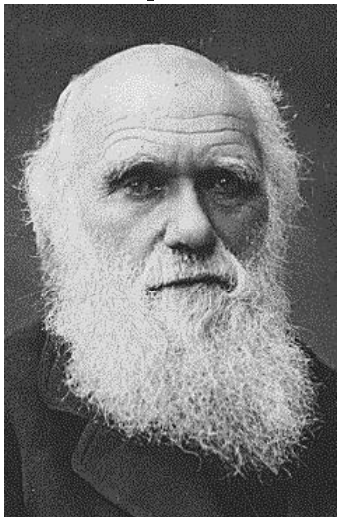
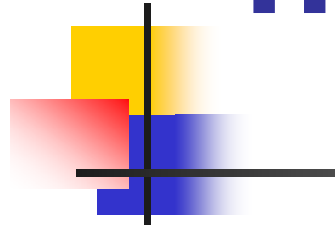


Η οπτική ίνα ως μέσο μετάδοσης της πληροφορίας και η χρησιμοποίηση της στα σύγχρονα τηλεπικοινωνιακά δίκτυα.

Μια πτυχιακή εργασία των Νίκου Μιχαλόπουλου και Δημήτρη Γιαννόπουλου με τη βοήθεια του κ. καθηγητή Γεώργιου Πρεζεράκου.

Η εξέλιξη της επικοινωνίας



Charles Darwin

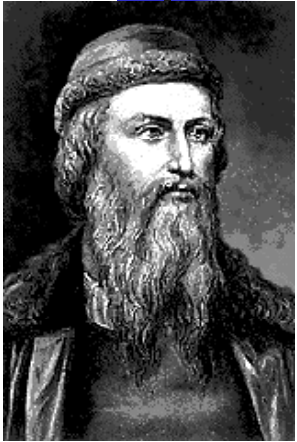
- Επικοινωνία μεταξύ των ζώων:

Charles Darwin : Η σημασία της επικοινωνίας και της εκφραστικότητας στη βιολογική επιβίωση.

-Γλώσσα: η γλώσσα είναι μια φυσική συνέπεια των δραστηριοτήτων μιας ομάδας, όπως η εργασία ή ο χορός. Μια άλλη θεωρία υποστηρίζει ότι η γλώσσα αναπτύχθηκε από τους βασικούς ήχους που συνόδευσαν τις χειρονομίες

-Σύμβολα και αλφάβητα: Ανθρώπινη γνώση που επεκτείνεται, η γραφή απαραίτητη προκειμένου να διαβιβασθούν οι πληροφορίες.

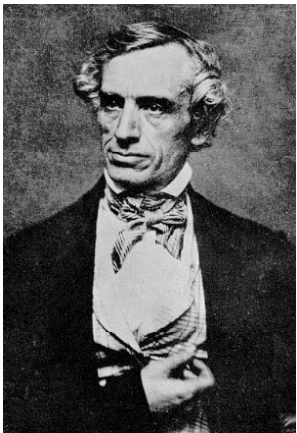
ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ ΑΠΟ ΑΠΟΣΤΑΣΗ



J. Gutenberg

Ανάγκη του ανθρώπου να επικοινωνήσει πέρα από συμβατές αποστάσεις, να μεταφέρει μηνύματα και ελέγξει τις δουλειές του.

-Έγγραφο και εκτύπωση: οι Αιγύπτιοι πρωτοπόροι με λουρίδες μίσχου των παπύρων. Ο Γερμανός Johann Gutenberg τυπώνει το πρώτο βιβλίο στα μέσα του 15^{ου} αιώνα.



S. Morse

-Ταχυδρομικές υπηρεσίες: πρωτοπόροι οι Πέρσες.

-Τηλέγραφος: Ο Morse και ο περίφημος κώδικας του που χρησιμοποιήθηκε μέχρι τις 1 Φεβρουαρίου του ..1999.



A. Graham-Bell

-Τηλέφωνο: ο Αμερικανός εφευρέτης Alexander Graham Bell το 1876, κατοχυρώνει με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας το τηλέφωνο.

-Υπολογιστές: η επικοινωνία μεταμορφώνεται. Η πρόσβαση στη γνώση απλοποιείται. Όλος ο κόσμος ένα χωριό. Η αρχή ενός νέου είδους επικοινωνίας: data communications.

-Τεχνολογία λέιζερ: Οι διαμορφωμένες ακτίνες του ευρισκόμενου σε φάση φωτός που παράγεται από τα λέιζερ μπορούν να διαβιβάσουν έναν πολύ μεγαλύτερο αριθμό μηνυμάτων στη μονάδα του χρόνου από ότι μπορούν να διαβιβάσουν τα συνηθισμένα τηλεφωνικά συστήματα.

Η Ιστορία των Οπτικών Ινών



Claude Chappe

-Τα οπτικά συστήματα επικοινωνιών χρονολογούνται δύο αιώνες πριν, στο "οπτικό τηλέγραφο" που ο Γάλλος μηχανικός Claude Chappe εφεύρε στα 1790.

-Το 1840, ο Ελβετός φυσικός Daniel Collodon και ο Γάλλος φυσικός Ζακ Babinet έδειξαν ότι το φως θα μπορούσε να καθοδηγηθεί κατά μήκος μιας δέσμης ύδατος για τη κατάδειξη πηγών.



Heinrich Lamm

-Το 1880 ο Alexander Graham Bell κατοχυρώνει ένα οπτικό τηλεφωνικό σύστημα, που ονόμασε Photophone.

-Εντούτοις, ο πρώτος που μπόρεσε να υλοποιήσει τη μετάδοση εικόνας μέσω μιας δέσμης των οπτικών ινών ήταν ο Heinrich Lamm, ένας σπουδαστή ιατρικής στο Μόναχο, το 1930.

-Ο Charles K. Kao το 1966 δίνει "ζωή" στις οπτικές ίνες και τις κάνει γνωστές στο ευρύ κοινό.

NATURAL FIBRES

FIBRES OF GLASS ARE PRODUCED NATURALLY BY HIGH WINDS BLOWING OVER MOLTEN LAVA ERUPTING FROM VOLCANOES. THIS WAS KNOWN BY THE ANCIENTS AS 'GODDESSES' HAIR'.

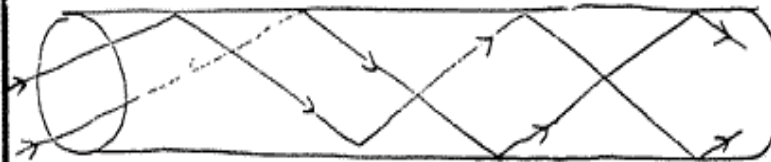


THE RUDIMENTS OF WISDOM

★ OPTICAL FIBRES ★

COMPILED & DRAWN BY HUNKIN

LIGHT FIBRES



FIBRE COMMUNICATION

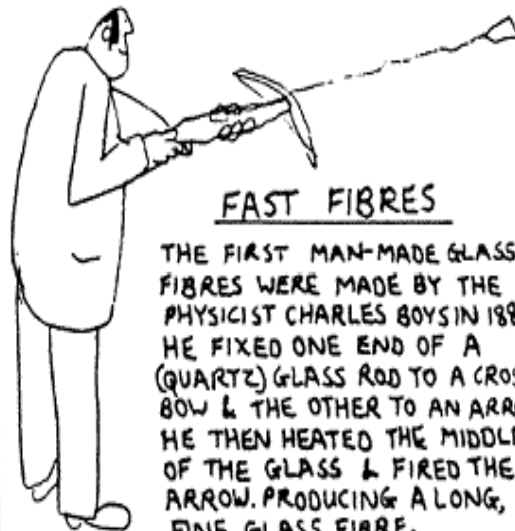
THE BEST FIBRES NOW AVAILABLE LOSE ABOUT HALF THEIR LIGHT IN APPROXIMATELY 100M.



BY SENDING VERY FAST CODED PULSES OF LIGHT, OPTICAL FIBRES CAN NOW BE USED LIKE ELECTRIC WIRES FOR CARRYING MESSAGES.

FAST FIBRES

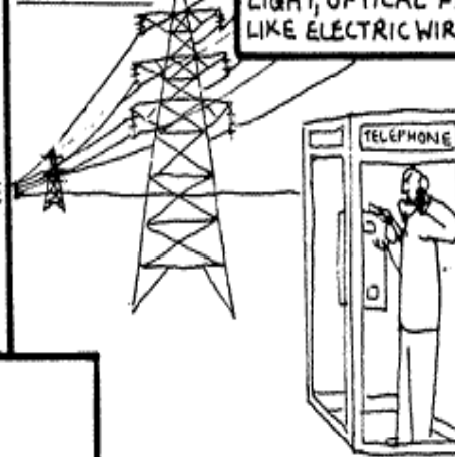
THE FIRST MAN-MADE GLASS FIBRES WERE MADE BY THE PHYSICIST CHARLES BOYS IN 1887. HE FIXED ONE END OF A (QUARTZ) GLASS ROD TO A CROSS-BOW & THE OTHER TO AN ARROW. HE THEN HEATED THE MIDDLE OF THE GLASS & FIRED THE ARROW. PRODUCING A LONG, FINE, GLASS FIBRE.



LIGHT TRAVELS ALONG GLASS FIBRES BECAUSE IT IS REFLECTED BACK & FORTH OFF THE SURFACE (ALTHOUGH SOME OF IT IS ABSORBED OR ESCAPES OUT THE SIDES). UNTIL THE 1970s, WHEN THE IMPORTANCE OF THE PURITY OF THE GLASS WAS RECOGNISED, THE BEST FIBRES LOST HALF THEIR LIGHT IN 3 METRES.

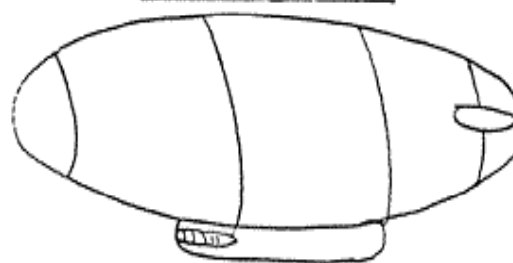


CLARITY



A BIG ADVANTAGE OF FIBRE OPTIC COMMUNICATION IS THAT IT IS NOT SUSCEPTIBLE TO ELECTROMAGNETIC INTERFERENCE. BECAUSE OF THIS, PULSES CAN BE MUCH SHORTER. AN OPTICAL FIBRE CAN CARRY UP TO 100 TIMES MORE PULSES PER SEC THAN AN ELECTRIC WIRE OF THE SAME SIZE.

LIGHT WEIGHT



CONTROLS LINKED BY OPTICAL FIBRES ARE CURRENTLY BEING INSTALLED ON THE NEW BRITISH AIRSHIPS. FIBRE OPTICS SAVES WEIGHT & THE AIRSHIP IS AN IDEAL TEST-BED FOR ORDINARY AIRCRAFT (IF SOMETHING GOES WRONG AN AIRSHIP WON'T DROP OUT OF THE SKY).

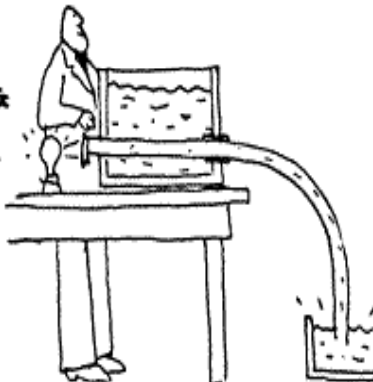
DISADVANTAGES

- ★ OPTICAL FIBRES ARE MORE FRAGILE THAN ELECTRIC WIRES & MORE DIFFICULT TO JOIN.
- ★ THE GLASS CAN BE AFFECTED BY VARIOUS CHEMICALS, INCLUDING HYDROGEN GAS (A PROBLEM IN UNDERWATER CABLES).
- ★ DESPITE EXTENSIVE MILITARY USE IT IS KNOWN THAT MOST FIBRES BECOME OPAQUE WHEN EXPOSED TO RADIATION.

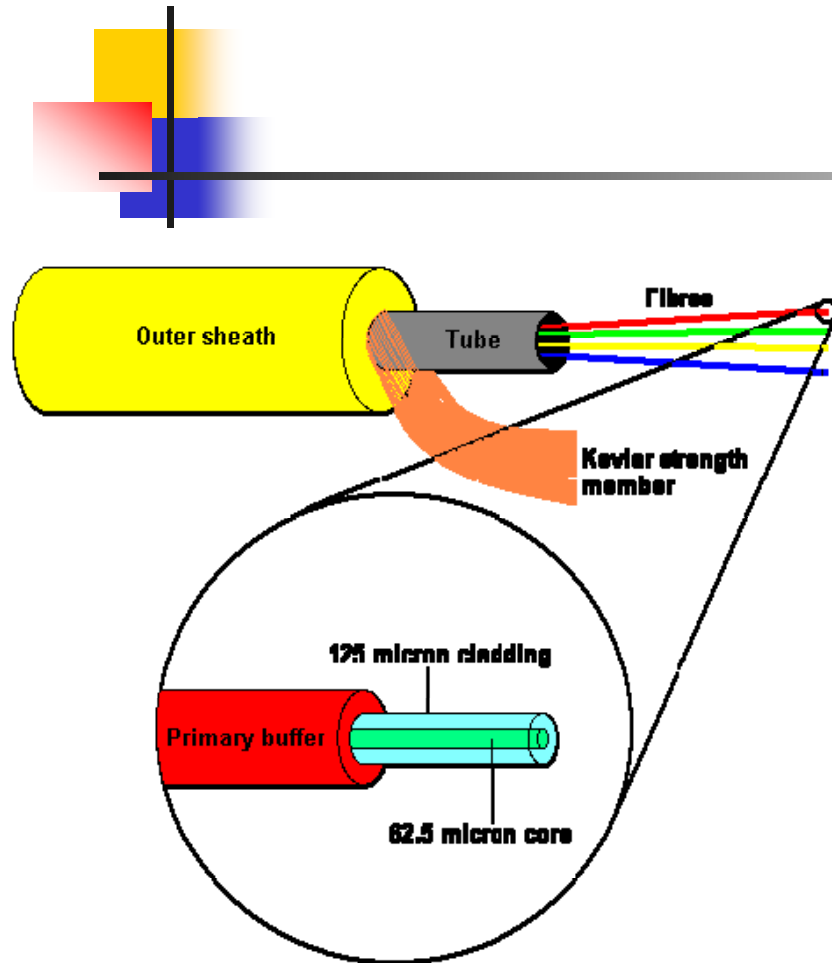


CURVED LIGHT

THE PHENOMENON OF LIGHT FOLLOWING A CURVED PATH WAS FIRST DEMONSTRATED (IN A STREAM OF WATER) IN 1870, AS PART OF A POPULAR SCIENCE LECTURE AT LONDON'S ROYAL INSTITUTION.

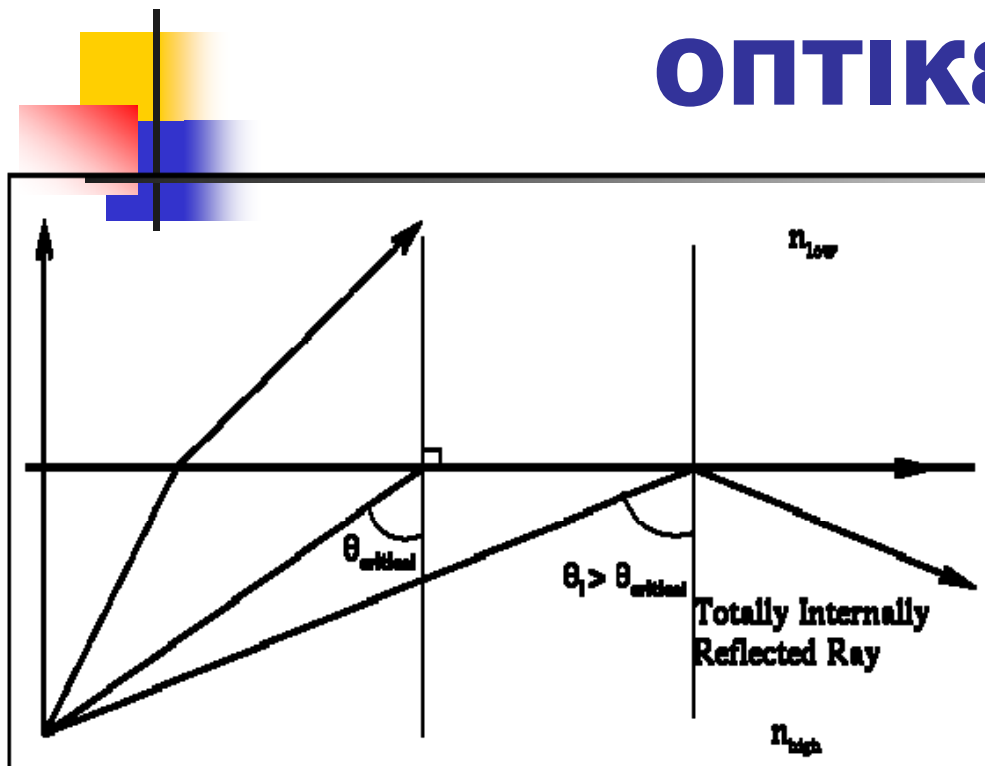


Φως και οπτική ίνα



-Οπτικές Ίνες: πολύ λεπτές μακριές ίνες γυαλιού ή πλαστικού που επιτρέπουν στα φωτεινά σήματα να ταξιδέψουν μέσα τους. Η οπτική ίνα αποτελείται από έναν εσωτερικό γυάλινο κύλινδρο, αποκαλούμενο πυρήνα, που περιβάλλεται από ένα κυλινδρικό περίβλημα γυαλιού ή πλαστικό χαμηλότερου διαθλαστικού δείκτη αποκαλούμενου επένδυση.

Ο νόμος του Snell και οι οπτικές ίνες



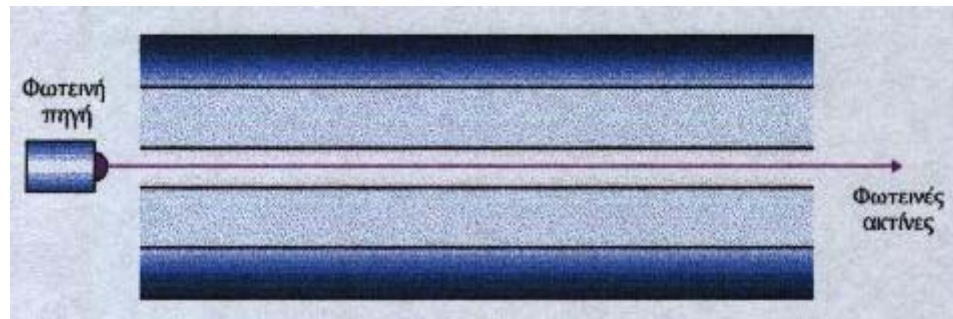
Ο νόμος του Snell εξετάζει τη διάθλαση του φωτός καθώς περνά από ένα μέσο σε άλλο. Όταν κινείται το φως σε ένα διαφορετικό μέσο, αλλάζει κατεύθυνση. Αυτό συμβαίνει επειδή κάθε μέσο έχει έναν διαφορετικό *διαθλαστικό δείκτη* (v).

Έτσι όταν το φως κινείται σε ένα μέσο με υψηλότερο διαθλ. δείκτη, η γωνία διάθλασης είναι μικρότερη από τη γωνία πρόσπτωσης ενώ το αντίθετο συμβαίνει όταν κινείται σε ένα μέσο με χαμηλότερο διαθλ. δείκτη. Για αυτήν την περίπτωση, όταν η γωνία πρόσπτωσης είναι μεγαλύτερη από κάποια κρίσιμη γωνία (90°), η γωνία διάθλασης είναι μεγαλύτερη από 90° , που σημαίνει ότι το φως δεν βγαίνει στο εξωτερικό περιβάλλον και ταξιδεύει κατά μήκος της ίνας.

Τρόποι εκπομπής και μετάδοσης στις οπτικές ίνες.

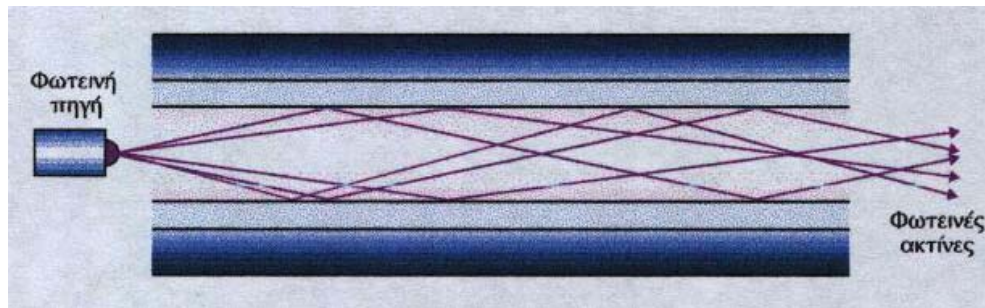
- Η εκπομπή του οπτικού σήματος σε μία οπτική ίνα γίνεται από πηγή **LED** ή **LASER**.
- Τα μήκη κύματος του φωτός που η οπτική ίνα είναι σχεδιασμένη να μεταφέρει, ποικίλουν από 800nm μέχρι 1500nm.
- Ανάλογα με τον τρόπο μετάδοσης του σήματος, οι οπτικές ίνες διακρίνονται σε **Multimode** και **single mode**.

single mode οπτική ίνα: Η διάμετρος της κεντρικής ίνας είναι πολύ μικρή και πλησιάζει περίπου το επίπεδο του μήκους κύματος του εκπεμπόμενου σήματος.



Στην περίπτωση αυτή, έχουμε έναν μόνο δυνατό τρόπο μετάδοσης του οπτικού σήματος, τον αξονικό. Η κεντρική ίνα έχει διάμετρο από 5μm έως 10μm με συνηθέστερη τιμή τα 8,3 μm.

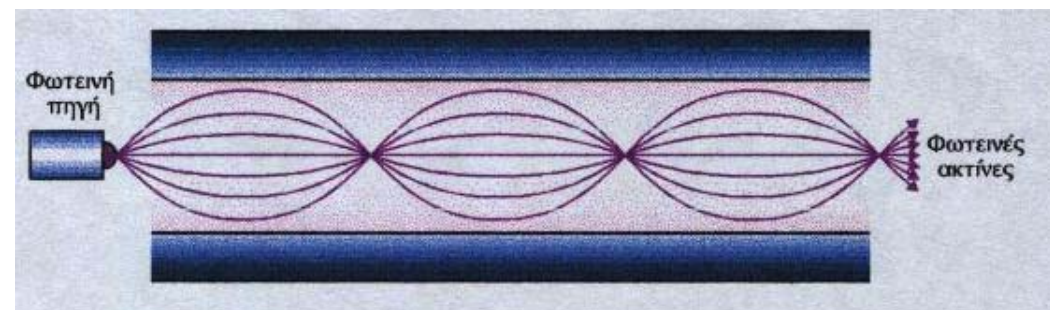
Multimode οπτική ίνα : Η αρχή μετάδοσης σε αυτήν την οπτική ίνα είναι ότι οι ακτίνες του οπτικού σήματος ανάλογα με την είσοδο τους στην ίνα ταξιδεύουν ανακλώμενες υπό διαφορετικές γωνίες, όπως φαίνεται στα σχήματα. Αυτός ο τρόπος μετάδοσης ονομάζεται **multimode**, επειδή έχουμε πολλούς δρόμους μετάδοσης, που αντιστοιχούν στις διαφορετικές γωνίες ανάκλασης. Διακρίνονται σε δυο κατηγορίες: τις **step index** και τις **graded index**.



Οπτική ίνα step index

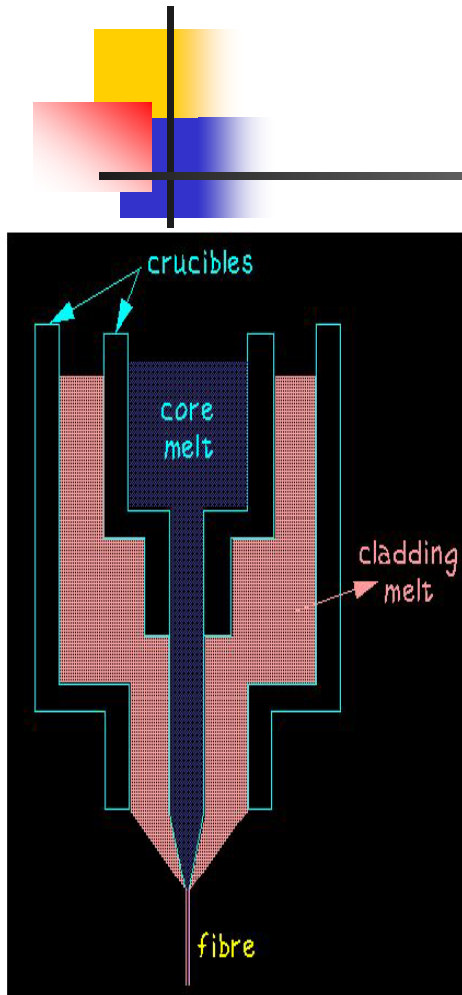
-Στις ίνες αυτές συμβαίνει απότομη μεταβολή του δείκτη διάθλασης μεταξύ της κεντρικής ίνας και του υλικού επίστρωσης.

-Οι ίνες αυτές χαρακτηρίζονται από βαθμιαία μεταβολή του δείκτη διάθλασης του υλικού της κεντρικής ίνας. Συμβαίνει βαθμιαία μείωση όσο απομακρυνόμαστε από το κέντρο προς την εξωτερική επιφάνεια του γυαλιού.

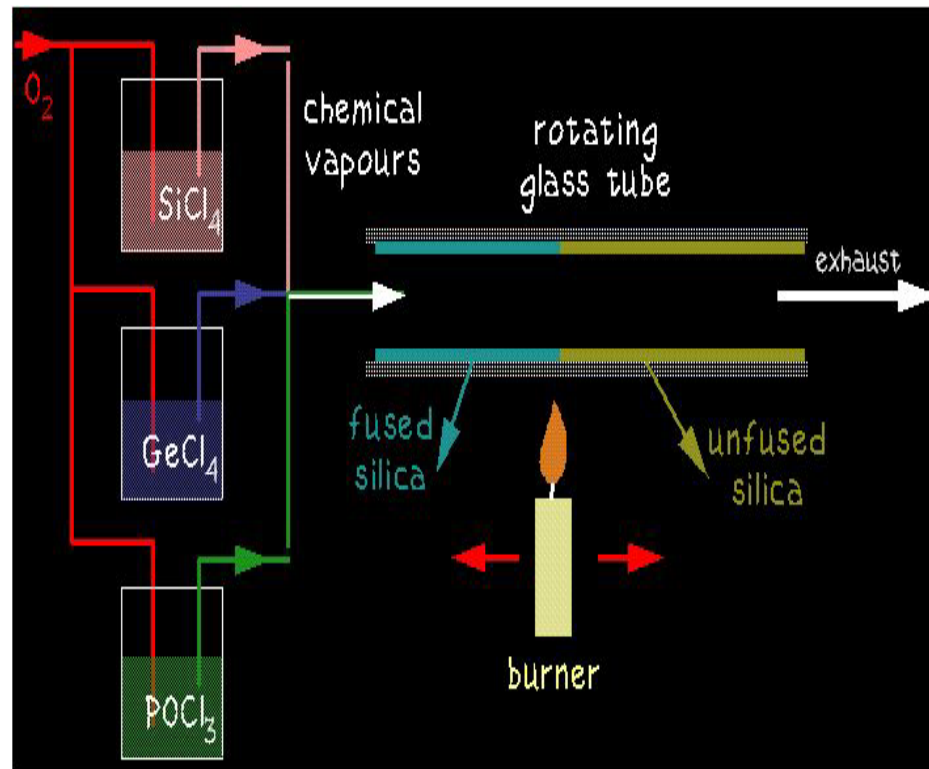


Οπτική ίνα graded index

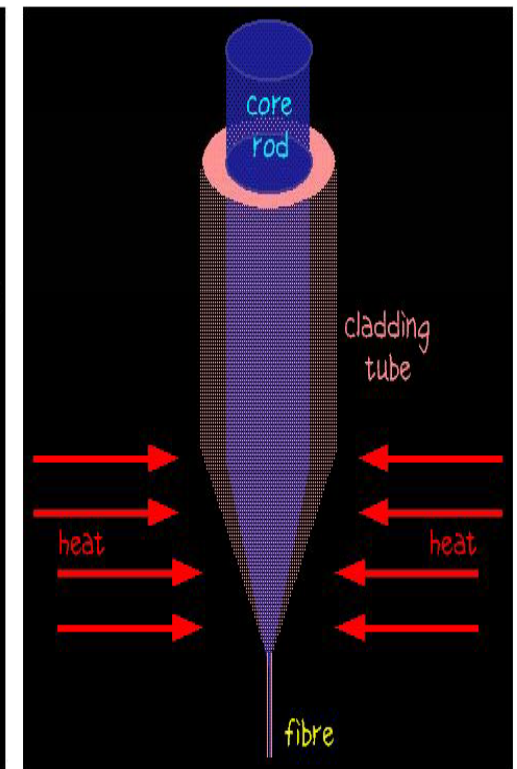
Κατασκευάζοντας ΟΠΤΙΚΕΣ ΪΝΕΣ



Διπλή μέθοδος χοανών



Τροποποιημένη απόθεση χημικού ατμού



Μέθοδος Rod-in-Tube

Πηγή, δέκτης, πληροφορία και μέσο μετάδοσης

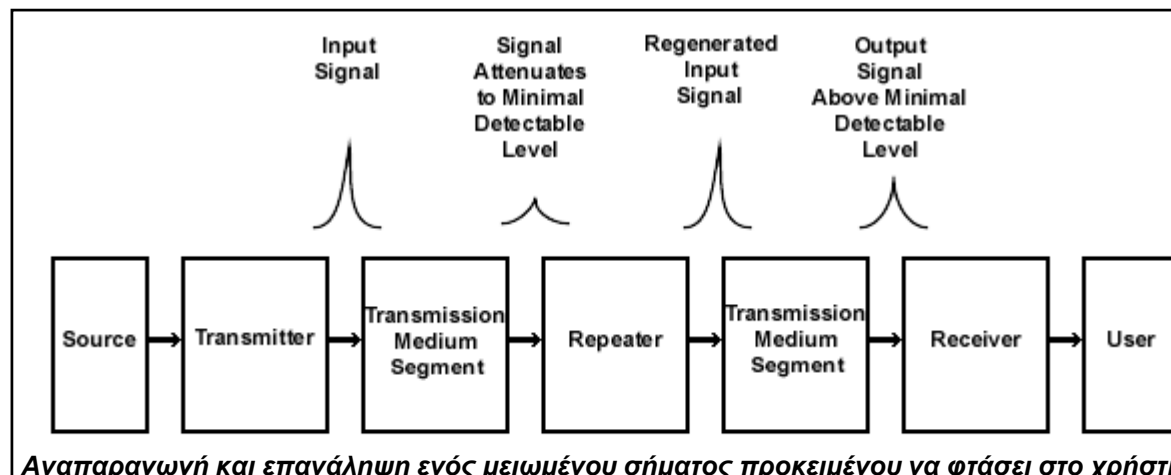


Πηγή, μέσο μετάδοσης, χρήστης

-Η πηγή παράγει πληροφορίες.

-Ο δέκτης έχει την επιθυμία να τις μάθει.

- Το μέσο μετάδοσης αναλαμβάνει τη μεταφορά.



Το μέσο μετάδοσης και...

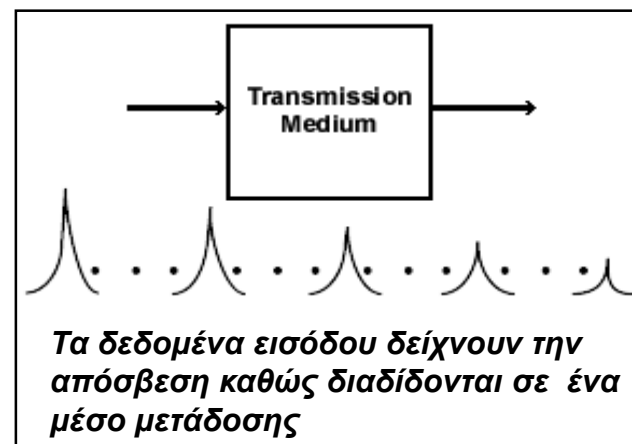
Ο Θόρυβος

- Ξένο σήμα που παράγεται συνήθως έξω από το μέσο μετάδοσης.
- Προστίθεται στο σήμα διάδοσης.
- το μεταδιδόμενο σήμα πρέπει να αποφασίσει για το ποιες πληροφορίες αποτελούν θόρυβο και ποιες καθαρή πληροφορία.

Το Εύρος Ζώνης

- το μέσο μετάδοσης έχει μια λειτουργία μεταφοράς και η συχνότητα αυτής εξαρτάται από το εύρος ζώνης.
- Η ανάγκη για εύρος ζώνης συνεχώς αυξάνεται με την ανάπτυξη της πληροφορικής και των τηλεπ/ων. Αποτέλεσμα αυτού η δημιουργία μέσων μετάδοσης με εύρος ζώνης της τάξης των GBPS.

Η Απόσβεση



- Διασπορά και Θερμότητα δημιουργούν Απόσβεση.

Ψηφιακά Δίκτυα

Ασύγχρονα

- Τα πρώτα σε χρον. σειρά ψηφιακά δίκτυα.
- Κάθε χρονικά ρυθμισμένο εσωτερικό ρολόι πηγής δικτύου αποτελεί εκπνεύσιμο σήμα. Επειδή κάθε ρολόι είχε ένα ορισμένο ποσό απόκλισης, τα σήματα που έφθαναν και εκπέμπονταν είχαν μια μεγάλη απόκλιση στο συγχρονισμό, ο οποίος συχνά οδηγούσε σε λαθεμένα ψηφία (bit).

Σύγχρονα

- Η ανάγκη για τα οπτικά πρότυπα οδηγεί στη δημιουργία του σύγχρονου οπτικού δικτύου (SONET).
- Το SONET τυποποίησε τα σχέδια κωδικοποίησης, τις ιεραρχίες μετάδοσης δεδομένων, τις λειτουργίες και την υποστήριξη λειτουργικότητας

Οπτικά

- Νέες απαιτήσεις σε χωρητικότητα και τρόπο διακίνησης δεδομένων.
- Τα οπτικά δίκτυα παρέχουν απαραίτητο εύρος ζώνης και ευελιξία για να εξουσιοδοτήσουν ολοκληρωμένες υπηρεσίες μήκους κύματος.
- Η βάση του το Μήκος κύματος. Τα συστατικά του οπτικού δικτύου καθορίζονται σύμφωνα με το πώς τα μήκη κύματος εκπέμπονται, προετοιμάζονται, ή εφαρμόζονται στο δίκτυο.

Γιατί Οπτικά Δίκτυα;

➔ **Χωρητικότητα ινών:** Ανάγκη για μεγαλύτερη χωρητικότητα του Μέσου Μετάδοσης. Ικανότητα χρησιμοποίησης της τεχνικής WDM στην οπτική Ίνα. Η WDM παρέχει πολλές εικονικές ίνες σε μια ενιαία φυσική ίνα. Με τη εκπομπή κάθε σήματος σε διαφορετική συχνότητα, μπορούν να σταλούν πολλά σήματα σε μια ίνα.

➔ **Δυνατότητα αποκατάστασης:** Η όλο και πολυπλοκότερη σχεδίαση δικτυων αυξησε την αναγκη γρηγορης αποκαταστασης σε περιπτωση βλαβης. Με την εκτέλεση της αποκατάστασης στο οπτικό επίπεδο παρά στο ηλεκτρικό, τα οπτικά δίκτυα μπορούν να εκτελέσουν την προστασία μεταγωγής γρηγορότερα και οικονομικότερα. Ακόμα υλοποιώντας οπτικά δίκτυα, μπορούν να προστεθουν ικανότητες αποκατάστασης σε ενσωματωμένα ασύγχρονα συστήματα χωρίς πρώτα να αναβαθμιστούν.

➔ **Μειωμένο κόστος:** χρησιμοποίηση λιγοτερων ηλεκτρικων κομβων για την διαχειριση των μηκων κύματος των σημάτων. Επιπλέον η διαχείριση του δικτύου απλοποιείται.

Προηγμένες οπτικές τεχνολογίες



- ★ **Ευρυζωνικό WDM:** Το 1994, χρησιμοποιώντας δικωνικούς συζευκτήρες, δύο σήματα θα μπορούσαν να συνδυαστούν στην ίδια ίνα.
- ★ **Erbium-doped οπτικός ενισχυτής:** Με τη πρόσμιξη ενός μικρού σκέλους της οπτικής ίνας με ένα σπάνιο μέταλλο, όπως το έρβιο, το οπτικό σήμα θα μπορούσε να ενισχύεται χωρίς τη μετατροπή του σε μια ηλεκτρική βαθμίδα. Ο ενισχυτής παρέχει έτσι τεράστια μείωση κόστους για ηλεκτρικούς αναμεταδότες, ειδικά σε μεγάλης απόστασης δίκτυα.
- ★ **Οπτικοί ενισχυτές:** Η απόδοση των οπτικών ενισχυτών βελτιώνεται σημαντικά παρέχοντας σημαντικά χαμηλότερο θόρυβο και μεγαλύτερο κέρδος, κάτι που συμβαίνει κυρίως στα συστήματα DWDM. Η συνολική ισχύς των ενισχυτών έχει επίσης αυξηθεί σταθερά, με ενισχυτές που πλησιάζουν τα + 20 dBm, μέγεθος κατά πολύ μεγαλύτερο από αυτό που προσέφεραν οι πρώτοι ενισχυτές.

- ✦ **Dense Wavelength Division Multiplexing (DWDM)**: Καθώς τα οπτικά φίλτρα και η τεχνολογία των λέιζερ βελτιώνονται συνεχώς,
- Η δυνατότητα να συνδυαστούν περισσότερα από δύο μήκη κύματος σημάτων σε μια ίνα γίνεται πραγματικότητα.
 - Η τεχνολογία **DWDM** συνδυάζει πολλαπλάσια σήματα στην ίδια ίνα, που κυμαίνονται γύρω στα 40 ή 80 κανάλια.
 - Με την εφαρμογή των συστημάτων **DWDM** και των οπτικών ενισχυτών, τα δίκτυα μπορούν να παρέχουν ποικίλα ποσοστά δυαδικών ψηφίων και ν πλήθος καναλιών σε μια μόνο ίνα.
 - Τα μήκη κύματος που χρησιμοποιούνται κυμαίνονται περίπου στα 1.530 nm έως τα 1.565 nm.

✦ **Λέιζερ περιορισμένης ζώνης:**

- Προηγμένα λέιζερ με περιορισμένο εύρος ζώνης παρέχουν μια πολύ μικρή πηγή μήκους κύματος που αποτελεί ένα μοναδικό κανάλι στα οπτικά δίκτυα.
- Ανάλογα με το χρησιμοποιούμενο σύστημα, το λέιζερ μπορεί να είναι μέρος του **DWDM** συστήματος ή ενσωματωμένο στο δίκτυο **SONET**.

Λειτουργία ορομολόγησης μήκους κύματος

-Το βασικό στοιχείο στο οπτικό δίκτυο είναι το μήκος κύματος.

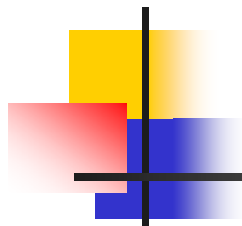
✦ Ένα από τα οφέλη των οπτικών δικτύων είναι ότι επιτρέπουν στη δικτυακή αρχιτεκτονική να είναι διαφορετική για κάθε μήκος κύματος.

✦ Η ευελιξία του να φορτώνεται στο δίκτυο ένα μήκος κύματος σε οποιοδήποτε χρόνο, έχει οδηγήσει σε δύο βασικές υπηρεσίες: την wavelength paths (WPs) και την virtual wavelength paths (VWPs).

➤ **Wavelength Path:** το σήμα εισέρχεται και παραμένει στο οπτικό επίπεδο με το ίδιο μήκος κύματος, χωρίς να αλλάξει σε διαφορετικό μήκος κύματος καθώς ταξιδεύει στο δίκτυο.

➤ **Virtual Wavelength Path:** με την WP περιορίζεται το εύρος ζώνης του δικτύου. Με την VWP, ένας αριθμός σημάτων μπορεί να ταξιδέψει με διαφορετικά μήκη κύματος σε όλο το δίκτυο. Το δίκτυο μπορεί να επαναχρησιμοποιήσει και να βελτιστοποιήσει μήκη κύματος παρέχοντας έτσι μεγαλύτερα ποσοστά χωρητικότητας του δικτύου.

Το μέλλον των οπτικών δικτύων



- ★ Συνεχείς πρόοδοι στην οπτική τεχνολογία υπόσχονται αλλαγές καθώς το οπτικό δίκτυο εξελίσσεται με ταχύτατους ρυθμούς.
- ★ Η τεχνολογία στο επίπεδο της οπτικής θα αυξήσει τη χωρητικότητα των δικτύων και θα επιτρέψει μόνο σε μια ίνα τη μεταφορά δεδομένων πάνω από 40 φορές περισσότερο από ότι σε ένα συμβατικό δίκτυο.
- ★ Αυτό θα οδηγήσει τελικά σε χαμηλότερες τιμές και ο ανταγωνισμός στην αγορά θα εξασφαλίσει πιο προσιτό εύρος ζώνης.
- ★ Οι καταναλωτές θα έχουν πρόσβαση σε υπηρεσίες που σήμερα θεωρούνται απαγορευτικά ακριβές, το ηλεκτρονικό εμπόριο θα διευκολύνει την διακίνηση των προϊόντων, ενώ η επικοινωνία των ανθρώπων θα αλλάξει ριζικά.
- ★ Στην ουσία, τα τεχνολογικά επιτεύγματα πάνω στην οπτική θα βελτιώσουν τον τρόπο που ζούμε.