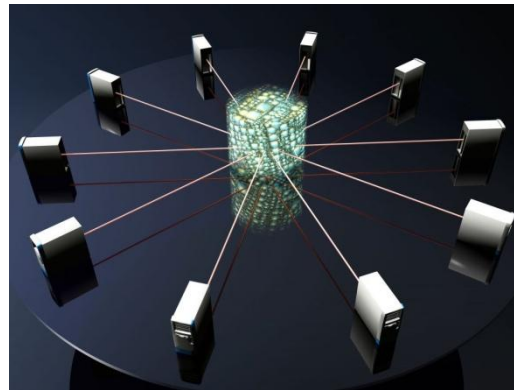


Δίκτυα Υπολογιστών Ι

4^ο Εξάμηνο (Εαρινό)



Διδάσκων: Δρ. Αναστάσιος Χ. Πολίτης

(anpol@teiser.gr)

Στόχοι του Μαθήματος

Το μάθημα αποτελεί μια πρώτη επαφή των φοιτητών με την τεχνολογία των Δικτύων Δεδομένων. Μετά την παρακολούθηση του μαθήματος οι φοιτητές θα πρέπει να:

- γνωρίζουν τις βασικές έννοιες και αρχές της επικοινωνίας υπολογιστών.
- γνωρίζουν τις κατηγορίες των Δικτύων Υπολογιστών.
- γνωρίζουν τη χρησιμότητα των προτύπων στη δικτύωση υπολογιστών και ειδικότερα του προτύπου OSI/ISO.
- γνωρίζουν τι είναι τα δικτυακά πρωτόκολλα.
- γνωρίζουν τις αρχές της Δομημένης Καλωδίωσης (σε συνδυασμό με το εργαστηριακό μέρος του μαθήματος).
- γνωρίζουν τη λειτουργία τεχνολογιών δικτύου
 - δίκτυα τύπου ALOHA
 - δίκτυα τύπου Ethernet.
 - δίκτυα ασύρματης πρόσβασης (WLANs).
 - δίκτυα τύπου Token Ring.

- Στοιχεία Δικτύωσης Υπολογιστών που διδάχθηκαν στο μάθημα «Εισαγωγή στη Πληροφορική» (1^ο Εξαμήνου).
- Στοιχεία Πιθανοτήτων που διδάχθηκαν στο μάθημα «Θεωρία Πιθανοτήτων και Στατιστική» (2^ο Εξαμήνου).
- Στοιχεία από το μάθημα «Θεωρία της Πληροφορίας» (3^ο Εξαμήνου).
- Παρακολούθηση του εργαστηριακού μέρους του μαθήματος.

Διεξαγωγή του Μαθήματος (Θεωρία)

- 13 Διαλέξεις:
 - Δευτέρα 16:00-18:00 στο ΑΜΦ Πληροφορικής (μέχρι νεωτέρας).
- Εξέταση Μαθήματος:
 - Γραπτές Εξετάσεις στο τέλος του Εξαμήνου (κλειστές σημειώσεις).
- Βιβλιογραφία:
 - “Δίκτυα Υπολογιστών”, Α. Tanenbaum, 4^η Έκδοση.
 - “Επικοινωνίες Υπολογιστών και Δεδομένων”, W. Stallings, 6^η Έκδοση.
 - “Τηλεπικοινωνίες και Δίκτυα Υπολογιστών”, Αλεξόπουλου & Λαγογιάννη.
 - Διαφάνειες Μαθήματος (ως βοήθημα).
- Ιστοσελίδα Μαθήματος:
 - <http://www.teiser.gr/icd/staff/politis/mathimata.htm>

- ❑ Σύγκλιση (Convergence) της Πληροφορικής και των Επικοινωνιών:
 - ❑ Δεν υπάρχει πλέον διαχωρισμός μεταξύ:
 - ❑ Επεξεργασίας Δεδομένων (υπολογιστές).
 - ❑ Μετάδοσης Δεδομένων (δίκτυα).
 - ❑ Οι (απλοί) χρήστες απαιτούν:
 - ❑ Εξελιγμένες εφαρμογές που να παράγουν δεδομένα και να τα **επικοινωνούν**:
 - ❑ Δικτυακά Πολυμέσα (Multimedia) – Μετάδοση Φωνής/Εικόνας.
 - ❑ Δικτυακά Παιχνίδια.
 - ❑ Απανταχού Πρόσβαση σε υπηρεσίες (εφαρμογές).
 - ❑ e-mail, HTTP κλπ από κινητές συσκευές.

- Κοινωνικά θέματα δικτύων:
 - Ιδιωτικότητα (privacy)
 - Πολιτεία ≠ Πολίτες
 - FBI-Carnivore (DCS1000).
 - Echelon.
 - Ιδιώτες ≠ Πολίτες
 - Cookies.
 - Google vs. Apple.
 - Πνευματικά δικαιώματα (copyright)
 - Πορνογραφία

- Ο 20^{ος} αιώνας χαρακτηρίστηκε ο αιώνας της **Πληροφορικής και Επικοινωνιών**:
 - Τηλεφωνία
 - Ραδιοφωνία
 - Τηλεόραση
 - Διαδίκτυο (Internet)
- Παλιά:
 - ένα υπολογιστικό σύστημα (Η/Υ) για την εξυπηρέτηση πολλών χρηστών.
- Σήμερα:
 - πολλά υπολογιστικά συστήματα συνδεδεμένα μεταξύ τους (δίκτυο).

- Σήμερα οι χρήστες (απλοί ή εξελιγμένοι) αγοράζουν Η/Υ κυρίως για:
 - Πρόσβαση στο Διαδίκτυο:
 - Πρόσβαση σε πληροφορίες (World Wide Web – WWW)
 - Επικοινωνία ανθρώπων:
 - ICQ, MSN
 - Electronic mail (e-mail)
 - Τηλεδιάσκεψη (Skype)
 - Διαδικτυακές αγορές
 - e-commerce
 - Διασκέδαση
 - παιχνίδια
 - μουσική/ταινίες (bit torrent, μtorrent κλπ)

- ❑ Εξαιτίας των υψηλών απαιτήσεων των εφαρμογών, ο στόχος στις τηλεπικοινωνίες είναι:
 - ❑ “Σχεδιασμός και υλοποίηση με βάση τις επιδόσεις!”
- ❑ Παράδειγμα:
 - ❑ Επιθυμούμε να μεταδώσουμε ένα video που έχει ρυθμό 30 frames/s. Το κάθε frame (καρέ) έχει ανάλυση 800×600 εικονοστοιχεία (pixels). Εάν το κάθε pixel έχει 1 Byte (8 bits), με τι ρυθμό θα μεταδωθούν; (Απ.: 115.2 Mbit/s)
- ❑ Απόμα και με **συμπύεση** το δίκτυο θα πρέπει να είναι **ικανό** να μεταφέρει τόσα δεδομένα/δευτερόλεπτο.
- ❑ Στα δίκτυα βρίσκει εφαρμογή η **βασική αρχή** του προγραμματισμού:
 - ❑ “Κάνε το πρώτα να δουλέψει, μετά κάνε το να δουλέψει γρήγορα (αποδοτικά)”

Η **Επικοινωνία** είναι:

Η αποστολή μηνύματος από ένα σημείο σε ένα άλλο σε κοντινή απόσταση.

Απαραίτητη η επιβεβαίωση της:

ορθής

πλήρους

κατανοητής

λήψης του μηνύματος από τον εξουσιοδοτημένο παραλήπτη.

Η **Τηλεπικοινωνία** είναι:

Η επικοινωνία σε μακρινή απόσταση (από το αρχαίο Ελληνικό «**Τηλέ**»)

Στην επικοινωνία η πληροφορία (που περιέχεται στο μήνυμα) **δεν** αλλάζει μορφή.

Στην τηλεπικοινωνία η πληροφορία (που περιέχεται στο μήνυμα) αλλάζει μορφή.

- Παράδειγμα επικοινωνίας:
 - Συζήτηση ανθρώπων μέσα στον ίδιο χώρο (πληροφορία=ομιλία).
- Παράδειγμα τηλεπικοινωνίας:
 - Συζήτηση ανθρώπων σε μακρινή απόσταση μέσω τηλεφώνου (η πληροφορία μετατρέπεται σε ηλεκτρικά σήματα).
- Εξέλιξη τηλεπικοινωνιών:
 - Σήματα καπνού
 - Ήχοι τυμπάνων
 - Ήχοι καμπάνας
 - Άναμα φωτιάς
- Προβλήματα:
 - αβέβαιη επιτυχία μετάδοσης
 - μικρός όγκος πληροφορίας
 - ελάχιστη ασφάλεια

- Σήμερα οι όροι **Επικοινωνία** και **Τηλεπικοινωνία** χρησιμοποιούνται εναλλακτικά και αναφέρονται στο ίδιο πράγμα:
 - μεταφορά πληροφορίας μεταξύ δύο σημείων.
- Μερικοί ορισμοί
 - Πληροφορία (Information):**
 - κάθε οργανωμένο σήμα.
 - π.χ. Ομιλία.
 - Δεδομένα (Data):**
 - ο συμβολισμός που αναπαριστά την πληροφορία με τη μορφή συμβόλων.
 - π.χ. Το γράμμα “Α” στον κώδικα **ASCII** αναπαριστάται με την ακολουθία δυαδικών ψηφίων “**1000001**”.
 - π.χ. Το γράμμα “Α” στον κώδικα **Morse** αναπαριστάται με την ακολουθία συμβόλων “**·-**” (τελεία και παύλα).
 - Επικοινωνία Δεδομένων (Data Communication):**
 - η ανταλλαγή πληροφοριών με την μορφή δεδομένων μεταξύ υπολογιστικών συστημάτων.

- Απλοποιημένο τηλεπικοινωνιακό μοντέλο:

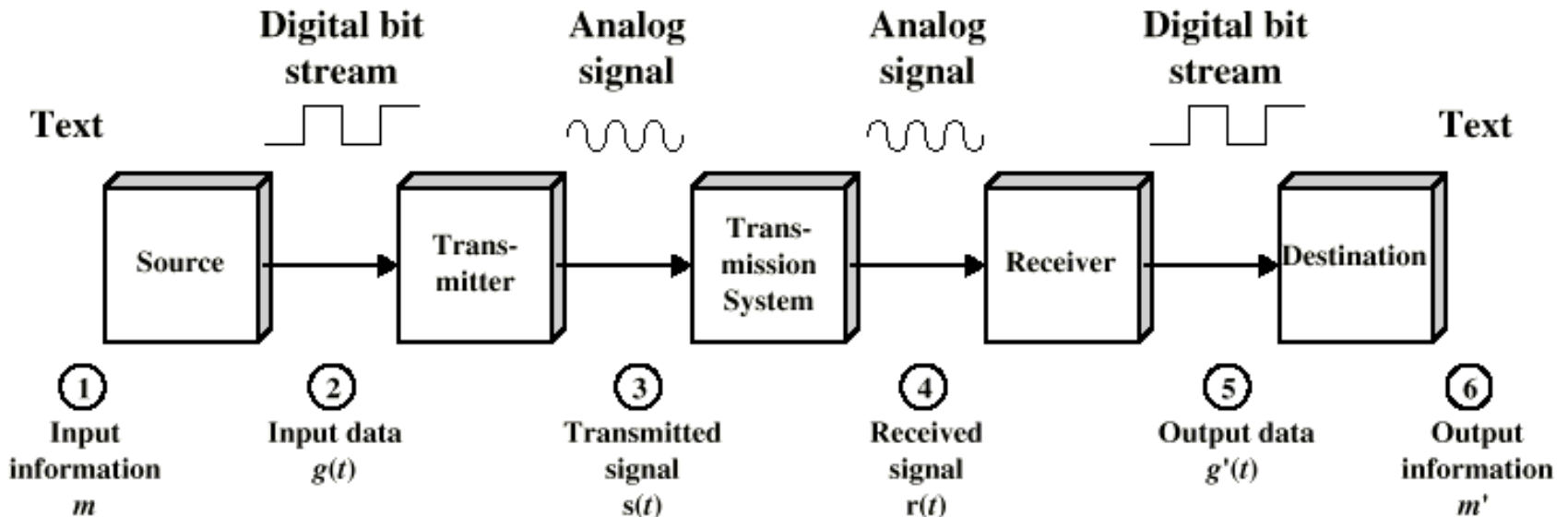


- **Πηγή:** Παράγει τα δεδομένα προς μετάδοση (π.χ. Τηλέφωνο ή Η/Υ).
- **Πομπός:** Μετατρέπει τα δεδομένα σε διαφορετική μορφή (κωδικοποιεί – encoding).
- **Σύστημα Μετάδοσης:** Μπορεί να είναι μια γραμμή μετάδοσης (π.χ. καλώδιο) ή ένα πολύπλοκο δίκτυο (π.χ. τηλεφωνικό δίκτυο).
- **Δέκτης:** Δέχεται το σήμα από το καλώδιο και το μετατρέπει σε κατανοητή μορφή για τον προορισμό.
- **Προορισμός:** Λήπτης των δεδομένων (π.χ. Τηλέφωνο ή Η/Υ).

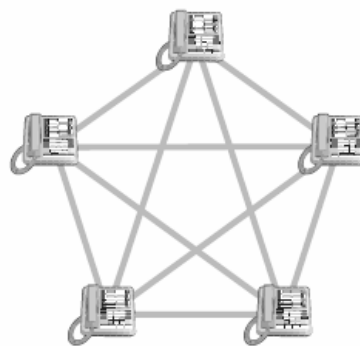
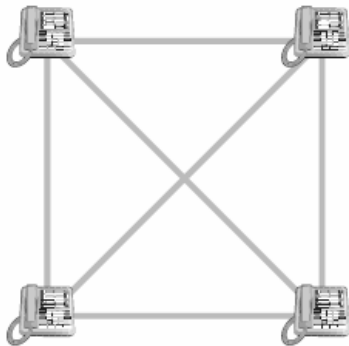
- Παράδειγμα τηλεπικοινωνιακού συστήματος:



- Παράδειγμα μετάδοσης κειμένου με e-mail μέσω τηλεφωνικής γραμμής:



- ❑ Τα μέλη ενός δικτύου (Η/Υ ή κόμβοι ή σταθμοί) μπορούν να συνδεθούν:
 - ❑ Σημείο-προς-σημείο (Point-to-Point)
 - ❑ Με κοινό μέσο μετάδοσης (Broadcast)
 - ❑ Με μεταγωγή (Switching)
- ❑ Point-to-point
 - ❑ απευθείας σύνδεση των κόμβων



Για $N=4$, απαιτούνται **6** γραμμές

Για $N=5$, απαιτούνται **10** γραμμές

Για $N=10$ απαιτούνται **45** γραμμές

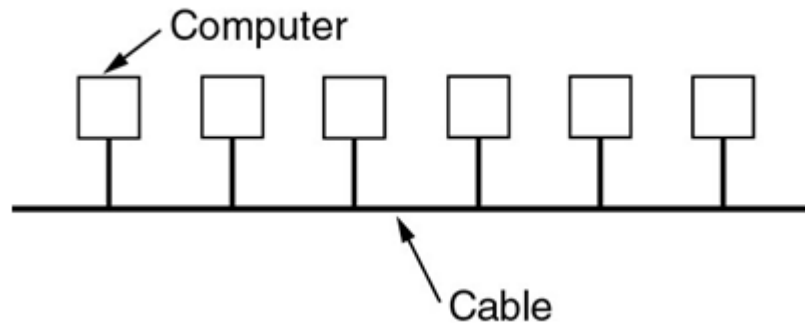
Για $N=100$ απαιτούνται **4.950** γραμμές

Για $N=1000$ απαιτούνται **499.500** γραμμές

- ❑ Για N κόμβους απαιτούνται:
 - ❑ $N \times (N-1) / 2$ επικοινωνιακές γραμμές (καλώδια)

Broadcast (Ευρυεκπομπή)

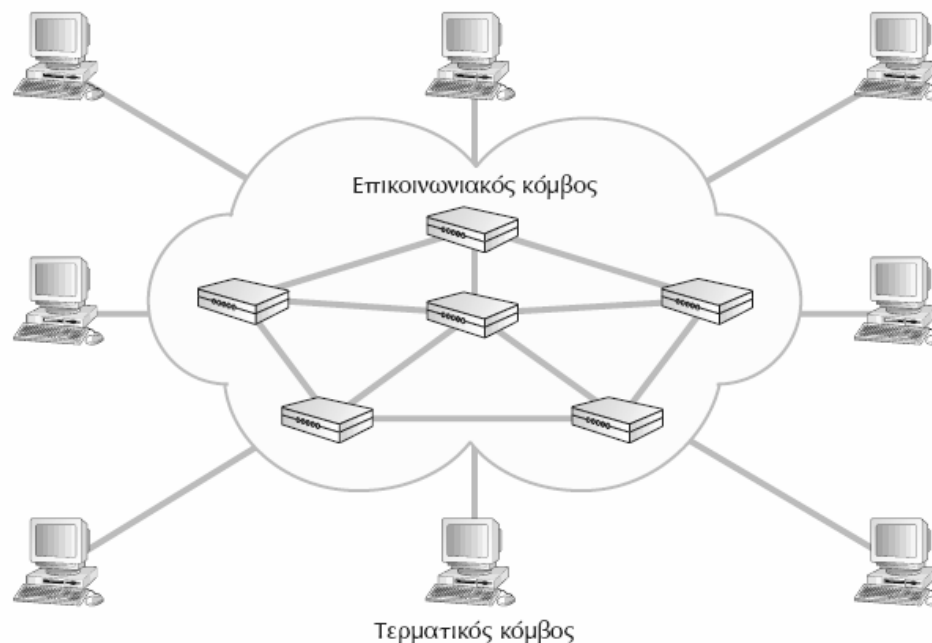
- όλοι οι κόμβοι συνδέονται πάνω σε **κοινό μέσο μετάδοσης** (καλώδιο).



- Οι κόμβοι διαμοιράζονται το κοινό μέσο μετάδοσης.
- Πρέπει να υπάρχουν κανόνες για το ποιός μπορεί να μεταδώσει.
- Παράδειγμα από την καθημερινότητα:
 - συζήτηση σε μια αίθουσα με πολλούς ομιλητές.

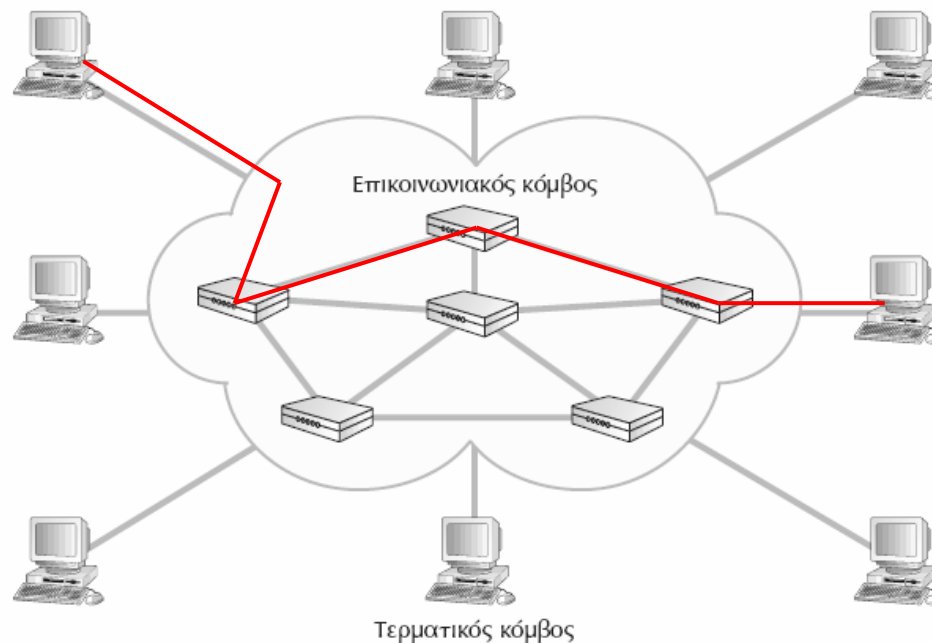
❑ Μεταγωγής

❑ όλοι οι κόμβοι συνδέονται πάνω σε κοινό μέσο μετάδοσης (καλώδιο).



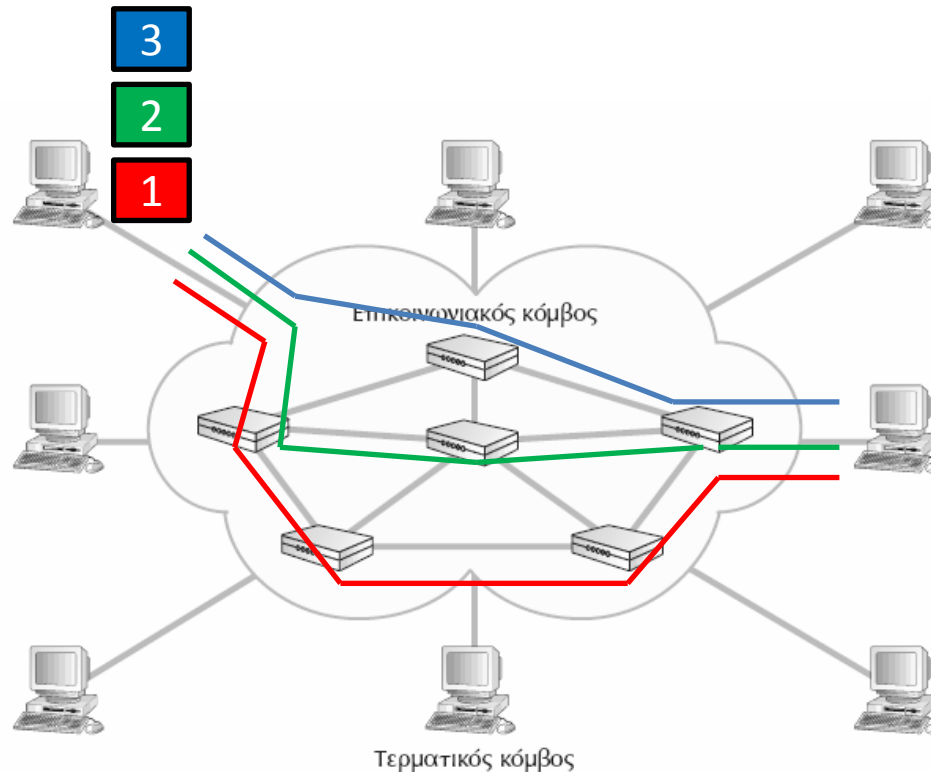
❑ Μια σειρά από δικτυακές συσκευές (επικοινωνιακός κόμβος) κάνουν την προώθηση (μετάγουν) τα δεδομένα προς τον σωστό προορισμό.

- ❑ Μεταγωγή Κυκλώματος (Circuit Switching)
 - ❑ Δημιουργείται ένα αποκλειστικό μονοπάτι μεταξύ δύο σταθμών.
 - ❑ π.χ. Τηλεφωνικό Δίκτυο.



Τεχνολογίες Μεταγωγής

- ❑ Μεταγωγή Παιέτου (Packet Switching)
 - ❑ Τα δεδομένα τεμαχίζονται (πακέτα).
 - ❑ Τα πακέτα φθάνουν στους ενδιάμεσους κόμβους και δρομολογούνται από κόμβο σε κόμβο.
 - ❑ π.χ. Διαδίκτυο.



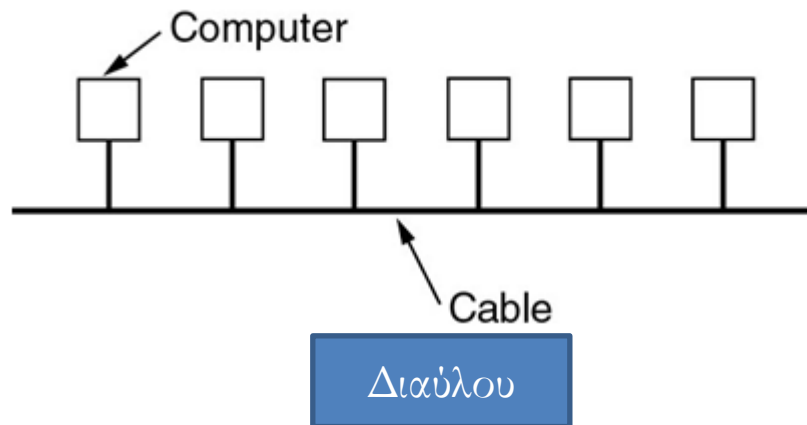
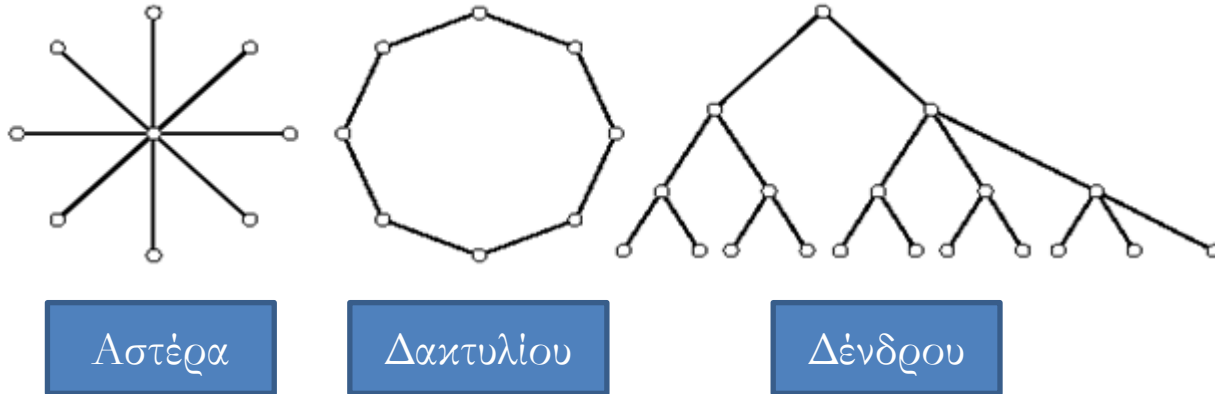
Κατηγοριοποίηση Δικτύων

□ Με βάση την κλίμακα:

Κλίμακα απόστασης μεταξύ επεξεργαστών	Επεξεργαστές εντός του ίδιου ..	
0,1 m	Motherboard	Υπολογιστικά συστήματα
1 m	Συστήματος	
10 m	Δωματίου	Τοπικά δίκτυα (LAN)
100 m	Κτιρίου	
1 km	Campus	
10 km	Πόλης	Μητροπολιτικά δίκτυα (MAN)
100 km	Χώρας	Δίκτυα ευρείας περιοχής (WAN)
1000 km	Ηπείρου	
10000 km	Πλανήτη	Internet

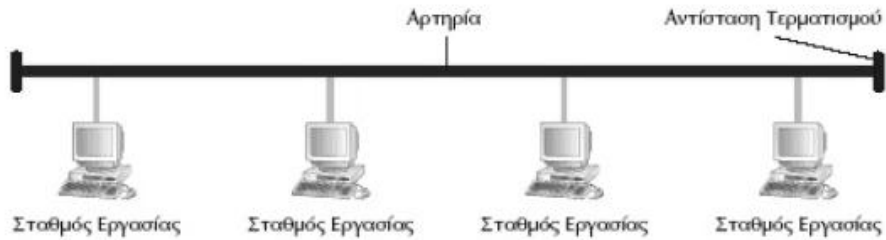
Κατηγοριοποίηση Δικτύων

□ Με βάση την τοπολογία:

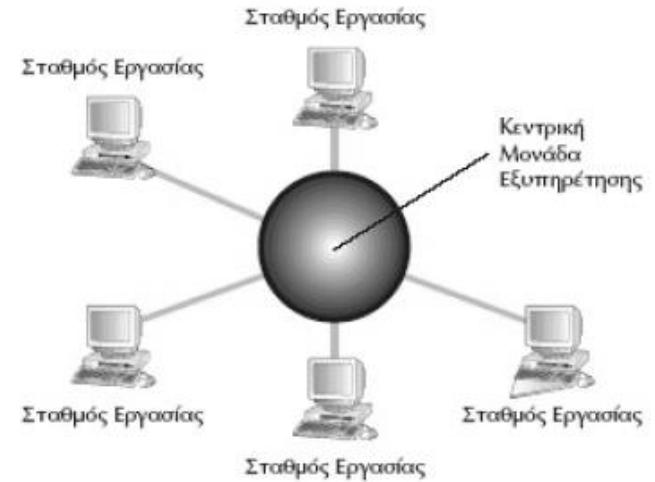


Βασικές Δικτυακές Τοπολογίες

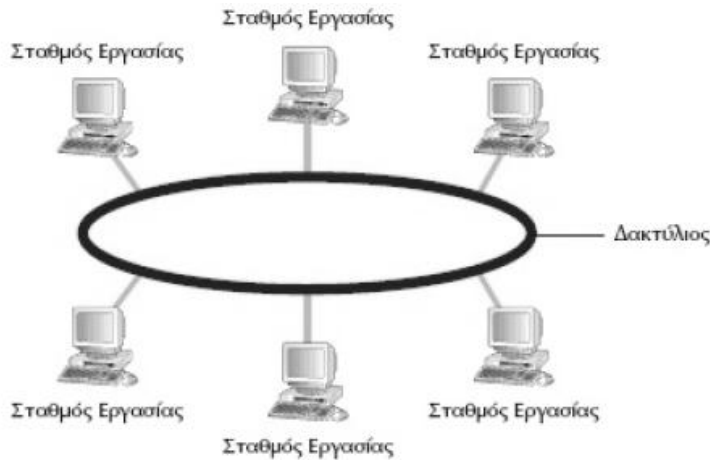
□ Αρτηρίας ή Διαύλου (Bus)



□ Αστέρα (Star)



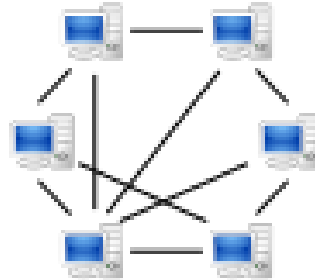
□ Δακτυλίου (Ring)



□ Με βάση τη σχέση μεταξύ των σταθμών (κόμβων):

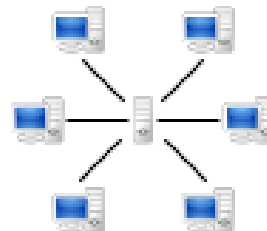
□ Ομότιμα Δίκτυα (Peer-to-peer)

□ οι κόμβοι διαμοιράζονται τους πόρους τους (π.χ. εκτυπωτές, αποθηκευτικούς χώρους κλπ) χωρίς κεντρική διαχείριση.

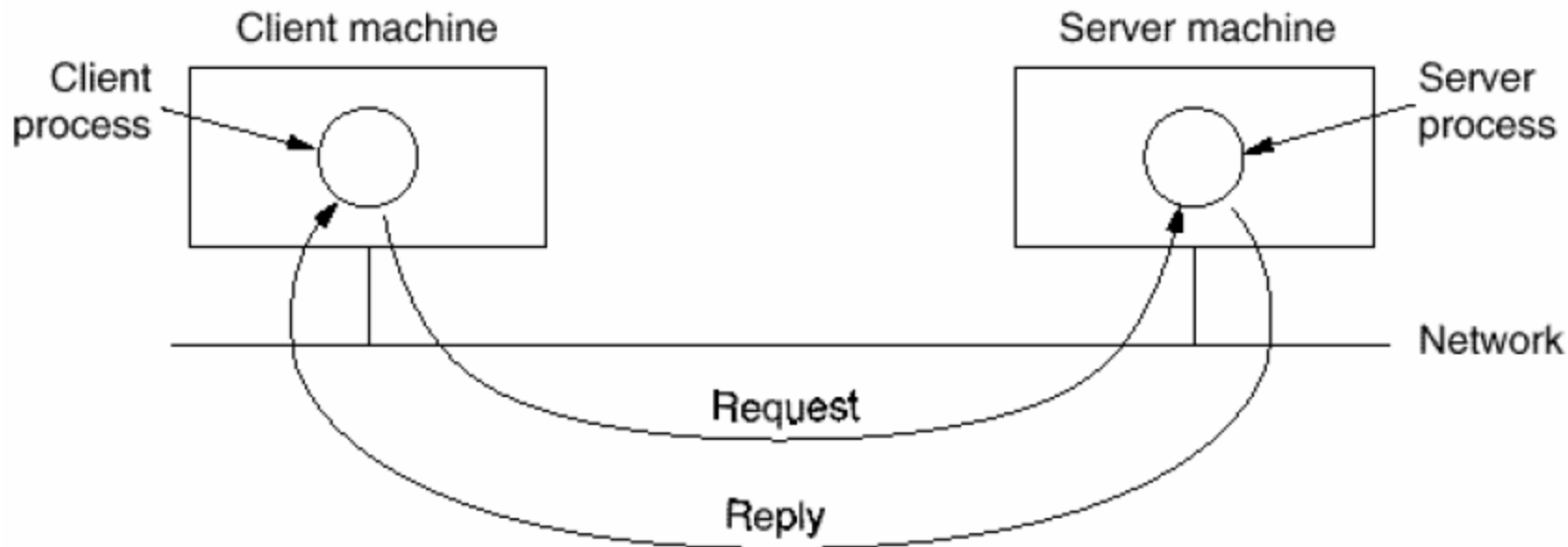


□ Δίκτυα Πελάτη-Εξυπηρετητή (Client-Server)

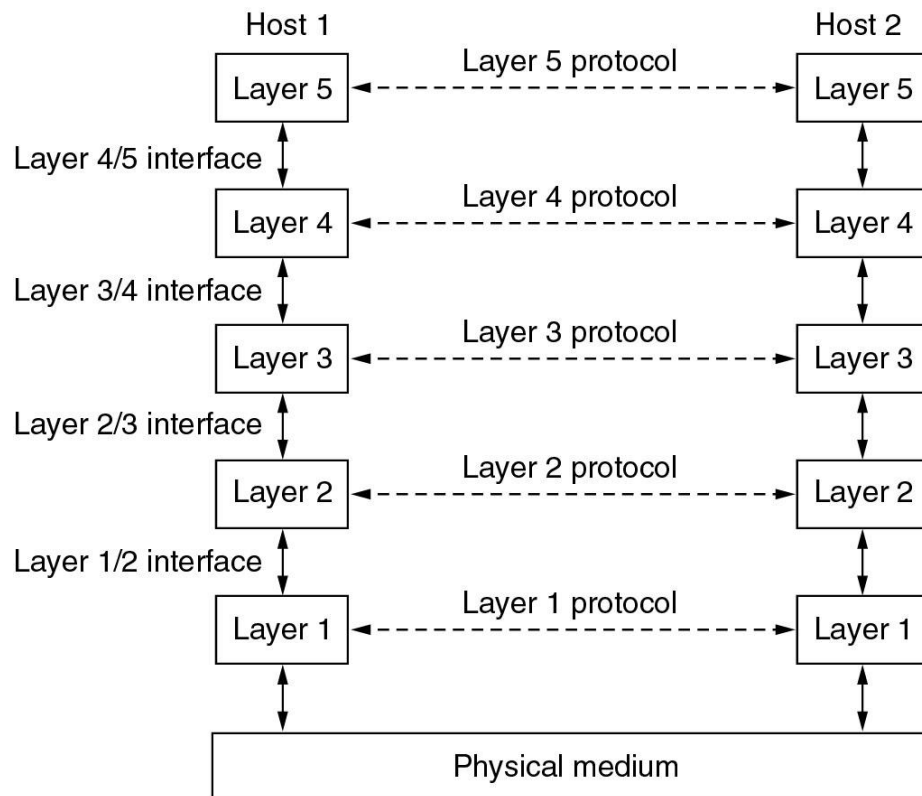
□ Ο εξυπηρετητής προσφέρει (υπηρεσίες) και οι πελάτες καταναλώνουν (τις υπηρεσίες).



Μοντέλο Client-Server



- ❑ Ο ρόλος του υλικού (hardware) και του λογισμικού (software) στη διαδικασία της επικοινωνίας.
- ❑ Επιπεδοποίηση (layering) της λειτουργικότητας των δικτύων
 - ❑ Χρήση οργανωτικής δομής με στόχο τη μείωση της πολυπλοκότητας.



Βασικές έννοιες:

- Διεργασίες (peer processes) ή Οντότητες.
- Διεπαφές (interfaces)
- Πρωτόκολλα (protocols)

Οντότητα

- οτιδήποτε λαμβάνει ή μεταδίδει πληροφορίες (π.χ. ένα πρόγραμμα).

Πρωτόκολλο

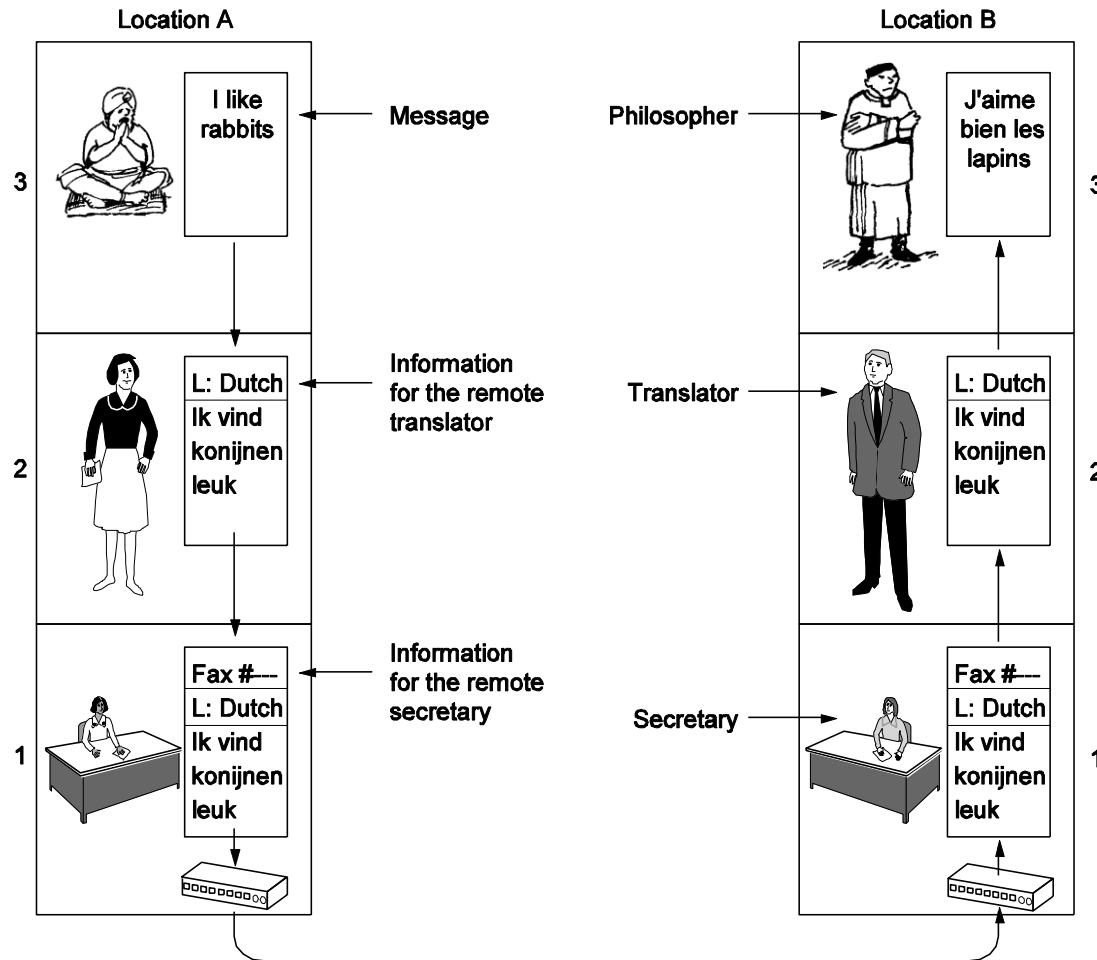
- ένα σύνολο από κανόνες που διέπουν την επικοινωνία των οντοτήτων που ανήκουν σε διαφορετικά συστήματα. Η επικοινωνία γίνεται με την ανταλλαγή **Protocol Data Units (PDUs)**.

Σύστημα

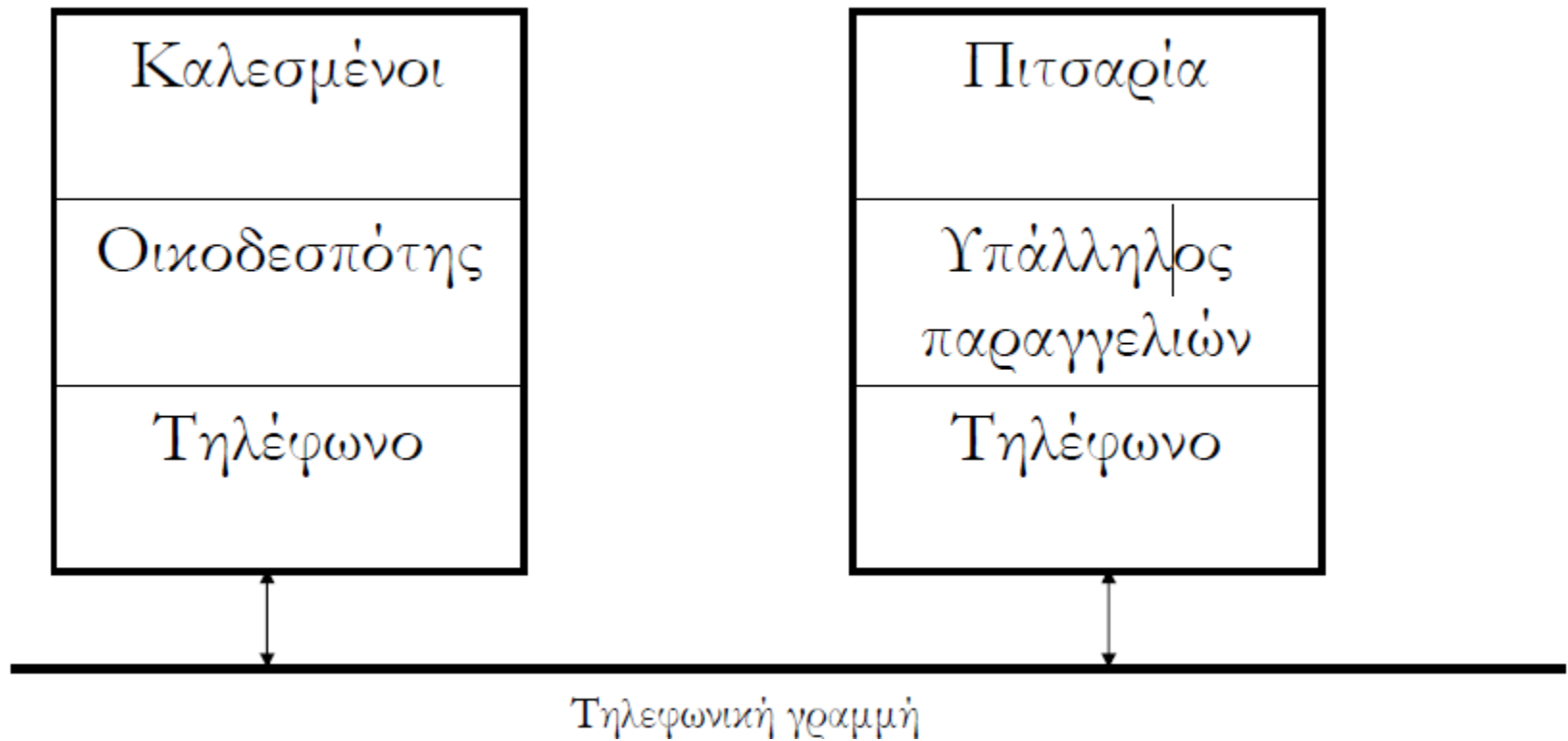
- Φυσικό αντικείμενο που περιλαμβάνει πολλές οντότητες (π.χ. ένας Η/Υ).

Αρχιτεκτονικές Δικτύων

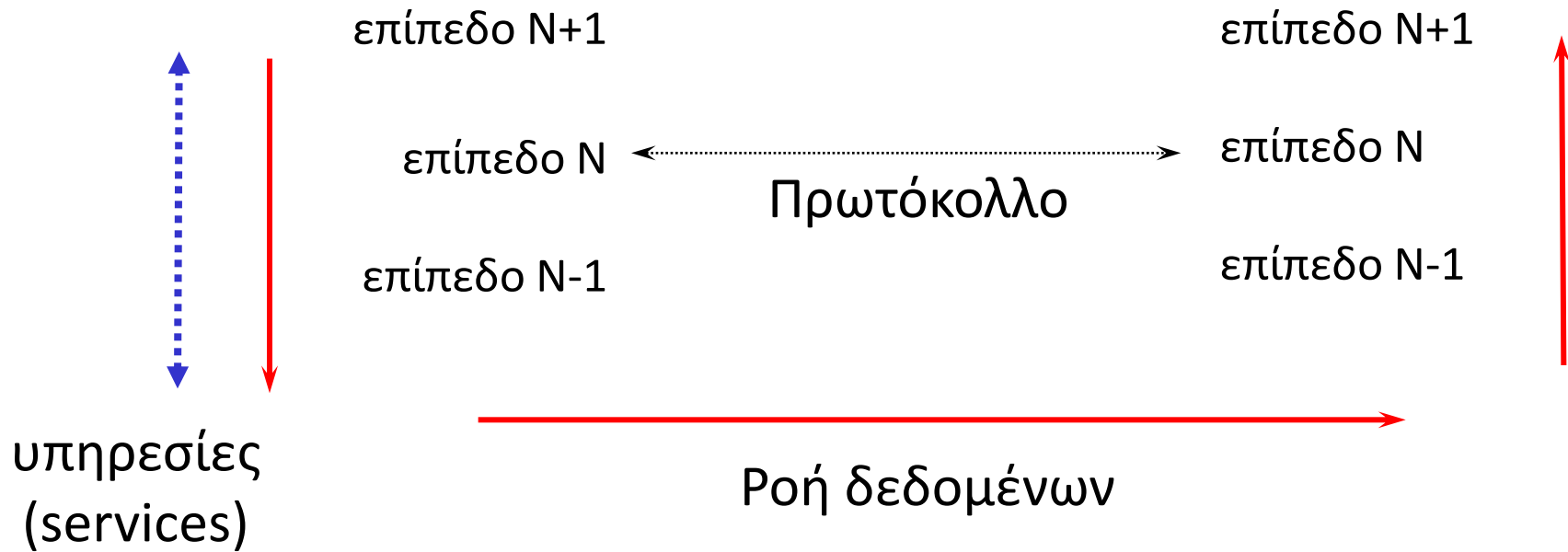
□ Παράδειγμα Φιλοσόφων-Μεταφραστών-Γραμματέων.



- Παράδειγμα Παραγγελίας Πίτσας.



- Παροχή υπηρεσιών μεταξύ των επιπέδων.

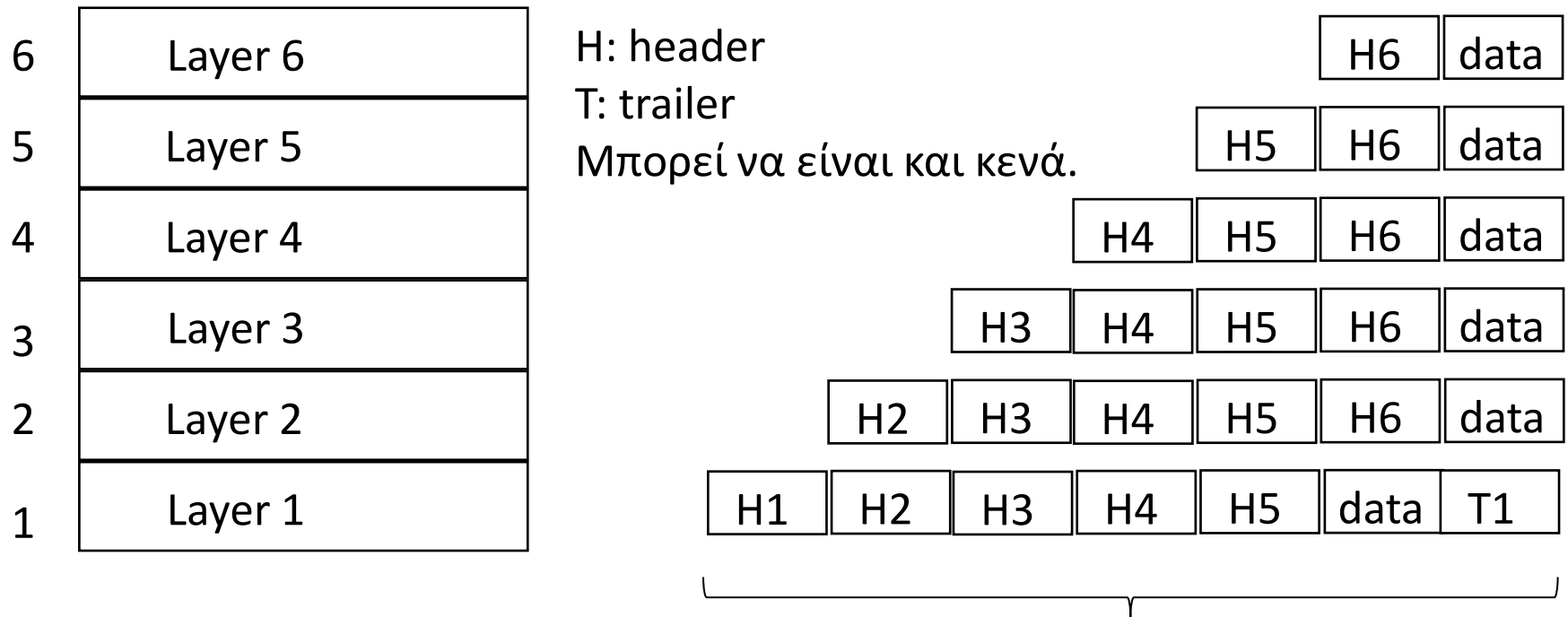


Υπηρεσία είναι το σύνολο των λειτουργιών που παρέχει ένα επίπεδο στο ανώτερό του

Πρωτόκολλο είναι ο τρόπος με τον οποίο οι οντότητες υλοποιούν τις υπηρεσίες τους.

Μια οντότητα μπορεί να αλλάξει το πρωτόκολλο που χρησιμοποιεί αρκεί να μην αλλάξουν οι υπηρεσίες που παρέχει στους χρήστες της.

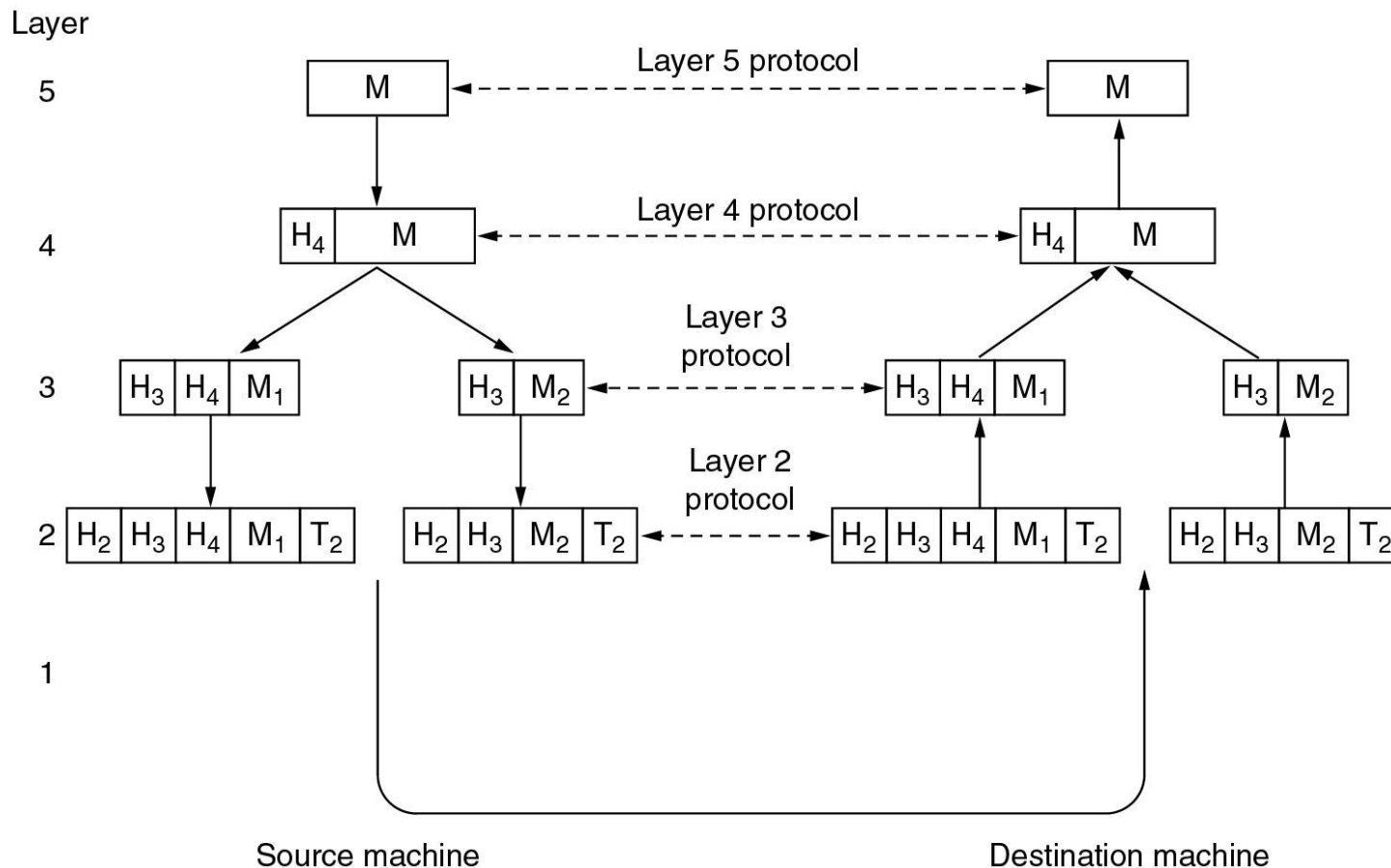
- Η λειτουργία των πρωτοκόλλων στα διάφορα επίπεδα υλοποιείται με τη προσθήκη πληροφορίας ελέγχου (επικεφαλίδες – headers).
- Παράδειγμα αρχιτεκτονικής 6 επιπέδων.



PDU=Δεδομένα ανώτερου επιπέδου + Header του επιπέδου

- Η διαδικασία ονομάζεται **ενθυλάκωση (encapsulation)**.

- Παράδειγμα Εικονικής Επικοινωνίας στο επίπεδο 5 με διάσπαση (κατακερματισμό).



- Με τι ασχολούνται τα πρωτόκολλα;
 - Μηχανισμός αναγνώρισης αποστολέα και παραλήπτη (ονοματοδοσία και διευθυνσιοδότηση).
 - Κανόνες μετάδοσης (simplex, half-duplex, full-duplex).
 - Έλεγχος σφαλμάτων (ανίχνευση σφαλμάτων, διόρθωση σφαλμάτων).
 - Διάταξη και ακολουθία.
 - Έλεγχος ροής, έλεγχος συμφόρησης.
 - Μέγεθος πακέτων (disassembling and reassembling).
 - Δρομολόγηση.
 - Ασφάλεια.

- Τι είναι;
 - Η διαδικασία έκδοσης τεχνικών προδιαγραφών (κανόνες, οδηγίες, συμβουλές).
- Γιατί είναι απαραίτητη;
 - Συμβατότητα προϊόντων διαφορετικών κατασκευαστών.
- Ποιός κάνει τυποποιήσεις;
 - Εθνικοί και διεθνείς οργανισμοί.
- Ορισμένοι γνωστοί οργανισμοί τυποποίησης:
 - ISO (International Standards Organization)
 - ITU (International Telecommunication Union)
 - IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers)
 - IETF (Internet Engineering Task Force)
 - ANSI (American National Standards Institute)
 - ΕΛΟΤ (Ελληνικός Οργανισμός Τυποποίησης)

□ ITU

- > 200 Μέλη.
- Ιδρύθηκε το 1865.
- Το 1947 έγινε υπηρεσία υπό την εποπτεία του ΟΗΕ.
- Εκδίδει «συστάσεις» (recommendations).
- Έχει τρία τμήματα:
 - Radio communications Sector (ITU-R).
 - Telecommunications Standardization Sector (ITU-T).
 - Development Sector (ITU-D).



□ ISO

ORGANISATION
INTERNATIONALE DE
NORMALISATION



INTERNATIONAL
ORGANIZATION FOR
STANDARDIZATION

- 1946.
- Μέλη του οι οργανισμοί τυποποίησης 89 κρατών (ANSI(U.S.), BSI(GB), AFNOR (F), DIN(D), ΕΛΟΤ (GR) κ.α.).
- Τυποποιεί από βίδες, εσώρουχα, και δίχτυα αλιείας ... μέχρι καλώδια, τηλεφωνικούς στύλους.
- Συνεργάζεται στενά με την ITU.
- Στόχος η επίτευξη της μέγιστης δυνατής αποδοχής.

□ IETF



- 1986 έναρξη λειτουργίας.
- Κοινότητα σχεδιαστών, διαχειριστών, κατασκευαστών και ερευνητών δικτύων.
- Ανάπτυξη προτύπων που αφορούν την λειτουργία του παγκόσμιου Διαδικτύου.
- Οποιοσδήποτε ενδιαφερόμενος μπορεί να συμμετάσχει.
- Παραγωγή Request for Comments (RFCs)
 - κείμενα που περιγράφουν ερευνητικές προτάσεις που είναι ανοικτές για διαβούλευση.
- **“The goal of the IETF is to make the Internet work better”.**

Οργανισμοί Τυποποίησης

Άλλοι αξιοσημείωτοι οργανισμοί:

ANSI

- μη κρατικός και μη κερδοσκοπικός οργανισμός.
- συμμετέχουν ως μέλη κατασκευαστές, πάροχοι κλπ.



IEEE

- Διεθνής οργανισμός επαγγελματιών (και όχι μόνο).
- Παράγει πρότυπα δικτύωσης όπως IEEE 802.3, IEEE 802.11 κλπ.



TIA (Telecommunications Industry Association)

- Σύνδεσμος βιομηχανιών τηλεπικοινωνιών.
- παραγωγή τηλεπικοινωνιακών προτύπων (καλώδια, δίκτυα κλπ).



EIA (Electronics Industries Alliance)

- Παρόμοιος οργανισμός με τον TIA.



Πλεονεκτήματα

- Ευελιξία του καταναλωτή στην αγορά εξοπλισμού.
- Εξασφαλισμένη λειτουργία.
- Κατά κανόνα υψηλή ποιότητα.

Μειονεκτήματα

- «Πάγωμα» της εξέλιξης της τεχνολογίας.
- Πολλά πρότυπα για την ίδια τεχνολογία.
- Επηρεασμός από πολιτικά, βιομηχανικά συμφέροντα.

Το Μοντέλο OSI

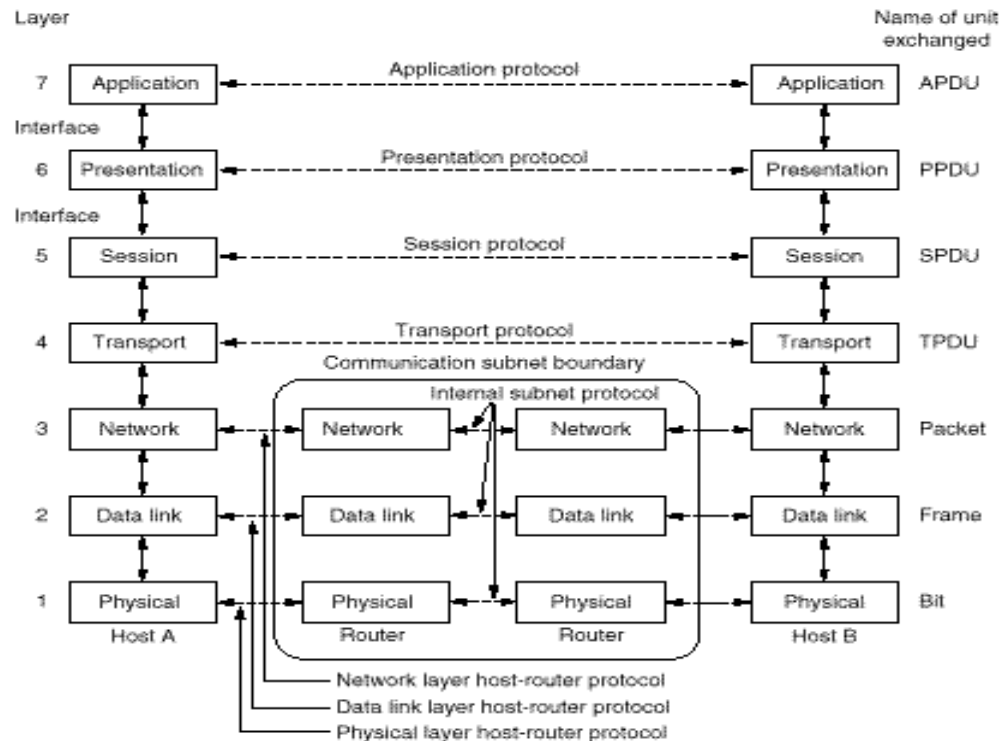
❑ Open Systems Interconnection (ISO)

❑ Τέλη δεκαετίας του 70

❑ Στόχος: η προώθηση συμβατότητας μεταξύ διαφορετικών δικτύων

❑ Διασύνδεση συστημάτων που είναι ανοικτά στην επικοινωνία.

❑ 7 επίπεδα:



❑ Φυσικό Επίπεδο:

❑ Καθορίζονται οι ηλεκτρικές, μηχανικές και λειτουργικές προδιαγραφές για τη μετάδοση δεδομένων πάνω από ένα φυσικό μέσο.

❑ Επίπεδο Σύνδεσης Δεδομένων:

❑ Παρέχει την αξιόπιστη μεταφορά των δεδομένων πάνω από τα φυσικά μέσα. Τα δεδομένα οργανώνονται σε πλαίσια και στα πλαίσια ενσωματώνονται πληροφορίες (επιεφαλίδα και ουρά) για το έλεγχο σφαλμάτων (ανίχνευση, διόρθωση σφαλμάτων), τον έλεγχο ροής και τον προσδιορισμό της φυσικής διεύθυνσης του μέσου.

❑ Επίπεδο Δικτύου:

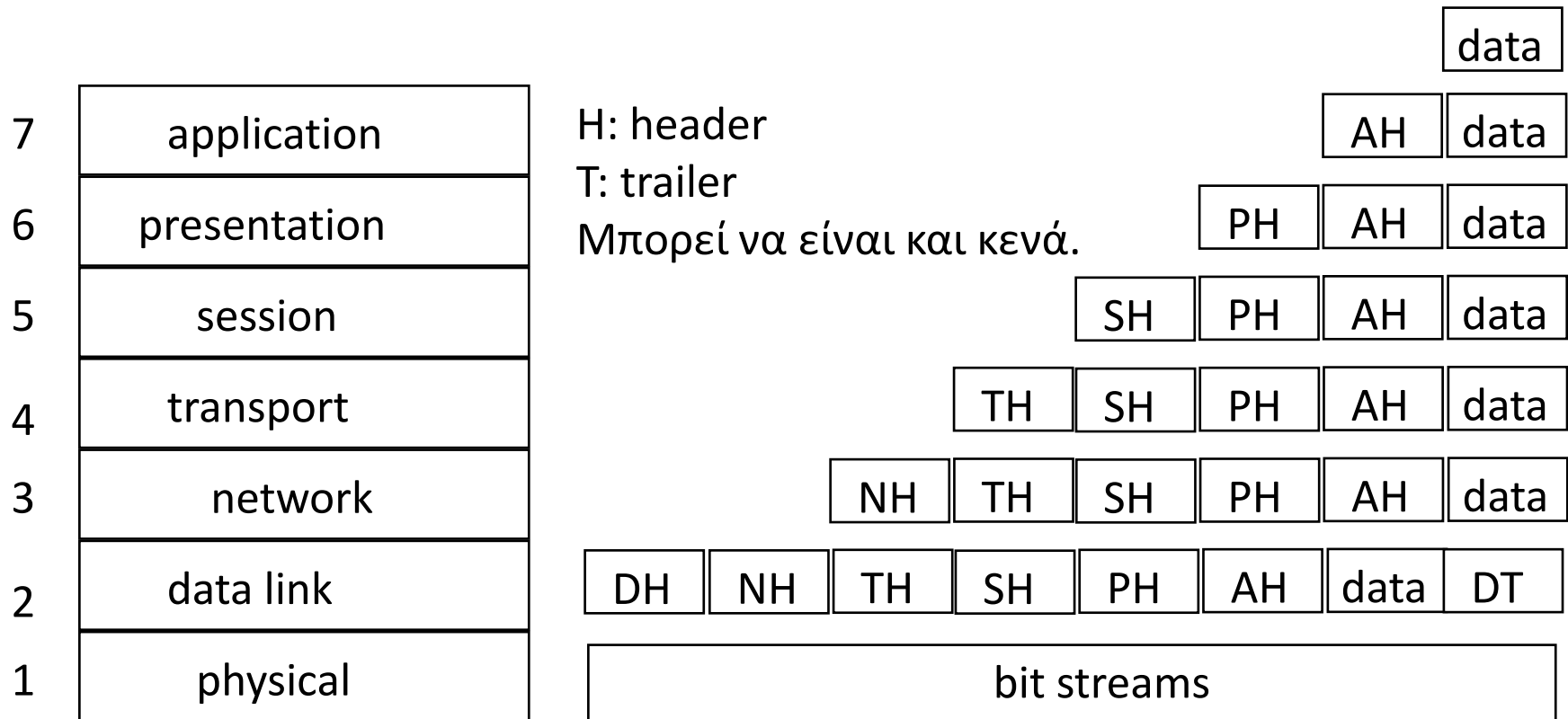
❑ Στο επίπεδο αυτό καθορίζεται ο τρόπος δρομολόγησης των πακέτων από τον αποστολέα στον παραλήπτη και ο έλεγχος συμφόρησης του δικτύου. Αιόμα, στο επίπεδο αυτό υλοποιείται και το σχήμα διευθυνσιοδότησης του δικτύου.

❑ Επίπεδο Μεταφοράς

❑ Στο επίπεδο μεταφοράς υλοποιείται το κανάλι επικοινωνίας μεταξύ των τερματικών κόμβων, μέσω του οποίου θα μεταβιβάζονται αξιόπιστα και εν σειρά τα μηνύματά τους.

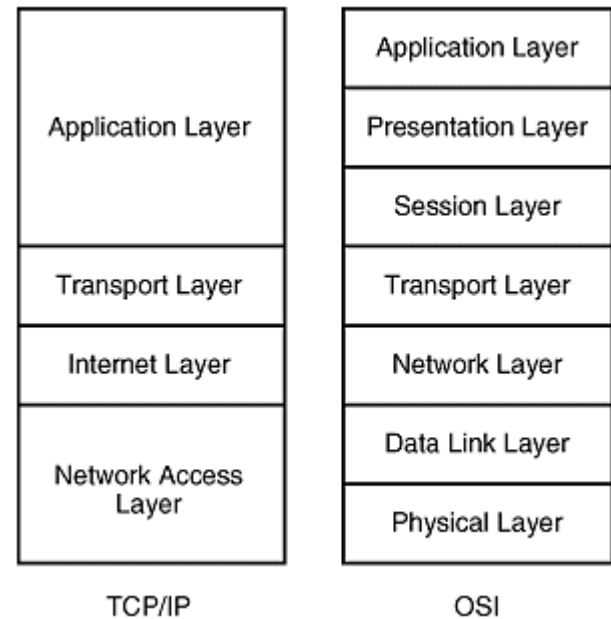
Το Μοντέλο OSI

□ Ενθυλάκωση



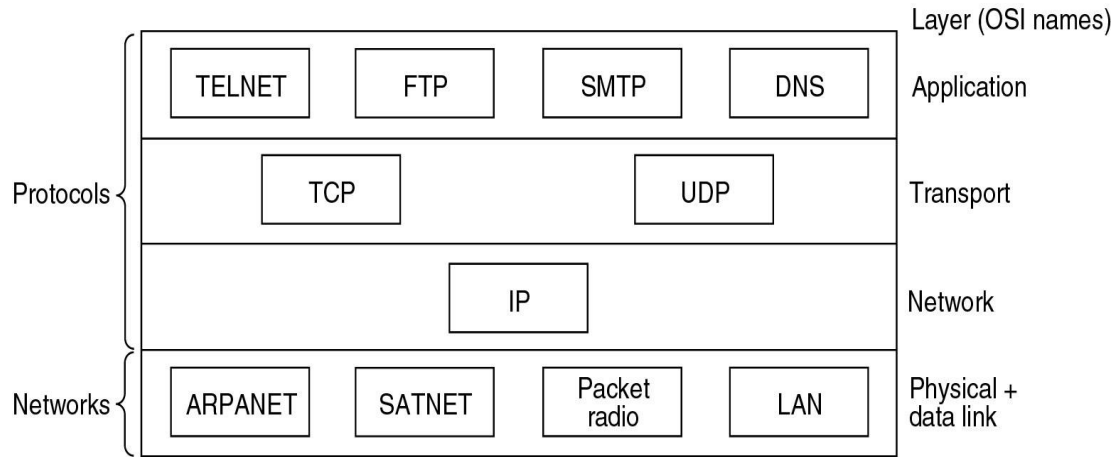
Το Μοντέλο TCP/IP

- Κυρίαρχη αρχιτεκτονική στο σημερινό Internet αλλά και στα Τοπικά Δίκτυα (LANs).
- Αρχιτεκτονική 4 επιπέδων (ενίοτε 5 επιπέδων).
- Επίπεδα:
 - Εφαρμογής (Application)
 - Μεταφοράς (Transport)
 - Δικτύου (Network ή Internet)
 - Δικτυακής Πρόσβασης (Network Access)
 - Σύνδεσης Δεδομένων (Data Link)
 - Φυσικό (Physical)



Το Μοντέλο TCP/IP

□ Πρωτόκολλα της Οικογένειας TCP/IP.



□ Επίπεδο Εφαρμογών:

□ Μεταφορά Αρχείων (FTP), Ηλεκτρονικό Ταχυδρομείο (SMTP) κ.α.

□ Επίπεδο Μεταφοράς

□ Αντίστοιχο με του OSI. Δύο κύριες επιλογές: TCP (**αξιοπιστία**) και UDP (**ταχύτητα**).

□ Επίπεδο Δικτύου

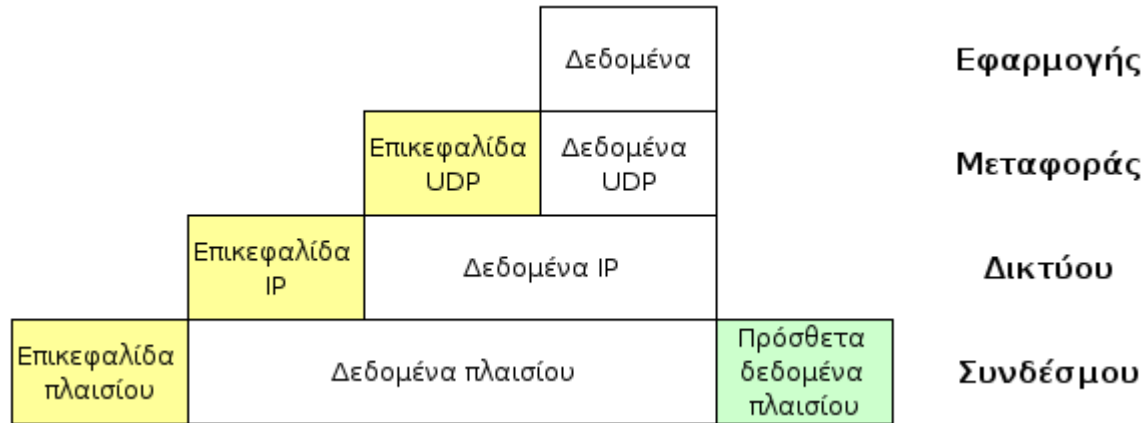
□ Ο ταχυδρόμος του Διαδικτύου: Internet Protocol (IP). Δρομολόγηση και Διευθυνσιοδότηση.

□ Επίπεδο διασύνδεσης μεταξύ υπολογιστών υπηρεσίας (Hosts)

□ Το μοντέλο **δεν** αναφέρει πώς θα λειτουργεί. **Παρατηρεί** ότι θα πρέπει να υπάρχει ένα πρωτόκολλο που θα μπορεί να στέλνει πακέτα IP. Το πρωτόκολλο διαφέρει από υπολογιστή σε υπολογιστή.

Το Μοντέλο TCP/IP

- Παράδειγμα ενθυλάκωσης στο μοντέλο TCP/IP:

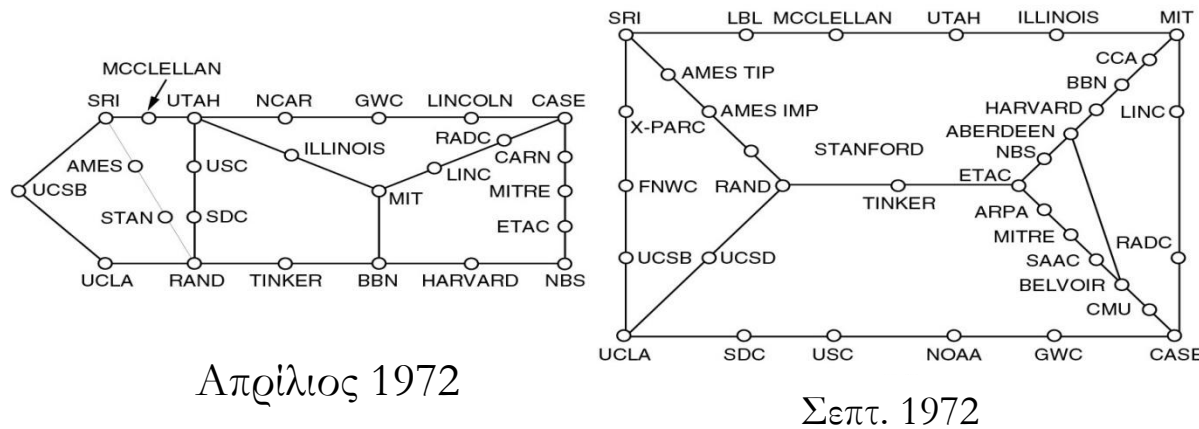
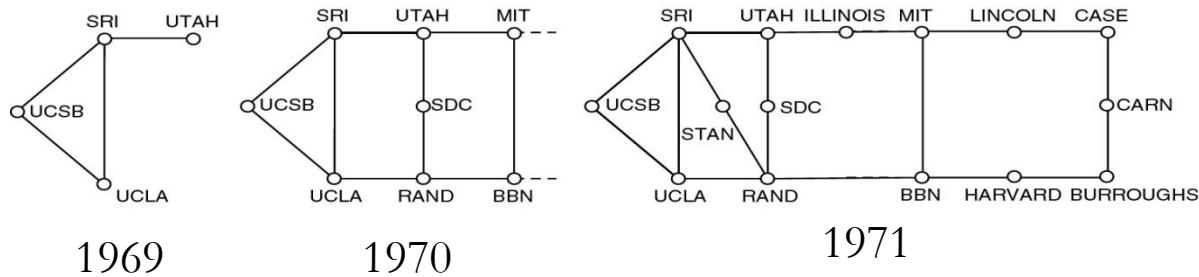


- **UDP Δεδομενόγραμμα (UDP Datagram)** = Δεδομένα + Επικεφαλίδα UDP
- **IP Δεδομενόγραμμα (IP Datagram)** = Δεδομένα + Επικεφαλίδα UDP + Επικεφαλίδα IP
- **Πλαίσιο (Frame)** = Δεδομένα + Επικεφαλίδα UDP + Επικεφαλίδα IP + Επικεφαλίδα Πλαισίου + Πρόσθετα Δεδομένα Πλαισίου

Παραδείγματα Γνωστών Δικτύων

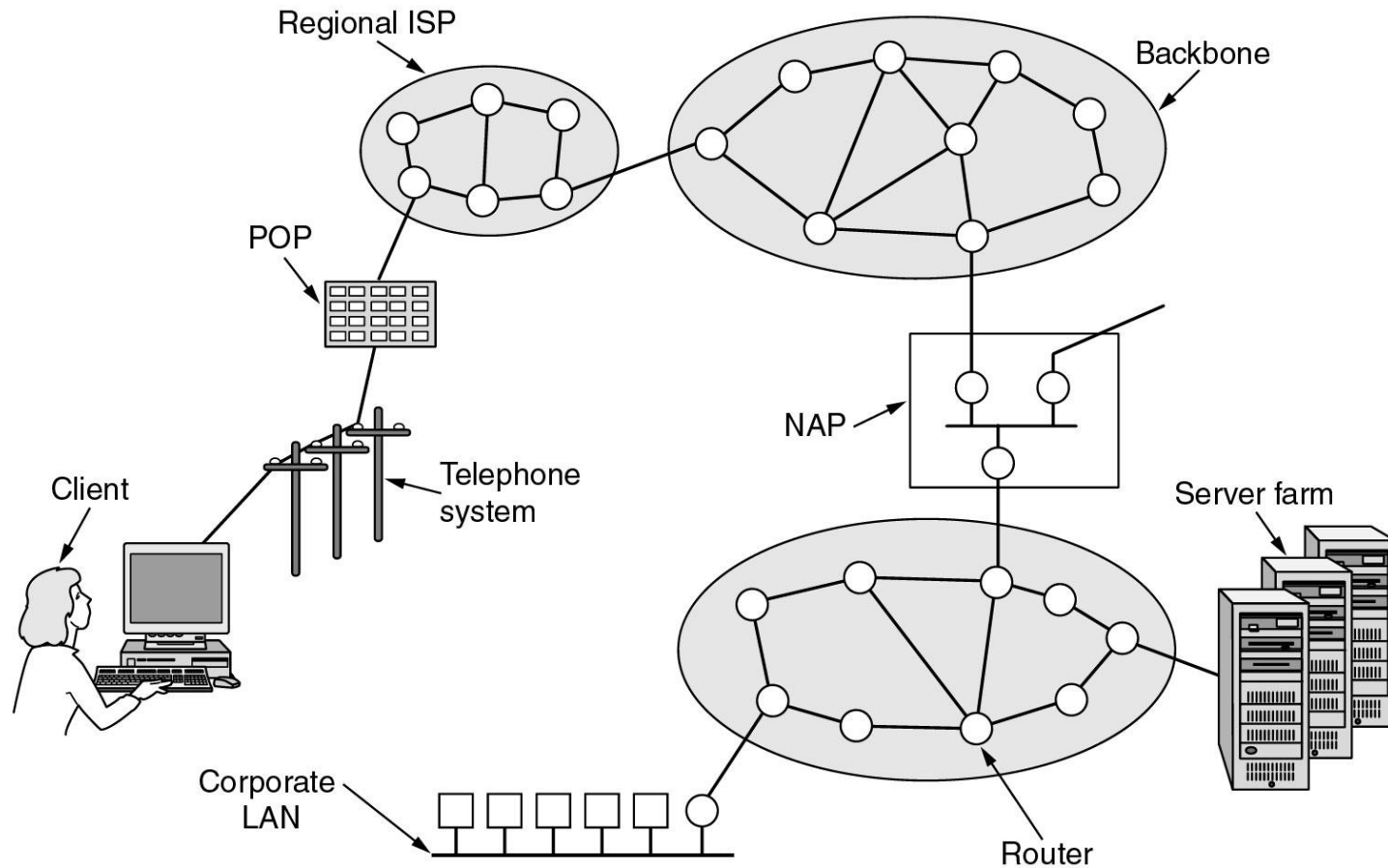
Internet

- ❑ Συλλογή δικτύων με κοινά πρωτόκολλα και υπηρεσίες.
- ❑ Εξέλιξη του ARPANET (Advanced Research Project Agency Network)
 - ❑ Υπηρεσία του Υπ. Άμυνας των ΗΠΑ
 - ❑ Ανάπτυξη ενός δικτύου μεταγωγής πακέτου.



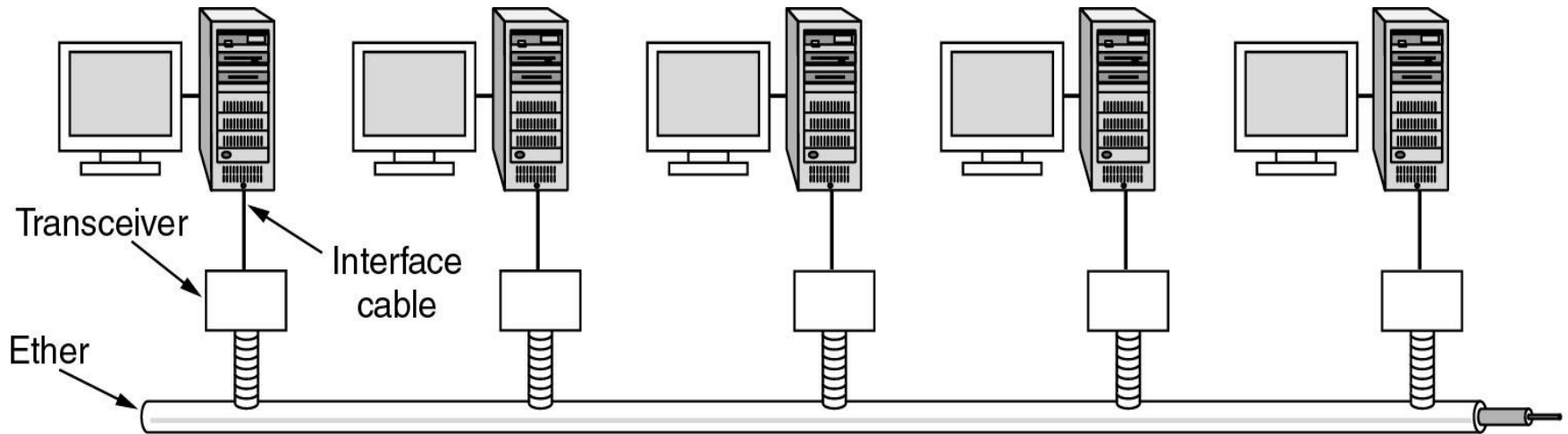
□ Internet

- Σημερινή αρχιτεκτονική του Διαδικτύου.



❑ Ethernet

- ❑ Τοπικό δίκτυο.
- ❑ Διάδοχος του ALOHANET.
- ❑ Η ονομασία προέκυψε από τον Αιθέρα.
- ❑ Ο «αιθέρας» αποτελεί το κοινό μέσο μετάδοσης.
- ❑ Απαιτείται κατανεμημένος αλγόριθμος για την ρύθμιση της πρόσβασης στον αιθέρα.
- ❑ Κωδική Ονομασία: IEEE 802.3.

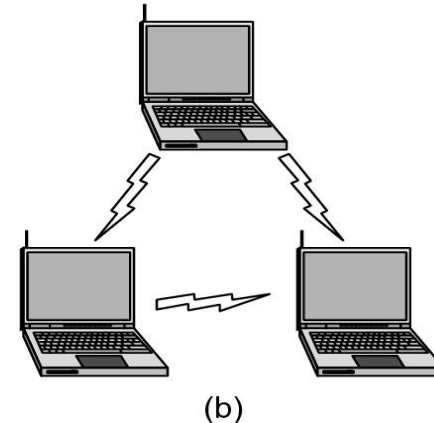
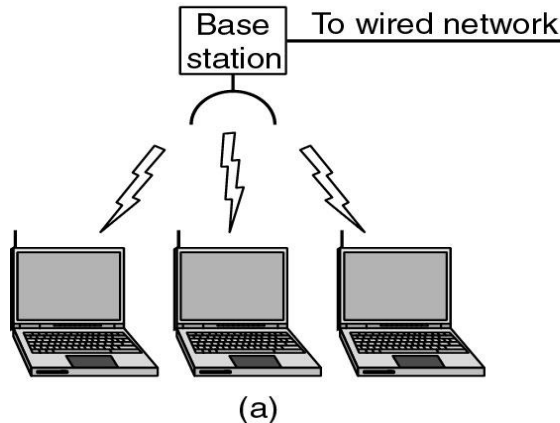


Ethernet

- Ξεκίνησε με ρυθμούς μετάδοσης («ταχύτητες») 2.92 Mbps (στην αρχική του έκδοση).
- Σήμερα ξεπερνά το 1 Gbps.
- Ξεκίνησε με τοπολογία διαύλου.
- Σήμερα χρησιμοποιεί τοπολογία αστέρα (hub, switch).
- Δεν αποτελεί μοναδικό πρότυπο τοπικής δικτύωσης
 - IEEE 802.4 (Token Bus) – General Motors
 - IEEE 802.5 (Token Ring) – IBM
- Στην «κόντρα» νίκησε το Ethernet
 - Γιατί εμφανίστηκε πρώτο
 - Γιατί δεν είχε δυνατό ανταγωνισμό.

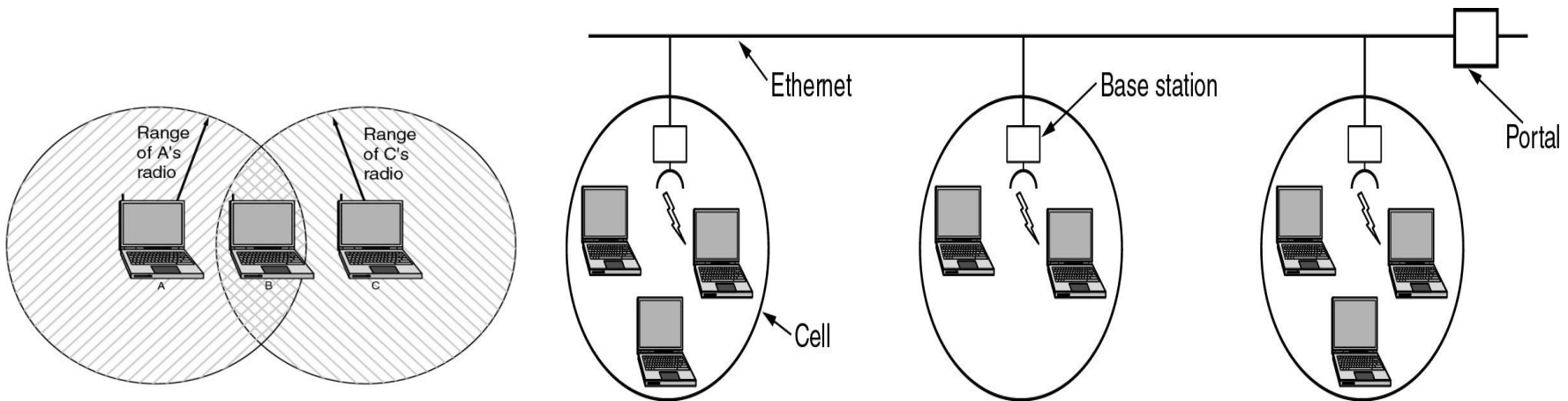
❑ Ασύρματα Τοπικά Δίκτυα (WLANs)

- ❑ Πρόσβαση χωρίς δεσμεύσεις καλωδίων
 - ❑ εξοπλισμός υπολογιστών με μονάδες ραδιοπομπών (ασύρματες κάρτες).
- ❑ Πρότυπο για την ασύρματη τοπική δικτύωση:
 - ❑ **IEEE 802.11** (WiFi)
 - ❑ τρόποι λειτουργίας:
 - ❑ Με παρουσία σταθμού βάσης (infrastructure)
 - ❑ Με απουσία σταθμού βάσης (ad-hoc)



❑ IEEE 802.11

- ❑ Αποτελεί παραλλαγή του Ethernet προτύπου για το ασύρματο μέσο.
- ❑ Προβλήματα που καλείται να επιλύσει:
 - ❑ Πρόβλημα συγκρούσεων λόγω περιορισμένης ραδιοκάλυψης
 - ❑ Κίνηση σταθμών (mobility)



Ερωτήσεις Επανάληψης

- Ερώτηση 1:** Αναφέρατε μερικούς λόγους για την δικτύωση υπολογιστών.
- Ερώτηση 2:** Αναφέρετε τα δομικά στοιχεία ενός τηλεπικοινωνιακού συστήματος και περιγράψτε με συντομία την λειτουργία τους.
- Ερώτηση 3:** Ποια είναι τα μειονεκτήματα της χρήσης ενός κοινού μέσου μετάδοσης;
- Ερώτηση 4:** Ποια η διαφορά μεταξύ μεταγωγής κυκλώματος και μεταγωγής πακέτου;
- Ερώτηση 5:** Ποιος είναι ο ρόλος των προτύπων δικτύωσης;
- Ερώτηση 6:** Τι είναι το Protocol Data Unit;
- Ερώτηση 7:** Απαριθμήστε (και ονομάστε) τα επίπεδα από τα οποία αποτελούνται τα μοντέλα OSI/ISO και TCP/IP.
- Ερώτηση 8:** Τι είναι ένα δικτυακό πρωτόκολλο;
- Ερώτηση 9:** Τι είναι η ενθυλάκωση;
- Ερώτηση 10:** Αναφέρατε τα προβλήματα της ασύρματης δικτύωσης.

- Ερώτηση 1:** Στο διαδίκτυο χρησιμοποιείται η τεχνική:
 - A. Μεταγωγής κυκλώματος.
 - B. Μεταγωγής πακέτου.
 - C. Καμία από τις δύο.
 - D. Και οι δύο.

- Ερώτηση 2:** Η αρχική σχεδίαση του Ethernet χρησιμοποιούσε τοπολογία:
 - A. Αστέρα.
 - B. Δένδρου.
 - C. Διαύλου.
 - D. Δακτυλίου.

- Ερώτηση 3:** Η λειτουργία των πρωτοκόλλων στα διαφορετικά επίπεδα υλοποιείται με τη χρήση:
 - A. Επιεφαλίδων (headers).
 - B. Ουρών (trailers).
 - C. Και των δύο.
 - D. Διεπαφών (interfaces) μεταξύ των επιπέδων.

- Ερώτηση 4:** Οι οντότητες, που λειτουργούν σε κάθε επίπεδο, μπορεί να είναι:
 - A. Ένα πρόγραμμα.
 - B. Συσκευές υλικού.
 - C. Άνθρωποι.
 - D. Όλα τα παραπάνω.

- Ερώτηση 5:** Το διαδίκτυο ανήκει στην κατηγορία των:
 - A. LAN.
 - B. WAN.
 - C. MAN.
 - D. Καμία από τις παραπάνω.

- Ερώτηση 6:** Στις εφαρμογές client/server οι δικτυακοί πόροι:
 - A. Διαμοιράζονται χωρίς κεντρική διαχείριση.
 - B. Παρέχονται ως υπηρεσίες από τους διακομιστές.
 - C. Διαμοιράζονται με τη χρήση κεντρικού διαχειριστή.
 - D. Παρέχονται ως υπηρεσίες από συσκευές πελάτες.

- ❑ **Ερώτηση 7:** Στις δικτυακές αρχιτεκτονικές, οι υπηρεσίες των επιπέδων παρέχονται:
 - A. Προς τα επάνω.
 - B. Προς τα κάτω.
 - C. Είτε προς τα πάνω, είτε προς τα κάτω.
 - D. Μεταξύ ομότιμων επιπέδων διαφορετικών συστημάτων.
- ❑ **Ερώτηση 8:** Στις διασυνδέσεις point to point:
 - A. Οι κόμβοι συνδέονται μέσω ενός κοινού μέσου μετάδοσης.
 - B. Οι κόμβοι διασυνδέονται μέσω άλλων ενδιάμεσων κόμβων.
 - C. Οι κόμβοι διασυνδέονται σε κεντρικά σημεία.
 - D. Οι κόμβοι διασυνδέονται απευθείας.
- ❑ **Ερώτηση 9:** Οι διεργασίες που επικοινωνούν με τη χρήση δικτυακών πρωτοκόλλων λέγονται:
 - A. Ισότιμες.
 - B. Επίπεδα.
 - C. Ομότιμες.
 - D. Διεπαφές.

Βασικές Έννοιες

- Η επικοινωνία μεταξύ δύο σημείων γίνεται με την χρήση ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων.
- Μέσα μετάδοσης
 - Καθοδηγούμενα (Guided Media)
 - Τα κύματα οδηγούνται πάνω από ένα φυσικό μονοπάτι (π.χ. Καλώδια ή Οπτικές Ίνες).
 - Μη Καθοδηγούμενα (Unguided Media)
 - Μέσο για την μετάδοση των κυμάτων χωρίς να τα οδηγούν (π.χ. ο αέρας).
- Απευθείας Ζεύξη (Direct Link)
 - Τα σήματα μεταδίδονται απευθείας από τον πομπό στον δέκτη (δεν παρεμβάλλονται άλλες συσκευές ή διατάξεις).

- Ένα καθοδηγούμενο ή μη καθοδηγούμενο μέσο μετάδοσης μπορεί να είναι:
 - σημείο προς σημείο (point-to-point)** όταν υπάρχει απευθείας ζεύξη μεταξύ δύο συσκευών και είναι οι μόνες που μοιράζονται το μέσο (π.χ. Σύνδεση μεταξύ δύο δρομολογητών).
 - πολυσημειακό (multipoint)** όταν περισσότερες από δύο συσκευές μοιράζονται το μέσο (π.χ. LAN).
- Η μετάδοση μπορεί να είναι:
 - Μονόδρομη (simplex)
 - Ημιαμφίδρομη (half duplex)
 - Αμφίδρομη (full duplex)

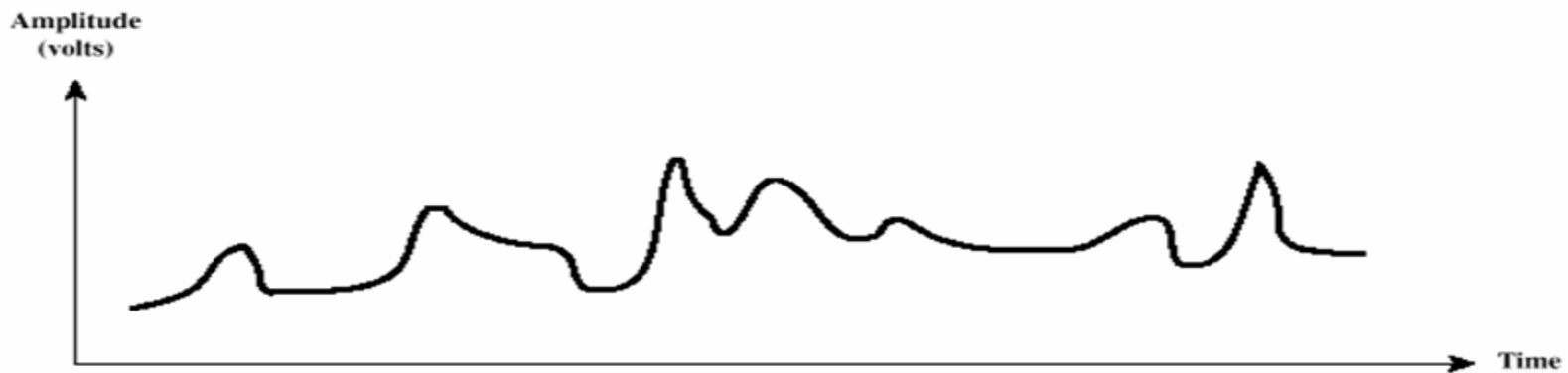
Σήματα:

- Ηλεκτρομαγνητικές αναπαραστάσεις των δεδομένων προς μετάδοση.
- Κάθε σήμα είναι συνάρτηση του χρόνου t και της συχνότητας f .
- Μπορεί να αναπαρασταθεί και στο πεδίο του χρόνου (**time domain**) και στο πεδίο της συχνότητας (**frequency domain**).

Πεδίο του χρόνου

Συνεχές σήμα

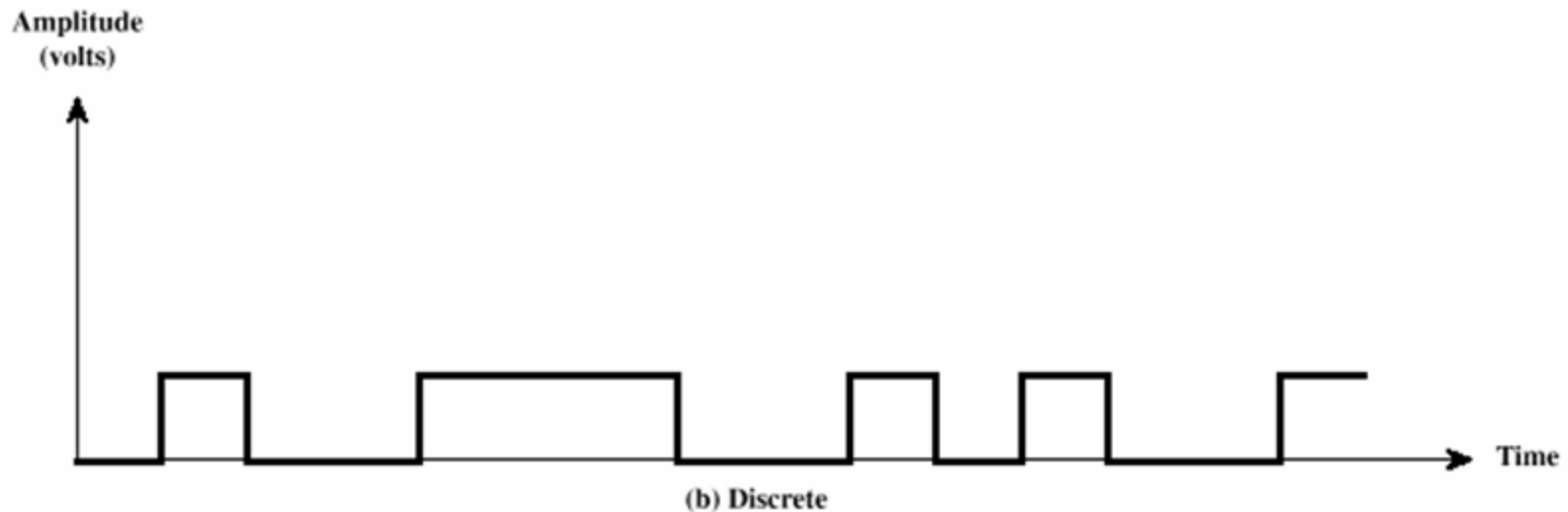
- η ένταση του μεταβάλλεται ομαλά στον χρόνο (δεν υπάρχουν διακοπές).



(a) Continuous

□ Διακριτό σήμα

- Η ένταση του σήματος διατηρεί ένα σταθερό επίπεδο για μια χρονική περίοδο και μετά αλλάζει σε ένα άλλο σταθερό επίπεδο

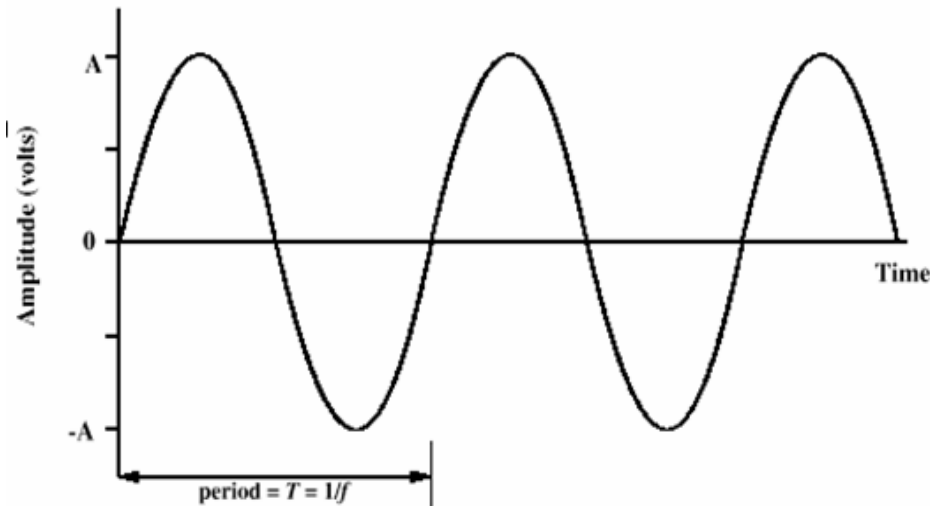


□ Παραδείγματα

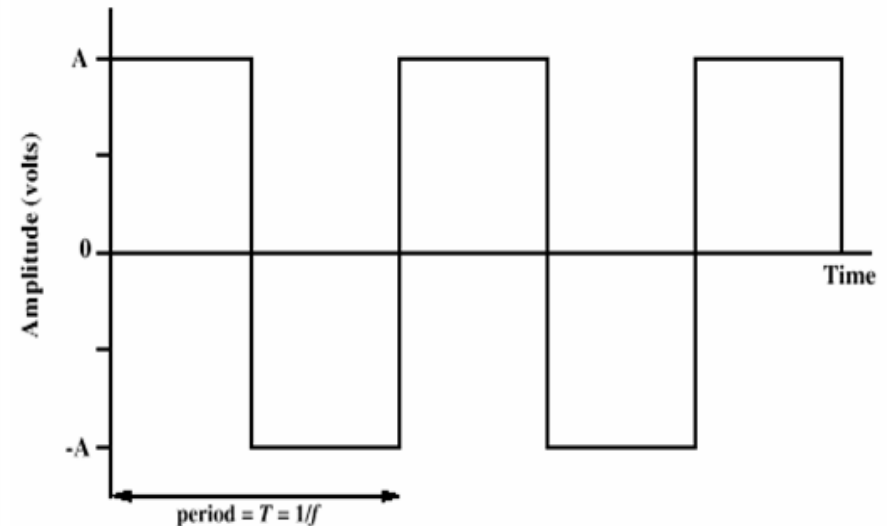
- Συνεχές: ομιλία.
- Διακριτό: Αναπαράσταση δυαδικών ψηφίων 0 και 1 (ή τάση).

□ Περιοδικό σήμα

□ Το ίδιο μοτίβο επαναλαμβάνεται στον χρόνο. Διαφορετικά είναι **μη περιοδικό**.



(a) Sine wave



$$s(t + T) = s(t)$$

$$-\infty < t < +\infty$$

□ Ημιτονοειδές σήμα

□ Βασικό περιοδικό σήμα. Αναπαριστάται από τρεις παραμέτρους:

□ Μέγιστο Πλάτος (A)

- Μέγιστη τιμή της έντασης (Volts)

□ Συχνότητα (f)

- ρυθμός απανάληψης του σήματος (Hz). Περίοδος (T) είναι ο χρόνος που απαιτείται για μία επανάληψη. Ισχύει $T=1/f$.

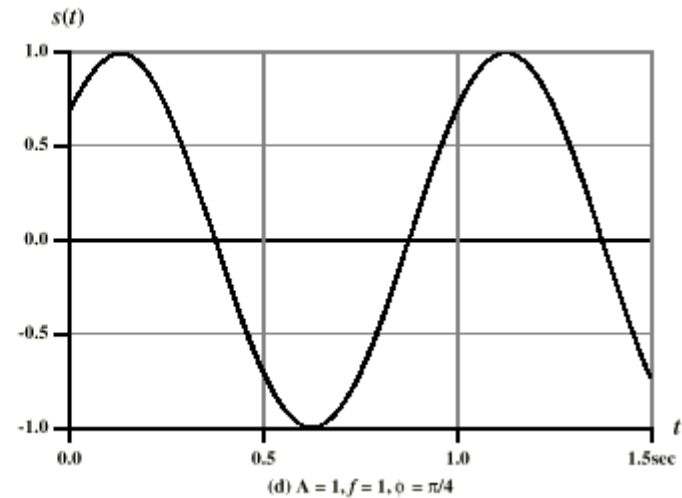
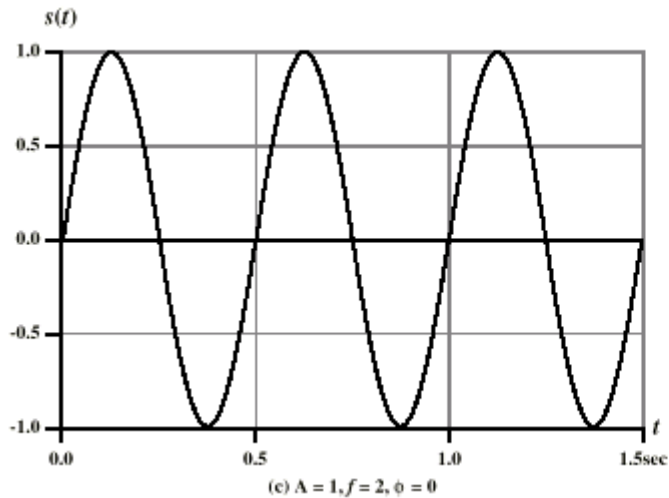
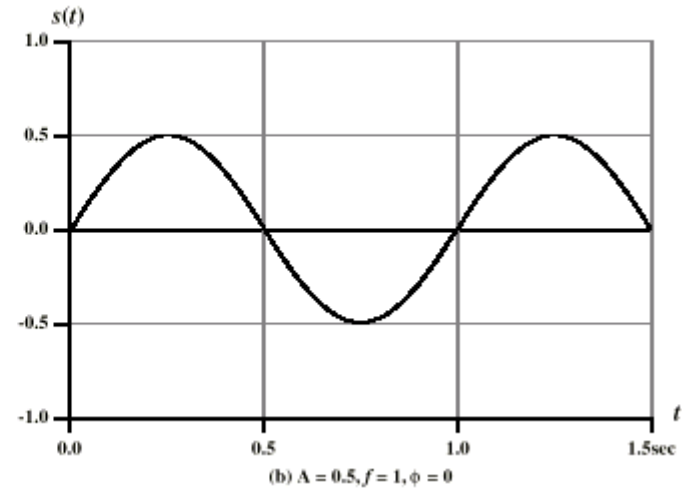
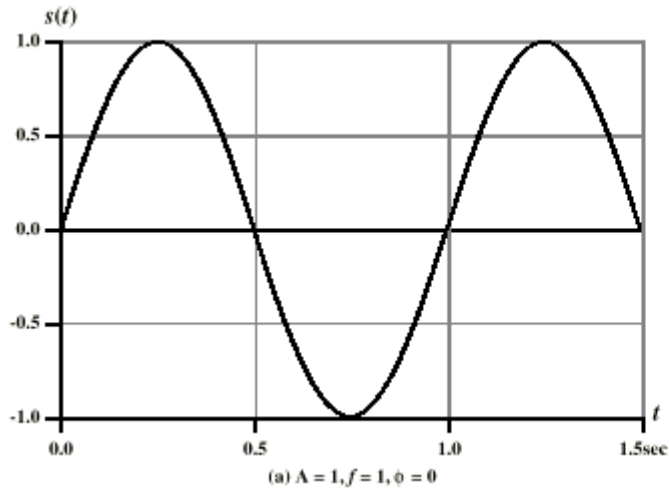
□ Φάση (φ)

- Μέτρηση της σχετικής θέσης του σήματος στο χρόνο. Μετράται από ένα αυθαίρετο σημείο έναρξης (συνήθως το τελευταίο προηγούμενο πέρασμα από το μηδέν και από αρνητική σε θετική κατεύθυνση).

□ Μαθηματική έκφραση του γενικού ημιτονοειδούς κύματος:

$$S(t) = A \sin(2\pi f t + \varphi)$$

□ Μεταβολή των A , f και ϕ .



Στοιχεία Μετάδοσης Δεδομένων

□ Μήκος κύματος (λ)

□ η απόσταση που διανύει το σήμα σε έναν κύκλο:

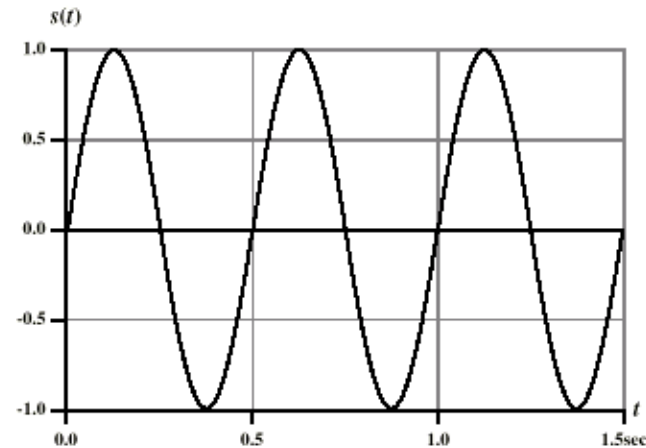
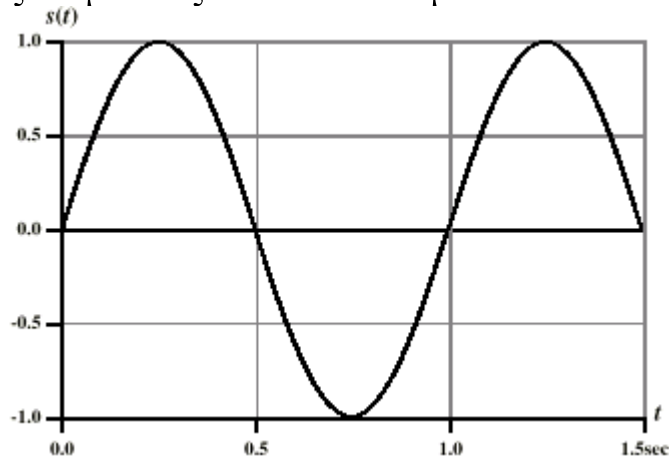
□ $\lambda = v/f$ (v η ταχύτητα μετάδοσης)

□ Εφαρμογή 1

Δύο ημιτονικά σήματα ταξιδεύουν στο κενό με την ταχύτητα του φωτός ($3 \cdot 10^8$ m/s). Εάν έχουν συχνότητες 1 KHz και 1MHz αντίστοιχα, ποιο από τα δύο σήματα θα έχει διανύσει μεγαλύτερη απόσταση σε χρόνο ίσο με T?

□ Εφαρμογή 2

Για τα δύο παρακάτω ημιτονοειδή σήματα να υπολογιστεί η συχνότητά τους και το μήκος κύματος όταν αυτά μεταδίδονται σε μία οπτική ίνα ($2/3$ ταχύτητας του φωτός)



□ Γιατί το ημιτονοειδές σήμα είναι τόσο σημαντικό?

- κάθε σήμα αποτελείται από μία επαλληλία ημιτονοειδών σημάτων διαφορετικών συχνοτήτων (ανάλυση Fourier).
- οι συχνότητες των συνιστωσών αυτών είναι ακέραια πολλαπλάσια μίας συχνότητας που ονομάζεται κύρια συχνότητα f_c .
- η περίοδος του σήματος είναι αυτή της κύριας συχνότητας.

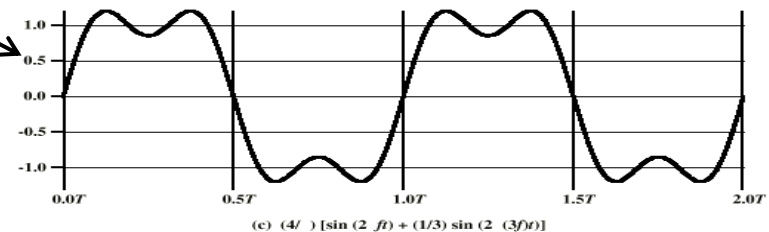
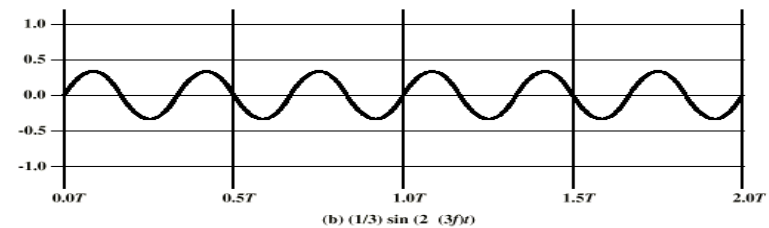
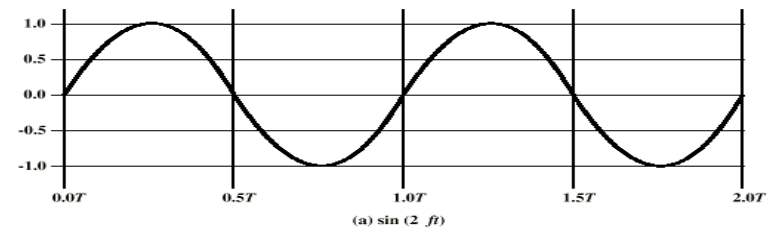
□ Παράδειγμα

$$s(t) = (4/\pi) [\sin(2\pi ft) + 0.3 \sin(2\pi 3ft)]$$

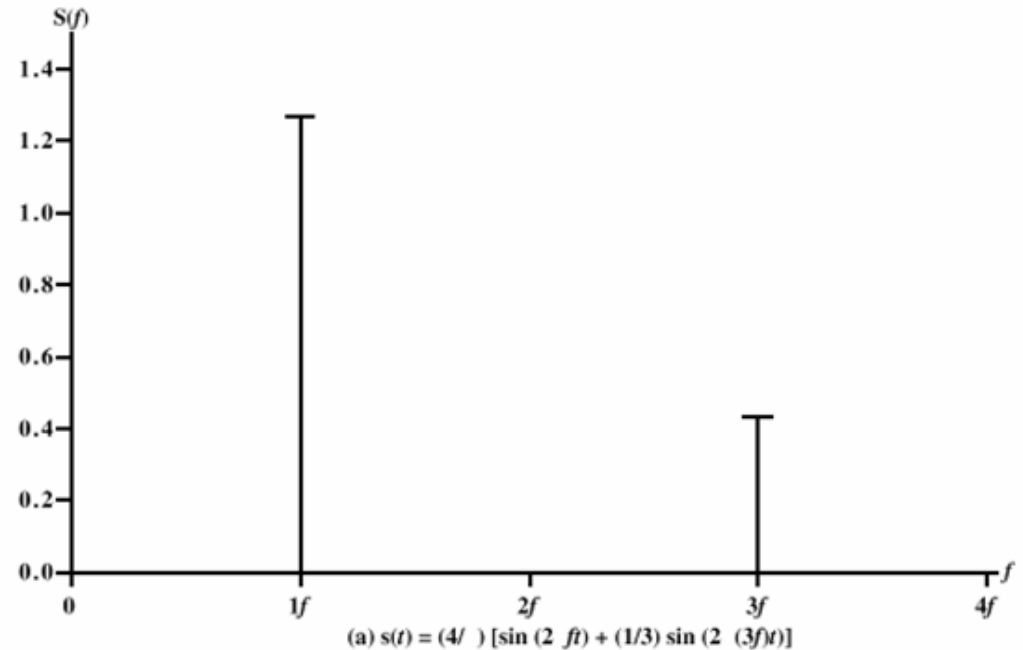
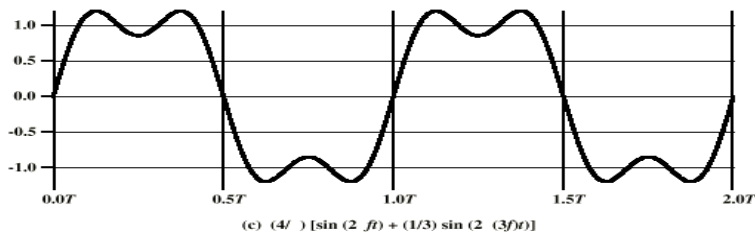
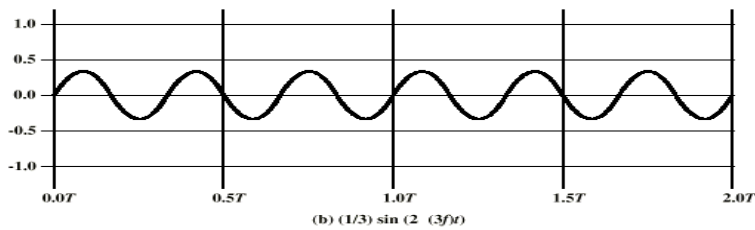
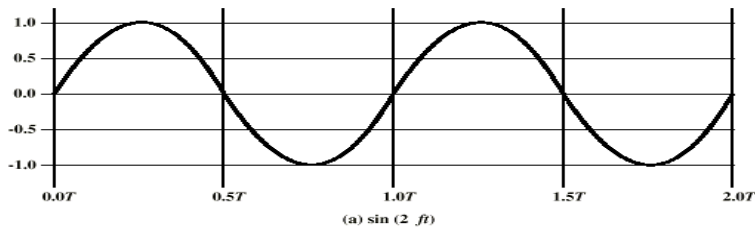
- αποτελείται από 2 ημιτονικά σήματα με συχνότητες:

- f ($=f_c$)
- $3f$ (ακέραιο πολλαπλάσιο της f)

- Η περίοδος είναι ίδια με την f_c .



□ Αναπαράσταση στο πεδίο της συχνότητας:



□ Μπορούμε να πούμε ότι:

Για κάθε σήμα υπάρχει μια συνάρτηση στο πεδίο του χρόνου που ορίζει το πλάτος (ένταση) του σήματος κάθε χρονική στιγμή. Ομοίως υπάρχει και μία συνάρτηση στο πεδίο της συχνότητας η οποία ορίζει το μέγιστο πλάτος των συχνοτήτων που συνιστούν το σήμα.

Φάσμα συχνοτήτων:

το εύρος των συχνοτήτων που περιέχει αυτό το σήμα.

Απόλυτο εύρος ζώνης:

είναι το εύρος του φάσματος (για το παράδειγμα $3f-f=2f$).

Πολλά σήματα έχουν άπειρο εύρος ζώνης. Ωστόσο, η περισσότερη ενέργεια του σήματος περιλαμβάνεται σε ένα σχετικά στενό εύρος συχνοτήτων. Αυτό είναι το **ενεργό εύρος ζώνης**. Συχνά αποικαλείται σκέτα **Εύρος Ζώνης**.

□ Παράδειγμα:

□ Ο τετραγωνικός παλμός μπορεί να αναλυθεί σε άπειρες ημιτονικές συνιστώσες:

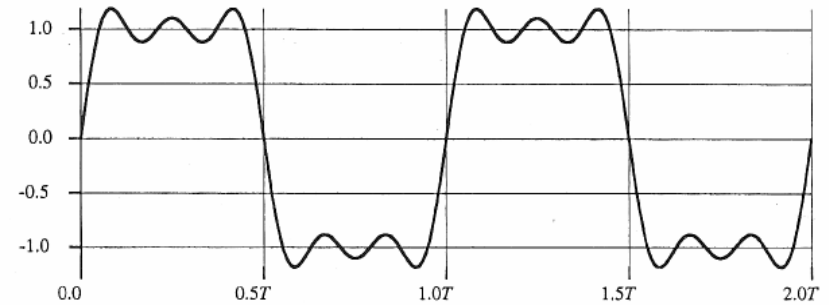
$$\frac{4}{\pi} \times \sum_{k=1, k=odd}^{\infty} \frac{1}{k} \sin(2\pi kft)$$

□ Λαμβάνοντας υπόψη τις τρεις πρώτες συνιστώσες του σήματος, και εάν η κύρια συχνότητα είναι 1MHz, να βρεθούν

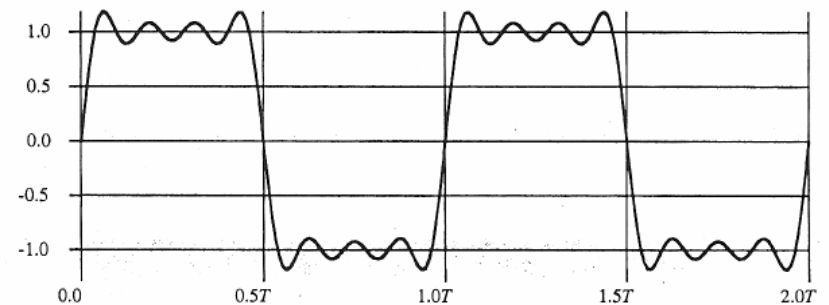
- Το εύρος ζώνης του σήματος.
- Η περίοδος της κύριας συχνότητας.
- Ο ρυθμός μετάδοσης των bit.

□ Να επαναληφθούν τα ερωτήματα για κύρια συχνότητα 2 MHz.

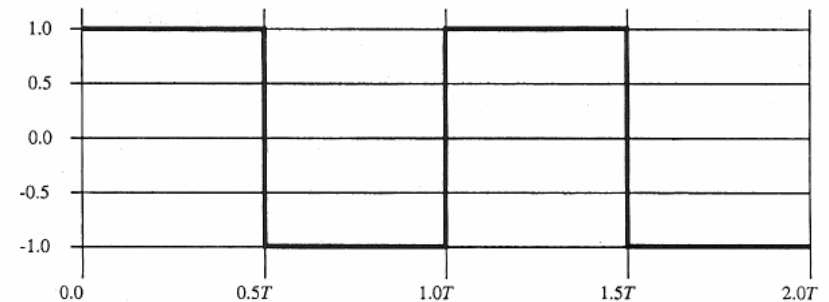
□ Επαναλάβετε το παραπάνω παράδειγμα προσθέτοντας μια ακόμα συνιστώσα στο σήμα.



(a) $(4/\pi) [\sin(2\pi ft) + (1/3)\sin(2\pi(3f)t) + (1/5)\sin(2\pi(5f)t)]$



(b) $(4/\pi) [\sin(2\pi ft) + (1/3)\sin(2\pi(3f)t) + (1/5)\sin(2\pi(5f)t) + (1/7)\sin(2\pi(7f)t)]$

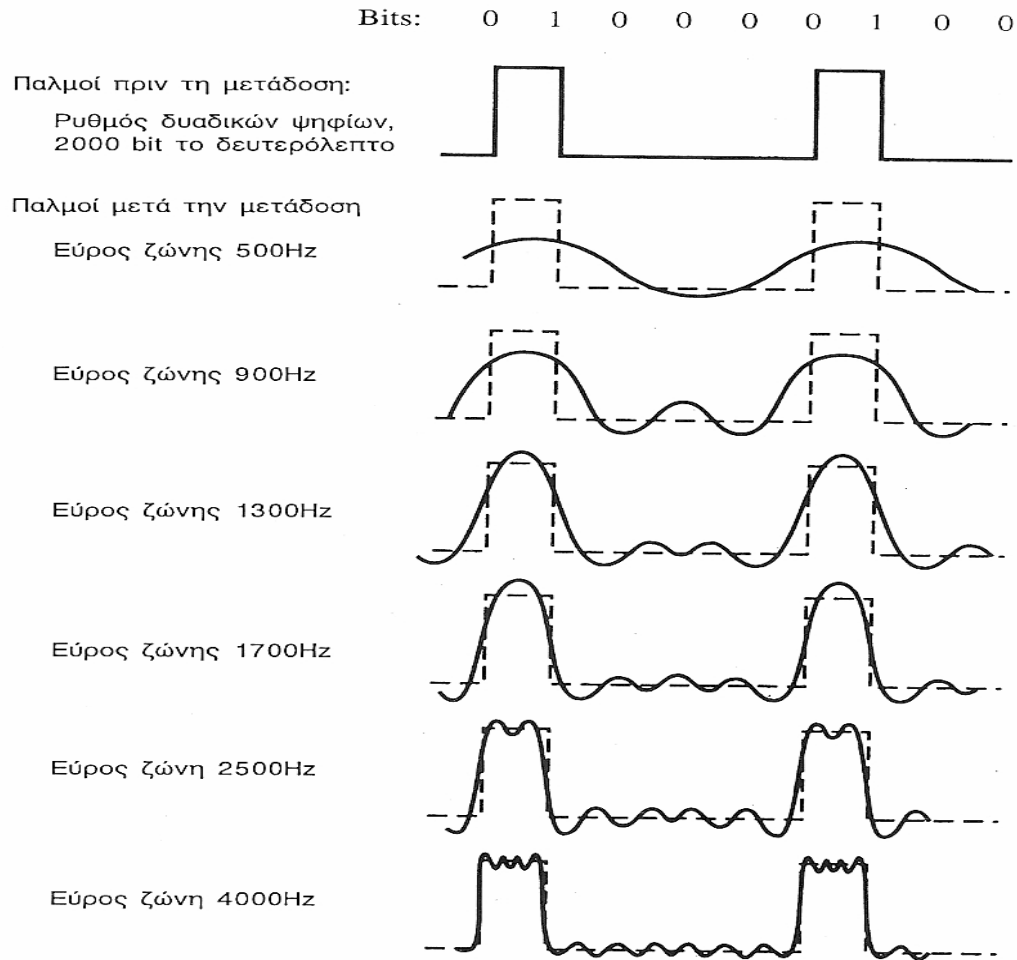


(c) $(4/\pi) \sum (1/k)\sin(2\pi(kf)t)$

□ Γενικές παρατηρήσεις:

- Οποιαδήποτε ψηφιακή κυματομορφή θα έχει άπειρο εύρος ζώνης.
- Εάν προσπαθήσουμε να μεταδώσουμε αυτή τη κυματομορφή πάνω από ένα μέσο, τότε το μέσο θα περιορίσει το εύρος ζώνης που μπορεί να μεταδωθεί.
- Όσο μεγαλύτερο το εύρος ζώνης που υποστηρίζει το μέσο τόσο μεγαλύτερος ο ρυθμός μετάδοσης.
- Γενικά, όσο μεγαλύτερο το εύρος ζώνης που υποστηρίζει ένα μέσο, τόσο πιο πολύ κοστίζει (π.χ. Οπτικές Ίνες είναι πιο ακριβές από τα χάλκινα καλώδια).
- Οικονομικοί και πρακτικοί λόγοι οδηγούν στο γεγονός η ψηφιακή πληροφορία να αναπαριστάται από σήματα περιορισμένου εύρους ζώνης.
- Όμως, περιορισμένο εύρος ζώνης = μεγαλύτερη παραμόρφωση στο σήμα = μεγαλύτερη η πιθανότητα για λάθος στον δέκτη.

□ Επίδραση εύρους ζώνης στο ψηφιακό σήμα



Επίδραση του Εύρους Ζώνης σε ένα Ψηφιακό Σήμα

Ρυθμός Μετάδοσης (Bit Rate):

- Μετράται σε bits ανά δευτερόλεπτο (bits per second – bps).
- Για σειριακή μετάδοση:

$$R = \frac{1}{T} \log_2 M$$

- T διάρκεια ενός bit
- M λογικές στάθμες του σήματος

- Για παράλληλη μετάδοση

$$R = \frac{K}{T} \log_2 M$$

- K αριθμός καναλιών

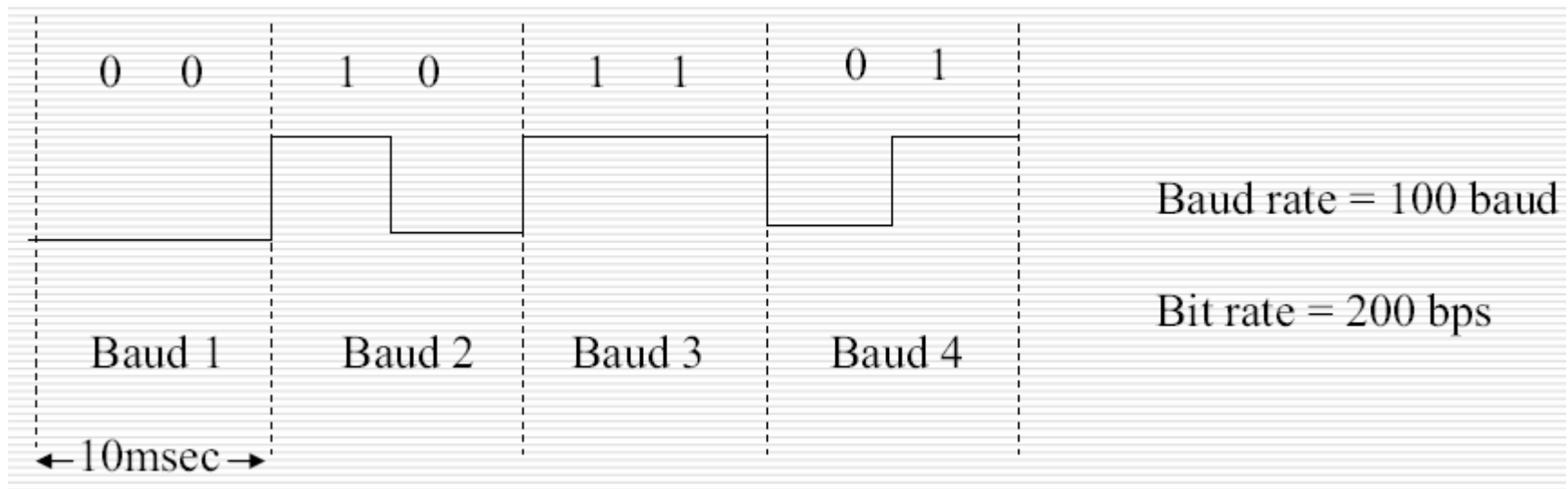
- Εάν μεταδίδουμε σύμβολα των 8 bit, πόσες λογικές στάθμες έχει το σήμα μου;
- Πόσο διαρκεί ένα bit σε ένα δίκτυο τύπου Ethernet (10 Mbps);

❑ Ρυθμός Μετάδοσης Συμβόλων (Baud Rate):

- ❑ Μετράται σε baud.
- ❑ Γενικά ισχύει $\text{baud rate} \leq \text{bit rate}$

❑ Παράδειγμα:

- ❑ 1 symbol αποτελείται από 2 bit. Εάν το bit rate είναι 200 bps, η διάρκεια ενός δυαδικού ψηφίου είναι $1/200 = 5\text{ms}$. Η διάρκεια δηλαδή του συμβόλου είναι 10ms. Άρα, σε ένα sec μεταδίδονται 100 σύμβολα. Επομένως, 100 baud ($< \text{bit rate}$).
- ❑ Πότε θα ισχύει $\text{baud rate} = \text{bit rate}$;



□ Ρυθμός Μετάδοσης Πληροφορίας (Information Transfer Rate):

□ Στα ψηφιακά σήματα μετριέται σε bps και αναφέρεται στο ρυθμό μετάδοσης καθαρής πληροφορίας

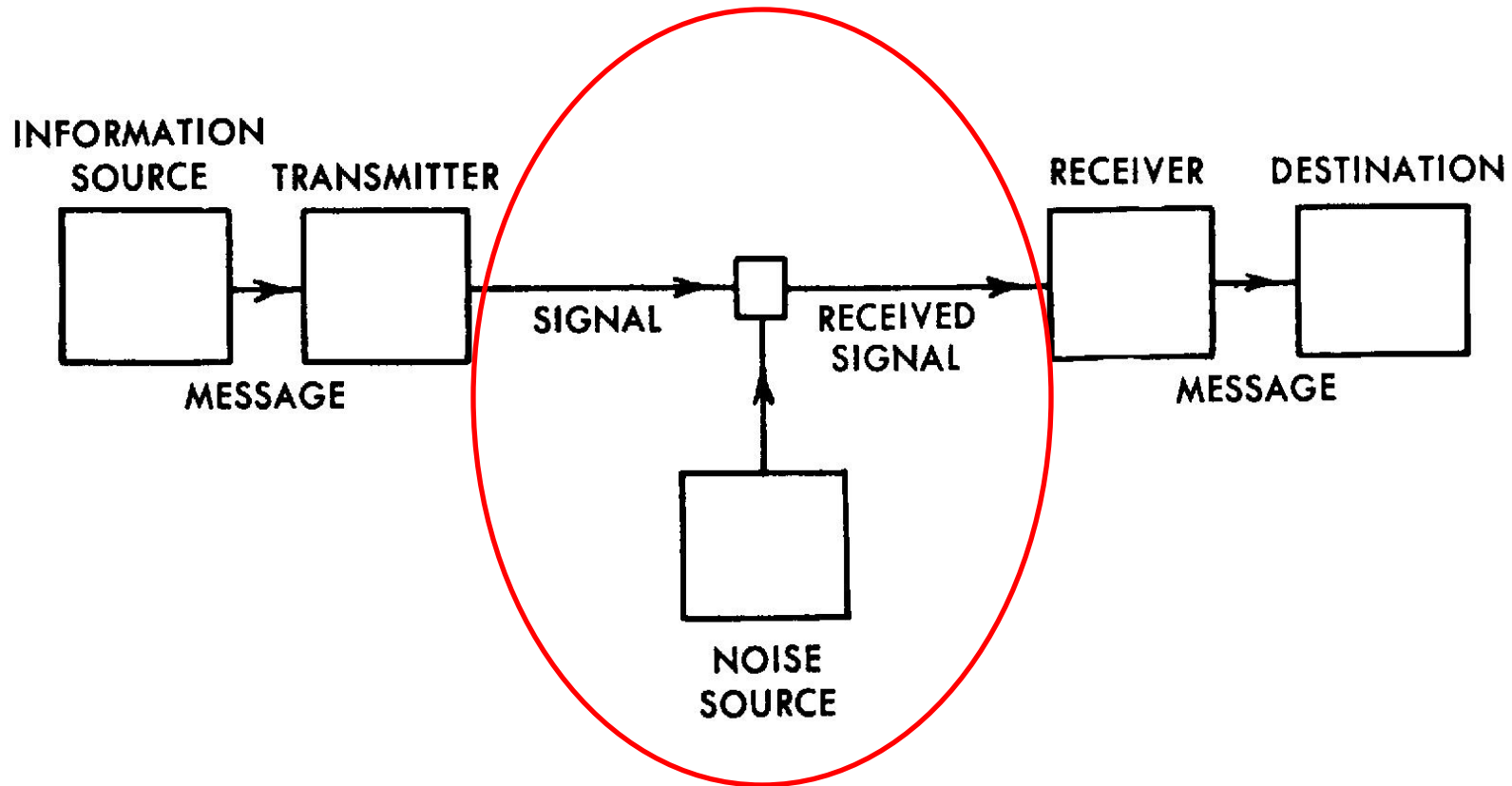
- Σε 1 sec μεταδίδονται 10 bit εκ των οποίων τα 3 bit είναι bit ελέγχου τότε το bit rate είναι 10 bps και το Information Transfer Rate είναι 7 bps.
- Είναι δηλαδή το ουσιαστικό ζητούμενο μέρος της πληροφορίας από τον χρήστη – 7bit.
- Χωρίς τον επιπλέον φόρτο (overhead) – 3 bit.

□ Παράδειγμα:

□ Πομπός μεταδίδει 30 πακέτα /sec τα οποία είναι μεγέθους 1000 bit. Αυτά αποτελούνται από τέσσερις επικεφαλίδες των 20 byte η κάθε μία. Πόσος είναι ο ρυθμός μετάδοσης καθαρής πληροφορίας?

□ Διάγραμμα Επικοινωνιακού Συστήματος

- Το κανάλι/διάυλος/μέσο μετάδοσης παρεμβάλλεται μεταξύ πομπού και δέκτη.
- Αποτελεί το βασικό αίτιο ανεπιτυχών μεταδόσεων λόγω έκθεσης του σε παρεμβολές.



❑ Χωρητικότητα Επικοινωνιακού Καναλιού

- ❑ «Ο μέγιστος ρυθμός στον οποίο τα δεδομένα μπορούν να μεταδοθούν πάνω από ένα συγκεκριμένο κανάλι επικοινωνίας, υπό ορισμένες συνθήκες»
- ❑ Ικανότητα του καναλιού να μεταφέρει με συγκεκριμένο ρυθμο (και όχι ταχύτητα) τα κομμάτια πληροφορίας (binary digits).
- ❑ Για αθόρυβο (ιδανικό) κανάλι (διατύπωση Nyquist):

$$C = 2B \log_2 M$$

B : Εύρος Ζώνης Συχνοτήτων
 M : Αριθμός διαφορετικών καταστάσεων του σήματος

❑ Η αύξηση της χωρητικότητας μπορεί να γίνει:

❑ Αύξηση Εύρους Ζώνης

- ❑ Εφικτό μέχρι ένα όριο που το καθορίζει το μέσο μετάδοσης.

❑ Αύξηση των διακριτών επιπέδων του σήματος

- ❑ Εισάγει επιπλέον βάρος στον δέκτη που πρέπει να διακρίνει μεταξύ M επιπέδων (αντί για μόνο 2).

□ Εφαρμογή I:

□ Τι χωρητικότητα έχει ένα κανάλι με εύρος ζώνης 3100 Hz (δημόσιο τηλεφωνικό δίκτυο) όταν θέλουμε να μεταδώσουμε «άσσους» και «μηδενικά»; **Απ.:** 6200 bps

□ Εφαρμογή II:

□ Σε μία σειριακή ζεύξη ο ρυθμός μετάδοσης συμβόλων είναι 9600 baud. Να βρεθεί ο ρυθμός μετάδοσης που επιτυγχάνεται με σύμβολα των 8 bit. **Απ.:** 76800 bps

□ Εφαρμογή III:

□ Σε κανάλι μετάδοσης χωρίς θόρυβο επιθυμούμε να έχουμε μέγιστο ρυθμό μετάδοσης 9600 bps. Η πηγή χρησιμοποιεί 4 bit για την αναπαράσταση των συμβόλων προς μετάδοση.

α) Πόσα διακριτά σύμβολα θα δύναται να μεταδώσει ο πομπός? **Απ.:** $M=16$

β) Ποιό είναι το baud rate? **Απ.:** 2400 baud

γ) Ποιό είναι το απαραίτητο εύρος ζώνης? **Απ.:** $B=1200$ Hz

Βλάβες κατά την μετάδοση:

Εν γένει σε ένα σύστημα επικοινωνιών, το σήμα που λαμβάνεται από τον δέκτη μπορεί να διαφέρει σημαντικά από αυτό που μεταδόθηκε από τον πομπό.

Στα αναλογικά συστήματα

υποβάθμιση στην ποιότητα του σήματος.

Στα ψηφιακά συστήματα

σφάλματα στα bit (το 1 μπορεί να αλλάξει σε 0).

Οι βλάβες προκύπτουν από:

Εξασθένιση

Παραμόρφωση καθυστέρησης

Θόρυβο

- ❑ Εξασθένιση
 - ❑ Μείωση της έντασης του σήματος με την απόσταση
 - ❑ Λύση: χρήση αναμεταδοτών και ενισχυτών.
 - ❑ Η εξασθένιση αυξάνεται στις υψηλές συχνότητες
 - ❑ Λύση: Ενίσχυση των υψηλών συχνοτήτων
- ❑ Παραμόρφωση καθυστέρησης
 - ❑ Η ταχύτητα διάδοσης μεγαλώνει για τις συνιστώσες ενός σήματος κοντά στην κεντρική συχνότητα, και μικραίνει για τις συνιστώσες με συχνότητες που απομακρύνονται από την κεντρική.
 - ❑ Αποτέλεσμα: οι συνιστώσες φθάνουν στον δέκτη σε διαφορετικές στιγμές προκαλώντας παραμόρφωση στον δέκτη. (διασυμβολική παρεμβολή)

Θόρυβος

Θερμικός Θόρυβος:

- οφείλεται στη κίνηση των ηλεκτρονίων (συνάρτηση της θερμοκρασίας).
- δεν αντιμετωπίζεται.
- βάζει ανώτερο όριο στην απόδοση ενός επικοινωνιακού συστήματος.

Κρουστικός Θόρυβος

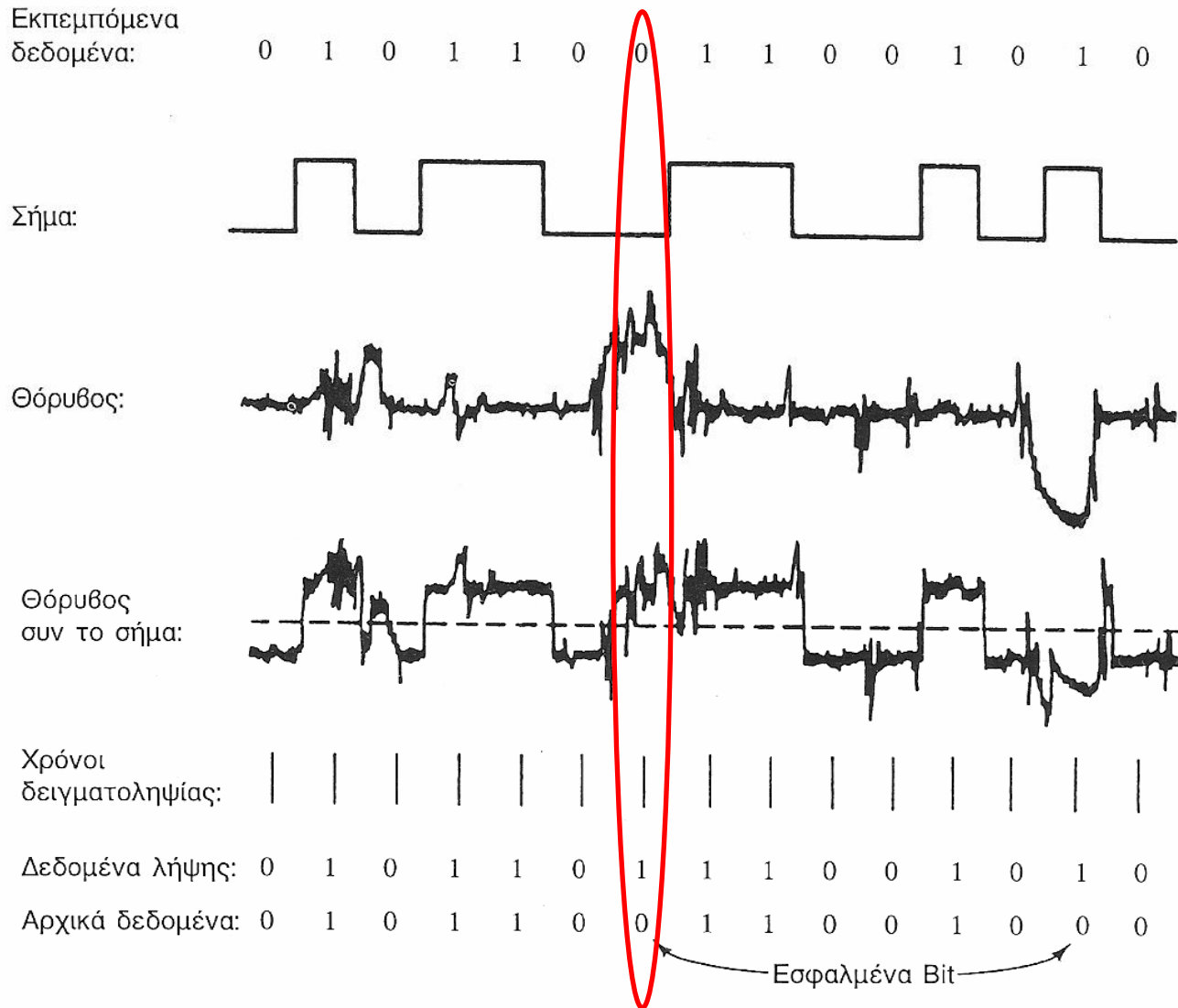
- απρόβλεπτος.
- αποτελείται από παλμούς μικρής διάρκειας αλλά μεγάλης έντασης.
- προικαλείται από αστραπές, κεραυνούς, ελαττώματα των συσκευών.
- μεγάλη επίδραση στα ψηφιακά σήματα.

Συνακρόαση

- ανεπιθύμητη επαγωγή μεταξύ γειτονικών καναλιών.
- εμφανίζεται σε καθοδηγούμενα μέσα χαλκού.

Τελικό αποτέλεσμα: το παραμορφωμένο και εξασθενημένο σήμα επιβαρύνεται και άλλο από την ύπαρξη του θορύβου.

Στοιχεία Μετάδοσης Δεδομένων



Η Επίδραση του Θορύβου σε ένα Ψηφιακό Σήμα

❑ Χωρητικότητα Επικοινωνιακού Καναλιού

- ❑ Η διατύπωση του Nyquist δεν λαμβάνει υπόψη την παρουσία θορύβου.
- ❑ Ο Shannon διατύπωσε την χωρητικότητα καναλιού με την παρουσία θορύβου:

$$C = B \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right) \text{ bits / s}$$

B : Εύρος Ζώνης Συχνοτήτων
 S : Ένταση του σήματος
 N : Ένταση του θορύβου

- ❑ Ο λόγος S/N ονομάζεται **λόγος σήματος προς θόρυβο** (signal-to-noise ratio – SNR) και μετράται σε deciBel (dB):

$$(S/N)_{dB} = 10 \cdot \log_{10} (S/N)$$

- ❑ Μικρό SNR → πολύς θόρυβος στο κανάλι (Μεγάλος παρονομαστής, μικρός αριθμητής)
- ❑ Μεγάλο SNR → λίγος θόρυβος στο κανάλι (μικρός παρονομαστής, μεγάλος αριθμητής)

Στοιχεία Μετάδοσης Δεδομένων

□ Εφαρμογή I:

□ Σε τυπική τηλεφωνική σύνδεση με εύρος ζώνης $B=3$ KHz και $SNR=1.000$:

α) Να υπολογιστεί η χωρητικότητα του καναλιού. **Απ.:** 30 Kbps

β) Πόση είναι η χωρητικότητα του καναλιού αν $(SNR)_{db}=40db$? **Απ.:** 40 Kbps

□ Εφαρμογή II:

□ Σε κανάλι μετάδοσης με θόρυβο το φάσμα του είναι μεταξύ 3 MHz και 4 MHz και $(SNR)_{db}=30db$.

α) Ποια είναι η χωρητικότητα του καναλιού αυτού? **Απ.:** 10 Mbps

β) Πόσα επίπεδα ψηφιακού σήματος είναι απαραίτητα για την επίτευξη της χωρητικότητας αυτής; **Απ.:** $M=32$

□ Εφαρμογή III:

□ Να υπολογιστεί ο χρόνος μετάδοσης μιας έγχρωμης φωτογραφίας διαστάσεων 800×600 pixels με βάθος χρώματος 8 bits σε κανάλι με $B=3$ KHz και $SNR=1.000$.

Απ.: 128 sec

□ Εφαρμογή IV:

□ Υπολογίστε ποιο θα έπρεπε να είναι το SNR_{db} για το τηλεφωνικό κανάλι 3 KHz, ώστε να μπορεί πάνω από αυτό να λειτουργήσει modem ταχύτητας 56 Kbps **Απ.:** 56.19 dB

- Στόχος του *φυσικού μέσου* είναι η μεταφορά των μονάδων πληροφορίας (binary digits) από έναν κόμβο σε έναν άλλον.
- Για την ίδια μετάδοση μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφορα μέσα.
- Κάθε ένα έχει τα δικά του χαρακτηριστικά:
 - Εύρος ζώνης
 - Καθυστέρηση
 - Κόστος
 - Ευκολία εγκατάστασης και συντήρησης
- Συνηθέστερα φυσικά μέσα για την μετάδοση δεομένων:
 - Χάλκινα καλώδια
 - Οπτικές ίνες
 - Ασύρματες ζεύξεις

Χάλκινα Καλώδια

Μπορούν να χωριστούν σε δύο κατηγορίες:

Καλώδια συνεστραμμένων ζευγών

Ομοαξονικά καλώδια (δεν χρησιμοποιούνται πλέον στα δίκτυα υπολογιστών)

Ανά δύο οι χάλκινοι αγωγοί συστρέφονται μεταξύ τους:

ακύρωση των κυμάτων που δημιουργούνται γύρω από τους αγωγούς.



Το πλέον κοινό μέσο μετάδοσης.

Χρησιμοποιείται σε:

τηλεφωνικά δίκτυα

Ενδοκτηριακές καλωδιώσεις (Συστήματα Δομημένης Καλωδίωσης)

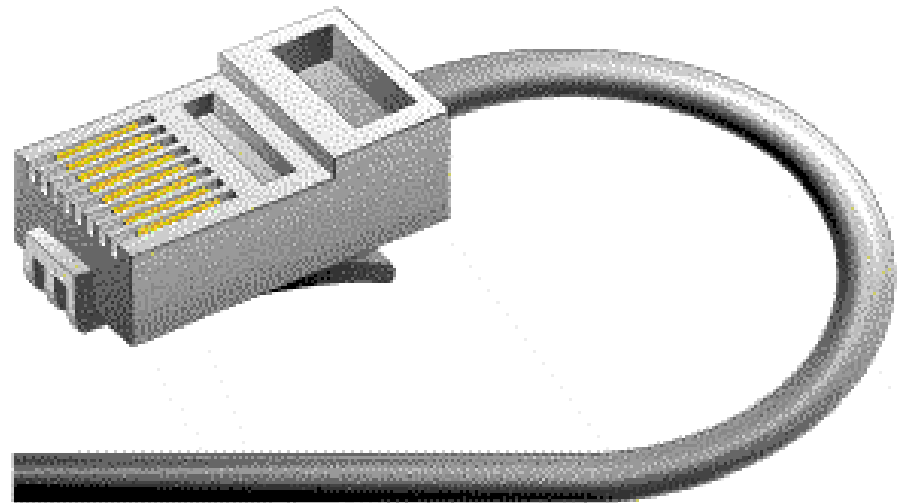
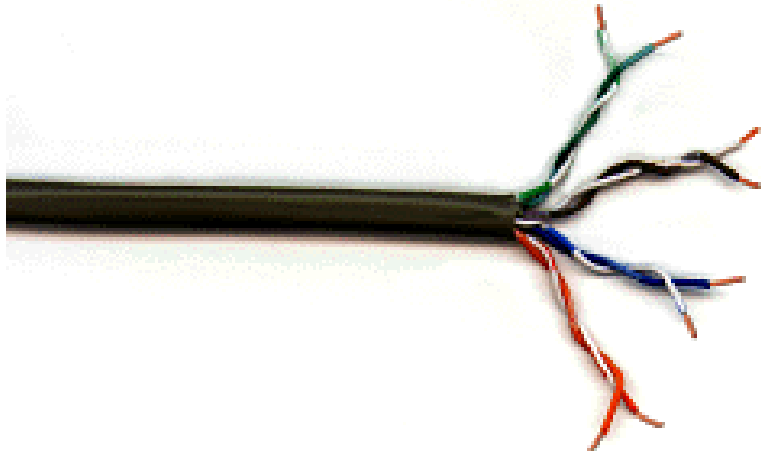
LANs

Φθηνό (0,15 €/μέτρο) και εύκολο στη χρήση (εύκαμπτο, ελαφρύ)

Χάλκινα Καλώδια

Συνεστραμμένο Ζεύγος (Twisted Pair)

Αθωράκιστο Συνεστραμμένο Ζεύγος (Unshielded Twisted Pair – UTP)



Θωρακισμένο Συνεστραμμένο Ζεύγος (Shielded Twisted Pair – STP)



- Χάλκινα Καλώδια – Χαρακτηριστικά**
 - UTP
 - Χρήση σε T/Φ δίκτυα και LAN.
 - Φθηνό και ευκολόχρηστο (ελαφρύ και εύκαμπτο).
 - Δέχεται Η/Μ παρεμβολές.
 - STP
 - Μεταλική θωράκιση.
 - Ακριβό και δυσκολόχρηστο (βαρύ και δύσκαμπτο).
 - Χρησιμοποιείται σε βιομηχανικά περιβάλλοντα (με θόρυβο).
- Τυποποίηση UTP σύμφωνα με EIA/TIA 568 A (1995)
 - Cat 3
 - χρήση σε T/Φ δίκτυα.
 - Ρυθμοί μετάδοσης μέχρι 16 Mbps.
 - Cat 5
 - Χρήση σε LANs (Ethernet).
 - Ρυθμοί μετάδοσης μέχρι 100 Mbps.
 - Νεότερες εκδόσεις Cat 5e, Cat 6 (1 Gbps), Cat 7 (10 Gbps).

❑ Οπτικές Ίνες

❑ Μετάδοση φωτός αντί ηλεκτρικών σημάτων.

❑ Αποτελούνται από

❑ τον πυρήνα (core) - γυαλί (ή πλαστικό) υψηλής καθαρότητας.

❑ την επίστρωση (cladding) - γυαλί (ή πλαστικό) υψηλής καθαρότητας.

❑ το κάλυμμα (buffer) – πλαστικό υλικό προστασίας.

❑ Αρχή λειτουργίας

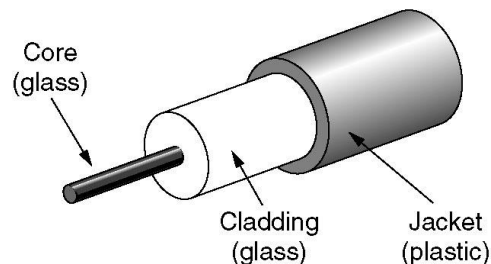
❑ Ολική εσωτερική ανάκλαση (Total Internal Reflection)

❑ πυρήνας με δείκτη διάθλασης n_1

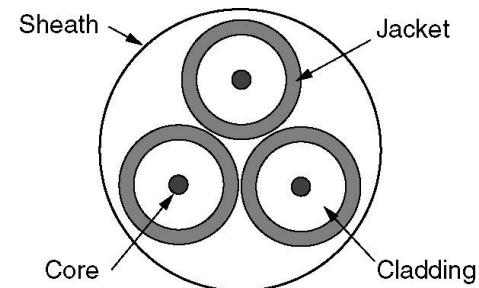
❑ επίστρωση με δείκτη διάθλασης n_2

❑ $n_1 \gg n_2$

❑ Γωνία πρόσπτωσης (στη διαχωριστική επιφάνεια core-cladding) > οριακή γωνία



(a)



(b)

❑ Κατηγορίες Οπτικών Ινών

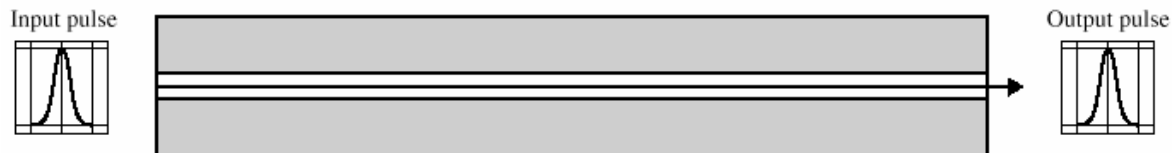
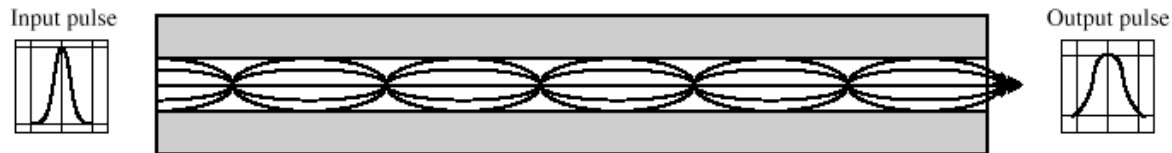
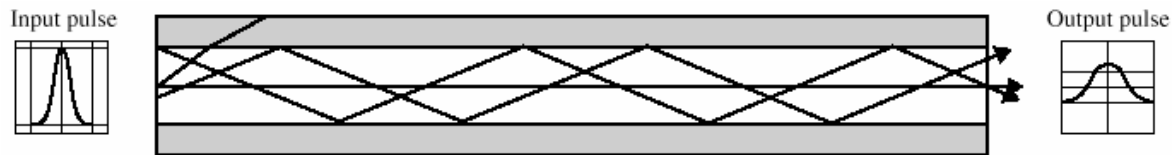
❑ Πολύτροπες (Multimode)

❑ 62.5/125 μm (OM1 – LED)

❑ 50/125 μm (OM2 – LED ή OM3 – Laser Optimized)

❑ Μονότροπες (Singlemode)

❑ 9/125 μm (SM - Lasers)



Χαρακτηριστικά Οπτικών Ινών

- Εκατοντάδες Gbps ρυθμοί μετάδοσης.
- Μικρό μέγεθος και βάρος.
- Χαμηλή εξασθένηση
 - Absorption (Απορρόφηση).
 - Dispersion (Σκέδαση).
- Απρόσβλητη από Η/Μ θόρυβο.
- Ασφάλεια.
- Ακριβότερη από τα χάλκινα καλώδια.
- Απαιτεί ειδικότερους χειρισμούς και εξειδικευμένους τεχνικούς για την εγκατάστασή τους.

Εφαρμογές

- Τηλεφωνικές συνδέσεις μεγάλων αποστάσεων (επίγειες και υποθαλάσσιες – 1500 km 20.000-60.000 κανάλια φωνής).
- Μητροπολιτικές τηλεφωνικές συνδέσεις.
- Τοπικά δίκτυα (backbone).
- Υποδομές ISP.

Ασύρματες Ζεύξεις

Στο μέλλον δύο μέσα μετάδοσης θα επικρατήσουν

Οπτικές Ίνες

Ασύρματες Ζεύξεις

Χαρακτηριστικά

Μη καθοδηγούμενο μέσο.

Μετάδοση και λήψη μέσω κεραιών.

Πανκατευθυντικές κεραιές

εκπομπή προς όλες τις κατευθύνσεις (omni-directional κεραιές)

το σήμα λαμβάνεται από όλες τις κεραιές εντός εμβέλειας

Κατευθυντικές κεραιές

εστιασμένες ηλεκτρομαγνητικές δέσμες

απαιτείται προσεκτική ευθυγράμμιση κεραιών

Πλεονεκτήματα

Απεξάρτηση από καλώδια (π.χ. Δύσβατες περιοχές).

Δυνατότητα κίνησης των χρηστών (mobility).

Μειονεκτήματα

Εκτεθημένες σε παρεμβολές.

Ασφάλεια.

❑ Ταχύτητα

- ❑ λάθος έκφραση για τον προσδιορισμό των επιδόσεων ενός δικτύου
 - ❑ π.χ. δίκτυα υψηλών ταχυτήτων
 - ❑ η ταχύτητα μετράται σε m/s και είναι διαφορετική για κάθε μέσο αλλά σταθερή για το συγκεκριμένο μέσο
 - ❑ στο κενό: $3 \cdot 10^8$ m/s
 - ❑ στον χαλκό: $2,3 \cdot 10^8$ m/s
 - ❑ στην οπτική ίνα: $2 \cdot 10^8$ m/s

❑ Όρος που χρησιμοποιείται συχνά αντί της ταχύτητας: **Εύρος Ζώνης**

- ❑ είναι το εύρος των συνιστωσών (συχνοτήτων) ενός σήματος που μεταδίδεται σε ένα μέσο
- ❑ Εν μέρη σωστό γιατί: $C = B \log(1 + \text{SNR})$ (προσδιορίζει την χωρητικότητα του μέσου σε συνθήκες θορύβου)

❑ Σωστός όρος: **Χωρητικότητα (capacity) του μέσου**

- ❑ Ο αριθμός των bits που μπορούν να μεταφερθούν πάνω από το δίκτυο σε ένα χρονικό διάστημα
- ❑ π.χ. Δίκτυο Ethernet ονομαστικής χωρητικότητας 10 Mbps μπορεί (θεωρητικά) να μεταφέρει $10 \cdot 10^6$ (10 εκατομμύρια bit) το δευτερόλεπτο.

Μέτρα Απόδοσης Δικτύων

- ❑ Η ικανότητα αυτή του δικτύου να μεταφέρει ένα συγκεκριμένο σύνολο από μονάδες πληροφορίας (binary digits) στη μονάδα του χρόνου λέγεται **Διαμετακομιστική Ικανότητα** ή **Ρυθμοροή (Throughput)** και μετράται σε bps.
- ❑ Ιδανικά το Throughput θα πρέπει να συμπίπτει με το Capacity

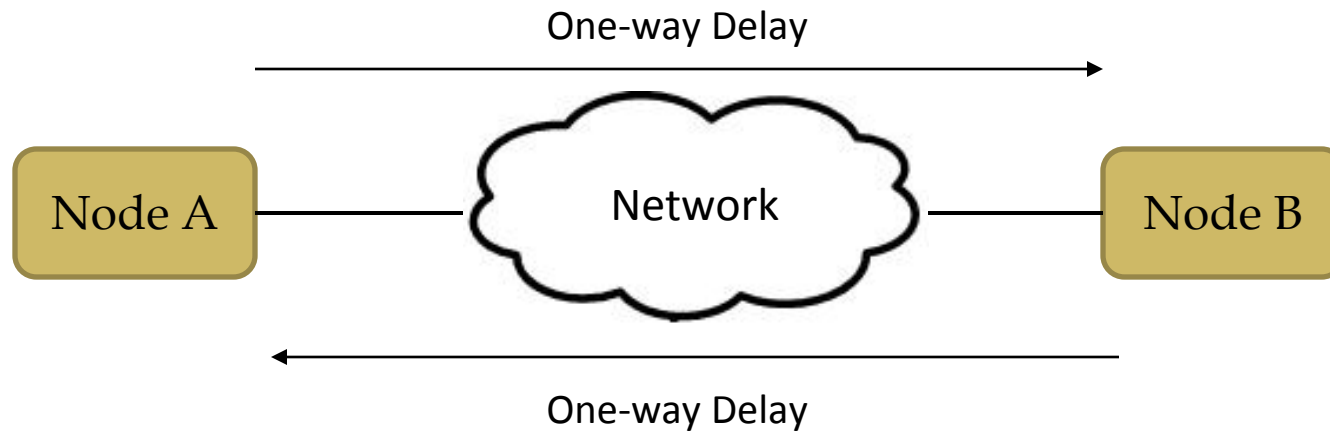
$$\text{Απόδοση} = \frac{\text{Throughput}(\text{μετρημένο})}{\text{Capacity}(\text{ονομαστικό})} \cdot 100$$

- ❑ Παράδειγμα:
 - ❑ Ένα δίκτυο Ethernet έχει μετρημένο throughput 2 Mbps → Απόδοση: 20%
 - ❑ Ένα δίκτυο Token Ring έχει χωρητικότητα 16 Mbps και μετρημένο throughput 15.5 Mbps → Απόδοση: ~97%
- ❑ Για να μετρήσω την απόδοση ενός δικτύου θα πρέπει:
 - ❑ Να μεταδώσω με υψηλό ρυθμό μετάδοσης (να προσεγγίζει την χωρητικότητα) (**Φόρτος – Load**)
 - ❑ Να μετρήσω στον/στους παραλήπτες πόσα binary digits έλαβα το δευτερόλεπτο (**Διαμετακομιστική Ικανότητα – Throughput**)
 - ❑ Τέλος υπολογίζω την απόδοση (%)

Μέτρα Απόδοσης Δικτύων

- Η καθυστέρηση μεταφοράς (**delay** ή **latency**) που παρουσιάζει ένα δικτυακό σύστημα είναι σημαντικό μέτρο απόδοσης του δικτύου.
 - είναι ο χρόνος που απαιτείται για να μεταδοθεί ένα μήνυμα από έναν κόμβο του δικτύου σε έναν άλλον.
 - ένα άλλο μέτρο που χρησιμοποιείται είναι ο **Χρόνος ενός Κυκλικού Ταξιδιού (Round Trip Time – RTT)** και ισχύει:

$$RTT = 2 \cdot Delay$$



Μέτρα Απόδοσης Δικτύων

□ Η καθυστέρηση μεταφοράς (**delay** ή **latency**) περιλαμβάνει πολλές χρονικές συνιστώσες που συνθέτουν την τελική τιμή της καθυστέρησης:

$$Delay = TD + BD + PD$$

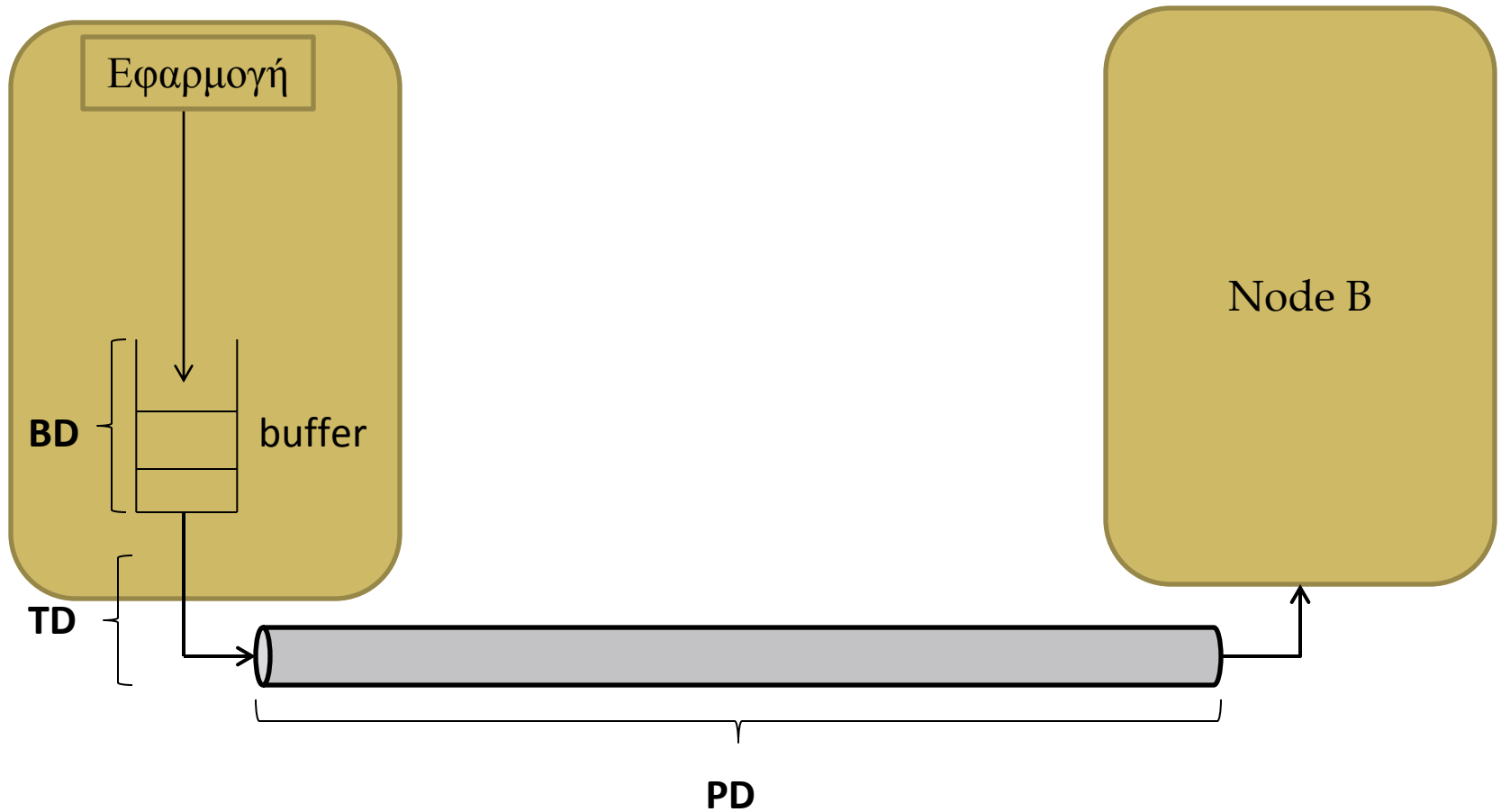
□ **TD: Transmission Delay (Καθυστέρηση Μετάδοσης):** Ο χρόνος που απαιτείται για την μετάδοση ενός μηνύματος:

$$TD = \frac{MessageSize}{BitRate}$$

□ **BD: Buffer Delay (Καθυστέρηση σε Ουρές Αναμονής):** Ο χρόνος που σπαταλάται για αναμονή σε ενταμιευτές: Δύσκολα να προσδιοριστεί με ακρίβεια – χρησιμοποιούνται ειδικά μαθηματικά μοντέλα.

□ **PD: Propagation Delay (Καθυστέρηση Διάδοσης):** Ο χρόνος που χρειάζεται για να διανυθεί το μήκος του μέσου (π.χ. Καλωδίου):

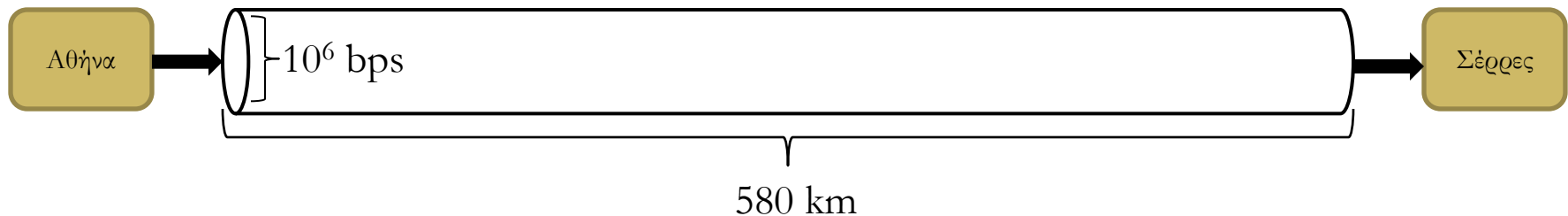
$$PD = \frac{Length}{Velocity}$$



$$Delay = TD + BD + PD$$

□ Παράδειγμα:

□ Έστω ότι συνδέουμε δύο κόμβους σε Αθήνα και Σέρρες με απευθείας σύνδεση οπτικής ίνας που έχει ρυθμό μεταγωγής 1Mbps, χωρίς σφάλματα και με αποκλειστική χρήση από τους δύο κόμβους. Η απόσταση Σερρών – Αθήνας είναι 580 Km. Η καθυστέρηση μεταφοράς ενός bit θα είναι:



$$Delay = \frac{580 \cdot 10^3}{2 \cdot 10^8} + \frac{1}{10^6} = 2.901 ms$$

- ❑ Ο ρόλος που διαδραματίζει η διαμετακομιστική ικανότητα και η καθυστέρηση του δικτύου εξαρτάται από την εφαρμογή!!
- ❑ Παράδειγμα:
 - ❑ Έστω Η/Υ που στέλνει 1 byte προς εξυπηρετητή και περιμένει απάντηση μεγέθους 1 byte. Έστω επίσης ότι για την αποστολή της απάντησης δεν απαιτούνται χρονοβόροι υπολογισμοί. Η εφαρμογή επηρεάζεται άμεσα από την καθυστέρηση μεταφοράς και θα λειτουργεί διαφορετικά πάνω από μια διηπειρωτική ζεύξη ($T_{\text{διαδ}} = 100\text{ms}$) παρά σε ένα τοπικό δίκτυο ($T_{\text{διαδ}} = 1\text{ms}$)
 - ❑ Αν η διηπειρωτική ζεύξη έχει χωρητικότητα 1Mbps και το τοπικό δίκτυο 100Mbps τότε $T_{\text{μετάδοσης}} = 8\mu\text{sec}$ και $0,08\mu\text{sec}$ αντίστοιχα.
 - ❑ Και στις δύο περιπτώσεις ο χρόνος μετάδοσης είναι αμελητέος σε σχέση με τον χρόνο διάδοσης.
 - ❑ Δηλαδή, η 100 φορές μεγαλύτερη χωρητικότητα του τοπικού δικτύου δεν επηρεάζει την καθυστέρηση μεταφοράς. Γιατί, το 1 byte που μεταφέρω είναι ελάχιστη ποσότητα πληροφορίας για τις ικανότητες των δύο δικτύων.

Ερωτήσεις Επανάληψης

- Ερώτηση 1:** Αναφέρατε τις κατηγορίες στις οποίες διακρίνονται τα μέσα μετάδοσης.
- Ερώτηση 2:** Περιγράψτε τους τρεις τρόπους επικοινωνίας: Μονόδρομη, Ημιαμφίδρομη, Αμφίδρομη.
- Ερώτηση 3:** Τι είναι το φάσμα συχνοτήτων ενός σήματος;
- Ερώτηση 4:** Πώς συνδέεται το εύρος ζώνης με την χωρητικότητα;
- Ερώτηση 5:** Εάν το bit rate που μεταδίδει ένας πομπός είναι 200bps και χρησιμοποιεί 2 bit για την αναπαράσταση των συμβόλων, ποιο είναι το baud rate;
- Ερώτηση 6:** Πότε το baud rate είναι ίσο με το bit rate;
- Ερώτηση 7:** Ποιος είναι ο τύπος της χωρητικότητας κατά Nyquist; Ποιος κατά Shannon; Πότε χρησιμοποιούνται;
- Ερώτηση 8:** Ποια είναι η βασική αρχή πάνω στην οποία στηρίζεται η μετάδοση με χρήση οπτικών ινών;
- Ερώτηση 9:** Από ποιες χρονικές συνιστώσες αποτελείται η καθυστέρηση μεταφοράς;
- Ερώτηση 10:** Τι είναι το Round Trip Time;

Ερωτήσεις Επανάληψης (Πολλαπλής)

□ **Ερώτηση 1:** Ποιο είναι το μέσο μετάδοσης στις οπτικές ίνες:

1. Νήμα Χάλκινου σύρματος
2. Γυαλί ή πλαστικό.
3. Ηλεκτρικό Ρεύμα.
4. Φώς.

□ **Ερώτηση 2:** Εάν ένα σήμα εξασθενήσει κατά 23 dB, αυτό σημαίνει ότι το λαμβανόμενο σήμα θα είναι:

1. Το μισό του αρχικού.
2. Το ένα εκατοστό του αρχικού.
3. Το ένα διακοσιοστό του αρχικού.
4. Το ένα εικοστό τρίτο του αρχικού.

□ **Ερώτηση 3:** Ποιο είναι το μέσο μετάδοσης στις οπτικές ίνες:

1. Νήμα Χάλκινου σύρματος
2. Γυαλί ή πλαστικό.
3. Ηλεκτρικό Ρεύμα.
4. Φώς.

- ❑ **Ερώτηση 4:** Ποιο από τα παρακάτω προσδιορίζουν την χωρητικότητα του μέσου:
 1. Το εύρος ζώνης
 2. Το μήκος.
 3. Ο λόγος σήματος προς θόρυβο.
 4. Η ευκολία στη χρήση.
- ❑ **Ερώτηση 5:** Οι ασύρματες ζεύξεις:
 1. Είναι ειτεθειμένες σε παρεμβολές.
 2. Έχουν υψηλό εύρος ζώνης.
 3. Είναι κατευθυνόμενα μέσα μετάδοσης.
 4. Έχουν υψηλή ανοχή σε θόρυβο.
- ❑ **Ερώτηση 6:** Οι αιτίες εξασθένηση στις οπτικές ίνες είναι:
 1. Η διασπορά.
 2. Η διάθλαση.
 3. Η απορρόφηση και η σκέδαση.
 4. Η περίθλαση.

❑ **Ερώτηση 7:** Οι βλάβες κατά την μετάδοση συνοψίζονται:

1. Στο θόρυβο.
2. Στην συνακρόαση
3. Στη παραμόρφωση καθυστέρησης.
4. Σε όλα τα παραπάνω.

❑ **Ερώτηση 8:** Σε μία διηπειρωτική ζεύξη υψηλής χωρητικότητας, η κυριότερη χρονική συνιστώσα που συμβάλλει στην καθυστέρηση μεταφοράς είναι:

1. Η καθυστέρηση μετάδοσης.
2. Η καθυστέρηση διάδοσης.
3. Η καθυστέρηση στους ενταμιευτές.
4. Όλες οι παραπάνω.

❑ **Ερώτηση 9:** Η ρυθμοροή (throughput) μετράται:

1. Στον πομπό.
2. Στον παραλήπτη.
3. Και στους δύο.
4. Σε κανέναν από τους δύο.