

Δίκτυα Υπολογιστών



Δίκτυα υπολογιστών και το Διαδίκτυο
Τα άκρα του δικτύου

Κ. Βασιλάκης



Περιεχόμενα – ενότητες που εξετάζονται

- Τι είναι το διαδίκτυο
 - Στοιχεία που το συνθέτουν
 - Τρόποι παροχής υπηρεσιών
 - Τι είναι τα πρωτόκολλα
- **Τα άκρα του δικτύου**
 - **Δίκτυα πρόσβασης**
 - **Φυσικά μέσα**
- Ο πυρήνας του δικτύου
 - Μεταγωγή πακέτου
 - Μεταγωγή κυκλώματος
 - Δομή του διαδικτύου
- Δυσκολίες στη μεταφορά
 - Καθυστερήσεις,
 - Απώλειες
 - Διεκπεραιωτική ικανότητα
- Επίπεδα πρωτοκόλλων
 - Διαστρωμάτωση
 - Το μοντέλο OSI
- Ιστορία



Η δομή του διαδικτύου

■ Άκρα δικτύου:

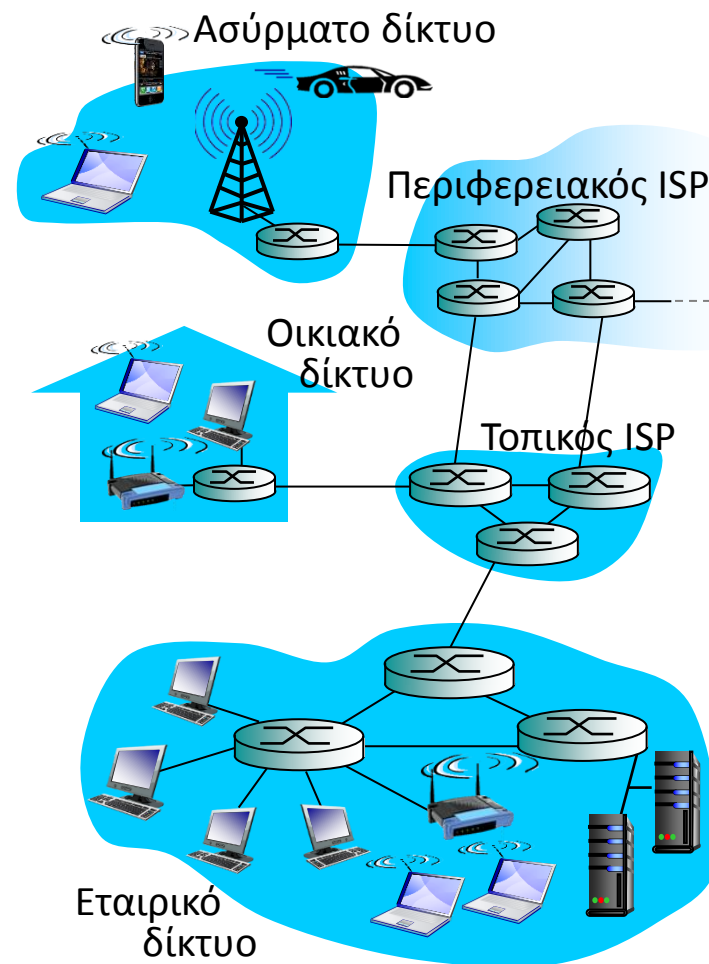
- Τερματικά συστήματα (hosts)
- Φιλοξενούν εφαρμογές
- 2 ρόλοι: πελάτης - εξυπηρετητής

■ Δίκτυα πρόσβασης (access):

- ενσύρματες και
- ασύρματες ζεύξεις επικοινωνίας
- Μέριμνα των ISPs σε τοπικό ή περιφερειακό επίπεδο

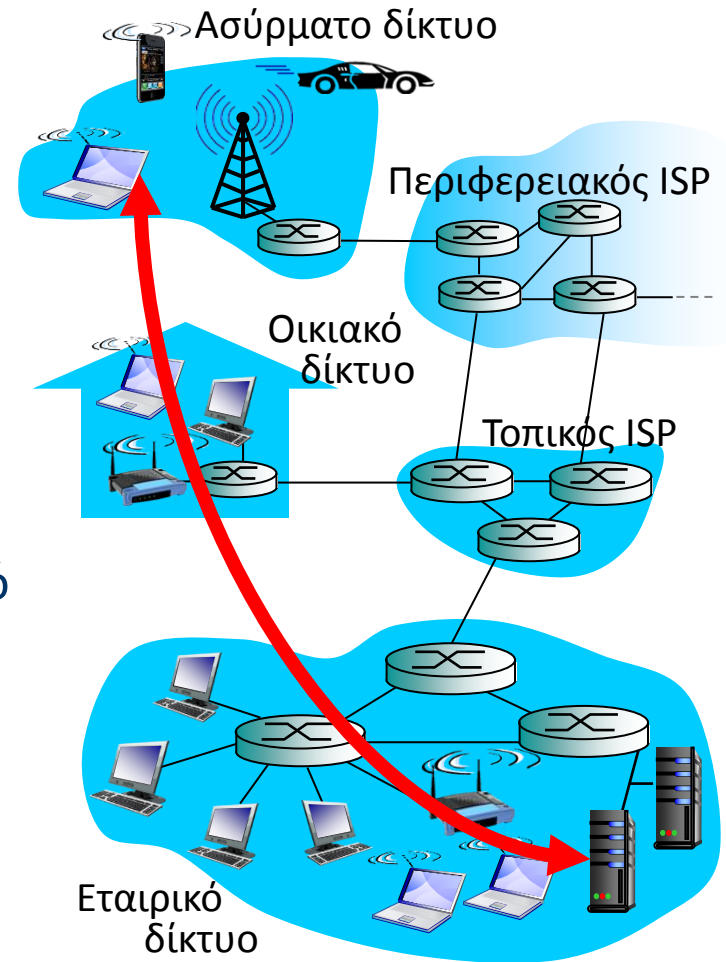
■ Πυρήνας δικτύου (core):

- Διασυνδεδεμένοι δρομολογητές
- Δίκτυο δικτύων
- Μέριμνα των ISPs σε εθνικό ή διεθνές επίπεδο



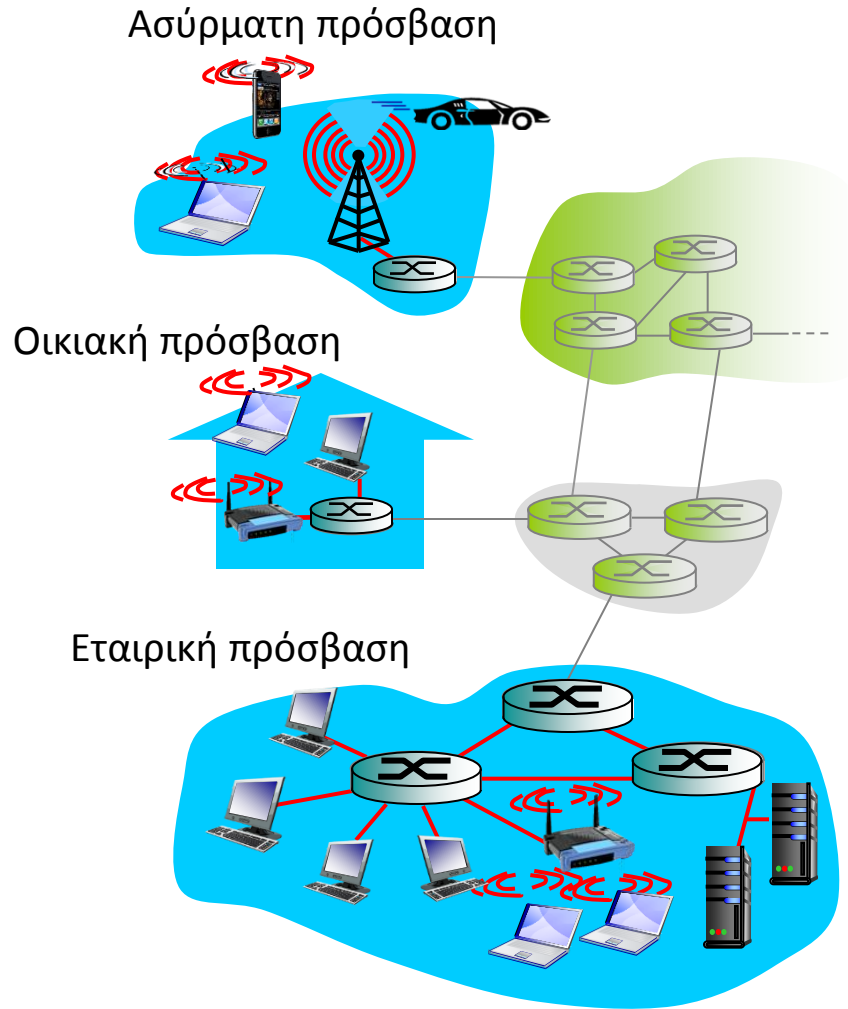
Άκρα του δικτύου

- **Τερματικά συστήματα** (computers -hosts)
 - PCs, mobiles, tablets, φορητοί, κλπ.
 - Servers, cluster of servers, data centers.
 - Εκτελούν εφαρμογές (www, e-mail κλπ).
- **Μοντέλο πελάτη εξυπηρετητή** (client – server).
 - Hosts σε ρόλο πελάτη (client).
 - Hosts σε ρόλο εξυπηρετητή (server).
 - Ο πελάτης ζητά και παίρνει υπηρεσίες από εξυπηρετητή (πχ Web browser-server).
- **Μοντέλο μεταξύ ομοτίμων** (peer to peer - P2P)
 - host: ταυτόχρονα και πελάτης και εξυπηρετητής
 - ελάχιστοι αποκλειστικοί servers.

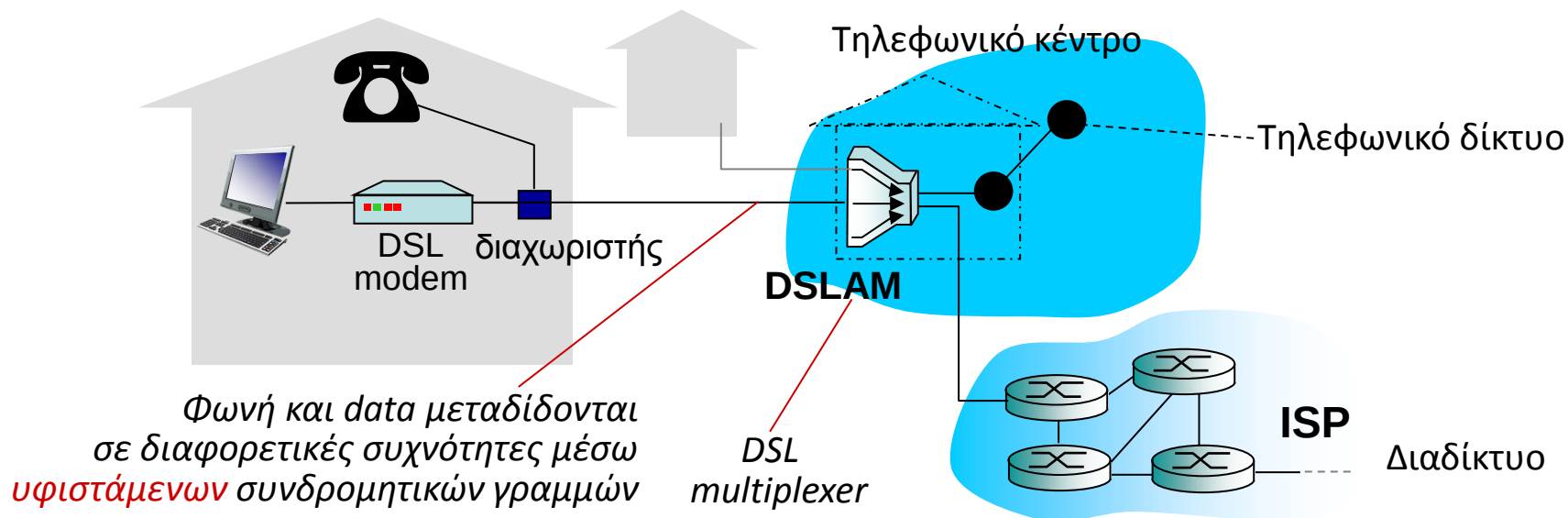


Δίκτυα προσπέλασης

- Πρόκειται για τα δίκτυα που συνδέουν με φυσικό τρόπο ένα τερματικό σύστημα (host) με τον πρώτο δρομολογητή (edge router).
- Πως?
 - Οικιακή προσπέλαση
 - Εταιρική προσπέλαση
 - Ασύρματη / ενσύρματη προσπέλαση
- Σημαντικοί παράγοντες:
 - Η ταχύτητα προσπέλασης
 - Αν η ζεύξη είναι κοινόχρηστη ή αποκλειστική.



Δίκτυα προσπέλασης: ψηφιακή συνδρομητική γραμμή

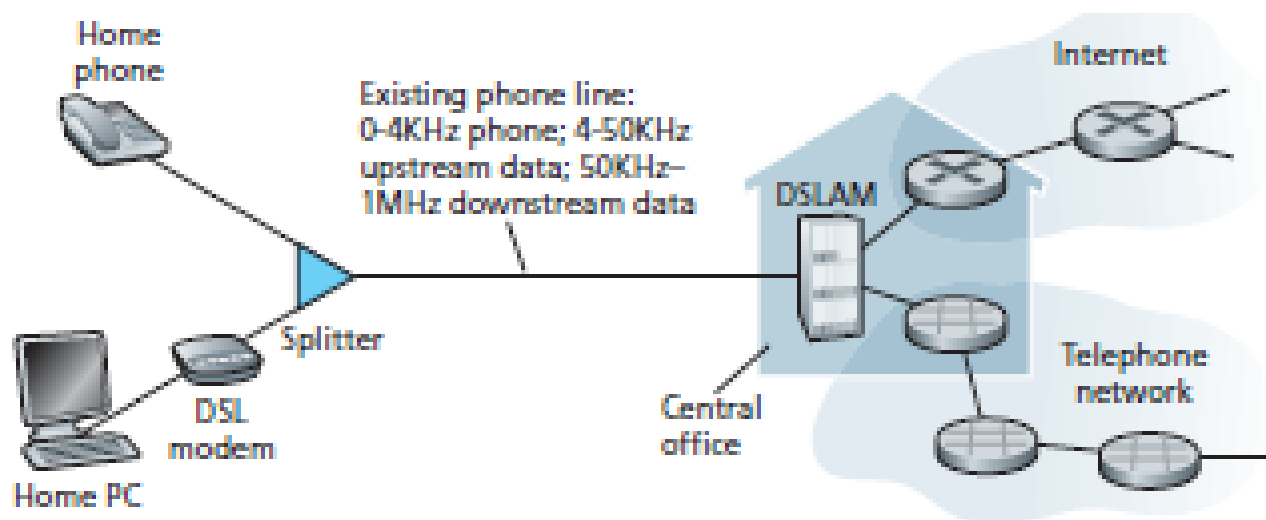


- **Digital subscriber line (DSL)**
- Τα δεδομένα μέσω της DSL γραμμής οδηγούνται στο δίκτυο.
- Η φωνή μέσω της DSL γραμμής οδηγείται στο τηλεφωνικό κέντρο.
- Πολυπλεξία:
 - Κανάλι λήψης (downstream), 50kHz-1MHz, **24Mbps** (συνήθως <10Mbps).
 - Κανάλι αποστολής (upstream), 4kHz-50kHz, **3.5Mbps** (συνήθως <1Mbps).
 - Συνηθισμένο αμφίδρομο τηλεφωνικό κανάλι, 0-4kHz.

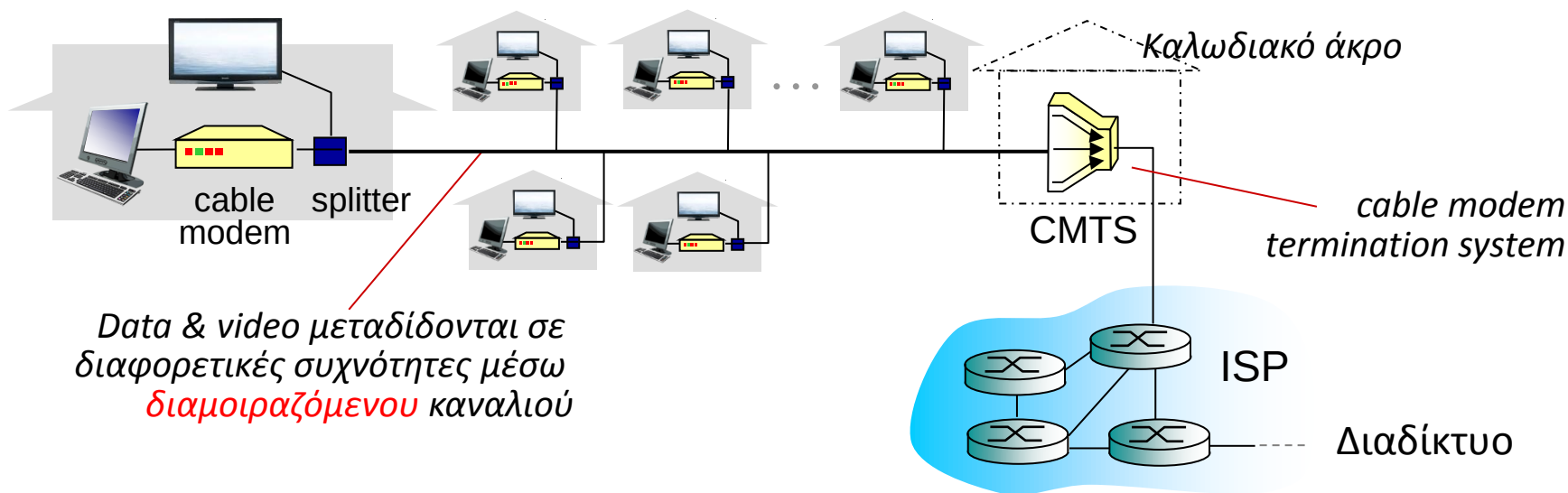


ADSL

- Ένα **DSLAM** μπορεί να δέχεται εκατοντάδες ή και χιλιάδες συνδέσεις (DSLAM: DSL Access Multiplexer).
- Επειδή οι ρυθμοί μετάδοσης στα δύο κανάλια δεδομένων είναι διαφορετικοί, η προσπέλαση ονομάζεται ασύμμετρη (**Asymmetric DSL - ADSL**).
- Έχει σχεδιαστεί για μικρές αποστάσεις ανάμεσα στο σπίτι και τον χώρο που βρίσκεται το DSLAM (8-15 km).



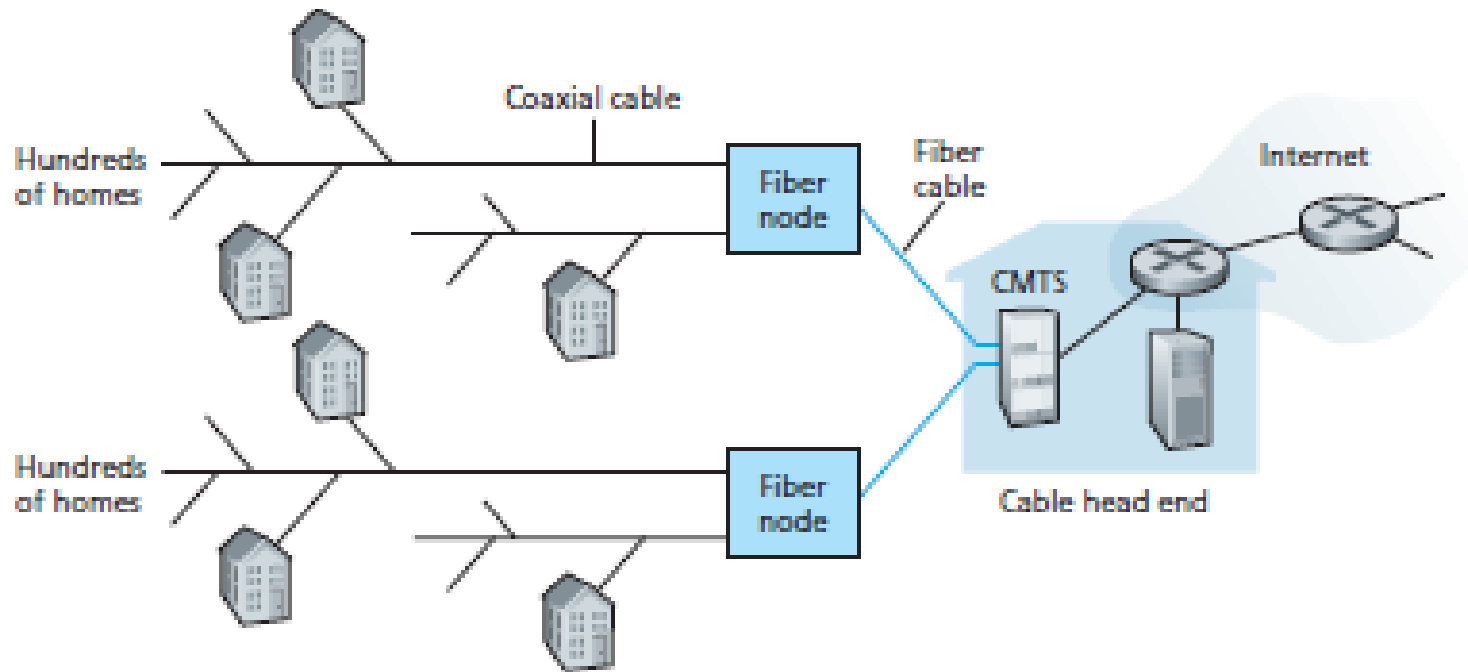
Δίκτυα προσπέλασης: καλωδιακό δίκτυο τηλεόρασης



- Χρησιμοποιείται η υφιστάμενη υποδομή τηλεοπτικής καλωδίωσης (ομοαξονικό καλώδιο).
- Πολυπλεξία διαίρεσης συχνότητας.
- Ασύμμετρη: **30Mbps** λήψη, **2Mbps** αποστολή.
- Οι χρήστες μοιράζονται το κανάλι πρόσβασης (ενώ στο DSL αφιερώνεται 1 γραμμή σε κάθε χρήστη).
- Απαιτείται πρωτόκολλο **πολλαπλής προσπέλασης** για ν' αποφευχθούν συγκρούσεις.



Δίκτυα προσπέλασης: HFC

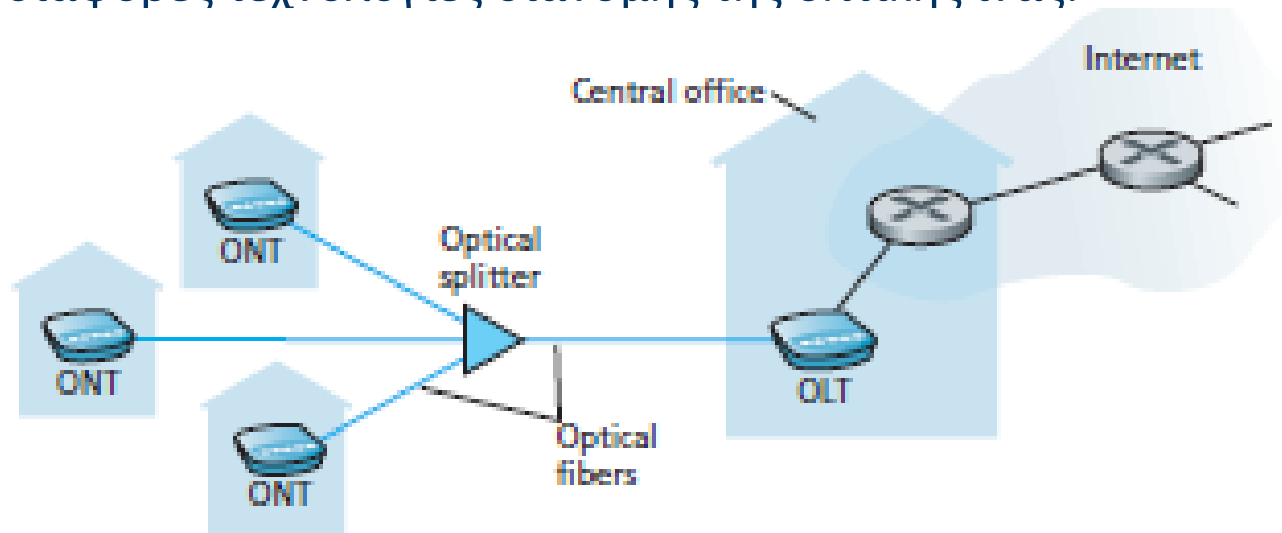


- Hybrid Fiber Coaxial (ομοαξονικό καλώδιο και οπτική ίνα HFC)
- Data Over Cable Service Interface Specification (DOCSIS):
 - ~43Mbit/s λήψη και ~ 31MMbit/s αποστολή.



Δίκτυα προσπέλασης: οπτική ίνα στο σπίτι

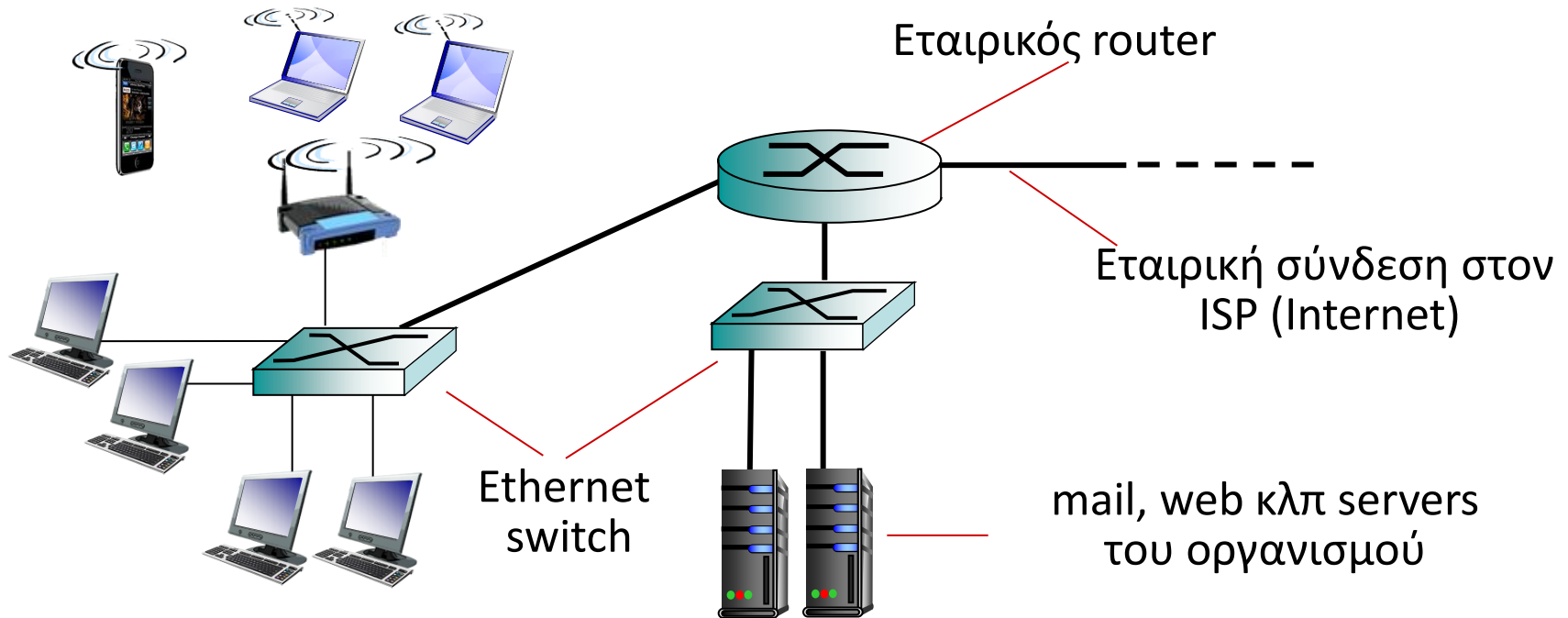
- **Fiber To The Home (FTTH)**
- Παρέχει κανάλι οπτικής ίνας στο σπίτι.
- Ταχύτητες τάξης μεγέθους gigabit (Gbps).
- Υπάρχουν διάφορες τεχνολογίες διανομής της οπτικής ίνας.



- Τεχνολογία PON (Passive Optical Networks) – Verizon, FIOS.
- Κάθε σπίτι: 1 τερματιστής οπτικού δικτύου (Optical Network Terminator).
- Διαχωριστής «γειτονιάς» (Optical splitter): έως 100 χρήστες.
- Τερματιστής Οπτικής Ίνας (Optical Line Terminator).



Δίκτυα προσπέλασης: Ethernet



- Συνήθης τρόπος σύνδεσης επιχειρήσεων, πανεπιστημίων κλπ (enterprise access networks).
- Ταχύτητες: 10 Mbps, 100Mbps, 1Gbps, 10Gbps, 20Gbps.
- Τυπικά τα τερματικά συστήματα συνδέονται σε μεταγωγείς και έχουν πρόσβαση στο διαδίκτυο μέσω Ethernet.



Δίκτυα προσπέλασης: ασύρματη πρόσβαση

- **Ασύρματη τοπική προσπέλαση (LAN).** Οι χρήστες επικοινωνούν μέσω ενός σημείου προσπέλασης (access point) το οποίο συνδέεται στο τοπικό router που με τη σειρά του συνδέεται στο διαδίκτυο.
- **Ασύρματη προσπέλαση ευρείας περιοχής.** Σύνδεση με χρήση υποδομών των εταιρειών κινητής τηλεφωνίας.

wireless LANs:

- Εσωτερικά σε κτίρια (100 m)
- 802.11b/g (WiFi).
- Ταχύτητα: 11 ή 54 Mbps
- Τεχνολογία: WiFi (IEEE803.11)



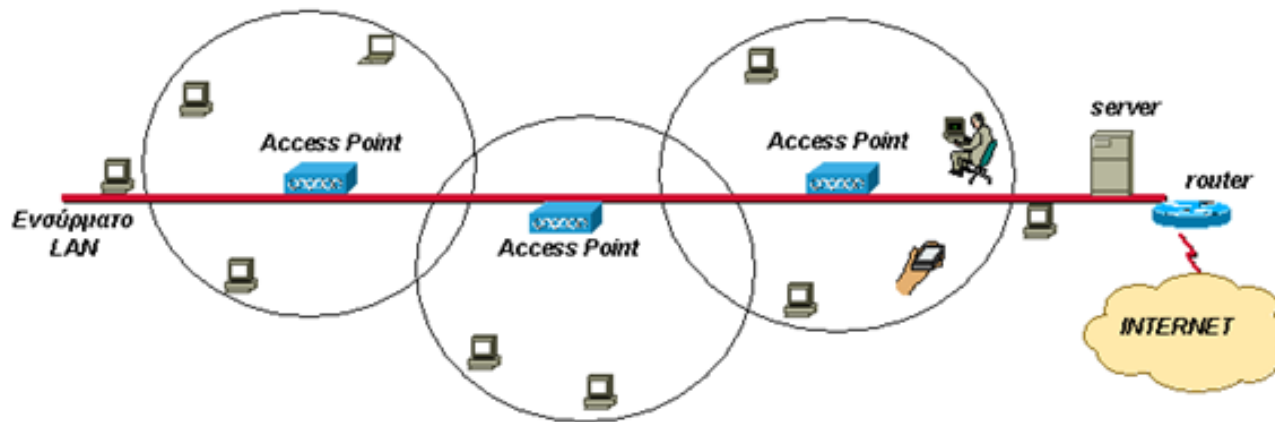
wide-area wireless access:

- Ακτίνα όση η κυψέλη (cell) του παρόχου ~ 10' s km
- Ταχύτητα: 1 - 10 Mbps
- Τεχνολογίες: 3G, 4G: LTE



Ασύρματα δίκτυα

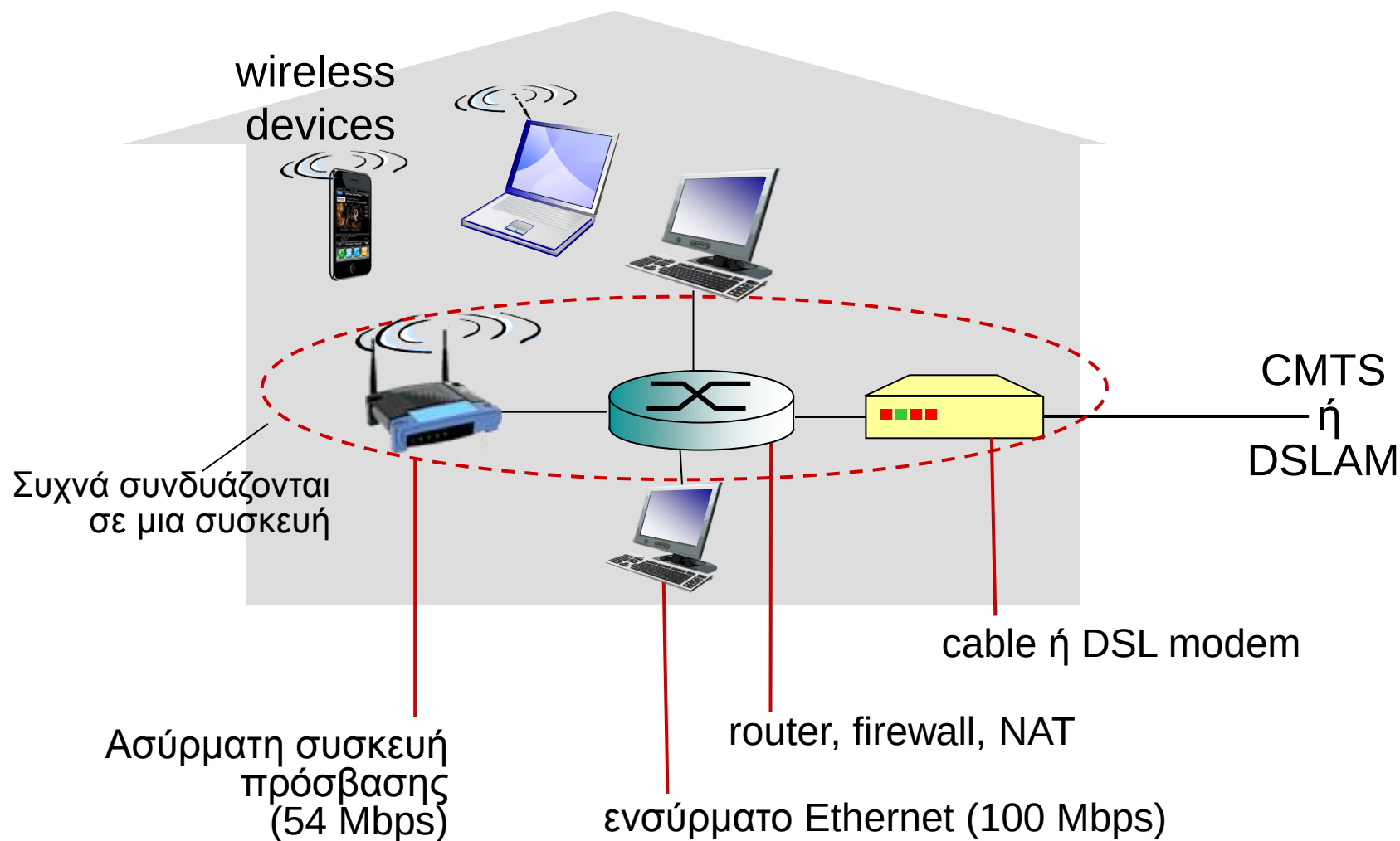
- Η εγκατάσταση ενός ασύρματου δικτύου δεν σημαίνει απαραίτητα την μη παρουσία ενός ενσύρματου δικτύου.
- **Κυψέλη** ονομάζεται η κυκλική περιοχή εμβέλειας μιας ασύρματης συσκευής. Η έκταση μιας κυψέλης εξαρτάται από το είδος του μεταδιδόμενου κύματος, την ισχύ των κεραιών και τα παρεμβαλλόμενα υλικά (τοίχοι, έπιπλα κλπ).
- Οι ασύρματοι κόμβοι που υπάρχουν σε κάποια κυψέλη ελέγχονται από μια **συσκευή πρόσβασης** (access point), η οποία διαχειρίζεται και τα δεδομένα που κυκλοφορούν στην συγκεκριμένη κυψέλη και φροντίζει για την μετακίνησή τους. Οι κόμβοι επικοινωνούν μεταξύ τους δια μέσου των συσκευών πρόσβασης και σε σπάνιες περιπτώσεις, απ' ευθείας μεταξύ τους.



Ανάπτυξη ασύρματου τοπικού δικτύου με κυψέλες



Οικιακά δίκτυα (τυπική σύνδεση πρόσβασης)



Φυσικά μέσα μετάδοσης -1

- Τα bits διαδίδονται μεταξύ ζευγαριών πομπού-δέκτη.
- Μεταξύ ενός ζευγαριού πομπού-δέκτη βρίσκεται το **μέσο μετάδοσης**.
- Η διαδρομή ενός bit από ένα κόμβο αποστολής σε ένα κόμβο προορισμού αποτελείται από πολλά ζευγάρια πομπού δέκτη.



- Υπάρχουν δύο βασικές κατηγορίες μέσων μετάδοσης:
 - Τα **οδηγούμενα**, όπου τα σήματα των bits μεταδίδονται μέσα από συμπαγή υλικά (ενσύρματα).
 - Τα **μη οδηγούμενα** όπου τα σήματα των bits εκπέμπονται «ελεύθερα» στη ατμόσφαιρα (ασύρματα).



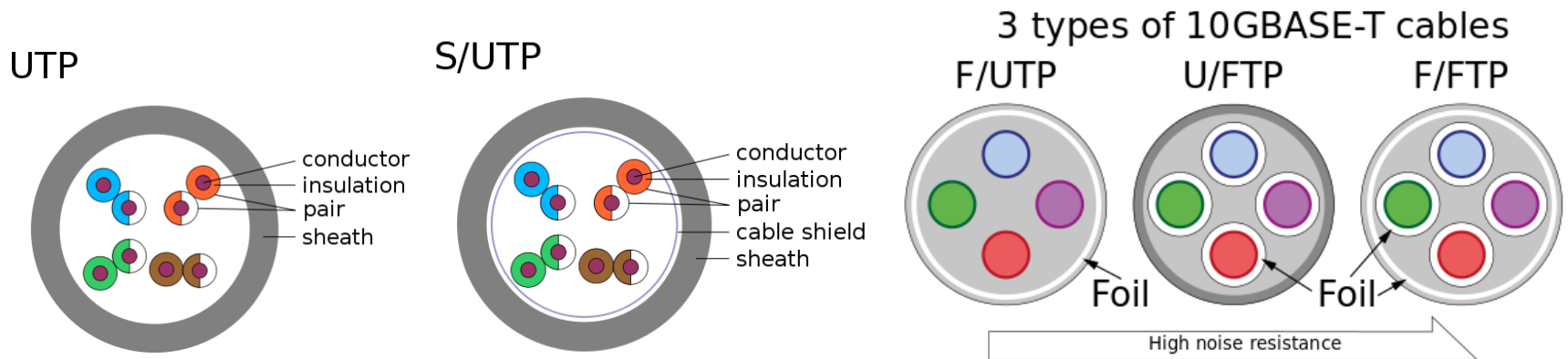
Φυσικά μέσα μετάδοσης -2

- Σε μια ζεύξη, το κόστος προμήθειας ενός φυσικού μέσου μετάδοσης είναι σχετικά μικρό.
- Πολύ μεγαλύτερο είναι το κόστος της εργασίας για την εγκατάσταση των φυσικών μέσων.
- Διεθνείς οργανισμοί, έχουν κατά καιρούς προτείνει ποικίλες τυποποιήσεις των διαφόρων μέσων μετάδοσης.
- Αυτές οι τυποποιήσεις επικεντρώνονται σε θέματα όπως:
 - το **φάσμα των συχνοτήτων** που περνά το υλικό,
 - την **ευαισθησία** του μέσου μετάδοσης στο θόρυβο,
 - τις **πιθανές απώλειες**,
 - την **ασφάλεια** που προσφέρεται και
 - το **μέγιστο μήκος** που είναι δυνατόν να επεκταθεί το υλικό.



Χάλκινα σύστροφα σύρματα

- Πρόκειται για συνεστραμμένα ζεύγη καλωδίων χαλκού (twisted pair) πάχους 1mm.
- Είναι το πιο συνηθισμένο και το πιο φτηνό ενσύρματο μέσο.
- Τα καλώδια συστρέφονται για να μειωθεί η μεταξύ τους ηλεκτρική παρεμβολή.
- Τα τελευταία χρόνια παράγονται με εξαιρετικά ποιτικές προδιαγραφές (UTP - Unshielded Twisted Pair- level 5/6/7, STP - Shielded Twisted Pair- FTP).



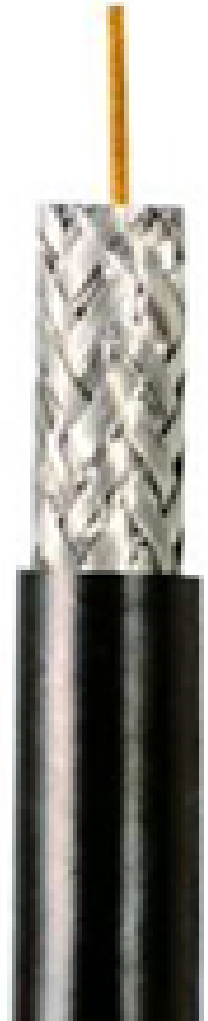
Twisted pair (TP)

- Δουλεύονται πολύ εύκολα.
- Μπορούμε να πετύχουμε πολύ υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης (έως και 10 Gbps).
- Οι ρυθμοί μετάδοσης εξαρτώνται από τη ποιότητα και το πάχος του σύρματος και την απόσταση.
- Χρησιμοποιούνται κυρίως για την δημιουργία καλωδιακών υποδομών σε κτίρια, οι οποίες είναι σε θέση να εξυπηρετήσουν ταυτόχρονα διάφορες τηλεπικοινωνιακές ανάγκες (τοπικά δίκτυα υπολογιστών, τηλεφωνικά κέντρα, υπηρεσίες ασφάλειας κλπ).
- Είναι το πιο διαδεδομένο μέσο σύνδεσης σήμερα.



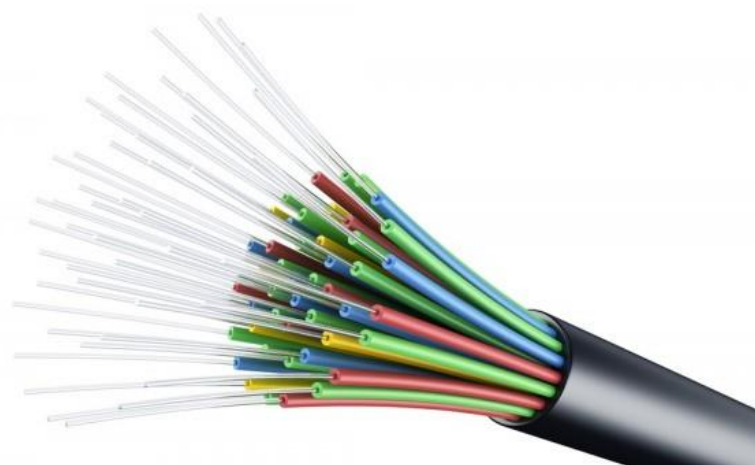
Ομοαξονικό καλώδιο (coaxial cable)

- Πρόκειται για καλώδιο με 2 ομόκεντρους αγωγούς, όπως αυτό της τηλεόρασης.
- Το εξωτερικό καλώδιο χρησιμοποιείται για θωράκιση.
- Υπάρχει εξωτερική μόνωση που του προσφέρει μεγάλη αντοχή, προφύλαξη και υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης σε μεγάλες αποστάσεις.
- Είναι όμως δύσχρηστο, λόγω της ακαμψίας που έχει και απαιτείται ειδική συνδεσμολογία.
- Χρησιμοποιείται σαν **διαμοιραζόμενο** μέσο διπλή κατεύθυνσης και κυρίως όπου γίνεται αξιοποίηση υποδομών καλωδιακής τηλεόρασης για τη προσπέλαση στο δίκτυο (HFC).



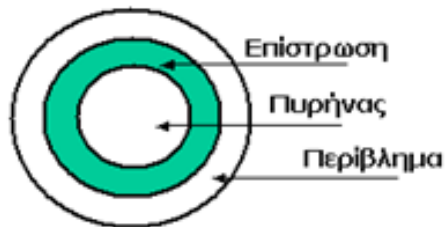
Καλώδια οπτικών ινών (fiber optic cables)

- Ίνες γυαλιού που μεταφέρουν παλμούς φωτός οι οποίοι παράγονται από κατάλληλες πηγές (συνήθως LED ή laser) .
- Κάθε παλμός φωτός αναπαριστά 1 bit.
- Ουσιαστικά ο φορέας της πληροφορίας είναι το φως και φυσικά οι ταχύτητες που επιτυγχάνονται είναι μεγαλύτερες (δεκάδες και εκατοντάδες Gbps).
- Είναι απρόσβλητες σε ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές, έχουν πολύ μικρή εξασθένηση σήματος έως τα 100 km και υποκλέπτονται πολύ δύσκολα.
- Δυσκολίες στη σύνδεση, όδευση, και εγκατάσταση.
- Χρησιμοποιούνται κυρίως σε:
 - Μεγάλες αποστάσεις
(Διεθνείς ζεύξεις & Δίκτυα κορμού)



Οπτικές ίνες: από τι αποτελούνται

- Η οπτική ίνα αποτελείται από τρία ομόκεντρα υλικά:
 - τον **πυρήνα** (core), το κεντρικό μέσο, που είναι μία ίνα γυαλιού (εμπλουτισμένο πυρίτιο) ή πλαστικού. Μέσα στον πυρήνα ταξιδεύει το φως.
 - την **επίστρωση** (cladding) μονωτική επικάλυψη που περιβάλλει τον πυρήνα και αντανακλά τις δέσμες φωτός. Η επίστρωση αποτελείται από καθαρό πυρίτιο και έχει χαμηλότερο δείκτη διαθλάσεως από τον πυρήνα.
 - το **εξωτερικό περίβλημα** (coating), το οποίο απλά προστατεύει την ίνα από κακώσεις και αποτελείται συνήθως από ακρυλικό υλικό.



Δύο τρόποι μετάδοσης για την υλοποίηση δικτύων

■ Multi-mode μετάδοση (πολύτροπες οπτικές ίνες)

Οι δέσμες φωτός οδεύουν μέσα στο υλικό με διαφορετικές γωνίες πρόσπτωσης, σε σχέση με τον άξονα της οπτικής ίνας, καθώς αντανακλώνονται στην επίστρωση. Η διάμετρος του πυρήνα είναι σχετικά μεγάλη της τάξης των 62 μm , ενώ η συνολική διάμετρος του περιβλήματος του πυρήνα είναι 125 μm . Οι πολύτροπες οπτικές ίνες απαιτούν φτηνότερο εξοπλισμό τερματισμού και σύνδεσης σε σχέση με τις μονότροπες και χρησιμοποιούνται σε αποστάσεις μέχρι 3 χιλιόμετρα.

■ Single mode μετάδοση (Μονότροπες οπτικές ίνες)

Στις μονότροπες ίνες επιτρέπεται η μετάδοση μιας μόνο συχνότητας και η δέσμη φωτός διαδίδεται σε μία λεπτή αξονική διαδρομή (απ' ευθείας). Η διάμετρος του πυρήνα, που πρέπει να είναι σύμφωνος με το μήκος κύματος του εκπεμπόμενου σήματος, είναι 9 μm και του περιβλήματος 125 μm . Είναι φτηνότερες από τις πολύτροπες οπτικές ίνες, μεταφέρουν μεγάλο όγκο πληροφοριών σε μεγάλες αποστάσεις (έως και 50 χιλιόμετρα), απαιτούν όμως ακριβότερο εξοπλισμό (laser πηγές φωτός).



Επίγειες ραδιο-συνδέσεις (radio)

- Μεταφέρουν σήματα στο ηλεκτρομαγνητικό φάσμα.
- Δεν απαιτούν καλωδίωση.
- Ευελιξία (δυνατότητα σύνδεσης κινητών χρηστών).
- Διπλής κατεύθυνσης.
- Η απόδοση τους εξαρτάται από:
 - το **περιβάλλον διάδοσης** (αντανάκλαση, εμπόδια, παρεμβολές) και
 - την **απόσταση**.
- Εφαρμογές σε:
 - πολύ κοντινές αποστάσεις (1-2m) – Bluetooth.
 - τοπικής εμβέλειας ζεύξεις (<εκατοντάδες μέτρα) – WiFi, WiMAX.
 - Ευρείας εμβέλειας (δεκάδες χιλιόμετρα) – LTE (Long Term Evolution).



Ραδιο-συνδέσεις: πλεονεκτήματα- μειονεκτήματα

- Πλεονεκτήματα:
 - Γρήγορη υλοποίηση με εύκολη εγκατάσταση, χωρίς πολύπλοκες διασυνδέσεις και καλωδίωση.
 - Χαμηλό κόστος χρήσης, καθώς δεν υπάρχουν τέλη σύνδεσης και κόστος συντήρησης της καλωδιακής υποδομής.
 - Ευελιξία, καθώς δεν υπάρχουν τεχνικοί περιορισμοί στην επεκτασιμότητα του δικτύου και υπάρχει μεγάλη ευκολία στην μετακίνηση των κόμβων (πομπών / δεκτών).
- Μειονεκτήματα:
 - Θέματα ασφάλειας.
 - Περιορισμός στα κανάλια συχνοτήτων.
 - Μικρότερες ταχύτητες.



Δορυφορικές ζεύξεις

- Ένας δορυφόρος μπορεί να συνδέσει 2 επίγειους σταθμούς
- Δέχεται σήματα σε ζώνη συχνοτήτων και τα μεταδίδει αφού τα αναπαράγει σε άλλη συχνότητα.
- Δυο τύπους δορυφόρων:
 - **Γεωστατικούς** (geostationary).
Παραμένουν συνεχώς πάνω από το ίδιο σημείο (~36.000 Km).
Καθυστέρηση διάδοσης: 280 millisecs.
Ταχύτητα: έως εκατοντάδες Mbps.
Χρησιμοποιούνται για πρόσβαση στο διαδίκτυο, κυρίως όπου δεν υπάρχει άλλη υποδομή πρόσβασης (DSL, καλωδιακή κλπ).
 - **Χαμηλής τροχιάς** (Low-Earth Orbiting).
Δεν παραμένουν στον ίδιο σημείο, επικοινωνούν μεταξύ τους, δεν χρησιμοποιούνται (ακόμα) για πρόσβαση στο διαδίκτυο.

