

Εισαγωγή στις Τηλεπικοινωνίες

Δρ. Δημοσθένης Βουγιούκας
Επίκουρος Καθηγητής
dvougiou@aegean.gr

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ

Τμήμα Μηχανικών Πληροφοριακών και Επικοινωνιακών Συστημάτων

Εισαγωγή στις Επικοινωνίες

- Τεχνολογία-Κλειδί η Συλλογή, Αποθήκευση, Επεξεργασία και Διανομή της Πληροφορίας
- Σύγκλιση Τηλεπικοινωνιών και Υπολογιστικών Συστημάτων
 - Δεν υπάρχει ουσιαστική διαφορά μεταξύ επεξεργασίας δεδομένων και επικοινωνιών δεδομένων.
 - Δεν υπάρχει ουσιαστική διαφορά μεταξύ επικοινωνιών δεδομένων, φωνής και video.
 - Η διαφοροποίηση μεταξύ υπολογιστών ενός ή πολλαπλών επεξεργαστών και τοπικών ή μητροπολιτικών ή δικτύων ευρείας ζώνης είναι θολή.
- Ανάπτυξη ολοκληρωμένων συστημάτων που μεταδίδουν και επεξεργάζονται όλους τους τύπους δεδομένων και πληροφοριών.

Εισαγωγή στις Επικοινωνίες

- Η Κοινωνία της Πληροφορίας απαιτεί ολοκληρωμένα συστήματα που επιτρέπουν **εύκολη** και **ελεύθερη** πρόσβαση **απ' όλους** στις πηγές δεδομένων και πληροφοριών **παγκοσμίως**
- Οργάνωση Υπολογιστικών Συστημάτων: Μετάβαση από Υπολογιστικά Κέντρα στα Δίκτυα Υπολογιστών
- Θεματικές περιοχές των Τηλεπικοινωνιακών Δικτύων ή Δικτύων Υπολογιστών
 - Επικοινωνίες Δεδομένων (τεχνικές μετάδοσης, μέσα μετάδοσης, κωδικοποίηση σημάτων, διεπαφές, πολυπλεξία, μεταγωγή).
 - Δικτύωση (LANs, MANs, WANs, Internet).
 - Τεχνολογία Πρωτοκόλλων (στοίβες, αρχιτεκτονικές, ανάλυση και σχεδίαση σε διάφορα στρώματα).

Εισαγωγή στις Επικοινωνίες

- Τι είναι **επικοινωνία (communication)**;
- Η επικοινωνία είναι η μετάδοση **πληροφορίας (information)** από ένα σημείο σε ένα άλλο μέσω μιας ακολουθίας διαδικασιών.

Εισαγωγή στις Επικοινωνίες

- Διαδικασίες για τη μετάδοση πληροφορίας από ένα σημείο σε ένα άλλο:
 - Τη δημιουργία ενός προτύπου ή εικόνας στο μυαλό κάποιου.
 - Την περιγραφή αυτής της εικόνας με κάποια ακρίβεια, χρησιμοποιώντας ένα σύνολο ακουστικών ή οπτικών συμβόλων.
 - Την κωδικοποίηση αυτών των συμβόλων σε μια μορφή κατάλληλη προς μετάδοση, από το μέσο που μας ενδιαφέρει.
 - Τη μετάδοση των κωδικοποιημένων συμβόλων στον επιθυμητό προορισμό.
 - Την αποκωδικοποίηση και αναπαραγωγή των αρχικών συμβόλων.
 - Την αναδημιουργία της αρχικής εικόνας, με μια καθορισμένη ποιοτική υποβάθμιση. (Η υποβάθμιση αυτή προκαλείται από ατέλειες του συστήματος.)

Δικτύωση

- Ανέφικτη η Απευθείας Σύνδεση Σημείο-προς-Σημείο δύο συσκευών (απόσταση, πλήθος ζευγών, κόστος)
- **Υπολογιστικό Σύστημα:** Οποιαδήποτε συσκευή μπορεί να συλλέξει, αποθηκεύσει, επεξεργαστεί δεδομένα (PC, phone, PDA).
- **Δίκτυα Υπολογιστικών Συστημάτων:** Διασυνδεδεμένη Συλλογή από Αυτόνομα Υπολογιστικά Συστήματα.
- Αυτόνομα (όχι σχέση κυρίου-εξαρτημένου)
- Διάκριση Δικτύων και Κατανεμημένων Συστημάτων, όπου η ύπαρξη πολλαπλών αυτόνομων υπολογιστών δεν είναι ορατή στο χρήστη.

Χρήσεις των Δικτύων Υπολογιστών

- Δίκτυα για Εταιρείες με στόχο
 - Καταμερισμός και Διαθεσιμότητα των Πόρων (resource sharing)
 - Υψηλή Αξιοπιστία (high reliability) μέσω εναλλακτικών πηγών τροφοδοσίας
 - Εξοικονόμηση Χρημάτων μέσω μοντέλων πελάτη-εξυπηρετητή (client-server)
 - Επεκτασιμότητα (scalability)
 - Ισχυρό Επικοινωνιακό Μέσο (ανάπτυξη συνεργασιών και επιτάχυνση διεργασιών)

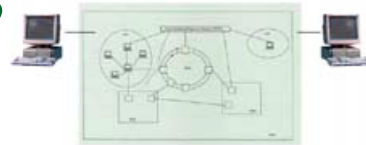
Χρήσεις των Δικτύων Υπολογιστών

- Δίκτυα για Ανθρώπους
 - Πρόσβαση σε απομακρυσμένες πληροφορίες ή Διάλογος προσώπων με απομακρυσμένες Βάσεις Δεδομένων (web banking, home shopping, on-line news, on-line libraries)
 - Επικοινωνία Πρόσωπο-με-Πρόσωπο(e-mail, video-conferences, e-learning, tele-medicine)
 - Διασκέδαση με Αλληλεπίδραση(video-on-demand, games)

Ταξινόμηση των Δικτύων

- Δύο βασικές ιδιότητες των δικτύων χρησιμοποιούνται για την ταξινόμησή τους:
 - η τεχνολογία μετάδοσης και
 - η κλίμακα
- Υπάρχουν δύο τύποι τεχνολογιών μετάδοσης:
 - συνδέσεις εκπομπής (broadcast links) και
 - συνδέσεις από σημείο σε σημείο (point-to-point links).

Ταξινόμηση των Δικτύων



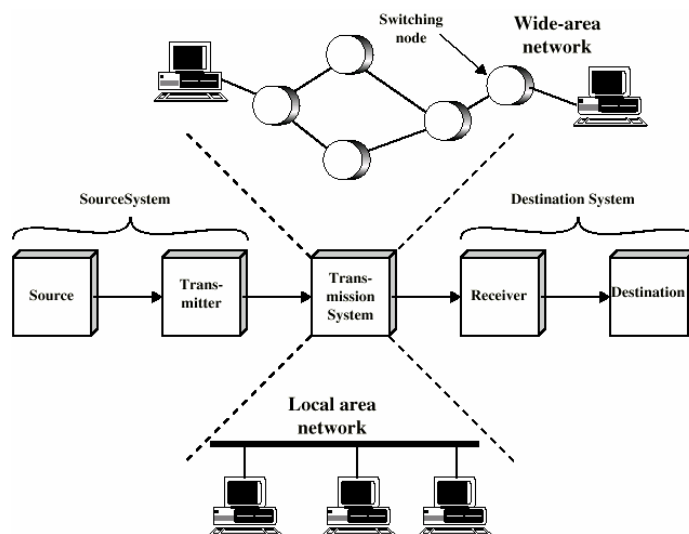
- Τεχνολογία Μετάδοσης
 - Δίκτυα Εκπομπής (broadcast)
 - Ένας και μοναδικός διάυλος
 - Μικρά Μηνύματα σε Πακέτα (packets) με πεδίο διεύθυνσης
 - Μετάδοση προς μια μηχανή
 - Μετάδοση Εκπομπής (Broadcasting) (προς όλες τις μηχανές με χρήση κωδικού στο πεδίο διεύθυνσης)
 - Μετάδοση Πολλαπλής Διανομής (Multicasting) (προς υποσύνολο μηχανών, 1 bit διεύθυνσης ως flag, n-1 bits αναπαριστούν τον αριθμό ομάδας)

Ταξινόμηση των Δικτύων



- Τεχνολογία Μετάδοσης (συνέχεια)
 - Δίκτυα Σημείου-προς-Σημείο (point-to-point)
 - Πολλές συνδέσεις μεταξύ συγκεκριμένων ζευγών μηχανών
 - Ένα πακέτο μπορεί να επισκεφθεί διάφορες ενδιάμεσες μηχανές πριν τον προορισμό του.
 - Τεχνικές Δρομολόγησης πολύ σημαντικές
 - Μικρά και γεωγραφικά περιορισμένα είναι συνήθως δίκτυα εκπομπής, ενώ τα μεγαλύτερα σημείου-προς-σημείο

Ταξινόμηση των Δικτύων



Ταξινόμηση των Δικτύων

- Κλίμακα Δικτύου (Απόσταση Κάλυψης)
 - 0.1m (ίδια κάρτα) Μηχανές ροής δεδομένων
 - 1m (ίδιο σύστημα) Πολλαπλοί υπολογιστές
 - 10m-1Km (ίδιο δωμάτιο, κτίριο, περιοχή) **Τοπικά Δίκτυα** (Local Area Networks, LAN)
 - 10Km (ίδια πόλη) **Μητροπολιτικά Δίκτυα** (Metropolitan Area Networks, MAN)
 - 100Km-1.000Km (ίδια χώρα, ήπειρο) **Δίκτυα Ευρείας Περιοχής** (Wide Area Networks, WAN)
 - 10.000Km (ίδιο πλανήτη) Διαδίκτυο (internet)
- }
- Πραγματικά Δίκτυα

Δίκτυα Μεταγωγής Κυκλώματος

- Ένα **αποκλειστικό** μονοπάτι επικοινωνίας εγκαθίσταται μεταξύ των δύο επικοινωνούντων μηχανών, μέσω των κόμβων (δρομολογητών) του δικτύου.
- Το μονοπάτι επικοινωνίας είναι μια διασυνδεδεμένη αλληλουχία από φυσικές ζεύξεις (γραμμές μετάδοσης) μεταξύ των κόμβων του δικτύου.
- Σε κάθε ζεύξη αφιερώνεται ένα **λογικό κανάλι** για τη συγκεκριμένη σύνδεση
- Χαρακτηριστικό των δικτύων μεταγωγής κυκλώματος είναι η **ελάχιστη καθυστέρηση μετάδοσης** των δεδομένων από τον πομπό στο δέκτη.
- Χαρακτηριστικό παράδειγμα δικτύου μεταγωγής κυκλώματος (circuit switched) είναι το **τηλεφωνικό δίκτυο** και η αναβάθμισή του σε **ISDN**.

Δίκτυα Μεταγωγής Πακέτου

- Δεν υπάρχει αποκλειστική απόδοση της χωρητικότητας σε συγκεκριμένες συνδέσεις.
- Τα δεδομένα στέλνονται σε μικρά μπλοκ, που καλούνται **πακέτα (packets)**, δια μέσω των δρομολογητών του δικτύου.
- Κάθε πακέτο παραλαμβάνεται ολόκληρο από κάθε ενδιάμεσο δρομολογητή, αποθηκεύεται μέχρι να ελευθερωθεί η απαιτούμενη εξερχόμενη γραμμή, οπότε και προωθείται στον επόμενο δρομολογητή.
- Τα δίκτυα μεταγωγής πακέτου (packet switched) ονομάζονται και **δίκτυα αποθήκευσης και προώθησης (store-and-forward)**.
- Όταν τα πακέτα είναι **μικρά και όλα του ίδιου μεγέθους** συχνά αποκαλούνται **κελιά (cells)**.

Ασύρματα Δίκτυα

- Διαφοροποίηση ως προς τα Φορητά Συστήματα Υπολογιστικών Συστημάτων
- Ασύρματα Τοπικά Δίκτυα Υπολογιστών (WLAN)
- Ικανοποιούν τις ανάγκες της κινητικότητας των χρηστών, της εύκολης και γρήγορης μετεγκατάστασης, της κάλυψης περιοχών που δεν είναι δυνατό να καλυφθούν ενσύρματα, και της ad-hoc δικτύωσης (δυναμικά δημιουργημένο και επαναπροσδιοριζόμενο ανάλογα με τις τρέχουσες απαιτήσεις δίκτυο).
- Πρότυπα με Διαθέσιμα Προϊόντα: 802.11a, 802.11b, 802.11g, HiperLan/I, HiperLan/II, κλπ.

Διαδίκτυα

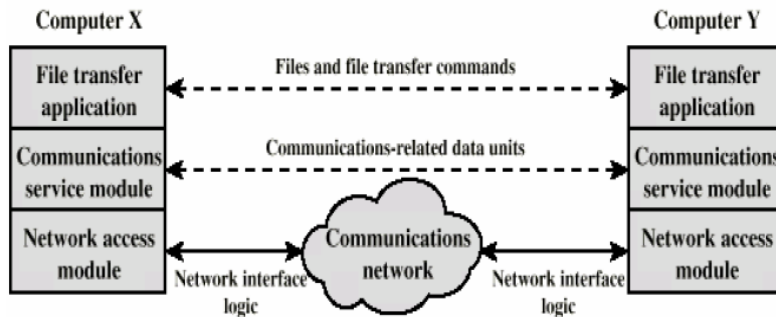
- Σύνολο διασυνδεδεμένων δικτύων (internet)
- Το Internet είναι ένα συγκεκριμένο διαδίκτυο παγκόσμιας εμβέλειας.
- Συχνά τα επιμέρους δίκτυα είναι ασύμβατα.
- Συνήθως για τη διασύνδεση και την απαραίτητη μετάφραση υλικού και λογισμικού χρησιμοποιούνται μηχανές που καλούνται **Πύλες (Gateways)**.

Στοιχεία Δικτύων – Στρώματα (Layers)

- Ένα Παράδειγμα (Μεταφορά Αρχείου μεταξύ μηχανών). Εργασίες:
 - Ο αποστολέας είτε ενεργοποιεί ένα μονοπάτι επικοινωνίας που ενώνει απευθείας τα δύο συστήματα, είτε ενημερώνει το δίκτυο για τη διεύθυνση του επιθυμητού παραλήπτη.
 - Ο αποστολέας πρέπει να εξακριβώσει ότι ο παραλήπτης είναι προετοιμασμένος να λάβει δεδομένα.
 - Η εφαρμογή μεταφοράς αρχείων στον αποστολέα πρέπει να εξακριβώσει ότι το πρόγραμμα διαχείρισης αρχείων στον παραλήπτη είναι προετοιμασμένο να δεχτεί και αποθηκεύσει το αρχείο για τον συγκεκριμένο χρήστη.
 - Αν οι τύποι των αρχείων στα δύο συστήματα είναι ασύμβατοι κάποιος από τα δύο συστήματα πρέπει να μεταφράσει το αρχείο στον σωστό τύπο.

Στοιχεία Δικτύων – Στρώματα (Layers)

- Η όλη λογική αντί να υλοποιηθεί σε μια μονάδα, χωρίζεται σε ομάδες εργασιών, που κάθε μια υλοποιείται χωριστά.



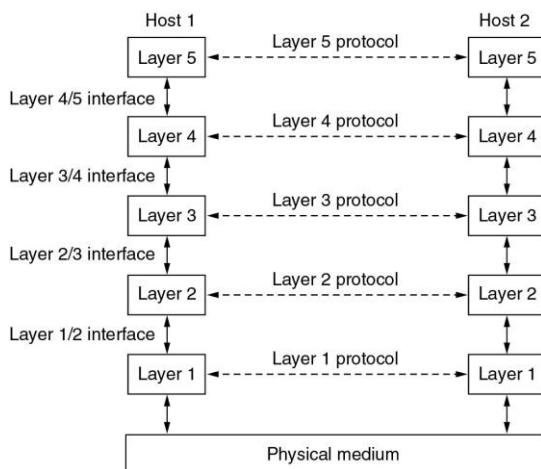
Στοιχεία Δικτύων – Στρώματα (Layers)

- Γιατί Στρώματα;
 - Μείωση της πολυπλοκότητας σχεδίασης των δικτύων
 - Δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης στρωμάτων από ανώτερα στρώματα
 - Δυνατότητα μερικής αντικατάστασης στρωμάτων.
- Σκοπός Στρωμάτων:
 - Προσφέρουν συγκεκριμένες υπηρεσίες στα ανώτερα στρώματα απομονώνοντάς τα από τις λεπτομέρειες υλοποίησης των προσφερόμενων υπηρεσιών.

Στοιχεία Δικτύων – Πρωτόκολλα (Protocols)

- Το στρώμα N μιας μηχανής διεξάγει συζήτηση με το στρώμα N μιας άλλης μηχανής.
- Οι κανόνες και οι συμβάσεις που χρησιμοποιούνται στη συζήτηση αυτή συλλογικά ονομάζονται **πρωτόκολλο (protocol)** στρώματος N.
- **Οντότητα (entity)** είναι οτιδήποτε μπορεί να στείλει ή να λάβει πληροφορία. Τα ενεργά στοιχεία κάθε στρώματος.
- Υπάρχουν οντότητες λογισμικού (π.χ. οι διεργασίες) και οντότητες υλικού (π.χ. ένα chip I/O)
- Οι οντότητες του στρώματος N υλοποιούν μια υπηρεσία που παρέχεται στο στρώμα N+1.
- Οι οντότητες που απαρτίζουν τα αντίστοιχα στρώματα σε διαφορετικές μηχανές καλούνται **ομότιμες (peers)**.
- Οι ομότιμες είναι αυτές που επικοινωνούν χρησιμοποιώντας το πρωτόκολλο.

Στοιχεία Δικτύων



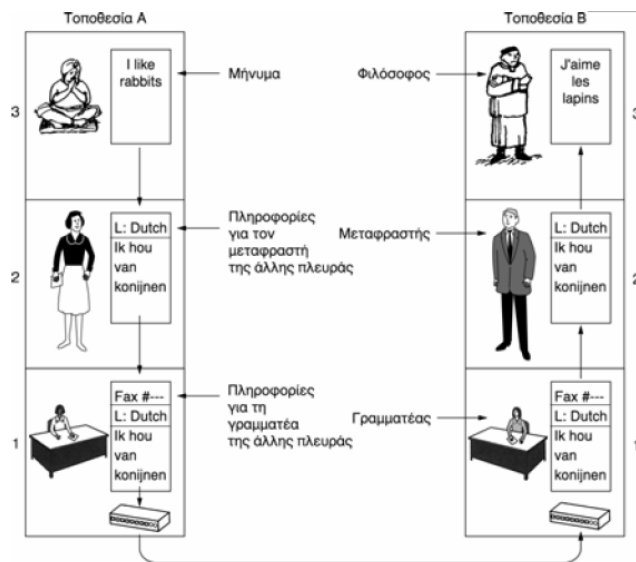
Στοιχεία Δικτύων – Διεπαφές (Interfaces)

- Η διεπαφή καθορίζει το ποιες στοιχειώδεις λειτουργίες και υπηρεσίες προσφέρει το κατώτερο στρώμα στο ανώτερο.
- Σαφείς διεπαφές σημαίνει:
 - Ελαχιστοποίηση ποσότητας πληροφορίας.
 - Απλοποίηση της αντικατάστασης της υλοποίησης ενός στρώματος με μια εντελώς διαφορετική.
- Οι διεπαφές σχετίζονται με την Πραγματική Επικοινωνία (**κατακόρυφη**) μεταξύ των στρωμάτων της ίδιας μηχανής.
- Τα πρωτόκολλα σχετίζονται με τη Νοητή Επικοινωνία (**οριζόντια**) μεταξύ ομότιμων οντοτήτων σε διαφορετικές μηχανές.

Αρχιτεκτονική Δικτύου & Στοιβά Πρωτοκόλλων

- **Αρχιτεκτονική Δικτύου (Network Architecture)** είναι ένα σύνολο από στρώματα και πρωτόκολλα. Προδιαγράφονται οι οντότητες του στρώματος και τα πρωτόκολλα που ακολουθούν.
- **Στοιβά Πρωτοκόλλων (Protocol Stack)** είναι μια λίστα πρωτοκόλλων που χρησιμοποιούνται από συγκεκριμένο σύστημα, με ένα πρωτόκολλο ανά στρώμα.

Στοιχεία Δικτύου – Παράδειγμα



Εισαγωγή στις Τηλεπικοινωνίες

25

Στοιχεία Δικτύου – Παράδειγμα

- Δύο φιλόσοφοι (ομότιμες διεργασίες στο επίπεδο 3), ο ένας από τους οποίους μιλάει Ουρντού και Αγγλικά, ενώ ο άλλος Κινέζικα και Γαλλικά, επιθυμούν αν επικοινωνήσουν.
- Αφού δε μιλούν κάποια κοινή γλώσσα, πρέπει να χρησιμοποιήσουν από έναν μεταφραστή (ομότιμες διεργασίες στο επίπεδο 2).
- Κάθε μεταφραστής επικοινωνεί με μια γραμματέα (ομότιμες διεργασίες στο επίπεδο 1) για την αποστολή μηνύματος.
- Για να μεταφέρει ο φιλόσοφος 1 το μήνυμά του στον ομότιμό του, το μεταβιβάζει πρώτα στο μεταφραστή του στα αγγλικά, ο οποίος το μεταφράζει στα ολλανδικά (που αποτελούν το πρωτόκολλο του επιπέδου 2).
- Ο μεταφραστής στη συνέχεια δίνει το μήνυμα στη γραμματέα του για να το μεταδώσει μέσω, για παράδειγμα, φαξ (το πρωτόκολλο του επιπέδου 1).
- Όταν το μήνυμα φτάσει, η ομότιμη γραμματέας το παραδίδει στον ομότιμο μεταφραστή, ο οποίος το μεταφράζει στα γαλλικά και το μεταβιβάζει μέσω της διασύνδεσης 2/3 στο φιλόσοφο 2.

Εισαγωγή στις Τηλεπικοινωνίες

26

OSI (Open Systems Interconnection)

- Μοντέλο Αναφοράς = Αρχιτεκτονική Δικτύου
- Ξεκίνησε το 1977 από τον Διεθνή Οργανισμό Προτυποποίησης (ISO) και δημοσιεύθηκε το 1984 με τον κωδικό ISO 7498.
- Στόχος: Η διεθνής προτυποποίηση των πρωτοκόλλων που χρησιμοποιούνται στα διάφορα στρώματα.
- Το 1994 δημοσιεύθηκε ένα αναθεωρημένο μοντέλο.
- Καλείται OSI επειδή αφορά ανοικτά συστήματα, δηλ. συστήματα ανοικτά στην επικοινωνία με άλλα συστήματα.

OSI – Αρχές Στρωμάτωσης

- Ο αριθμός των στρωμάτων πρέπει να είναι αρκετά μεγάλος ώστε να μην στριμώχνονται διακεκριμένες λειτουργίες στο ίδιο στρώμα.
- Ο αριθμός των στρωμάτων πρέπει να είναι αρκετά μικρός ώστε να μην γίνεται δύσχρηστη η αρχιτεκτονική.
- Ένα στρώμα δημιουργείται όπου απαιτείται ένα διαφορετικό επίπεδο αφαίρεσης στο χειρισμό των δεδομένων.
- Κάθε στρώμα πρέπει να εκτελεί μια καλά προσδιορισμένη λειτουργία.
- Η λειτουργία κάθε στρώματος πρέπει να επιλέγεται με προοπτική τον καθορισμό διεθνώς προτυποποιημένων πρωτοκόλλων.
- Τα όρια των στρωμάτων πρέπει να επιλέγονται με βάση την ελαχιστοποίηση της ροής πληροφορίας μέσω των διεπαφών.

OSI – Στρώμα Ζεύξης Δεδομένων (Data Link Layer)

- Κύριο Καθήκον : **Αξιοπιστία Μετάδοσης**
(Μετατροπή του Αναξιόπιστου Μέσου σε Γραμμή Ελεύθερη από Σφάλματα)
- Διαδικασίες
 - Πλαισίωση Δεδομένων (data frames)
 - Μετάδοση Πλαισίων στη σειρά
 - Επεξεργασία Πλαισίων Επαλήθευσης (acknowledgement frames)

OSI – Στρώμα Ζεύξης Δεδομένων (Data Link Layer)

- Επιπλέον Λειτουργίες
 - Δημιουργία και Αναγνώριση Ορίων Πλαισίων.
 - Επίλυση προβλημάτων από κατεστραμμένα, χαμένα, διπλά πλαίσια.
 - Προσφορά υπηρεσιών στο Στρώμα Δικτύου με διαφορετική ποιότητα και χρέωση.
 - Έλεγχος Ροής Δεδομένων
 - Έλεγχος πρόσβασης στο δίαυλο (υλοποιείται από ένα υπόστρωμα).

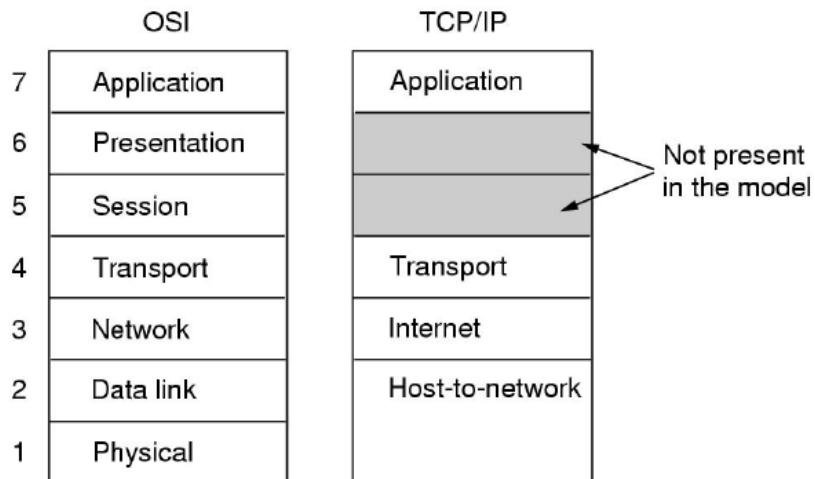
Μοντέλο Αναφοράς – TCP/IP

- Είναι προϊόν έρευνας και ανάπτυξης στο πειραματικό δίκτυο μεταγωγής-πακέτου ARPANET (πρόγονος του Internet).
- Είναι συλλογή πρωτοκόλλων που προτυποποιήθηκαν σαν προδιαγραφές του Internet.
- **Κύριοι Στόχοι:**
 - Η δυνατότητα σύνδεσης πολλαπλών δικτύων με τρόπο διαφανή.
 - Να επιζεί το δίκτυο σε περίπτωση βλαβών του υποδικτύου, χωρίς να διακόπτονται οι υπό εξέλιξη επικοινωνίες.
 - Ευέλικτη αρχιτεκτονική υποστηρίζοντας πλήθος εφαρμογών με διιστάμενες απαιτήσεις.

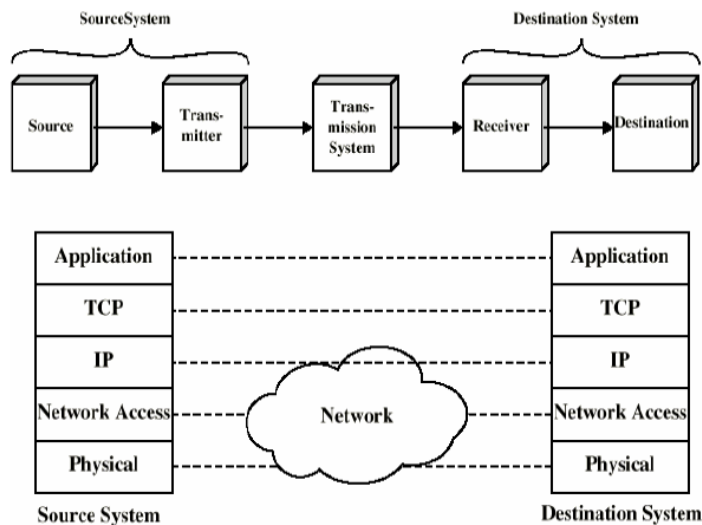
Μοντέλο Αναφοράς – TCP/IP

- Δεν υπάρχει επίσημο μοντέλο αναφοράς όπως με το OSI.
- Το όνομά του το πήρε από τα δύο κύρια (TCP και IP) πρωτόκολλα.
- Πρώτη φορά περιγράφηκε στο άρθρο: V. Cerf and R. Kahn, "A Protocol for Packet Network Interconnection" IEEE Trans. On Communications, vol. COM-22, pp.637-648, May 1974.
- Στη δεκαετία του 1990 επικράτησε του OSI και έγινε η κύρια εμπορική αρχιτεκτονική καθώς και η βάση για την ανάπτυξη νέων πρωτοκόλλων.

Στρωμάτωση στο TCP/IP



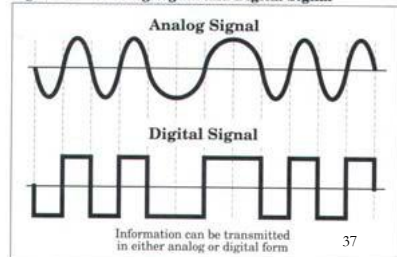
Στρωμάτωση στο TCP/IP



Ψηφιακή ή Αναλογική Μετάδοση

- Η **αναλογική μετάδοση** (όπου όλες οι λεπτομέρειες πρέπει να αναπαράγονται ακριβώς) παρουσιάζει συγκεκριμένα μειονεκτήματα:
 - Μικρή ακτίνα λόγω του θορύβου.
 - Ασύμφορη γιατί μία μετάδοση καταλαμβάνει όλο το μέσο.
 - Μεταφέρεται πληροφορία που δεν είναι απαραίτητη.
 - Παρουσιάζει μερική ασυμβατότητα με την ψηφιακή τεχνολογία των πληροφοριακών συστημάτων.

Figure 3-1 Analog Signal and Digital Signal



Εισαγωγή στις Τηλεπικοινωνίες

Ψηφιακή ή Αναλογική Μετάδοση

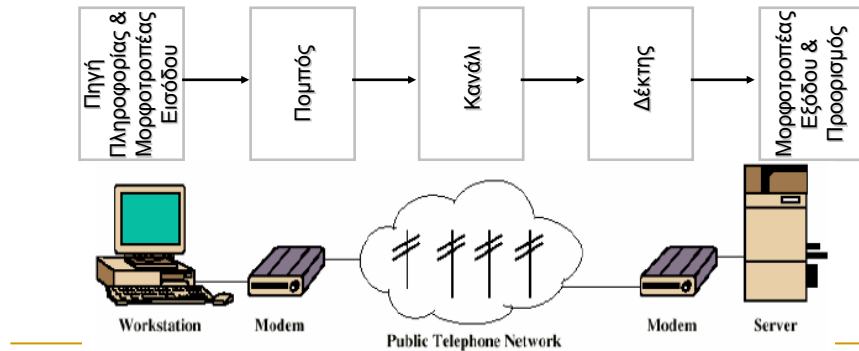
- Η **ψηφιακή μετάδοση** (όπου μόνο διακεκριμένες στάθμες πρέπει να αναπαράγονται) χαρακτηρίζεται από:
 - Μεγαλύτερη ακτίνα λόγω χρησιμοποίησης τεχνικών για την διόρθωση σφαλμάτων και τη χρήση αναμεταδοτών (δυνατότητα να διαχωρίσουμε την πληροφορία από τον θόρυβο).
 - Χαμηλό κόστος κατασκευής ψηφιακού εξοπλισμού.
 - Ασφαλής διακίνηση της πληροφορίας (κρυπτογράφηση).
 - Καλύτερη χρήση των πόρων του συστήματος.
 - Μόνο χρήσιμη πληροφορία μεταφέρεται.
 - Συμβατότητα με πληροφοριακά συστήματα.

Εισαγωγή στις Τηλεπικοινωνίες

38

Απλοποιημένο Μοντέλο Επικοινωνιών

- Τα ηλεκτρικά τηλεπικοινωνιακά συστήματα σχεδιάζονται για να αποστέλλουν μηνύματα από μία πηγή σε έναν ή περισσότερους παραλήπτες
- Η έξοδος της πηγής δεν είναι ντετερμινιστική.
 - αν ήταν δεν θα υπήρχε λόγος αποστολής του μηνύματος...



Εισαγωγή στις Τηλεπικοινωνίες

39

Απλοποιημένο Μοντέλο Επικοινωνιών

- **Πηγή πληροφορίας:** φωνή, κείμενο, εικόνες, video, data.
- **Μορφοτροπέας (Transducer):** μικρόφωνο, κάμερα, ηχείο, οθόνη
 - μετατροπέας πληροφορίας σε ηλεκτρικό σήμα & αντίθετα
- **Πομπός:** μετατρέπει το ηλεκτρικό σήμα σε κάποια μορφή κατάλληλη για επικοινωνία.
 - Τοποθετεί τις συχνότητες του σήματος στην κατάλληλη ζώνη
 - Διαμορφώνει: εκμεταλλεύεται την πληροφορία του σήματος για να τροποποιήσει τις ιδιότητες ενός φέροντος
 - Η διαμόρφωση επιτρέπει την χρήση του καναλιού από πολλούς χρήστες
 - Φιλτράρει και ενισχύει
 - Παρέχει την ακτινοβολία για ασύρματες μεταδόσεις

Εισαγωγή στις Τηλεπικοινωνίες

40

Απλοποιημένο Μοντέλο Επικοινωνιών

- **Κανάλι ή Δίαυλος:** Το φυσικό μέσο μετάδοσης προκαλεί διάφορες παραμορφώσεις στο σήμα.
 - Προσθετικός θόρυβος / θερμικός θόρυβος
 - Απώλειες λόγω πολλαπλής διαδρομής (multipath) εξασθενούν και παραμορφώνουν το σήμα
- **Δέκτης:** Πραγματοποιεί την ανάκτηση του μηνύματος, συγκεκριμένα:
 - Αποδιαμορφώνει το φέρον
 - Φιλτράρει το σήμα
 - Καταστέλλει το θόρυβο
 - Ανίχνευση των σύμβολων του εκπεμφθέντος μηνύματος

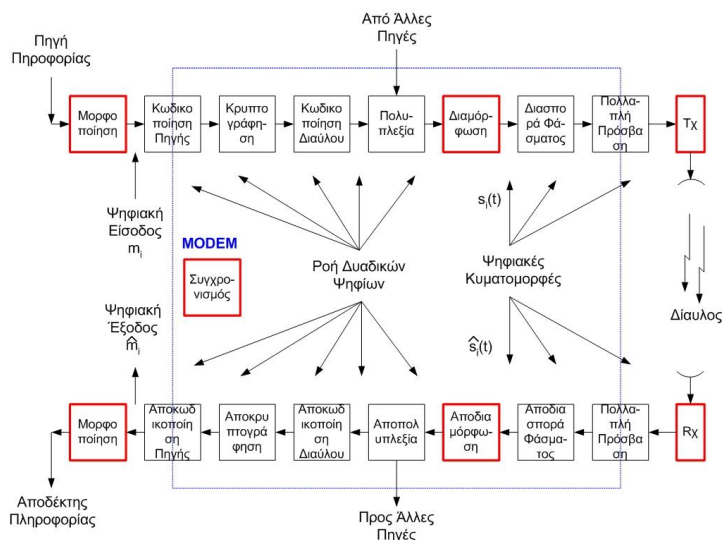
Απλοποιημένο Μοντέλο Επικοινωνιών

- | | |
|--|---|
| ■ Μετατροπέας (transducer) | ■ Θόρυβος (noise) |
| ■ Σήμα πληροφορίας (message signal) | ■ Παρεμβολές (interference) |
| ■ Πομπός (transmitter) | ■ Αποδιαμόρφωση (demodulation) |
| ■ Δέκτης (receiver) | ■ Ισχύς εκπομπή (transmitted power) |
| ■ Δίαυλος επικοινωνίας (communication channel) | ■ Εύρος ζώνης του διαύλου (channel bandwidth) |
| ■ Διαμόρφωση (modulation) | ■ Εύρος ζώνης του σήματος (signal bandwidth) |
| ■ Φέρουσα κυματομορφή (carrier wave) | |

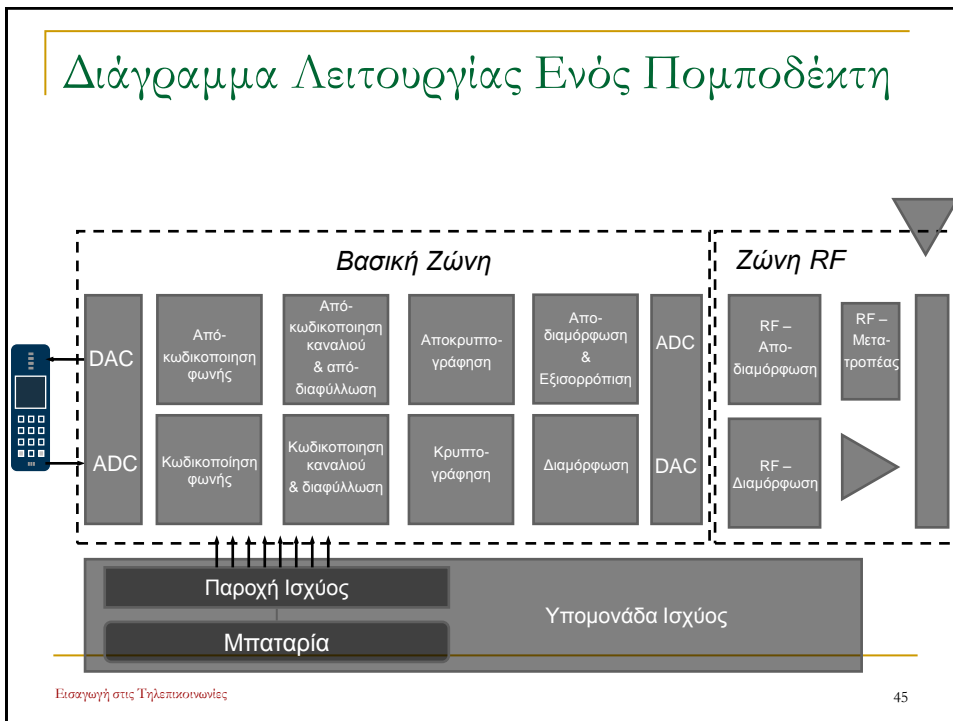
Απαραίτητα Στοιχεία Λειτουργίας Συστήματος Επικοινωνιών

- Εκμετάλλευση Συστήματος Μετάδοσης
- Διεπαφές
- Παραγωγή Σήματος
- Συγχρονισμός
- Διαχείριση Ανταλλαγής Δεδομένων
- Ανίχνευση και Διόρθωση Σφαλμάτων
- Έλεγχος Ροής
- Διευθυνσιοδότηση
- Δρομολόγηση
- Ανάκτηση
- Μορφοποίηση Μηνυμάτων
- Ασφάλεια
- Διαχείριση Δικτύου

Μοντέλο Ψηφιακών Επικοινωνιών



Διάγραμμα Λειτουργίας Ενός Πομποδέκτη



Κατευθυνόμενα μέσα μετάδοσης

- Στόχος του φυσικού μέσου είναι η μετάδοση ανεπεξέργαστων **bit** από μια μηχανή σε άλλη.
- Για την ίδια τη μετάδοση μπορεί να χρησιμοποιηθούν διάφορα φυσικά μέσα, καθένα με ιδιαίτερα χαρακτηριστικά ως προς το εύρος ζώνης, την καθυστέρηση, το κόστος και την ευκολία εγκατάστασης/συντήρησης.
- Τα μέσα μετάδοσης ομαδοποιούνται σε κατευθυνόμενα (π.χ., χάλκινα σύρματα και οπτικές ίνες) και μη κατευθυνόμενα (π.χ., ραδιοκύματα και ακτίνες laser στον αέρα).
- Αναλυτικά, τα κατευθυνόμενα μέσα μετάδοσης περιλαμβάνουν:
 - ❑ Μαγνητικά μέσα (magnetic media)
 - ❑ Σύστροφο ζεύγος (twisted pair)
 - ❑ Ομοαξονικό καλώδιο (coaxial cable)
 - ❑ Οπτικές ίνες (fiber optics)

Μαγνητικά μέσα

- Η μεταφορά δεδομένων με μαγνητικά μέσα μεταξύ δύο μηχανημάτων λαμβάνει χώρα ως ακολούθως:
 - Η μηχανή αποστολής γράφει τα δεδομένα σε μαγνητικές ταινίες ή άλλα αφαιρούμενα μέσα (π.χ., εγγράφιμα DVD).
 - Οι ταινίες ή οι δίσκοι μεταφέρονται φυσικά στη μηχανή προορισμού με κάποιο μέσον (π.χ., αυτοκίνητο, φορτηγό, αεροπλάνο, κ.λπ.).
 - Η μηχανή προορισμού διαβάζει τα δεδομένα από τις ταινίες ή τους δίσκους.
- **Πλεονεκτήματα:** Υψηλό εύρος ζώνης και χαμηλό κόστος.
- **Μειονεκτήματα:** Off-line μετάδοση και χαμηλή απόδοση ως προς την καθυστέρηση.

Σύστροφο ή Συνεστραμμένο ζεύγος

- Το **σύστροφο ζεύγος (twisted pair)** είναι το παλαιότερο και πιο σύνηθες μέσον μετάδοσης.
- Κάθε ζεύγος αποτελείται από δύο μονωμένα χάλκινα σύρματα με πάχος ~ 1 mm έκαστο.
- Όταν στα σύρματα συστρέφονται, τα κύματα από τις διάφορες περιστροφές ακυρώνονται μεταξύ τους οπότε το σύρμα ακτινοβολεί λιγότερο και δεν υπάρχουν παρεμβολές (ενώ τα παράλληλα σύρματα λειτουργούν ως κεραία).
- Η πιο συνήθης εφαρμογή του είναι το τηλεφωνικό σύστημα.

Σύστροφο ή Συνεστραμμένο ζεύγος

- Τα σύστροφα ζεύγη μπορούν να εκτείνονται για αρκετά km χωρίς ενίσχυση, αλλά για μεγαλύτερες αποστάσεις απαιτούνται επαναλήπτες (repeaters).
- Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μετάδοση είτε αναλογικών είτε ψηφιακών σημάτων.
- Το εύρος ζώνης του εξαρτάται από το πάχος του σύρματος και την καλυπτόμενη απόσταση.
- Επιτυγχάνεται εύρος ζώνης πολλών Mbps για λίγα km.
- Υπάρχουν πολλές κατηγορίες τέτοιων συρμάτων, π.χ. UTP Cat3 (Unshielded Twisted Pair) (2 μονωμένα σύρματα ελαφρώς συνεστραμμένα μεταξύ τους, 16MHz), UTP Cat5 (με περισσότερες στροφές ανά cm, 100MHz), UTP Cat6 (250MHz), UTP Cat7 (600MHz), ...
- **Βασικό πλεονέκτημα:** ικανοποιητική απόδοση και χαμηλό κόστος.

Σύστροφο ή Συνεστραμμένο ζεύγος



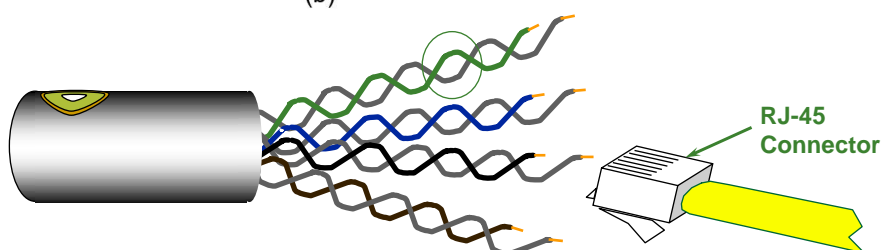
(a)

(α) Κατηγορίας 3 UTP.



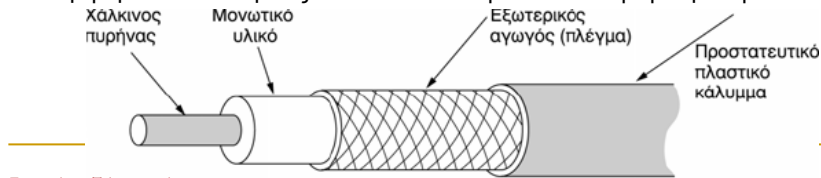
(b)

(β) Κατηγορίας 5 UTP.

RJ-45
Connector

Ομοαξονικό καλώδιο

- Το **ομοαξονικό καλώδιο (coaxial cable)** έχει καλύτερη θωράκιση από τα σύστροφα ζεύγη, οπότε καλύπτει μεγαλύτερες αποστάσεις σε υψηλότερες ταχύτητες. Δύο είδη ομοαξονικού καλωδίου χρησιμοποιούνται ευρέως:
 - Το καλώδιο των 50 ohm που χρησιμοποιείται για ψηφιακή μετάδοση.
 - Το καλώδιο των 75 ohm που χρησιμοποιείται συνήθως για αναλογική μετάδοση και καλωδιακή τηλεόραση, αλλά αποκτά μεγάλη σημασία με την έλευση της καλωδιακής πρόσβασης στο Internet.
- Η κατασκευή και η θωράκιση του ομοαξονικού καλωδίου του δίνουν έναν καλό συνδυασμό υψηλού εύρους ζώνης και άριστης αντοχής στο θόρυβο. Το εφικτό εύρος ζώνης εξαρτάται από την ποιότητα και το μήκος καλωδίου και από το σηματοθορυβικό λόγο του σήματος δεδομένων. Για τα σύγχρονα καλώδια μπορεί να επιτευχθεί data rate της τάξεως του **1 - 2 Gbps** για μήκος 1 km.
- Χρησιμοποιείται ευρέως στα MANs και την καλωδιακή τηλεόραση.



Εισαγωγή στις Τηλεπικοινωνίες

51

Οπτικές ίνες



- Το αρχικό IBM PC (1981) λειτουργούσε με ταχύτητα ρολογιού 4,77 MHz. Είκοσι χρόνια αργότερα τα PCs λειτουργούσαν στα 2 GHz, δηλαδή 20 φορές ταχύτερα ανά δεκαετία.
- Την ίδια περίοδο, οι επικοινωνίες ευρείας περιοχής έφτασαν από τα 56 kbps (ARPANET) στο 1 Gbps (σύγχρονες οπτικές ίνες), δηλαδή 125 φορές βελτίωση ανά δεκαετία, ενώ το ποσοστό σφαλμάτων έφτασε από το 10^{-5} σχεδόν στο μηδέν.
- Επιπλέον, οι μεμονωμένοι επεξεργαστές αρχίζουν να προσεγγίζουν τα όρια των φυσικών νόμων (π.χ., ταχύτητα φωτός, προβλήματα στην απαγωγή θερμότητας). Αντίθετα, με την τρέχουσα τεχνολογία οπτικών ινών, μπορεί να επιτευχθεί εύρος ζώνης πάνω από 50.000 Gbps (50 Tbps), με πρακτικό όριο σήμερα τα 10 Gbps.
- Στον αγώνα ανάμεσα σε υπολογιστές και επικοινωνίες, οι επικοινωνίες έχουν κερδίσει.
- Η κοινή λογική θα έπρεπε να είναι πια ότι όλοι οι υπολογιστές είναι απίστευτα αργοί και ότι τα δίκτυα θα έπρεπε με κάθε κόστος να αποφεύγουν τους υπολογισμούς, ανεξάρτητα από το εύρος ζώνης που θα σπαταλούσε κάτι τέτοιο.

Εισαγωγή στις Τηλεπικοινωνίες

52

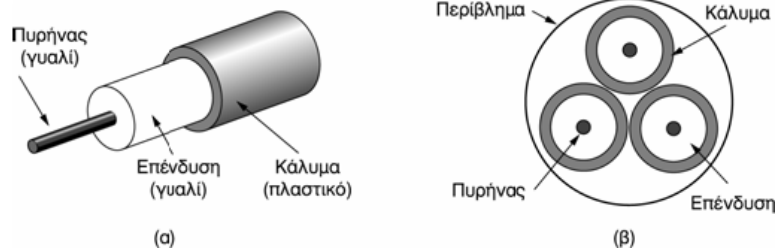
Τα τρία βασικά συστατικά του οπτικού συστήματος μετάδοσης

1. **Μέσον μετάδοσης (transmission medium):** μια εξαιρετικά λεπτή ίνα γυαλιού ή τηγμένου πυριτίου (fused silica).
2. **Πηγή φωτός (optical transmitter):** LED (Light Emitting Diode) ή δίοδος λέιζερ, τα οποία εκπέμπουν παλμούς φωτός κάθε φορά που τους εφαρμόζεται ηλεκτρικό ρεύμα. Κατά σύμβαση, ο παλμός φωτός παριστάνει το bit 1 και η απουσία φωτός το bit μηδέν.
3. **Ανιχνευτής φωτός (optical receiver):** μια φωτοδίοδος, η οποία παράγει ηλεκτρικό παλμό κάθε φορά που πέφτει επάνω της φως.
 - Προσκολλώντας μια πηγή φωτός στο ένα άκρο μιας οπτικής ίνας και έναν ανιχνευτή στο άλλο, έχουμε ένα σύστημα μονόδρομης μετάδοσης δεδομένων, που δέχεται ένα ηλεκτρικό σήμα και το μεταδίδει με παλμούς φωτός, ενώ στη συνέχεια μετατρέπει ξανά την έξοδο σε ηλεκτρικό σήμα στο άκρο του παραλήπτη.

Καλώδια οπτικών ινών

- Οι οπτικές ίνες μπορούν να διασυνδεθούν με τρεις διαφορετικούς τρόπους:
 - Να **τερματίζονται** με συζευκτήρες και να συνδέονται σε υποδοχές οπτικών ινών. Οι συζευκτήρες χάνουν 10-20% του φωτός, αλλά διευκολύνουν την αναδιευθέτηση των συστημάτων.
 - Να **συγκολληθούν** μηχανικά. Τα εξαρτήματα μηχανικής συγκόλλησης απλώς τοποθετούν τα δύο κομμένα άκρα το ένα δίπλα στο άλλο μέσα σε ένα προστατευτικό κάλυμμα και τα σφίγγουν στη σωστή θέση. Οι μηχανικές συγκολλήσεις παρουσιάζουν απώλεια φωτός ~10%.
 - Δύο τμήματα οπτικής ίνας μπορούν να **τηχθούν** ώστε να σχηματίσουν μια συμπαγή σύνδεση. Η συγκόλληση τήξης είναι σχεδόν το ίδιο καλή με μια μονοκόμματη οπτική ίνα, αλλά και εδώ υπάρχει ένα μικρό ποσοστό εξασθένησης.
- Και στα τρία είδη συγκολλήσεων μπορεί να έχουμε ανακλάσεις στο σημείο συγκόλλησης, ενώ η ανακλώμενη ενέργεια μπορεί να παρεμβάλλεται στο σήμα.

Καλώδια οπτικών ινών



(α) Πλάγια όψη μίας ίνας.

(β) Τομή μίας θήκης με τρεις ίνες.

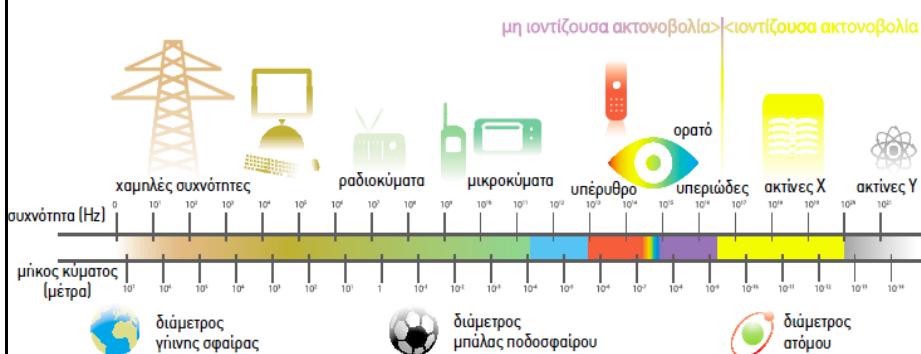
Σύγκριση κατευθυνόμενων μέσων μετάδοσης

- **Σύστροφο ζεύγος:**
 - χρησιμοποιείται σε τηλεφωνικά δίκτυα και LANs
 - φτηνό, χαμηλό εύρος ζώνης συχνοτήτων, μεγάλη εξασθένηση
 - ευάλωτο σε ηλεκτρομαγνητική επίδραση
- **Ομοαξονικό καλώδιο:**
 - χρησιμοποιείται σε συστήματα τηλεοράσεως και MANs (75 & 50 ohm)
 - μέτριο κόστος
 - καλή θωράκιση
- **Οπτικές ίνες:**
 - χρησιμοποιούνται κυρίως ως διαυλοι διασύνδεσης δικτύων μεγάλου εύρους (επικοινωνία σημείου με σημείο)
 - μεγάλο εύρος συχνοτήτων σε μεγάλες αποστάσεις
 - μικρή εξασθένηση
 - δεν επηρεάζονται από παρεμβολές

Ασύρματη μετάδοση

- Διακρίνονται δύο είδη επικοινωνίας:
 - κατευθυνόμενη
 - μη κατευθυνόμενη (το σήμα διαχέεται προς όλες τις κατευθύνσεις – ειδικές τεχνικές για την κρυπτογράφηση των δεδομένων είναι απαραίτητες)
- Το φάσμα συχνοτήτων αποτελεί αντικείμενο διεκδίκησης.
- Υψηλές συχνότητες εξασφαλίζουν μεγάλες τηλεπικοινωνιακές χωρητικότητες αλλά και μεγάλες εξασθενήσεις.
- Χαμηλές συχνότητες εξασφαλίζουν αξιόπιστη επικοινωνία σε μεγάλες αποστάσεις αλλά με χαμηλό ρυθμό.
- Εφαρμογές περιλαμβάνουν μετάδοση πληροφορίας σε:
 - δορυφορικά δίκτυα
 - επίγεια ασύρματα δίκτυα (ασύρματα τοπικά δίκτυα, δίκτυα κινητής τηλεφωνίας, ασύρματα δίκτυα ευρείας περιοχής)

Ηλεκτρομαγνητικό φάσμα

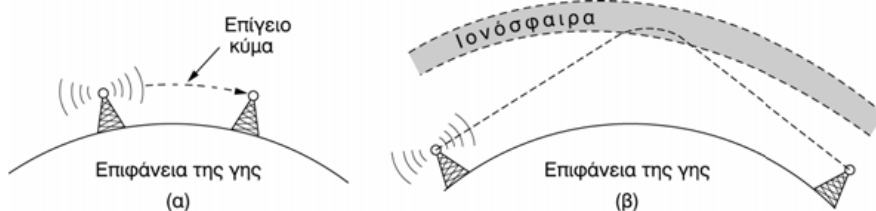


Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα και οι χρήσεις του για επικοινωνία.

Μετάδοση με ραδιοκύματα

- Τα ραδιοκύματα παράγονται εύκολα, μπορούν να διανύσουν μεγάλες αποστάσεις και διεισδύουν εύκολα σε κτήρια. Έτσι χρησιμοποιούνται ευρύτατα για τηλεπικοινωνίες τόσο σε εσωτερικούς όσο και σε εξωτερικούς χώρους.
- Τα ραδιοκύματα είναι ομοιοκατευθυντικά (omnidirectional), ήτοι ταξιδεύουν από την πηγή τους προς όλες τις κατευθύνσεις (οπότε πομπός & δέκτης δεν χρειάζονται ιδιαίτερη φυσική ευθυγράμμιση).
- Οι ιδιότητες των ραδιοκυμάτων εξαρτώνται από τη συχνότητα. Στις χαμηλές συχνότητες διαπερνούν όλα τα εμπόδια, αλλά η ισχύς τους μειώνεται απότομα ανάλογα με την απόσταση από την προέλευση ($\sim 1/r^2$).
- Στις υψηλές συχνότητες τα ραδιοκύματα τείνουν να ταξιδεύουν σε ευθείες γραμμές, να ανακλώνται στα εμπόδια και να απορροφούνται από τη βροχή. Σε κάθε συχνότητα υπόκεινται σε παρεμβολές από τους κινητήρες και τον ηλεκτρικό εξοπλισμό.

Μετάδοση με ραδιοκύματα



- (α) Στις VLF, LF, και MF ζώνες, τα ραδιοκύματα ακολουθούν την κυρτότητα της γης.
 (β) Στην HF ζώνη, ανακλώνται από την ιονόσφαιρα.

Μετάδοση με μικροκύματα

- Πέρα από τα 100MHz τα κύματα ταξιδεύουν σε σχεδόν ευθείες γραμμές και άρα εστιάζονται με ακρίβεια. Η συγκέντρωση όλης της ενέργειας σε μια μικρή ακτίνα μέσω μιας παραβολικής κεραίας, δίνει πολύ υψηλότερο σηματοθορυβικό λόγο, όταν όμως οι κεραίες πομπού & δέκτη είναι επακριβώς ευθυγραμμισμένες μεταξύ τους.
- Η κατευθυντικότητα αυτή επιτρέπει σε πολλαπλούς πομπούς που είναι παρατεταγμένοι στη σειρά να επικοινωνούν με πολλαπλούς δέκτες, όταν ακολουθούνται κάποιοι κανόνες ελάχιστης απόστασης.
- Απαιτούνται περιοδικά επαναλήπτες. Όσο ψηλότεροι είναι οι πύργοι, τόσο πιο απομακρυσμένοι μπορεί να είναι. Η απόσταση ανάμεσα στους αναμεταδότες αυξάνεται ανάλογα με την τετραγωνική ρίζα του ύψους του πύργου (π.χ., για ύψος πύργου ~100m, οι επαναλήπτες μπορούν αν απέχουν ~80km).
- Σε αντίθεση με τα ραδιοκύματα σε low freqs, τα μικροκύματα δεν διαπερνούν εύκολα από τα κτήρια. Επιπλέον, ακόμη κι αν η ακτίνα είναι πολύ καλά εστιασμένη στον πομπό, εξακολουθεί να υπάρχει κάποια απόκλιση στη διαδρομή.

Μετάδοση με μικροκύματα

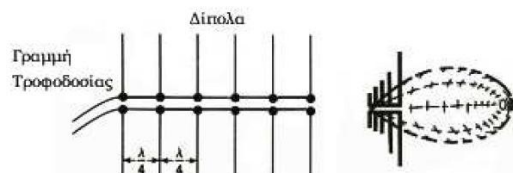
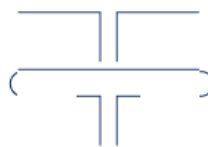
- Μερικά μικροκύματα μπορεί να διαθλαστούν από την ατμόσφαιρα (lower layers) και να χρειαστούν περισσότερα χρόνο να φτάσουν από το ευθύ κύμα. Τότε φθάνουν με διαφορά φάσης από το ευθύ κύμα, οπότε μπορεί να το ακυρώσουν (φαινόμενο **εξασθένησης πολλαπλών διαδρομών ή multipath fading**).
- Οι ζώνες μέχρι τα 10GHz είναι πια σε κοινή χρήση. Στα 4GHz εμφανίζεται απορρόφηση από το νερό (βροχή).
- Οι μικροκυματικές επικοινωνίες χρησιμοποιούνται τόσο πολύ για υπεραστικές τηλεφωνικές κλήσεις, κινητά τηλέφωνα, διανομή τηλεόρασης, κ.λπ., που έχει εμφανιστεί έλλειψη φάσματος.
- Πλεονεκτούν συγκριτικά με τις οπτικές ίνες γιατί δεν απαιτούν δικαιώματα διέλευσης, δίνουν τη δυνατότητα να παρακαμφτεί εύκολα το τηλεφωνικό σύστημα και να επικοινωνήσει κανείς άμεσα.
- Η εγκατάσταση του σχετικού συστήματος είναι οικονομικότερη από την τοποθέτηση οπτικών ινών, ενώ συχνά η χρήση τους μπορεί να είναι φθηνότερη από τη μίσθωση οπτικής ίνας.

Κεραίες

- Κεραίες χρησιμοποιούνται τόσο για την εκπομπή, όσο και για τη λήψη ραδιοκυμάτων.
- Στην εκπομπή, ηλεκτρική ενέργεια από τον πομπό μετατρέπεται σε ηλεκτρομαγνητική από την κεραία και εκπέμπεται στο περιβάλλον της.
- Στη λήψη, η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που προσπίπτει στην κεραία μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια η οποία και δίδεται στον αποδέκτη.
- Οι κεραίες μπορούν να λειτουργήσουν με την ίδια απόδοση τόσο για εκπομπή, όσο και για λήψη, στην ίδια συχνότητα, με αποτέλεσμα τη συχνή χρήση μιας μόνο κεραίας.

Κεραίες

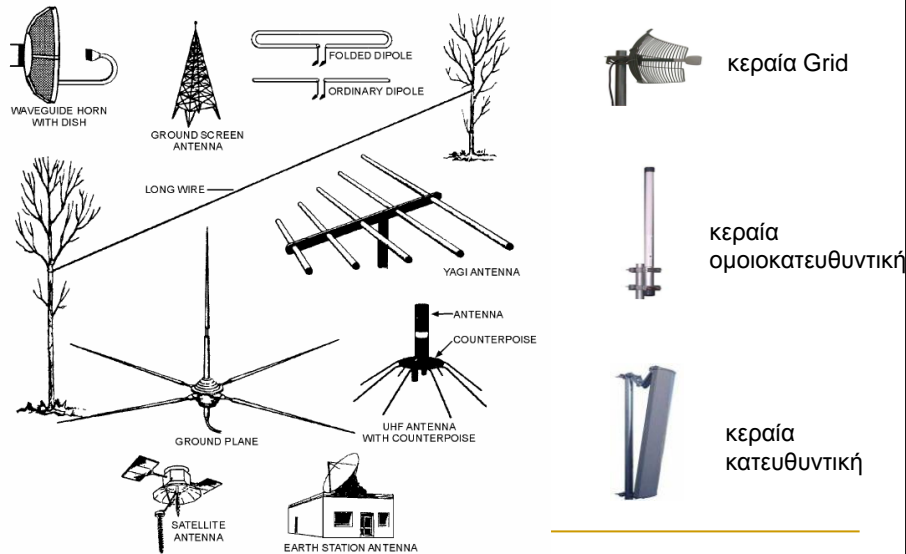
- Κεραίες διπόλου (Hertz)
 - Ανοιχτό
 - Αναδιπλωμένο
- Συστοιχίες κεραιών (VHF-UHF)



- Παραβολικές κεραιές (microwave)



Κεραίες



Εισαγωγή στις Τηλεπικοινωνίες

65

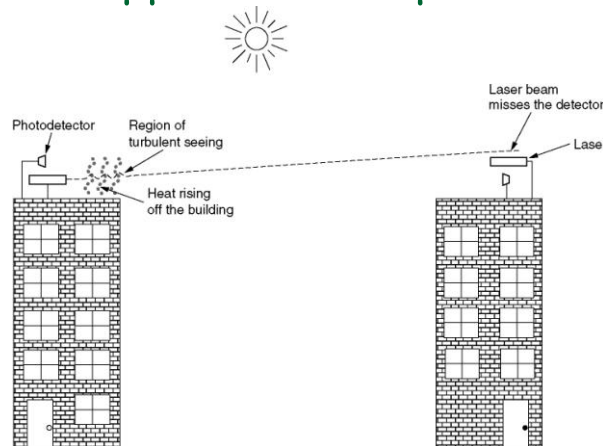
Μετάδοση με οπτικά κύματα

- Εφαρμογή της μετάδοσης οπτικών κυμάτων αποτελεί η σύνδεση των LAN δύο κτηρίων μέσω λέιζερ στις ταράτσες τους.
- Κάθε κτήριο χρειάζεται το δικό του λέιζερ και το δικό του ανιχνευτή φωτός.
- Τα συστήματα αυτά παρέχουν υψηλό εύρος ζώνης σε πολύ χαμηλό κόστος, ενώ είναι εύκολα στην εγκατάσταση και δεν απαιτούν άδεια χρήσης.
- Μειονεκτούν ως προς το ότι παρουσιάζουν απορρόφηση από τη βροχή ή την πυκνή ομίχλη, ενώ δουλεύουν συνήθως καλά στις ηλιόλουστες μέρες.

Εισαγωγή στις Τηλεπικοινωνίες

66

Μετάδοση με οπτικά κύματα



Τα ρεύματα μεταφοράς μπορούν να παρεμποδίσουν τα συστήματα επικοινωνιών λέιζερ.

Απεικόνιση ενός αμφίπλευρου συστήματος με δύο λέιζερ.

Τηλεπικοινωνιακοί δορυφόροι

- Οι Τηλεπικοινωνιακοί Δορυφόροι (ΤΔ) έχουν κάποιες ιδιότητες που τους κάνουν ελκυστικούς σε πολλές εφαρμογές. Στην απλούστερη μορφή του, ο ΤΔ λειτουργεί ως ένας μεγάλος επαναλήπτης μικροκυμάτων στον ουρανό.
- Ο ΤΔ περιέχει πολλούς **αναμεταδότες (transponders)**, καθένας από τους οποίους λαμβάνει σε κάποιο τμήμα του φάσματος, ενισχύει το εισερχόμενο σήμα, και το επανεκπέμπει σε άλλη συχνότητα για την αποφυγή παρεμβολών με το εισερχόμενο σήμα.
- Οι κατερχόμενες δέσμες ακτινών μπορεί να είναι ευρείες ώστε να καλύπτουν μεγάλο ποσοστό της επιφάνειας της γης, ή να είναι στενές ώστε να καλύπτουν μια περιοχή με διάμετρο λίγες εκατοντάδες km μόνο (λειτουργία ως **λυγισμένος σωλήνας ή bent pipe**).
- Όσο ψηλότερα βρίσκεται ένας δορυφόρος, τόσο μεγαλύτερη είναι η περίοδος του ($T \sim h^{3/2}$) (π.χ., κοντά σε επιφάνεια γης $T \approx 90$ mins, ενώ για $h \approx 36.800$ km, $T = 24$ ώρες).

Ιστορική Αναδρομή

- Ο **Αρίσταρχος ο Σάμιος** (310-230 π.Χ) δίδασκε την **Ηλιοκεντρική** θεωρία απορρίπτοντας την θεωρία της "Εστίας" του Πυθαγόρα.
 - Τοποθέτησε τον ήλιο σαν κέντρο του Διαστήματος. Δυστυχώς τα πιο πολύτιμα συγγράμματα του Αρίσταρχου χάθηκαν κατά την πυρκαγιά/εμπρησμό της βιβλιοθήκης της Αλεξάνδρειας.
 - Από τον Αρίσταρχο χίλια και πλέον χρόνια μετά "υπέκλεψε" ο Κοπέρνικος τις πληροφορίες για να κατασκευάσει τις "θεωρίες του" το 1543 μ.Χ.

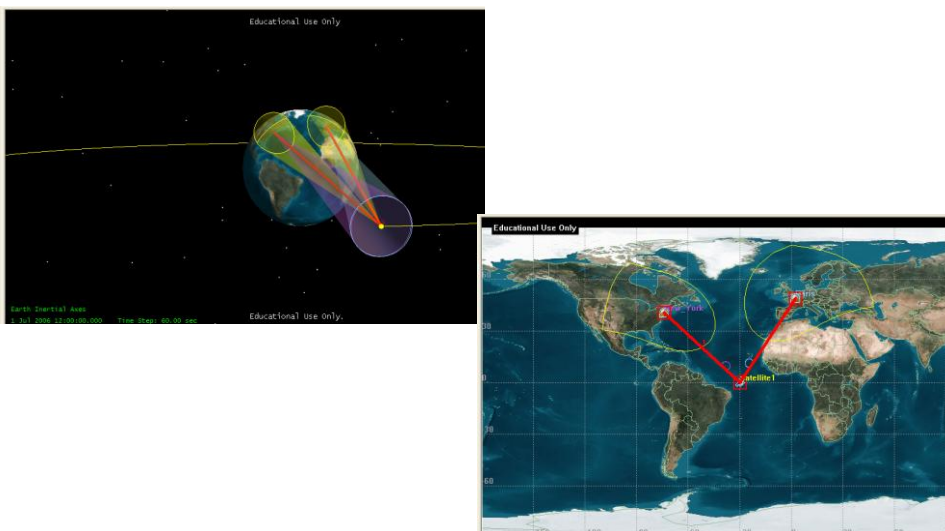
Τηλεπικοινωνιακοί δορυφόροι

- Υπάρχουν τρεις περιοχές στις οποίες μπορούν να τοποθετηθούν δορυφόροι με ασφάλεια. Έτσι διακρίνουμε τα ακόλουθα είδη:
 - Γεωστατικοί δορυφόροι (**G**eostationary **E**arth **O**rbit Satellites)
 - Δορυφόροι μέσης γήινης τροχιάς (**M**edium-**E**arth **O**rbit Satellites)
 - Δορυφόροι χαμηλής γήινης τροχιάς (**L**ow-**E**arth **O**rbit Satellites)

Τηλεπικοινωνιακοί δορυφόροι

- Χαρακτηριστικά μετάδοσης
 - Συνήθως 2-30 GHz
 - < 2 GHz μεγάλη παρεμβολή
 - >10 GHz ατμοσφαιρική απορρόφηση
 - Συνήθη ζεύγη
 - (5.925-6.425 άνοδος, 3.7-4.2 κάθοδος) 4/6 band
 - (14-14.5 άνοδος, 11.7-12.2 κάθοδος) 12/14 band
 - Σε υψηλότερες συχνότητες απαιτούνται ισχυρότερα σήματα.
 - Καθυστέρηση 240-300ms, αισθητή στις επικοινωνίες.
 - Επίγεια παρεμβολή.

Δορυφορική Ζεύξη – Κάλυψη



Υπάρχοντα Δορυφορικά Δίκτυα



Εισαγωγή στις Τηλεπικοινωνίες

73

Κινητές και προσωπικές επικοινωνίες

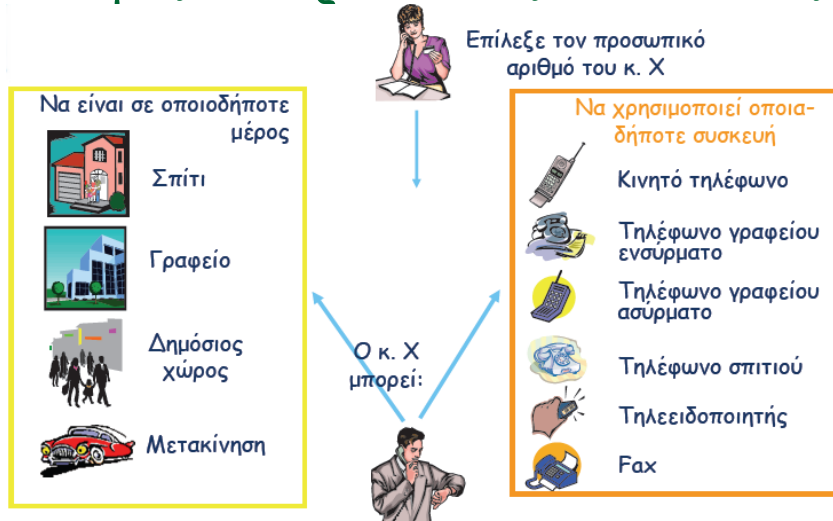
- Πρώτο Κινητό Ραδιοτηλέφωνο (1924)



Εισαγωγή στις Τηλεπικοινωνίες

74

Κινητές και προσωπικές επικοινωνίες



Σκοπός: οποιασδήποτε μορφής επικοινωνία, με οποιοδήποτε πρόσωπο ή τερματικό, οπουδήποτε

Εισαγωγή στις Τηλεπικοινωνίες

75

Κινητές και προσωπικές επικοινωνίες

- Βασικοί παράγοντες για την παροχή κινητών και προσωπικών επικοινωνιών
 - κινητικότητα του τερματικού (terminal mobility)
 - που παρέχεται από την ασύρματη πρόσβαση
 - προσωπική κινητικότητα (personal mobility)
 - που βασίζεται σε προσωπικούς αριθμούς κλήσης
 - μεταφερσιμότητα των υπηρεσιών (service portability)
 - που επιτυγχάνεται μέσω της διαχείρισης του προφίλ εξυπηρέτησης των χρηστών

Εισαγωγή στις Τηλεπικοινωνίες

76

Κινητικότητα

Κινητικότητα τερματικού



Προσωπική κινητικότητα



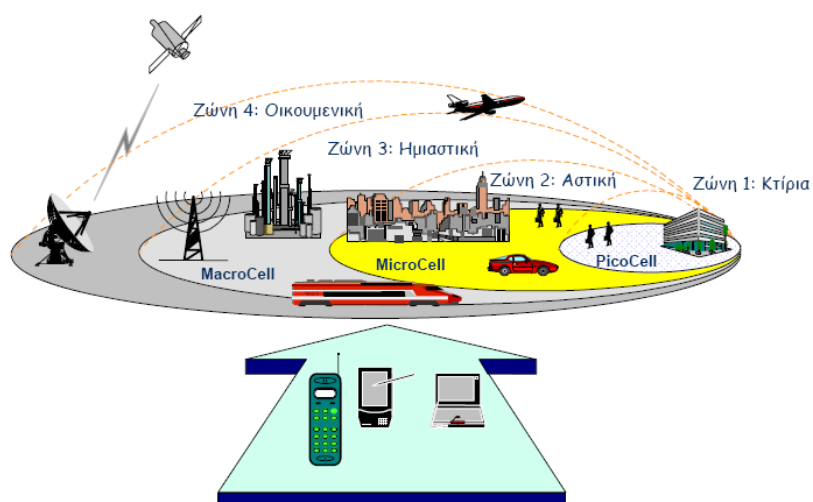
Μεταφερσιμότητα υπηρεσιών

- Αναφέρεται στη δυνατότητα του δικτύου να παρέχει υπηρεσίες σε τερματικό / θέση που επιλέγεται από τον χρήστη
- Οι ακριβείς υπηρεσίες που μπορεί να δεχτεί ο χρήστης εξαρτώνται από τις δυνατότητες του τερματικού και του δικτύου που εξυπηρετεί το τερματικό
- Πραγματοποιείται με την ενημέρωση του προφίλ εξυπηρέτησης κάθε χρήστη και την αναζήτησή του όταν χρειάζεται

Παγκόσμια κινητικότητα

- Τα πρότυπα για τα μελλοντικά συστήματα κινητών επικοινωνιών έχουν ως στόχο να εξασφαλίσουν:
 - Διαλειτουργικότητα μεταξύ των διάφορων συστημάτων ασύρματης πρόσβασης
 - Κινητικότητα σε παγκόσμια κλίμακα
 - Παροχή υπηρεσιών μεγάλου εύρους ζώνης

Παγκόσμια κινητικότητα



Ασύρματα συστήματα κινητών και προσωπικών επικοινωνιών

- Τρεις κύριες περιοχές εφαρμογής
 - Ασύρματη πρόσβαση σε μεγάλα δίκτυα για προσωπικές επικοινωνίες χαμηλών απαιτήσεων κινητικότητας
 - Ασύρματα δίκτυα κινητών επικοινωνιών για προσωπικές επικοινωνίες υψηλών απαιτήσεων κινητικότητας
 - Ασύρματα τοπικά δίκτυα

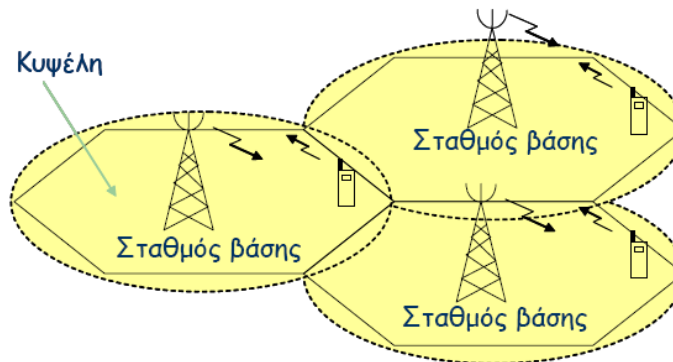
Ασύρματη πρόσβαση σε μεγάλα δίκτυα



- **Στόχος:** Παροχή κινητών υπηρεσιών φωνής και δεδομένων, με μικρές φορητές συσκευές, σε πεζούς και σχεδόν στάσιμους χρήστες, μέσα σε σπίτια και κτίρια ή γύρω από αυτά.

Κυψελωτά δίκτυα κινητών επικοινωνιών

- **Στόχος:** Παροχή υπηρεσιών σε κινητά τερματικά, που εμφανίζουν μεγάλη διασπορά σε δρόμους και λεωφόρους αστικών, ημιαστικών και αγροτικών περιοχών (κινητά τερματικά μεγάλης ταχύτητας)



Εισαγωγή στις Τηλεπικοινωνίες

83

Ασύρματα τοπικά δίκτυα

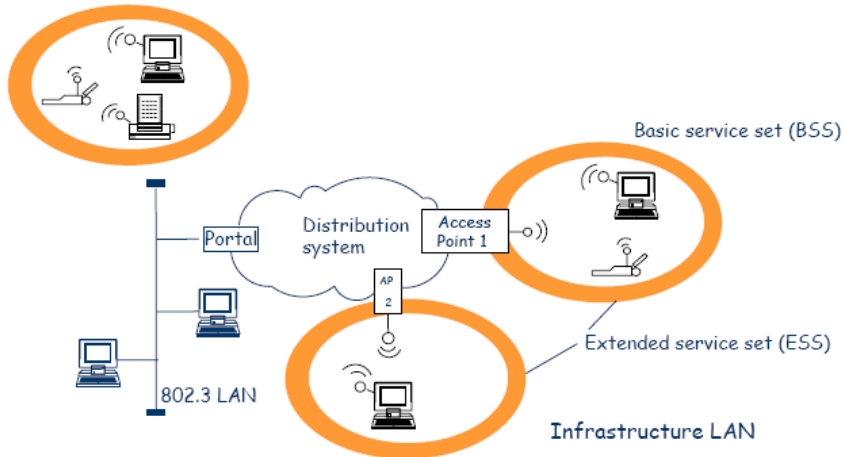


Εισαγωγή στις Τηλεπικοινωνίες

84

Ασύρματα τοπικά δίκτυα

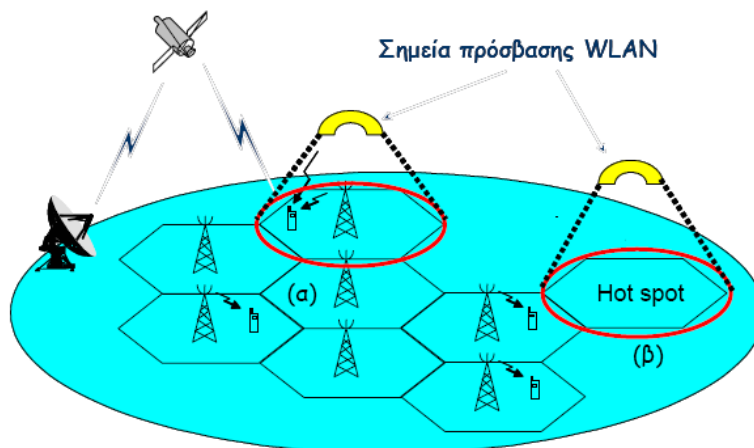
Ad hoc LAN



Εισαγωγή στις Τηλεπικοινωνίες

85

Ασύρματα τοπικά δίκτυα



Εισαγωγή στις Τηλεπικοινωνίες

86

Δομικά Στοιχεία WLAN

■ Συσσκευές χρηστών (End-user devices)

- Laptop computers
- Palmtop computers
- Handheld PCs and printers
- Personal Digital Assistants (PDAs)
- Handheld printers and scanners

■ Λογισμικό δικτύου (Network Software)

- Ένα σύστημα διαχείρισης δικτύου (NOS: Network Operating System), όπως είναι για παράδειγμα το Microsoft NT Server, παρέχει διαφόρων ειδών υπηρεσίες, όπως μεταφορά δεδομένων, εκτύπωση κ.ά.
- Στηρίζονται στην ύπαρξη ενός server και ενός client software το οποίο κατευθύνει τις εντολές του χρήστη στον server.

Δομικά Στοιχεία WLAN

■ Ασύρματες κάρτες δικτύου (Wireless NICs)

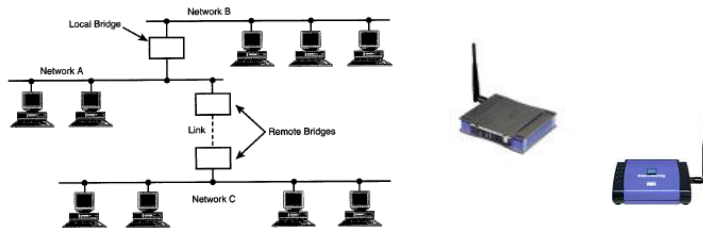
- Χρησιμοποιούνται για την μετάδοση του ψηφιακού σήματος ενός υπολογιστή μέσω του ασύρματου μέσου σε έναν άλλο υπολογιστή. Στην διαδικασία αυτή συμπεριλαμβάνεται η διαμόρφωση και η ενίσχυση του σήματος.
- Συνδέονται με τη συσκευή του χρήστη μέσω ενός διαύλου υπολογιστή όπως είναι οι ISA (Industry Standard Architecture) και PCMCIA (Personal Computer Memory Card International Association). Μερικές εταιρίες παράγουν κάρτες οι οποίες συνδέονται με τον υπολογιστή μέσω μιας RS-232 σειριακής ή παράλληλης θύρας.
- Συμπεριλαμβάνεται και ένας οδηγός λογισμικού (software driver) που συνδέει το λογισμικό του ΝΟC στην κάρτα. Τα κυριότερα Standards για τους παραπάνω οδηγούς είναι τα εξής:
 - NDIS (Network Driver Interface Specification)
 - ODI (Open Datalink Interface)
 - PDS (Packet Driver Specification)



Δομικά Στοιχεία WLAN

■ Ασύρματες Τοπικές Γέφυρες (Wireless Local Bridges)

- Αποτελούν ένα σημαντικό μέρος της τοπολογίας ενός δικτύου καθώς συνδέουν πολλά LANs μεταξύ τους στο επίπεδο του υποστρώματος MAC, με αποτέλεσμα την διαμόρφωση ενός εκτενέστερου και πιο λειτουργικού δικτύου. Οι γέφυρες χωρίζονται σε δύο είδη (τα οποία παρουσιάζονται και στο επόμενο σχήμα):
 - **Local bridges:** Συνδέουν τοπικά δίκτυα που βρίσκονται σε κοντινή απόσταση.
 - **Remote bridges:** Συνδέουν δίκτυα που χωρίζονται από αποστάσεις μεγαλύτερες από αυτές που μπορούν να υποστηρίξουν τα πρωτόκολλα των τοπικών δικτύων.



Εισαγωγή στις Τηλεπικοινωνίες

89

Δομικά Στοιχεία WLAN

■ Κεραίες (Antennas)

- Η κεραία εκπέμπει το διαμορφωμένο σήμα μέσω του αέρα ώστε αυτό να φτάσει στον προορισμό του. Διακρίνονται σε πολλά είδη και μεγέθη και χαρακτηρίζονται από τις παρακάτω παραμέτρους:
 - Μοντέλο διάδοσης (propagation pattern)
 - Ευαισθησία (Gain)
 - Ισχύς μετάδοσης (Transmit power)
 - Εύρος ζώνης (Bandwidth)
- Ανάλογα με τις εφαρμογές τις οποίες υποστηρίζει ένα ασύρματο τοπικό δίκτυο οι κεραίες μπορούν να χωριστούν σε 3 είδη:
 - **Snap-on antenna:** Η κεραία αυτή συνδέεται κατευθείαν στην ασύρματη κάρτα και είναι ιδανική για εφαρμογές που απαιτούν συνεχή κίνηση.
 - **Dipole antenna:** Η κεραία αυτή συνδέεται με την ασύρματη κάρτα μέσω ενός μικρού καλωδίου και χρησιμοποιείται κυρίως από μεταφερόμενους (portable) σταθμούς, οι οποίοι μπορούν να κινούνται αλλά για να λειτουργήσουν πρέπει να βρίσκονται σε σταθερό σημείο.
 - **High-gain antenna:** Αυτό το είδος κεραίας προσαρτάται σε έναν τοίχο ή υψηλό μέρος ενός κτιρίου με τη βοήθεια ενός μεγάλου καλωδίου. Η κεραία αυτή είναι ιδανική για APs και σταθερούς σταθμούς.

Εισαγωγή στις Τηλεπικοινωνίες

90

Δομικά Στοιχεία WLAN

■ Κεραίες (Antennas)

□ Omnidirectional antenna

Έχουν κάθετη ή οριζόντια πόλωση και είναι ιδανικές για την κάλυψη τετραγωνικών ή περίπου τετραγωνικών και κυρίως εσωτερικών χώρων. Τα συνηθέστερα είδη πολυκατευθυντικών κεραιών που χρησιμοποιούνται είναι:

- Place antenna
- Ceiling mount dipole antenna
- Rubber duck dipole antenna
- Short rubber duck dipole antenna
- Spectrum24 Sandra "D" antenna



□ Directional antenna

Χρησιμοποιούνται για μακρύτερους αλλά στενότερους χώρους και σε εφαρμογές point-to-point. Τα συνηθέστερα είδη των μονοκατευθυντικών κεραιών που χρησιμοποιούνται είναι:

- Yagi antenna (30° beam)
- Patch antenna (70° beam)
- Panel antenna (22° beam)



Εισαγωγή στις Τηλεπικοινωνίες

91

Συστήματα cordless

- CT2 (Cordless Telephone 2), 1985
- Telepoint, 1988
- DECT (Digital European Cordless Telecommunication), 1992

Εισαγωγή στις Τηλεπικοινωνίες

92

Κυψελωτά δίκτυα κινητών επικοινωνιών

■ Κύρια χαρακτηριστικά

- Η διαρκής παρακολούθηση της τρέχουσας περιοχής που περιφέρεται ο χρήστης
- Διαπομπή μεταξύ κυψελών για αδιάλειπτη επικοινωνία
- Περιοχή των χρηστών χωρίς να χάνεται η εξυπηρέτηση

Κυψελωτά δίκτυα 2ης γενιάς

- GSM
- DCS 1800
- HSCSD
- GPRS [μέχρι 160 kbps]
- IS-95 (CDMA)

Συστήματα κινητών επικοινωνιών 3ης γενιάς

- EDGE (Enhanced Data rates for GSM Evolution) [386 kbps, 8PSK]
- EGPRS (Enhanced GPRS) [3xGPRS]
- UMTS [144 kbps για οχήματα (μέχρι 50 km/h), 384 kbps για πεζούς, 2 Mbps για εσωτερικούς χώρους]

Η σύγκλιση των ταχυτήτων μετάδοσης

