



# ΔΙΚΤΥΑ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

## Εισαγωγή



# Γενικές πληροφορίες για το μάθημα

- **Βιβλία:** (1) **Δίκτυα Υπολογιστών**, Andrew Tanenbaum, 4η έκδ., Κλειδάριθμος, (2) **Communication Networks**, Alberto Leon-Garcia & Indra Widjaja, Mc Graw-Hill
- Θεωρητικά μαθήματα και εργαστήρια
- **Θεωρητικά μαθήματα:** Παρασκευή 15.15-17.00
  - Τμήμα Α (από Α έως Κ): Ν. Κτ. Αμφ. 4
  - Τμήμα Β (από Λ έως Ω): Ν. Κτ. Αμφ. 5
- **Εργαστήρια:** PC Lab ΣΗΜΜΥ (Ν. Κτ.)
- **Ομάδες εργαστηρίου**
  - Α: Δευτέρα 12.45-14.30, Α' όροφος, Αίθουσες Α1, Α2
  - Β: Τρίτη 10.45-12.30, Α' όροφος, Αίθουσες Α2, Α3
  - Γ: Τετάρτη 10.45-12.30, Α' όροφος, Αίθουσες Α1, Α3
- **Τελικός βαθμός** =  $0.6 \times \text{γραπτό} + 0.4 \times \text{εργαστήριο}$
- **Ιστοσελίδα μαθήματος:** [www.cn.ntua.gr](http://www.cn.ntua.gr)



- Βασικές έννοιες
- Δίκτυα και υπηρεσίες
- Λειτουργίες δικτύων
- Τοπολογία δικτύων
- Ενδεικτικοί τύποι δικτύων
- Μεταγωγή κυκλώματος και μεταγωγή πακέτου
- Παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη των δικτύων



## Τι είναι επικοινωνία

- Προσωρινή συνεργασία (σχέση) μεταξύ **χρηστών** μιας **τηλεπικοινωνιακής υπηρεσίας** με σκοπό την ανταλλαγή **πληροφοριών**



## ➤ Πληροφορία

- Φωνή
- Ήχος
- Γραφικά
- Κινούμενη εικόνα
- Data

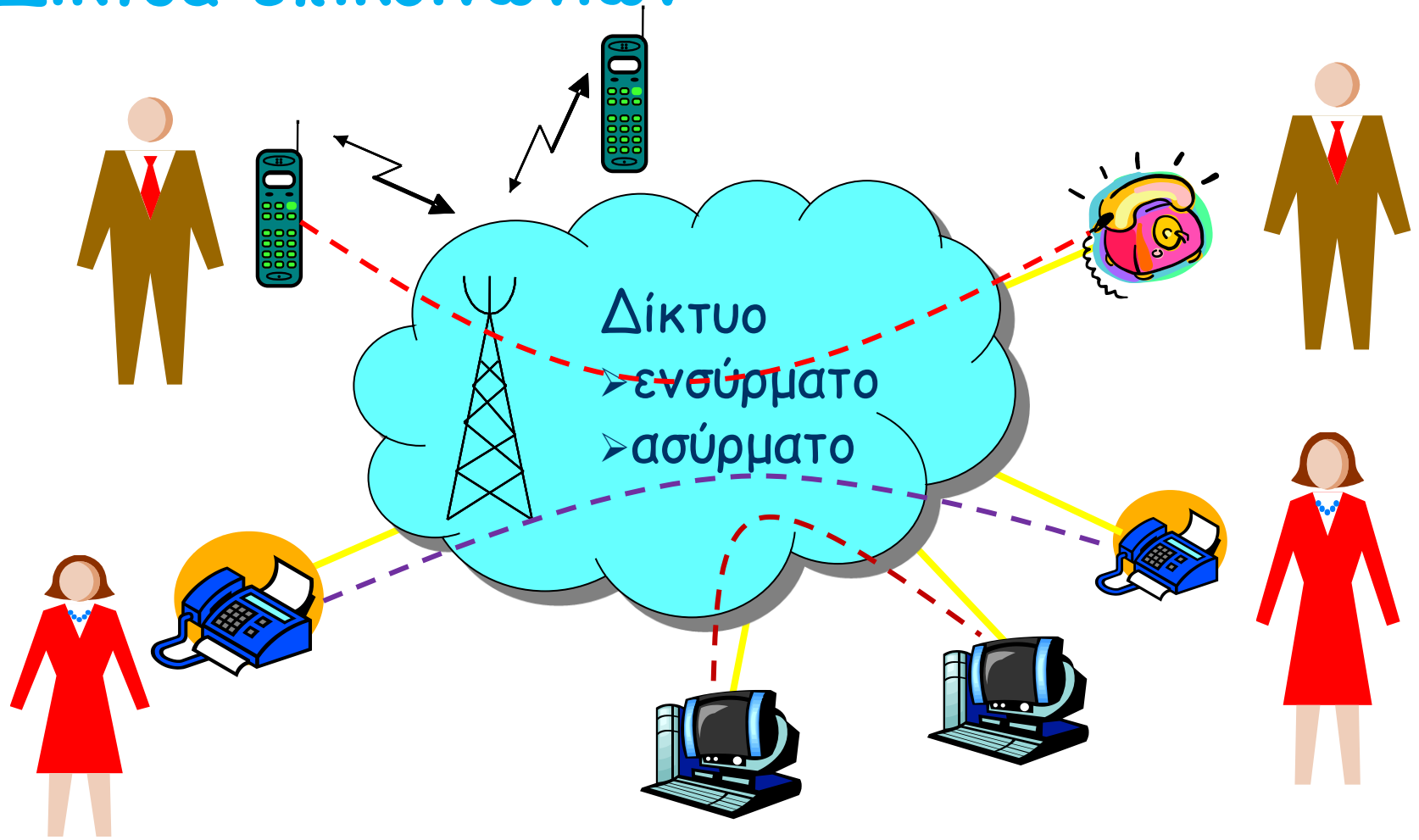
## ➤ Χρήστες

- Φυσικά πρόσωπα
- Συσκευές
- Προγράμματα υπολογιστών



# Δίκτυα και υπηρεσίες

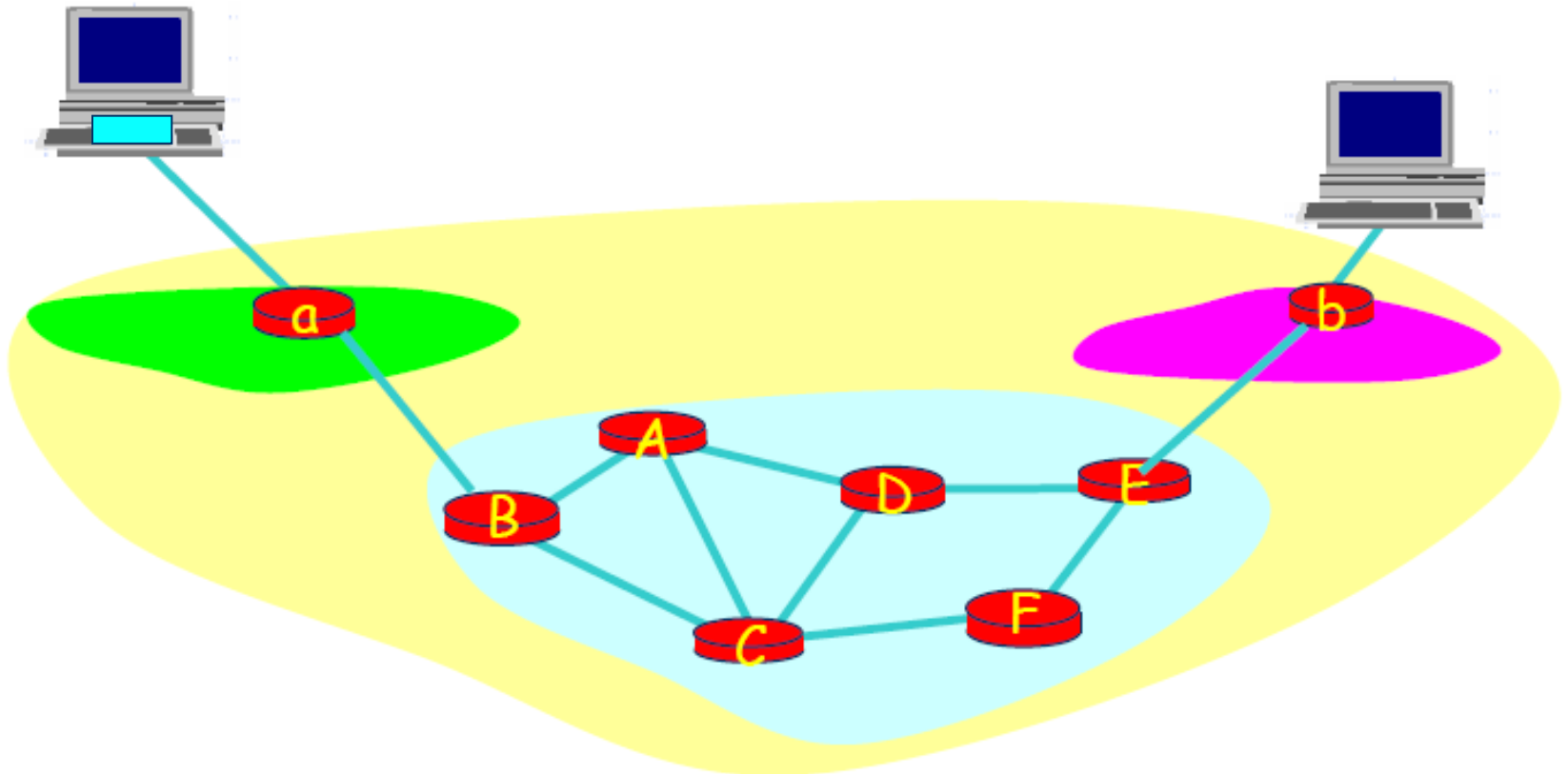
## Δίκτυα επικοινωνιών





# Δίκτυα και υπηρεσίες

## Δίκτυο υπολογιστών





# Δίκτυα και υπηρεσίες

## Τι είναι ένα δίκτυο επικοινωνιών

- Σύνολο από κόμβους και ζεύξεις που τους συνδέουν
- Ασαφής ορισμός, δεδομένου ότι έχουμε διάφορα δίκτυα επικοινωνιών:
  - Internet
  - Σταθερό τηλεφωνικό δίκτυο
  - Δίκτυο κινητών επικοινωνιών
  - Τηλεοπτικό δίκτυο, ...

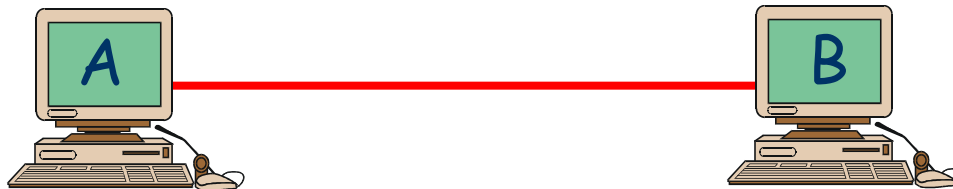




# Δίκτυα και υπηρεσίες

## Σε τι χρειάζεται ένα δίκτυο

Η ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ δύο χρηστών A και B μπορεί να γίνει με ζεύξη σημείου προς σημείο, η οποία τους συνδέει μόνιμα.





# Δίκτυα και υπηρεσίες

## Σε τι χρειάζεται ένα δίκτυο



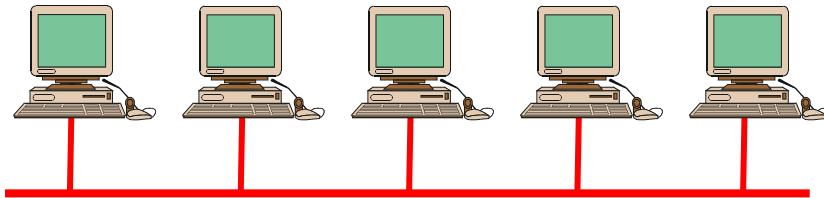
- Ηλεκτρικής φύσεως ερωτήματα
  - Τάση, συχνότητα, ...
  - Ενσύρματη ζεύξη (καλώδιο, διπλαγωγός, οπτική ίνα,...) ή ασύρματη (μικροκυματική, οπτική ζεύξη στον ελεύθερο χώρο, ..);
- Θέματα ζεύξης: Πώς στέλνονται τα δεδομένα;
  - Πότε στέλνει κάθε πλευρά - μπορεί να στέλνει αμέσως;
  - Ποια μορφή θα έχουν τα δεδομένα;
- Τι γίνεται όταν υπάρχουν περισσότεροι κόμβοι;



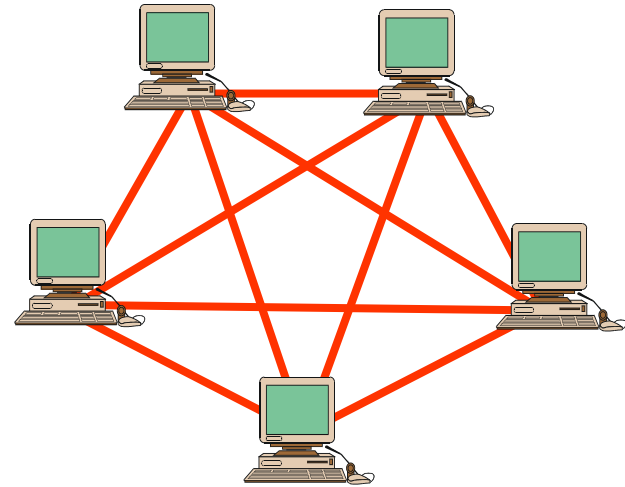
# Δίκτυα και υπηρεσίες

## Σε τι χρειάζεται ένα δίκτυο

- Αν υπάρχουν περισσότεροι κόμβοι



Ένας αγωγός



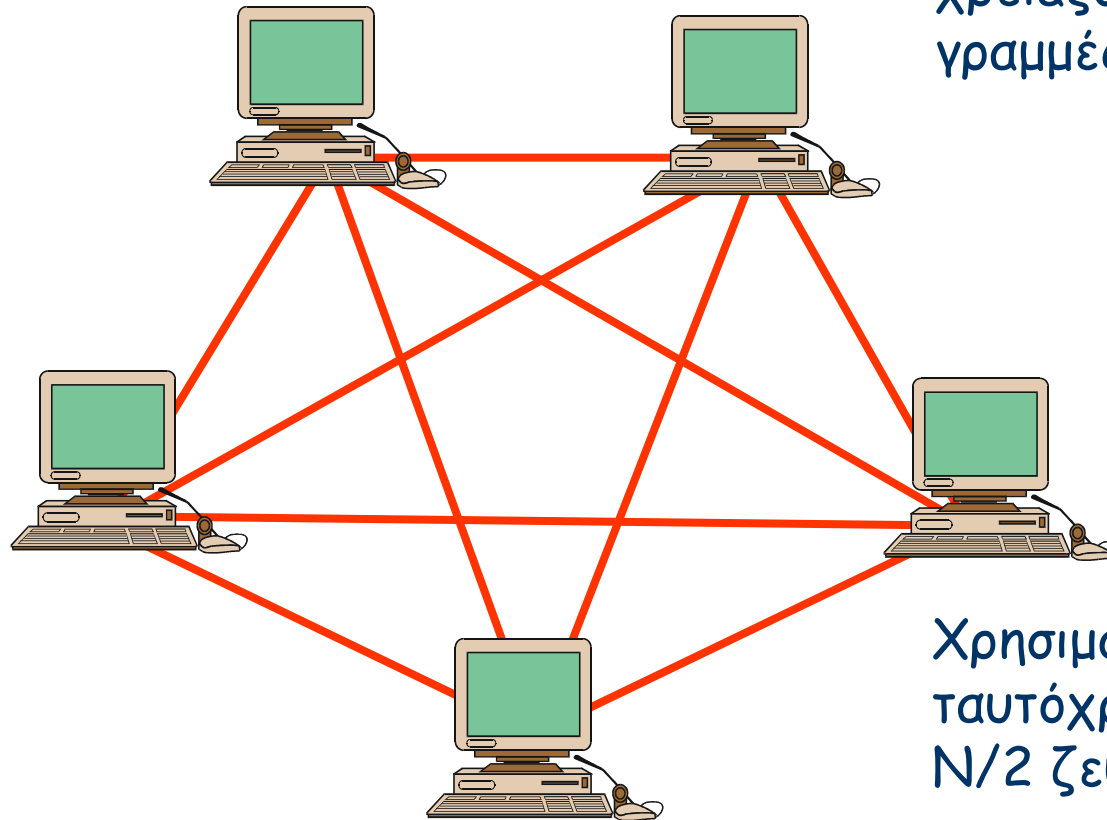
Αγωγοί για κάθε έναν κόμβο!

- Κλιμάκωση;



# Δίκτυα και υπηρεσίες

## Κλιμάκωση



Για  $N$  χρήστες  
χρειάζονται  $N(N-1)/2$   
γραμμές.

Χρησιμοποιούνται  
ταυτόχρονα, το πολύ,  
 $N/2$  ζεύξεις



# Δίκτυα και υπηρεσίες

## Κλιμάκωση

- Σε μεγάλα δίκτυα δεν είναι δυνατό να υπάρχει ζεύξη από σημείου σε σημείο ανάμεσα σε κάθε ζευγάρι χρηστών
  - απαγορευτικό κόστος
  - σπατάλη πόρων
- Ένα δίκτυο είναι οργανωμένο κατά τέτοιον τρόπο, ώστε *διαφορετικές ροές πληροφορίας να χρησιμοποιούν από κοινού τις ίδιες τηλεπικοινωνιακές ζεύξεις*



## Κλιμάκωση

- Ανάγκη για από κοινού χρήση των πόρων του δικτύου



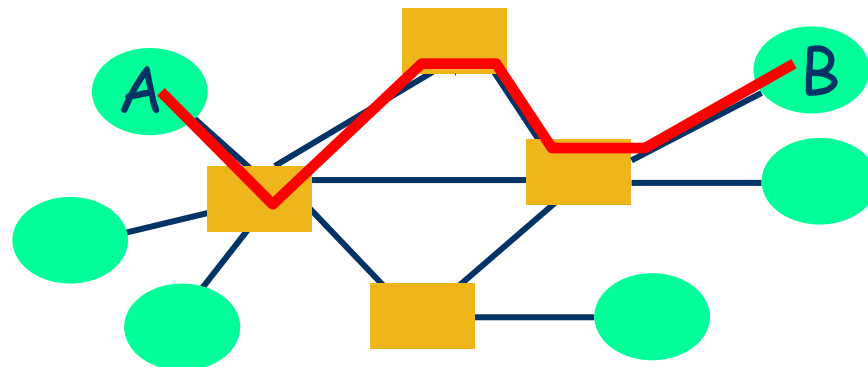
- Πώς; Δίκτυο με μεταγωγή
  - Κάποιες φορές παίρνει πόρους η πλευρά "A"
  - Κάποιες φορές παίρνει πόρους η πλευρά "B"
- Οι εσωτερικοί κόμβοι λειτουργούν ως "κόμβοι μεταγωγής"
- Ποιοι μηχανισμοί θα χρησιμοποιηθούν για να γίνει από κοινού χρήση των πόρων;



# Δίκτυα και υπηρεσίες

## Μεταγωγή κυκλώματος

- Η πηγή εγκαθιστά πρώτα μια σύνδεση (κύκλωμα) προς τον προορισμό
  - Κάθε κόμβος μεταγωγής κατά μήκος της διαδρομής αποθηκεύει πληροφορία για τη σύνδεση (και εκχωρεί και πόρους)
- Η πηγή στέλνει τα δεδομένα σε αυτό το κύκλωμα
  - Δεν χρειάζεται να περιλαμβάνει τη διεύθυνση προορισμού στα δεδομένα, αφού οι κόμβοι μεταγωγής γνωρίζουν τη διαδρομή
- Η σύνδεση απολύεται υποχρεωτικά μετά το πέρας της επικοινωνίας
- Παράδειγμα: τηλεφωνικό δίκτυο





# Δίκτυα και υπηρεσίες

## Μεταγωγή κυκλώματος

- Τα κυκλώματα έχουν μερικές ελκυστικές ιδιότητες.
  - Ταχεία και απλή μεταφορά δεδομένων, μετά την εγκατάσταση του κυκλώματος
  - Προβλέψιμη επίδοση, αφού το κύκλωμα παρέχει απομόνωση από τους άλλους χρήστες
  - Εγγυημένο εύρος ζώνης
- Αλλά έχουν και μερικά μειονεκτήματα.
  - Πώς να αντιμετωπίσουν την εκρηκτική (bursty) κίνηση
    - το κύκλωμα παραμένει αδρανές για πολλές χρονικά διαστήματα
  - Πώς να αντιμετωπιστούν οι χρήστες με διαφορετικές ανάγκες εύρους ζώνης
    - Θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν πολλαπλά κυκλώματα
- Εναλλακτική λύση: μεταγωγή πακέτου.

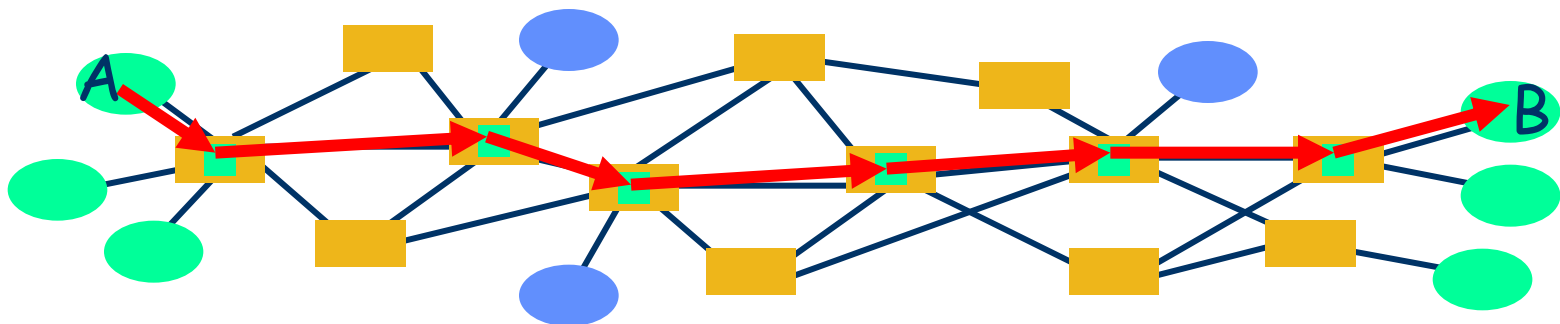




# Δίκτυα και υπηρεσίες

## Μεταγωγή πακέτου

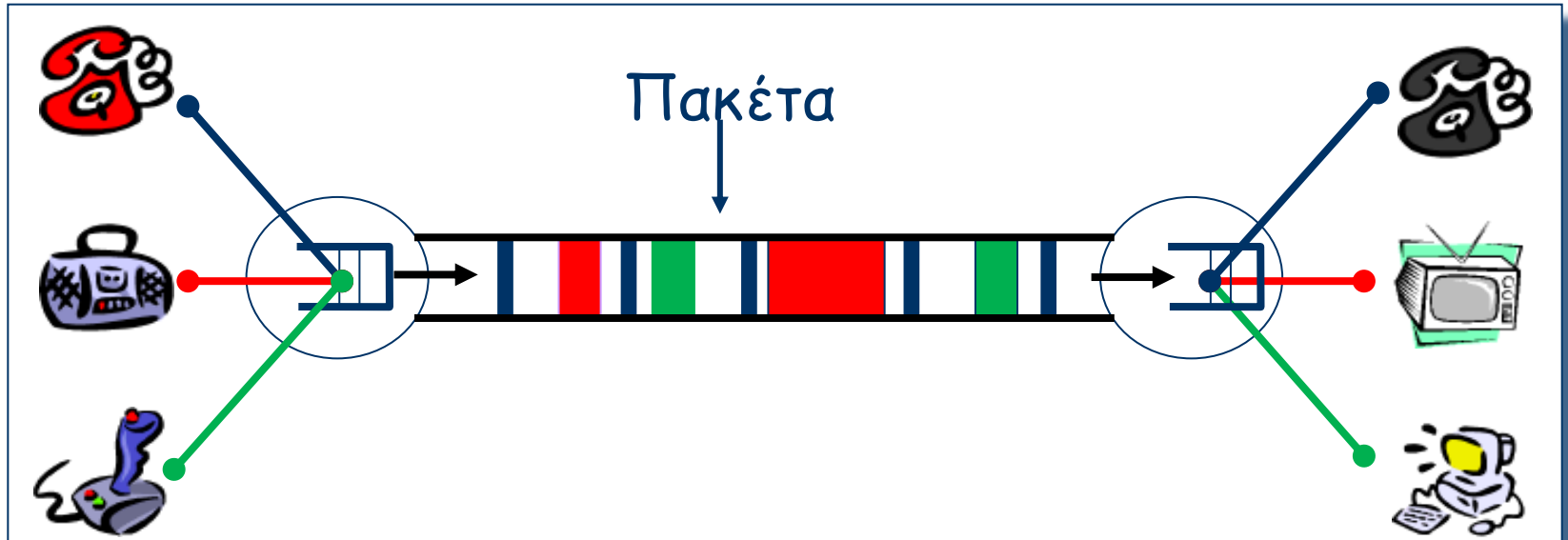
- Η πηγή στέλνει την πληροφορία σε αυτοδύναμα πακέτα που έχουν διεύθυνση προορισμού.
  - Η πηγή μπορεί να χωρίσει την πληροφορία σε πολλά πακέτα
- Κάθε πακέτο οδεύει ανεξάρτητα προς τον προορισμό.
  - Οι κόμβοι μεταγωγής χρησιμοποιούν τη διεύθυνση που έχει το πακέτο για να καθορίσουν πώς θα το προωθήσουν
  - Αποθήκευση και προώθηση
- Αναλογία: ταχυδρομική επιστολή.





# Δίκτυα και υπηρεσίες

## Μεταγωγή πακέτου - στατιστική πολυπλεξία



- Οι κόμβοι μεταγωγής κρίνουν ποια είσοδος θα εξυπηρετηθεί
- Μπορεί να στείλουν από οποιαδήποτε είσοδο είναι έτοιμη
  - Οι ζεύξεις δεν είναι ποτέ αδρανείς, όταν υπάρχει κίνηση (καλή απόδοση!)



# Δίκτυα και υπηρεσίες

## Μεταγωγή πακέτου

- Αποδοτική
  - Μπορεί να στέλνει από οποιαδήποτε είσοδο είναι έτοιμη
- Γενικευμένη
  - Πολλοί τύποι εφαρμογών
- Εξυπηρετεί κρουστική κίνηση
  - Προσθήκη ουρών αναμονής
- Αποθήκευση και προώθηση
  - Τα πακέτα είναι αυτοτελείς μονάδες
  - Μπορεί να ακολουθούν διαφορετικές διαδρομές - αναδιάταξη
- Ανταγωνισμός (δηλ. όχι απομόνωση)
  - Συμφόρηση
  - Καθυστέρηση



# Δίκτυα και υπηρεσίες

## Δίκτυα επικοινωνιών

- Κατανεμημένα συστήματα **υλικού** και **λογισμικού** που επιτρέπουν στους χρήστες των διαφόρων υπηρεσιών να ανταλλάσσουν πληροφορίες.
  - Τηλεφωνικό δίκτυο
  - Δίκτυο υπολογιστών
- **Μετατροπή** της πληροφορίας πριν τη μετάδοση και **ανακατασκευή** της στη λήψη



# Δίκτυα και υπηρεσίες

## Γιατί χρειαζόμαστε τη δικτυακή υποδομή;

- Για να στήσουμε πάνω τις υπηρεσίες.
- Για εξασφαλίσουμε πιο εύκολο σχεδιασμό και υλοποίηση των υπηρεσιών.
- Για να συνδέσουμε τους χρήστες οικονομικά και αποτελεσματικά.
- Ένα από τα βασικά προβλήματα σχεδιασμού των δικτύων είναι η εύρεση αποδοτικών τρόπων για την από κοινού χρήση των πόρων του δικτύου



# Δίκτυα και υπηρεσίες

## Γνωστές δημοφιλείς υπηρεσίες

- τηλεφωνία (κινητή/σταθερή), τηλεγραφία, fax,
- ραδιοφωνία, τηλεόραση
- μεταφορά αρχείων, πρόσβαση σε υπολογιστές,
- συλλογή πληροφοριών από ιστοσελίδες,
- τραπεζικές συναλλαγές, ηλεκτρονικό εμπόριο.



# Δίκτυα και υπηρεσίες

## Χαρακτηριστικά των υπηρεσιών

- **Ραδιοφωνία και τηλεόραση**
  - παθητικός ο ρόλος του χρήστη
  - σχετικά υψηλή αναμενόμενη ποιότητα υπηρεσίας
  - ανεκτή η καθυστέρηση
- **Τηλεφωνία**
  - απαίτηση για υπηρεσία πραγματικού χρόνου
  - αξιοπιστία της σύνδεσης
  - διαθεσιμότητα
  - ασφάλεια και ιδιωτικό απόρρητο



# Δίκτυα και υπηρεσίες

## Χαρακτηριστικά των υπηρεσιών

- **Κινητή τηλεφωνία**
  - χαμηλότερη ποιότητα λόγω κίνησης
  - χαμηλότερη διαθεσιμότητα
  - διαπομπή
  - περιαγωγή
- **Ηλεκτρονικό ταχυδρομείο**
  - όχι απαίτηση για υπηρεσία πραγματικού χρόνου
  - υπηρεσία χωρίς σύνδεση
  - όχι αξιοπιστία
  - ασφάλεια και ιδιωτικό απόρρητο





# Δίκτυα και υπηρεσίες

## Χαρακτηριστικά των υπηρεσιών

- **Video on demand**
  - όχι απαίτηση για υπηρεσία πραγματικού χρόνου
  - σταθερή ροή πλαισίων
  - όχι μεγάλη διακύμανση καθυστέρησης
  - ύπαρξη εντολών ελέγχου ανάλογων του video-player
- **Τηλεφωνική διάσκεψη**
  - οι απαιτήσεις της τηλεφωνίας
  - διασύνδεση όλων των συνομιλούντων
  - συνδυασμός όλων των σημάτων φωνής



# Δίκτυα και υπηρεσίες

## Σχεδίαση δικτύου

- Κάθε υπηρεσία έχει και διαφορετικές απαιτήσεις
- Ο σχεδιαστής δικτύου πρέπει να ικανοποιήσει τις απαιτήσεις των χρηστών των υπηρεσιών κατά τον οικονομικότερο τρόπο



# Δίκτυα και υπηρεσίες

## Παράδειγμα: Υπηρεσία fax

- Πάνω από το τηλεφωνικό δίκτυο
  - είναι υπηρεσία πραγματικού χρόνου, με επαλήθευση
  - η μετάδοση μπορεί να συνεπάγεται υπεραστική ή διεθνή χρέωση ανάλογα με την απόσταση
- Μέσω Internet, με το fax ως συνημμένο στο e-mail
  - είναι υπηρεσία μη πραγματικού χρόνου και συνήθως χωρίς επαλήθευση.
  - το κόστος είναι πάρα πολύ μικρό και δεν εξαρτάται από την απόσταση



# Δίκτυα και υπηρεσίες

Ποιοι εμπλέκονται στην παροχή και διανομή των υπηρεσιών;

- ο πάροχος της υπηρεσίας,
- ο πάροχος / διαχειριστής του δικτύου,
- ο μεταπωλητής / διανομέας,
- ο συνδρομητής
- ο χρήστης της υπηρεσίας,



# Δίκτυα και υπηρεσίες

## Ο κύκλος ζωής της υπηρεσίας

1. Σύλληψη της ιδέας, αρχικές απαιτήσεις και προδιαγραφές.
2. Σχεδιασμός, υλοποίηση, δοκιμές της υπηρεσίας.
3. Εγκατάσταση στο δίκτυο.
4. Συντήρηση.
5. Απόσυρση ή αντικατάσταση.



# Δίκτυα και υπηρεσίες

Γιατί πρέπει να μάθουμε για τα Δίκτυα Επικοινωνιών;

- Η σχεδίαση, κατασκευή και συντήρηση του υλικού εξοπλισμού και του λογισμικού για δίκτυα επικοινωνιών είναι μια ταχύτατα αναπτυσσόμενη περιοχή της τεχνολογίας.
  - Δίκτυα υπολογιστών
  - Δίκτυα κινητών και προσωπικών επικοινωνιών
  - Ολοκλήρωση των δικτύων
  - Δίκτυα υψηλών ταχυτήτων μετάδοσης
  - Νέες υπηρεσίες σε υπάρχοντα δίκτυα
  - ...



# Δίκτυα και υπηρεσίες

## Τι πρέπει να μάθουμε για τα Δίκτυα Επικοινωνιών;

Μια γενική κατανόηση του τρόπου οργάνωσης και των αρχών λειτουργίας των δικτύων επικοινωνιών, βοηθάει αυτόν που ασχολείται να τα χρησιμοποιεί πιο αποδοτικά

- Ο **χρήστης**, κατανοώντας τις δυνατότητες του δικτύου, βελτιώνει την εργασιακή του παραγωγικότητα
- Ο **διαχειριστής**, κατανοώντας τις δυνατότητες του δικτύου, ενημερώνει και εκσυγχρονίζει το υλικό και το λογισμικό, παρακολουθεί την επίδοση και εντοπίζει τα προβλήματα



# Δίκτυα και υπηρεσίες

## Τι πρέπει να μάθουμε για τα Δίκτυα Επικοινωνιών;

- Ο **αγοραστής**, πριν επιλέξει πρέπει να μπορεί να αναλύσει αν οι ανάγκες του ικανοποιούνται από τις δυνατότητες του δικτύου
- Ο **σχεδιαστής** δικτύου πρέπει να είναι εξοικειωμένος με τις δυνατότητες των υπάρχοντων δικτύων και των τεχνολογιών τους, ώστε να μπορεί να εισάγει βελτιώσεις.

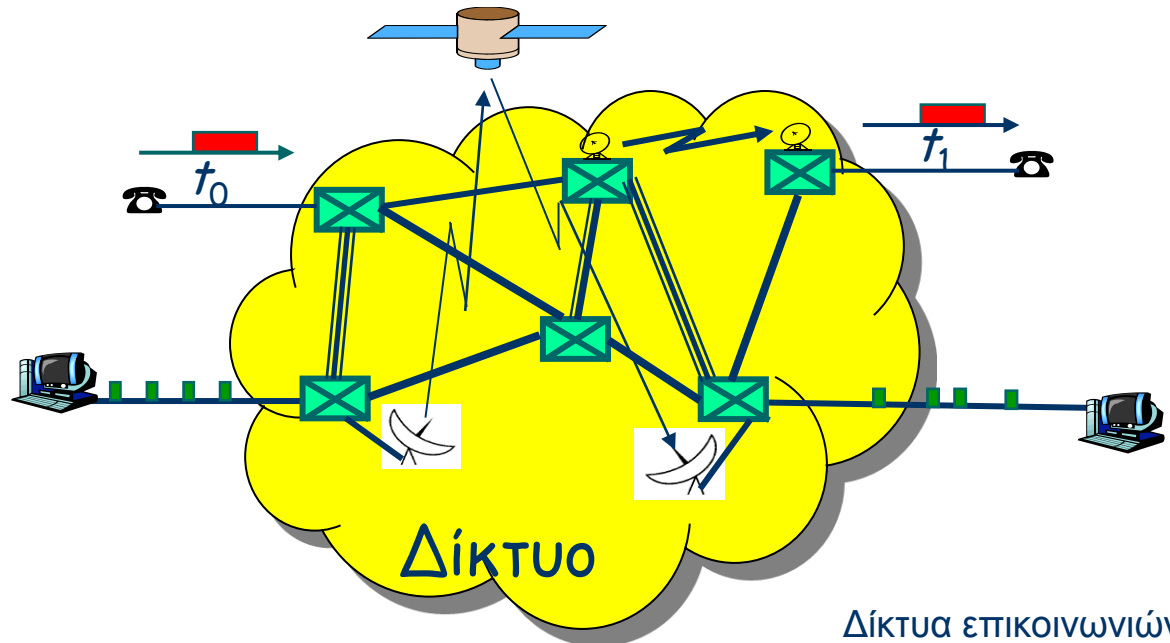




# Δίκτυα και υπηρεσίες

## Λειτουργίες δικτύου και τοπολογία

- Μεταφορά πληροφορίας
  - Συνδέσεις (μέσα για τη ροή πληροφορίας)
    - Συστήματα μετάδοσης
    - Αναπαράσταση πληροφορίας
  - Μεταγωγή

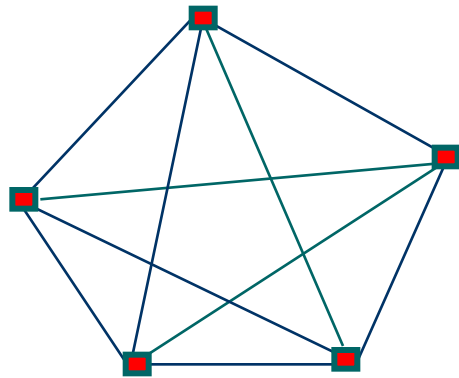




# Δίκτυα και υπηρεσίες

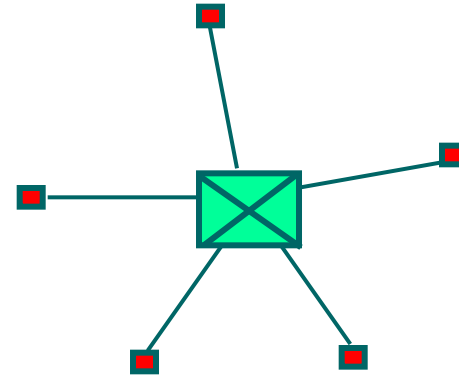
## Λειτουργίες δικτύου και τοπολογία

### ➤ Δίκτυο πρόσβασης



Δίκτυο

=



Δίκτυο πρόσβασης

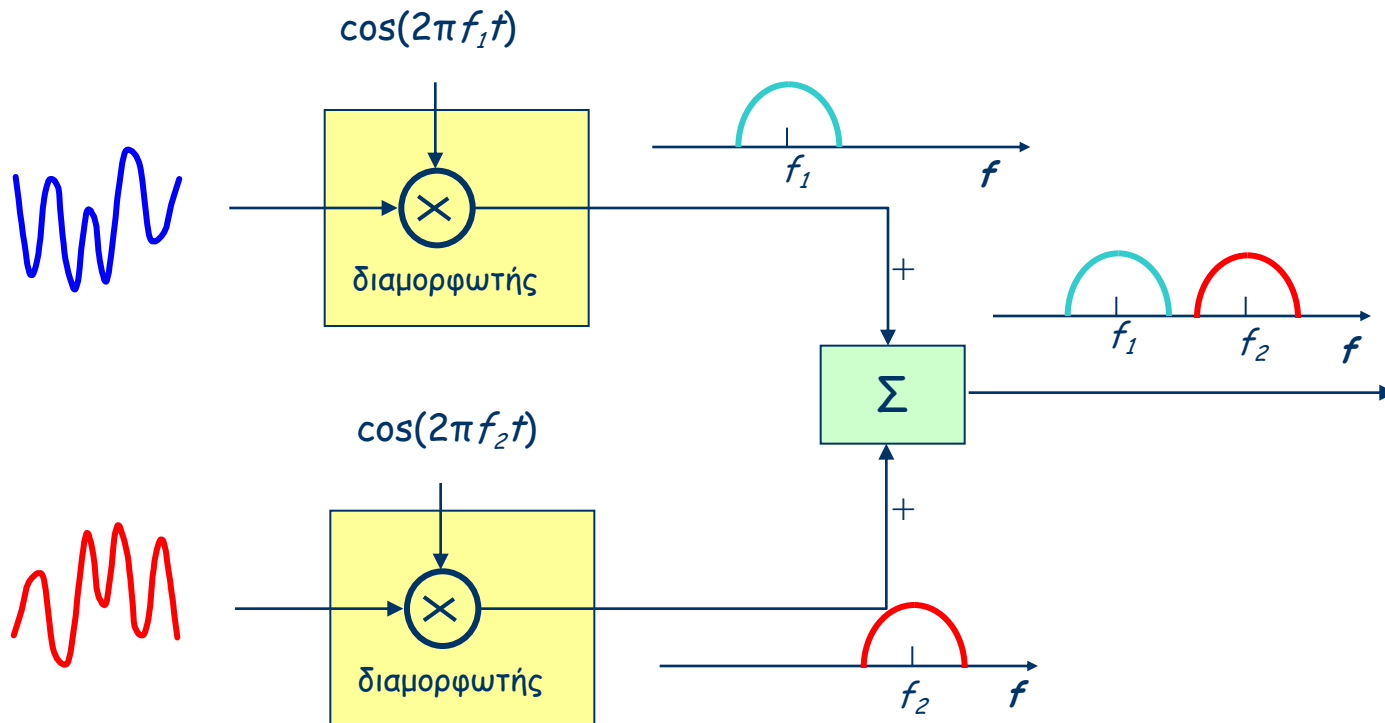
### ➤ Ζευκτικό δίκτυο





# Δίκτυα και υπηρεσίες

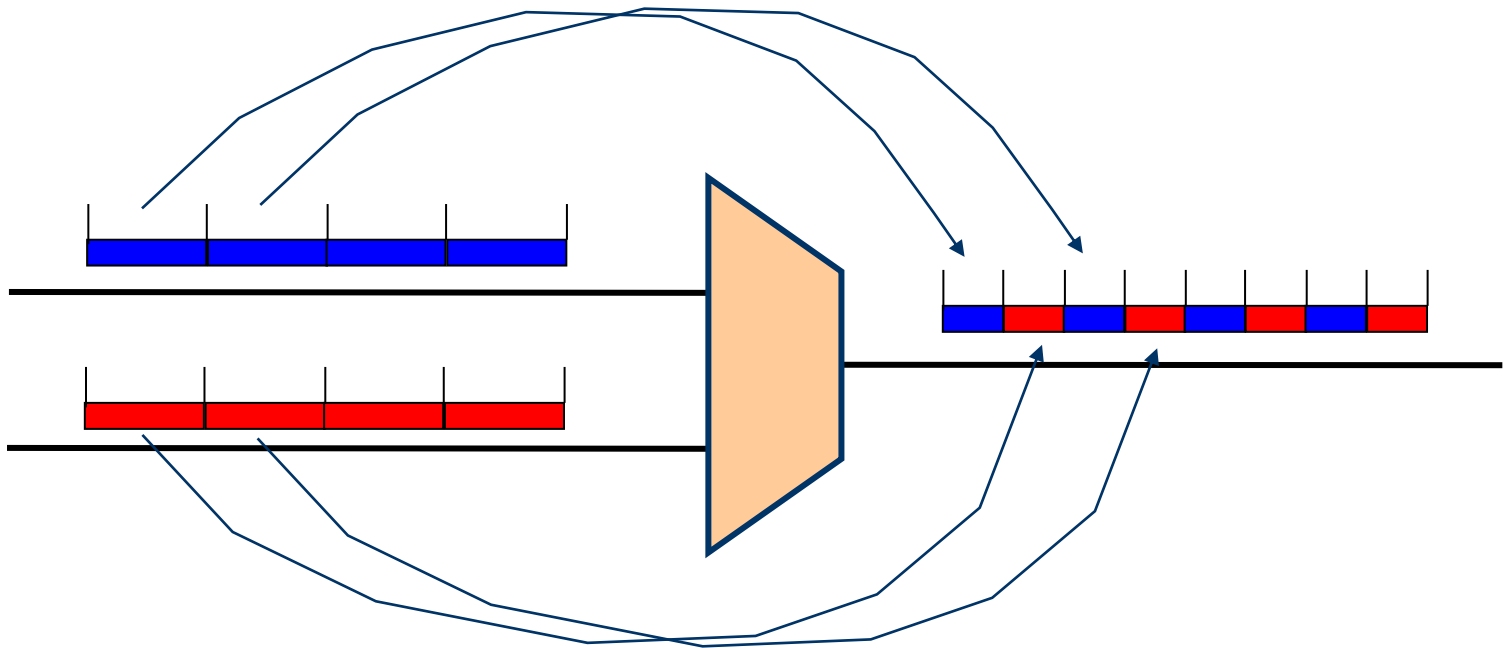
## Πολυπλεξία διαίρεσης συχνότητας





# Δίκτυα και υπηρεσίες

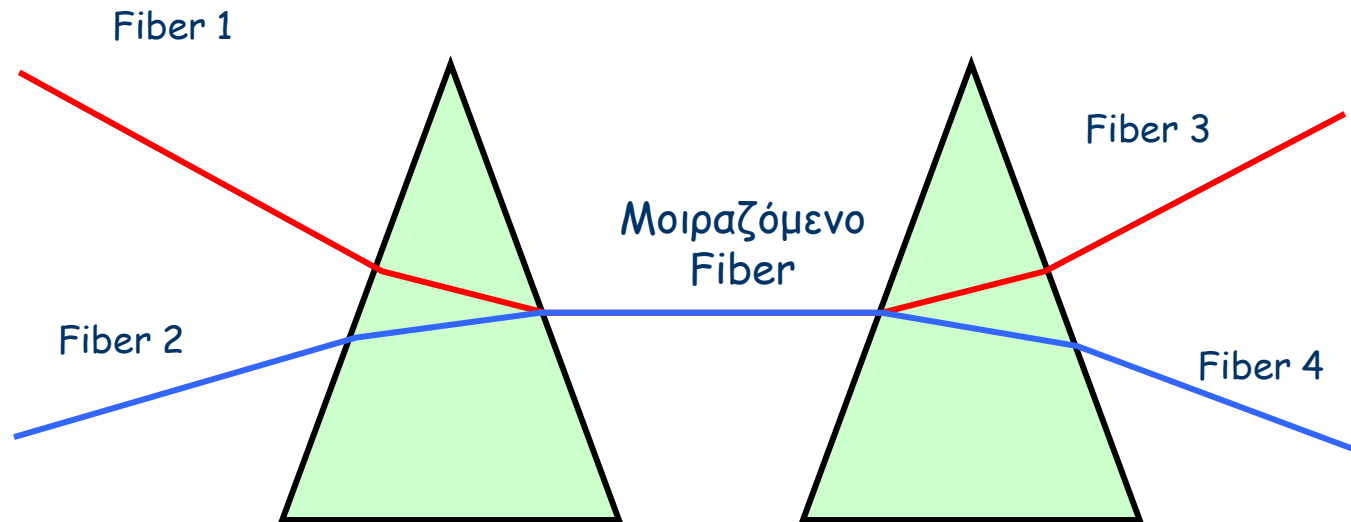
## Πολυπλεξία διαίρεσης χρόνου





# Δίκτυα και υπηρεσίες

## Πολυπλεξία διαίρεσης μήκους κύματος

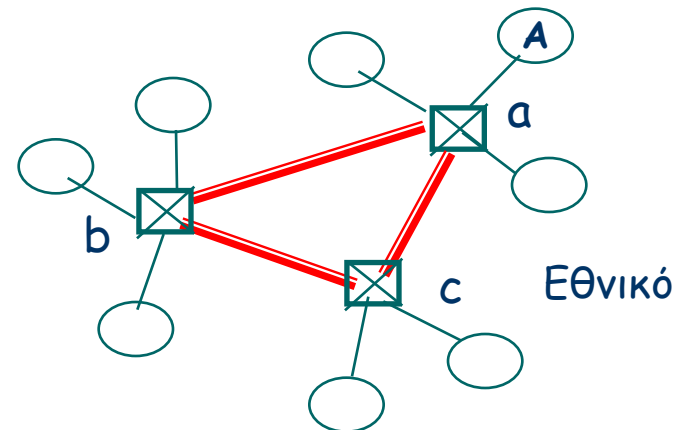
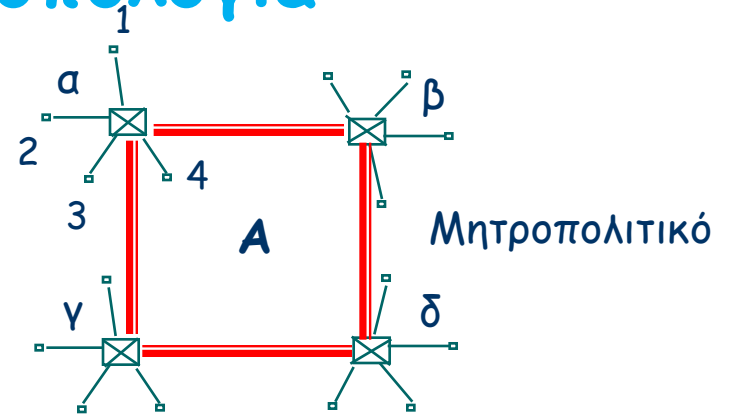




# Δίκτυα και υπηρεσίες

## Λειτουργίες δικτύου και τοπολογία

- Μητροπολιτικά δίκτυα
- Εθνικά δίκτυα
  - Δίκτυο κορμού
- Διευθυνσιοδότηση
  - Ιεραρχική
  - Επίπεδα
- Δρομολόγηση
- Έλεγχος συμφόρησης: αποφυγή του συνωστισμού σε τμήματα του δικτύου





# Δίκτυα και υπηρεσίες

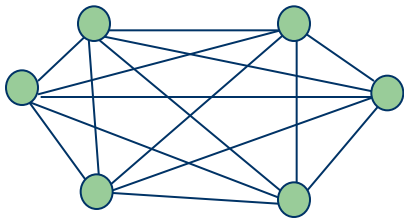
## Λειτουργίες δικτύου

- Ασφάλεια: διαφύλαξη των πληροφοριών από όσους θέλουν να τις υποκλέψουν.
- Παρουσίαση της πληροφορίας: εμφάνιση των πληροφοριών με την κατάλληλη κάθε φορά μορφή ανάλογα με το είδος τους και το διαθέσιμο τερματικό.
- Διαχείριση
- Τυποποίηση: επίτευξη συνεργασίας συσκευών και προγραμμάτων που προέρχονται από διαφορετικούς κατασκευαστές.

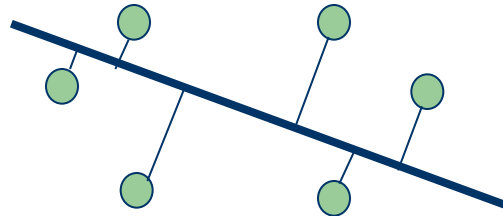


# Δίκτυα και υπηρεσίες

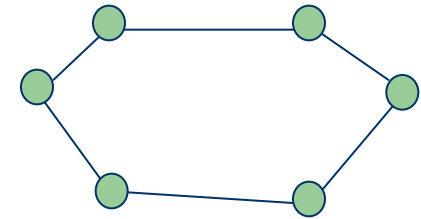
## Τοπολογίες δικτύων



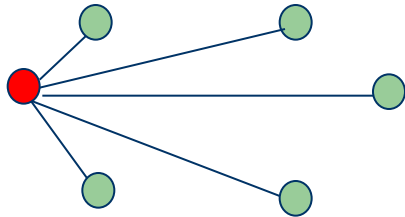
Πλήρως διασυνδεδεμένο  
(fully interconnected)



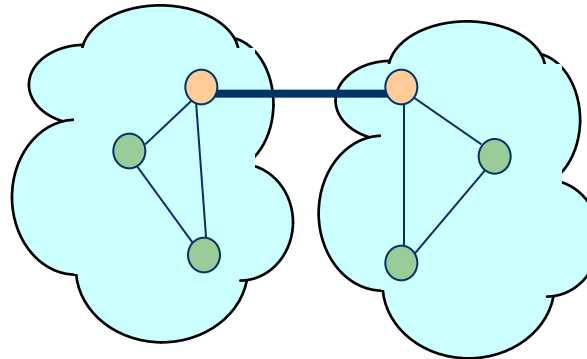
Αρτηρία (bus)



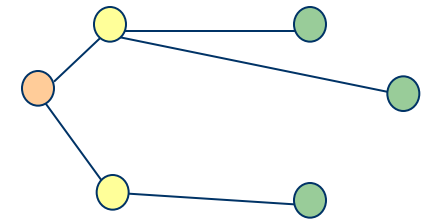
Δακτύλιος (ring)



Αστέρας (star)



Ιεραρχική (Hierarchical, εδώ 2-level)



Ιεραρχική δένδρου  
(Hierarchical, tree)





# Δίκτυα και υπηρεσίες

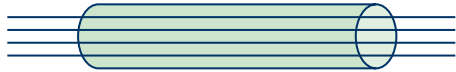
## Ενδεικτικοί τύποι δικτύων

- Σταθερό τηλεφωνικό δίκτυο
- Δίκτυο κινητής τηλεφωνίας 2<sup>ης</sup> γενιάς (GSM, DCS), 3<sup>ης</sup> γενιάς UMTS
- Δίκτυα ενοποιημένων υπηρεσιών (ISDN, B-ISDN)
- Δίκτυα υπολογιστών
  - τοπικά δίκτυα διαφόρων τύπων
  - μητροπολιτικά δίκτυα
  - Internet

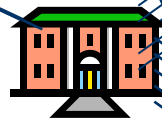


# Τηλεφωνικό δίκτυο

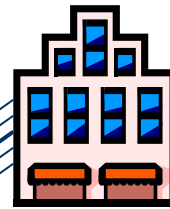
Σε κάθε συνδιάλεξη εκχωρούνται 64kb/s. Μια ζεύξη 2.5Gb/s μπορεί να μεταφέρει περίπου 39,000 συνδιαλέξεις.



Καλών



Αστικό κέντρο



Υπεραστικό κέντρο



Αστικό κέντρο



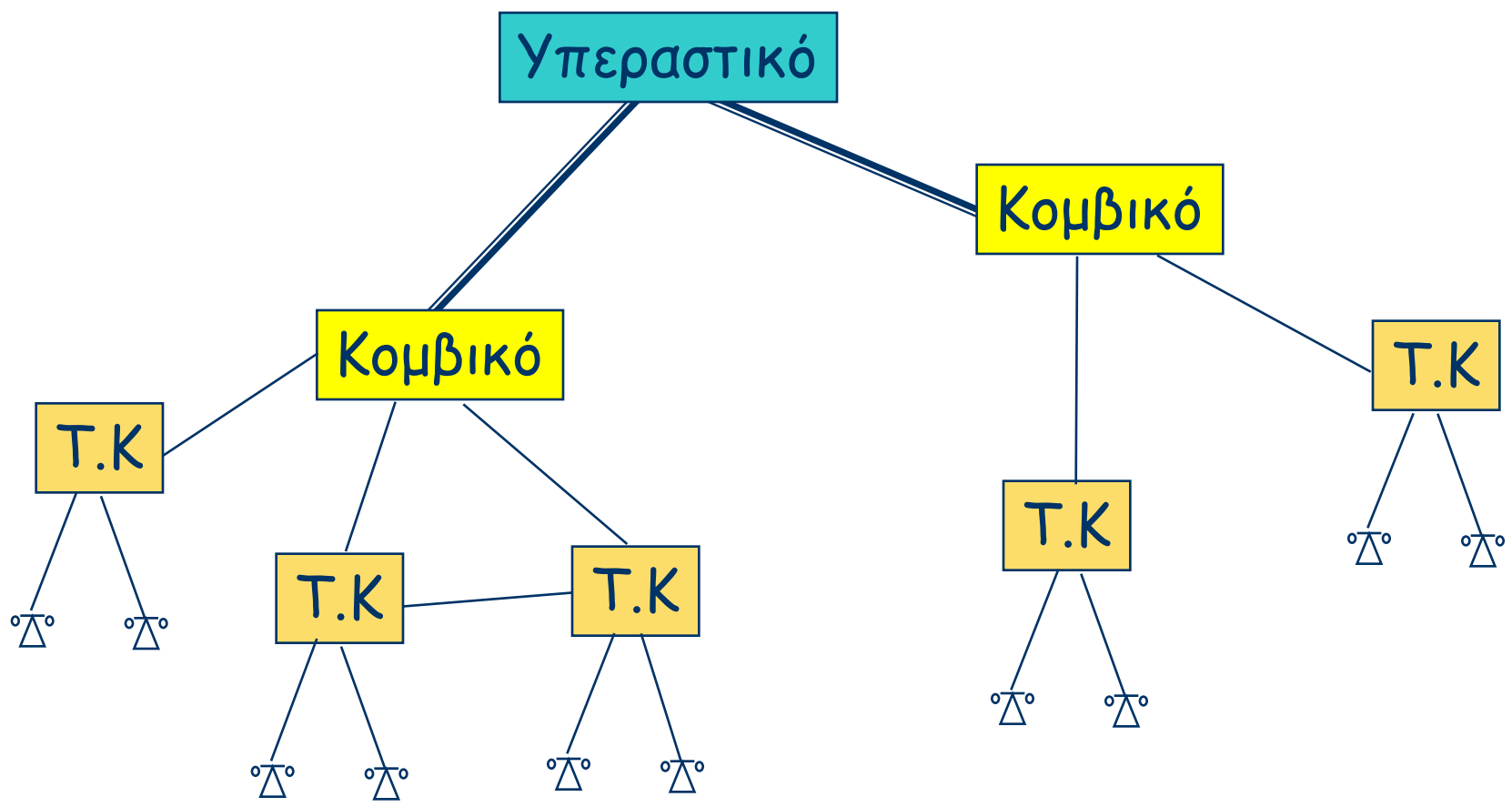
Καλούμενος

Συνδρομητικός βρόχος



# Τηλεφωνικό δίκτυο

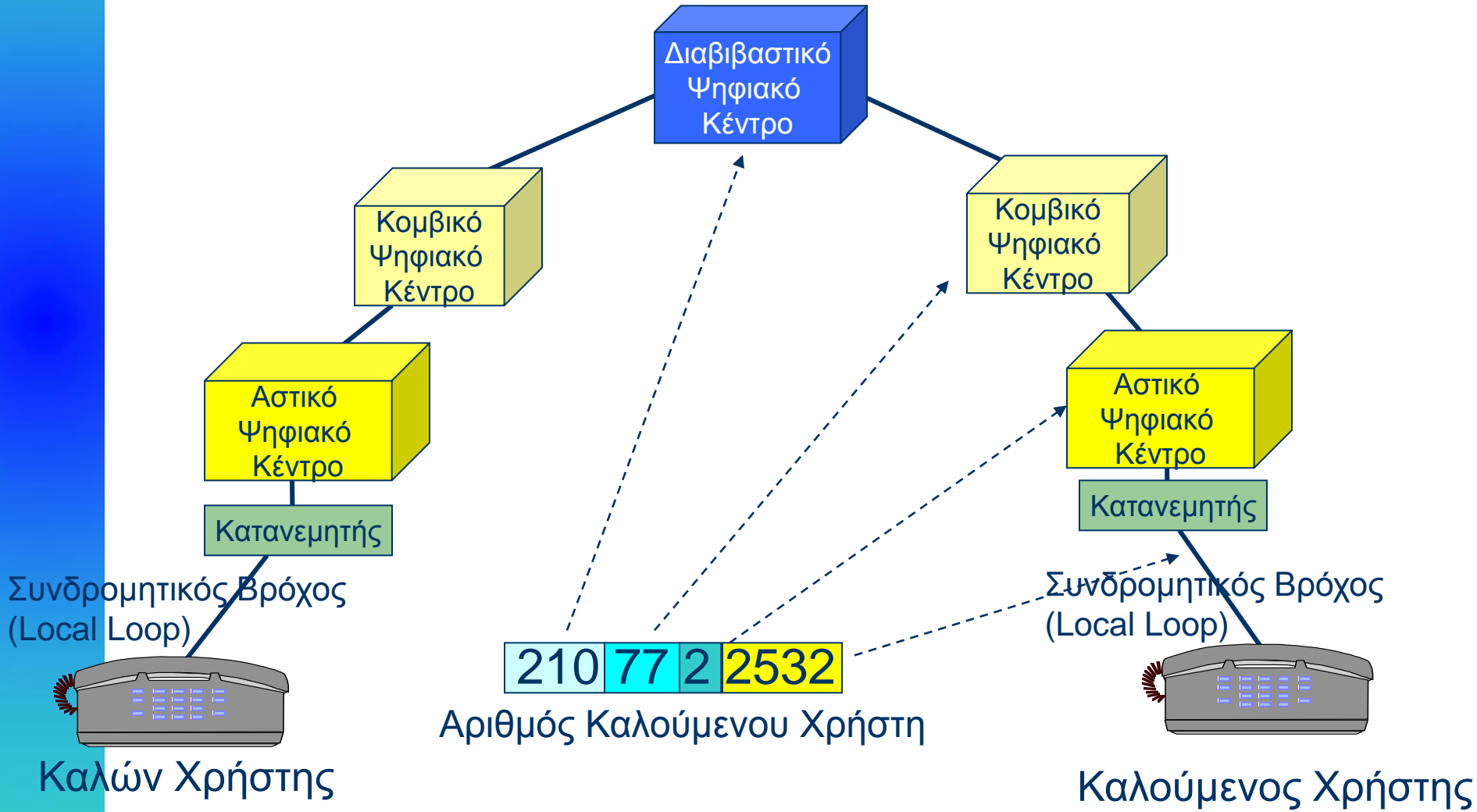
## Τοπολογία





# Τηλεφωνικό δίκτυο

## Δρομολόγηση τηλεφωνικών κλήσεων

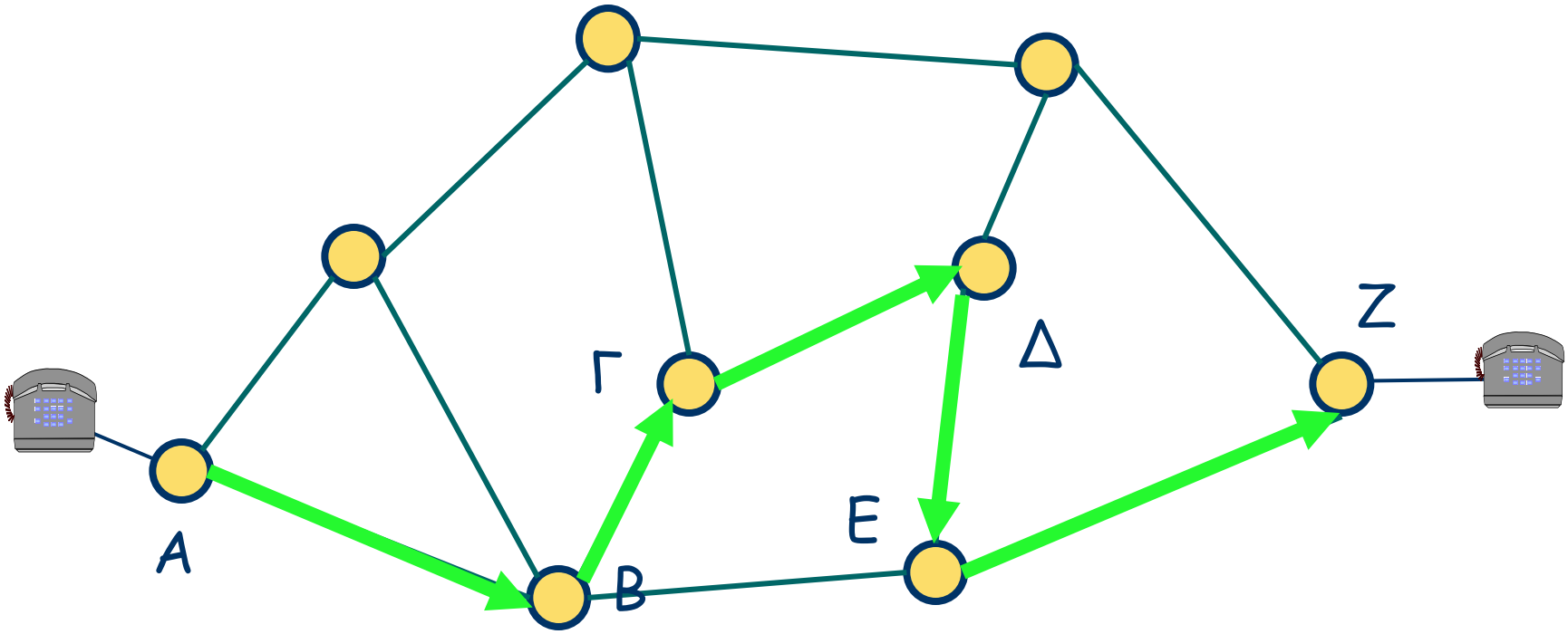


# Μεταγωγή κυκλώματος

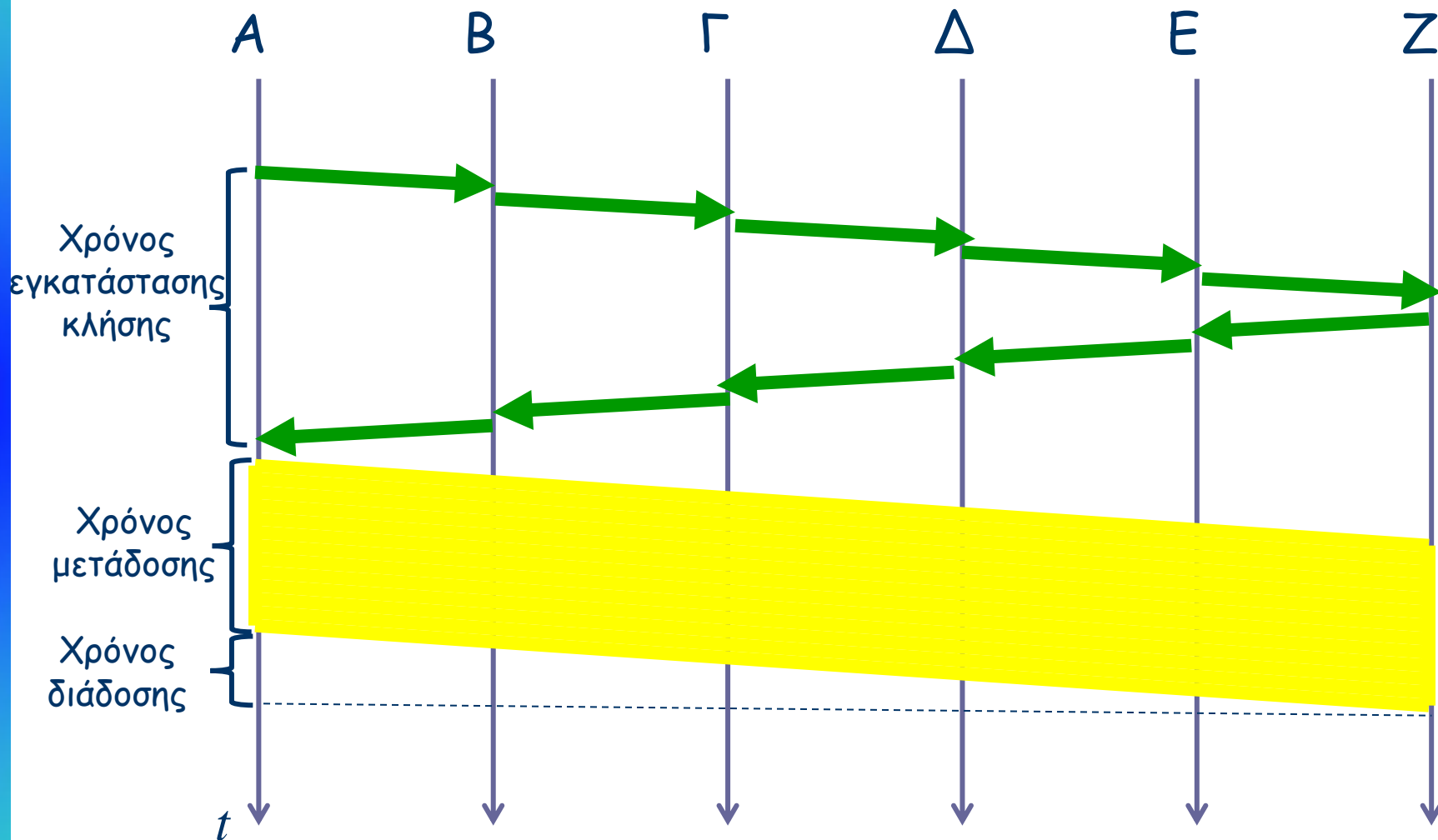


- Μια κλήση έχει τρεις φάσεις:
  - Εγκατάσταση κυκλώματος απ' άκρη σ' άκρη ("εγκατάσταση κλήσης"),
  - Επικοινωνία,
  - Απεγκατάσταση κυκλώματος ("απόλυση κλήσης").
- Αρχικά, κύκλωμα ήταν ένα φυσικό σύρμα απ' άκρη σ' άκρη.
- Σήμερα, κύκλωμα είναι εξασφαλισμένο εύρος ζώνης απ' άκρη σ' άκρη.

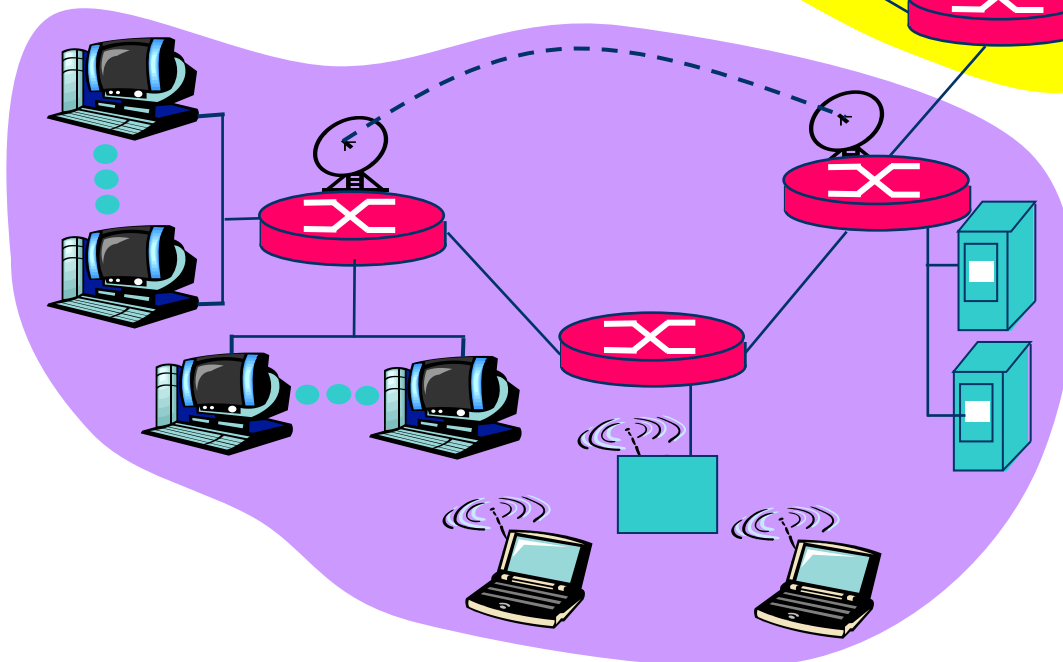
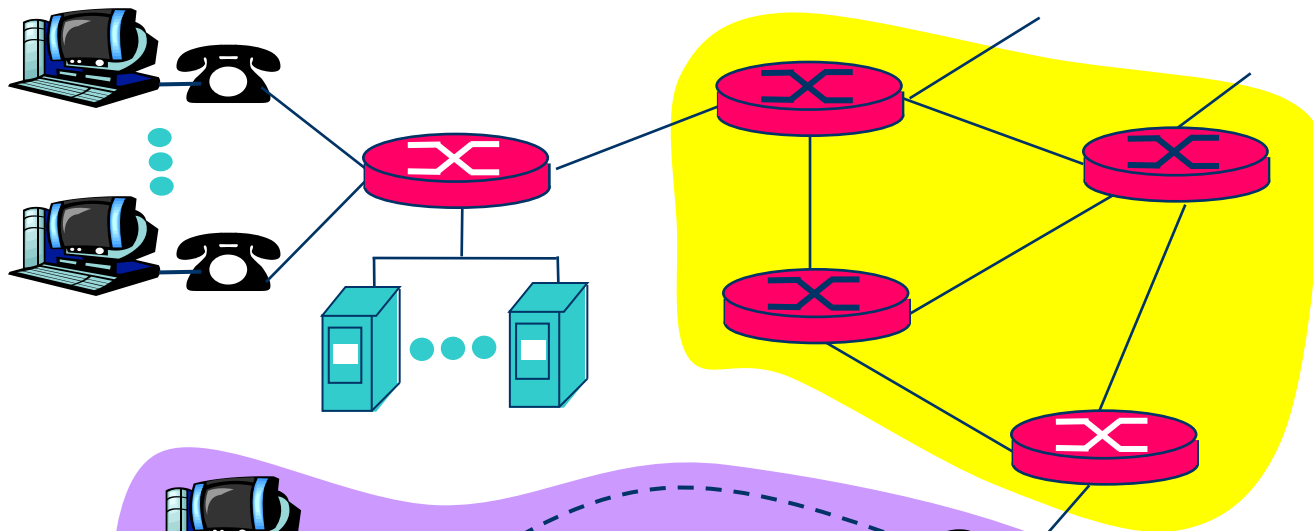
# Μεταγωγή κυκλώματος



# Μεταγωγή κυκλώματος



# Δίκτυα υπολογιστών



mobile



workstation



router



server

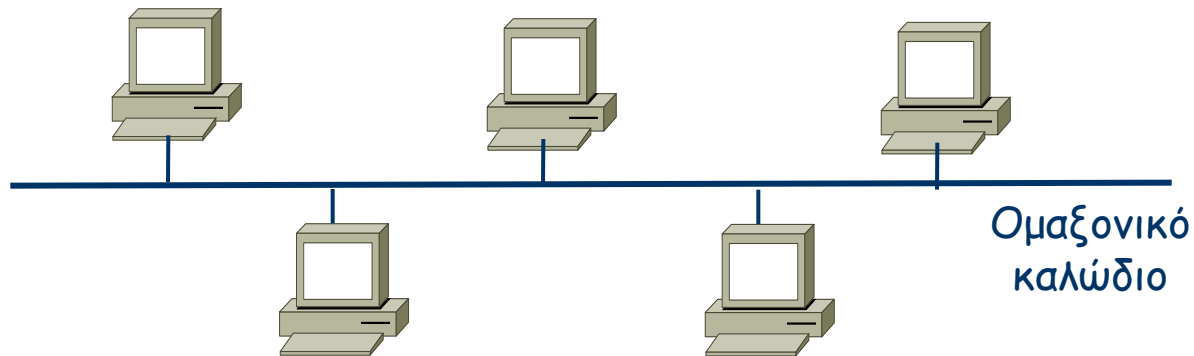




## Ταξινόμηση

### Τεχνολογία μετάδοσης

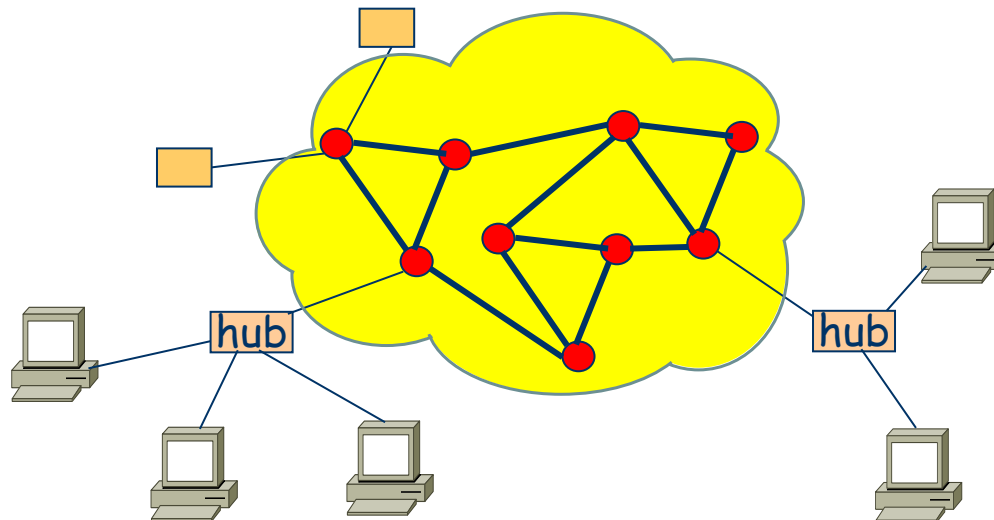
#### ➤ Δίκτυα εκπομπής





## Ταξινόμηση

- Δίκτυα σημείου προς σημείο
  - Πολλές συνδέσεις μεταξύ συγκεκριμένων μηχανών
  - Αποθήκευση και προώθηση
  - Πολλαπλές διαδρομές





## Ταξινόμηση

### Κλίμακα μεγέθους

- Τοπικά δίκτυα (LAN)
- Μητροπολιτικά δίκτυα (MAN)
- Δίκτυα ευρείας περιοχής (WAN)
- Internet

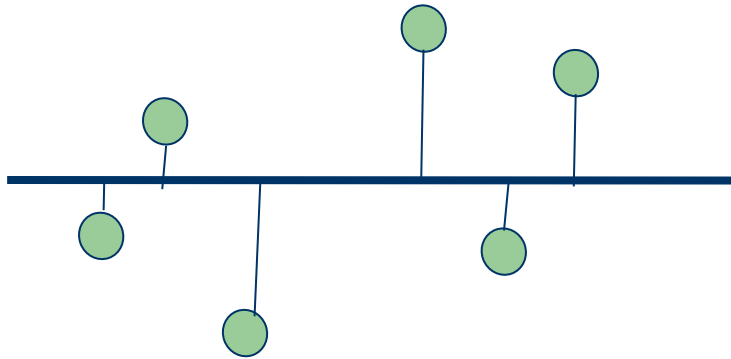


## Τοπικά δίκτυα

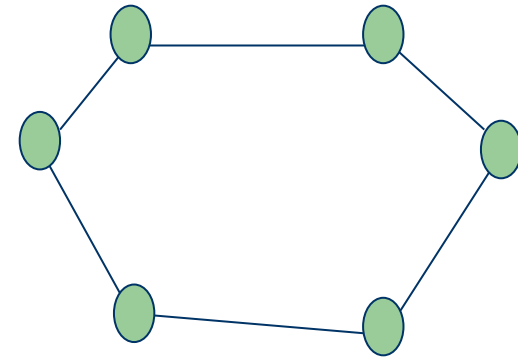
- Συνδέουν υπολογιστές που βρίσκονται σε μικρή απόσταση μεταξύ τους (π.χ. μέχρι 1 km)
- Διακρίνονται από τα άλλα είδη δικτύων με βάση τρία χαρακτηριστικά
  - ❖ Περιορισμένο μέγεθος
  - ❖ Τεχνολογία μετάδοσης
  - ❖ Τοπολογία



## Τοπολογία τοπικών δικτύων



Αρτηρία

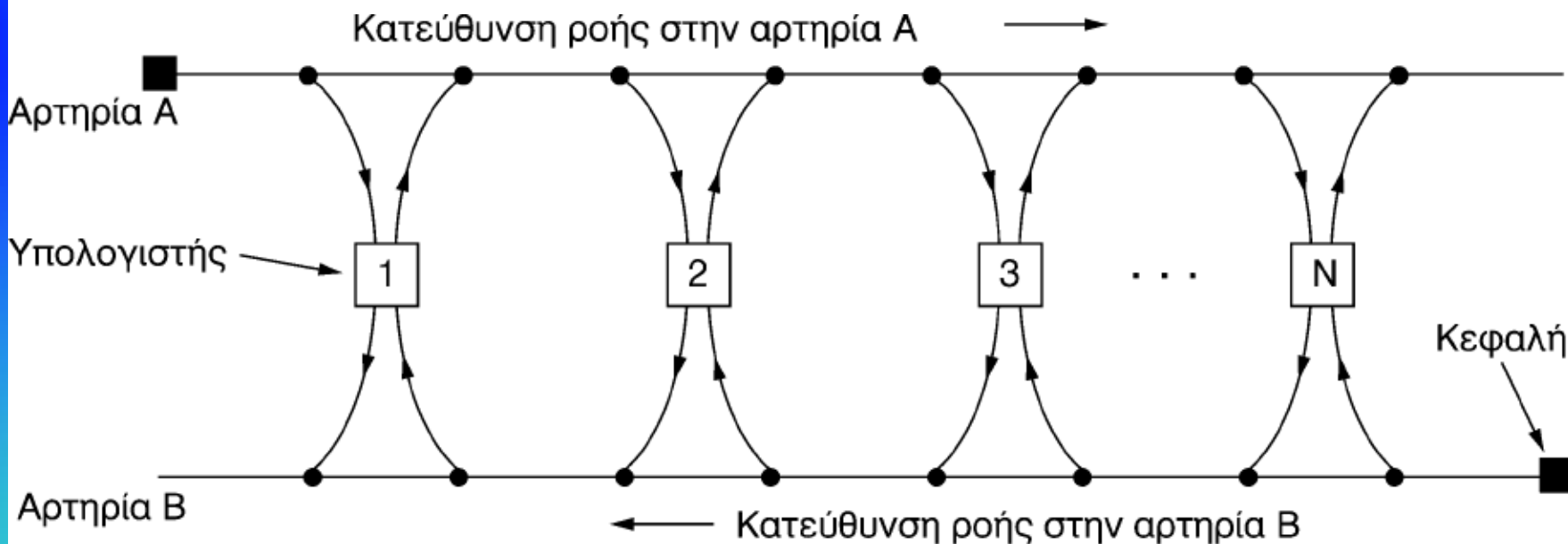


Δακτύλιος



## Μητροπολιτικά δίκτυα

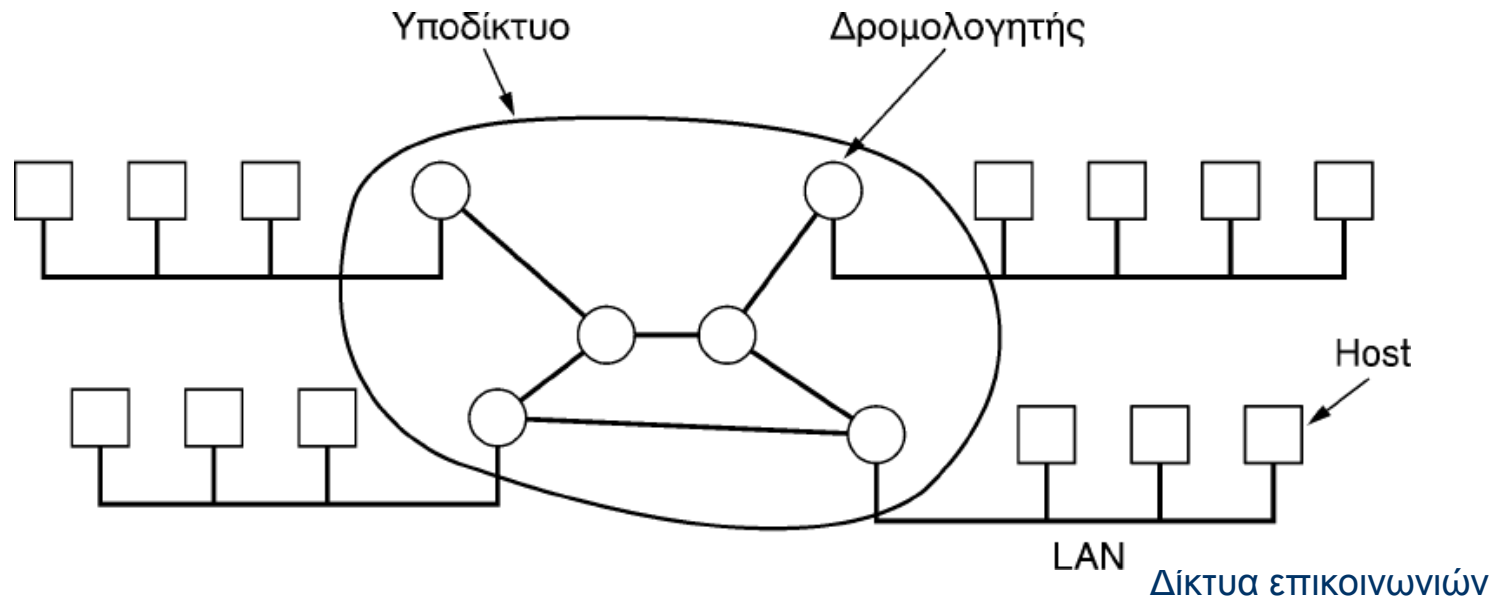
- Μεγαλύτερα από τα LAN και μικρότερα από τα WAN
- Δεν διαθέτουν στοιχεία μεταγωγής
- DQDB (Distributed Queue Dual Bus)





## Δίκτυα ευρείας περιοχής

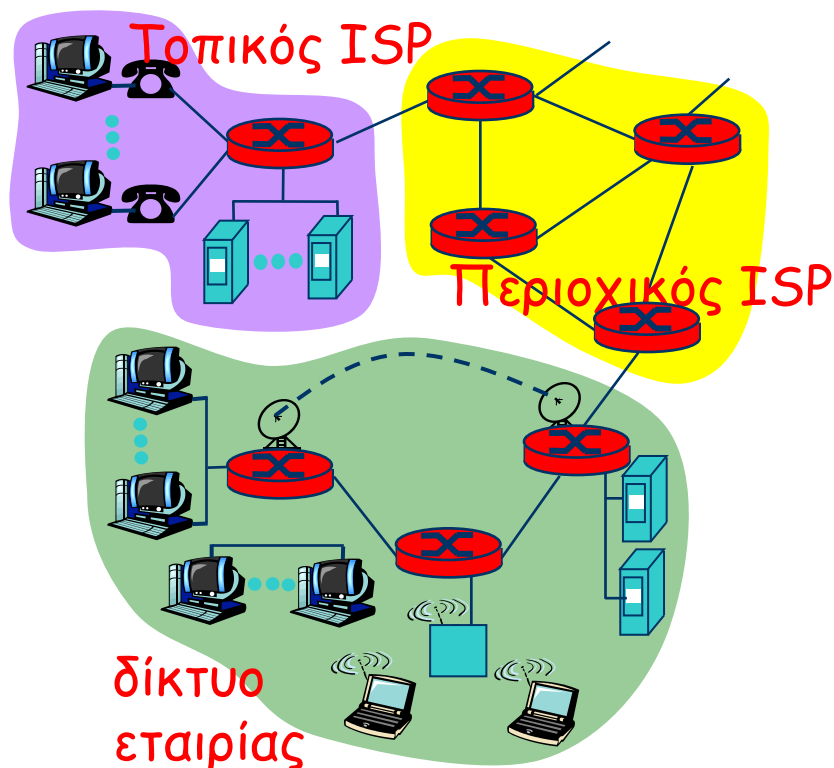
- Συνδέουν υπολογιστές που βρίσκονται μακριά μεταξύ τους.
  - Πιο αργά από τα LAN.
  - Λιγότερο αξιόπιστα από τα LAN.
  - Δίκτυα σημείου προς σημείο





## Internet

- εκατομμύρια συνδεδεμένων υπολογιστικών διατάξεων: *hosts, end-systems*
  - PC's, workstations, servers
  - PDA's, τηλέφωνα
- στις οποίες τρέχουν *δικτυακές εφαρμογές*
- *επικοινωνιακές ζεύξεις*
  - fiber, copper, radio, satellite
- *δρομολογητές*: προωθούν πακέτα δεδομένων μέσω του δικτύου

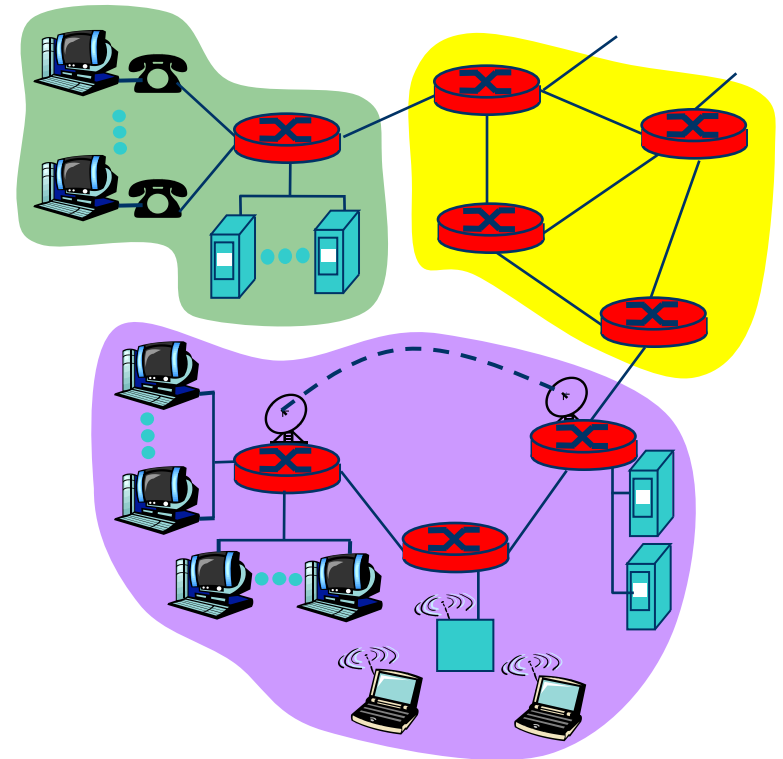






## Internet: Δομή δικτύου

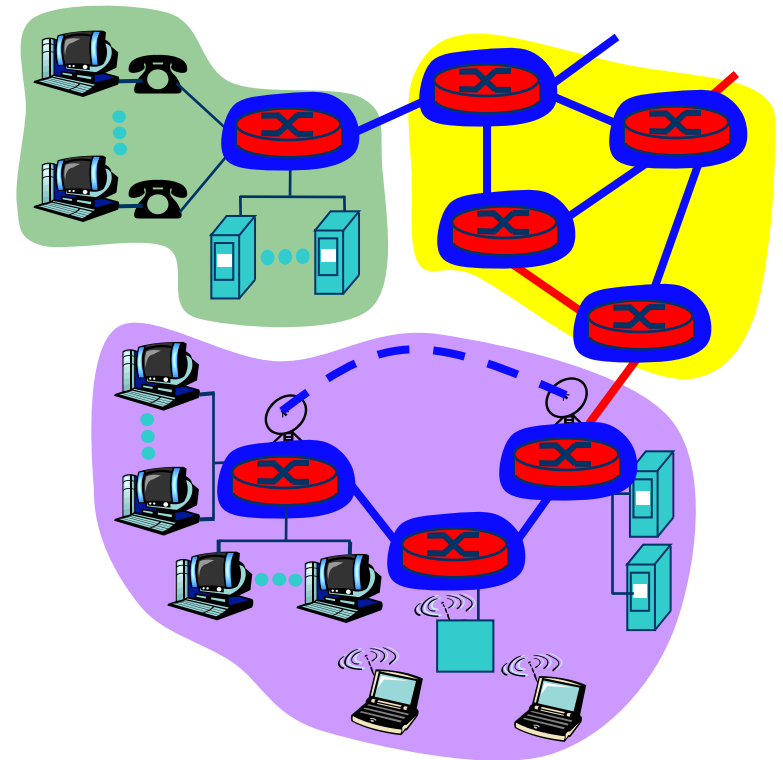
- **ακραίο δίκτυο:**  
εφαρμογές και hosts
- **δίκτυο κορμού:**
  - δρομολογητές
  - δίκτυο από δίκτυα
- **δίκτυα πρόσβασης,**  
**φυσικά μέσα:**  
επικοινωνιακές  
ζεύξεις





## Internet: δίκτυο κορμού

- πλήρως διασυνδεδεμένοι δρομολογητές
- το βασικό ερώτημα: πώς μεταφέρονται τα δεδομένα μέσω του δικτύου;
  - μεταγωγή κυκλώματος
  - μεταγωγή πακέτου

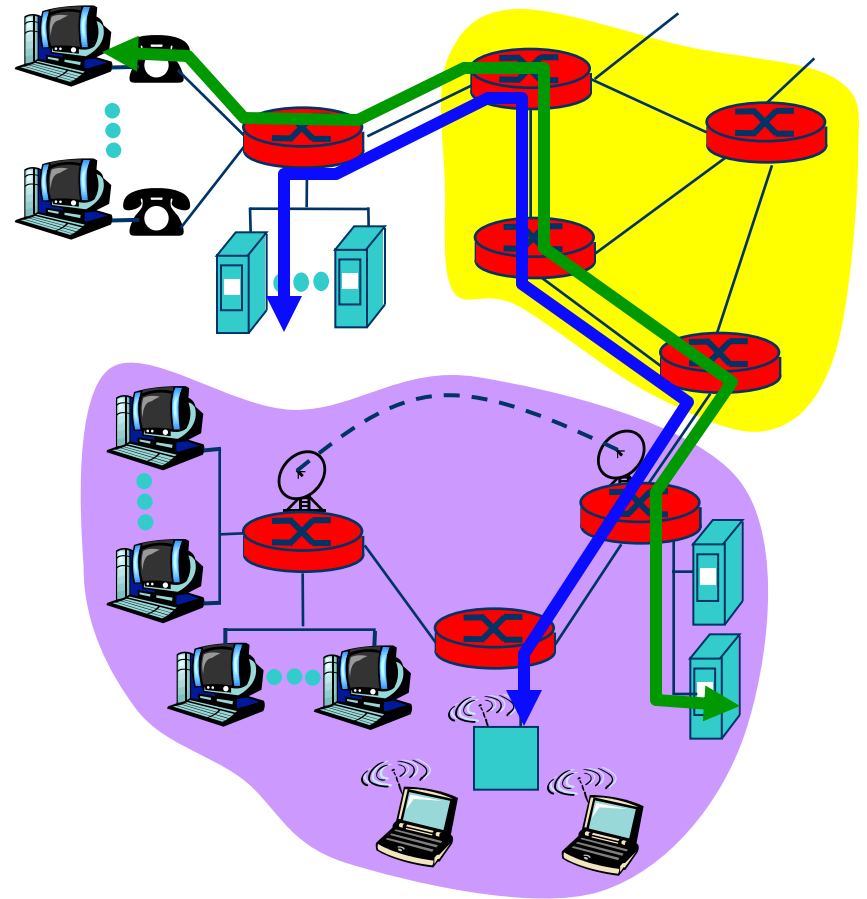




## Μεταγωγή κυκλώματος

Δεσμεύονται πόροι  
απ' άκρη σ' άκρη για  
μια "κλήση"

- εύρος ζώνης ζεύξης, χωρητικότητα μεταγωγέα
- αφιερωμένοι πόροι: όχι κοινή χρήση
- επίδοση παρόμοια με των κυκλωμάτων
- απαιτείται εγκατάσταση κλήσης





## Μεταγωγή πακέτου

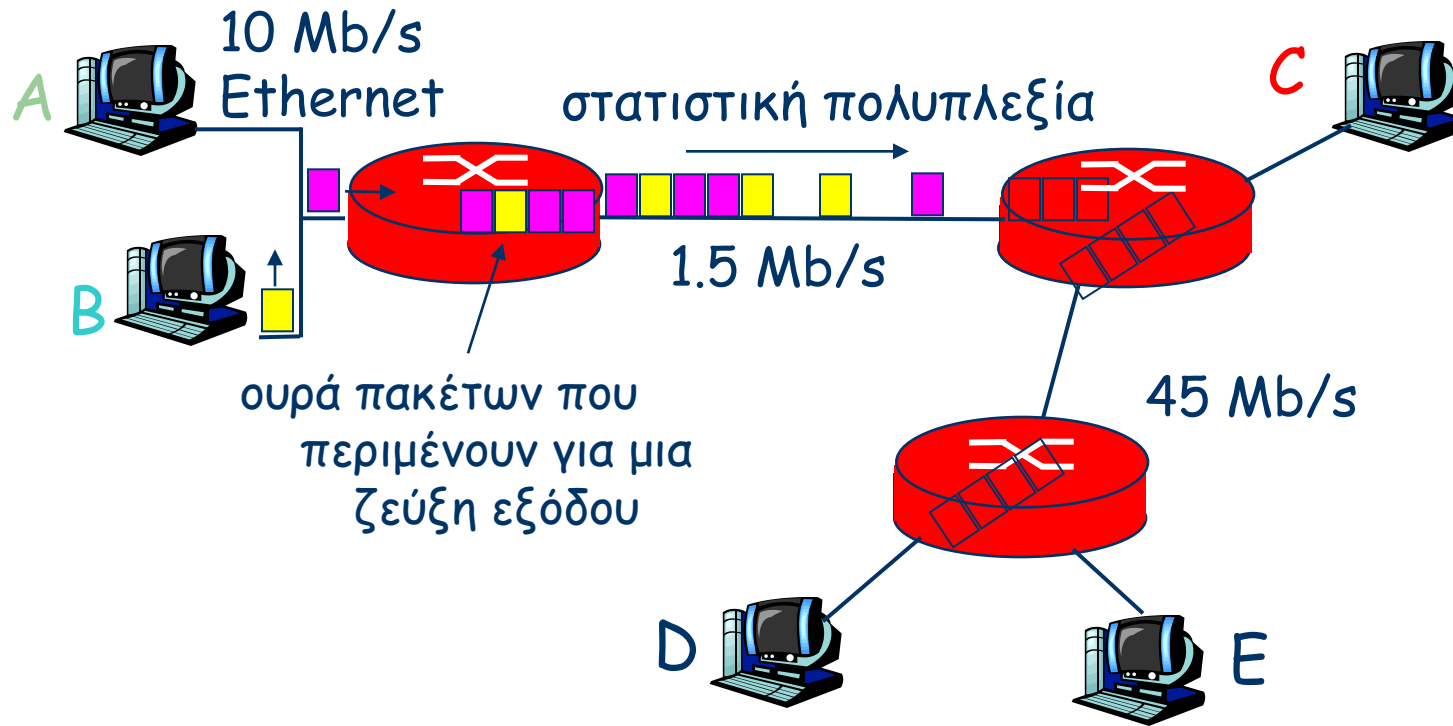
κάθε ροή δεδομένων απ' άκρη σ' άκρη χωρίζεται σε πακέτα

- τα πακέτα των χρηστών Α, Β μοιράζονται τους πόρους του δικτύου
- κάθε πακέτο χρησιμοποιεί όλο το εύρος ζώνης της ζεύξης
- οι πόροι χρησιμοποιούνται όταν χρειάζεται

ανταγωνισμός για πόρους:

- η συνολική ζήτηση για πόρους μπορεί να υπερβαίνει τους διαθέσιμους
- συμφόρηση: ουρές
- αποθήκευση και προώθηση: τα πακέτα κάνουν ένα βήμα κάθε φορά
  - μετάδοση σε κάθε ζεύξη
  - σειρά στην επόμενη

# Μεταγωγή πακέτου

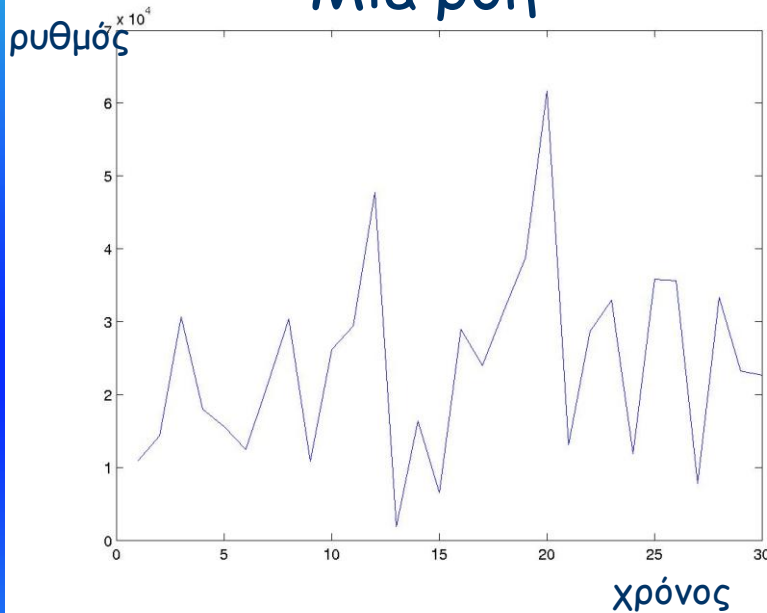


# Μεταγωγή πακέτου



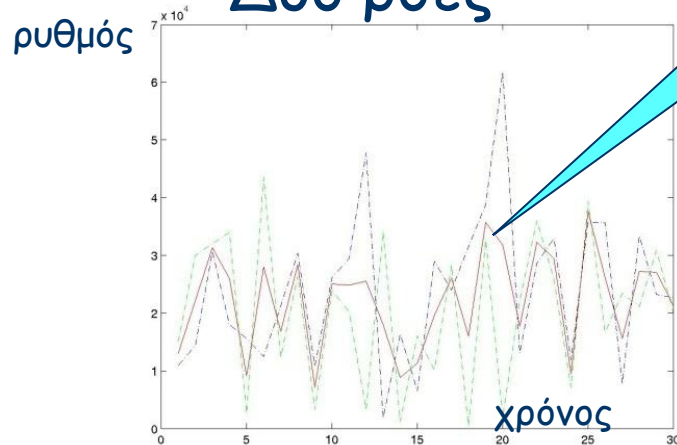
## Στατιστική πολυπλεξία

### Μία ροή



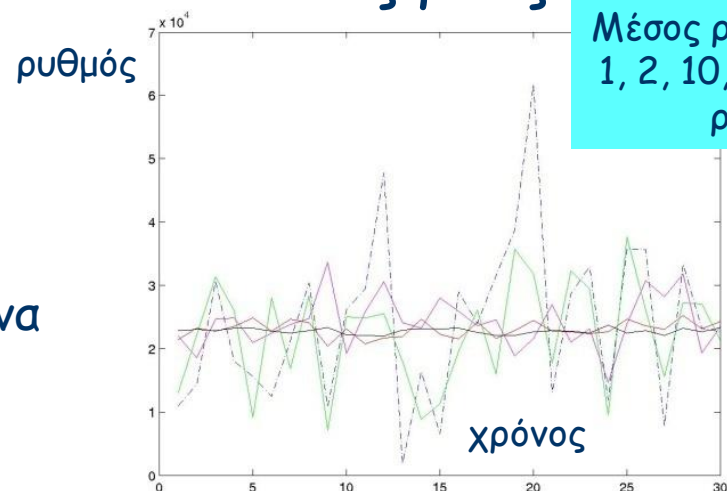
- ❖ Η κίνηση είναι εκρηκτική, δηλ., ο ρυθμός αλλάζει συχνά.
- ❖ Τα μέγιστα από διαφορετικές ροές εμφανίζονται γενικά ετεροχρονισμένα
- ❖ Αποτέλεσμα: οι πολλές ροές έχουν ομαλότερη κίνηση.

### Δύο ροές



Μέσος  
ρυθμός

### Πολλές ροές

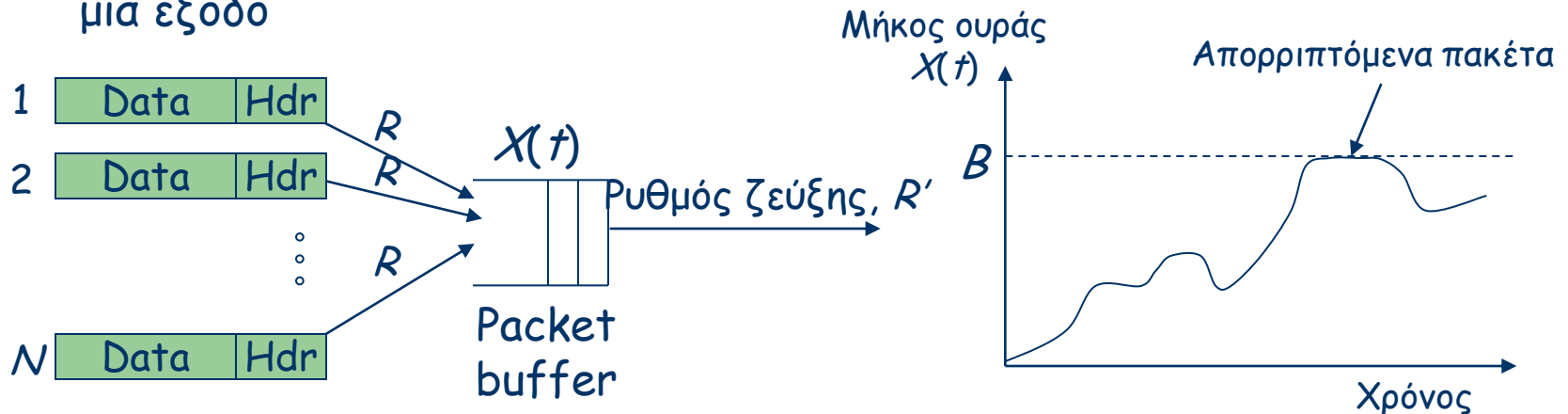


Μέσος ρυθμός από:  
1, 2, 10, 100, 1000  
ροές.



## Στατιστική πολυπλεξία

Πακέτα για  
μία έξοδο

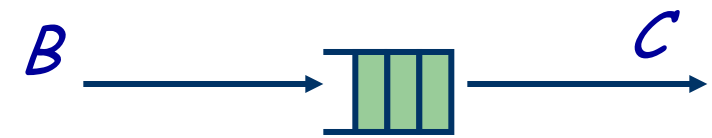
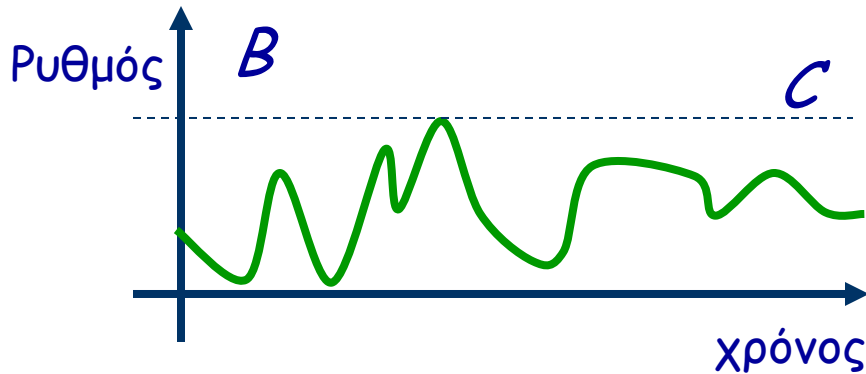
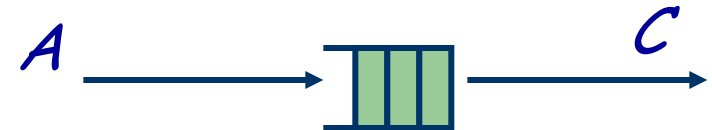
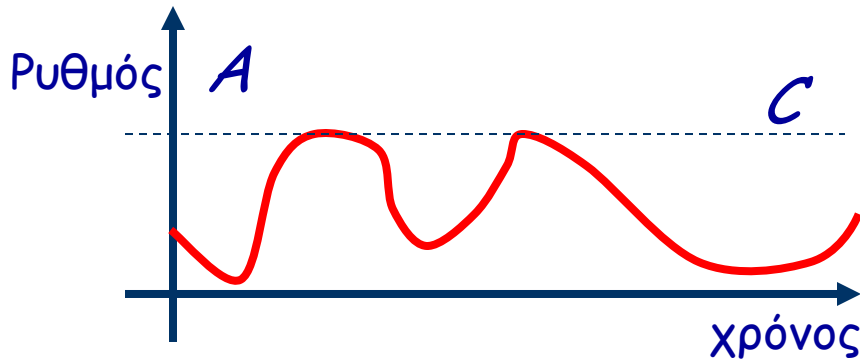


- ❖ Επειδή ο buffer απορροφά τις εκρήξεις, η ζεύξη εξόδου δεν χρειάζεται να λειτουργεί με ρυθμό  $N \times R$ .
- ❖ Αλλά ο buffer έχει πεπερασμένο μήκος  $B$ , οπότε θα υπάρχουν απώλειες.

# Μεταγωγή πακέτου



## Στατιστική πολυπλεξία

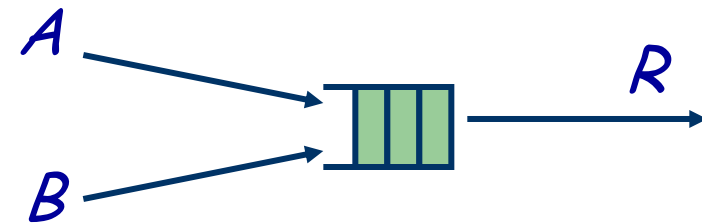
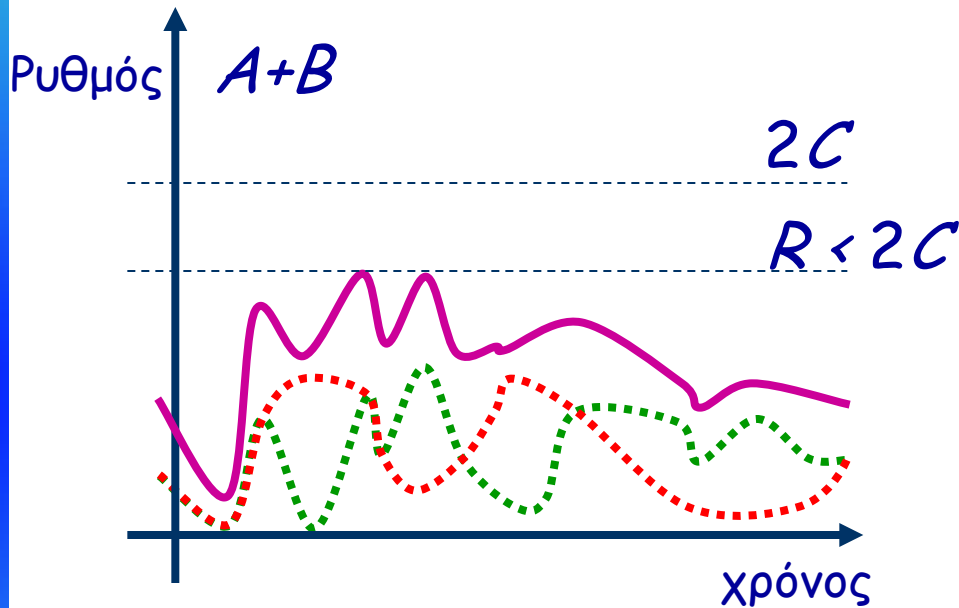




# Μεταγωγή πακέτου



## Κέρδος στατιστικής πολυπλεξίας



$$\text{Κέρδος στατιστικής πολυπλεξίας} = 2C/R$$

# Μεταγωγή πακέτου

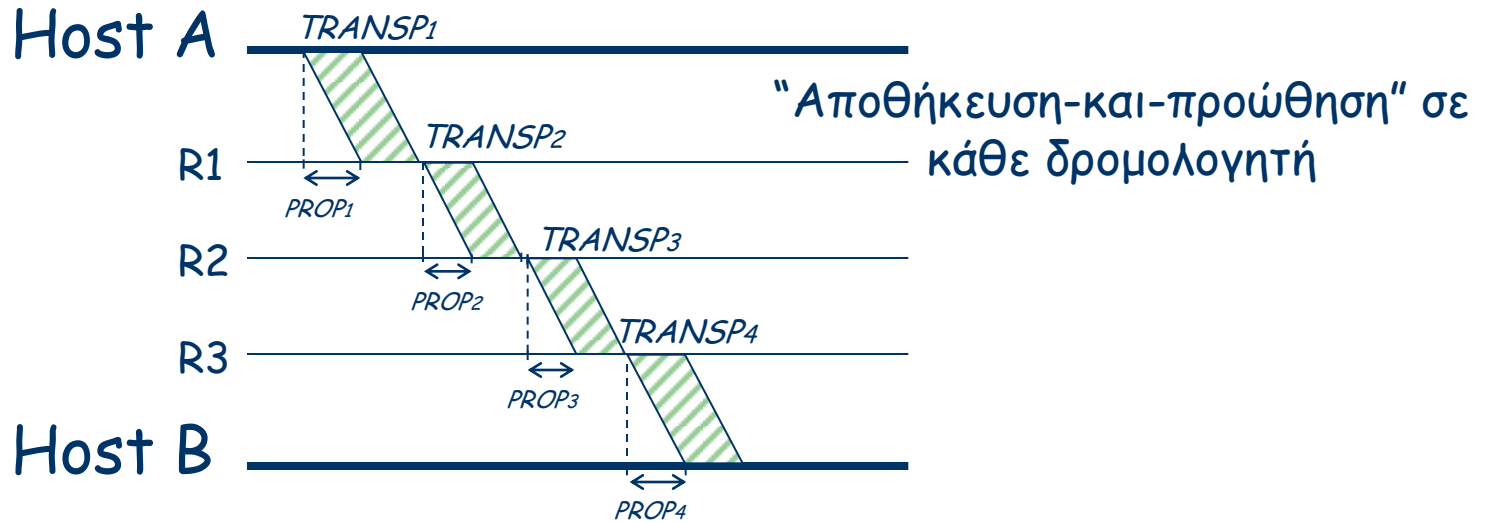
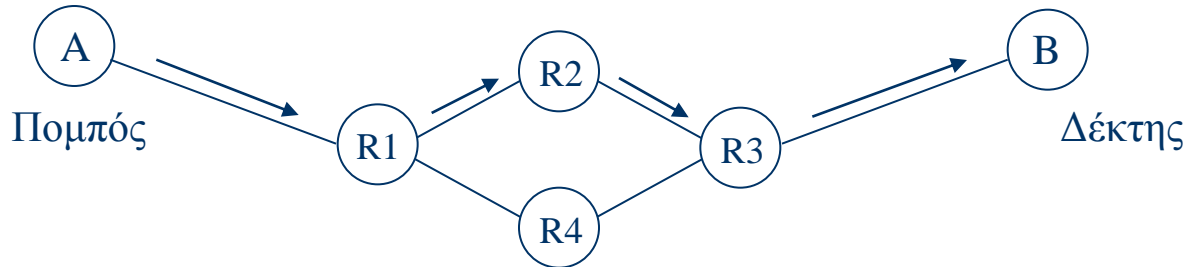


## Μερικοί ορισμοί

- Μήκος πακέτου,  $P$ , είναι το μήκος του πακέτου σε bits.
- Μήκος ζεύξης,  $L$ , είναι το μήκος της ζεύξης σε μέτρα.
- Ρυθμός δεδομένων,  $R$ , είναι ο ρυθμός με τον οποίο μπορούν να σταλούν τα bit, σε bits/sec, ή bps.<sup>1</sup>
- Καθυστέρηση διάδοσης,  $PROP$ , είναι ο χρόνος για να διανύσει ένα bit μια ζεύξη μήκους  $L$ .  
$$PROP = L/u.$$
- Χρόνος μετάδοσης,  $TRANSP$ , είναι ο χρόνος για να μεταδοθεί ένα πακέτο μήκους  $P$ .  
$$TRANSP = P/R.$$
- Συνολική καθυστέρηση, είναι ο χρόνος από τη στιγμή που αρχίζει η μετάδοση του πρώτου bit στον πομπό, μέχρι να ληφθεί και το τελευταίο bit στον δέκτη. Σε μία ζεύξη:  
$$\text{συνολική καθυστέρηση} = PROP + TRANSP.$$

1. Σημείωση: 1 kilobit/sec, kbps, είναι 1000 bits/sec όχι 1024 bit/sec.

# Μεταγωγή πακέτου

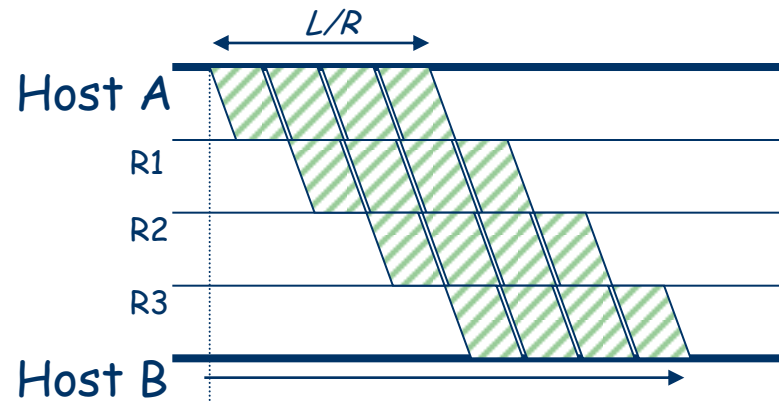
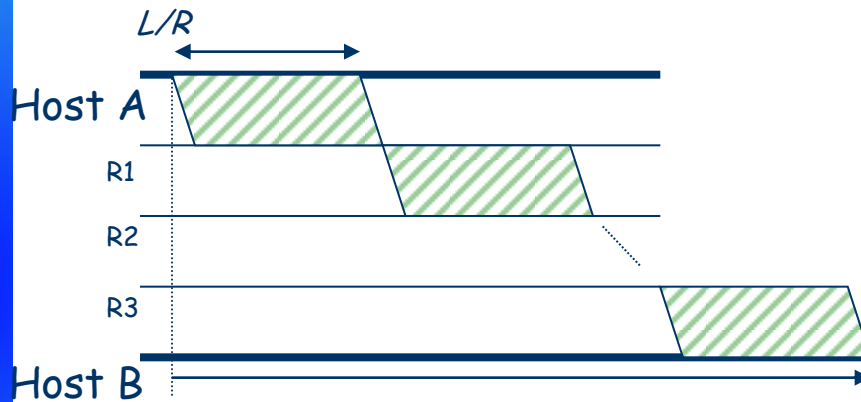


$$\text{Ελάχιστη καθυστέρηση απ' άκρησ' άκρη} = \sum_i (TRANSP_i + PROP_i)$$

# Μεταγωγή πακέτου

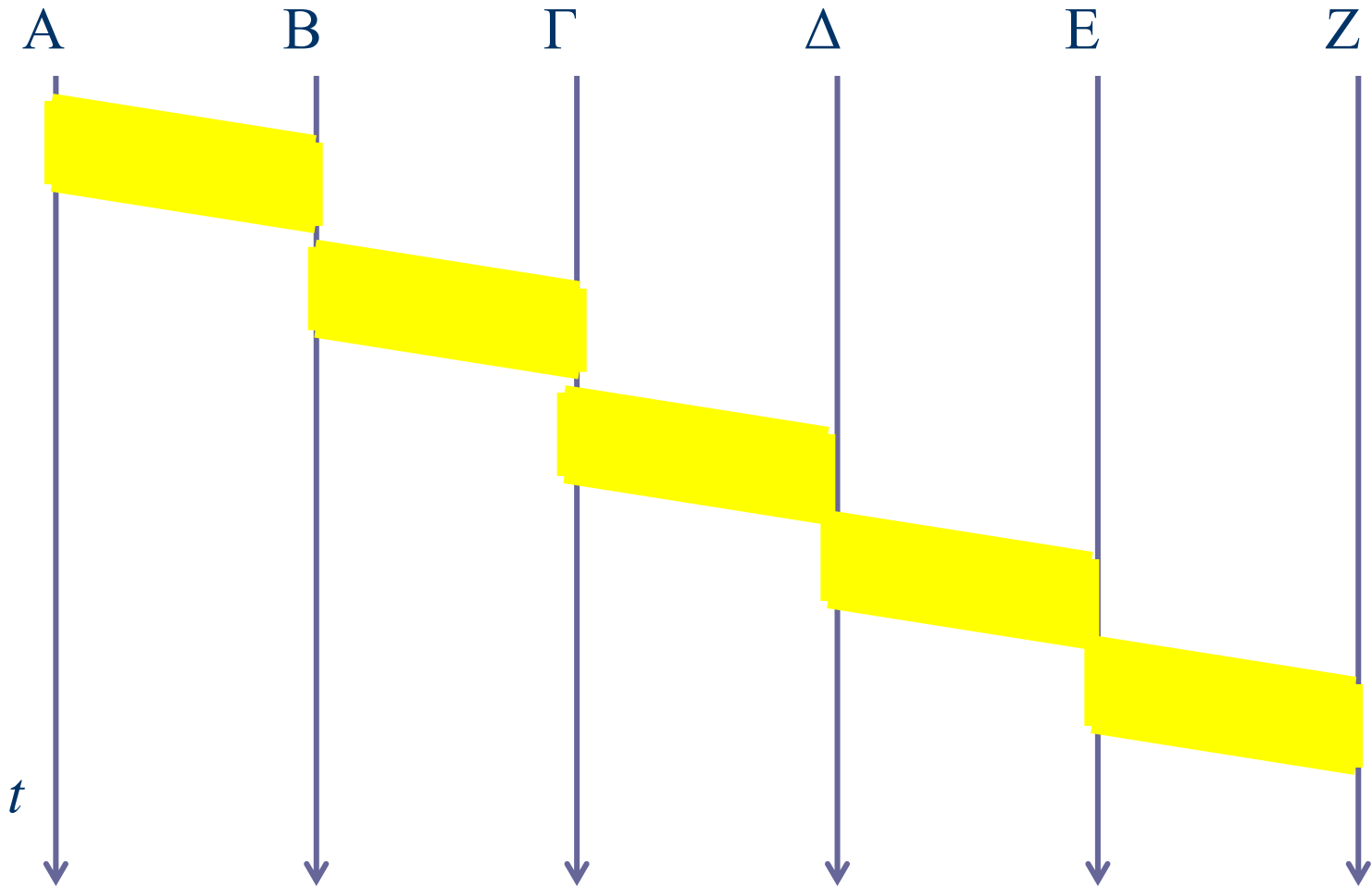


*Γιατί να μη στέλνεται όλο το μήνυμα σε ένα πακέτο;*

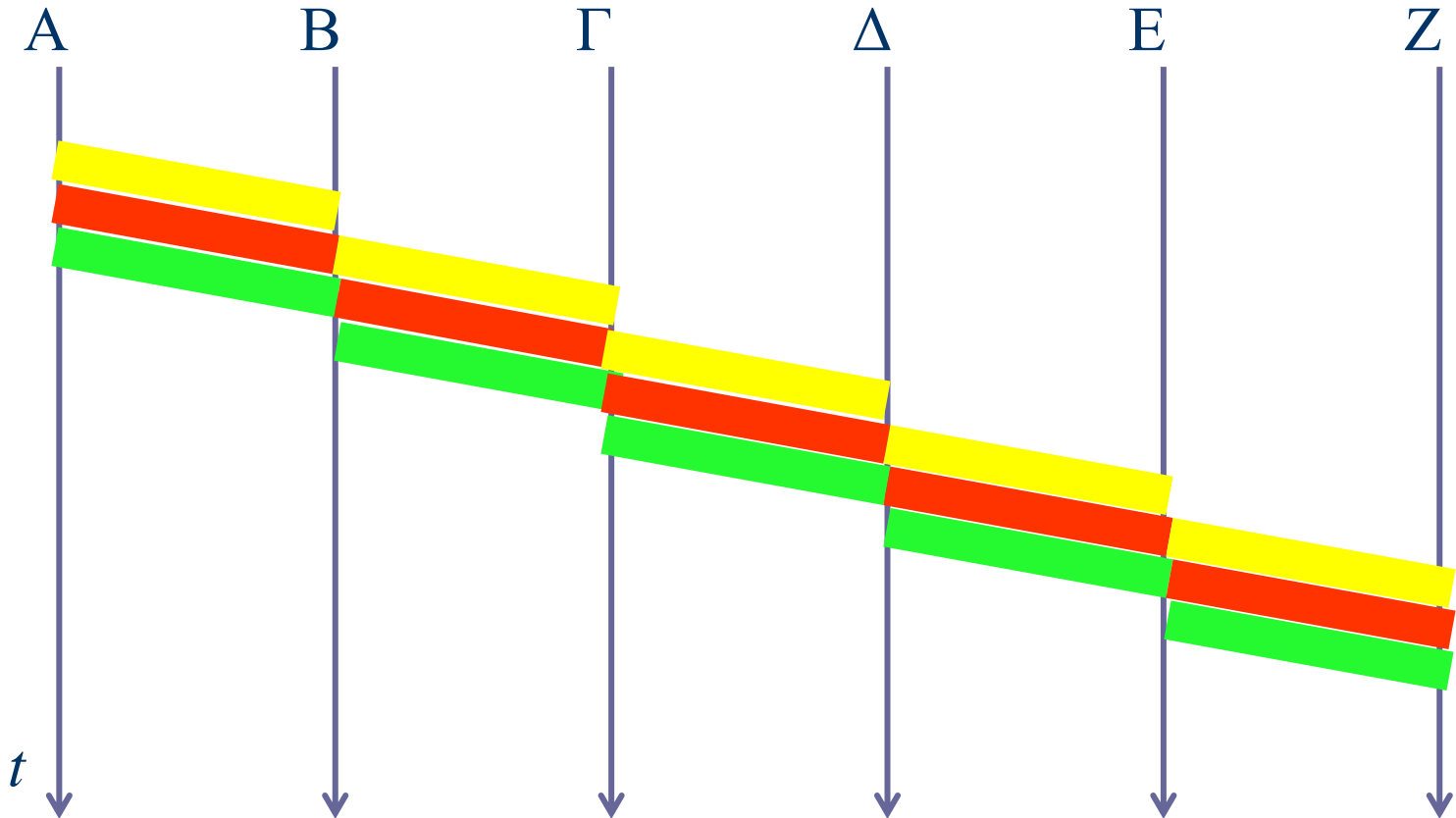


Η διάσπαση του μηνύματος σε πακέτα επιτρέπει την παράλληλη μετάδοση στις ζεύξεις κατά μήκος της διαδρομής, περιορίζοντας έτσι τη συνολική καθυστέρηση. Εμποδίζει, επίσης, τη "μονοπώληση" μιας ζεύξης για πολύ χρόνο από ένα μήνυμα.

# Μεταγωγή μηνύματος



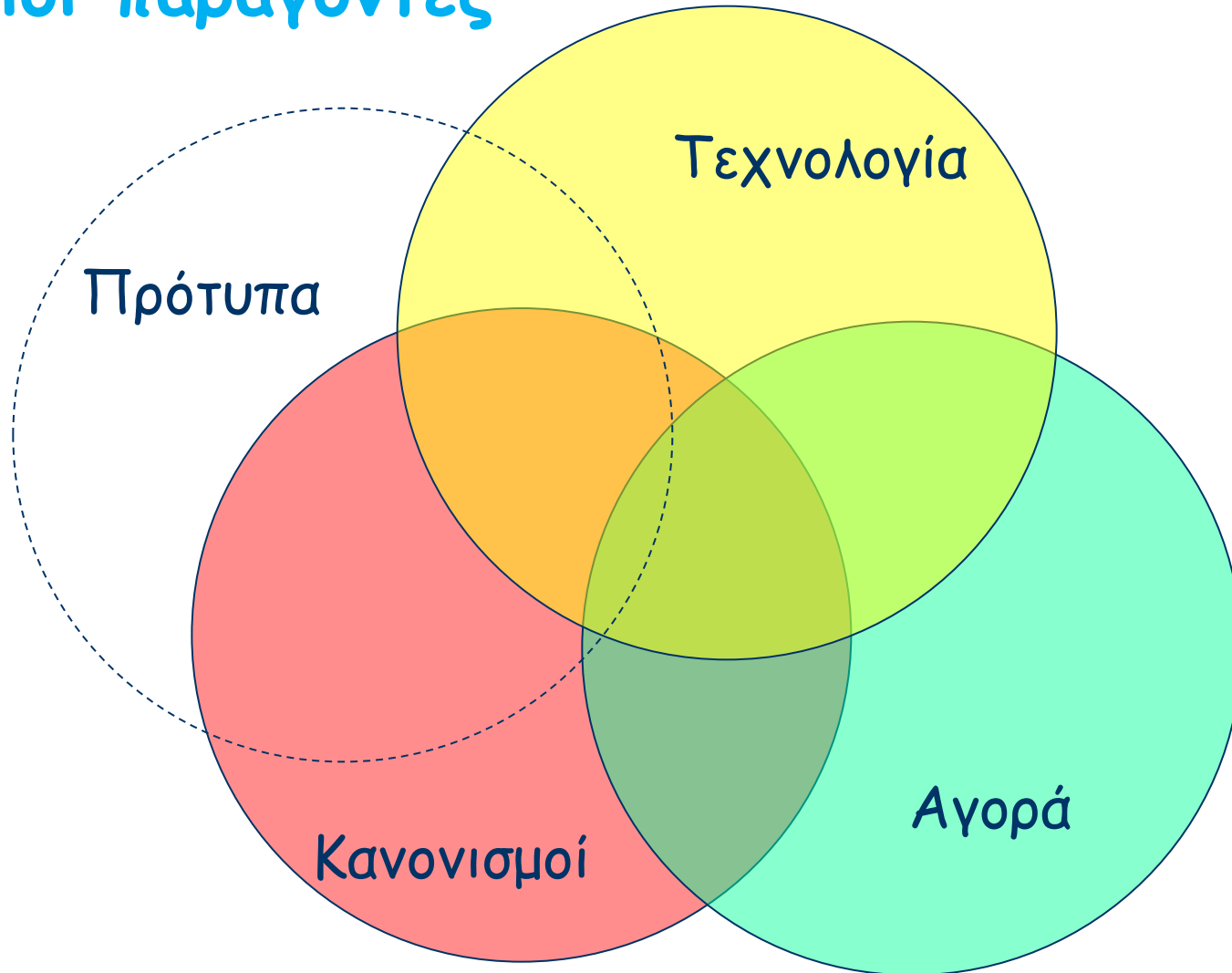
# Μεταγωγή πακέτου



# Ανάπτυξη των δικτύων επικοινωνιών



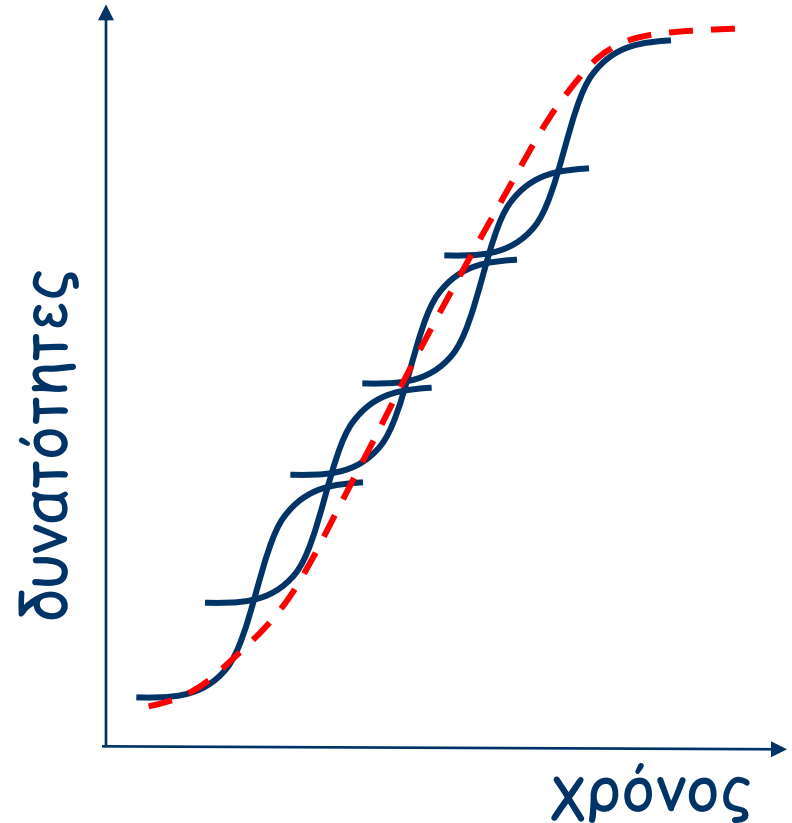
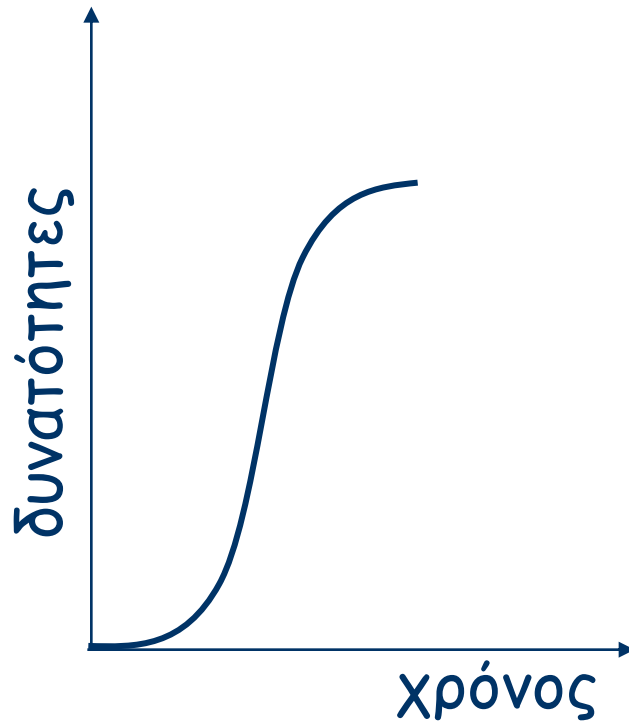
## Κύριοι παράγοντες



# Ανάπτυξη των δικτύων επικοινωνιών



## Ο ρόλος της τεχνολογίας







## Ο ρόλος της τεχνολογίας

- Τεχνολογίες μετάδοσης
- Τεχνολογίες επεξεργασίας σήματος
- Τεχνολογία ψηφιακών υπολογιστών
  - Η ανάπτυξη των υπολογιστών (μεγάλη χωρητικότητα και μεγάλη ταχύτητα επεξεργασίας) έπαιξε σπουδαίο ρόλο στην εξέλιξη των συστημάτων μεταγωγής και στην εφαρμογή των πρωτοκόλλων δικτύου.
- Επίσης, η ανάπτυξη νέων αλγορίθμων σχεδιασμού, ελέγχου και διαχείρισης δικτύων έχει βοηθήσει στην αντιμετώπιση της πολυπλοκότητας που συνδέεται με τα σύγχρονα δίκτυα.



## Ο ρόλος της αγοράς

- Η επιτυχία μιας υπηρεσίας εξαρτάται από την προθυμία των χρηστών να πληρώσουν για την υπόψη υπηρεσία
- Κόστος, χρησιμότητα και απήχηση της υπηρεσίας
- Για τις υπηρεσίες δικτύου, η χρησιμότητα εξαρτάται από την ύπαρξη κρίσιμης μάζας συνδρομητών



## Ο ρόλος των κανονισμών

- Τα παραδοσιακά δίκτυα ήταν κρατικά
- Τα τελευταία χρόνια μειώνεται διαρκώς ο μονοπωλιακός παράγοντας στο περιβάλλον των επικοινωνιών
- Η απελευθέρωση των επικοινωνιών έχει καθιερωθεί διεθνώς
- Η ανάπτυξη νέων τεχνολογιών έχει δώσει τη δυνατότητα ύπαρξης νέων παρόχων τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών με εντελώς νέες υποδομές
- Οι κανονισμοί πλέον αφορούν
  - τη διαλειτουργία των διαφόρων συστημάτων
  - τις πληροφορίες που πρέπει να μεταφέρονται στους χρήστες μέσω κάποιου δικτύου
  - θέματα ασφάλειας επικοινωνιών



## Ο ρόλος των προτύπων

- Τα πρότυπα είναι, βασικά, **συμφωνίες** που επιτρέπουν τη **διαλειτουργία** συσκευών διαφόρων κατασκευαστών
- Επιτρέπουν σε μικρότερες εταιρίες να εισέρχονται στην αγορά των τηλεπικοινωνιακών δικτύων
- Παρέχουν, γενικά, ένα πλαίσιο εργασίας για τον συντονισμό των αποκεντρωμένων δραστηριοτήτων των διαφόρων φορέων, κρατικών, εμπορικών και βιομηχανικών, οι οποίοι εμπλέκονται στην ανάπτυξη και εξέλιξη των δικτύων επικοινωνιών
- Οργανισμοί προτυποποίησης
  - International Telecommunications Union (ITU)
  - Internet Engineering Task Force (IETF)
  - European Telecommunications Standards Institute (ETSI),