

Κεφάλαιο 3ο

ΜΕΣΑ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

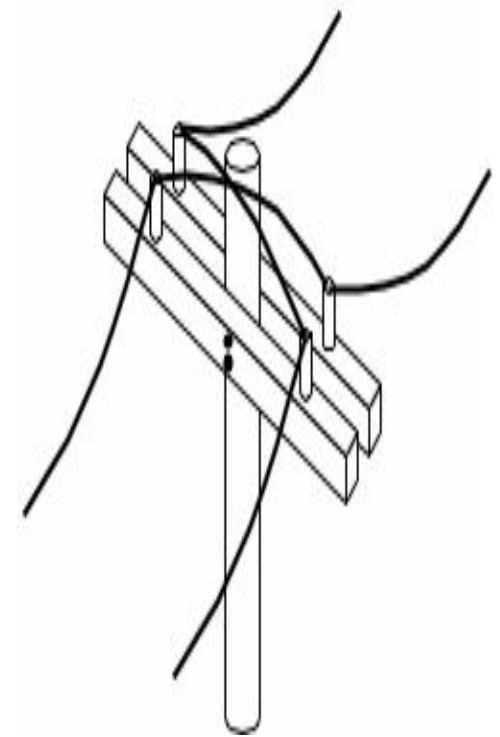
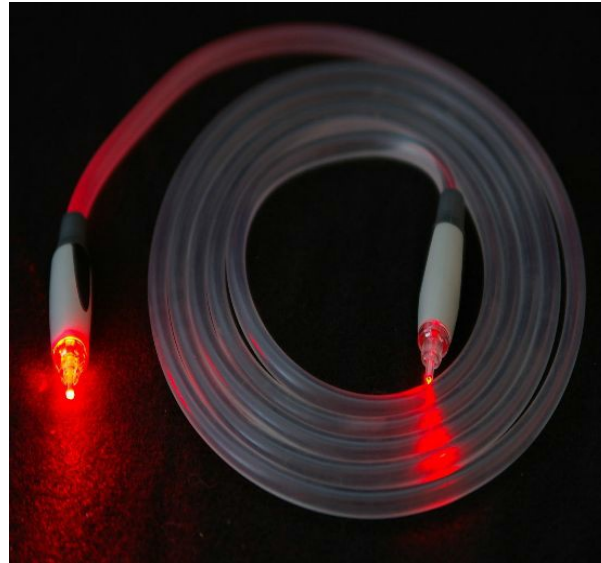
- | Μέσα μετάδοσης
- | 3.1 Χάλκινα καλώδια.
 - | 3.1.1 Διαφωνία – Θόρυβος
 - | 3.1.2 Εύρος ζώνης – εξασθένιση
- | 3.2 Ομοαξονικά καλώδια.
- | 3.3 Ασύρματες ζεύξεις.
- | 3.4 Οπτικές ίνες.
 - | 3.4.1 Εισαγωγή.
 - | 3.4.2 Η διάδοση του φωτός.
 - | 3.4.3 Η δομή της οπτικής ίνας και η μετάδοση του φωτός.
- | 3.5 Διηπειρωτικές μεταδόσεις.
 - | 3.5.1 Υποβρύχιες διηπειρωτικές ζεύξεις.
 - | 3.5.2 Δορυφορικές ζεύξεις.

Μέσα μετάδοσης

- | Το μέσο μετάδοσης είναι απαραίτητο συστατικό οποιουδήποτε τηλεπικοινωνιακού συστήματος.
- | Το μέσο μετάδοσης σε κάθε τηλεπικοινωνιακό σύστημα αποτελεί το φυσικό δρόμο, ή το κανάλι μέσα από το οποίο περνούν τα σήματα, τα μηνύματα και οι πληροφορίες, οι οποίες μεταβιβάζονται από τον πομπό στον δέκτη.
- | Ένας γενικός διαχωρισμός των μέσων αυτών είναι :
 - | Ενσύρματα μέσα.
 - | Ασύρματα μέσα.

Μέσα μετάδοσης

- I **Ως ασύρματο μέσο** εννοείται ο αέρας, το κενό, το νερό, κ.λ.π. μέσα στα οποία μπορούν να διαδοθούν τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα ή διάφορα φωτεινά σήματα που μεταφέρουν την χρήσιμη πληροφορία.
- I **Στα ενσύρματα μέσα** ανήκει μία ποικιλία από υλικά τα οποία χρησιμοποιούνται μέχρι και σήμερα το κάθε ένα για τις ιδιαίτερες ιδιότητές του (πλεονεκτήματα – μειονεκτήματα).



Μέσα μετάδοσης

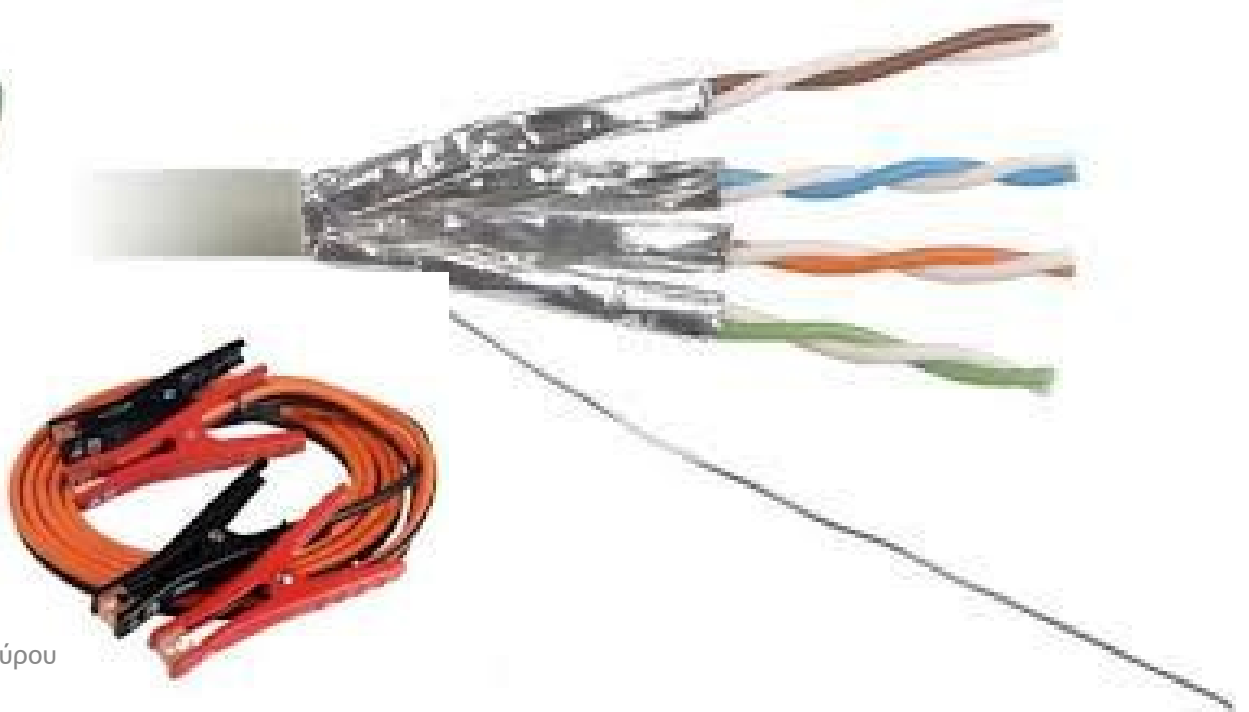
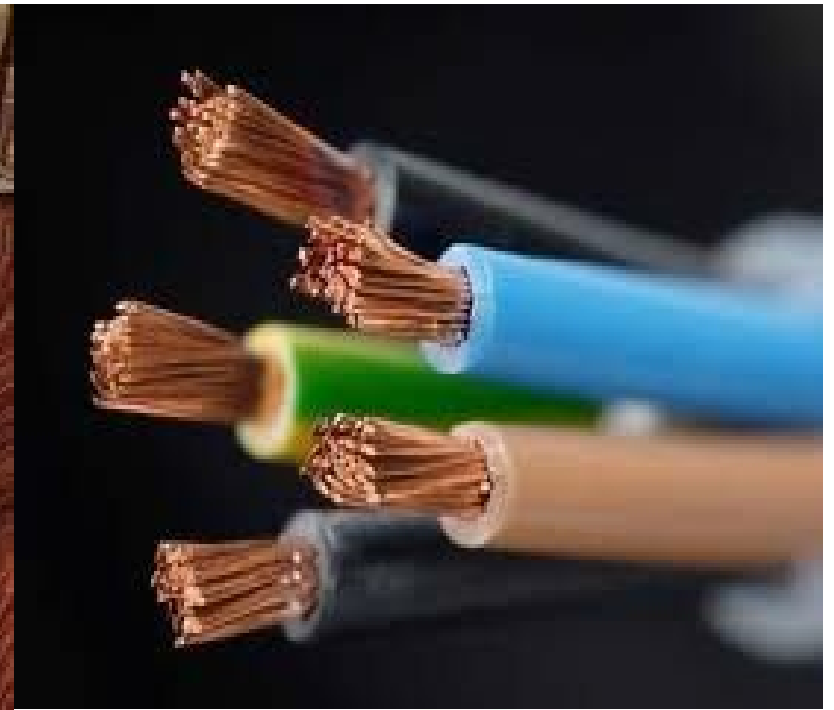
- ▶ Τα σπουδαιότερα ενσύρματα μέσα διάδοσης που συναντώνται σήμερα σε διάφορες εφαρμογές είναι τα :
- ▶ Καλώδια με ζεύγη χάλκινων καλωδίων.
- ▶ Ομοαξονικά καλώδια.
- ▶ Οπτικές ίνες.

3.1 Χάλκινα καλώδια

- Π ρ ό κ ε ι τ α ι για το απλούστερο και φτηνότερο μέσο που μπορεί να χρησιμοποιήσει κανείς για την τηλεπικοινωνιακή ζεύξη δύο σημείων.
- Η χρήση του στηρίζεται στην εκμετάλλευση της μικρής ωμικής αντίστασης του χαλκού.
- Χρησιμοποιούνται στη μετάδοση :
 - Τάσεως και ρεύματος τροφοδοσίας.
 - Ποικίλων αναλογικών σημάτων.
 - Αλλά και ψηφιακών.

3.1 Χάλκινα καλώδια

- Προκειμένου να επιτευχθεί η ζεύξη, χρησιμοποιούνται συνήθως δύο συρμάτινοι αγωγοί μονωμένοι μεταξύ τους, σχηματίζοντας έτσι ένα χάλκινο ζεύγος ή δισύρματο καλώδιο.
- Είναι ιδανικό για χρήση σε ζεύξεις μικρών αποστάσεων (εκατοντάδων - χιλιάδων μέτρων).



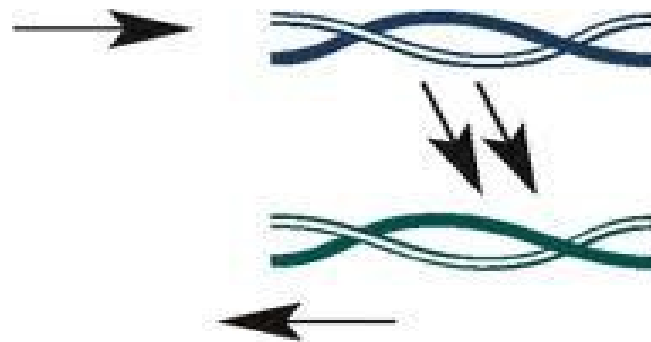
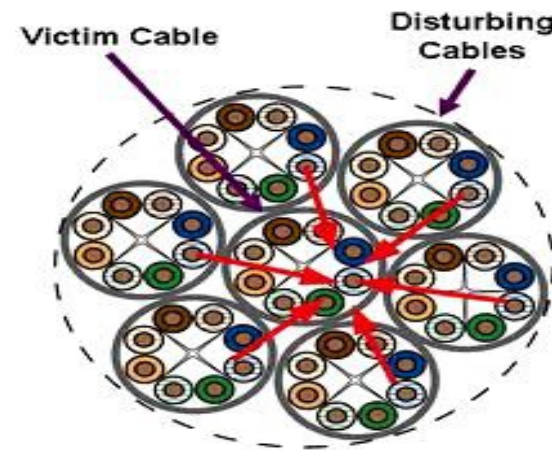
3.1.1 Διαφωνία - Θόρυβος

- | Σε ένα καλώδιο συνήθως τοποθετούνται πολλά χάλκινα ζεύγη.
- | Τα σύρματα του κάθε ζεύγους, λόγω του σχήματος τους (δύο παράλληλοι αγωγοί), συμπεριφέρονται σαν κεραίες.



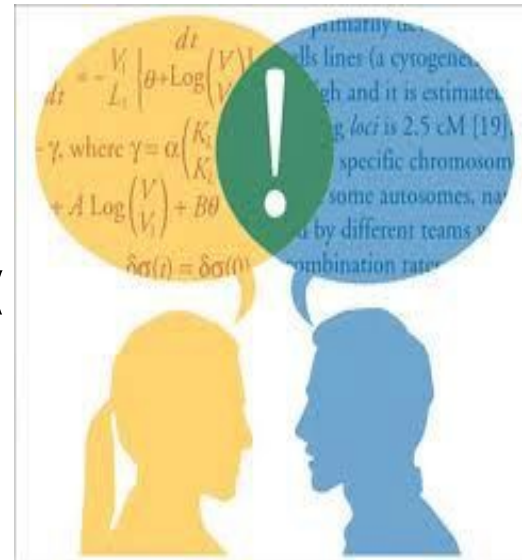
3.1.1 Διαφωνία - Θόρυβος

- | Ένα μέρος από την ηλεκτρική ενέργεια που οδεύει σε ένα ζεύγος ακτινοβολείται και επηρεάζει τα γειτονικά ζεύγη.
- | Ταυτόχρονα κάθε ζεύγος λαμβάνει τα σήματα από τα γειτονικά του ζεύγη.



3.1.1 Διαφωνία - Θόρυβος

Το φαινόμενο αυτό
ονομάζεται **διαφωνία**
(crosstalk).



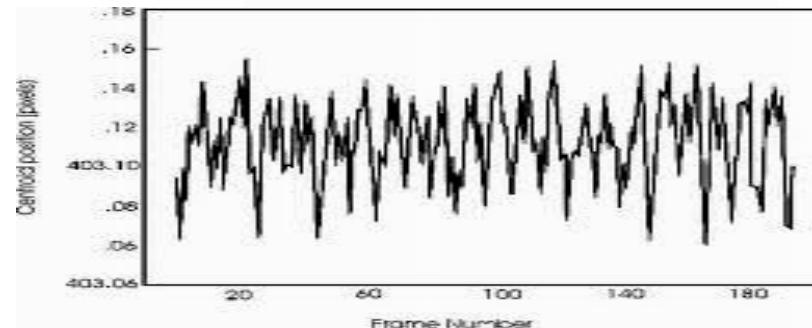
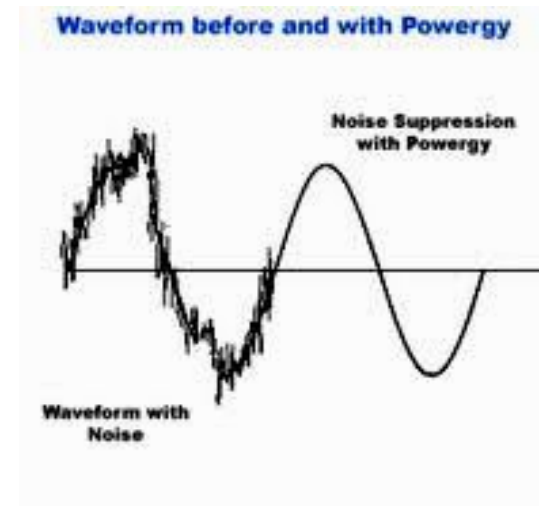
3.1.1 Διαφωνία - Θόρυβος

- ▶ Τα χάλκινα καλώδια λαμβάνουν και άλλα ανεπιθύμητα σήματα από το περιβάλλον όπως :
 - ▶ Από ακτινοβολία άλλων μέσων μετάδοσης.
 - ▶ Από κεραίες εκπομπής.
 - ▶ Από οικιακές συσκευές.
 - ▶ Και από άλλες γειτονικές πηγές.

3.1.1 Διαφωνία - Θόρυβος

Τα ανεπιθύμητα αυτά σήματα δημιουργούν ένα ρεύμα το οποίο ονομάζεται

ηλεκτρονικός θόρυβος.

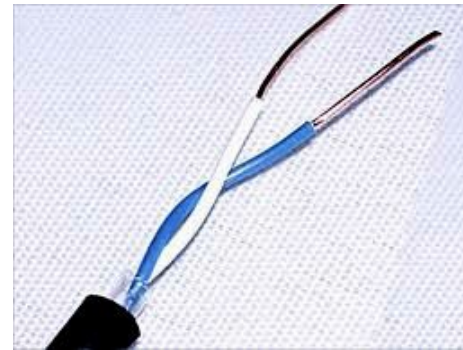


3.1.1 Διαφωνία - Θόρυβος

- | Όσο αυξάνει το μήκος του αγωγού τόσο περισσότερος θόρυβος συλλέγεται από το περιβάλλον.
- | Τα καλώδια τα οποία δεν έχουν θωράκιση είναι ακατάλληλα για μεγάλες αποστάσεις. Γιατί παρουσιάζουν μεγάλη ευαισθησία σε περιβάλλον θορύβου.
- | Η ευαισθησία στο θόρυβο σχετίζεται με την ευκολία με την οποία το μέσο μετάδοσης επηρεάζεται από εξωτερικά ανεπιθύμητα σήματα.

3.1.1 Διαφωνία - Θόρυβος

- I Προκειμένου να αντιμετωπιστούν τα παραπάνω προβλήματα ως ένα σημείο, χρησιμοποιούνται τα **συνεστραμμένα δισύρματα ζεύγη**. (twisted pair cables).
- I Ο βασικός λόγος της συστροφής είναι ο περιορισμός του θορύβου και της διαφωνίας.



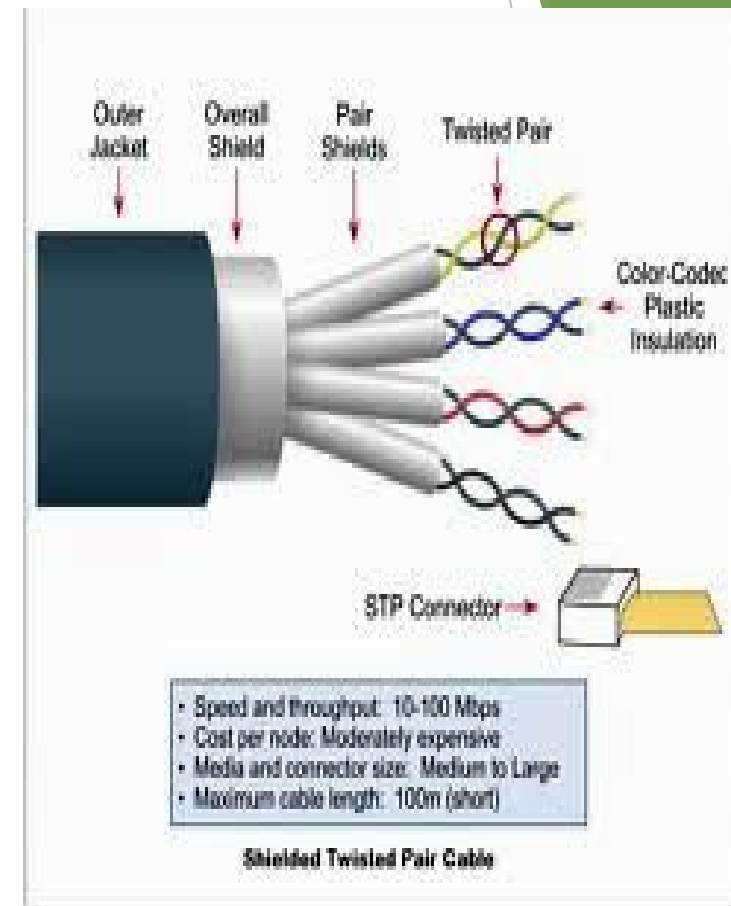
3.1.1 Διαφωνία - Θόρυβος

- | Για να αυξηθεί και άλλο η ανοχή των καλωδίων στο θόρυβο, τα μονώνουμε με εξωτερικό αγωγίμο προστατευτικό περίβλημα.
- | Τα καλώδια αυτά ονομάζονται **θωρακισμένα** (shielded).



3.1.1 Διαφωνία - Θόρυβος

- I Για να μειωθεί περισσότερο το φαινόμενο της διαφωνίας μπορεί και τα ζεύγη μεταξύ τους να είναι θωρακισμένα.
- I Επίσης χρησιμοποιείται και διαφορετικό βήμα συνέλιξης σε κάθε ζεύγος.



3.1.1 Διαφωνία - Θόρυβος

- Το περίβλημα, ανάλογα με τη χρήση του καλωδίου, χρησιμοποιείται πολλές φορές και για προστασία από μηχανικές, περιβαλλοντικές, χημικές και άλλες καταπονήσεις (π.χ υπόγεια καλώδια).
- Κατασκευάζεται από μέταλλο ή ειδικό πλαστικό.
- Αν η μηχανικές καταπονήσεις είναι μεγάλες τότε χρησιμοποιείται προστατευτικό υλικό από χάλυβα.

3.1.2 Εύρος ζώνης - Εξασθένιση

- ▶ Τα δισύρματα (ζεύγος) χάλκινα καλώδια μπορούν να μεταδώσουν σήματα με συχνότητα μερικών εκατοντάδων MHz.
- ▶ Σήματα με μεγαλύτερη από την μέγιστη συχνότητα μετάδοσης είναι πρακτικά αδύνατον να μεταδοθούν.
- ▶ Η ακριβής τιμή της μέγιστης συχνότητας, η οποία μπορεί να μεταδοθεί εξαρτάται από τις διαστάσεις των αγωγών και την κατασκευή τους και **ονομάζεται εύρος ζώνης**.
- ▶ Το εύρος ζώνης μεγαλώνει όσο μεγαλώνει και η **διάμετρος** του κάθε χάλκινου αγωγού.

3.1.1 Διαφωνία - Θόρυβος

- Α ν ά λ ο γ α με τη μέγιστη συχνότητα μετάδοσης τα χάλκινα καλώδια συνεστραμμένων ζευγών **χωρίζονται σε κατηγορίες**.
- Η πιο συνηθισμένη είναι η κατηγορία 5 CAT-5 η οποία χρησιμοποιείται ευρύτατα στα δίκτυα Η/Υ.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
3	μέγιστη συχνότητα 16MHz,
4	μέγιστη συχνότητα 20MHz
5	μέγιστη συχνότητα 100MHz
6	μέγιστη συχνότητα 250MHz
7	μέγιστη συχνότητα 600MHz
Προδιαγραφές καλωδίων σύμφωνα με το ISO/IEC 11801 και ANSI/TIA/EIA-568	

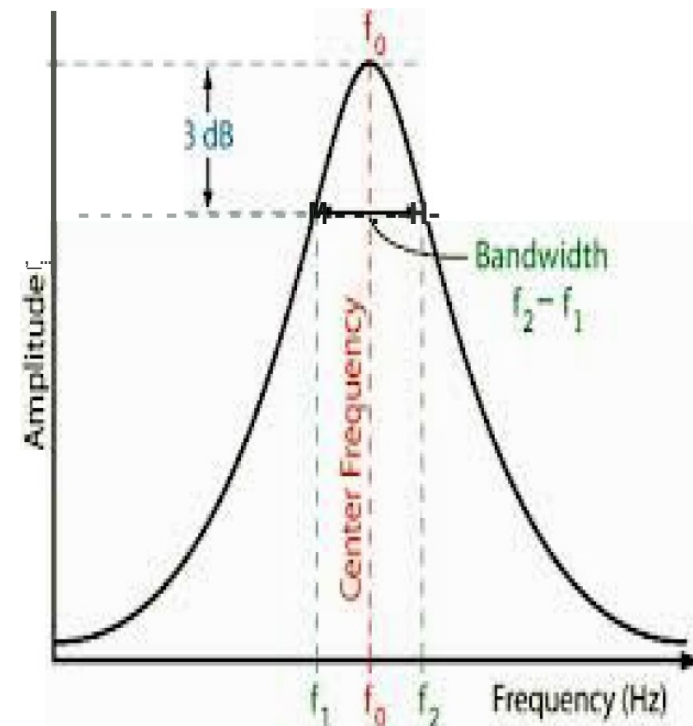
3.1.2 Εύρος ζώνης - Εξασθένιση

- Ένα άλλο μεγάλο πρόβλημα είναι η μεγάλη εξασθένιση του μεταδιδόμενου σήματος σε σχέση με την απόσταση.
- Η εξασθένιση δείχνει πόσο μειώνεται η στάθμη της ισχύος σε ένα σήμα.
- Μετράται σε db ανά μονάδα μήκους (db/m, db/Km).

3.1.2 Εύρος ζώνης - Εξασθένιση

- Η εξασθένιση είναι **ιδιαίτερα σημαντική** σε σήματα που περιέχουν **υψηλές συχνότητες** όπως τα ψηφιακά.
- Π.χ. στην συχνότητα του 1MHz έχουμε εξασθένιση περίπου 20db/Km ενώ στην συχνότητα των 100MHz έχουμε περίπου 230db/Km.
- Άρα τα χάλκινα καλώδια χρησιμοποιούνται κυρίως :
 - Για την μεταφορά αναλογικών σημάτων.
 - Για την μεταφορά ψηφιακών σημάτων σε μικρές αποστάσεις.

An.OAEIEI: (dB)	IXYI: nov XANETAI %	IXYI: nov nAPAMENEI %
0,1	2,3	97,7
0,2	4,5	95,5
0,3	6,7	93,3
0,4	8,8	91,2
0,5	10,9	89,1
0,6	12,9	87,1
0,7	14,9	85,1
0,8	16,8	83,2
0,9	18,7	81,3
1	20,6	79,4
2	36,9	63,1
3	49,9	50,1
4	60,2	39,8
5	68,4	31,6
6	74,9	25,1
7	80	20
8	84,2	15,8
9	87,4	12,6
10	90	10
20	99	1
30	99,9	0,1



Εύρος Ζώνης (Band-Width)

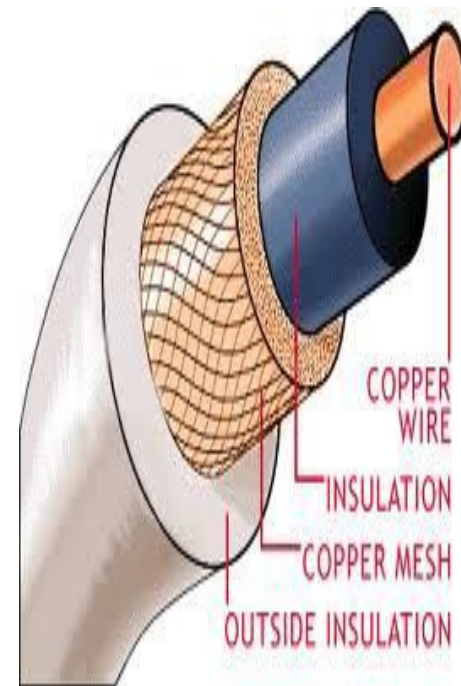
- ▶ | Ονομάζεται το φάσμα των συχνοτήτων που μπορούν να διαδοθούν ανεμπόδιστα μέσα από το φυσικό μέσο
- ▶ | Η έννοια αυτή είναι ιδιαίτερα σημαντική καθώς ο **ρυθμός μετάδοσης ψηφιακών δεδομένων** είναι **ανάλογος με το**
- ▶ **εύρος ζώνης.**
- ▶ | [Bandwidth \(computing\) From Wikipedia](#)

3.2 Ομοαξονικά καλώδια

- | Ένα άλλο φυσικό μέσο μετάδοσης που χρησιμοποιείται σε αρκετές εφαρμογές όπως π.χ. τηλεόραση είναι το ομοαξονικό καλώδιο.
- | Λόγω της κατασκευής του παρουσιάζει καλύτερη συμπεριφορά στα εξής :
 - | Ε π ι τ ρ έ π ε ι τη μετάδοση αναλογικών σημάτων με μεγάλο εύρος ζώνης τυπικά 500MHz.
 - | Επιτρέπει την μετάδοση ψηφιακών σημάτων με υψηλό ρυθμό μετάδοσης 10 Gbps.
 - | Έχει μικρότερη εξασθένηση και επομένως μπορεί να μεταδώσει ένα σήμα σε μεγάλη απόσταση.
 - | Παρουσιάζει μεγαλύτερη αναισθησία στον θόρυβο.
 - | Ε ί ν α ι ασφαλές.

3.2 Ομοαξονικά καλώδια

- I Το ομοαξονικό καλώδιο σχηματίζεται από δύο αγωγούς με κυλινδρικό σχήμα.
- I Ο εσωτερικός είναι μέσα στον εξωτερικό κατά τέτοιο τρόπο, ώστε ο δεύτερος να περιβάλλει πλήρως τον πρώτο.
- I Α κ ρ ι β ώ ς επειδή οι δύο αγωγοί έχουν κοινό άξονα, ονομάζονται ομοαξονικά.



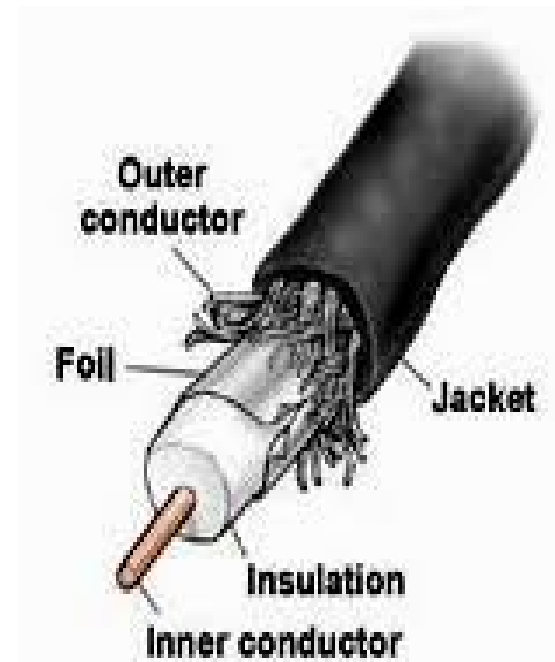
3.2 Ομοαξονικά καλώδια

- Ο Γ δύο αγωγοί διαχωρίζονται πλήρως μεταξύ τους με τη χρήση ενός μονωτικού υλικού, το οποίο από τη μία αποτρέπει την αγωγή επαφή μεταξύ τους και από την άλλη επιτρέπει τη διάδοση του σήματος.
- Τα μονωτικά αυτά υλικά ονομάζονται **διηλεκτρικά**.



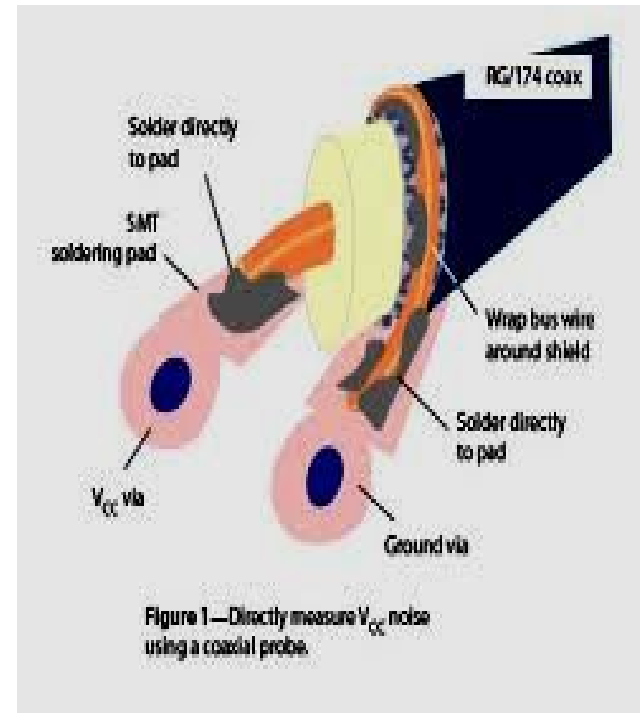
3.2 Ομοαξονικά καλώδια

- | Ε ξ ω τ ε ρ ι κ ά τ ο καλώδιο περιβάλλεται από ειδικό μονωτικό και προστατευτικό περίβλημα.
- | Η μετάδοση του σήματος γίνεται μέσω ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων.
- | Διαδίδονται στο διηλεκτρικό υλικό με συνεχείς ανακλάσεις μεταξύ των δύο αγωγών του καλωδίου.



3.2 Ομοαξονικά καλώδια

- Ο εξωτερικός αγωγός του καλωδίου κατά τη σύνδεση του στις διάφορες συσκευές συνήθως γειώνεται και τότε ονομάζεται εξωτερικός αγωγός γης.
- Λόγω αυτής της κατασκευής του επιδέχεται ελάχιστο θόρυβο και εξωτερικές παρεμβολές.



3.2 Ομοαξονικά καλώδια

- Αν κάποια εφαρμογή απαιτεί ζεύξεις μεγάλων αποστάσεων, είναι απαραίτητη η χρήση ενισχυτών – αναμεταδοτών κατά τακτά διαστήματα.
- Ένα μειονέκτημα είναι ότι λόγω της κατασκευής τους είναι αρκετά άκαμπτα και απαιτούν επίσης ειδικούς συνδετήρες (connectors) για να συνδεθούν με τις διάφορες τερματικές συσκευές.

Ασφάλεια

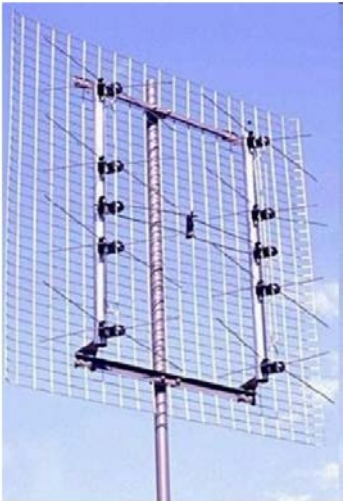
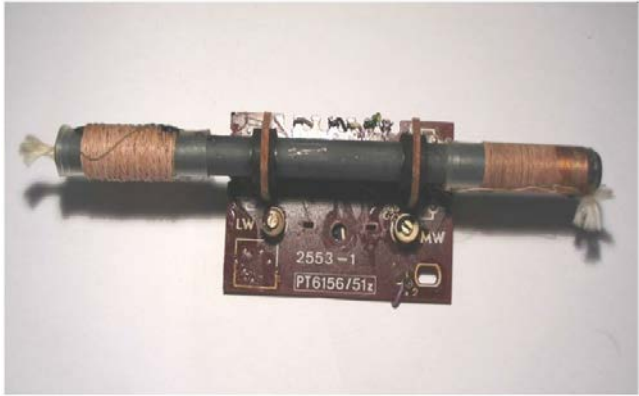
- I Η ασφάλεια του μέσου αναφέρεται στο πόσο ασφαλές είναι το μέσο σε εξωτερικές παρεμβάσεις που σκοπό έχουν την παρεμβολή, την μεταβολή ή και την υποκλοπή του μεταδιδόμενου σήματος.

3.3 Ασύρματες ζεύξεις

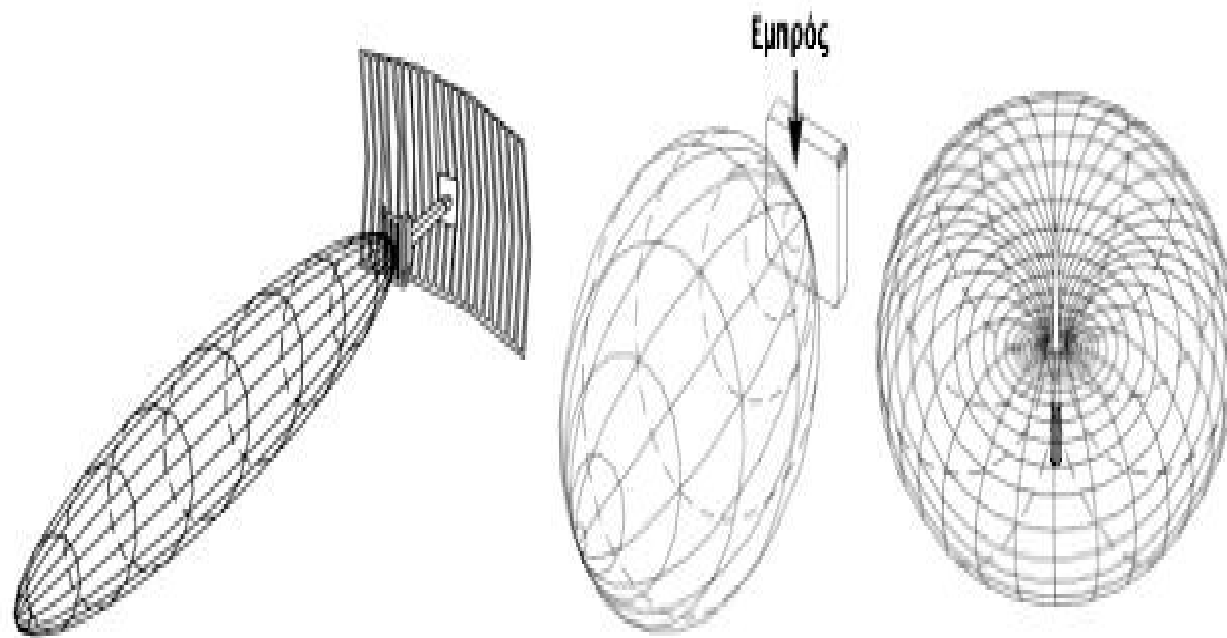
- I Μία από τις σημαντικότερες ζεύξεις, με πολλαπλές εφαρμογές, είναι η ασύρματη μετάδοση.
- I Ασύρματη ονομάζεται η ζεύξη που είναι ανεξάρτητη από υλικά μέσα (όπως τα καλώδια) και χρησιμοποιεί ως μέσο διάδοσης τον αέρα ή το κενό.
- I **Η ασύρματη μετάδοση** στηρίζεται στην διάδοση σημάτων στην ατμόσφαιρα μέσω της χρήσης κατάλληλων κεραιών.
- I **Η κεραία** είναι ένα σύστημα κατάλληλου σχήματος, το οποίο επιτρέπει στην ενέργεια να περάσει από το ενσύρματο μέσο μεταφοράς (καλώδιο) στον ελεύθερο χώρο (ασύρματο μέσο), με όσο το δυνατόν καλύτερη απόδοση.

3.3 Ασύρματες ζεύξεις

- | Οι κεραίες εκπομπής τροφοδοτούνται με εναλλασσόμενο ρεύμα από τον πομπό και ακτινοβολούν στον χώρο ηλεκτρομαγνητικά κύματα.
- | Οι κεραίες λήψεως λαμβάνουν τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα από το χώρο και τα μετατρέπουν σε ηλεκτρικά σήματα.
- | Οι βασικές ιδιότητες που καθορίζουν τη λειτουργία μίας κεραίας είναι το σχήμα της, η συχνότητα στην οποία λειτουργεί, και το σημείο στο οποίο τροφοδοτείται από τον πομπό.
- | Το σχήμα της καθορίζει και την κατευθυντικότητα της.
- | Κατευθυντικότητα = η κατεύθυνση στην οποία θα ακτινοβολούνται τα κύματα, αν είναι κεραία εκπομπής, ή την κατεύθυνση από την οποία θα λαμβάνονται τα κύματα αν είναι κεραία λήψης.



1ο Εσπερινό ΕΠΑ.Λ. Ταύρου



Από αριστερά στα δεξιά. Κατευθυντική, Ημι-κατευθυντική, Παγκτευθυντική

3.3 Ασύρματες ζεύξεις

- | Στα **πλεονεκτήματα** της ασύρματης ζεύξης περιλαμβάνεται η **ανεξαρτησία της από υλικά μέσα**.
- | Στα **μειονεκτήματα** περιλαμβάνονται η **μεγάλη ισχύς** που απαιτείται, προκειμένου τα σήματα να διαδοθούν σε μεγάλες αποστάσεις. Λόγω της μεγάλης εξασθένησης που παρουσιάζουν κατά την διάδοση τους στην ατμόσφαιρα.
- | Ένα άλλο μειονέκτημα είναι η **μεγάλη ευαισθησία τους σε παρεμβολές** είτε φυσικές (θόρυβος) είτε τεχνητές.
- | Ά ρ α η **ασφάλεια των μεταδιδόμενων πληροφοριών είναι χαμηλή**, είναι σχετικά εύκολη υπόθεση είτε η παρεμβολή τους είτε η υποκλοπή τους.

3.3 Ασύρματες ζεύξεις

- I Ο **θόρυβος** σε μια ασύρματη τηλεπικοινωνιακή ζεύξη **είναι όλα τα σήματα, φυσικά ή τεχνητά**, που λαμβάνονται, μαζί με το χρήσιμο σήμα, από την κεραία του δέκτη.
- I Όταν ο **θόρυβος** αυτός φτάσει να γίνει **τόσο μεγάλος όσο και το σήμα**, τότε είναι **αδύνατο** για το δέκτη να αναγνωρίσει τη **χρήσιμη πληροφορία** που μεταφέρει το σήμα.
- I Προκειμένου να μεταδοθεί η οποιαδήποτε **πληροφορία** απαιτείται η χρήση ενός αναλογικού σήματος που ονομάζεται **φορέας ή φέρον κύμα**.

3.3 Ασύρματες ζεύξεις

- | Ανάλογα με την περιοχή συχνοτήτων στην οποία ανήκει η συχνότητα του φέροντος σήματος, χαρακτηρίζεται από μια σειρά ιδιοτήτων, όπως :
 - | Η απόσταση μετάδοσης.
 - | Το εύρος ζώνης.
 - | Και η κατευθυντικότητα.

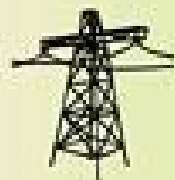
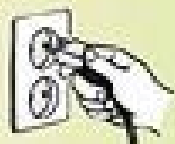
3.3 Ασύρματες ζεύξεις

- I Σήμερα ασύρματες ζεύξεις χρησιμοποιούνται σε διάφορες περιοχές συχνοτήτων ανάλογα με τις απαιτήσεις της κάθε εφαρμογής.
- I Προκειμένου να τυποποιηθούν οι διάφορες περιοχές συχνοτήτων και οι εφαρμογές για τις οποίες μπορεί να χρησιμοποιηθεί η κάθε περιοχή, το σύνολο των συχνοτήτων ή αλλιώς το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα έχει χωριστεί από τους διεθνείς οργανισμούς σε συγκεκριμένες περιοχές.

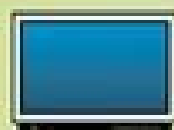
Μη Ιονίζουσα Ακτινοβολία

Ιονίζουσα Ακτινοβολία

Πεδία
Χαμηλών
Συχνοτήτων



Ραδιοκύματα



Φως



Υπέρυθρες



Υπεριώδεις



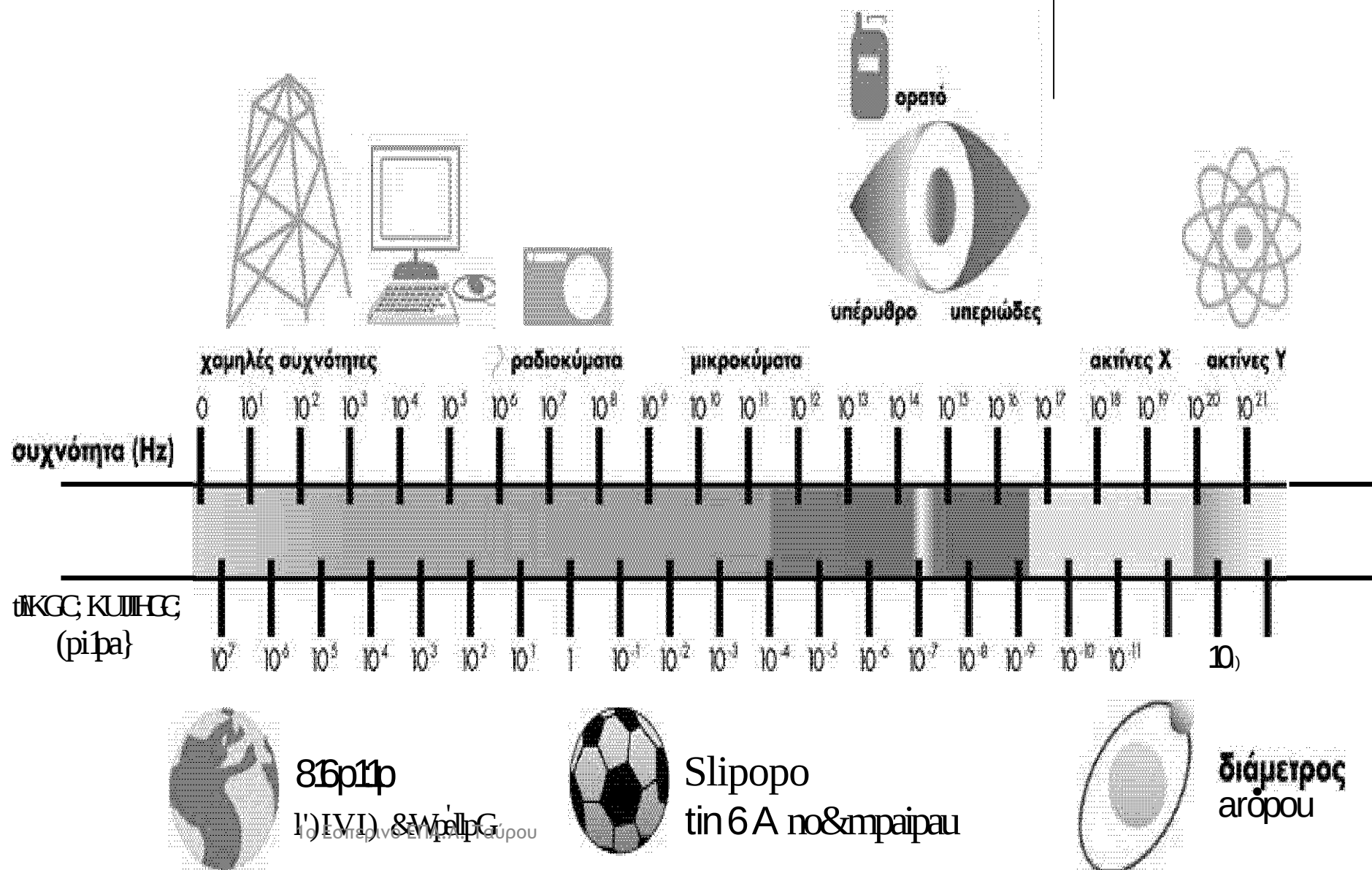
Ακτίνες χ και γ



Συχνότητα σε hertz (Hz)

0 10^2 10^4 10^6 10^8 10^{10} 10^{12} 10^{14} 10^{16} 10^{18} 10^{20} 10^{22}

μή ιονίζουσες ακτινοβολίες | ιονίζουσες ακτινοβολίες



3.3 Ασύρματες ζεύξεις

- | Η επιλογή της κατάλληλης συχνότητας εξαρτάται κάθε φορά από τις απαιτήσεις της συγκεκριμένης ζεύξης – εφαρμογής.
- | Π.Χ. η χρήση Υ/Σ HF :
 - | Διάδοση σε μεγάλες αποστάσεις.
 - | Μικρή ποσότητα πληροφορίας.
 - | Διάδοση μη κατευθυντική.
 - | Ισχυρά σήματα.

3.3 Ασύρματες ζεύξεις

- | Μια περιοχή συχνοτήτων με ιδιαίτερα μεγάλες εφαρμογές, είναι αυτή των μικροκυματικών συχνοτήτων, η οποία καταλαμβάνει μια περιοχή συχνοτήτων από 1GHz-3THz.
- | Άρχισαν να χρησιμοποιούνται από την δεκαετία του 40' σαν επέκταση των ραδιοφωνικών συχνοτήτων και αναπτύχθηκαν με την εξέλιξη των συστημάτων ραντάρ.

3.3 Ασύρματες ζεύξεις

- | Η μετάδοση σ' αυτήν την περιοχή παρουσιάζει μεγάλα **πλεονεκτήματα** :
 - | **Μεγάλο εύρος ζώνης.**
 - | **Υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων.**
 - | **Μεγάλη κατευθυντικότητα** (όσο μεγαλώνει η συχνότητα).
 - | **Ασφαλέστερες** έναντι των κοινών ασύρματων ζεύξεων, (θα πρέπει κάποιος να βρεθεί στην ευθεία που ενώνει το πομπό με τον δέκτη).

3.3 Ασύρματες ζεύξεις

- | Η Στα **μειονεκτήματα** θα πρέπει να συμπεριλάβουμε :
 - | Την **ευαισθησία** τους στα άσχημα καιρικά φαινόμενα.
 - | Απαιτείται **οπτική επαφή** μεταξύ πομπού και δέκτη.
 - | Γ ι α μεγαλύτερες αποστάσεις απαιτείται η χρήση **αναμεταδοτών**.

3.3 Ασύρματες ζεύξεις

- Για ακόμη **μεγαλύτερους ρυθμούς μετάδοσης** καθώς και **μεγαλύτερη κατευθυντικότητα (και ασφάλεια)** μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα **υπέρυθρα κύματα** καθώς και τα **laser**.
- Αυτές οι ζεύξεις χρησιμοποιούνται σε μικρές αποστάσεις λόγω μεγάλης εξασθένησης που παρουσιάζουν αυτές οι συχνότητες στην ατμόσφαιρα.
- Οι οπτικές ίνες μπορούν να οδηγήσουν το φως από τις πηγές laser σε πολύ μεγάλες αποστάσεις.

3.3 Ασύρματες ζεύξεις

- | Οι περιοχές του φάσματος στις οποίες εκπέμπουν είναι :
 - | Η υπέρυθρη.
 - | Η ορατή.
 - | Και η υπεριώδης.
- | Οι πηγές με τόσο μεγάλη συχνότητα, χαρακτηρίζονται μόνο από το μήκος κύματος (λ) και ονομάζονται φωτεινές πηγές, ή οπτικές πηγές.
- | Η συχνότητα υπολογίζεται από την σχέση :
 $F=c/\lambda$ όπου $c=3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$.
- | Στις πηγές αυτές, η συχνότητα συνήθως αναφέρεται σαν «χρώμα», ενώ η εκπομπή τους, λέγεται και ακτινοβολία ή φωτισμός.

3.3 Ασύρματες ζεύξεις

Κατευθυντικότητα

- Ονομάζεται η ιδιότητα που έχουν ορισμένα μέσα μετάδοσης να κατευθύνουν το διαδιδόμενο κύμα ή σήμα προς μία συγκεκριμένη διεύθυνση.
- Η έλλειψη κατευθυντικότητας σημαίνει την απώλεια σημαντικού μέρους της ισχύος του σήματος μια και αυτό θα διαδίδεται προς όλες τις κατευθύνσεις άσχετα αν ο παραλήπτης βρίσκεται σε μία συγκεκριμένη.

3.4 Οπτικές ίνες

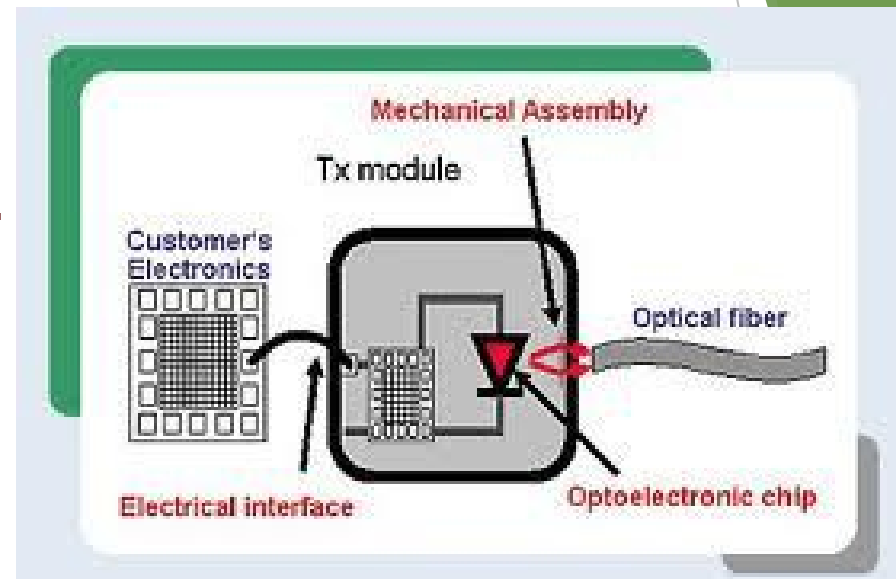
- | Οι οπτικές ίνες (optical fiber) είναι **ίνες γυαλιού**, οι οποίες έχουν την ιδιότητα να εγκλωβίζουν τις φωτεινές ακτίνες (φως) και να τις οδηγούν προς μία κατεύθυνση.
- | Η χρήση τους στηρίζεται **στην ιδέα της χρησιμοποίησης του φωτός ως φορέα της πληροφορίας** αντί για το ρεύμα, το οποίο χρησιμοποιείται στα χάλκινα καλώδια.



3.4 Οπτικές ίνες

Για να επιτευχθεί αυτό, χρησιμοποιείται στον πομπό μια πηγή φωτός ή αλλιώς μια φωτεινή πηγή.

Η πηγή αυτή παράγει ένα φωτεινό σήμα, το οποίο διαμορφώνεται με τις πληροφορίες που πρέπει να μεταδοθούν από τον πομπό προς το δέκτη.



3.4 Οπτικές ίνες

- | Η διαμόρφωσή μπορεί να γίνει αναβοσβήνοντας την πηγή του φωτός με το ρυθμό της πληροφορίας, δηλαδή το ένα (1) να αντιστοιχεί σε φως και το μηδέν (0) σε σκότος.
- | Το φως που παράγουν οι φωτεινές πηγές βρίσκεται στην περιοχή του υπέρυθρου και δεν είναι ορατό από το ανθρώπινο μάτι.

- Στην άλλη πλευρά της οπτικής ίνας (στο δέκτη) υπάρχει ένας ανιχνευτής φωτός. Ο οποίος όταν φωτίζεται, παράγει ένα μικρό ρεύμα.
Έτσι μετατρέπει τα φωτεινά σήματα σε ηλεκτρικά και η πληροφορία μας σε ηλεκτρικά σήματα.



3.4.2 Η διάδοση του φωτός

Η διάδοση του φωτός στις οπτικές ίνες μπορεί να περιγραφεί με την γεωμετρική οπτική.

Στην γεωμετρική οπτική το φως παριστάνεται με ακτίνες οι οποίες κινούνται σε ευθείες γραμμές (όταν το μέσο είναι ομογενές).

Το φως όταν συναντήσει μια επιφάνεια που διαχωρίζει δύο διαφανή μέσα μπορεί είτε να ανακλαστεί είτε να υποστεί διάθλαση.

Π.χ. μια τέτοια διαχωριστική επιφάνεια είναι αυτή μεταξύ του αέρα και του νερού.

3.4.2 Η διάδοση του φωτός

- | Τα παραπάνω μπορούν να γίνουν κατανοητά με το παράδειγμα του μισοβυθισμένου μολυβιού στο νερό.
- | Η γωνία με την οποία αποκλίνει η διαθλώμενη ακτίνα εξαρτάται από την οπτική πυκνότητα του κάθε μέσου.
- | Το μέτρο της οπτικής πυκνότητας ενός μέσου είναι ο δείκτης διάθλασης του.
- | Ο δείκτης διάθλασης ενός μέσου (n) είναι ο λόγος της ταχύτητας του φωτός στο κενό ($c=3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$) προς την ταχύτητα του φωτός στο μέσο.
- | $n=c/u$.

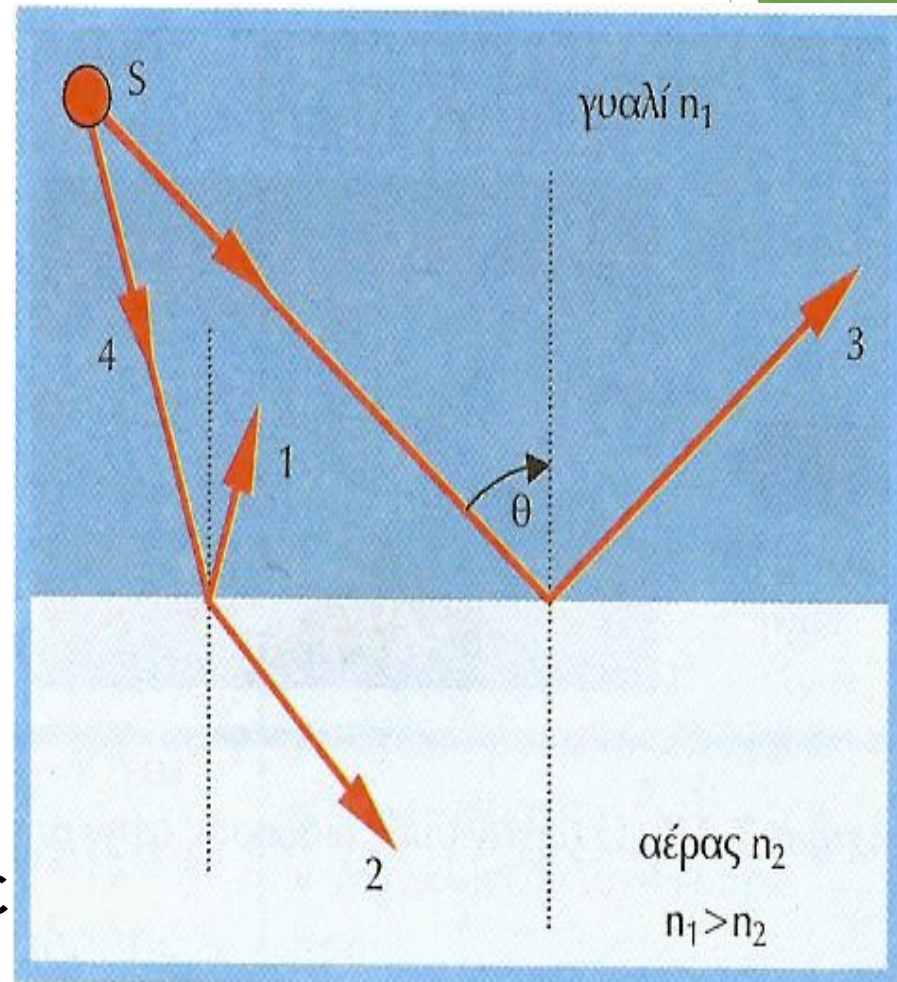
3.4.2 Η διάδοση του φωτός

- | Η ταχύτητα του φωτός σε οποιοδήποτε άλλο μέσο (u) είναι μικρότερη από την ταχύτητα του στο κενό.
- | Άρα ο δείκτης διάθλασης (n) είναι πάντα μεγαλύτερος από την μονάδα.
- | Ο δείκτης διάθλασης του γυαλιού μπορεί να τροποποιηθεί κατά τη διάρκεια κατασκευής του εάν προσθέσουμε διάφορα υλικά.

ΥΛΙΚΟ	ΔΕΙΚΤΗΣ ΔΙΑΘΛΑΣΗΣ
κενό	1,0
αέρας	1,0003
νερό	1,33
γυαλί	1,5
διαμάντι	2,5

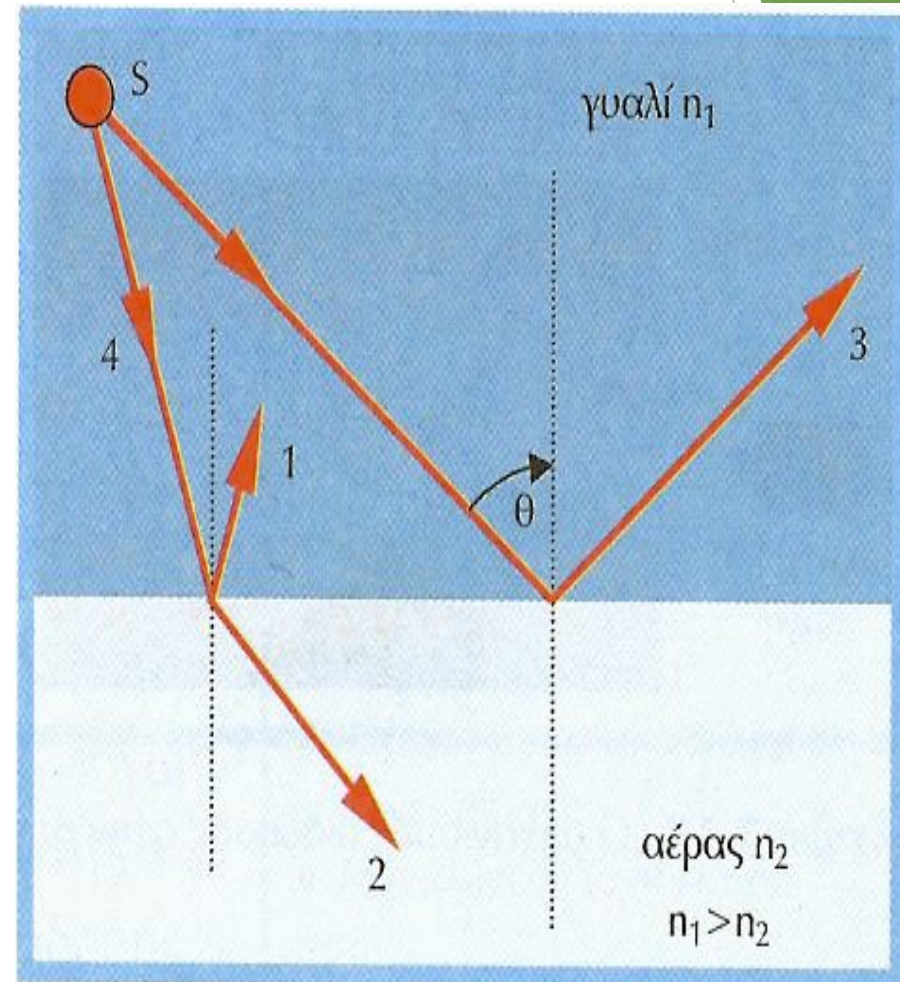
3.4.2 Η διάδοση του φωτός

- I Αν τοποθετήσουμε μια φωτεινή πηγή μέσα σε ένα πυκνό μέσο με μεγάλο δείκτη διάθλασής, όταν οι ακτίνες αυτές συναντήσουν τη διαχωριστική επιφάνεια ενός άλλου μέσου με μικρότερο δείκτη τότε θα έχουμε :



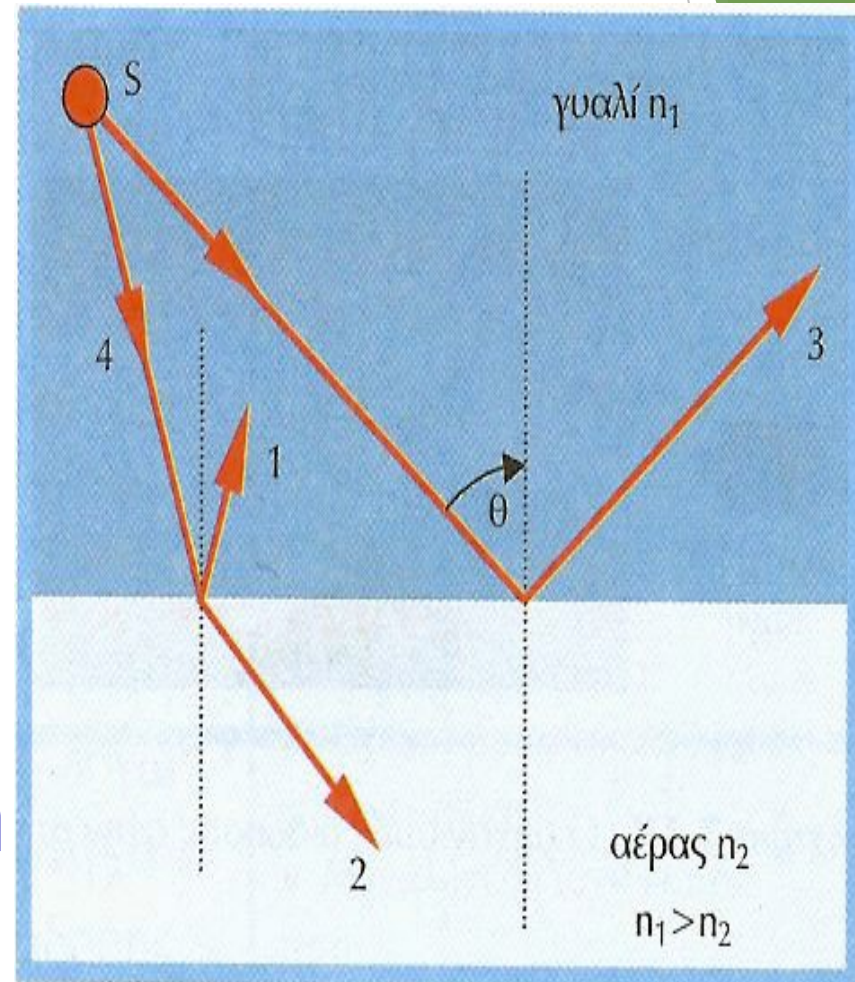
3.4.2 Η διάδοση του φωτός

- Μερικές ακτίνες διαθλώνται και εισέρχονται στο δεύτερο μέσο (ακτίνα 2).
- Μερικές ακτίνες ανακλώνται στο πρώτο μέσο (ακτίνα 3).
- Ένα μέρος από την ακτίνα 4 ανακλάται και παραμένει στο γυαλί (ακτίνα 1).



3.4.2 Η διάδοση του φωτός

- Οι ακτίνες οι οποίες δεν καταφέρνουν να διαπεράσουν την διαχωριστική επιφάνεια (ακτίνα 3) παθαίνουν **ολική εσωτερική ανάκλαση**.
- Η πιο μικρή **γωνία θ** , για την οποία οι ακτίνες δε διαθλώνται, αλλά ανακλώνται και παραμένουν στο αρχικό μέσο, **ονομάζεται οριακή ή κρίσιμη γωνία**.

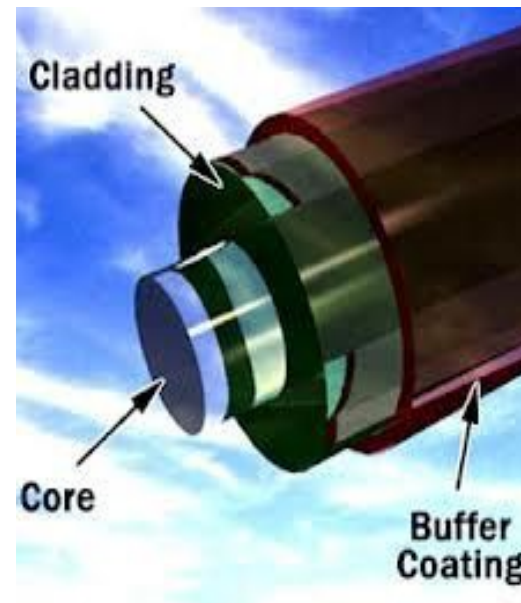


3.4.3 Η δομή της οπτικής ίνας και η μετάδοση του φωτός

- | Ο Ι Ο Π Τ Ι Κ Έ ς ίνες κατασκευάζονται από γυαλί υψηλής καθαρότητας και στην τελική της μορφή μοιάζει πολύ με μία λεπτή διάφανη τρίχα.
- | Στο εσωτερικό της μεταδίδετε το φως, το περίβλημα το οποίο βρίσκεται εξωτερικά εξασφαλίζει ότι το φως θα παραμένει συνεχώς μέσα στην ίνα.

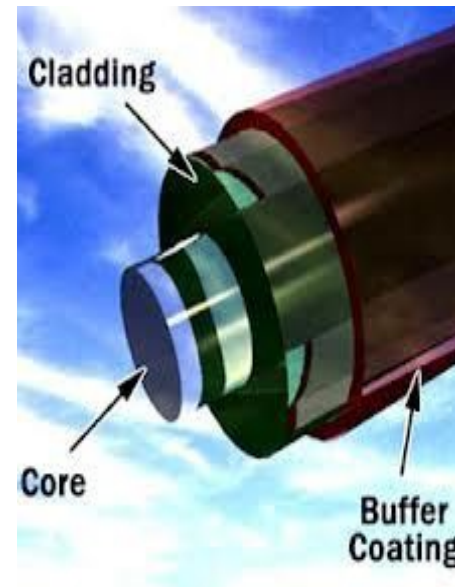
3.4.3 Η δομή της οπτικής ίνας και η μετάδοση του φωτός

- Το κεντρικό μέρος της ίνας ονομάζεται **πυρήνας**.
- Το περίβλημα** έχει μικρότερο δείκτη διάθλασης από τον πυρήνα και τον καλύπτει κυλινδρικά.
- Ο πυρήνας (core) και το περίβλημα (cladding)** μοιάζουν με κυλίνδρους με κοινό άξονα.



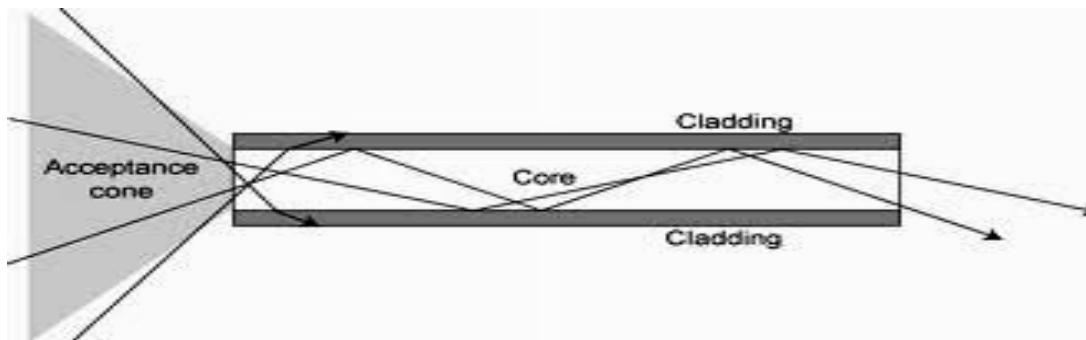
3.4.3 Η δομή της οπτικής ίνας και η μετάδοση του φωτός

- I Για λόγους προστασίας τοποθετείται κατά τη διάρκεια κατασκευής της ίνας, μία επικάλυψη (πρόσθετο προστατευτικό περίβλημα **buffer coating**) από συνθετικό ή πολυμερές υλικό το οποίο αυξάνει την αντοχή της.



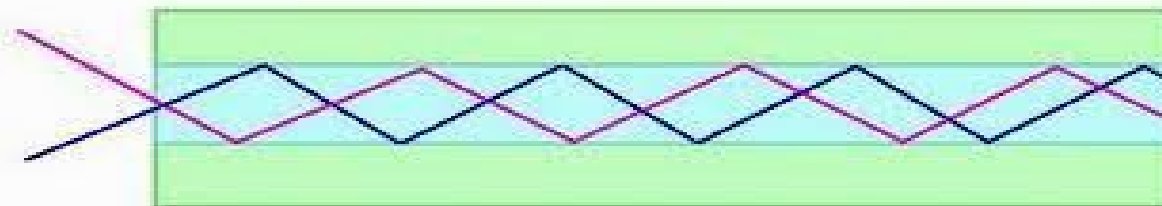
3.4.3 Η δομή της οπτικής ίνας και η μετάδοση του φωτός

- | Το φως που εισάγεται στον πυρήνα **οδεύει στο εσωτερικό του με διαδοχικές ανακλάσεις** στην επιφάνεια διαχωρισμού πυρήνα – περιβλήματος.
- | Με τις ολικές ανακλάσεις το φως ανακλάται διαδοχικά και συνεχίζει την πορεία του στον πυρήνα, χωρίς καμία ακτίνα να διαθλαστεί και να διαφύγει στο περίβλημα.



3.4.3 Η δομή της οπτικής ίνας και η μετάδοση του φωτός

- Έτσι η συνολική φωτεινή ενέργεια παραμένει εγκλωβισμένη στο εσωτερικό της οπτικής ίνας, με αποτέλεσμα να μπορεί να διανύσει πολύ μεγάλες αποστάσεις με ελάχιστες απώλειες, σε σχέση με οποιοδήποτε άλλο μέσο μετάδοσης.

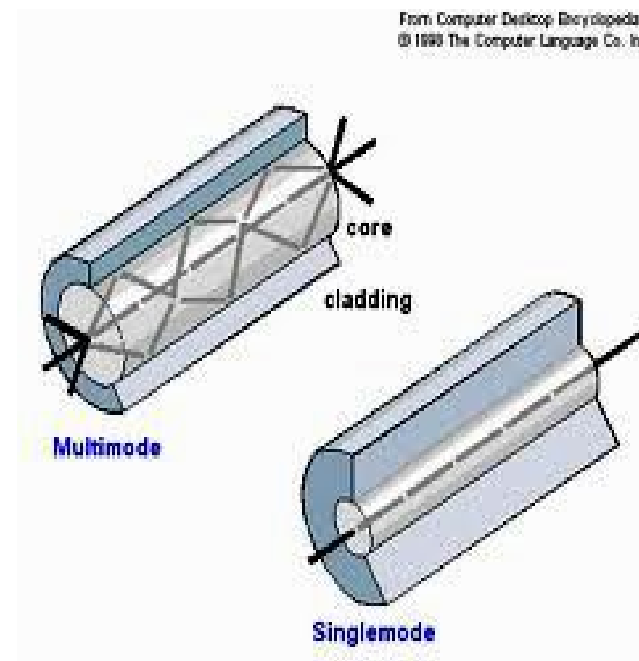


Total Internal Reflection in an Optical fiber

Fiber Optic Mania blog, No rights reserved, Please copy and use as you like

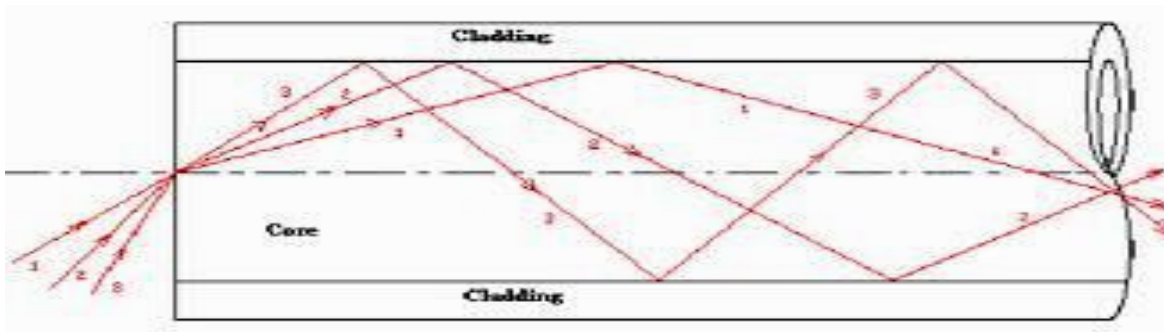
3.4.3 Η δομή της οπτικής ίνας και η μετάδοση του φωτός

- | Ανάλογα με την διάμετρο του πυρήνα και την διάδοση των φωτεινών ακτίνων υπάρχουν οι εξής κατηγορίες ινών :
- | Η πολύτροπη (multimode).
- | Η μονότροπη (single mode ή monomode).



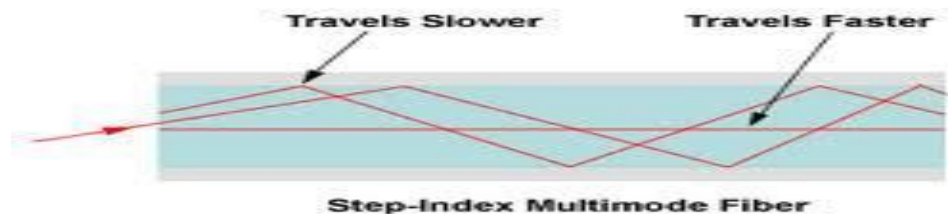
3.4.3 Η δομή της οπτικής ίνας και η μετάδοση του φωτός

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



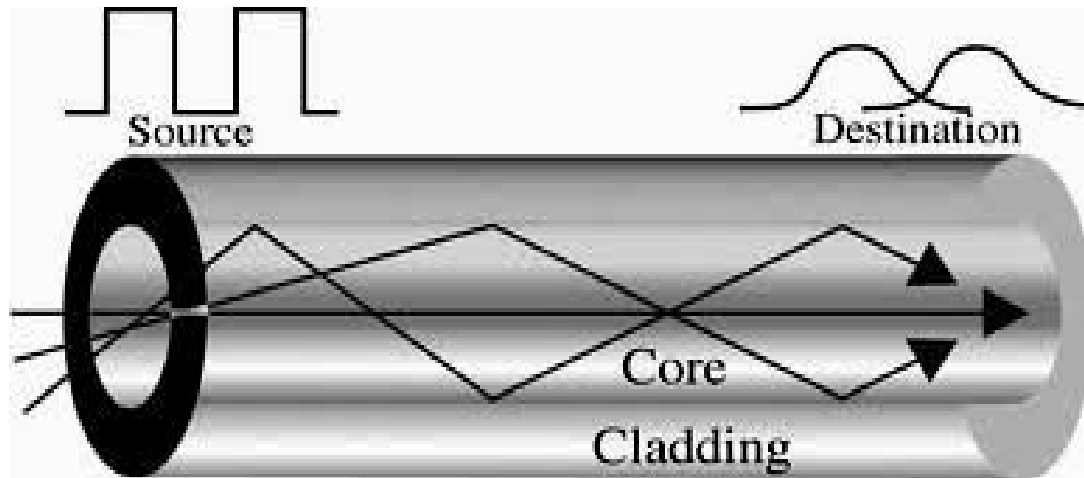
3.4.3 Η δομή της οπτικής ίνας και η μετάδοση του φωτός

- Επειδή ακριβώς υπάρχουν **πολλοί τρόποι μετάδοσης που αντιστοιχούν στις διαδρομές των ακτίνων**, η διάδοση αυτή ονομάζεται πολύτροπη (multimode) και οι ίνες **πολύτροπες ίνες**.
- Όπως είναι λογικό, ό κάθε τρόπος μετάδοσης έχει διαφορετικό μήκος.
- Επομένως, η κάθε ακτίνα φτάνει σε διαφορετικό χρόνο στην άλλη άκρη της οπτικής ίνας.



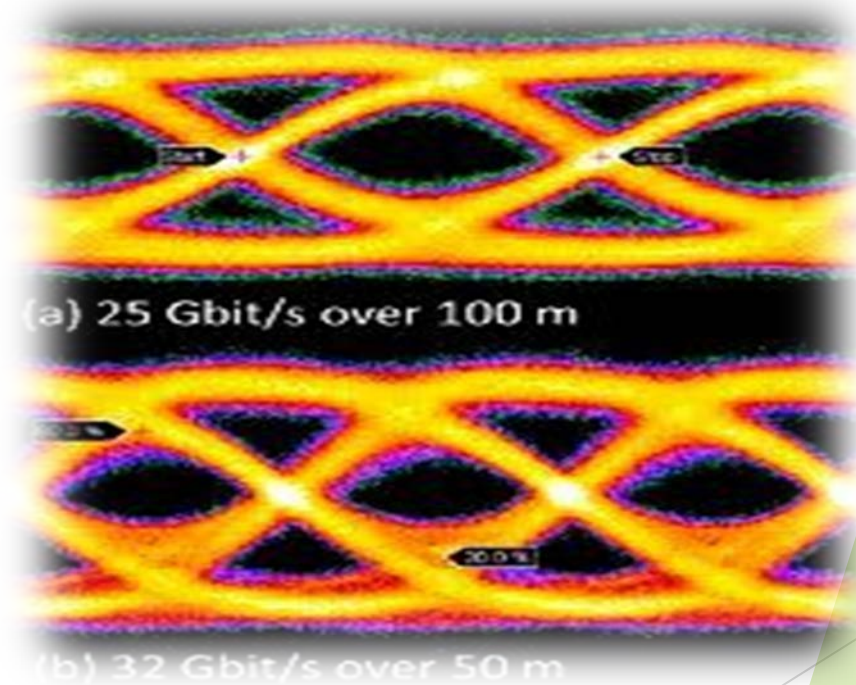
3.4.3 Η δομή της οπτικής ίνας και η μετάδοση του φωτός

- | Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη σημαντική παραμόρφωση του σήματος.



3.4.3 Η δομή της οπτικής ίνας και η μετάδοση του φωτός

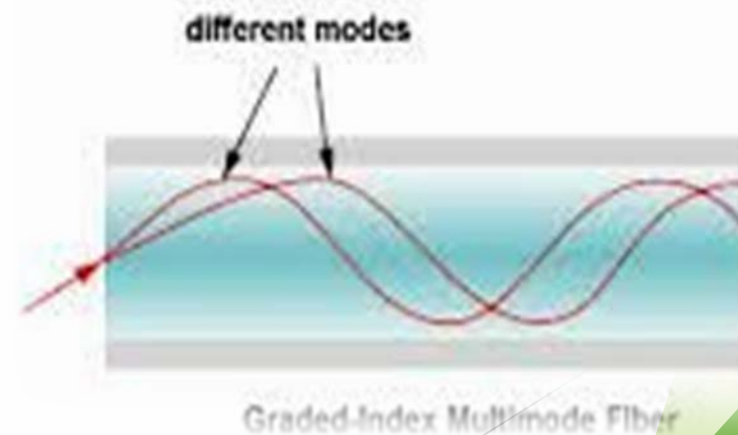
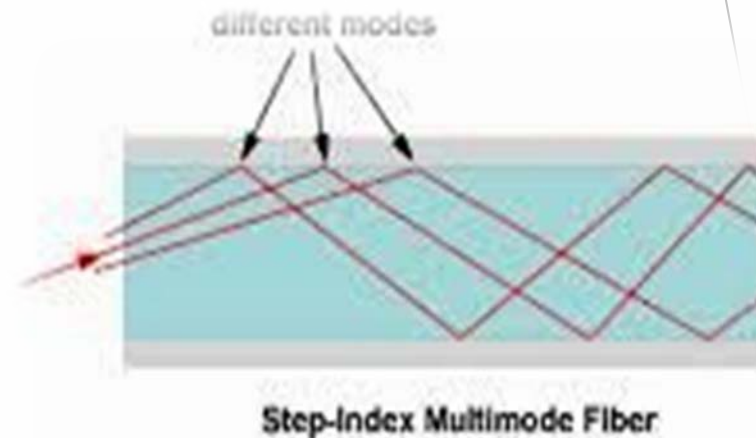
- I Επιπλέον, λόγω του ότι κάποιες από τις ακτίνες δεν επιτυγχάνουν ολική ανάκλαση, η μέθοδος αυτή διάδοσης επιφέρει κάποια πρόσθετη εξασθένηση στο φωτεινό σήμα.



3.4.3 Η δομή της οπτικής ίνας και η μετάδοση του φωτός

Οι πολύτροπες οπτικές ίνες χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες, ανάλογα με την τιμή του δείκτη διάθλασης στον πυρήνα :

- Ινες βηματικού δείκτη διάθλασης (step index).
- Ινες διαβαθμισμένου δείκτη διάθλασης (graded index).

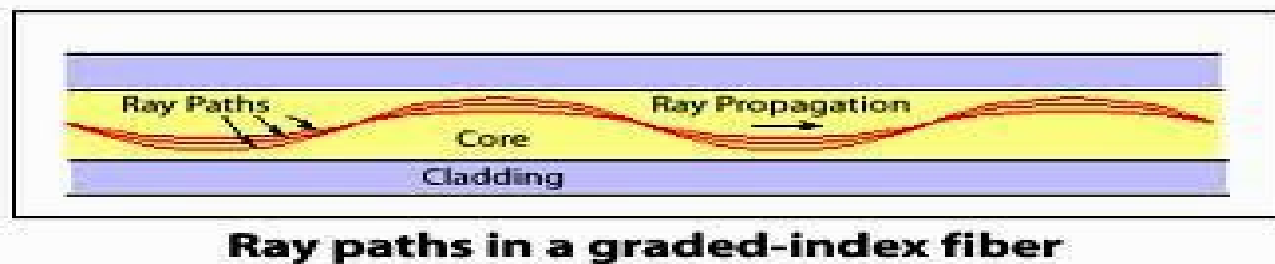


3.4.3 Η δομή της οπτικής ίνας και η μετάδοση του φωτός

- | Οι ίνες βηματικού δείκτη χαρακτηρίζονται από **απότομη μεταβολή του δείκτη διάθλασης** μεταξύ του πυρήνα και περιβλήματος.
- | Έχουν διαστάσεις 50/125 μm και 62,5/125 μm , το πρώτο νούμερο είναι η διάμετρος του πυρήνα, ενώ το δεύτερο η εξωτερική διάμετρος της ίνας.
- | Η εξασθένηση είναι 10-50 dB ανά χιλιόμετρο.
Είναι οι πιο απλές και φθηνές, για εφαρμογές που δεν έχουν μεγάλες απαιτήσεις σε εύρος ζώνης.

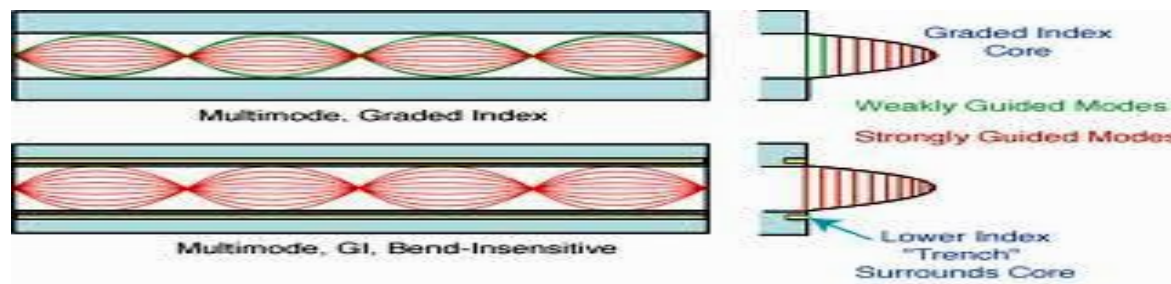
3.4.3 Η δομή της οπτικής ίνας και η μετάδοση του φωτός

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



3.4.3 Η δομή της οπτικής ίνας και η μετάδοση του φωτός

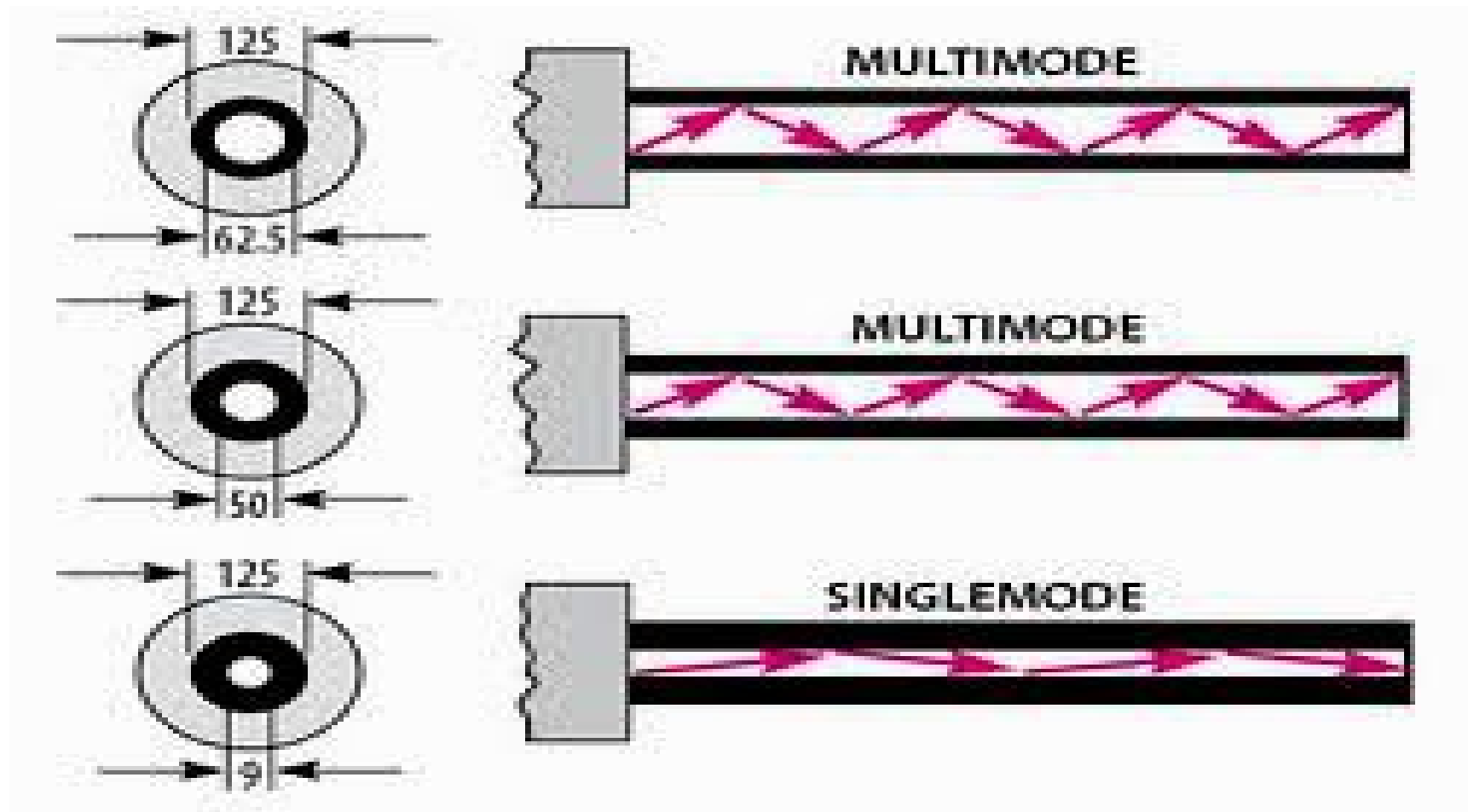
- | Η εξασθένηση είναι 7-15 dB ανά χιλιόμετρο.
- | Οι ίνες αυτές **χρησιμοποιούνται** σε δίκτυα και σε εφαρμογές που απαιτούν **μεγάλο εύρος ζώνης**.



3.4.3 Η δομή της οπτικής ίνας και η μετάδοση του φωτός

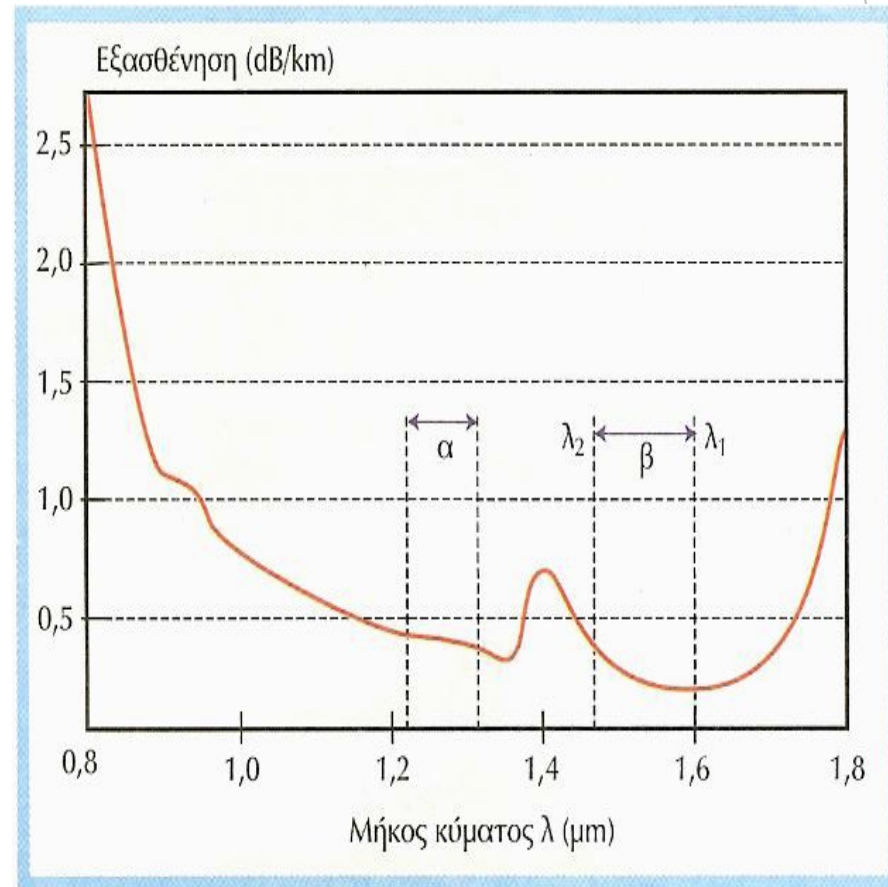
- | Έχει αποδειχθεί πως όσο μικρότερη είναι η διάμετρος του πυρήνα, τόσο λιγότεροι τρόποι μετάδοσης υπάρχουν.
- | Όταν αυτή η διάμετρος μειωθεί και γίνει παραπλήσια με το μήκος κύματος του φωτεινού σήματος, απομένει μόνο ένας τρόπος μετάδοσης, ο αξονικός.
- | Η μετάδοση αυτή ονομάζεται μονότροπη (single mode).
- | Η διάμετρος είναι 9/125 και η εξασθένηση σε φως με μήκος κύματος 1,5 μm είναι μόλις 0,19 dB ανά χιλιόμετρο.
- | Είναι η καταλληλότερη για ζεύξεις μεγάλων αποστάσεων και εκεί που απαιτούνται υψηλοί ρυθμοί μετάδοσης.
- | Είναι δύσκολο να εισαχθεί αρκετό φως λόγω της διαμέτρου.

3.4.3 Η δομή της οπτικής ίνας και η μετάδοση του φωτός



3.4.3 Η δομή της οπτικής ίνας και η μετάδοση του φωτός

- Η περιοχή του φάσματος από 1,5 – 1,6 μm ονομάζεται παράθυρο χαμηλής εξασθένησης. (παράθυρο β).
- Υπάρχει και ένα δεύτερο παράθυρο το (α) το οποίο χρησιμοποιείται όλο και πιο σπάνια.



3.4.3 Η δομή της οπτικής ίνας και η μετάδοση του φωτός

- | **Βασικά πλεονεκτήματα :**
- | Οι οπτικές ίνες διαθέτουν πολύ μεγάλο εύρος ζώνης συχνοτήτων, με αποτέλεσμα να επιτυγχάνουν υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης, που, με πολυπλεξία, φθάνουν και τα 128 Gbit/s.
- | Λόγω της κατασκευής τους είναι ανεπηρέαστες από ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία.
- | Είναι επίσης και ιδιαίτερα ασφαλές, είναι σχεδόν αδύνατη η εξωτερική επέμβαση για την υποκλοπή ή την παρεμβολή των μεταφερόμενων σημάτων.

3.4.3 Η δομή της οπτικής ίνας και η μετάδοση του φωτός

- | **Βασικά πλεονεκτήματα :**
- | Τα σήματα που μεταδίδονται σε οπτικές ίνες εξασθενούν ελάχιστα σε σχέση με τα άλλα ενσύρματα μέσα.
- | Τόσο ο όγκος, όσο και το βάρος των οπτικών ινών είναι σημαντικά μικρότερος από άλλα καλώδια.
- | Δεν παρουσιάζουν κίνδυνο σπινθήρων γι' αυτό και προτιμώνται σε περιοχές υψηλού κινδύνου από σπινθήρες. Ταυτόχρονα δεν επηρεάζονται από την υγρασία.

3.4.3 Η δομή της οπτικής ίνας και η μετάδοση του φωτός

- | **Στα μειονεκτήματα :**
- | Η δυσκολία σύνδεσης των οπτικών ινών με άλλα εξαρτήματα.
- | Η ευθυγράμμιση της ίνας με την φωτεινή πηγή του πομπού. Καθώς και με άλλη οπτική ίνα.
- | Μικρές αποκλίσεις στην ευθυγράμμιση αυτή μπορούν να προξενήσουν μεγάλη απώλεια του φωτεινού σήματος.

Πηγές εκπομπής οπτικών σημάτων

- | Υ π ά ρ χ ο υ ν δύο βασικές κατηγορίες πηγών οπτικών σημάτων.
- | **Ο ι πηγές λέιζερ** (Laser Light Amplification of Simulated Emission of Radiation) με πλεονεκτήματα :
 - | Μεγαλύτερη ισχύς εκπομπής.
 - | Υψηλότερο ρυθμό μετάδοσης.
 - | Είναι σχεδόν μονοχρωματική που σημαίνει ότι εκπέμπει σε ένα συγκεκριμένο μήκος κύματος.
- | **Οι διόδους εκπομπής** (LED Light Emitting Diode) με πλεονεκτήματα ;
 - | Χαμηλότερο κόστος.
 - | Μ ε γ α λ ύ τ ε ρ η διάρκεια ζωής.
 - | Μικρή ευαισθησία σε μεταβολές της θερμοκρασίας.

Εφαρμογές οπτικών ινών

- | Σε τοπικά δίκτυα Η/Υ για επικοινωνίες δεδομένων υψηλών ταχυτήτων.
- | Στα αστικά δίκτυα όπου απαιτείται η κάλυψη μεγάλων αποστάσεων με υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης.
- | Σε τηλεπικοινωνιακές ζεύξεις μεγάλων αποστάσεων τόσο επίγειες όσο και υποβρύχιες.
- | Σε συνδέσεις σε βιομηχανικές περιοχές με υψηλό επίπεδο ηλεκτρομαγνητικού θορύβου αλλά και υψηλού κινδύνου για εκρήξεις από σπινθήρες.
- | Για μετάδοση δεδομένων με υψηλές απαιτήσεις ασφάλειας από εξωτερικές παρεμβολές και υποκλοπές, όπως τα στρατιωτικά δίκτυα.

Οπτικοί Ενισχυτές

- I Το 1987 οι ερευνητές του πανεπιστημίου του Σαουθάμπτον στην Αγγλία και της AT&T στην Αμερική, ανακάλυψαν μια ίνα με προσμίξεις, η οποία μπορούσε να ενισχύσει το οπτικό σήμα που μεταδίδονταν στο εσωτερικό της.
- I Η σπουδαία αυτή ανακάλυψη οδήγησε στην ανάπτυξη των ΟΠΤΙΚΩΝ ΕΝΙΣΧΥΤΩΝ, κάνοντας περιττή τη μετατροπή του οπτικού σήματος σε ηλεκτρικό, προκειμένου αυτό να ενισχυθεί και στην συνέχεια να ξαναμετατραπεί σε οπτικό, για να συνεχιστεί η διάδοση.

3.5 Διηπειρωτικές μεταδόσεις

- | Μια ειδική κατηγορία τηλεπικοινωνιακών ζεύξεων είναι αυτή που αφορά τις διηπειρωτικές μεταδόσεις, λόγω μεγάλων αποστάσεων.
- | Στις διηπειρωτικές μεταδόσεις χρησιμοποιούνται τόσο ενσύρματα όσο και ασύρματα μέσα μετάδοσης.
- | Ομοαξονικά καλώδια, οπτικές ίνες, δορυφορικές ζεύξεις με την χρήση μικροκυμάτων.

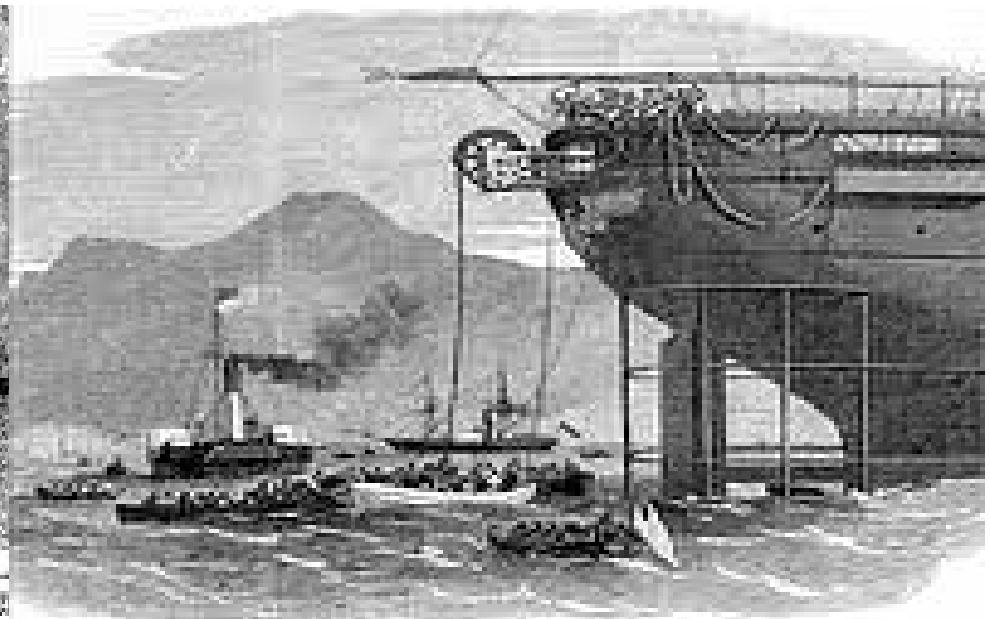
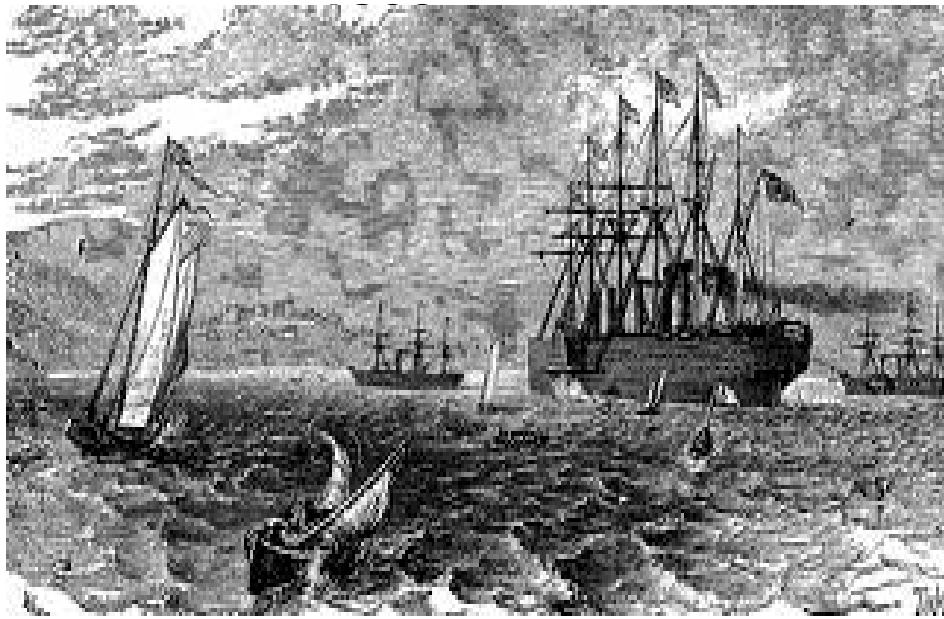
- | Η πόντιση καλωδίων στους ωκεανούς για την σύνδεση τηλεπικοινωνιακών δικτύων σε διηπειρωτικές αποστάσεις, δεν είναι νέα.
- | Εδώ και πολλά χρόνια ποντίζονται καλώδια για τις ανάγκες της διεθνούς τηλεφωνίας.
- | Η εμφάνιση των οπτικών ινών οδήγησε, πολύ γρήγορα, στην πλήρη επικράτηση τους έναντι όλων των άλλων.
- | Από τις αρχές της δεκαετίας του 1980 τέθηκαν σε λειτουργία υπερατλαντικά καλώδια οπτικών ινών (TAT), που συνδέουν Αμερική και Ευρώπη.

- | Η βελτίωση της τεχνολογίας κατασκευής οπτικών ινών, των καλωδίων και της οπτικοηλεκτρονικής οδήγησε στην εκμετάλλευση ενός μεγάλου μέρους του εύρους ζώνης.
- | Το άμεσο αποτέλεσμα ήταν το κόστος πόντισης οπτικών καλωδίων, αν και τεράστιο, (**335 εκατομμύρια \$** για το TAT 8 το πρώτο καλώδιο οπτικών ινών) να μειώνεται συνεχώς, μιας και μέσα από το ίδιο καλώδιο μπορεί πλέον να περνά τεράστιος αριθμός τηλεπικοινωνιακών ζεύξεων.

- | Σήμερα πλέον το μεγαλύτερο μέρος του πλανήτη είναι δικτυωμένο με υποβρύχια καλώδια οπτικών ινών.
- | Τα καλώδια αυτά έχουν πολύ περισσότερες προστασίες από τα συνηθισμένα καλώδια.
- | Είναι σχετικά ογκώδη και βαριά, εξαιτίας των απαραίτητων ενισχύσεων που πρέπει να διαθέτουν για να αντέξουν στο περιβάλλον των ωκεανών.
- | Διαθέτουν μικρό σχετικά αριθμό οπτικών ινών (12) και εξωτερική ενίσχυση που εξαρτάται από το βάθος στο οποίο θα ποντιστούν.

- I Εξωτερικά διαθέτουν μεταλλική ενίσχυση για αντοχή στις μηχανικές καταπονήσεις, λόγω της πίεσης και των ρευμάτων των ωκεανών και πιθανών επιθέσεων από μεγάλα ψάρια και θηλαστικά (καρχαρίες, κ.λ.π.).
- I Η εξασθένηση των οπτικών ινών, αν και πολύ μικρή, γίνεται σημαντική λόγω των πολύ μεγάλων αποστάσεων, για αυτό τον λόγο τοποθετούνται μέσα στα υποβρύχια καλώδια και οπτικοί ενισχυτές.
- I Λόγω της δυσκολίας κατασκευής και της εγκατάστασης του υπάρχουν ελάχιστες εταιρείες στον κόσμο που μπορούν να πραγματοποιήσουν υποβρύχιες ζεύξεις.

Το πέραςμα υπερατλαντικού καλωδίου, Ιούλιος



3.5.1 Δορυφορικές ζεύξεις

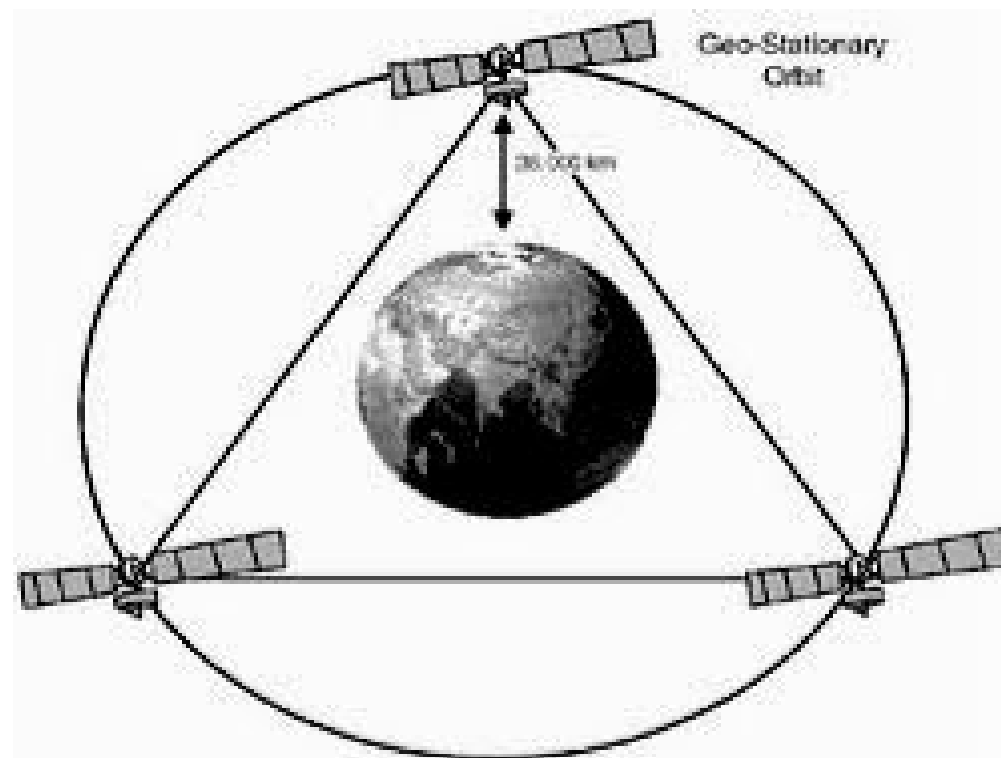
- | Το πρώτο, σύστημα δορυφορικών επικοινωνιών εμφανίστηκε το 1958 με τον πρώτο δορυφόρο που εκτοξεύτηκε από τις ΗΠΑ.
- | Το πρώτο εμπορικό δίκτυο δορυφορικών επικοινωνιών τέθηκε σε λειτουργία στις 6 Απριλίου του 1965 με την βοήθεια του δορυφόρου Early Bird.
- | Τα πρώτα δορυφορικά συστήματα δεν ήταν βιώσιμα, μια και δεν υπήρχε τεχνική δυνατότητα να τεθούν δορυφόροι σε υψηλές τροχιές.

3.5.1 Δορυφορικές ζεύξεις

- | Το όριο της εποχής εκείνης ήταν τα 10 χιλιόμετρα.
- | Η χαμηλή αυτή τροχιά είχε σαν συνέπεια ο δορυφόρος να κινείται με ταχύτητα μεγαλύτερη από την περιστροφή της γης, πράγμα που σημαίνει ότι οι κεραίες του σταθμού βάσης θα πρέπει να περιστρέφονται συνεχώς προκειμένου να βρίσκονται μέσα στο οπτικό πεδίο του δορυφόρου.

3.5.1 Δορυφορικές ζεύξεις

- | Με την εξέλιξη της δορυφορικής και πυραυλικής τεχνολογίας εμφανίστηκαν οι γεωστατικοί (GEO) δορυφόροι.
- | Πρόκειται για δορυφόρους που τίθενται σε τροχιά 38.880 από την επιφάνεια της γης και με ταχύτητα περιστροφής 11.040 χλμ./ώρα, ώστε να μένουν σταθεροί πάνω από το ίδιο σημείο της γης.
- | Ο γεωστατικός δορυφόρος έχει περίοδο περιστροφής ίση με την περίοδο περιστροφής της γης (23 ώρες, 56 λεπτά, 4,1 δευτερόλεπτα) και καλύπτει μια περιοχή με άνοιγμα 120 μοίρες.
- | Έτσι με τρεις γεωστατικούς δορυφόρους μπορεί να καλυφθεί ολόκληρη η γη.



3.5.2 Δορυφορικές ζεύξεις

- | **Πλεονεκτήματα :**
- | Οι δορυφόροι καλύπτουν εφαρμογές με απαιτήσεις σε εύρος ζώνης.
- | Δεν επηρεάζονται καθόλου από την απόσταση μεταξύ των επικοινωνούντων.
- | **Μειονεκτήματα - περιορισμοί :**
- | Έχουν μεγάλους χρόνους μετάδοσης, καθώς για να διανύσει ένα σήμα την διαδρομή από και προς τον δορυφόρο, χρειάζεται σημαντικός χρόνος (περίπου 0,3 sec).

3.5.2 Δορυφορικές ζεύξεις

- | **Μειονεκτήματα - περιορισμοί :**
- | Δεν παρέχει καμία ασφάλεια, καθώς τα μεταδιδόμενα σήματα μπορούν να ληφθούν με μεγάλη ευκολία από τον οποιοδήποτε, για αυτό και τα δεδομένα κρυπτογραφούνται.
- | Η μεγάλη απόσταση του δορυφόρου από την γη προκαλεί πολύ μεγάλη εξασθένηση του σήματος, η βροχή εισάγει επιπλέον εξασθένηση και μπορεί να μειώσει ή και να διακόψει μια σύνδεση.
- | Για αυτό τον λόγο απαιτείται μεγάλη ισχύς εκπομπής στους πομπούς και ιδιαίτερα ευαίσθητους δέκτες.

Ο αναμεταδότης

- | Ο δορυφόρος λειτουργεί ως αναμεταδότης.
- | Ο αναμεταδότης είναι γενικά ένα σύστημα που έχει τη δυνατότητα να λαμβάνει ένα μεταδιδόμενο σήμα σε κάποιο ενδιάμεσο σημείο της διαδρομής του και το αποστέλλει ξανά προς την κατεύθυνση του δέκτη.
- | Αφού πρώτα το ενισχύσει, προκειμένου να ακυρώσει την επίδραση της εξασθένησης που έχει υποστεί μέχρι εκείνη τη στιγμή.