

Δίκτυα Επικοινωνιών:

Το Διαδίκτυο και το πρωτόκολλο TCP/IP

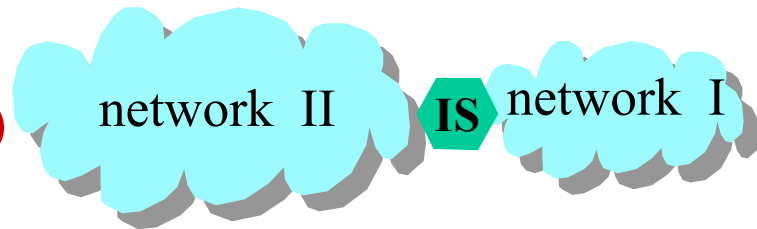
Ορολογία - Ορισμοί (I)

Δίκτυο Τηλεπικοινωνιών: κατανεμημένο σύνολο συσκευών επεξεργασίας/παροχής πληροφορίας, διασυνδεδεμένων με τηλεπικοινωνιακές γραμμές

Διαδικτύωση (*internetworking*): διασύνδεση δύο ή περισσότερων δικτύων



διαδίκτυο (*internet*)



INTERNET: το καθολικό διαδίκτυο, συνιστάμενο από όλα τα διασυνδεδεμένα δίκτυα στον κόσμο

IS: Intermediate System (Gateway -- Router, Bridge, Repeater)

Ορολογία - Ορισμοί (II)

Στοιβά πρωτοκόλλων: διαστρωματωμένο (layered) **σύνολο κανόνων**, που διέπει την επικοινωνία δύο μερών, ως προς το **ποιές μονάδες πληροφορίας** (*Protocol Data Units - PDUs*), μπορούν να ανταλλάξουν, **πότε** και με **ποιά σημασία**.

Αρχιτεκτονική OSI (Open System Interconnection):

στοίβα πρωτοκόλλων 7 στρωμάτων για επικοινωνία μεταξύ “ανοικτών“, κατανεμημένων συστημάτων. Εχει ορισθεί από την ISO (**I**nternational **O**rganization for **S**tandardization)

TCP/IP (Transmission Control Protocol / Internet Protocol):

τα πρωτόκολλα στα στρώματα Μεταφοράς και Δικτύου στο Διαδίκτυο

Τυποποίηση του TCP/IP

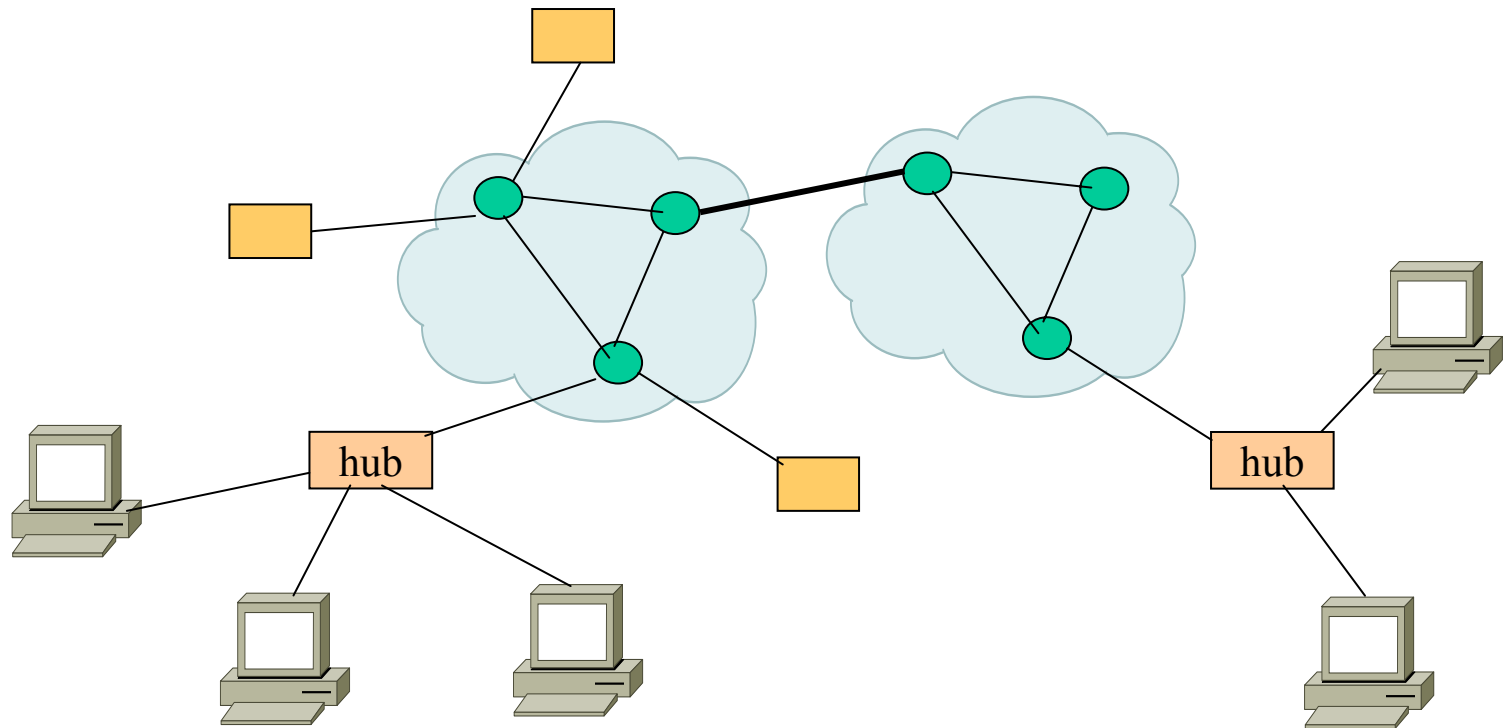
- Προγενέστερη του OSI αλλά συνεχιζόμενη
- Μέσω των *RFC (Request For Comments)*
- Υπεύθυνο το *Internet Architecture Board*, κύρια πηγή το *Internet Engineering Task Force (IETF)*
- Κατάσταση ενός πρωτοκόλλου:

Standard (STD)	Draft standard	Proposed standard
Experimental	Informational	Historic
- Χρήση πρωτοκόλλου:

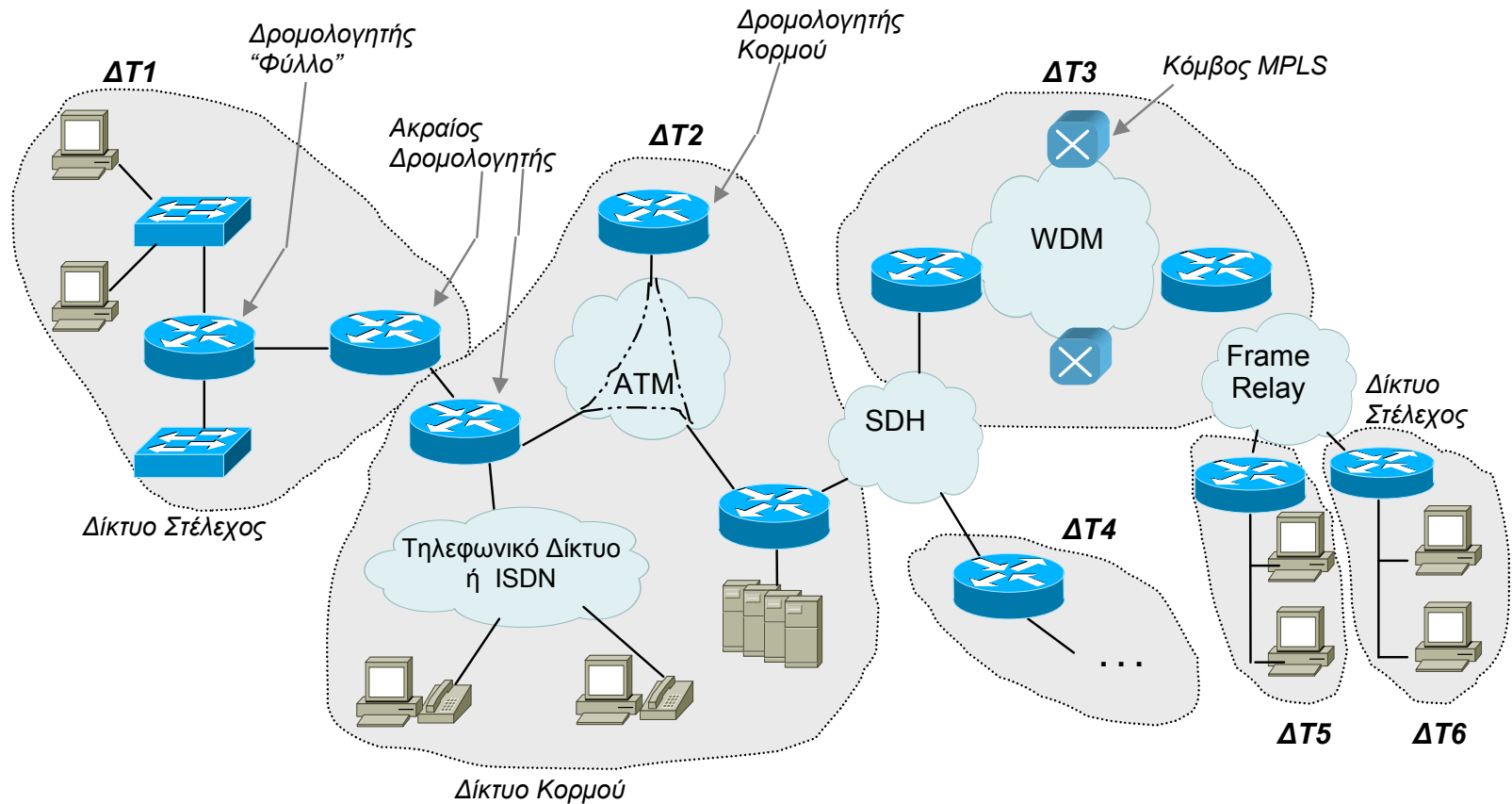
Required	Recommended	Elective
Limited use	Not recommended	

Τοπολογία Διαδικτύου

Διαδίκτυο (Internet): το παγκόσμιο δίκτυο που προκύπτει από τη διασύνδεση όλων των (υπο) δικτύων



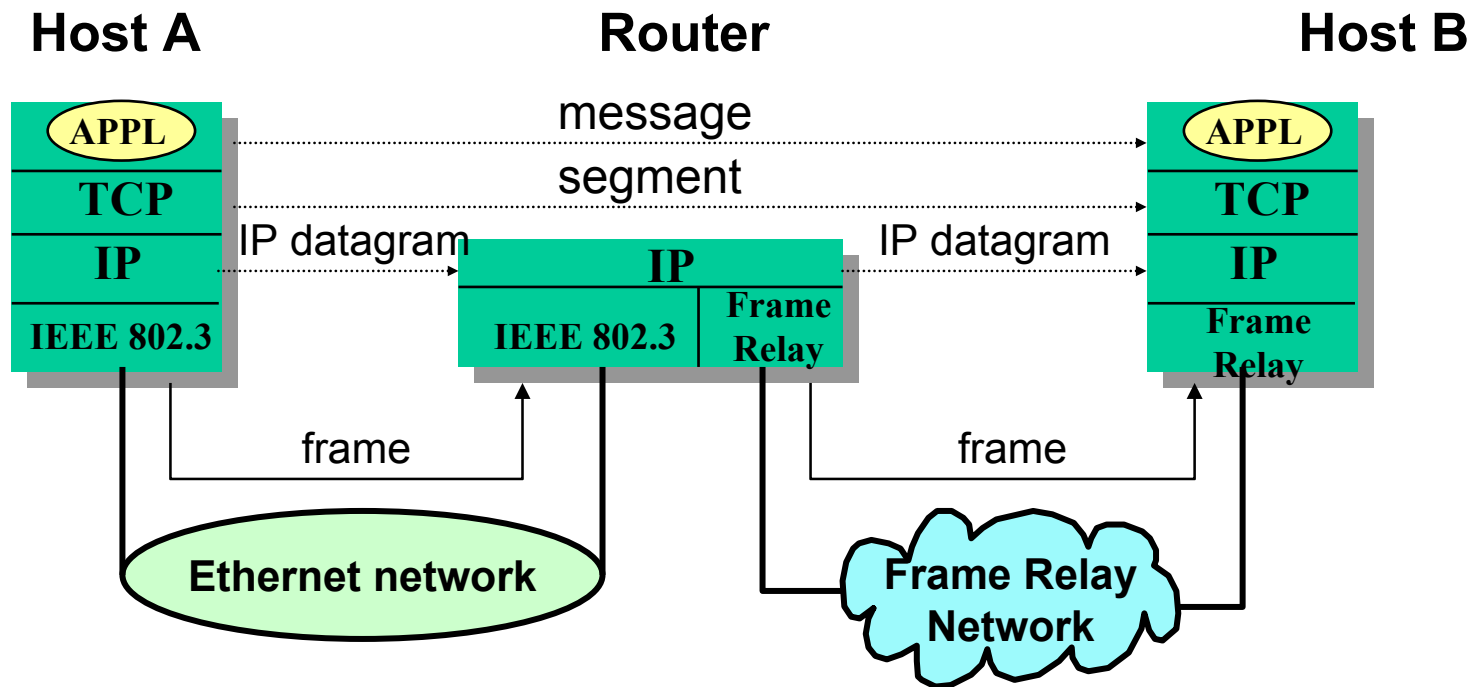
Τοπολογία Διαδικτύου (συνέχεια)



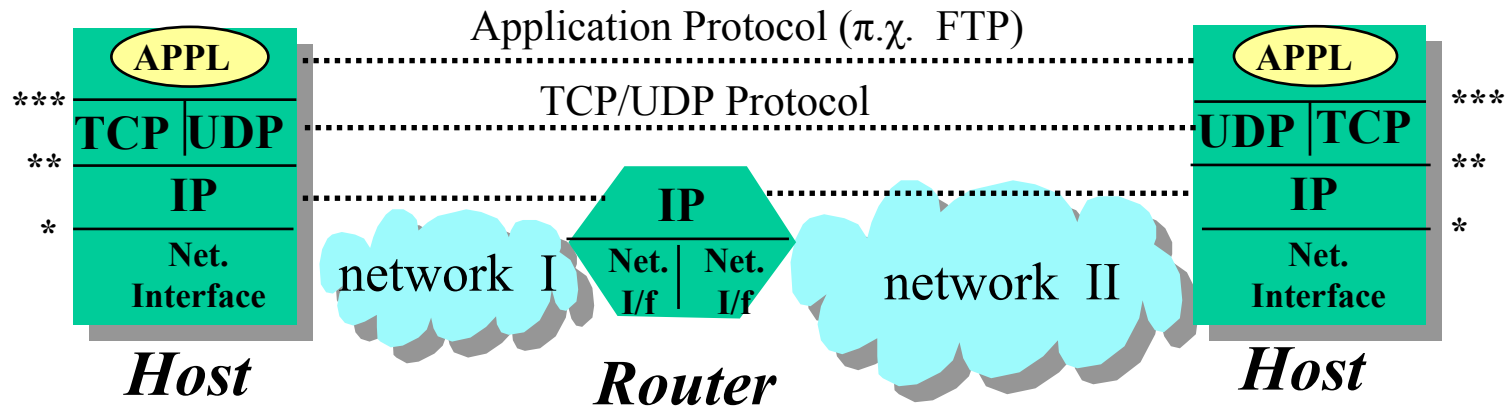
*ΔΤ: **Δικτυακός Τομέας** (ένα δίκτυο το οποίο ελέγχεται από μια συγκεκριμένη διαχειριστική οντότητα)

Δρομολογητές Internet - IP Routers

Η δρομολόγηση γίνεται στο στρώμα IP, ανεξάρτητα από το υποκείμενο φυσικό δίκτυο

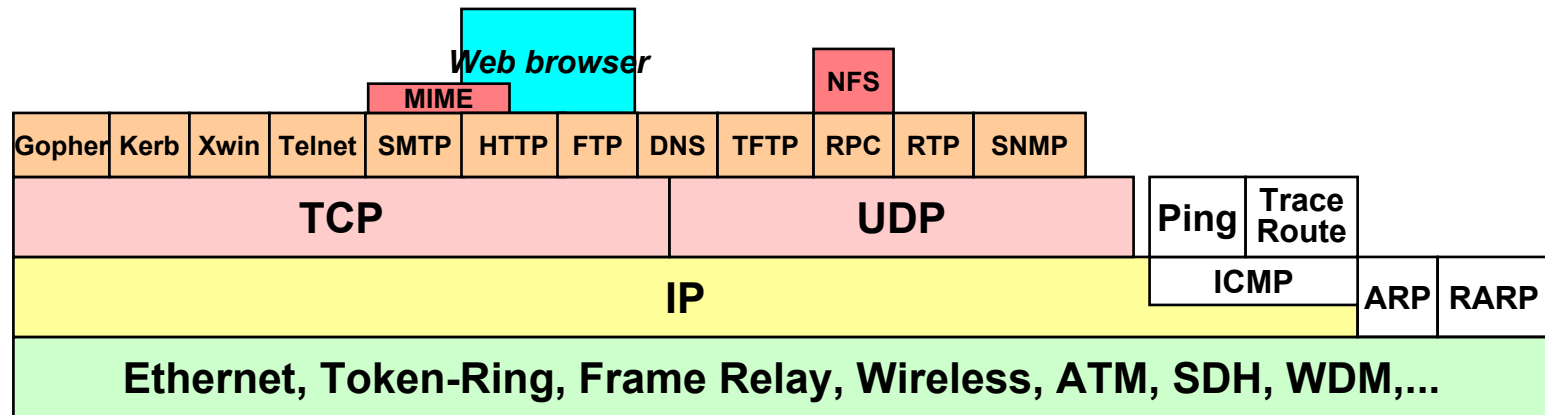


Η στοίβα πρωτοκόλλων TCP/IP



- * Τα σημεία πρόσβασης υπηρεσίας (SAPs) μεταξύ IP και Διεπαφών Δικτύου (Network Interfaces) χαρακτηρίζονται από τις **Διευθύνσεις IP**
- ** Τα σημεία πρόσβασης υπηρεσίας (SAPs) μεταξύ TCP/UDP και IP χαρακτηρίζονται από το **Transport Protocol ID (TCP | UDP)**
- *** Τα σημεία πρόσβασης υπηρεσίας (SAPs) μεταξύ Εφαρμογών και TCP /UDP ονομάζονται **sockets: Socket = <IP-address, Transport Protocol ID, Port number>**

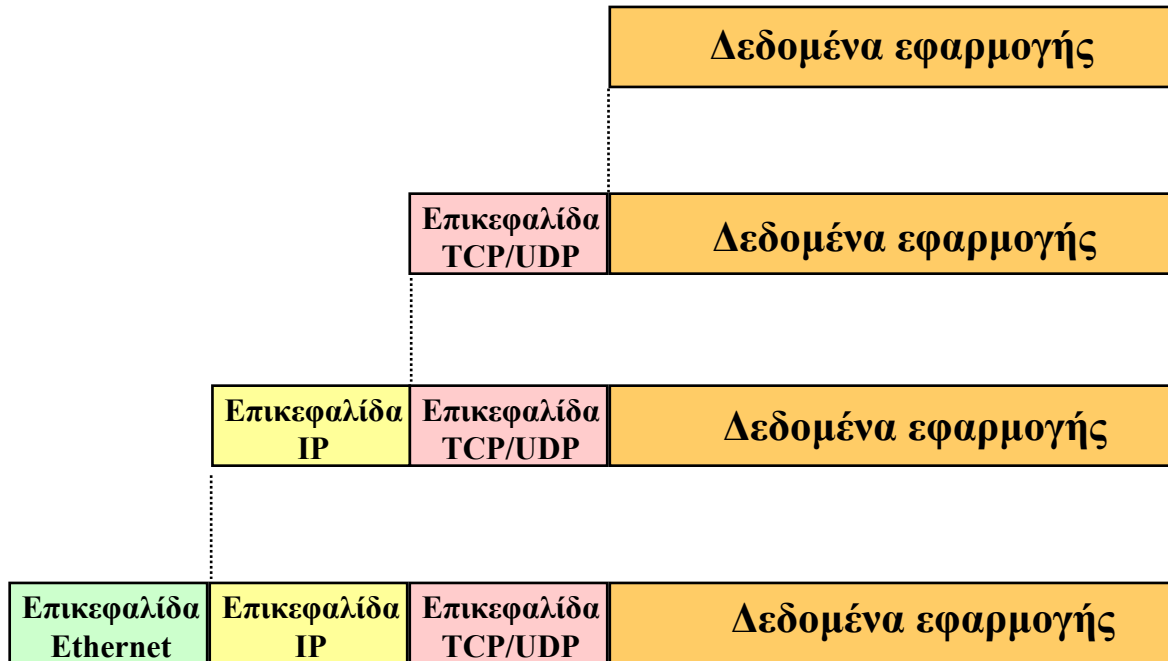
Η στοίβα πρωτοκόλλων TCP/IP (συνέχεια)



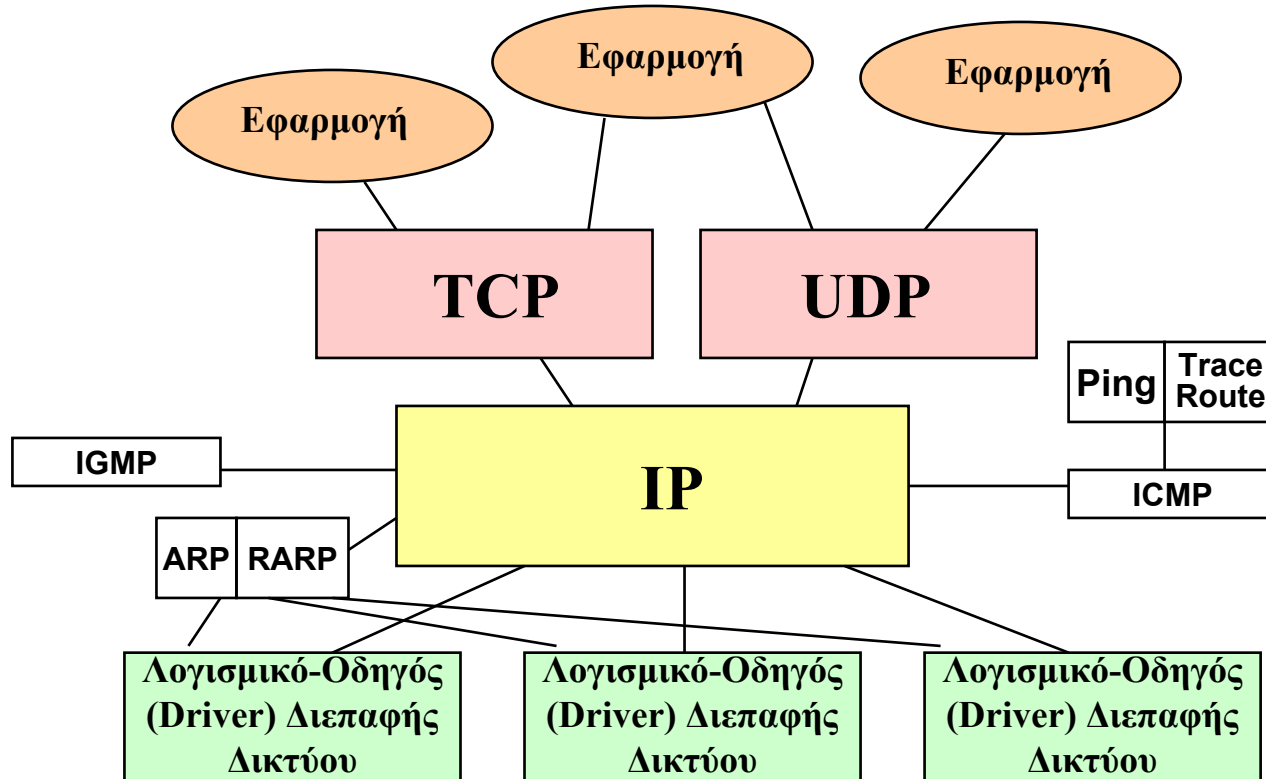
ATM: Asynchronous Transfer Mode
SDH: Synchronous Digital Hierarchy
WDM: Wavelength Division Multiplexing
ARP: Address Resolution Protocol
RARP: Reverse ARP
ICMP: Internet Control Message Protocol
TCP: Transmission Control Protocol
UDP: User Datagram Protocol

HTTP: HyperText Transfer Protocol
FTP: File Transfer Protocol
TFTP: Trivial FTP
SMTP: Simple Mail Protocol
SNMP: Simple Network Management Protocol
DNS: Domain Name System
MIME: Multi-purpose Internet Mail Extensions

Ενθυλάκωση Δεδομένων (Data encapsulation)



Η Οργάνωση του Λογισμικού TCP/IP



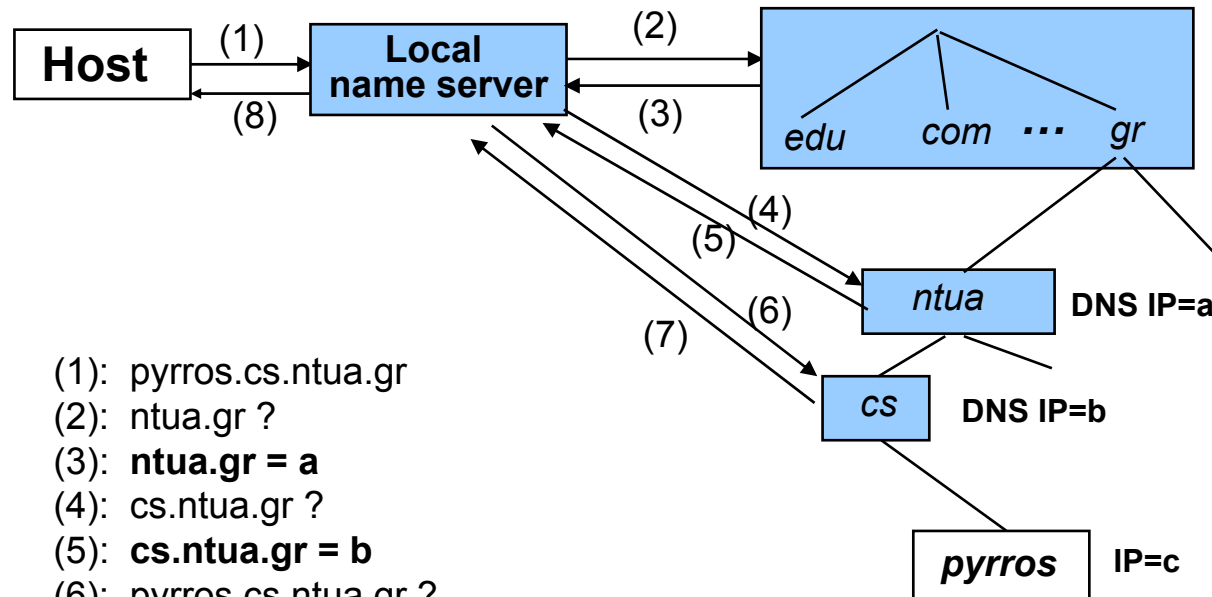
Διευθυνσιοδότηση (Addressing)

IP διευθύνσεις των 32 bits, δίνονται συνήθως σε αριθμητική (δεκαδική) μορφή με τελείες, π.χ. **147.102.31.171**, ή συμβολική μορφή, π.χ. **pyrros.cs.ntua.gr**

Η αντιστοιχία μεταξύ αριθμητικών και συμβολικών διευθύνσεων γίνεται με τη βοήθεια του **Domain Name System (DNS)** .

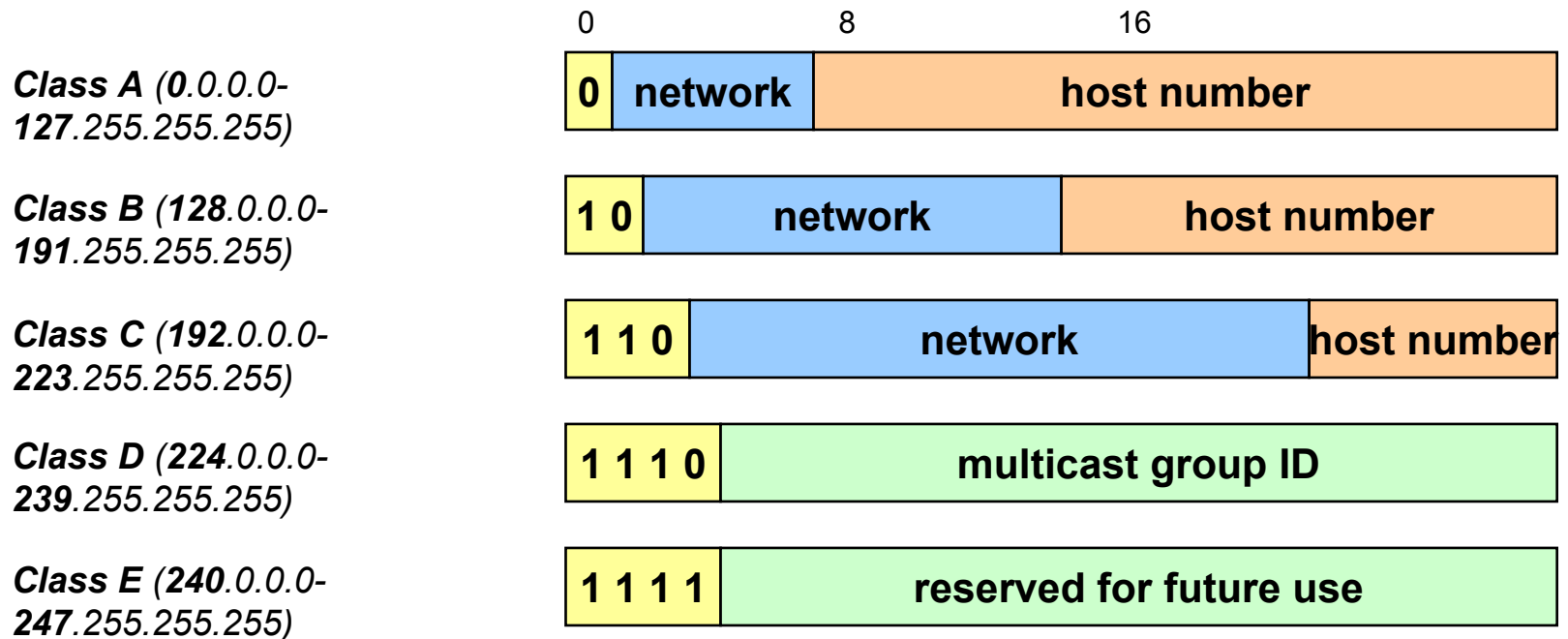
IP address = <network number><host number>

Ονόματα → διευθύνσεις IP

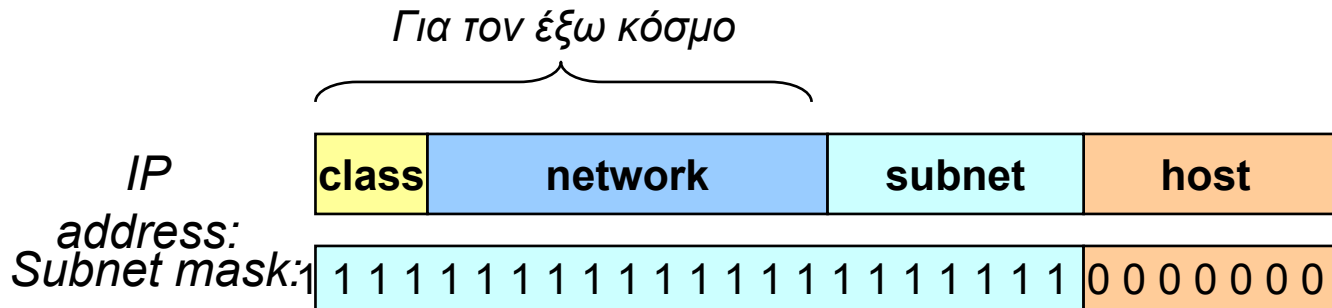


- (1): pyrros.cs.ntua.gr
- (2): ntua.gr ?
- (3): **ntua.gr = a**
- (4): cs.ntua.gr ?
- (5): **cs.ntua.gr = b**
- (6): pyrros.cs.ntua.gr ?
- (7): **pyrros.cs.ntua.gr =**
- c**

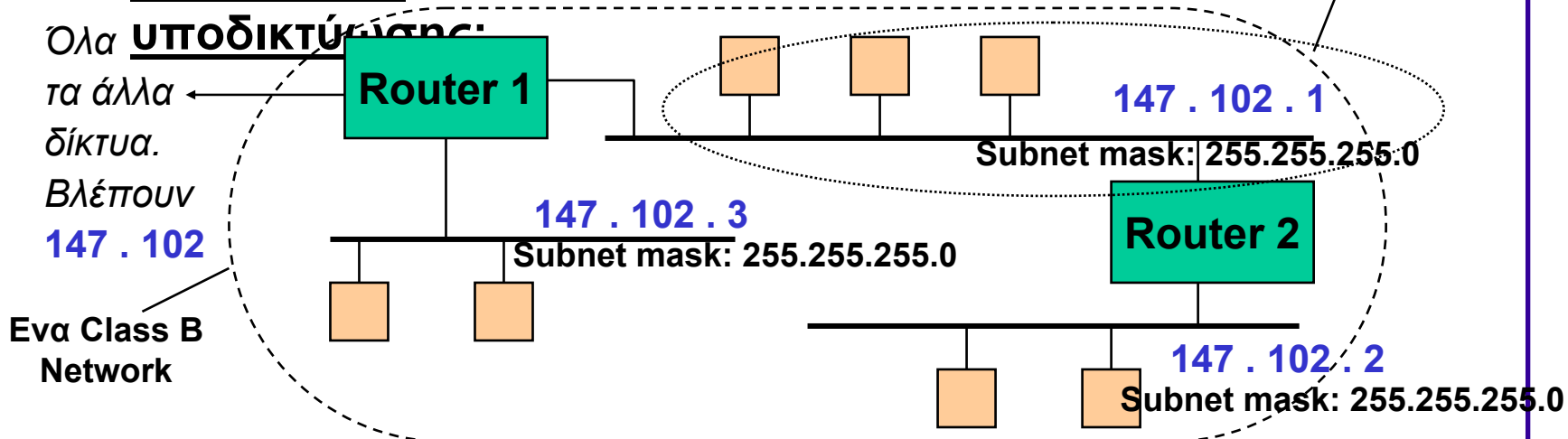
Κατηγορίες διευθύνσεων Internet



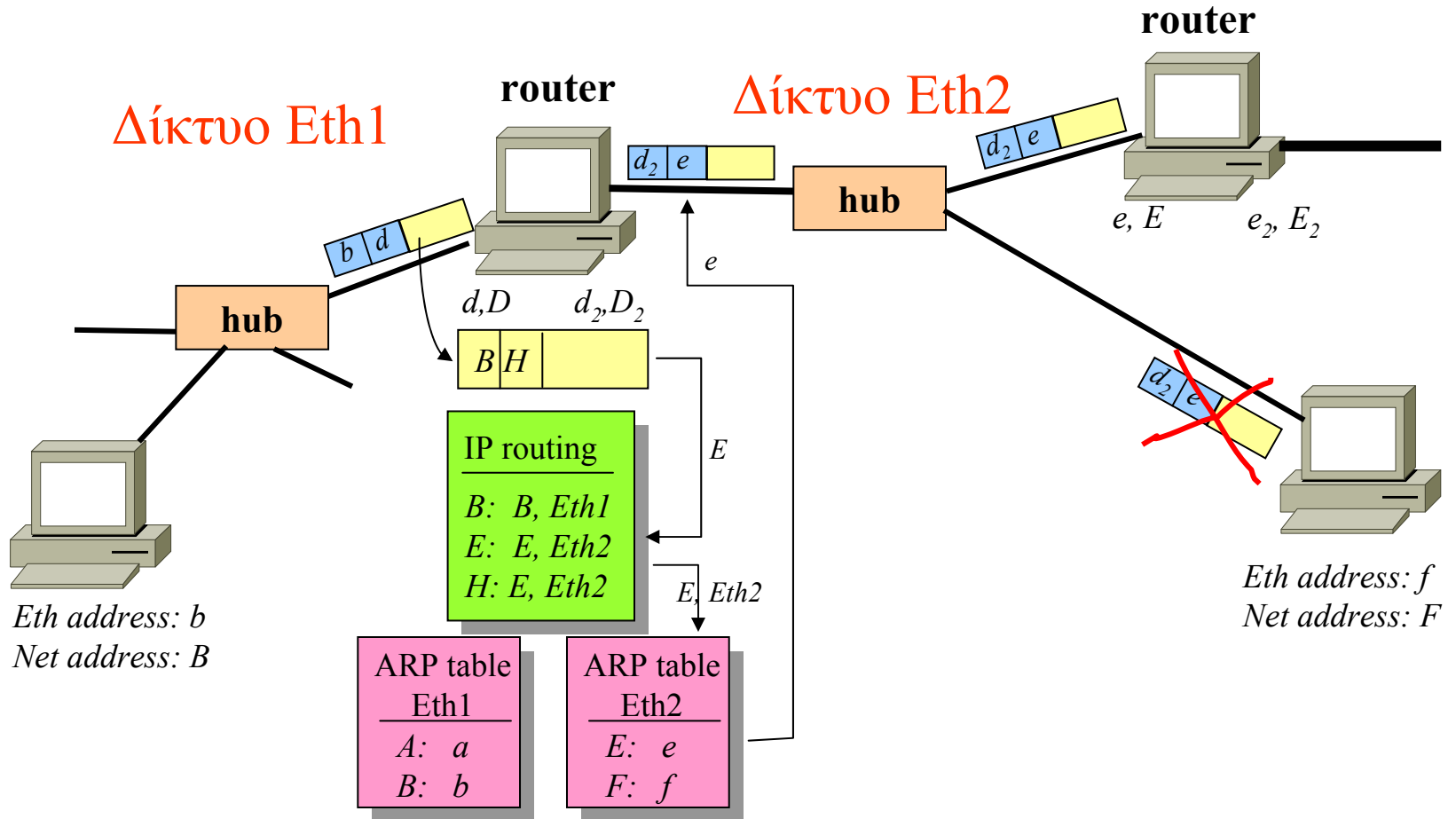
Υποδίκτυα (subnets)



Παράδειγμα



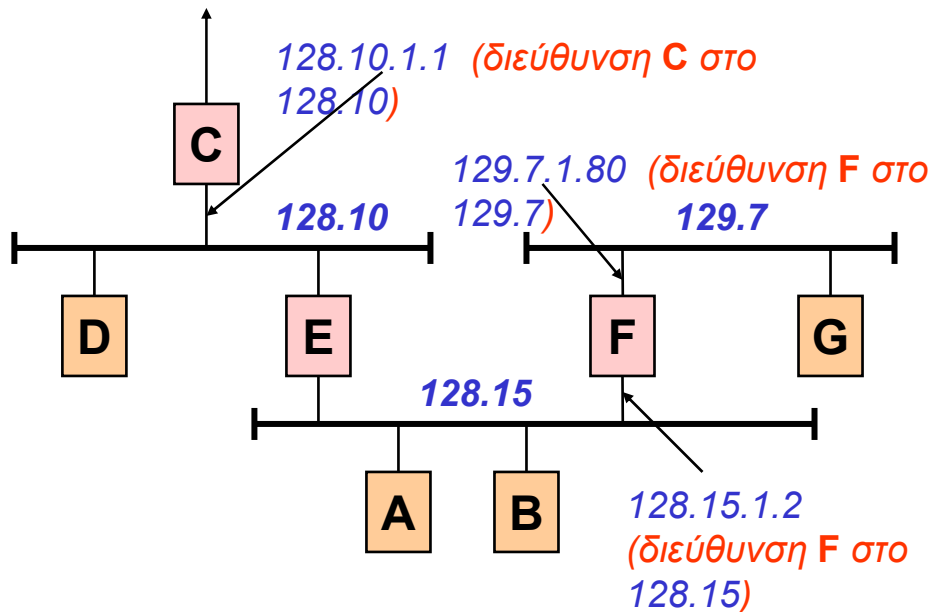
Δρομολόγηση στο Διαδίκτυο



Πίνακες δρομολόγησης

- Άμεσες διαδρομές (direct routes), για προσκείμενα δίκτυα
- Έμμεσες διαδρομές (indirect routes), για μη προσκείμενα δίκτυα
- Πάγια διαδρομή (default route) για όλα τα άλλα δίκτυα

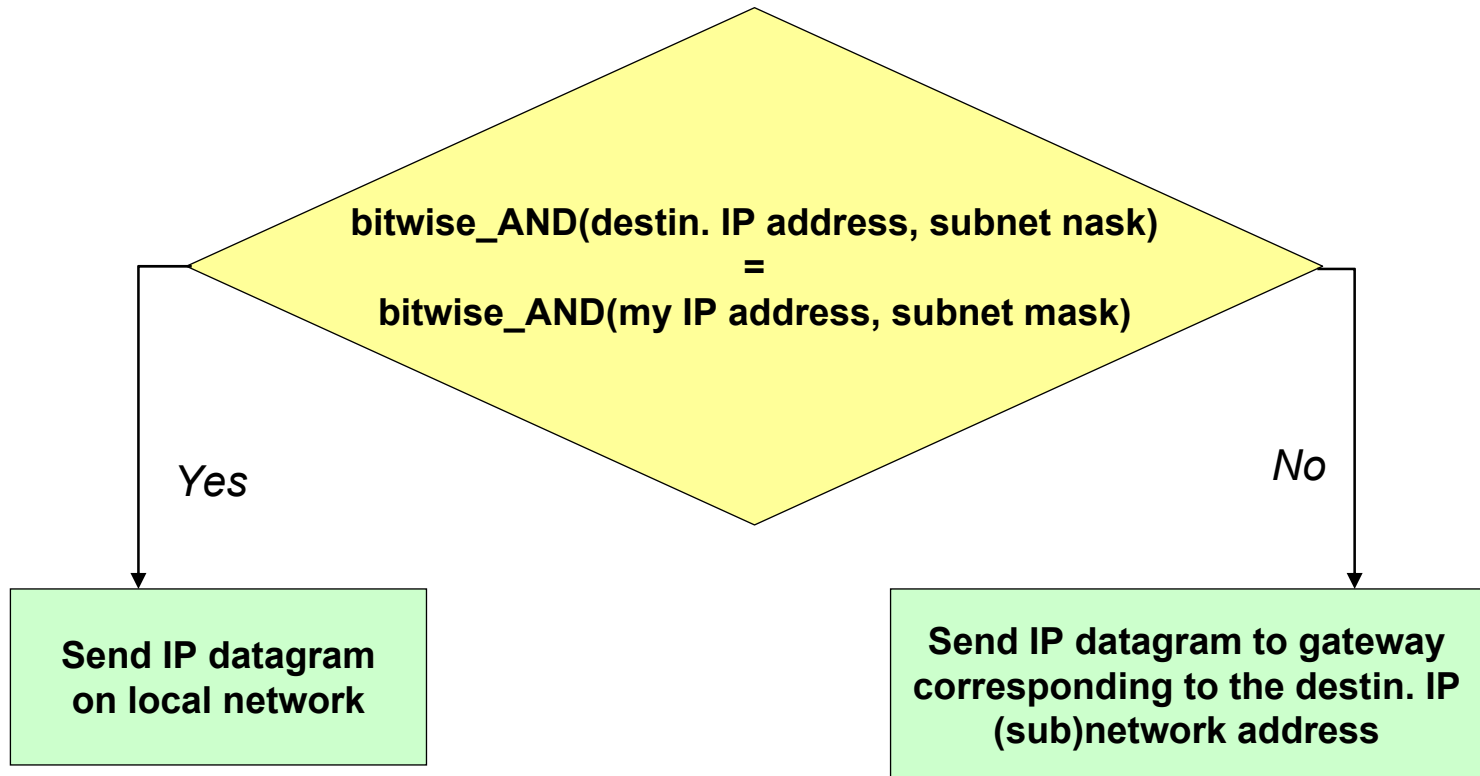
Παράδειγμα:



Πίνακας δρομολόγησης
κόμβου E

Destin.	Next Hop	I/f	NetMask
128.10	άμεση	eth0	ff.ff.0.0
128.15	άμεση	eth1	ff.ff.0.0
129.7	128.15.1.2	eth1	ff.ff.0.0
default	128.10.1.1	eth0	ff.ff.0.0

Δρομολόγηση με υποδικτύωση



Αλγόριθμος δρομολόγησης

IP Packet arrived

RoutePacket (Packet, RoutingTable)

Extract **Destination IP Address, D**, from Packet

if **D = IP-Address-of-a-Local-Interface** then forward packet to upper layers; exit

for each **Direct Routing Entry E**

 compute **Network Prefix N** := AND(D, E.NetMask)

 if **N = E.Destination** then

 deliver Packet to destination D through E.Interface; exit

for each **Indirect Routing Entry E**

 find the **Longest Network Prefix N** := AND(D, E.NetMask) for which
 N = E.Destination

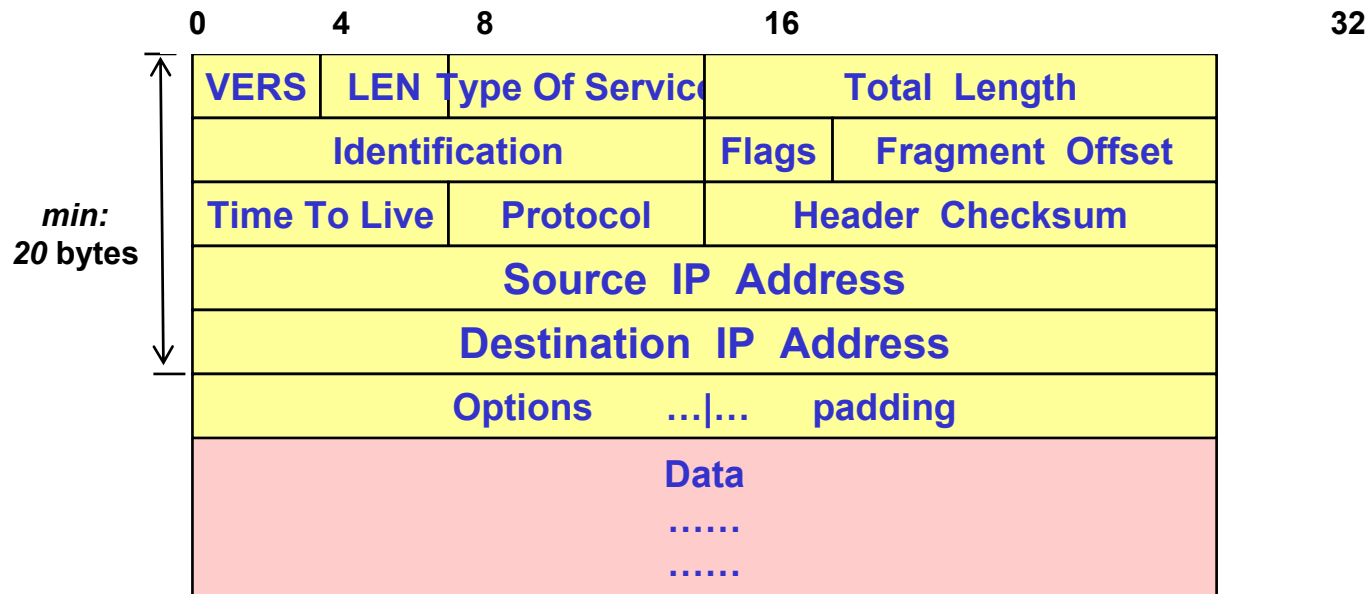
 if **exists** such N then

 forward Packet to **E.NextHop** through E.Interface; exit

If RoutingTable contains a **default entry E** then

 forward Packet to **E.NextHop** through E.Interface; exit

Δομή πακέτου IP (IP datagram)



Δομή πακέτου IP (IP datagram) (συνέχεια)

ΌΠΟΥ

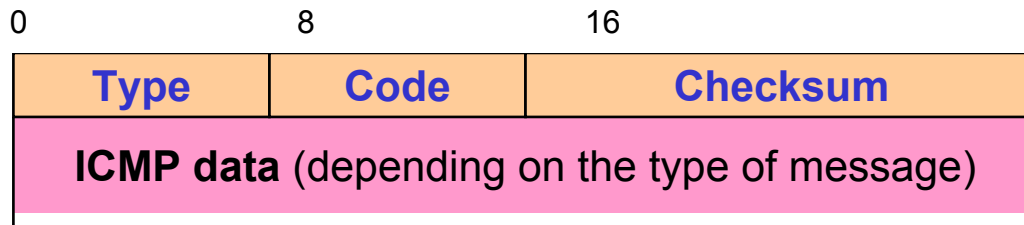
<i>VERS</i>	Η έκδοση (<i>version</i>) του πρωτοκόλλου (σήμερα η 4. IPv4 → 6)			
<i>LEN</i>	Το μήκος της <u>επικεφαλίδας</u> IP σε πεδία των 32-bits			
<i>Type Of Service</i>	Ένδειξη της ποιότητας υπηρεσίας (QoS) για το IP datagram			
	<table border="1"> <tr> <td>Precedence</td> <td>TOS</td> <td>0</td> </tr> </table>	Precedence	TOS	0
Precedence	TOS	0		
<i>Total Length</i>	Το συνολικό μήκος του πακέτου IP (επικεφ. + data), σε bytes			
<i>Identification</i>	Αριθμός ταυτοποίησης του πακέτου (για την επανένωση των τμημάτων σε περίπτωση κατάτμησης)			
<i>Flags</i>	3 bits-σημαίες: 0, DF=Don't Fragment, MF: More Fragments			
<i>Fragment Offset</i>	μετράει (σε οκτάδες bytes) τη σχετική θέση του τμήματος στην αρχική μονάδα δεδομένων			
<i>Time To Live</i>	Ο χρόνος, σε sec, που επιτρέπεται να «ζήσει» το πακέτο			
<i>Protocol Number</i>	Καθορίζει το πρωτόκολλο ανώτερου στρώματος (π.χ. 6 για TCP)			
<i>Header Checksum</i>	checksum για την επικεφαλίδα μόνο (1's compl. of the sum of the 1's compl. of all 16-bit header fields – with checksum =0)			
<i>Source IP Address, Destination IP Address:</i>	Οι IP διευθύνσεις πηγής & προορισμού			
<i>Options</i>	Πεδίο μεταβλητού μήκους με επιλογές			

Κατάτμηση IP datagrams

- Κάθε φυσικό δίκτυο έχει ένα *Maximum Transmission Unit (MTU)*
- Το IP απαιτεί $MTU \geq 68$ bytes (=max IP header + 8 bytes data)
- Όλες οι υλοποιήσεις IP μπορούν να διαχειρίζονται ακατάτμητες μονάδες δεδομένων μεγέθους 576 bytes
- Μήκος τμημάτων = ακ. πολλαπλ. των 8 bytes (πλήν τελευταίου)
- Όλα τα τμήματα ενθυλακώνονται σε IP datagrams με την ίδια επικεφαλίδα, πλην μικρών τροποποιήσεων, όπως
 - Το *MF flag* σηκώνεται
 - Το πεδίο *Fragment Offset* μετράει (σε οκτάδες bytes) τη σχετική θέση του τμήματος στην αρχική μονάδα δεδομένων, κλπ.
- Κάθε τμήμα προωθείται αυτόνομα σαν κάθε IP datagram
- Η επανένωση στον προορισμό γίνεται με βάση τον (κοινό) αριθμό ταυτοποίησης των πακέτων-τμημάτων και του *fragment offset*

Internet Control Message Protocol (ICMP)

- *Standard protocol (RFCs 792, 950), κυρίως για γνωστοποίηση λαθών*
- *Μέρος του IP. Ωστόσο το χρησιμοποιεί σα να ήταν υψηλότερο στρώμα*



Δομή μηνύματος ICMP

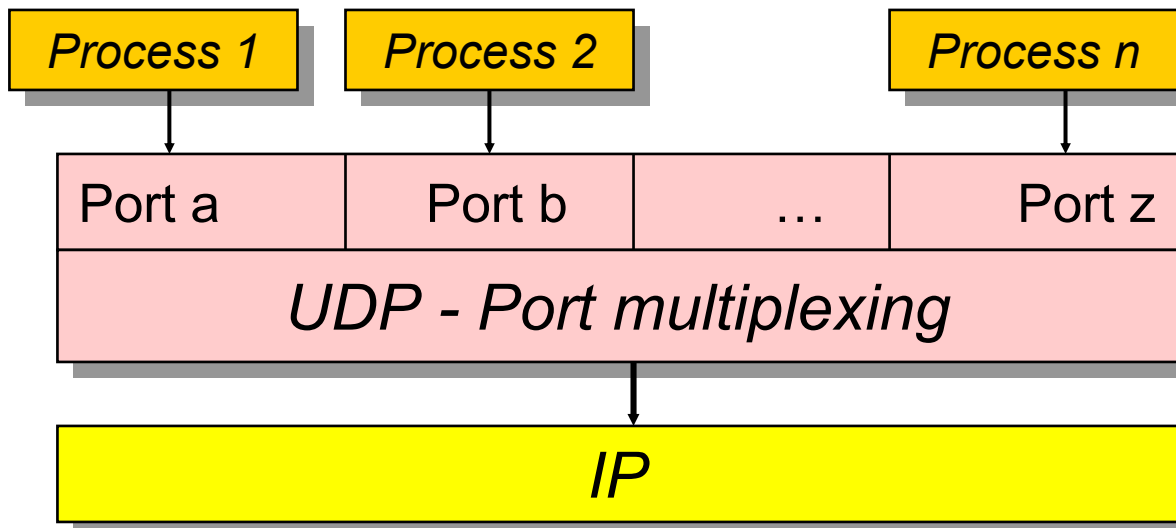
Type	Μήνυμα
0	Echo reply
3	Destin. unreachable
4	Source quench
5	Redirect
8	Echo
9	Router advertisement
10	Router solicitation
11	Time exceeded
12	Parameter problem
13	Timestamp request
14	Timestamp reply
17	Address mask request
18	Address mask reply

Ping και Trace Route

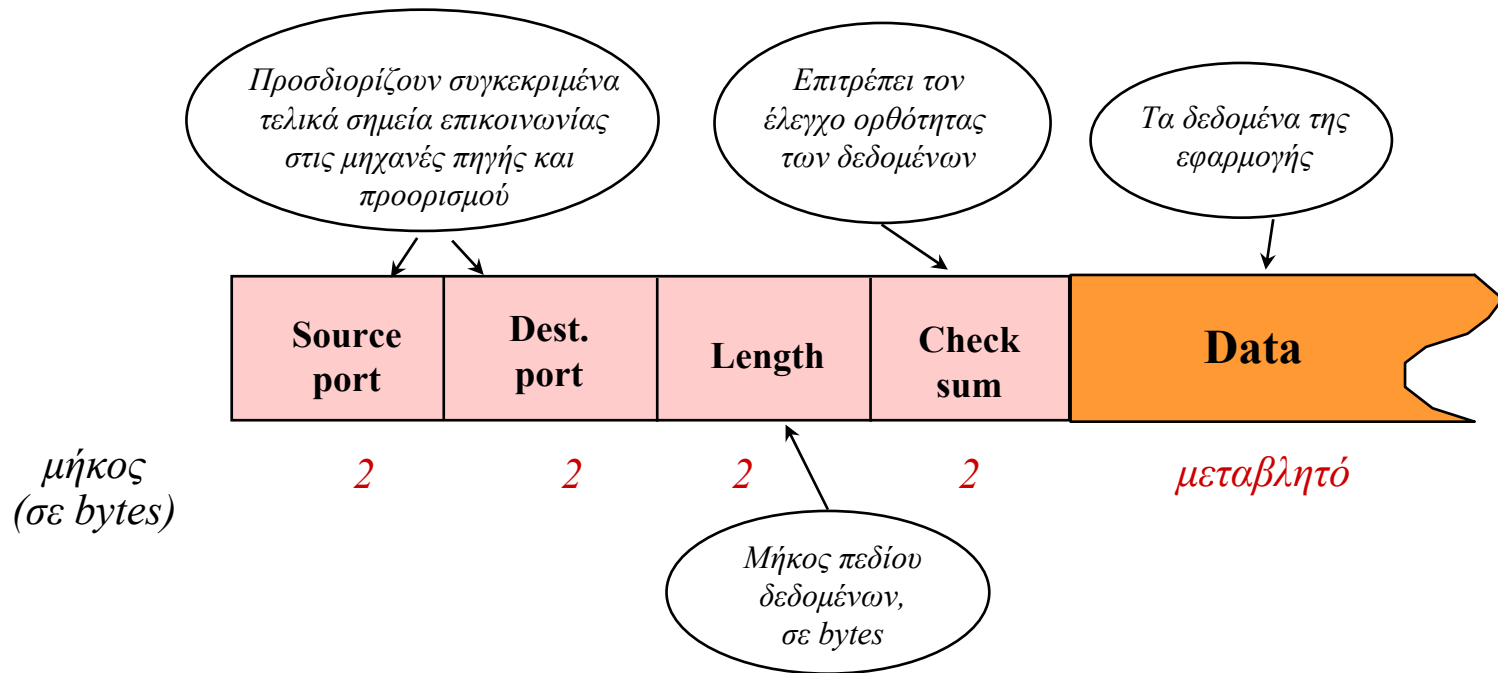
- Εφαρμογές που εδράζονται στο ICMP
 - *PING: Packet InterNet Groper*
 - Χρησιμοποιεί τα Echo και Echo Reply μηνύματα του ICMP
 - Συνήθης χρήση: για έλεγχο συνδεσιμότητας
 - *ping loopback* (ελέγχει την εγκατάσταση του βασικού λογισμικού)
 - *ping my-IP-address* (ελέγχει την ύπαρξη κάρτας δικτύου)
 - *ping a-remote-IP-address*
 - *ping a-remote-host-name*
 - *Trace Route:*
 - Στέλνει IP datagrams με σταδιακά αυξανόμενο TTL (1,2,...) που εκπνέουν στους αντίστοιχους δρομολογητές. Οι τελευταίοι απαντούν με μηνύματα *Time Exceeded* που αποκωδικοποιούνται κατάλληλα.

User Datagram Protocol (UDP)

- *STD 6, RFC 768*, status *recommended*
- Είναι κατα βάση ένα *application interface* του *IP*
- Υποστηρίζει απλά *πολυπλεξία/απο-πολυπλεξία* πακέτων χρήστη μέσω των *ports*
- ΔΕΝ παρέχει αξιόπιστη μεταφορά ή έλεγχο ροής

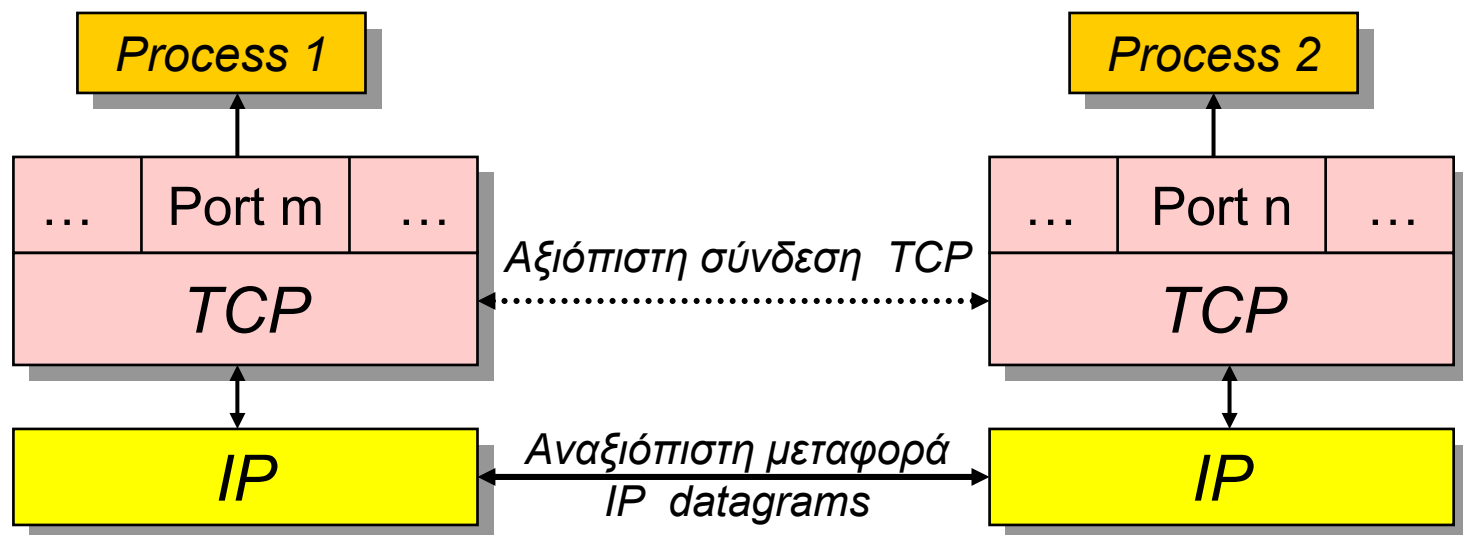


Δομή πακέτου UDP (UDP datagram)

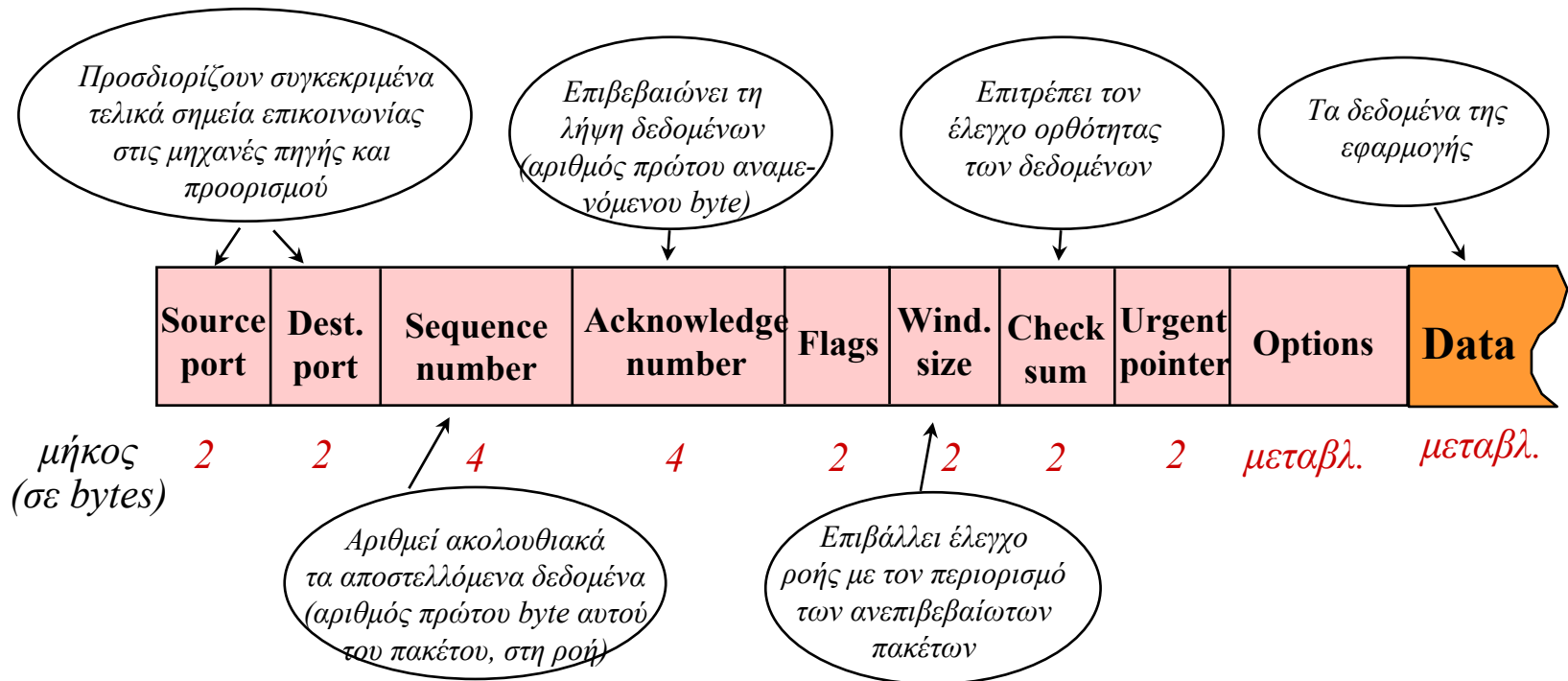


Transmission Control Protocol (TCP)

- *STD 7, RFC 793, status recommended*
- *Connection-oriented*
- Αξιόπιστη, αμφίδρομη & ελεγχόμενη μεταφορά δεδομένων (*byte-wise*)



Δομή “πακέτου” TCP (TCP segment)

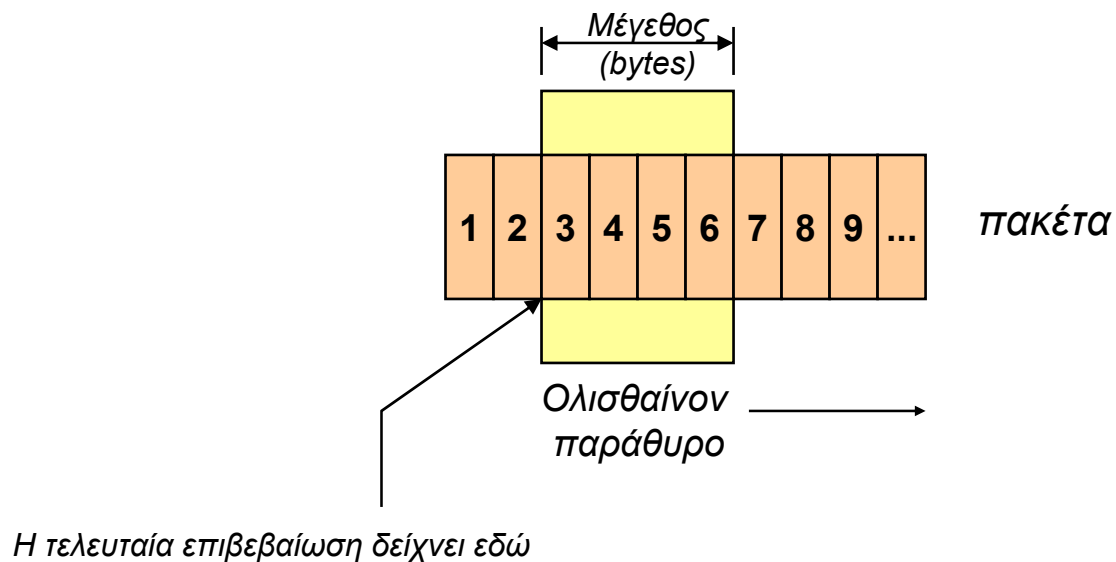


Έλεγχος Ροής στο TCP

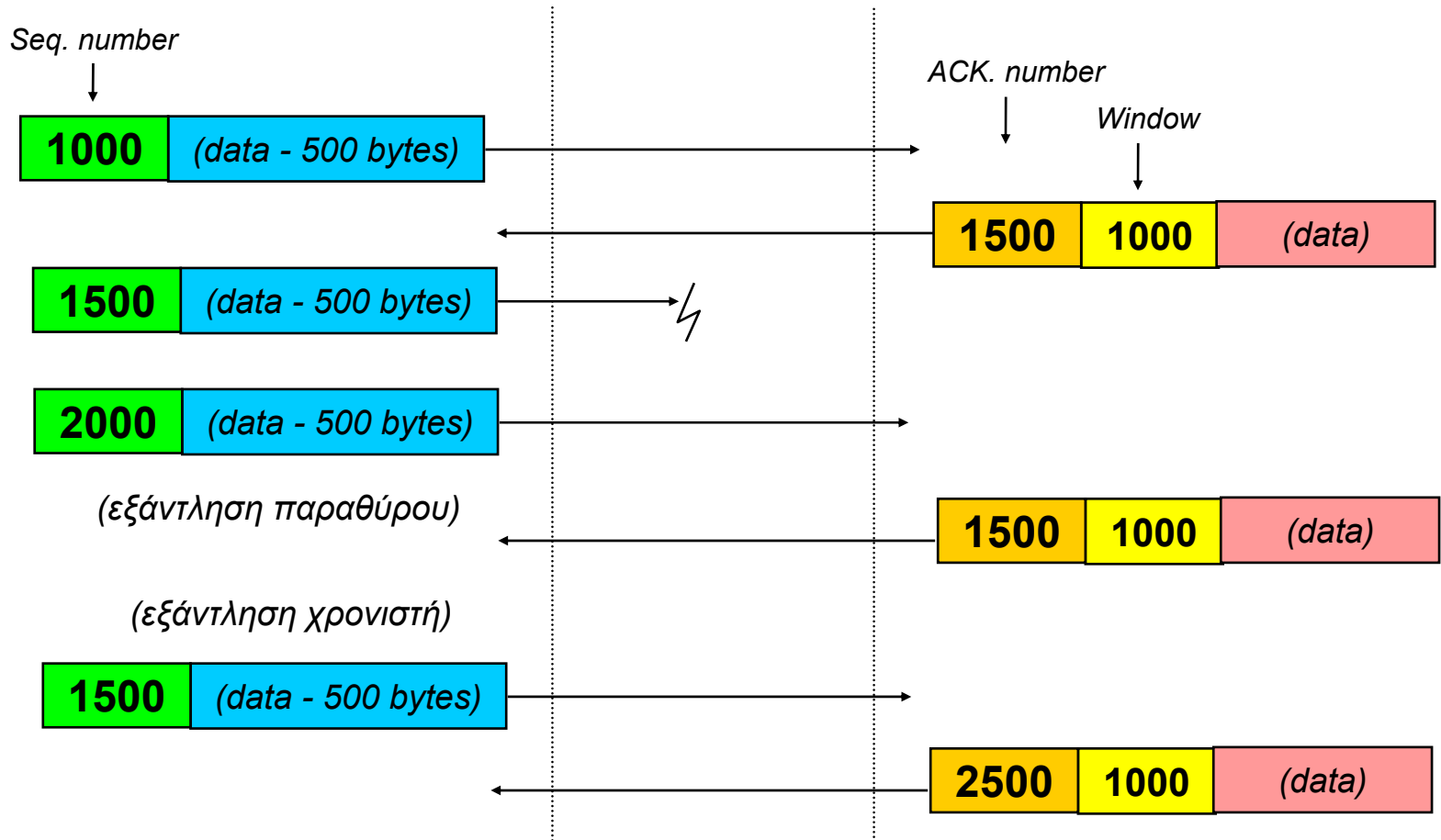
Με το μηχανισμό «ολισθαίνοντος παραθύρου»:

Ο Δέκτης, πέραν της επιβεβαίωσης των ορθώς ληφθέντων τμημάτων (με το πεδίο Ack number), προσδιορίζει και το μέγεθος παραθύρου (με το πεδίο Wind. size), δηλ. τον αριθμό των bytes που μπορεί να λάβει επί πλέον αυτών που επιβεβαιώνει.

Ο μηχανισμός Παραθύρου

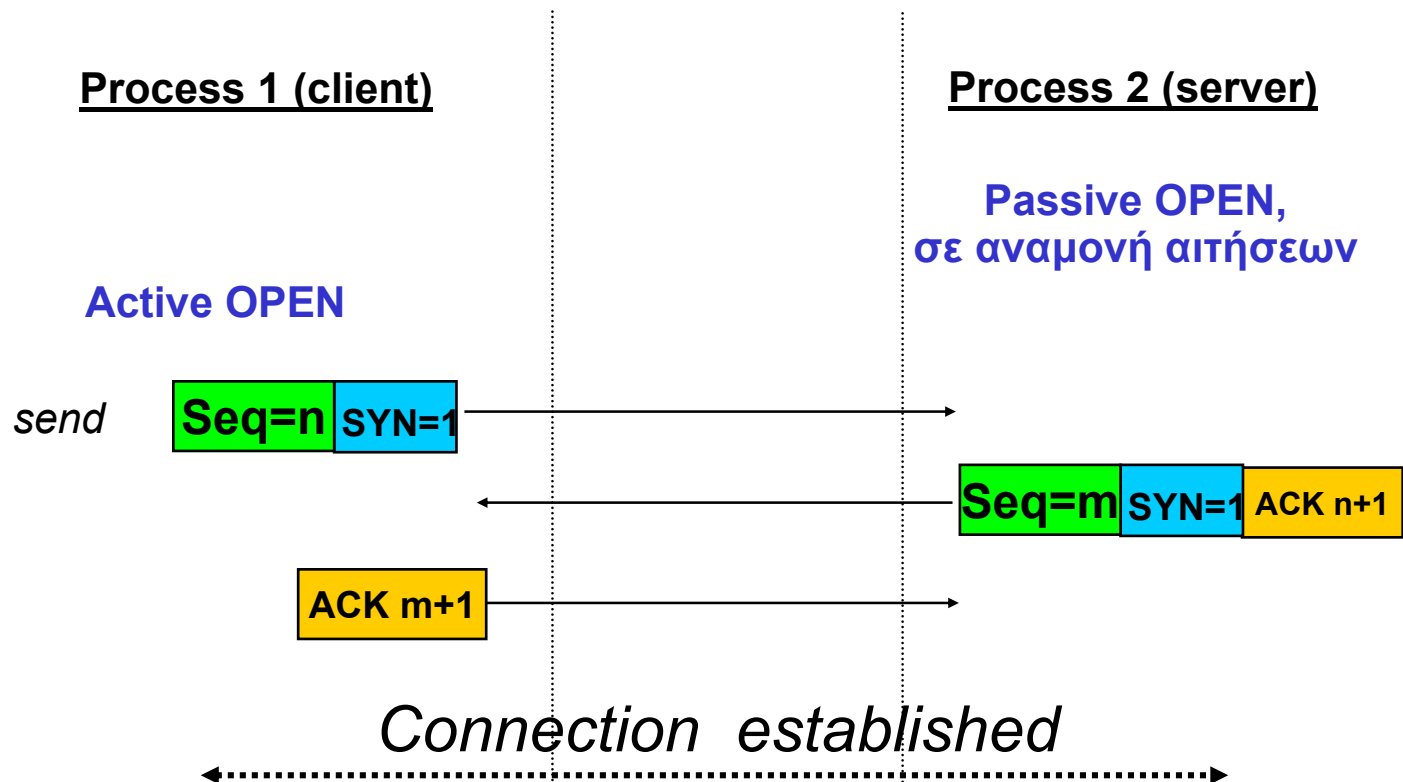


Παράδειγμα επιβεβαίωσης/επανεκπομπής

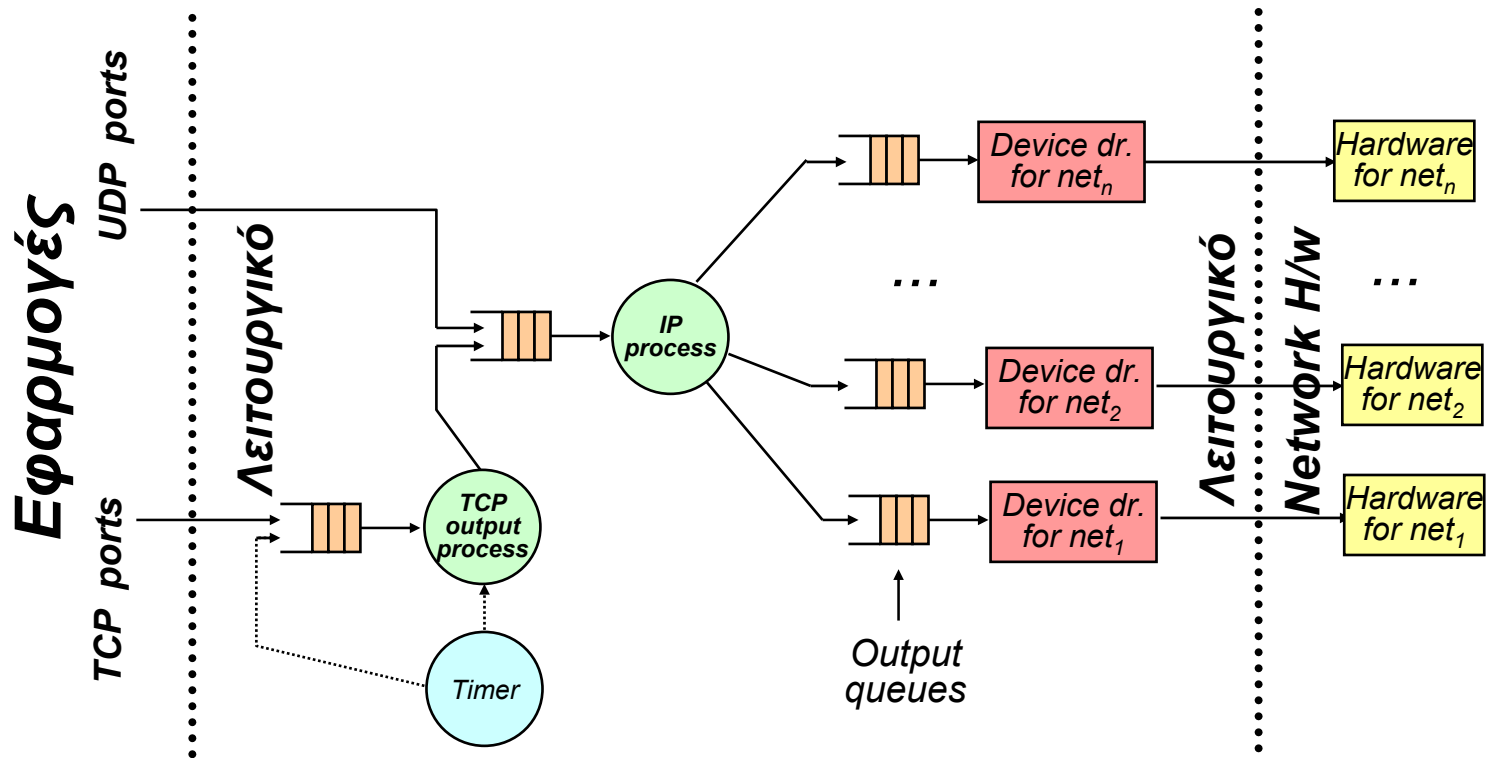


Εγκατάσταση σύνδεσης TCP

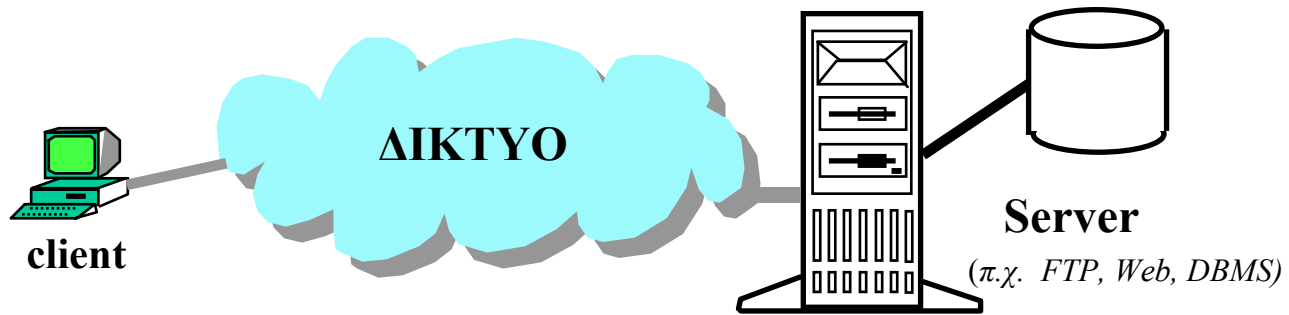
Τριπλή χειραψία (three-way handshake)



Δομή διαδικασιών εξόδου TCP & IP

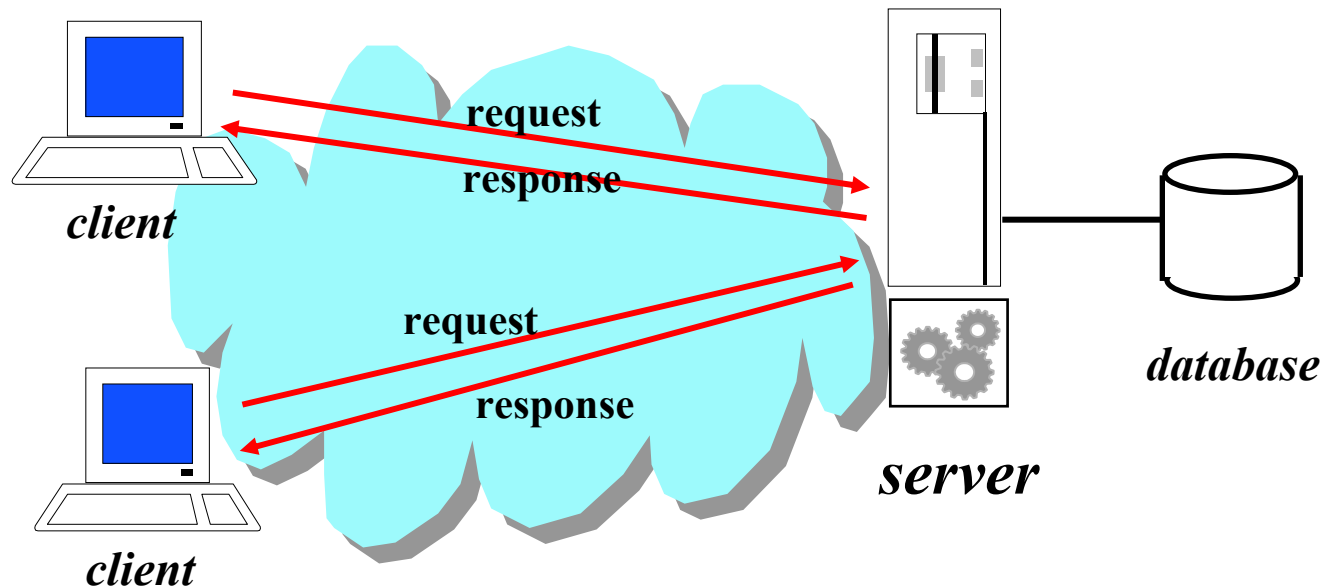


Το μοντέλο πελάτη - εξυπηρετητή (client-server model)



- Για καταναμημένες εφαρμογές που επικοινωνούν με ένα σύνολο καλά ορισμένων μηνυμάτων (συνήθως μέσω δικτύου)
- Ο client αποστέλλει αιτήσεις που απαντώνται από τον server
- Ο server είναι ένας εξειδικευμένος παροχέας υπηρεσιών
- Ο server μπορεί εν γένει να εξυπηρετήσει πολλούς clients

Το μοντέλο πελάτη – εξυπηρετητή (συνέχεια)



Το πρωτόκολλο HTTP

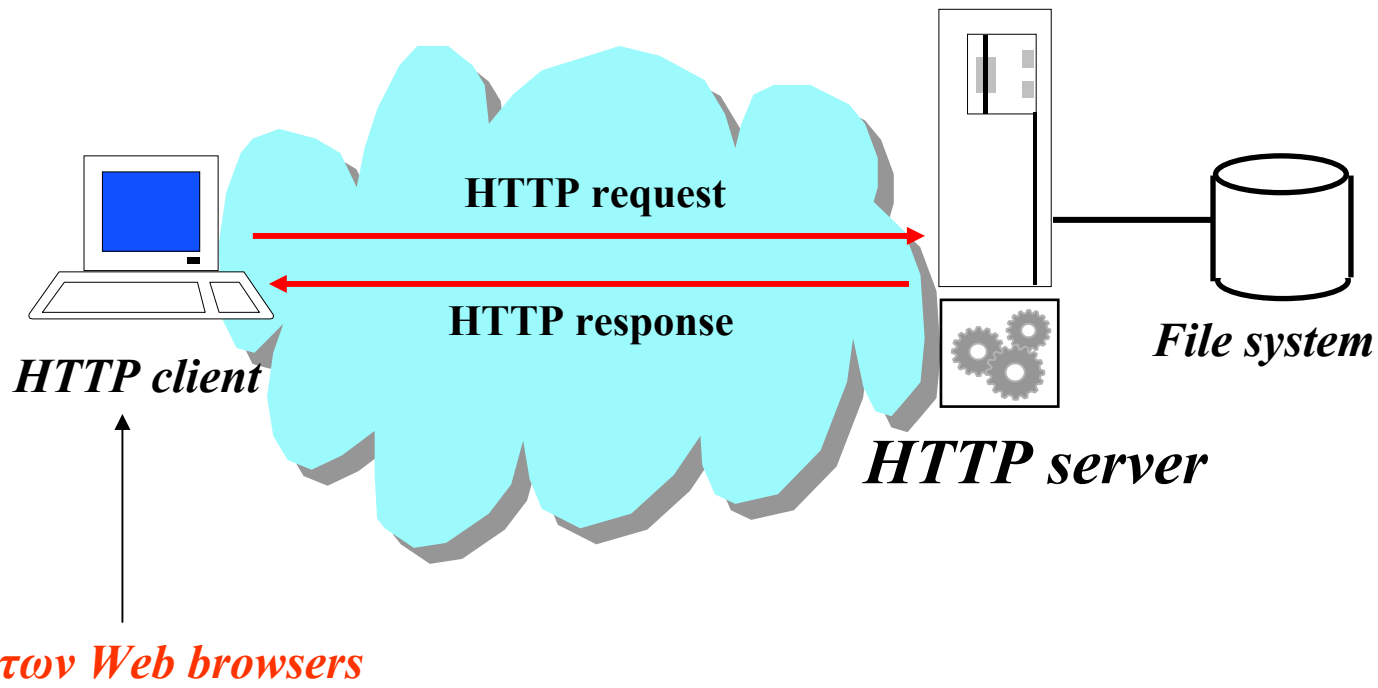
HTTP: HyperText Transfer Protocol

Πρωτόκολλο στρώματος εφαρμογής, που εντοπίζει & μεταφέρει πληροφορία **hypermedia**, με χρήση του πρωτοκόλλου TCP/IP (socket στην πόρτα 80).

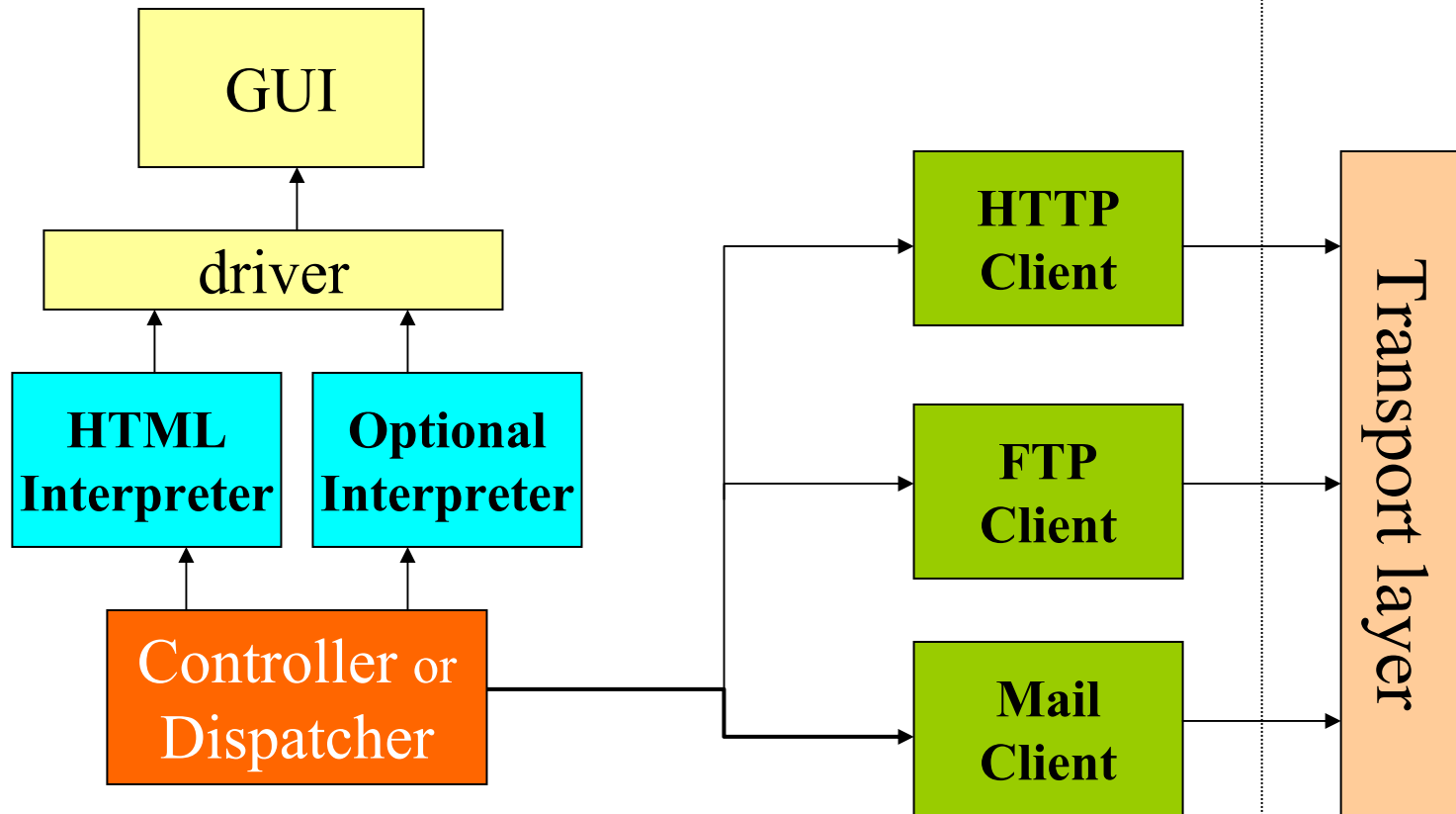
Κύρια χαρακτηριστικά του είναι:

- *ένα καθολικό σχήμα διευθυνσιοδότησης με χρήση URLs*
- *ανοικτό και επεκτάσιμο σχήμα παράστασης δεδομένων (MIME συμβάσεις)*
- *δεν ενθυμείται κατάσταση σύνδεσης (stateless)*

HTTP client-server model

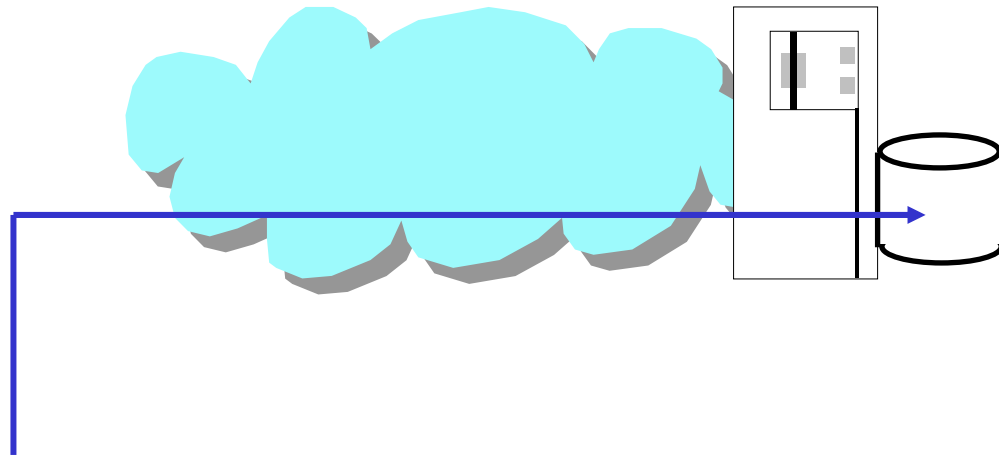


Δομή των Web browsers



Uniform Resource Locators

Δείκτες σε αρχεία πληροφορίας στο Διαδίκτυο



<http://pyrros.cs.ntua.gr/diktya-SEMFE/parousiaseis/diktya1.pdf>

<ftp://pyrros.cs.ntua.gr/diktya-SEMFE/parousiaseis/diktya1.pdf>

<i>protocol</i>	<i>IP-address</i>	<i>path-to-file</i>

HTTP request & response

HTTP request:	Method Request-URI Protocol	e.g. GET /index.html HTTP/1.0
	Keyword: Value	Accept: */*
	Keyword: Value	Host: www.w3.org
	Keyword: Value	User-Agent: Generic
	... \r\n\r\n	
HTTP response:	Protocol Status-code Description	e.g. HTTP/1.0 200 OK
	Keyword: Value	Date: Fri, 14 May 2002 12:30:26 GMT
	Keyword: Value	Server: Apache/1.3.6 (Unix)
	Keyword: Value	Content-Length: 8038
	Keyword: Value	Content-Type: text/html; character=..
	...\r\n	
	<file requested>	
	\r\n\r\n	

Real-Time Transfer Protocol (RTP)

