



ΤΕΙ ΣΕΡΡΩΝ  
Τμήμα Πληροφορικής & Επικοινωνιών  
ΤΟΜΕΑΣ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ ΚΑΙ ΔΙΚΤΥΩΝ

# ΔΙΚΤΥΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ Ι (Θεωρία)

4<sup>ο</sup> Εξάμηνο

Μέρος 1

Διδάσκων: Μαδεμλής Ιωάννης  
M.Sc Ηλεκτρονικός Μηχανικός



ΤΕΙ ΣΕΡΡΩΝ  
Τμήμα Πληροφορικής & Επικοινωνιών  
ΤΟΜΕΑΣ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ ΚΑΙ ΔΙΚΤΥΩΝ

## ΠΡΟΦΙΛ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ

- Βασική βιβλιογραφία:
  - «Επικοινωνίες Υπολογιστών & Δεδομένων», William Stallings, 6<sup>η</sup> έκδοση, εκδόσεις Τζιόλα
  - Διαφάνειες και υλικό από τις παραδόσεις του μαθήματος
- Συμπληρωματική βιβλιογραφία:
  - «Τηλεπικοινωνίες & Δίκτυα Υπολογιστών», Αλεξόπουλος Α, Λαγογιάννης Γ., 2003
  - «Computer Networks», Tannenbaum A, 2002
- Ιστοσελίδα μαθήματος
  - <http://www.teiser.gr/icd/staff/mademlis/diktia1th.htm>





ΤΕΙ ΣΕΡΡΩΝ

Τμήμα Πληροφορικής & Επικοινωνιών  
ΤΟΜΕΑΣ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ ΚΑΙ ΔΙΚΤΥΩΝ

## ΠΡΟΦΙΛ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ

- Γενικές έννοιες επικοινωνιών & δικτύων
- Τοπολογίες δικτύων
- Πρότυπα
- Πρωτόκολλα & αρχιτεκτονικές δικτύου
- Το μοντέλο OSI και το TCP/IP
- Μέσα μετάδοσης
- Τεχνικές μετάδοσης
- Μεταγωγή και πολυπλεξία



ΤΕΙ ΣΕΡΡΩΝ

Τμήμα Πληροφορικής & Επικοινωνιών  
ΤΟΜΕΑΣ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ ΚΑΙ ΔΙΚΤΥΩΝ

## ΠΡΟΦΙΛ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ

- Ταχύτητα & χωρητικότητα καναλιού
- Αναγνώριση & διόρθωση σφαλμάτων
- Ψηφιακή μετάδοση ψηφιακών σημάτων. Κώδικες
- Τοπικά δίκτυα, CSMA/CD
- Δίκτυα Ethernet, Token Ring, FDDI
- Ασύρματα δίκτυα
- Συσκευές διασύνδεσης
- Δίκτυα IP, διευθυνσιοδότηση σε δίκτυα IP
- Υποδικτύωση, υπερδικτύωση



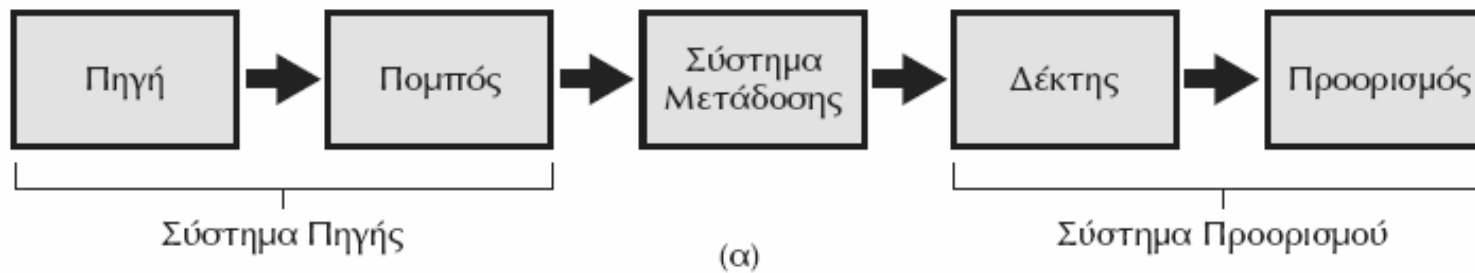
## Βασικές Έννοιες Επικοινωνιών & Δικτύων

### Σύγκλιση δικτύων και πληροφορικής

- Δεν υπάρχει διαχωρισμός μεταξύ επεξεργασίας δεδομένων (υπολογιστές) και επικοινωνιακών δεδομένων (δίκτυα)
- Ενοποίηση επικοινωνιών δεδομένων, φωνής και εικόνας
- Αμβλύνεται ο διαχωρισμός μεταξύ υπολογιστών με έναν ή πολλούς επεξεργαστές, τοπικών δικτύων και ευρύτερων δικτύων



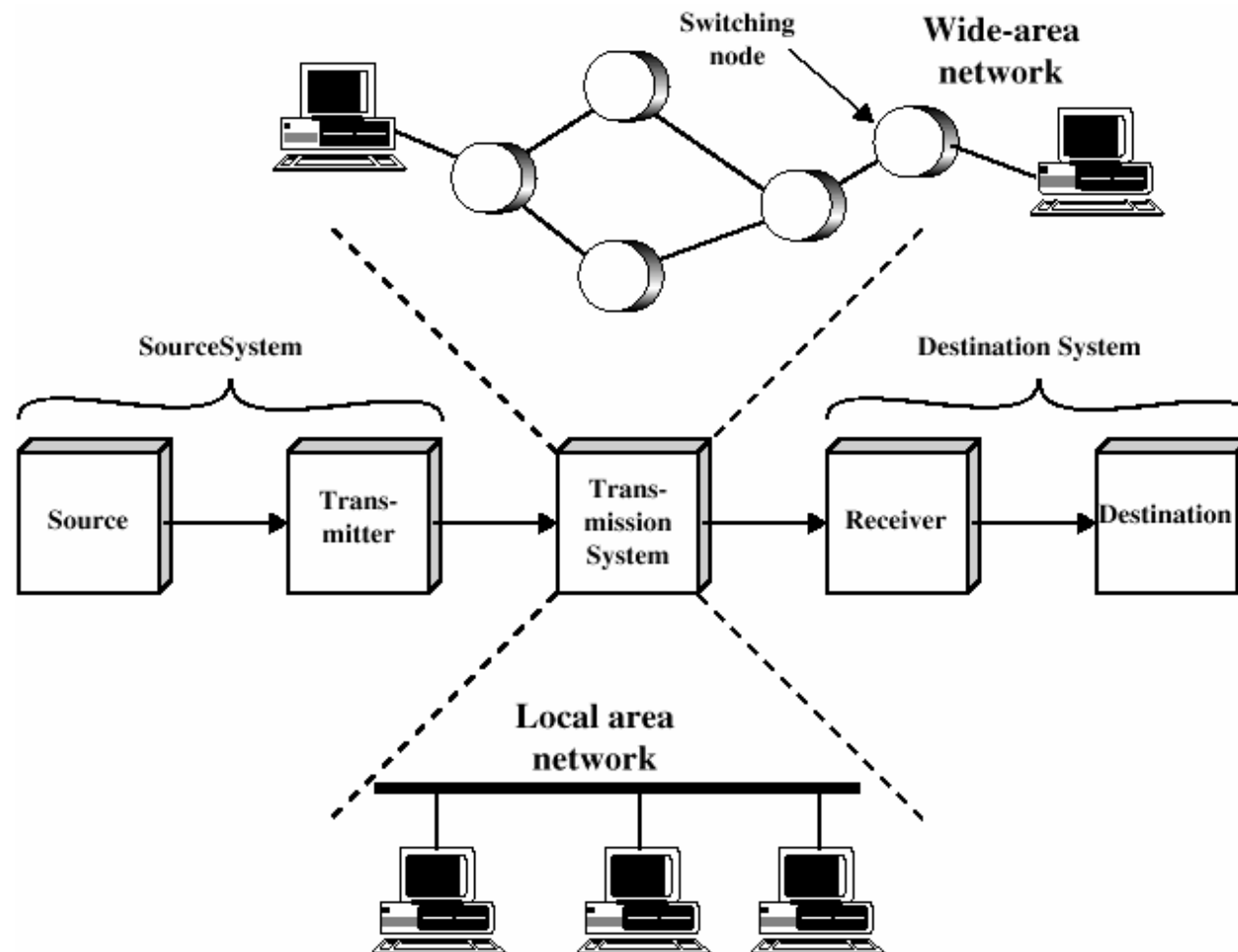
## Βασικές Έννοιες Επικοινωνιών & Δικτύων



(α) Απλουστευμένο μοντέλο επικοινωνιακού συστήματος  
(β) Παράδειγμα επικοινωνιακού συστήματος



## Βασικές Έννοιες Επικοινωνιών & Δικτύων





## Βασικές Έννοιες Επικοινωνιών & Δικτύων

- Ενδεικτικές διεργασίες σε ένα επικοινωνιακό σύστημα
  - Βαθμός χρήσης του συστήματος μετάδοσης
  - Διεπαφή (Interface) και παραγωγή σήματος
  - Συγχρονισμός
  - Διαχείριση σύνδεσης
  - Ανίχνευση & διόρθωση σφαλμάτων
  - Έλεγχος ροής
  - Διευθυνσιοδότηση & δρομολόγηση
  - Ανάκτηση
  - Μορφοποίηση μηνύματος
  - Ασφάλεια
  - Διαχείριση συστήματος





## Βασικές Έννοιες Επικοινωνιών & Δικτύων

- Τρόποι σύνδεσης
  - Point-to-point
  - Broadcast (LAN)
  - Δίκτυα μεταγωγής (WAN)
  - Διαδίκτυο



## Βασικές Έννοιες Επικοινωνιών & Δικτύων

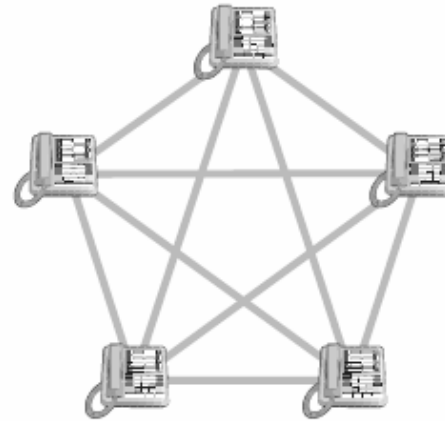
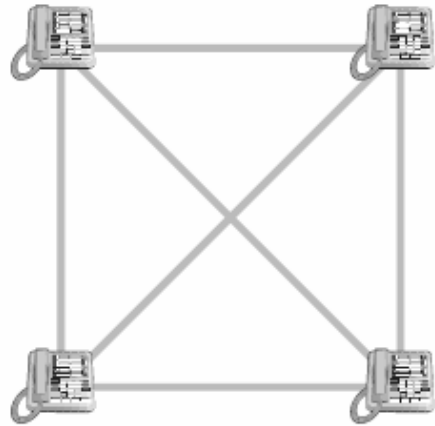
- Η ανάγκη για δικτύωση

Για σύνδεση point-to-point  $N$  συνδρομητών απαιτούνται:

- $N-1$  συσκευές
- $N(N-1)/2$  επικοινωνιακές γραμμές



## Βασικές Έννοιες Επικοινωνιών & Δικτύων



Για **N=4**, απαιτούνται **6** γραμμές

Για **N=5**, απαιτούνται **10** γραμμές

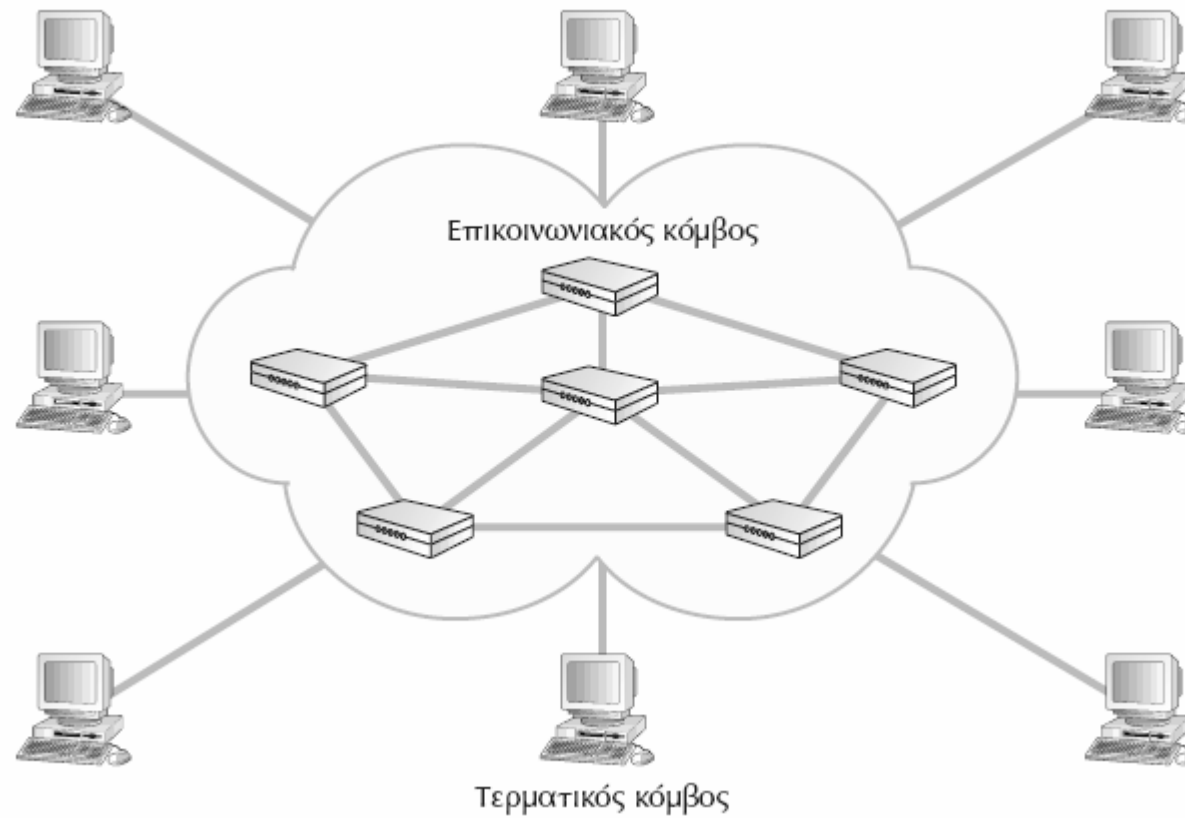
Για **N=10** απαιτούνται **45** γραμμές

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

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



## Βασικές Έννοιες Επικοινωνιών & Δικτύων



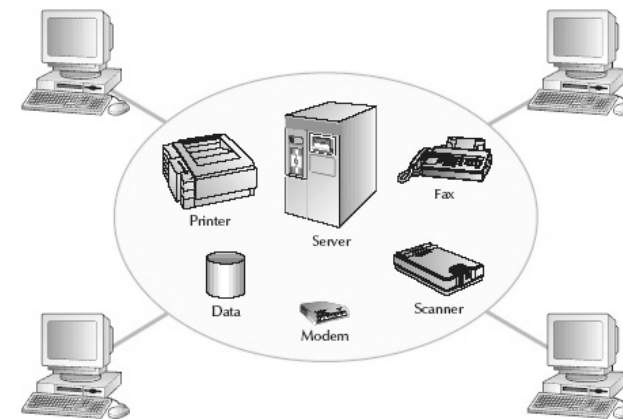
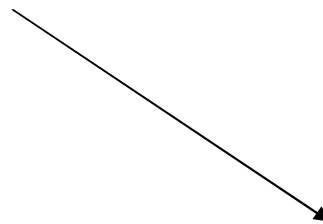
Δομή ενός δικτύου επικοινωνιών



## Βασικές Έννοιες Επικοινωνιών & Δικτύων

### ■ Πλεονεκτήματα της δικτύωσης:

- Διαμερισμός πόρων
- Υψηλή αξιοπιστία
- Οικονομία κλίμακος
- Επικοινωνία





## Βασικές Έννοιες Επικοινωνιών & Δικτύων

- Προβλήματα από τη χρήση των δικτύων:
  - Προστασία ιδιωτικότητας (Privacy)
  - Πνευματικά δικαιώματα (Copyright)
  - Αξιοπιστία πληροφοριών, ανωνυμία
  - Προπαγάνδα, υλικό ανατάλληλο
  - Ελευθερία λόγου και λογοκρισία
  - Ευθύνη των παρόχων



ΤΕΙ ΣΕΡΡΩΝ

Τμήμα Πληροφορικής & Επικοινωνιών  
ΤΟΜΕΑΣ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ ΚΑΙ ΔΙΚΤΥΩΝ

## Βασικές Έννοιες Επικοινωνιών & Δικτύων

- Ταξινόμηση δικτύων ανάλογα με την έκταση τους
  - Τοπικά Δίκτυα (Local Area Networks, LAN)
  - Μητροπολιτικά Δίκτυα (Metropolitan Area Networks, MAN)
  - Δίκτυα Ευρείας Περιοχής (Wide Area Networks, WAN)



## Βασικές Έννοιες Επικοινωνιών & Δικτύων

- Βασικά χαρακτηριστικά δικτύων LAN:
  - Καταλαμβάνουν μικρή γεωγραφική έκταση
  - Υψηλοί ρυθμοί μεταφοράς δεδομένων (10 MBps έως >1 Gbps)
  - Μικρή καθυστέρηση μετάδοσης δεδομένων και μικρός αριθμός σφαλμάτων
  - Μικρός σχετικά αριθμός συνδεδεμένων συσκευών
  - Χρησιμοποιούν ιδιωτικά μέσα μετάδοσης





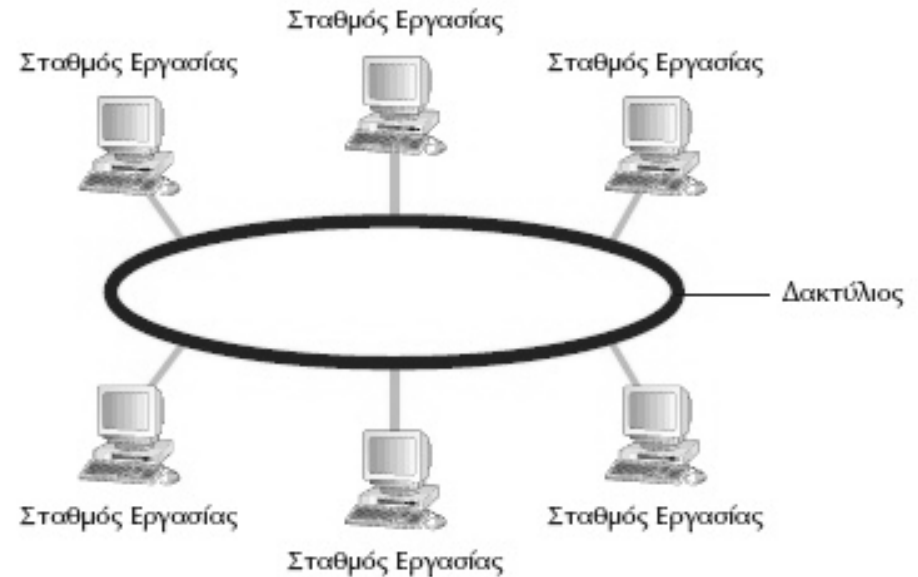
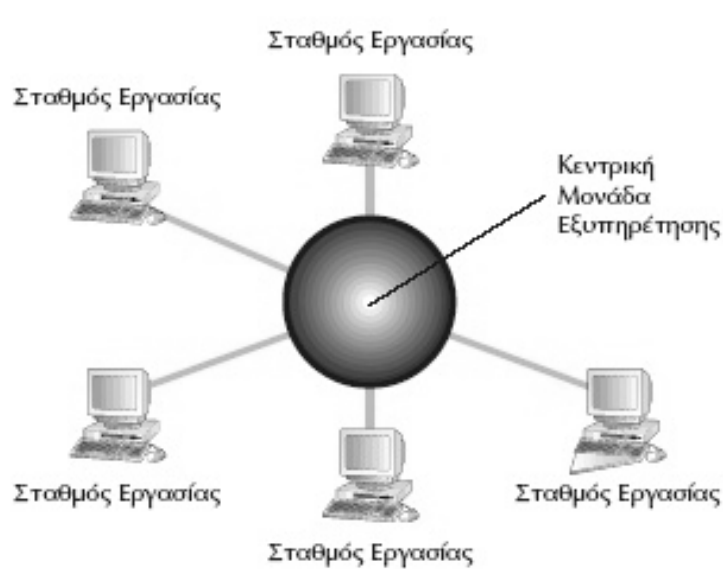
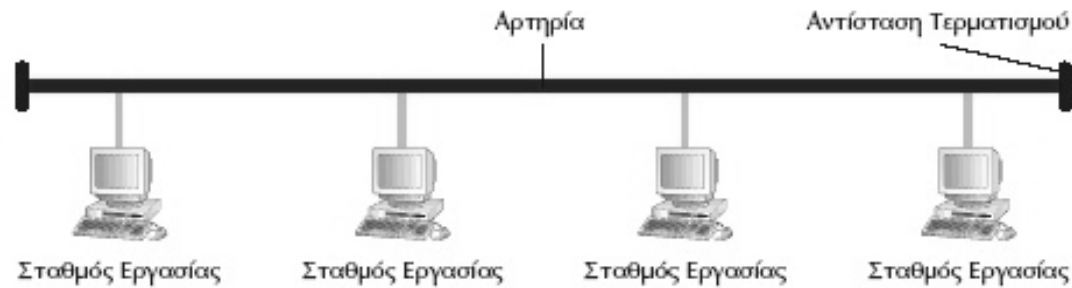
## Βασικές Έννοιες Επικοινωνιών & Δικτύων

- Ταξινόμηση δικτύων ανάλογα με την φυσική τοπολογία
  - Δίκτυα Αρτηρίας (Bus)
  - Δίκτυα Αστέρια (Star)
  - Δίκτυα Δακτυλίου (Ring)



ΤΕΙ ΣΕΡΡΩΝ  
Τμήμα Πληροφορικής & Επικοινωνιών  
ΤΟΜΕΑΣ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ ΚΑΙ ΔΙΚΤΥΩΝ

## Βασικές Έννοιες Επικοινωνιών & Δικτύων



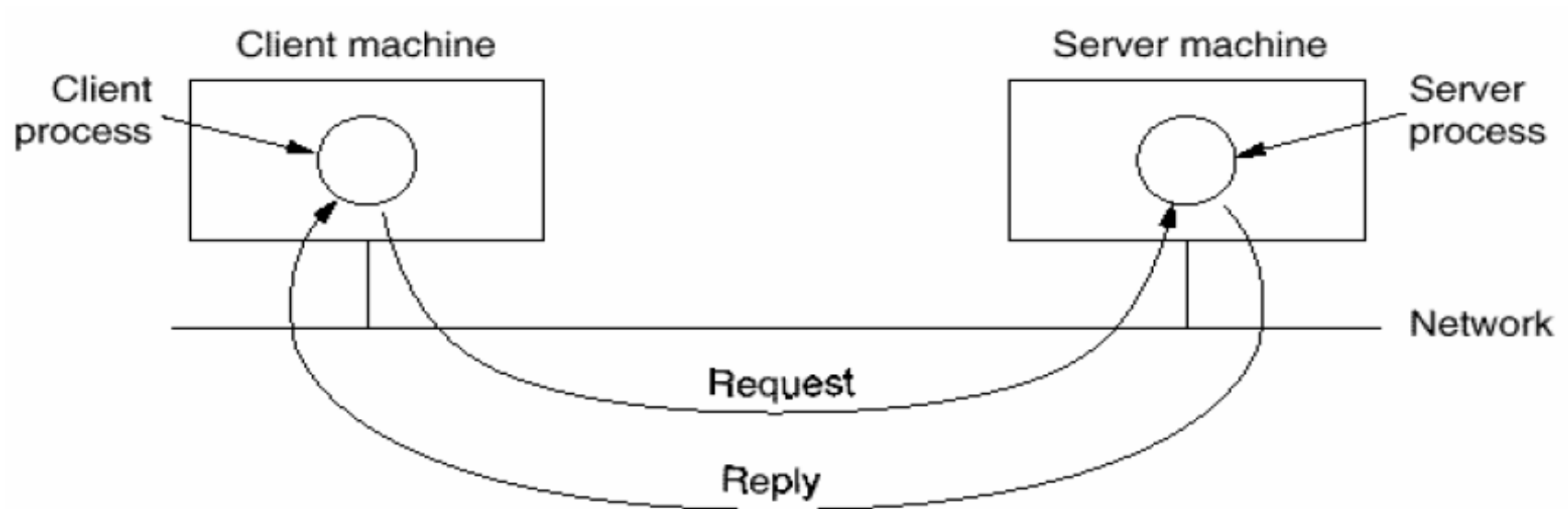


## Βασικές Έννοιες Επικοινωνιών & Δικτύων

- Ταξινόμηση δικτύων ανάλογα με την σχέση μεταξύ των σταθμών
  - Ομότιμα Δίκτυα (Peer-to-Peer)
  - Δίκτυα Πελάτη-Εξυπηρετητή (Client-Server)



## Βασικές Έννοιες Επικοινωνιών & Δικτύων





## Βασικές Έννοιες Επικοινωνιών & Δικτύων

- Υπηρεσίες Επικοινωνιών από την πλευρά του χρήστη:
  - Υπηρεσία Σύγχρονης επικοινωνίας



Στην υπηρεσία σύγχρονης επικοινωνίας κάθε bit καθυστερεί το ίδιο

Μεταφορά video ή ήχου



## Βασικές Έννοιες Επικοινωνιών & Δικτύων

- Υπηρεσίες Επικοινωνιών από την πλευρά του χρήστη:
  - Υπηρεσία Ασύγχρονης Επικοινωνίας



Στην υπηρεσία ασύγχρονης επικοινωνίας μεταφέρονται πακέτα με μεταβλητή καθυστέρηση



## Βασικές Έννοιες Επικοινωνιών & Δικτύων

- Υπηρεσίες Επικοινωνιών από την πλευρά του χρήστη:
  - Υπηρεσία Ασύγχρονης Επικοινωνίας με σύνδεση



Στην υπηρεσία με σύνδεση μεταφέρονται πακέτα στη σωστή σειρά

Σύνδεση απομακρυσμένων τερματικών



## Βασικές Έννοιες Επικοινωνιών & Δικτύων

- Υπηρεσίες Επικοινωνιών από την πλευρά του χρήστη:
  - Υπηρεσία Ασύγχρονης Επικοινωνίας χωρίς σύνδεση



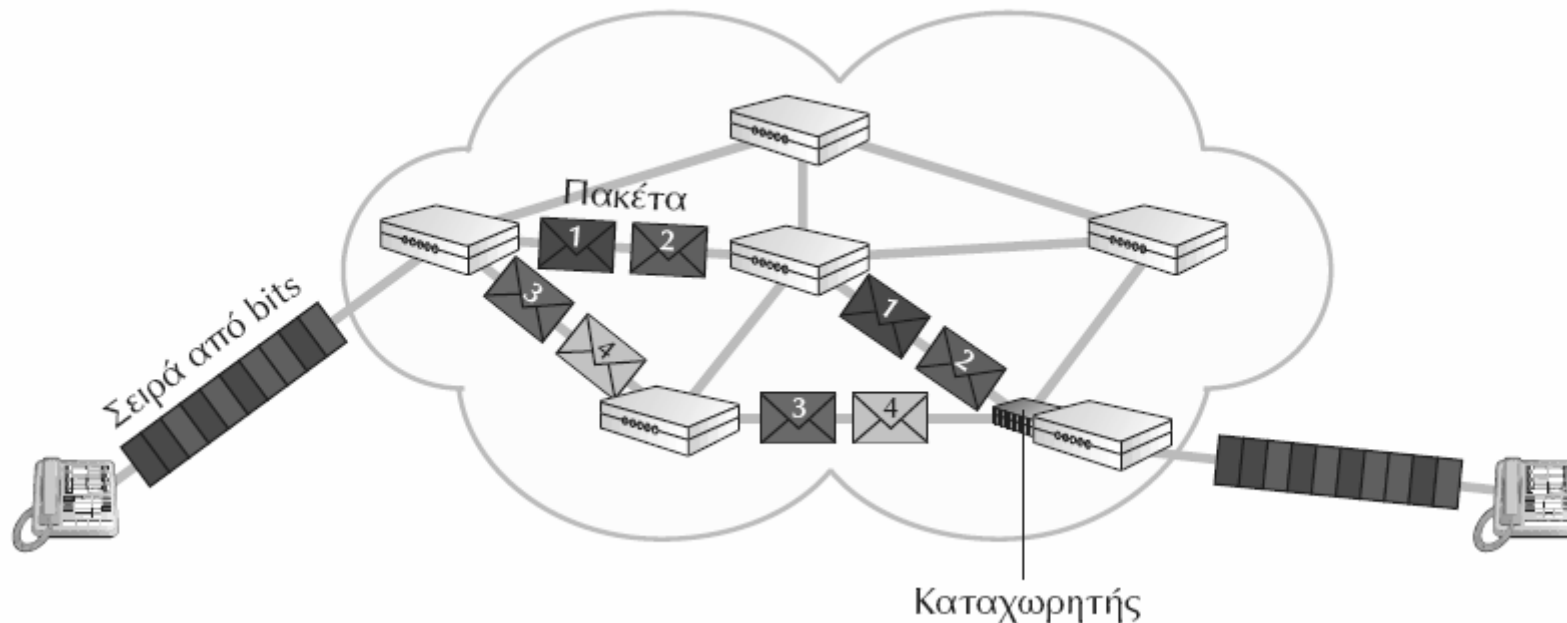
Στην υπηρεσία χωρίς σύνδεση τα πακέτα μεταφέρονται με τυχαία σειρά και δεν υπάρχει εγγύηση ότι θα παραληφθούν χωρίς λάθη





## Βασικές Έννοιες Επικοινωνιών & Δικτύων

- Υπηρεσίες Επικοινωνιών από την πλευρά του χρήστη:
  - Υλοποίηση Υπηρεσίας σύγχρονης επικοινωνίας πάνω από ασύγχρονη





## Βασικές Έννοιες Επικοινωνιών & Δικτύων

- Πρότυπα Δικτύων (Standards)
  - + Μεγαλύτερη αγορά και οικονομίες κλίμακος
  - + Ευελιξία του χρήστη στην προμήθεια εξοπλισμού
  - - «Πάγωμα» της εξέλιξης της τεχνολογίας
  - - Πολλά πρότυπα για την ίδια τεχνολογία
  - Πρότυπα **De facto** (εκ των πραγμάτων) π.χ. TCP/IP
  - Πρότυπα **De jure** (με το νόμο) π.χ. OSI



## Βασικές Έννοιες Επικοινωνιών & Δικτύων

- Φορείς Προτυποποίησης στα δίκτυα/επικοινωνίες
  - Internet Society (IAB, IETF, IESG, Internet Drafts, RFC)
  - ISO (1946)
  - IEEE (IEEE 802.x)
  - ITU-T (Μέλη κυβερνήσεις)
  - ΕΛ.Ο.Τ



## Βασικές Έννοιες Επικοινωνιών & Δικτύων

- Πρωτόκολλα και Αρχιτεκτονικές Δικτύων
  - **Πρωτόκολλο (Protocol):** Ένα σύνολο κανόνων που διέπουν την επικοινωνία μεταξύ οντοτήτων σε διαφορετικά συστήματα. Η επικοινωνία γίνεται με την ανταλλαγή **PDU (Protocol Data Unit)**.
    - **Οντότητα:** Οτιδήποτε λαμβάνει ή μεταδίδει πληροφορίες, π.χ. ένα πρόγραμμα
    - **Σύστημα:** Φυσικό αντικείμενο που περιλαμβάνει πολλές οντότητες, π.χ. ένας υπολογιστής
  - **Αρχιτεκτονική:** Ο ρόλος λογισμικού και υλικού στην διαδικασία της επικοινωνίας + μεταξύ τους σχέση + πρωτόκολλα



ΤΕΙ ΣΕΡΡΩΝ

Τμήμα Πληροφορικής & Επικοινωνιών  
ΤΟΜΕΑΣ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ ΚΑΙ ΔΙΚΤΥΩΝ

## Βασικές Έννοιες Επικοινωνιών & Δικτύων

Βασικές λειτουργίες πρωτοκόλλων επικοινωνίας

- Ενθυλάκωση (Διεύθυνση, κώδικας ανίχνευσης σφαλμάτων, έλεγχος πρωτοκόλλου, δεδομένα)
- Τεμαχισμός και συναρμολόγηση (μικρά ή μεγάλα PDU)
- Έλεγχος σύνδεσης (έναρξη, μεταφορά, τερματισμός)
- Διατεταγμένη παράδοση
- Έλεγχος ροής και σφαλμάτων
- Διευθυνσιοδότηση
- Πολυπλεξία
- Υπηρεσίες Μετάδοσης (προτεραιότητα, ποιότητα υπηρεσίας, ασφάλεια)



## Βασικές Έννοιες Επικοινωνιών & Δικτύων

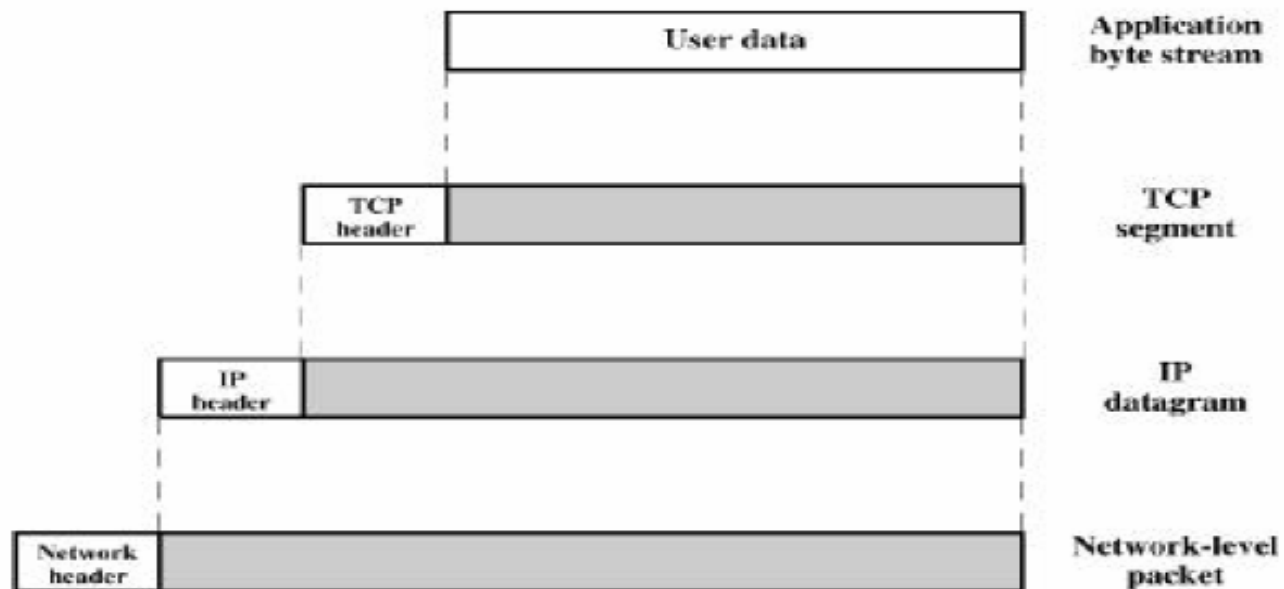
- Στρωματοποιημένες Αρχιτεκτονικές Δικτύων
  - Για την υλοποίηση του δικτύου χρησιμοποιούνται ανεξάρτητα δομικά στοιχεία, τα layers ή levels.
  - Κάθε layer υλοποιείται με διάφορα πρωτόκολλα
  - Κάθε layer δέχεται τις υπηρεσίες του κατωτέρου του και προσφέρει τις υπηρεσίες του στο ανώτερο
  - Δεδομένα ανώτερου επιπέδου + δεδομένα ελέγχου του layer = PDU (Protocol Data Unit)
  - + Διαχωρισμός προβλήματος επικοινωνίας σε μικρότερα και πιο εύκολα διαχειρίσιμα προβλήματα
  - + Εύκολη προσθήκη, διόρθωση ή βελτίωση υπηρεσιών

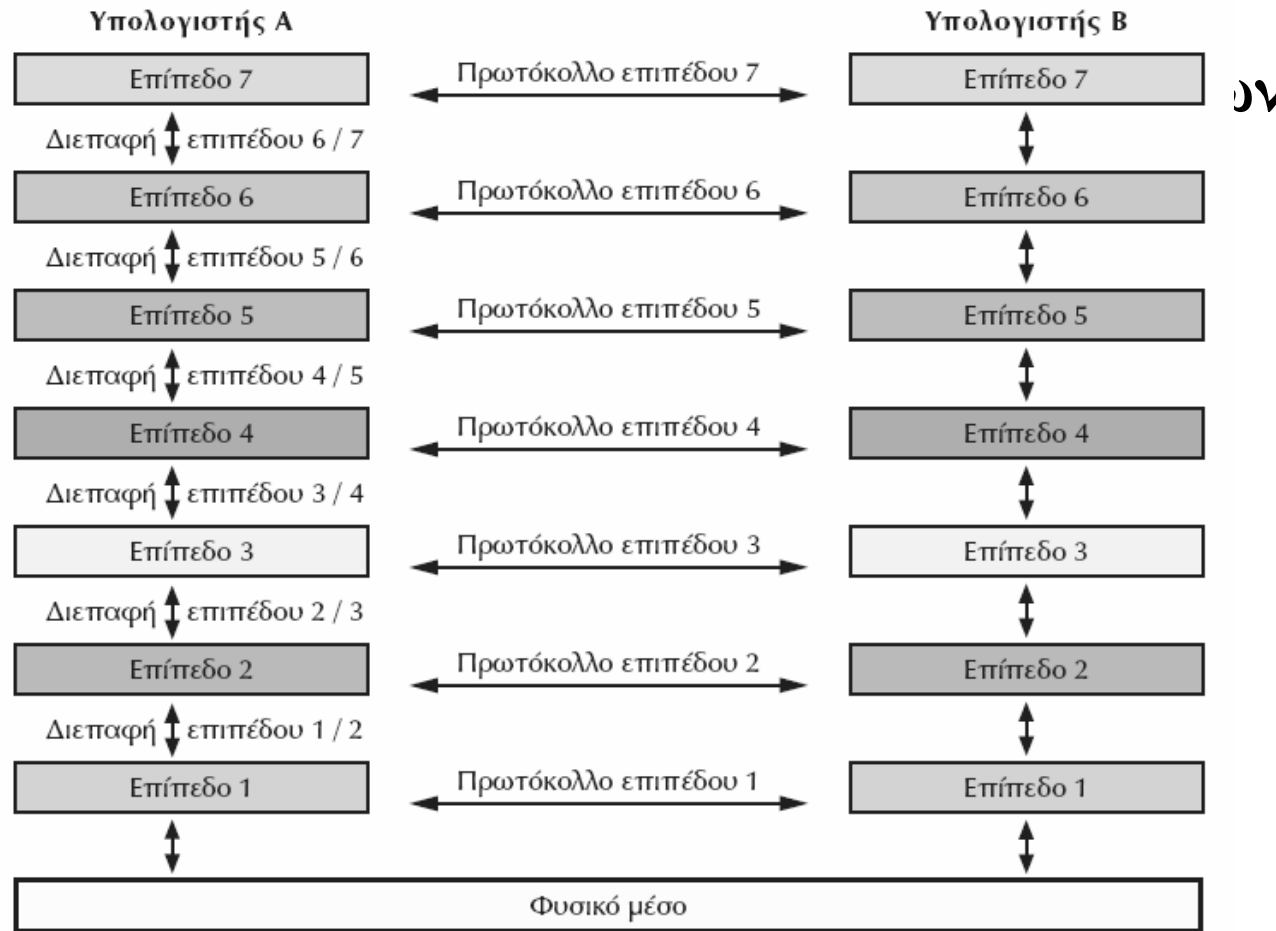
Παράδειγμα στρωματοποιημένων αρχιτεκτονικών: OSI και TCP/IP



## Βασικές Έννοιες Επικοινωνιών & Δικτύων

### **PDU**s in **TCP/IP**





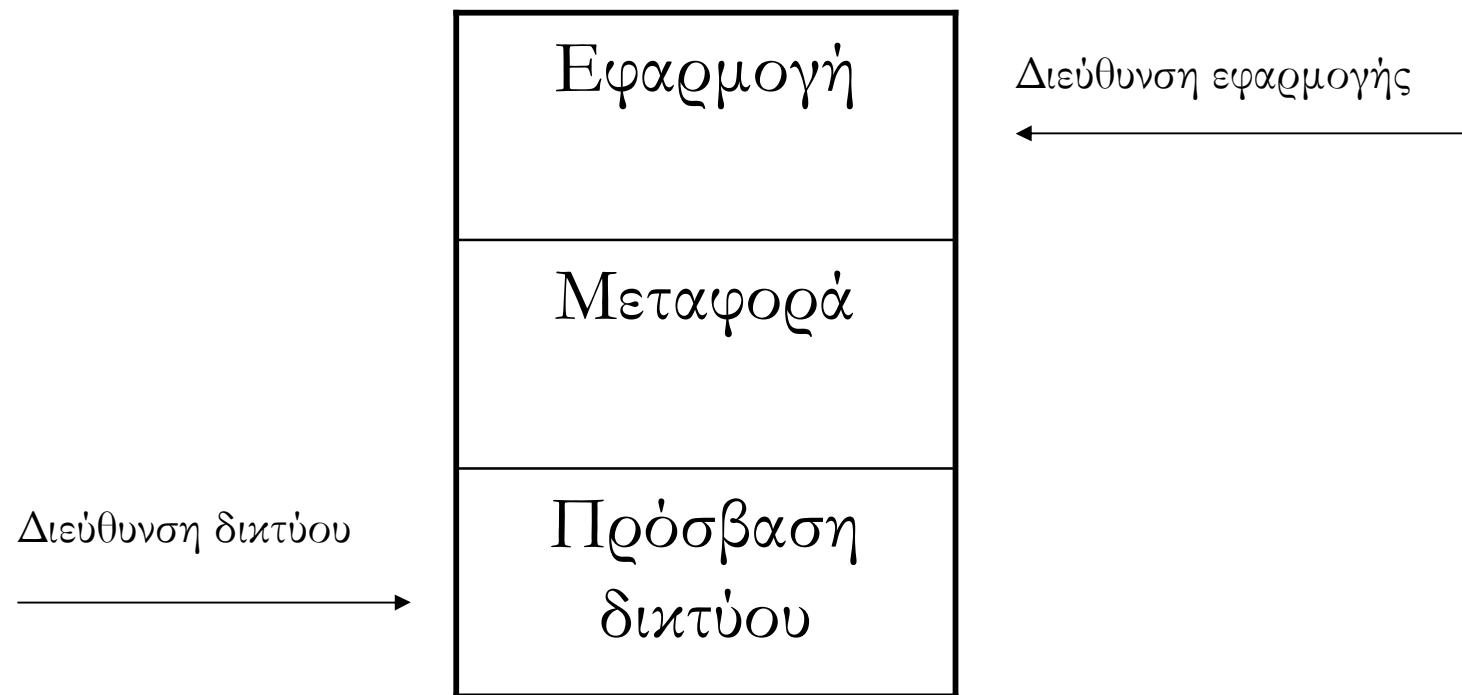
Αρχιτεκτονική = Επίπεδα + Πρωτόκολλα + Διεπαφές





## Βασικές Έννοιες Επικοινωνιών & Δικτύων

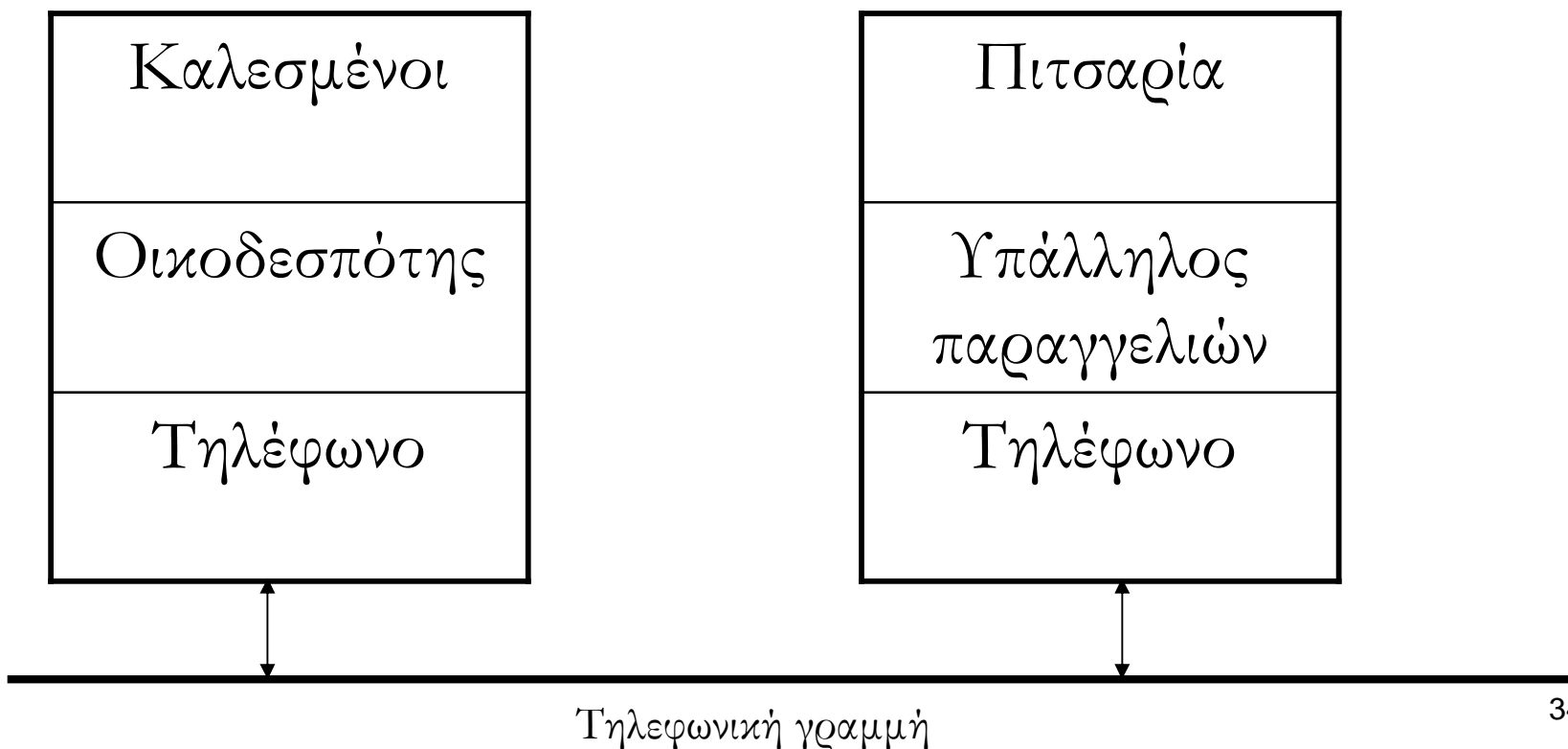
Εικονική αρχιτεκτονική 3 επιπέδων:

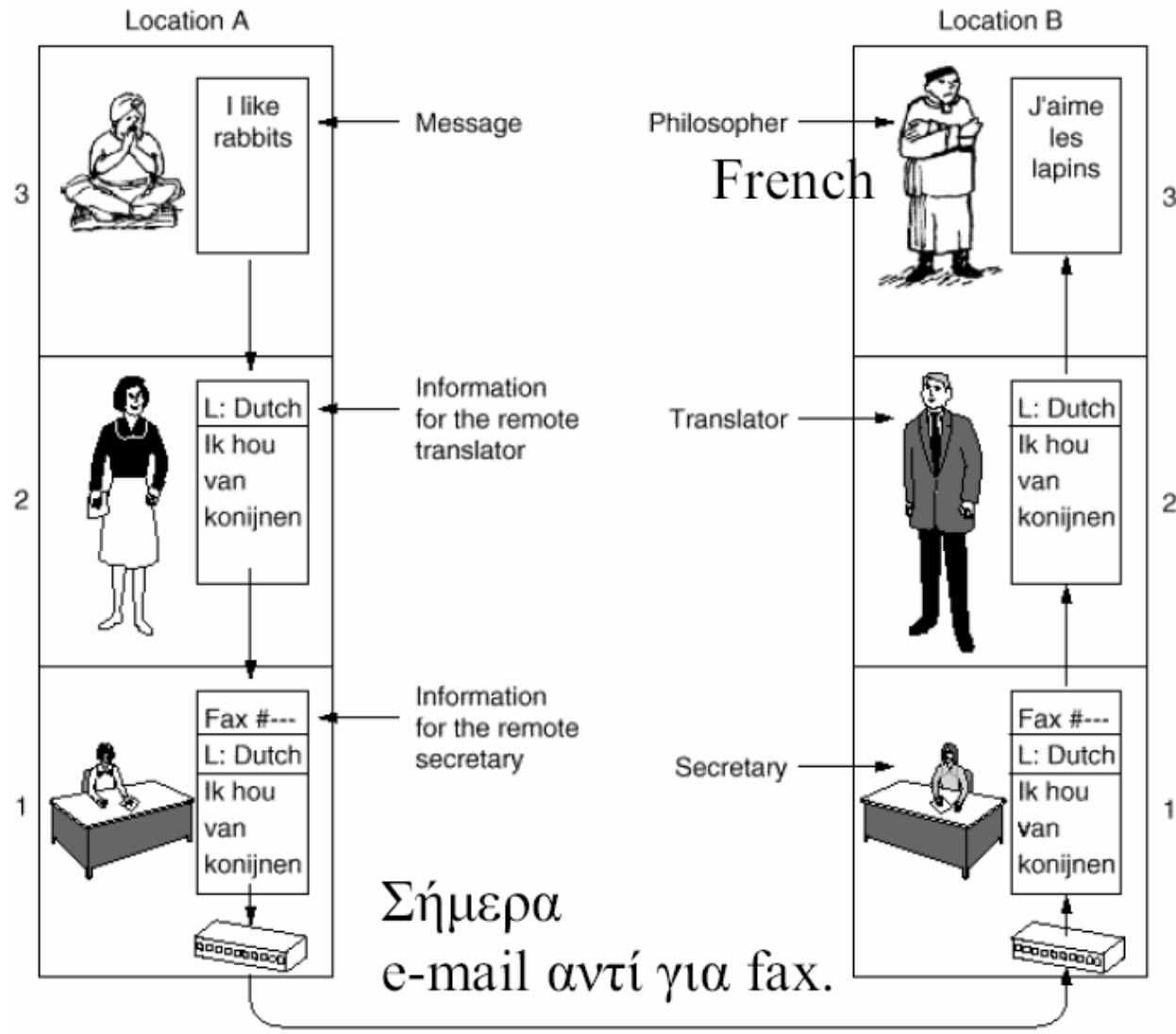




## Βασικές Έννοιες Επικοινωνιών & Δικτύων

Εικονική αρχιτεκτονική 3 επιπέδων για το πρόβλημα της παραγγελίας-παράδοσης μιας πίτσας:





Σήμερα  
e-mail αντί για fax.

The philosopher-translator-secretary architecture.



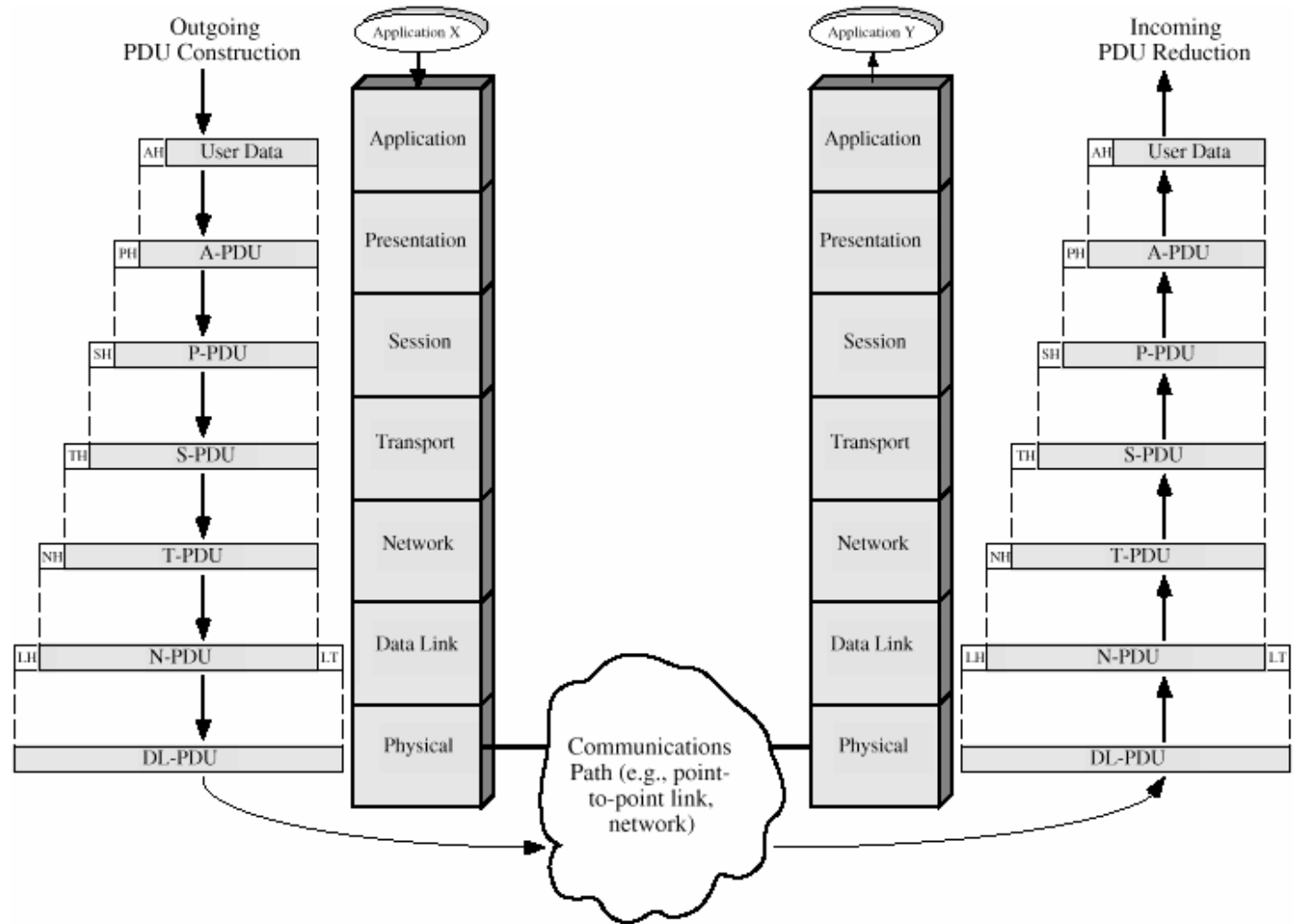
## ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ OSI

- Το μοντέλο 7 επιπέδων του OSI
  - Παρουσιάστηκε το 1984 (πολύ καθυστερημένα!) από τον ISO
  - Σκοπός η δημιουργία μιας ανοικτής αρχιτεκτονικής
  - Χωρισμός σε 7 ιεραρχικά επίπεδα
  - Κάθε επίπεδο προσφέρει τις υπηρεσίες του στα υψηλότερα επίπεδα χρησιμοποιώντας τις υπηρεσίες των χαμηλότερων επιπέδων
  - Οι λειτουργίες κάθε επιπέδου και τα όρια ανάμεσα στα επίπεδα είναι καλά καθορισμένα
  - Αλλαγές σε ένα επίπεδο δεν επηρεάζουν τα άλλα επίπεδα



## Τα 7 επίπεδα του OSI:

Φυσικό  
Σύνδεσης Δεδομένων  
Δικτύου  
Μεταφοράς  
Συνόδου  
Παρουσίασης  
Εφαρμογής



Επικοινωνία 2 συσκευών με βάση το πρότυπο OSI



## ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ OSI

### ■ Φυσικό επίπεδο (Physical Layer)

Περιγράφει την φυσική διασύνδεση μεταξύ συσκευών και τους κανόνες μετάδοσης των bit. Περιγράφει:

- Μηχανικά χαρακτηριστικά
- Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά
- Λειτουργικά χαρακτηριστικά
- Διαδικαστικά χαρακτηριστικά

Στο επίπεδο αυτό ανήκουν τα πρότυπα των LAN



## ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ OSI

- Επίπεδο Σύνδεσης Δεδομένων (Data Link Layer)
  - Καθορίζει την ενεργοποίηση, διατήρηση και τερματισμό μιας αξιόπιστης σύνδεσης
  - Εκτελεί έλεγχο λαθών
  - Παρέχει στα ανώτερα επίπεδα μια μετάδοση απαλλαγμένη από λάθη

Στο επίπεδο αυτό ανήκουν τα πρότυπα HDLC, LAPB, LLC, LAPD



## ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ OSI

- Επίπεδο Δικτύου (Network Layer)
  - Μεταφορά πληροφοριών μεταξύ τερματικών συσκευών, δρομολόγηση, διευθυνσιοδότηση, υπηρεσίες δικτύου, π.χ. προτεραιότητα
  - Απαλλάσσει τα ανώτερα στρώματα από την ανάγκη να γνωρίζουν οτιδήποτε σχετικό με τη φυσική μετάδοση των δεδομένων
  - Δεν χρειάζεται σε συνδέσεις point-to-point

Στο επίπεδο αυτό ανήκει το πρότυπο IP





## ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ OSI

### ■ Επίπεδο Μεταφοράς (Transport Layer)

- Παρέχει μηχανισμό για την ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ τερματικών συστημάτων ενός δικτύου
- Δημιουργία πακέτων
- Παράδοση δεδομένων χωρίς λάθη
- Με σωστή σειρά
- Χωρίς απώλειες ή πολλαπλά αντίγραφα
- Παροχή ζητούμενης ποιότητας υπηρεσιών, π.χ. μέγιστος ρυθμός σφαλμάτων, μέγιστη καθυστέρηση κ.λ.π.

Στο επίπεδο αυτό ανήκει το TCP και το UDP



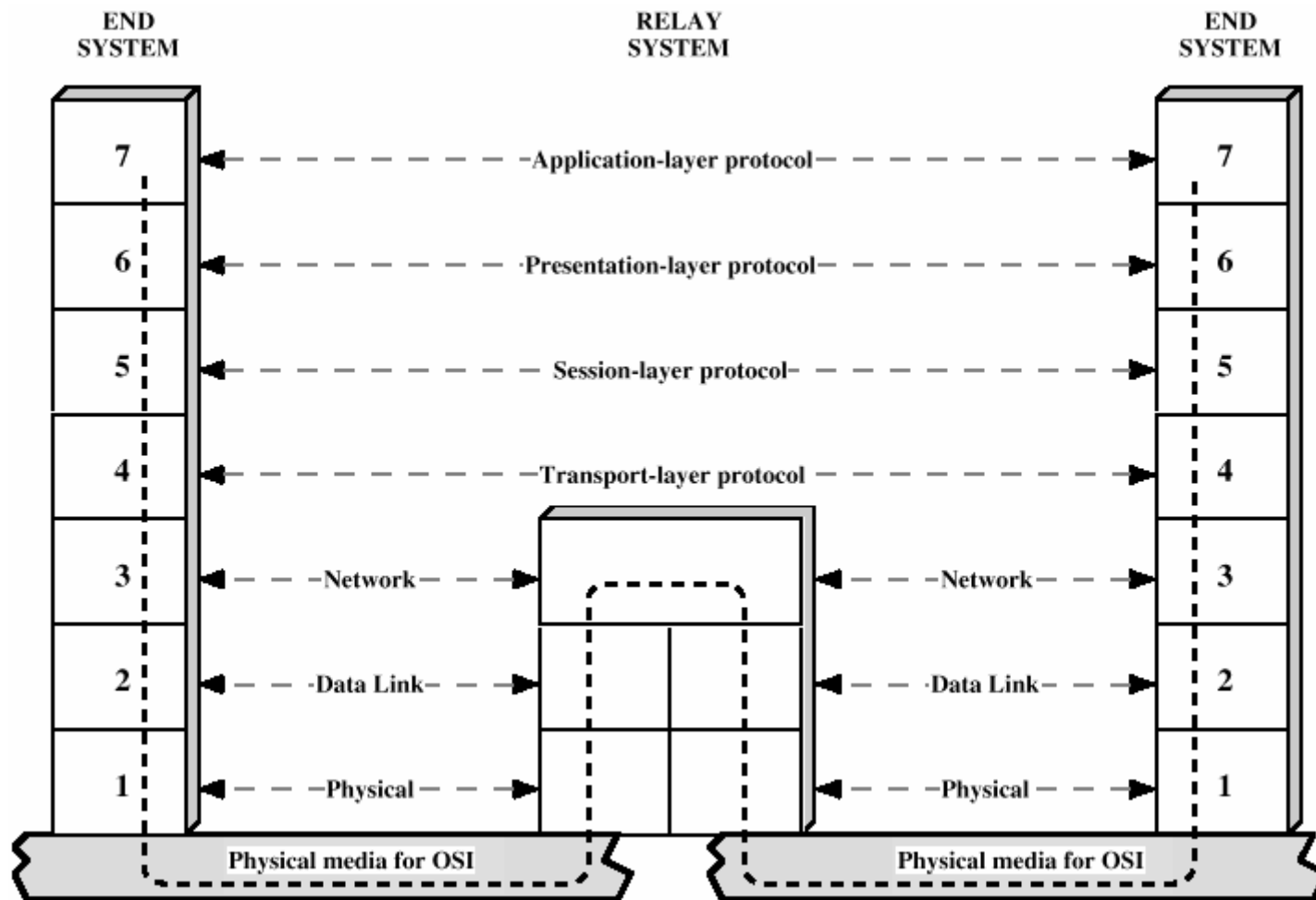
## ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ OSI

- Επίπεδο Συνόδου (Session Layer)
  - Ελέγχει την ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ εφαρμογών, εγκαθιστά, διατηρεί και τερματίζει συνδέσεις
  - Κυριότερες υπηρεσίες:
    - Τρόπος επικοινωνίας (κανόνες, full duplex, half duplex)
    - Ομαδοποίηση δεδομένων
    - Ανάκτηση



# ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ OSI

- Επίπεδο Παρουσίασης (Presentation Layer)
  - Κωδικοποίηση και format δεδομένων
  - Συμπίεση δεδομένων
  - Κρυπτογράφηση
  
- Επίπεδο Εφαρμογής (Application Layer)
  - Παρέχει τον τρόπο πρόσβασης των εφαρμογών στο περιβάλλον του OSI
  - Περιλαμβάνει διαχειριστικές λειτουργίες και μηχανισμούς για υποστήριξη κατανεμημένων εφαρμογών
  - Περιλαμβάνει εφαρμογές γενικού σκοπού όπως ηλεκτρονικό ταχυδρομείο, μεταφορά αρχείων κ.λ.π



Τα 4 ανώτερα επίπεδα 'βλέπουν' το end system, τα 3 κατώτερα βλέπουν τους ενδιάμεσους κόμβους



## ΤΑ ΠΡΩΤΟΚΟΛΑ ΤCΡ/IP

- Κυρίαρχη εμπορική αρχιτεκτονική από το '90
- Προδιαγράφηκαν και χρησιμοποιήθηκαν εκτενώς πριν το OSI
- Χρηματοδοτήθηκε η ανάπτυξή τους από το Υπουργείο Άμυνας των Η.Π.Α.
- Χρησιμοποιήθηκαν στο Internet
- Περιλαμβάνει 5 επίπεδα
- Είναι προσανατολισμένο στις υπηρεσίες χωρίς σύνδεση



ΤΕΙ ΣΕΡΡΩΝ

Τμήμα Πληροφορικής & Επικοινωνιών  
ΤΟΜΕΑΣ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ ΚΑΙ ΔΙΚΤΥΩΝ

## ΤΑ ΠΡΩΤΟΚΟΛΑ TCP/IP

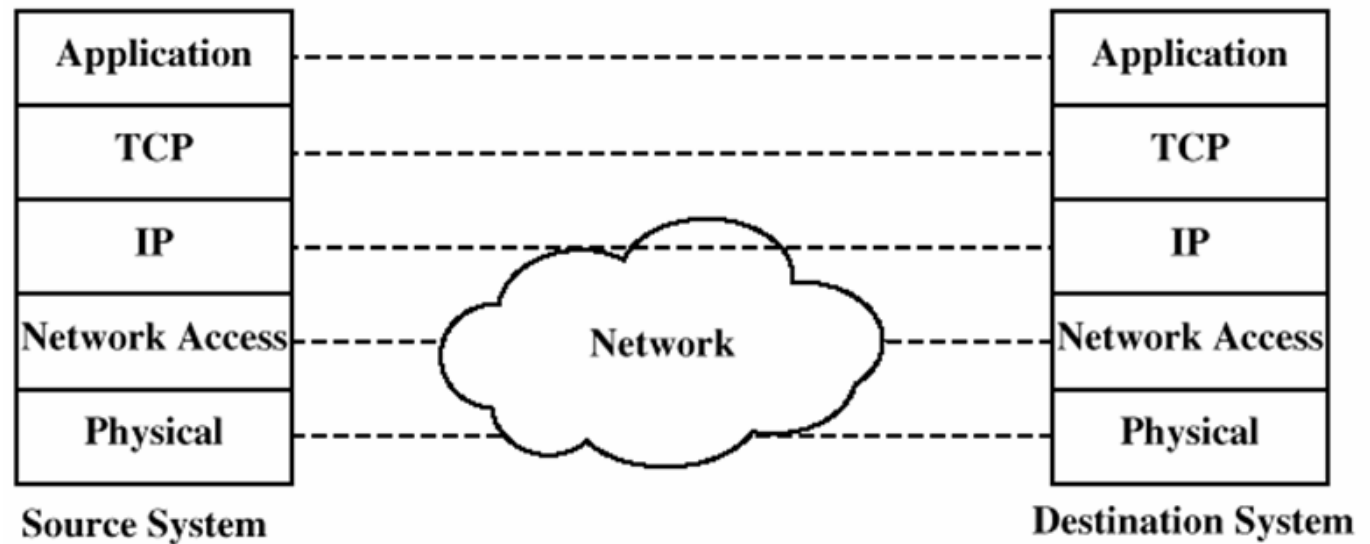
- Δεν υπάρχει σαφής διαχωρισμός μεταξύ των εννοιών υπηρεσία (service), διεπαφή (interface) και πρωτόκολλο (protocol)
- Το μοντέλο δεν είναι γενικό και δεν είναι κατάλληλο για περιγραφή άλλων πρωτοκόλλων
- Δεν διαχωρίζονται το Φυσικό Επίπεδο με το Επίπεδο Σύνδεσης Δεδομένων
- Μόνον τα πρωτόκολλα TCP και IP είναι προσεκτικά σχεδιασμένα



## ΤΑ ΠΡΩΤΟΚΟΛΑ TCP/IP

Τα 5 επίπεδα του  
TCP/IP:

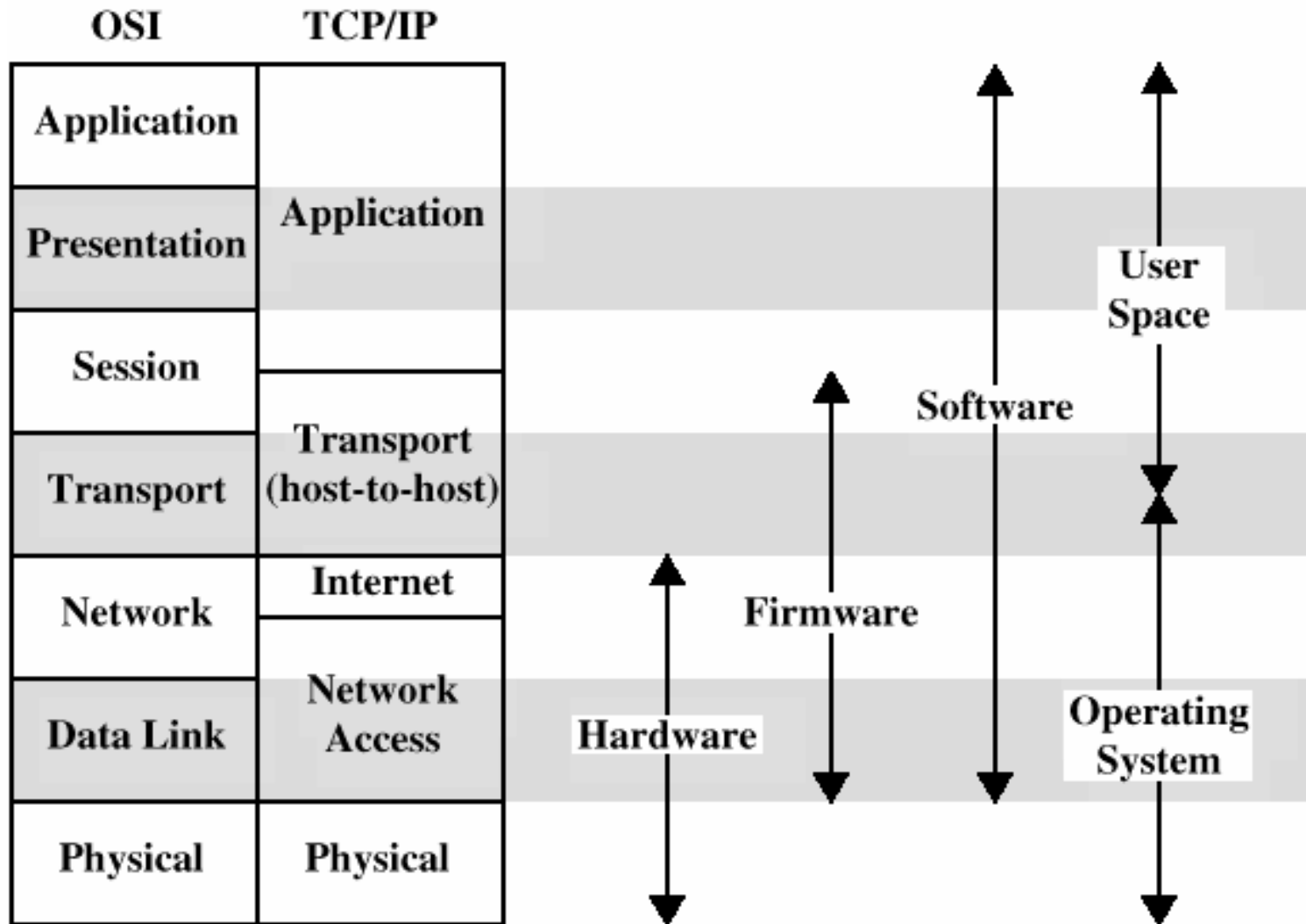
Φυσικό  
Πρόσβασης Δικτύου  
Διαδικτύου  
Μεταφοράς  
Εφαρμογής



Επικοινωνία 2 συσκευών με βάση το TCP/IP



## ΣΥΓΚΡΙΣΗ OSI ΚΑΙ TCP/IP







## ΤΑ ΠΡΩΤΟΚΟΛΑ TCP/IP

### ■ Φυσικό επίπεδο (Physical Layer)

Καθορίζει τα χαρακτηριστικά του μέσου μετάδοσης, το ρυθμό μετάδοσης και την κωδικοποίηση του σήματος

### ■ Επίπεδο Πρόσβασης Δικτύου (Network Layer)

Σχετίζεται με τη λογική διεπαφή ανάμεσα σε ένα τερματικό σύστημα και σε ένα δίκτυο. Παρέχει υπηρεσίες όπως προτεραιότητες κ.α.



## ΤΑ ΠΡΩΤΟΚΟΛΑ TCP/IP

### ■ Επίπεδο Διαδικτύου (Internet Layer, IP)

Σχετίζεται με τη δρομολόγηση δεδομένων μεταξύ δύο τερματικών κόμβων μέσω ενδιάμεσων κόμβων

### ■ Επίπεδο Μεταφοράς (Transport Layer)

Κρύβει τις λεπτομέρειες των υποκείμενων δικτύων από το επίπεδο εφαρμογής και παρέχει υπηρεσίες αξιόπιστης μεταφοράς δεδομένων μεταξύ δύο τερματικών συσκευών. Δημιουργία πακέτων.



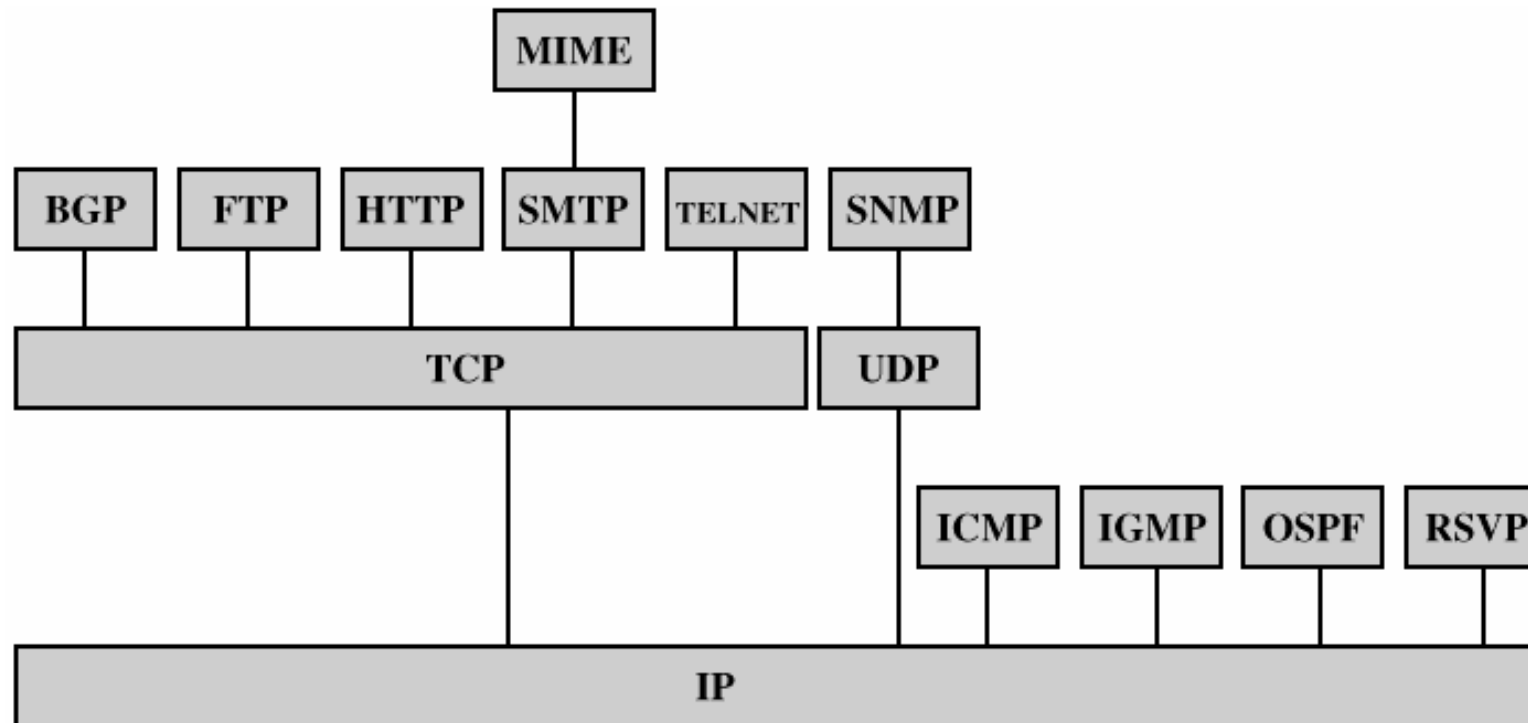
## ΤΑ ΠΡΩΤΟΚΟΛΑ TCP/IP

### ■ Επίπεδο Εφαρμογής (Application Layer, IP)

Παρέχει επικοινωνία ανάμεσα σε διεργασίες ή εφαρμογές σε ξεχωριστές τερματικές συσκευές.



## ΤΑ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ TCP/IP



**BGP** = Border Gateway Protocol  
**FTP** = File Transfer Protocol  
**HTTP** = Hypertext Transfer Protocol  
**ICMP** = Internet Control Message Protocol  
**IGMP** = Internet Group Management Protocol  
**IP** = Internet Protocol  
**MIME** = Multi-Purpose Internet Mail Extension

**OSPF** = Open Shortest Path First  
**RSVP** = Resource ReSerVation Protocol  
**SMTP** = Simple Mail Transfer Protocol  
**SNMP** = Simple Network Management Protocol  
**TCP** = Transmission Control Protocol  
**UDP** = User Datagram Protocol



# ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

## ■ Βασικοί Όροι

- Καθοδηγούμενα και μη καθοδηγούμενα μέσα μετάδοσης
- Μια μετάδοση μπορεί να είναι:
  - Μονόδρομη (Simplex) π.χ. τηλεόραση
  - Ημιαμφίδρομη (Half Duplex) π.χ. ασύρματος
  - Αμφίδρομη (Full Duplex) π.χ. τηλέφωνο
- Δεδομένα είναι οντότητες που μεταφέρουν πληροφορία
- Σήματα είναι ηλεκτρικές ή ηλεκτρομαγνητικές αναπαραστάσεις των δεδομένων
- Κάθε σήμα είναι συνάρτηση του χρόνου  $t$  και της συχνότητας  $f$
- Κάθε σήμα μπορεί να παρασταθεί και στο πεδίο του χρόνου (time domain) και στο πεδίο της συχνότητας (frequency domain)



## ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

### ■ Έννοιες του Πεδίου χρόνου (Time Domain)

Ένα σήμα μπορεί να είναι στο χρόνο:

■ Συνεχές ή Διακριτό

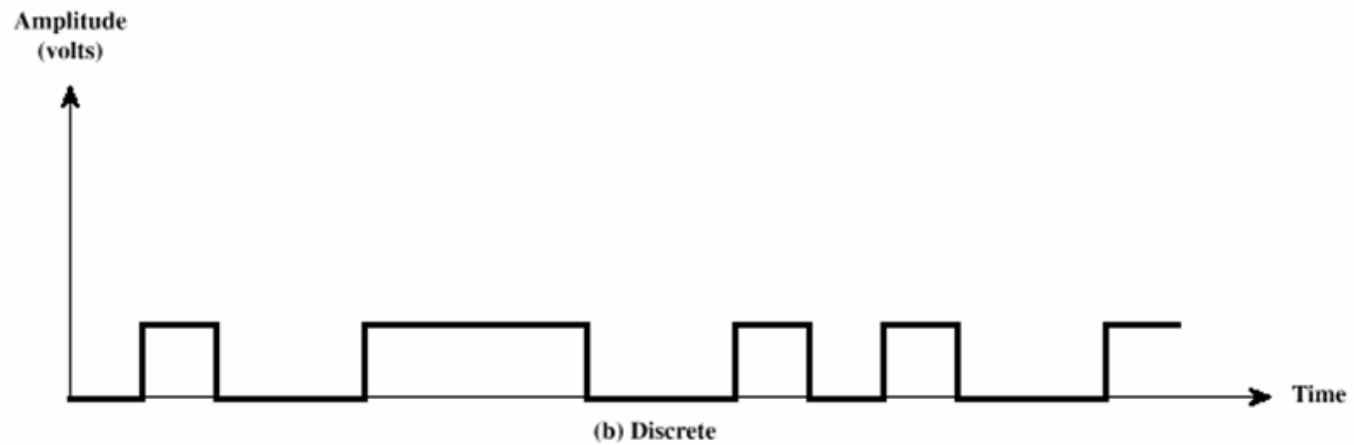
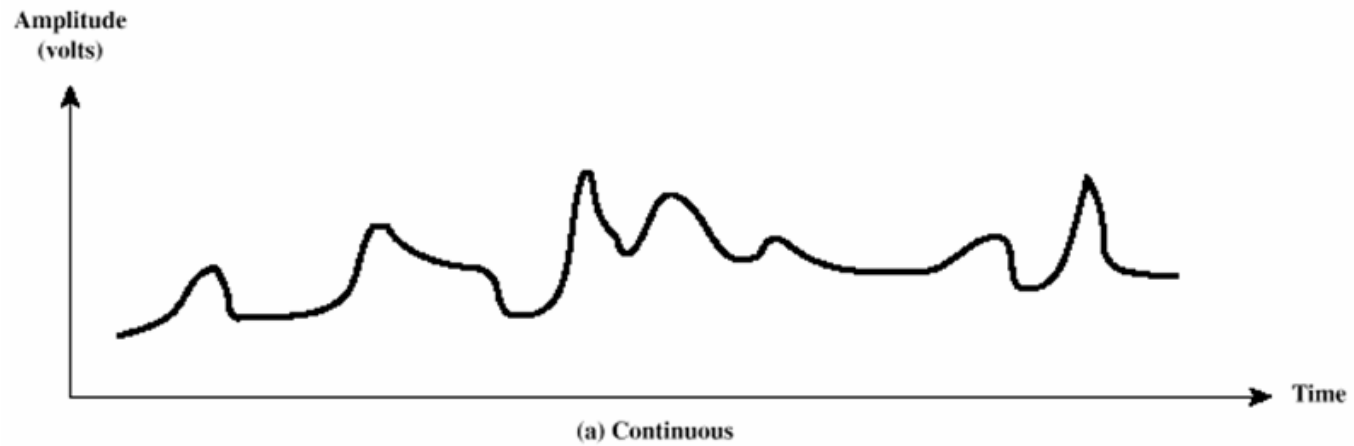
■ Περιοδικό ή Μη περιοδικό

■ Για περιοδικό σήμα  $s(t + T) = s(t)$   $-\infty < t < +\infty$



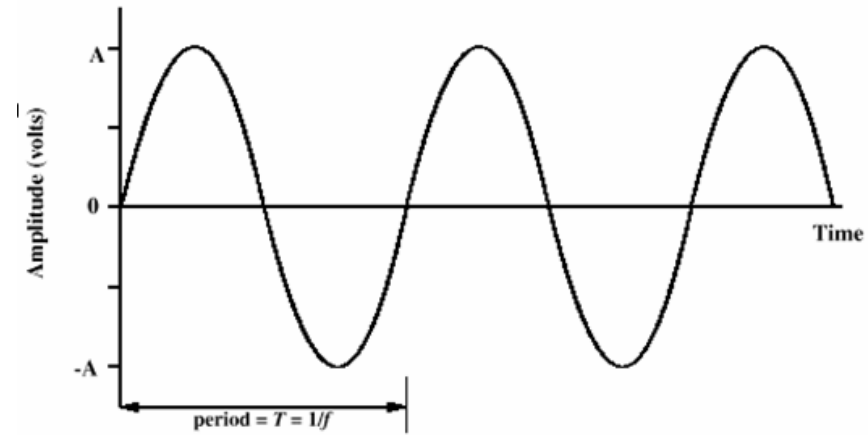
ΤΕΙ ΣΕΡΡΩΝ  
Τμήμα Πληροφορικής & Επικοινωνιών  
ΤΟΜΕΑΣ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ ΚΑΙ ΔΙΚΤΥΩΝ

# ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

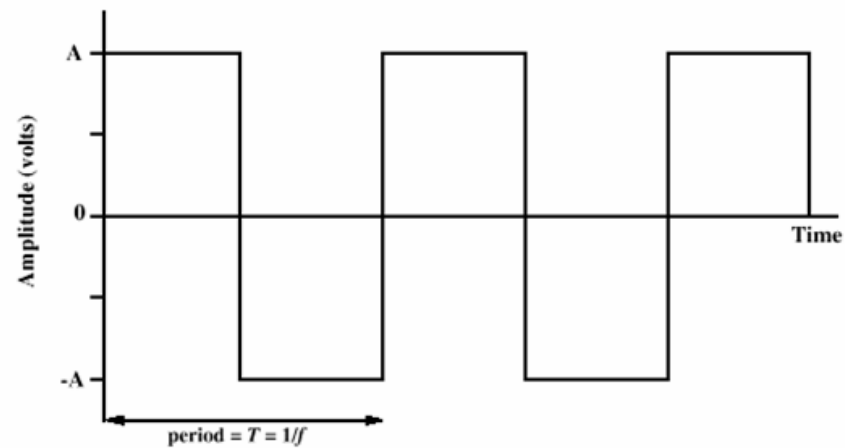




# ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ



(a) Sine wave







## ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

■ Το ημιτονικό σήμα είναι ένα βασικό σήμα στις επικοινωνίες. Τα χαρακτηριστικά του είναι:

- Μέγιστο Πλάτος (**A**) είναι η μέγιστη ένταση του σήματος σε volts
- Συχνότητα (**f**) είναι ο ρυθμός μεταβολής του σήματος σε Hertz (Hz)
- Περίοδος (**T**) είναι ο χρόνος που απαιτείται για μια πλήρη μεταβολή του σήματος
  - $T = 1/f$
- Φάση ( **$\varphi$** ) είναι η σχετική θέση του σήματος στο χρόνο

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



## ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

■ Μήκος κύματος ( $\lambda$ ) είναι η απόσταση που διανύει το σήμα σε έναν κύκλο

■  $\lambda = vT$

■  $\lambda f = v$

Όπου  $v$  η ταχύτητα διάδοσης του σήματος

Εφαρμογή: Ημιτονικό σήμα έχει συχνότητα 1KHz και διαδίδεται με την ταχύτητα του φωτός. Να υπολογίσετε την περίοδο και το μήκος κύματος του. Δίνεται  $c = 3 \cdot 10^8$  m/s



## ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

- Γιατί το ημιτονικό σήμα είναι τόσο βασικό στις επικοινωνίες ?
  - Κάθε σήμα αποτελείται από την επαλληλία ημιτονικών σημάτων διαφόρων συχνοτήτων (Ανάλυση Fourier)
  - Οι συχνότητες των συνιστωσών αυτών είναι ακέραια πολ/σια της κύριας συχνότητας
  - Η περίοδος του σήματος είναι αυτή της κύριας συχνότητας



Παράδειγμα:

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

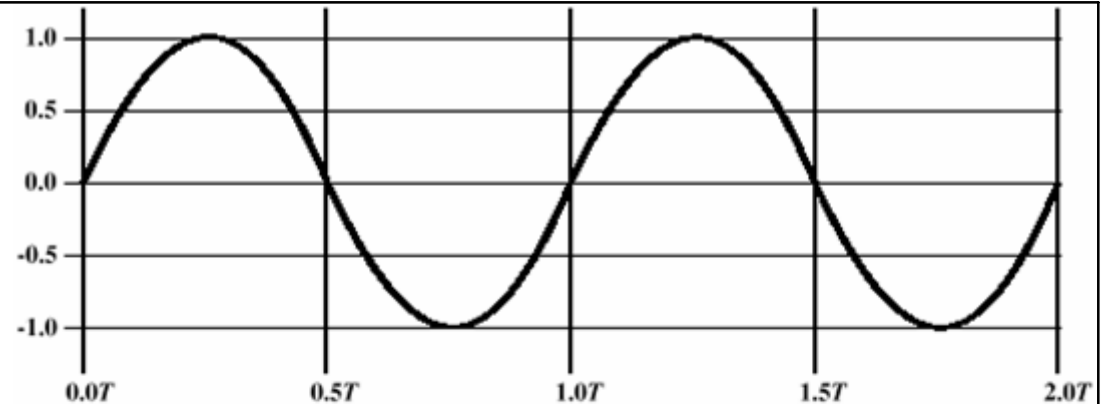
Αποτελείται από 2 ημιτονικά σήματα  
συχνότητας:

- $f$
- $3f$

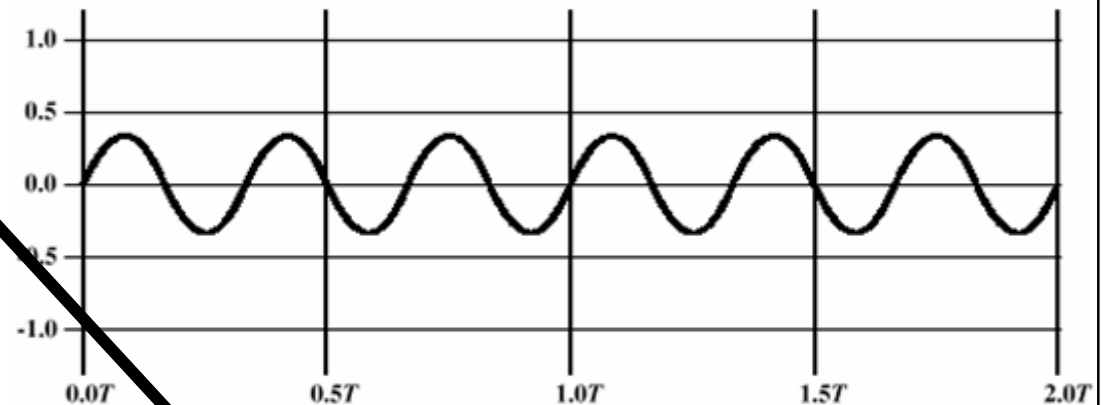
Η  $f$  ονομάζεται κύρια συχνότητα

Οι συχνότητες των συνιστωσών είναι  
ακέραια πολ/σια της κύριας συχνότητας

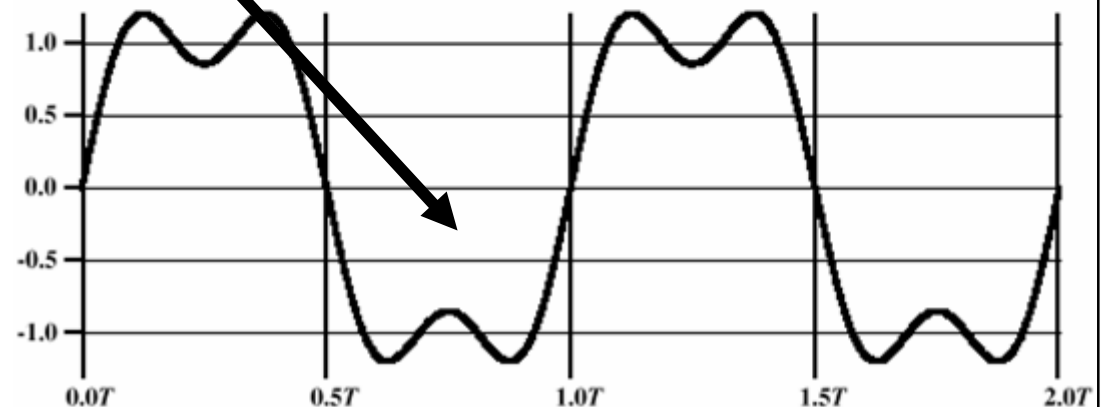
Η περίοδος του συνολικού σήματος είναι  
αυτή της κύριας συχνότητας

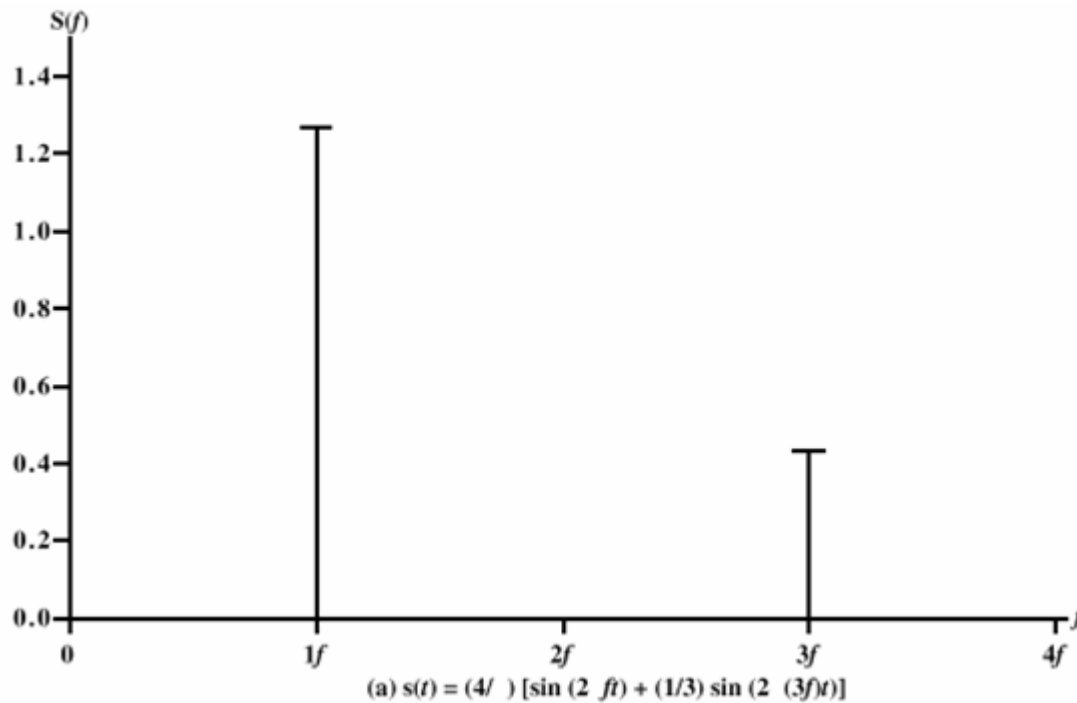


(a)  $\sin(2\pi ft)$



(b)  $(1/3)\sin(2\pi(3f)t)$





Αναπαράσταση στο πεδίο της συχνότητας του προηγούμενου σήματος

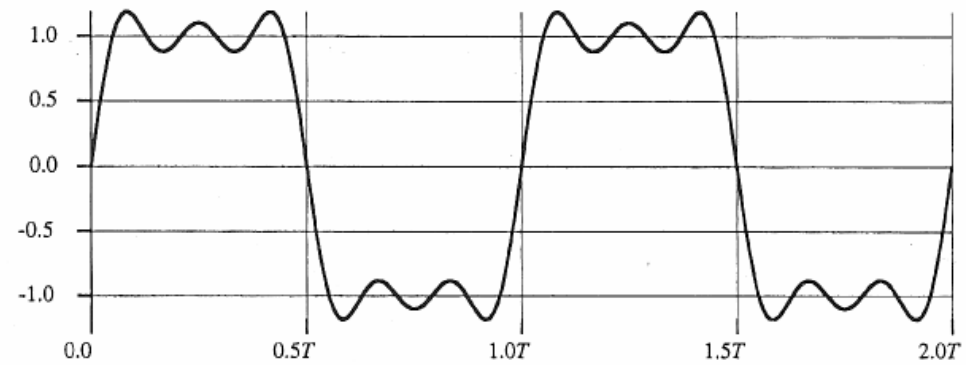
Φάσμα ενός σήματος είναι το εύρος συχνοτήτων που περιέχει. (από  $1f$  έως  $3f$  στο σχήμα)

Απόλυτο Εύρος Ζώνης είναι το εύρος του φάσματος ( $3f - 1f = 2f$  στο σχήμα)

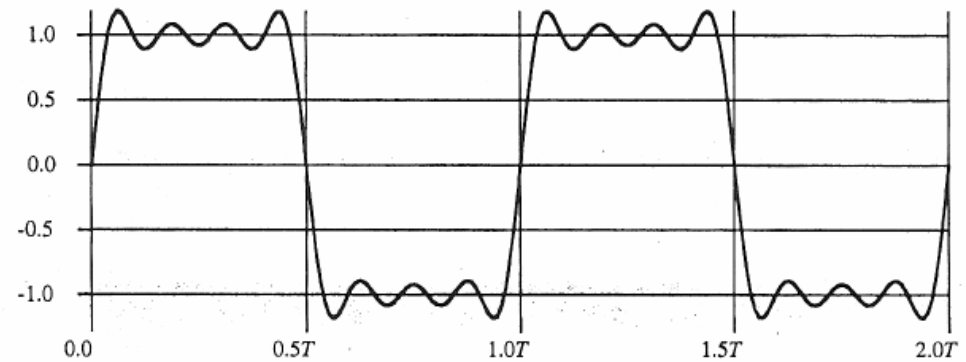
(Ενεργό) Εύρος Ζώνης είναι το στενό εύρος ζώνης που περιέχει την περισσότερη ενέργεια του σήματος



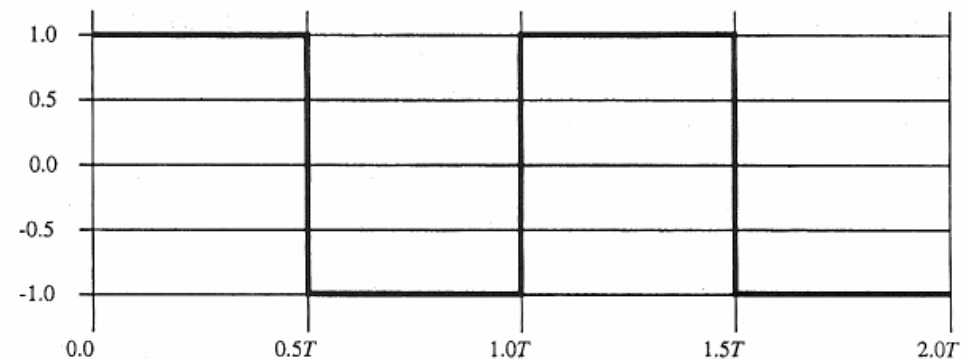
- Ένας τετραγωνικός παλμός έχει άπειρες ημιτονικές συνιστώσες και άπειρο εύρος ζώνης
- Το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειάς του όμως βρίσκεται στις πρώτες συνιστώσες
- Έτσι μπορεί να προσεγγιστεί ικανοποιητικά με τις 3 πρώτες συνιστώσες και άρα να μεταδοθεί μέσα από ένα μέσο μετάδοσης με πεπερασμένο εύρος ζώνης



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

Συνιστώσες Συχνοτήτων Τετραγωνικού Κύματος ( $T = 1/f$ )



## ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

- Σχέση μεταξύ Εύρους Ζώνης και Ρυθμού Μετάδοσης
  - Όσο υψηλότερος είναι ο ρυθμός δεδομένων ενός σήματος τόσο μεγαλύτερο είναι το ενεργό εύρος ζώνης του
  
  - Όσο μεγαλύτερο είναι το εύρος ζώνης ενός συστήματος μετάδοσης τόσο υψηλότερος είναι ο ρυθμός δεδομένων που μπορεί να μεταδοθεί από το σύστημα

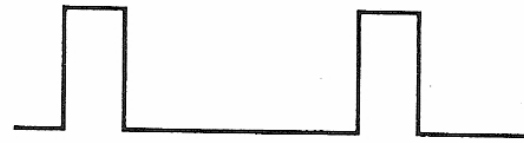


ΤΕΙ ΣΕΡΡΩΝ  
Τμήμα Πληροφορικής & Επικοινωνιών  
ΤΟΜΕΑΣ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ ΚΑΙ ΔΙΚΤΥΩΝ

Bits: 0 1 0 0 0 0 1 0 0

Παλμοί πριν τη μετάδοση:

Ρυθμός δυαδικών ψηφίων,  
2000 bit το δευτερόλεπτο

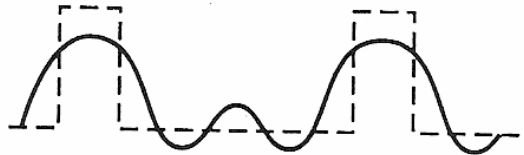


Παλμοί μετά την μετάδοση

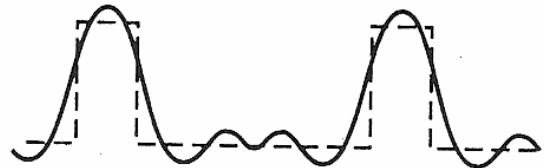
Εύρος ζώνης 500Hz



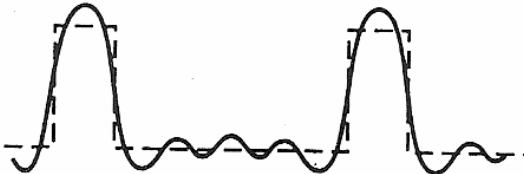
Εύρος ζώνης 900Hz



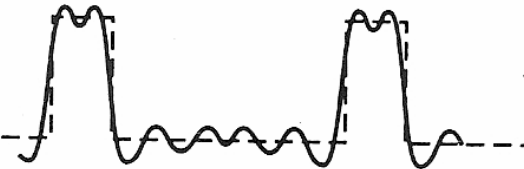
Εύρος ζώνης 1300Hz



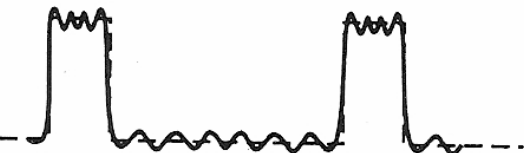
Εύρος ζώνης 1700Hz



Εύρος ζώνη 2500Hz



Εύρος ζώνη 4000Hz



Επίδραση του Εύρους Ζώνης σε ένα Ψηφιακό Σήμα





## ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

■ Ρυθμός μετάδοσης (bit rate) στα ψηφιακά σήματα μετριέται σε bps (bit per second)

■ Ρυθμός σειριακής μετάδοσης:  $S = \frac{1}{T} \log_2 M$

- $S$  ο ρυθμός μετάδοσης
- $T$  διάρκεια ενός bit
- $M$  τα επίπεδα του ψηφιακού σήματος

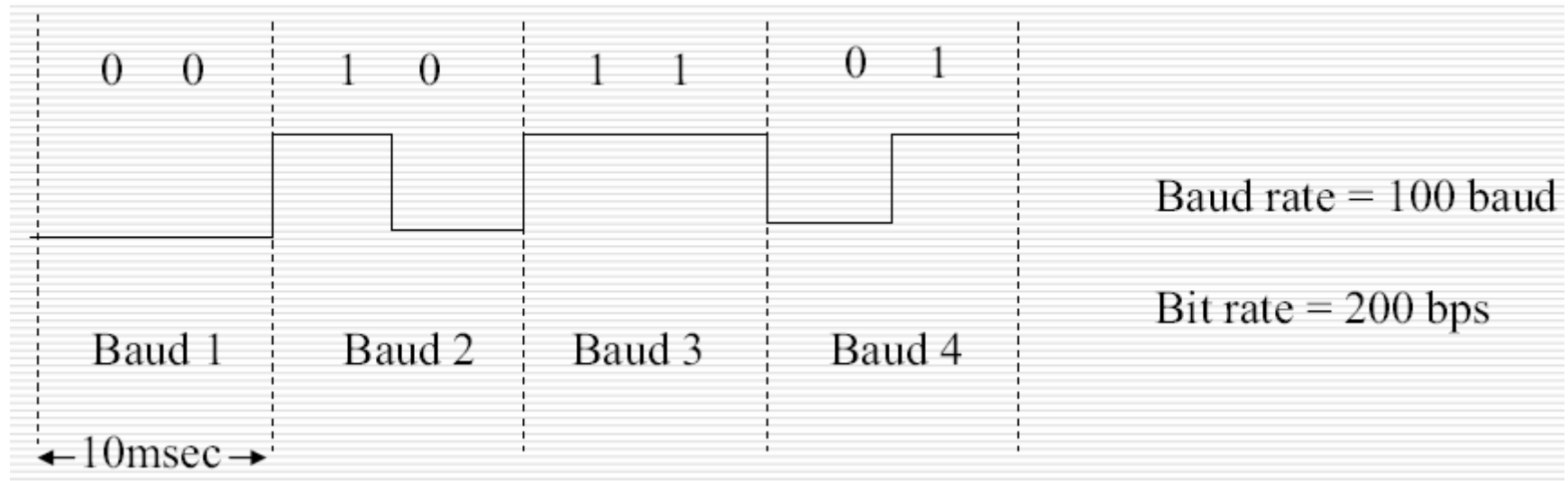
■ Ρυθμός παράλληλης μετάδοσης:  $S = \frac{K}{T} \log_2 M$

- $K$  ο αριθμός των καναλιών μετάδοσης



## ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

- Ρυθμός μετάδοσης συμβόλων (baud rate) στα ψηφιακά σήματα μετριέται σε baud. Ισχύει  $\text{baud rate} \leq \text{bit rate}$





## ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

- Ρυθμός μετάδοσης πληροφορίας (Information Transfer Rate) στα ψηφιακά σήματα μετριέται σε **bps** και αναφέρεται στο ρυθμό μετάδοσης καθαρής πληροφορίας
  - Αν σε 1 sec μεταδίδονται 10 bit εκ των οποίων τα 2 είναι stop bits και το 1 start bit τότε το bit rate είναι 10 bps και το Information Transfer Rate είναι 7 bps



## ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

- Χωρητικότητα Καναλιού  $C$  είναι ο μέγιστος ρυθμός μετάδοσης που μπορεί να επιτευχθεί σε ένα κανάλι μετάδοσης.
- Τύπος Nyquist για κανάλια χωρίς θόρυβο:  $C = 2 B \log_2 M$ 
  - $B$  το εύρος ζώνης του καναλιού
  - $M$  τα επίπεδα του ψηφιακού σήματος (για  $M=2 \rightarrow C=2B$ )
- Παράδειγμα 1: Σε κανάλι μετάδοσης φωνής χωρίς θόρυβο εύρους  $B=3.100$  Hz χρησιμοποιείται modem για μετάδοση ψηφιακών δεδομένων. Να υπολογίσετε τη χωρητικότητα του καναλιού για  $M=2$  και  $M=8$  (Απ: 6.200 bps & 18.600 bps)
- Παράδειγμα 2: Σε κανάλι μετάδοσης χωρίς θόρυβο θέλουμε να έχουμε μέγιστο ρυθμό μετάδοσης 9.600 bps. Ποιο είναι το απαραίτητο εύρος ζώνης αν μεταδίδονται σύμβολα των 4 bits; (Απ:  $M=16$  &  $B=1.200$  Hz)



## ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

- Τύπος Shannon-Hartley για κανάλια με θόρυβο:  $C = B \log_2(1 + \text{SNR})$ 
  - $B$  το εύρος ζώνης του καναλιού
  - $\text{SNR}$  ο λόγος ισχύος σήματος προς ισχύ θορύβου
  - Ισχύει  $(\text{SNR})_{\text{dB}} = 10 \log_{10} (\text{SNR})$ 
    - Για δεδομένο  $B$ , αν αυξήσω το  $\text{SNR}$  μπορώ να αυξήσω τη χωρητικότητα του καναλιού
    - Ο τύπος Shannon-Hartley λαβαίνει υπόψη μόνο λευκό θόρυβο
    - Δεν μπορώ να αυξήσω την ισχύ σήματος πάνω από ένα όριο λόγω μη γραμμικότητας του καναλιού και αύξησης της παραμόρφωσης
    - Αύξηση του  $B$  μειώνει το  $\text{SNR}$  καθώς εισάγει πρόσθετο θόρυβο



## ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

- Παράδειγμα 1: Σε τυπική τηλεφωνική σύνδεση με εύρος ζώνης  $B=3$  KHz και  $SNR=1.000$ :
  - Να υπολογιστεί η χωρητικότητα του καναλιού (Απ: 30 KBps)
  - Πόση είναι η χωρητικότητα του καναλιού αν  $(SNR)_{db}=40db$ ; (Απ: ~39KBps)
  
- Παράδειγμα 2: Σε κανάλι μετάδοσης με θόρυβο το φάσμα του είναι μεταξύ 3 MHz και 4 MHz και  $(SNR)_{db}=30db$ .
  - Ποια είναι η χωρητικότητα του καναλιού αυτού; (Απ: 10 MBps)
  - Πόσα επίπεδα ψηφιακού σήματος είναι απαραίτητα για την επίτευξη της χωρητικότητας αυτής; (Απ:  $M=32$ )
  
- Παράδειγμα 3: Να υπολογιστεί ο χρόνος μετάδοσης μιας έγχρωμης φωτογραφίας διαστάσεων 800 X 600 pixels με βάθος χρώματος 8 bits σε κανάλι με  $B=3$  KHz και  $SNR=1.000$  (Απ: 128 sec)



# ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

- Προβλήματα μετάδοσης
  - Εξασθένιση
  - Παραμόρφωση καθυστέρησης
  - Θόρυβος
    - Θερμικός
    - Ενδοδιαμόρφωσης
    - Συνακρόασης
    - Κρουστικός
    - Κβαντοποίησης



# ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

## ■ Εξασθένιση

- Η ισχύς του σήματος μειώνεται με την απόσταση
- Εξαρτάται από το μέσο μετάδοσης
- Είναι αύξουσα συνάρτηση της συχνότητας, προκαλώντας παραμόρφωση εξασθένισης, σημαντική στα αναλογικά σήματα
- Αντιμετωπίζεται με χρήση ενισχυτών, αναμεταδοτών, ισοστάθμισης και ενισχυτών που ενισχύουν περισσότερο τις υψηλές συχνότητες

■ Ισχύει  $(A)_{db} = -10 \log_{10} \frac{P_{in}}{P_{out}}$

- Παράδειγμα: Σε ένα καλώδιο η ισχύς εισόδου του σήματος είναι 1 W και η ισχύς εξόδου σε απόσταση 1 Km είναι 0.5 W. Να υπολογιστεί η εξασθένιση του σήματος σε db/Km (Απ: 3 db/Km)

- Άσκηση: Μια τηλεφωνική γραμμή έχει εξασθένιση 20 dB. Αν η ισχύς του σήματος εισόδου είναι 0.5 W και το επίπεδο θορύβου στην έξοδο είναι 4.5  $\mu$ W, υπολογίστε το SNR<sub>dB</sub> στην έξοδο





## ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

- Παραμόρφωση καθυστέρησης
  - Υπάρχει μόνο στα καθοδηγούμενα μέσα
  - Η ταχύτητα διάδοσης ποικίλει με τη συχνότητα
  - Είναι ιδιαίτερα σημαντική για τα ψηφιακά σήματα και περιορίζει το ρυθμό μετάδοσης
  - Αντιμετωπίζεται με ισοστάθμιση



## ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

- Θόρυβος=Ανεπιθύμητα σήματα που εισέρχονται στο μέσο μετάδοσης από διάφορες αιτίες
  - Θερμικός ή Λευκός θόρυβος (Thermal/White Noise)
    - Οφείλεται στη θερμική κίνηση των ηλεκτρονίων, είναι συνάρτηση της θερμοκρασίας, απλώνεται σε όλες τις συχνότητες
    - Δεν αντιμετωπίζεται
    - Πυκνότητα ισχύος θερμικού θορύβου (W/Hz)  $N_o = kT$   
όπου  $k$  η σταθερά Boltzmann ( $1,3803 \times 10^{-23}$  J/°K) και  $T$  η θερμοκρασία σε βαθμούς Kelvin
  - Παράδειγμα: Να υπολογιστεί η πυκνότητα ισχύος του θερμικού θορύβου σε θερμοκρασία 17°C ( $A_{\pi}=4 \times 10^{-21}$  W/Hz)



# ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

- **Θόρυβος ενδοδιαμόρφωσης (Intermodulation Noise)**
  - Εμφανίζεται όταν σήματα διαφορετικών συχνοτήτων μοιράζονται το ίδιο μέσο μετάδοσης
  - Ο θόρυβος έχει συχνότητα το άθροισμα ή τη διαφορά των συχνοτήτων
  - Οφείλεται στη μη γραμμικότητα των μέσων
  
- **Θόρυβος συνακρόασης (Crosstalk Noise)**
  - Είναι μια ανεπιθύμητη επαγωγή μεταξύ γειτονικών καναλιών
  
- **Κρουστικός Θόρυβος (Impulse Noise)**
  - Απρόβλεπτος, μη συνεχής, αποτελούμενος από αιχμές ή παλμούς μικρής διάρκειας αλλά μεγάλης έντασης
  - Οφείλεται σε αστραπές, κεραυνούς, ελαττώματα των συσκευών κ.α.
  - Μικρή επίδραση στα αναλογικά σήματα
  - Μεγάλη επίδραση στα ψηφιακά σήματα



ΤΕΙ ΣΕΡΡΩΝ  
 Τμήμα Πληροφορικής & Επικοινωνιών  
 ΤΟΜΕΑΣ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ ΚΑΙ ΔΙΚΤΥΩΝ

Εκπεμπόμενα  
 δεδομένα:

0 1 0 1 1 0 0 1 1 0 0 1 0 1 0

Σήμα:



Θόρυβος:



Θόρυβος  
 συν το σήμα:



Χρόνοι  
 δειγματοληψίας:



Δεδομένα λήψης:

0 1 0 1 1 0 1 1 1 0 0 1 0 1 0

Αρχικά δεδομένα:

0 1 0 1 1 0 0 1 1 0 0 1 0 0 0

Εσφαλμένα Bit

Η Επίδραση του Θορύβου σε ένα Ψηφιακό Σήμα