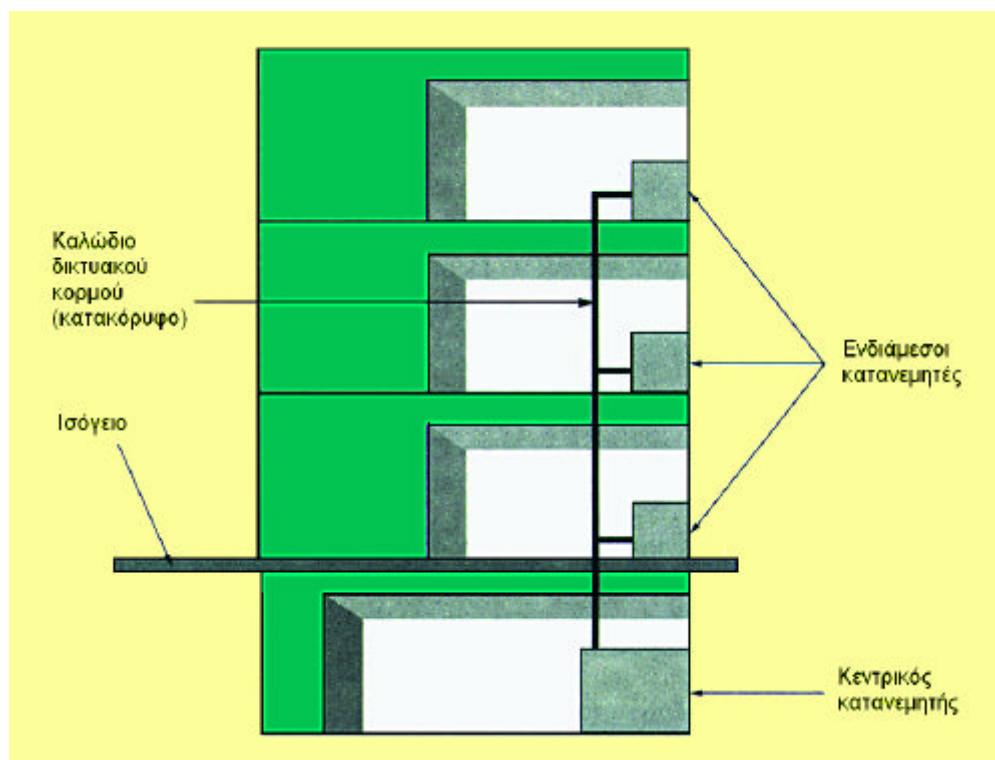
Σχήμα 1.6: Κεντρικός κατανεμτής.

1.2.1.2 Ενδιάμεσος κατανεμτής ορόφου

Ο ενδιάμεσος κατανεμτής είναι το σημείο τερματισμού της οριζόντιας καλωδίωσης του κάθε ορόφου. Τοποθετείται σε κεντρικό σημείο κάθε ορόφου και συνδέεται με κατακόρυφη καλωδίωση (καλωδίωση κορμού) με τον κεντρικό κατανεμτή του κτιρίου.

Στον ενδιάμεσο κατανεμτή γίνονται οι *μεικτονομήσεις* (διασυνδέσεις) μεταξύ οριζόντιας και κατακόρυφης καλωδίωσης.

Στη γενικότερη έννοια του κατανεμτή συμπεριλαμβάνονται συσκευές και εξαρτήματα που χρησιμοποιούνται για τη διανομή των σημάτων στον όροφο, όπως το κιβώτιο του κατανεμτή, οι οριολωρίδες ή οι μετώπες μεικτονόμησης (patch panel) καλωδίων χαλκού, οι μετώπες μεικτονόμησης (patch panel) καλωδίων οπτικών ινών (αν το απαιτεί η εφαρμογή), οι μετώπες διευθέτησης των καλωδίων, τα καλώδια μεικτονόμησης (patch cords) και τα ενεργά στοιχεία hub ή switch.



Σχήμα 1.7: Τοποθέτηση κατανομών σε κτίριο.

1.2.1.3 Εξαρτήματα κατανομών

1.2.1.3.1 Κιβώτιο κατανομή

Είναι τυποποιημένο χαλύβδινο μεταλλικό κιβώτιο, το οποίο επίσης καλείται καμπίνα ή Rack, κατάλληλης βαφής και με διαφανή γυάλινη πόρτα, η οποία φέρει κλειδαριά. Οι διαστάσεις του εξαρτώνται από το μέγεθος του δικτύου. Το εσωτερικό του είναι κατάλληλα διαμορφωμένο, ώστε να στηρίζει με ευκολία όλα τα εξαρτήματα του κατανομή ορόφου.

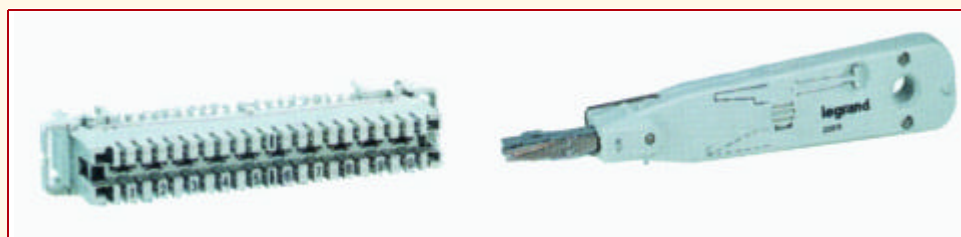
1.2.1.3.2 Οριολωρίδες

Είναι εξαρτήματα τερματισμού των καλωδίων (συνήθως των τηλεφωνικών) με τον τρόπο της ταχείας σφηνωτής σύνδεσης.

Από τη μια πλευρά των οριολωρίδων τερματίζουν τα καλώδια και από την άλλη αναχωρούν (όπως στις κλέμες) για την ίδια ή για άλλες κατευθύνσεις, π.χ. από κάθετη σε οριζόντια καλωδίωση.

Στις οριολωρίδες έχει επικρατήσει η χρήση σφηνωτού τύπου IDC (Insulation Displacement Contacts).

Ο τύπος αυτός επιτρέπει γρήγορη και ασφαλή σύνδεση των καλωδίων στην οριολωρίδα, με τη χρήση απλού εργαλείου, χωρίς να προαπαιτείται απογύμνωση του πλαστικού περιβλήματος των αγωγών.



Σχήμα 1.8: Οριολωρίδα και εργαλείο καλωδίωσης.

1.2.1.3.3 Μετώπες μεικτονόμησης (Patch Panel)

Αντί των οριολωρίδων, μπορούμε να χρησιμοποιούμε τις μετώπες μεικτονόμησης (Patch Panel). Οι μετώπες μεικτονόμησης είναι εξαρτήματα στα οποία καταλήγουν και σταθεροποιούνται τα καλώδια του οριζόντιου και κατακόρυφου δικτύου. Οι μετώπες μεικτονόμησης πρακτικά δείχνουν την **προέλευση** και τον **προορισμό** κάθε καλωδίου και διακρίνονται σε καλωδίων χαλκού συνεστραμμένων ζευγών και οπτικών ινών.

Για τα καλώδια των υπολογιστών και για τα καλώδια των τηλεφώνων χρησιμοποιούνται ξεχωριστές μετώπες μεικτονόμησης.

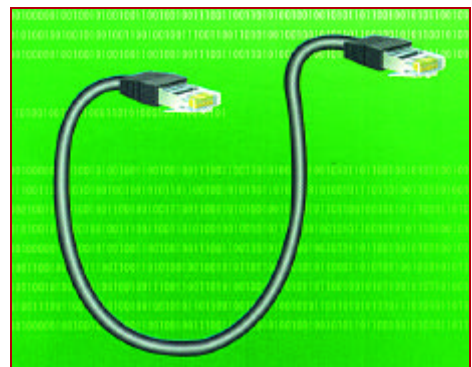
Μετώπες μεικτονόμησης καλωδίων χαλκού

Περιέχουν συνήθως 16, 24 ή 48 θέσεις από μηχανισμούς πριζών RJ45. Ανάλογα με τον τύπο του καλωδίου, χρησιμοποιείται και ο κατάλληλος μηχανισμός πριζών, RJ45 UTP, RJ45 FTP, RJ45 SFTP.

Οι μετώπες μεικτονόμησης έχουν συνήδως ύψος 4,5 cm και πλάτος 49 cm. Το τυποποιημένο ύψος των 4,5 cm ονομάζεται 1U (1 Unit = 1 μονάδα).



(α)



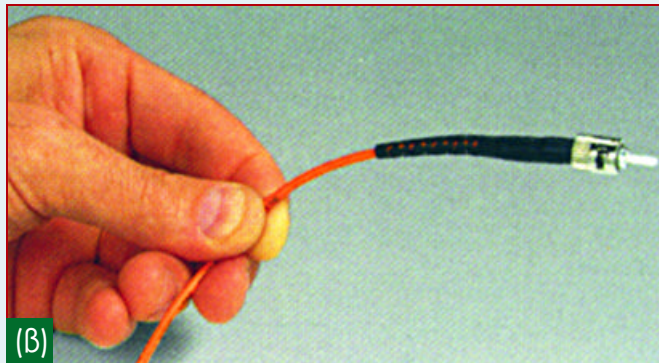
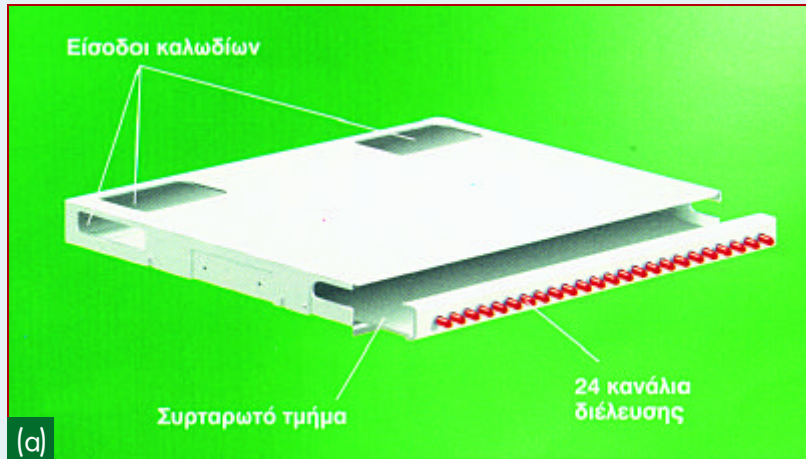
(β)

Σχήμα 1.9: Μετώπη μεικτονόμησης (patch panel) καλωδίου χαλκού (α) και καλώδιο μεικτονόμησης (patch cord) (β).

Οι μετώπες μεικτονόμησης (patch panels) μπορούν να χρησιμοποιούνται μαζί με τις οριολωρίδες ή αντί αυτών. Η χρήση των μετωπών μεικτονόμησης στους ενδιάμεσους καταναεμπές (προτιμάται στην περίπτωση συγκέντρωσης των καλωδίων που έρχονται από τους υπολογιστές) αυξάνει την ευελιξία του συστήματος καλωδίωσης, αυξάνει όμως και το κόστος έναντι των οριολωρίδων.

Μετώπες μεικτονόμησης (Patch Panel) καλωδίων οπτικών ινών

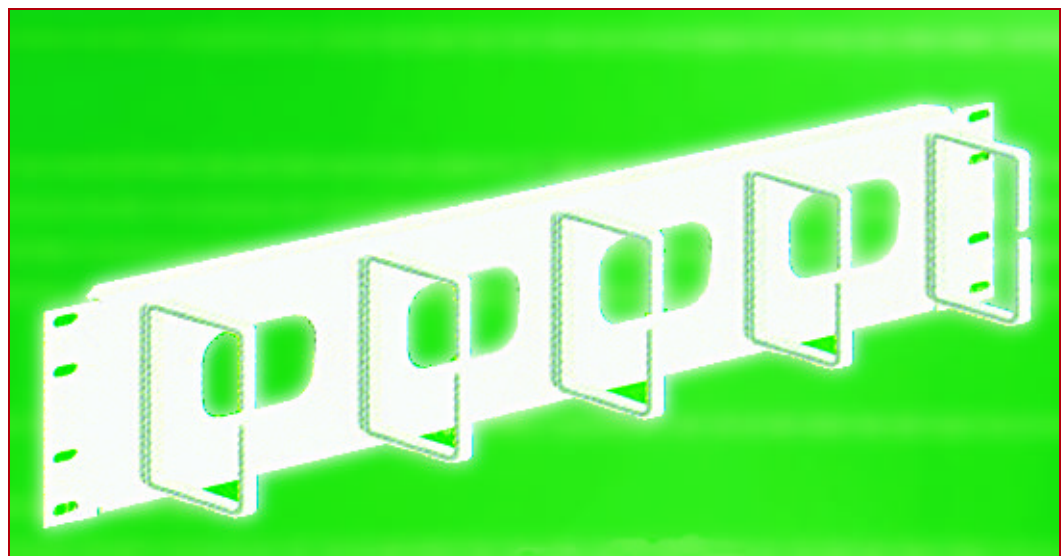
Είναι παρόμοιες με τις μετώπες μεικτονόμησης χάλκινων καλωδίων, αλλά φέρουν μηχανισμούς τερματισμού οπτικών ινών και όχι μηχανισμούς πριζών RJ45.



Σχήμα 1.10: Μετώπη μεικτονόμησης (patch panel) διασύνδεσης οπτικών ινών (α) και καλώδιο μεικτονόμησης (β).

1.2.1.3.4 Μετώπες διευθέτησης καλωδίων

Χρησιμοποιούν για την καλή οργάνωση και κυκλοφορία των καλωδίων μεικτονόμησης (patch cord). Με τις μετώπες διευθέτησης των καλωδίων γίνεται πιο εύκολη η κατακόρυφη, οριζόντια ή εγκάρσια διέλευση των καλωδίων.



Σχήμα 1.11: Μετώπη διευθέτησης καλωδίων.

1.2.1.3.5 Συγκεντρωτής (Hub)

Το hub (χαμπ) είναι ενεργή κομβική συσκευή που βοηθάει στην επέκταση ενός τοπικού δικτύου υπολογιστών με τη χρήση καλωδίωσης. Η συσκευή αυτή έχει συγκεκριμένο αριθμό θυρών (π.χ. 8, 16), στις οποίες μπορούν να συνδεθούν ισόποσες συσκευές περιφερειακών, όπως server, υπολογιστές, εκτυπωτές. Η κάθε συσκευή για παράδειγμα ένας υπολογιστής, συνδέεται μέσω καλωδίου συνεστραμμένων ζευγών με ακροδέκτη τύπου RJ45 σε μία θύρα (είσοδο) του hub. Το hub παραλαμβάνει το πακέτο δεδομένων που φθάνει στη θύρα εισόδου, το αναπαράγει και το στέλνει στις υπόλοιπες θύρες, για να μπορέσουν να το παραλάβουν οι λοιπές συνδεδεμένες συσκευές, πάλι μέσω ακροδέκτη τύπου RJ45 και καλωδίων συνεστραμμένων ζευγών.

Γενικά, ένα σύστημα δομημένης καλωδίωσης χρησιμοποιεί για το δίκτυο υπολογιστών μια τοπολογία αστέρα με τους σταθμούς εργασίας τοποθετημένους γύρω από το hub.

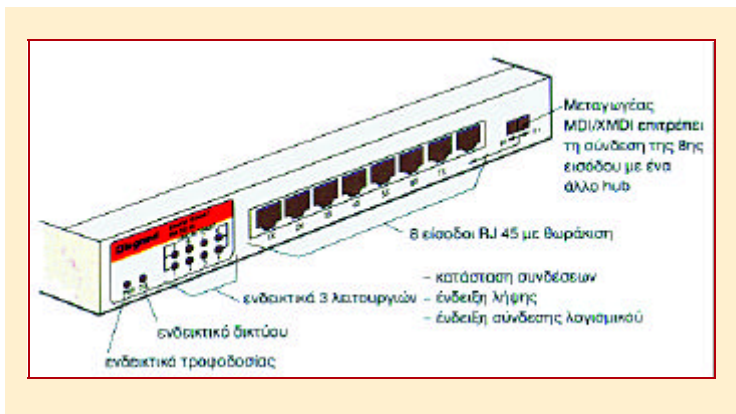
Για τη δυνατότητα επέκτασης του δικτύου, μπορούν να συνδεθούν σε σειρά μέχρι και τρία hub. Για

παράδειγμα, στην περίπτωση σύνδεσης δύο hub 16 θυρών, η τελευταία θύρα του πρώτου hub συνδέεται με ένα καλώδιο γεφύρωσης με την πρώτη θύρα του δεύτερου hub. Με αυτό τον τρόπο μπορούν, αντί των 16 περιφερειακών συσκευών, να συνδεθούν τελικά ακτινωτά 30 περιφερειακές συσκευές.

Σε κάθε κατανεμητή υπάρχει ένα hub που τοποθετείται συνήθως στο κάτω μέρος. Στο hub φθάνουν τα καλώδια που έρχονται από τις περιφερειακές συσκευές του δικτύου υπολογιστών, αφού περάσουν από την αντίστοιχη μετώπη μεικτονόμησης (patch panel) του κατανεμητή.

Το hub του κεντρικού κατανεμητή ενώνεται με ένα καλώδιο με τον κεντρικό εξυπηρετητή (server). Πάνω από το hub τοποθετούνται η μετώπη διευθέτησης καλωδίων (αν υπάρχει) και η μετώπη μεικτονόμησης. Με καλώδια μεικτονόμησης, ενώνονται οι θύρες (είσοδοι/ έξοδοι) του hub με τη μετώπη μεικτονόμησης.

Κάθε hub τροφοδοτείται στην πίσω του πλευρά από το δίκτυο (230V) μέσω μετασχηματιστή, ενώ στη μπροστινή του πλευρά φέρει ενδεικτικές φωτοδιόδους (led) λειτουργίας και τροφοδοσίας.



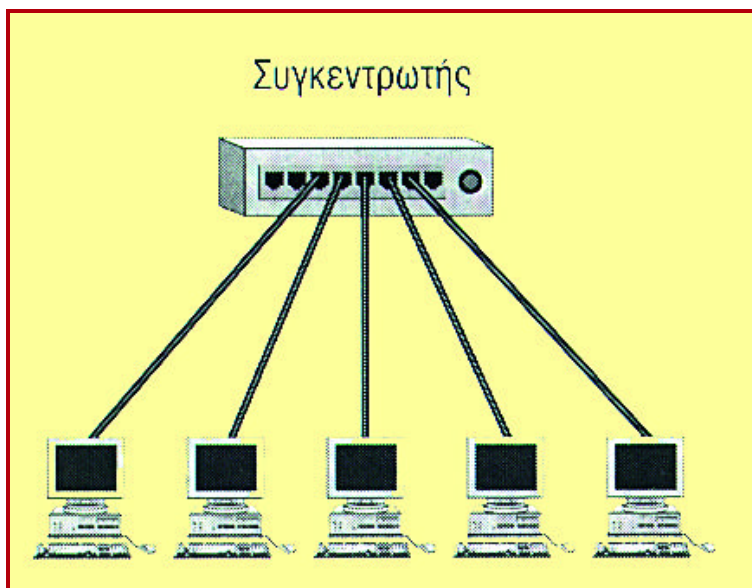
Σχήμα 1.12: Συγκεντρωτής (hub).

Η κομβική ενεργή συσκευή **switching hub** (ή απλά **switch** = **διακόπτης**) εκτελεί παρόμοια λειτουργία με το hub, δηλαδή προωθεί το πακέτο δεδομένων από τη θύρα εισόδου στις θύρες εξόδου. Μόνο που δεν προωθεί το πακέτο δεδομένων σε όλες τις θύρες εξόδου, όπως το hub, αλλά επιλέγει σε ποια θύρα θα το προωθήσει, αμέσως μετά την ανάγνωση της επικεφαλίδας του και την αναγνώριση του προορισμού του. Δηλαδή, στέλνει τα δεδομένα μόνο σε επιλεγμένο προορισμό (π.χ. τερματικό) και έτσι δε μειώνεται

η ταχύτητα μεταφοράς των δεδομένων, όπως στο hub. Για παράδειγμα, σε ένα switch 10 Base T, κάθε θύρα εξόδου μπορεί να έχει ανώτατη χωρητικότητα δεδομένων 10 Mb/s, ενώ σε ένα hub 10 Base T, η ίδια χωρητικότητα μοιράζεται σε όλες τις θύρες εξόδου. Το switch όμως κοστίζει περισσότερο, γι' αυτό και προτιμάται η χρήση του σε εφαρμογές οι οποίες μεταφέρουν μεγάλο όγκο δεδομένων.

Ο **δρομολογητής (router)** είναι ενεργό στοιχείο που δημιουργεί έναν κόμβο δικτύου ικανό να κατευθύνει τα δεδομένα προς διάφορες κατευθύνσεις, επιλέγοντας τη βέλτιστη διαδρομή, μέσω ενός ή περισσότερων ενδιάμεσων σταθμών. Ο δρομολογητής λειτουργεί με βάση τις έννοιες «διαδρομή» και «διεύθυνση».

Ο δρομολογητής παρεμβάλλεται μεταξύ του τοπικού δικτύου και άλλων δικτύων ή του διαδικτύου (internet), δηλαδή μας συνδέει με άλλα τοπικά δίκτυα ή με το διαδίκτυο. Τοποθετείται συνήθως στον κεντρικό κατανεμνή, μεταξύ της μετώπης μεικτονόμησης (patch panel) και του hub ή μεταξύ της μετώπης μεικτονόμησης και του κεντρικού εξυπηρετητή (server).



Σχήμα 1.13: Τυπική συνδεσμολογία hub.

Η εφαρμογή της δομημένης καλωδίωσης έχει νόημα όταν:

- α) κάθε κεντρική συσκευή, για παράδειγμα τηλεφωνικό κέντρο ή κεντρικός υπολογιστής(μέσω hub) τερματίζει πάντα σε μια μετώπη μεικτονόμησης (patch panel) ή σε μια οριολωρίδα,**
- β) κάθε καλώδιο που προέρχεται από τις τερματικές συσκευές (τηλέφωνα, υπολογιστές, εκτυπωτές, fax, κ.λπ.) τερματίζει επίσης πάντα σε μια άλλη μετώπη μεικτονόμησης (patch panel) ή σε μια οριολωρίδα,**
- γ) οι μετώπες μεικτονόμησης ή οι οριολωρίδες συνδέονται μεταξύ τους με τα καλώδια μεικτονόμησης (patch cords).**

1.2.2 Καλωδίωση κορμού

Η καλωδίωση κορμού συνδέει τους ενδιάμεσους κατανεμνές ορόφων με τον κεντρικό κατανεμνή. Επίσης, στο δίκτυο κορμού ανήκουν και οι συνδέσεις των σημείων εισαγωγής (παροχή τηλεπικοινωνιακού δικτύου ΟΤΕ) αλλά και οι διασυνδέσεις μεταξύ κτιρίων, σε περίπτωση που εξυπηρετούνται περισσότερα κτίρια με το ίδιο δίκτυο δομημένης καλωδίωσης. Για λειτουργικούς λόγους, το δίκτυο κορμού διακρίνεται σε εσωτερικό και εξωτερικό δίκτυο.

1.2.2.1 Εσωτερικό δίκτυο κορμού

Αυτό αναφέρεται στο εσωτερικό ενός κτιρίου. Το εσωτερικό δίκτυο κορμού ονομάζεται και κατακόρυφο δίκτυο ή κατακόρυφος κορμός (backbone ή riser). Αποτελείται από τα καλώδια και το σχετικό υλικό διασύνδεσης για τη σύνδεση των ενδιάμεσων κατανεμπτών του κτιρίου. Η σύνδεση των καλωδίων κορμού γίνεται σε διάταξη αστέρα, όπου στο κέντρο βρίσκεται ο κεντρικός κατανεμπτής και στα άκρα οι ενδιάμεσοι κατανεμπτές. Δηλαδή, κάθε ενδιάμεσος κατανεμπτής ορόφου συνδέεται μόνο με τον κεντρικό κατανεμπτή, ενώ οι ενδιάμεσοι κατανεμπτές δεν συνδέονται μεταξύ τους.

Σε ένα εκτεταμένο κτίριο, είναι δυνατόν να τοποθετούνται περισσότερα του ενός συστήματα κατακόρυφης καλωδίωσης.

1.2.2.1.1 Καλώδια εσωτερικού κορμού

Ανάλογα με την εφαρμογή, χρησιμοποιούνται συνήθως καλώδια UTP ή STP κατηγορίας 5 και μεγαλύτερης, πολλών ζευγών, ή καλώδια οπτικών ινών (STP- Shielded Twisted Pair) χαρακτηριστικής αντίστασης 100 Ω.

Ο όρος UTP (προφέρεται Γιου Τι Πι -Unshielded Twisted Pair) αναφέρεται σε καλώδια από χαλκό με συνεστραμμένα ζεύγη, αθωράκιστα και με χαρακτηριστική αντίσταση 100 Ω.

Ο όρος STP (Shielded Twisted Pair) αναφέρεται σε καλώδια από χαλκό με συνεστραμμένα ζεύγη τα οποία φέρουν θωράκιση.

Το Cat. 5 (Κατηγορία 5) υποδηλώνει ότι τα καλώδια αυτά χρησιμοποιούνται για συχνότητες μέχρι 100 MHz. Η μεγαλύτερη κατηγορία καλωδίων, π.χ. 5E ή 6, υποδηλώνει ότι τα καλώδια αυτά έχουν καλύτερα ποιοτικά χαρακτηριστικά και χρησιμοποιούνται για συχνότητες μεγαλύτερες των 100 MHz.

(Με τα χαρακτηριστικά των καλωδίων των συνεστραμμένων ζευγών και των οπτικών ινών θα ασχοληθούμε αναλυτικά στο κεφάλαιο «Μέσα Μετάδοσης»).

Ο συνηθέστερος τύπος καλωδίου που χρησιμοποιείται στον εσωτερικό κορμό είναι το UTP των 25 ζευγών, με χάλκινους μονόκλωνους αγωγούς διαμέτρου 24 AWG¹ ($\Phi = 0,5$ mm περίπου).

Το καλώδιο του κορμού μπορεί να αποτελείται από πολλές ομάδες UTP των 25 ζευγών, οι οποίες είναι ανεξάρτητες μεταξύ τους και ξεχωρίζουν γιατί συνήθως περιβάλλονται από πλαστικές ταινίες χρωματικά κωδικοποιημένες.

Το καλώδιο προστατεύεται με θερμοπλαστικό περίβλημα ή άλλο άκαυστο υλικό, ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να φέρει και μεταλλικό προστατευτικό περίβλημα σε μορφή ταινίας.

Σε δυσμενείς περιπτώσεις, όπως είναι για παράδειγμα οι ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές και οι μεγάλες αποστάσεις, είναι προτιμότερο στην κατακόρυφη καλωδίωση να χρησιμοποιείται καλώδιο οπτικών ινών.

¹ Το AWG (American Wire Gauge) χρησιμοποιείται στη δομημένη καλωδίωση ως πρότυπη μονάδα μέτρησης της διαμέτρου ενός σύρματος.

Η μείξη καλωδίων διαφορετικού τύπου στην ίδια καλωδίωση πρέπει να αποφεύγεται, γιατί δημιουργούνται προβλήματα στη μετάδοση δεδομένων. Για παράδειγμα, αν έχουμε στην οριζόντια καλωδίωση UTP, πρέπει να αποφεύγουμε να συνεχίσουμε στον κορμό με STP.

1.2.2.2 Εξωτερικό δίκτυο κορμού

Συχνά, ένα ίδρυμα, ένας οργανισμός ή μια επιχείρηση επεκτείνονται σε περισσότερα από ένα κτίρια (π.χ. νοσοκομεία, πανεπιστήμια, αεροδρόμια κ.ά.).

Για να καλυφθούν οι ανάγκες για δομημένη καλωδίωση, ο κεντρικός κατανεμητής όλης της καλωδίωσης τοποθετείται συνήθως στο ισόγειο ενός κεντρικού κτιρίου και από εκεί ακτινωτά, σε μορφή αστέρα, συνδέονται τα υπόλοιπα κτίρια. Δηλαδή, ο κεντρικός κατανεμητής του επιλεγμένου κεντρικού κτιρίου συνδέεται με ανεξάρτητο καλώδιο με καθέναν από τους κεντρικούς κατανεμητές των υπόλοιπων κτιρίων. Αυτός ο τρόπος σύνδεσης έχει το πλεονέκτημα του κεντρικού ελέγχου και διαχείρισης.

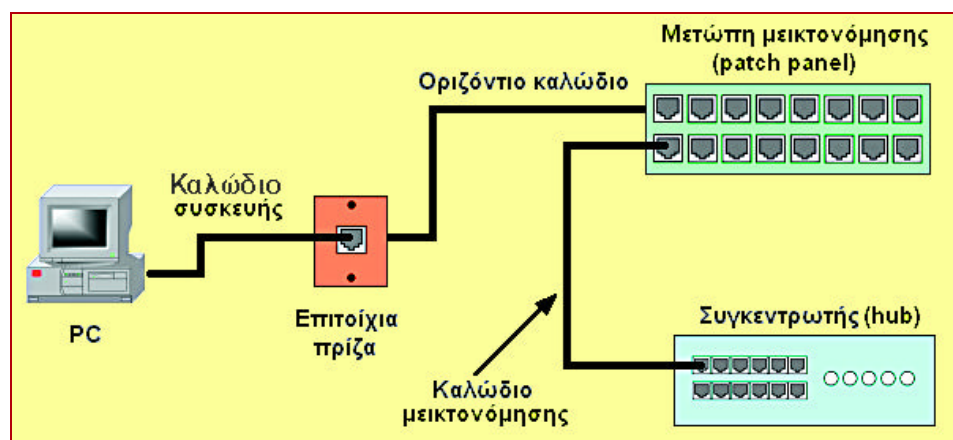
Τα καλώδια για τη διασύνδεση των κτιρίων μαζί με τον απαιτούμενο εξοπλισμό αποτελούν το εξωτερικό δίκτυο κορμού. Λόγω της ευρύτερης περιοχής που καλύπτει αυτό το εξωτερικό δίκτυο, συχνά συναντάται και με τον όρο *campus* (πανεπιστημιούπολη).

Τα καλώδια που χρησιμοποιούνται, επειδή οδεύουν εξωτερικά και υπόγεια, μπορεί να είναι UTP για τη φωνή αλλά με την κατάλληλη θωράκιση και προστασία (π.χ. έναντι υγρασίας, τρωκτικών, τραυματισμών λόγω εκσκαφών κ.ά.). Συνηθέστερα όμως, λόγω της μεταφοράς μεγάλου όγκου δεδομένων και των μεγάλων αποστάσεων, χρησιμοποιούνται οι οπτικές ίνες, με την κατάλληλη εξωτερική προστασία.

1.2.3 Οριζόντια καλωδίωση

Στον όρο αυτό συμπεριλαμβάνονται το **καλώδιο σύνδεσης** από τον κατανεμητή ορόφου μέχρι τις πρίζες των τερματικών συσκευών (π.χ. τηλέφωνα, υπολογιστές), οι **πρίζες** των τερματικών συσκευών και οι **τερματικοί συνδετήρες** στην **οριολωρίδα** τερματισμού του κάθε καλωδίου ή της μετώπης μεικτονόμησης και του hub.

Η οριζόντια καλωδίωση αποτελείται πρακτικά από δύο όμοιες καλωδιώσεις. Μία για τις εφαρμογές φωνής και γραπτού κειμένου (τηλεφωνία) και μία για τις εφαρμογές δεδομένων (δίκτυα υπολογιστών).



Σχήμα 1.14: Οριζόντια καλωδίωση για τη μεταφορά δεδομένων.

Στην καλωδίωση της εφαρμογής δεδομένων, από την κάθε τερματική πρίζα το καλώδιο οδηγείται στον κατανεμητή ορόφου και συγκεκριμένα πρώτα στη μετώπη μεικτονόμησης (patch panel) και μετά στο hub.

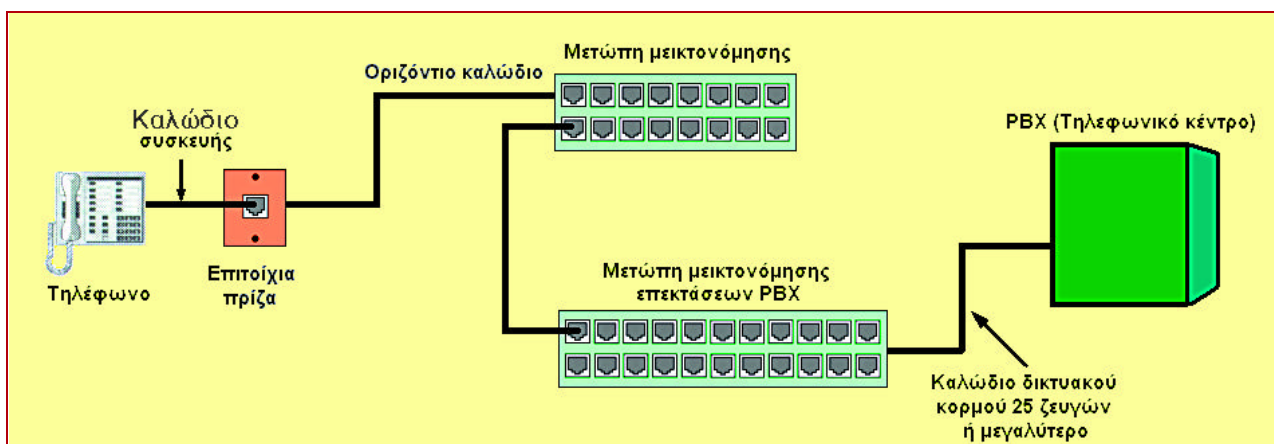
Το μέγιστο μήκος καλωδίου από την πρίζα μέχρι την πρώτη σύνδεση στη μετώπη του κατανεμητή ορόφου είναι 90 μέτρα.

Το μέγιστο μήκος του καλωδίου από τον υπολογιστή μέχρι το hub του κατανεμητή είναι 100 μέτρα.

Μια επιχείρηση μπορεί να εκτείνεται σε ένα επίπεδο πολλών τετραγωνικών μέτρων. Τότε η επιφάνεια χωρίζεται σε ζώνες και αντιμετωπίζεται σα να υπάρχουν περισσότεροι όροφοι. Έτσι τηρείται ο περιορισμός των 90 μέτρων.

Δηλαδή, το μήκος του καλωδίου από τον υπολογιστή μέχρι την πρίζα και του καλωδίου μεικτονόμησης μέσα στον κατανεμητή (από τη μετώπη μεικτονόμησης μέχρι το hub) πρέπει να είναι μικρότερο ή ίσο από 10 μέτρα.

Στην καλωδίωση της εφαρμογής φωνής (τηλέφωνο) και γραπού κειμένου (fax), το καλώδιο οδηγείται ομοίως από την κάθε τερματική πρίζα στον κατανεμητή ορόφου, μόνο που φυσικά δεν υπάρχει hub, αλλά υπάρχει συνήθως μια μετώπη μεικτονόμησης. Στον κεντρικό κατανεμητή όμως, εκτός από τη μετώπη μεικτονόμησης όπου καταλήγουν όλα τα καλώδια των τηλεφωνικών πριζών των ορόφων, υπάρχει και η μετώπη μεικτονόμησης όπου καταλήγουν όλες οι γραμμές του τηλεφωνικού κέντρου.



Σχήμα 1.15: Οριζόντια καλωδίωση τηλεφωνίας στο επίπεδο του κεντρικού κατανεμητή όπου βρίσκεται και το τηλεφωνικό κέντρο.

1.2.3.1 Καλώδια οριζόντιας καλωδίωσης

Για την εγκατάσταση της οριζόντιας καλωδίωσης, πρέπει να είναι γνωστή η διαδρομή που θα ακολουθήσουν τα καλώδια. Τα καλώδια είναι δυνατόν να τοποθετηθούν σε σωλήνες, κανάλια πλαστικά ή μεταλλικά, σχάρες ανοικτές ή κλειστές κ.λπ.. Η τοποθέτησή τους μπορεί να γίνει στο δάπεδο, σε ψευδοροφές, σε ψευδοδάπεδο, σε ψευδοκολώνες, επίτοιχα ή χωνευτά.

Ο τρόπος εγκατάστασης πρέπει να είναι τέτοιος που να διευκολύνει τη συντήρηση, τον έλεγχο, την επανατοποθέτηση καλωδίων και να επιτρέπει τη δυνατότητα επέκτασης του δικτύου.

Στην οριζόντια καλωδίωση χρησιμοποιούμε συνήθως καλώδια UTP, αθωράκιστα των 4 συνεστραμμένων ζευγών από χαλκό, κατηγορίας 5 και πάνω.

Εκτός από τα καλώδια UTP, στην οριζόντια καλωδίωση μπορούμε, σε ειδικές περιπτώσεις, να χρησιμοποιήσουμε και άλλους τύπους καλωδίων, όπως:

- ✓ Καλώδιο χαλκού 4 συνεστραμμένων ζευγών με θωράκιση (STP- Shielded Twisted Pair), χαρακτηριστικής αντίστασης 100 Ω.
- ✓ Καλώδιο οπτικής ίνας με διαμέτρου πυρήνα/ περιβλήματος τα 62,5/125 μm.

Η επιλογή του κατάλληλου τύπου καλωδίου (απλού ή θωρακισμένου) γίνεται ανάλογα με την ηλεκτρομαγνητική φόρτιση του περιβάλλοντος χώρου και τον απαιτούμενο βαθμό αξιοπιστίας στην μετάδοση. Συνήθως, σε οικιακούς, εργασιακούς και πανεπιστημιακούς χώρους χρησιμοποιείται απλό καλώδιο UTP. Σε ειδικές εφαρμογές, όπως είναι εγκαταστάσεις αεροδρομίων, αλλά και σε βιομηχανικούς χώρους χρησιμοποιούνται θωρακισμένα καλώδια.

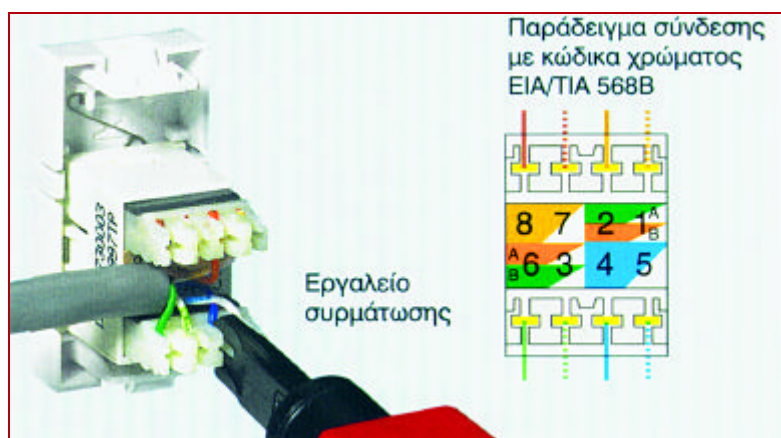
1.2.3.2 Πρίζες

Η πρίζα είναι το εξάρτημα στο οποίο καταλήγει το οριζόντιο δίκτυο της δομημένης καλωδίωσης στη θέση εργασίας. Πάνω στην πρίζα συνδέεται ο τερματικός εξοπλισμός (υπολογιστές, εκτυπωτές, τηλέφωνα κ.λπ.).

Ο συνηθέστερος τύπος πρίζας είναι ο RJ45 με 8 επαφές.

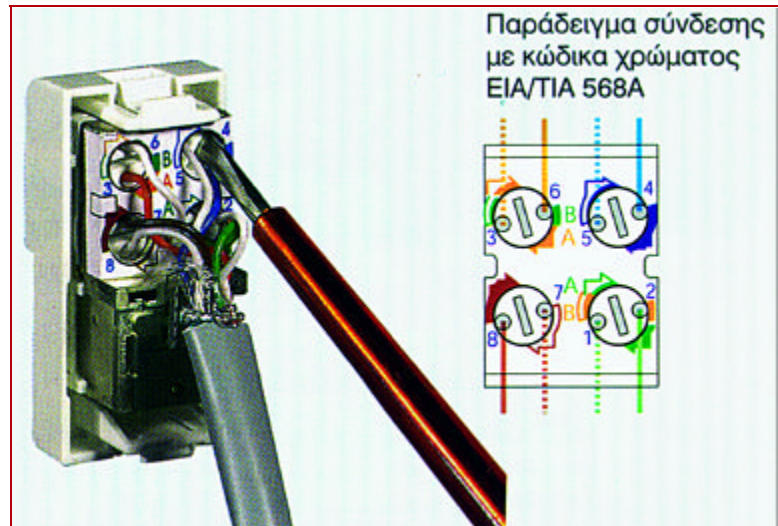
Ο τερματισμός του καλωδίου στην πρίζα γίνεται με συγκεκριμένο τρόπο και μπορεί να είναι, όπως φαίνεται στα ακόλουθα σχήματα:

3 ταχείας σφηνωτής σύνδεσης



Σχήμα 1.16: Ταχεία σφηνωτή σύνδεση.

3 ή ταχείας σύνδεσης με στρέψη



Σχήμα 1.17: Ταχεία σύνδεση με στρέψη.

Οι πρίζες όλων των εταιρειών έχουν τυποποιημένη μορφή έτσι ώστε να διαθέτουν τα ίδια χαρακτηριστικά. Οι πρίζες διατίθενται στο εμπόριο σε τρεις τύπους:

- 3 επίτοιχες,
- 3 χωνευτού τύπου και
- 3 αυτές που τοποθετούνται σε κανάλι.

Ανάλογα με τον τύπο του καλωδίου που καταλήγει σε αυτές, οι πρίζες διακρίνονται σε κατηγορίες:

Πρίζα RJ45, UTP

Σ' αυτές τις πρίζες τερματίζουν καλώδια UTP 4 ζευγών.



Πρίζα RJ45, FTP 9 επαφών

Σ' αυτές τις πρίζες τερματίζουν καλώδια FTP 4 ζευγών καθώς και η θωράκισή τους. Στο πίσω τους μέρος φέρουν μεταλλικό πλαίσιο για προστασία από ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές.

Πρίζα RJ45, STP 9 επαφών

Σ' αυτές καταλήγουν STP καλώδια 4 ζευγών καθώς και η θωράκισή τους.



Σχήμα 1.18: Πρίζες RJ45.

Οι διάφοροι τύποι πριζών έχουν συνήθως εξωτερικά την ίδια εμφάνιση. Διαφέρουν όμως στο μηχανισμό που φέρουν εσωτερικά.

Όλες οι πρίζες πρέπει να φέρουν στο εμπρόσθιο μέρος ετικέτα για την αρίθμηση της θέσης που ταιριάζει με την αρίθμηση της κατάληξης του κατανεμητή (π.χ. από το Νο7 στο Νο7). Στο οπίσθιο μέρος πρέπει να φέρουν αρίθμηση ή χρωματική κωδικοποίηση για τη σωστή σύνδεση των καλωδίων. Ανάλογα με τον τύπο και την ποιότητα της κατασκευής, οι πρίζες μπορεί να είναι μονές ή διπλές, με προστατευτικό κάλυμμα ή χωρίς.

1.2.4 Θέση εργασίας

Τα βασικότερα στοιχεία που συναντάμε στη θέση εργασίας είναι τα καλώδια και οι συνδετήρες (*connectors*), που συνδέουν τον εξοπλισμό των θέσεων εργασίας με τις πρίζες του καλωδιακού συστήματος.

Ο εξοπλισμός μιας θέσης εργασίας μπορεί να περιλαμβάνει υπολογιστή, τηλέφωνο, fax, εικονοτηλέφωνο, εκτυπωτή κ.λπ.

Το καλώδιο σύνδεσης της συσκευής με την πρίζα πρέπει να είναι ελεύθερο, εύκαμπτο καλώδιο, μήκους συνήθως μέχρι 3 μέτρων.

Το καλώδιο σύνδεσης μπορεί να αυξηθεί και πέρα από τα 3 μέτρα, αρκεί να μην ξεπεραστεί ο περιορισμός για τη μέγιστη απόσταση των 100 μέτρων (το μήκος του καλωδίου από την πρίζα μέχρι τη συσκευή + το μήκος του καλωδίου από την πρίζα μέχρι τον κατανεμητή ορόφου + το μήκος του καλωδίου μεικτονόμησης).

Σε κάθε θέση εργασίας πρέπει να τοποθετούνται **τουλάχιστον** δύο πρίζες RJ45, η μία για τηλεφωνία και η άλλη για δεδομένα (data).

Συνιστάται στη δεξιά πρίζα να τερματίζουν τα καλώδια των δεδομένων και στην αριστερή πρίζα να τερματίζουν τα καλώδια των τηλεφωνικών συνδέσεων. (Η πρίζα RJ45 είναι λίγο μεγαλύτερη από τη συνήθη τηλεφωνική πρίζα).

Ο συνολικός αριθμός των πριζών εξαρτάται από τις προβλεπόμενες ανάγκες. Σε μία θέση εργασίας μπορούμε να έχουμε και πέντε (5) πρίζες: τέσσερις (4) για συσκευές όπως τηλέφωνο, υπολογιστή, εκτυπωτή, fax και μία εφεδρική.

Ο ηλεκτρολόγος εγκαταστάτης, για να υπολογίσει τον απαιτούμενο αριθμό πριζών ενός μεγάλου χώρου, πρέπει να λάβει υπόψη του ότι οι σημερινές ανάγκες απαιτούν 2 πρίζες τουλάχιστον για κάθε 10m² χώρου.



Σχήμα 1.19: Διάταξη θέσεων εργασίας.

Μερικές φορές, κατά τη σύνδεση του εξοπλισμού με τις πρίζες, απαιτούνται προσαρμογές. Οι προσαρμογές αυτές πρέπει να γίνονται μόνο εξωτερικά της πρίζας.

Παρακάτω αναφέρονται ορισμένες από τις πιο συχνές περιπτώσεις όπου απαιτείται ειδική κατά περίπτωση αντιμετώπιση με τον κατάλληλο προσαρμογέα:

- ! Το φως μιας συσκευής δεν ταιριάζει με τον τύπο της πρίζας της οριζόντιας καλωδίωσης.
- ! Ο τύπος του καλωδίου της συσκευής διαφέρει από τον τύπο καλωδίου της οριζόντιας καλωδίωσης.
- ! Δύο συσκευές συνδέονται στην ίδια πρίζα.
- ! Απευθείας σύνδεση δύο υπολογιστών (οπότε απαιτούνται αλλαγές στη διάταξη ακροδεκτών, π.χ. cross RS-232).
- ! Απαιτούνται αντιστάσεις τερματισμού.

Ποτέ δεν πρέπει να αλλάζει εσωτερικά μια πρίζα, για να βοηθήσει ένα σύστημα να δουλέψει.

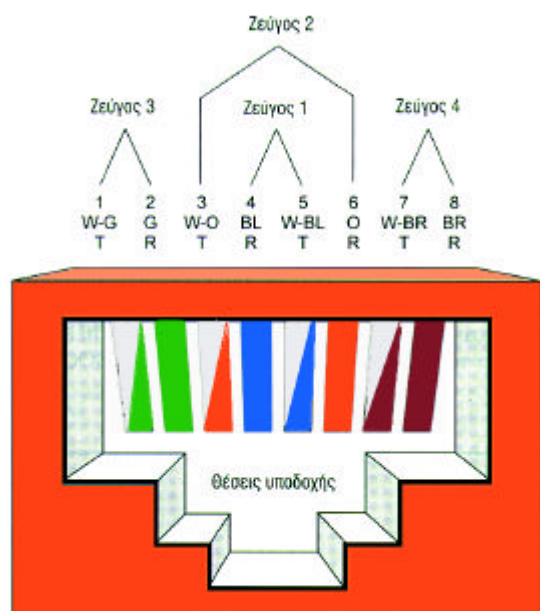
Οι πρίζες RJ45 πρέπει να είναι τουλάχιστον κατηγορίας 5, με διπλές παροχές. Καλό είναι να προτιμώνται οι πρίζες που οι έξοδοι τους είναι υπό γωνία στο κάτω μέρος της πρίζας, έτσι ώστε να μειώνεται ο κίνδυνος να χτυπηθεί το καλώδιο σύνδεσης ή να τσακίσει.

Κάθε καλώδιο σύνδεσης των τεσσάρων ζευγών (4') πρέπει να καταλήγει σε μια υποδοχή πρίζας των οκτώ ακροδεκτών στη θέση εργασίας.

Η αντιστοιχία των ακροδεκτών με τα ζεύγη πρέπει να είναι σύμφωνα με το πρότυπο EIA/TIA-568A ή με το πρότυπο EIA/TIA-568B. Πάντως, όποιο πρότυπο επιλεγεί πρέπει να διατηρηθεί σε όλη την εγκατάσταση.

Πίνακας 1.1: Αντιστοιχία ακροδεκτών κατά το πρότυπο TIA 568A.

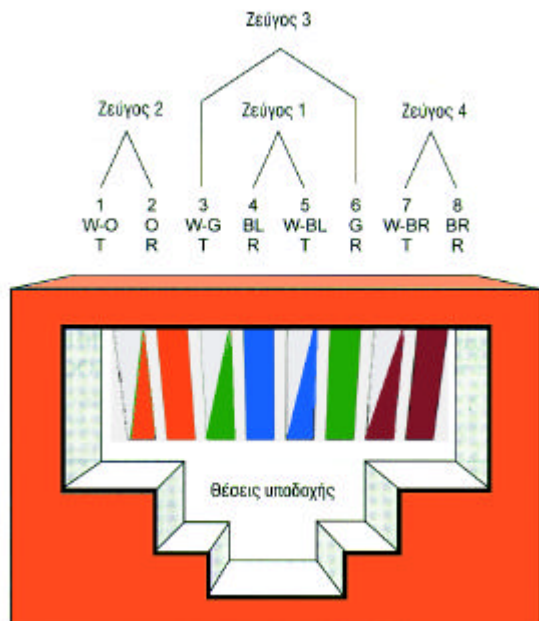
Ακίδα	Χρώμα σύρματος
1	Άσπρο/πράσινο (W-G)
2	Πράσινο (G)
3	Άσπρο/πορτοκαλί (W-O)
4	Μπλε (BL)
5	Άσπρο/μπλε (W-BL)
6	Πορτοκαλί (O)
7	Άσπρο/καφέ (W-BR)
8	Καφέ (BR)



Σχήμα 1.20: Σύνδεση πρίζας με το πρότυπο TIA 568A.

Πίνακας 1.2: Αντιστοιχία ακροδεκτών κατά το πρότυπο TIA 568B.

Ακίδα	Χρώμα σύρματος
1	Άσπρο/πορτοκαλί (W-O)
2	Πορτοκαλί (O)
3	Άσπρο/πράσινο (W-G)
4	Μπλέ (BL)
5	Άσπρο/μπλέ (W-BL)
6	Πράσινο (G)
7	Άσπρο/καφέ (W-BR)
8	Καφέ (BR)



Σχήμα 1.21: Σύνδεση πρίζας με το πρότυπο TIA 568B.

Οι κατασκευαστικές εταιρείες, για διευκόλυνση του ηλεκτρολόγου εγκαταστάτη, προσφέρουν και πρίζες RJ45 με κώδικα χρώματος. Η σύνδεση των αγωγών ανά ζεύγη στις υποδοχές της πρίζας γίνεται με αντιστοιχία των χρωμάτων (π.χ. ο πορτοκαλί αγωγός και ο άσπρος / πορτοκαλί θα συνδεθούν στις όμοια χρωματικές υποδοχές).

Σύνδεση ζευγών πρίζας κατά εφαρμογή

Ήχος (Τηλεφωνία)	Ονομασία δικτύου	Συχνότητες	Ρυθμός μετάδοσης	Σύνδεση ζευγών
ISDN και ψηφιακό	ISDN	≤ 10 MHz	$n \times 64$ kbps	3-6, 4-5
Αναλογικό	Τηλέφωνο	300 - 3400 Hz	≤ 56 kbps	4-5

Ήχος (Τηλεφωνία)	Ονομασία δικτύου	Συχνότητες	Ρυθμός μετάδοσης	Σύνδεση ζευγών
Ethernet	10 Base T	1-10 MHz	10 Mbps	1-2, 3-6
Fast Ethernet	100 Base TX	1-80 MHz	100 Mbps	1-2, 3-6
Gigabit Ethernet	1000 Base T	1-250 MHz	1000 Mbps (4x250 Mbps)	1-2, 3-6, 4-5, 7-8

Ανεξάρτητα από την εφαρμογή για την οποία χρησιμοποιείται μια πρίζα, πρέπει να συνδέονται και οι 8 αγωγοί των 4 ζευγών του καλωδίου.



3. Μέσα μετάδοσης

Για την επικοινωνία μεταξύ πομπού και δέκτη, παρεμβάλλονται τα μέσα μετάδοσης. Τα πιο γνωστά μέσα μετάδοσης είναι τα χάλκινα καλώδια, τα ομοαξονικά, οι οπτικές ίνες και οι ασύρματες ζεύξεις.

Τα καλώδια από χαλκό, και συγκεκριμένα των συνεστραμμένων ζευγών, είναι και θα παραμείνουν για το προβλέψιμο μέλλον το επικρατέστερο μέσο μετάδοσης στη δομημένη καλωδίωση, λόγω του χαμηλού κόστους και της ευκολίας εγκατάστασης.

Οι οπτικές ίνες έχουν πολύ καλά χαρακτηριστικά μετάδοσης, με εξαιρετες προοπτικές για το μέλλον.

Τα ομοαξονικά έχουν σχεδόν αντικατασταθεί πλήρως από τα χάλκινα καλώδια συνεστραμμένων ζευγών.

3.1 Κύρια χαρακτηριστικά των μέσων μετάδοσης

Είναι χρήσιμο να αναφερθούμε σε ορισμένα από τα κύρια χαρακτηριστικά των μέσων μετάδοσης, που θα μας βοηθήσουν στην κατανόηση του σχεδιασμού, της ανάπτυξης, της εγκατάστασης και του ελέγχου ενός δικτύου δομημένης καλωδίωσης.

Θα αναφερθούμε καταρχήν σε ορισμένα χαρακτηριστικά που αφορούν κάθε μέσο μετάδοσης, όπως το *εύρος ζώνης συχνοτήτων*, το *μέγιστο μήκος* του μέσου μετάδοσης, η *ευαισθησία σε θόρυβο*, η *ευκολία χρήσης* και η *ασφάλεια*. Στη συνέχεια θα αναφερθούμε στις απώλειες ενέργειας στα χάλκινα σύρματα και θα αναλύσουμε δύο όρους που εμπλέκονται συχνά στις επικοινωνίες, το *ντεσιμπέλ (dB)* και το *λόγο σήματος προς θόρυβο*.

Το *εύρος ζώνης συχνοτήτων (bandwidth)* ενός μέσου μετρείται σε Hz και προσδιορίζει την περιοχή των συχνοτήτων που μπορεί να διέλθει ένα σήμα χωρίς μεγάλη εξασθένιση ή παραμόρφωση από το μέσον. Όσο μεγαλύτερο είναι το εύρος ζώνης συχνοτήτων, τόσο περισσότερες πληροφορίες μπορούμε να μεταδώσουμε σε δεδομένο χρονικό διάστημα. Στις ψηφιακές μεταδόσεις (data) η ταχύτητα μετάδοσης μετρείται σε bits ανά sec.

Το **μέγιστο μήκος** του μέσου μετάδοσης προσδιορίζεται από τις απώλειες στο σήμα που επιφέρει το ίδιο το μέσο και οι οποίες έχουν ένα μέγιστο επιτρεπτό όριο.

Η **ευαισθησία σε θόρυβο** δείχνει πόσο εύκολα το μέσο επηρεάζεται από «ηλεκτρικούς θορύβους» που παρενοχλούν το προς μετάδοση σήμα. Ο θόρυβος είναι ένα σύνολο ανεπιθύμητων ηλεκτρικών σημάτων που αλλοιώνουν το μεταδιδόμενο σήμα. Κάθε μηχανισμός που χρησιμοποιεί ή δημιουργεί εναλλασσόμενη ηλεκτρική τάση μπορεί να εκπέμψει τέτοιου είδους θορύβους. Εάν ο θόρυβος είναι μεγάλος, διαστρεβλώνεται το σήμα και μπορεί να προκληθούν λάθη στην επικοινωνία.

Η **ευκολία χρήσης** δείχνει αν το μέσο είναι απλό στην εγκατάστασή του, στις συνδέσεις του, στον έλεγχο και στη συντήρησή του.

Η **ασφάλεια** δείχνει πόσο ασφαλές είναι το μέσο από ανεπιθύμητες παρεμβολές και υποκλοπές.

3.1.1 Απώλεια ενέργειας στα χάλκινα καλώδια

Η απώλεια ενέργειας στα χάλκινα καλώδια που αποτελούνται από χάλκινα σύρματα, καταρχήν οφείλεται, ως γνωστόν, στην ωμική, τη χωρητική και την επαγωγική αντίσταση των συρμάτων. Η ωμική αντίσταση (θερμικό φαινόμενο Τζάουλ) είναι ανάλογη του μήκους, αντιστρόφως ανάλογη της διαμέτρου και εξαρτάται από το υλικό κατασκευής του σύρματος ($R=\rho l/S$).

Η επαγωγική αντίσταση (ιδιότητα του αγωγού να αντιδρά σε κάθε μεταβολή του μαγνητικού πεδίου γύρω από τον αγωγό) κατανέμεται κατά μήκος του (δηλαδή σε σειρά με την ωμική αντίσταση), εξαρτάται άμεσα από το μέγεθος του σύρματος και είναι ανάλογη της συχνότητας του διερχόμενου σήματος ($R_L=2\pi fL$).

Η χωρητική αντίσταση κατανέμεται κατά διαστήματα μεταξύ των αγωγών (εκφράζει τις απώλειες στο διηλεκτρικό μεταξύ των αγωγών), εξαρτάται από το μήκος και τη διάμετρο των αγωγών, την απόσταση μεταξύ των αγωγών και το είδος του διηλεκτρικού υλικού που τους χωρίζει. Είναι αντιστρόφως ανάλογη της συχνότητας του διερχόμενου σήματος ($R_C=1/2\pi fC$), δηλαδή όσο αυξάνεται η συχνότητα μειώνεται η χωρητική αντίσταση. Επειδή όμως εμφανίζεται παράλληλα στη γραμμή, στις υψηλότερες συχνότητες δημιουργεί μεγαλύτερες απώλειες, όπως και η επαγωγική.

Ο συνδυασμός των τριών αντιστάσεων σε μια γραμμή δίνει τη **σύνθετη αντίσταση** Z της γραμμής, η οποία δίνεται από τον τύπο:

$$Z = \sqrt{R_L^2 + (R_L - R_C)^2}$$

(Η μικρότερη τιμή Z επιτυγχάνεται όταν $R_L = R_C$).

Η σύνθετη αντίσταση μιας γραμμής αναφέρεται πάντα σε μια συχνότητα.

Στον πίνακα που ακολουθεί, βλέπουμε τυπικές τιμές της σύνθετης αντίστασης καλωδίου UTP, σε διάφορες συχνότητες.

Συχνότητα	Σύνθετη αντίσταση σε Ω
2 kHz	510 $\Omega \pm 15\%$
8 kHz	255 $\Omega \pm 15\%$
64 kHz	120 $\Omega \pm 15\%$
256 kHz	108 $\Omega \pm 15\%$
512 kHz	105 $\Omega \pm 15\%$
772 kHz	102 $\Omega \pm 15\%$
1 MHz	100 $\Omega \pm 15\%$
4-100 MHz	100 $\Omega \pm 15\%$

Πίνακας 3.1: Σύνθετη αντίσταση καλωδίου UTP

Η σύνθετη αντίσταση που αναφέρεται σε μια συγκεκριμένη συχνότητα παραμένει σχεδόν σταθερή σε όλο το μήκος ης γραμμής.

Η ίδια γραμμή (π.χ. τηλεφωνικών καλωδίων) που έχει σύνθετη αντίσταση 600Ω σε συχνότητα 1 kHz , όταν χρησιμοποιηθεί για μετάδοση υψηλότερων συχνοτήτων (π.χ. 100 MHz), έχει σύνθετη αντίσταση 100Ω .

Στη δομημένη καλωδίωση, για τη μετάδοση σημάτων υψηλών συχνοτήτων, χρησιμοποιούνται κυρίως καλώδια με σύνθετη αντίσταση $100 \Omega \pm 15\%$.

Εκτός από τις απώλειες που οφείλονται στη σύνθετη αντίσταση των αγωγών, υπάρχουν και δύο άλλα είδη απωλειών που οφείλονται στο επιδερμικό φαινόμενο και στο διηλεκτρικό υλικό μόνωσης του καλωδίου και παίζουν σημαντικό ρόλο ιδιαίτερα στην εξασθένηση του σήματος.

Κατά το **επιδερμικό φαινόμενο** (skin effect), όταν ρεύμα υψηλής συχνότητας διέρχεται από έναν αγωγό, τότε αυτό δεν κατανέμεται ομαλά σε όλη τη διατομή του αγωγού, όπως κατανέμεται ένα συνεχές ρεύμα, αλλά συγκεντρώνεται στην επιφάνεια του αγωγού. Το επιδερμικό φαινόμενο είναι τόσο πιο έντονο, όσο αυξάνεται η συχνότητα του σήματος. Αποτέλεσμα αυτού του φαινομένου είναι να μειώνεται πρακτικά η ενεργή επιφάνεια του αγωγού για τη διακίνηση του σήματος. Η απώλεια του σήματος είναι ανάλογη προς την τετραγωνική ρίζα της συχνότητάς του.

Οι μονόκλωνοι αγωγοί στην ίδια συχνότητα σήματος παρουσιάζουν μικρότερη εξασθένηση από τους πολύκλωνους.

Οι απώλειες από το μονωτικό υλικό των αγωγών και του περιβλήματος του καλωδίου οφείλονται στις ταλαντώσεις των ατόμων του μονωτικού υλικού, ιδιαίτερα του PVC. Το PVC περιέχει άτομα χλωρίου τα οποία είναι ενεργά ηλεκτρικά δίπολα. Αυτά τα δίπολα, καθώς περνά το ηλεκτρικό σήμα και δημιουργείται ηλεκτρομαγνητικό πεδίο γύρω από τους αγωγούς, ανταποκρίνονται με ταλάντωση και όσο περισσότερο πάλλονται, τόσο περισσότερη ενέργεια χάνεται από το σήμα. Η θερμοκρασία επιτείνει το πρόβλημα, γιατί διευκολύνει τα δίπολα να δονούνται μέσα στο μονωτικό υλικό.

Ιδιαίτερη προσοχή χρειάζεται κατά την αναγκαστική όδευση καλωδίου από χώρους με υψηλή θερμοκρασία. Σε αυτή την περίπτωση, επιλέγουμε καλώδιο με μονωτικό χαμηλών απωλειών και φροντίζουμε για τον εξαερισμό των καλωδίων.

Σε χώρους με υψηλή θερμοκρασία δεν χρησιμοποιούμε καλώδια με μόνωση PVC.

3.1.2 Το ντεσιμπέλ (dB)

Ένα σήμα που εκπέμπεται με μια ισχύ P_1 φθάνει στο δέκτη με ισχύ P_2 , η οποία είναι συχνά πολύ μικρότερη λόγω των αποσβέσεων (εξασθενήσεων) της γραμμής. Σε άλλες περιπτώσεις, όταν παρεμβάλλεται ενισχυτής, η ισχύς του σήματος αυξάνεται.

Το **ντεσιμπέλ (dB)** είναι μονάδα μέτρησης του λόγου ισχύος δύο σημάτων, ο οποίος ορίζεται ως:

$$10 \log_{10}(P_1/P_2) = x \text{ dB}$$

(Δηλαδή τα x dB δείχνουν πόσο αυξήθηκε ή ελαττώθηκε η ισχύς, π.χ. σε ένα σημείο 2, σε σχέση με την ισχύ που είχε το σήμα στο σημείο 1)².

Επειδή η ισχύς σε ένα σύστημα δε μετριέται τόσο εύκολα όσο η τάση, αντί της μέτρησης του λόγου των ισχύων λαμβάνουμε το λόγο των τάσεων δύο σημάτων, ο οποίος ορίζεται ως:

$$20\log_{10}(U_1/U_2)=x \text{ dB}$$

όπου U_1 , η τάση του σήματος με ισχύ P_1 και U_2 , η τάση του σήματος με ισχύ P_2 .

Η χρήση λογαριθμικής μονάδας μέτρησης ή λογαριθμικής κλίμακας, διευκολύνει κυρίως σε γραφικές παραστάσεις μεγεθών, όπου η ελάχιστη μεταβολή του ενός μεγέθους προκαλεί συγκριτικά πολύ μεγάλη μεταβολή του άλλου και αντιστρόφως.

Πίνακας 3.2: Σχέση λόγου ισχύων και τάσεων σε dB

Λόγος ισχύος (P_1/P_2)	1	2	4	8	10	20	100	200
Λόγος τάσεων (V_1/V_2)	1	1,4	2	2,8	3,1	4,5	10	14
dB	0	3	6	9	10	13	20	23

Όταν ο λόγος ισχύων $P_1 < P_2$ είναι μικρότερος της μονάδας, ο λογάριθμος είναι αρνητικός αριθμός, οπότε και οι τιμές σε dB είναι αρνητικοί αριθμοί. Τότε μιλάμε για εξασθένιση του σήματος. (Χάριν ευκολίας όμως, συνήθως λαμβάνουμε το λόγο μεγαλύτερο της μονάδας, ακόμα και αν πρόκειται για εξασθένιση, και σημειώνουμε μετά το αρνητικό πρόσημο).

Η μέτρηση σε dB αναφέρεται πάντα σε συγκεκριμένη συχνότητα³.

Με αρνητικά dB δηλώνεται η εξασθένιση του σήματος και με θετικά δηλώνεται η ενίσχυση.

Με τη βοήθεια των παραπάνω και του Πίνακα 3.2 παρατηρούμε τα εξής:

! Επειδή η εξασθένιση είναι απώλεια και κανονικά εκφράζεται με αρνητικές τιμές, όταν ένα σήμα έχει την τιμή -10 dB, είναι πιο αδύνατο από ό,τι αν είχε την τιμή -6 dB.

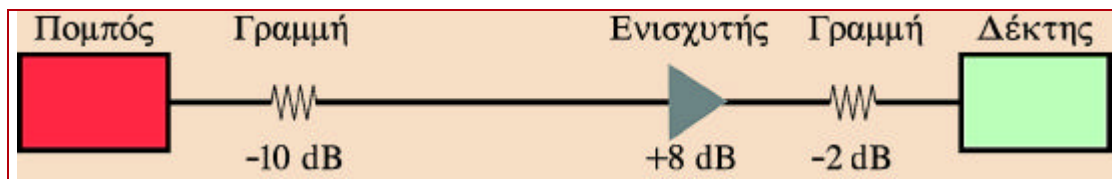
! Τα ντεσιμπέλ είναι λογαριθμικά, έτσι όταν δύο σήματα έχουν διαφορά 6 dB, το ένα έχει διπλάσια τάση και τετραπλάσια ισχύ από το άλλο.

²(Από τον ορισμό των λογαρίθμων, όταν $\log_a(b)=x$, συνεπάγεται $ax=b$. Οπότε, για βάση λογαρίθμων $a=10$, έχουμε $\log_{10}(1)=0$, $\log_{10}(10)=1$, $\log_{10}(100)=2$, $\log_{10}(1000)=3$ κ.λπ.)

³Το dB είναι μονάδα μέτρησης λόγου δύο ισχύων. Ως μονάδα απόλυτης μέτρησης ισχύος λαμβάνεται το dBm. Σε αυτή την περίπτωση, η ισχύς κάθε σήματος συγκρίνεται με ένα σήμα που έχει ισχύ 1 mW.

- Το σήμα -10 dB έχει διπλάσια τάση από το σήμα -16 και τετραπλάσια τάση από το σήμα -22 dB.
- Όταν διπλασιάζεται η ισχύς ενός σήματος με έναν ενισχυτή, στην έξοδο του ενισχυτή έχουμε κέρδος 3 dB.
- Όταν η ισχύς ενός σήματος στο τέλος μιας γραμμής είναι 100 φορές μικρότερη από ό,τι στην αρχή της γραμμής, τότε έχουμε αποσβέση στη γραμμή 20 dB.

Για την εύρεση του τελικού αποτελέσματος σε μια καλωδίωση, οι αποσβέσεις και οι ενισχύσεις προστίθενται αλγεβρικά.



Σχήμα 3.1: Παράδειγμα χρήσης ενισχυτών και αποσβέσεων.

Στο Σχήμα 3.1 έχουμε δύο τμήματα γραμμών συνδεδεμένα σε σειρά, με ενδιάμεσο ενισχυτή. Οι εξασθενήσεις των γραμμών είναι 10 dB και 2 dB, ενώ το κέρδος του ενισχυτή είναι 8 dB. Η συνολική τιμή της εξασθένισης σε ένα κύκλωμα προκύπτει από το αλγεβρικό άθροισμα όλων των ενισχύσεων και των αποσβέσεων. Έτσι, στο συγκεκριμένο κύκλωμα η συνολική εξασθένιση είναι:

$$-10\text{dB} + 8\text{dB} - 2\text{dB} = -4\text{dB}$$

3.1.3 Λόγος σήματος προς θόρυβο (S/N)

Ένα σήμα πληροφορίας, λόγω των παρεμβολών κατά τη μετάδοσή του, δεν φθάνει πάντα καθαρό στο δέκτη. Έτσι, κάθε ανεπιθύμητο σήμα (θόρυβος) επηρεάζει και παραμορφώνει το χρήσιμο σήμα πληροφορίας. Όταν αυτός ο θόρυβος αυξηθεί πάνω από ένα όριο σε σχέση με το χρήσιμο σήμα, καθιστά τη μετάδοση της πληροφορίας αδύνατη ή προβληματική, λόγω λαθών.

Ο **λόγος σήματος προς θόρυβο (S/N- Signal to Noise ratio)** δηλώνει τη σχετική στάθμη του σήματος πληροφορίας ως προς τη στάθμη του θορύβου, είναι λόγος ισχύων και συνήθως εκφράζεται σε dB.

Όσο μεγαλύτερος είναι αυτός ο λόγος, τόσο πιο αξιόπιστη γίνεται η μετάδοση της πληροφορίας. Για παράδειγμα, στις απλές τηλεφωνικές γραμμές, ο λόγος σήματος προς θόρυβο θεωρείται ικανοποιητικός για μετάδοση δεδομένων μόνο όταν είναι πάνω από 30 dB ($S/N > 30\text{dB}$).

3.2 Καλώδια συνεστραμμένων ζευγών

Τα καλώδια αυτά αποτελούνται από μονόκλωνους χάλκινους μονωμένους αγωγούς, ταξινομημένους σε ζεύγη. Τα ζεύγη είναι συνεστραμμένα μεταξύ τους (Twisted Pair).

Στα καλώδια αυτά η μεταφορά της πληροφορίας γίνεται με τη μορφή ηλεκτρικού σήματος, μέσα από τη δισύρματη γραμμή που σχηματίζει το κάθε ζεύγος των μονωμένων αγωγών του καλωδίου. Οι αγωγοί είναι απαραίτητα συνεστραμμένοι μεταξύ τους, γιατί με αυτόν τον τρόπο το καλώδιο επηρεάζεται λιγότερο από τις ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές του περιβάλλοντος χώρου (εξωτερικοί θόρυβοι) και κυρίως από την ηλεκτρομαγνητική σύζευξη (cross talk) με τα γειτονικά ζεύγη, τα οποία βρίσκονται στο ίδιο καλώδιο.

Όταν ένα ηλεκτρικό ρεύμα περνά μέσα από έναν αγωγό, δημιουργεί ένα ηλεκτρομαγνητικό πεδίο που επαγωγικά μεταφέρει ηλεκτρικά ρεύματα στους γειτονικούς αγωγούς. Όσο αυξάνεται η συχνότητα του ηλεκτρικού ρεύματος, το φαινόμενο αυτό γίνεται εντονότερο.

Εάν οι δύο αγωγοί του ίδιου καλωδίου δεν ήταν συνεστραμμένοι και όδευαν παράλληλα, οι εμφανιζόμενες χωρητικές και επαγωγικές συζεύξεις θα βοηθούσαν στη συλλογή ανεπιθύμητων σημάτων (θόρυβος) από γειτονικούς αγωγούς.

Στους δύο αγωγούς ενός ζεύγους, όταν κλείνει το κύκλωμα, διέρχονται ρεύματα ίσης τιμής αλλά αντίθετης φοράς. Όταν οι αγωγοί συστρέφονται ανά δύο, το επαγόμενο σήμα και στους δύο

Οι δυο μονωμένοι αγωγοί του κάθε ζευγαριού συστρέφονται μεταξύ τους, με κύριο σκοπό τη μεγαλύτερη αντίσταση στην παρουσία θορύβου.

αγωγούς του ζεύγους, λόγω συμμετρίας, είναι ακριβώς το ίδιο και έτσι εξουδετερώνεται.

Με τη συστροφή μειώνονται τα φαινόμενα της μεταφοράς ενέργειας και αλληλεπίδρασης.

Ο θόρυβος που δημιουργείται μεταξύ γειτονικών ζευγών ονομάζεται και **αλληλεπίδραση** ή **παράδιαφωνία**. Για τη μείωση αυτού του θορύβου, το κάθε ζεύγος μέσα σε ένα καλώδιο συστρέφεται χωριστά, έτσι ώστε το μέσο βήμα τυλίγματός του να μην υπερβαίνει τα 15 cm. Δηλαδή, το κάθε ζεύγος έχει διαφορετικό βήμα τυλίγματος από το διπλανό του, ώστε να μειώνεται ο θόρυβος μεταξύ των ζευγών.

Προκειμένου να έχουμε μεγαλύτερη αντίσταση στον εξωτερικό θόρυβο, χρησιμοποιούμε καλώδια με εξωτερικό προστατευτικό μεταλλικό κάλυμμα, γνωστά ως **θωρακισμένα** (shielded) καλώδια.

Στα χάλκινα καλώδια το εύρος ζώνης συχνοτήτων μπορεί να κυμαίνεται από μερικά kHz έως εκατοντάδες MHz και εξαρτάται απόλυτα από τη διάμετρο των αγωγών και από το μήκος τους. Όσο μεγαλύτερη είναι η διάμετρος των αγωγών, τόσο μεγαλύτερο είναι και το εύρος ζώνης.

Όσο μεγαλύτερο είναι το μήκος του καλωδίου, τόσο μεγαλύτερες είναι οι απώλειες του σήματος. Η απόσβεση του σήματος αυξάνεται επίσης στις υψηλές συχνότητες. Ένα σήμα με εύρος ζώνης από 0 έως μερικές εκατοντάδες kHz μέσα από ένα συνεστραμμένο καλώδιο μπορεί να διανύσει αποστάσεις χιλιομέτρων. Όσο αυξάνεται το μήκος της γραμμής, τόσο γρηγορότερα αποσβένονται οι υψηλότερες συχνότητες.

Μέσω των συνεστραμμένων καλωδίων μεταφέρονται αναλογικά σήματα χωρίς

προβλήματα στην περιοχή των ακουστικών συχνοτήτων (δηλαδή τηλεφωνία, από 300 έως 3400 Hz). Επίσης, μεταφέρονται και *ψηφιακά σήματα*, για μικρές όμως αποστάσεις, γιατί τα σήματα αυτά περιέχουν σημαντικό μέρος από υψηλές συχνότητες. Τα συνεστραμμένα καλώδια εγκαθίστανται εύκολα και έχουν χαμηλό κόστος. Με τα πλεονεκτήματα αυτά επεκτείνεται συνεχώς η χρήση τους εκτοπίζοντας τα εξειδικευμένα ομοαξονικά, διαξονικά κ.λπ. καλώδια από συγκεκριμένες εφαρμογές.

Όπως είναι ήδη γνωστό, στα χρησιμοποιούμενα

χάλκινα σύρματα των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων αναφερόμαστε στη διάμετρο (mm) ή στο εμβαδόν της διατομής τους (mm²). Στις εγκαταστάσεις δομημένης καλωδίωσης οι αγωγοί χαρακτηρίζονται σε AWG (American Wire Gauge), η οποία είναι μια μονάδα που παριστά τη διάμετρο ενός σύρματος.

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι αγωγοί καλωδίων σε μονάδες AWG και οι διάμετροί τους σε ίντσες και χιλιοστά. Οι επικρατέστεροι αγωγοί είναι αυτοί των 24 AWG.

Πίνακας 3.3: Αγωγοί σε μονάδες AWG και οι διάμετροί τους σε mm.

Τιμή σε AWG	Διάμετρος σε ίντσες (in)	Διάμετρος σε χιλιοστά (mm)
10	0.1010	2.60
16	0.0508	1.29
18	0.0403	1.02
20	0.0320	0.813
22	0.0253	0.643
24	0.0201	0.511
26	0.0159	0.404
28	0.0126	0.320
30	0.0100	0.254

Παρατήρηση:

Οι τιμές σε μονάδες AWG είναι αντιστρόφως ανάλογες με το μήκος της διαμέτρου σε χιλιοστά. Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του αγωγού σε AWG, τόσο **μικρότερη** είναι η διάμετρος του. Δηλαδή, αγωγός με τιμή 24 AWG έχει μικρότερη διάμετρο από αγωγό των 22 AWG.

Ανάλογα με το εύρος ζώνης συχνότητας του διερχομένου σήματος, τα διάφορα τμήματα των δικτύων δομημένης καλωδίωσης (καλώδια συνεστραμμένων ζευγών και εξαρτήματα) ταξινομούνται κατά κατηγορίες ή κλάσεις. Για κάθε κατηγορία ή κλάση υπάρχουν συγκεκριμένες απαιτήσεις ποιότητας στα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά τους.

Όπως βλέπουμε στον Πίνακα 3.4, το αμερικάνικο πρότυπο της TIA ταξινομεί τα καλώδια σε κατηγορίες, ενώ το διεθνές πρότυπο του ISO σε κλάσεις.

Πίνακας 3.4: Ταξινόμηση καλωδίου σε κατηγορίες και κλάσεις.

Μετάδοση σήματος με συχνότητα μέχρι	Πρότυπο EIA/TIA-568A	Πρότυπο ISO 11801
0.1 MHz	Cat 1 (κατηγορία 1)	Class A (κλάση A)
1 MHz	Cat 2 (κατηγορία 2)	Class B (κλάση B)
16 MHz	Cat 3 (κατηγορία 3)	Class C (κλάση C)
20 MHz	Cat 4 (κατηγορία 4)	Class D (κλάση D)
100 MHz	Cat 5 (κατηγορία 5)	

Παρατηρήσεις για τα καλώδια συνεστραμμένων ζευγών:

- ❑ Τα καλώδια των κατηγοριών 1 και 2 είναι κατάλληλα μόνο για την τηλεφωνία και δε χρησιμοποιούνται πλέον στη δομημένη καλωδίωση, λόγω του μικρού εύρους ζώνης (0.1 MHz).
- ❑ Τα καλώδια της κατηγορίας 3, εκτός από την τηλεφωνία μπορούν να μεταφέρουν και δεδομένα σε συχνότητες μέχρι 16 MHz. Είναι κατάλληλα μόνο για τοπικά δίκτυα υπολογιστών σε σύνδεση Ethernet στα 10 Mbps και Token Ring στα 4 Mbps .
- ❑ Τα καλώδια της κατηγορίας 4, με λίγο καλύτερα χαρακτηριστικά μπορούν να μεταφέρουν δεδομένα σε συχνότητες μέχρι 20 MHz. Είναι κατάλληλα για εξυπηρέτηση τοπικών δικτύων σε σύνδεση Token Ring στα 16 Mbps.
- ❑ **Τα καλώδια της κατηγορίας 5 έχουν ήδη επικρατήσει σήμερα. Κατάλληλα για μεταφορά σήματος με συχνότητα μέχρι 100 MHz, χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές φωνής και δεδομένων μέχρι 100Mbps.**

*Με τη συνεχή απαίτηση για μεγαλύτερο όγκο και ταχύτητα στις πληροφορίες αλλά και με τη συνεχή εξέλιξη των υλικών, θεσπίστηκαν (Μάρτιος 2001) νέα πρότυπα που θέτουν ως ελάχιστη απαίτηση για ένα σύγχρονο τοπικό δίκτυο υπολογιστών την καλωδίωση **κατηγορίας 5E** (βλέπε ενότητα πρότυπα - νέες κατηγορίες και κλάσεις).*

Μερικά από τα κριτήρια που λαμβάνονται υπόψη για να ταξινομηθούν σε μια κατηγορία τα καλώδια είναι η εξασθένιση σήματος και η αλληλεπίδραση για μία ζώνη συχνοτήτων με δεδομένο εύρος. Π.χ. η κατηγορία 5 για τα καλώδια UTP των 4 συνεστραμμένων ζευγών, που έχει επικρατήσει τελευταία, πιστοποιεί ότι τα χρησιμοποιούμενα υλικά επιτρέπουν τη σωστή λειτουργία του συστήματος μέχρι τα 100 MHz. Δηλαδή, η μέγιστη εξασθένιση του διερχομένου σήματος στα 100 MHz δεν υπερβαίνει τα 22 dB ανά 100 μέτρα και η ελάχιστη τιμή της αλληλεπίδρασης ή παραδιαφωνίας (NEXT) είναι 32 dB.

Τα καλώδια των τεσσάρων ζευγών, κατηγορίας 5 και μεγαλύτερης, χρησιμοποιούνται κυρίως στην οριζόντια καλωδίωση, δηλαδή όταν η καλωδίωση εξαπλώνεται στο επίπεδο ενός ορόφου.

Μεταξύ ορόφων συνήθως χρησιμοποιείται καλώδιο 25 ή και 50 ζευγών και, αν το απαιτεί η εφαρμογή, χρησιμοποιούνται οπτικές ίνες.

Μεταξύ κτιρίων, έχει επικρατήσει η χρήση καλωδίου μονότροπης οπτικής ίνας.

Στα καλώδια με θωράκιση, όπως είναι τα STP, FTP, SFTP, παρέχεται μεγαλύτερη προστασία από την επίδραση εξωτερικών ηλεκτρομαγνητικών πεδίων, με αποτέλεσμα υψηλότερο ρυθμό μετάδοσης της πληροφορίας σε ακόμα μεγαλύτερο μήκος καλωδίου. Περισσότερο βελτιωμένη συμπεριφορά παρουσιάζει ο τύπος καλωδίου SSTP, επειδή η ατομική θωράκιση του ζεύγους προσφέρει ακόμη μεγαλύτερη ηλεκτρομαγνητική προστασία.

3.2.1 Καλώδιο UTP

(Unshielded Twisted Pair- Αθωράκιστο συνεστραμμένων ζευγών)

Το καλώδιο αυτό των 4 συνεστραμμένων ζευγών, με διάμετρο 24 AWG (δηλαδή περίπου 0,5mm), κατηγορίας 5 και μεγαλύτερης, χρησιμοποιείται περισσότερο από οποιονδήποτε άλλο τύπο καλωδίου στα δίκτυα δομημένης καλωδίωσης και υπερκαλύπτει τις σύγχρονες απαιτήσεις των προτύπων TIA και ISO.

Το καλώδιο UTP είναι αθωράκιστο και αποτελείται από μονόκλωνους χάλκινους αγωγούς, μονωμένους κυρίως από πλαστικό πολυαιθυλένιο (PE) και ταξινομημένους σε ζεύγη. Τα ζεύγη είναι συνεστραμμένα μεταξύ τους. Το σύνολο των ζευγών σχηματίζει τον καλωδιακό πυρήνα. Το καλώδιο φέρει εξωτερικά μονωτικό μανδύα, συνήθως από PVC (χλωριούχο πολυβινύλιο), χρώματος γκρι, ή βραδύκαυστη πολυολεφίνη (FPR).

Τα καλώδια UTP παρέχουν τα πλεονεκτήματα της σχετικά χαμηλής τιμής, της μεγάλης ευκαμψίας, του μικρού βάρους και του γενικά εύκολου τρόπου εγκατάστασής τους. Είναι περισσότερο οικεία στους τεχνικούς, γιατί καλώδια συνεστραμμένων ζευγών χρησιμοποιούνται για πολλά χρόνια στις εφαρμογές της τηλεφωνίας.

Το καλώδιο UTP των 4 συνεστραμμένων ζευγών, κατηγορίας 5, επιτρέπει να διέρχεται σήμα με εύρος ζώνης από 0 μέχρι 100 MHz, μέσα σε αποδεκτά όρια εξασθένησης και αλληλεπίδρασης. Με αυτό το εύρος ζώνης, καλύπτονται οι περισσότερες σήμερα εφαρμογές.

Και στην κατακόρυφη καλωδίωση μπορεί να χρησιμοποιηθεί το παραπάνω καλώδιο, αλλά όσο οι απαιτήσεις του δικτύου αυξάνουν, χρησιμοποιείται καλώδιο UTP περισσότερων ζευγών (π.χ. 25 ζευγών) ή και οπτικές ίνες.

Στα οριζόντια τμήματα της δομημένης καλωδίωσης χρησιμοποιείται καλώδιο UTP των 4 ζευγών, με διάμετρο 24 AWG (0,5mm).



Σχήμα 3.2: Καλώδιο UTP.

Χρησιμοποιείται για τη μετάδοση φωνής, εικόνας και δεδομένων, σε εφαρμογές όπως τα δίκτυα ISDN, τοπικά δίκτυα υπολογιστών (LAN) κ.λπ..

Για ένα σύγχρονο τοπικό δίκτυο υπολογιστών, η κατηγορία καλωδίωσης 5E αποτελεί πλέον την ελάχιστη απαίτηση.

3.2.2 Καλώδιο STP

(*Shielded Twisted Pair*- Θωρακισμένο συνεστραμμένων ζευγών)

Το καλώδιο αυτό διαφέρει από το UTP ως προς την ύπαρξη της θωράκισης. Η θωράκιση αποτελείται από πλέγμα χάλκινων συρματιδίων (επικασσιτερωμένων ή μη).



Εξωτερικά, το καλώδιο καλύπτεται από μονωτικό μανδύα από PVC ή FRP.

Χρησιμοποιείται όπου και το καλώδιο UTP.



Σχήμα 3.3: Καλώδιο STP.

3.2.3 Καλώδιο FTP

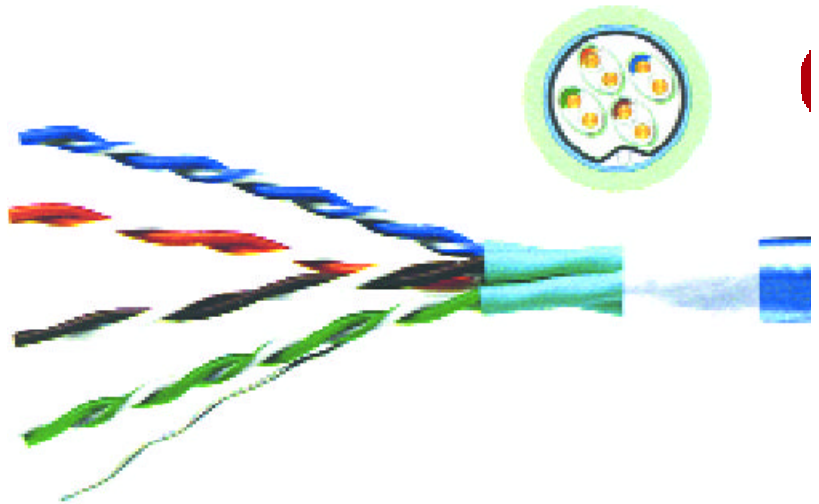
(*Foil Twisted Pair*- Συνεστραμμένων ζευγών με θωράκιση από αλουμίνιο)

Είναι καλώδιο που θυμίζει το UTP, επειδή και αυτό αποτελείται από χάλκινους αγωγούς μονωμένους με πολυαιθυλένιο (PE) και συνεστραμμένους κατά ζεύγη, οι οποίοι και αποτελούν τον καλωδιακό πυρήνα. Ο καλωδιακός πυρήνας περιτυλίσσεται με συνθετική ταινία και θωρακίζεται με ταινία

αλουμινίου. Εξωτερικά, το καλώδιο καλύπτεται από μονωτικό μανδύα από PVC ή FRP.

Χρησιμοποιείται όπου και το καλώδιο UTP.

Λόγω της κατασκευής του, προσφέρει μεγάλη προστασία από τις εξωτερικές ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές.



Σχήμα 3.4: Καλώδιο FTP.

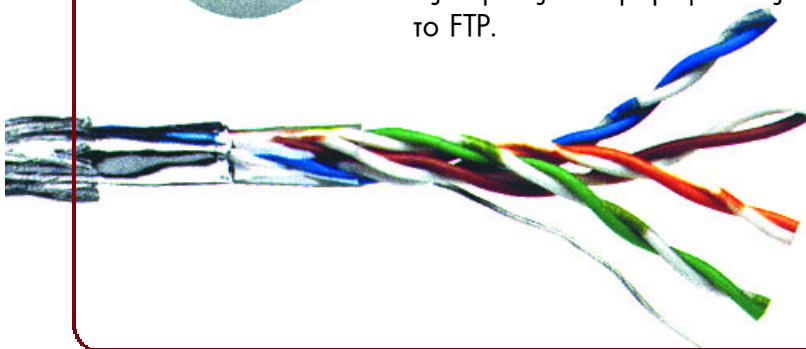
3.2.4 Καλώδιο SFTP

(*Shielded Foiled Twisted Pair*- Θωρακισμένο καλώδιο συνεστραμμένων ζευγών)

Είναι καλώδιο όπως το FTP, αλλά έξω από το φύλλο του αλουμινίου φέρει λεπτή διαφανή συνθετική επικάλυψη και πλέγμα επικασσιτερωμένου χαλκού. Δηλαδή, αποτελείται συγχρόνως και από πλέγμα συρματιδίων και από μεταλλική ταινία. Ο εξωτερικός μονωτικός μανδύας είναι από PVC ή FRP.



Λόγω της κατασκευής του, προσφέρει πολύ μεγάλη προστασία από τις εξωτερικές ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές, ανώτερη από αυτήν που παρέχει το FTP.



Σχήμα 3.5: Καλώδιο SFTP.

3.2.5 Καλώδιο SSTP

(*Shielded Screened Twisted Pair*- Θωρακισμένο ανά συνεστραμμένο ζεύγος)

Σ' αυτόν τον τύπο καλωδίου, ο καλωδιακός πυρήνας παραμένει ίδιος με τους προηγούμενους τύπους, όμως η θωράκισή του δεν καλύπτει συνολικά όλα τα ζεύγη τα οποία απαρτίζουν τον πυρήνα, αλλά κάθε ζεύγος καλύπτεται ξεχωριστά από τη δική του θωράκιση. Εξωτερικά, ο μανδύας φέρει PVC ή FRP.

Λόγω της θωράκισής του ανά ζεύγος, παρουσιάζει τη μικρότερη αλληλεπίδραση, δηλαδή μεγάλες τιμές NEXT (βλέπε ενότητα 4.3), γεγονός που το καθιστά καλώδιο με πολύ μεγάλες αποδόσεις.

3.2.6 Κωδικοποίηση χρωμάτων καλωδίων 25 ζευγών

Οι χρωματικοί κώδικες για καλώδια των 25 ζευγών είναι διαφορετικοί από αυτούς των καλωδίων των 4 ζευγών. Σ' αυτό το καλώδιο υπάρχει ένα ακόμα χρώμα (χρώμα δακτυλίου) και τέσσερα ακόμα χρώματα ένδειξης (κόκκινο, μαύρο, κίτρινο και βιολετί).

Πίνακας 3.5: Χρωματικός κώδικας καλωδίου 25 ζευγών

Αριθμός ζεύγους	Χρώμα δακτυλίου	Χρώμα ένδειξης
1	Μπλέ	Άσπρο
2	Πορτοκαλί	Άσπρο
3	Πράσινο	Άσπρο
4	Καφέ	Άσπρο
5	Σκούρο γκρί - ρόζ	Άσπρο
6	Μπλέ	Κόκκινο
7	Πορτοκαλί	Κόκκινο
8	Πράσινο	Κόκκινο
9	Καφέ	Κόκκινο
10	Σκούρο γκρί - ρόζ	Κόκκινο
11	Μπλέ	Μαύρο
12	Πορτοκαλί	Μαύρο
13	Πράσινο	Μαύρο
14	Καφέ	Μαύρο
15	Σκούρο γκρί - ρόζ	Μαύρο
16	Μπλέ	Κίτρινο
17	Πορτοκαλί	Κίτρινο
18	Πράσινο	Κίτρινο
19	Καφέ	Κίτρινο
20	Σκούρο γκρί - ρόζ	Κίτρινο
21	Μπλέ	Βιολετί
22	Πορτοκαλί	Βιολετί
23	Πράσινο	Βιολετί
24	Καφέ	Βιολετί
25	Σκούρο γκρί - ρόζ	Βιολετί

3.3 Καλώδια οπτικών ινών

Τα καλώδια οπτικών ινών είναι το περισσότερο τεχνολογικά προηγμένο ενσύρματο μέσο μετάδοσης. Αποτελούν τον πλέον σύγχρονο τρόπο μετάδοσης σημάτων, όχι μόνο στα τηλεπικοινωνιακά συστήματα αλλά και στα τοπικά δίκτυα υπολογιστών μεγάλων επιχειρήσεων ή εκπαιδευτικών ιδρυμάτων, λόγω των μεγάλων ρυθμών μετάδοσης που επιτυγχάνουν.

Στα καλώδια οπτικών ινών η μεταδιδόμενη πληροφορία είναι οπτικό και όχι ηλεκτρικό σήμα, με αποτέλεσμα να μπορεί να μεταδοθεί μεγάλος όγκος πληροφοριών με υψηλότερους ρυθμούς μετάδοσης, χωρίς απώλειες και παρεμβολές θορύβων.

Τα καλώδια οπτικών ινών, συγκρινόμενα με τα καλώδια από χαλκό, παρουσιάζουν τα ακόλουθα πλεονεκτήματα:

1. ΜΕΓΑΛΟ ΕΥΡΟΣ ΖΩΝΗΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ

Οι οπτικές ίνες επιτρέπουν τη διέλευση ζώνης συχνοτήτων πολύ μεγάλου εύρους. Επειδή η χωρητικότητα της μεταφερόμενης πληροφορίας ενός σήματος αυξάνεται με τη συχνότητα, από μία και μόνο οπτική ίνα μπορεί να περάσει τεράστιος όγκος πληροφοριών. Η χωρητικότητα των συστημάτων οπτικών ινών συνεχώς αυξάνεται. Το 1980, τα πρώτα συστήματα μπορούσαν να μεταφέρουν 45 megabits ανά second. Στις μέρες μας, η εταιρεία AT & T έχει εγκαταστήσει ήδη οπτικές ίνες με ρυθμούς μετάδοσης έως 5 gigabits ανά second.

Συγκρίνοντας τις επιδόσεις των οπτικών ινών στο χώρο της τηλεφωνίας, παρατηρούμε ότι με *διαμόρφωση συχνότητας*:

- ! τα **τηλεφωνικά σύρματα** δίνουν δεκάδες κυκλώματα ανά ζευγάρι (ένα κύκλωμα μπορεί να μεταδώσει μία τηλεφωνική συνομιλία),
- ! το **ομοαξονικό καλώδιο** δίνει εκατοντάδες κυκλώματα ανά ζευγάρι αγωγών,
- ! οι **δορυφορικές εκπομπές** και τα **ραδιο-μικροκύματα** δίνουν χιλιάδες κυκλώματα ανά σύνδεση και
- ! οι **οπτικές ίνες** μπορούν να δώσουν δεκάδες και εκατοντάδες χιλιάδες κυκλώματα ανά ζεύγος.

2. ΠΟΛΥ ΜΙΚΡΗ ΕΞΑΣΘΕΝΗΣΗ

Λόγω της φύσης του υλικού από το οποίο είναι κατασκευασμένη η ίνα και του τρόπου μετάδοσης, το σήμα παρουσιάζει πολύ μικρή εξασθένηση σε σχέση με τα χάλκινα σύρματα και τα ομοαξονικά καλώδια, με αποτέλεσμα τη μετάδοσή του σε αποστάσεις εκατοντάδων χιλιομέτρων, χωρίς ενίσχυση.

Συγκριτικά, αν σε ένα ηλεκτρικό σύστημα (ενσύρματο κύκλωμα) ένα σήμα χωρίς ενίσχυση διατηρείται περίπου μέχρι τα 1500 m, σε ένα σύστημα οπτικής ίνας φθάνει μέχρι τα 100 km περίπου.

Με κατάλληλες ενισχυτικές διατάξεις μπορεί να γίνει ακόμη και υποβρύχια ζεύξη (μεταφορά του σήματος από μια θέση σε άλλη), η οποία να ξεπερνά τα 1000 km.

3. ΜΙΚΡΕΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΜΙΚΡΟ ΒΑΡΟΣ

Για τη μεταφορά του ίδιου αριθμού μηνυμάτων απαιτείται οπτική ίνα ελαφρύτερη από καλώδια χαλκού κατά 350 φορές περίπου.

Η διάμετρος μιας οπτικής ίνας μετρείται σε χιλιοστά του χιλιοστού, όπως και μια ανθρώπινη τρίχα (π.χ. 62,5 μm ο πυρήνας και 125 μm το κάλυμμα ή επίστρωση). Οι διαστάσεις της ίνας επιτρέπουν την τοποθέτηση μεγάλου αριθμού ινών στο ίδιο καλώδιο, χωρίς να αυξάνονται ιδιαίτερα η διατομή και το βάρος του καλωδίου. Συνήθως, σε ένα καλώδιο τοποθετούνται από 8 έως 144 ίνες (ακολουθώντας την τυποποίηση 8, 16, 24, 48, 96 και 144 ίνες).



4. ΔΕΝ ΕΠΗΡΕΑΖΟΝΤΑΙ ΑΠΟ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΕΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΕΣ

Αυτή η ιδιότητα των οπτικών ινών δίνει στους τεχνικούς τη δυνατότητα να τις χρησιμοποιούν σε βιομηχανικούς χώρους με περιβάλλον υψηλού θορύβου εξασφαλίζοντας την ποιότητα και την πιστότητα της επικοινωνίας.

5. ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΑΠΟ ΥΠΟΚΛΟΠΗ

Στα καλώδια οπτικών ινών η μεταφορά της πληροφορίας γίνεται με τη μορφή οπτικού σήματος, το οποίο περιορίζεται στον πυρήνα της ίνας. Έτσι, είναι δύσκολο να παρέμβει κάποιος για να υποκλέψει ή να παρεμβάλει δεδομένα. Σε περίπτωση υποκλοπής του σήματος, αυτό υποβαθμίζεται σε τέτοιο βαθμό, ώστε η υποκλοπή γίνεται εύκολα αντιληπτή από αυτόν που λαμβάνει το σήμα. Γενικά οι οπτικές ίνες θεωρούνται ως αρκετά ασφαλές μέσο μετάδοσης της πληροφορίας.

6. ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΜΟΝΩΣΗ

Οι οπτικές ίνες δε διαρρέονται από ηλεκτρικό ρεύμα, γεγονός που θα μπορούσε να προκαλέσει ηλεκτρικό σπινθήρα, με κίνδυνο έκρηξης ή πυρκαγιάς. Αυτή η ιδιότητά τους τις κάνει ιδανικές για χρήση σε εγκαταστάσεις στις οποίες υπάρχει υψηλός κίνδυνος πυρκαγιάς, όπως είναι εγκαταστάσεις διυλιστηρίων, αποθήκες υγρών καυσίμων, πετροχημικές εγκαταστάσεις, και γενικά σε χώρους όπου η χρήση ηλεκτρικών καλωδίων επιτρέπεται κάτω από πολλούς περιορισμούς (αντιεκρηκτικές εγκαταστάσεις).

7. ΜΙΚΡΟ ΚΟΣΤΟΣ ΠΡΩΤΗΣ ΥΛΗΣ

Ενώ ο χαλκός έχει μεγάλο κόστος εξόρυξης και περιορισμένα αποθέματα, για την παραγωγή των οπτικών ινών χρησιμοποιούνται στοιχεία που υπάρχουν άφθονα στη φύση.

Με κατάλληλη χημική διεργασία και με τη βοήθεια του οξυγόνου, το χλωριούχο πυρίτιο (SiCl_4) και το χλωριούχο γερμάνιο (GeCl_4) οδηγούνται σε συνθετικό σωλήνα από πυρίτιο ή χαλαζία. Ο συνθετικός αυτός σωλήνας είναι τοποθετημένος σε έναν τόρνο που περιστρέφεται συνέχεια και στο μέσον του ο σωλήνας θερμαίνεται με φλόγα. Με την περιστροφή και την υψηλή θερμοκρασία στο εσωτερικό του σωλήνα, το πυρίτιο και το γερμάνιο αντιδρούν με το οξυγόνο και σχηματίζουν το διοξείδιο του πυριτίου (SiO_2) και το

διοξείδιο του γερμανίου (GeO_2), που αναμειγνύονται και μας δίνουν το γυαλί.

Παρά τα προαναφερόμενα πλεονεκτήματα, η χρήση των οπτικών ινών δεν είναι τόσο οικεία στους τεχνικούς όσο τα καλώδια από χαλκό, επειδή οι οπτικές ίνες είναι ακόμη σχετικά περίπλοκες στη σύνδεση, στη διακλάδωση και στον τερματισμό τους. Επίσης, παρότι η πρώτη ύλη παραγωγής των οπτικών ινών (πυρίτιο) είναι πάμφθηνη, κοστίζει αρκετά ο καθαρισμός και ο εμπλουτισμός τους, με συνέπεια το τελικό προϊόν (οπτική ίνα) να έχει προς το παρόν υψηλό κόστος.

Το υψηλό κόστος των οπτικών ινών αλλά και τα ευαίσθητα οπτικοηλεκτρονικά συστήματα που απαραίτητα συνοδεύουν τα οπτικά καλώδια για την υλοποίηση τηλεπικοινωνιακών συστημάτων, δυσκολεύουν μέχρι σήμερα τις πραγματικά εντυπωσιακές ιδιότητες μετάδοσης. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τα καλώδια οπτικών ινών να χρησιμοποιούνται σχεδόν αποκλειστικά για την υλοποίηση του τμήματος κορμού (backbone) μεγάλων δικτύων (όπου απαιτείται ανταλλαγή μεγάλου όγκου πληροφοριών και είναι αδύνατο να χρησιμοποιηθούν αγωγοί χαλκού) καθώς και στην οριζόντια καλωδίωση σε ειδικές εφαρμογές.

Οι οπτικές ίνες χρησιμοποιούνται κυρίως στην κατακόρυφη σύνδεση μεγάλων κτιρίων, στις συνδέσεις κτιρίων και σε μεγάλες αποστάσεις.

3.3.1 Αρχή λειτουργίας οπτικών ινών

Η βασική αρχή λειτουργίας των οπτικών ινών στηρίζεται στη μετάδοση παλμών (on/off) μονοχρωματικού φωτός (φως μίας συχνότητας), μέσα από μια γυάλινη ή πλαστική ίνα.

Η οπτική ίνα χρησιμοποιείται ως μέσο (π.χ. αντί του χάλκινου σύρματος) και το φως ως φορέας της πληροφορίας, αντί του ρεύματος ή της τάσης των ενσύρματων μέσων.

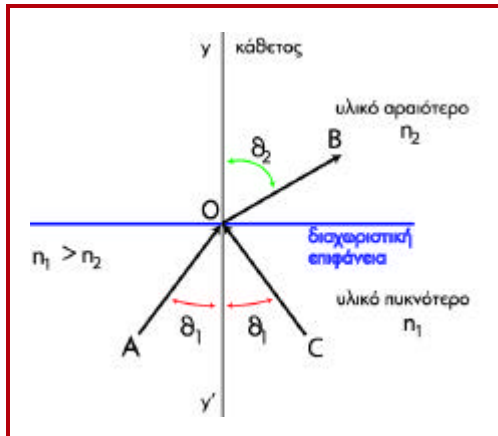
Οι οπτικές ίνες αποτελούνται από λεπτά νήματα εξαιρετικά καθαρού γυαλιού ή διάφανου πλαστικού, υψηλού δείκτη διάθλασης. Τα νήματα αυτά, που αποτελούν τον πυρήνα (core) της οπτικής ίνας, περιβάλλονται από μία επίστρωση (cladding) και ένα προστατευτικό κάλυμμα. Εάν μια φωτεινή δέσμη εισαχθεί στη μία άκρη του νήματος, ταξιδεύει με διαδοχικές ανακλάσεις, εγκλωβισμένη μέσα στο νήμα με πολύ μικρές απώλειες, ακόμη και εάν το νήμα καμπυλωθεί.

Η μετάδοση της φωτεινής δέσμης στηρίζεται στην **αρχή της ολικής εσωτερικής ανάκλασης**. Σύμφωνα μ' αυτή, αν:

- α)** ο δείκτης διάθλασης του εξωτερικού υλικού (επίστρωση) είναι μικρότερος από το δείκτη διάθλασης του εσωτερικού υλικού (πυρήνας) και
- β)** η γωνία πρόσπτωσης της ακτίνας στο εσωτερικό υλικό είναι μεγαλύτερη από κάποια τιμή που ονομάζεται «κρίσιμη»,

τότε η φωτεινή δέσμη εγκλωβίζεται και ταξιδεύει σε μεγάλες αποστάσεις, με χιλιάδες εσωτερικές ανακλάσεις.

Σχήμα 3.6: Διάθλαση φωτός από πυκνότερο σε αραιότερο υλικό.



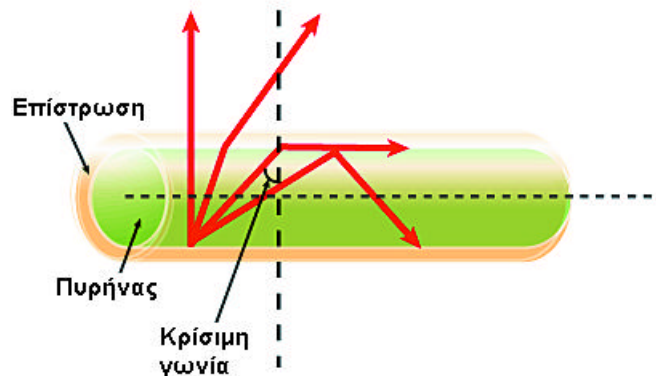
Για τη διάθλαση ισχύει $\frac{n_1}{n_2} = \frac{n\theta_2}{n\theta_1}$, όπου:

n_1 ο δείκτης διάθλασης του πυκνότερου υλικού,
 n_2 ο δείκτης διάθλασης του αραιότερου υλικού,
 θ_1 η γωνία πρόσπτωσης της ακτίνας στο πυκνότερο υλικό και
 θ_2 η γωνία διάθλασης της ακτίνας στο αραιότερο υλικό.

Δηλαδή, μόνο μέρος της έντασης της προσπίπτουσας ακτίνας ανακλάται, ενώ το μεγαλύτερο μέρος διαθλάται στο εξωτερικό υλικό.

Όσο μεγαλώνει όμως η γωνία πρόσπτωσης θ_1 , μεγαλώνει και το $n\theta_1$ και επειδή ο λόγος n_1/n_2 παραμένει σταθερός, θα μεγαλώνει και το $n\theta_2$, άρα η γωνία θ_2 στη διάθλαση.

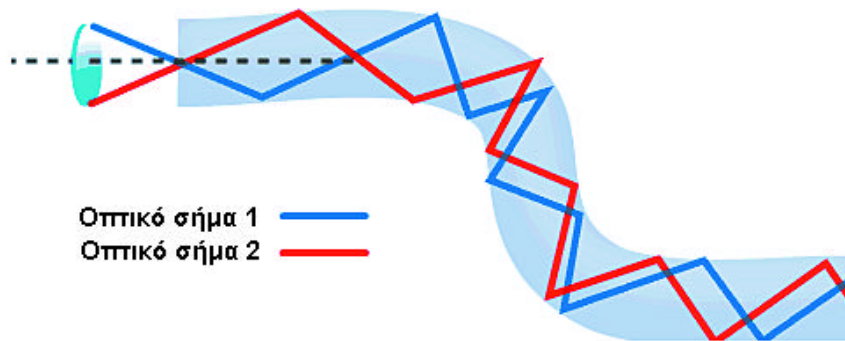
Όταν η γωνία θ_1 μεγαλώσει περισσότερο από μια κρίσιμη τιμή ($\theta_1 > \theta_{\text{κρίσιμη}}$), τότε η διαθλώμενη ακτίνα παύει να υφίσταται και όλη η προσπίπτουσα ακτίνα ανακλάται.



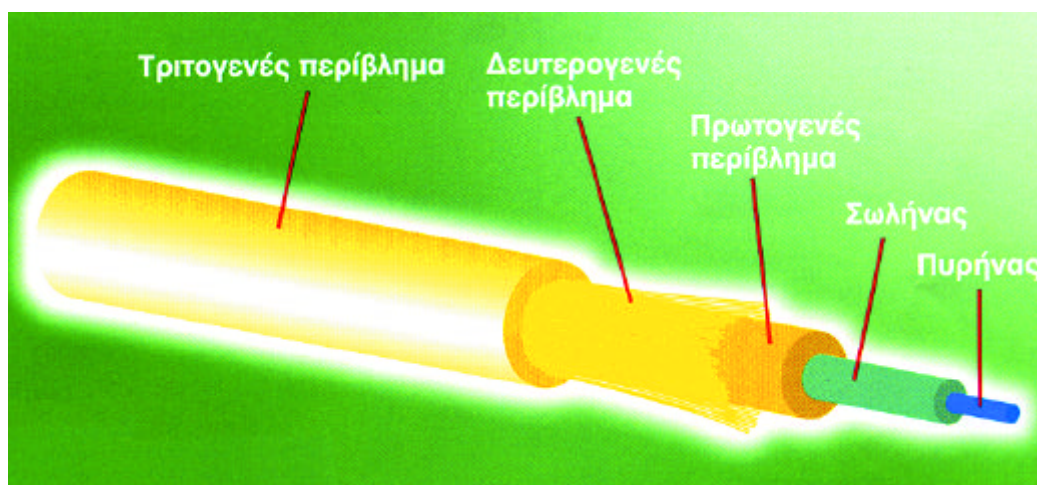
Σχήμα 3.7: Ολική εσωτερική ανάκλαση σε οπτική ίνα.

Έτσι, στην οπτική ίνα χρησιμοποιείται υλικό επίστρωσης με μικρότερο δείκτη διάθλασης από αυτόν της κεντρικής ίνας. Η πρόσπτωση των ακτινών με γωνία μεγαλύτερη από την κρίσιμη επιτυγχάνεται με τη χρήση ινών πολύ μικρής διαμέτρου (π.χ. 62,5 μm- χιλιοστά του χιλιοστού).

Η δομή μιας οπτικής ίνας φαίνεται στο Σχήμα 3.9.



Σχήμα 3.8: Διάγραμμα ολικής εσωτερικής ανάκλασης σε οπτική ίνα.



Σχήμα 3.9: Δομή οπτικής ίνας.

3.3.2 Κατηγορίες οπτικών ινών

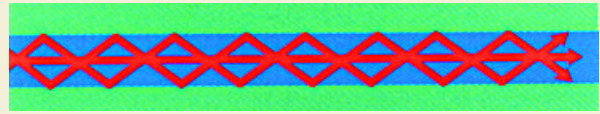
Ανάλογα με την πορεία που ακολουθούν οι δέσμες φωτός μέσα στον πυρήνα, οι οπτικές ίνες διακρίνονται σε δύο κατηγορίες:

1. **πολύτροπες ή πολλαπλής τροχιάς (multimode) και**
2. **μονότροπες ή ενιαίας τροχιάς (single mode).**

1. Οι πολύτροπες οπτικές ίνες έχουν πυρήνα με τυπική διάμετρο 50, 62,5 ή 100 μm και επίστρωση διαμέτρου 125 μm . Ο πυρήνας και η επίστρωση περιβάλλονται από προστατευτικό πλαστικό περίβλημα μίας ή περισσότερων στρώσεων, το οποίο φυσικά δεν λαμβάνει μέρος στη μετάδοση του οπτικού σήματος. Στις πολύτροπες ίνες έχουμε πολλούς δρόμους μετάδοσης, που αντιστοιχούν στις διαφορετικές γωνίες ανάκλασης. Όσο μικραίνει η διάμετρος του πυρήνα της ίνας, τόσο λιγότερους δρόμους μετάδοσης έχουμε.

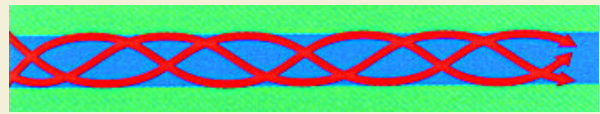
Οι πολύτροπες (ή πολλαπλής τροχιάς) διακρίνονται σε δύο τύπους, ανάλογα με την αλλαγή τροχιάς της φωτεινής δέσμης:

- 1α.** Σε οπτικές ίνες με απότομη αλλαγή τροχιάς, που οφείλεται στην απότομη μεταβολή του δείκτη διάθλασης μεταξύ της κεντρικής ίνας και του υλικού επίστρωσης και οι οποίες επιφέρουν εξασθένηση σήματος από 4 έως 10 dB/km περίπου.



Σχήμα 3.10: Οπτική ίνα με απότομη αλλαγή τροχιάς.

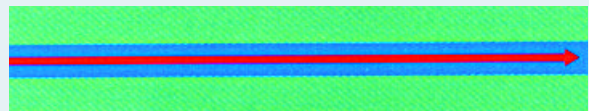
- 1β.** Σε οπτικές ίνες με σταδιακή αλλαγή τροχιάς, που οφείλεται στη βαθμιαία μείωση του δείκτη διάθλασης, όσο απομακρυνόμαστε από το κέντρο προς την επιφάνεια της κεντρικής ίνας, και οι οποίες επιφέρουν εξασθένηση σήματος από 2 έως 5 dB/km.



Σχήμα 3.11: Οπτική ίνα με σταδιακή αλλαγή τροχιάς.

- 2.** Οι μονότροπες οπτικές ίνες έχουν πυρήνα με μικρότερη διάμετρο από 5 έως 10 μm , με συνθεστέρα τιμή τα 8,3 μm και με επίστρωση διαμέτρου 125 μm .

Οι μονότροπες οπτικές ίνες εμφανίζουν καλύτερα χαρακτηριστικά από τις πολύτροπες, γιατί οι δέσμες φωτός ακολουθούν μία μοναδική τροχιά (κατά μήκος του άξονα του πυρήνα) και έτσι επιτυγχάνουν υψηλότερες ταχύτητες μετάδοσης δεδομένων και επιφέρουν μικρότερη εξασθένηση σήματος, από 0,2 έως 2 dB/km.



Σχήμα 3.12: Μονότροπη οπτική ίνα.

Το πρότυπο ISO/IEC 11801 στα δίκτυα δομημένης καλωδίωσης, στην κλάση Optical, συνιστά τη χρήση της πολύτροπης οπτικής ίνας μέχρι τα 2 km και της μονότροπης μέχρι τα 3 km.

3.3.3 Στοιχεία συστήματος οπτικών ινών

Το φως μεταφέρει την πληροφορία σχεδόν κατά τον ίδιο τρόπο που την μεταφέρουν και τα ηλεκτρονικά συστήματα. Έτσι, για παράδειγμα, για τη μετάδοση φωνής με φως Laser, στην αρχή ο ήχος μετατρέπεται σε ένα ηλεκτρικό ψηφιακό σήμα (on/off) και με τη βοήθεια του πομπού το σήμα

αυτό κωδικοποιείται σε φως. Όταν οι παλμοί του φωτός φθάσουν στον τελικό προορισμό τους, με τη βοήθεια του δέκτη γίνεται η αντίστροφη διαδικασία, δηλαδή το κωδικοποιημένο φως μετασχηματίζεται σε ηλεκτρικό ψηφιακό σήμα και στη συνέχεια το ηλεκτρικό σήμα μετατρέπεται σε ήχο.



Σχήμα 3.13: Σύστημα μεταφοράς φωνής με οπτική ίνα.

Το μικρότερο κομμάτι της πληροφορίας σε ένα ψηφιακό σύστημα είναι το bit (δυαδικό ψηφίο). Στα συστήματα με φως, ένα bit πληροφορίας δίνεται από την παρουσία ή απουσία ενός παλμού του φωτός. Το παλλόμενο φως μεταφέρει μηνύματα σε νήματα γυαλιού ή πλαστικού που καλούνται οπτικές ίνες.

Ένα σύστημα επικοινωνίας που στηρίζεται στις οπτικές ίνες, ως μέσο μετάδοσης περιλαμβάνει εκτός από αυτές και άλλες συσκευές ή εξαρτήματα, όπως *πομπούς, δέκτες, συνδετήρες, συρτάρια, διακλαδωτές, επαναλήπτες κ.λπ.*

Οι **πομποί** λαμβάνουν το ηλεκτρικό σήμα που τους δίνουμε σε αναλογική ή ψηφιακή μορφή και το μετατρέπουν σε οπτικό σήμα. Ανάλογα με την πηγή φωτός που χρησιμοποιούν, οι πομποί διακρίνονται σε LED και Laser. Τα LED και τα Laser είναι ημιαγωγοί που εκπέμπουν φως όταν εφαρμοσθεί κατάλληλη τάση στα άκρα τους.

Τα LED εκπέμπουν έναν ευρύ κώνο φωτός, με μήκος κύματος συνήθως 850 nm ή 1300 nm (nm= νανόμετρο) δηλαδή λίγο μεγαλύτερο από αυτό των υπεριώθρων ακτίνων.

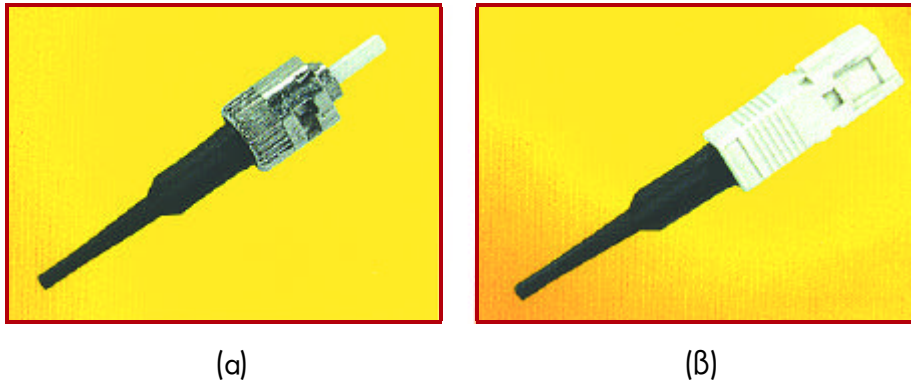
(Το ορατό φως περιέχει ακτινοβολίες των οποίων το μήκος κύματος κυμαίνεται μεταξύ 400 nm- ιώδες και 750 nm- ερυθρό).

Τα Laser εκπέμπουν μονοχρωματικό φως, με μήκος κύματος συνήθως 1300 nm ή 1550 nm, σε πολύ λεπτή δέσμη και με μεγαλύτερη ισχύ σήματος.

Οι πηγές LED έχουν καλύτερη συμπεριφορά στα αναλογικά σήματα και χρησιμοποιούνται περισσότερο κυρίως για κοντινές αποστάσεις, ενώ τα Laser προτιμούνται σε μεγάλες αποστάσεις και σε υψηλότερους ρυθμούς μετάδοσης.

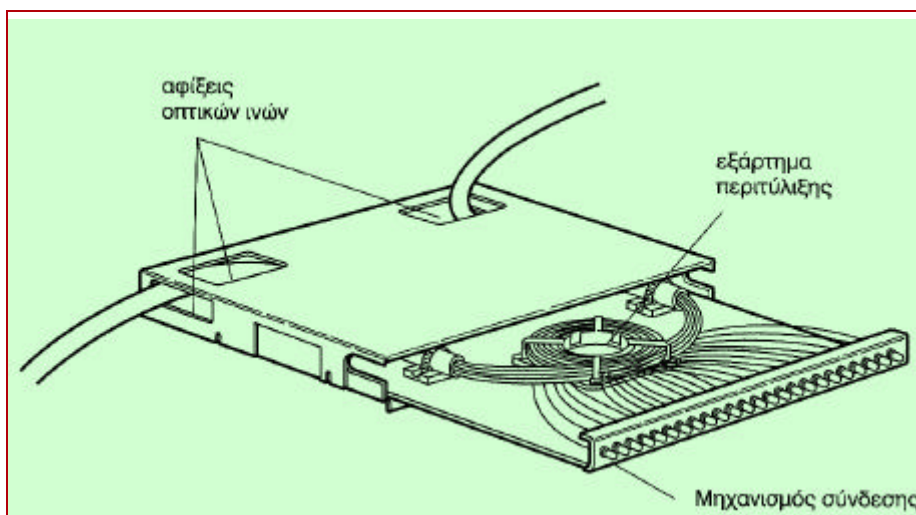
Οι **δέκτες**, αφού λάβουν το οπτικό σήμα, το μετατρέπουν με τη βοήθεια φωτοδιόδου σε ηλεκτρικό, το ενισχύουν και το διαμορφώνουν κατάλληλα, για να το προωθήσουν. Για να αναγνωρίζεται σωστά το σήμα από το δέκτη και για να μη χάνονται πληροφορίες, σημαντικό ρόλο παίζουν η ένταση του σήματος και ο λόγος σήματος προς θόρυβο (S/N).

Οι **συνδετήρες** χρησιμοποιούνται για να ενώσουν δύο καλώδια οπτικών ινών ή ένα καλώδιο με τον πομπό ή το δέκτη. Οι οπτικές ίνες απαιτούν πολύ λεπτούς χειρισμούς στις συνδέσεις και, εάν δεν εφάπτεται ακριβώς ο πυρήνας της μιας ίνας με τον πυρήνα της άλλης, προκαλείται σημαντική εξασθένιση του σήματος ή και διακοπή. Υπάρχουν διάφοροι τύποι συνδετήρων, με πιο γνωστούς τους ST (με μπαγιονέτ) και SC (με έλξη-ώθηση), οι οποίοι διατίθενται σε δύο διαφορετικούς τύπους: για πριτσίνωμα ή για συγκόλληση. Η χρήση συνδετήρα με πριτσίνωμα παρέχει μεγαλύτερη εγγύηση ασφαλούς σύνδεσης και είναι ευκολότερη και ταχύτερη για τον ηλεκτρολόγο - εγκαταστάτη.



Σχήμα 3.14: Συνδετήρες ST (α) και SC (β).

Τα **συρτάρια** είναι ειδικά κατασκευασμένα για να τοποθετούνται στο εσωτερικό ενός κατανεμητή. Προσφέρουν μεγάλη δυναμικότητα καλωδίωσης, π.χ. 24 οπτικές ίνες που συνδέονται αντίστοιχα με 24 κανάλια. Η όδευση των καλωδίων διευκολύνεται από τους οδηγούς που διαθέτουν τα συρτάρια και από το αποσπώμενο συρταρωτό του τμήμα.



Σχήμα 3.15: Συρτάρι οπτικών ινών.

Οι **διακλαδωτές** χρησιμεύουν ώστε ένα καλώδιο οπτικών ινών να διακλαδίζεται τουλάχιστον σε δύο άλλα καλώδια. Έτσι όμως, το σήμα χάνει αρκετή από την ισχύ του, γι' αυτό ο αριθμός των εξόδων ενός διακλαδωτή είναι περιορισμένος. Οι διακλαδωτές διακρίνονται σε *παθητικούς*, που απλώς διαβιβάζουν το σήμα από μία είσοδο σε μερικές εξόδους, και σε *ενεργητικούς*, οι οποίοι διαθέτουν ένα δέκτη στην είσοδο και μετά οδηγούν το ηλεκτρικό σήμα από την έξοδο του δέκτη σε πολλούς πομπούς.

Οι **επαναλήπτες** είναι διατάξεις οι οποίες τοποθετούνται κατά διαστήματα, για να ενισχύσουν το σήμα που έχει εξασθενήσει λόγω απωλειών κατά μήκος των οπτικών ινών, των συνδέσμων, των συρταριών, των διακλαδωτών κ.λπ.. Οι απώλειες για κάθε σύνδεσμο ή συρτάρι υπολογίζονται σε περίπου 0,5 dB και αθροίζονται μαζί με τις απώλειες κατά μήκος της γραμμής.



Σχήμα 3.16: Απώλειες οπτικών ινών.

Οι δυνατότητες των οπτικών ινών ξεπερνούν τις απαιτήσεις ενός δικτύου δομημένης καλωδίωσης.



4. Έλεγχοι ποιότητας της καλωδίωσης

Η εγκατάσταση ενός δικτύου δομημένης καλωδίωσης γίνεται με ορισμένα πρότυπα. Μετά την ολοκλήρωση της εγκατάστασης, γίνονται ορισμένοι έλεγχοι ποιότητας, ώστε να εξακριβωθεί αν η καλωδίωση πληροί τις προδιαγραφές που θέτουν τα συγκεκριμένα πρότυπα.

Όσο αυξάνονται οι ανάγκες ενός δικτύου για διακίνηση μεγαλύτερου όγκου πληροφοριών και υψηλότερου ρυθμού μετάδοσης αυτών των πληροφοριών, τόσο αυξάνεται και η ανάγκη για κατασκευή της καλωδίωσης με προδιαγραφές που να ανήκουν σε μεγαλύτερη κλάση ή κατηγορία, κατά τα αναγνωρισμένα διεθνή ή εθνικά πρότυπα (π.χ. ISO, EIA/TIA κ.λπ.).

Οι προδιαγραφές για κάθε κατηγορία ή κλάση καλωδίωσης αναφέρονται στο είδος των υλικών και στην ποιότητα της κατασκευής τους και προσδιορίζουν τις ελάχιστες απαιτήσεις που θέτει η συγκεκριμένη κατηγορία για την ποιότητα στη μετάδοση των πληροφοριών. Οι προδιαγραφές αυτές αναφέρονται τόσο στα μέσα μετάδοσης όσο και στις συνδέσεις τους.

Όσο αυξάνονται οι απαιτήσεις για περισσότερες πληροφορίες και ταχύτερη διακίνησή τους και βελτιώνονται τα υλικά (μέσα μετάδοσης και εξαρτήματα συνδέσεων), τόσο αυξάνονται και οι απαιτούμενοι έλεγχοι ποιότητας και τίθενται αυστηρότερες προδιαγραφές.

Όλα τα πρότυπα απαιτούν να υποβάλλονται με επιτυχία οι καλωδιώσεις σε τρεις βασικούς ελέγχους. Οι έλεγχοι αυτοί είναι:

Βασικοί έλεγχοι

- ✓ ο χάρτης καλωδίου (*wire map*),
- ✓ η εξασθένηση (*attenuation*) και
- ✓ η κοντινή αλληλεπίδραση (*NEXT*).

Κατόπιν, ακολουθούν πρόσθετοι έλεγχοι:

Πρόσθετοι έλεγχοι

- ✓ ο λόγος εξασθένησης προς αλληλεπίδραση (*ACR*),
- ✓ το μήκος καλωδίου,
- ✓ η καθυστέρηση μετάδοσης,
- ✓ η ασύγχρονη καθυστέρηση μετάδοσης,
- ✓ η χαρακτηριστική σύνθετη αντίσταση,
- ✓ η αντίσταση βρόχου συνεχούς ρεύματος και
- ✓ η αμοιβαία χωρητικότητα.

Επιπλέον, όσο αυξάνονται οι απαιτήσεις στη μετάδοση των πληροφοριών, βελτιώνονται τα υλικά και επεκτείνονται οι κατηγορίες (5E, 6 και 7) ή κλάσεις (E, F) των προτύπων, τόσο αυξάνονται και οι έλεγχοι. Έτσι, για νέες εφαρμογές, π.χ. Gigabit Ethernet, απαιτούνται προχωρημένοι έλεγχοι:

Προχωρημένοι έλεγχοι

- ✓ οι απώλειες λόγω επιστροφής,
- ✓ η αθροιστική ισχύς κοντινής αλληλεπίδρασης (*PSNEXT*),
- ✓ η αθροιστική ισχύς λόγω εξασθένησης προς κοντινή αλληλεπίδραση (*PSACR*),
- ✓ η μακρινή αλληλεπίδραση (*FEXT*) κ.λπ..

Τα δύο παγκοσμίως πιο γνωστά πρότυπα για τη δομημένη καλωδίωση, το αμερικάνικο πρότυπο EIA/TIA-568A και το διεθνές πρότυπο ISO/IEC 11801 παρουσιάζουν αρκετές διαφορές στους τρόπους μέτρησης και στα σχετικά όρια των ελέγχων. Για παράδειγμα, η κλάση D του ISO για τον υπολογισμό της εξασθένησης του **συνδέσμου** (βλέπε ενότητα 5.2.1) και τη μέτρηση των τιμών NEXT, λαμβάνει υπόψη και τις απώλειες των συνδετήρων (connectors), γι' αυτό η εξασθένηση είναι ελαφρώς υψηλότερη και οι τιμές NEXT ελαφρώς χαμηλότερες από αυτές της TIA, κατηγορία 5.

Οι αυξημένες απαιτήσεις στη μετάδοση των πληροφοριών επεκτείνουν τους ελέγχους ποιότητας και θέτουν ολοένα και αυστηρότερες προδιαγραφές.

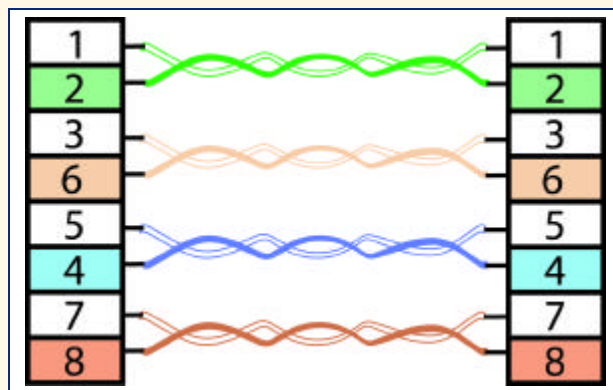
Όλοι οι έλεγχοι γίνονται σε θερμοκρασία 20 °C.

4.1 Βασικοί έλεγχοι

4.1.1 Χάρτης καλωδίου (Wire Map)

Ο χάρτης καλωδίου χρησιμοποιείται για να διαπιστώσουμε εάν η συρμάτωση έγινε σωστά (Σχήμα 4.1). Για καθέναν από τους 8 αγωγούς του καλωδίου, ο χάρτης πρέπει να δείχνει:

- ┆ Κατάλληλο τερματισμό άκρων σε κάθε πλευρά.
- ┆ Συνέχεια μέχρι τα μακρινά άκρα του καλωδίου.



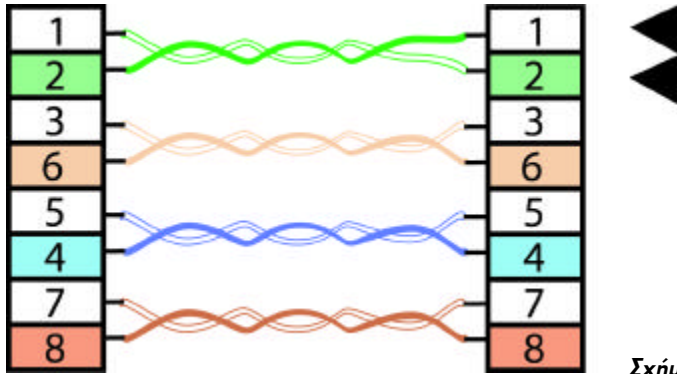
Σχήμα 4.1: Σωστή συρμάτωση 4 ζευγαριών.

Συνηθισμένα λάθη συρμάτωσης

Ο χάρτης καλωδίου μας δείχνει επίσης πιθανά σφάλματα συρμάτωσης, όπως:

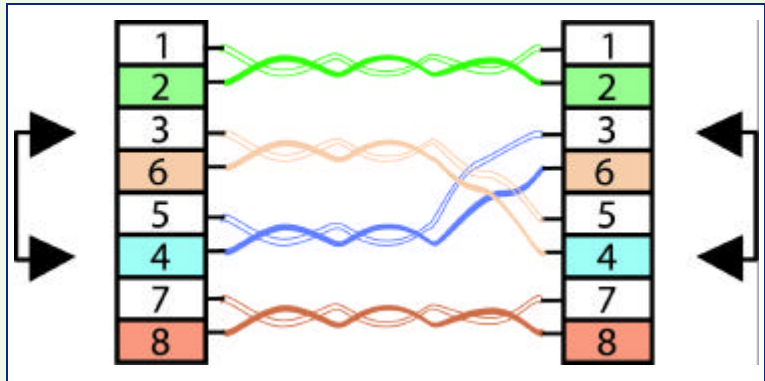
- | Βραχυκυκλώματα μεταξύ οποιωνδήποτε δύο ή περισσοτέρων αγωγών.
- | Βραχυκυκλωμένα ζευγάρια.
- | Αναστροφή ζευγαριών.
- | Διασταύρωση (ή αλληλομετάθεση) ζευγαριών.
- | Διαχωρισμό ζευγαριών.
- | Οποιαδήποτε άλλα σφάλματα συρμάτωσης.

Αναστροφή ζευγαριού συμβαίνει όταν η πολικότητα των συρμάτων ενός ζευγαριού αναστρέφεται στο ένα άκρο του καλωδίου (Σχήμα 4.2).

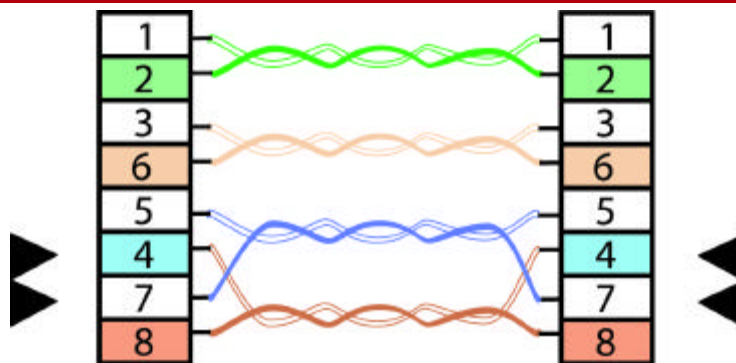


Σχήμα 4.2: Το λάθος της αναστροφής ζευγαριού.

Διασταύρωση (ή αλληλομετάθεση) ζευγαριού συμβαίνει όταν οι δύο αγωγοί σε ένα ζευγάρι, συνδέονται στη θέση ενός διαφορετικού ζευγαριού στη μακρινή σύνδεση (Σχήμα 4.3).



Σχήμα 4.3:
Το λάθος της διασταύρωσης ζευγαριού.



Διαχωρισμός ζευγαριών συμβαίνει όταν η συνέχεια από άκρη σε άκρη διατηρείται, αλλά τα κανονικά ζευγάρια είναι χωρισμένα (Σχήμα 4.4).

Σχήμα 4.4:
Το λάθος του διαχωρισμού ζευγαριού.

Στις περισσότερες περιπτώσεις, είναι εύκολο να κοιτάξει κανείς απευθείας μέσα στις συνδέσεις. Βραχυκύκλωμα ή διακοπή κυκλώματος διαπιστώνονται εύκολα με ένα απλό όργανο, ή για παράδειγμα με το άναμμα ή όχι μιας λάμπας. Πρέπει όμως να τονιστεί ότι ένα θετικό τεστ απλών οργάνων δεν αποτελεί εγγύηση ότι η συρμάτωση έχει εγκατασταθεί κανονικά. Για τις περιπτώσεις όπως αναστροφή ή διαχωρισμός ζευγαριών, απαιτούνται σύνθετα όργανα μέτρησης. Ιδιαίτερα, η ανακάλυψη του διαχωρισμού των ζευγαριών απαιτεί τη μέτρηση της κοντινής αλληλεπίδρασης (NEXT). Η μέτρηση του NEXT ξεπερνά τις δυνατότητες των απλών οργάνων. Τα διαχωρισμένα ζευγάρια θα προκαλέσουν μια υψηλή τιμή NEXT (τυπικά πάνω από 22 dB), η οποία θα περιορίσει αυστηρά το διαθέσιμο εύρος ζώνης συχνοτήτων στην εγκαταστημένη καλωδίωση.

Επιπλέον, στα καλώδια με πλέγμα πρέπει να ελεγχθεί η συνέχεια του πλέγματος και αυτό είναι συνήθως δυνατό μόνο με ανώτερα όργανα μέτρησης.

Ο χάρτης καλωδίου είναι θεμελιώδης έλεγχος, αλλά είναι σημαντικό να σημειώσουμε ότι η σωστή συρμάτωση δεν βεβαιώνει την απόδοση σε όλο το εύρος ζώνης. Έλεγχοι που εξαρτώνται από τη συχνότητα, όπως *κοντινής αλληλεπίδρασης (NEXT)*, *εξασθένησης* και *απωλειών λόγω επιστροφής (return loss)*, αποτελούν κλειδιά για τη διαβεβαίωση ότι η καλωδίωση είναι ικανή να υποστηρίξει εφαρμογές με υψηλές ταχύτητες.

4.1.2 Εξασθένηση

Η εξασθένηση (Attenuation) είναι η απώλεια της ισχύος του σήματος σε δεδομένο μήκος καλωδίωσης. Αυτή προκαλείται κυρίως από την απώλεια ηλεκτρικής ενέργειας (που περιγράφηκε στην ενότητα 3.1.1). Αυτή η χαμένη ενέργεια εκφράζεται σε **ντεσιμπέλ (dB)**. Όσο λιγότερα dB είναι η απώλεια, τόσο καλύτερα για τη λειτουργία της εγκατάστασης.

Η εξασθένηση, ιδιαίτερα έντονη στα χάλκινα σύρματα (UTP) που βασικά χρησιμοποιούνται στη δομημένη καλωδίωση, εξαρτάται από το μήκος του καλωδίου, τον αριθμό των συνδέσεων, τη συχνότητα του μεταφερόμενου σήματος, το είδος της μόνωσης των αγωγών, τη θερμοκρασία του χώρου και κυρίως από τη διάμετρο των αγωγών. Μικρότερη διάμετρος σημαίνει μεγαλύτερη εξασθένηση.

Ένας άλλος πιθανός λόγος για υπερβολική εξασθένηση είναι οι χαλαρές τερματικές συνδέσεις. Για να εντοπίσουμε αυτή την αιτία, συγκρίνουμε την εξασθένηση στα 4 ζευγάρια. Εάν ένα ή δύο ζευγάρια έχουν υψηλή εξασθένηση, αυτό μας οδηγεί να ελέγξουμε αν υπήρξε πρόβλημα κατά την εγκατάσταση. Εάν όλα τα ζευγάρια έχουν υψηλή εξασθένηση, ελέγχουμε για υπερβολικό μήκος της καλωδίωσης.

Σύμφωνα με το πρότυπο ISO 11801, η μέγιστη απόσβεση που μετριέται σε μια πρίζα για την κλάση D, που περιλαμβάνει καλώδια και συνδέσεις, στα 100 MHz, δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 23,2 dB, ανεξάρτητα από το μήκος του καλωδίου (φυσικά υπάρχει ο περιορισμός των 100 μέτρων συνολικού μήκους της οριζόντιας καλωδίωσης).

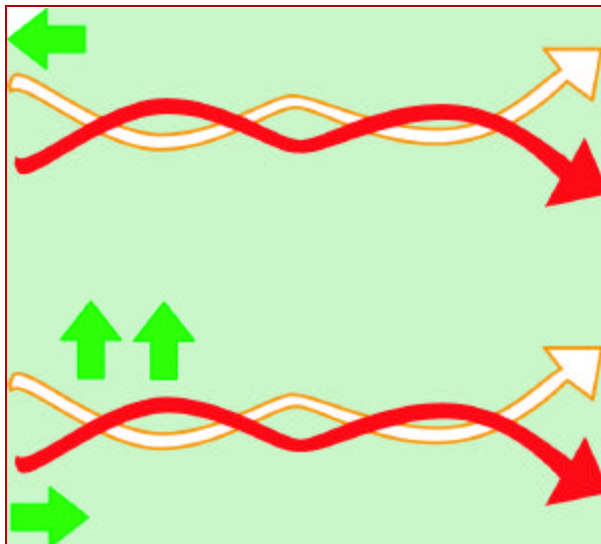
Η εξασθένηση που μετριέται σε μια πρίζα καλωδίου UTP 4 ζευγών, για συχνότητα 100MHz, πρέπει να είναι μικρότερη των 23,2 dB.

Πίνακας 4.1: Μέγιστες τιμές εξασθένησης (ISO 11801)

Συχνότητα MHz	Μέγιστη εξασθένηση dB			
	Κλάση A	Κλάση B	Κλάση Γ	Κλάση Δ
0,1	15	5,5	—	—
1,0	—	5,8	3,7	2,5
4,0	—	—	6,5	4,8
10,0	—	—	10,7	7,5
16,0	—	—	14,0	9,4
20,0	—	—	—	10,5
31,25	—	—	—	13,1
62,5	—	—	—	18,4
100,0	—	—	—	23,2

4.1.3 Κοντινή αλληλεπίδραση (NEXT-Near End CrossTalk)

Η αλληλεπίδραση, που συναντάται και με τον όρο παραδιαφωνία, (CrossTalk), είναι σήμα που μεταδίδεται από το σήμα ενός συνεστραμμένου ζεύγους στο σήμα του διπλανού του, μέσα σε ένα καλώδιο. Βέβαια, η συστροφή των ζευγών μειώνει σημαντικά την αλληλεπίδραση, γι' αυτό πρέπει να διατηρείται με επιμέλεια μέχρι το τελευταίο σημείο σύνδεσης, στον κατανεμτή ή την πρίζα.



Σχήμα 4.5: Μέτρηση τιμής NEXT.

Η αλληλεπίδραση είναι πιο έντονη όσο πιο κοντά είναι τα δυο ζευγάρια. Είναι ανεπιθύμητη και μπορεί να προκαλέσει επικοινωνιακά προβλήματα (π.χ. συνακροάσεις στο τηλεφωνικό δίκτυο ή λάθος μετάδοση δεδομένων στο δίκτυο υπολογιστών), γι' αυτό πρέπει να βεβαιωνόμαστε ότι τα επίπεδα παρεμβολής, βρίσκονται κάτω από κάποιο αποδεκτό όριο, που θέτουν τα πρότυπα καλωδίωσης της συγκεκριμένης κατηγορίας ή κλάσης που χρησιμοποιούμε.

Η αλληλεπίδραση είναι το πιο σημαντικό χαρακτηριστικό που επηρεάζει την απόδοση των καλωδίων στα τοπικά δίκτυα υπολογιστών.

Η αποσυστροφή των ζευγών στα σημεία σύνδεσης δεν πρέπει να ξεπερνά τα 13mm.

Ο έλεγχος NEXT μετρά την αλληλεπίδραση εκπέμποντας ένα συγκεκριμένο σήμα ελέγχου σε ένα ζευγάρι και μετρώντας τη στάθμη του επαγόμενου σήματος σε ένα γειτονικό ζευγάρι του ίδιου καλωδίου.

Η τιμή NEXT υπολογίζεται ως η διαφορά στη στάθμη μεταξύ του εκπεμπόμενου σήματος ελέγχου και του επαγόμενου σήματος στο γειτονικό προς έλεγχο ζευγάρι.

Οι μετρήσεις γίνονται από την ίδια πλευρά (Near End) του καλωδίου, ενώ οι άκρες της άλλης πλευράς, οι μακρινές, τερματίζονται σε χαρακτηριστική αντίσταση 100 Ω.

Η διαφορά στη στάθμη των δύο σημάτων (λόγος σε ντεσιμπέλ) μας δίνει την τιμή NEXT. Όσο μεγαλύτερη είναι αυτή η τιμή σε dB τόσο μικρότερη είναι η αλληλεπίδραση σε αυτά τα δύο ζεύγη, δηλαδή τόσο καλύτερα δουλεύει το σύστημα.

Η τιμή NEXT μετράται σε όλα τα ζεύγη του καλωδίου. Σε ένα καλώδιο UTP 4 συνεστραμμένων ζευγών, έχουμε 6 συνδυασμούς των ζευγών από την κάθε πλευρά του καλωδίου (το πρώτο ζευγάρι με το δεύτερο, μετά το πρώτο με το τρίτο, μετά το πρώτο με το τέταρτο, έπειτα το δεύτερο με το τρίτο και το δεύτερο με το τέταρτο και, τέλος, το τρίτο με το τέταρτο).
Λαμβάνεται υπόψη η χειρότερη τιμή, δηλαδή η μικρότερη.

Η τιμή NEXT μετριέται και από τις δύο πλευρές του καλωδίου.

Μικρή τιμή NEXT σε δύο ζευγάρια οφείλεται συνήθως σε:

- ! κακή σύνδεση (αποσυστροφή ζευγαριού μεγαλύτερη των 13mm),
 - ! χρησιμοποίηση patch cord χαμηλότερης κατηγορίας ή
 - ! χρήση συνδετήρων για ένωση τμημάτων καλωδίων.
- (Στην περίπτωση αυτή αν το καλώδιο δεν έχει το αναγκαίο μήκος, καλύτερα να αντικαθίσταται ολόκληρο με ένα μακρύτερο καλώδιο).

Η αλληλεπίδραση αυξάνεται, δηλαδή **μειώνεται η τιμή NEXT σε dB, όσο αυξάνεται η συχνότητα του σήματος**, γι' αυτό οι μετρήσεις NEXT πρέπει να γίνονται σε διαφορετικές συχνότητες, ώστε να καλύπτεται όλη η περιοχή συχνοτήτων της κατηγορίας ή κλάσης.

Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή NEXT σε dB, τόσο καλύτερα δουλεύει το σύστημα.

Πίνακας 4.2: Ελάχιστες τιμές NEXT (ISO 11801).

Συχνότητα MHz	Ελάχιστο NEXT dB			
	Κλάση A	Κλάση B	Κλάση Γ	Κλάση Δ
0,1	27	40	—	—
1,0	—	25	39	54
4,0	—	—	29	45
10,0	—	—	23	39
16,0	—	—	19	36
20,0	—	—	—	35
31,25	—	—	—	32
62,5	—	—	—	27
100,0	—	—	—	24

4.2 Πρόσθετοι έλεγχοι

4.2.1 Λόγος εξασθένισης/ αλληλεπίδραση (ACR)

Το σήμα, από την εκπομπή του μέχρι να φθάσει στο άλλο άκρο του καλωδίου, δηλαδή στο δέκτη, υφίσταται εξασθένιση.

Ο λόγος εξασθένισης προς αλληλεπίδραση (**ACR-Attenuation to Crosstalk Ratio**) ορίζεται ως η διαφορά μεταξύ της τιμής NEXT σε dB (στην αρχή του καλωδίου) και της εξασθένισης του σήματος σε dB (στο τέλος του καλωδίου).

Για να κατανοήσουμε την έννοια του ACR, ας φαντασθούμε έναν καθηγητή να δίνει διάλεξη σε μια αίθουσα. Σκοπός του ομιλητή είναι να ακουστεί ακόμα και από τους μαθητές του που βρίσκονται στο βάθος της αίθουσας. Η ένταση της φωνής του καθηγητή είναι ένας παράγοντας - κλειδί για να πραγματοποιηθεί ο σκοπός του, αλλά δεν είναι τόσο σημαντικός όσο η διαφορά μεταξύ της φωνής του καθηγητή και του θορύβου στο βάθος της αίθουσας. Εάν ο καθηγητής μιλούσε σε μια ήσυχη βιβλιοθήκη θα μπορούσε να χαμηλώσει την ένταση της φωνής του.

Φανταστείτε τον καθηγητή να μιλάει με την ίδια ένταση φωνής σε ένα θορυβώδες γήπεδο ποδοσφαίρου. Θα έπρεπε να υψώσει τόσο πολύ τη φωνή του, ώστε η **διαφορά** μεταξύ της φωνής (επιθυμητό σήμα) και του θορύβου της εξέδρας, να είναι αρκετή για να ακουστεί. Αυτή η διαφορά είναι πρακτικά το ACR.

Η τιμή ACR είναι ένας σημαντικός δείκτης για την ποιότητα της δομημένης καλωδίωσης.

Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή ACR σε dB, τόσο καλύτερα δουλεύει το σύστημα.

Η τιμή ACR πρέπει να υπολογίζεται και για τις δύο πλευρές ενός καλωδίου και να λαμβάνεται υπόψη η χειρότερη (μικρότερη) τιμή.

Αν και η ελάχιστη τιμή ACR για κάθε κλάση και συχνότητα υπολογίζεται απευθείας από τους πίνακες 10.1α και 10.2α, ως η διαφορά μεταξύ της τιμής NEXT (ελάχιστη) και της εξασθένησης (μέγιστη), το πρότυπο ISO 11801, ειδικά για την κλάση D, θέτει υψηλότερες απαιτήσεις, για παράδειγμα στα 100 MHz προτείνει ως ελάχιστη τιμή ACR τα 4 dB.

Πίνακας 4.3: Ελάχιστες τιμές ACR (ISO 11801)

Συχνότητα MHz	Ελάχιστη ACR dB Κλάση D
1,0	-
4,0	40
10,0	31
16,0	30
20,0	28
31,25	23
62,5	13
100,0	4

Σημείωση: Αυτές οι τιμές αναμένεται να τροποποιηθούν στη νέα αναθεώρηση του προτύπου (βλέπε Παράρτημα).

4.2.2 Μήκος καλωδίου

Το πρότυπο TIA/TSB-67 απαιτεί να μετριέται το μήκος. Το μήκος ορίζεται ως το φυσικό μήκος του καλωδίου ή του περιβλήματος αυτού. Το φυσικό μήκος αντιπαραβάλλεται με το ηλεκτρικό ή ελικοειδές μήκος, το οποίο είναι το μήκος των χάλκινων αγωγών. Το φυσικό μήκος θα είναι πάντα ελαφρώς μικρότερο από το ηλεκτρικό μήκος, λόγω της συστροφής των αγωγών. Για παράδειγμα, σε καλώδιο UTP, στα 100 μέτρα φυσικό μήκος αντιστοιχούν 102 μέτρα περίπου ηλεκτρικό μήκος.

Για να μετρηθεί το φυσικό μήκος, ένας έλεγχος μετράει πρώτα την *καθυστέρηση μετάδοσης* και έπειτα χρησιμοποιεί την *ονομαστική ταχύτητα μετάδοσης* (NVP) του καλωδίου για να υπολογίσει το μήκος. Ομοίως, αν γνωρίζετε το φυσικό μήκος και την καθυστέρηση του καλωδίου, μπορείτε να υπολογίσετε την ονομαστική ταχύτητα μετάδοσης.

Η *ονομαστική ταχύτητα μετάδοσης* (NVP) για κάθε καλώδιο εκφράζεται ως ποσοστό του ταχύτητας c του φωτός στο κενό και κυμαίνεται μεταξύ του 0,6c και του 0,9c.

Συμβατικά, το μήκος προκύπτει από το ζευγάρι του καλωδίου με το μικρότερο ηλεκτρικό μήκος. Λόγω της ασύμμετρης καθυστέρησης, το μήκος των 4 ζευγαριών συχνά εμφανίζεται ελαφρώς διάφορο. Αυτό είναι φυσικό και δε δημιουργεί πρόβλημα, με την εξαίρεση των σημαντικών διαφορών (πάνω από 10%).

Η μέτρηση του μήκους αποκτά ιδιαίτερη σημασία όταν έχουμε εκτεταμένο οριζόντιο δίκτυο (λόγω του περιορισμού των 100 μέτρων). Μερικές φορές, οι εγκαταστάτες αφήνουν στην οροφή ή στον τοίχο παραπάνω καλώδιο, για να καλύψουν μελλοντικές ανάγκες. Αυτό βέβαια ενδείκνυται, αρκεί να έχει συμπεριληφθεί στον ολικό υπολογισμό των 100 μέτρων. Σημειώστε ότι υπερβολικό κουλούριασμα του καλωδίου μπορεί να οδηγήσει σε ανεπιθύμητη υποβάθμιση λειτουργίας από πρόσθετες απώλειες λόγω επιστροφής και αλληλεπίδραση.

4.2.3 Καθυστέρηση μετάδοσης

Η καθυστέρηση μετάδοσης (Propagation Delay) ή απλά καθυστέρηση είναι ένα μέτρο του χρόνου τον οποίο απαιτεί ένα σήμα για να μεταδοθεί από το ένα άκρο του κυκλώματος στο άλλο. Η καθυστέρηση μετριέται σε nanoSecond (nSec). Τυπική καθυστέρηση για τα καλώδια UTP, κατηγορίας 5, είναι κάτι λιγότερο από 5 nSec ανά μέτρο (η χειρότερη περίπτωση που επιτρέπεται είναι 5,7 nSec/m). Έτσι, στα 100 μέτρα μπορεί να έχουμε καθυστέρηση 500 nSec.

Η καθυστέρηση είναι ο κύριος λόγος για τον περιορισμό του μήκους στην καλωδίωση των τοπικών δικτύων υπολογιστών.

Η ονομαστική ταχύτητα μετάδοσης (NVP- *Nominal Velocity of Propagation*) από την άλλη πλευρά είναι διαφορετική. Αναφέρεται στη δομική ταχύτητα με την οποία ταξιδεύει το σήμα, σε σχέση με την ταχύτητα C του φωτός μέσα στο κενό. Εκφράζεται ως ποσοστό του C , π.χ.

75% ή 0,75c. Όλα τα καλώδια θα έχουν τιμές ταχύτητας στην περιοχή από 0,6 έως 0,9c.

Οι μετρήσεις της καθυστέρησης είναι σχετικά ακριβείς. Τα περισσότερα πρότυπα δομημένης καλωδίωσης αναμένουν μια μέγιστη οριζόντια καθυστέρηση των 570nSec. Εάν οι προδιαγραφές σχεδίασης ενός δικτύου το επιτρέψουν, μπορεί να γίνει αποδεκτή μεγαλύτερη καθυστέρηση. Τα πρότυπα απαιτούν αυτή η καθυστέρηση μετάδοσης για ένα καλώδιο να θεωρείται ότι είναι η καθυστέρηση μετάδοσης του ταχύτερου ζευγαριού, δηλαδή η συντομότερη καθυστέρηση μετάδοσης.

Επειδή κάθε ζευγάρι στο καλώδιο έχει το δικό του μοναδικό λόγο (βήμα) συστροφής, η καθυστέρηση θα διαφέρει σε κάθε ζευγάρι. Αυτή η διαφορά (ασύμμετρη καθυστέρηση) δε θα πρέπει να υπερβαίνει τα 50 nSec σε ένα οποιοδήποτε τμήμα μέχρι τα 100 μέτρα.

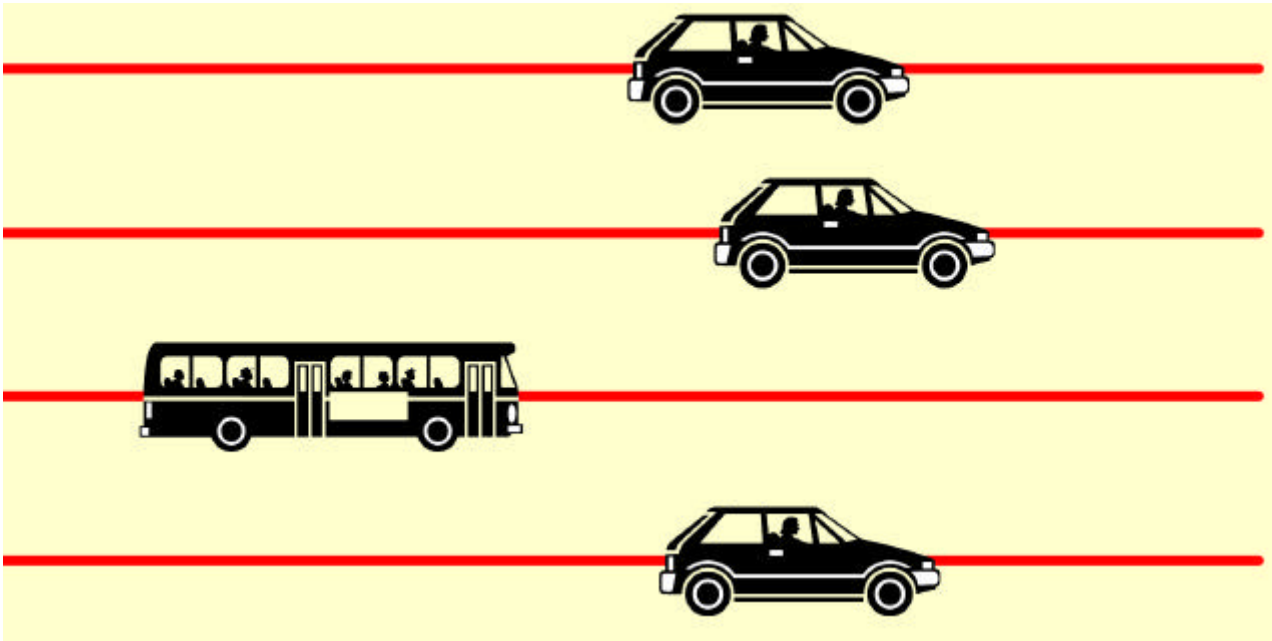
Η υπερβολική καθυστέρηση μετάδοσης οφείλεται μόνο σε πολύ μακρύ καλώδιο.

4.2.4 Ασύμμετρη καθυστέρηση μετάδοσης

Η ασύμμετρη (Skew) καθυστέρηση μετάδοσης είναι η διαφορά μεταξύ της καθυστέρησης μετάδοσης στο ταχύτερο και στο βραδύτερο από τα 4 ζευγάρια ενός UTP καλωδίου. Μερικές κατασκευαστικές εταιρίες καλωδίων χρησιμοποιούν διαφορετικά μονωτικά υλικά σε διαφορετικά ζευγάρια. Αυτό, επιπρόσθετα με το μοναδικό λόγο (βήμα) συστροφής του κάθε ζευγαριού, αυξάνει την καθυστέρηση.

Η ασύμμετρη καθυστέρηση μετάδοσης είναι σημαντική ιδιαίτερα σε τοπικά δίκτυα υπολογιστών, που χρησιμοποιούν τεχνολογίες υψηλών ταχυτήτων (Gigabit Ethernet), γιατί χρησιμοποιούν και τα 4 ζευγάρια

του καλωδίου. Εάν η καθυστέρηση ενός ή περισσότερων ζευγαριών είναι σημαντικά διάφορη από οποιοδήποτε άλλο, τότε τα σήματα που στέλνονται την ίδια στιγμή από το ένα άκρο του καλωδίου φθάνουν στο άλλο άκρο που βρίσκεται ο δέκτης σε σημαντικά διαφορετικούς χρόνους. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να μην μπορεί ο δέκτης, που είναι σχεδιασμένος για μικρές διαφορές στις καθυστερήσεις, να ανασυνθέσει το αρχικό σήμα.



Σχήμα 4.6: Ασύμμετρη καθυστέρηση μετάδοσης.

Μια κατάλληλα κατασκευασμένη δομημένη καλωδίωση θα πρέπει να παρουσιάζει ασυμμετρία μικρότερη από 50 nSec σε σύνδεση 100 μέτρων. Χαμηλότερη ασυμμετρία είναι καλύτερη. Οποιαδήποτε ασυμμετρία κάτω από 25 nSec είναι εξαιρετική, ενώ μεταξύ 45 και 50 είναι οριακά αποδεκτή.

4.2.5 Χαρακτηριστική σύνθετη αντίσταση

Η σύνθετη αντίσταση είναι ένα μέτρο της αντίδρασης στη ροή του ηλεκτρικού ρεύματος. Περιλαμβάνει τις επιδράσεις της ωμικής αντίστασης, της χωρητικότητας και της επαγωγής. Η καλωδίωση για δεδομένα (data) είναι αποδεκτά ταξινομημένη στα 100 Ω σύνθετη αντίσταση και η τιμή αυτή θα πρέπει να διατηρείται σταθερή (15%) κατά μήκος όλου του καλωδίου και σε όλο το εύρος ζώνης των συχνοτήτων του.

Η *χαρακτηριστική σύνθετη αντίσταση* αναφέρεται στη σύνθετη αντίσταση ενός καλωδίου απείρου μήκους. Μετράται στο καλώδιο και όχι στις ενώσεις και είναι μια εργαστηριακή μέτρηση.

Δεν υπάρχουν δημοσιεύσεις για πιστοποιητικά ελέγχου που να απαιτούν τη μέτρηση χαρακτηριστικής αντίστασης.

Η ομαλή λειτουργία των τοπικών δικτύων υπολογιστών (LAN) στηρίζεται σε μια σταθερή σύνθετη αντίσταση των καλωδίων του συστήματος. Απότομες αλλαγές σε αυτή την αντίσταση, προκαλούν εσωτερικές ανακλάσεις σημάτων, που οδηγούν στις **απώλειες λόγω επιστροφής** και στην **εξασθένιση** και μπορεί να διαστρεβλώσουν τη μετάδοση των σημάτων μέσω των καλωδίων του δικτύου προκαλώντας προβλήματα στο δίκτυο.

4.2.6 Αντίσταση βρόχου συνεχούς ρεύματος

Η αντίσταση βρόχου συνεχούς ρεύματος (DC Loop Resistance) είναι η ολική αντίσταση μέσω δύο αγωγών που ενώνονται σε βρόχο στο ένα τους άκρο. Η αντίσταση είναι συνήθως συνάρτηση της διαμέτρου των αγωγών και διαφέρει μόνο με την απόσταση. Αυτή η μέτρηση γίνεται μερικές φορές για να διαβεβαιώσει ότι δεν υπάρχουν κακές συνδέσεις, που μπορούν να προσθέσουν σημαντική αντίσταση στην ένωση.

Η αντίσταση συνεχούς ρεύματος αυξάνει ανάλογα με το μήκος του ελεγχόμενου καλωδίου, ενώ η σύνθετη αντίσταση, που αναφέρεται σε μια συγκεκριμένη συχνότητα, παραμένει σχεδόν

σταθερή και δεν επηρεάζεται από το μήκος. Από πλευράς σήματος, η *εξασθένιση* είναι περισσότερο χρήσιμη μέτρηση, ενώ η αντίσταση συνεχούς ρεύματος είναι λιγότερο χρήσιμη.

Διαφορές στην αντίσταση βρόχου μεταξύ ζευγαριών συχνά αποτελούν μια γρήγορη ένδειξη προβλήματος στην καλωδίωση.

Η αντίσταση βρόχου (DC Resistance) ανά ζευγάρι δεν πρέπει να ξεπερνά τα $9,4\Omega/100\text{ m}$, ενώ η ασυμμετρία αντίστασης (DC Resistance Unbalance) μεταξύ των δύο αγωγών ενός οποιουδήποτε ζευγαριού δεν πρέπει να ξεπερνά το 5%.

4.2.7 Αμοιβαία χωρητικότητα

Η αμοιβαία χωρητικότητα οποιουδήποτε ζευγαριού στη συχνότητα 1 kHz και μετρημένη στους 20 °C (ή αναγόμενη στους 20 °C) δεν πρέπει να ξεπερνά τα 6,6 nF ανά 100 μέτρα, για καλώδιο κατηγορίας 3, και δεν πρέπει να ξεπερνά τα 5,6 nF ανά 100 μέτρα, για καλώδιο κατηγορίας 5.

Η ασυμμετρία χωρητικότητας προς το έδαφος στο 1 kHz, για οποιοδήποτε ζευγάρι, δε θα πρέπει να ξεπερνά τα 330 pF ανά 100 μέτρα.

4.3 Προχωρημένοι έλεγχοι

4.3.1 Απώλειες λόγω επιστροφής (Return Loss)

Όταν η σύνθετη αντίσταση του καλωδίου αποκλίνει από τη χαρακτηριστική τιμή της (π.χ. για τα καλώδια UTP, τα 100 Ω), τότε εμφανίζονται οι απώλειες λόγω επιστροφής (Return Loss). Σε απλούς όρους, μπορεί κάποιος να φέρει στο νου του την ηχώ που δημιουργείται από τις αλλαγές της σύνθετης αντίστασης.

Τα συνεστραμμένα ζευγάρια δεν έχουν απόλυτα όμοιες σύνθετες αντιστάσεις. Οι αλλαγές στη συστροφή των ζευγαριών, η απόσταση μεταξύ αγωγών, η μεταχείριση του καλωδίου, η δομή του, το μήκος του οριζόντιου τμήματος, διαφορές στα patch cord, διαφορές στις διαμέτρους χαλκού, σύνθεση της μόνωσης και άλλοι παράγοντες συνεισφέρουν σε μικρές αποκλίσεις της σύνθετης αντίστασης. Επιπλέον, όλοι οι σύνδεσμοι μπορεί να μην έχουν ίδια σύνθετη αντίσταση. Κάθε αλλαγή στη σύνθετη αντίσταση προκαλεί αμέσως απώλεια επιστροφής (return loss) και συνεπάγεται απώλεια σήματος (εξασθένιση).

Η σύνθετη αντίσταση του καλωδίου επιτρέπεται να έχει μια ανοχή $\pm 15\%$ από την τυπική

χαρακτηριστική τιμή της για όλο το φάσμα των συχνοτήτων, από 1 MHz μέχρι το ανώτερο όριο της κατηγορίας (π.χ. για την κατηγορία 5, τα 100 MHz).

Απώλειες λόγω επιστροφής είναι η διαφορά μεταξύ της ισχύος ενός μεταδιδόμενου σήματος και της ισχύος από το σήμα των ανακλάσεων που δημιουργούνται λόγω αποκλίσεων της τιμής της σύνθετης αντίστασης του καλωδίου από τη χαρακτηριστική της τιμή.

Όσο υψηλότερη είναι αυτή η διαφορά (δηλαδή δε χάνεται σήμα), τόσο περισσότερο ταιριάζει η σύνθετη αντίσταση του καλωδίου με τη χαρακτηριστική αντίσταση.

Κατά τη διάρκεια του ελέγχου σε ένα καλώδιο, τα μακρινά του άκρα τερματίζονται σε έναν αντιστάτη, η τιμή του οποίου αντιστοιχεί στη χαρακτηριστική αντίσταση του καλωδίου.

Ο έλεγχος για τις απώλειες λόγω επιστροφής έχει ιδιαίτερη σημασία για καλωδιώσεις κατηγορίας 5E και πάνω.

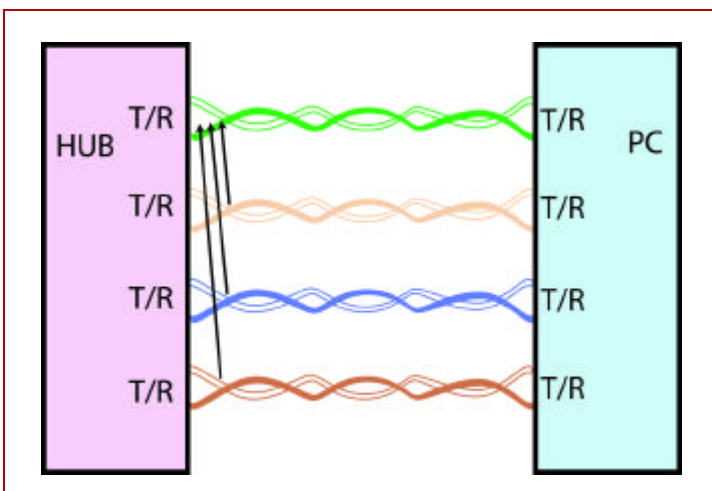
4.3.2 Αθροιστική ισχύς κοντινής αλληλεπίδρασης (PSNEXT)

Η αθροιστική ισχύς κοντινής αλληλεπίδρασης (PSNEXT- **PowerSum Near End CrossTalk**) είναι μια επέκταση του NEXT.

Το PSNEXT υπολογίζει αθροιστικά σε ένα ζευγάρι την αλληλεπίδραση από όλα τα άλλα ζευγάρια που μεταδίδουν σήματα. Αυτός ο έλεγχος είναι κρίσιμος για να υπολογίσει εάν το καλώδιο είναι ικανό να τρέξει πρωτόκολλα που χρησιμοποιούν σχήματα μετάδοσης με 4 ζευγάρια, όπως το Gigabit Ethernet.

Υπάρχουν 6 συνδυασμοί για τις μετρήσεις NEXT (4 ζευγάρια σε ένα καλώδιο UTP), αλλά υπάρχουν μόνο 4 υπολογισμοί για την αθροιστική ισχύ PSNEXT (όσα τα 4 ζευγάρια, το μπλε, το πορτοκαλί, το πράσινο και το καφέ).

Το PSNEXT, στην πραγματικότητα, δεν είναι μέτρηση αλλά υπολογισμός. Προκύπτει ως το αλγεβρικό άθροισμα των ατομικών NEXT επιδράσεων σε κάθε ζευγάρι από τα άλλα τρία ζευγάρια. Υπάρχουν 4 PSNEXT αποτελέσματα για την κάθε πλευρά του καλωδίου.



Τυπικά, τα PSNEXT αποτελέσματα είναι περίπου 3 dB χαμηλότερα από τη χειρότερη περίπτωση NEXT, για την κάθε πλευρά του καλωδίου.

Σχήμα 4.7: Αθροιστική αλληλεπίδραση.

Εφόσον το PSNEXT προκύπτει από τις μετρήσεις των NEXT, οποιοδήποτε πρόβλημα στον υπολογισμό παραπέμπει στην επίλυση των NEXT προβλημάτων.

4.3.3 Αθροιστική ισχύς λόγου εξασθένισης προς κοντινή αλληλεπίδραση (PSACR)

Η αθροιστική ισχύς του λόγου εξασθένισης προς αλληλεπίδραση (PSACR) είναι επέκταση του λόγου εξασθένισης προς αλληλεπίδραση (ACR). Στην πραγματικότητα, το PSACR δεν είναι μέτρηση αλλά υπολογισμός και προκύπτει από το αλγεβρικό άθροισμα των ατομικών ACR αποτελεσμάτων.

Αντί των ACR τιμών που μετρούνται με τους 4 δυνατούς συνδυασμούς ζευγαριών, υπάρχουν 4 υπολογισμοί της PSACR, ένας για το καθένα από τα 4 ζευγάρια του καλωδίου UTP.

Το PSACR μετράει το αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης από πολλαπλά ζευγάρια στο εξασθενημένο σήμα που λαμβάνεται στο μακρινό άκρο του πομπού ή αναμεταδότη, δηλαδή στην είσοδο του δέκτη. Τα σύγχρονα πρωτόκολλα χρησιμοποιούν μεταδόσεις με περισσότερα από ένα ζευγάρια, για να επιτύχουν υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης, επιτρέποντας έτσι τη μετάδοση σε περισσότερα από ένα σήματα προς την ίδια κατεύθυνση, συγχρόνως και οποιαδήποτε στιγμή.

Αυτός ο έλεγχος είναι κρίσιμος για ταυτόχρονα αμφίδρομες (Full Duplex) μεταδόσεις. Σε αυτή τη μορφή επικοινωνίας, τα δεδομένα μεταδίδονται ταυτόχρονα και προς τις δύο κατευθύνσεις, δηλαδή ένας υπολογιστής μεταδίδει και λαμβάνει δεδομένα ταυτόχρονα. Συνήθως, ένα ζευγάρι από το καλώδιο χρησιμοποιείται για εκπομπή και ένα άλλο για τη λήψη.

Αφού το PSACR είναι στην ουσία μια μέτρηση του λόγου σήματος προς θόρυβο, όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός (περισσότερο σήμα και λιγότερος θόρυβος), τόσο καλύτερα δουλεύει ένα σύστημα.

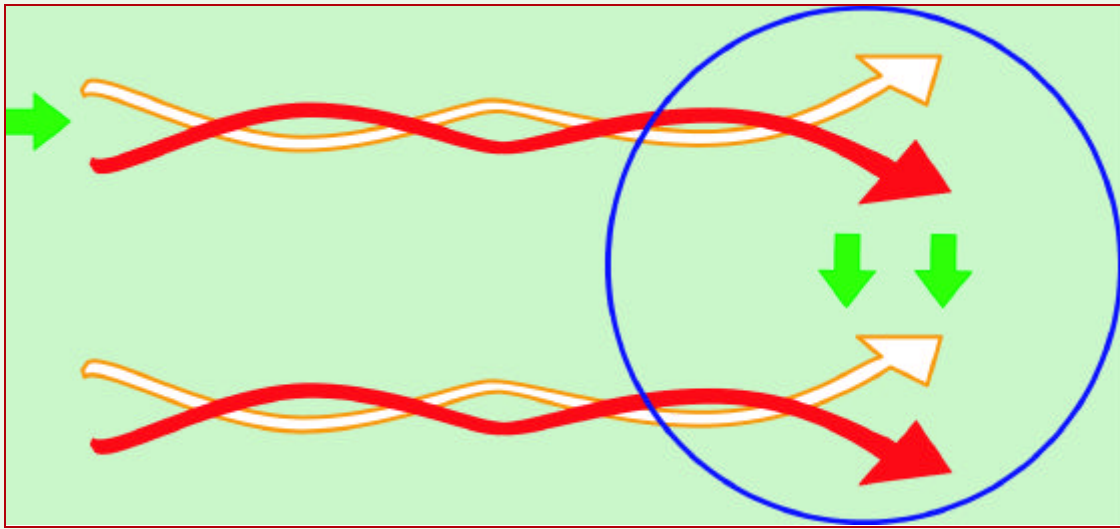
Τυπικά, τα αποτελέσματα PSACR είναι περίπου 3 dB χαμηλότερα από τη χειρότερη περίπτωση αποτελέσματος ACR, για την κάθε πλευρά του καλωδίου.

Εφόσον το PSACR προκύπτει από τις μετρήσεις των ACR, οποιοδήποτε πρόβλημα στον υπολογισμό παραπέμπει στην επίλυση των ACR προβλημάτων.

4.3.4 Μακρινή αλληλεπίδραση (FEXT)

Η μακρινή αλληλεπίδραση (FEXT- Far End CrossTalk) είναι όμοια με τη NEXT, εκτός του ότι το σήμα στέλνεται από το κοντινό άκρο και η αλληλεπίδραση μετριέται στο μακρινό άκρο.

Λόγω της εξασθένισης, τα σήματα που προκαλούν τη μακρινή αλληλεπίδραση μπορεί να είναι πολύ ασθενέστερα, ειδικά για τα καλώδια μεγαλύτερου μήκους. Αυτό το αποτέλεσμα σημαίνει ότι, για δεδομένη ποιότητα καλωδίωσης, τόσο περισσότερη αλληλεπίδραση θα υπάρχει στο μακρινό άκρο (FEXT), όσο πιο κοντά στην αρχή είναι αυτό το άκρο. Γι' αυτό το λόγο, τα αποτελέσματα FEXT δεν



Σχήμα 4.8: Μακρινή αλληλεπίδραση.

έχουν σημασία χωρίς μια ένδειξη της αντίστοιχης εξασθένησης στο καλώδιο. Έτσι, το FEXT μετράται αλλά σπάνια αναφέρεται. Τα αποτελέσματα FEXT χρησιμοποιούνται για να προκύψει το ίσο επίπεδο μακρινής αλληλεπίδρασης (ELFEXT).

4.3.5 Ίσο επίπεδο μακρινής αλληλεπίδρασης (ELFEXT)

Το ίσο επίπεδο μακρινής αλληλεπίδρασης (ELFEXT- Equal Level Far End CrossTalk) είναι ένα νέος έλεγχος που διενεργείται για να διαβεβαιώσει ότι τα σύγχρονα καλωδιακά συστήματα είναι ικανά να μεταδώσουν με πρωτόκολλα υψηλών ταχυτήτων. Καθώς τα νέα πρωτόκολλα μεταδίδουν και λαμβάνουν την ίδια στιγμή (Full Duplex), τα σήματα μπορούν να ταξιδεύουν συγχρόνως προς δύο κατευθύνσεις, την ίδια στιγμή. Έτσι, σε μια καλωδίωση πρέπει να ελεγχθούν και το NEXT και το ELFEXT.

Για να μετρηθεί το ELFEXT, παράγεται ένα σήμα ελέγχου στο ένα ζευγάρι στο κοντινό άκρο και μετριέται η αλληλεπίδραση στο γειτονικό ζευγάρι αλλά στο μακρινό του άκρο (FEXT), από την άλλη πλευρά του καλωδίου. Επειδή το μεταδιδόμενο σήμα εξασθενεί κατά μήκος του καλωδίου, αυτή η εξασθένιση αφαιρείται από τη μέτρηση FEXT, για να δώσει το ίσο επίπεδο της μακρινής αλληλεπίδρασης (ELFEXT). Μ' αυτή την αφαίρεση της εξασθένησης εξουδετερώνεται η εξάρτηση του FEXT από το μήκος που αναφέραμε στην προηγούμενη ενότητα. Αυτό προκύπτει και από το παράδειγμα που ακολουθεί.

Ας πάρουμε τις μετρήσεις FEXT και εξασθένησης σε δύο καλώδια φτιαγμένα από το ίδιο υλικό και με τα ίδια χαρακτηριστικά, αλλά με διαφορετικά μήκη, 50 m το ένα και 100 m το άλλο.

	FEXT	Εξασθένιση	ELFEXT
Καλώδιο 50 m	45 dB	11 dB	$45-11 = 34$ dB
Καλώδιο 100 m	54 dB	20 dB	$54-20 = 34$ dB

Η μέτρηση ELFEXT εξουδετερώνει την εξάρτηση του FEXT από τις αποστάσεις.

Υπάρχουν 12 μετρήσεις ELFEXT για καθένα άκρο καλωδίου 4 συνεστραμμένων ζευγών και συνολικά 24 μετρήσεις. Αυτό συμβαίνει γιατί η εξασθένιση μπορεί να διαφέρει ελαφρά, ανάλογα με ποιο ζευγάρι ενεργοποιείται. Επιπλέον, το όργανο μέτρησης θα ενεργοποιήσει το ζευγάρι 1 και θα αναγνώσει το ζευγάρι 2 στο τέλος του, έπειτα θα ενεργοποιήσει το ζευγάρι 2 και θα αναγνώσει το ζευγάρι 1 στο τέλος του κ.λπ..

Οι ίδιοι παράγοντες που δημιουργούν τα προβλήματα κατά τις μετρήσεις στον έλεγχο NEXT τα δημιουργούν και στο FEXT. Επομένως, τα προβλήματα στο ELFEXT ανάγονται σε προβλήματα του NEXT και της εξασθένισης, όπως ακριβώς στο ACR.

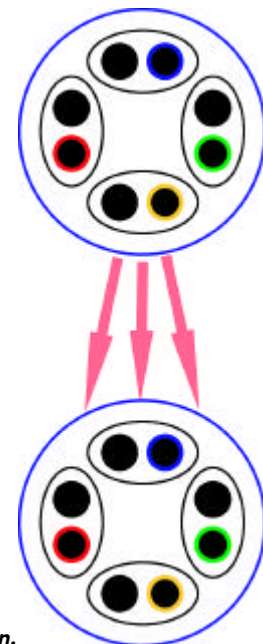
4.3.6 Αθροιστική ισχύς ίσου επιπέδου μακρινής αλληλεπίδρασης (PSELFEXT)

Η αθροιστική ισχύς ίσου επιπέδου μακρινής αλληλεπίδρασης (PSELFEXT) είναι στην πραγματικότητα ένας υπολογισμός και όχι μέτρηση και προκύπτει από ένα αλγεβρικό άθροισμα των ατομικών ELFEXT που επιδρούν σε κάθε ζευγάρι από τα άλλα τρία ζευγάρια.

Υπάρχουν 4 αποτελέσματα PSELFEXT για το κάθε άκρο, τα οποία τυπικά είναι γύρω στα 3 dB χαμηλότερα από το αποτέλεσμα ELFEXT της χειρότερης περίπτωσης, για το κάθε άκρο του καλωδίου.

4.4 Εξωτερική αλληλεπίδραση

Όταν τα καλώδια γειτονεύουν, εκπομπές από το ένα καλώδιο μπορεί να επιδράσουν στα ζευγάρια των άλλων καλωδίων. Αυτή η επίδραση ονομάζεται εξωτερική αλληλεπίδραση. Είναι δυνατό να εμφανίζεται στα UTP καλώδια, όταν πακετάρονται και οδεύουν πολύ κοντά για απόσταση μεγαλύτερη των 15 μέτρων. Η εξωτερική αλληλεπίδραση είναι μια απρόβλεπτη και μη ακυρώσιμη πηγή θορύβου. Η μέτρησή της είναι δύσκολη, γιατί απαιτεί δύο σειρές οργάνων μέτρησης και αυτό επιτυγχάνεται μόνο στο εργαστήριο. Δεν προτείνονται όρια για την εξωτερική αλληλεπίδραση.



Σχήμα 4.9: Εξωτερική αλληλεπίδραση.



6. Οδηγίες εγκατάστασης δικτύου δομημένης καλωδίωσης

Σε κάθε εγκατάσταση δομημένης καλωδίωσης, για να ικανοποιούνται οι προδιαγραφές μιας κατηγορίας ή κλάσης που θέλουμε, πρέπει όλα τα υλικά και εξαρτήματα που χρησιμοποιούνται (καλώδια, συνδετήρες, οριολωρίδες, κατανεμπτές κ.λπ.) να είναι της ίδιας ή ανώτερης κατηγορίας. Εάν στην εγκατάσταση τοποθετηθούν εξαρτήματα διαφορετικών κατηγοριών, τότε ο χαρακτηρισμός του δικτύου επηρεάζεται από το εξάρτημα που ανήκει στην χαμηλότερη κατηγορία.

Για να διαπιστωθεί ότι ένα δίκτυο ανήκει σε μια κατηγορία, κατά τον έλεγχο και τις δοκιμές συνυπολογίζονται πολλοί τεχνικοί παράγοντες (τερματισμός καλωδίων, καταπονήσεις, συστροφές, κακώσεις καλωδίων κ.λπ.).

Το γεγονός ότι τα υλικά και εξαρτήματα που χρησιμοποιήθηκαν σε ένα δίκτυο ανήκουν σε μια ορισμένη κατηγορία δε συνεπάγεται ότι και το δίκτυο αυτόματα θα ανήκει και στην ίδια κατηγορία. Και μικρές ακόμα κακοτεχνίες μειώνουν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά της κατηγορίας των υλικών.

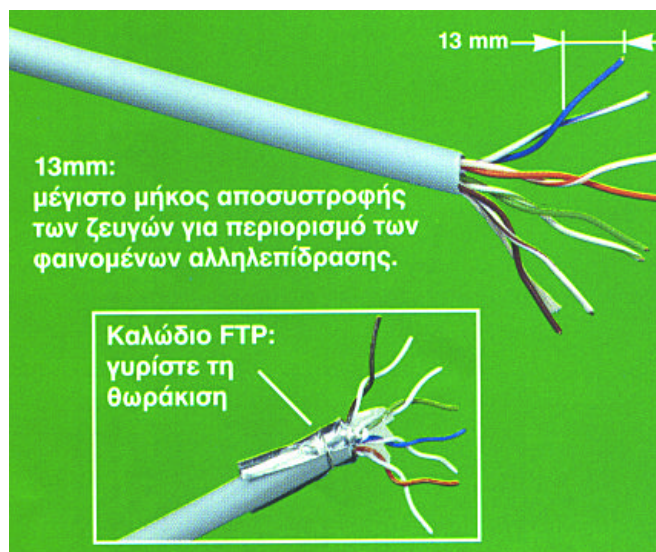
Ο ηλεκτρολόγος - εγκαταστάτης πρέπει να είναι ιδιαίτερα προσεκτικός και να μην υποτιμά την σημασία κάποιων λεπτομερειών, κατά τη εγκατάσταση της δομημένης καλωδίωσης.

Με τις ολοένα και περισσότερο αυξανόμενες απαιτήσεις στη μετάδοση πληροφοριών συνιστάται η χρήση υλικών κατηγορίας 5 και πάνω.

Ιδιαίτερα κατά την εγκατάσταση της δομημένης καλωδίωσης, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα παρακάτω:

Να μη χρησιμοποιείται το ίδιο καλώδιο για εφαρμογές φωνής (τηλέφωνα) και δεδομένων (υπολογιστές).

- 1. Τερματισμός καλωδίων.** Το μήκος του ζεύγους που πρέπει να αποσυστροφεί για να γίνει τερματισμός, π.χ. για την κατηγορία 5, δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερο από 1,3 cm. Η απογύμνωση του εξωτερικού μανδύα δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 2,5 cm.



Σχήμα 6.1: Τερματισμός καλωδίων.

- 2. Τοποθέτηση καλωδίων.** Τα καλώδια της δομημένης καλωδίωσης πρέπει να ξετυλίγονται από καρούλι καλωδίου το οποίο να στέκεται όρθιο και όχι πλαγιαστό.



Σχήμα 6.2: Σωστό και λανθασμένο ξετύλιγμα καλωδίων.

Αν περισσεύει υπερβολικό κομμάτι καλωδίου, είναι προτιμότερο να το κόψετε, παρά να το τυλίξετε. Στο τυλιγμένο καλώδιο η εσωτερική διάμετρος τυλίγματος, να είναι μεγαλύτερη από 1 μέτρο.

Αν το μονωτικό υλικό του καλωδίου έχει καταστραφεί, μην το επιδιορθώνετε με μονωτική ταινία. Αντικαταστήστε το καλώδιο.

Αν κατά λάθος κάποιος έχει σφηνώσει το καλώδιο, μην το τραβάτε απότομα και με δύναμη από μακριά. Εντοπίστε το μπλοκάρισμα επιτόπου και βγάλτε το εμπόδιο.

Τα καλώδια πρέπει να τοποθετούνται σωστά σε πλαστικά κανάλια ή σε μεταλλικές σχάρες και να μη σφίγγονται πολύ από τους πλαστικούς σφικτήρες (δεματικά).

- 3. Επιλογή κατάλληλων υλικών.** Να χρησιμοποιούνται κατάλληλα υλικά τερματισμού (ακροδέκτες), κατάλληλα patch cords (καλώδια μεικτονόμησης ή καλώδια τα οποία συνδέουν τη συσκευή, π.χ. υπολογιστή, με την πρίζα) ή όταν έχουμε οριολωρίδες, κατάλληλα καλώδια γεφυρώσεων, με κριτήριο την συμβατότητα με τον χρησιμοποιούμενο τύπο καλωδίου και με την κατηγορία του δικτύου.

Ο ακροδέκτης και η πρίζα τύπου RJ45 αποτελούν τα πλέον αποδεκτά και κατά συνέπεια χρησιμοποιούμενα εξαρτήματα στις εγκαταστάσεις δομημένης καλωδίωσης. Ο ακροδέκτης RJ45 είναι παρόμοιος με το γνωστό τηλεφωνικό ακροδέκτη RJ11, μόνο που σε αυτόν απολήγουν τα οκτώ σύρματα του καλωδίου (άκρα των 4 ζευγών).

- 4. Αποφυγή καταπονήσεων.** Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στις καταπονήσεις κατά την τοποθέτηση. Να αποφεύγονται:

- ✓ κακώσεις,
- ✓ συστροφές,
- ✓ κόμποι,
- ✓ μικρές ακτίνες καμπυλότητας,
- ✓ τσακίσματα και
- ✓ εφελκυσμοί.

Μην πατάτε πάνω στα καλώδια και μην τοποθετείτε πάνω τους βαριά αντικείμενα. Καλύψτε τις αιχμηρές γωνίες στο κανάλι με μονωτικό υλικό.

Η δύναμη εφελκυσμού πρέπει να είναι μικρότερη από 15 kgf και η ελάχιστη ακτίνα κάμψης μικρότερη από 2,5 cm.

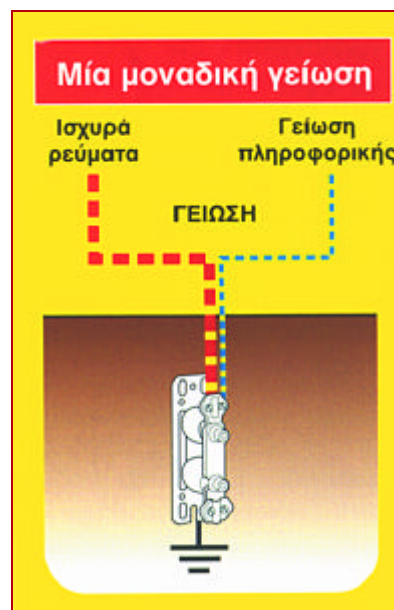
Βαριές μηχανικές καταπονήσεις επιφέρουν παραμόρφωση ή χαλάρωση της αυστηρής γεωμετρικής δομής του καλωδίου, με αποτέλεσμα διαφοροποίηση των ηλεκτρικών του χαρακτηριστικών και μείωση της κατηγορίας λειτουργίας.

Να συμπεριφέρεστε στα καλώδια σα να είναι «εύδραστο υλικό».

- 5. Μέγιστο επιτρεπόμενο μήκος.** Το μέγιστο επιτρεπόμενο μήκος του οριζόντιου μέρους του δικτύου (από τον κατανεμπί μέχρι την πρίζα) να μην ξεπερνά τα 90 μέτρα.
- 6. Σήμανση καλωδίων.** Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στη σήμανση των καλωδίων στα σημεία του τερματισμού, και από τη πλευρά των πριζών και από τη πλευρά των κατανεμπτών. Όλες οι σημάνσεις πρέπει να είναι ευανάγνωστες.
- 7. Αποφυγή προεκτάσεων.** Δεν επιτρέπονται οι κολλήσεις και οι κάθε είδους προεκτάσεις των καλωδίων.

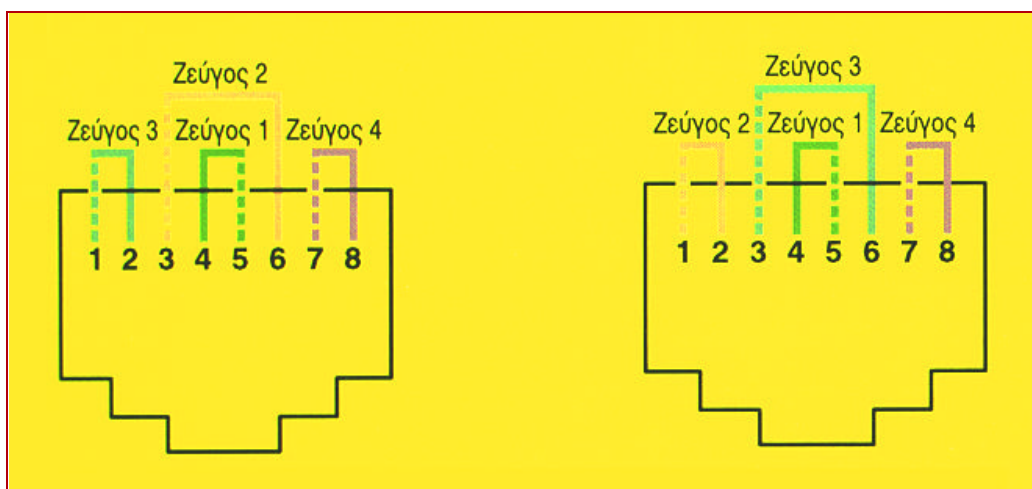
- 8. Σωστή γείωση.** Τα καλώδια τα οποία διαθέτουν θωράκιση πρέπει απαραίτητα να γειώνονται. Αυτό επιτυγχάνεται με την αγωγίμη σύνδεση του αγωγού γείωσης του καλωδίου με τον αντίστοιχο ακροδέκτη της πρίζας. Οι ακροδέκτες γείωσης των πριζών, των κατανεμπτών και των άλλων μερών του δικτύου θα πρέπει να γειώνονται στους κόμβους γείωσης της ηλεκτρικής εγκατάστασης του κτιρίου.

Τα μηχανήματα πληροφορικής δεν πρέπει να χρησιμοποιούν ανεξάρτητες γειώσεις αλλά τις ίδιες με την υπόλοιπη ηλεκτρική εγκατάσταση. (CENELEC, NF 15100).



Σχήμα 6.3: Γειώσεις.

- 9. Σωστός και ενιαίος τρόπος τερματισμού.** Ο τρόπος τερματισμού πρέπει να γίνεται με βάση μόνο τα δύο συγκεκριμένα πρότυπα, το T568A ή το T568B. Όποιο όμως από τα δύο πρότυπα επιλεγεί θα πρέπει να ισχύσει για όλο το δίκτυο.



Σχήμα 6.4: Πρότυπα T568A και T568B.

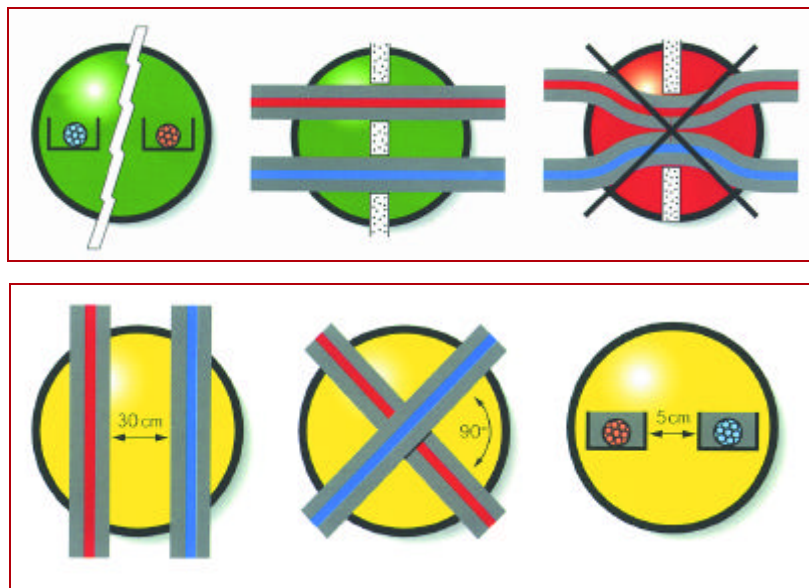
- 10.** Αποφυγή έκθεσης σε υψηλές θερμοκρασίες. Η άνοδος της θερμοκρασίας προκαλεί αύξηση της ηλεκτρικής αντίστασης των αγωγών, με άμεση συνέπεια την αύξηση των απωλειών.
- 11.** Αποφυγή γεινίας με καλώδια ισχυρών ρευμάτων. Από τα πρότυπα της TIA και του ISO για τη δομημένη καλωδίωση δεν προβλέπονται συγκεκριμένες αποστάσεις από τα καλώδια ισχύος. Ο οργανισμός της Ευρωπαϊκής Ένωσης CENELEC, με την προδιαγραφή NF 15100, υποδεικνύει το φυσικό διαχωρισμό ισχυρών και ασθενών ρευμάτων.

Τα καλώδια ασθενών ρευμάτων πρέπει να τρέχουν σε ξεχωριστό κανάλι. Όταν τα κανάλια είναι δύο (καλόν είναι να υπάρχει διαχωρισμός με ενδιάμεσο κενό κανάλι), να τοποθετούνται τα καλώδια ασθενών ρευμάτων στο κάτω κανάλι.

Τα καλώδια δομημένης καλωδίωσης να απέχουν από τα καλώδια ισχυρών ρευμάτων τουλάχιστον 5 cm στην οριζόντια καλωδίωση και 30 cm στην κατακόρυφη.

Ιδιαίτερα, πρέπει να τηρείται απόσταση 30 cm κατά την όδευσή τους από μηχανήματα ή συσκευές που προκαλούν ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές (λάμπες φθορισμού, ηλεκτρικούς κινητήρες, κινητά τηλέφωνα, φούρνους μικροκυμάτων κ.λπ.).

Στην περίπτωση διασταύρωσης καλωδίων ασθενών και ισχυρών ρευμάτων, τα καλώδια αυτά πρέπει να οδεύουν κάθετα, όπου είναι εφικτό.



Σχήμα 6.5: Αποφυγή γειτνίασης

6.1 Τερματισμοί καλωδίων

Το καλώδιο (UTP ή FTP ή STP ή SFTP) από το ένα άκρο συνδέεται (τερματίζεται) σε πρίζες και από το άλλο άκρο συνδέεται σε οριολωρίδα ή σε μετώπη μεικτονόμησης (patch panel) στον κατανεμητή, για να γίνονται εύκολα, όταν χρειάζονται, συχνές αλλαγές στη δρομολόγηση των σημάτων, ώστε να εξυπηρετούνται οι χρήστες σε όλες τις θέσεις εργασίας.

Ο τρόπος σύνδεσης (τερματισμού) του καλωδίου μπορεί να επηρεάσει αρνητικά την ταχύτητα μεταφοράς του σήματος, αν δεν πραγματοποιηθεί σωστά.

Τα καλώδια τηλεφώνων τερματίζουν σε ξεχωριστές μετώπες (patch panels) από αυτές των υπολογιστών.

Η λανθασμένη σύνδεση, εκτός από την υποβάθμιση της ποιότητας του σήματος είναι δυνατόν να προκαλέσει και άλλα προβλήματα, όπως παράσιτα και ακτινοβολίες που πολλές φορές ξεπερνούν τα επιτρεπτά όρια, καθώς και φαινόμενα αλληλεπίδρασης. Πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στην απογύμνωση του καλωδίου από τον εξωτερικό μανδύα, για να μην «τραυματίζονται» και να μην παραμορφώνονται οι αγωγοί. Οι αγωγοί δεν πρέπει να συστρέφονται περισσότερο από ό,τι προέβλεπε ο κατασκευαστής του καλωδίου ούτε και να αποσυστρέφονται χωρίς λόγο.

Προκειμένου να συνδεθεί ένα καλώδιο, το μήκος της αποσυστρώφης και των 4 ζευγαριών δεν πρέπει να ξεπερνά τα 1,3 cm, ενώ η απογύμνωση του εξωτερικού πλαστικού μανδύα δεν πρέπει να ξεπερνά τα 2,5 cm.

Επιπλέον, ο ηλεκτρολόγος εγκαταστάτης πρέπει να προσέξει και τα εξής:

- l Το καλώδιο δεν πρέπει να κόβεται πολύ μικρό. Το μέρος που συνδέεται με την πρίζα πρέπει να έχει περιθώριο, για να μπορεί να συνδεθεί ξανά σε περίπτωση λάθους ακόμη και στην περίπτωση αντικατάστασης της πρίζας.
- l Από το μέρος του κατανεμητή, πρέπει να υπάρχει αρκετό εφεδρικό μήκος για αλλαγή της θέσης ή για τυχόν επανασυνδέσεις.
- l Η αποσυστρώφηση των ζευγαριών περισσότερο από το κανονικό προκαλεί αύξηση της παρενόχλησης (αλληλεπίδρασης) που δέχεται το κάθε ζευγάρι από τα γειτονικά του.
- l Οι αγωγοί του κάθε ζεύγους, μετά την απογύμνωση, την αποσυστρώφηση και την συνδεσμολογία, δεν επιτρέπεται να φέρουν τσακίσματα και κακώσεις.
- l Σύμφωνα με τα πρότυπα EN 50173 και ISO 11801, στη δομημένη καλωδίωση δε γίνονται αποδεκτές συνδεσμολογίες με συστρώφηση, κλέμενες, κάψες, κώς κ.λπ.. Αποδεκτές είναι μόνο οι συνδεσμολογίες (τερματισμοί) με υλικά IDC (Insulation Displacement Contact - επαφή με μετατόπιση της μόνωσης).
- l Οι αγωγοί που συνδέονται με υλικά τερματισμού IDC θα πρέπει να σφηνώνονται πολύ καλά και να δίνεται προσοχή ώστε ο αγωγός να «κάθεται» καλά μέσα στην εγκοπή.
- l Όσα τεμάχια αγωγών περισσεύουν δεν πρέπει να αφήνονται πάνω στο εξάρτημα αλλά πρέπει να κόβονται.
- l Να τερματίζονται και τα οκτώ σύρματα του καλωδίου, ακόμη και αν η εφαρμογή απαιτεί λιγότερα.
- l Σε πρίζες FTP πρέπει η θωράκιση του καλωδίου να τερματίζεται στην ειδική υποδοχή, για να εξασφαλίζεται η συνέχεια της θωράκισης.

■ 6.2 Σήμανση καλωδίων και σημείων τερματισμού

Τα καλώδια και τα υπόλοιπα υλικά της δομημένης καλωδίωσης πρέπει να αναγνωρίζονται εύκολα για να ελαχιστοποιούνται τα προβλήματα που μπορεί να δημιουργηθούν για τους ακόλουθους λόγους :

- v Το δίκτυο το διαχειρίζονται πολλά άτομα με πολλές ή λίγες γνώσεις και δε χρησιμοποιείται πάντοτε με τον ενδεδειγμένο τρόπο.
- v Το δίκτυο τις περισσότερες φορές εξυπηρετεί συστήματα, μηχανήματα και τεχνολογίες πολύ διαφορετικές μεταξύ τους.

- ✓ Πολλές φορές, η αποκατάσταση βλαβών γίνεται από το προσωπικό κάτω από συνθήκες πίεσης χρόνου, κούρασης και εκνευρισμού.

Για τη σήμανση των καλωδίων και των σημείων τερματισμών τους πρέπει να ακολουθείται η προδιαγραφή TIA-606. Τα βασικότερα σημεία της προδιαγραφής αυτής είναι :

- 1) Οι πρίζες και τα patch panels πρέπει να φέρουν ετικέτες οι οποίες να τακτοποιούν συγκεκριμένες γραμμές και, αν απαιτείται, να αναγράφεται και η χρήση.
- 2) Τα διάφορα πεδία του κατανεμητή πρέπει να είναι σαφώς διαχωρισμένα και να φέρουν ευκρινή σήμανση.
- 3) Οι σημάνσεις πρέπει να είναι ευανάγνωστες και ανεξίτηλες.
- 4) Τα καλώδια πρέπει να φέρουν ειδικά εξαρτήματα σήμανσης, και από το μέρος της πρίζας και από το μέρος του patch panel. Δεν επιτρέπεται η σήμανση με μαρκαδόρο επάνω στο καλώδιο, γιατί το κομμάτι με τη σήμανση ενδέχεται να κοπεί, όταν επανασυνδεθεί το καλώδιο, ή να σβήσει μετά από κάποιο χρονικό διάστημα.



Σχήμα 6.6: Ηλεκτρονικό πληκτρολόγιο τίτλων για την τακτοποίηση κυκλωμάτων.

6.3 Έλεγχοι

Μετά την εγκατάσταση, πρέπει να πραγματοποιούνται οι έλεγχοι (χάρτης καλωδίου, εξασθένιση, NEXT, ACR, return loss κ.λπ., που αναφέρθηκαν στη σχετική ενότητα) από εξειδικευμένους τεχνικούς με κατάλληλα όργανα ελέγχου πεδίου που ανταποκρίνονται στις προδιαγραφές πρόσφατων προτύπων. Ελέγχονται σχολαστικά όλοι οι μόνιμοι σύνδεσμοι (permanent link) και τα κανάλια ή δίαυλοι (channel) του δικτύου και, εάν οι μετρήσεις τηρούν τις προδιαγραφές που θέτουν τα πρότυπα για τη συγκεκριμένη κλάση ή κατηγορία, συντάσσεται σχετικό πρακτικό, το οποίο προσυπογράφουν αυτός που

πραγματοποίησε τις μετρήσεις, ο εγκαταστάτης και ο ιδιοκτήτης ή ο χρήστης της εγκατάστασης. Ανάλογα με την κλάση ή κατηγορία της καλωδίωσης, δίνεται εγγύηση καλής λειτουργίας (π.χ. για καλώδια της κατηγορίας 5E, μπορεί να δοθεί από τους κατασκευαστές καλωδίων εγγύηση καλής λειτουργίας διάρκειας 10 ετών).

Ένα δίκτυο μπορεί να έχει κατασκευαστεί υποδειγματικά, να έχει παραδοθεί και έπειτα, λόγω επεμβάσεων του χρήστη ή κακοτεχνιών του συντηρητή ηλεκτρολόγου, να αρχίσει να υποβαθμίζεται και να διαφοροποιούνται τα χαρακτηριστικά του.



Σχήμα 6.7: Το όργανο ελέγχου πεδίου **OMNISCANNER2** της εταιρείας **MICROTEST**, για πιστοποιήσεις καλωδιώσεων κατηγορίας 5/5E/6/7 έως 300 MHz.