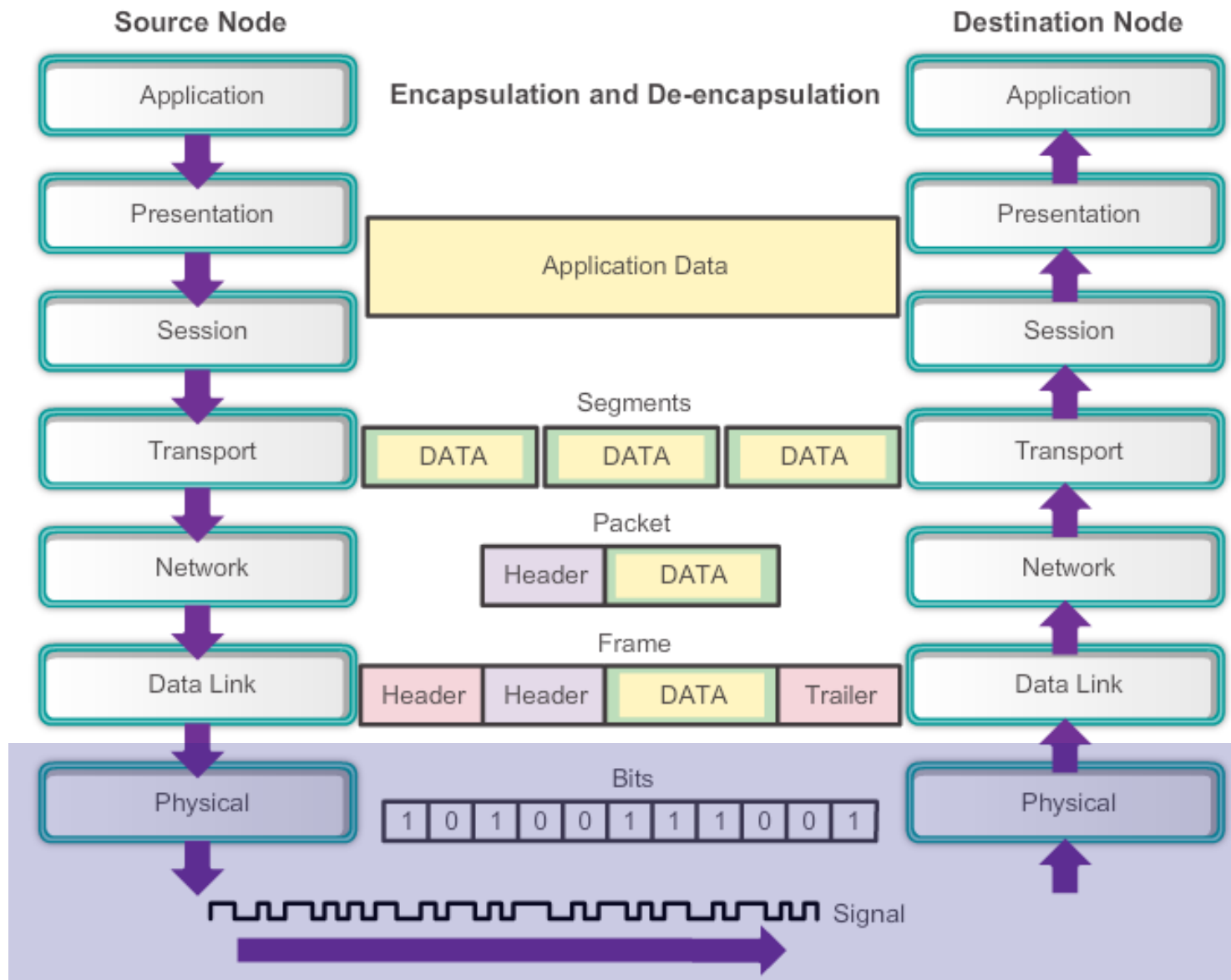


Φυσικό Επίπεδο (Physical Layer)

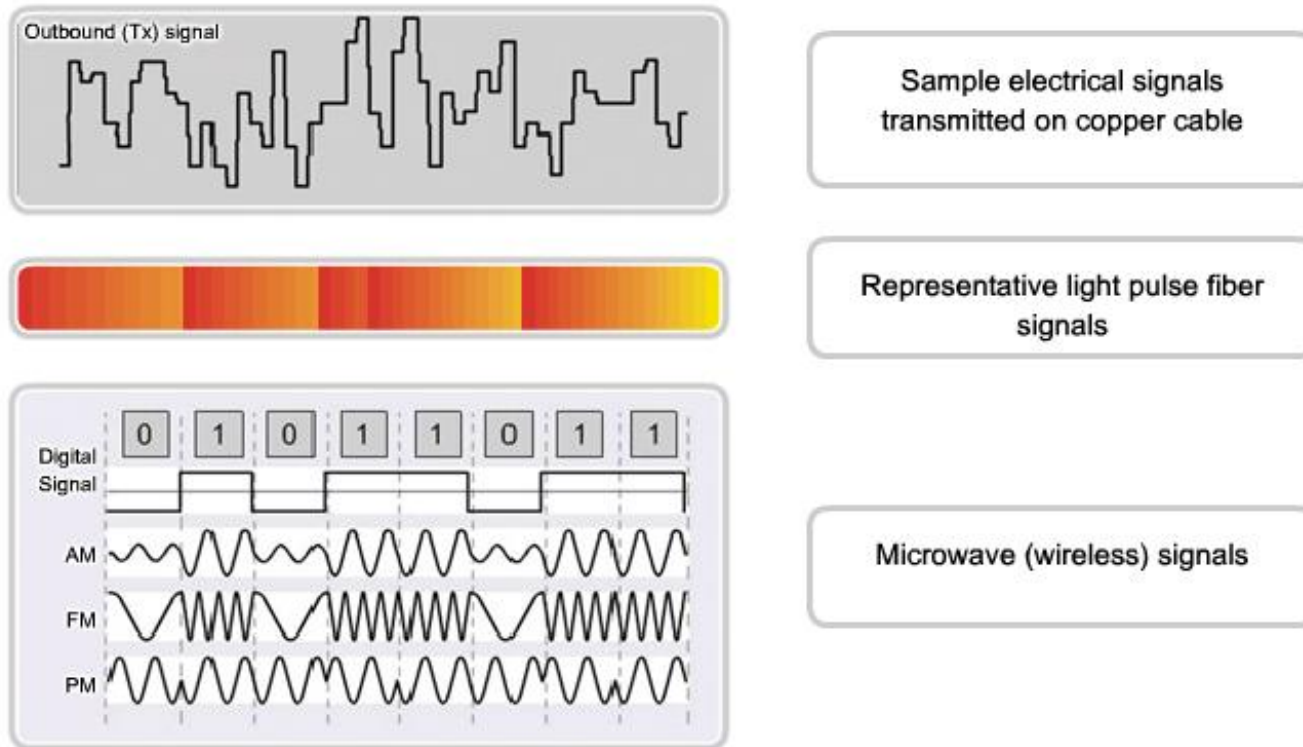
Καλωδιακά συστήματα
Δομημένη καλωδίωση
(Structure cabling)

Το Φυσικό Επίπεδο



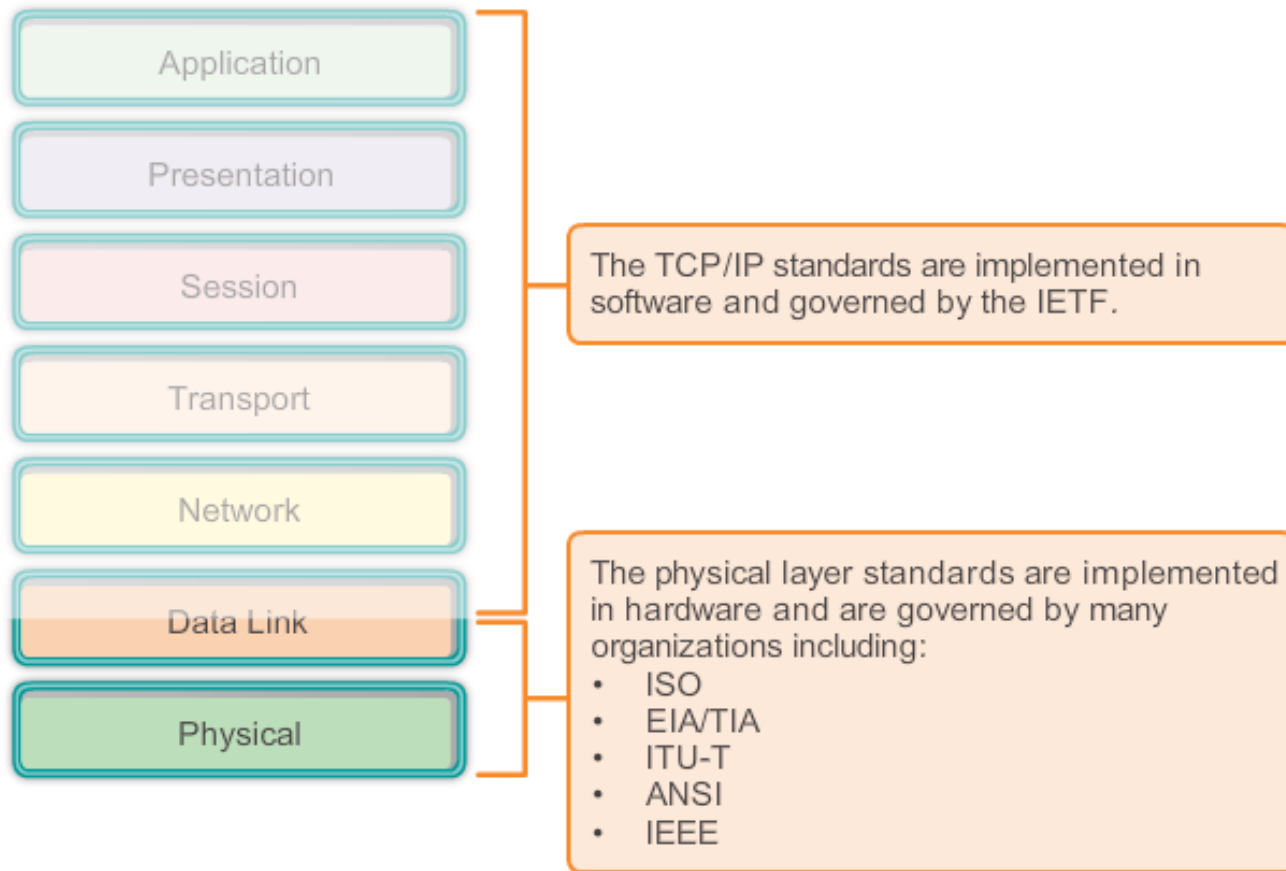
Το φυσικό επίπεδο (OSI) ασχολείται με την μεταφορά των bits στο δικτυακό μέσο μεταφοράς (media).

Μέσα μεταφοράς του Φυσικού επιπέδου



- Το φυσικό επίπεδο δημιουργεί την αναπαράσταση και την ομαδοποίηση των bits για κάθε είδος μέσου μεταφοράς όπως:
- **Χάλκινο καλώδιο (copper cable):** Τα σήματα είναι μοτίβα (patterns) των ηλεκτρικών παλμών.
- **Οπτική ίνα (Fiber-optic cable):** Τα σήματα είναι μοτίβα του φωτός.
- **Ασύρματο (wireless):** Τα σήματα είναι μοτίβα των μικρο-κυματικών εκπομπών.

Πρότυπα του Φυσικού Επιπέδου



- Τα υψηλά επίπεδα OSI υλοποιούνται σε λογισμικό που σχεδιάζεται από μηχανικούς λογισμικού και υπολογιστών.
- Το μοντέλο TCP/IP έχει σχεδιαστεί από την ομάδα Internet Engineering Task Force (IETF) και περιγράφεται στα RFCs.

Πρότυπα του Φυσικού Επιπέδου

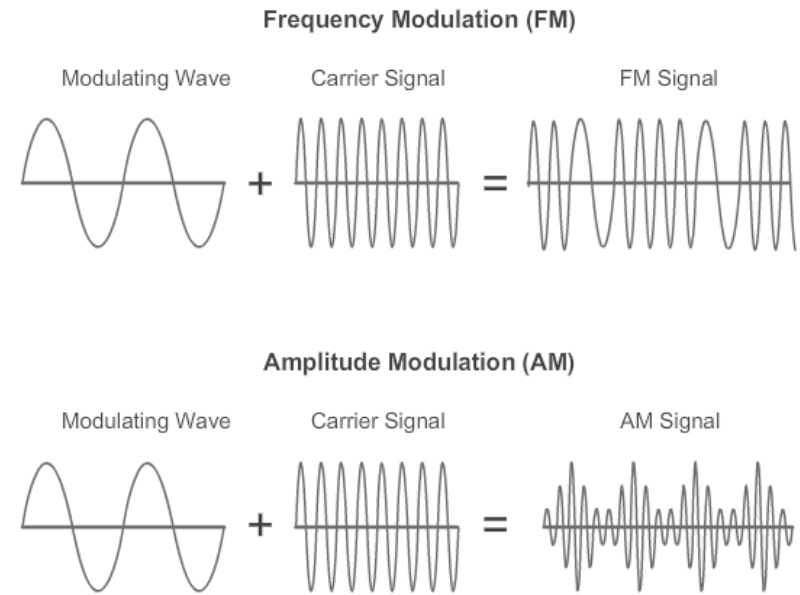
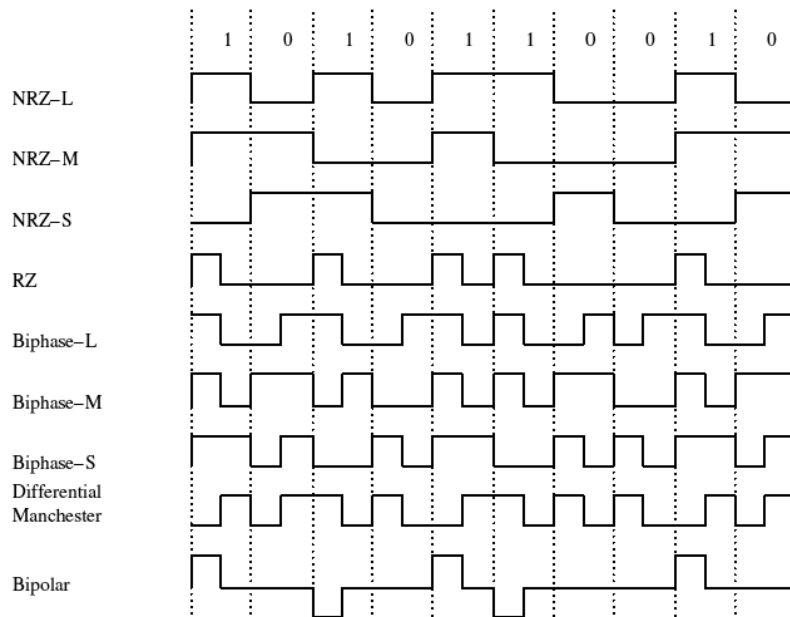
Standard organization	Δικτυακά Πρότυπα
ISO	<ul style="list-style-type: none">• ISO 8877: Officially adopted the RJ connectors (e.g., RJ-11, RJ-45)• ISO 11801: Network cabling standard similar to EIA/TIA 568.
EIA/TIA	<ul style="list-style-type: none">• TIA-568-C: Telecommunications cabling standards, used by nearly all voice, video and data networks.• TIA-569-B: Commercial Building Standards for Telecommunications Pathways and Spaces• TIA-598-C: Fiber optic color coding• TIA-942: Telecommunications Infrastructure Standard for Data Centers
ANSI	<ul style="list-style-type: none">• 568-C: RJ-45 pinouts. Co-developed with EIA/TIA
ITU-T	<ul style="list-style-type: none">• G.992: ADSL
IEEE	<ul style="list-style-type: none">• 802.3: Ethernet• 802.11: Wireless LAN (WLAN) & Mesh (Wi-Fi certification)• 802.15: Bluetooth

- Ποιος διαχειρίζεται τα πρότυπα του Φυσικού Επιπέδου;
- Διάφοροι διεθνείς και εθνικοί οργανισμοί, διάφοροι ρυθμιστικοί κρατικοί μηχανισμοί (αρχές) και ιδιωτικές εταιρείες.

Βασικά στοιχεία του Φυσικού Επιπέδου

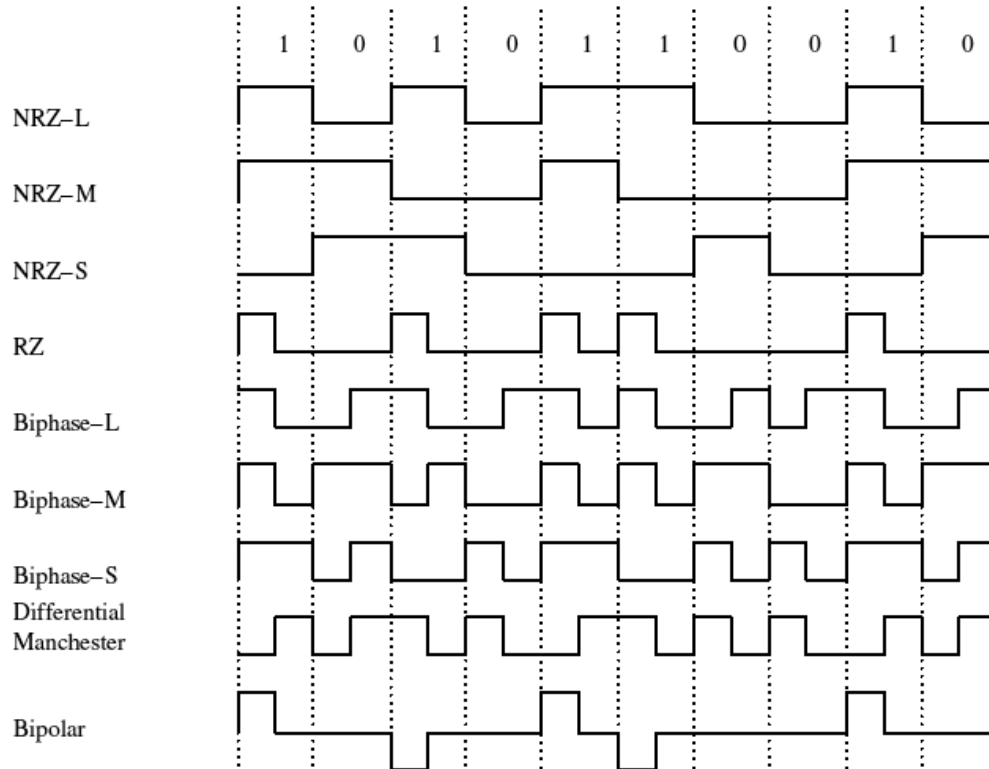
Μέσο μεταφοράς	Φυσικά Εξαρτήματα	Τεχνική κωδικοποίησης πλαισίου (frame)	Μέθοδος Σηματοδότησης
Copper cable	<ul style="list-style-type: none">• UTP• Coaxial• Connectors• NICs• Ports• Interfaces	<ul style="list-style-type: none">• Manchester Encoding• Non-Return to Zero (NRZ) techniques• 4B/5B codes are used with Multi-Level Transition Level 3 (MLT-3) signaling• 8B/10B• PAM5	<ul style="list-style-type: none">• Αλλαγές στο ηλεκτρομαγνητικό πεδίο• Ένταση (intensity) του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου• Φάση (phase) του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου
Fiber Optic cable	<ul style="list-style-type: none">• Single-mode Fiber• Multimode Fiber• Connectors• NICs• Interfaces• Lasers and LEDs• Photoreceptors	<ul style="list-style-type: none">• Pulses of light• Wavelength multiplexing using different colors	<ul style="list-style-type: none">• Ένας παλμός ισούται με 1.• Όχι παλμός ισούται με 0.
Wireless media	<ul style="list-style-type: none">• Access Points• NICs• Radio• Antennae	<ul style="list-style-type: none">• DSSS (direct-sequence spread-spectrum)• OFDM (orthogonal frequency division multiplexing)	<ul style="list-style-type: none">• Ράδιο κύματα

Βασικά στοιχεία του Φυσικού Επιπέδου



- **Κωδικοποίηση (Encoding ή line encoding)** – Μέθοδος μετατροπής μιας ροής δεδομένων bits σε προκαθορισμένους κώδικες (codes).
- **Σηματοδότηση (Signaling)** – Το φυσικό μέσο πρέπει να παράγει τα ηλεκτρικά, οπτικά ή ασύρματα σήματα που απεικονίζουν το "1" και το "0" πάνω στο μέσο μεταφοράς.

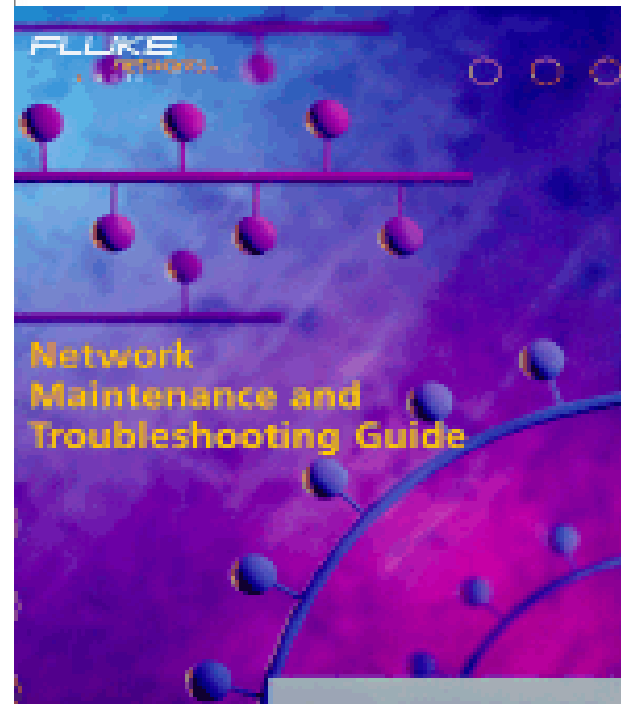
Κωδικοποίηση & Σηματοδότηση



Gilbert Held



Understanding Data Communications, Seventh Edition

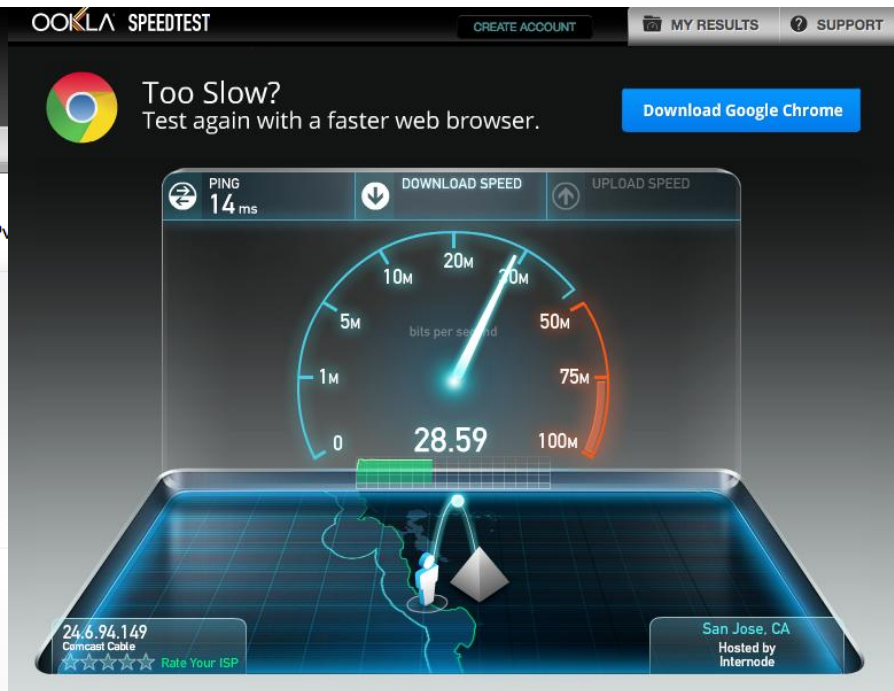
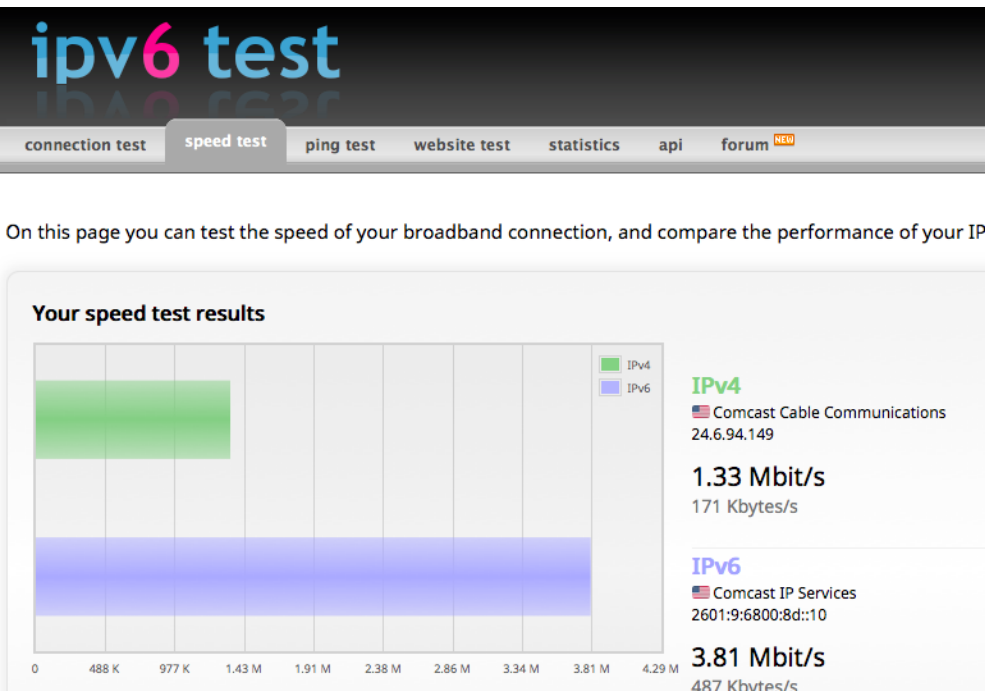


Εύρος Ζώνης - Bandwidth

Unit of Bandwidth	Abbreviation	Equivalence
Bits per second	bps	1 bps = fundamental unit of bandwidth
Kilobits per second	kbps	1 kbps = 1,000 bps = 10^3 bps
Megabits per second	Mbps	1 Mbps = 1,000,000 bps = 10^6 bps
Gigabits per second	Gbps	1 Gbps = 1,000,000,000 bps = 10^9 bps
Terabits per second	Tbps	1 Tbps = 1,000,000,000,000 bps = 10^{12} bps

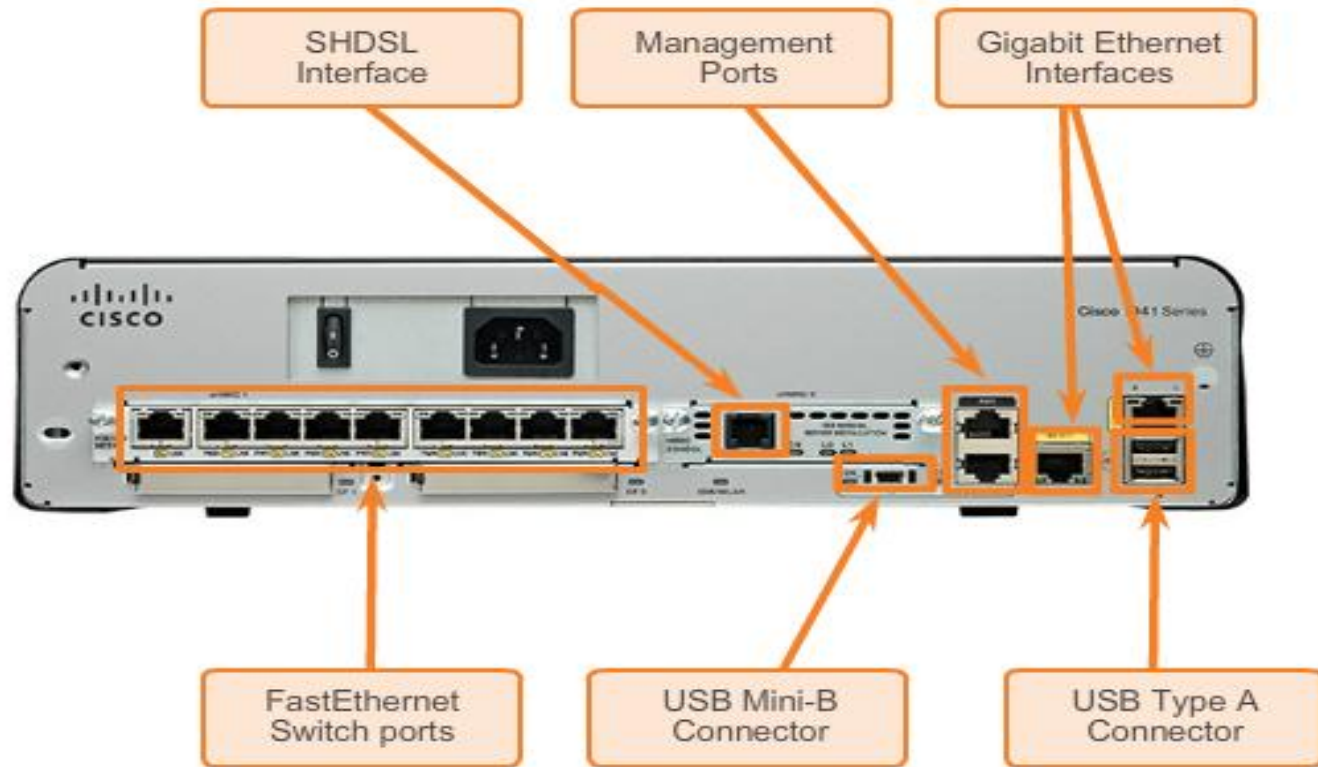
- Bandwidth είναι η δυνατότητα ενός μέσου μεταφοράς (media) να μεταφέρει δεδομένα (data bits).
- Τυπικά μετράται σε kilobits ανά second (Kbps) ή megabits ανά second (Mbps).

Ρυθμός Απόδοσης - Throughput



- **Throughput** είναι η μέτρηση της μεταφοράς των bits πάνω στο μέσο μεταφοράς σε μία δεδομένη χρονική στιγμή.
- Λόγω διαφόρων παραγόντων ο ρυθμός απόδοσης δεν αντιστοιχεί με το συγκεκριμένο εύρο ζώνης των διαφόρων υλοποιήσεων του φυσικού επιπέδου.
- <http://www.speedtest.net/>
- <http://ipv6-test.com/speedtest/>

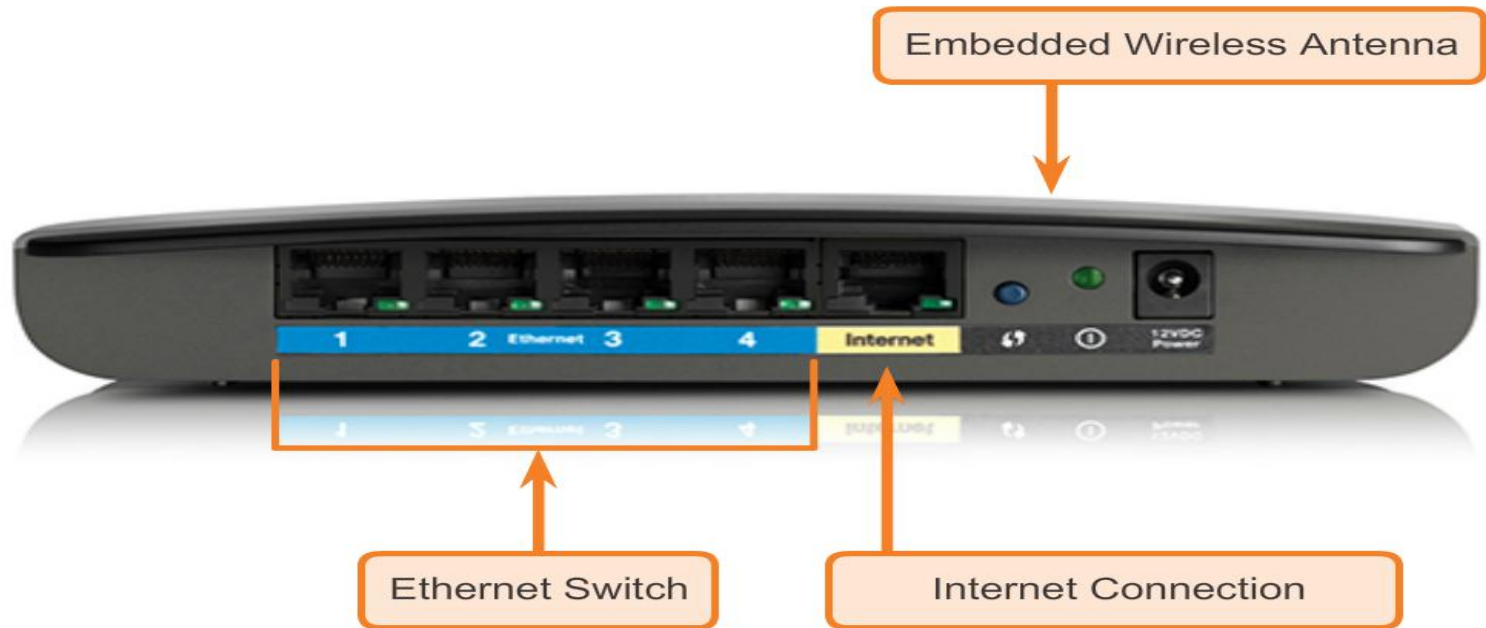
Τύποι Διεπαφών (i/f) του μέσου μεταφοράς



Διάφοροι τύποι διεπαφών (interfaces) και θυρών (ports) διαθέσιμοι σε ένα μικρό router.

Σύνδεση στο δίκτυο

Home Router



Μία φυσική σύνδεση μπορεί να είναι καλωδιακή ή ασύρματη.

Σύνδεση στο δίκτυο



- Switches και wireless access points είναι δύο ξεχωριστές και εξειδικευμένες συσκευές που συνδέονται σε ένα router.

Σύνδεση στο δίκτυο

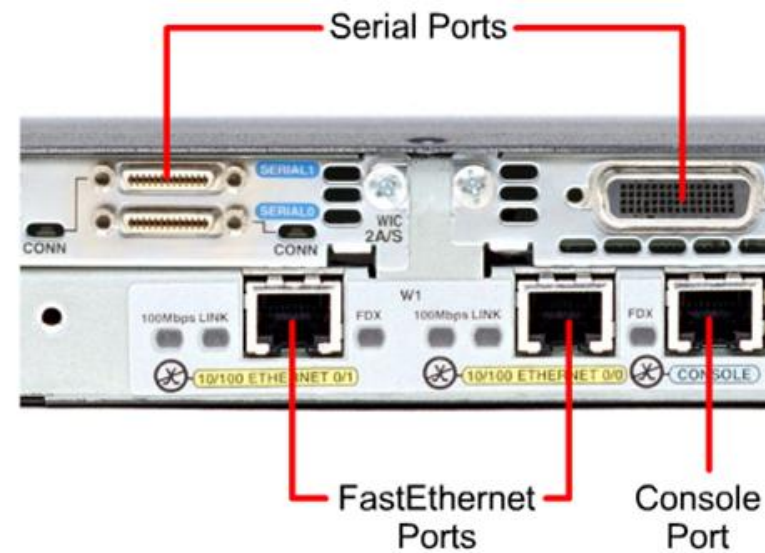
Connecting to the Wired LAN

Connect your computer to the Ethernet port (1, 2, 3, or 4).



- Συνήθως είναι μια ολοκληρωμένη συσκευή (integrated service routers - ISRs).

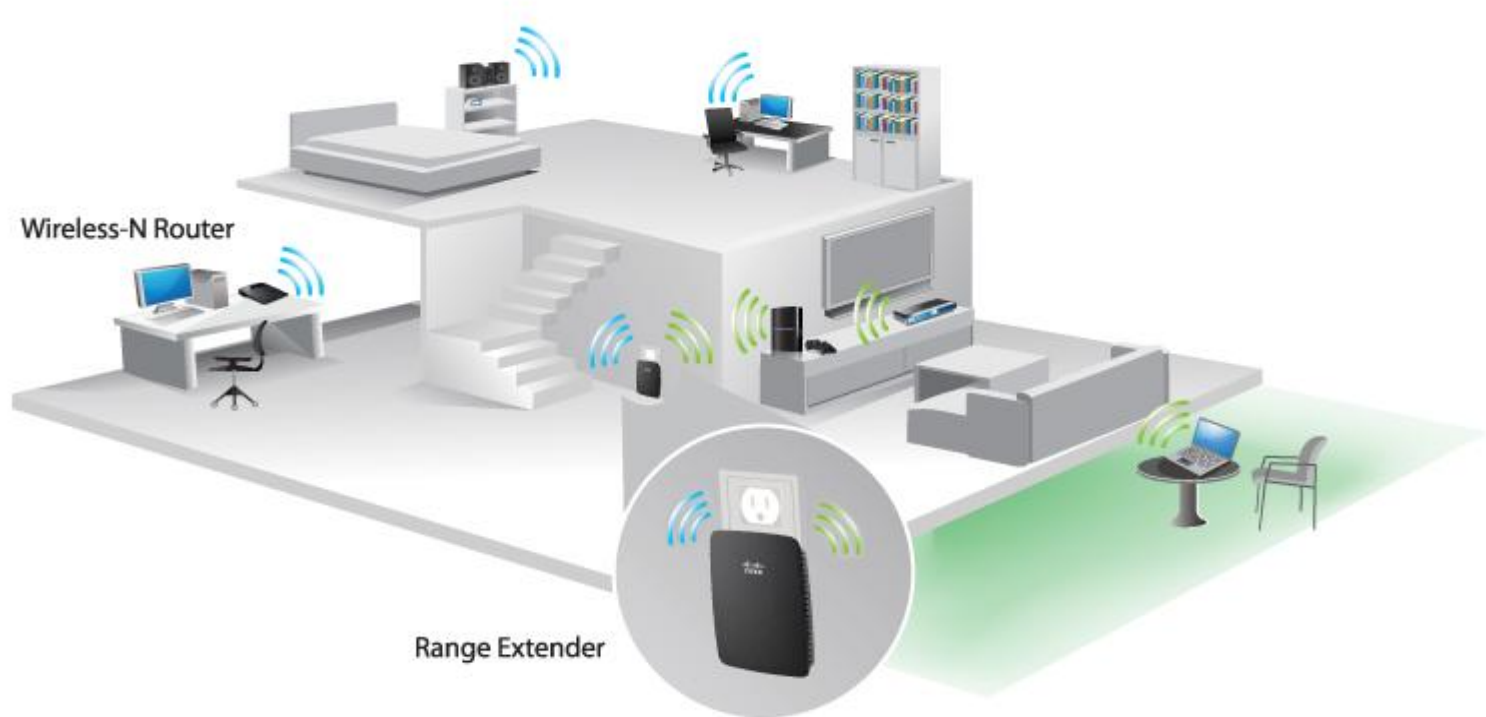
Network Interface Cards



- Network Interface Cards (NICs) συνδέουν μια συσκευή στο δίκτυο.
- Ethernet NICs χρησιμοποιούνται για την καλωδιακή σύνδεση ενώ οι WLAN (Wireless Local Area Network) NICs χρησιμοποιούνται για την ασύρματη σύνδεση.

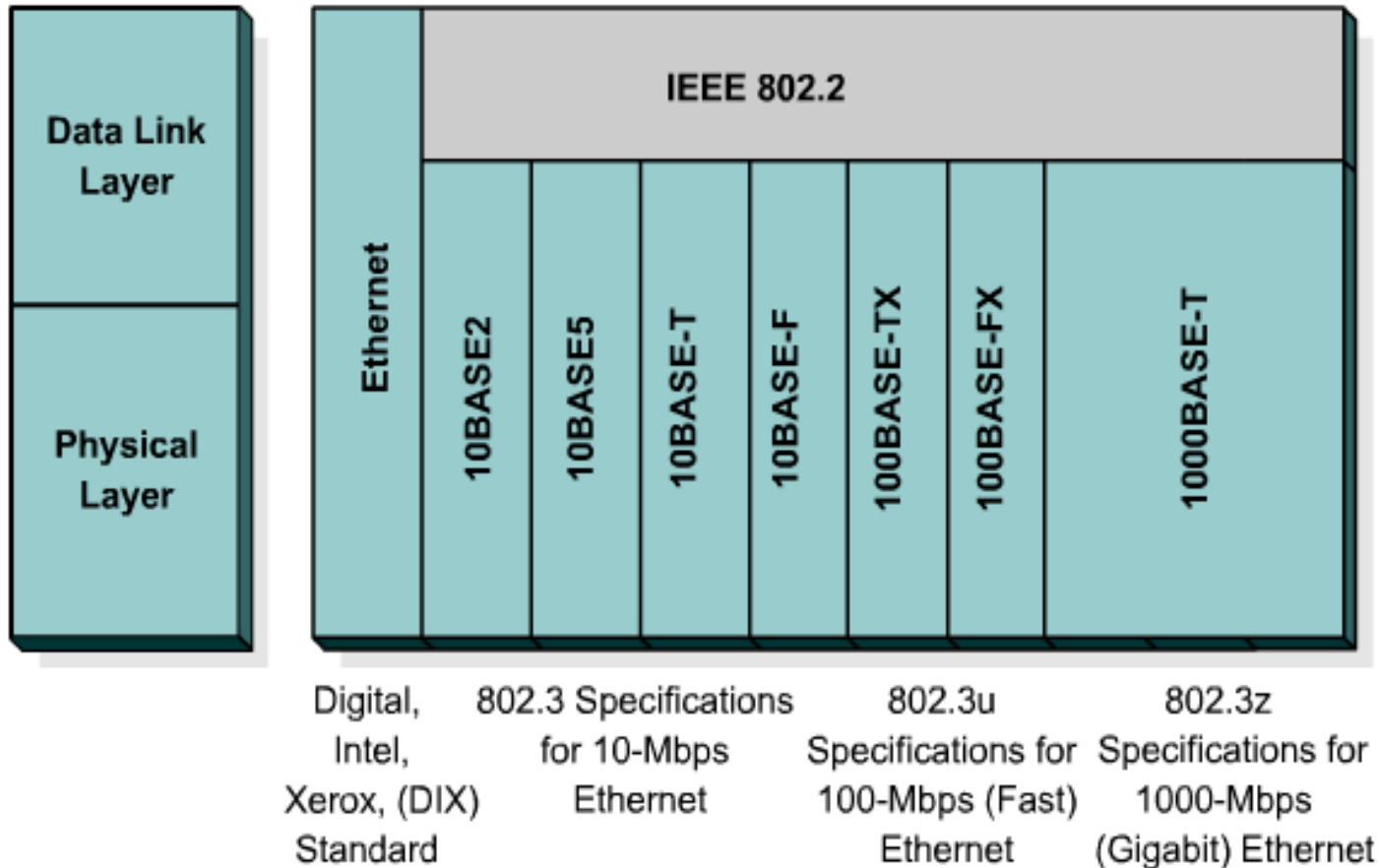
Network Interface Cards

Σύνδεση σε Ασύρματο LAN μέσω επέκτασης εμβέλειας (Range Extender)



- Οι ασύρματες συσκευές πρέπει να έχουν κοινόχρηστη πρόσβαση στο ασύρματο access point:
 - Μπορεί να παρατηρηθεί μειωμένη απόδοση του δικτύου
- Μια καλωδιακή συσκευή δεν χρειάζεται να μοιράζεται την πρόσβασή της:
 - Κάθε καλωδιωμένη συσκευή έχει ξεχωριστό κανάλι επικοινωνίας πάνω από το δικό της καλώδιο Ethernet.

Physical layer – 802.3 πρότυπα Ethernet



Ethernet σε ένα campus (π.χ. UNIWA)

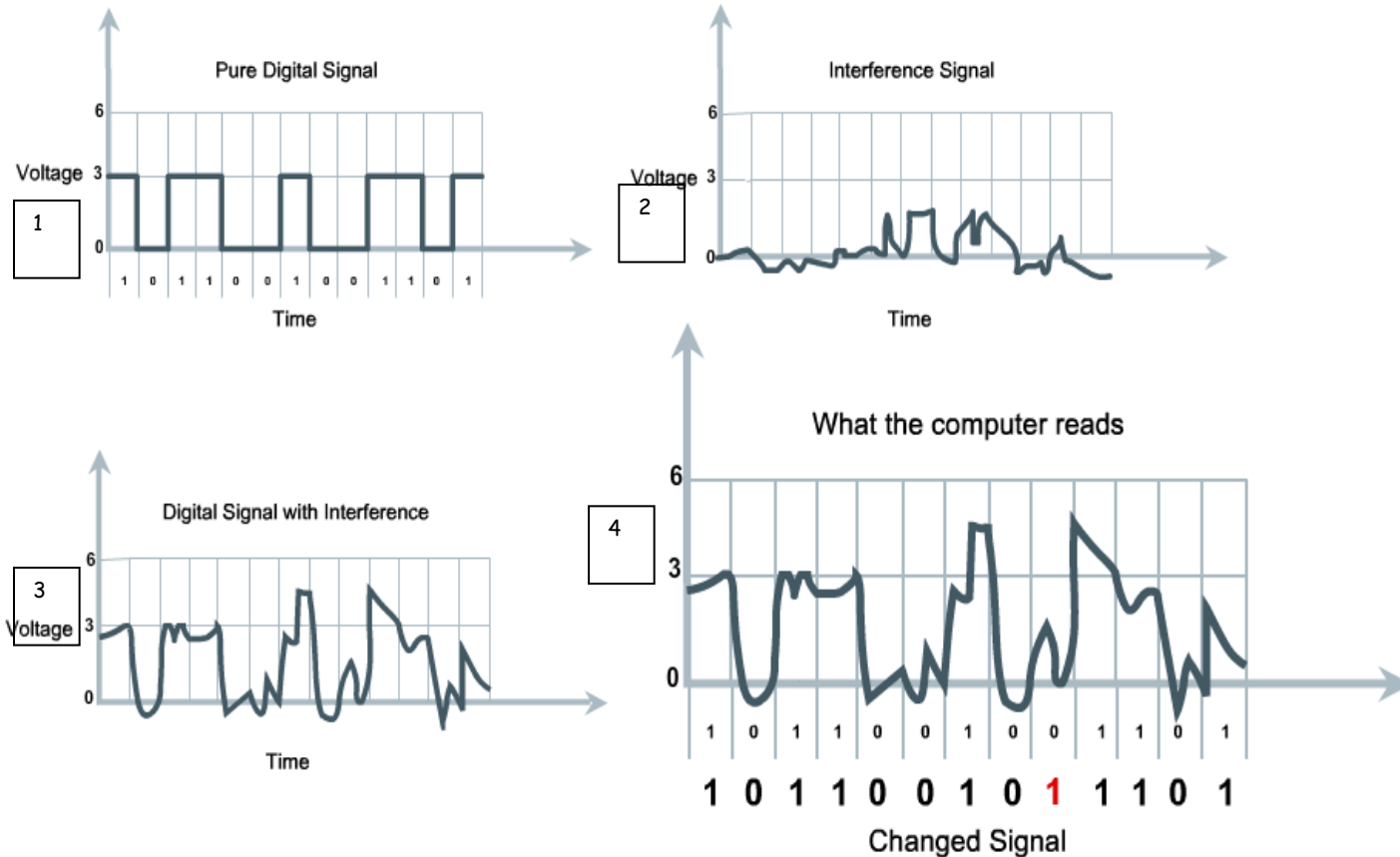
Επίπεδο Δικτύου	Fast Ethernet	Gigabit Ethernet
Επίπεδο τελικού χρήστη (End-user)	Προσφέρει στους Η/Υ διασύνδεση 100Mbps με servers	Δεν χρησιμοποιείται τυπικά σε αυτό το επίπεδο
Επίπεδο ομάδας (Workgroup)	End-user → workgroups Workgroup → backbone Server block → backbone	Προσφέρει υψηλή διασύνδεση στο enterprise server block
Επίπεδο δικτύου (Backbone)	Προσφέρει διασύνδεση από το workgroup server block στο δίκτυο κορμού	Προσφέρει δίκτυο κορμού υψηλών ταχυτήτων και διασυνδεσιμότητα δικτυακών συσκευών

Ethernet καλώδια και connectors

	10BASE2	10BASE5	10BASE-T	100BASE-TX	100BASE-FX	1000BASE-CX	1000BASE-T	1000BASE-SX	1000BASE-LX
Media	50-ohm coaxial (Thinnet)	50-ohm coaxial (Thicknet)	EIA/TIA Category 3, 4, 5 UTP, two pair	EIA/TIA Category 5 UTP, two pair	62.5/125 multimode fiber	STP	EIA/TIA Category 5 UTP, four pair	62.5/50 micro multimode fiber	62.5/50 micro multimode fiber; 9-micron single-mode fiber
Maximum Segment Length	185 m (606.94 feet)	500 m (1640.4 feet)	100 m (328 feet)	100 m (328 feet)	400 m (1312.3 feet)	25 m (82 feet)	100 m (328 feet)	275 m (853 feet) for 62.5 micro fiber; 550 m (1804.5 feet) for 50 micro fiber	440 m (1443.6 feet) for 62.5 micro fiber; 550 m (1804.5 feet) for 50 micro fiber; 3 to 10 km (1.86 to 6.2 miles) on single-mode fiber
Topology	Bus	Bus	Star	Star	Star	Star	Star	Star	Star
Connector	BNC	Attachment unit interface (AUI)	ISO 8877 (RJ-45)	ISO 8877 (RJ-45)	Duplex media interface connector (MIC) ST or SC connector	ISO 8877 (RJ-45)	ISO 8877 (RJ-45)	SC connector	SC connector

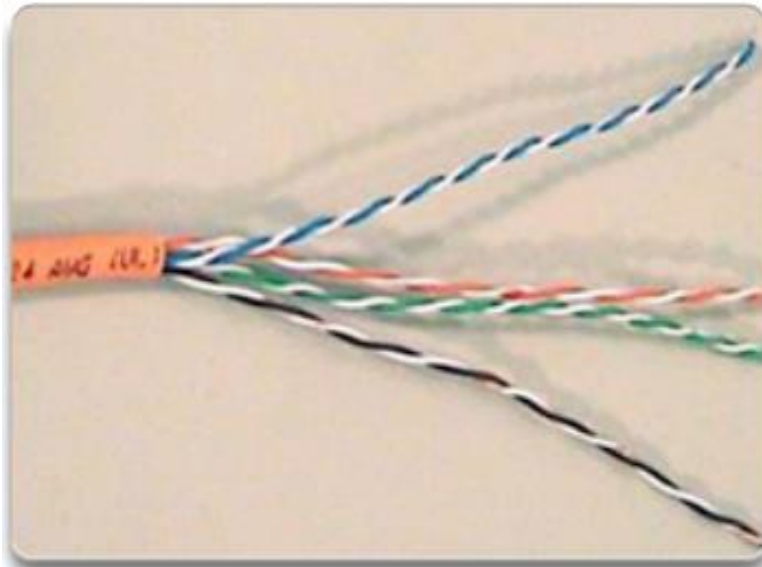
- Όλες οι προδιαγραφές είναι επιπέδου Layer 1
- Βασικοί παράγοντες που λαμβάνονται υπόψη...
 - κόστος
 - μήκος καλωδίου
 - ευκολία εγκατάστασης

Χαρακτηριστικά των χάλκινων μέσων μεταφοράς



- **Εξασθένηση σήματος (Signal attenuation)** – όσο μακρύτερα ταξιδεύει το σήμα τόσο αλλοιώνεται, είναι επιρρεπές στις παρεμβολές (interference)
- **Συνακρόαση (Crosstalk)** – μια διαταραχή από ηλεκτρικά ή μαγνητικά πεδία στο σήμα ενός καλωδίου μεταφέρεται στο σήμα του γειτονικού του καλωδίου.

Χάλκινο μέσο μεταφοράς



Unshielded Twisted-Pair (UTP) cable



Shielded Twisted-Pair (STP) cable



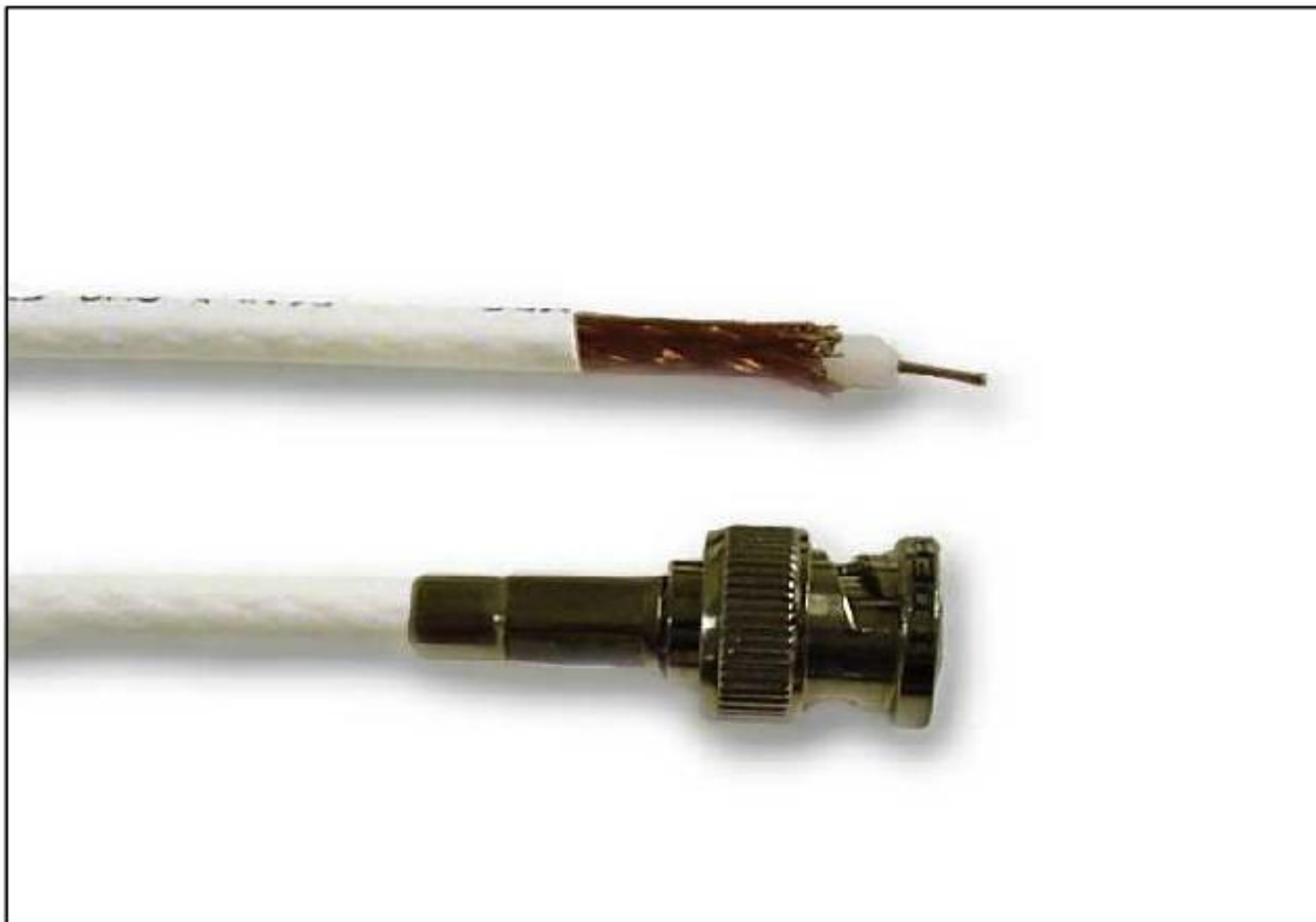
Coaxial cable

- Για **προστασία** από τα αρνητικά αποτελέσματα των διαφόρων τύπων **παρεμβολών** μερικά καλώδια συσκευάζονται μέσα σε **μεταλλική θωράκιση**.
- Για **προστασία** από τα αρνητικά αποτελέσματα του **crosstalk** μερικά καλώδια έχουν συνεστραμμένα τα διάφορα ζευγάρια των καλωδίων έτσι ώστε να αναιρείται η συνακρόαση.

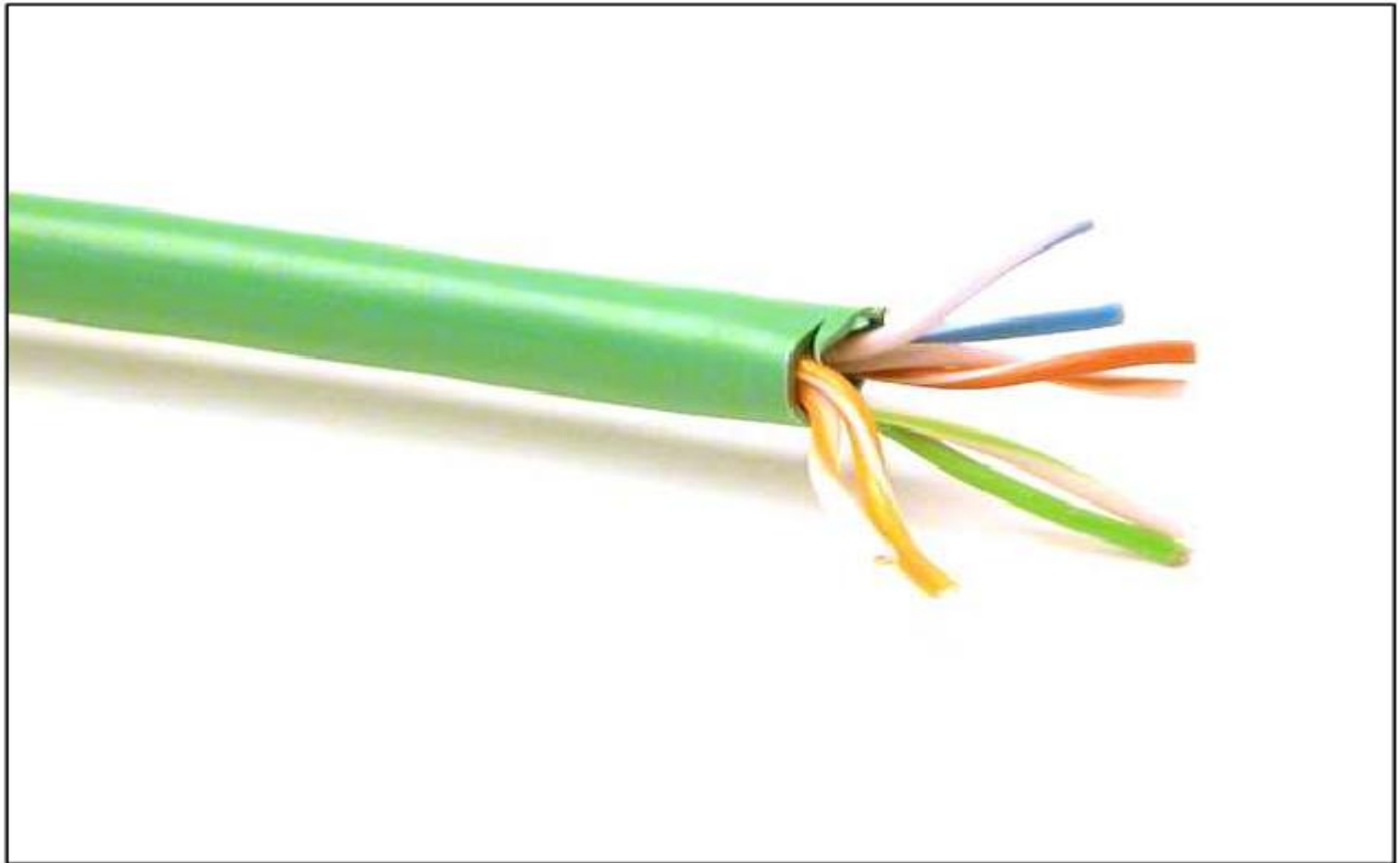
10Base5 Thicknet (Yellow cable) (Ομοαξονικό)



10Base2 50Ω Coaxial cable (Ομοαξονικό)

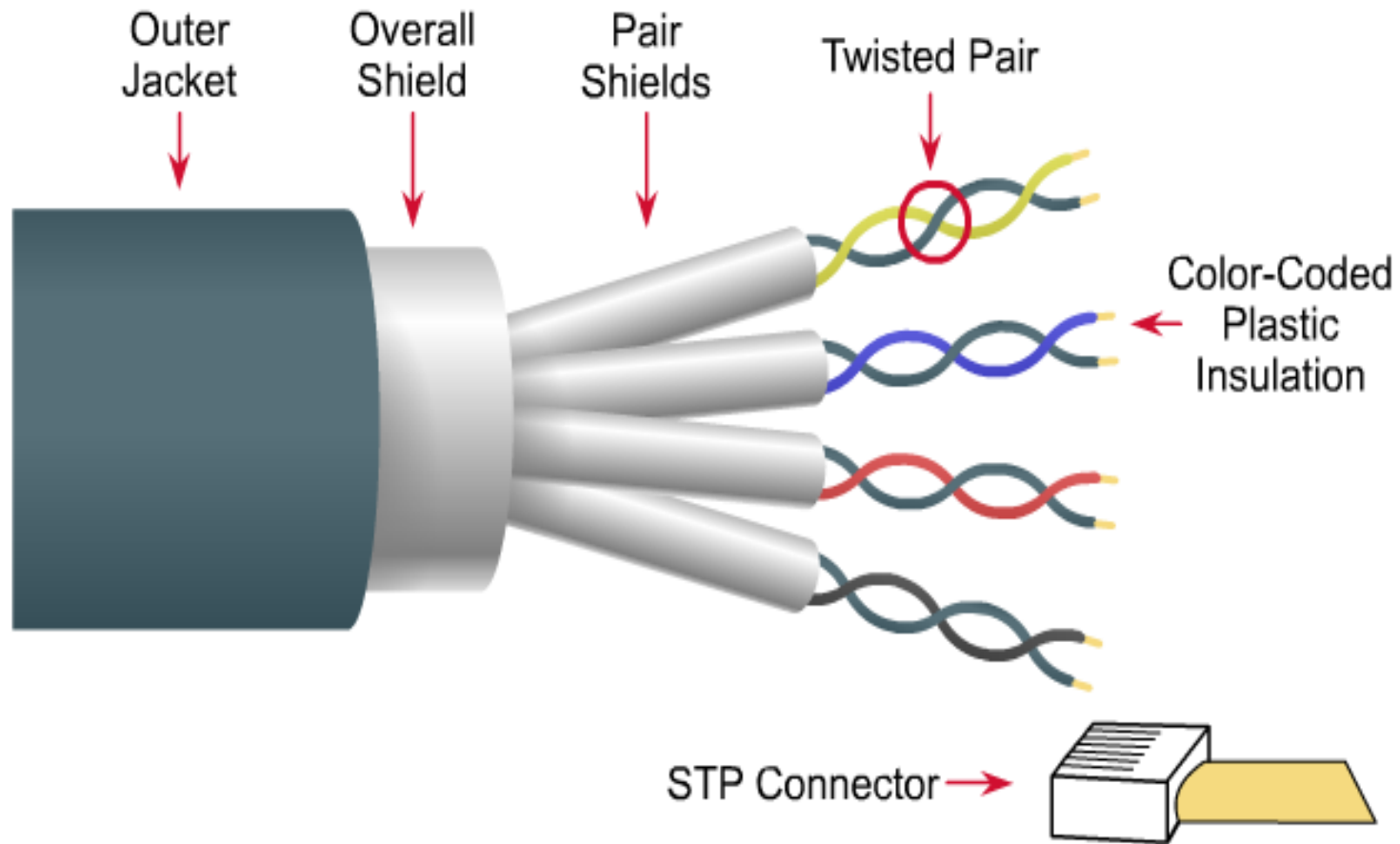


UTP cable (Αθωράκιστο συνεστραμμένων ζευγών)



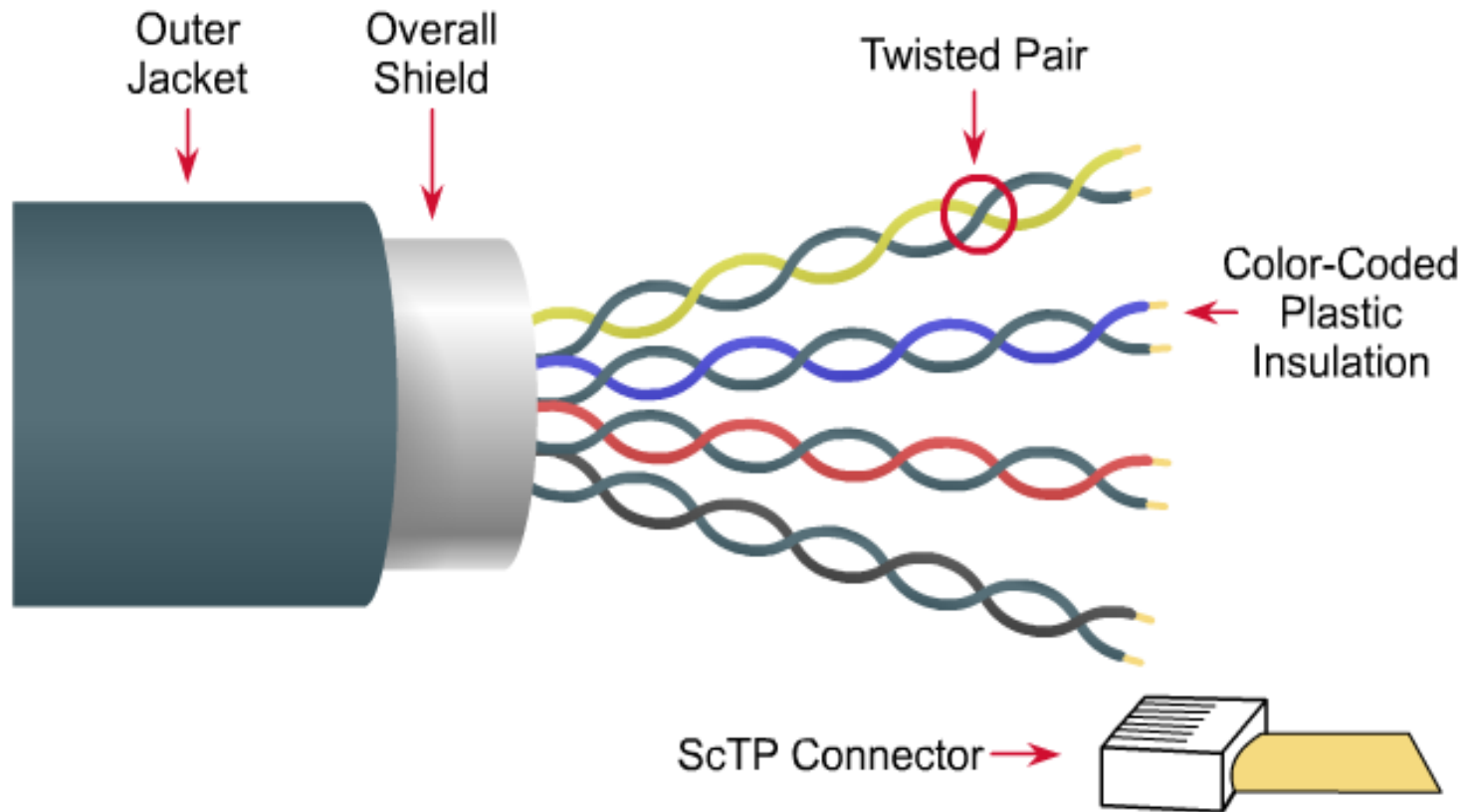
Shielded Twisted Pair (STP) cable

(Θωρακισμένα ζεύγη και συνολική θωράκιση)

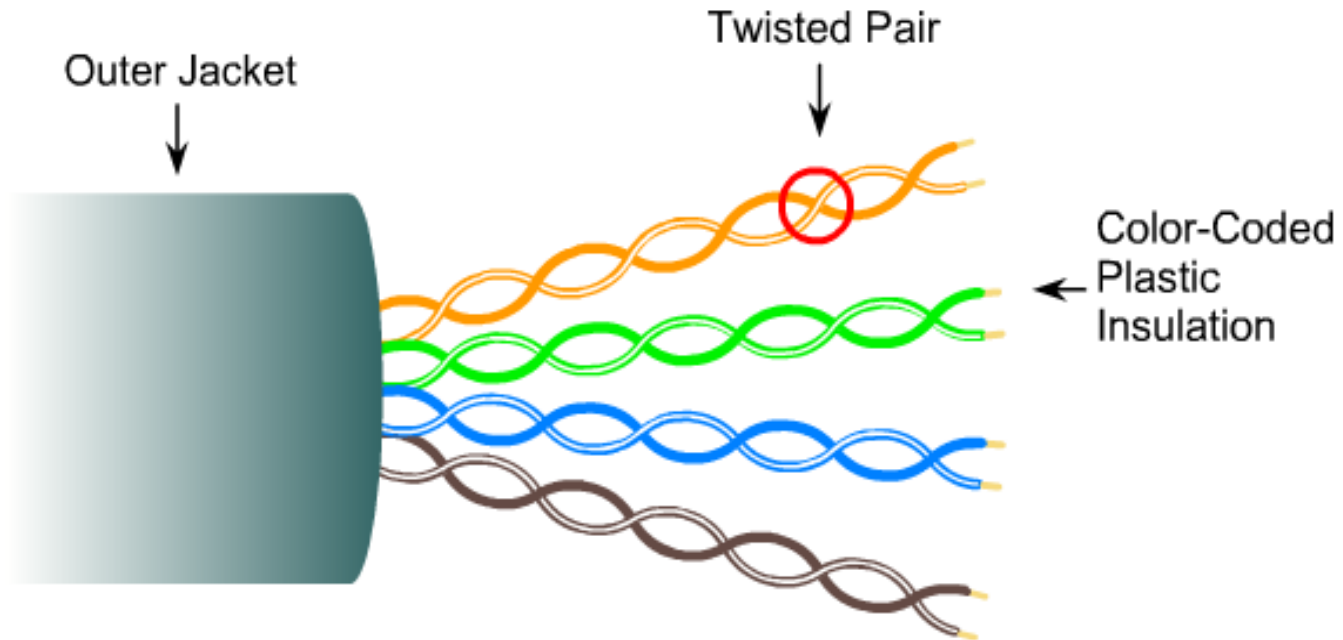


ScTP ή FTP (Foiled Twisted-Pair)

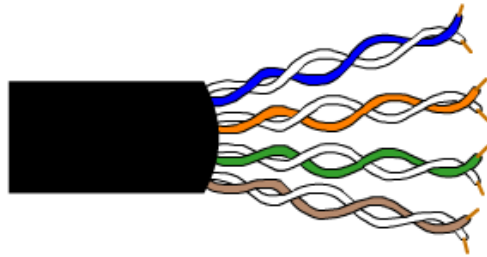
Συνολική θωράκιση μόνο



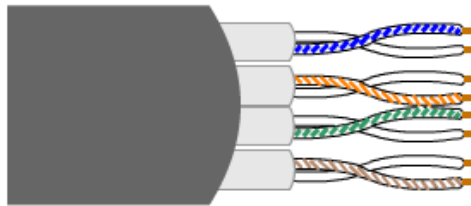
Unshielded Twisted Pair (UTP) (Αθωράκιστα συνεστραμμένα ζεύγη)



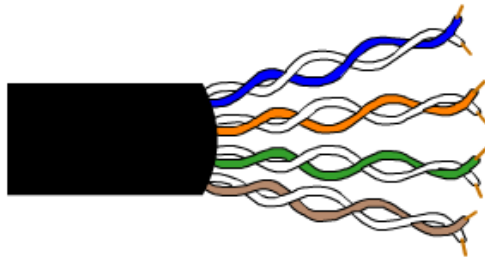
Πρότυπα UTP καλωδίωσης



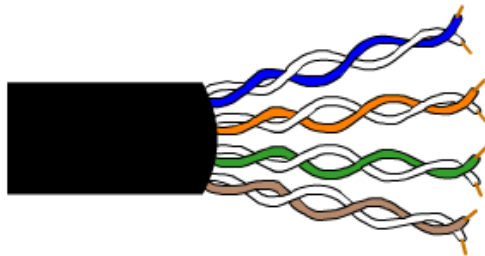
Category 3 Cable
(UTP)



Category 7 Cable
(ScTP)



Category 6 Cable
(UTP)

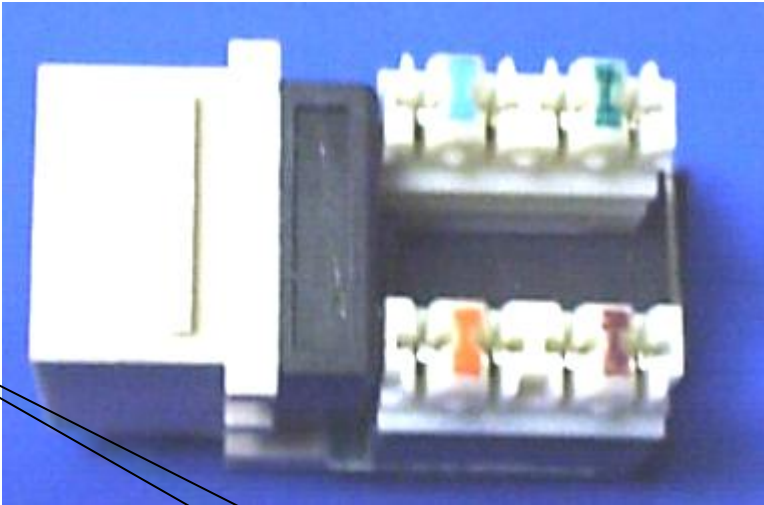
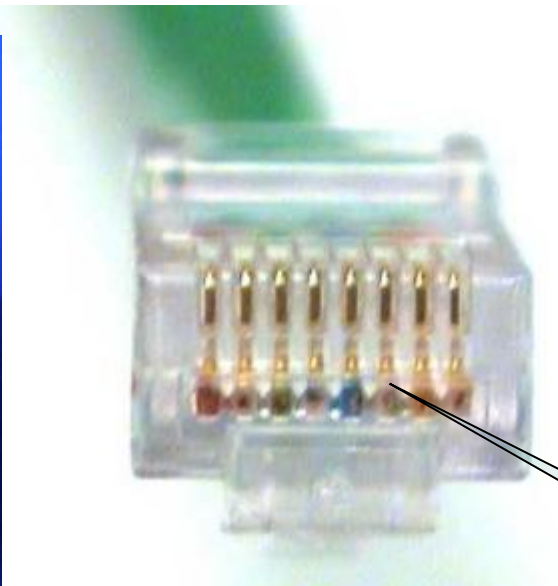


Category 5 and 5e
Cable (UTP)

Category 5 and 5e Cable (UTP)

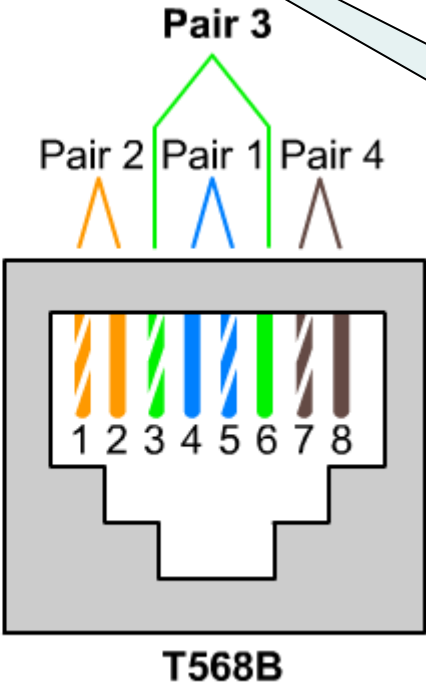
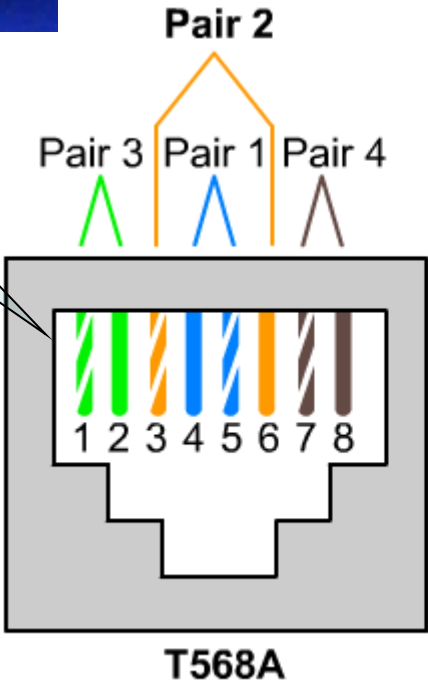
- Used for Data transmission
- Cat 5 supports 100 Mbps and can support 1000 Mbps but it is not recommended
- Cat 5e supports 1000 Mbps

RJ45 connector



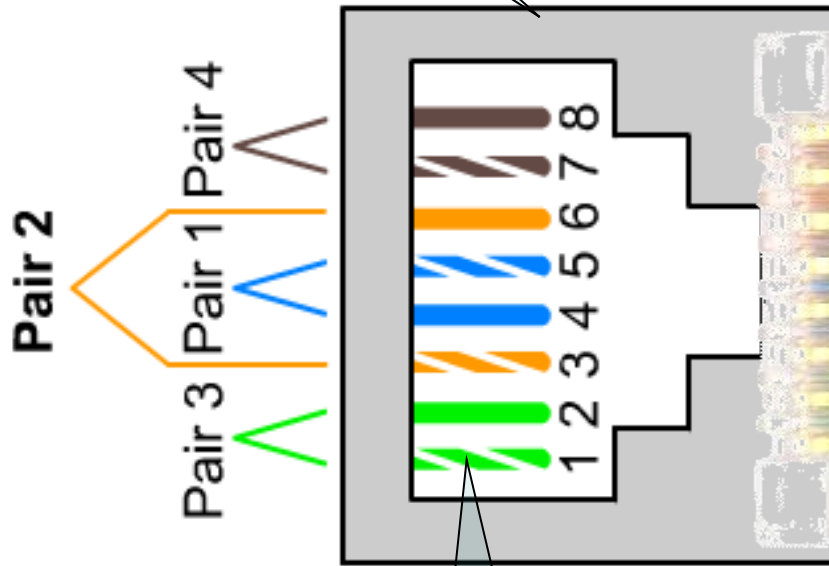
This is the Jack

This is the Connector

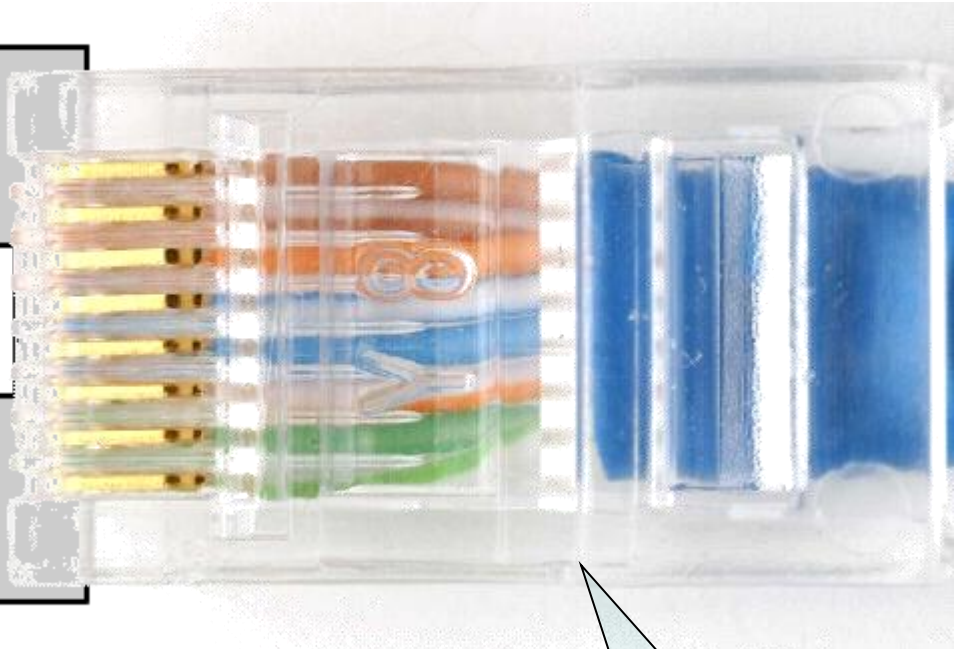


RJ45 connector - 568A

This is the Jack

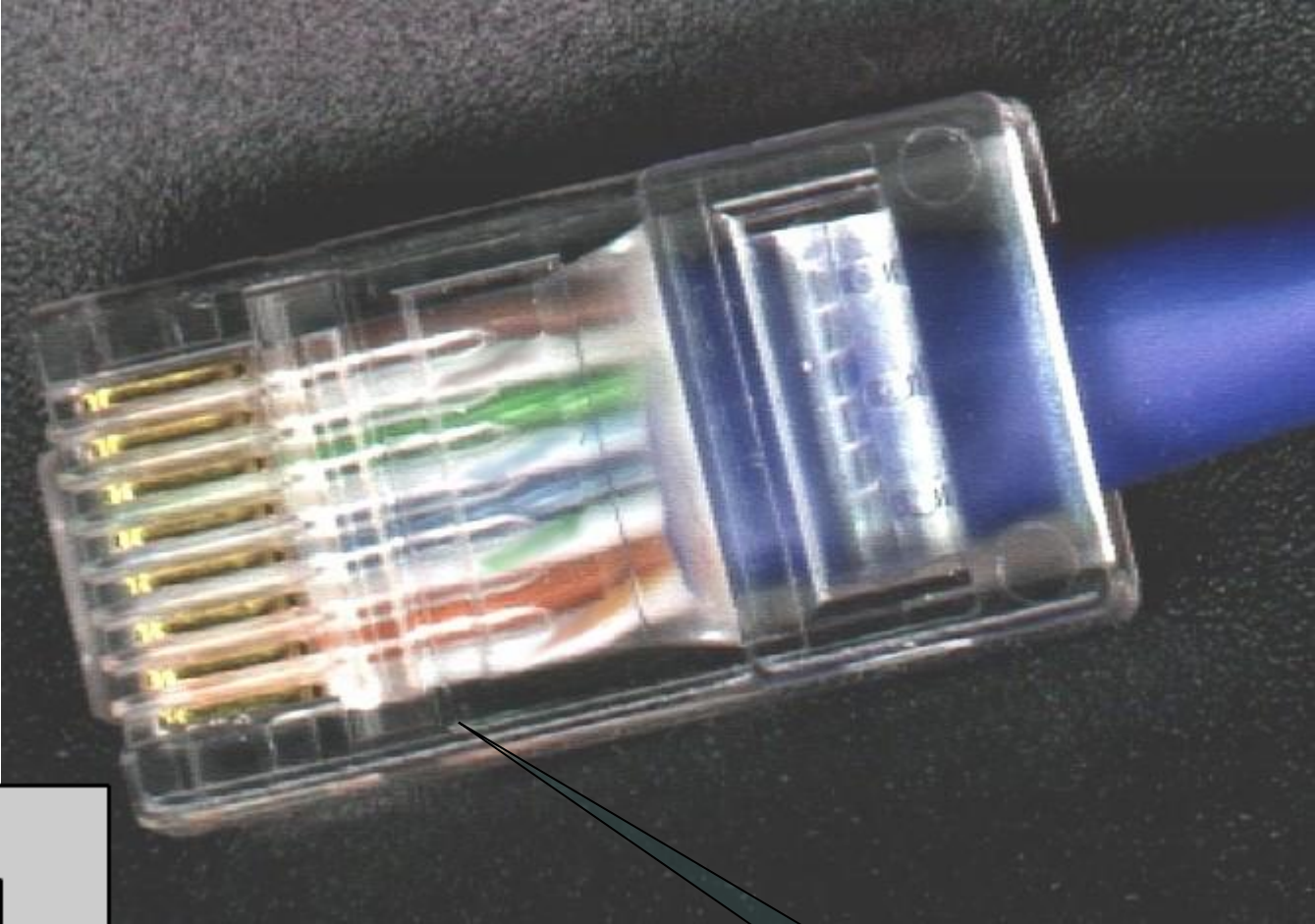


568A

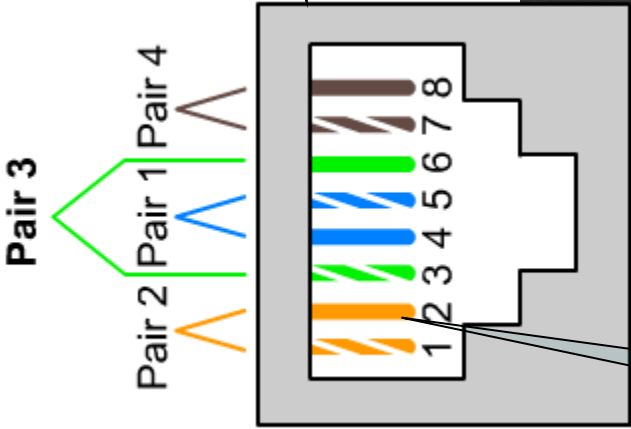


This is the Connector

RJ45 connector 568B



This is the
Jack



568B

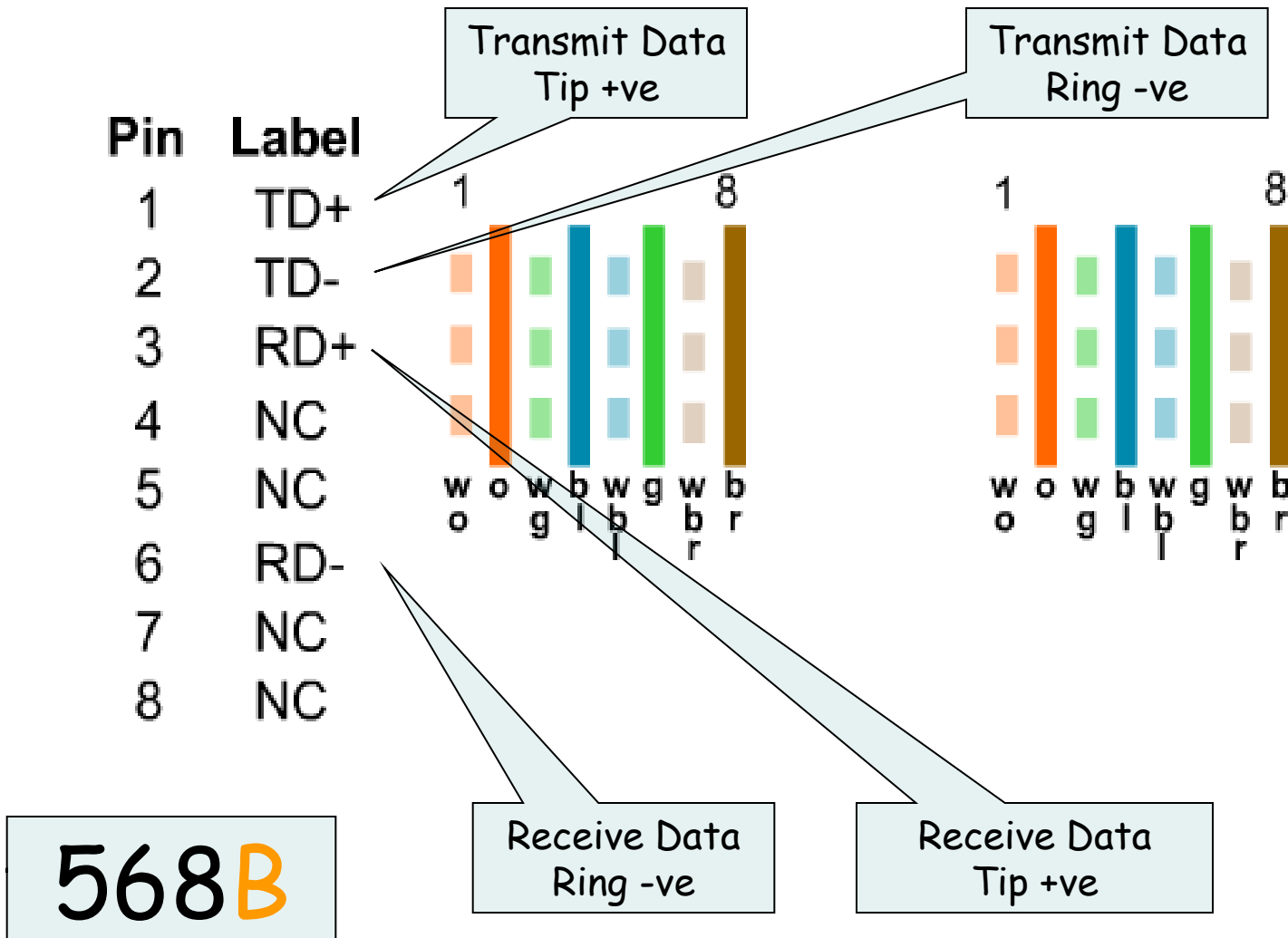
This is the
Connector

Σωστό μήκος
καλύμματος
(jacket)



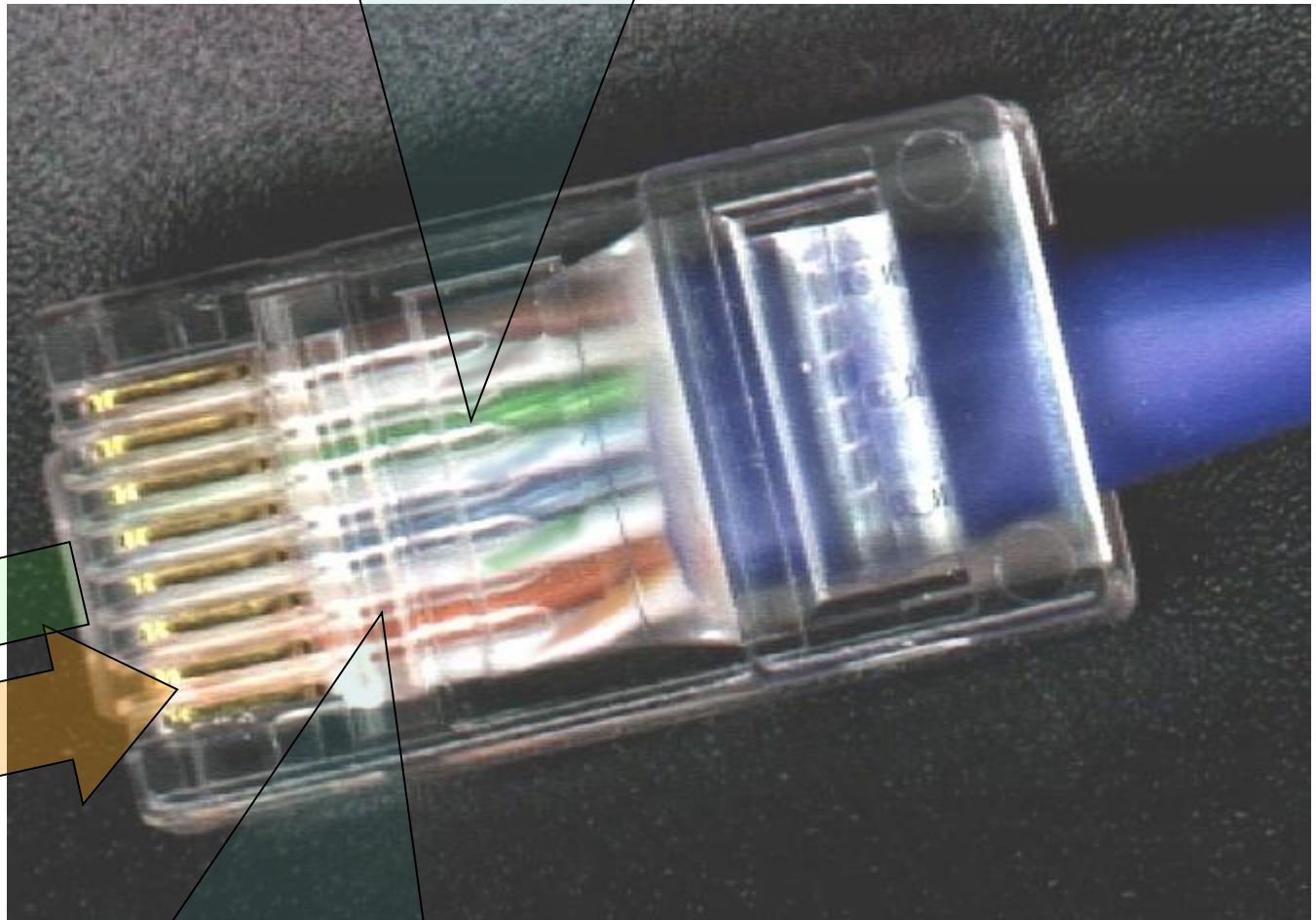
Πλαστικό κάλυμμα
σωστά πιασμένο

UTP συνδεσμολογία straight-through



Το σήμα αφήνει το καλώδιο και εισέρχεται στη κάρτα NIC
μέσω του **Πράσινου** ζεύγους.

568B



Το σήμα αφήνει την NIC κάρτα και εισέρχεται στο καλώδιο
μέσω του **Πορτοκαλί** ζεύγους.

Συνδέοντας παρόμοιες συσκευές με UTP crossover καλώδιο

Pin Label		Pin Label	
1	RD+	1	TD+
2	RD-	2	TD-
3	TD+	3	RD-
4	NC	4	NC
5	NC	5	NC
6	TD-	6	RD-
7	NC	7	NC
8	NC	8	NC

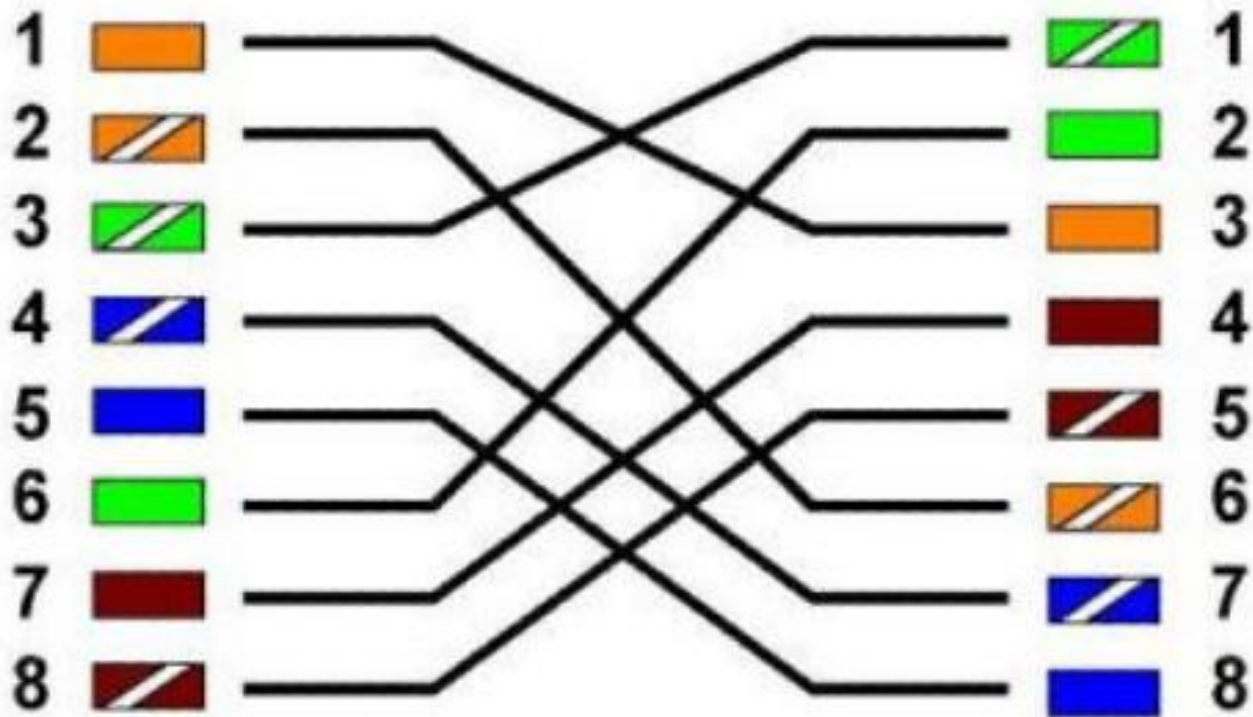


568B

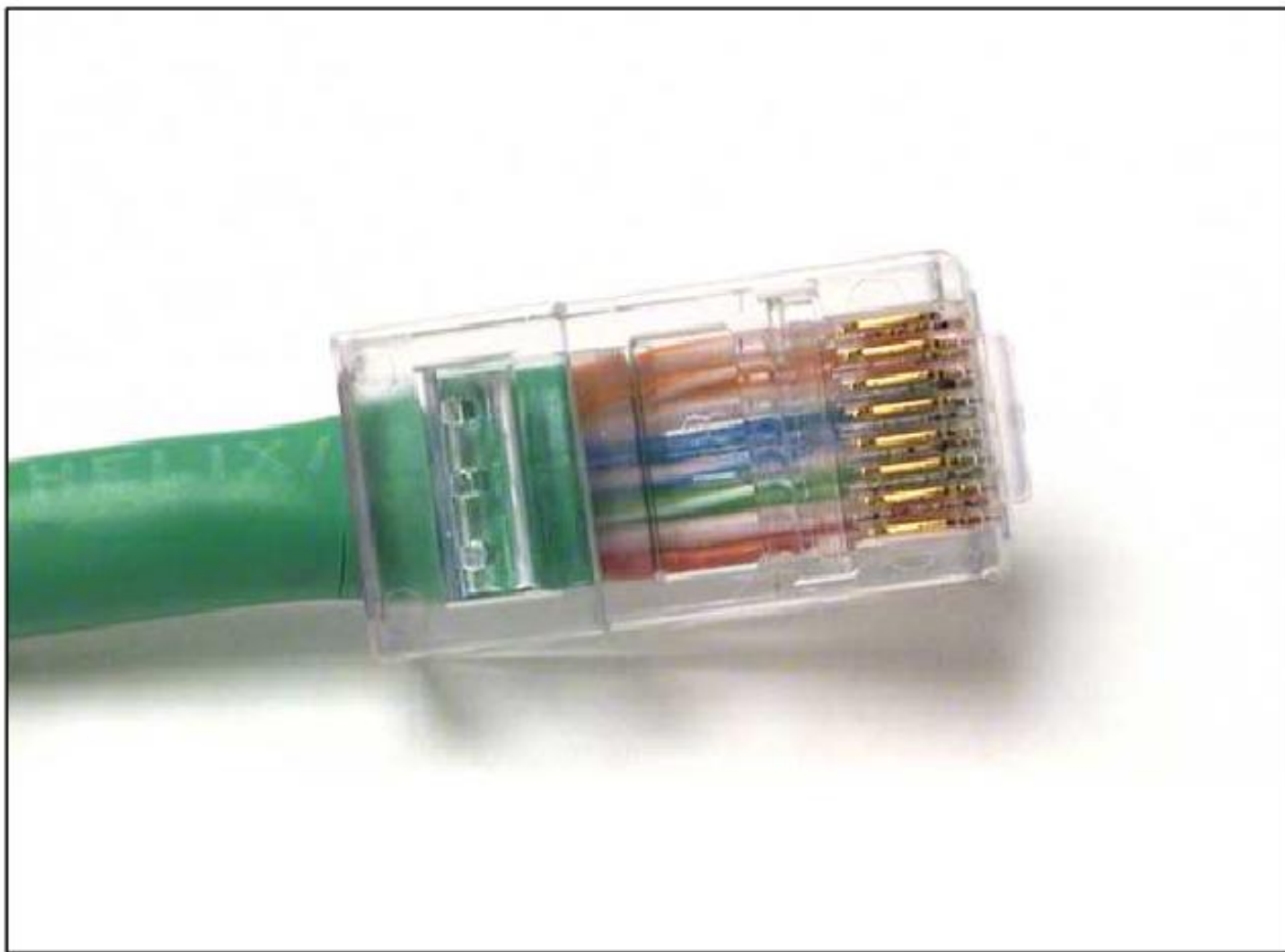
568A

Συνδεσμολογία Crossover καλωδίου

EIA/TIA T568B Crossover Diagram



Έλεγχος των χρωμάτων καλωδίων (UTP)



ΤΙΑ/ΕΙΑ Πρότυπα Δομημένης Καλωδίωσης

ΤΙΑ/ΕΙΑ-568Α

Commercial Building Telecommunications Cabling Standard

ΤΙΑ/ΕΙΑ-569Α

Commercial Building Standard for Telecommunications Pathways and Spaces

ΤΙΑ/ΕΙΑ-570Α

Residential and Light Commercial Telecommunications Wiring Standard

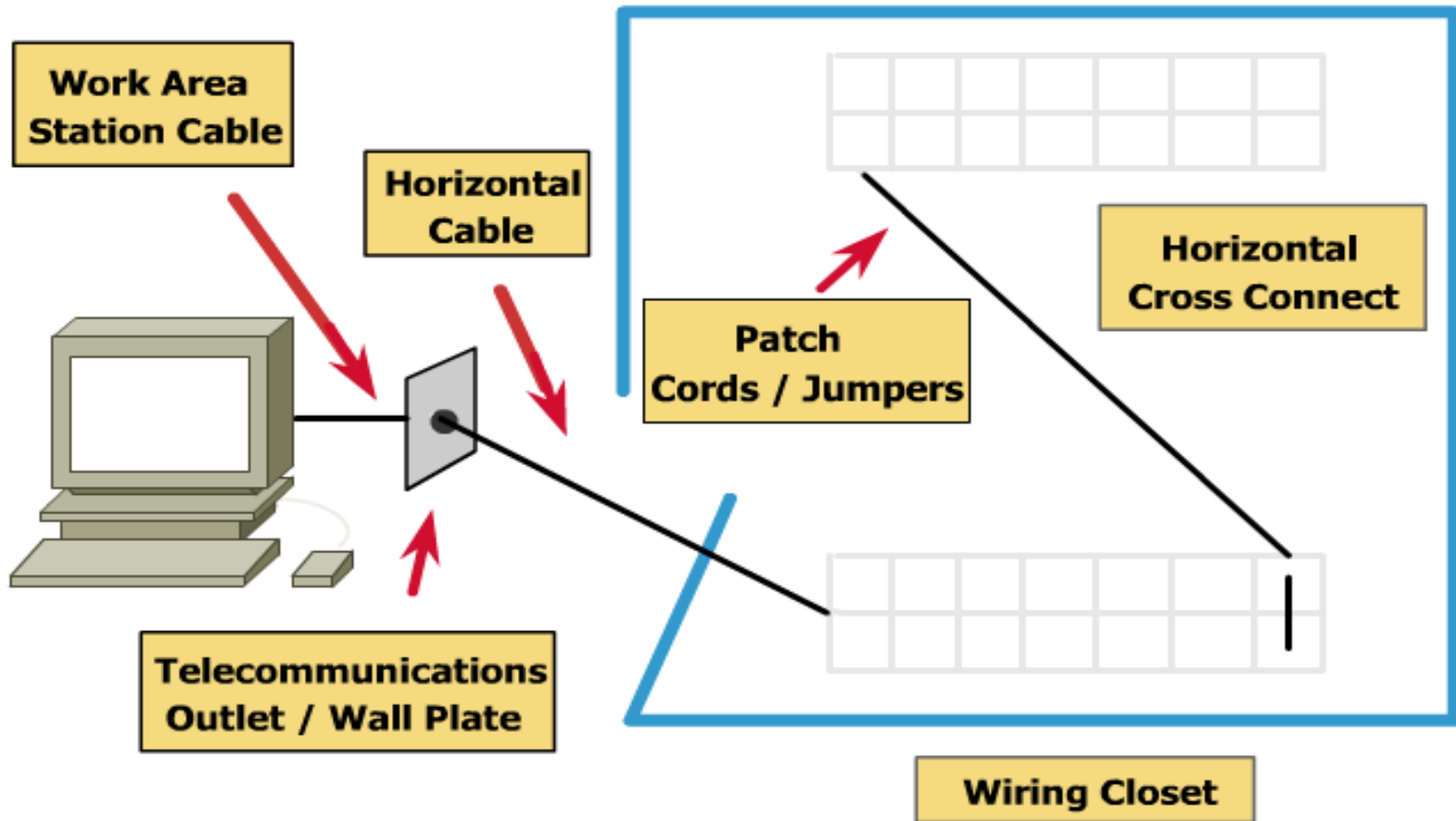
ΤΙΑ/ΕΙΑ-606

Administration Standard for the Telecommunications Infrastructure of Commercial Buildings

ΤΙΑ/ΕΙΑ-607

Commercial Building Grounding and Bonding Requirements for Telecommunications

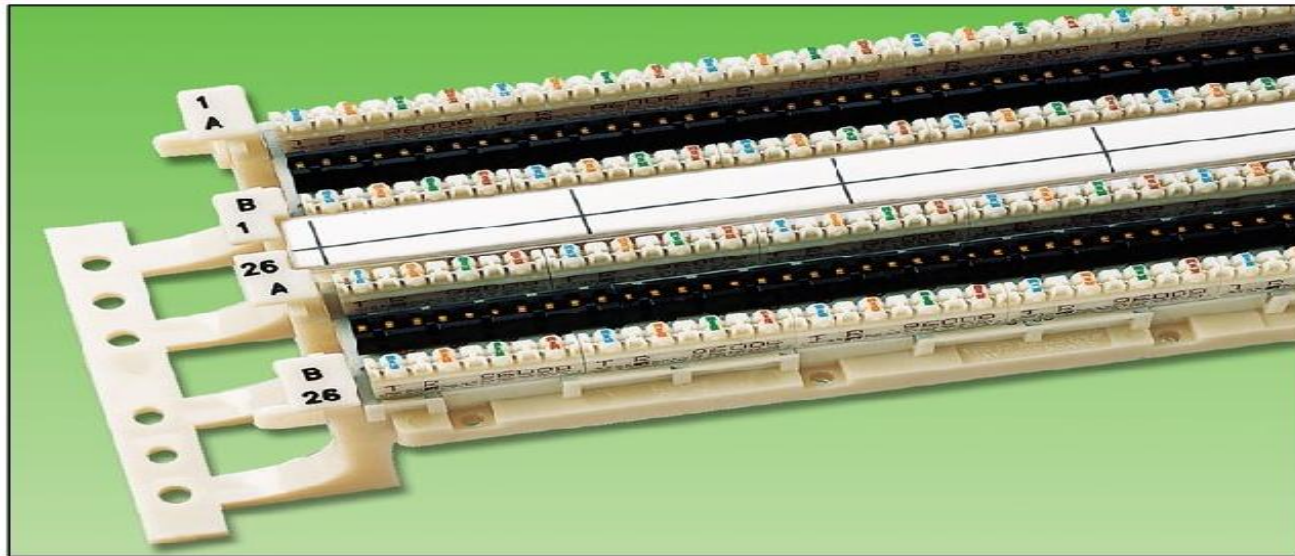
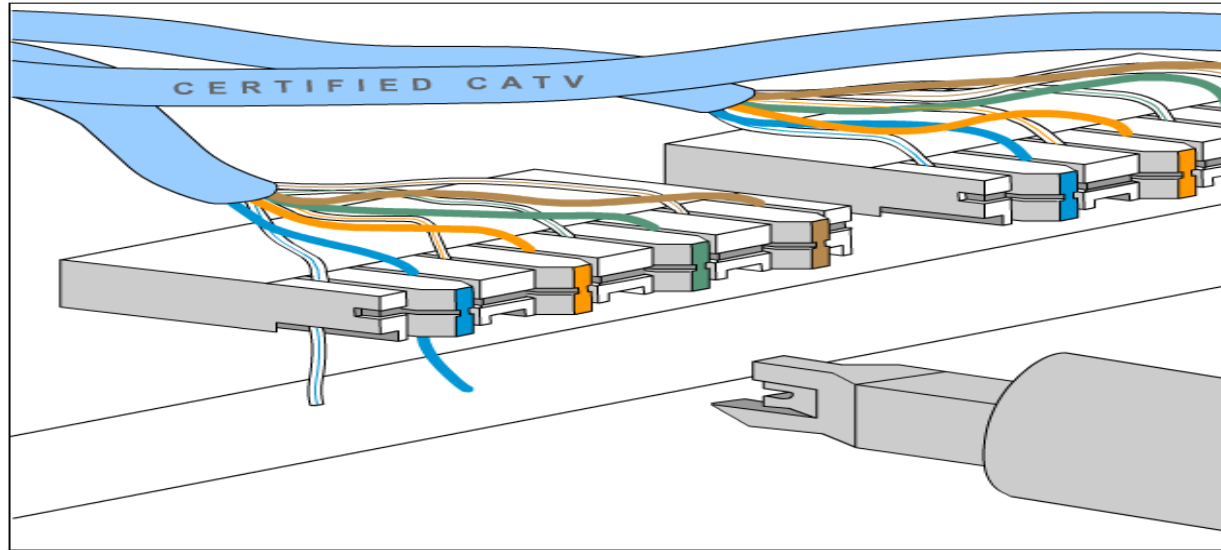
ΤΙΑ/EIA 568-A Οριζόντια καλωδίωση



UTP Patch Pannels

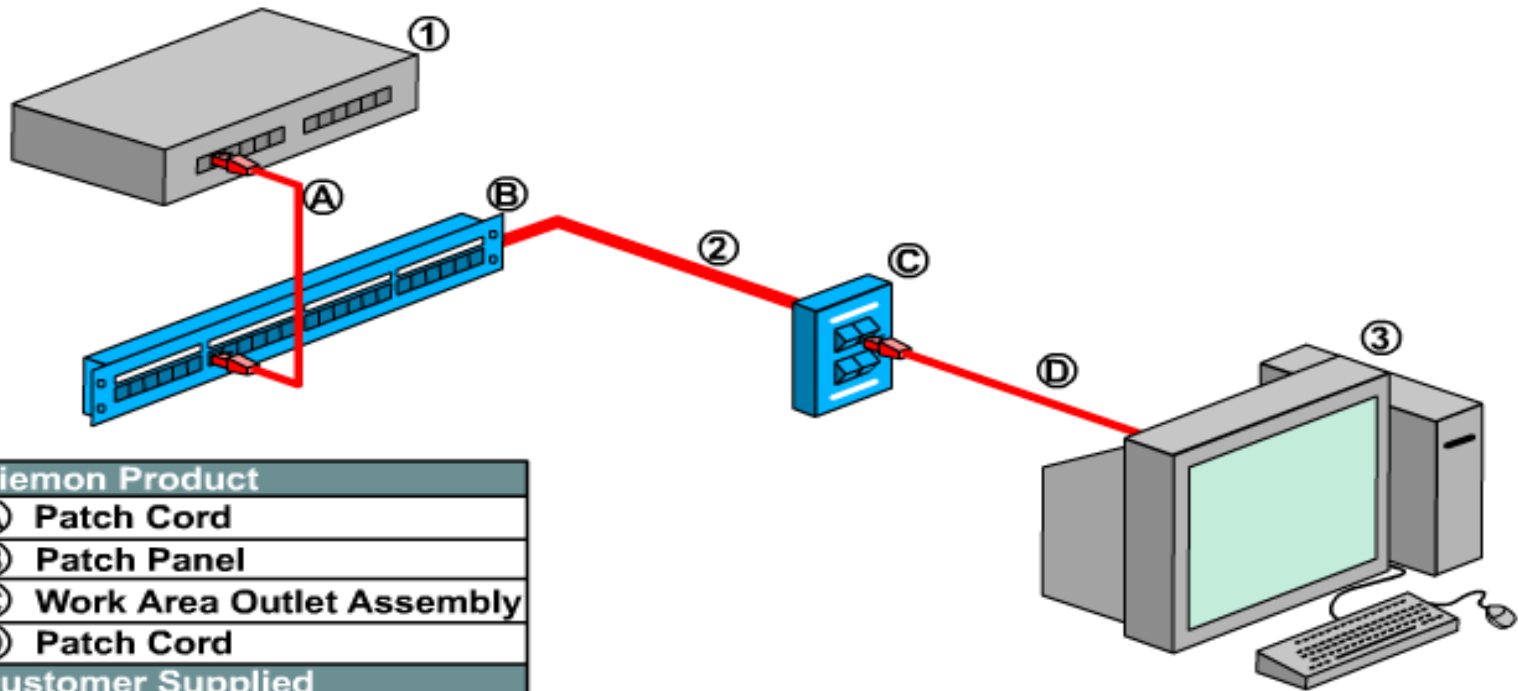


UTP Patch Panels



Δομημένη καλωδίωση (UTP)

100BASE-TX



Siemon Product	
(A)	Patch Cord
(B)	Patch Panel
(C)	Work Area Outlet Assembly
(D)	Patch Cord
Customer Supplied	
(1)	100BASE-TX Hub
(2)	4-Pair Horizontal Cabling
(3)	Work Area Equipment

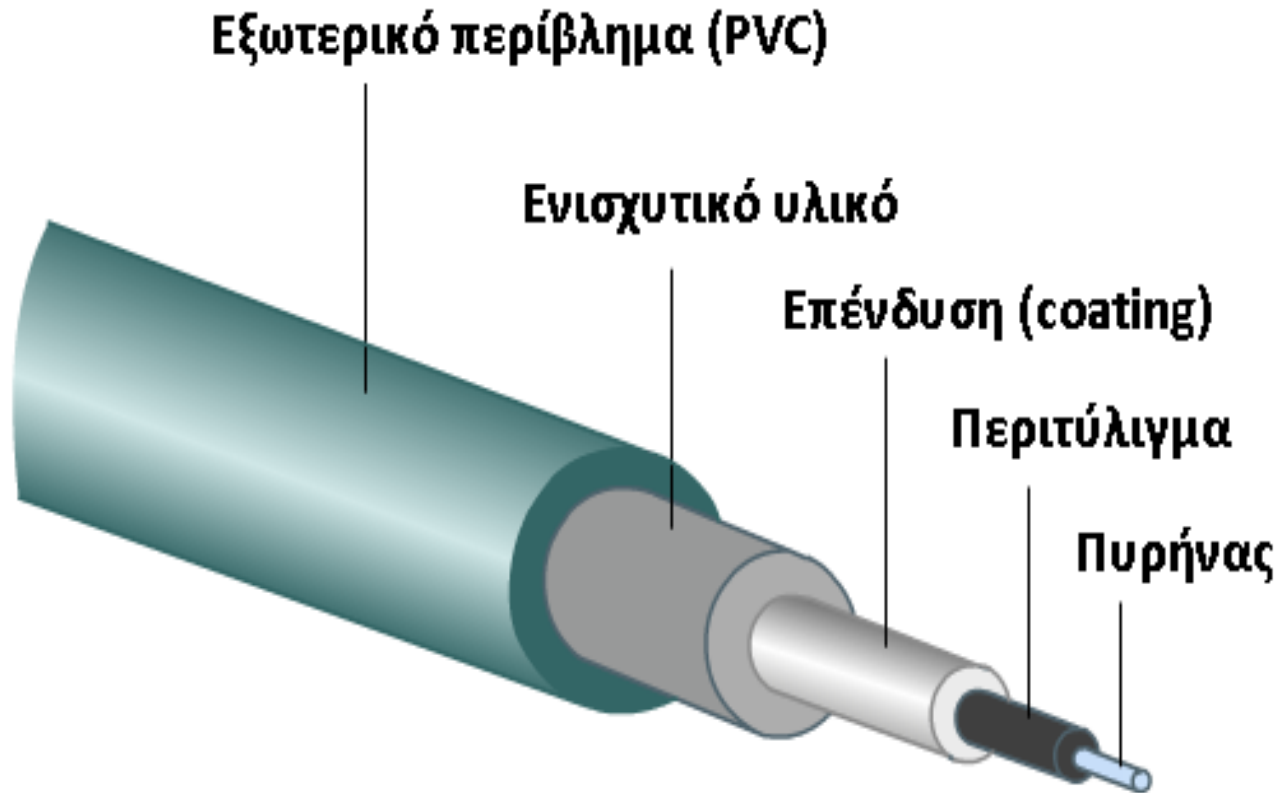
Έλεγχος - UTP cable Tester



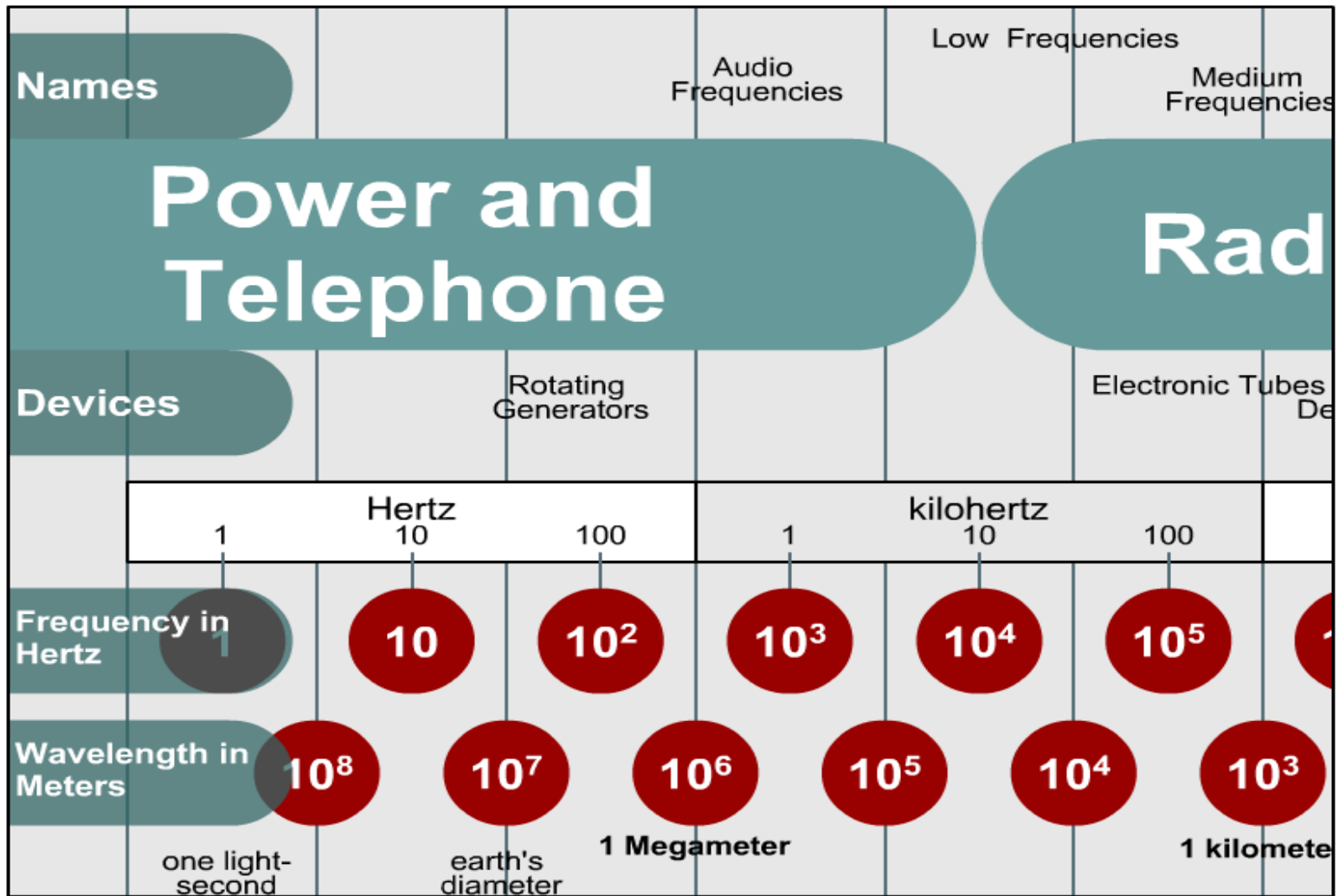
Εργαλείο σύνδεσης - Punch Tool (IDC)



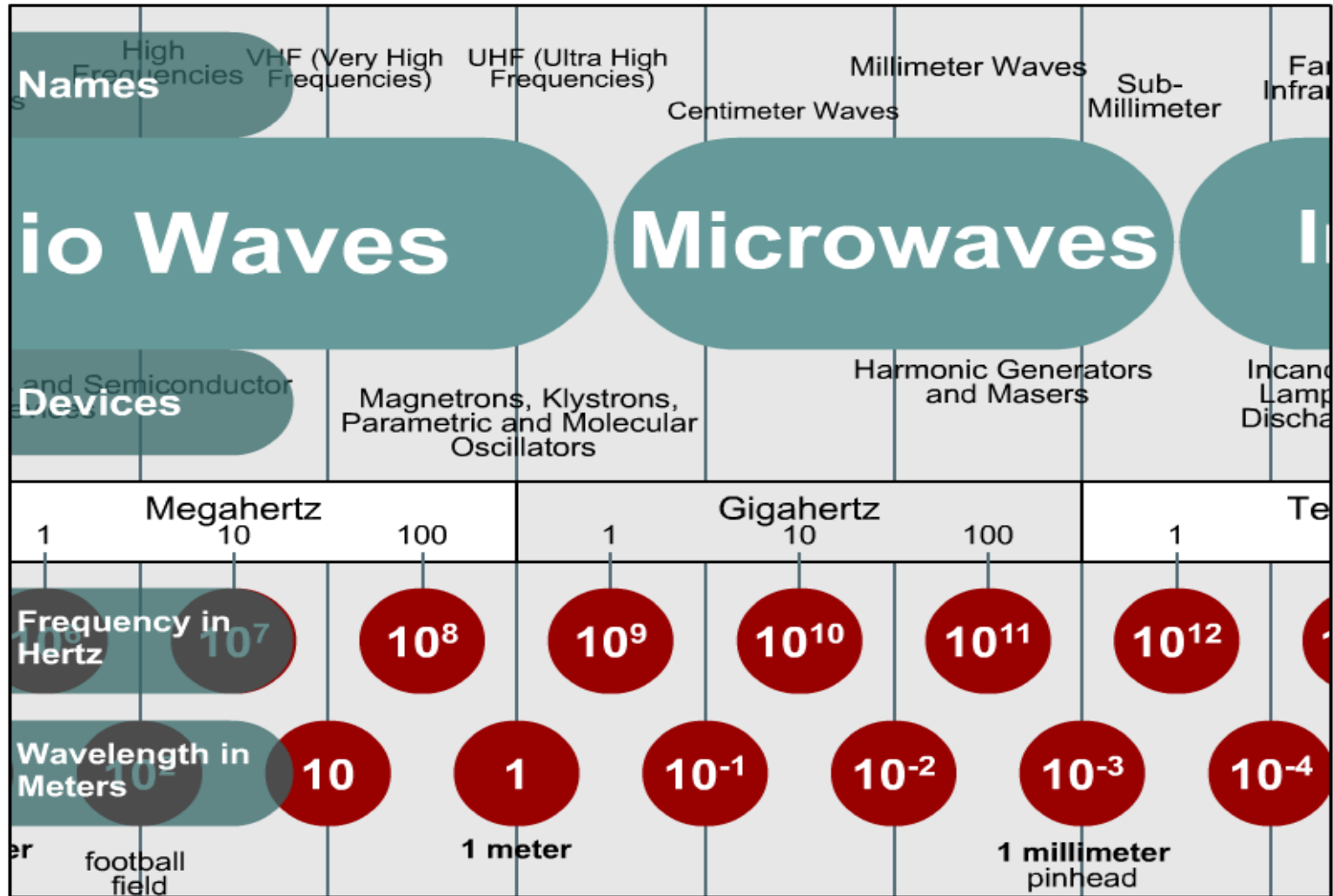
Οπτική ίνα εξωτερικού χώρου – Fiber Optic cable



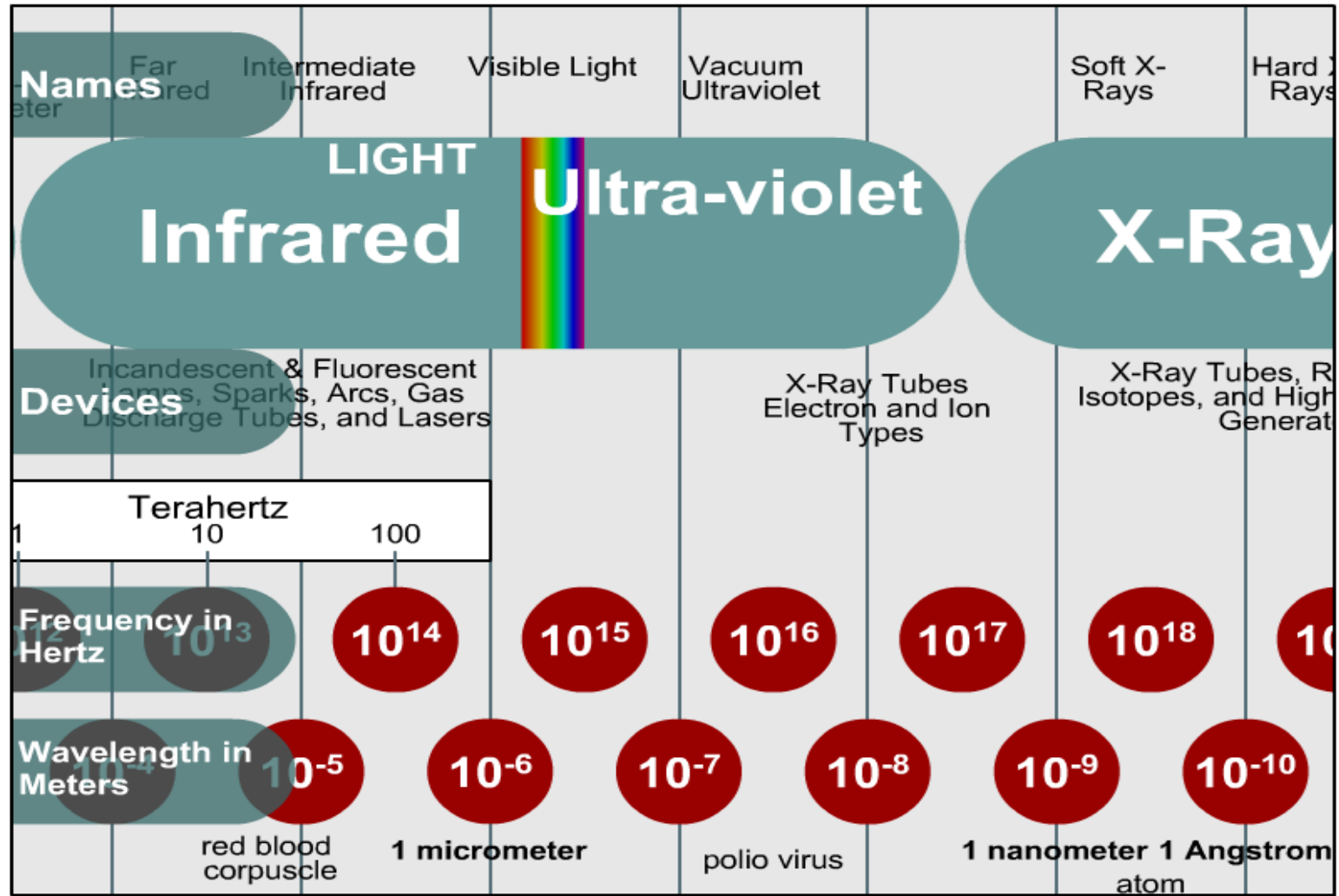
Ηλεκτρομαγνητικό Φάσμα ($f \times \lambda = c$)



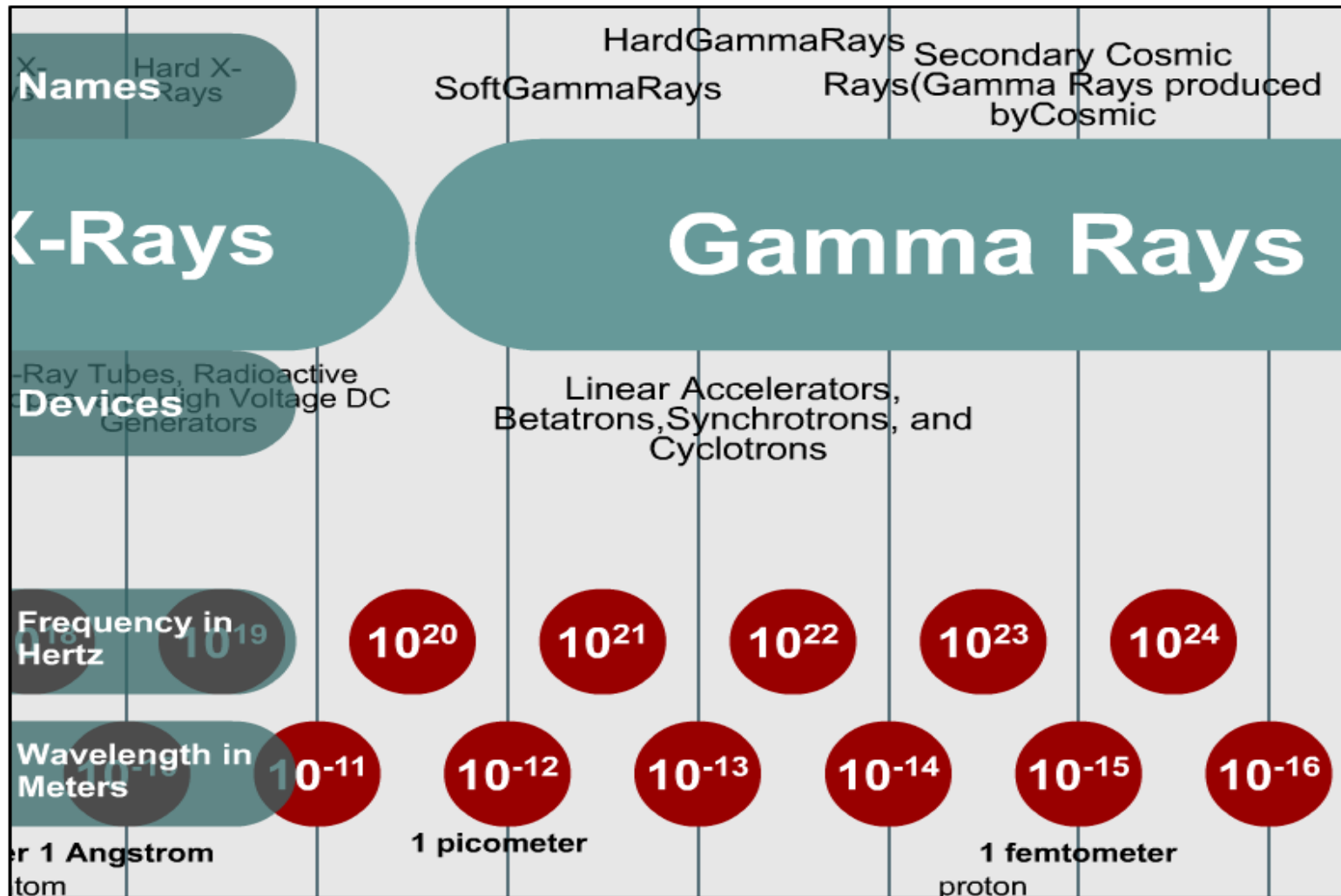
Ηλεκτρομαγνητικό Φάσμα ($f \times \lambda = c$)



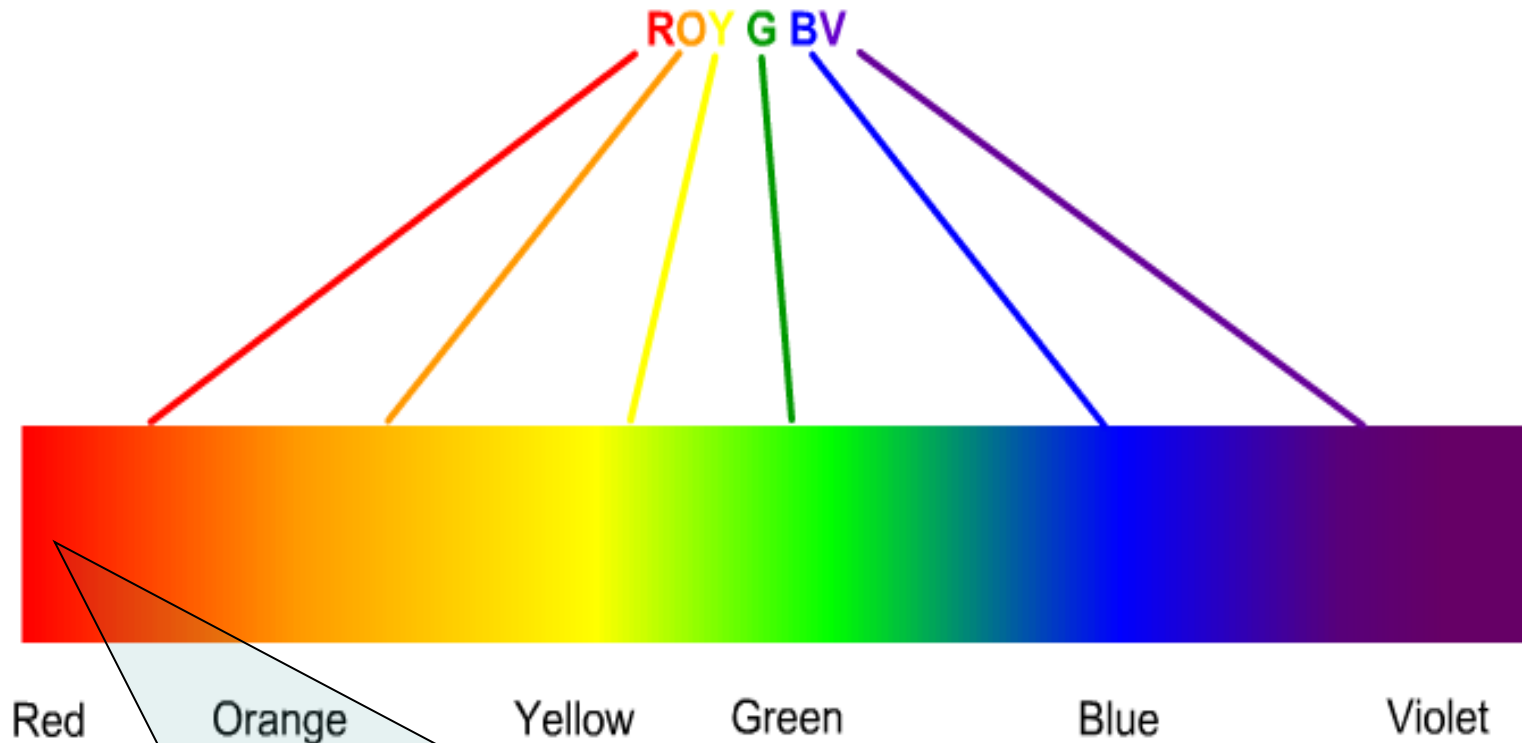
Ηλεκτρομαγνητικό Φάσμα ($f \times \lambda = c$)



Ηλεκτρομαγνητικό Φάσμα ($f \times \lambda = c$)



Οπτικό Φάσμα



Το μήκος κύματος του φωτός στην οπτική ίνα είναι **1550 nm**, **1310 nm** ή **850 nm**.

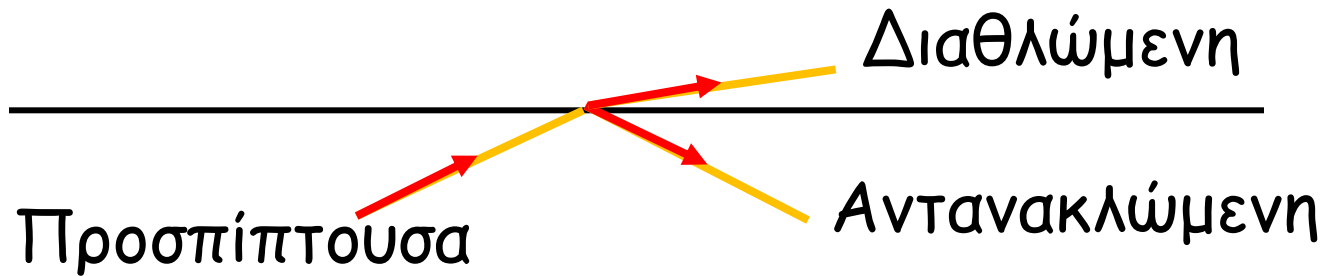
Δείκτης Διάθλασης (index of refraction)

- Ο δείκτης διάθλασης ενός υλικού είναι ο λόγος της ταχύτητας του φωτός στο κενό προς τη ταχύτητα του φωτός στο υλικό.
- Είναι μια μέτρηση που υποδεικνύει πόσο το υλικό φρενάρει το φώς: οπτική πυκνότητά του.
- Όσο μεγαλύτερος είναι ο δείκτης διάθλασης ενός υλικού τόσο περισσότερο επιβραδύνεται το φώς μέσα στο υλικό.
- Αέρας: περίπου 1 (1.00029)
- Νερό: 1.3 - Γυαλί: 1.5 - Διαμάντι: περίπου 2.4

$$\text{Δείκτης Διάθλασης} = \frac{\text{Ταχύτητα φωτός στο κενό}}{\text{Ταχύτητα φωτός στο υλικό}}$$

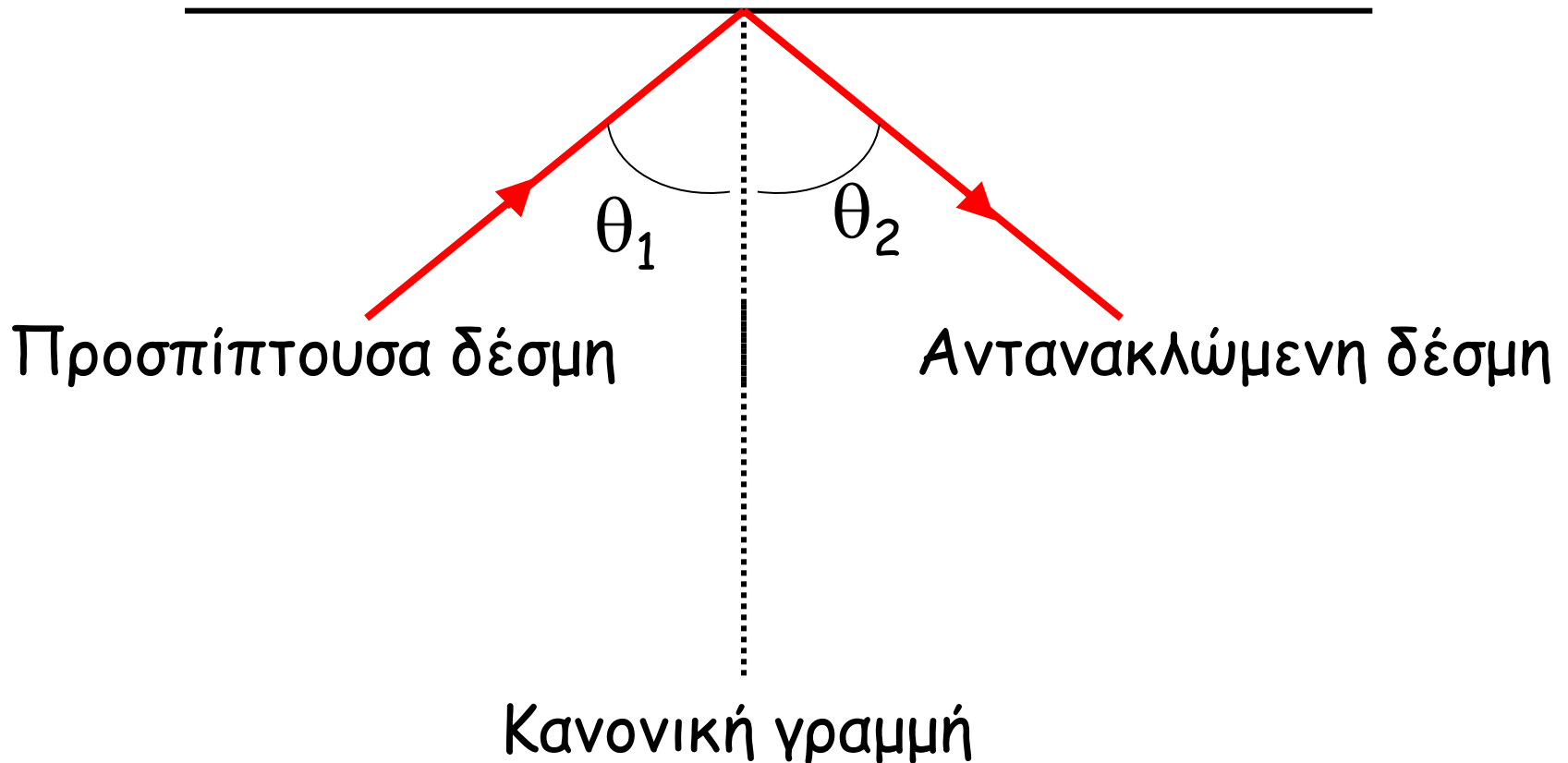
Αντανάκλαση και Διάθλαση

- Μία δέσμη φωτός πέφτει στο διαχωριστικό μέρος δύο υλικών
- Μέρος της δέσμης αντανακλάται πίσω
- Μέρος της διαπερνά το διαχωριστικό μέρος και εισέρχεται στο άλλο υλικό, αλλά διαθλάται δηλ. αλλάζει κατεύθυνση



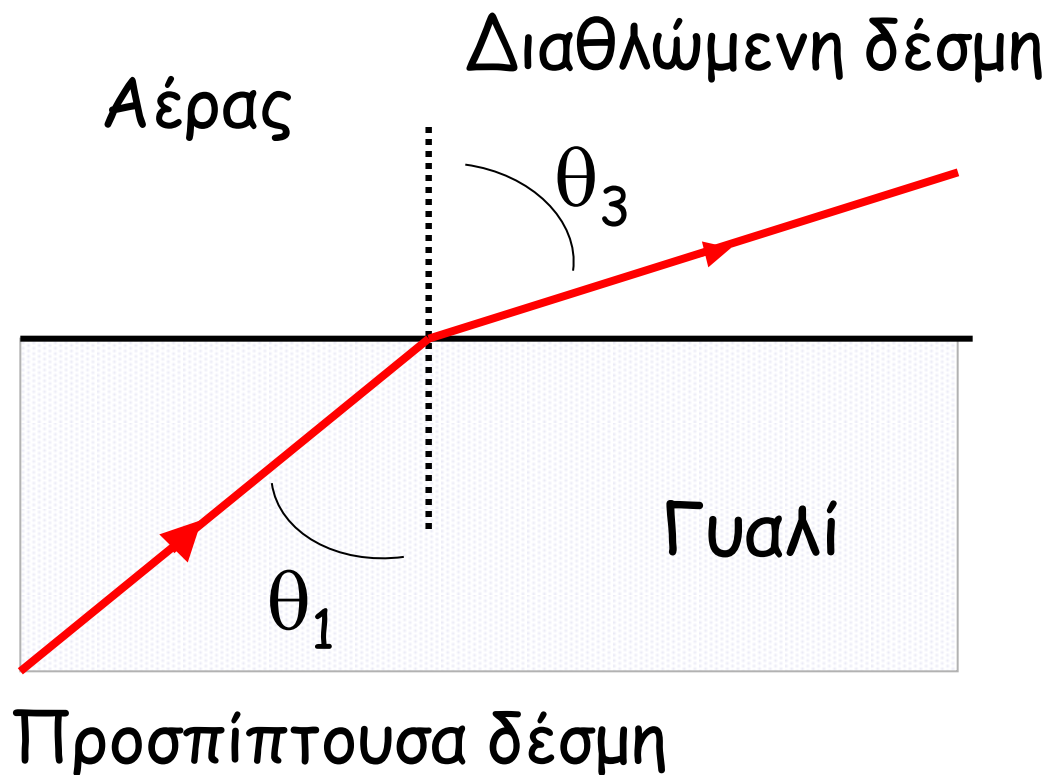
Αντανάκλαση (Reflection)

- Στην αντανάκλαση η γωνία της προσπίπτουσας δέσμης θ_1 είναι ίση με την γωνία της αντανακλώμενης δέσμης θ_2



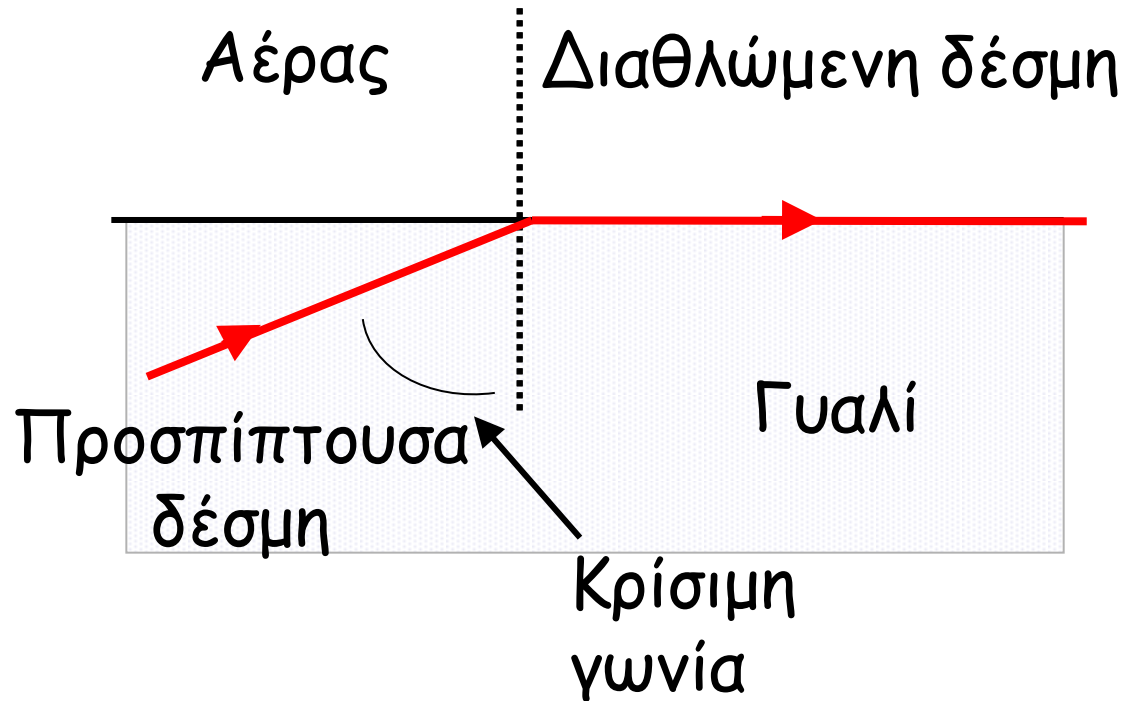
Διάθλαση από γυαλί σε αέρα

- Ο αέρας έχει μικρότερο δείκτη διάθλασης από το γυαλί
- Όταν το φως περνά από το γυαλί στο αέρα η δέσμη αποκλίνει από την κανονική γραμμή



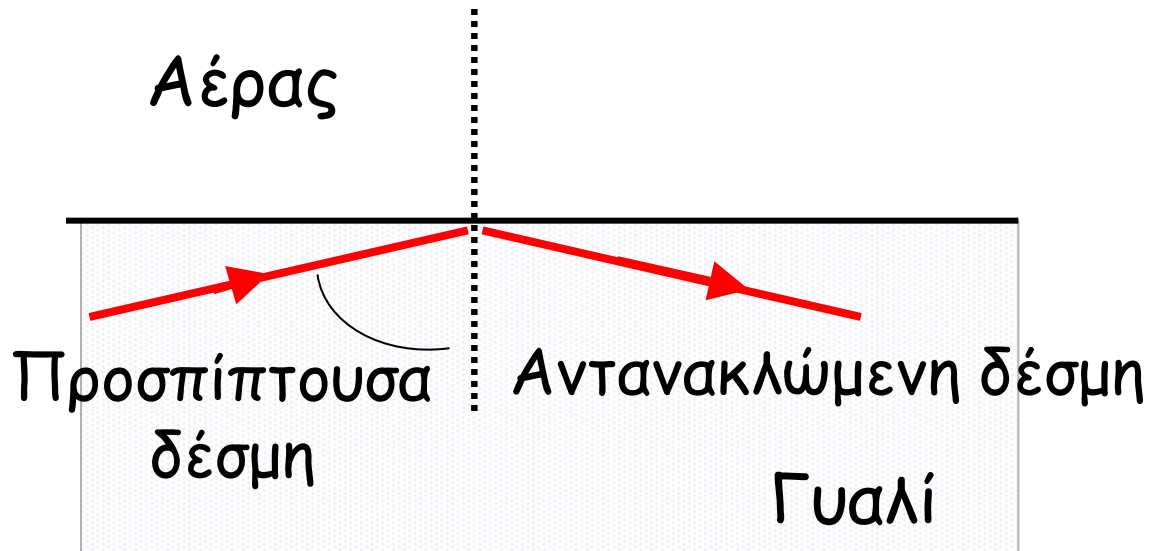
Κρίσιμη γωνία (Critical angle)

- Η προσπίπτουσα δέσμη πέφτει στο διαχωριστικό μέρος σχηματίζοντας γωνία ίση με την κρίσιμη γωνία
- Η διαθλώμενη δέσμη εξέρχεται κατά μήκος του διαχωριστικού μέρους των δύο υλικών

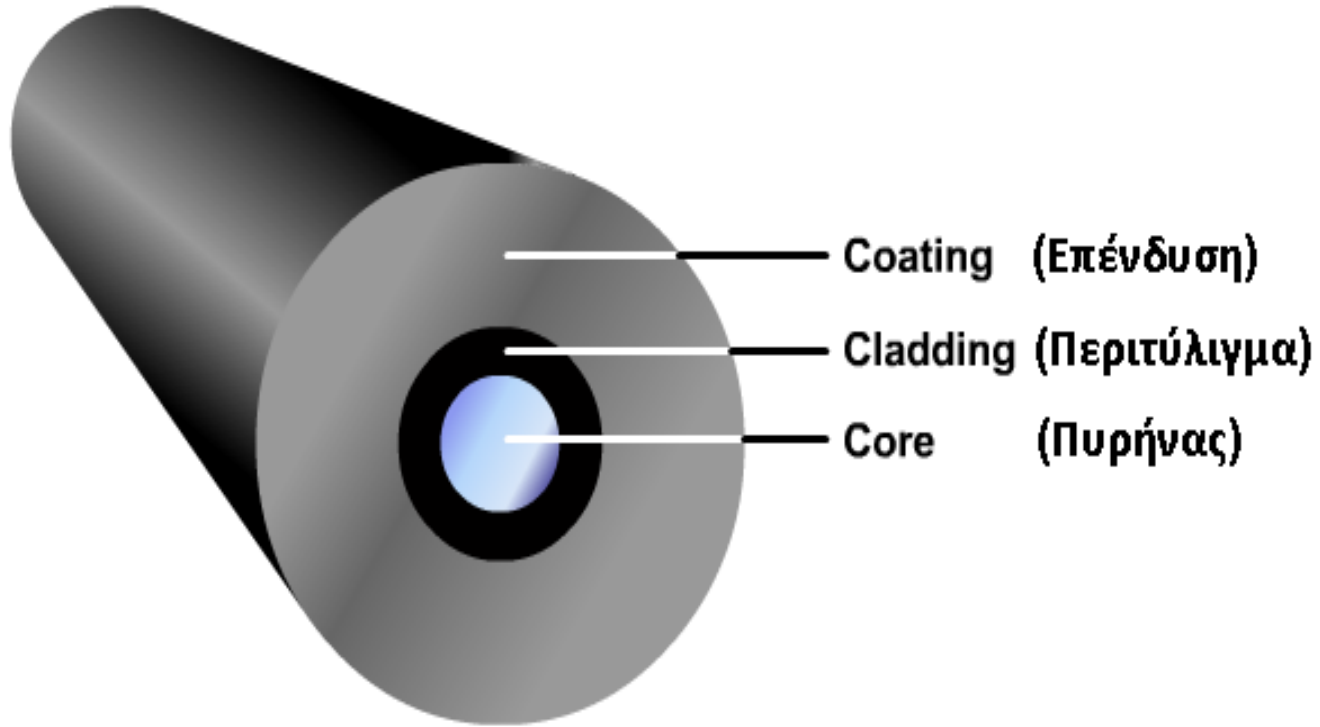


Ολική εσωτερική αντανάκλαση (Total internal reflection)

- Η γωνία πρόσκρουσης είναι μεγαλύτερη από την κρίσιμη γωνία
- Το φως δεν μπορεί να διαφύγει στο άλλο υλικό
- Όλο το φως αντανακλάται πίσω στο γυαλί

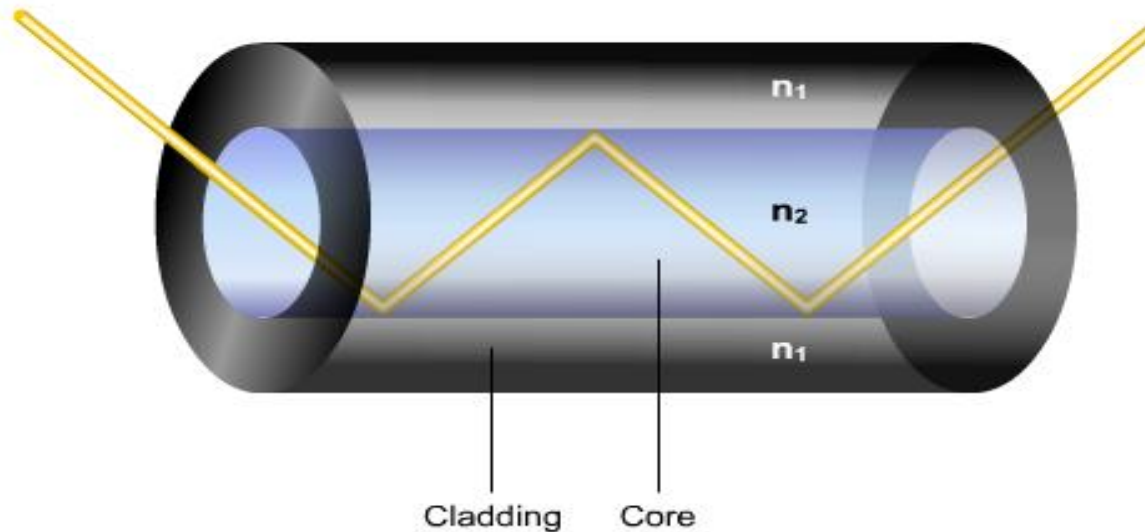


Τομή Οπτικής Ύνας



Οπτική ίνα (Optical fibre)

- Η οπτική ίνα έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε το φως να αντανακλάται πίσω στον πυρήνα (core) μέσω Ολικής Εσωτερικής Αντανάκλασης και να μην χάνεται στο περίβλημα (cladding) της ίνας.

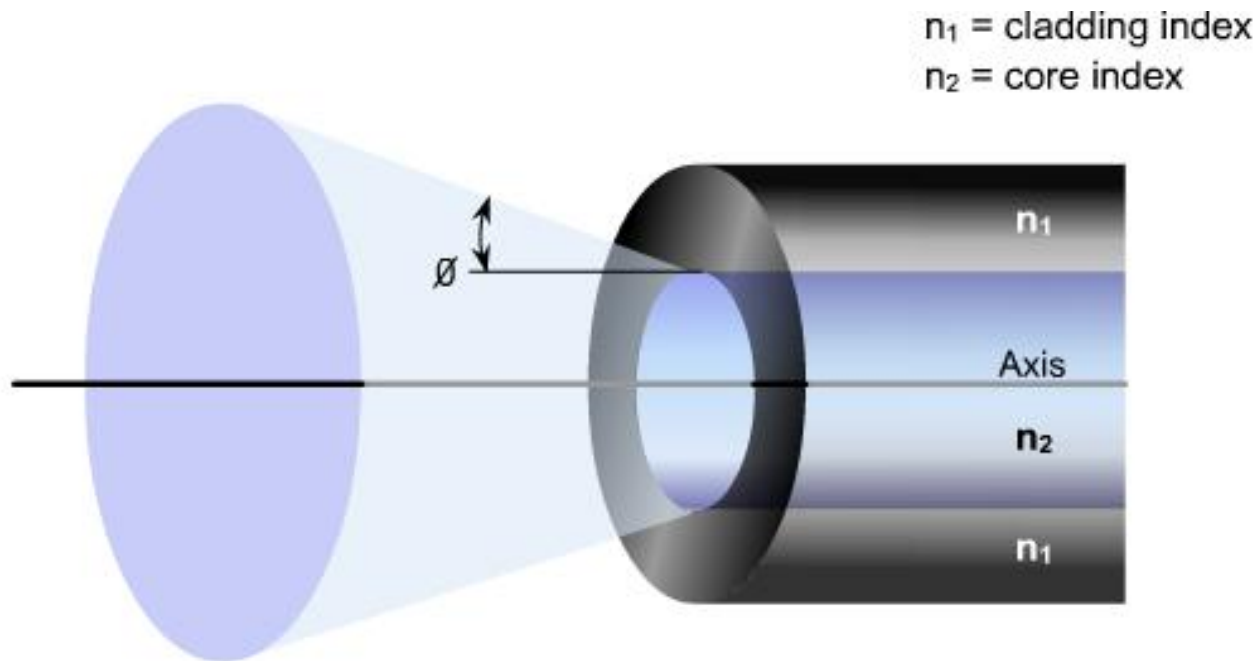


Οπτική ίνα (Optical fibre)

- Το υλικό του πυρήνα (core) πρέπει να έχει ένα μεγαλύτερο δείκτη διάθλασης από το υλικό του περιβλήματος (cladding)
- Το φως πρέπει να εισέρχεται στο πυρήνα υπό γωνία μεγαλύτερη από την κρίσιμη γωνία των δύο υλικών
- Αυτό θα έχει σαν αποτέλεσμα την ολική εσωτερική αντανάκλαση ώστε το φως να παραμείνει στο εσωτερικό της ίνας

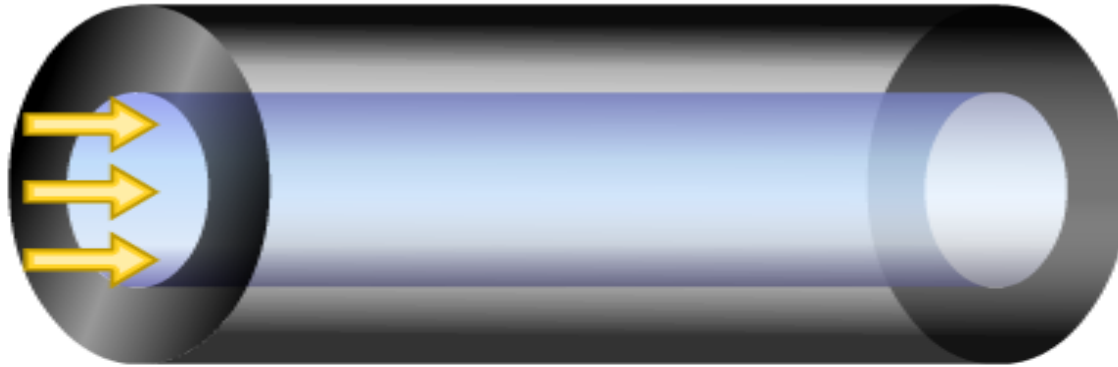
Αριθμητικό διάφραγμα (Numerical Aperture)

- Το NA μετρά το εύρος των γωνιών που το φως θα αντανακλάται ολικά στο εσωτερικό της ίνας

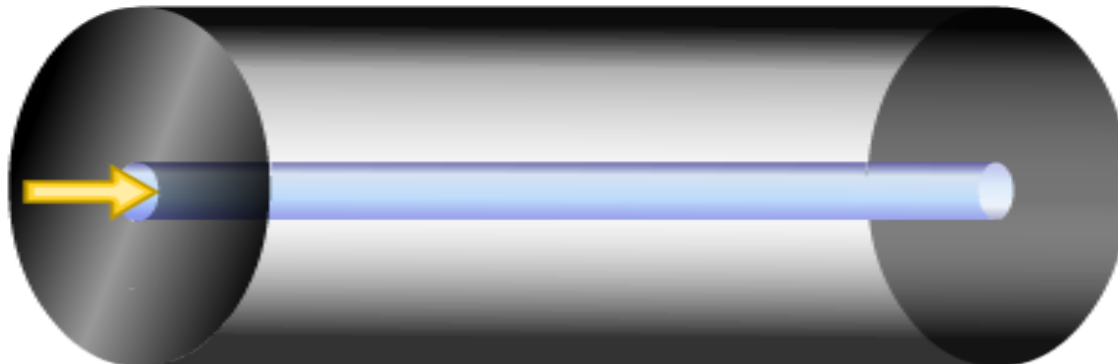


Πολύτροπες και Μονότροπες Οπτικές Ύνες

Multimode



Single Mode

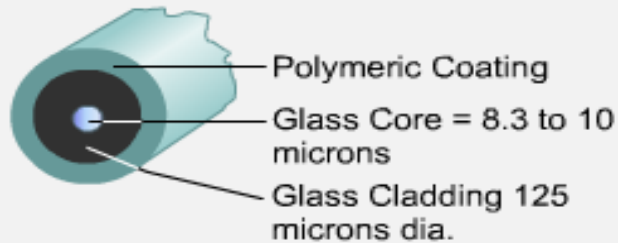


Σύγκριση Πολύτροπης-Μονότροπης Ίνας

Single-mode

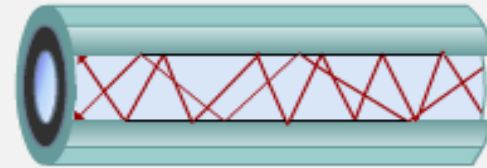


Requires very straight path

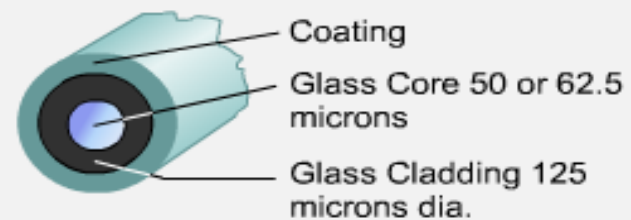


- Small core
- Less dispersion
- Suited for long distance applications (up to ~3km, 9,840 ft)
- Uses lasers as the light source often within campus backbones for distances of several thousand meters

Multimode



Multiple paths-sloppy



- Larger core than single-mode cable (50 or 62.5 microns or greater)
- Allows greater dispersion and therefore, loss of signal
- Used for long distance application, but shorter than single-mode (up to ~2km, 6,560 ft)
- Uses LEDs as the light source often within LANs or distances of a couple hundred meters within a campus network

Χαρακτηριστικά Οπτικών Ινών

Multimode



100-140
microns

Multimode



62.5-125
microns

Multimode



50-125
microns

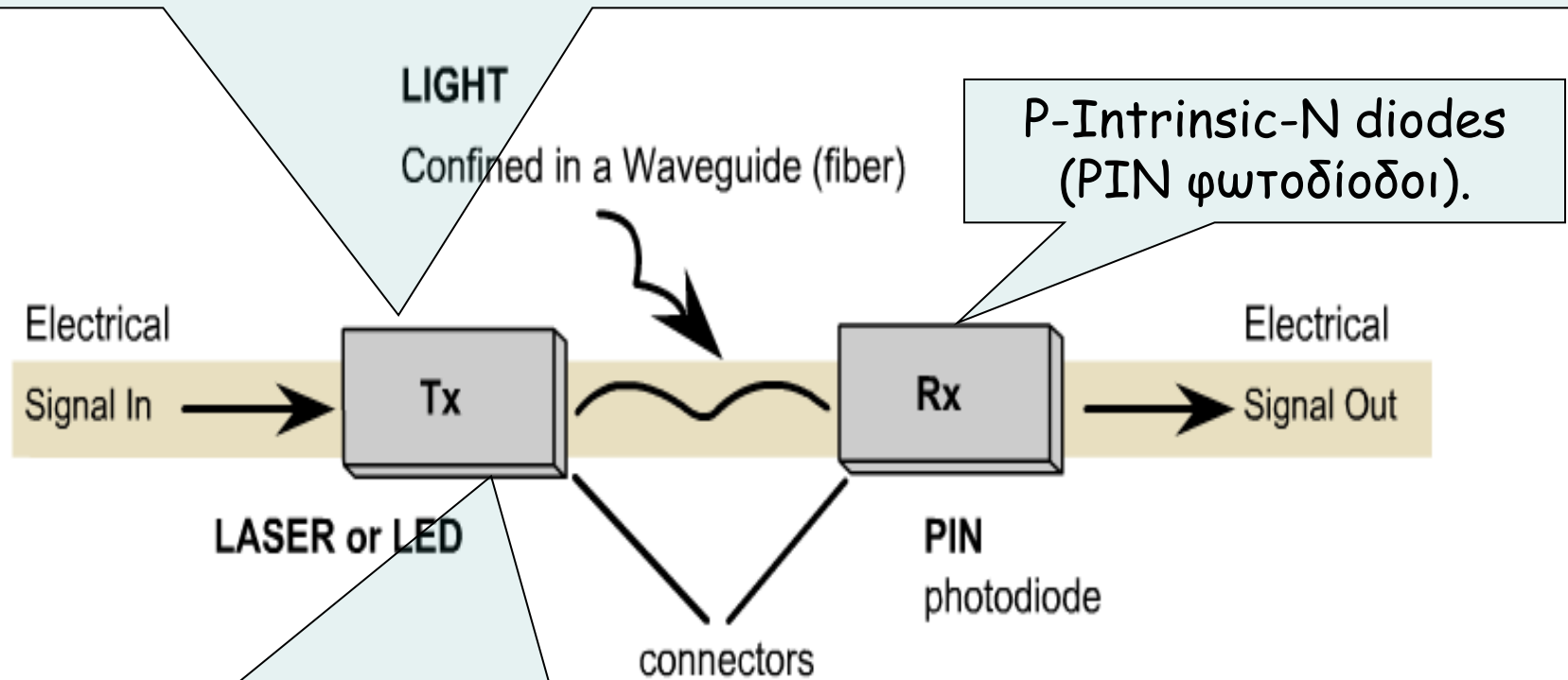
Single-mode



10-125
microns

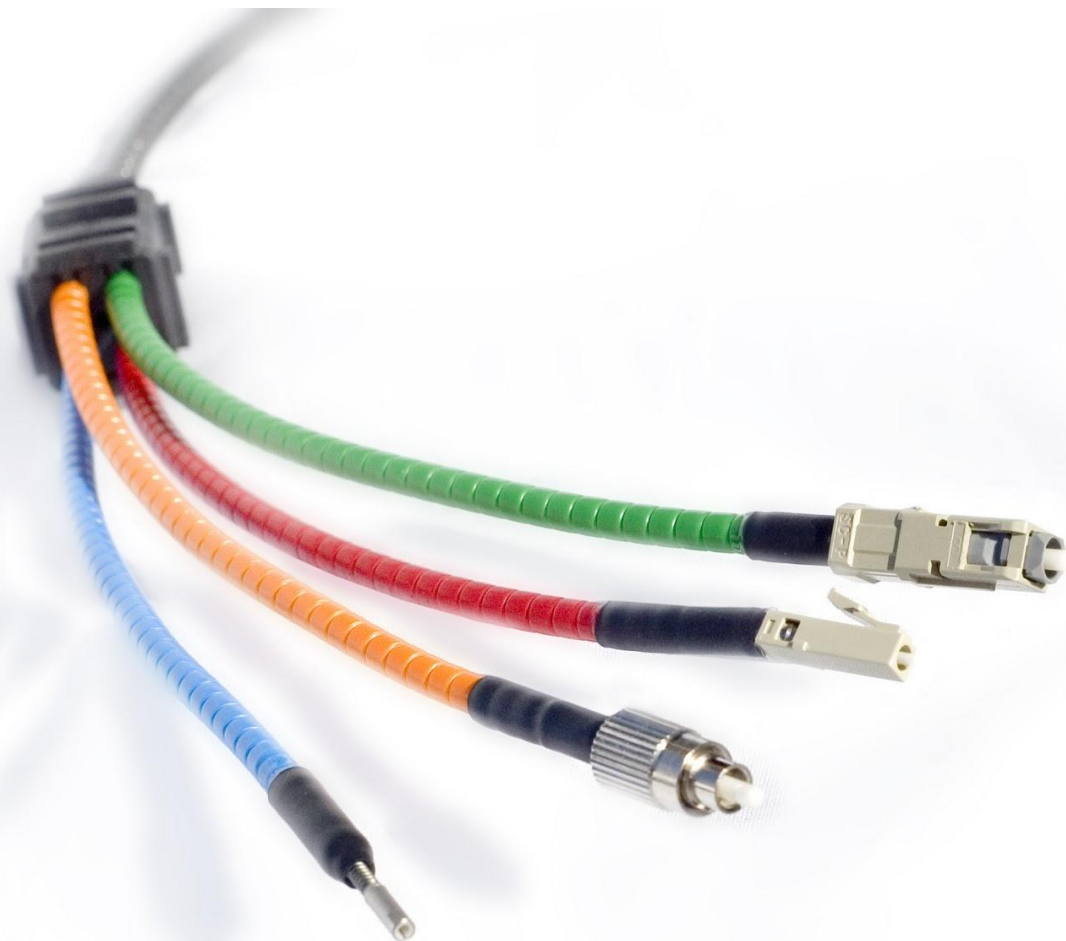
Συσκευές Εκπομπής - Transmission Devices

Light Amplification by Stimulated Emission Radiation (LASER) παράγει μία δέσμη έντονου υπέρυθρου φωτός συνήθως με μήκη κύματος των 1310nm ή 1550 nm. Χρησιμοποιείται με μονότροπες ίνες για μακρινές αποστάσεις σε WANs ή campus δίκτυα κορμού.

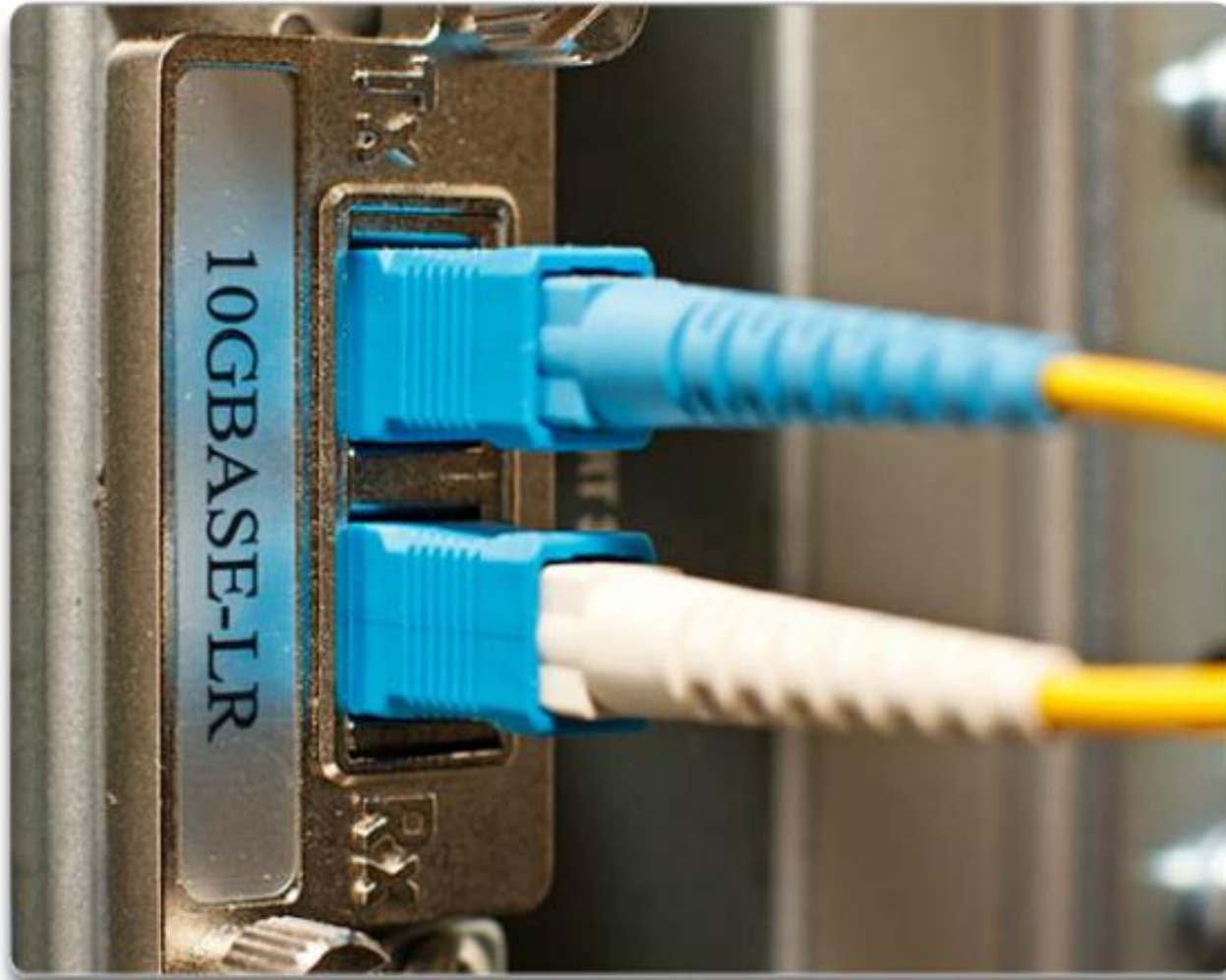


Light Emitting Diode (LED) παράγει υπέρυθρο φως με μήκη κύματος 850nm ή 1310 nm. Χρησιμοποιείται με πολύτροπες ίνες σε LANs. Φακοί χρησιμοποιούνται στο τέλος της ίνας για να συγκεντρώνουν το φως.

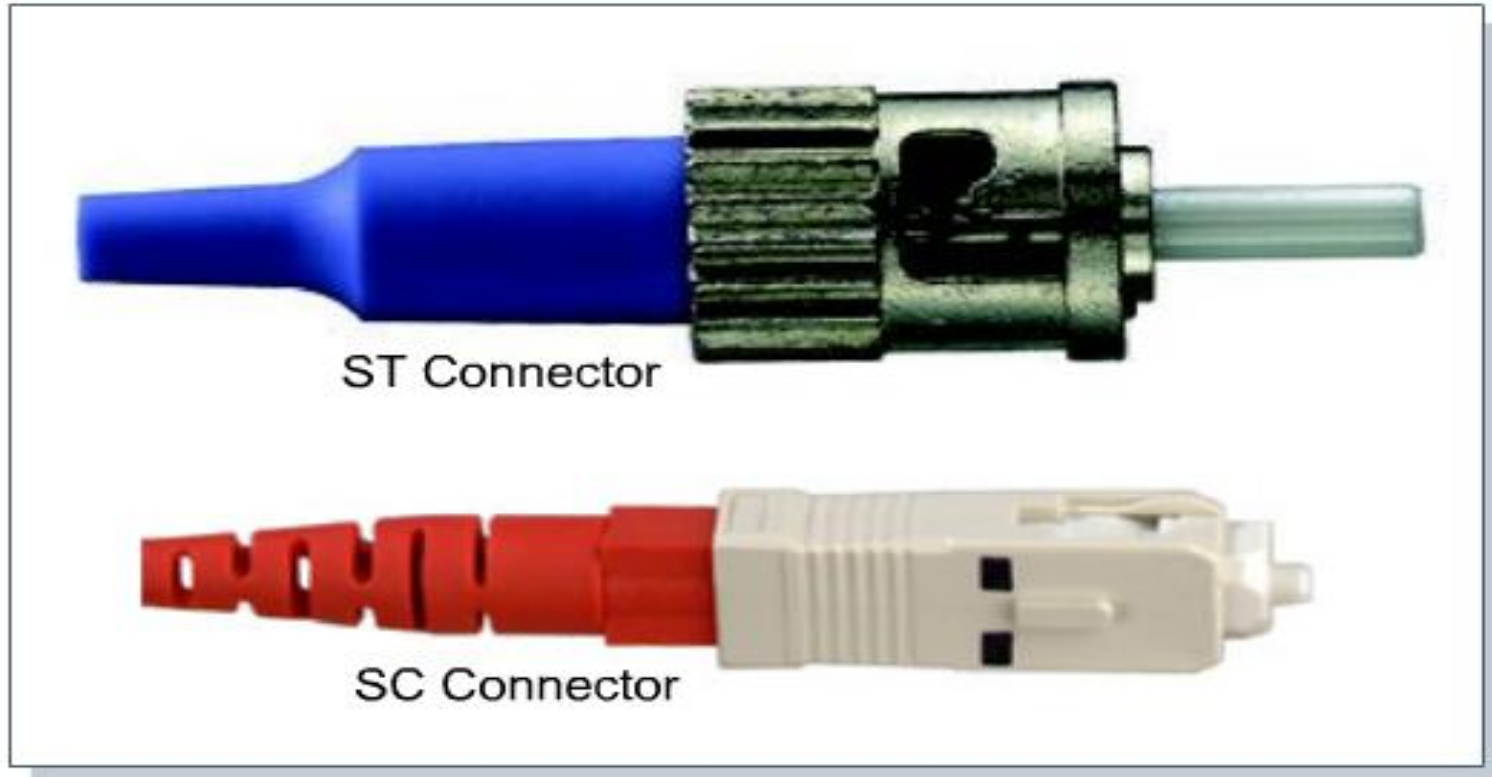
Καλωδίωση Οπτικών Ινών



Καλωδίωση Οπτικών Ινών

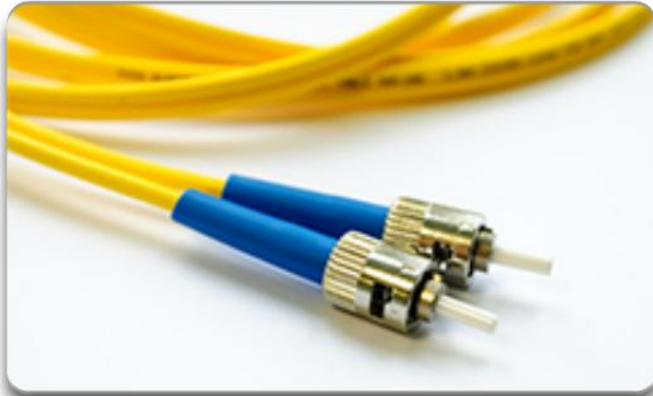


ST και SC connectors

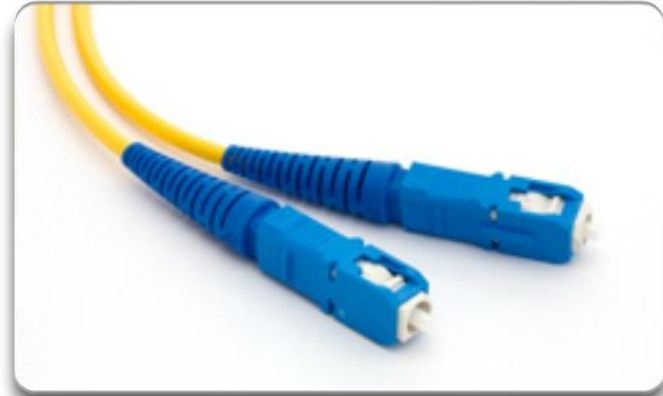


Ο πιο συνηθισμένος τύπου connector με τις πολύτροπες ίνες είναι ο Subscriber Connector (SC) connector. Στις μονότροπες ίνες χρησιμοποιείται συχνά ο Straight Tip (ST) connector.

Network Fiber Connectors



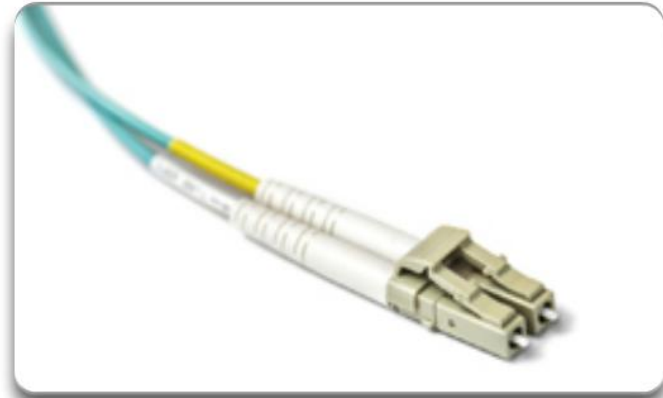
ST Connectors



SC Connectors



LC Connector



Duplex Multimode LC Connectors

Fiber Optic connectors



Έλεγχος Οπτικών καλωδίων

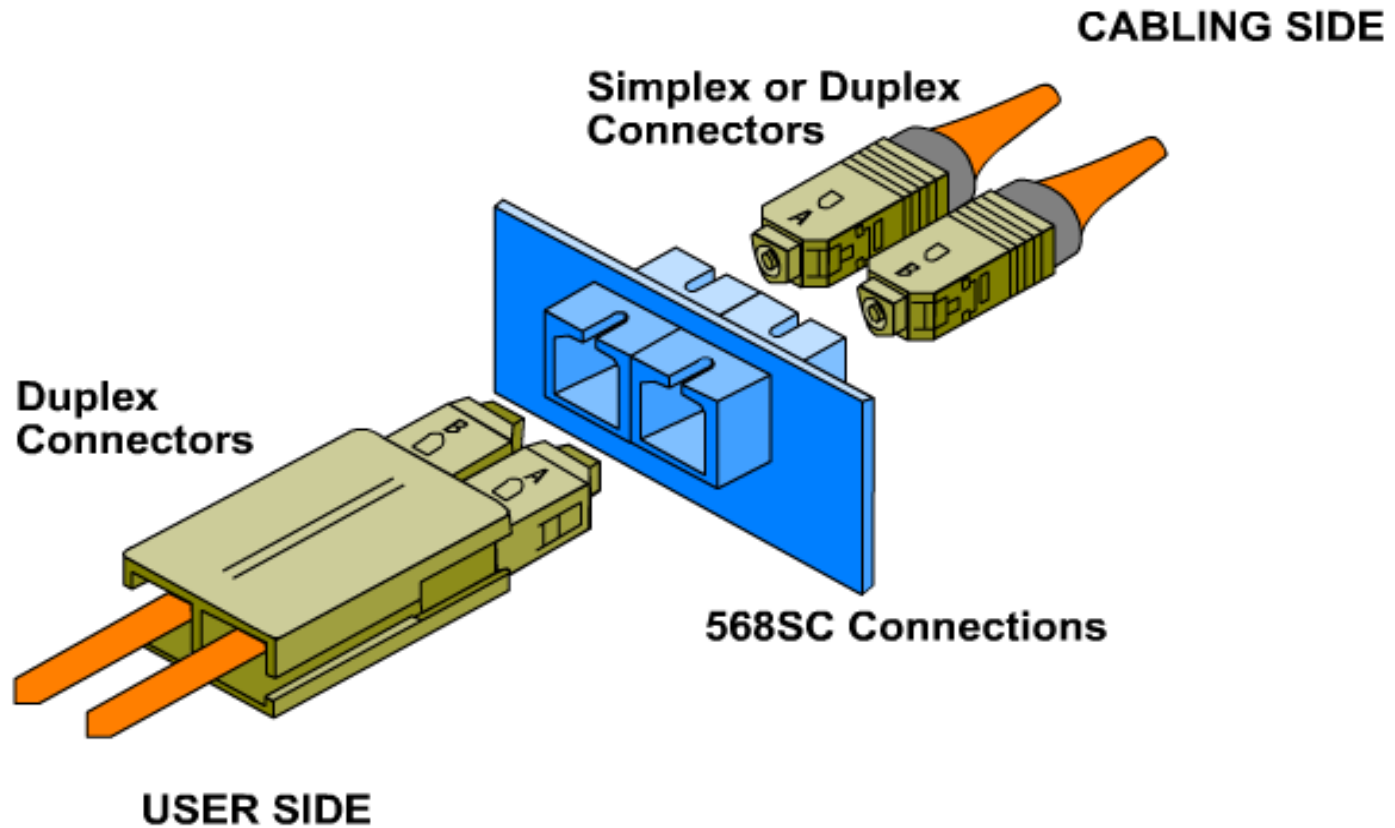


Optical Time Domain Reflectometer (OTDR)

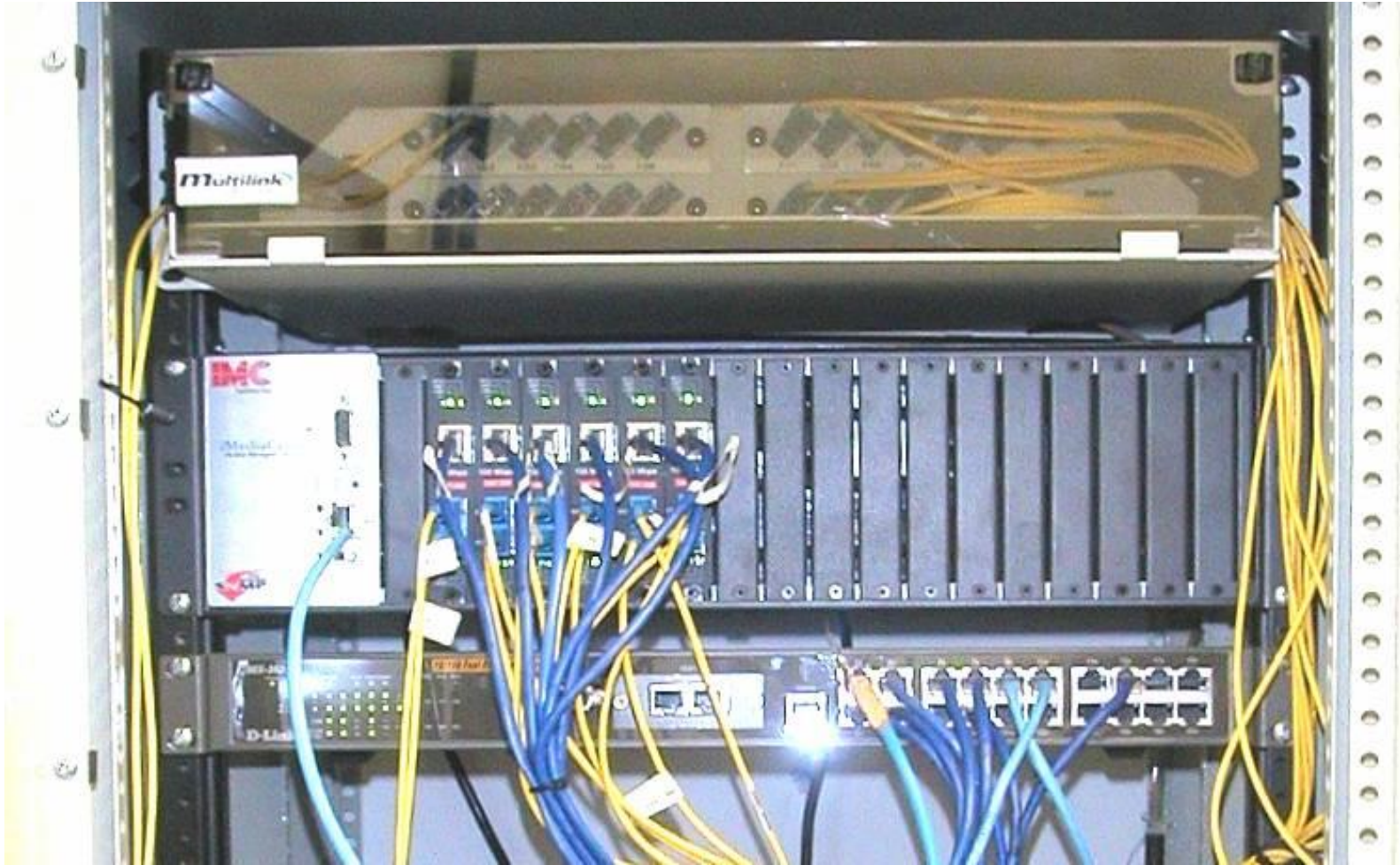
Σύγκριση οπτικής ίνας και χαλκού

Θέματα εγκατάστασης	Χάλκινο καλώδιο	Οπτική Ίνα
Bandwidth	10 Mbps – 10 Gbps	10 Mbps – 100 Gbps
Απόσταση	Σχετικά μικρή (1 – 100 μέτρα)	Σχετικά Μεγάλη (1 – 100,000 μέτρα)
Ανοσία σε EMI και RFI	Χαμηλή	Υψηλή (Πλήρης ανοσία)
Ανοσία σε ηλεκτρικούς κινδύνους	Χαμηλή	Υψηλή (Πλήρης ανοσία)
Κόστη καλωδίων και connector	Πολύ χαμηλά	Πολύ υψηλά
Απαιτούμενες ικανότητες εγκατάστασης	Πολύ χαμηλές	Πολύ υψηλές
Μέτρα ασφάλειας	Πολύ χαμηλά	Πολύ υψηλά

Fiber Optic Patch Panels

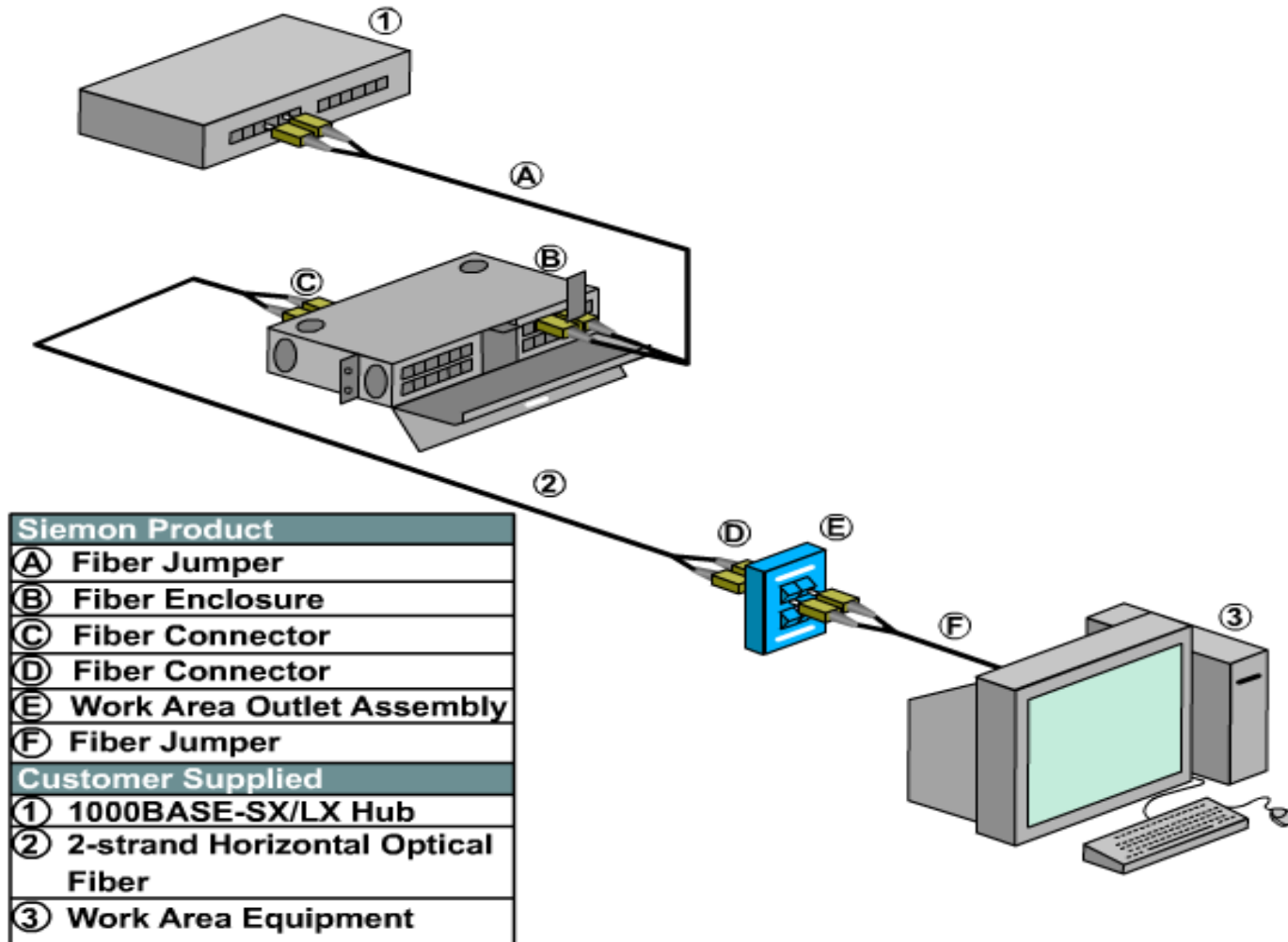


Fiber Optic Patch Panels



Οπτική δομημένη καλωδίωση (Fiber)

1000BASE-SX-LX (Fiber)



Τύποι του Ασύρματου μέσου μεταφοράς



- IEEE 802.11 πρότυπα
- Αναφέρεται συνήθως σαν Wi-Fi.
- Χρησιμοποιεί CSMA/CA
- Παραλλαγές περιλαμβάνουν:
 - 802.11a: 54 Mbps, 5 GHz
 - 802.11b: 11 Mbps, 2.4 GHz
 - 802.11g: 54 Mbps, 2.4 GHz
 - 802.11n: 600 Mbps, 2.4 and 5 GHz
 - 802.11ac: 1 Gbps, 5 GHz
 - 802.11ad: 7 Gbps, 2.4 GHz, 5 GHz, and 60 GHz



- IEEE 802.15 πρότυπο
- Υποστηρίζει ταχύτητες μέχρι 3 Mbps
- Παρέχει ζευγάρωμα συσκευών (pairing) σε αποστάσεις από 1 μέχρι 100 μέτρα.



- IEEE 802.16 πρότυπο
- Παρέχει ταχύτητες μέχρι 1 Gbps
- Χρησιμοποιεί μια point-to-multipoint τοπολογία για να παρέχει ασύρματη broadband πρόσβαση.

Πρότυπα 802.11 Wi-Fi

Πρότυπο	Μέγιστη ταχύτητα	Συχνότητα	Συμβατό με παλαιότερο πρότυπο
802.11a	54 Mbps	5 GHz	Όχι
802.11b	11 Mbps	2.4 GHz	Όχι
802.11g	54 Mbps	2.4 GHz	802.11b
802.11n	600 Mbps	2.4 GHz or 5 GHz	802.11b/g
802.11ac	1.3 Gbps (1300 Mbps)	2.4 GHz and 5.5 GHz	802.11b/g/n
802.11ad	7 Gbps (7000 Mbps)	2.4 GHz, 5 GHz and 60 GHz	802.11b/g/n/ac

Ευχαριστώ !

Ερωτήσεις ?