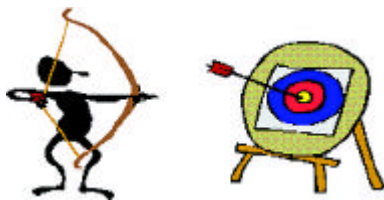




Δομημένη καλωδίωση



Διδακτικοί στόχοι

Στο τέλος αυτού του κεφαλαίου, οι μαθητές θα πρέπει να είναι σε θέση να:

- q αναφέρουν τους λόγους που καθιστούν αναγκαία τη δομημένη καλωδίωση
- q απαριθμούν τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά που δίνουν πλεονεκτήματα σε μια δομημένη καλωδίωση
- q αναφέρουν τα κύρια μέρη μιας δομημένης καλωδίωσης
- q διακρίνουν ένα εξάρτημα καθώς και τη θέση που τοποθετείται
- q αναφέρουν τους συνήθεις τύπους καλωδίων που χρησιμοποιούνται στην οριζόντια καλωδίωση και στην καλωδίωση κορμού
- q αναφέρουν τις μέγιστες αποστάσεις ανάπτυξης της καλωδίωσης και τον ελάχιστο αριθμό πριζών, ανά θέση εργασίας
- q αναφέρουν τον τρόπο αποσυστροφής και σύνδεσης των ζευγών των καλωδίων στις πρίζες
- q αναφέρουν τους λόγους ύπαρξης των τοπικών δικτύων υπολογιστών
- q διακρίνουν τις διάφορες τοπολογίες στα τοπικά δίκτυα υπολογιστών και τα πλεονεκτήματα ή τα μειονεκτήματά τους
- q αναφέρουν τους λόγους απώλειας ενέργειας στα χάλκινα καλώδια
- q ερμηνεύουν την έννοια του ντεσιμπέλ
- q ερμηνεύουν την έννοια του λόγου σήματος προς θόρυβο
- q διακρίνουν τα διάφορα είδη καλωδίων συνεστραμμένων ζευγών και να αιτιολογούν την ανάγκη τοποθέτησής τους
- q ερμηνεύουν την αρχή λειτουργίας των οπτικών ινών
- q αναφέρουν βασικά στοιχεία του συστήματος οπτικών ινών
- q αναφέρουν τους λόγους που καθιστούν αναγκαίους τους έλεγχους ποιότητας της καλωδίωσης
- q ερμηνεύουν τους ελέγχους ποιότητας: του χάρτη καλωδίων, της εξασθένησης και της κοντινής αλληλεπίδρασης (NEXT)
- q αναφέρουν τους λοιπούς ελέγχους ποιότητας της καλωδίωσης
- q αναφέρουν τους λόγους που καθιστούν αναγκαία την τυποποίηση
- q αναφέρουν τα πιο γνωστά πρότυπα που αναφέρονται στη δομημένη καλωδίωση
- q αναφέρουν την αναγκαιότητα ύπαρξης των κατηγοριών ή κλάσεων στα πρότυπα
- q αναφέρουν τους λόγους της εξέλιξης των προτύπων δομημένης καλωδίωσης και της πιστής εφαρμογής τους
- q δίνουν τους ορισμούς του συνδέσμου και του καναλιού και να αναφέρουν την αναγκαιότητα αυτών των ορισμών
- q αναφέρουν και να ερμηνεύουν την ανάγκη τήρησης λεπτομερειών κατά τη φάση της εγκατάστασης της δομημένης καλωδίωσης

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.

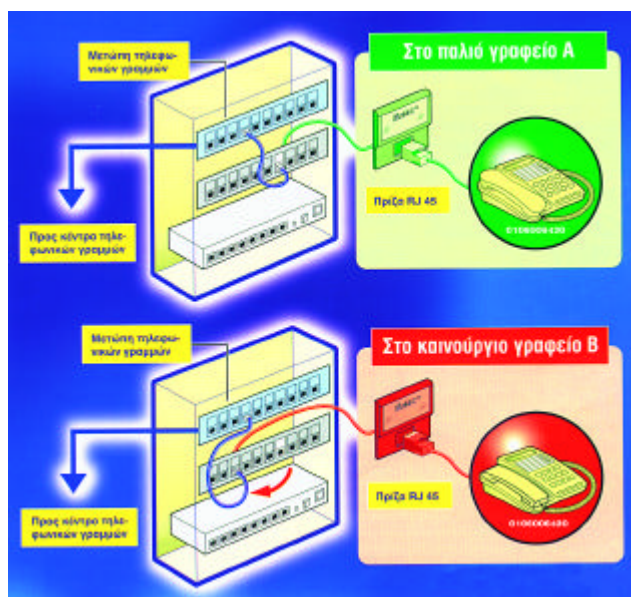
5. Εύκολη συντήρηση και διαχείριση

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 καλωδίσεων 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.

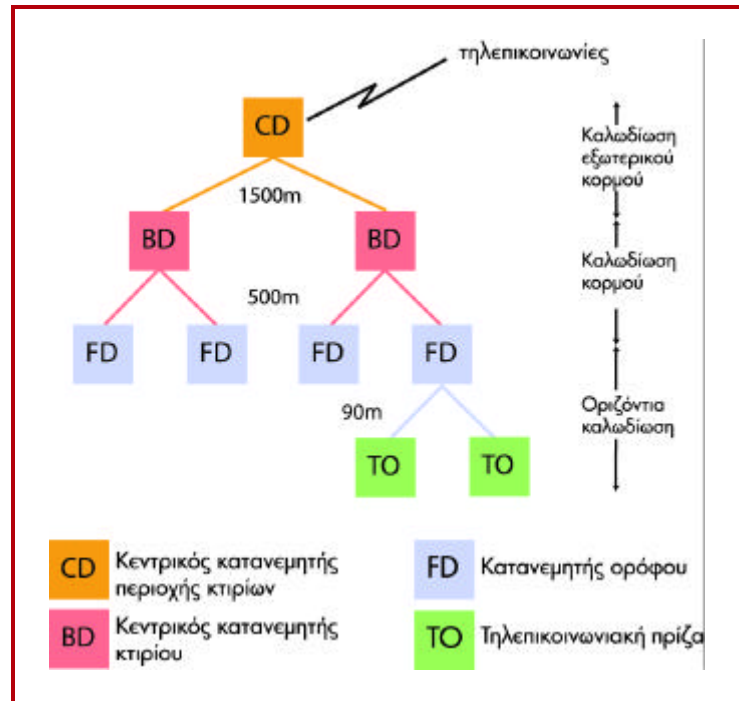
Η δομημένη καλωδίωση ενός κτιρίου ή ενός συγκροτήματος κτιρίων αποτελείται από τέσσερα (4) κύρια μέρη:

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:

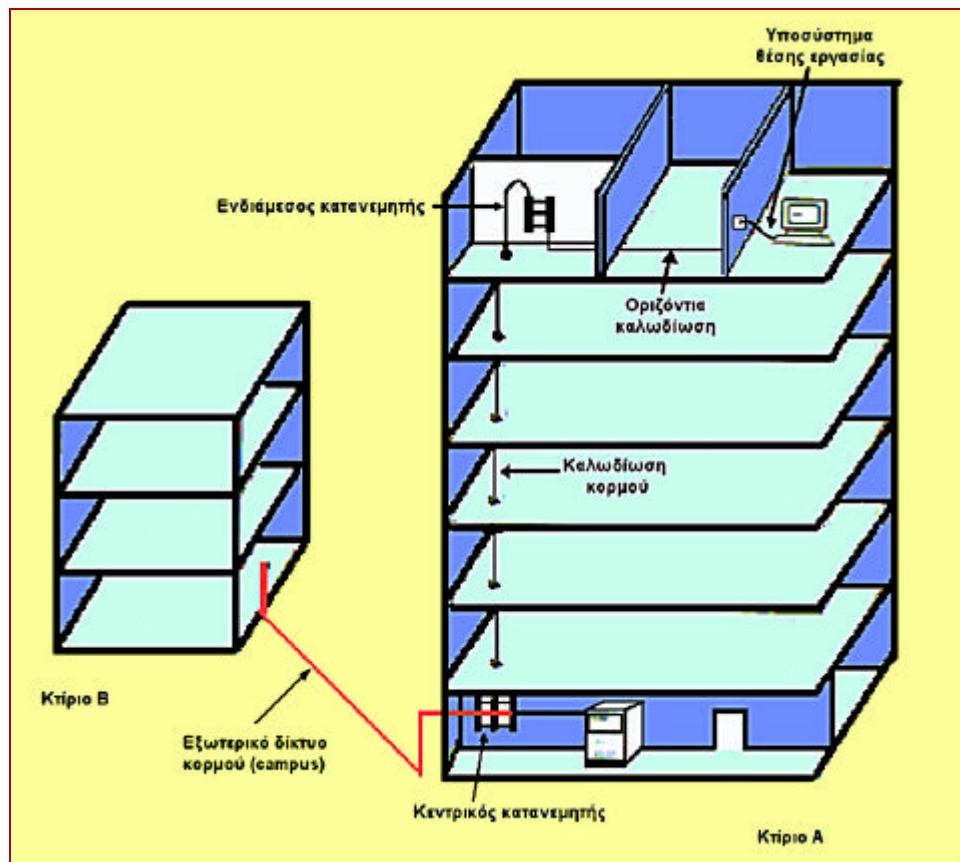
- 3 η ΕΙΑ/ΤΙΑ (Ένωση Ηλεκτρονικών Βιομηχανιών των ΗΠΑ και πιο συγκεκριμένα το τμήμα της, Ένωση Τηλεπικοινωνιακής Βιομηχανίας) και
- 3 ο ISO/IEC (Διεθνής Οργανισμός Τυποποίησης/ Διεθνής Επιτροπή Ηλεκτροτεχνικών).

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.

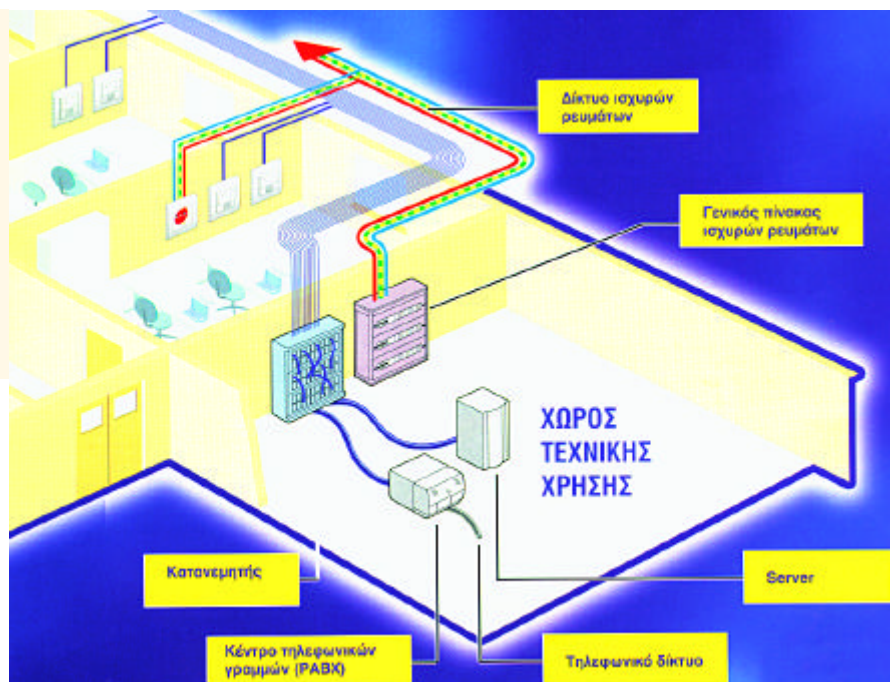
Επιφάνειες μεγάλων διαστάσεων, όπου οι διαδρομές των καλωδίων ξεπερνούν το επιτρεπτό μήκος, χωρίζονται σε περιοχές, η κάθε μία από τις οποίες αντιμετωπίζεται ως διαφορετικός όροφος και, συνεπώς, απαιτείται η χρήση ενδιάμεσου κατανεμτή στον ίδιο όροφο.

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.

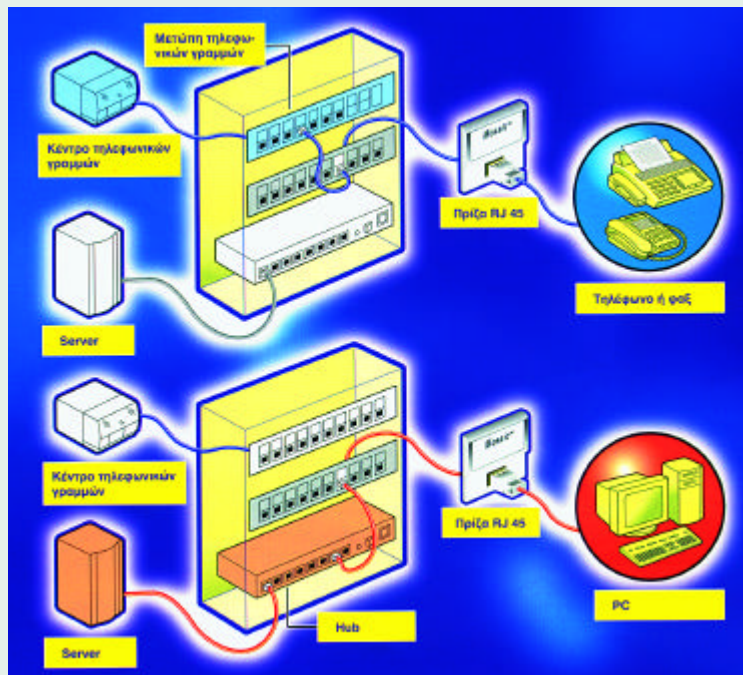
Αν το τηλεφωνικό κέντρο και ο κεντρικός εξυπηρετητής (server) του δικτύου των ηλεκτρονικών υπολογιστών ενός κτιρίου βρίσκονται σε διαφορετικά σημεία, τότε ο κεντρικός κατανεμητής εγκαθίσταται στο σημείο εισόδου των τηλεφωνικών γραμμών, για τον περιορισμό των καλωδιώσεων.

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

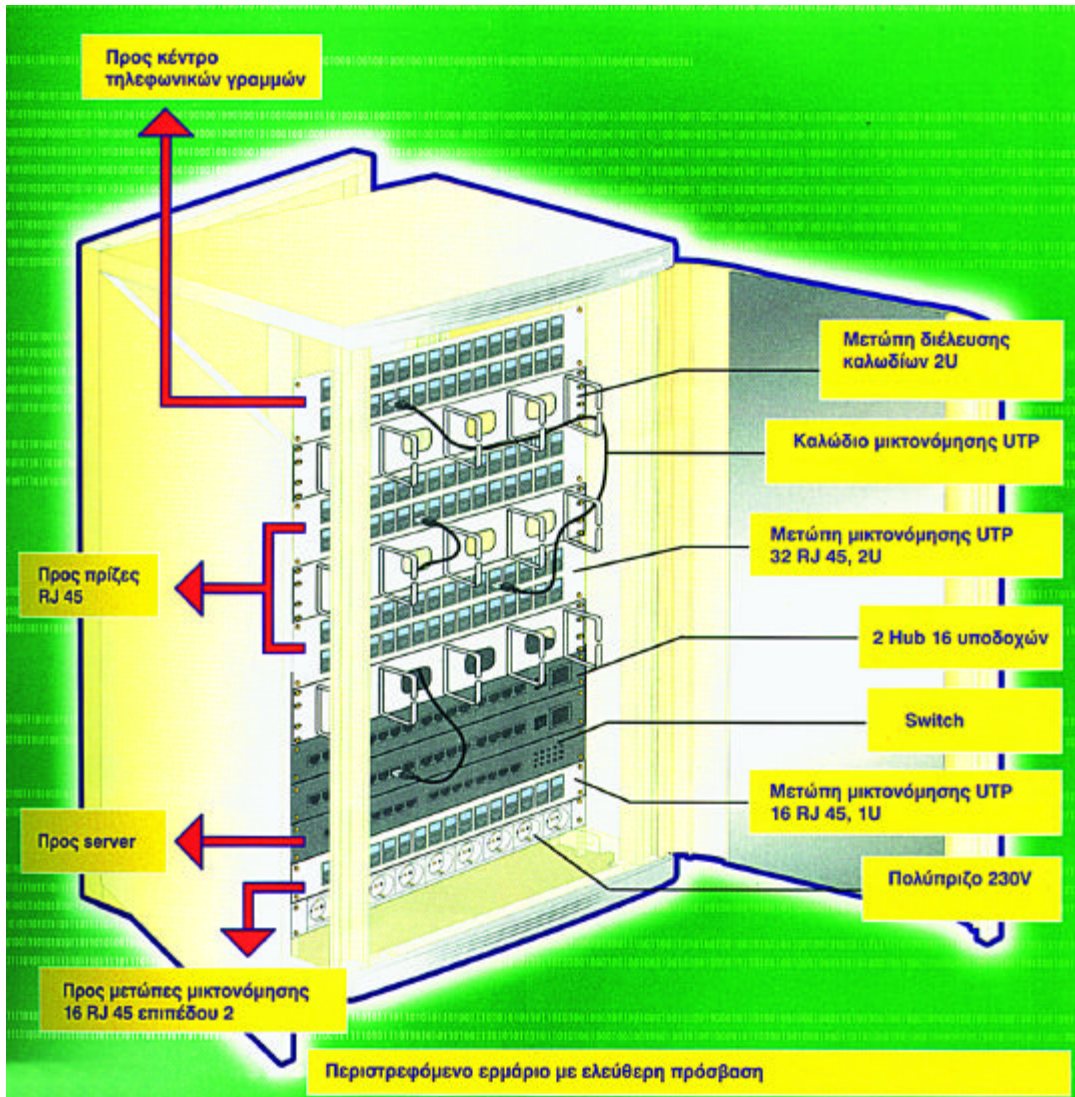
Βασική αρχή του κατανεμητή είναι η εξασφάλιση της ευελιξίας της καλωδίωσης σε κάθε μετατροπή ή αλλαγή χρήσης.

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).



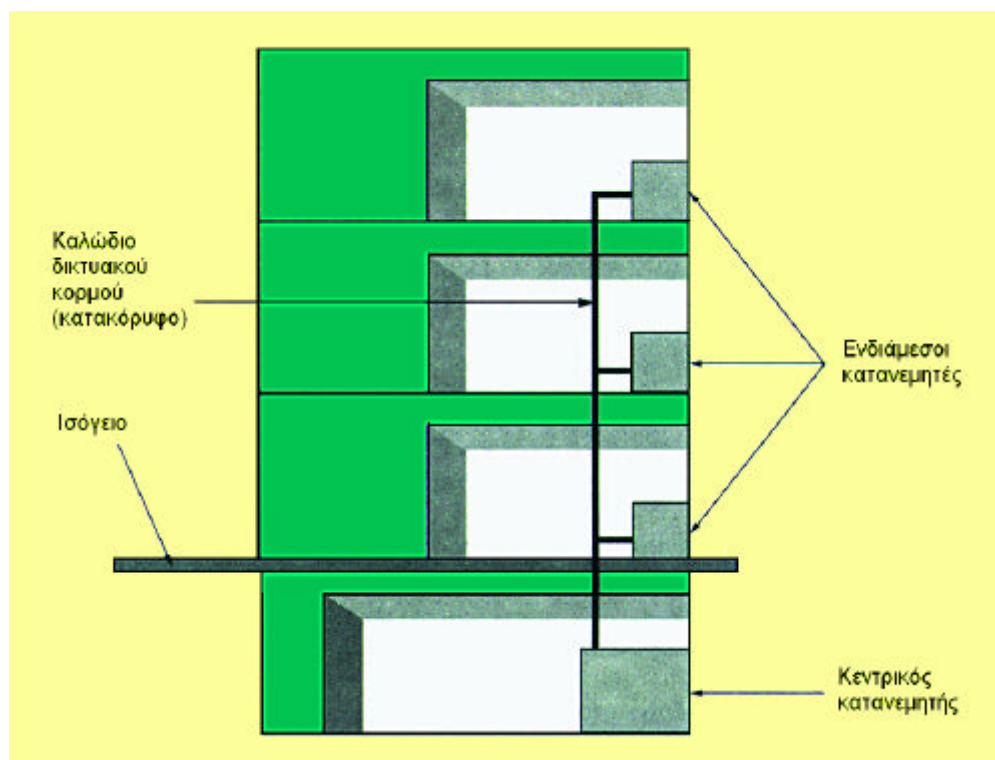
Σχήμα 1.6: Κεντρικός κατανεμητής.

1.2.1.2 Ενδιάμεσος κατανεμητής ορόφου

Ο ενδιάμεσος κατανεμητής 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 κατανεμητή του κτιρίου.

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

Στη γενικότερη έννοια του κατανεμητή συμπεριλαμβάνονται συσκευές και εξαρτήματα που χρησιμοποιούνται για τη διανομή των σημάτων στον όροφο, όπως το κιβώτιο του κατανεμητή, 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.

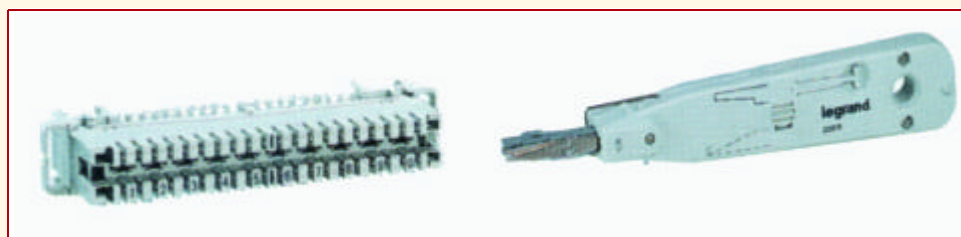
1.2.1.3.2 Οριολωρίδες

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.

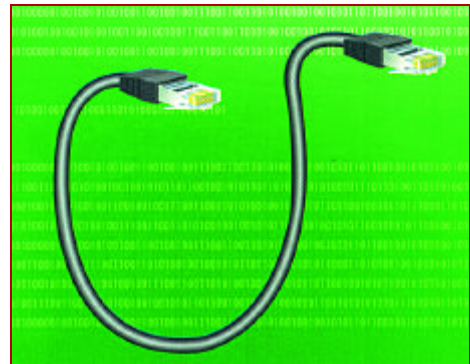
Μετώπες μεικτονόμησης καλωδίων χαλκού

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)



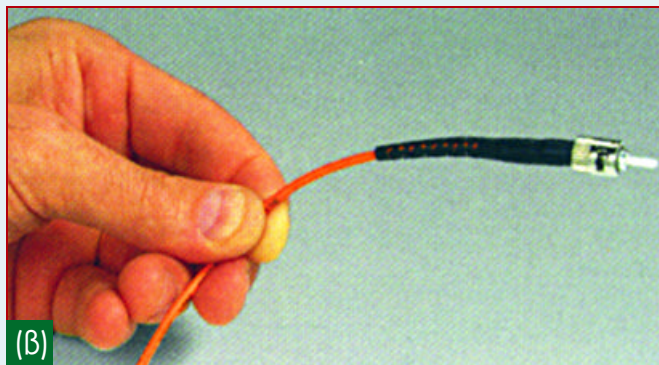
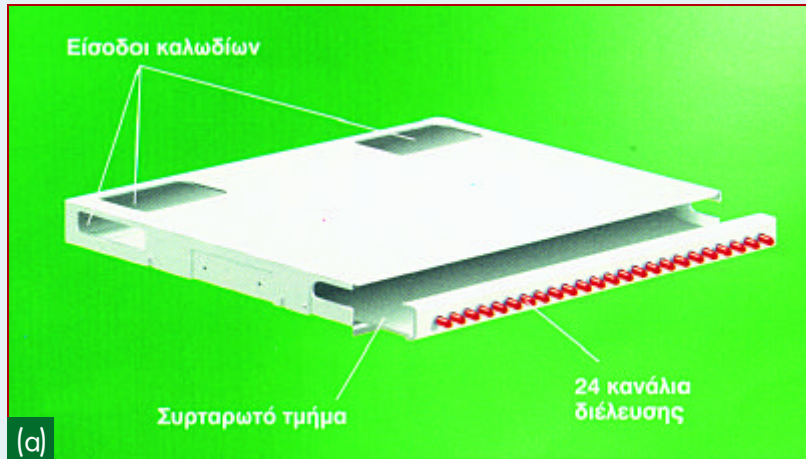
(β)

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

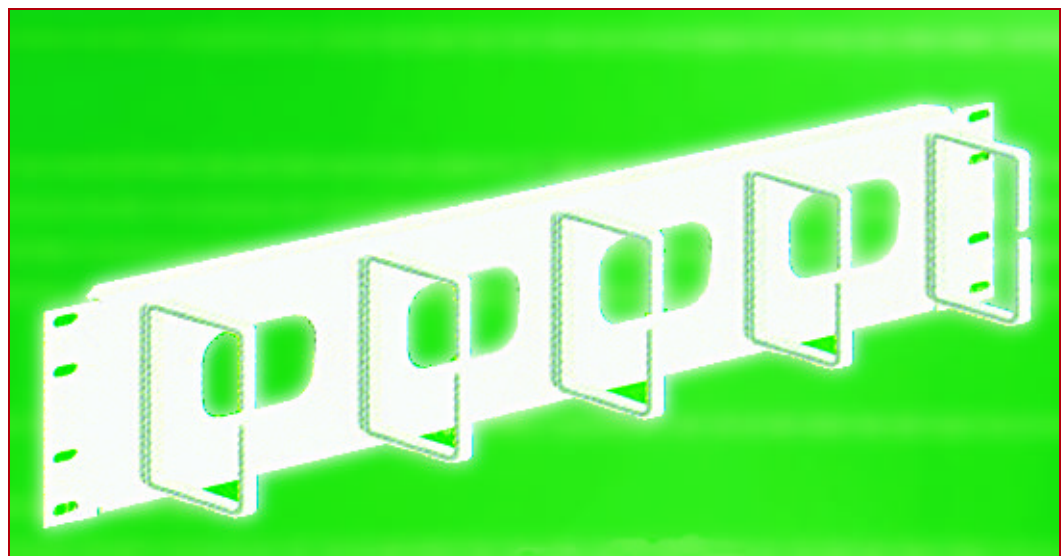
Είναι παρόμοιες με τις μετώπες μεικτονόμησης χάλκινων καλωδίων, αλλά φέρουν μηχανισμούς τερματισμού οπτικών ινών και όχι μηχανισμούς πριζών RJ45.



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.

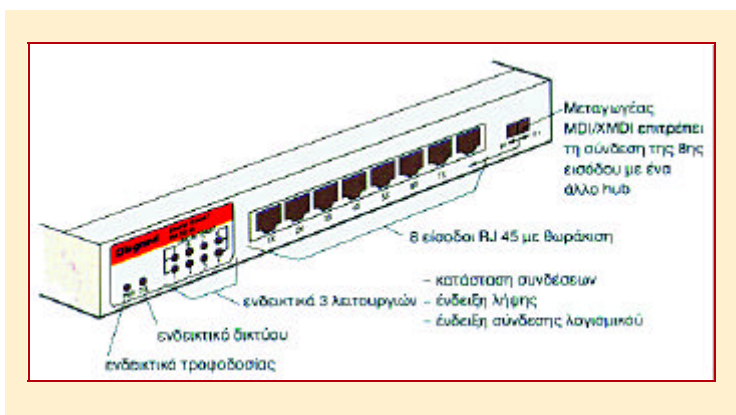
Για τη δυνατότητα επέκτασης του δικτύου, μπορούν να συνδεθούν σε σειρά μέχρι και τρία hub. Για

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.



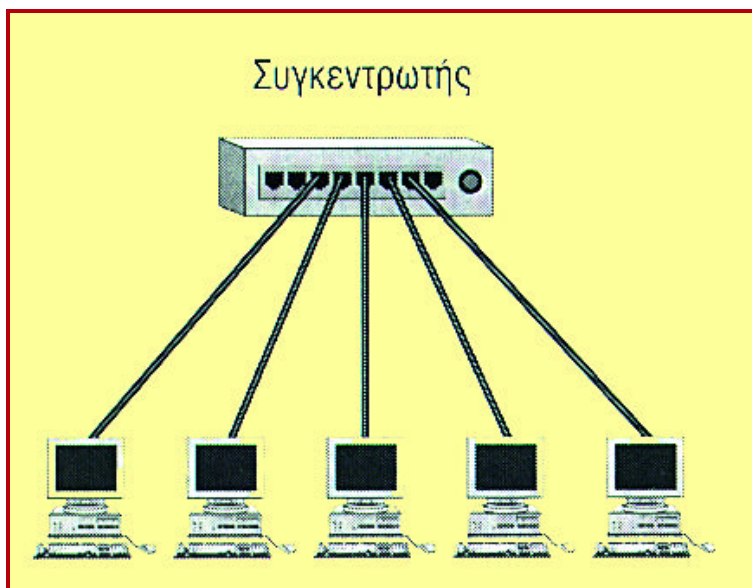
Σχήμα 1.12: Συγκεντρωτής (hub).

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.

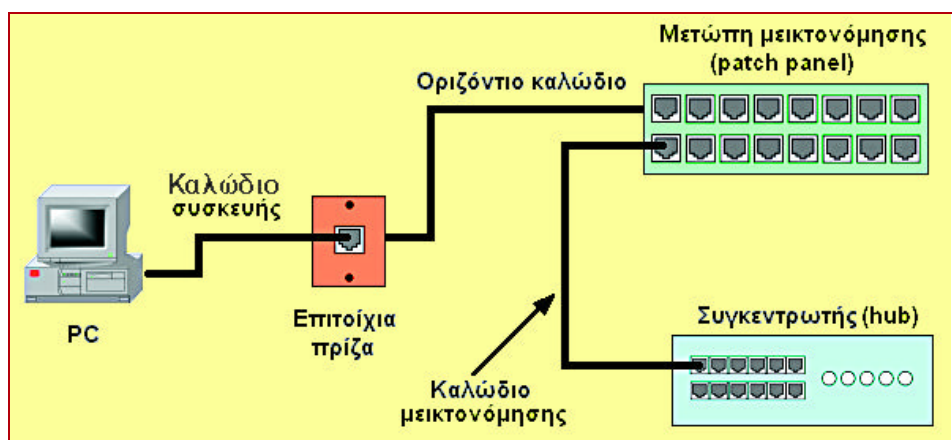
Τα καλώδια για τη διασύνδεση των κτιρίων μαζί με τον απαιτούμενο εξοπλισμό αποτελούν το εξωτερικό δίκτυο κορμού. Λόγω της ευρύτερης περιοχής που καλύπτει αυτό το εξωτερικό δίκτυο, συχνά συναντάται και με τον όρο *campus* (πανεπιστημιούπολη).

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.

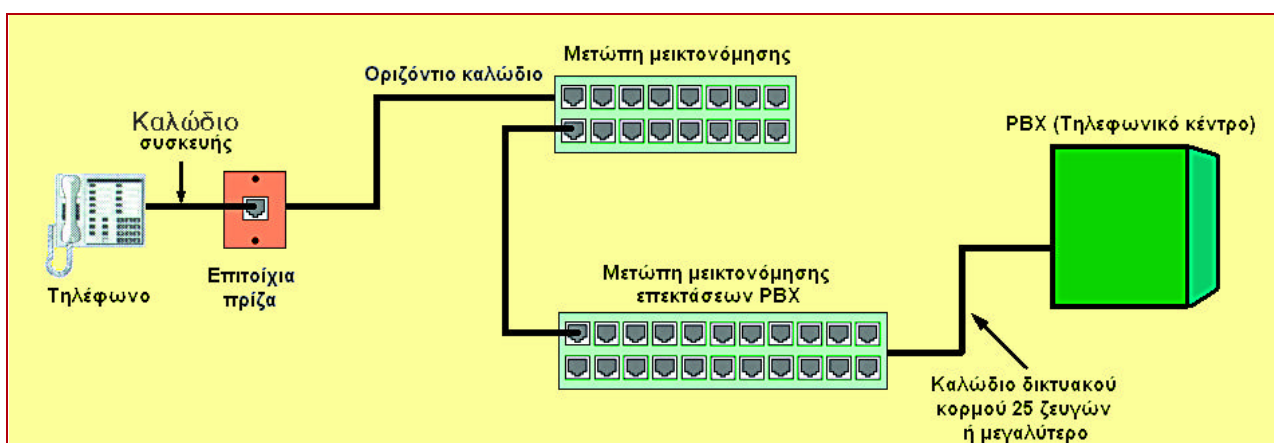
Το μέγιστο μήκος καλωδίου από την πρίζα μέχρι την πρώτη σύνδεση στη μετώπη του κατανεμητή ορόφου είναι 90 μέτρα.

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.

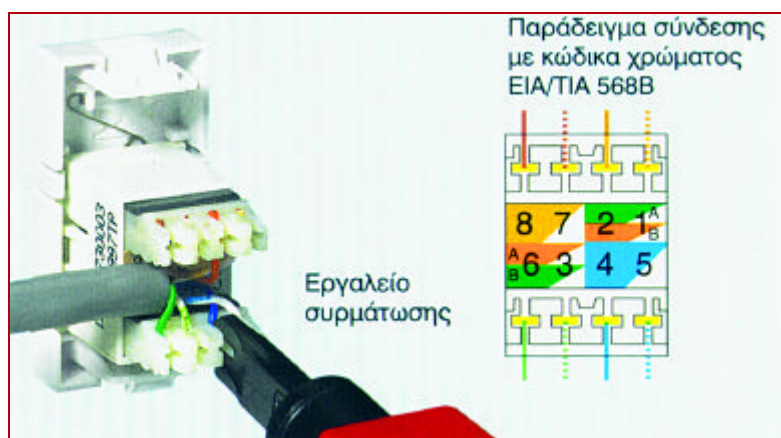
1.2.3.2 Πρίζες

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.

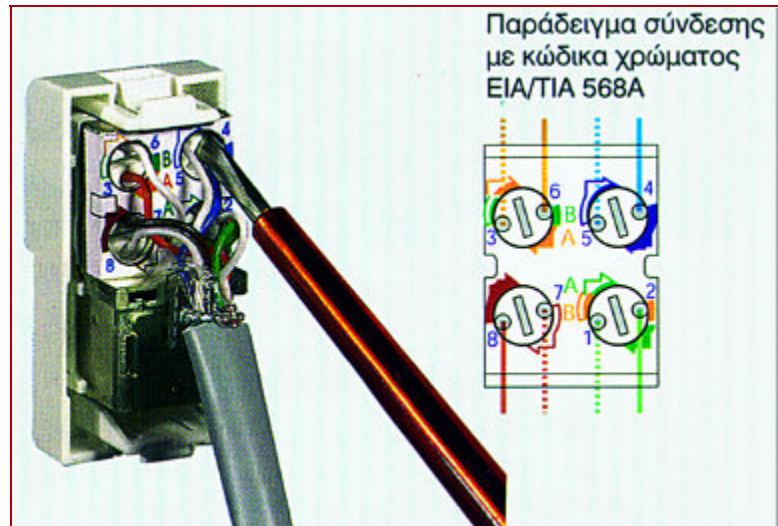
Ο τερματισμός του καλωδίου στην πρίζα γίνεται με συγκεκριμένο τρόπο και μπορεί να είναι, όπως φαίνεται στα ακόλουθα σχήματα:

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 κατανεμτή (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 κατανεμτή 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.

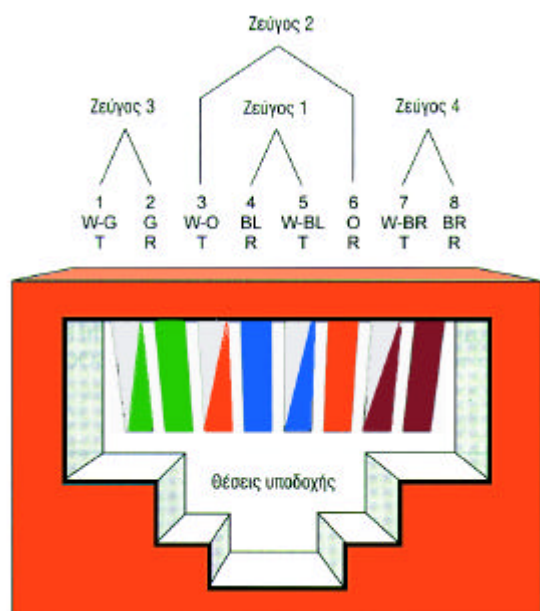
Οι πρίζες RJ45 πρέπει να είναι τουλάχιστον κατηγορίας 5, με διπλές παροχές. Καλό είναι να προτιμώνται οι πρίζες που οι έξοδοι τους είναι υπό γωνία στο κάτω μέρος της πρίζας, έτσι ώστε να μειώνεται ο κίνδυνος να χτυπηθεί το καλώδιο σύνδεσης ή να τσακίσει.

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.

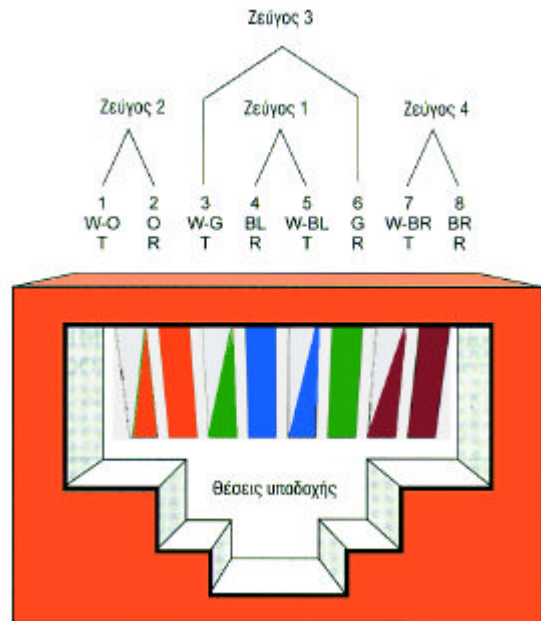
Ακίδα	Χρώμα σύρματος
1	Άσπρο/πράσινο (W-G)
2	Πράσινο (G)
3	Άσπρο/πορτοκαλί (W-O)
4	Μπλε (BL)
5	Άσπρο/μπλε (W-BL)
6	Πορτοκαλί (O)
7	Άσπρο/καφέ (W-BR)
8	Καφέ (BR)



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.



2. Τοπικά δίκτυα υπολογιστών

(LAN - Local Area Network)

Δίκτυο υπολογιστών είναι οποιοδήποτε σύνολο από ανεξάρτητους ηλεκτρονικούς υπολογιστές που επικοινωνούν μεταξύ τους. Όταν το δίκτυο αυτό περιορίζεται σε μια μικρής έκτασης γεωγραφική περιοχή, όπως ένα σχολικό εργαστήριο, κτίριο ή ένα πανεπιστήμιο, το αποκαλούμε τοπικό δίκτυο (LAN). Όταν το δίκτυο εκτείνεται σε πολλαπλές φυσικές θέσεις, δηλαδή σε ευρεία γεωγραφική περιοχή, αστική ή και υπεραστική, τότε το αποκαλούμε δίκτυο ευρείας περιοχής (WAN - Wide Area Network), π.χ. τραπεζικά δίκτυα, δίκτυα αεροπορικών εταιρειών κ.λπ.. Το δίκτυο ευρείας περιοχής συνδέει πολλαπλά τοπικά δίκτυα που βρίσκονται σε διάφορες γεωγραφικές περιοχές.

Δίκτυο (Network) είναι ένα διασυνδεδεμένο σύστημα υπολογιστών όπου ο καθένας μπορεί να επικοινωνεί με τους άλλους και να μοιράζεται αρχεία, δεδομένα (data) και πόρους.

Τοπικό δίκτυο υπολογιστών (LAN) είναι ένα σύστημα επικοινωνίας δεδομένων που αποτελείται από μια ομάδα διασυνδεδεμένων υπολογιστών, οι οποίοι μοιράζονται εφαρμογές, δεδομένα και περιφερειακά (π.χ. εκτυπωτές). Η γεωγραφική περιοχή είναι συνήθως μια αίθουσα εργαστηρίου, ένα κτίριο ή μια ομάδα γειτονικών κτιρίων.

Με την ύπαρξη πολλών προσωπικών υπολογιστών (PC- Personal Computer), για παράδειγμα σε μια επιχείρηση ή σ' έναν εκπαιδευτικό οργανισμό, δημιουργήθηκε η ανάγκη για τη μεταξύ τους διασύνδεση και επικοινωνία. Η λύση του προβλήματος της διασύνδεσης σε τοπικό επίπεδο δόθηκε από τα τοπικά δίκτυα υπολογιστών (LAN). Τα τοπικά δίκτυα μπορεί να είναι μικρά, συνδέοντας για παράδειγμα τρεις υπολογιστές, ή συχνά μπορεί να συνδέουν δεκάδες υπολογιστές που χρησιμοποιούνται από εκατοντάδες ανθρώπους.

Τα τοπικά δίκτυα, εκτός από τη δυνατότητα διασύνδεσης των υπολογιστών, παρέχουν επιπλέον το πλεονέκτημα της χρήσης και εκμετάλλευσης κοινών και ακριβών πόρων, όπως κεντρικών εξυπηρετητών (servers), εκτυπωτών laser, μεγάλων αποθηκευτικών μέσων, σαρωτών (scanners) κ.λπ..

Τα βασικά στοιχεία ενός τοπικού δικτύου είναι:

- n Οι υπολογιστές.
- n Τα μέσα μετάδοσης (π.χ. καλώδια) και οι συσκευές επικοινωνίας (π.χ. modem, κάρτες δικτύου).
- n Η διασύνδεση (interface) του κάθε υπολογιστή με το μέσο μετάδοσης.
- n Τα πρωτόκολλα επικοινωνίας, δηλαδή οι κανόνες ελέγχου μετάδοσης.
- n Τα ειδικά λειτουργικά συστήματα για τοπικά δίκτυα (π.χ. Windows NT).

Ο **δια-αποδιαμορφωτής (Modem, Modulator-demodulator)** είναι η συσκευή που μετατρέπει τα ψηφιακά σήματα των υπολογιστών σε αναλογικά ηλεκτρικά σήματα ακουστικών συχνοτήτων κατάλληλης έντασης, ώστε να μπορούν να περάσουν από τις γραμμές τηλεφώνου. Με την ίδια συσκευή γίνεται και η αντίστροφη μετατροπή, δηλαδή των αναλογικών ηλεκτρικών σημάτων σε ψηφιακά. Έτσι επιτυγχάνεται η επικοινωνία μεταξύ δύο υπολογιστών, μέσω του τηλεφωνικού δικτύου. Κάθε υπολογιστής χρειάζεται το δικό του modem.

Η διάκριση των modem γίνεται κυρίως ανάλογα με:

I τον τύπο τηλεφωνικής γραμμής που χρησιμοποιούν, δηλαδή α) επιλεγόμενες (dial-up) γραμμές του κοινού τηλεφωνικού δικτύου (π.χ. ΟΤΕ), ή β) αφιερωμένες (dedicated) γραμμές οι οποίες παρακάμπτουν τα τηλεφωνικά κέντρα του τηλεφωνικού δικτύου και παρέχουν μόνιμη σύνδεση μεταξύ των συνδρομητών, π.χ. μιας επιχείρησης. Οι αφιερωμένες γραμμές ονομάζονται και μισθωμένες γραμμές (leased lines) ή απλά γραμμές data και, ανάλογα με το εύρος ζώνης που χρησιμοποιούν, διακρίνονται σε γραμμές βασικής ζώνης (Baseband) και σε γραμμές ακουστικής ζώνης συχνοτήτων (Voiceband).

I το φάσμα συχνοτήτων ή εύρος ζώνης που χρησιμοποιούν, δηλαδή α) σε modem ακουστικών συχνοτήτων (Voiceband, από 300 έως 3400Hz), β) σε modem βασικής ζώνης (Baseband) και

γ) σε modem ευρείας ζώνης (Broadband).

I την ταχύτητα. Για το κοινό επιλεγόμενο τηλεφωνικό δίκτυο που έχουμε στα σπίτια μας, χρησιμοποιείται τελευταία το dial-up modem των 56 kbps, με πολλά πλεονεκτήματα σε σχέση με τα παλαιότερα. Στο modem αυτό η ταχύτητα λήψης data από το χρήστη είναι θεωρητικά 56000 bps, ενώ η ταχύτητα εκπομπής 33600 bps. Τα modem είναι ευαίσθητα στο θόρυβο της γραμμής, γι' αυτό μόνο χρήστες με πολύ καθαρές γραμμές μπορούν να επιτύχουν τις παραπάνω θεωρητικές ταχύτητες.

Στα modem βασικής ζώνης (Baseband) των αφιερωμένων (ή μισθωμένων) γραμμών οι οποίες χρησιμοποιούν φάσμα συχνοτήτων από 0 έως 100 kHz, οι ρυθμοί μετάδοσης data μέχρι στιγμής φθάνουν τα 64000 bps σε αποστάσεις μέχρι 10 km και τα 2 Mbps σε αποστάσεις μέχρι 4 km.

Όταν συνδεόμαστε ως απλοί χρήστες από το σπίτι μας στο ψηφιακό δίκτυο ISDN του ΟΤΕ, το modem, π.χ. των 56 kbps, είναι περιττό, γιατί με τη σύνδεση μας παρέχεται η συσκευή Netmode, που εκτός των άλλων λειτουργιών, φροντίζει και για τη λήψη-αποστολή δεδομένων με ταχύτητα 64000 bps για απλό κανάλι και 128000 bps για διπλό κανάλι. Το διπλό κανάλι στις προσφερόμενες υπηρεσίες του ΟΤΕ υποδηλώνει τη δυνατότητα επικοινωνίας με το Internet με ταχύτητα 128 kbps ενώ στην περίπτωση ταυτόχρονης τηλεφωνικής επικοινωνίας, η ταχύτητα σύνδεσης με το Internet μειώνεται στα 64 kbps.

(Η ταχύτητα των 128 kbps είναι θεωρητική γιατί δεν υποστηρίζεται ακόμη από το λειτουργικό σύστημα και έτσι περιορίζεται στα 115 kbps).

Το **πρωτόκολλο επικοινωνίας** είναι ένα σύνολο κανόνων που συμφωνείται από τα μέρη που επικοινωνούν, για να πραγματοποιηθεί η μεταξύ τους επικοινωνία.

Παράδειγμα πρωτοκόλλου επικοινωνίας από την καθημερινή μας ζωή αποτελεί η διαδικασία που ορίζει η ταχυδρομική υπηρεσία για την αποστολή ταχυδρομικής επιστολής (κλείσιμο της επιστολής σε φάκελο, το όνομα του παραλήπτη με ευανάγνωστη γραφή στο κάτω δεξιό μέρος, αναγραφή του ταχυδρομικού κώδικα του παραλήπτη, αντίτιμο ανάλογα με την απόσταση ή/και βάρος κ.λπ.).

Τα πρωτόκολλα των δικτύων είναι πρότυπα που επιτρέπουν στους υπολογιστές να επικοινωνούν μεταξύ τους. Ένα πρωτόκολλο ορίζει τον τρόπο με τον οποίο οι υπολογιστές αναγνωρίζονται μεταξύ τους, τον τύπο που θα έχουν τα δεδομένα στη μεταφορά και τον τρόπο με τον οποίο η πληροφορία προωθείται από τη στιγμή που θα

φθάσει στον τελικό της προορισμό.

Τα πρωτόκολλα ορίζουν επίσης διαδικασίες για διαχείριση των καταστραμμένων ή χαμένων μεταδόσεων ή «πακέτων» πληροφοριών.

Από τους πιο γνωστούς τύπους πρωτοκόλλων που χρησιμοποιούνται στα δίκτυα σήμερα είναι το TCP/IP (για το UNIX, Windows, Windows NT) και το IPX (για το δίκτυο Novell).

Αν και κάθε πρωτόκολλο δικτύου είναι διαφορετικό, όλα μοιράζονται την ίδια καλωδίωση. Αυτός ο κοινός τρόπος πρόσβασης στο δίκτυο επιτρέπει σε πολλαπλά πρωτόκολλα να συνυπάρχουν αρμονικά στην καλωδίωση και στον κατασκευαστή ενός δικτύου να χρησιμοποιεί κοινό υλικό (hardware) για μια ποικιλία πρωτοκόλλων. Αυτό σημαίνει ότι οι συσκευές που είναι συμβατές με τα φυσικά και τεχνικά χαρακτηριστικά του δικτύου επιτρέπουν στο χρήστη να τρέξει πολλά διαφορετικά πρωτόκολλα πάνω από το ίδιο μέσο μετάδοσης.

Τα πρωτόκολλα επικοινωνίας καθορίζουν τον τρόπο με τον οποίο οι υπολογιστές επικοινωνούν μεταξύ τους καθώς και τις διαδικασίες με τις οποίες ελέγχεται η ορθότητα μετάδοσης της πληροφορίας.

Η **κάρτα διασύνδεσης** (Network Interface Card) είναι μια κάρτα που τοποθετείται στον υπολογιστή και είναι το σημείο σύνδεσής του με το τοπικό δίκτυο. Αναλαμβάνει το μέρος του πρωτοκόλλου επικοινωνίας που σχετίζεται κυρίως με το hardware, δηλαδή προσδιορίζει το μέσο μετάδοσης (ενσύρματα καλώδια, ομοαξονικά, οπτικές ίνες), την τοπολογία του δικτύου (bus, star, ring) και την τεχνική προσπέλασης στο μέσο.

Η κάρτα διασύνδεσης (Interface) είναι ένα τυπωμένο ηλεκτρικό κύκλωμα που συνδέει έναν υπολογιστή με έναν άλλο.

Βασικό πλεονέκτημα των τοπικών δικτύων είναι η διαθεσιμότητα, αφού αν χαλάσει ο υπολογιστής μας, η εργασία μας δε σταματά, γιατί μπορούμε να εξυπηρετηθούμε από άλλον υπολογιστή.

Επίσης, έχουμε άμεση εσωτερική επικοινωνία και μπορούμε να μοιράσουμε μεγάλους όγκους δεδομένων με μικρότερες και φθηνότερες συσκευές, να έχουμε πρόσβαση σε μεγάλες βάσεις

δεδομένων, να κάνουμε από κοινού χρήση μεγάλων προγραμμάτων και να χρησιμοποιούμε ακριβές περιφερειακές συσκευές, όπως μεγάλους έγχρωμους εκτυπωτές Laser, εκτυπωτές σχεδίασης (plotters), σαρωτές (scanners) υψηλής ευκρίνειας κ.λπ..

Τα τοπικά δίκτυα χρησιμοποιούν κοινό μέσο μετάδοσης και οι ταχύτητες επικοινωνίας είναι αρκετά υψηλές, με διαρκώς αυξανόμενες τάσεις.

Ως μειονεκτήματα των τοπικών δικτύων μπορούν να αναφερθούν η δυσκολία στη συμβατότητα εξοπλισμού και προγραμμάτων λόγω της συνεχούς εξέλιξης της τεχνολογίας και η δυσκολία στη διατήρηση της ασφάλειας και της αξιοπιστίας στις κατακευκτωμένες βάσεις δεδομένων, όταν σ' αυτές έχουν πρόσβαση πολλοί χρήστες.

■ 2.1 Ethernet

Στη δεκαετία του 1970 αναπτύχθηκε στις Η.Π.Α. από την εταιρεία Xerox, σε συνεργασία με τις εταιρείες DEC και Intel, ένα πρωτόκολλο τοπικού δικτύου με την ονομασία *Ethernet*. Το Ethernet χρησίμευσε ως βάση για τη δημιουργία από το Ινστιτούτο Ηλεκτρολόγων και Ηλεκτρονικών Μηχανικών (IEEE) των Η.Π.Α. του προτύπου IEEE 802.3, που δημοσιεύθηκε το 1982.

Το Ethernet, με τους κανόνες σχεδίασης και τις τεχνικές προσπέλασης των δεδομένων, επιτυγχάνει αποτελεσματική λειτουργία του δικτύου.

Άλλοι τύποι τοπικών δικτύων είναι το *Token Ring*, το *Fast Ethernet*, το *FDDI (Fiber Distributed Data Interface)*, το *ATM (Asynchronous Transfer Mode)* και το *Local Talk*.

Το *Ethernet* και το *Fast Ethernet* είναι σήμερα τα πιο δημοφιλή τοπικά δίκτυα γιατί επιτυγχάνουν μια καλή ισορροπία μεταξύ ταχύτητας δεδομένων, κόστους και ευκολίας εγκατάστασης. Αυτά τα πλεονεκτήματα συνδυαζόμενα με την ικανότητα να υποστηρίζουν σχεδόν όλα τα γνωστά πρωτόκολλα δικτύων, τα καθιστούν ιδανικά για τους περισσότερους χρήστες υπολογιστών.

Το Ethernet προσφέρει, με την έκδοση 10Base-T, ταχύτητα μετάδοσης δεδομένων 10 Mbps.

Νεότερη έκδοση της τεχνικής Ethernet αποτελεί το **Fast Ethernet** με πιο γνωστή τεχνολογία την 100Base-T και ταχύτητα μετάδοσης δεδομένων 100 Mbps.

Τα καλώδια UTP 4 συνεστραμμένων ζευγών κατηγορίας 5 καλύπτουν πλήρως τις προδιαγραφές του Fast Ethernet 100Base-T.

Σε εξέλιξη βρίσκεται το *Gigabit Ethernet*, που υπόσχεται τα μελλοντικά δίκτυα να υποστηρίζουν ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων 1 gigabit (1000 megabits) ανά sec.

2.2 Τοπολογίες δικτύων

Για την επικοινωνία μεταξύ των υπολογιστών χρησιμοποιούνται διάφορες τοπολογίες (μορφές) δικτύων. Μια τοπολογία αποτελεί πρακτικά το χάρτη ενός δικτύου. Περιγράφει τη διάταξη των τερματικών σταθμών εργασίας (υπολογιστών) και των καλωδίων που συνιστούν το δίκτυο.

Η σύνδεση των υπολογιστών ενός δικτύου γίνεται με μία από τις παρακάτω τοπολογίες :

- ! Αστέρα (Star)
- ! Διαύλου ή Αρτηρίας (Bus)
- ! Δακτυλίου (Ring)
- ! Πλέγματος

Από τις παραπάνω πιο συχνά χρησιμοποιούνται η τοπολογία αστέρα (Star) και η τοπολογία διαύλου (Bus).

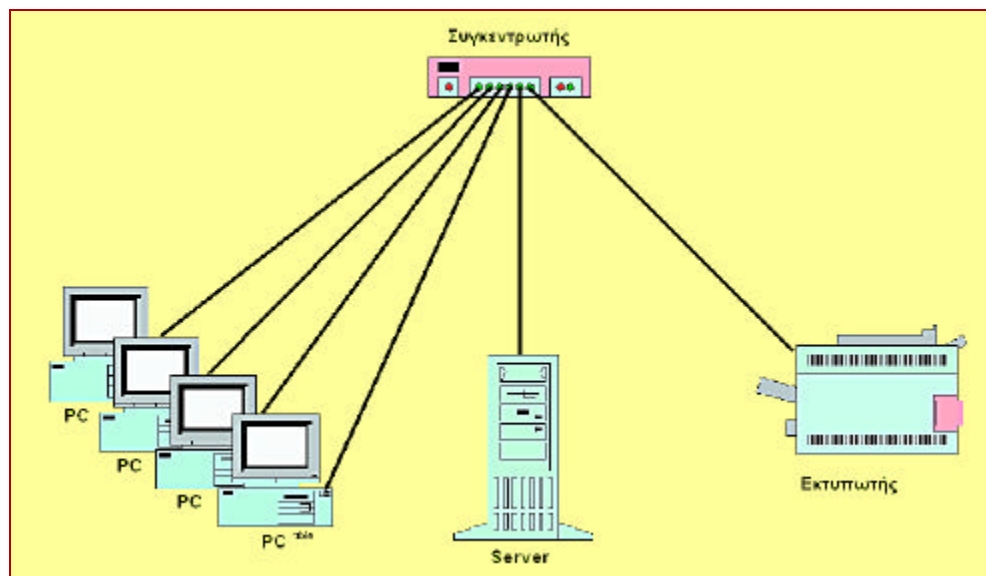
2.2.1 Τοπολογία αστέρα (Star)

Η τοπολογία αστέρα (Star Topology) είναι τρόπος επικοινωνίας υπολογιστών ο οποίος υιοθετήθηκε από τις εταιρείες AT & T. Η διάταξη αστέρα σχεδόν έχει αντικαταστήσει όλες τις υπόλοιπες, λόγω των πλεονεκτημάτων που διαθέτει, παρότι απαιτεί περισσότερες καλωδιώσεις από τις άλλες διατάξεις.

Στην τοπολογία αστέρα κάθε υπολογιστής συνδέεται με έναν κεντρικό εξυπηρετητή (server), μέσω του οποίου γίνεται όλη η επικοινωνία.

Χωρίς να επιμένουμε στον ακριβή ορισμό της τοπολογίας αστέρα, θα θεωρήσουμε ως τέτοια και την καλωδίωση όπου στο κομβικό σημείο, αντί του κεντρικού εξυπηρετητή, χρησιμοποιείται η συσκευή συγκέντρωσης καλωδίων hub ως επαναλήπτης (repeater). Ο κάθε τερματικός υπολογιστής συνδέεται με το hub με ανεξάρτητο καλώδιο.

Το Ethernet 10Base-T και το Fast Ethernet 100Base-T χρησιμοποιούν τοπολογία αστέρα



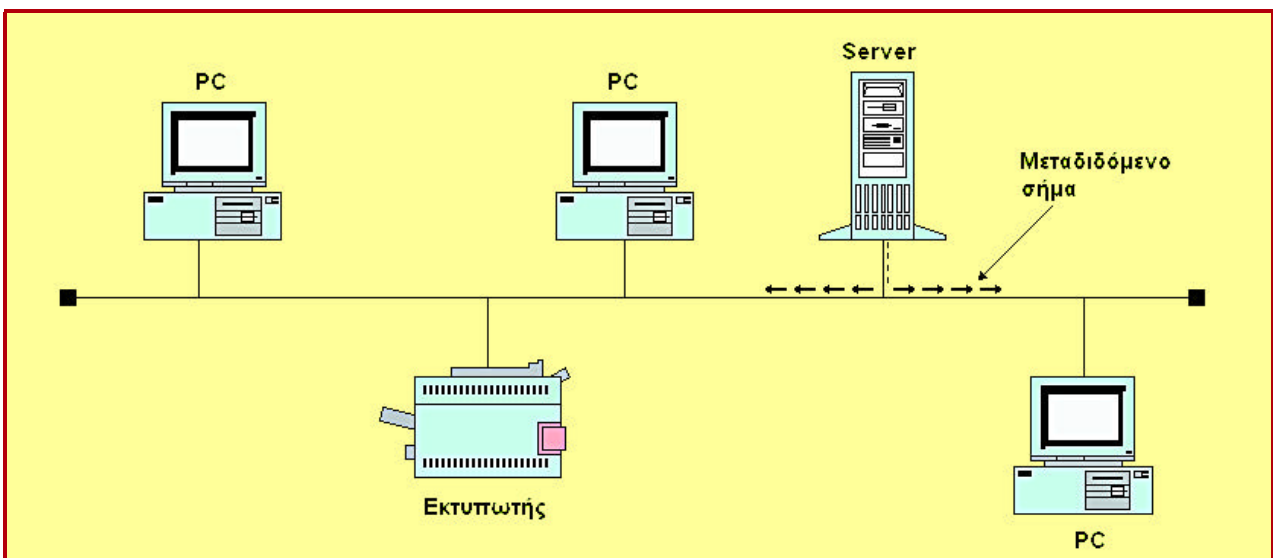
Σχήμα 2.1:
Τοπολογία αστέρα.

στην οποία η πρόσβαση ελέγχεται από έναν κεντρικό υπολογιστή. Γενικώς, ένας υπολογιστής τοποθετείται στη μία άκρη της γραμμής και η άλλη άκρη τερματίζεται σε μια κεντρική τοποθεσία με ένα hub, με μέγιστη απόσταση τα 100 μέτρα. Όταν η απόσταση είναι μεγαλύτερη των 100 μέτρων, τοποθετείται κατάλληλο hub, το οποίο παρέχει την απαιτούμενη ενίσχυση του σήματος. Στη σχεδίαση των δικτύων προβλέπεται περιορισμένος αριθμός των hub.

Μια καλωδίωση αστέρα είναι περισσότερο ανεκτική σε σφάλματα, γιατί σε περίπτωση βλάβης του καλωδίου, δε λειτουργεί μόνο το συγκεκριμένο τμήμα του δικτύου και έτσι δεν καταρρέει όλο το δίκτυο. Αυτό μπορεί να συμβεί μόνον όταν συμβεί βλάβη στο συγκεντρωτή. Αλλά και σε αυτή τη περίπτωση είναι εύκολος ο εντοπισμός της βλάβης και γρήγορη η αποκατάστασή της, με την αντικατάσταση του προβληματικού συγκεντρωτή.

2.2.2 Τοπολογία διαύλου (Bus)

Η τοπολογία διαύλου (Bus Topology) είναι τρόπος επικοινωνίας υπολογιστών που υιοθετήθηκε από την εταιρεία Xerox.



Σχήμα 2.2: Σχηματική παράσταση τοπολογίας διαύλου.

Σ' αυτή τη τοπολογία, όλοι οι υπολογιστές συνδέονται σε ένα κοινό καλώδιο υψηλής ταχύτητας. Είναι ο απλούστερος τρόπος για τη δημιουργία δικτύου. Ο κάθε υπολογιστής συνδέεται με το κοινό για όλους καλώδιο (δίαυλος ή αρτηρία), με τη χρήση κατάλληλου εξαρτήματος (απόληξη αρτηρίας). Αυτή η τοπολογία παρουσιάζει τα ακόλουθα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα :

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

- Ι Είναι απλή στην εγκατάσταση.
- Ι Έχει μικρότερο κόστος από άλλες τοπολογίες, επειδή χρησιμοποιεί λιγότερα καλώδια και εξαρτήματα.

ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

- Ι Στη περίπτωση που η αρτηρία κοπεί ή αποσυνδεθεί σε κάποιο σημείο της, τότε οι υπολογιστές δεν μπορούν να επικοινωνήσουν μεταξύ τους, τα δεδομένα οδεύουν προς τα δύο άκρα της αρτηρίας και όλο το δίκτυο τίθεται εκτός λειτουργίας. Μπορούμε να πούμε ότι μια τέτοια τοπολογία παρουσιάζει μικρή ανοχή στα σφάλματα, γιατί αρκεί ένα και μόνο σφάλμα για να «κρεμάσει» όλο το δίκτυο.
- Ι Μια τέτοια συνδεσμολογία δεν είναι ευέλικτη, γιατί παρουσιάζει μεγάλη δυσκολία στις αλλαγές και στις μετακινήσεις των συσκευών που εξυπηρετούνται από το δίκτυο.
- Ι Παρουσιάζει δυσκολία στην αποκατάσταση βλαβών.

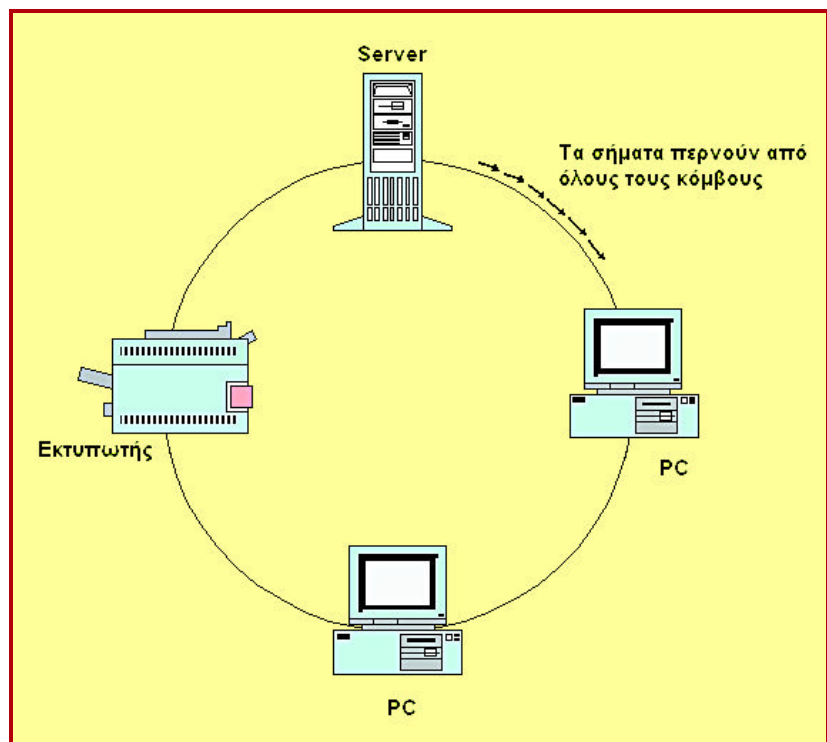
2.2.3 Τοπολογία δακτυλίου (Ring)

Η *τοπολογία δακτυλίου (Ring Topology)* είναι τρόπος επικοινωνίας υπολογιστών που υιοθετήθηκε από την εταιρεία IBM.

Σ' αυτή τη τοπολογία κάθε υπολογιστής συνδέεται κατευθείαν με δύο άλλους υπολογιστές στο δίκτυο. Τα δεδομένα μεταφέρονται διαδοχικά από τον έναν υπολογιστή στον άλλο.

Πλεονεκτήματα αυτής της τοπολογίας είναι ο απλός σχεδιασμός της και ο εύκολος εντοπισμός πιθανής βλάβης, επειδή κάθε σταθμός εργασίας αντιλαμβάνεται τη θέση του καλωδίου που παρουσιάζει σφάλμα, αφού θα σταματήσει να λαμβάνει δεδομένα από τον διπλανό του υπολογιστή. Στην πράξη, σπάνια χρησιμοποιείται η τοπολογία δακτυλίου, γιατί δεν έχει ανοχή στα σφάλματα.

Δηλαδή, με σφάλμα σε οποιοδήποτε σημείο του δικτύου, όλο το δίκτυο τίθεται εκτός λειτουργίας. Θυμίζει συνδεσμολογία αντιστάσεων σε σειρά. Τα δίκτυα που χρησιμοποιούν τοπολογία δακτυλίου ονομάζονται Token Ring.

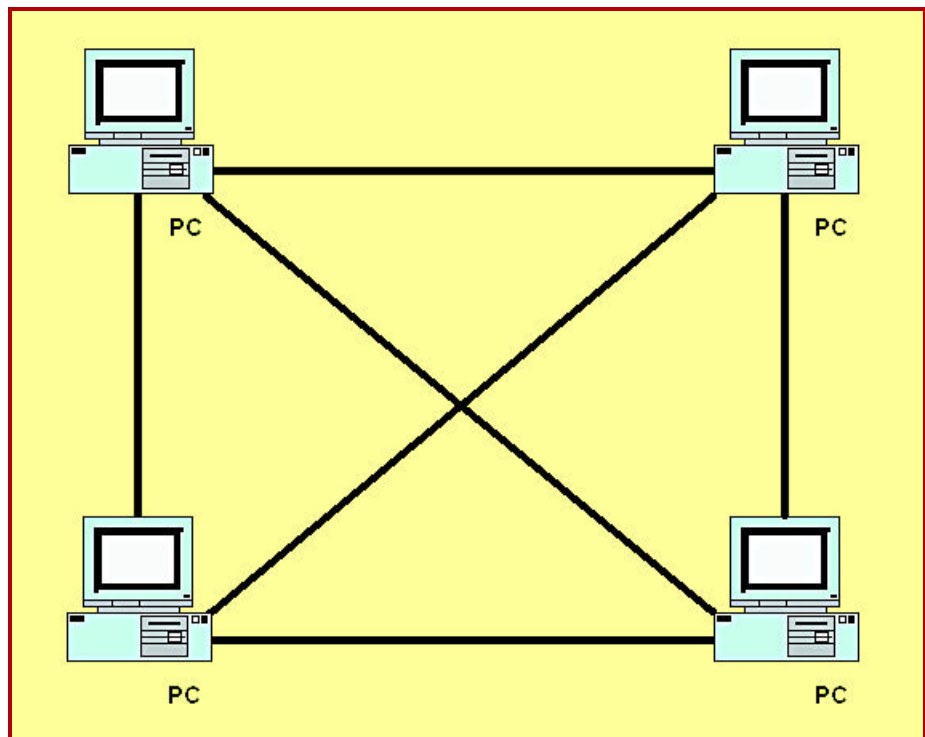


Σχήμα 2.3: Σχηματική παράσταση τοπολογίας δακτυλίου.

2.2.4 Τοπολογία πλέγματος

Θεωρητικά, σε μια τοπολογία πλέγματος, κάθε συσκευή του δικτύου (π.χ. υπολογιστής) συνδέεται με όλες τις υπόλοιπες. Στην πράξη, συνδέονται μερικές από αυτές και όχι όλες, για λόγους εφεδρείας και περιορισμού της πολυπλοκότητας που παρουσιάζει αυτή η τοπολογία. Πλεονέκτημα αυτής της τοπολογίας είναι ότι συνιστά το πλέον ασφαλές και ανεκτικό σε σφάλματα δίκτυο. Μειονεκτήματα της αποτελούν η πολυπλοκότητα της καλωδίωσης, το πλήθος των συνδέσεων και το μεγάλο της κόστος. Χαρακτηριστικό είναι ότι για n πλήθος σταθμών εργασίας απαιτούνται $n(n-1)/2$ συνδέσεις. Δηλαδή, για ένα μικρό σχετικά δίκτυο που συνδέει 20 υπολογιστές απαιτούνται 190 συνδέσεις.

Μια τέτοια τοπολογία συναντάται μόνο σε περιβάλλοντα δικτύων ευρείας περιοχής, (Wide Area Networks) λόγω της ανοχής που παρουσιάζει στα σφάλματα.



Σχήμα 2.4:
Τυπική τοπολογία πλέγματος.

Συμπερασματικά, όσον αφορά τις τοπολογίες, παρατηρούμε ότι συχνά στα δίκτυα υλοποιούνται ταυτόχρονα περισσότερες από μία μορφές τοπολογίας. Η πιο δημοφιλής είναι η τοπολογία αστέρα. Γενικά όμως, για την επιλογή της πλέον κατάλληλης τοπολογίας, με βάση τις απαιτήσεις της εφαρμογής θα πρέπει να ληφθούν υπόψη οι παρακάτω παράμετροι επιλογής :

- ! Το κόστος.
- ! Η ευκολία εγκατάστασης, συντήρησης και ανίχνευσης βλάβης.
- ! Η ευελιξία τροποποίησης του δικτύου.
- ! Η ανοχή στα σφάλματα των καλωδίων.

Οι υψηλές απαιτήσεις σε ταχύτητα σε όλες τις τοπολογίες καλύπτονται συνήθως με επάρκεια από τα καλώδια UTP 4 συνεστραμμένων ζευγών, κατηγορίας 5 και πάνω.



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:

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

(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 εξασθένιση 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 εξασθένιση 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.

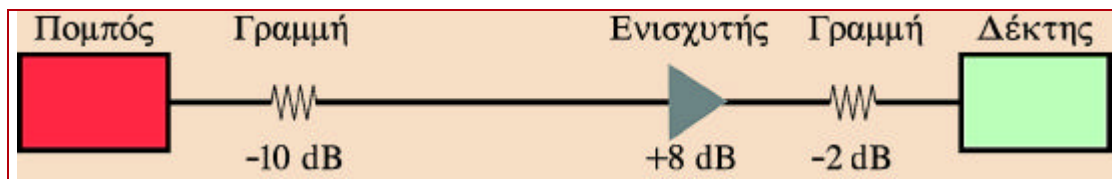
! Τα ντεσιμπέλ είναι λογαριθμικά, έτσι όταν δύο σήματα έχουν διαφορά 6 dB, το ένα έχει διπλάσια τάση και τετραπλάσια ισχύ από το άλλο.

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

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

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

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

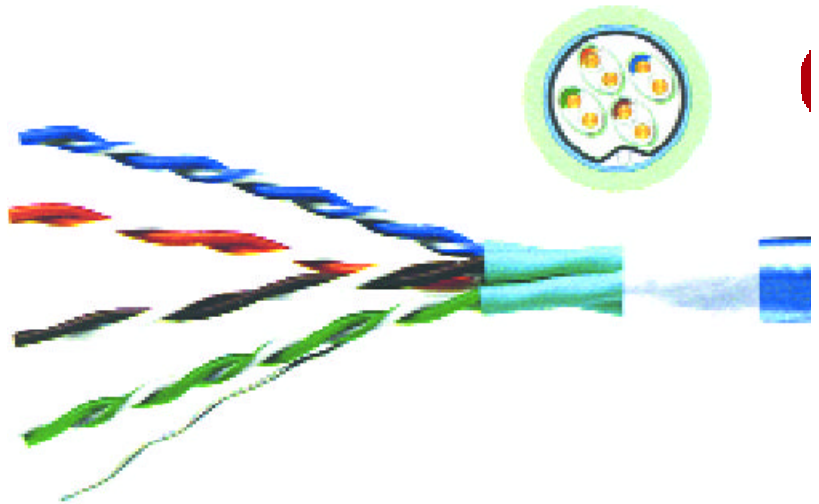
(*Foil Twisted Pair*- Συνεστραμμένων ζευγών με θωράκιση από αλουμίνιο)

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.

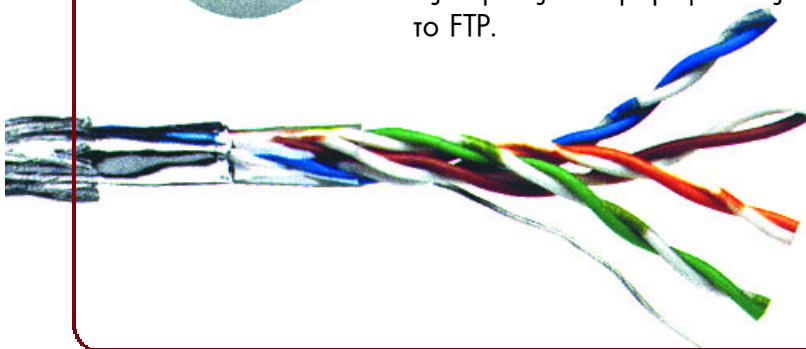
3.2.4 Καλώδιο SFTP

(*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.

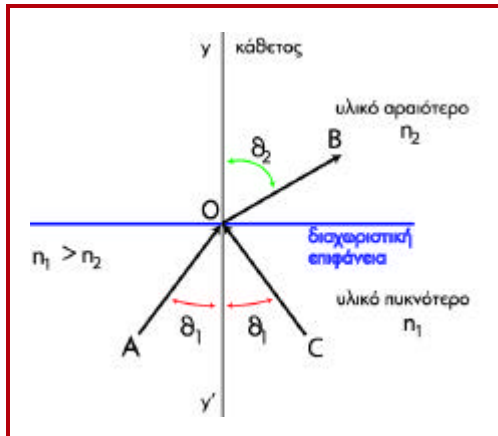
Οι οπτικές ίνες αποτελούνται από λεπτά νήματα εξαιρετικά καθαρού γυαλιού ή διάφανου πλαστικού, υψηλού δείκτη διάθλασης. Τα νήματα αυτά, που αποτελούν τον πυρήνα (core) της οπτικής ίνας, περιβάλλονται από μία επίστρωση (cladding) και ένα προστατευτικό κάλυμμα. Εάν μια φωτεινή δέσμη εισαχθεί στη μία άκρη 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.



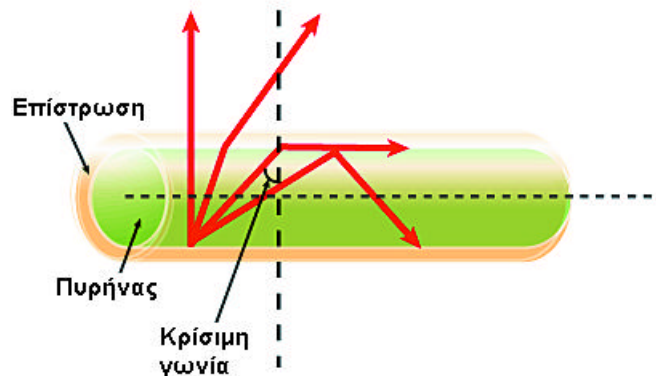
Για τη διάθλαση ισχύει $\frac{n_1}{n_2} = \frac{n\theta_2}{n\theta_1}$, όπου:

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.

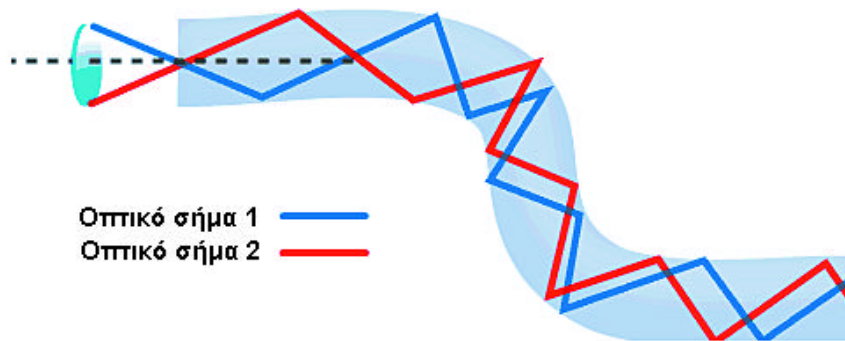
Όταν η γωνία θ_1 μεγαλώσει περισσότερο από μια κρίσιμη τιμή ($\theta_1 > \theta_{\text{κρίσιμη}}$), τότε η διαθλώμενη ακτίνα παύει να υφίσταται και όλη η προσπίπτουσα ακτίνα ανακλάται.



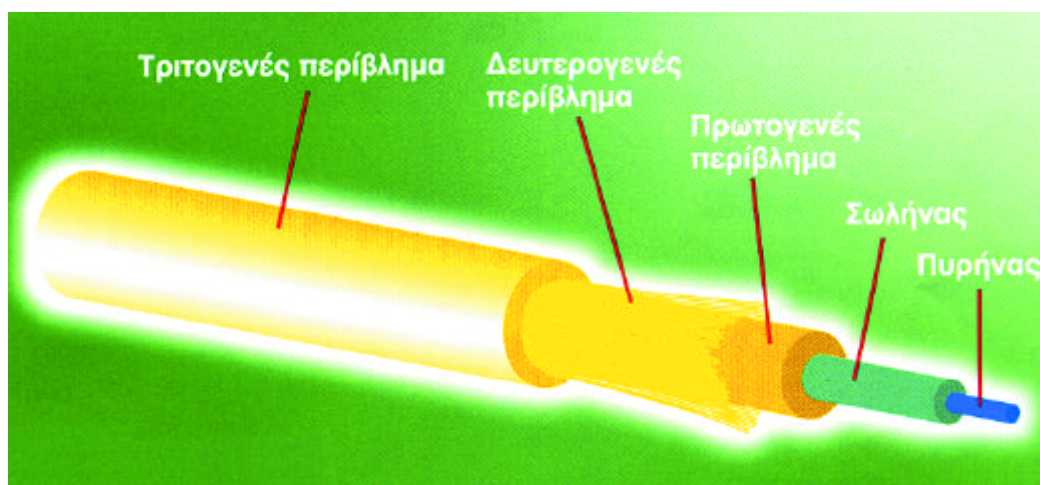
Σχήμα 3.7: Ολική εσωτερική ανάκλαση σε οπτική ίνα.

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

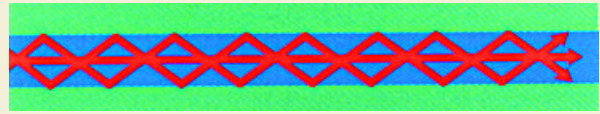
Ανάλογα με την πορεία που ακολουθούν οι δέσμες φωτός μέσα στον πυρήνα, οι οπτικές ίνες διακρίνονται σε δύο κατηγορίες:

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.

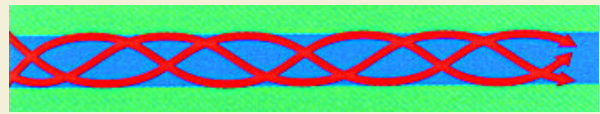
Οι πολύτροπες (ή πολλαπλής τροχιάς) διακρίνονται σε δύο τύπους, ανάλογα με την αλλαγή τροχιάς της φωτεινής δέσμης:

- 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.

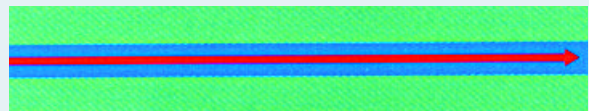
- 1β.** Σε οπτικές ίνες με σταδιακή αλλαγή τροχιάς, που οφείλεται στη βαθμιαία μείωση του δείκτη διάθλασης, όσο απομακρυνόμαστε από το κέντρο προς την επιφάνεια της κεντρικής ίνας, και οι οποίες επιφέρουν εξασθένηση σήματος από 2 έως 5 dB/km.



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.

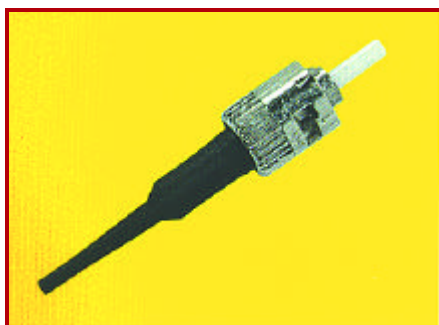
(Το ορατό φως περιέχει ακτινοβολίες των οποίων το μήκος κύματος κυμαίνεται μεταξύ 400 nm- ιώδες και 750 nm- ερυθρό).

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.



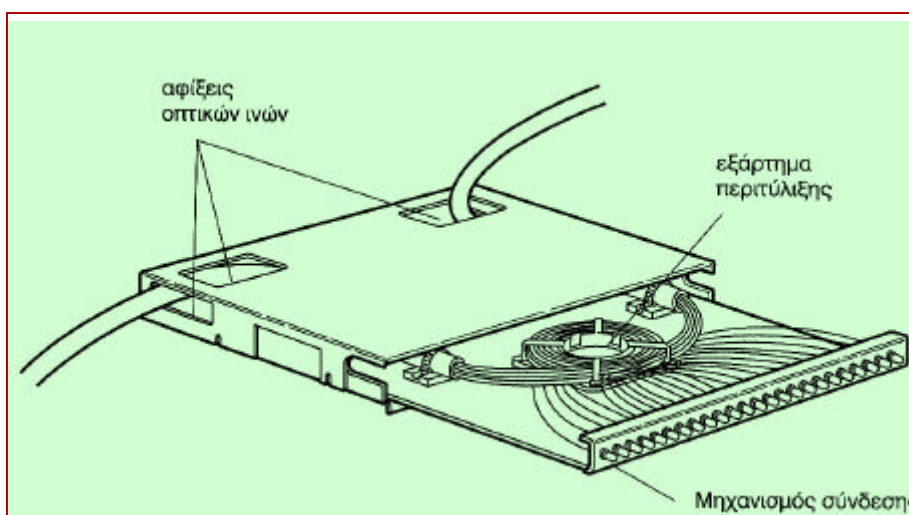
(α)



(β)

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: Συρτάρια 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.

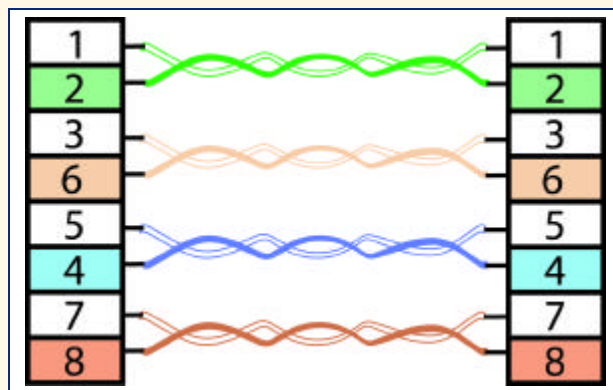
Όλοι οι έλεγχοι γίνονται σε θερμοκρασία 20 °C.

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.



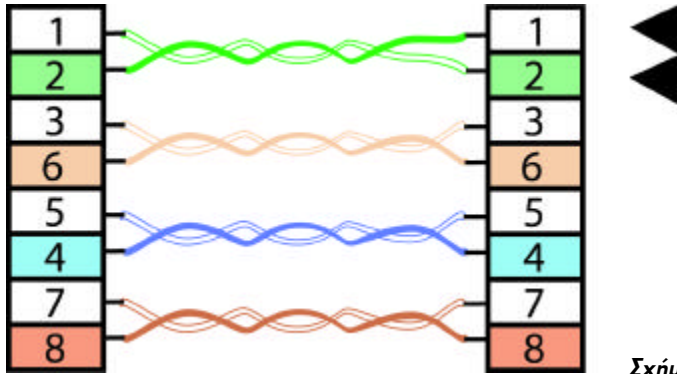
Σχήμα 4.1: Σωστή συρμάτωση 4 ζευγαριών.

Συνηθισμένα λάθη συρμάτωσης

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

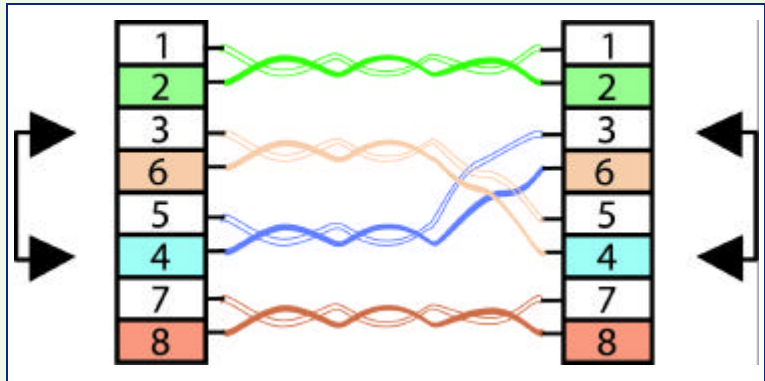
- | Βραχυκυκλώματα μεταξύ οποιωνδήποτε δύο ή περισσοτέρων αγωγών.
- | Βραχυκυκλωμένα ζευγάρια.
- | Αναστροφή ζευγαριών.
- | Διασταύρωση (ή αλληλομετάθεση) ζευγαριών.
- | Διαχωρισμό ζευγαριών.
- | Οποιαδήποτε άλλα σφάλματα συρμάτωσης.

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

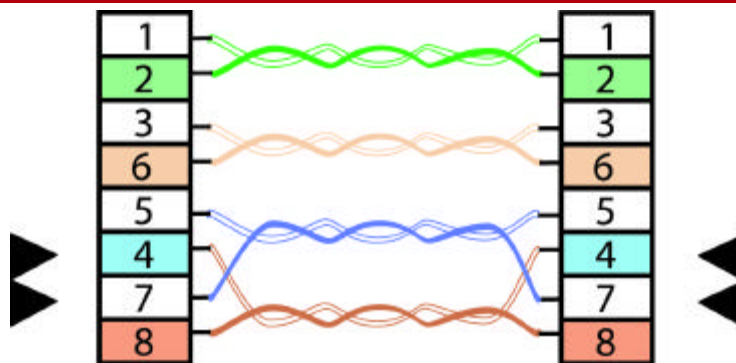


Σχήμα 4.2: Το λάθος της αναστροφής ζευγαριού.

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. Έλεγκτοι 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 μετρίεται 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).

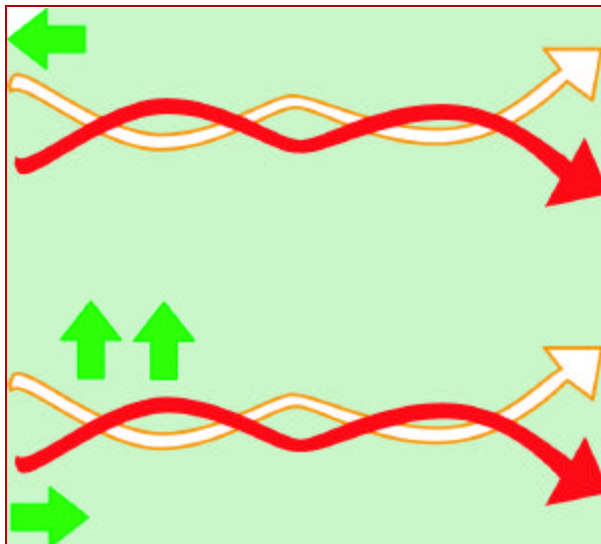
Η εξασθένηση που μετρίεται σε μια πρίζα καλωδίου UTP 4 ζευγών, για συχνότητα 100MHz, πρέπει να είναι μικρότερη των 23,2 dB.

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 εξασθένησης/ αλληλεπίδραση (ACR)

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

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

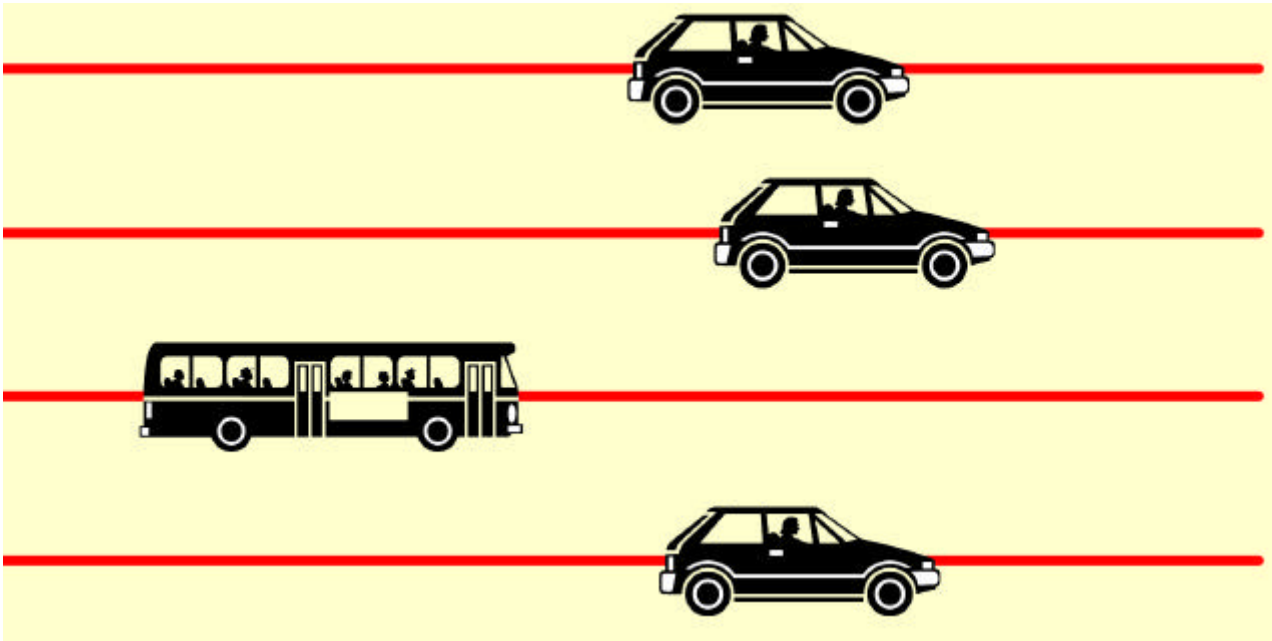
Η υπερβολική καθυστέρηση μετάδοσης οφείλεται μόνο σε πολύ μακρύ καλώδιο.

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 $6,6\text{ nF}$ ανά 100 μέτρα, για καλώδιο κατηγορίας 3, και δεν πρέπει να ξεπερνά τα $5,6\text{ nF}$ 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 100Ω), 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.

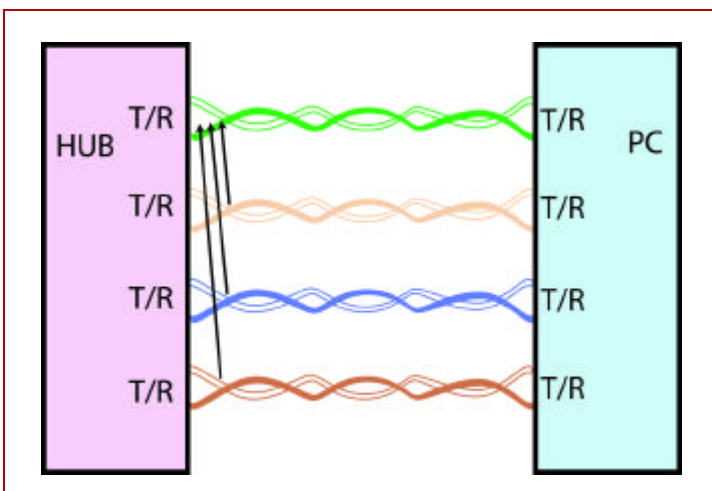
4.3.2 Αθροιστική ισχύς κοντινής αλληλεπίδρασης (PSNEXT)

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.

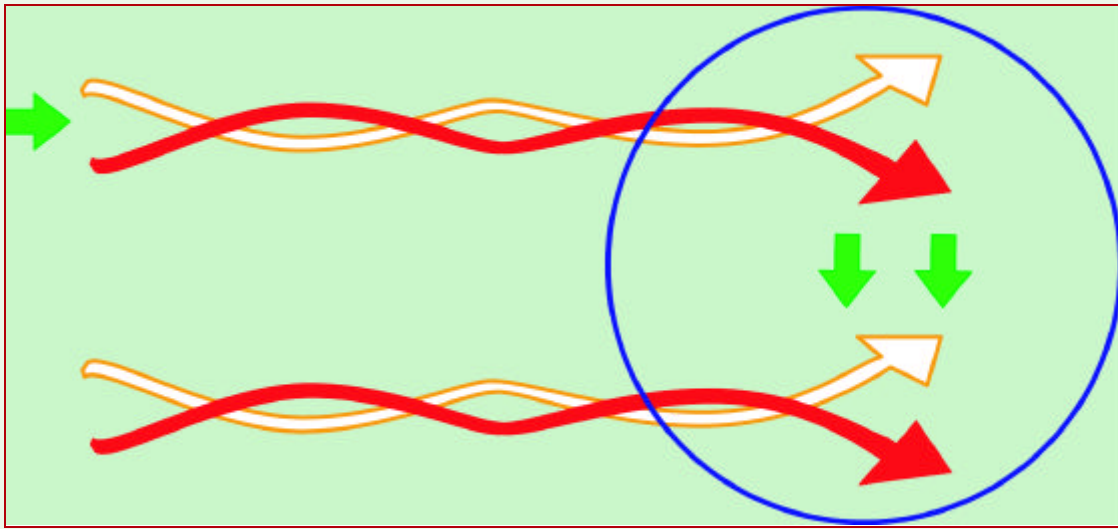
Τυπικά, τα αποτελέσματα PSACR είναι περίπου 3 dB χαμηλότερα από τη χειρότερη περίπτωση αποτελέσματος ACR, για την κάθε πλευρά του καλωδίου.

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 εξασθένηση 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	Εξασθένηση	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 εξασθένηση 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 εξασθένησης, όπως ακριβώς στο ACR.

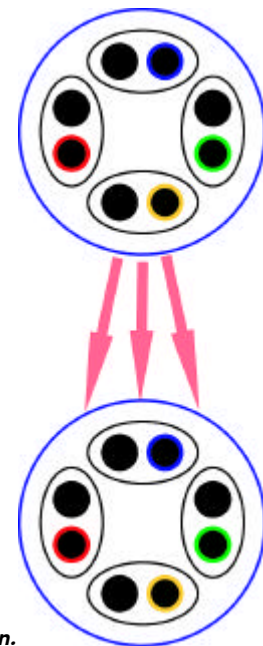
4.3.6 Αθροιστική ισχύς ίσου επιπέδου μακρινής αλληλεπίδρασης (PSELFEXT)

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.

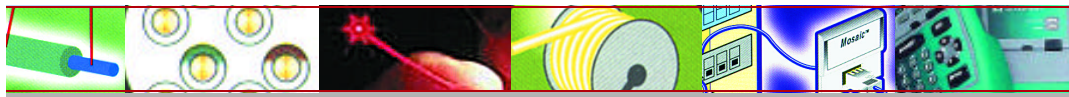
Υπάρχουν 4 αποτελέσματα PSELFEXT για το κάθε άκρο, τα οποία τυπικά είναι γύρω στα 3 dB χαμηλότερα από το αποτέλεσμα ELFEXT της χειρότερης περίπτωσης, για το κάθε άκρο του καλωδίου.

4.4 Εξωτερική αλληλεπίδραση

Όταν τα καλώδια γειττονούν, 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.



5. Τυποποίηση και πρότυπα

Γενικά, τα πρότυπα είναι πιστοποιημένες συμφωνίες που περιέχουν τεχνικές προδιαγραφές ή άλλα ακριβή κριτήρια, έτσι ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν σταθερά σαν κανόνες, οδηγίες ή ορισμοί χαρακτηριστικών, για να διασφαλιστεί η καταλληλότητα των υλικών, των προϊόντων, των διαδικασιών και των υπηρεσιών ως προς τον προορισμό τους.

Για παράδειγμα, το σχήμα των πιστωτικών καρτών, των τηλεφωνικών καρτών και των «έξυπνων» καρτών προέρχεται από ένα διεθνές πρότυπο του ISO. Η εφαρμογή του προτύπου, που ορίζει χαρακτηριστικά όπως το τέλειο πάχος (0,76 mm), σημαίνει πως οι κάρτες μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε όλο τον κόσμο.

Μ' αυτό τον τρόπο, τα πρότυπα συμβάλλουν στη διευκόλυνση της ζωής και στην αύξηση της αξιοπιστίας, του ανταγωνισμού και της αποτελεσματικότητας των αγαθών και των υπηρεσιών που χρησιμοποιούμε.

Η ύπαρξη μη εναρμονισμένων προτύπων για όμοιες τεχνολογίες, σε διαφορετικές χώρες ή περιοχές, μπορεί να συμβάλει στα επονομαζόμενα "τεχνητά εμπόδια στο εμπόριο". Βιομηχανίες με προσανατολισμό στις εξαγωγές κατανόησαν από καιρό την ανάγκη να συμφωνήσουν σε παγκόσμια πρότυπα, για να βοηθήσουν στην εκλογίκευση της παγκόσμιας εμπορικής διαδικασίας. (Αυτή υπήρξε και η αρχή της ίδρυσης του ISO).

Η διεθνής τυποποίηση είναι ισχυρά εδραιωμένη σε πολλές τεχνολογίες και σε ανόμοια μεταξύ τους πεδία, όπως: πληροφορική και επικοινωνίες, υφαντουργία, συσκευασία, διανομή αγαθών, παραγωγή ενέργειας και εκμετάλλευση, ναυπηγική, τραπεζικές και οικονομικές υπηρεσίες.

Σύμφωνα με το Διεθνή Οργανισμό για Τυποποίηση (ISO), η διεθνής τυποποίηση θα γίνεται ολοένα και πιο σημαντική σε όλους τους τομείς της βιομηχανικής δραστηριότητας στο προβλεπόμενο μέλλον.

Οι κυριότεροι λόγοι γι' αυτό είναι:

ν **Η παγκόσμια πρόοδος στην ελεύθερη διακίνηση του εμπορίου.**

Οι σύγχρονες οικονομίες της ελεύθερης αγοράς υποστηρίζουν όλο και περισσότερο τις προμήθειες από διαφορετικές πηγές και παρέχουν ευκαιρίες για επέκταση των αγορών. Όσο για την τεχνολογία, ο υγιής ανταγωνισμός πρέπει να στηρίζεται σε πιστοποιημένες, πλήρως καθορισμένες, κοινές αναφορές, οι οποίες αναγνωρίζονται από μια χώρα σε άλλη και από μια περιοχή σε άλλη. Μια τυποποίηση όλης της βιομηχανίας, με διεθνή αναγνώριση, που επιτεύχθηκε μέσα από συμφωνίες μεταξύ των εμπορικών εταιρών, εξυπηρετεί ως η κοινή γλώσσα του εμπορίου.

ν **Αλληλοδιείσδυση τομέων.**

Καμιά βιομηχανία στις μέρες μας δεν μπορεί να ισχυριστεί πως είναι εντελώς ανεξάρτητη ως προς τα συστατικά, τα προϊόντα, τους κανόνες εφαρμογής κ.λπ., που έχουν αναπτυχθεί σε άλλους τομείς. Τα μπουλόνια χρησιμοποιούνται στην αεροπορία και στα γεωργικά μηχανήματα, η συγκόλληση είναι σημαντική στη μηχανολογία και στην πυρηνική μηχανική και η ηλεκτρονική επεξεργασία δεδομένων έχει εισχωρήσει σε όλες τις βιομηχανίες. Τα φιλικά προς το περιβάλλον προϊόντα και η ανακυκλώσιμη και βιοδιασπώμενη συσκευασία είναι ευρέως διαδεδομένες ανησυχίες.

ν **Παγκόσμια συστήματα επικοινωνίας.**

Η βιομηχανία των υπολογιστών προσφέρει ένα καλό παράδειγμα τεχνολογίας που είναι απαραίτητο να τυποποιηθεί σε παγκόσμιο επίπεδο γρήγορα και προοδευτικά. Η πλήρης συμβατότητα μεταξύ ανοιχτών συστημάτων ευνοεί τον υγιή ανταγωνισμό ανάμεσα στους παραγωγούς και προσφέρει πραγματικές επιλογές στους χρήστες, αφού ο ανταγωνισμός είναι ισχυρός καταλύτης για καινοτομία, βελτίωση της παραγωγικότητας και μείωση κόστους.

ν **Παγκόσμια τυποποίηση για αναδυόμενες τεχνολογίες.**

Προγράμματα τυποποίησης σε εντελώς νέους τομείς αναπτύσσονται διαρκώς. Αυτοί οι τομείς αφορούν προηγμένα υλικά, το περιβάλλον, τις επιστήμες ζωής, την αστικοποίηση και κατασκευές. Στα πρώιμα στάδια της ανάπτυξης νέων τεχνολογιών μπορεί κανείς μόνο να φαντάζεται εφαρμογές, καθώς δεν υπάρχουν λειτουργικά πρωτότυπα. Στους τομείς αυτούς, η ανάγκη για τυποποίηση εντοπίζεται στον καθορισμό ορολογίας και στη συγκέντρωση βάσης δεδομένων για ποσοτική πληροφόρηση.

ν **Αναπτυσσόμενες χώρες.**

Οι φορείς ανάπτυξης αναγνωρίζουν όλο και περισσότερο το γεγονός ότι μια υποδομή τυποποίησης είναι βασική προϋπόθεση για την επιτυχία οικονομικών πολιτικών που στοχεύουν στην επίτευξη παρατεινόμενης ανάπτυξης. Η δημιουργία μιας τέτοιας υποδομής σε αναπτυσσόμενες χώρες είναι ουσιαστική για τη βελτίωση της παραγωγικότητας, την ανταγωνιστικότητα της αγοράς και τη δυνατότητα εξαγωγών.

Στόχος της τυποποίησης είναι να διευκολυνθεί το εμπόριο και η ανταλλαγή και μεταφορά της τεχνολογίας μέσω:

- | αύξησης της ποιότητας των προϊόντων και της πιστότητας με λογικό κόστος
- | βελτίωσης της υγείας, της ασφάλειας και της προστασίας του περιβάλλοντος καθώς και της μείωσης των αποβλήτων
- | μεγαλύτερης συμβατότητας και διακίνησης αγαθών και υπηρεσιών
- | απλοποίησης για βελτίωση της χρηστικότητας
- | μείωσης του αριθμού των μοντέλων, με αποτέλεσμα τη μείωση του κόστους
- | αύξησης της ικανότητας διανομής και ευκολότερης συντήρησης

Οι χρήστες εμπιστεύονται περισσότερο τα προϊόντα και τις υπηρεσίες που συμμορφώνονται με τα διεθνή πρότυπα.

Η πιστοποίηση συμμόρφωσης προς τα πρότυπα παρέχεται από σχετική δήλωση των κατασκευαστών ή από ελέγχους ανεξάρτητων αναγνωρισμένων φορέων.

Τι είναι το ISO;

Ο Διεθνής Οργανισμός Τυποποίησης (ISO) είναι μια παγκόσμια ομοσπονδία εθνικών οργανισμών τυποποίησης που απαρτίζεται από 130 περίπου χώρες, με έναν οργανισμό από κάθε χώρα. (Από την Ελλάδα συμμετέχει ο Ελληνικός Οργανισμός Τυποποίησης - ΕΛ.Ο.Τ.). Το ISO είναι μη κυβερνητική οργάνωση και ιδρύθηκε το 1947. Η αποστολή του είναι να προάγει την ανάπτυξη της τυποποίησης και των σχετικών δραστηριοτήτων στον κόσμο, με στόχο την απλοποίηση της διεθνούς ανταλλαγής εμπορευμάτων και υπηρεσιών και την ανάπτυξη της συνεργασίας στα πλαίσια πνευματικών, επιστημονικών, τεχνολογικών και οικονομικών δραστηριοτήτων. Η εργασία του ISO καταλήγει σε διεθνείς συμφωνίες, οι οποίες δημοσιεύονται ως Διεθνή Πρότυπα, συνήθως με συγκεκριμένη αρίθμηση.

Το πλήρες όνομα του οργανισμού στην αγγλική γλώσσα είναι International Organization for Standardization και το ακρωνύμιο που θα αντιστοιχούσε θα ήταν το IOS. Όμως η συντομογραφία του **ISO**, στην πραγματικότητα, είναι λέξη. Προέρχεται από την ελληνική λέξη **ίσος**. Αυτή είναι η ρίζα του προθέματος «**ισο-**» που συναντάμε σε πολλές ευρωπαϊκές γλώσσες και σε πολλούς όρους, π.χ. στα αγγλικά «**isometric** = ισομετρικός» (ίσου μέτρου ή ίσων διαστάσεων), «**isonomy** = ισονομία» (ισότητα όλων των ανθρώπων ενώπιον του νόμου ή ισότητα κοινωνικών ή πολιτικών δικαιωμάτων).

Επιπλέον, η ονομασία ISO χρησιμοποιείται σε όλο τον κόσμο για να δηλώσει τον οργανισμό αυτό και έτσι αποφεύγονται τα άπειρα αρκτικόλεξα που θα προέκυπταν από τη μετάφραση του «Διεθνής Οργανισμός Τυποποίησης» στις εθνικές γλώσσες των διαφόρων μελών: για παράδειγμα, IOS στα Αγγλικά, OIN στα Γαλλικά (από το Organisation Internationale de Normalisation). Για όλες τις χώρες, η συντομογραφία του οργανισμού είναι ISO.

5.1 Πρότυπα δομημένης καλωδίωσης




Υπάρχουν αρκετοί οργανισμοί με πρότυπα - κλειδιά, που θέτουν τις προϋποθέσεις για καλωδίωση γενικής χρήσης, επιπροσθέτως με ένα αριθμό άλλων ομάδων, που ορίζουν πρότυπα δικτύων υπολογιστών, τα οποία επιδρούν στην καλωδίωση.

Για την επίτευξη της λειτουργίας των δικτύων υπολογιστών και άλλων σύγχρονων εφαρμογών, ο ρόλος των προτύπων και των κριτηρίων που ορίζουν είναι ιδιαίτερα σημαντικός.

Τα πρότυπα καλωδίωσης έχουν παίξει κύριο ρόλο εξειδικεύοντας την υποδομή πάνω στην οποία τα δεδομένα πρωτοκόλλων πρέπει να λειτουργούν.

Οι κύριοι οργανισμοί τυποποιήσεων που σχετίζονται με τη δομημένη καλωδίωση και τα δίκτυα υπολογιστών, παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 5.1: Οργανισμοί τυποποιήσεων για τη δομημένη καλωδίωση και τα δίκτυα υπολογιστών.

Οργανισμοί τυποποιήσεων	Σφαίρα επιρροής
 <p>Η EIA, Ένωση Ηλεκτρονικών Βιομηχανιών, αποτελείται από 7 ενώσεις που ειδικεύονται σε τομείς της ηλεκτρονικής Βιομηχανίας των ΗΠΑ και περιλαμβάνει μεταξύ άλλων την TIA.</p>	ΗΠΑ και Καναδάς
 <p>Η TIA είναι ένωση εταιρειών κυρίως των ΗΠΑ και του Καναδά, που παρέχει προϊόντα τεχνολογίας πληροφοριών και επικοινωνιών, υλικά, συστήματα, υπηρεσίες διανομής και επαγγελματικές υπηρεσίες. Η TIA είναι ο κυριότερος οργανισμός τυποποίησης που επηρεάζει την καλωδίωση κτιρίων στη Βόρεια Αμερική. Τα πρότυπα αυτού του οργανισμού στη δομημένη καλωδίωση έχουν παγκόσμια επίδραση.</p>	ΗΠΑ και Καναδάς
 <p>Η Διεθνής Ηλεκτροτεχνική Επιτροπή είναι ο διεθνής φορέας αποτίμησης προτύπων και συμφωνιών, για όλα τα πεδία της ηλεκτροτεχνολογίας.</p>	Παγκόσμια

Οργανισμοί τυποποιήσεων	Σφαίρα επιρροής
 <p>Ο ISO είναι παγκόσμια συνομοσπονδία των εθνικών οργανισμών τυποποίησης, από περίπου 130 χώρες. (Μέλος του είναι και η Ελλάδα, που εκπροσωπείται με τον ΕΛΟΤ). Ο ISO συνεργάζεται στενά με την IEC, σε όλα τα θέματα ηλεκτροτεχνικής τυποποίησης.</p>	Παγκόσμια
 <p>Η CENELEC αναπτύσσει ηλεκτροτεχνικά πρότυπα για την Ευρωπαϊκή Ένωση. Πολλά πρότυπα καλωδίωσης της CENELEC ακολουθούν τα πρότυπα καλωδίωσης του ISO, με μικρές διαφορές.</p>	Ευρώπη
 <p>Η Διεθνής Ένωση Ηλεκτρολόγων και Ηλεκτρονικών Μηχανικών (IEEE 802.3) αναπτύσσει πρότυπα για CSMA/CD (Ethernet), για τοπικά δίκτυα υπολογιστών.</p>	Παγκόσμια

Τρία κύρια πρότυπα καλωδίωσης χρησιμοποιούνται σήμερα: ένα αμερικανικό, ένα ευρωπαϊκό και ένα διεθνές.

Το αμερικανικό πρότυπο EIA/TIA 568 δημοσιεύθηκε το 1991. Το πρότυπο αυτό ξεπεράστηκε γρήγορα, αφού ακολούθησαν αμέσως τα πρότυπα TSB 36, TSB 40 και TSB 53, για να καταλήξουν στο TIA 568A -1995, το οποίο συμπληρώθηκε και αντικαταστάθηκε από το TIA 568B -2001. Το πρότυπο TIA 568A -1995 έχει τίτλο «Πρότυπο ενσύρματων τηλεπικοινωνιών σε εμπορικά κτίρια» και περιέχει γενικές απαιτήσεις για δίκτυα δομημένης καλωδίωσης σε εμπορικά κτίρια. Θέτει τεχνικά και λειτουργικά κριτήρια για σχεδίαση, αλληλεπίδραση και σύνδεση των ιδιαίτερων στοιχείων ενός καλωδιακού συστήματος.

Τον Αύγουστο του 1995, δημοσιεύθηκε το πρότυπο ISO/IEC 11801- 1995 (το πιο σημαντικό στη δομημένη καλωδίωση από πλευράς ISO), το οποίο χρησιμοποίησε ως βάση το αμερικανικό TIA 568. Το πρότυπο ISO/IEC 11801 έχει τίτλο «Γενική καλωδίωση για εμπορικά κτίρια», αλλά θεωρείται ξεπερασμένο, γιατί χρησιμοποιεί παλαιά ορολογία στον ορισμό των συνδέσμων, δε δίνει απαιτούμενες τιμές για την εξασθένιση λόγω επιστροφής (return loss), δεν ορίζει νέες μετρήσεις, όπως είναι η ELFEXT, η PSNEXT και η ασύμμετρη καθυστέρηση, και δεν ορίζει το χώρο εργασίας ή τη λειτουργία του patch cord.

Ήδη, η έκδοση του συμπληρωματικού προτύπου ISO/IEC 11801 AM2- 1999 προσθέτει απαιτήσεις για νέες μετρήσεις, ορίζει το *μόνιμο σύνδεσμο* και το *κανάλι*, αφαιρεί πολλά θέματα που παρέπεμπαν σε μελλοντική μελέτη (ffs- for future study) και παρέχει περισσότερες λεπτομέρειες. Μια άλλη σημαντική αλλαγή είναι ότι οι απαιτήσεις της κλάσης D έχουν αυξηθεί και είναι πολύ κοντά στις απαιτήσεις της κατηγορίας 5E της TIA (αλλά διαφέρουν).

Το ευρωπαϊκό πρότυπο EN50173 ακολουθεί στενά το διεθνές ISO/IEC 11801.

Το αμερικανικό πρότυπο EIA/TIA-568A και το διεθνές πρότυπο ISO/IEC 11801 έχουν αρκετές διαφορές μεταξύ τους, ιδίως στους ορισμούς των συνδέσμων και στους τρόπους μέτρησης με τα σχετικά όρια των ελέγχων. Οι διαφορές αυτές επιφέρουν συχνά σύγχυση στους σχεδιαστές δομημένης καλωδίωσης.

Το πρότυπο ISO προσφέρει δύο προσεγγίσεις για εφαρμογή:

- ! Η μία βασίζεται στα πρότυπα των συνιστωσών του συνδέσμου και είναι σχεδιασμένη πάνω στο αμερικανικό πρότυπο 568A, με λεπτομερείς επιλογές καλωδίων και οριζόμενα μέγιστα μήκη.
- ! Η άλλη βασίζεται στην απόδοση του συνδέσμου και δεν ορίζει καλώδια και από άκρο σε άκρο αποστάσεις.

Λόγω της δεύτερης προσέγγισης και των διαφορετικών ορισμών στους συνδέσμους, έχουμε διαφορετικά όρια τιμών στους ελέγχους. Για παράδειγμα, η κλάση D, επειδή λαμβάνει υπόψη και τις απώλειες των συνδετήρων (connectors), θέτει για την εξασθένηση ελαφρώς υψηλότερο όριο και για το NEXT ελαφρώς χαμηλότερο από ό,τι η κατηγορία 5.

Ανάλογα με το εύρος ζώνης συχνότητας του διερχομένου σήματος, το αμερικανικό πρότυπο ταξινομεί τα διάφορα επίπεδα των δικτύων σε κατηγορίες, ενώ το διεθνές πρότυπο σε κλάσεις.

Πίνακας 5.2: Ταξινόμηση των δικτύων κατά TIA και ISO.

Μετάδοση σήματος με συχνότητα	Πρότυπο EIA/TIA-568A	Πρότυπο ISO/IEC 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)	
		Optical class (κλάση οπτικών ινών)

5.2 Η εξέλιξη των προτύπων δομημένης καλωδίωσης

Τα τρία κύρια πρότυπα δομημένης καλωδίωσης που αναφέραμε στην προηγούμενη ενότητα έχουν εκδοθεί από το 1994 και έχουν καθιερώσει τη δομημένη καλωδίωση ως πρότυπο υποδομής. Όμως, αυτά τα πρότυπα γράφτηκαν έχοντας υπόψη την ταχύτητα δεδομένων 100 Mbps ως μελλοντική τεχνολογία. Σήμερα η ταχύτητα αυτή έχει ήδη επιτευχθεί και οδεύουμε προς το 1 Gbps. Τα πρότυπα συνεχώς αναβαθμίζονται και συνεπώς ένα καλωδιακό σύστημα πρέπει να πληροί επιπλέον κριτήρια σε σχέση με παλιότερα.

Αρκετοί παράγοντες οδηγούν στην εξέλιξη των προτύπων δομημένης καλωδίωσης, όπως:

- Ι Νέα πρότυπα δικτύων υψηλών ταχυτήτων, όπως το Gigabit Ethernet.
- Ι Απαιτήσεις για πρόσθετες μετρήσεις, όπως ασύμμετρη καθυστέρηση μετάδοσης (propagation delay skew), εξασθένιση λόγω επιστροφής (return loss), αθροιστική ισχύς κοντινής αλληλεπίδρασης (PSNEXT) και ίσου επιπέδου μακρινή αλληλεπίδραση (ELFEXT).
- Ι Βελτιώσεις στο σχεδιασμό καλωδίων και εξαρτημάτων.
- Ι Αναγνώριση στις διαφορές λειτουργίας κατά τη σχεδίαση καλωδίων, μεταξύ αθωράκιστων και θωρακισμένων ή με πλέγμα καλωδίων.
- Ι Τοπικό ενδιαφέρον για τις επιδράσεις της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας στα δεδομένα καθώς και στο περιβάλλον.
- Ι Επιθυμία για εναρμόνιση στους ορισμούς των συνδέσμων και απαιτήσεις για λειτουργικές καλωδιώσεις στη Βόρεια Αμερική, στην Ευρώπη και σε άλλες αγορές.

Για να αναπτυχθεί και για να δημοσιευθεί ένα πρότυπο, ακολουθούνται κάποιες διαδικασίες. Π.χ. τα διεθνή πρότυπα του ISO αναπτύσσονται σύμφωνα με κάποιες αρχές, όπως:

- ✓ **Η συναίνεση.** Λαμβάνονται υπόψη όλοι οι ενδιαφερόμενοι φορείς, όπως κατασκευαστές, πωλητές και χρήστες, καταναλωτικές ομάδες, εργαστήρια ελέγχου, κυβερνήσεις, επαγγελματικά σωματεία μηχανικών, οργανισμοί έρευνας.
 - ✓ **Βιομηχανία- εύρος.** Σφαιρικές λύσεις που να ικανοποιούν βιομηχανίες και πελάτες παγκοσμίως.
 - ✓ **Εθελοντισμός.** Η διεθνής τυποποίηση καθοδηγείται από την αγορά και γι' αυτό στηρίζεται στην εθελοντική ανάμιξη όλων των ενδιαφερομένων στο χώρο της αγοράς.
- Η έκδοση ενός προτύπου είναι το αποτέλεσμα συμφωνίας (ψηφοφορίας) μεταξύ των μελών του οργανισμού. Κάθε πρότυπο, πριν δημοσιευθεί, αναπτύσσεται από τεχνικές επιτροπές και υποεπιτροπές, σε μια διαδικασία 6 σταδίων:
- ✓ **στάδιο πρότασης**, όπου επιβεβαιώνεται η ανάγκη έκδοσης του προτύπου,

- ✓ **στάδιο προετοιμασίας**, όπου επιτροπή ειδικών προετοιμάζει ένα σχέδιο εργασίας (working draft),
- ✓ **στάδιο επιτροπής**, όπου κατατίθεται το σχέδιο στη σχετική τεχνική επιτροπή για συζήτηση και, εάν εγκριθεί, προωθείται ως σχέδιο διεθνούς προτύπου (Draft International Standard - DIS),
- ✓ **στάδιο εξέτασης**, το DIS κυκλοφορεί από τη κεντρική γραμματεία σε όλα τα μέλη του ISO για ψήφιση και σχόλια, εντός μιας περιόδου 5 μηνών. Κατόπιν, υποβάλλεται στη σχετική επιτροπή ως τελικό σχέδιο (Final Draft International Standard- **FDIS**) και μετά από μια διαδικασία ψηφοφορίας των μελών της, αν εγκριθεί, προωθείται,
- ✓ **στάδιο έγκρισης**, το τελικό σχέδιο (FDIS) κυκλοφορεί πάλι σε όλα τα μέλη του ISO για μια ναι/όχι ψήφο, εντός μιας περιόδου 2 μηνών. Μετά από μια παρόμοια διαδικασία ψηφοφορίας, αν εγκριθεί, προωθείται για το επόμενο στάδιο,
- ✓ **στάδιο έκδοσης**, όπου η κεντρική γραμματεία λαμβάνει το τελικό σχέδιο και προχωρά στην έκδοση του τελικού κειμένου, που αποτελεί πλέον διεθνές πρότυπο.

Όλα τα διεθνή πρότυπα του ISO αναθεωρούνται τουλάχιστον μία φορά κάθε πέντε χρόνια από την υπεύθυνη τεχνική επιτροπή/ υποεπιτροπή. Η πλειοψηφία των μελών της τεχνικής επιτροπής/ υποεπιτροπής αποφασίζει αν το πρότυπο πρέπει να επιβεβαιωθεί, να αναθεωρηθεί ή να αποσυρθεί.

Συχνά ένα πρότυπο, μετά από λίγο καιρό, ακολουθείται από τις τροποποιήσεις (amendments) ή τις προσθήκες του (addendum).

Όλα τα πρότυπα, όταν προδημοσιεύονται και πριν από την τελική έγκριση, φέρουν τον όρο draft (σχέδιο). Αυτό σημαίνει ότι δεν έχουν επισήμως εκδοθεί και πιθανόν να υποστούν κάποιες μικρές τροποποιήσεις.

5.2.1 Ορισμός συνδέσμου και καναλιού

Οι ορισμοί για το **σύνδεσμο (link)** και το **κανάλι ή δίαυλο (channel)** είναι σημαντικοί, γιατί αυτοί ορίζουν τι περιλαμβάνεται και τι πρέπει να ελεγχθεί και επιδρούν στην αναμενόμενη λειτουργικότητα. Περιλαμβάνουν, δηλαδή, το επιτρεπτό συνολικό μήκος της οριζόντιας καλωδίωσης και τα εξαρτήματά της που επηρεάζουν τους ελέγχους ποιότητας της κάθε κατηγορίας ή κλάσης.

Ένας σύνδεσμος (link) έχει διαφορετική λειτουργία από ένα κανάλι (channel).

Στην περίπτωση του συνδέσμου έχουμε δύο διαφορετικούς ορισμούς:

- το βασικό σύνδεσμο (basic link), από την TIA και
- το μόνιμο σύνδεσμο (permanent link), από την TIA και τον ISO, που λαμβάνεται περισσότερο υπόψη στις τιμές ελέγχου των νέων προτύπων.

Στο κανάλι έχουμε έναν κοινό ορισμό από τους δύο παραπάνω οργανισμούς τυποποίησης.

Ο βασικός ή ο μόνιμος σύνδεσμος ελέγχεται αντί του καναλιού στο 95% των εγκαταστάσεων δομημένης καλωδίωσης. Όμως, ο έλεγχος καναλιού μας δίνει το μέτρο της πραγματικής μετάδοσης δεδομένων. Η γνώση της διαφοράς

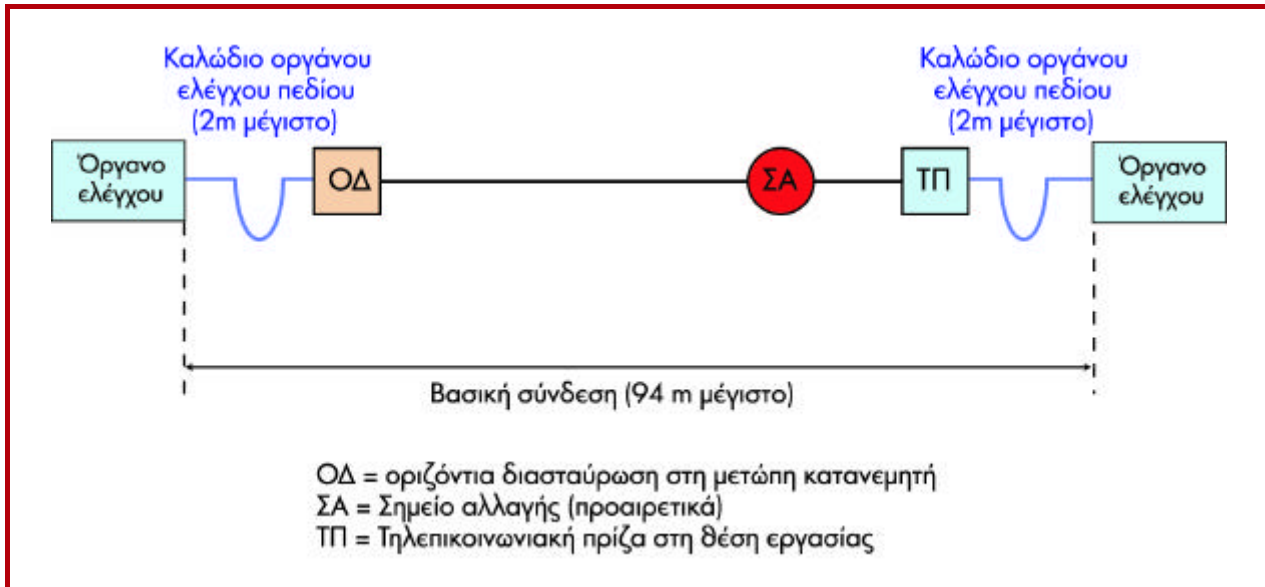
μεταξύ ενός συνδέσμου και ενός καναλιού είναι το κλειδί για τον εντοπισμό και την επίλυση προβλημάτων, όταν παρουσιαστούν.

Ο βασικός σύνδεσμος (TIA)

Ο βασικός σύνδεσμος (**basic link**) έχει ορισθεί στο πρότυπο TIA TSB-67 και περιλαμβάνει:

- ✓ μέχρι 90 μέτρα μόνιμα εγκαταστημένου οριζόντιου καλωδίου,
- ✓ τη ζευγαρωμένη (φίς-πρίζα) σύνδεση στην οριζόντια διασταύρωση (ΟΔ) στον κατανεμτή ορόφου, δηλαδή στη μετώπη μεικτονόμησης (patch panel) του κατανεμτή,
- ✓ ένα σημείο αλλαγής (ΣΑ), που χρησιμοποιείται συνήθως στο μοντάρισμα επίπλων (προαιρετικά), κοντά στη θέση εργασίας,
- ✓ την τηλεπικοινωνιακή πρίζα (ΤΠ), στο μακρινό άκρο του συνδέσμου στη θέση εργασίας και
- ✓ τα δύο κορδόνια που είναι αναγκαία για τη σύνδεση του οργάνου ελέγχου πεδίου (field tester) στους ακραίους συνδετήρες (connectors).

Ο βασικός σύνδεσμος χρησιμοποιείται για να επιβεβαιώσει την απόδοση της μόνιμα εγκατεστημένης καλωδίωσης. Περιλαμβάνει τα κορδόνια ελέγχου αλλά όχι τη ζευγαρωμένη ένωση του κορδονιού με το όργανο ελέγχου.



Σχήμα 5.1: Βασικός σύνδεσμος (TIA).

Ο βασικός σύνδεσμος μήκους 94 μέτρων περιλαμβάνει 90 μέτρα για την οριζόντια καλωδίωση και 2 μέτρα για τα καλώδια ελέγχου και από τις δυο άκρες.

Ο μόνιμος σύνδεσμος TIA και ISO

Ο μόνιμος σύνδεσμος (*permanent link*) έχει ορισθεί στα πρότυπα TIA 568B και ISO 11801 AM2 και περιλαμβάνει:

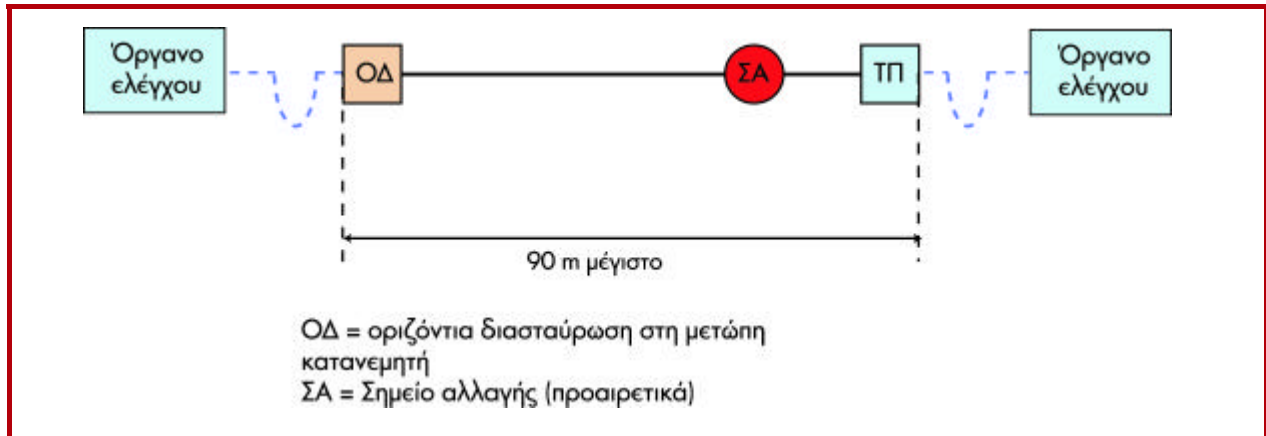
- Ι μέχρι 90 μέτρα μόνιμα εγκαταστημένου οριζώντιου καλωδίου,
- Ι τη ζευγαρωμένη (φισ-πρίζα) σύνδεση στην οριζόντια διασταύρωση (ΟΔ) στον κατανεμητή ορόφου, δηλαδή στη μετώπη μεικτονόμησης (patch panel) του κατανεμητή,
- Ι ένα προαιρετικό σημείο αλλαγής (ΣΑ), που χρησιμοποιείται συνήθως στο μοντάρισμα επίπλων και
- Ι την τηλεπικοινωνιακή πρίζα (ΤΟ) στο μακρινό άκρο του συνδέσμου στη θέση εργασίας.

Ο μόνιμος σύνδεσμος χρησιμοποιείται για να επιβεβαιώσει την απόδοση της μόνιμα

εγκατεστημένης καλωδίωσης. Διαφέρει από το βασικό σύνδεσμο στο ότι δεν περιλαμβάνει τα καλώδια του οργάνου ελέγχου πεδίου.

(Ο ορισμός του μόνιμου συνδέσμου δεν περιλαμβάνει τα καλώδια του οργάνου ελέγχου αλλά περιλαμβάνει τις ζευγαρωμένες ενώσεις των καλωδίων, δηλαδή τις ενώσεις στην πρίζα της μετώπης του κατανεμητή και στην πρίζα στη θέση εργασίας.)

Κατά την πορεία ελέγχου, τα κορδόνια είναι αναγκαία, όμως αυτός ο ορισμός του συνδέσμου απαιτεί το όργανο ελέγχου να διαθέτει τέτοια καλώδια που να μην επηρεάζουν τις μετρήσεις. Αυτό είναι δύσκολο να επιτευχθεί και απαιτεί σύγχρονα ηλεκτρονικά όργανα μέτρησης πεδίου, με κατάλληλο λογισμικό.



Σχήμα 5.2: Μόνιμος σύνδεσμος (ISO).

Το μέγιστο μήκος του μόνιμου συνδέσμου (permanent link) από κατανεμητή (μετώπη) του ορόφου μέχρι και την πρίζα της θέσης εργασίας είναι 90 μέτρα.

Κανάλι ή δίαυλος (TIA, ISO)

Το κανάλι ή δίαυλος (*channel*), όπως περιγράφεται στα πρότυπα TIA 568A και ISO 11801 AM2, περιλαμβάνει:

- ✓ μέχρι 90 μέτρα μόνιμα εγκαταστημένου οριζώντιου καλωδίου,
- ✓ ένα αγωγό σύνδεσης (patch cord) για τη συσκευή (π.χ. υπολογιστή) της θέσης εργασίας,
- ✓ μία πρίζα (ΤΠ) στη θέση εργασίας,
- ✓ ένα προαιρετικό σημείο αλλαγής (ΣΑ), που χρησιμοποιείται συνήθως στο μοντάρισμα επίπλων,
- ✓ μέχρι 2 οριζόντιες διασταυρώσεις (ΟΔ) στον κατανεμητή ορόφου (π.χ. μέχρι 2 πρίζες RJ45 στη μετώπη μεικτονόμησης (patch panel) του κατανεμητή ορόφου),
- ✓ ένα καλώδιο γεφύρωσης μεταξύ των 2 διασταυρώσεων του κατανεμητή και
- ✓ ένα καλώδιο σύνδεσης (patch cord) του hub του κατανεμητή ορόφου με τη μία οριζόντια διασταύρωση (πρίζα) της μετώπης (patch panel) του κατανεμητή ορόφου.

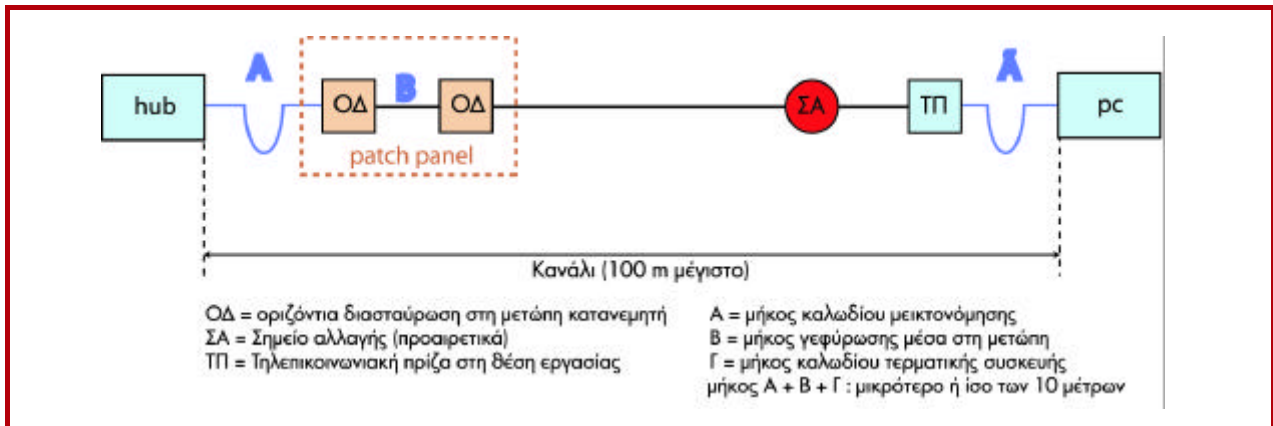
Το κανάλι μπορεί να έχει ένα μέγιστο δύο ενώσεων σε κάθε άκρο και συνολικό μήκος 100 μέτρων.

Με απλά λόγια, το κανάλι περιλαμβάνει οτιδήποτε είναι αναγκαίο για να φέρει δεδομένα από έναν προσωπικό υπολογιστή ενός γραφείου σε ένα hub στον κατανεμητή.

Το κανάλι δεν περιλαμβάνει τη ζευγαρωμένη σύνδεση στο hub ή στον υπολογιστή, στα άκρα του συνδέσμου.

Αυτό σημαίνει ότι το φισ του αγωγού σύνδεσης του χρήστη, που μπαίνει στην τερματική συσκευή, θεωρείται μέρος της τερματικής συσκευής δεδομένων και όχι του συνδέσμου. Ομοίως, και το φισ του κορδονιού που μπαίνει στο hub θεωρείται μέρος του hub και όχι του συνδέσμου. (Αυτό συμβαίνει γιατί οι συνδετήρες (connectors) θεωρούνται ως ταιριασμένα ζευγάρια πριζών και φισ).

Στην πράξη, το κανάλι σπανίως χρησιμοποιείται στην πιστοποίηση συνδέσμου, γιατί τα καλώδια (patch cord) του χρήστη ποτέ δεν είναι διαθέσιμα, όταν η μόνιμη καλωδίωση εγκαθίσταται.



Σχήμα 5.3: Κανάλι (TIA, ISO).

5.2.2 Νέες κατηγορίες και κλάσεις

Η συνεχής αύξηση των απαιτήσεων στην επικοινωνία δεδομένων και η ταυτόχρονη βελτίωση της ποιότητας των μέσων μετάδοσης και των εξαρτημάτων τους απαιτούν τη θέσπιση ολοένα και περισσότερο εξελιγμένων προτύπων από τους εθνικούς και διεθνείς οργανισμούς τυποποίησης.

Έτσι, μέσα από τις συχνές αναθεωρήσεις και τροποποιήσεις στα πρότυπα και στα δημοσιευμένα σχέδια (draft) των οργανισμών τυποποίησης, παρατηρούμε επέκταση των κατηγοριών της TIA (πέρα από την κατηγορία 5) και των κλάσεων του ISO (πέρα από την κλάση D).

Η TIA, με το πρότυπο 568B.1-2001 (το οποίο αναβάθμισε και αντικατέστησε αρκετά πρότυπα μεταξύ των οποίων και τα TSB67, TSB72, TSB75, TSB95, TIA568A addendum's (προσθήκες) 1,2,3,4,5), θέσπισε την **κατηγορία 5E** (Enhanced= εμπλουτισμένη), που ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις ενός δικτύου Gigabit Ethernet 1000 BASE-T.

Η κατηγορία καλωδίωσης 5E αποτελεί ήδη την ελάχιστη απαίτηση για ένα σύγχρονο τοπικό δίκτυο υπολογιστών.

Τα καλώδια της **κατηγορίας 5E** έχουν τα ίδια φυσικά χαρακτηριστικά (αριθμό ζευγών, διάμετρο αγωγών, βάρος, μονώσεις, θερμοκρασία λειτουργίας, μέγιστες τάσεις εγκατάστασης, ελάχιστα λυγίσματα) με τα καλώδια της κατηγορίας 5.

Δίνεται όμως μεγαλύτερη φροντίδα στη σχεδίαση και κατασκευή των καλωδίων, ώστε να ταιριάζουν περισσότερο με τα διάφορα εξαρτήματα (συνδετήρες, patch cords κ.λπ.), με σκοπό τη βελτίωση της σύνθετης αντίστασης και ισορροπίας της καλωδίωσης. Για την κατηγορία αυτή, οι κατασκευαστές καλωδίων δίνουν συχνά εγγύηση μέχρι και 10 χρόνια.

Το πρότυπο **ISO/IEC 11801- 2η έκδοση**, το οποίο θα αντικαταστήσει το παλιό και αναμένεται να εκδοθεί μέσα στο 2002, περιλαμβάνει την κλάση E και την κλάση F, οι οποίες ανταποκρίνονται σε ακόμη μεγαλύτερες απαιτήσεις στην τηλεπικοινωνία δεδομένων.

Παράλληλα, και η **ΤΙΑ** ετοιμάζει το πρότυπο **568B.2**, που θεσπίζει τις **κατηγορίες 6 και 7**, που αντιστοιχούν στις **κλάσεις E και F** του ISO.

Το εύρος της ζώνης συχνοτήτων για την κλάση E / κατηγορία 6 φθάνει στα 200 MHz, ενώ για την κλάση F / κατηγορία 7 φθάνει στα 600 MHz.

Στο παράρτημα του βιβλίου παρατίθενται οι απαιτούμενοι έλεγχοι και τα αντίστοιχα όρια που θέτουν οι κατηγορίες 5E και 6 και οι κλάσεις D (τροποποίηση της παλιάς), E και F.

Οι κατηγορίες της ΤΙΑ αναφέρονται στις μέγιστες ή ελάχιστες τιμές των ελέγχων ποιότητας πάνω στους μόνιμους συνδέσμους, στα κανάλια, στα καλώδια και τους συνδετήρες (connectors).

Οι κλάσεις του ISO αναφέρονται στις μέγιστες ή ελάχιστες τιμές των ελέγχων ποιότητας πάνω στους μόνιμους συνδέσμους και στα κανάλια.