

Εισαγωγή στις βασικές έννοιες δικτύων και διαδικτύου

Στόχοι του μαθήματος:

Βασικές έννοιες δικτύων

Η έννοια του Διαδικτύου (Internet)

Να γνωρίσουν πως και πότε δημιουργήθηκε

Να κατονομάζουν τις βασικές υπηρεσίες και τις δυνατότητές του

Να γνωρίσουν τους κινδύνους από τη χρήση των υπηρεσιών του διαδικτύου

Γιατί Δίκτυα Υπολογιστών;

Επιχειρησιακές Εφαρμογές

- Π.χ., εξ αποστάσεως πρόσβαση σε βάσεις δεδομένων.
- Εξοικονόμηση χρημάτων από τον καταμερισμό πόρων (research sharing)
- Βελτίωση αξιοπιστίας (reliability)

Οικιακές Εφαρμογές

Κινητοί Χρήστες

- Πρόσβαση σε πληροφορίες μέσω κινητού τηλεφώνου ή φορητού υπολογιστή.

Επικοινωνιακό μέσο

-

Ιστορία των δικτύων

Το πρώτο δίκτυο φτιάχτηκε 1969

Συνέδεε 4 υπολογιστές (4Kbyte μνήμη)

50 Kbit/sec → Σήμερα ο μέσος χρήστης έχει διαθέσιμο 25Mbit

ARPANET

1972 > 20 υπολογιστές

2020 → δισ υπολογιστές

Πρόβλημα

Θέλουμε να κτίσουμε ένα δίκτυο το οποίο

- Θα μπορεί να μεγαλώνει σε παγκόσμια κλίμακα (επεκτάσιμο - scalable).
- Θα μπορεί να υποστηρίζει ένα εύρος εφαρμογών από μεταφορά αρχείων (file transfer), τηλεδιάσκεψη (teleconferencing), ηλεκτρονικό εμπόριο (electronic commerce), ψηφιακές βιβλιοθήκες (digital libraries) ...

Πώς να κατανοήσουμε ένα τέτοιο δίκτυο (υλικό και λογισμικό – hardware and software);

Απαιτήσεις: Συνεκτικότητα (connectivity)

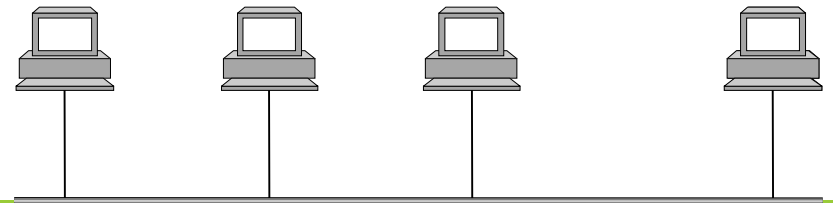
Επικοινωνία μεταξύ συνόλου υπολογιστών

Βασικές δομικές μονάδες

- Κόμβοι
 - Υπολογιστές (computers, hosts, servers), δρομολογητές (routers), μεταγωγείς (switches) κλπ.
- Ζεύξεις
 - Ομοαξονικές, ασύρματες, οπτικές κλπ.
 - Σημείο προς σημείο (point-to-point) ή πολλαπλής πρόσβασης (multiple access)



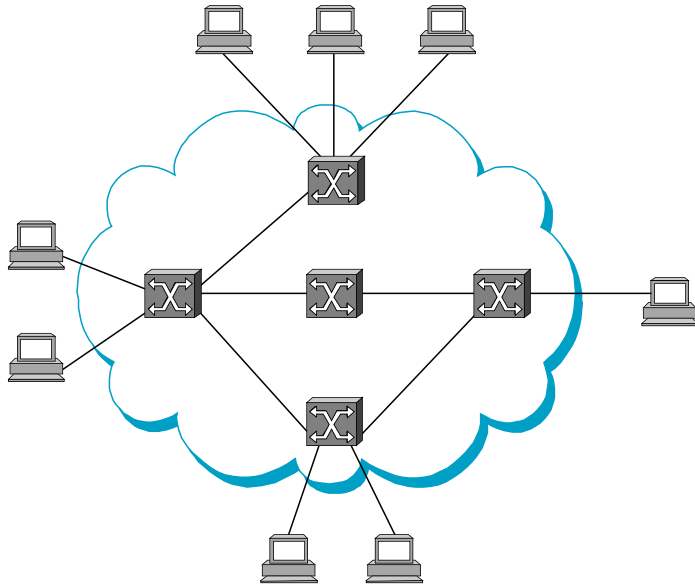
Σημείο προς σημείο



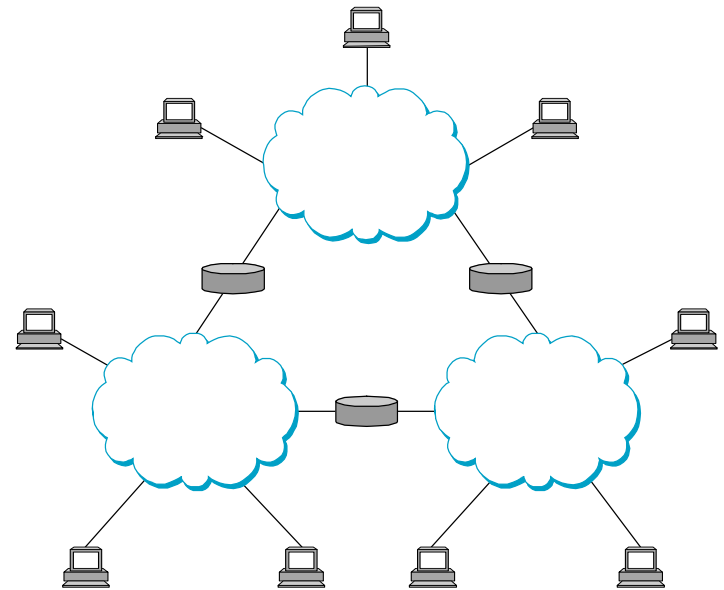
Πολλαπλής πρόσβασης

Απαιτήσεις: Συνεκτικότητα (connectivity)

Δίκτυα και Διαδίκτυα



Δύο ή περισσότεροι συνδεδεμένοι
κόμβοι



Δύο ή περισσότερα συνδεδεμένα
δίκτυα

Τοπολογία δικτύων

Διαύλου (bus)

Αστεριού (star)

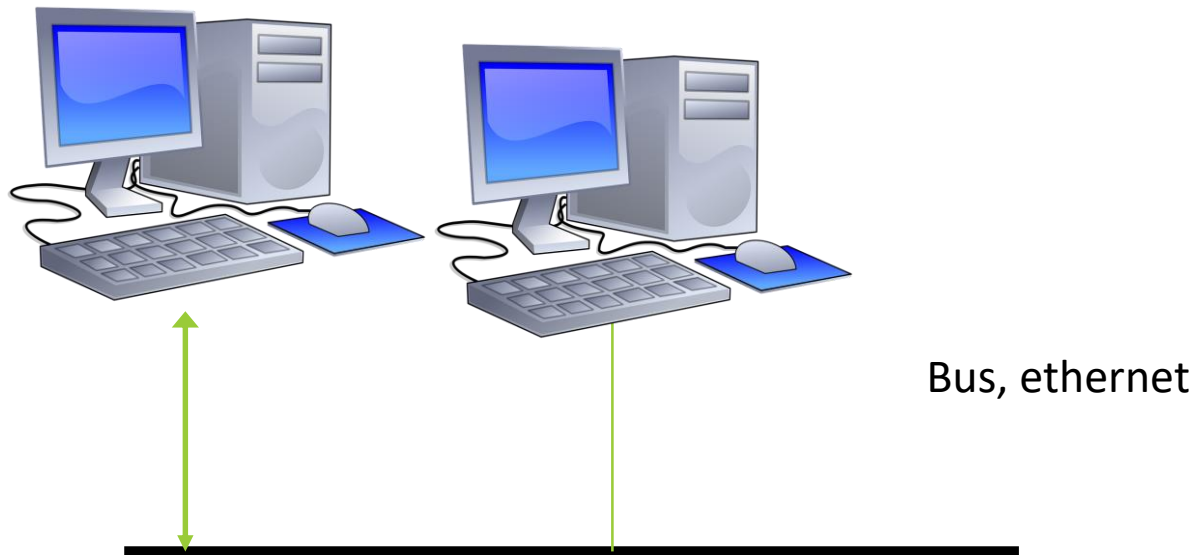
Δακτυλίου (ring)

Δένδρου (tree)

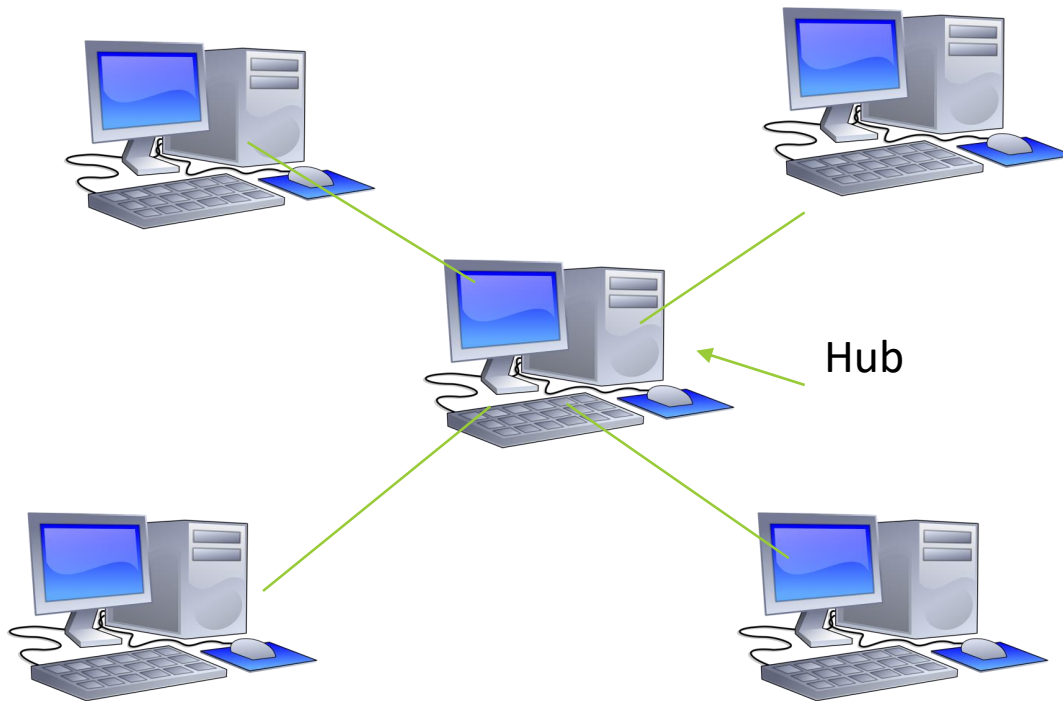
Πλήρως συνδεδεμένη
(fully connected)

Mesh (πλέγμα,
βρόγχος)

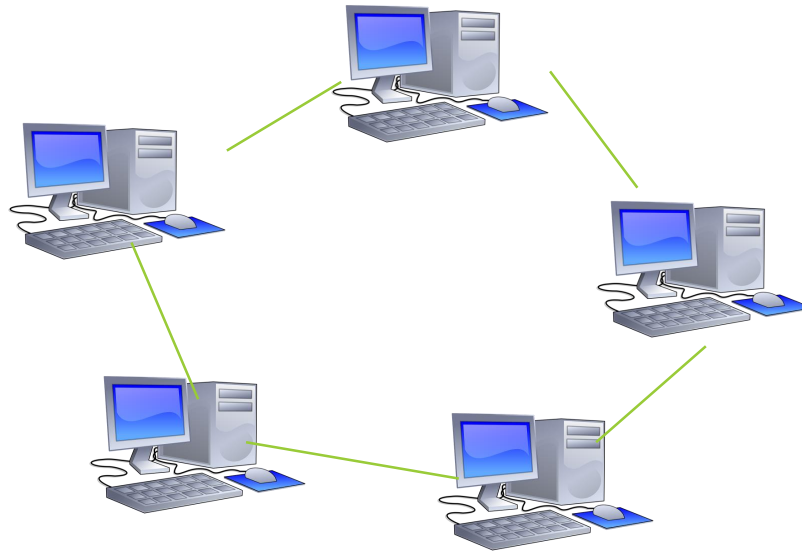
Τοπολογία διαύλου



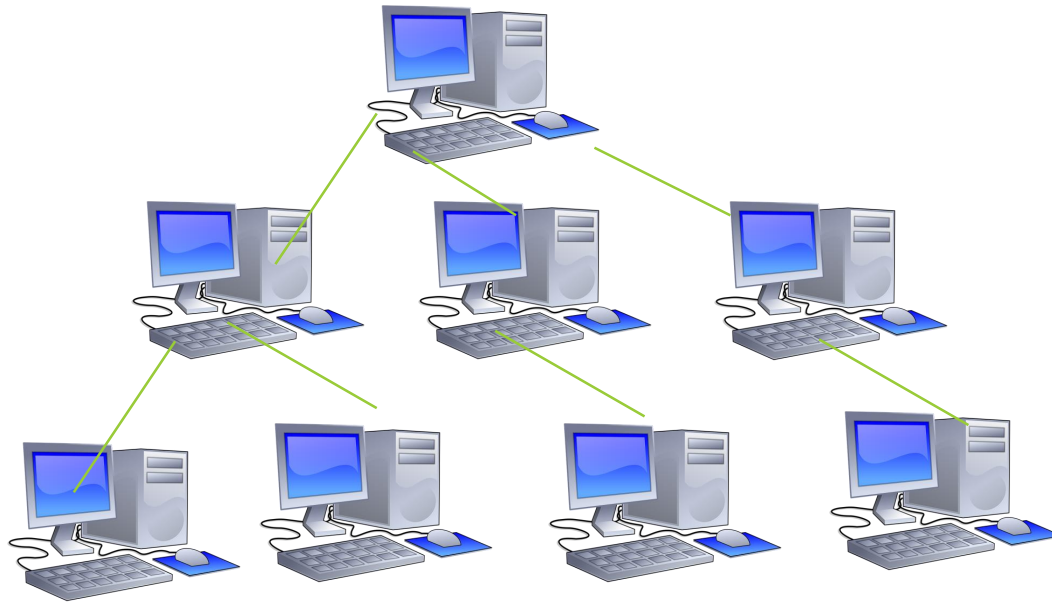
Τοπολογία αστεριού (star)



Τοπολογία δακτυλίου (ring)



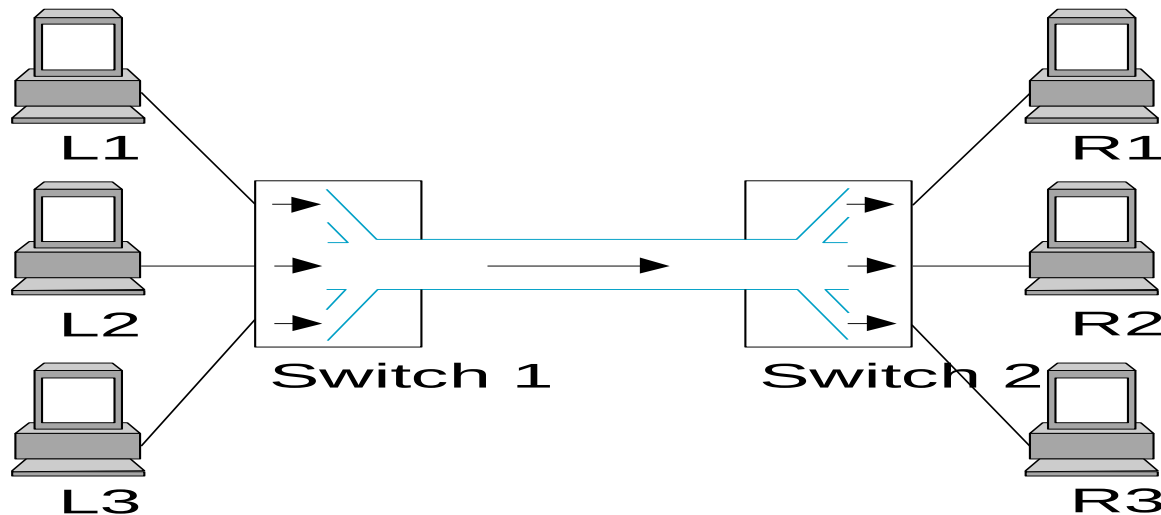
Τοπολογία δέντρου (tree)



Απαιτήσεις: Αποδοτικός καταμερισμός πόρων (resource sharing)

Πολυπλεξία με διαίρεση χρόνου
(Synchronous Time Division
Multiplexing)

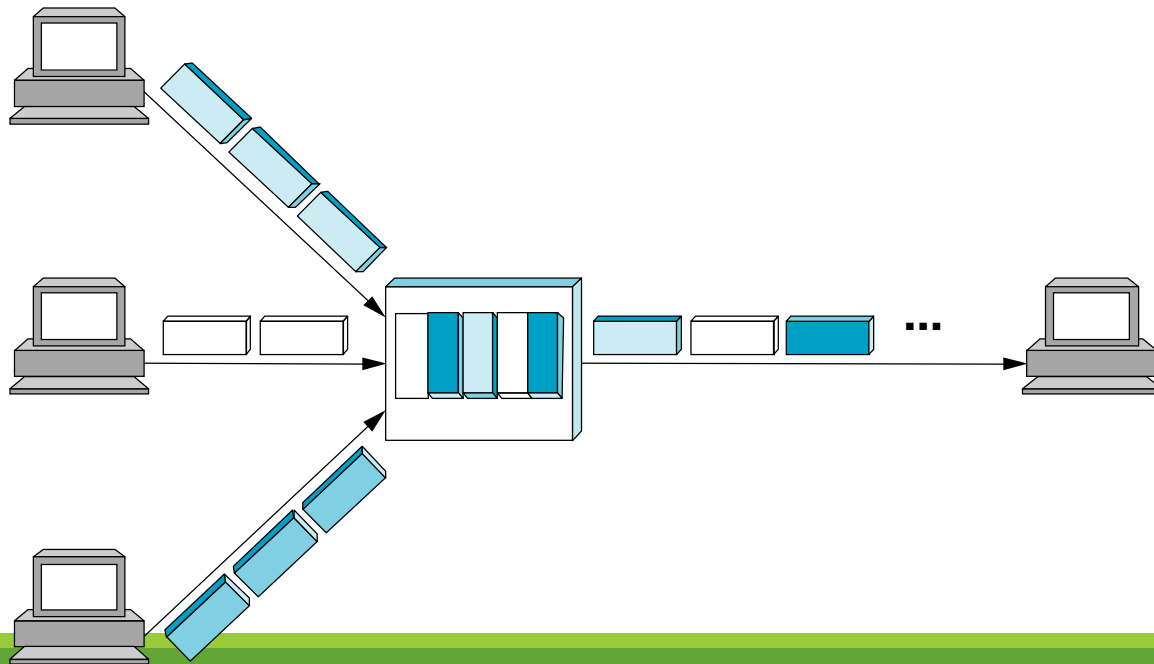
Πολυπλεξία με διαίρεση συχνότητας
(Frequency Division Multiplexing)



Απαιτήσεις: Αποδοτικός καταμερισμός πόρων (resource sharing)

Στατιστική πολυπλεξία (Statistical multiplexing)

- Κατανομή χρονο-διαστημάτων (time slots) βάση της ζήτησης

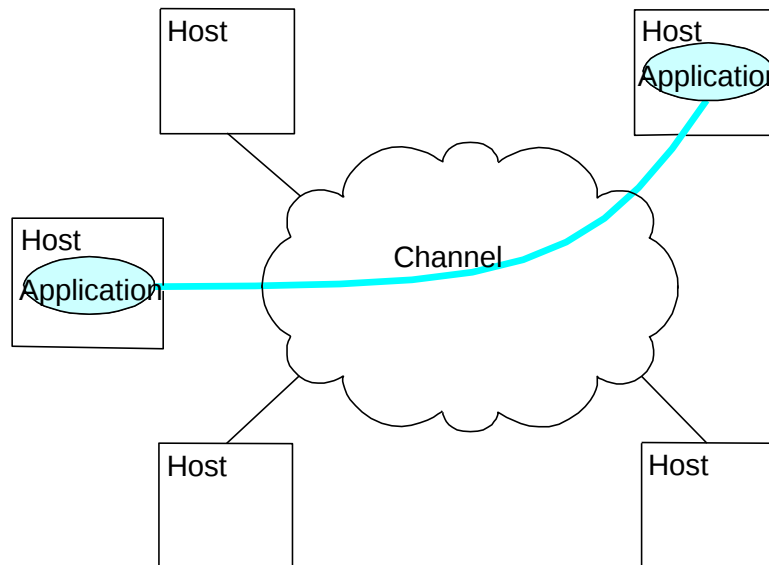


Απαιτήσεις: Υποστήριξη κοινών υπηρεσιών

Κανάλια που να μπορούν να παρέχουν υπηρεσίες όπως

- Αξιόπιστη επικοινωνία (reliable communication)
- Επικοινωνία με μικρή καθυστέρηση (low delay)

Το κανάλι κρύβει την πολυπλοκότητα του δικτύου από τους προγραμματιστές



Βασικοί ορισμοί αποδοτικότητας (Performance)

Round Trip Time - RTT

Εύρος Ζώνης (bandwidth, throughput)

- Hz vs. bps

Καθυστέρηση (latency or delay)

Απώλεια πακέτων (packet loss)

Διακύμανση καθυστέρησης (jitter)

$\text{Latency} = \text{Propagation} + \text{Transmission} + \text{Queue}$

$\text{Propagation} = \text{Distance} / \text{Speed of light}$

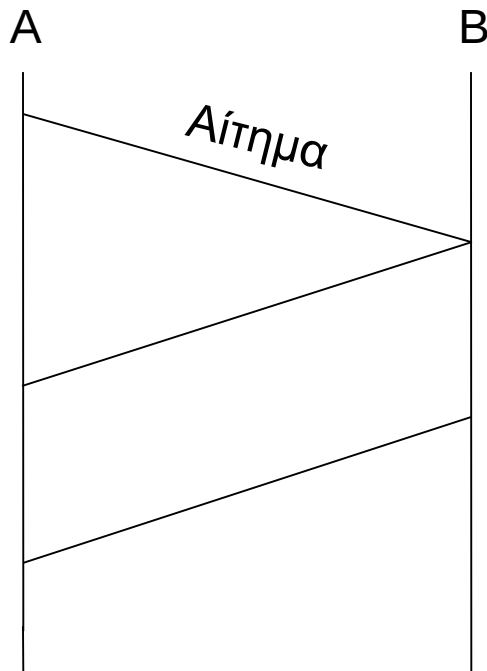
$\text{Transmission} = \text{Packet size} / \text{Bandwidth}$

$\text{Throughput} = \text{TransferSize} / \text{TransferTime}$

$\text{TransferTime} = \text{RTT} + \text{TransferSize} / \text{Bandwidth}$

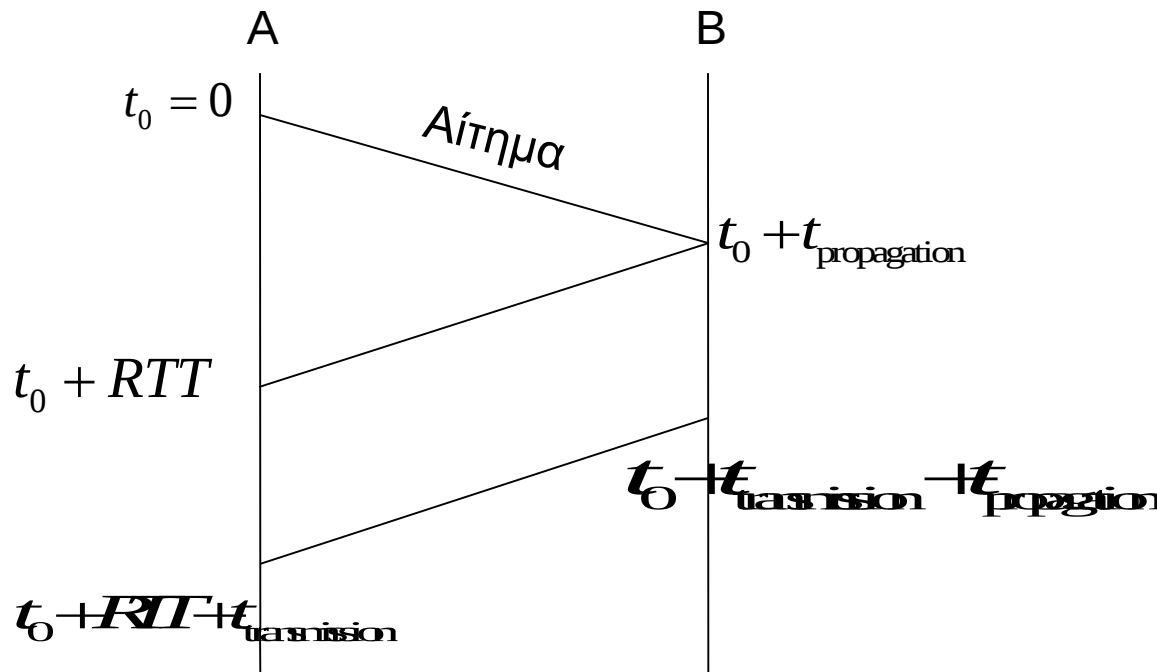
Παράδειγμα 1

Δύο υπολογιστές βρίσκονται σε απόσταση 100Km. Πόσος χρόνος χρειάζεται για τη μετάδοση 1MB από τον ένα στον άλλο δεδομένου ότι συνδέονται με ζεύξη χωρητικότητας 100Mbps στην οποία ηλεκτρομαγνητικά κύματα ταξιδεύουν με ταχύτητα 3×10^8 m/s



Παράδειγμα 2

Δύο υπολογιστές βρίσκονται σε απόσταση 100Km. Πόσος χρόνος χρειάζεται για τη μετάδοση 1KB από τον ένα στον άλλο δεδομένου ότι συνδέονται με ζεύξη χωρητικότητας 100Mbps στην οποία ηλεκτρομαγνητικά κύματα ταξιδεύουν με ταχύτητα 3×10^8 m/s



Latency = Propagation + Transmission + Queue

Propagation = Distance / Speed of light

Transmission = Packet size / Bandwidth

Throughput = TransferSize / TransferTime

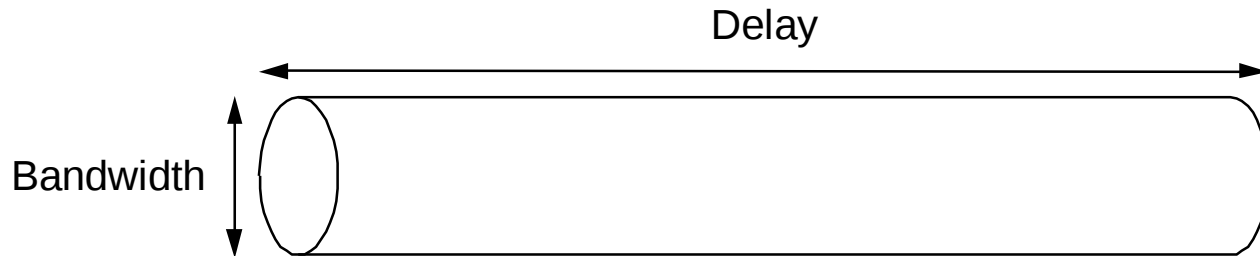
TransferTime = RTT + TransferSize / Bandwidth

Απαιτήσεις: Αποδοτικότητα (Performance)

Γινόμενο καθυστέρησης × Εύρος Ζώνης (Delay × Bandwidth product)

- Ο αριθμός των διαδίκων ψηφίων (bits) που χωρούν μέσα στο κανάλι.
(Amount of data “in flight” or “in the pipe”)

Παράδειγμα:



Μοντέλα Μεταγωγής

Μεταγωγή Κυκλώματος (circuit switching)

- Πρώτα εξασφαλίζεται και προκρατείται (reserved) φυσική σύνδεση μεταξύ αποστολέα και παραλήπτη
- Μετά ξεκινά η μετάδοση των πληροφοριών
- Το κύκλωμα που συνδέει το αποστολέα και παραλήπτη χρησιμοποιείται αποκλειστικά για την επικοινωνία των δύο.
- Μη αποδοτική χρήση των πόρων του δικτύου

Μεταγωγή Πακέτου (packet switching)

- Δεν υπάρχει απευθείας σύνδεση μεταξύ αποστολέα και παραλήπτη. Ο αποστολέας ξεκινά αμέσως να στέλνει πληροφορίες.
- Κάθε πακέτο «βρίσκει το δρόμο του» μέσα στο δίκτυο
-
- Δύσκολη η παροχή εγγυήσεων για την ποιότητα υπηρεσίας.

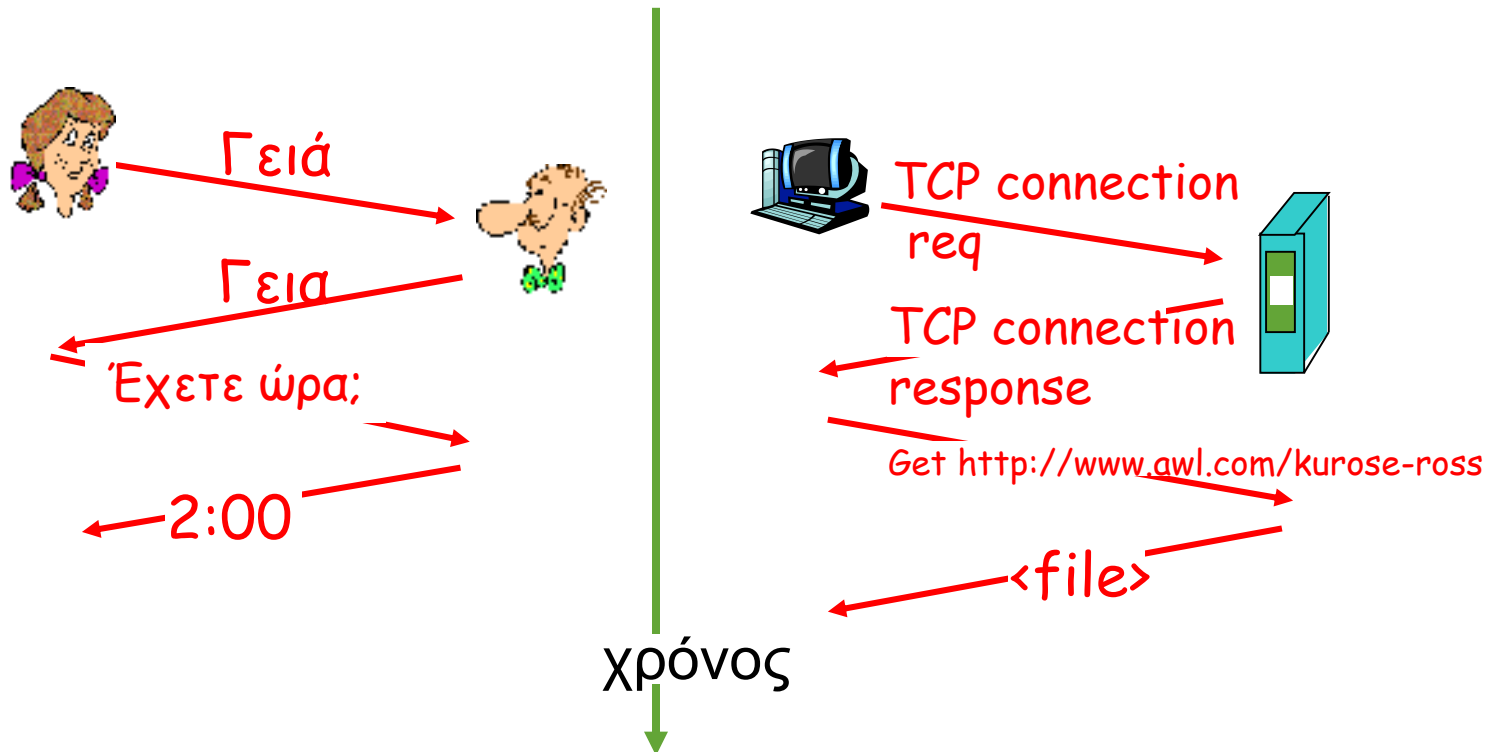
Εικονική Μεταγωγή Κυκλώματος (virtual circuit switching)

Πρωτόκολλο (protocol)

Η Συμφωνία ανάμεσα σε δύο επικοινωνούντα μέρη, ως προς τον τρόπο με τον οποίο θα προχωρήσει η επικοινωνία.

Τι είναι ένα πρωτόκολλο;

Πρωτόκολλο ανθρώπων και δικτύου υπολογιστών



Παράδειγμα πρωτοκόλλου

<http://uth.gr>

http = Hypertext Transfer Protocol

1) Συνδέσου

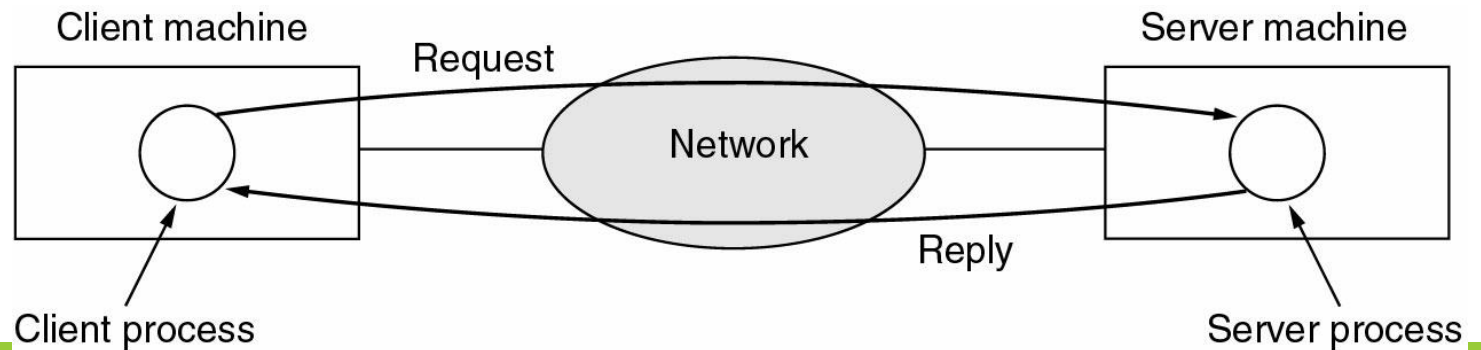
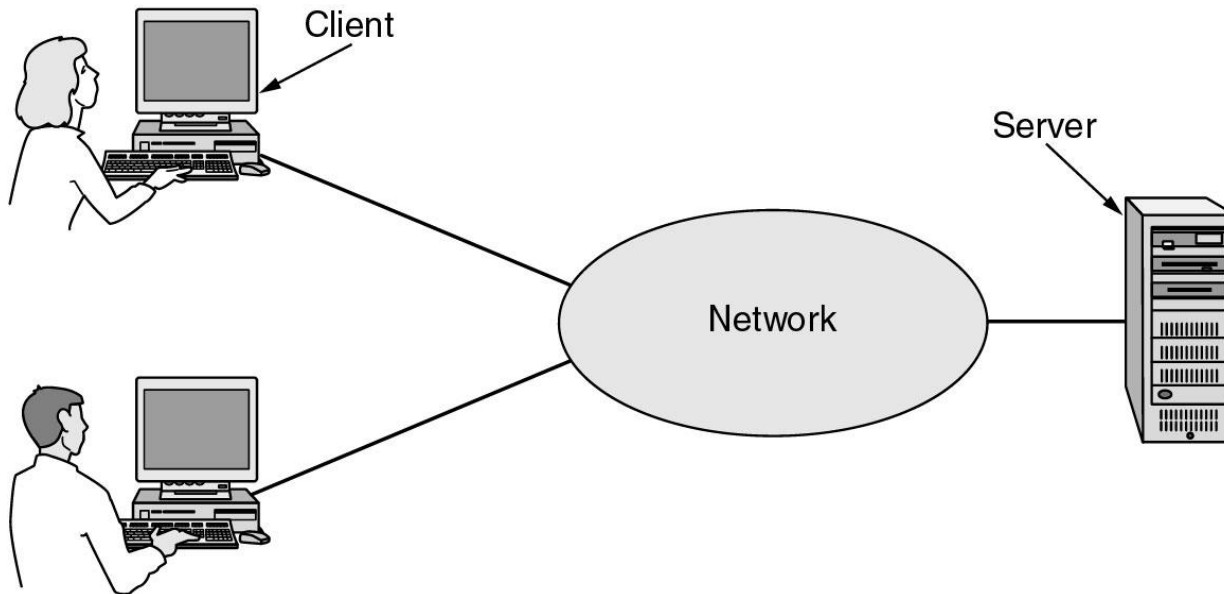
2) Ερώτηση (GET, POST, PUT, DELETE, HEAD)

- GET ζητάς να πάρεις δεδομένα (διαβάζω μια σελίδα)
- POST στέλνω στον web server δεδομένα (έχω συμπληρώσει μια φόρμα και στέλνω τα δεδομένα στον web server)
- PUT είναι το αντίστροφο του GET (γράψε μια σελίδα)
- DELETE διαγράφει μια σελίδα
- HEAD μου επιστρέφει τις αρχικές πληροφορίες της σελίδας.

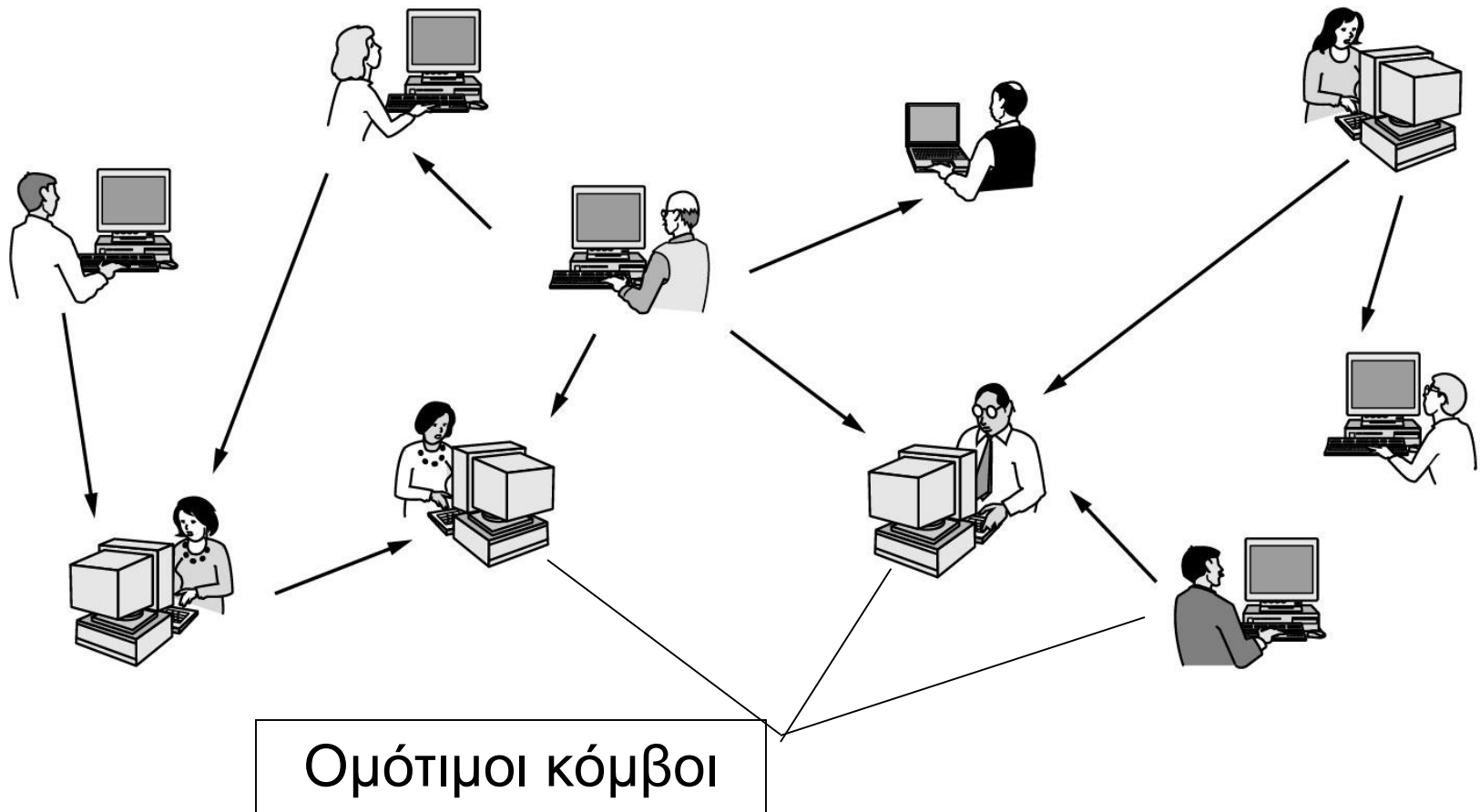
3) Απάντηση

- Αντί για σελίδα μου δίνει ένα κωδικό
- 403 δεν έχω δικαίωμα να δω τη σελίδα
- 404 δεν υπάρχει αυτή η σελίδα

Μοντέλο Πελάτη-Εξυπηρετητή (Client-Server model)



Μοντέλο Επικοινωνίας Ομότιμων Κόμβων (Peer-to-peer Communication)



Τι μπορεί να πάει λάθος;

Λάθη στο φυσικό επίπεδο (bit errors)

Απώλεια πακέτων εξ' αιτίας συμφόρησης (congestion and buffer overflow)

Απώλεια ζεύξεων ή κόμβων

Πακέτα φτάνουν στον δέκτη καθυστερημένα

Πακέτα φτάνουν στον δέκτη εκτός σειράς (out-of-order)

Κάποιος τρίτος υποκλέπτει ή παρεμβαίνει στην συνδιαλλαγή μεταξύ δύο κόμβων.

...

Η Οργάνωση του Λογισμικού των Δικτύων

Για λόγους μείωσης της πολυπλοκότητας τα δίκτυα «οργανώνουν» τις λειτουργίες τους (= υπηρεσίες που παρέχονται σε δύο διεργασίες που επικοινωνούν) σε στρώματα ή επίπεδα (layers)

Το κάθε επίπεδο αναλαμβάνει την υλοποίηση μέρους των υπηρεσιών που θα πρέπει να παρέχονται στις επικοινωνίες δεδομένων, και την επικοινωνία με τα γειτονικά επίπεδα (τα οποία με τη σειρά τους κάνουν ακριβώς το ίδιο για τις δικές τους υπηρεσίες και τα δικά τους γειτονικά επίπεδα)

Διαστρωμάτωση

Ο χωρισμός των διαδικασιών και των λειτουργιών που πρέπει να συμβούν σε μια επικοινωνία σε **επίπεδα**,

η ανάθεση σε κάθε επίπεδο ενός **διακριτού ρόλου** για χειρισμό όλων των περιπτώσεων επικοινωνίας

**Διαστρωμάτωση
(Layering)**

Λειτουργίες που Απαιτούνται στις Επικοινωνίες Δεδομένων – II

Έλεγχος ροής (flow control)

Έλεγχος συμφόρησης (congestion control)

Κατάτμηση, μετάδοση, συναρμολόγηση (fragmentation, transmission, reassembly)

Πολυπλεξία – Αποπολυπλεξία (multiplexing – demultiplexing)

Δρομολόγηση (routing)

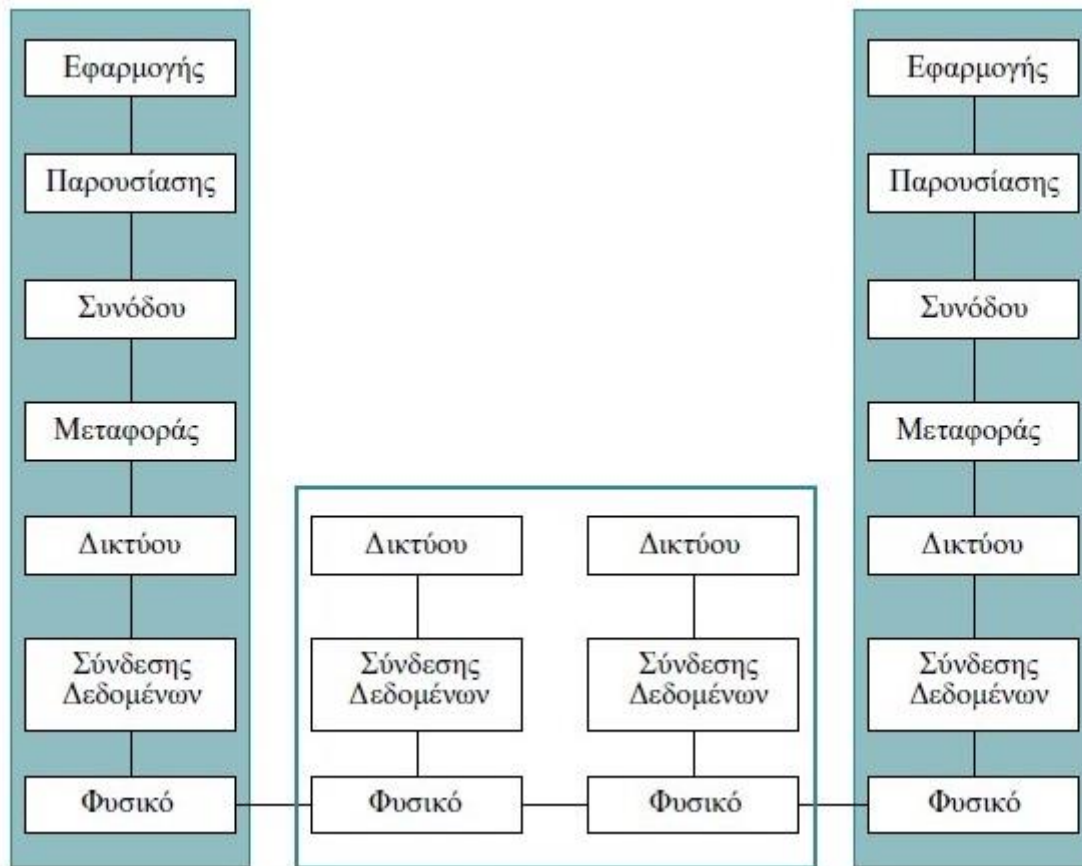
Διεπαφές και Υπηρεσίες (Service Access Points)

Η λειτουργία κάθε επιπέδου είναι να παρέχει υπηρεσίες στο υπερκείμενο επίπεδο, χρησιμοποιώντας τις υπηρεσίες που του παρέχει το χαμηλότερο επίπεδο

Οι υπηρεσίες διατίθενται στα σημεία πρόσβασης στην υπηρεσία (διεπαφές ή service access point – SAP)

Για να ανταλλάξουν δύο επίπεδα πληροφορίες, πρέπει να έχει συμφωνηθεί ένα σύνολο κανόνων σχετικά με τη διεπαφή μέσω της οποίας επικοινωνούν, που αφορούν τον τρόπο ανταλλαγής δεδομένων και πληροφοριών ελέγχου

Αρχιτεκτονική Δικτύου – Μοντέλο αναφοράς OSI



Επίπεδα μοντέλου αναφοράς OSI/1

Φυσικό (Physical) ή επίπεδο 1: Έχει να κάνει με το χρησιμοποιούμενο υλικό (π.χ., πρότυπα για πρίζα συνδέσεως, μορφή σημάτων, ηλεκτρομαγνητικά χαρακτηριστικά, κλπ.).

Ζεύξεως Δεδομένων (Data Link) ή επίπεδο 2: Έχει να κάνει με το πρόβλημα της μεταφοράς δεδομένων μεταξύ γειτονικών κατά βάση υπολογιστών. Εδώ συμπεριλαμβάνεται και η απαίτηση ανιχνεύσεως τυχόντων σφαλμάτων, καθώς και η ομαδοποίηση byte πληροφοριών σε **πλαίσια (frames)**.

Δικτύου (Network) ή επίπεδο 3: Η μονάδα διακινουμένης πληροφορίας σε αυτό το επίπεδο ονομάζεται **πακέτο (packet)**. Το επίπεδο αυτό ασχολείται με την διακίνηση πακέτων μέσω δικτύου ως τον τελικό προορισμό

Επίπεδα μοντέλου αναφοράς OSI/2

Μεταφοράς (Transport) ή επίπεδο 4: Αυτό το επίπεδο έχει να κάνει με την επικοινωνία μεταξύ διεργασιών οι οποίες βρίσκονται σε διαφορετικούς υπολογιστές. Αυτό σημαίνει ότι πρέπει να κάνει **πολύπλεξη (multiplexing)** και **αποπολύπλεξη (demultiplexing)** των διακινουμένων πακέτων.

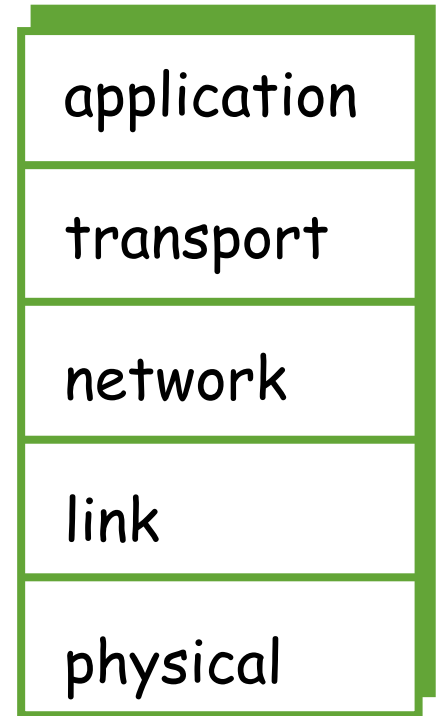
Συνόδου (Session) ή επίπεδο 5: Το επίπεδο αυτό έχει να κάνει με την δημιουργία, διαχείριση και τερματισμό συνόδου μεταξύ αποστολέα και παραλήπτη.

Παρουσιάσεως (Presentation) ή επίπεδο 6: Αυτό το επίπεδο ασχολείται με την κωδικοποίηση/αποκωδικοποίηση δεδομένων μεταξύ δύο υπολογιστών οι οποίοι μπορούν να είναι διαφορετικοί μεταξύ τους.

Εφαρμογής (Application) ή επίπεδο 7: Το επίπεδο αυτό ασχολείται με την επικοινωνία μεταξύ διεργασιών που προέρχονται από δικτυακές εφαρμογές που χρησιμοποιούν άμεσα οι απλοί χρήστες, και συνεπώς με τα αντίστοιχα πρωτόκολλα επικοινωνίας. Π.χ., το SMTP για e-mail, το HTTP για τον Παγκόσμιο Ιστό (World Wide Web), κλπ.

Η στοίβα πρωτοκόλλων του Internet (Internet protocol stack)

- ▶ **Εφαρμογής:** υποστήριξη δικτυακών εφαρμογών
 - ▶ FTP, SMTP, HTTP
- ▶ **Μεταφοράς (transport):** μεταφορά δεδομένων (segments) από κόμβο σε κόμβο
 - ▶ TCP, UDP
- ▶ **Δίκτυο:** δρομολόγηση των δεδομενογραφημάτων (IP datagrams) από την πηγή στον προορισμό
 - ▶ Πρωτόκολλα για IP routing
- ▶ **Σύνδεση (ή Ζεύξη):** μεταφορά δεδομένων μεταξύ γειτονικών στοιχείων δικτύου
 - ▶ PPP, Ethernet
- ▶ **Φυσικό:** bits “στο καλώδιο”



Γιατί Επίπεδα;

Καταμερισμός του πολύπλοκου προβλήματος σε μικρότερα, πιο απλά προβλήματα.

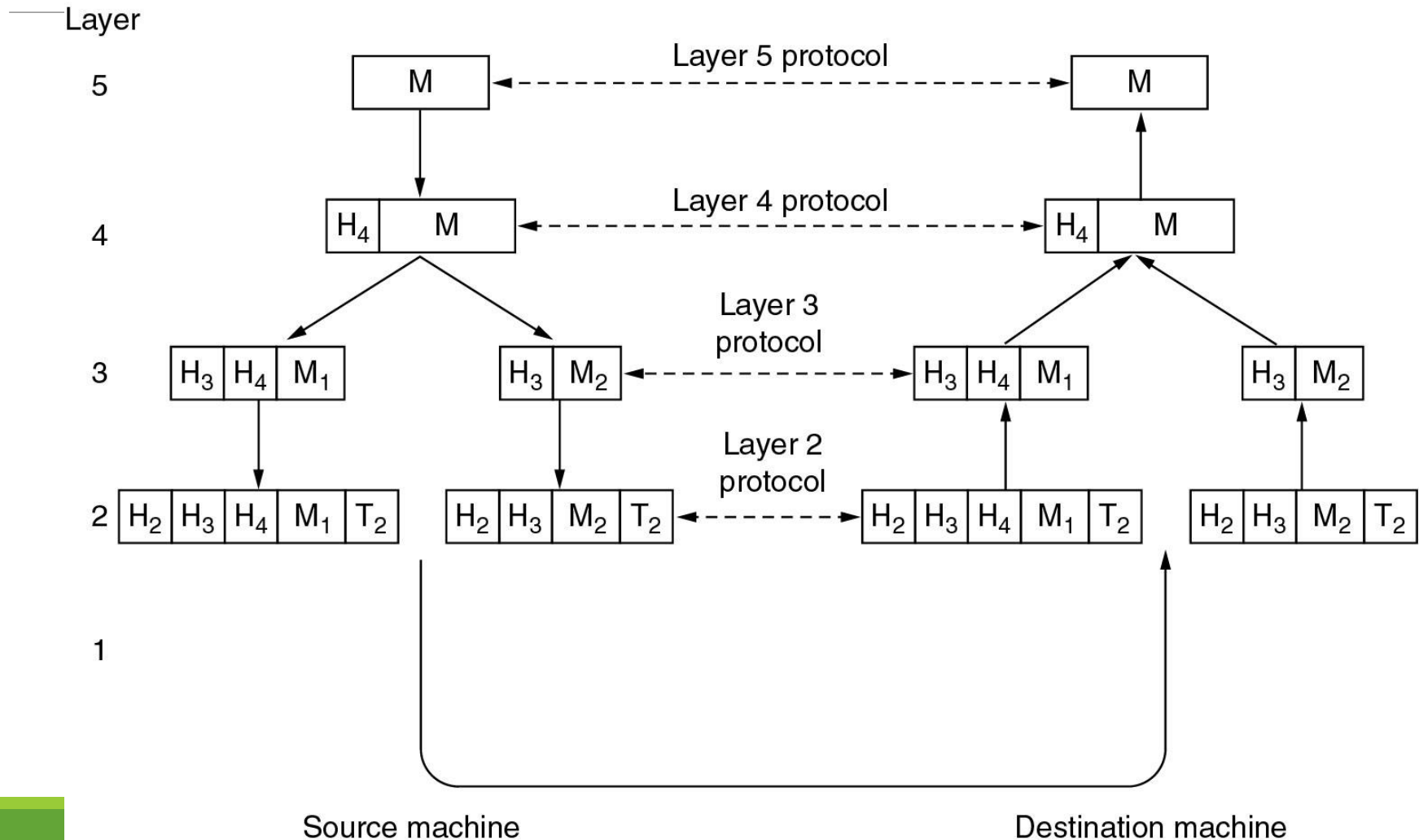
- Κάθε επίπεδο είναι υπεύθυνο για την αντιμετώπιση κάποιων προβλημάτων που μπορεί να προκύψουν.

Κάθε επίπεδο κρύβει την πολυπλοκότητα του από τα υπόλοιπα επίπεδα και τους χρήστες.

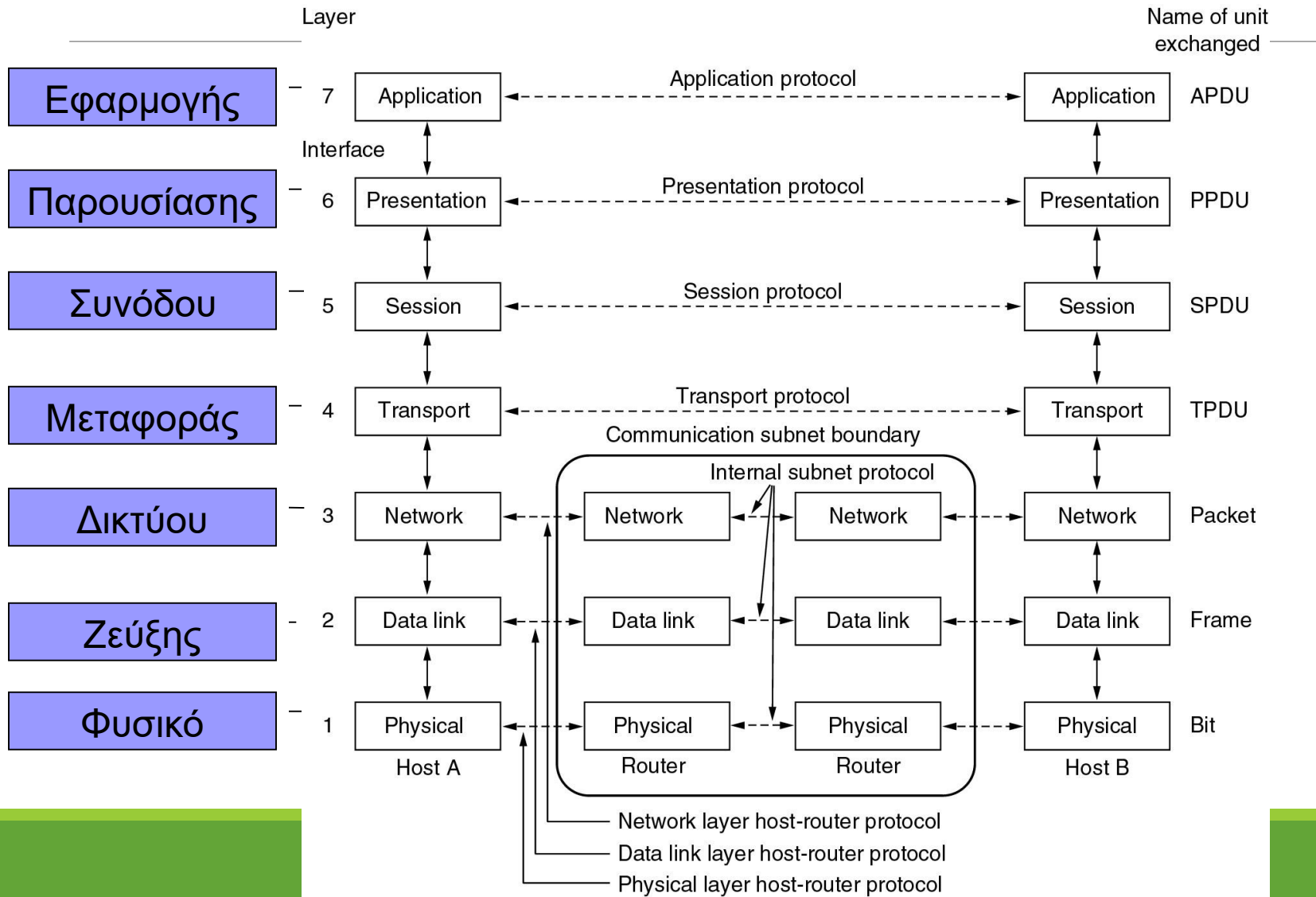
Καλύτερη δομή αποτελούμενη από πολλά στοιχεία (modular).

- Μια καινούργια υπηρεσία μπορεί να υλοποιηθεί μετατρέποντας μόνο ένα επίπεδο (στρώμα).

Παράδειγμα Ροής Μηνυμάτων μεταξύ Στρωμάτων



Μοντέλο Αναφοράς: OSI (Open System Interconnection)



Μοντέλο OSI

Φυσικό στρώμα (Physical Layer)

- Μετάδοση ακατέργαστων bits (0 ή 1) από τον αποστολέα στον δέκτη.

Στρώμα Ζεύξης Δεδομένων (Data Link Layer)

- Τεμαχίζει τα δεδομένα σε πλαίσια δεδομένων (frames)
- Επιβεβαιώνει ότι η επικοινωνία του Φυσικού στρώματος είναι αξιόπιστη (Πλαίσια επαλήθευσης -acknowledgement frames)
- Ανίχνευση και επιδιόρθωση λαθών (Error detection and correction).
- Έλεγχος ροής (flow control).

Μοντέλο OSI

Στρώμα Δικτύου (Network Layer)

- Δρομολόγηση πακέτων
- Έλεγχος συμφόρησης
- Έκδοση λογαριασμών (billing)

Στρώμα Μεταφοράς (Transport Layer)

- Τεμαχίζει τα μηνύματα σε μικρότερες μονάδες
- Επιβεβαιώνει ότι όλες οι μονάδες φτάνουν στο άλλο άκρο και επανασυναρμολογεί το μήνυμα.
- Πολυπλεξία συνδέσεων/συρμών (streams)
- Υπηρεσίες μεταφοράς πακέτων από άκρο σε άκρο (end-to-end). (π.χ., αξιόπιστη μεταφορά δεδομένων στον δέκτη).
- Έλεγχος συμφόρησης (congestion) και ροής πακέτων

Μοντέλο OSI

Στρώμα Συνόδου (Session Layer)

- Αποκατάσταση συνόδων μεταξύ διαφόρων μηχανών (sessions)
- Διαχείριση σκυτάλης (token management)
- Συγχρονισμός (synchronization)

Στρώμα Παρουσίασης (Presentation Layer)

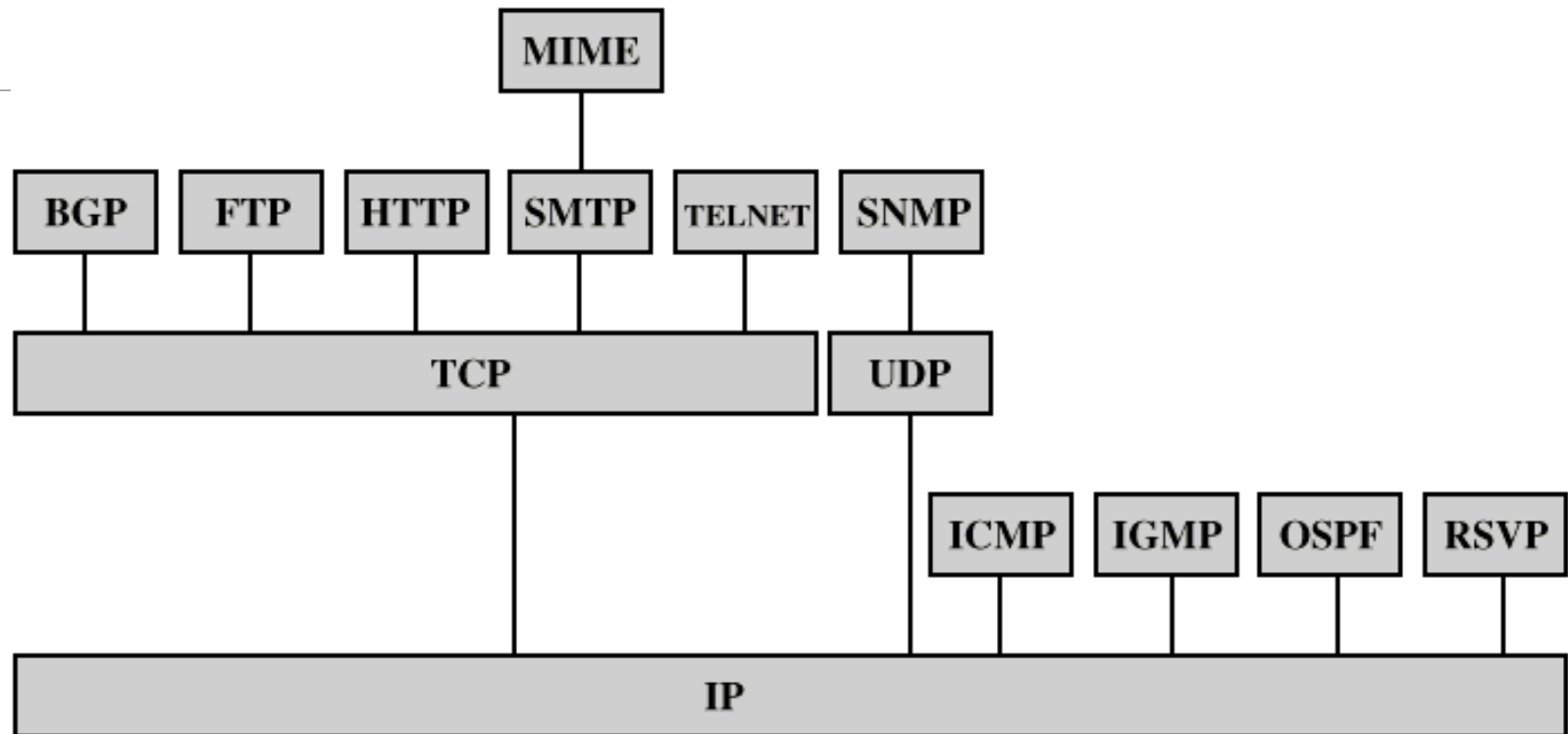
- Κωδικοποίηση δεδομένων

Στρώμα Εφαρμογή (Application Layer)

- Συμβατότητα μεταξύ εφαρμογών

TCP/IP

Οικογένεια πρωτοκόλλων 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

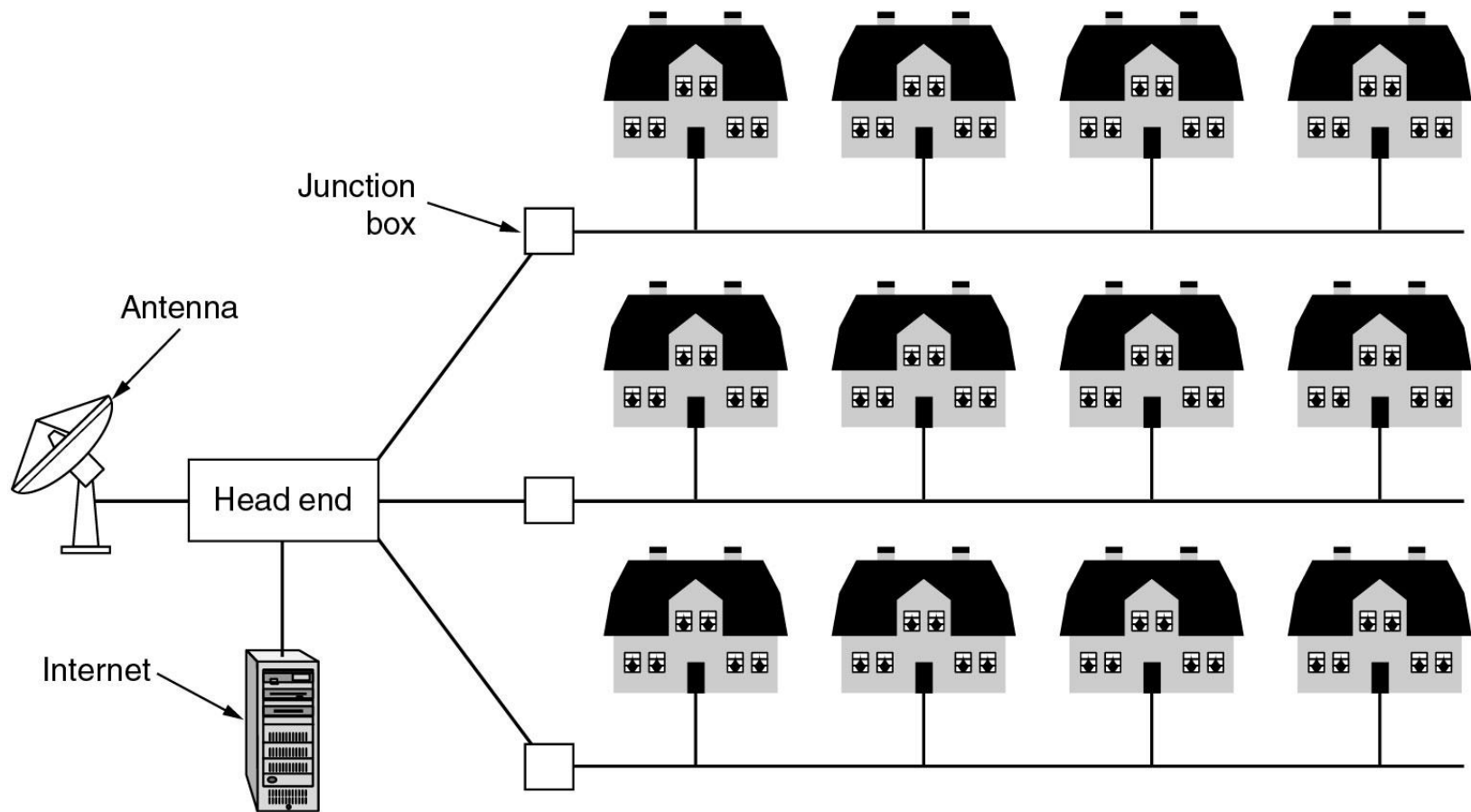
OSPF = Open Shortest Path First
RSVP = Resource ReSerVation Protocol
SMTP = Simple Mail Transfer Protocol
SNMP = Simple Network Management Protocol
TCP = Transmission Control Protocol
UDP = User Datagram Protocol

Κατηγοριοποίηση Δικτύων

Απόσταση επεξεργαστών	Περιοχή υλοποίησης	Παράδειγμα
1m	Τετραγωνικό μέτρο	Προσωπικά υπολογιστικά συστήματα (personal network)
10m	Δωμάτιο	Τοπικά Δίκτυα (Local Area Networks)
100m	Κτίριο	
1Km	Σύμπλεγμα κτιρίων	
10Km	Πόλη	Μητροπολιτικό Δίκτυο (Metropolitan Network)
100Km	Χώρα	Δίκτυο Ευρείας Περιοχής (Wide Area Network)
1000Km	Ήπειρος	
10,000Km	Πλανήτης	Το Διαδίκτυο (The Internet)

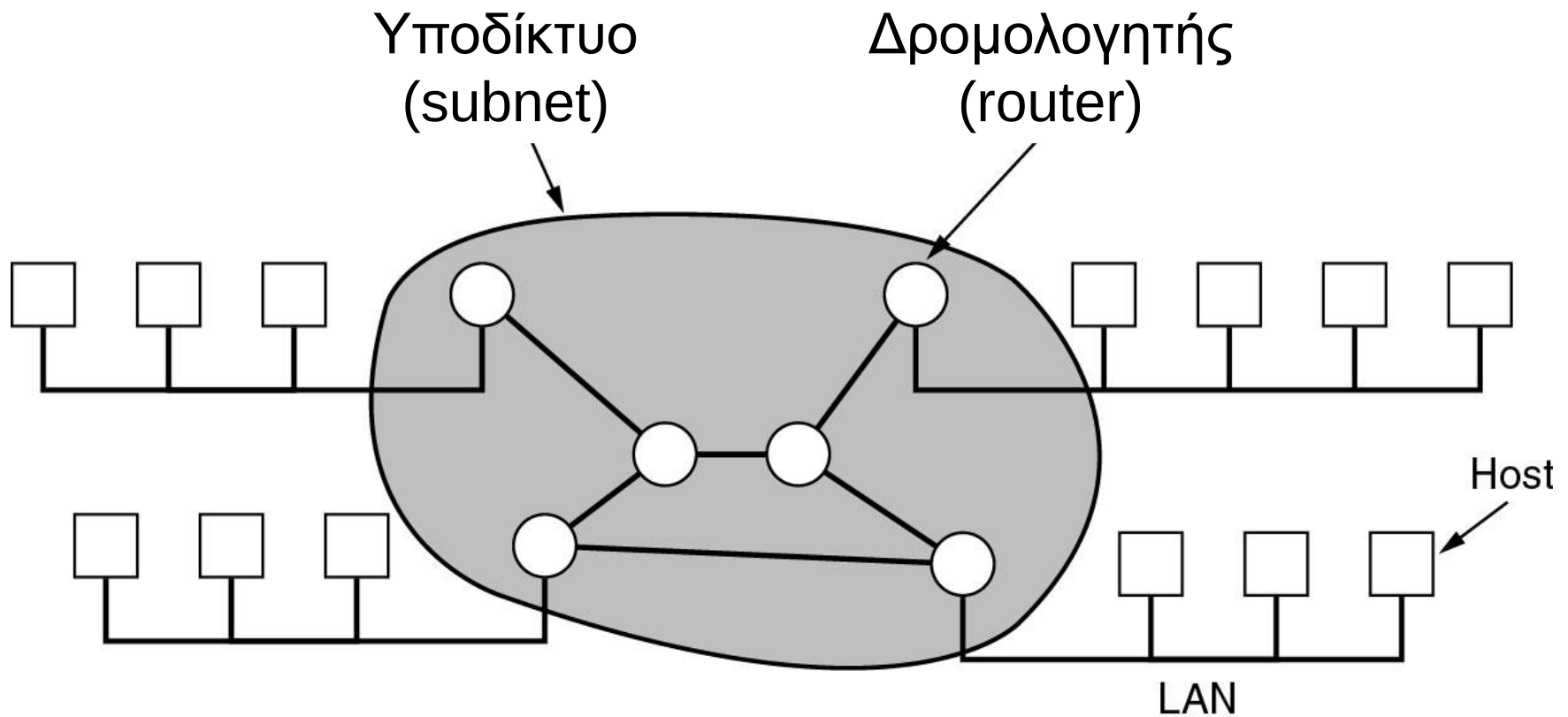
Τεχνολογία	Ρυθμός μετάδοσης δεδομένων	Απόσταση κάλυψης	Εφαρμογές σε κινητές συσκευές
NFC	106, 212, 424, και 848 kbps	~20 cm	Ναι
Z-Wave	9.6, 40, και 100 Kbps	~ 30 m	Ναι
Bluetooth Low Energy	1 Mbps	~ 30 m	Ναι
Zigbee	20, 40, και 250 Kbps	~100 m	Ναι
WiFi	11 Mbps, 54 Mbps, 600 Mbps, 1300 Mbps, και 6.9 Gbps	~200 m	Ναι
PLC	10 Mbps	~300 m	Όχι
Sigfox	100 bps upload, 600 bps download	Πόλεις 3-10 Km, Ύπαιθρος 50 Km	Ναι
3G	144–400 kbps	Εξαρτάται, μέχρι 35 Km	Ναι
4G	1 Gbps (συνήθως 100Mbps)	Εξαρτάται, μέχρι 35 Km	Ναι
5G	1-10 Gbps (θεωρητικό όριο)	2Km	Ναι

Μητροπολιτικό Δίκτυο (Metropolitan Network)



Δίκτυο Καλωδιακής Τηλεόρασης

Δίκτυο Ευρείας Περιοχής (Wide Area Network)



Το Μοντέλο του Διαδικτύου

