



# ΔΙΚΤΥΑ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

## Εισαγωγή

# Γενικές πληροφορίες



- **Βιβλίο:** Δίκτυα Υπολογιστών, Andrew Tanenbaum, 4η έκδ., Κλειδάριθμος
- Θεωρητικά μαθήματα και εργαστήρια
- **Θεωρητικά μαθήματα:** Παρασκευή 15.15-17.00
  - Τμήμα Α: Ν. Κτ. Αμφ. 4
  - Τμήμα Β: Ν. Κτ. Αμφ. 5
- **Εργαστήρια:** PC Lab ΣΗΜΜΥ (Ν. Κτ.)
- **Ομάδες εργαστηρίου**
  - Α: Δευτέρα 12.45-14.30, Α' όροφος, Αίθουσες Α1, Α2, Α3
  - Β: Τρίτη 10.45-12.30, Α' όροφος, Αίθουσες Α2, Α3
  - Γ: Τετάρτη 10.45-12.30, Α' όροφος, Αίθουσες Α1, Α2
- **Τελικός βαθμός** =  $0.6 \times \text{γραπτό} + 0.4 \times \text{εργαστήριο}$
- **Ιστοσελίδα μαθήματος:** [www.cn.ntua.gr](http://www.cn.ntua.gr)

# Περίληψη



- 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

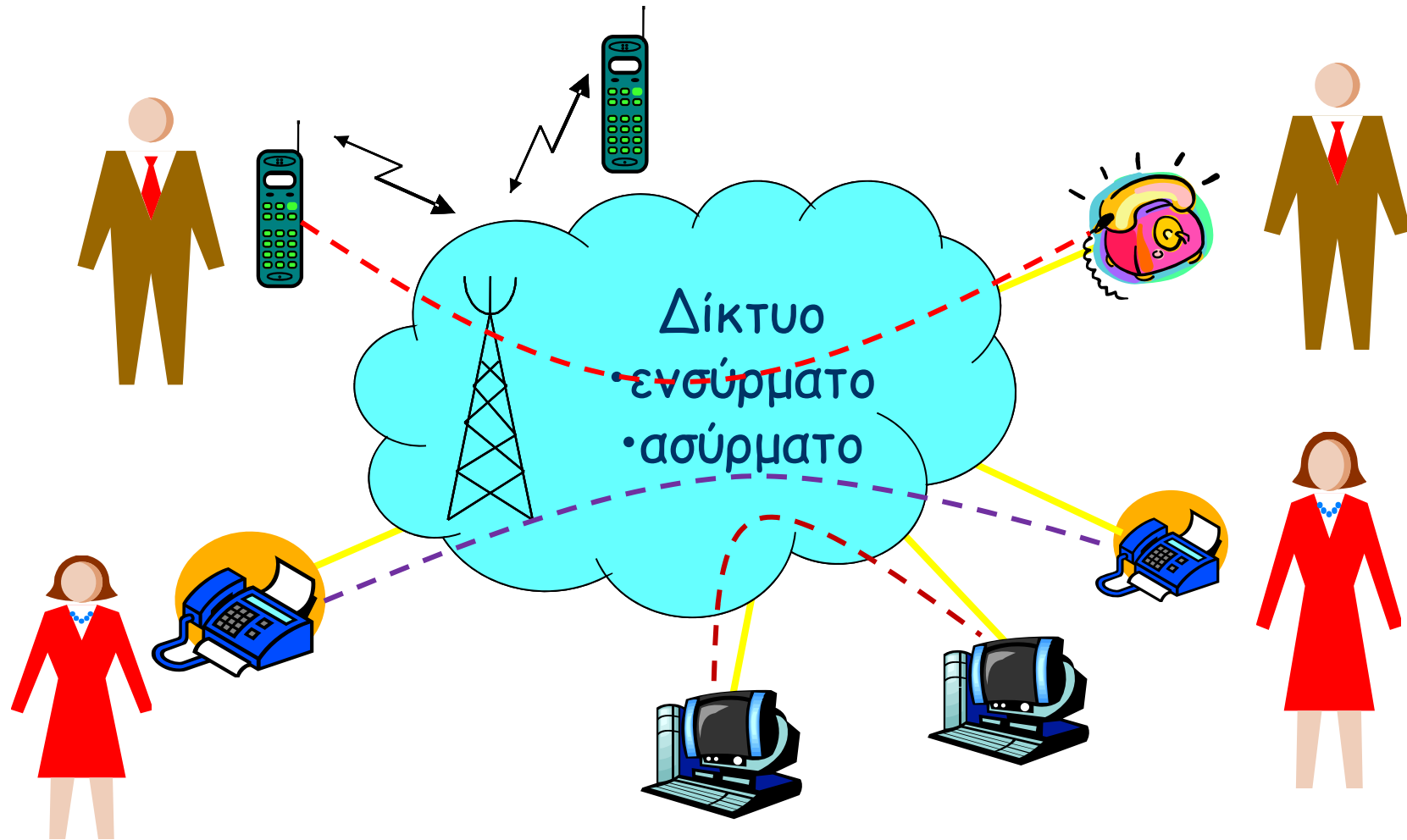


- Προσωρινή συνεργασία (σχέση) μεταξύ **χρηστών** μιας τηλεπικοινωνιακής υπηρεσίας με σκοπό την ανταλλαγή **πληροφοριών**

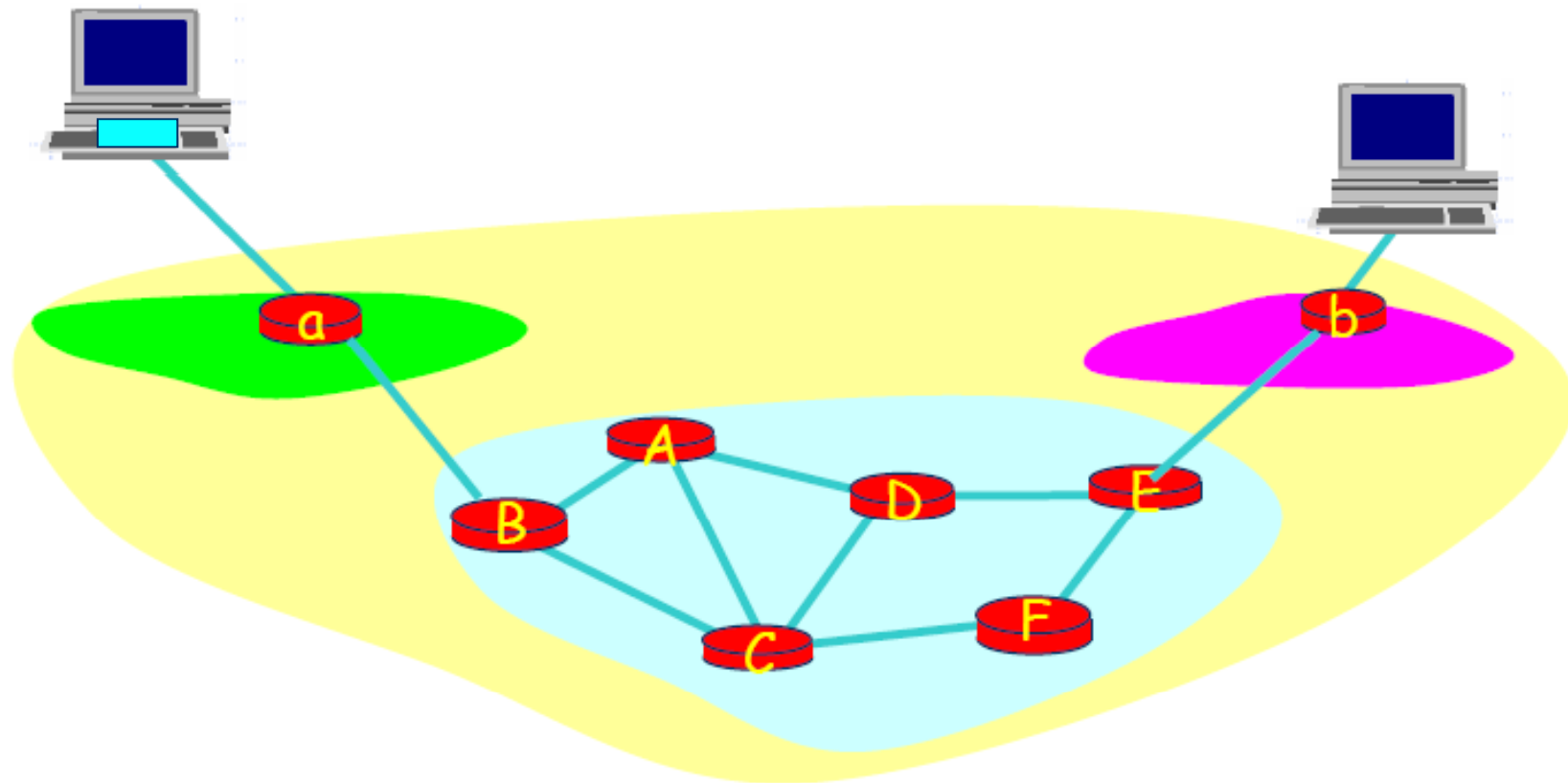


- **Πληροφορία**
  - Φωνή
  - Ήχος
  - Γραφικά
  - Κινούμενη εικόνα
  - Data
- **Χρήστες**
  - Φυσικά πρόσωπα
  - Συσκευές
  - Προγράμματα υπολογιστών

# Δίκτυα επικοινωνιών



# Δίκτυα επικοινωνιών



# Δίκτυα επικοινωνιών



- Κατανεμημένα συστήματα υλικού και λογισμικού που επιτρέπουν στους χρήστες να ανταλλάσσουν πληροφορίες, π.χ.
  - Τηλεφωνικό δίκτυο
  - Δίκτυο υπολογιστών
- Μετατροπή της πληροφορίας πριν τη μετάδοση και ανακατασκευή της στη λήψη



# Σε τι χρειάζεται ένα δίκτυο



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

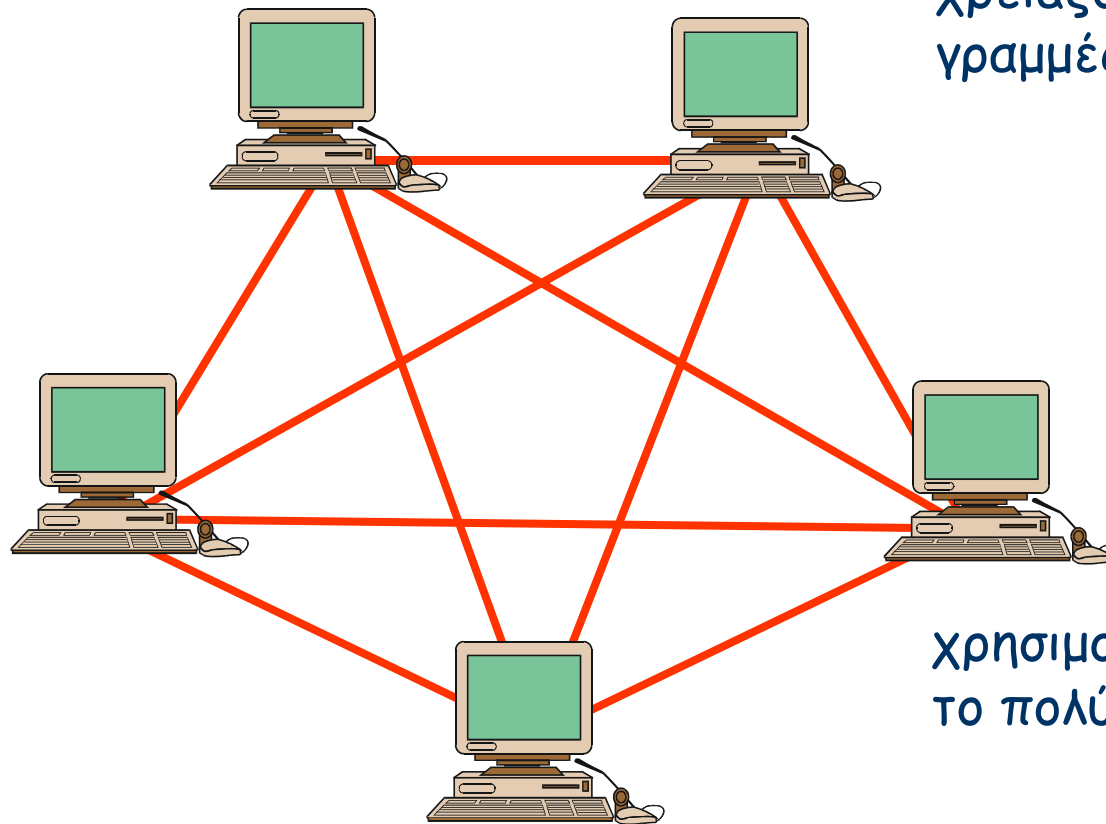


Η ζεύξη μπορεί να είναι καλώδιο, διπλαγωγός, οπτική ίνα, ασύρματη ζεύξη ή οπτική ζεύξη στον ελεύθερο χώρο

# Σε τι χρειάζεται ένα δίκτυο



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



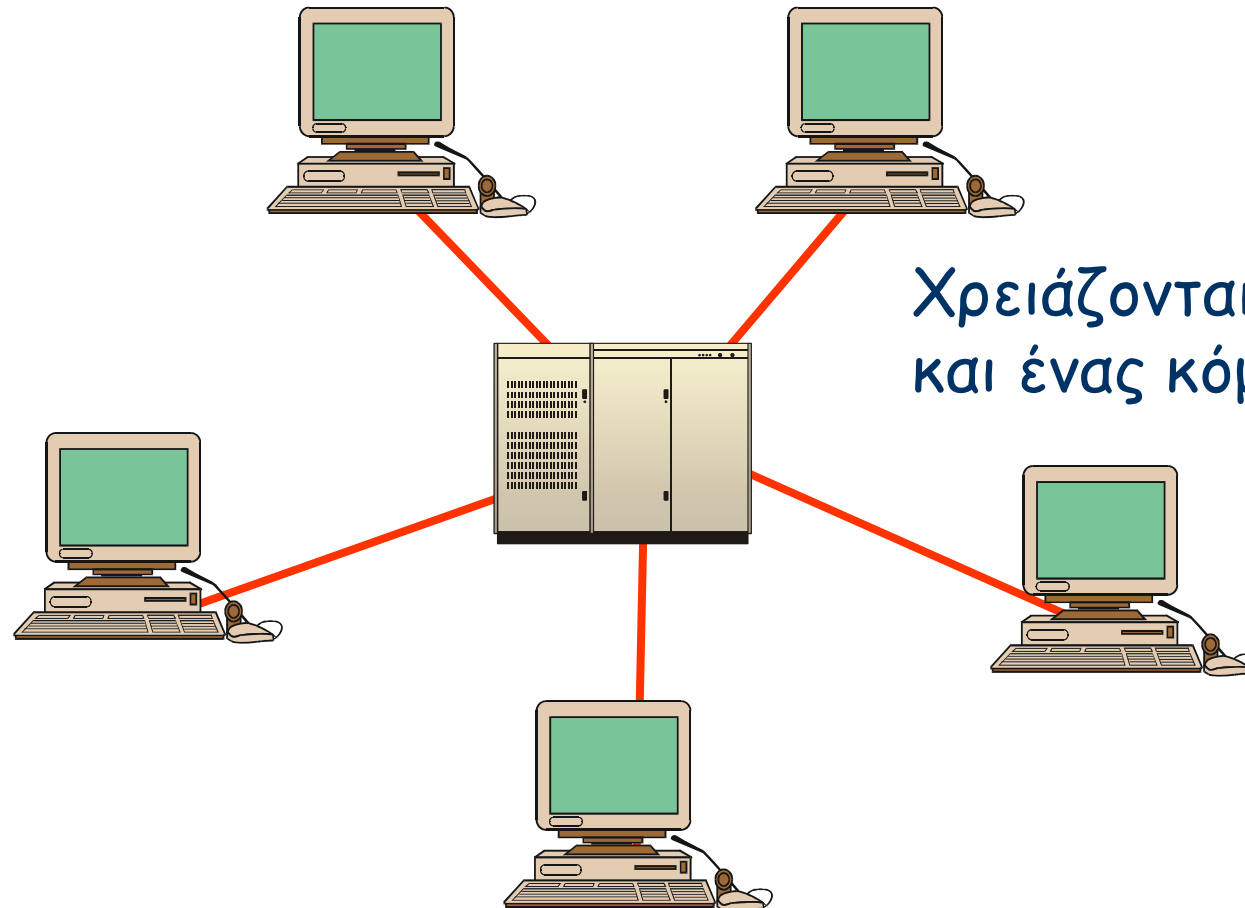
χρησιμοποιούνται  
το πολύ  $N/2$  ζεύξεις

# Σε τι χρειάζεται ένα δίκτυο

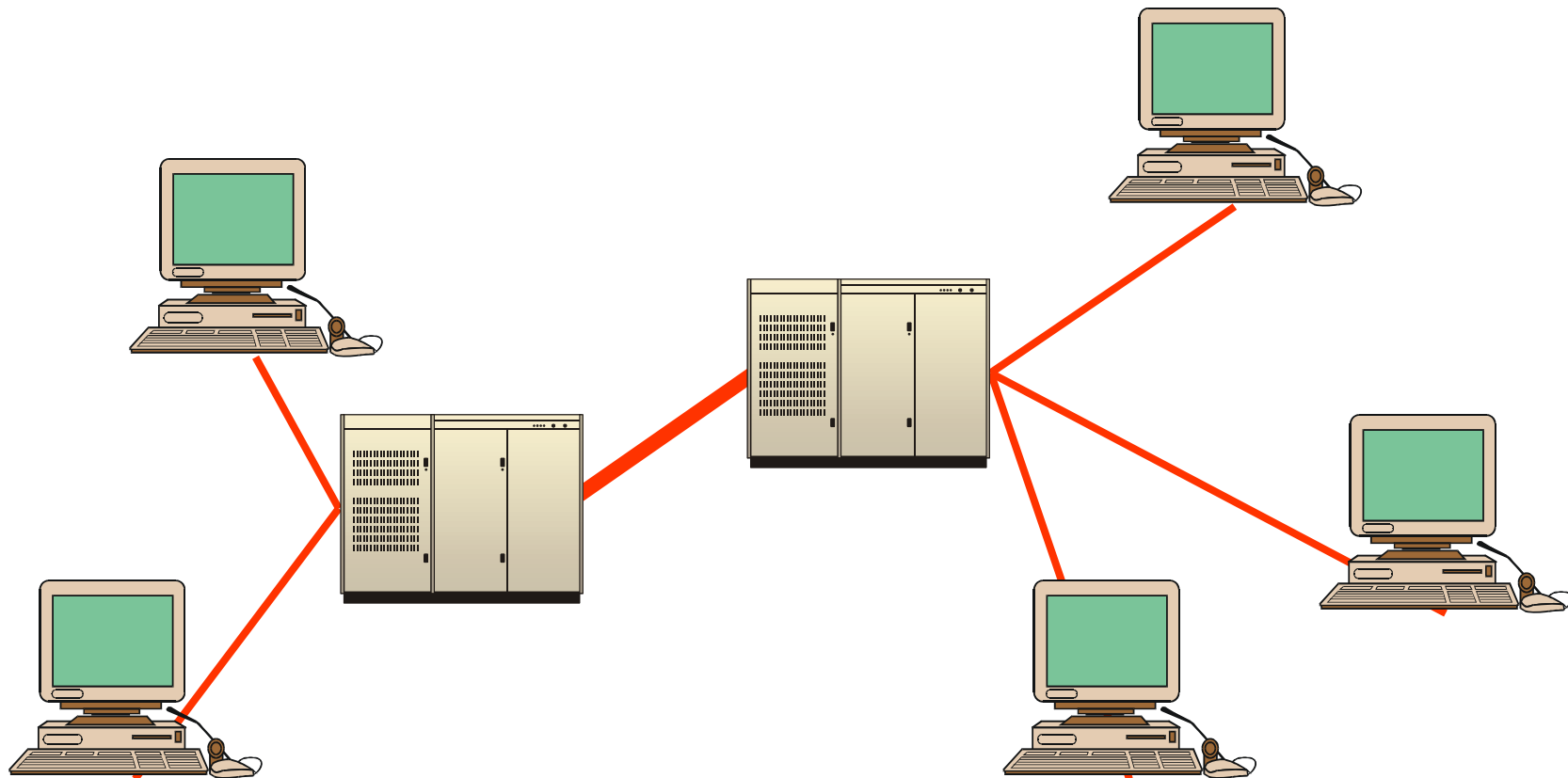


- Σε μεγάλα δίκτυα δεν είναι δυνατό να υπάρχει ζεύξη από σημείου σε σημείο ανάμεσα σε κάθε ζευγάρι χρηστών
  - απαγορευτικό κόστος
  - σπατάλη πόρων
- Ένα δίκτυο οργανώνεται έτσι, ώστε διαφορετικές ροές πληροφορίας να χρησιμοποιούν από κοινού τις ίδιες τηλεπικοινωνιακές ζεύξεις

# Πώς θα συνδεθούν οι συνδρομητές;



# Πώς θα συνδεθούν οι συνδρομητές;



# 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

# 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
  - ...

# Τι πρέπει να μάθουμε για τα Δίκτυα Επικοινωνιών;



Μια γενική κατανόηση του τρόπου οργάνωσης των λειτουργιών και των αρχών των τηλεπικοινωνιών στις οποίες βασίζονται τα δίκτυα, βοηθάει αυτόν που ασχολείται να τα χρησιμοποιεί πιο αποδοτικά

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



# 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.



Οι διάφορες υπηρεσίες έχουν διαφορετικές απαιτήσεις:

- **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 (II)



- **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 (III)



- **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

# Σχεδίαση δικτύου



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

# Παράδειγμα: Υπηρεσία fax

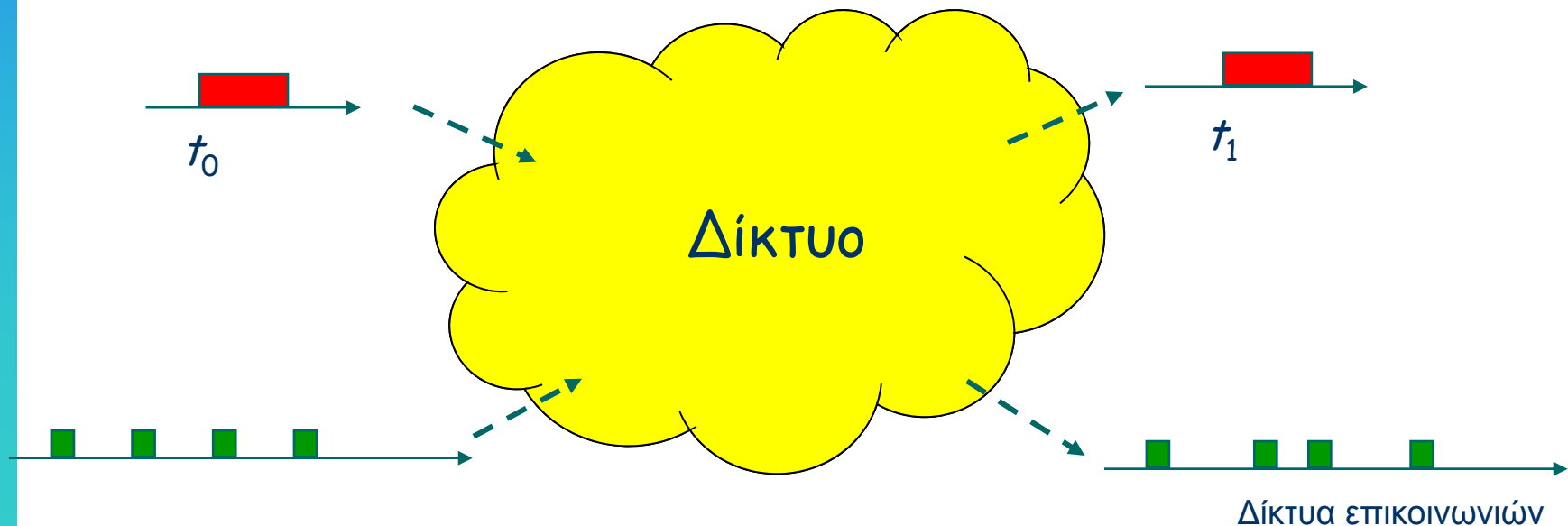


- Πάνω από το τηλεφωνικό δίκτυο
  - είναι υπηρεσία πραγματικού χρόνου, με επαλήθευση
  - η μετάδοση μπορεί να συνεπάγεται υπεραστική ή διεθνή χρέωση ανάλογα με την απόσταση
- Μέσω Internet, με το fax ως συνημμένο στο e-mail
  - είναι υπηρεσία μη πραγματικού χρόνου και συνήθως χωρίς επαλήθευση.
  - το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

# Λειτουργίες δικτύου και τοπολογία



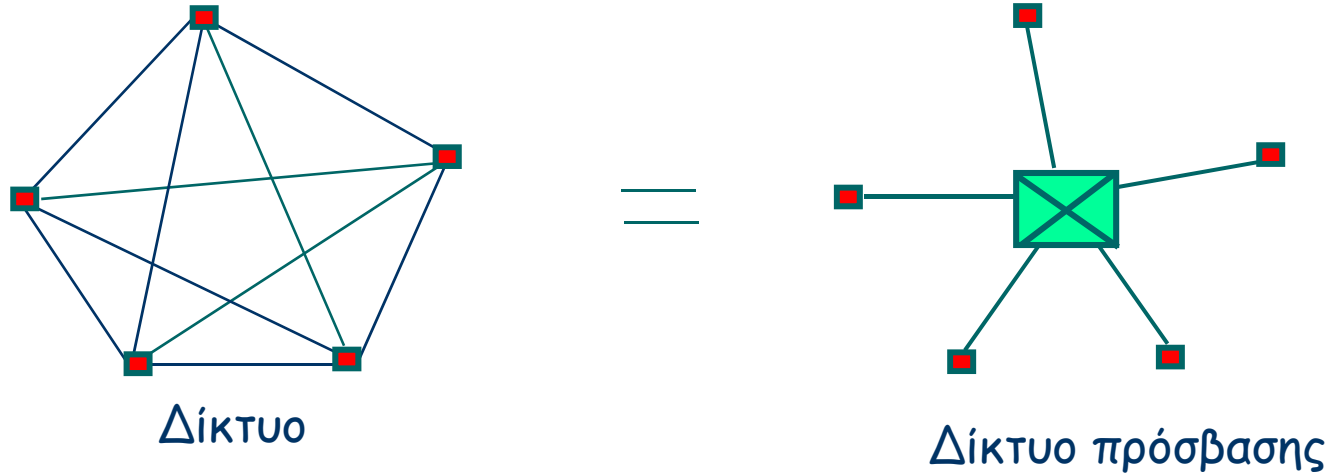
- Μεταφορά πληροφορίας
  - Συνδέσεις (μέσα για τη ροή πληροφορίας)
    - Συστήματα μετάδοσης
    - Αναπαράσταση πληροφορίας
  - Μεταγωγή
  - Δρομολόγηση



# Λειτουργίες δικτύου και τοπολογία



- Δίκτυο πρόσβασης

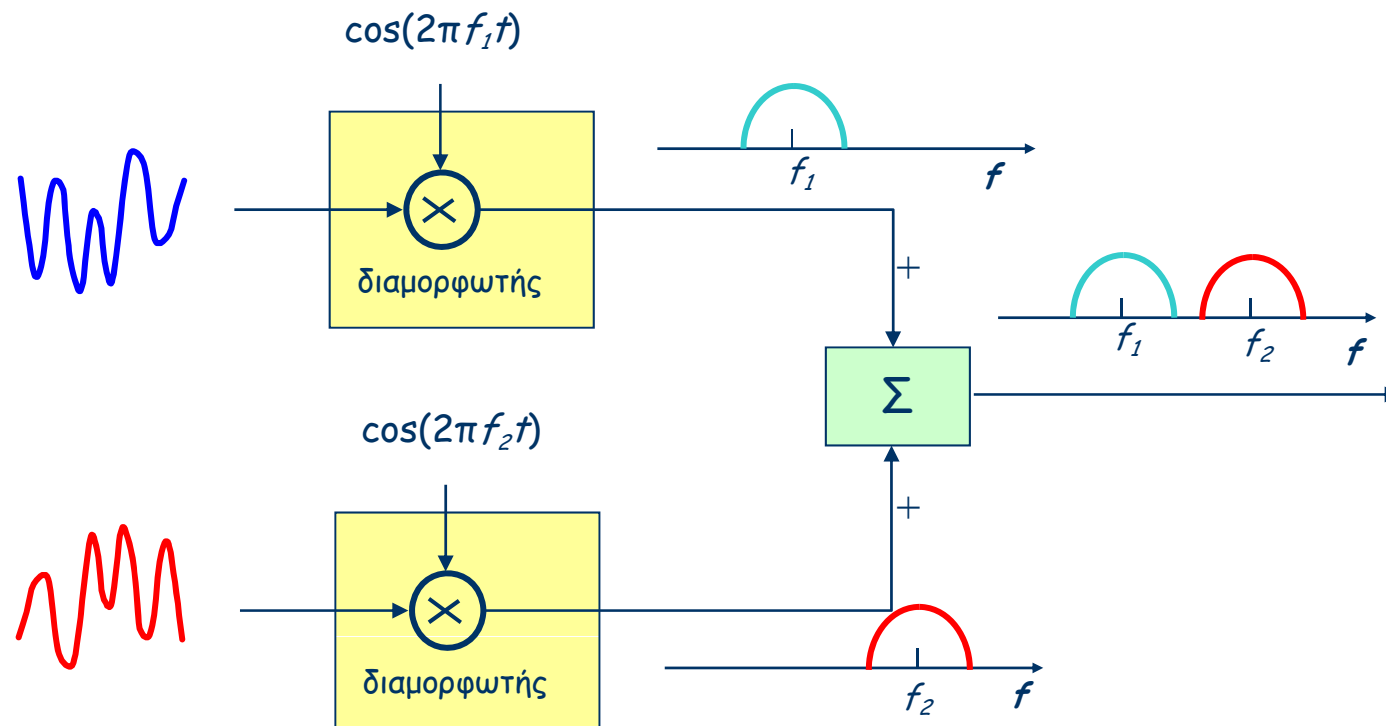


- Ζευκτικό δίκτυο

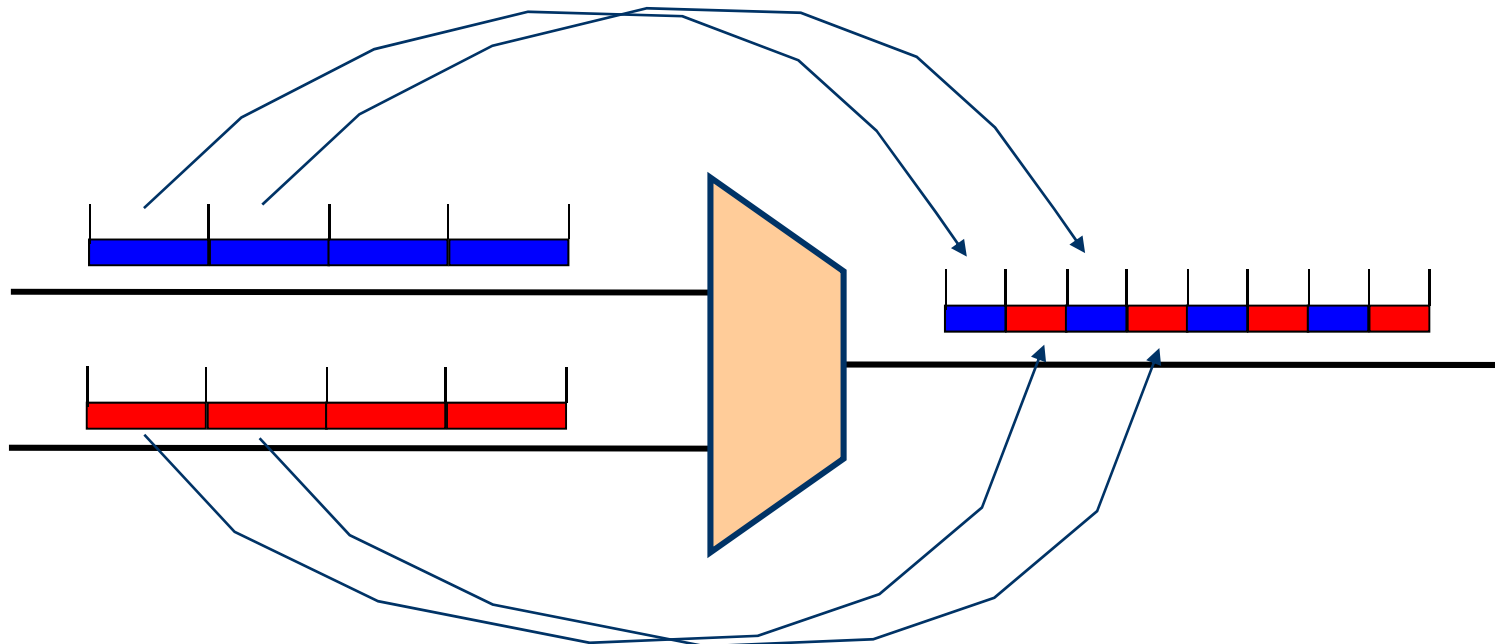




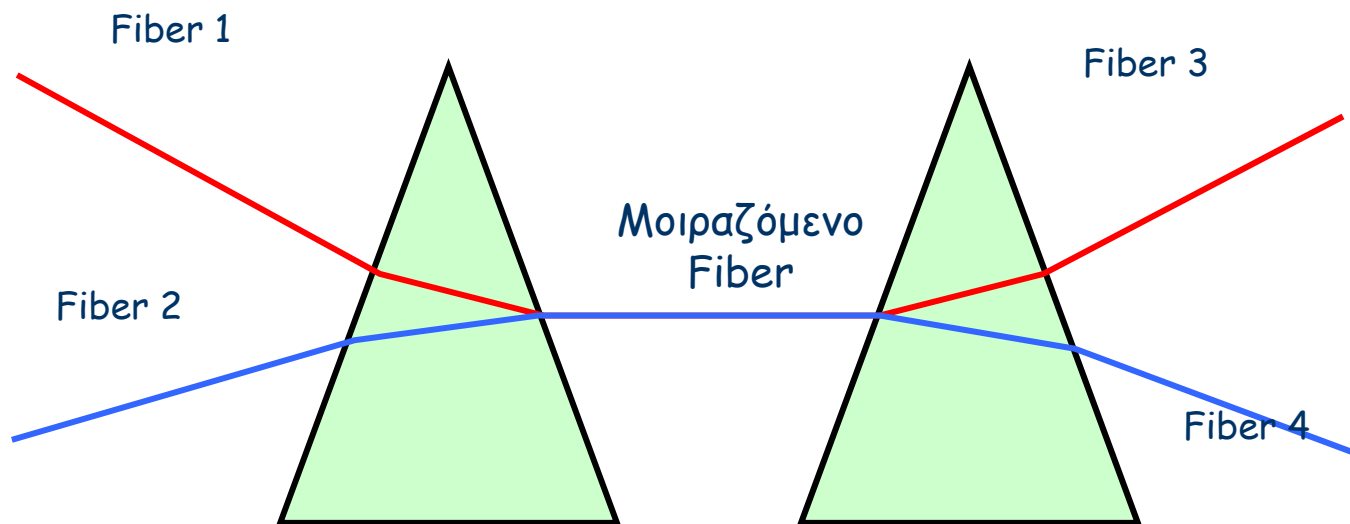
# Πολυπλεξία διαίρεσης συχνότητας



# Πολυπλεξία διαίρεσης χρόνου



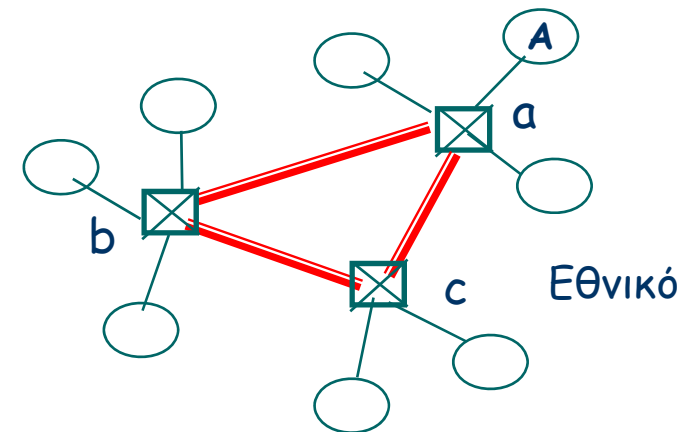
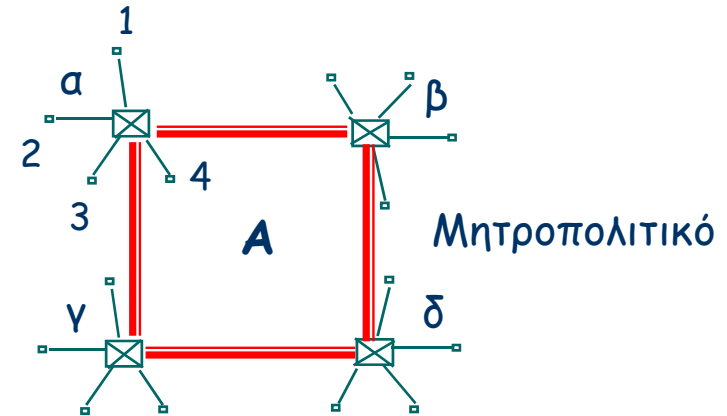
# Πολυπλεξία διαίρεσης μήκους κύματος



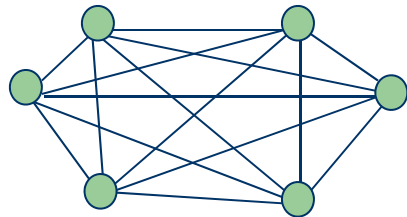
# Λειτουργίες δικτύου και τοπολογία



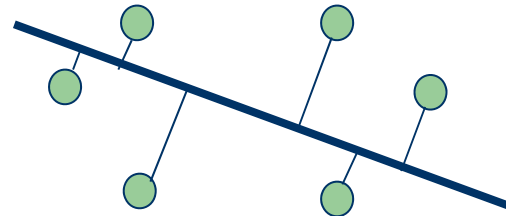
- Μητροπολιτικά δίκτυα
- Εθνικά δίκτυα
  - Δίκτυο κορμού
- Διευθυνσιοδότηση
  - Ιεραρχική
  - Επίπεδη
- Έλεγχος συμφόρησης:  
αποφυγή του συνωστισμού  
σε τμήματα του δικτύου



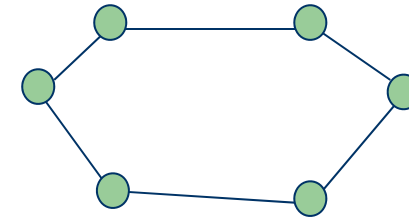
# Τοπολογίες δικτύων



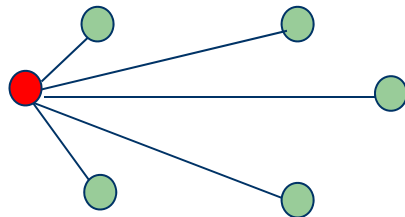
Πλήρως διασυνδεδεμένο  
(fully interconnected)



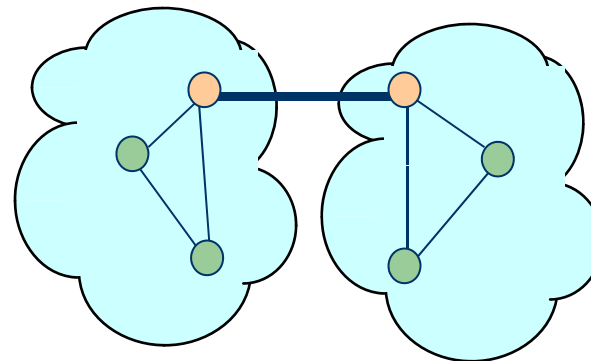
Αρτηρία (bus)



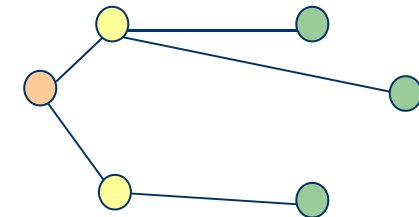
Δακτύλιος (ring)



Αστέρας (star)



Ιεραρχική (Hierarchical, εδώ 2-level)



Ιεραρχική δένδρου  
(Hierarchical, tree)

# 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.

# Γνωστές δημοφιλείς υπηρεσίες



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

# 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,



# 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.

# 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

# Δομή του τηλεφωνικού δικτύου



## Τα μέρη:

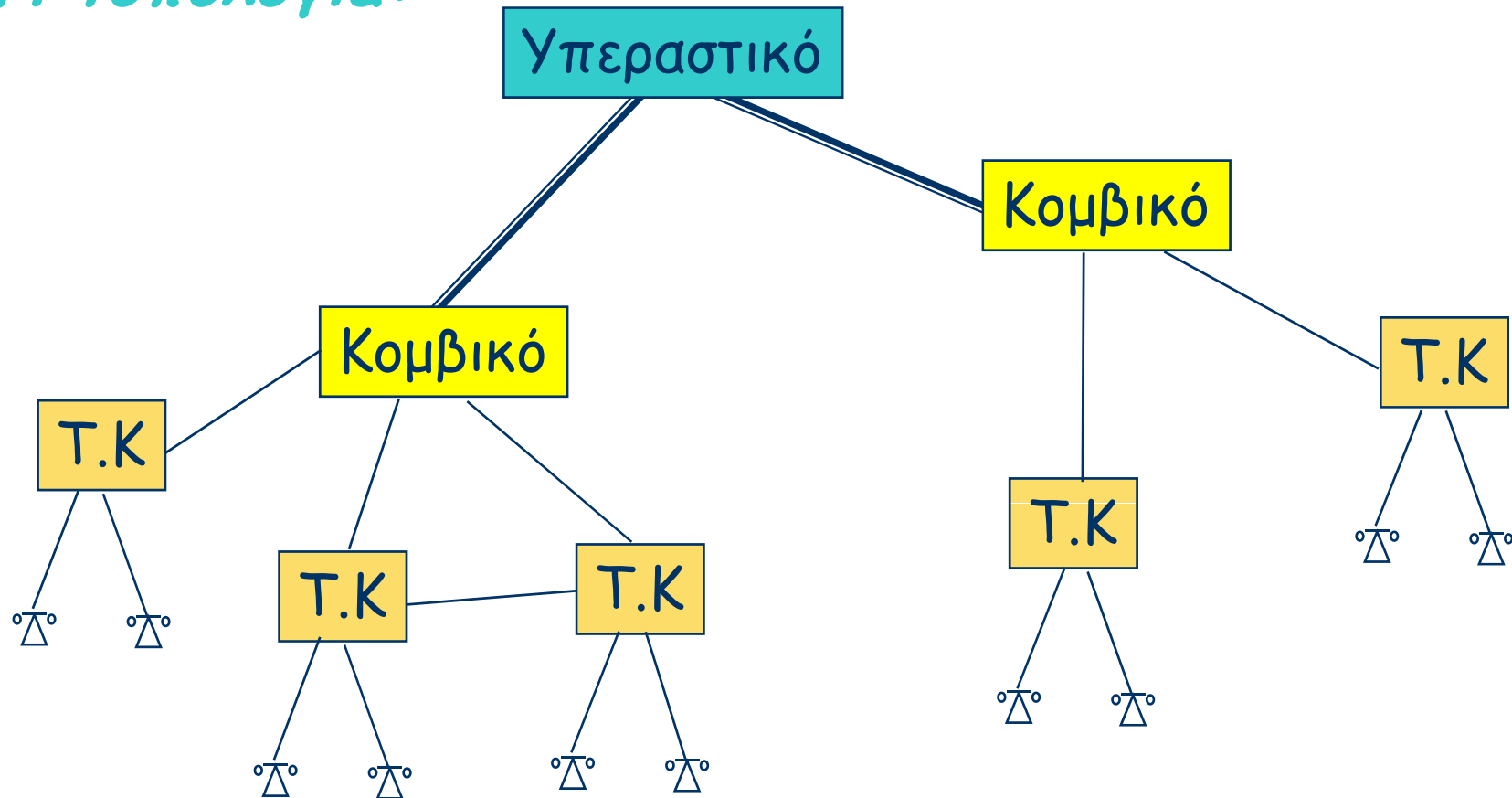
- **Συνδρομητικός βρόχος (local loop):** διπλαγωγός, αναλογική μετάδοση
- **Ζεύξεις (trunks):** οπτικές ίνες ή μικροκυματικές ζεύξεις, ως επί το πλείστον ψηφιακή μετάδοση
- **Κέντρα μεταγωγής (switching offices)**



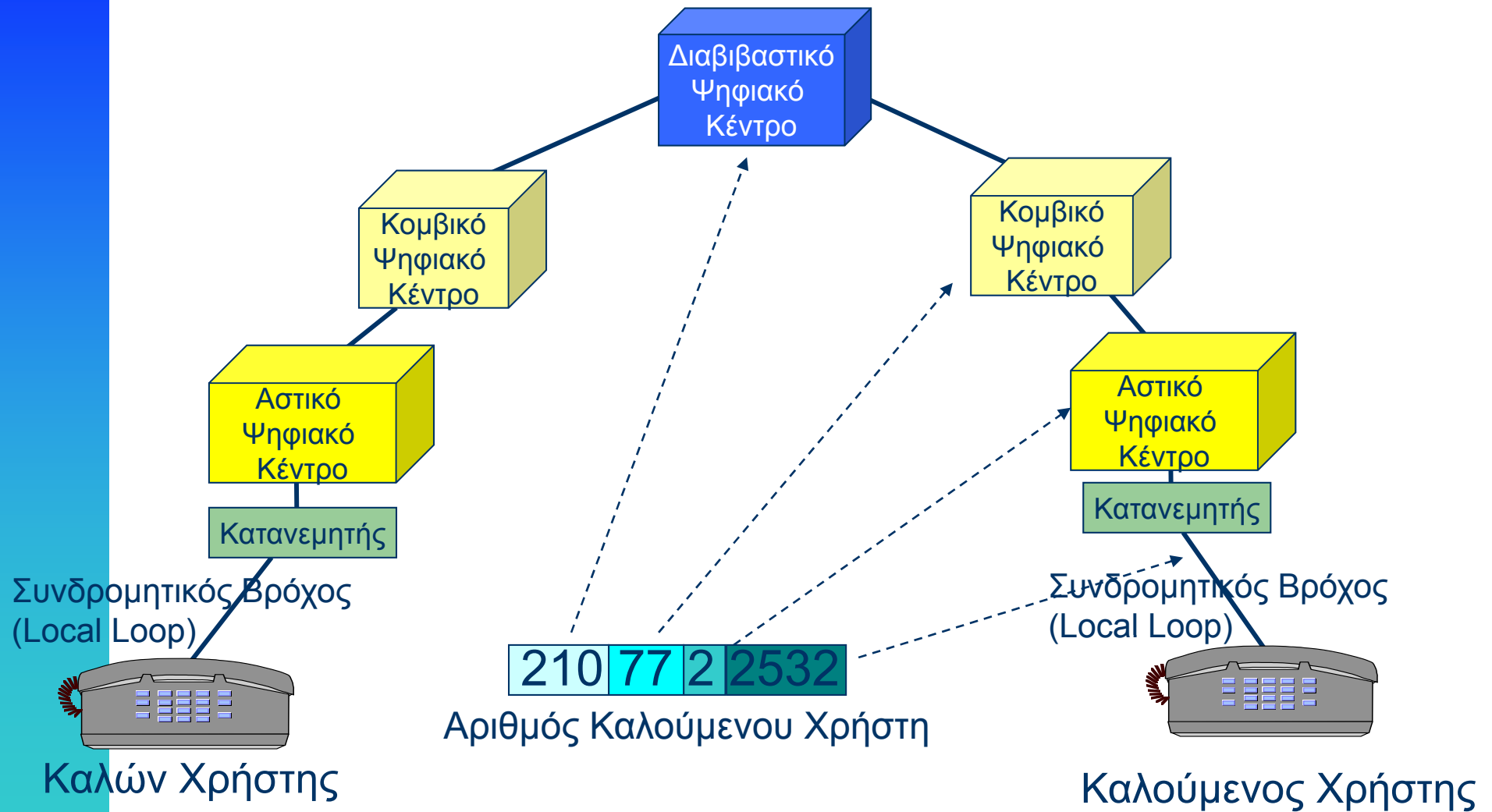
# Δομή του τηλεφωνικού δικτύου



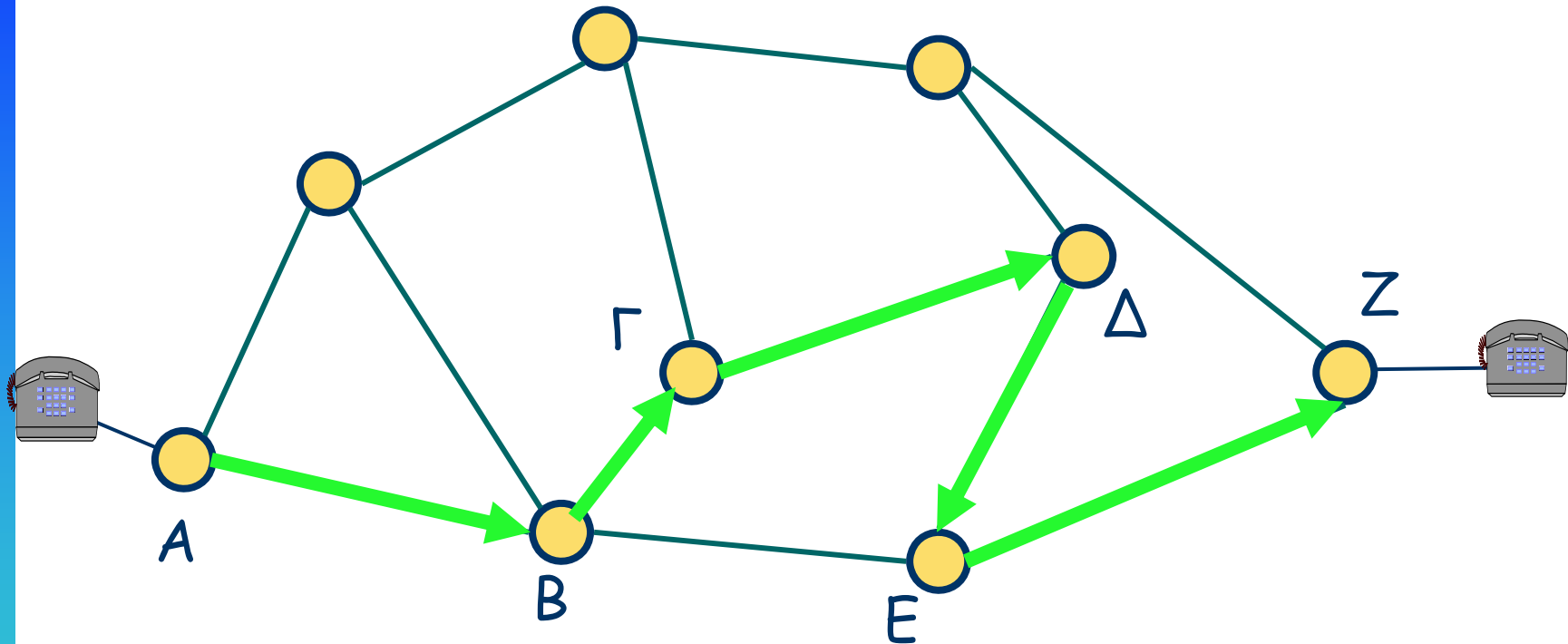
*Η τοπολογία:*



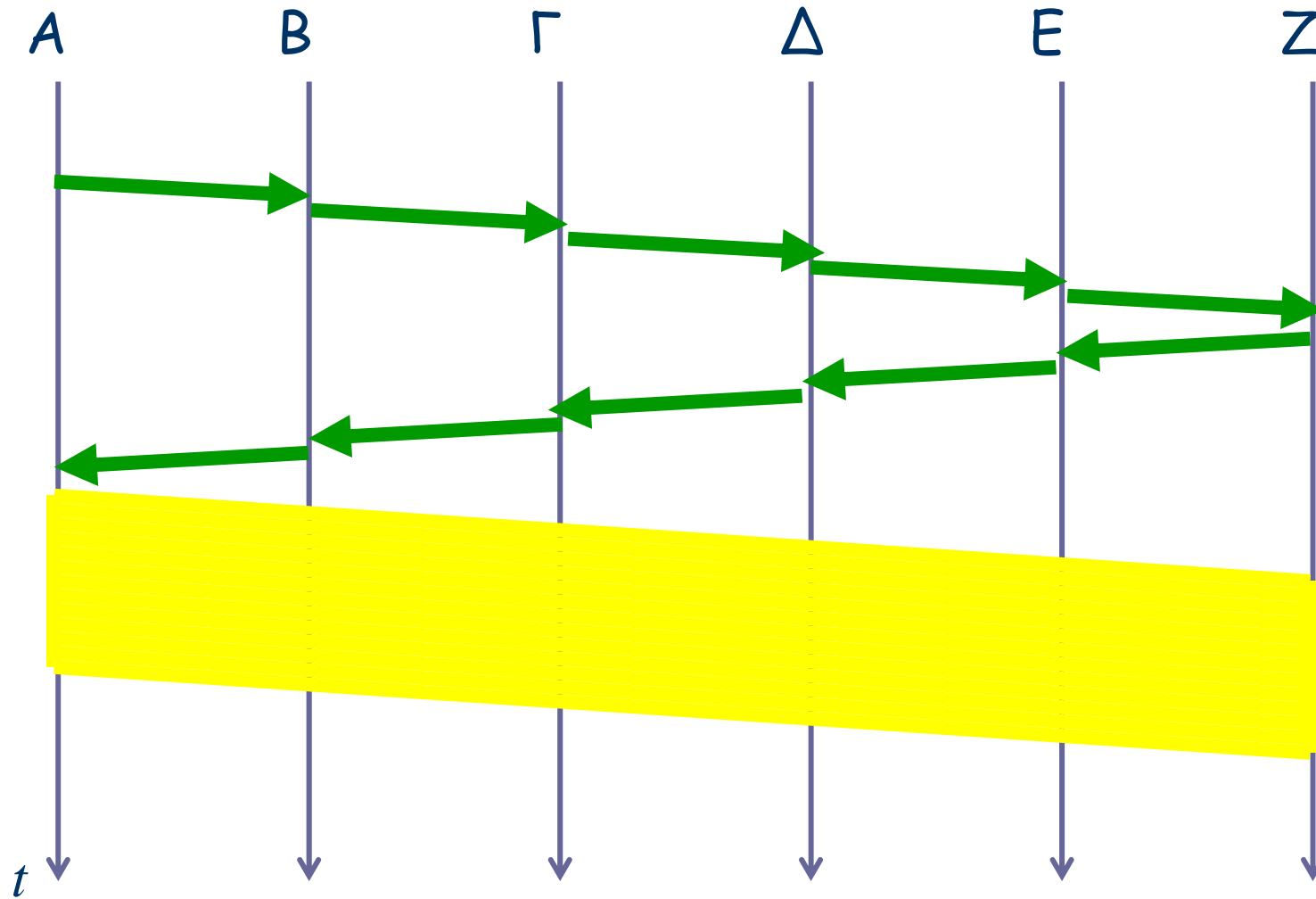
# Δρομολόγηση τηλεφωνικών κλήσεων



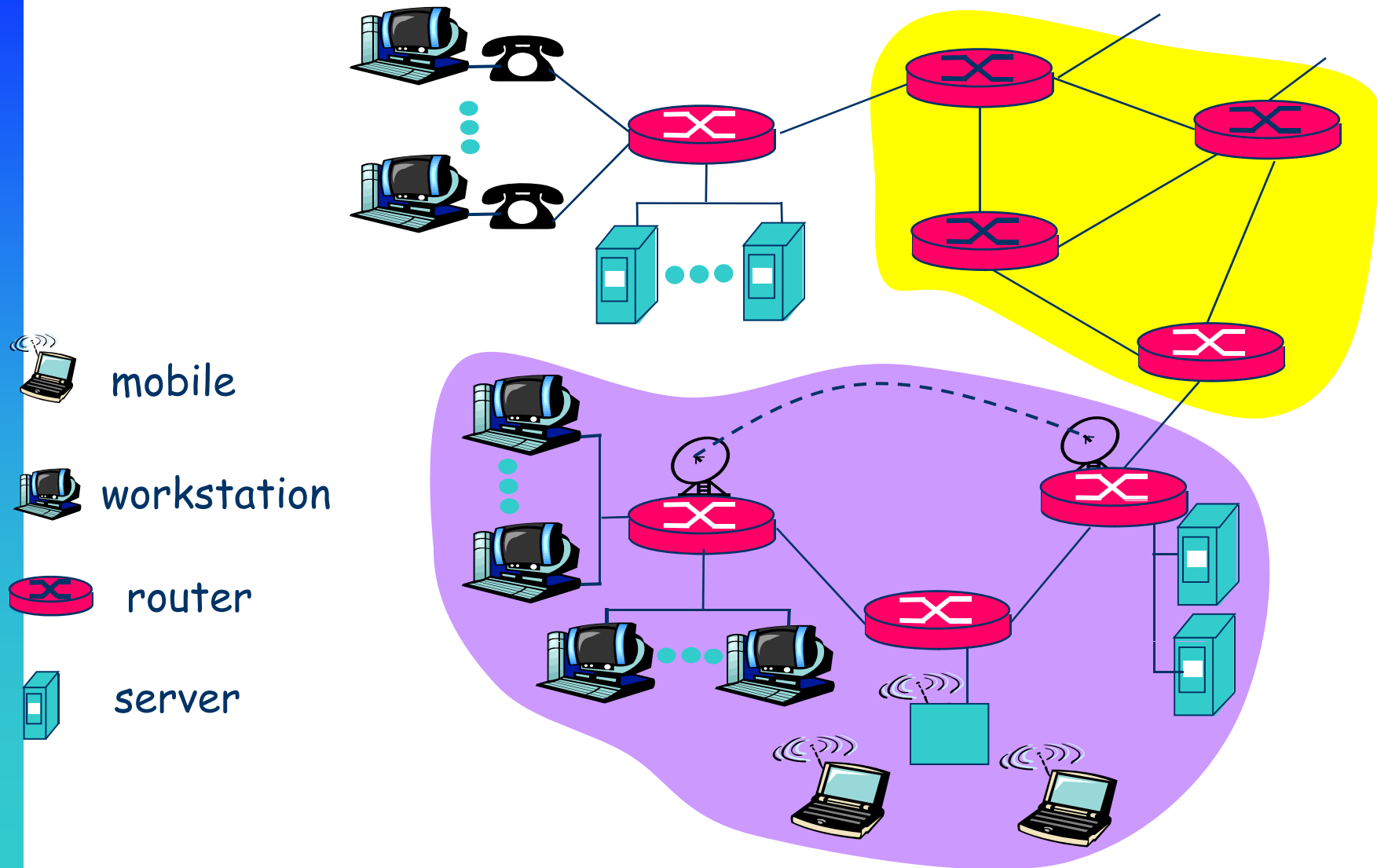
# Μεταγωγή κυκλώματος



# Μεταγωγή κυκλώματος



# Δίκτυα υπολογιστών



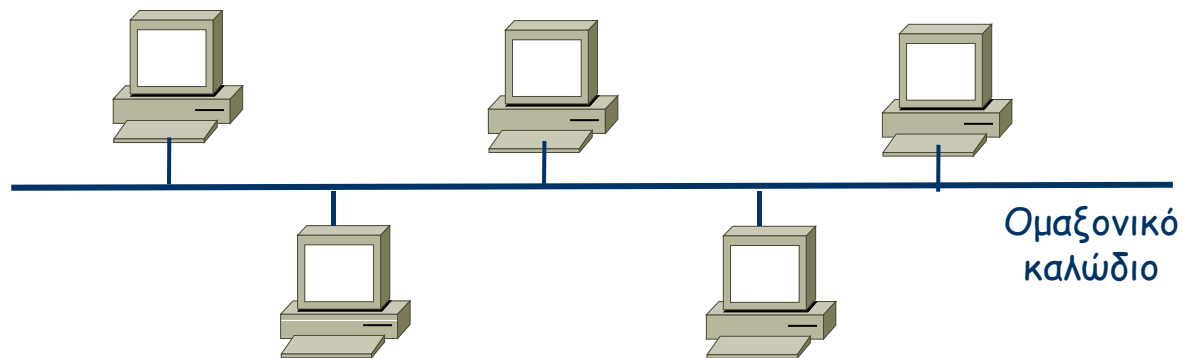


# Δίκτυα υπολογιστών-Ταξινόμηση



## Τεχνολογία μετάδοσης

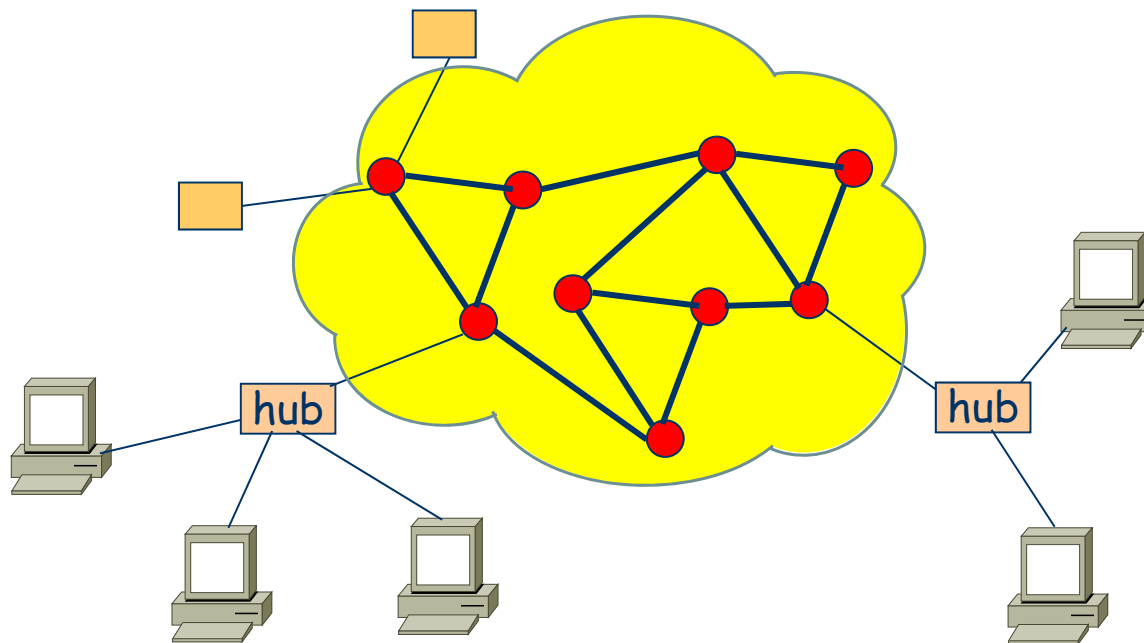
- Δίκτυα εκπομπής



# Δίκτυα υπολογιστών-Ταξινόμηση



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



# Δίκτυα υπολογιστών - Ταξινόμηση



## Κλίμακα μεγέθους

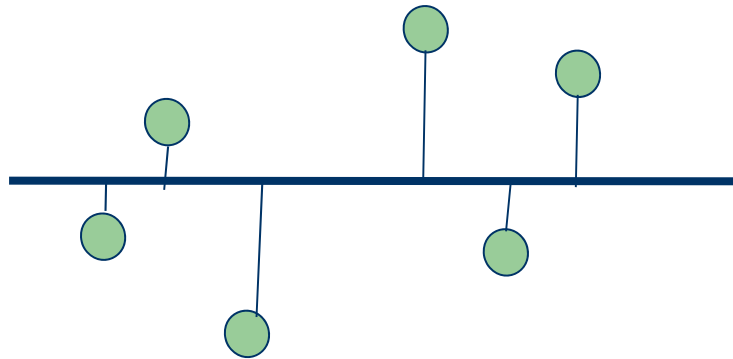
- Τοπικά δίκτυα (LAN)
- Μητροπολιτικά δίκτυα (MAN)
- Δίκτυα ευρείας περιοχής (WAN)
- Internet

# Τοπικά δίκτυα

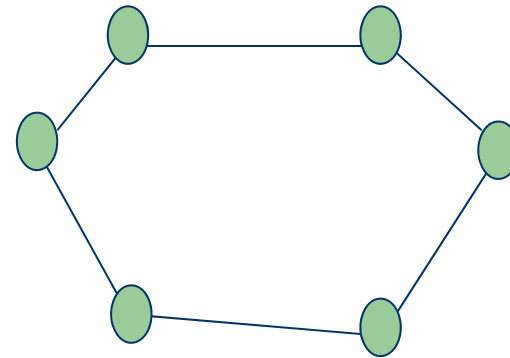


- Συνδέουν υπολογιστές που βρίσκονται σε μικρή απόσταση μεταξύ τους (π.χ. μέχρι 1 km)
- Διακρίνονται από τα άλλα είδη δικτύων με βάση τρία χαρακτηριστικά
  - ❖ Περιορισμένο μέγεθος
  - ❖ Τεχνολογία μετάδοσης
  - ❖ Τοπολογία

# Τοπικά δίκτυα - τοπολογία



Αρτηρία

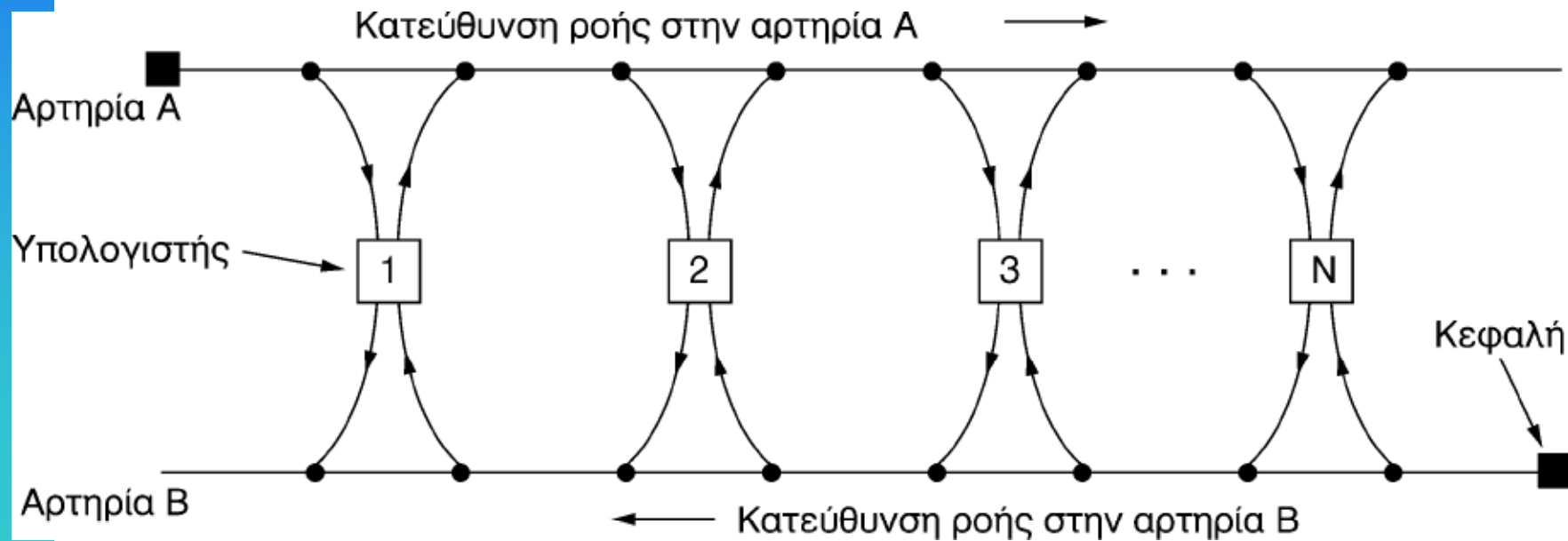


Δακτύλιος

# Μητροπολιτικά δίκτυα



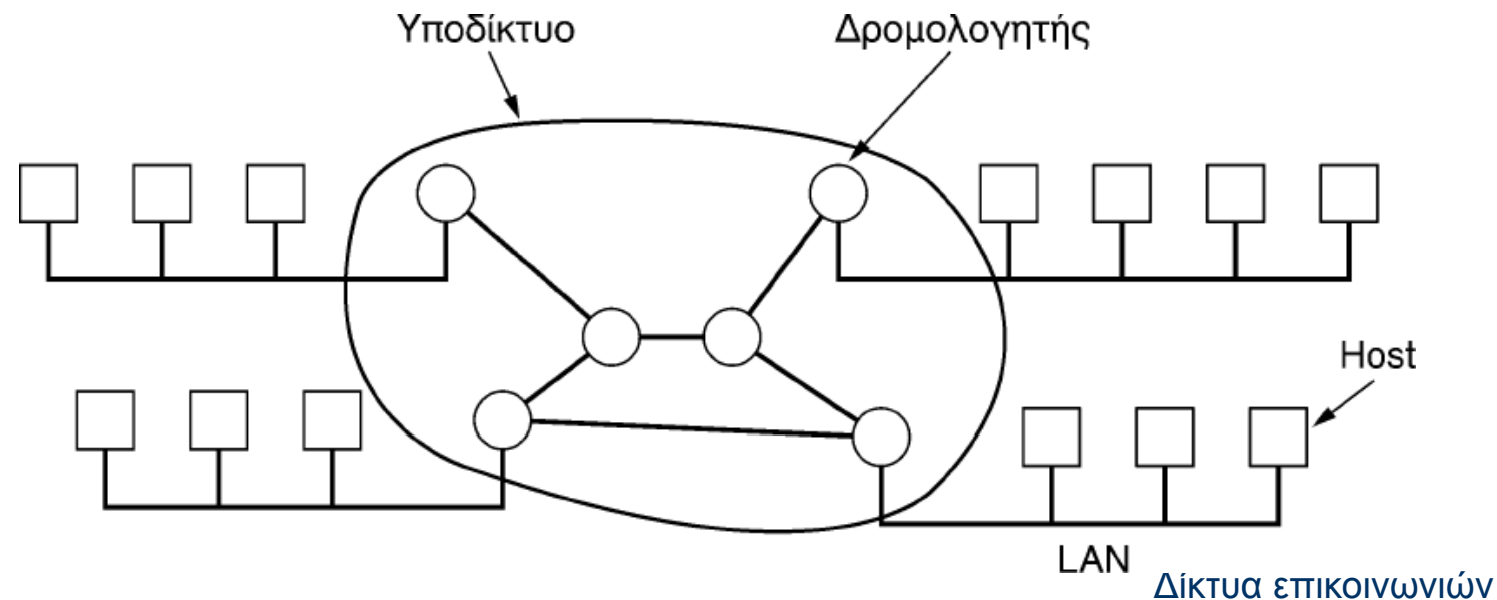
- Μεγαλύτερα από τα LAN και μικρότερα από τα WAN
- Δεν διαθέτουν στοιχεία μεταγωγής
- DQDB (Distributed Queue Dual Bus)



# Δίκτυα ευρείας περιοχής



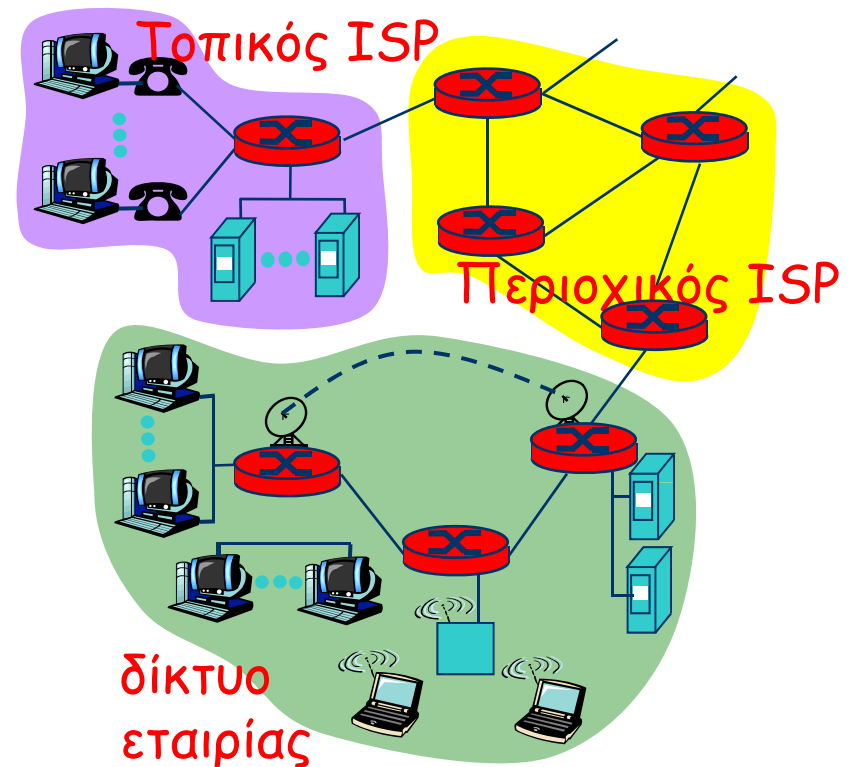
- Συνδέουν υπολογιστές που βρίσκονται μακριά μεταξύ τους.
  - Πιο αργά από τα LAN.
  - Λιγότερο αξιόπιστα από τα LAN.
  - Δίκτυα σημείου προς σημείο



# 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

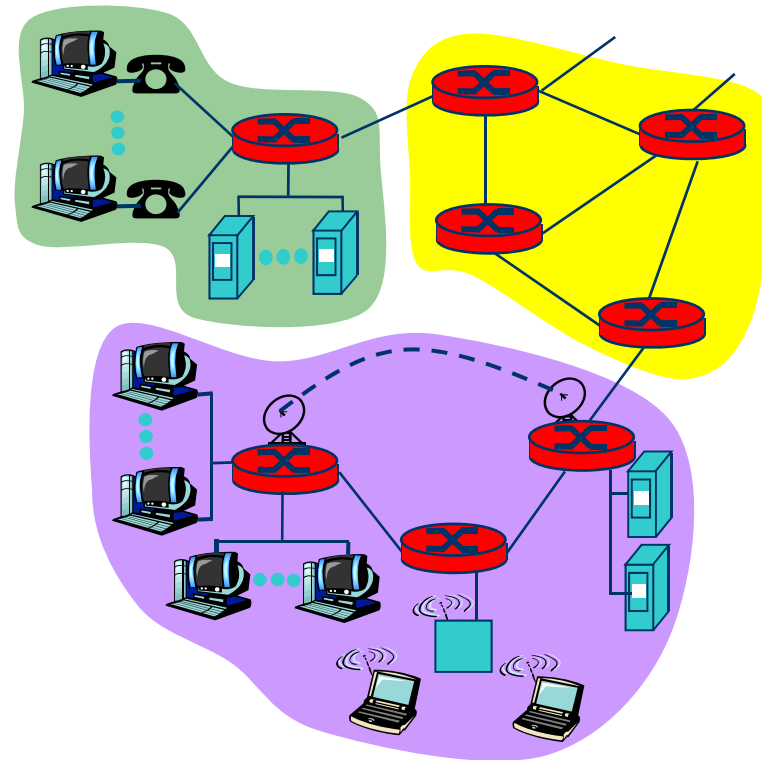




# Internet: Δομή δικτύου



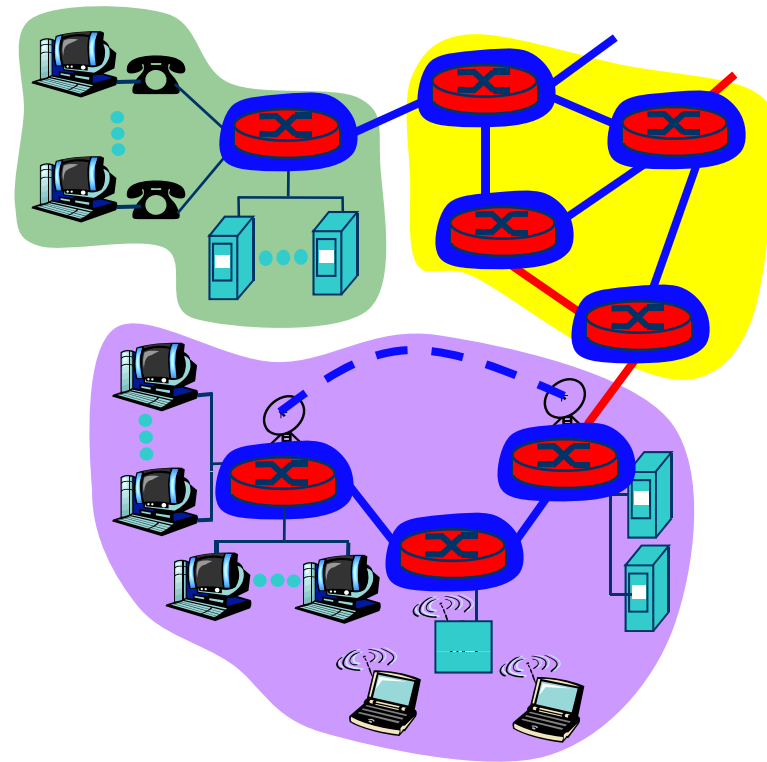
- **ακραίο δίκτυο:**  
εφαρμογές και hosts
- **δίκτυο κορμού:**
  - δρομολογητές
  - δίκτυο από δίκτυα
- **δίκτυα πρόσβασης, φυσικά μέσα:**  
επικοινωνιακές ζεύξεις



# Internet: δίκτυο κορμού



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

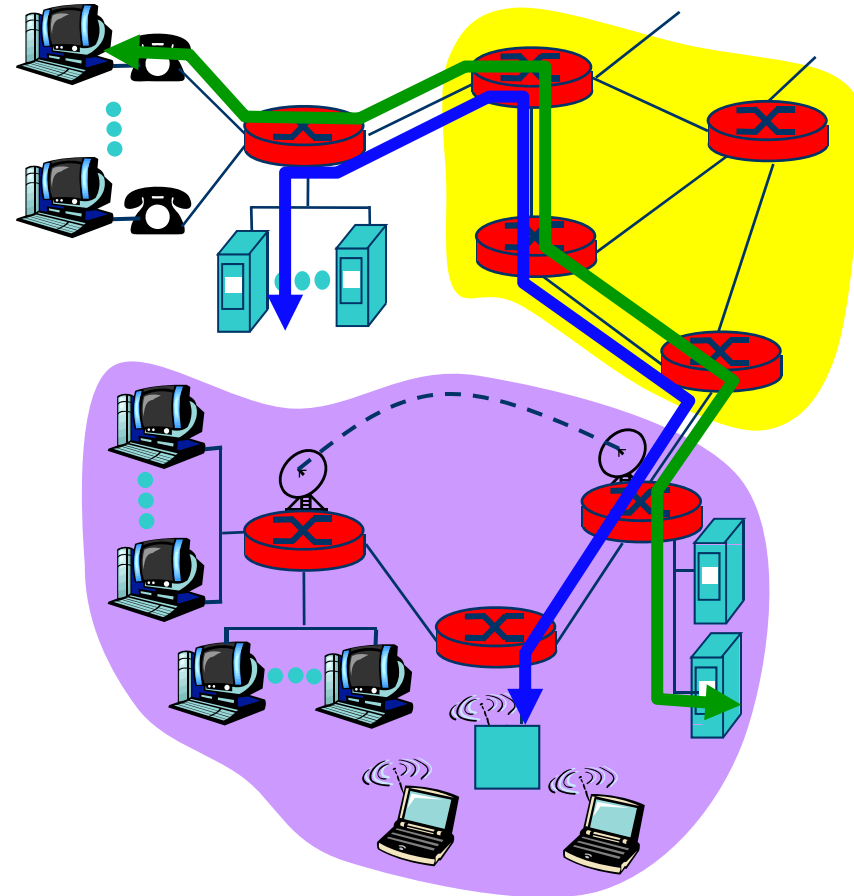


# Μεταγωγή κυκλώματος



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



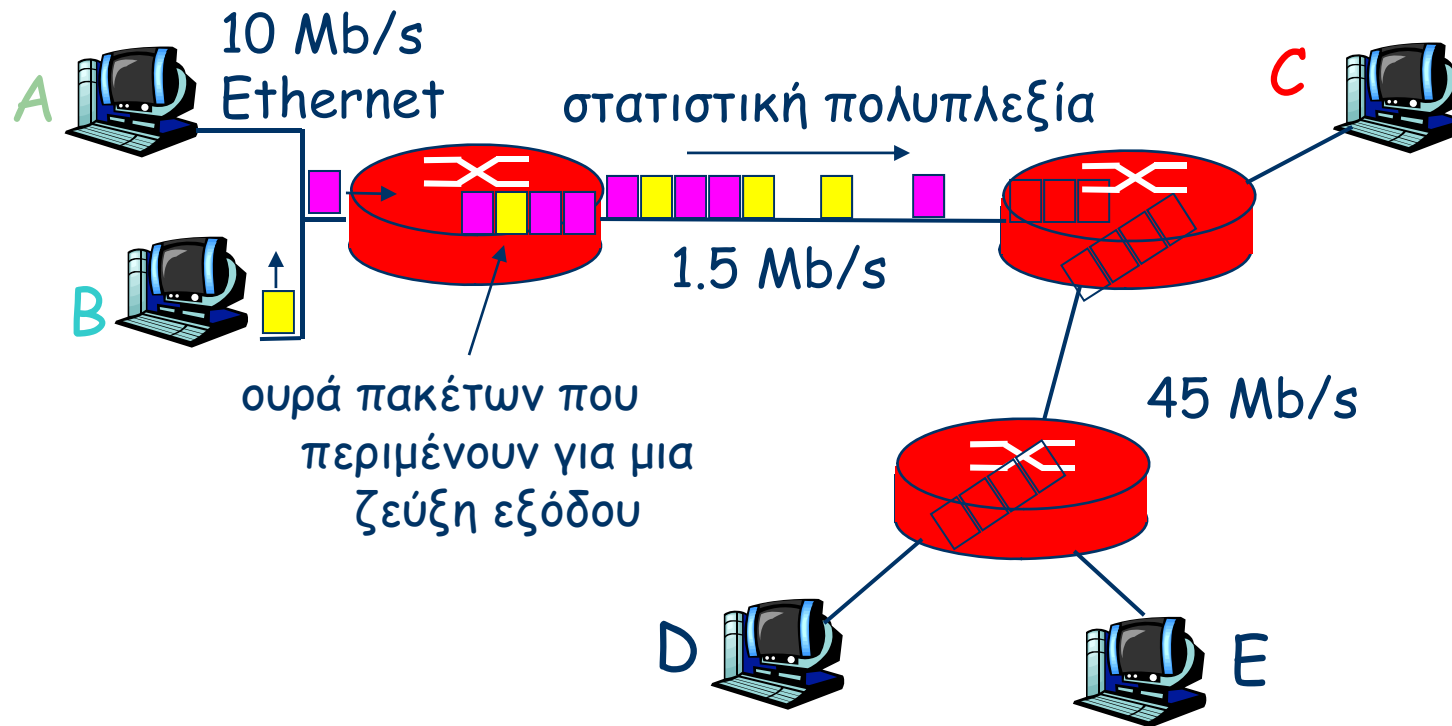
κάθε ροή δεδομένων απ' άκρη σ' άκρη χωρίζεται σε πακέτα

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

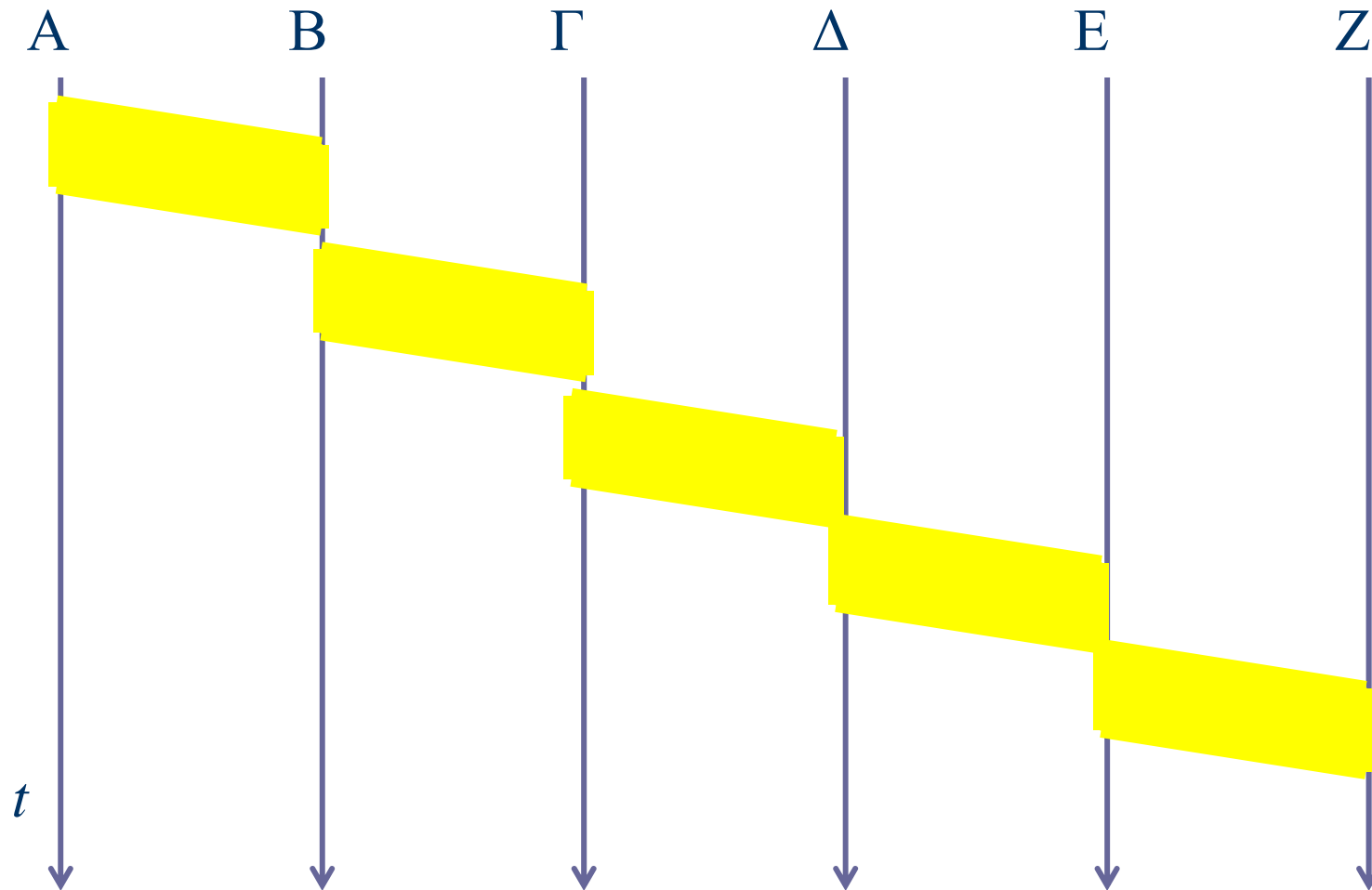
ανταγωνισμός για πόρους:

- 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

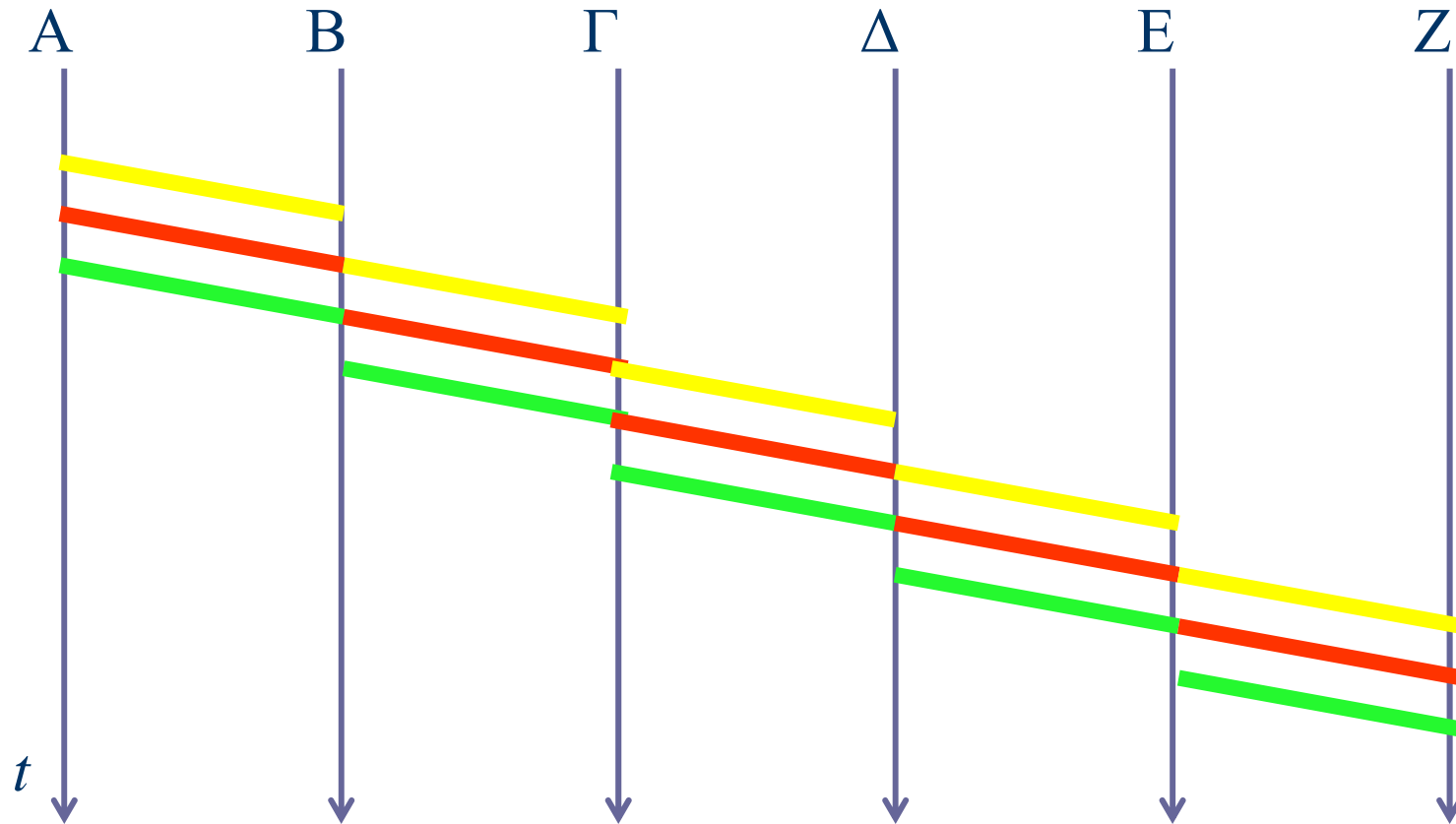
# Μεταγωγή πακέτου



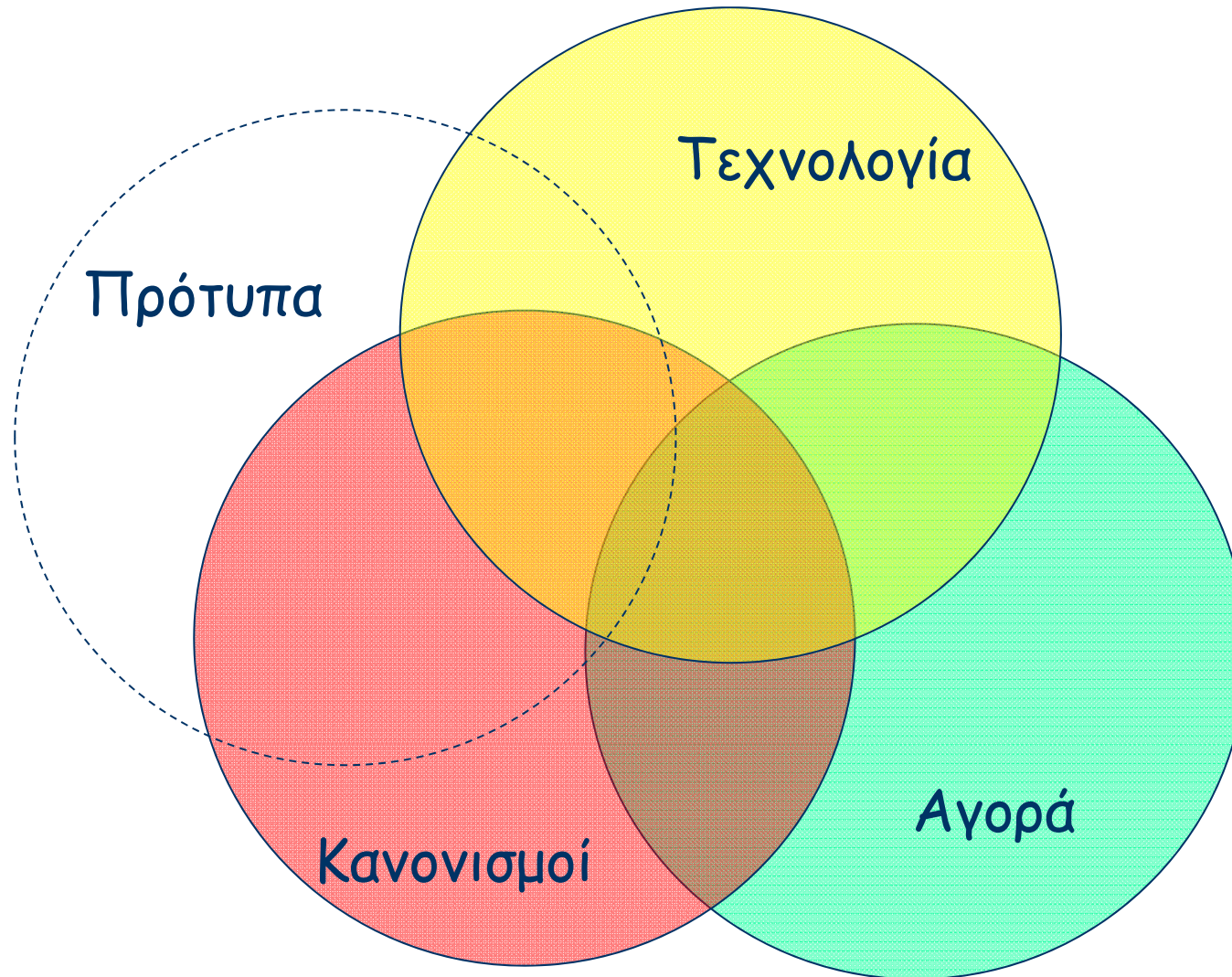
# Μεταγωγή μηνύματος



# Μεταγωγή πακέτου

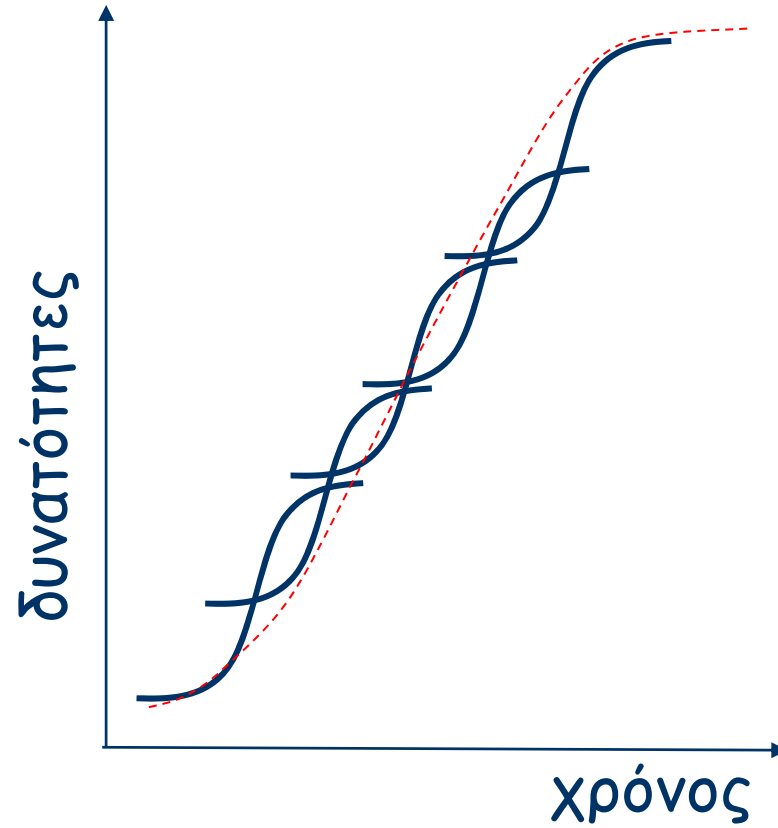
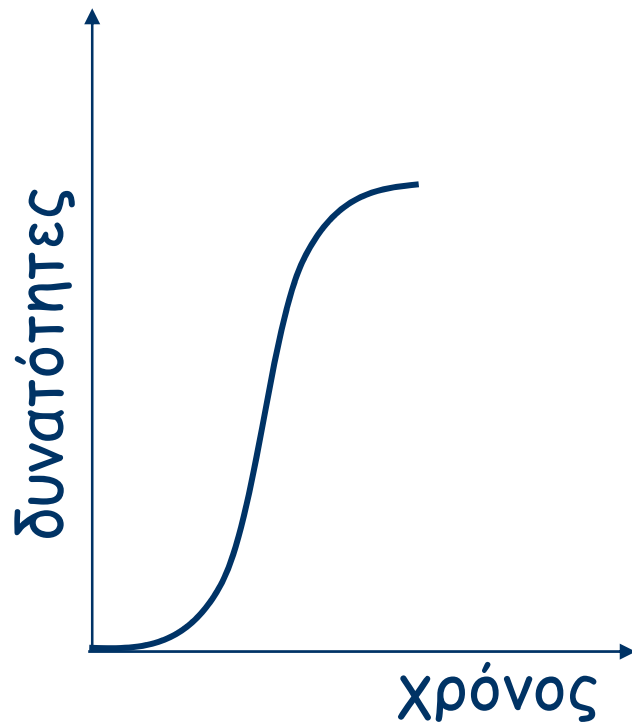


# Κύριοι παράγοντες στην ανάπτυξη των δικτύων επικοινωνιών





# 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 επεξεργασία) έπαιξε σπουδαίο ρόλο στην εξέλιξη των συστημάτων μεταγωγής και στην εφαρμογή των πρωτοκόλλων δικτύου.
- Επίσης, η ανάπτυξη νέων αλγορίθμων σχεδιασμού, ελέγχου και διαχείρισης δικτύων έχουν βοηθήσει στην αντιμετώπιση της πολυπλοκότητας που συνδέεται με τα σύγχρονα δίκτυα.

# 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 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 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),