

# ΔΙΚΤΥΑ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

7<sup>ο</sup>-9<sup>ο</sup> εξαμήνου ΣΕΜΦΕ

# Δίκτυα Επικοινωνιών (7<sup>ο</sup>, ΣΕΜΦΕ)

## Διδάσκοντες:

Καθ.	Μ. Θεολόγου	theolog@cs.ntua.gr	210-7722532
Καθ.	Ν. Μήτρου	mitrou@softlab.ntua.gr	210-7721639

## Ιστοσελίδα μαθήματος:

<http://pyrros.cs.ntua.gr/diktya-semfe>

# Τηλεπικοινωνίες: σύντομη αναδρομή

# Οι τηλεπικοινωνίες στους αρχαίους \*

- Φρυκτωρίες (φρυκτός + ώρα)  
μεταβίβαση μηνυμάτων με φωτιές
- Οπτικός τηλεγράφος  
(Κλεοξένης - Δημόκλειτος, 350 π.Χ)

δύο πυρσοί ↓

P =

A	B	Γ	Δ	E
Z	H	Θ	I	K
Λ	M	N	Ξ	O
Π	P	Σ	T	Υ
Φ	X	Ψ	Ω	

τέσσερεις πυρσοί →

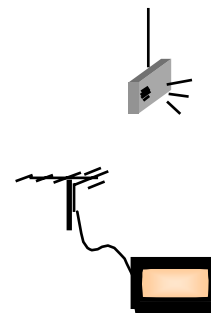
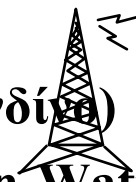
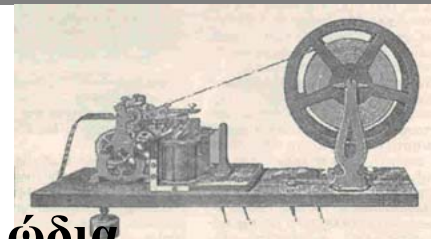


(\*) Δες:

- Μουσείο ΟΤΕ
- Χρ. Λάζος, Τηλεπικοινωνίες των Αρχαίων Ελλήνων, Αίολος, 1997

# Τα ιστορικά βήματα στις τηλεπικοινωνίες

- 1839 Τηλέγραφος (Cooke, Wheatstone)
- 1844 Κώδικας Morse ( -- )
- 1850-1860 Πρώτα Υποβρύχια Τηλεγραφικά καλώδια
- 1876 Τηλέφωνο (A. G. Bell, E. Gray)
- 1879 Πρώτο τηλεφωνικό κέντρο (PBX)
- 1896 Ασύρματη μετάδοση (Marconi)
- 1916-1920 Πρώτες Ραδιοφωνικές εκπομπές
- 1926-1936 Πειράματα τηλεόρασης
- 1936 Πρώτες δοκιμαστικές εκπομπές TV (Λονδίνο)
- 1935 Πρώτο πρακτικό RADAR (Sir R. Watson-Watt)
- 1954 Πρώτο standard έγχρωμης τηλεόρασης (NTSC)
- 1960 Πρώτος τηλεπ. Δορυφόρος (Echo I)



# Τα ιστορικά βήματα στις τηλεπικοινωνίες (συνέχεια)

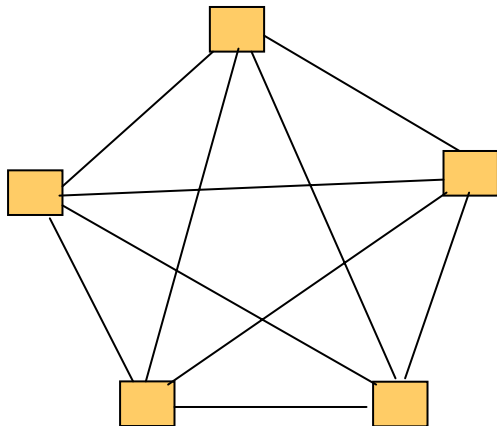
- 1962 Πρώτα ψηφιακά συστήματα μετάδοσης TDM
- 1966 Πρόταση χρήσης οπτικών ινών (K.C. Kao, G.A. Hockman)
- 1970- ARPANET: το πρώτο δίκτυο υπολογιστών
- 1970- Ψηφιακά συστήματα επικοινωνιών
- 1980- Πρώτα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας
- 1980- Δίκτυα καλωδιακής τηλεόρασης
- 1990- Διαδίκτυο (Internet) - Εφαρμογή World Wide Web
- 2000- Δίκτυα Ολοκληρωμένων υπηρεσιών

# Δίκτυα επικοινωνιών: επισκόπηση

# Όρισμός - Αναγκαιότητα Δικτύων

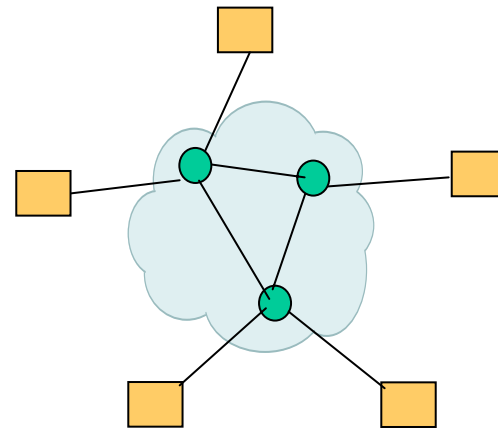
Δίκτυο: Υποδομή για τη διασύνδεση απομακρυσμένων οντοτήτων και τη μεταφορά μεταξύ αυτών αγαθών, πληροφορίας, ...

- Δίκτυα Συγκοινωνίας & Μεταφορών
- Δίκτυα Επικοινωνίας
- ...



Ιδιωτικοί σύνδεσμοι (p.to.p)

$$\text{Πλήθος} = \frac{N(N-1)}{2} \quad (\sim N^2)$$



Κοινόχρηστη υποδομή



# Δίκτυα επικοινωνιών

## Δίκτυο

- Τηλεφωνικό
- Καλωδιακής TV
- Υπολογιστών
- Ολοκληρωμένων Υπ.

## Υπηρεσία

- Τηλεφωνία
- Διανομή προγραμ. Video
- Ανταλλαγή δεδομένων
- πολλές / όλες

# Ψηφιακά Δίκτυα Επικοινωνιών

Δίκτυα ανταλλαγής πληροφορίας σε ψηφιακή μορφή (ακολουθίες δυαδικών ψηφίων)

- **Σύνδεσμοι**: δίαυλοι ψηφιακής μετάδοσης
- **Κόμβοι**: υλικό (hardware) – λογισμικό (software) δρομολόγησης & μεταγωγής

# Ψηφιακή τεχνολογία

- Παράσταση της πληροφορίας υπό μορφή ψηφίων (δυαδικών ψηφίων: **0** , **1**)
- Αποθήκευση των δ.ψ. σε ηλεκτρονικά στοιχεία δύο καταστάσεων (π.χ. τρανζίστορς)
- Ταχύτατη μηχανική επεξεργασία με ψηφιακούς Ηλεκτρονικούς Υπολογιστές

# Η Ψ.Τ. Στις τηλεπικοινωνίες

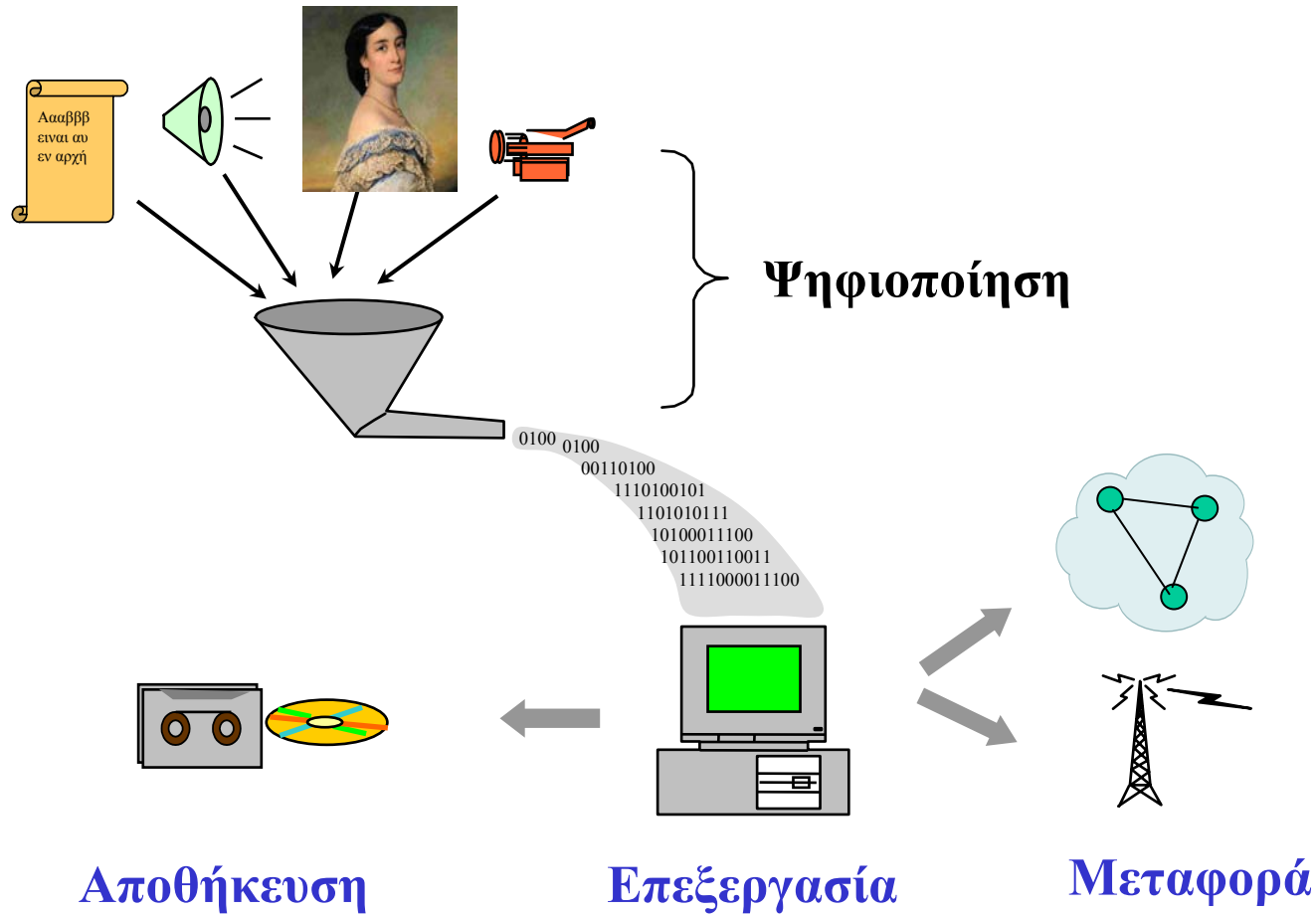
## Η ψηφιακή τεχνολογία επέτρεψε:

- Εισαγωγή νέων υπηρεσιών, αναβάθμιση παλαιών
- Ενοποίηση υπηρεσιών
- Σύγκλιση με άλλες περιοχές (πληροφορικής, ελέγχου) και μείωση κόστους λόγω οικονομίας κλίμακας

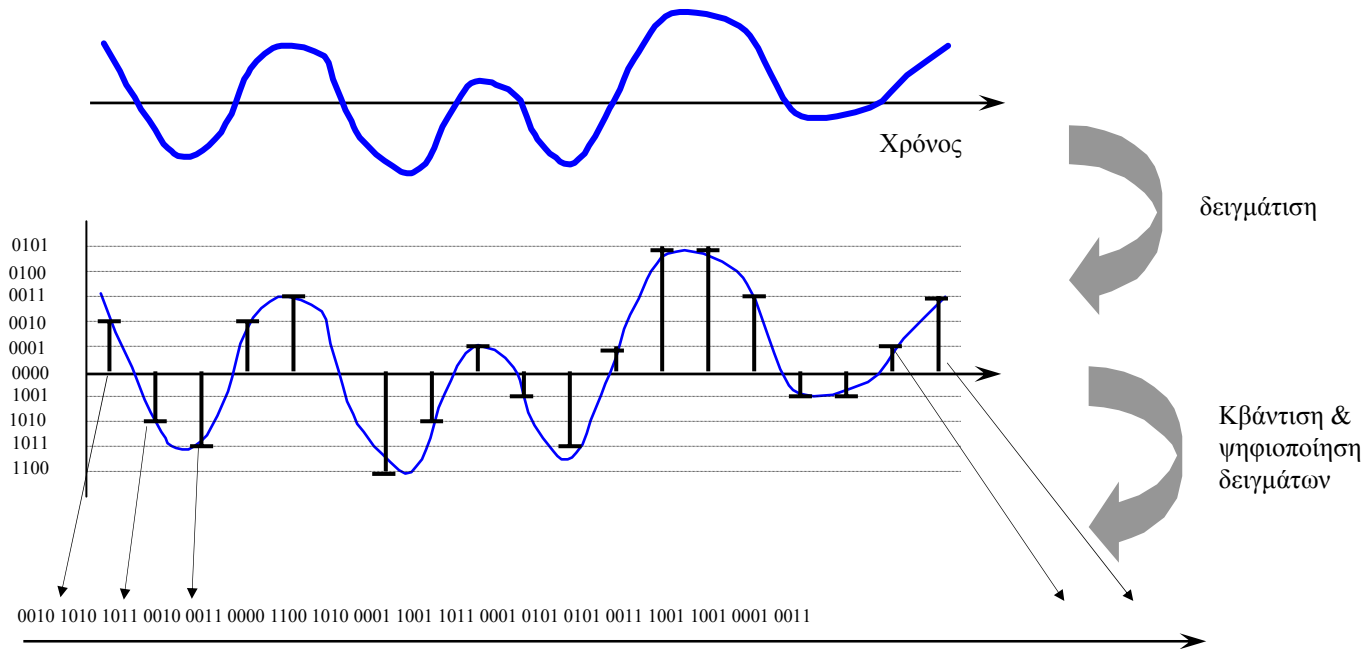
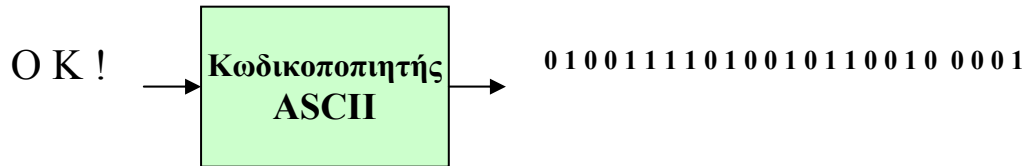
## Ειδικότερα στις τηλεπικοινωνίες:

- Χρήση κωδίκων για
  - κρυπτογράφηση της πληροφορίας → μεγαλύτερη ασφάλεια
  - διόρθωση λαθών → καλύτερη ποιότητα
  - συμπίεση της πληροφορίας → οικονομία

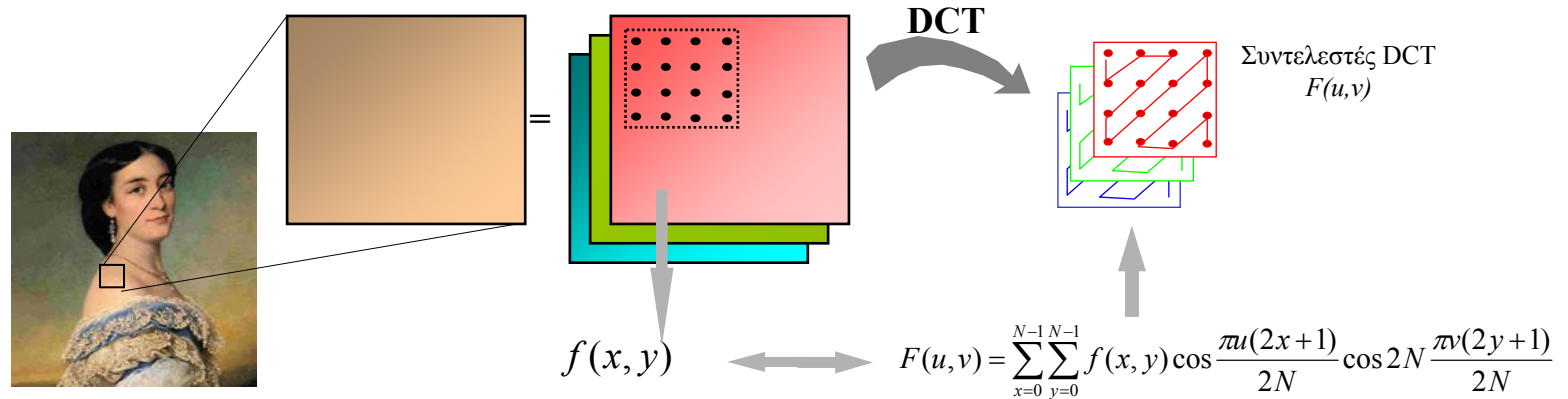
# Ψηφιοποίηση, ενοποίηση υπηρεσιών



# Ψηφιοποίηση αναλογικής & διακριτής πηγής



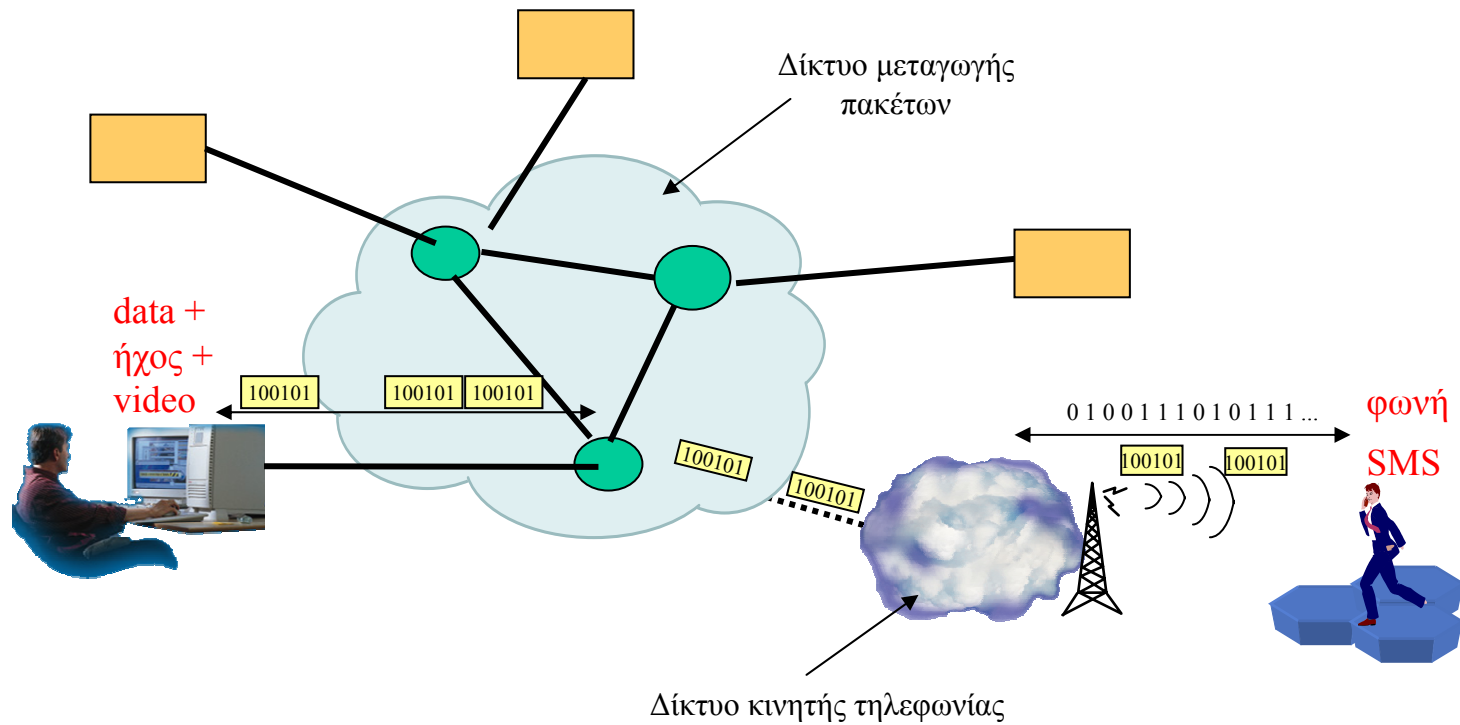
# Ψηφιοποίηση/συμπίεση εικόνας



## ΒΗΜΑΤΑ

- Χωρισμός εικόνας σε Blocks NxN (π.χ. 8 x 8)
- Υπολογισμός συντελεστών μετασχηματισμού (για κάθε block)
- Κβάντιση των συντελεστών (αυξανόμενο με τη συχνότητα βήμα)
- Κωδικοποίηση των συντελεστών DC με κώδικα μεταβλ. μήκους
- Σάρωση zig-zag και κωδικοποίηση συντελεστών AC (Run-length, Huffman)

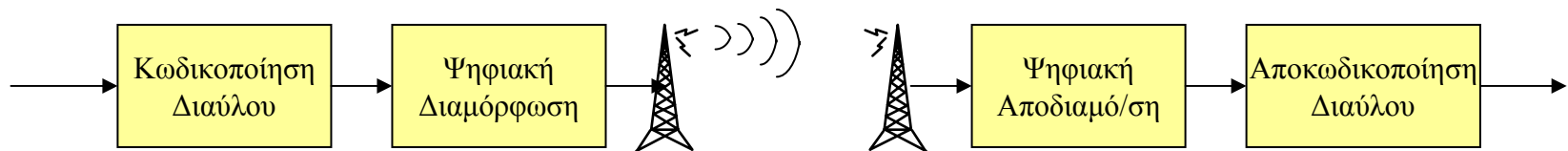
# Συνεχείς Ροές & πακέτα δεδομένων





# Ψηφιακή μετάδοση

## Βασικές λειτουργίες



- **Κωδικοποίηση διαύλου (channel coding):** Επεξεργασία της ψηφιακής ακολουθίας για δυνατότητα αποκατάστασης λαθών (π.χ. προσθήκη bits ισοτιμίας)
- **Ψηφιακή διαμόρφωση (digital modulation):** Απεικόνιση των bits σε παλμούς κατάλληλους για μετάδοση στον δίαυλο
- **Εκπομπή-λήψη της παλμοσειράς**
- **Επεξεργασία για «βέλτιστη» αναγνώριση – αποδιαμόρφωση**
- **Αποκωδικοποίηση διαύλου**

# Παράδειγμα ΨΔ: Ψηφιακή διαμόρφωση συχνότητας

*Εκπομπή μηνύματος:*

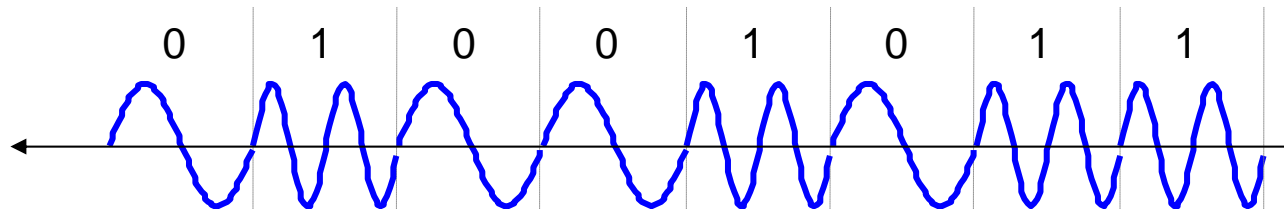
**Ο Κ !**

MSB

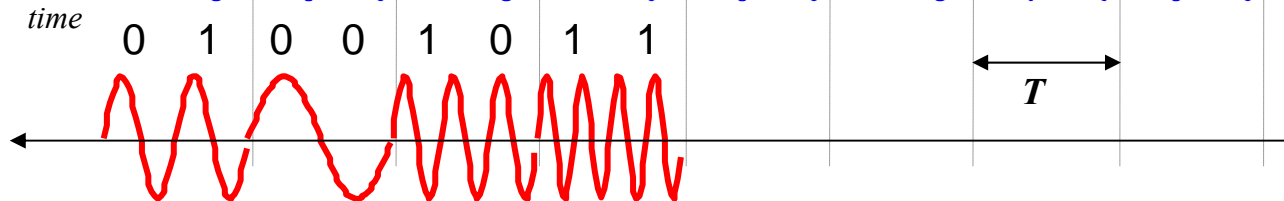
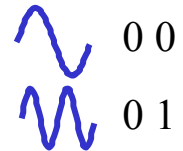
0 1 0 0 1 1 1 1 0 1 0 0 1 0 1 1 0 0 1 0 0 0 0

Δυαδική  
ακολουθία

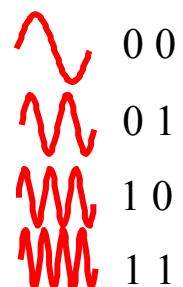
time



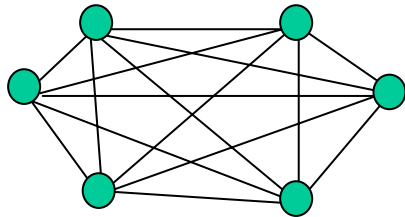
παλμοσειρά  
BFSK



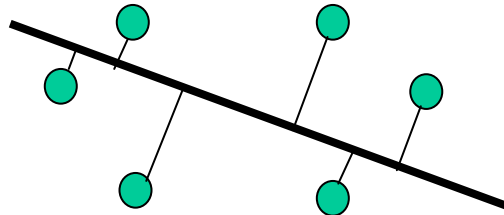
παλμοσειρά  
4FSK



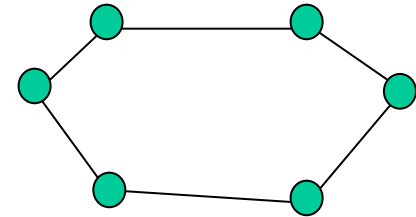
# Τοπολογίες Δικτύων



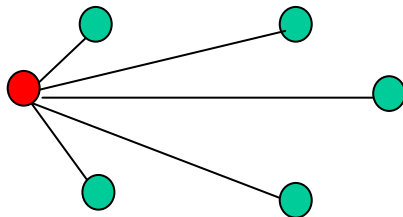
Πλήρως διασυνδεδεμένου  
(fully interconnected)



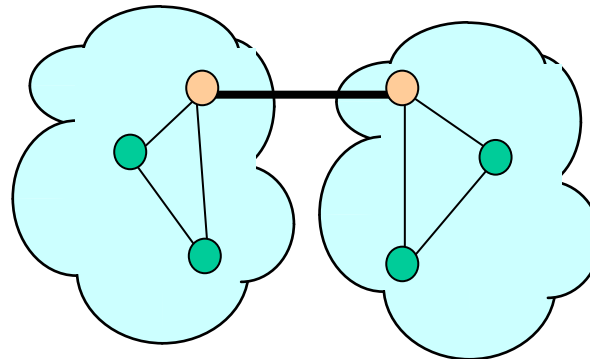
Διαδρόμου (bus)



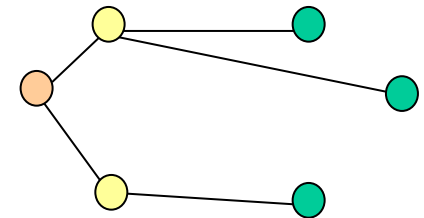
Δακτυλίου (ring)



Αστέρα (star)



Ιεραρχική (Hierarchical, εδώ 2-level)



Ιεραρχική δενδρική  
(Hierarchical, tree)

# Βασικές λειτουργίες κόμβων ΔΕ

- Πολυπλεξία (multiplexing)
  - Αποπολυπλεξία (de-multiplexing)
- Δρομολόγηση (routing)
- Μεταγωγή (switching)
- Λειτουργίες διαχείρισης

# Βασικές λειτουργίες κόμβων ΔΕ (συνέχεια)

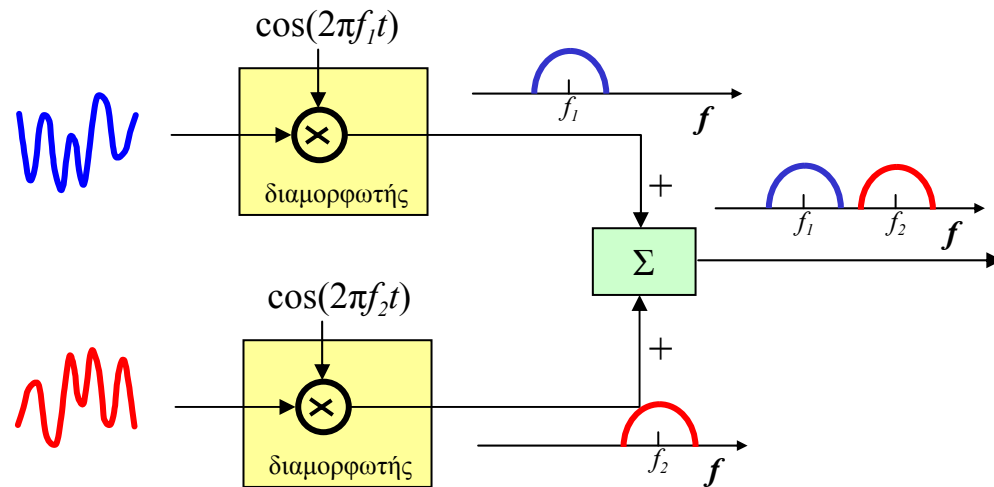
## Πολυπλεξία – αποπολυπλεξία



Η συγκέντρωση ροών σε διαύλους μεγαλύτερης χωρητικότητας καθώς «ανεβαίνουμε» το δίκτυο – upstream – και η αντίστροφη λειτουργία στην άλλη κατεύθυνση – downstream.

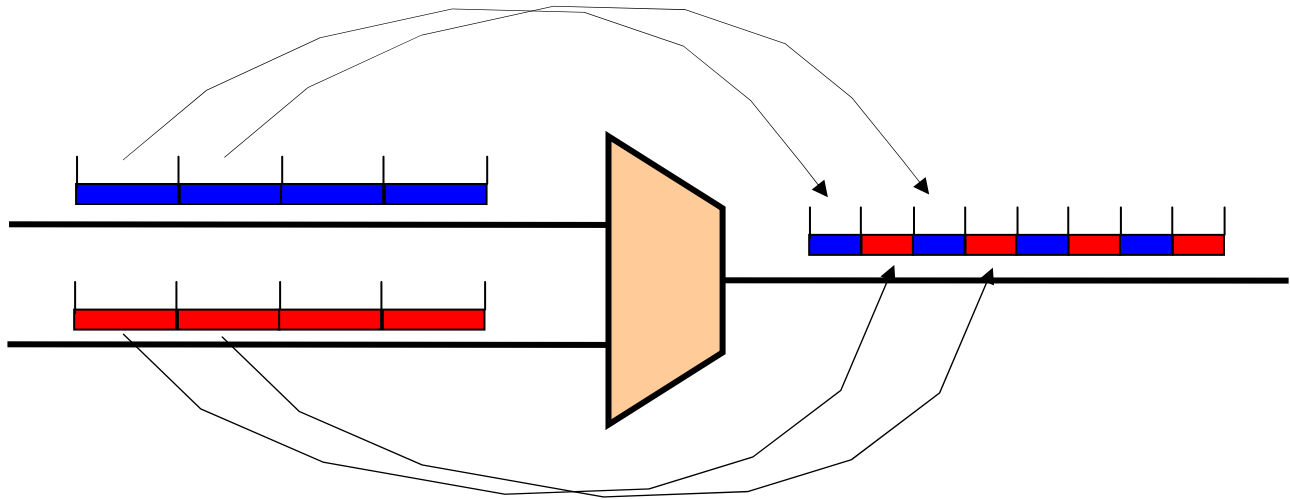
# Βασικές λειτουργίες κόμβων ΔΕ (συνέχεια)

## Πολυπλεξία διαίρεσης συχνότητας



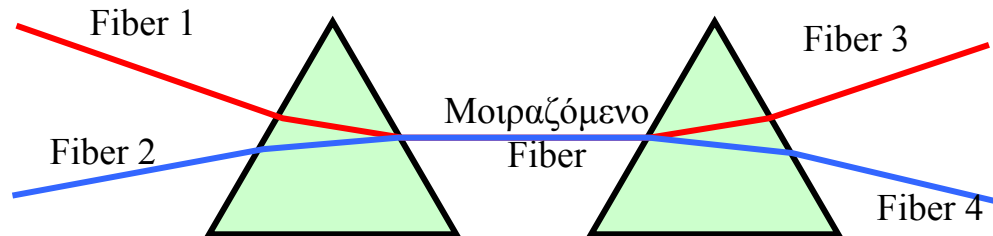
# Βασικές λειτουργίες κόμβων ΔΕ (συνέχεια)

## Πολυπλεξία διαίρεσης χρόνου (TDM)



# Βασικές λειτουργίες κόμβων ΔΕ (συνέχεια)

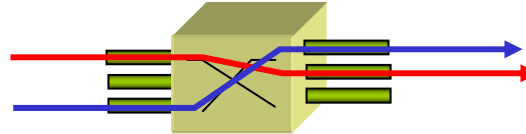
## Οπτική πολυπλεξία με διαίρεση χρώματος (Wavelength Division Multiplexing)





# Βασικές λειτουργίες κόμβων ΔΕ (συνέχεια)

## Δρομολόγηση



Είναι η λειτουργία προσδιορισμού του δρόμου (route) που πρέπει να ακολουθήσει μία ροή ή ένα πακέτο δεδομένων μέσω του δικτύου, πράγμα που θα υποδείξει και την πόρτα εξόδου σε κάθε κόμβο. Αυτό μπορεί να γίνει **ανά ροή**, σε μία φάση «εγκατάστασης» (set-up) πριν την πραγματική μεταφορά των δεδομένων, ή **ανά πακέτο**, με βάση τη διεύθυνση κόμβου προορισμού που αυτό φέρει.

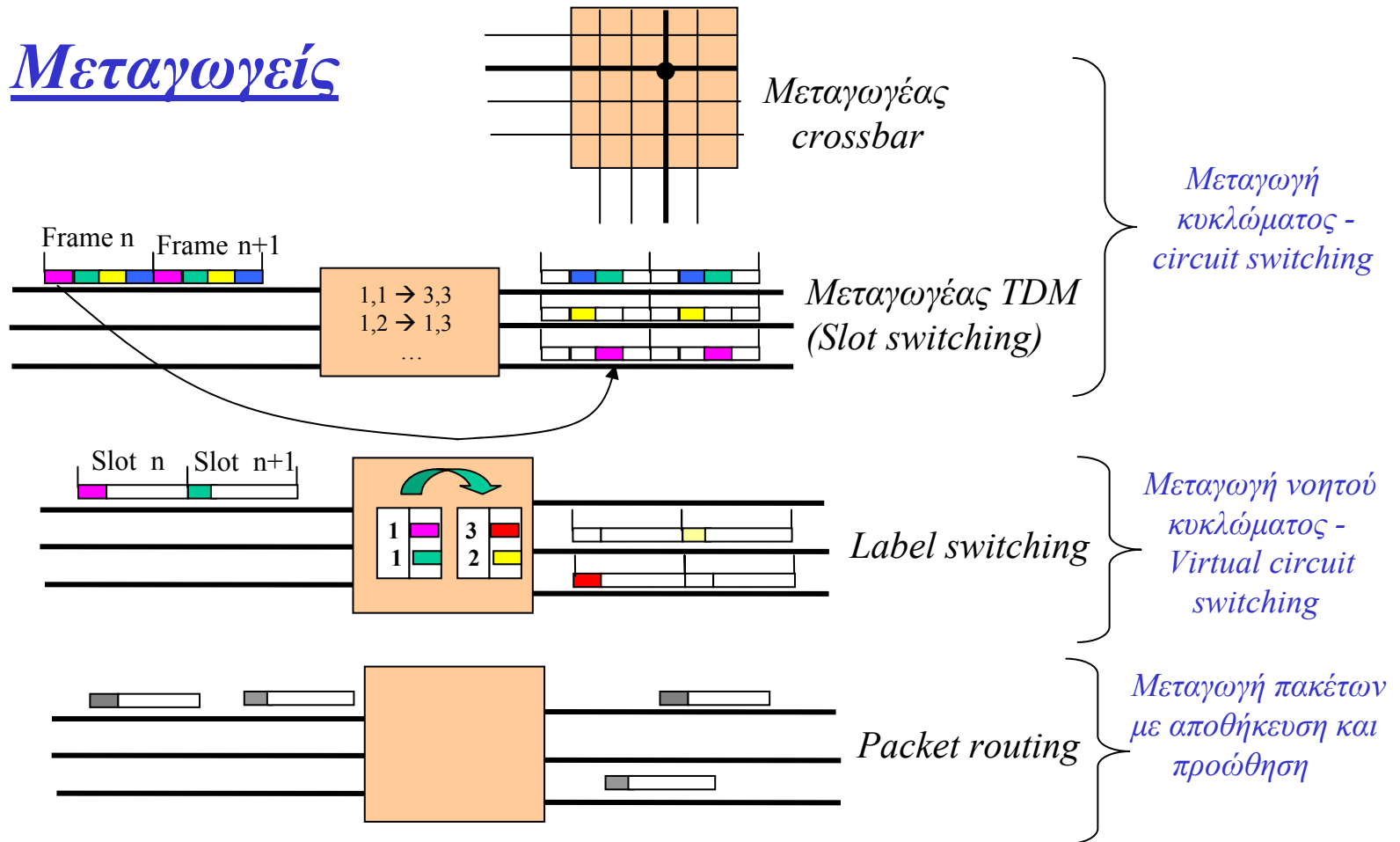
# Βασικές λειτουργίες κόμβων ΔΕ (συνέχεια)

## Μεταγωγή (switching)

Είναι η μεταφορά των δεδομένων (τμημάτων συνεχών ροών - όπως bits, bytes - ή πακέτων) σε έναν κόμβο από τη θύρα εισόδου στη θύρα εξόδου που προσδιόρισε η δρομολόγηση.

# Βασικές λειτουργίες κόμβων ΔΕ (συνέχεια)

## Μεταγωγείς



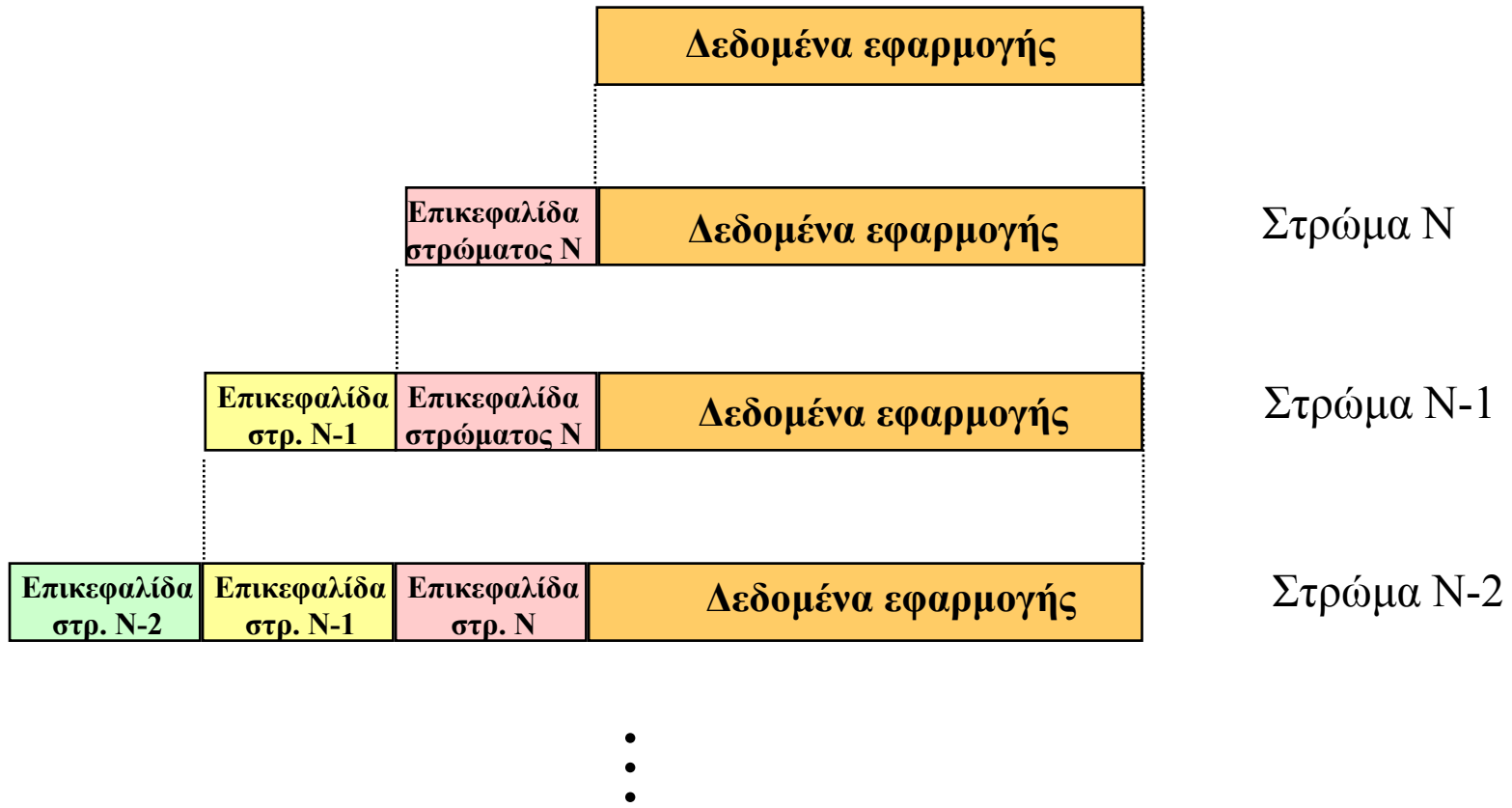
# Διεπαφές & Πρωτόκολλα

- **Διεπαφές (Interfaces):** σημεία (φυσικά ή νοητά) ανταλλαγής σημάτων / μηνυμάτων / πληροφορίας σε προδιαγεγραμμένη μορφή, π.χ.
  - Serial interface RS-232
  - TCP Application Programming Interface (TCP API)
- **Πρωτόκολλα (Protocols):** σύνολα κανόνων για την ανταλλαγή ενοτήτων πληροφορίας (Protocol Data Units - PDUs) σημαντικά και συντακτικά ορισμένων.

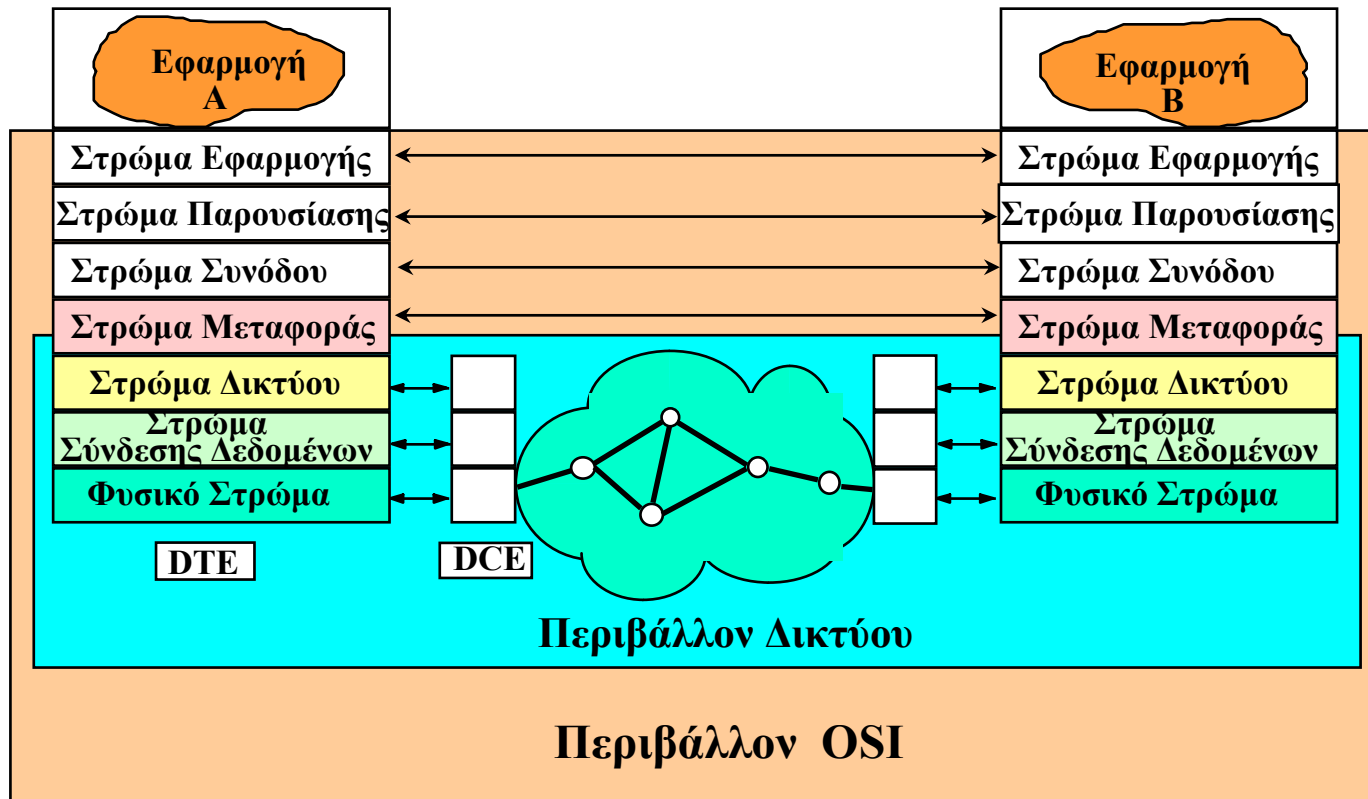
# Διαστρωμάτωση Πρωτοκόλλων

- Οι λειτουργίες ομαδοποιούνται και διαχωρίζονται σε στρώματα (layers).
- Τα όρια των στρωμάτων επιλέγονται έτσι ώστε να ελαχιστοποιείται η ανταλλασόμενη μεταξύ τους πληροφορία.
- **Απαραίτητη η διεθνής τυποποίηση των σημείων ανταλλαγής πληροφορίας (interfaces).**
- Η υλοποίηση κάθε στρώματος μπορεί να αλλάξει χωρίς να επηρεαστούν τα άλλα, αν τηρούνται τα interfaces.
- Η πολυπλεξία ροών μονάδων πληροφορίας (πακέτων) ανωτέρου στρώματος είναι βασική λειτουργία πολλών στρωμάτων.

# Η έννοια της ενθυλάκωσης (Data encapsulation)



# Αρχιτεκτονική πρωτοκόλλων OSI

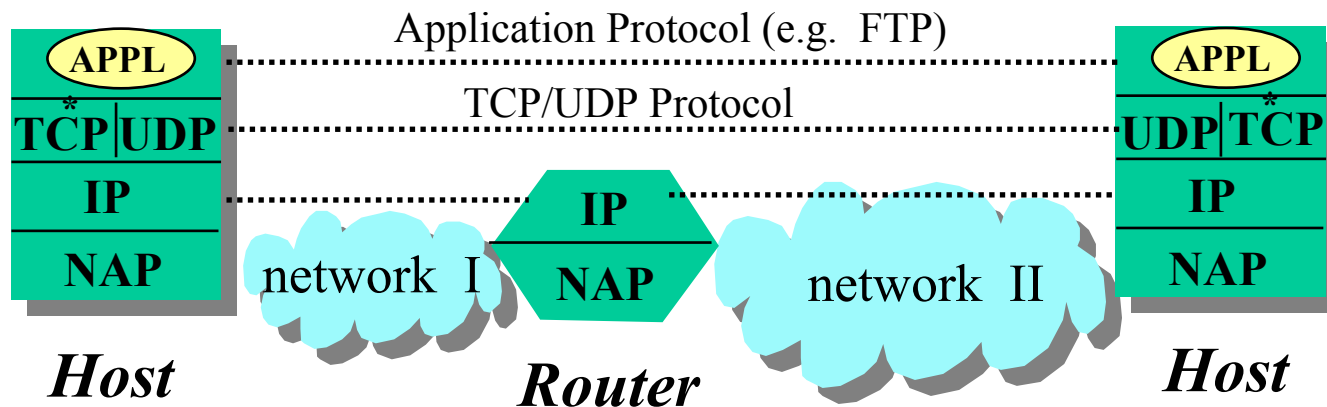


# Αρχές διαστρωμάτωσης πρωτοκόλλου OSI

- ◆ Κάθε στρώμα  $n$  εκτελεί ένα σύνολο προδιαγεγραμμένων λειτουργιών
- ◆ Κάθε στρώμα  $n$  συναλλάσσεται μόνο με τα γειτονικά του,  $n-1$ ,  $n+1$ , εφ'όσον αυτά υπάρχουν
- ◆ Κάθε στρώμα (εκτός του φυσικού) χρησιμοποιεί υπηρεσίες που διατίθενται από το κάτω στρώμα και προσφέρει υπηρεσίες στο πάνω στρώμα (εκτός από το στρώμα εφαρμογών)
- ◆ Μια διαδικασία αλληλεπιδρά μόνο με μια όμοιά της (peer) στο ίδιο στρώμα του άλλου συστήματος
- ◆ Οι υπηρεσίες διατίθενται από το στρώμα  $n$  στο στρώμα  $n+1$  σε καθορισμένα σημεία που ονομάζονται **σημεία πρόσβασης υπηρεσίας του στρώματος  $n$  ( $n$ -service access points,  $n$ -SAP)**



# Άλλες στοίβες πρωτοκόλλων: TCP/IP



# Κατηγορίες Δικτύων

- **Εμβέλεια:** τοπικά (LAN), Μητροπολιτικής περιοχής (MAN) ευρείας περιοχής (WAN), παγκόσμια (Global Internet), ...
- **Χρήση:** δημόσια (public), ιδιωτικά (private)
- **Υποστηριζόμενες υπηρεσίες:** τηλεφωνικά, δεδομένων (υπολογιστών), καλωδιακής τηλεόρασης, **ολοκληρωμένων υπηρεσιών**
- **Τοπολογία:** Bus, Ring, Star, Hierarchical, ...
- **Μέρος στην τοπολογία:** πρόσβασης (access), κορμού (core/transit), εξυπηρετητών (server area networks), ...
- **Τύπος μεταγωγής:** κυκλώματος (circuit-switched), πακέτων (packet-switched), ...
- **συνδυασμός:** π.χ. **Public Switched Telephone Network**

# Θέματα σχεδιασμού & υλοποίησης

- **Σχεδιασμός**

- Επιλογή τεχνολογίας, τοπολογίας & στοίβας πρωτοκόλλου
- Επιλογή υλικού/λογισμικού
- Διαστασιοδότηση (dimensioning)
- Διευθυνσιοδότηση (addressing)
- Σηματοδοσία (signaling)
- Traffic engineering

- **Υλοποίηση - λειτουργία**

- Εγκατάσταση - αρχικοποίηση
- Διαχείριση (επίδοση, ασφάλεια, αποκατάσταση βλαβών, ...)
- Διαχείριση πόρων
- έλεγχος κίνησης
- ...

# Περιεχόμενο μαθήματος

- **Εισαγωγή στα δίκτυα επικοινωνιών**
  - Χρήσεις, αρχιτεκτονική, βασικές λειτουργίες, πρωτόκολλα
- **Βασικοί τύποι δικτύων**
  - Δίκτυα μεταγωγής πακέτου & μεταγωγής κυκλώματος
  - Τηλεφωνικά δίκτυα, Ethernet LAN, Διαδίκτυο, ATM
- **Το φυσικό στρώμα των δικτύων επικοινωνιών**
  - Στοιχεία ψηφιακής μετάδοσης
- **Στρώμα σύνδεσης δεδομένων**
  - Πρωτόκολλα επανεκπομπής
  - Κωδικοποίηση διαύλου
- **Τοπικά δίκτυα (LANs)**
- **Δίκτυα κινητών επικοινωνιών**
- **Δίκτυα TCP/IP – Διαδίκτυο**
- **Ασφάλεια Δικτύων**
- **Επίδοση Δικτύων – στοιχεία θεωρίας πιθανοτήτων &**

# Βιβλιογραφία

- [1] Jean Walrand, *Communication Networks*, 2<sup>nd</sup> edition, Mc Graw Hill, 1998.
- [“] “ *Δίκτυα Επικοινωνιών* (ελληνική έκδοση, Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών)
- [2] A. Tanenbaum, *Computer Networks*, 3<sup>rd</sup> edition, Prentice Hall, 1996.
- [“] “ *Δίκτυα Υπολογιστών* (ελληνική έκδοση, μετάφραση Συκά-Θεολόγου, Παπασωτηρίου 1999).