

Επίπεδο Εφαρμογής

Περίγραμμα

- Γενικές έννοιες
- Web και HTTP
- FTP
- Ηλεκτρονικό ταχυδρομείο
- DNS
- Κοινή χρήση αρχείων σε δίκτυα P2P

Περίγραμμα

- **Γενικές έννοιες**
- Web και HTTP
- FTP
- Ηλεκτρονικό ταχυδρομείο
- DNS
- Κοινή χρήση αρχείων σε δίκτυα P2P

Δικτυακές εφαρμογές: ορολογία

διεργασία (process):

πρόγραμμα που τρέχει σε ένα host

- δύο διεργασίες στον ίδιο host επικοινωνούν μεταξύ τους με **διαδιεργασιακή επικοινωνία (interprocess communication)** (ορίζεται από το OS)
- δύο διεργασίες σε διαφορετικούς hosts επικοινωνούν μεταξύ τους με ένα **πρωτόκολλο επιπέδου εφαρμογής**

πράκτορας χρήστη

(user agent): διεπαφή χρήστη-εφαρμογής

- υλοποιεί τη διεπαφή του χρήστη & πρωτόκολλο επιπέδου εφαρμογής
 - Web: browser
 - E-mail: mail reader
 - streaming audio/video: media player

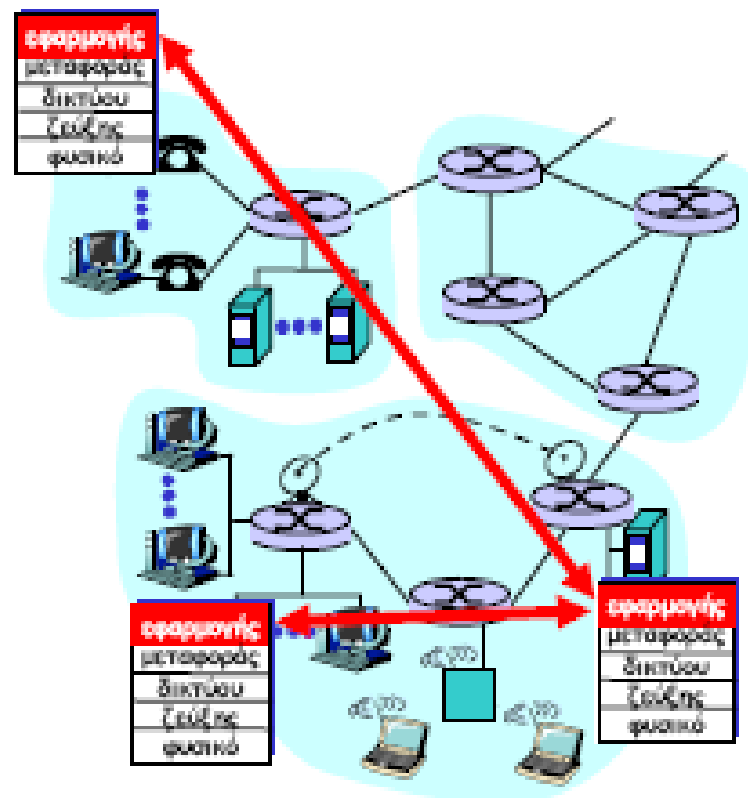
Εφαρμογές και πρωτόκολλα επιπέδου εφαρμογής

Εφαρμογή: καταναεμημένες διεργασίες που επικοινωνούν μεταξύ τους

- π.χ. e-mail, Web, P2P file sharing
- τρέχουν στα τερματικά συστήματα (hosts)
- ανταλλάσσουν μηνύματα ώστε να υλοποιήσουν την εφαρμογή

Πρωτόκολλο επιπέδου εφαρμογής

- ένα "κομμάτι" μίας εφαρμογής
- ορίζει τα μηνύματα που ανταλλάσσονται μεταξύ διεργασιών και τις ενέργειες που εκτελούνται
- χρησιμοποιεί τις υπηρεσίες επικοινωνίας που παρέχονται από τα πρωτόκολλα κατωτέρων επιπέδων (TCP, UDP)



Ένα πρωτόκολλο επιπέδου εφαρμογής ορίζει

- ❑ είδη ανταλλασσόμενων μηνυμάτων, π.χ. αιτήσεις & αποκρίσεις
- ❑ σύνταξη μηνυμάτων: είδη πεδίων, τρόπος διαχωρισμού πεδίων μεταξύ τους
- ❑ σημασιολογία πεδίων: σημασία πληροφορίας που περιέχεται στα πεδία
- ❑ κανόνες που προσδιορίζουν πως και πότε μία διεργασία στέλνει μηνύματα και αποκρίνεται σε αυτά

πρωτόκολλα δημοσίου τομέα (public-domain):

- ❑ ορίζονται στα RFCs
- ❑ επιτρέπουν διαλειτουργικότητα (interoperability)
- ❑ π.χ. HTTP, SMTP

ιδιοταγή πρωτόκολλα:

- ❑ π.χ. KaZaA

Μοντέλο πελάτη-εξυπηρετή (client-server)

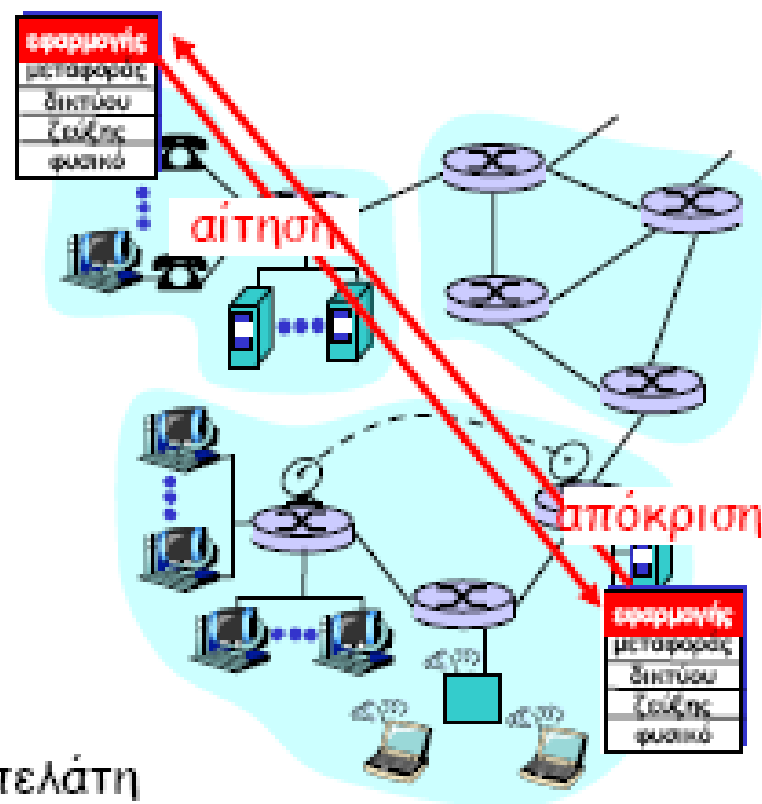
Οι δικτυακές εφαρμογές έχουν συνήθως δύο μέρη: *πελάτη (client)* και *εξυπηρετή (server)*

Πελάτης:

- κάνει το πρώτο βήμα στην επαφή με τον εξυπηρετή
- συνήθως ζητά υπηρεσία από τον εξυπηρετή,
- Web: ο πελάτης υλοποιείται στον browser

Εξυπηρετής:

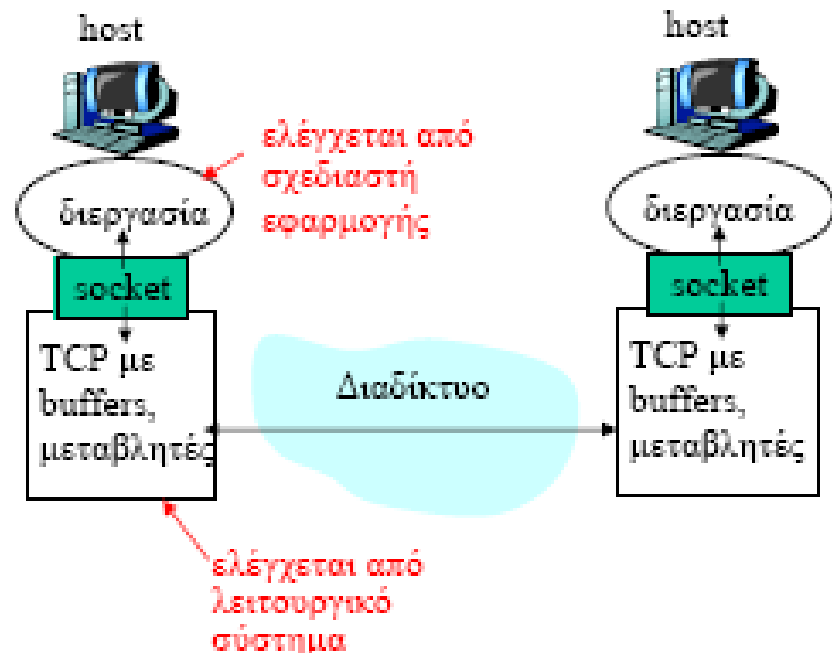
- παρέχει ζητούμενη υπηρεσία στον πελάτη
- π.χ. Web server στέλνει ζητούμενη ιστοσελίδα (Web page)



Επικοινωνία διεργασιών μέσω δικτύου

socket: διεπαφή μεταξύ επιπέδου εφαρμογής και επιπέδου δικτύου

- ❑ διεργασία στέλνει/λαμβάνει μηνύματα στο/από δικό της socket
- ❑ socket ανάλογο "πόρτας"
 - αποστέλλουσα διεργασία "σπρώχνει" μήνυμα "έξω από την πόρτα"
 - αποστέλλουσα διεργασία υποθέτει υποδομή μεταφοράς πίσω από την πόρτα που μεταφέρει μήνυμα στο socket της λαμβάνουσας διεργασίας
- ❑ API: (1) επιλογή πρωτοκόλλου μεταφοράς, (2) ορισμός τιμών παραμέτρων στο επίπεδο μεταφοράς



Διευθυνσιοδότηση διεργασιών:

- Για να μπορεί μία διεργασία να λαμβάνει μηνύματα πρέπει να έχει μία ταυτότητα (identifier)
- Κάθε host έχει μία μοναδική διεύθυνση IP
- Η διεύθυνση IP του host της διεργασίας δεν αρκεί για την αναγνώρισή της, αφού στον ίδιο host τρέχουν πολλές διεργασίες
- Η ταυτότητα περιλαμβάνει τη διεύθυνση IP του host και τον **αριθμό θύρας (port number)** της διεργασίας στο host
- Παραδείγματα καλά-γνωστών αριθμών θύρας:
 - HTTP server: 80
 - Mail server: 25

Υπηρεσίες μεταφοράς που απαιτούν οι εφαρμογές

Απώλειες δεδομένων

- εφαρμογές ανεκτικές στις απώλειες (loss-tolerant): εφαρμογές που ανέχονται κάποιες απώλειες
 - π.χ. φωνή, βίντεο
- εφαρμογές ευαίσθητες στις απώλειες (loss-sensitive): εφαρμογές που απαιτούν απόλυτα αξιοπιστη μεταφορά δεδομένων
 - π.χ. e-mail, μεταφορά αρχείων

Καθυστερήση

- εφαρμογές ευαίσθητες στις καθυστερήσεις (delay-sensitive): εφαρμογές που απαιτούν μικρή καθυστέρηση
 - π.χ. διαδραστικές εφαρμογές πραγματικού χρόνου (real-time interactive)

Εύρος ζώνης

- εφαρμογές ευαίσθητες στο εύρος ζώνης (bandwidth-sensitive): εφαρμογές που απαιτούν κάποιο ελάχιστο εύρος ζώνης για τη λειτουργία τους
 - π.χ. εφαρμογές πολυμέσων
- ελαστικές: εφαρμογές που χρησιμοποιούν οσοδήποτε εύρος ζώνης είναι διαθέσιμο
 - π.χ. e-mail, μεταφορά αρχείων

Υπηρεσίες μεταφοράς που απαιτούν συνήθεις εφαρμογές

Εφαρμογή	Ευαισθησία σε απώλειες	Ευαισθησία σε εύρος ζώνης	Ευαισθησία σε καθυστερήσεις
Μεταφορά αρχείων	Καμία ανοχή σε απώλειες	Ελαστική	Ανοχή σε καθυστερήσεις
Ηλεκτρονικό ταχυδρομείο	Καμία ανοχή σε απώλειες	Ελαστική	Ανοχή σε καθυστερήσεις
Έγγραφα Web	Καμία ανοχή σε απώλειες	Ελαστική	Ανοχή σε καθυστερήσεις
Φωνή/Βίντεο πραγματικού χρόνου	Ανοχή σε απώλειες	Φωνή: 5 kbps – 1 Mbps Βίντεο: 10 kbps – 5 Mbps	Ανέχεται καθυστερήσεις της τάξης εκατοντάδων msec
Αποθηκευμένη φωνή/βίντεο	Ανοχή σε απώλειες	Όπως παραπάνω	Ανέχεται καθυστερήσεις της τάξης μερικών sec
Διαδραστικά παιχνίδια	Ανοχή σε απώλειες	Μερικά kbps – 10 kbps	Ανέχεται καθυστερήσεις της τάξης εκατοντάδων msec

Υπηρεσίες παρεχόμενες από τα πρωτόκολλα μεταφοράς του Διαδικτύου

υπηρεσία TCP:

- *συνδεδεισμένη:* απαιτείται εγκαθίδρυση TCP σύνδεσης μεταξύ διεργασιών client και server
- *αξιόπιστη μεταφορά* δεδομένων μεταξύ διεργασιών αποστολής και παραλαβής
- *έλεγχος ροής:* αποστολέας δεν υπερφορτώνει παραλήπτη
- *έλεγχος συμφόρησης:* επιβράδυνση ρυθμού αποστολής όταν δίκτυο υπερφορτωμένο
- *δεν παρέχει:* εγγυήσεις ως προς καθυστέρηση, ελάχιστο bandwidth

υπηρεσία UDP:

- *ασυνδεδεισμένη:* δεν απαιτείται handshaking πριν από την έναρξη μεταφοράς δεδομένων
- *αναξιόπιστη μεταφορά* δεδομένων μεταξύ διεργασιών αποστολής και παραλαβής
- *δεν παρέχει:* εγκαθίδρυση σύνδεσης, αξιοπιστία, έλεγχο ροής, έλεγχο συμφόρησης
- *δεν παρέχει:* εγγυήσεις ως προς καθυστέρηση, ελάχιστο bandwidth

Εφαρμογές Διαδικτύου: πρωτόκολλα εφαρμογής, μεταφοράς

Εφαρμογή	Πρωτόκολλο εφαρμογής	Πρωτόκολλο μεταφοράς
Ηλεκτρονικό ταχυδρομείο E-mail	SMTP [RFC 2821]	TCP
Απομακρυσμένη προσπέλαση τερματικού Remote terminal access	Telnet [RFC 854]	TCP
Παγκόσμιος ιστός Worldwide web	HTTP [RFC 2616]	TCP
Μεταφορά αρχείων File transfer	FTP [RFC 959]	TCP
Πολυμέσα συνεχούς ροής Streaming multimedia	συχνά ιδιοπαγές (π.χ. RealNetworks)	TCP ή UDP
Τηλεφωνία μέσω Διαδικτύου Internet telephony	συχνά ιδιοπαγές (π.χ. DialPad)	συνήθως UDP

Περίγραμμα

- Γενικές έννοιες
- **Web και HTTP**
- FTP
- Ηλεκτρονικό ταχυδρομείο
- DNS
- Κοινή χρήση αρχείων σε δίκτυα P2P

Μερικοί όροι στη γλώσσα του Web

- Μία ιστοσελίδα (Web page) ή έγγραφο (document) αποτελείται από αντικείμενα (objects)
- Είδη αντικειμένων: αρχεία HTML, εικόνες JPEG, αρχεία audio, μικροεφαρμογές (applets) Java ...
- Κάθε αντικείμενο διευθυνσιοδοτείται με ένα URL (Uniform Resource Locator)
 - παράδειγμα URL:

`www.telecom.tuc.gr/Greek/diktya2.htm`

όνομα host

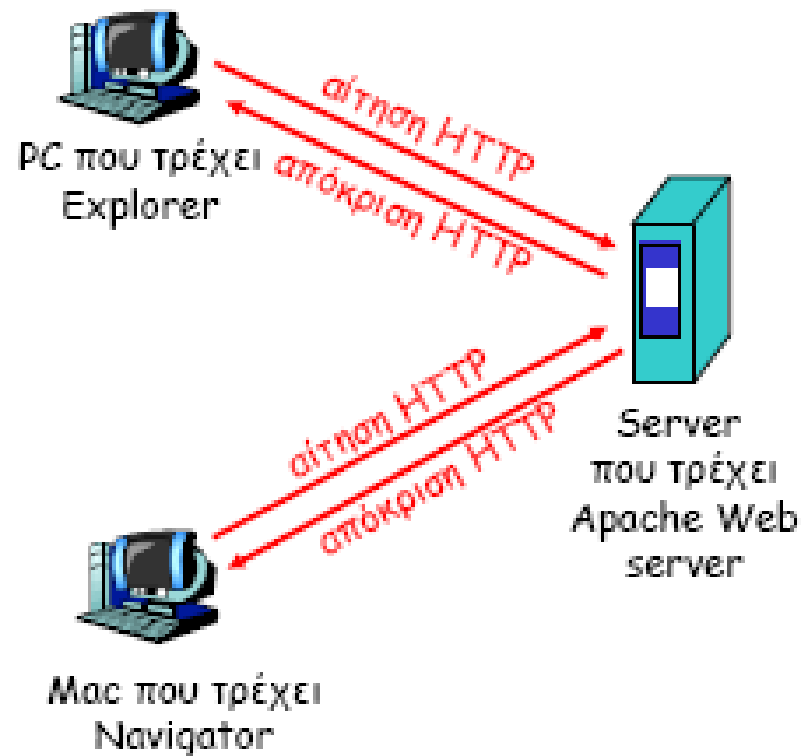
όνομα διαδρομής
(path name)

- Μία ιστοσελίδα αποτελείται από ένα αρχείο HTML βάσης το οποίο περιλαμβάνει αρκετά αντικείμενα που αναφέρονται με το URL τους

Γενική επισκόπηση του HTTP

HTTP: HyperText Transfer Protocol (Πρωτόκολλο Μεταφοράς Υπερκειμένου)

- ❑ Πρωτόκολλο επιπέδου εφαρμογής του Web
- ❑ Μοντέλο client/server
 - *client*: Web browser ζητεί, λαμβάνει, "απεικονίζει" αντικείμενα
 - *server*: Web server "στεγάζει" αντικείμενα, στέλνει αντικείμενα αποκρινόμενος σε αιτήσεις
- ❑ HTTP 1.0: RFC 1945
- ❑ HTTP 1.1: RFC 2616



Γενική επισκόπηση του HTTP (συνέχεια)

Χρησιμοποιεί TCP:

- ο client ξεκινά μία σύνδεση TCP με τον server, θύρα 80
- ο server αποδέχεται τη σύνδεση TCP από client
- ανταλλάσσονται μηνύματα HTTP μεταξύ HTTP client (browser) και HTTP server (Web server)
- τερματίζει η σύνδεση TCP

Το HTTP είναι "stateless"

- ο server δε διατηρεί καμία πληροφορία σχετικά με προηγούμενες αιτήσεις

παρένθεση

Πρωτόκολλα που διατηρούν την κατάσταση ("state") είναι πολύπλοκα

- πρέπει να διατηρείται ένα "ιστορικό" της κατάστασης
- εάν το σύστημα καταρρεύσει, οι ενδεχομένως ασυνεπείς απόψεις των client και server ως προς την κατάσταση πρέπει να "συμφιλιωθούν"

Συνδέσεις HTTP

HTTP με μη παραμένουσες συνδέσεις

(Nonpersistent HTTP)

- Ένα μόνο αντικείμενο μπορεί να σταλεί μέσω μίας σύνδεσης TCP
- Η έκδοση HTTP/1.0 χρησιμοποιεί μη παραμένουσες συνδέσεις HTTP

HTTP με παραμένουσες συνδέσεις

(Persistent HTTP)

- Πολλαπλά αντικείμενα μπορούν να σταλούν μέσω της ίδιας σύνδεσης TCP
- Η έκδοση HTTP/1.1 χρησιμοποιεί εκ προεπιλογής (default) παραμένουσες συνδέσεις HTTP

Nonpersistent HTTP

Έστω ότι ένας χρήστης ζητά την ιστοσελίδα με URL `www.someSchool.edu/someDepartment/home.index` (περιέχει κείμενο, αναφορές σε 10 εικόνες jpeg)

1a. Ο HTTP client εκκινεί σύνδεση TCP προς τον HTTP server (διεργασία) που τρέχει στον host `www.someSchool.edu` στη θύρα 80

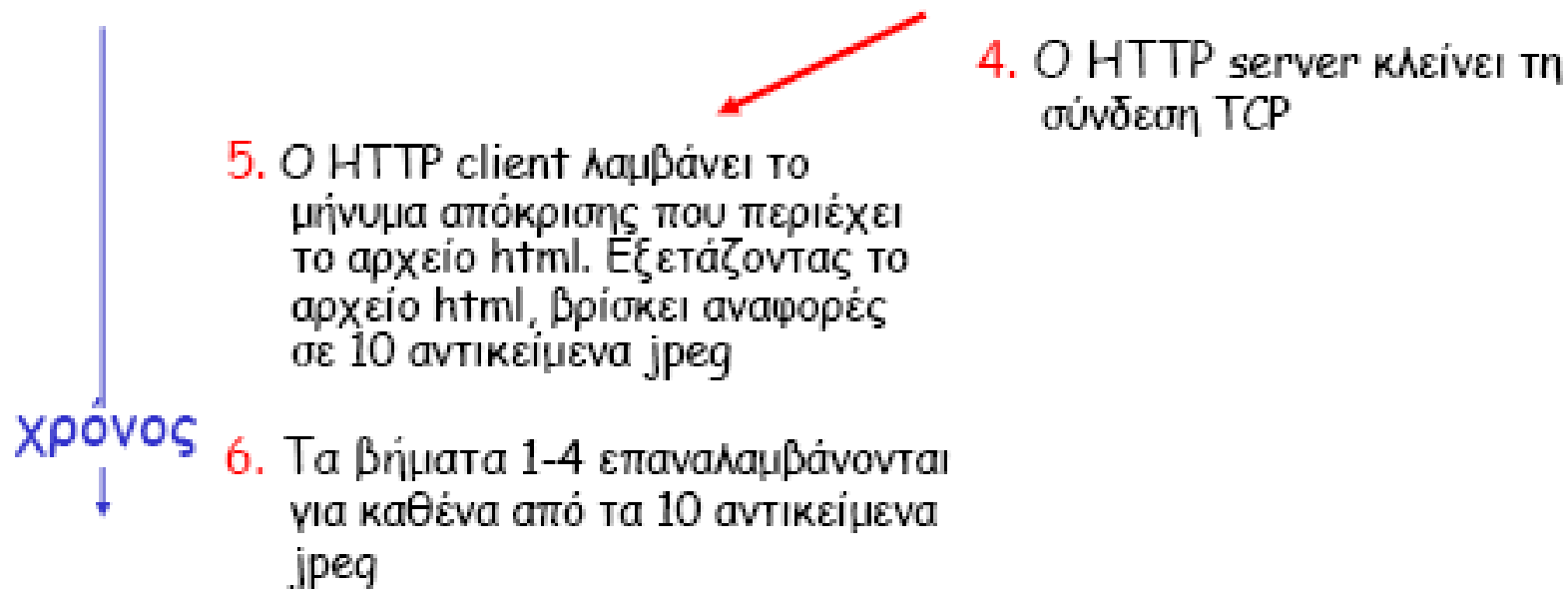
1b. Ο HTTP server στον host `www.someSchool.edu` περιμένει συνδέσεις TCP στη θύρα 80, "αποδέχεται" σύνδεση, ενημερώνει τον client

2. Ο HTTP client στέλνει *μήνυμα αίτησης* (που περιέχει τη URL) στο socket της σύνδεσης TCP. Το μήνυμα υποδεικνύει ότι ο client θέλει το αντικείμενο `someDepartment/home.index`

3. Ο HTTP server λαμβάνει το μήνυμα αίτησης, δημιουργεί ένα *μήνυμα απόκρισης* που περιέχει το αιτούμενο αντικείμενο και στέλνει το μήνυμα στο socket του

χρόνος
↓

Nonpersistent HTTP (συνέχεια)



Μοντελοποίηση του χρόνου απόκρισης

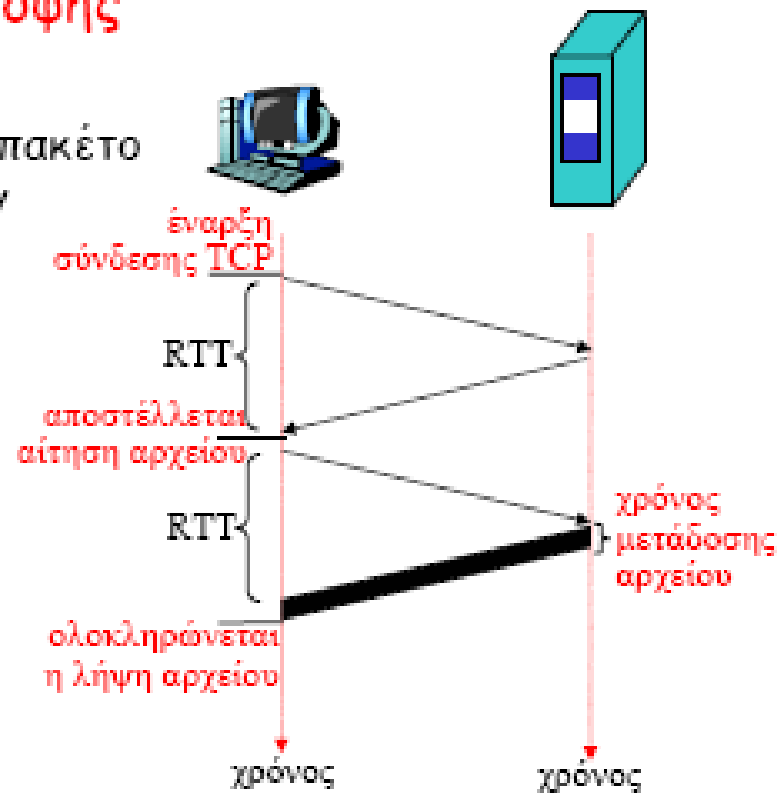
Χρόνος διαδρομής μετ' επιστροφής Round-trip time RTT:

ο χρόνος που χρειάζεται ένα μικρό πακέτο για να ταξιδέψει από τον client στον server και πίσω στον client

Χρόνος απόκρισης:

- ένα RTT για την έναρξη της σύνδεσης TCP
- ένα RTT για αίτηση HTTP και επιστροφή πρώτων bytes της απόκρισης HTTP
- χρόνος μετάδοσης αρχείου

σύνολο = $2RTT + \text{χρόνος μετάδοσης}$



Persistent HTTP

Μειονεκτήματα nonpersistent HTTP:

- ❑ απαιτεί 2 RTT ανά αντικείμενο
- ❑ OS πρέπει να απονείμει σε κάθε σύνδεση TCP πόρους του host (buffers)
- ❑ οι browsers χρησιμοποιούν συχνά παράλληλες συνδέσεις TCP για τη μεταφορά αντικειμένων

Persistent HTTP

- ❑ ο server δεν κλείνει τη σύνδεση αφού στείλει απόκριση
- ❑ επόμενα μηνύματα HTTP μεταξύ του ίδιου ζεύγους client/server στέλνονται μέσω της ίδιας σύνδεσης TCP

Persistent χωρίς pipelining:

- ❑ ο client στέλνει ένα νέο μήνυμα αίτησης αφού ληφθεί το προηγούμενο μήνυμα απόκρισης
- ❑ ένα RTT ανά αντικείμενο

Persistent με pipelining:

- ❑ προεπιλεγμένο στο HTTP/1.1
- ❑ ο client στέλνει μήνυμα αίτησης αμέσως μόλις αντιμετωπίσει ένα αναφερόμενο αντικείμενο
- ❑ ελάχιστη καθυστέρηση: ένα RTT για όλα τα αντικείμενα

Μήνυμα αίτησης HTTP

- δύο είδη μηνυμάτων HTTP: *αίτηση (request)*, *απόκριση (response)*
- **μήνυμα αίτησης HTTP:**
 - ASCII (αναγνώσιμη μορφή)

γραμμή αίτησης (request line)
(εντολές GET, POST, HEAD)

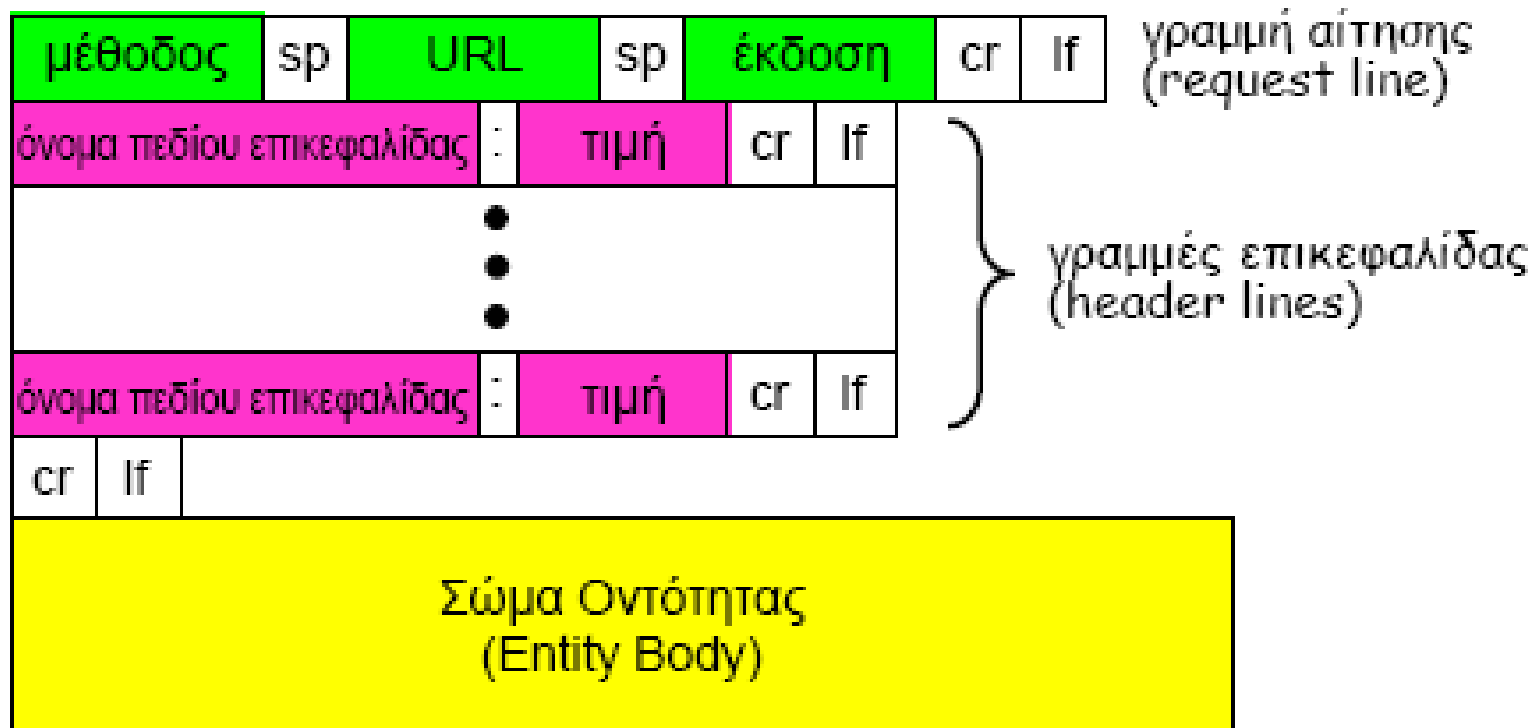
→ GET /somedir/page.html HTTP/1.1

γραμμές επικεφαλίδας (header lines) {
Host: www.someschool.edu
User-agent: Mozilla/4.0
Connection: close
Accept-language: fr

κενή γραμμή {

Χαρακτήρες επαναφοράς (carriage return),
τροφοδότησης γραμμής (line feed)
υποδεικνύουν το τέλος του μηνύματος

Μήνυμα αίτησης HTTP: γενική μορφή



Συμπλήρωση φόρμας και μεταφορά περιεχομένου στο server (Uploading form input)

Μέθοδος POST:

- Η ιστοσελίδα συχνά περιλαμβάνει φόρμα προς συμπλήρωση
- Το περιεχόμενο των πεδίων της φόρμας "φορτώνεται" στον server με το entity body

Μέθοδος URL:

- Χρησιμοποιεί μέθοδο GET
- Το περιεχόμενο των πεδίων της φόρμας προσαρτάται στο πεδίο URL της request line
 - Παράδειγμα

`www.somesite.com/animalsearch?monkeys&banana`

Είδη μεθόδων

HTTP/1.0

- GET
- POST
- HEAD
 - ζητά από τον server να μην περιλάβει το ζητούμενο αντικείμενο στην απόκριση

HTTP/1.1

- GET, POST, HEAD
- PUT
 - φορτώνει αρχείο που περιέχεται στο entity body στο path που καθορίζεται στο πεδίο URL
- DELETE
 - διαγράφει το αρχείο που καθορίζεται στο πεδίο URL

Μήνυμα απόκρισης HTTP

γραμμή κατάστασης (status line)

(πρωτόκολλο, κώδικας κατάστασης, φράση κατάστασης)

HTTP/1.1 200 OK

γραμμές επικεφαλίδας
(header lines)

Connection: close

Date: Thu, 06 Aug 1998 12:00:15 GMT

Server: Apache/1.3.0 (Unix)

Last-Modified: Mon, 22 Jun 1998 ...

Content-Length: 6821

Content-Type: text/html

data data data data data ...

δεδομένα, π.χ.

ζητηθέν

αρχείο HTML

Κώδικες κατάστασης απόκρισης HTTP

Στην πρώτη γραμμή (status line) του μηνύματος απόκρισης από τον server στον client

Μερικά παραδείγματα κωδίκων:

200 OK

- ο επιτυχής αίτηση, το αντικείμενο που έχει ζητηθεί έπεται στο ίδιο μήνυμα

301 Moved Permanently

- το αντικείμενο που έχει ζητηθεί μεταφέρθηκε, νέο URL καθορίζεται παρακάτω στο ίδιο μήνυμα (επικεφαλίδα Location:)

400 Bad Request

- το μήνυμα αίτησης δεν ήταν κατανοητό από server

404 Not Found

- το ζητούμενο έγγραφο δε βρέθηκε σε αυτό τον server

505 HTTP Version Not Supported

Cookies: διατήρηση "κατάστασης (state)"

Πολλά μεγάλα Web sites
χρησιμοποιούν cookies

Τέσσερα στοιχεία:

- 1) γραμμή επικεφαλίδας
Set-cookie: στο μήνυμα
απόκρισης HTTP
- 2) γραμμή επικεφαλίδας
Cookie: στο μήνυμα
αίτησης HTTP
- 3) διατηρείται αρχείο με
cookies στον host του
χρήστη το οποίο
διαχειρίζεται ο browser
- 4) διατηρείται βάση
δεδομένων στο Web site

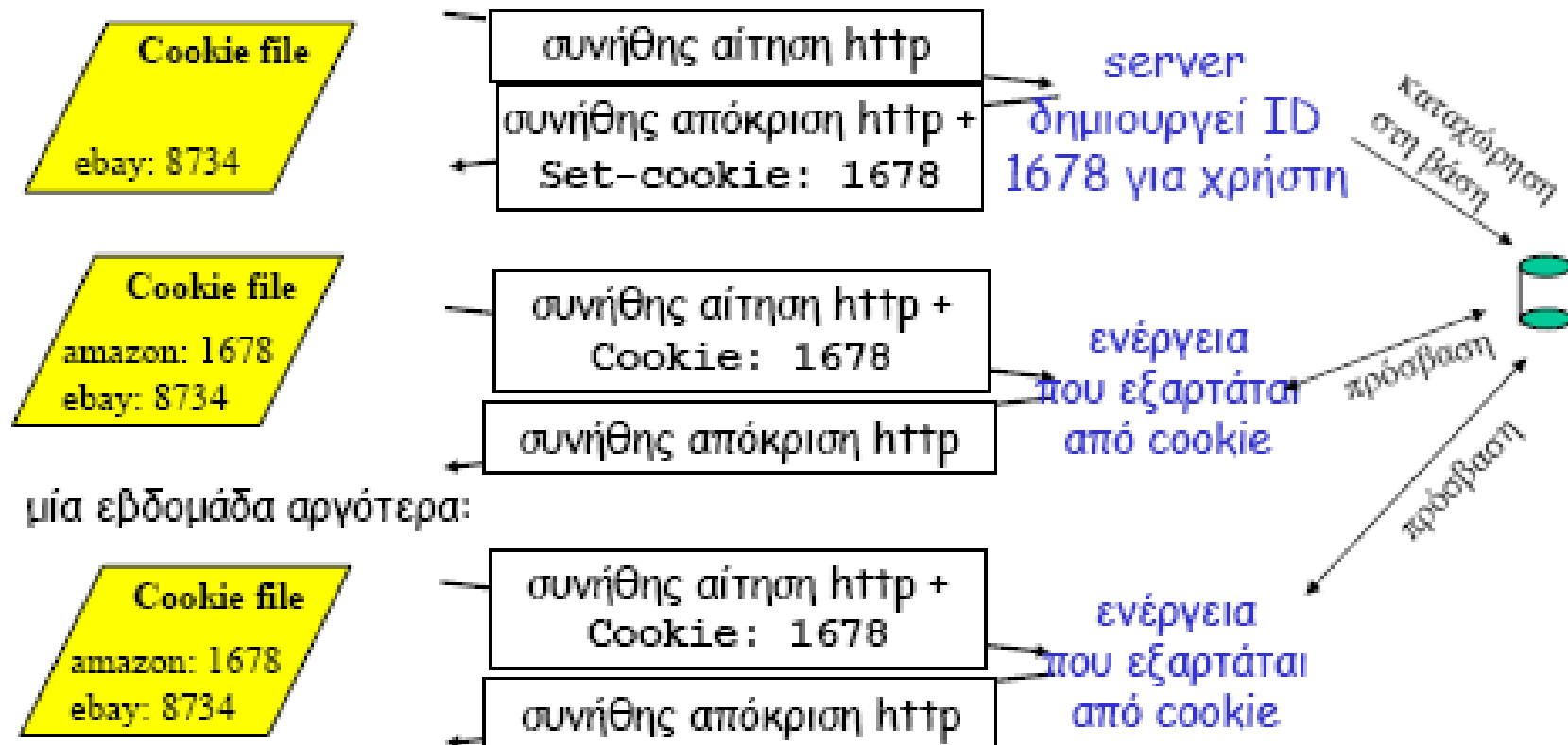
Παράδειγμα:

- Ένας χρήστης χρησιμοποιεί
πάντα το ίδιο PC για να
συνδεθεί στο Διαδίκτυο
- Επισκέπτεται ένα
συγκεκριμένο e-commerce
site για πρώτη φορά
- Όταν η αρχική αίτηση HTTP
φθάσει στο site, το site
δημιουργεί ένα μοναδικό ID
και επίσης μία καταχώρηση
στη βάση δεδομένων για το
ID αυτό

Cookies: διατήρηση "κατάστασης (state)" (συνέχεια)

client

server

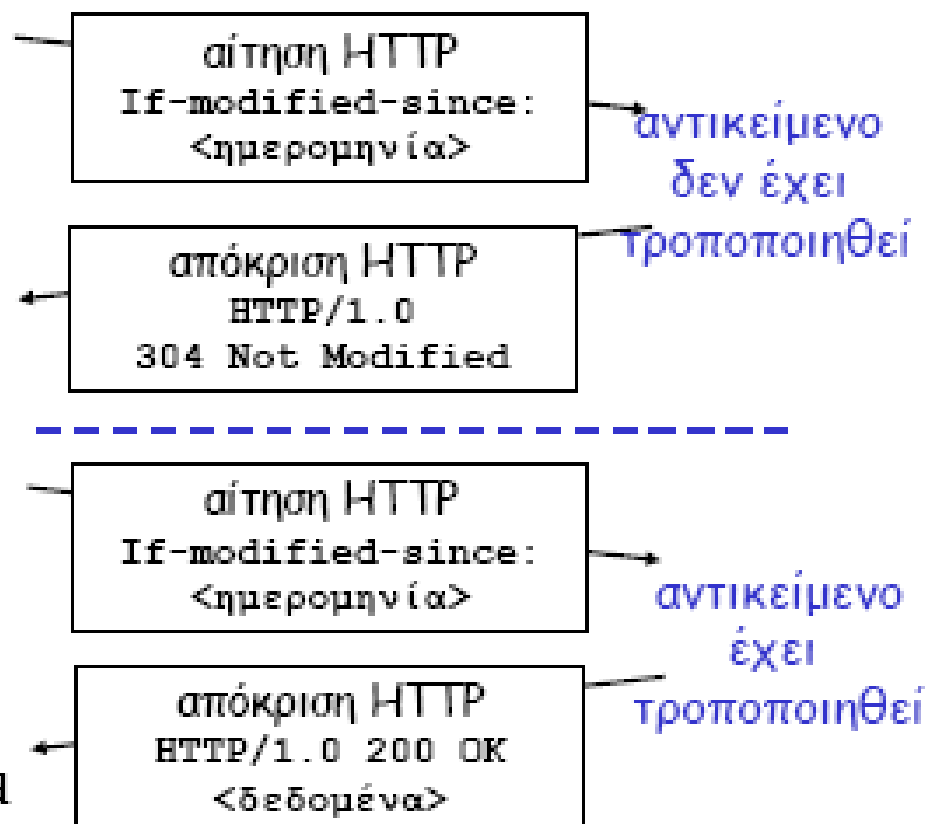


Conditional GET: caching στην πλευρά του client

- ❑ **Στόχος:** να μη σταλεί το αντικείμενο εάν ο client έχει ενημερωμένη έκδοση στην cache
- ❑ client: καθορίζει ημερομηνία αντιγράφου στην cache στην αίτηση HTTP με τη γραμμή επικεφαλίδας
`If-modified-since: <ημερομηνία>`
- ❑ server: απόκριση δεν περιέχει αντικείμενο εάν το αντίγραφο στην cache είναι ενημερωμένο:
`HTTP/1.0 304 Not Modified`

client

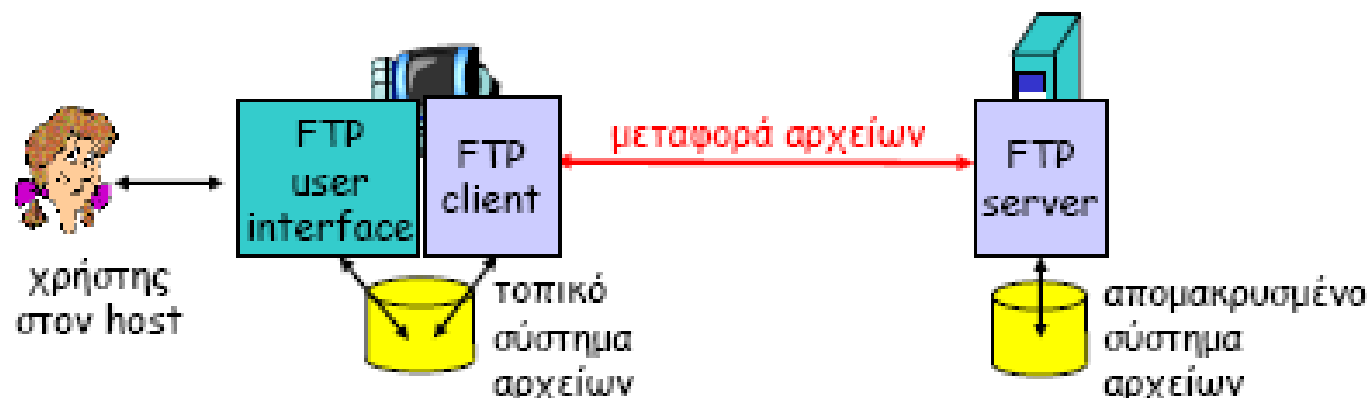
server



Περίγραμμα

- Γενικές έννοιες
- Web και HTTP
- **FTP**
- Ηλεκτρονικό ταχυδρομείο
- DNS
- Κοινή χρήση αρχείων σε δίκτυα P2P

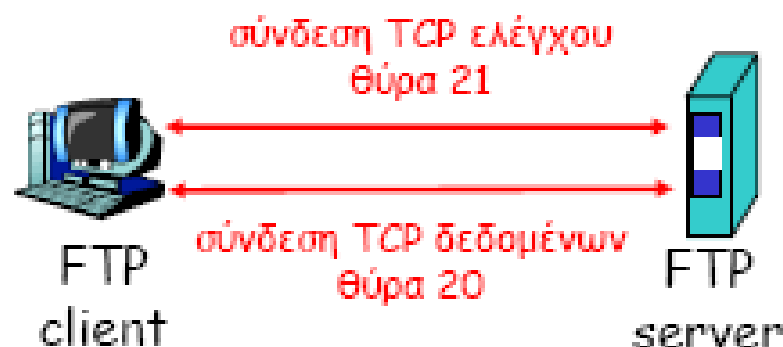
FTP: File Transfer Protocol



- μεταφορά αρχείων προς/από απομακρυσμένο host
- μοντέλο client/server
 - *client*: host που ξεκινά τη μεταφορά (είτε από είτε προς απομακρυσμένο host)
 - *server*: απομακρυσμένος host
- χρησιμοποιεί TCP
 - FTP server port 21 (έλεγχος)
 - FTP server port 20 (δεδομένα)
- FTP: RFC 959

FTP: διαδικασία μεταφοράς

- ❑ Ο χρήστης παρέχει στον FTP client το όνομα του απομακρυσμένου host
- ❑ Ο FTP client ξεκινά σύνδεση TCP με τον FTP server (θύρα 21)
- ❑ Ο client στέλνει την ταυτότητα (ID) και κωδικό πρόσβασης (password) του χρήστη μέσω της **σύνδεσης ελέγχου** με εντολές FTP
- ❑ Ο server εξουσιοδοτεί το χρήστη
- ❑ Ο client εξετάζει τον απομακρυσμένο κατάλογο στέλνοντας εντολές μέσω της σύνδεσης ελέγχου
- ❑ Όταν ο server λάβει εντολή για τη μεταφορά ενός αρχείου, ανοίγει μία **σύνδεση TCP δεδομένων** με τον client



- ❑ Ο server κλείνει τη σύνδεση TCP μετά τη μεταφορά ενός αρχείου
- ❑ Ο server ανοίγει δεύτερη σύνδεση TCP (δεδομένων) για να μεταφέρει ένα άλλο αρχείο
- ❑ σύνδεση ελέγχου: **παραμένουσα (persistent)**
- ❑ σύνδεση δεδομένων: **μη παραμένουσα (nonpersistent)**

FTP εντολές, αποκρίσεις

Στο FTP οι εντολές (commands) και οι (responses) στέλνονται ως κείμενο ASCII μέσω της σύνδεσης ελέγχου

Δείγμα εντολών:

- ❑ USER *username*
- ❑ PASS *password*
- ❑ LIST επιστρέφει τη λίστα των αρχείων στον τρέχοντα κατάλογο (directory)
- ❑ RETR *filename*
ανάκτηση αρχείου (get) από τον τρέχοντα κατάλογο του απομακρυσμένου host
- ❑ STOR *filename*
αποθήκευση αρχείου (put) στον τρέχοντα κατάλογο του απομακρυσμένου host

Δείγμα αποκρίσεων:

- κώδικας και φράση κατάστασης όπως στο HTTP
- ❑ 331 Username OK, password required
- ❑ 125 data connection already open; transfer starting
- ❑ 425 Can't open data connection
- ❑ 452 Error writing file

Περίγραμμα

- Γενικές έννοιες
- Web και HTTP
- FTP
- **Ηλεκτρονικό ταχυδρομείο**
- DNS
- Κοινή χρήση αρχείων σε δίκτυα P2P

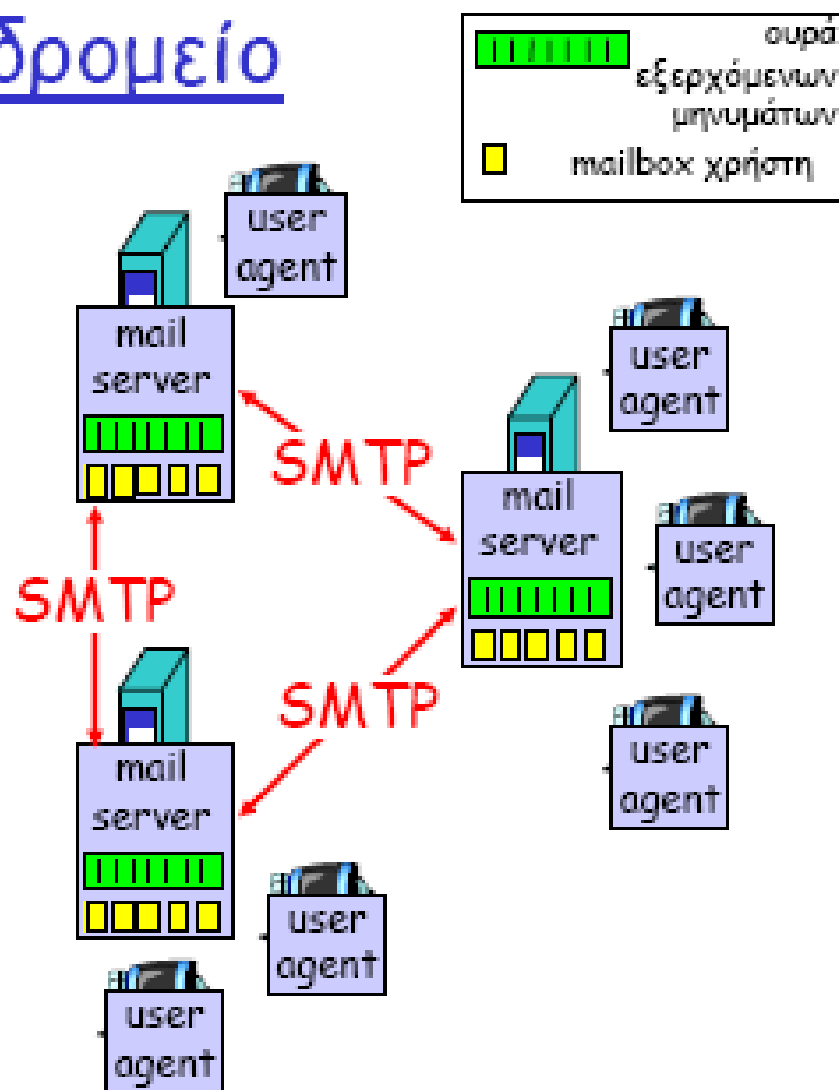
Ηλεκτρονικό Ταχυδρομείο

Τρία κύρια στοιχεία:

- user agents
- mail servers
- SMTP: simple mail transfer protocol

User Agent

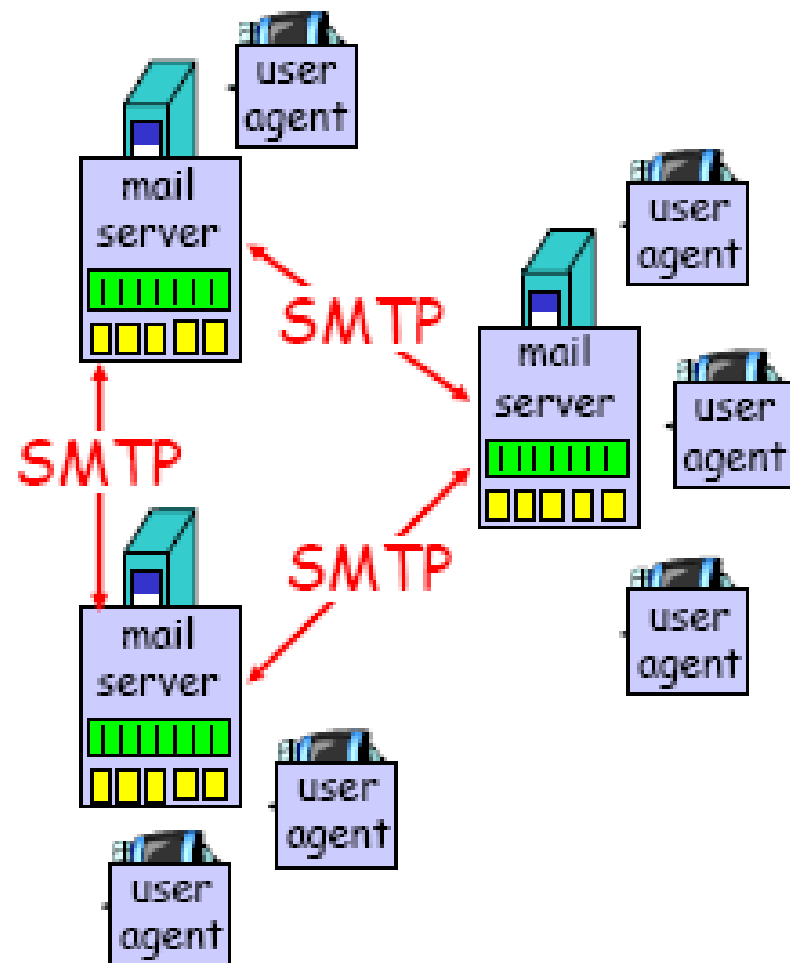
- ή "mail reader"
- σύνθεση, ανάγνωση μηνυμάτων ηλεκτρονικού ταχυδρομείου
- π.χ. Eudora, Outlook, Netscape Messenger, elm
- εισερχόμενα, εξερχόμενα μηνύματα αποθηκεύονται στον mail server



Ηλεκτρονικό ταχυδρομείο: mail servers

Mail Servers

- **mailbox**: περιέχει εισερχόμενα μηνύματα χρήστη
- **ουρά μηνυμάτων**: περιέχει εξερχόμενα (προοριζόμενα για αποστολή) μηνύματα email
- **Πρωτόκολλο SMTP**: αποστολή μηνυμάτων email μεταξύ mail servers
- μοντέλο client/server
 - client: αποστέλλων mail server
 - server: παραλαμβάνων mail server
- κάθε mail server τρέχει και τη διεργασία του client και τη διεργασία του server

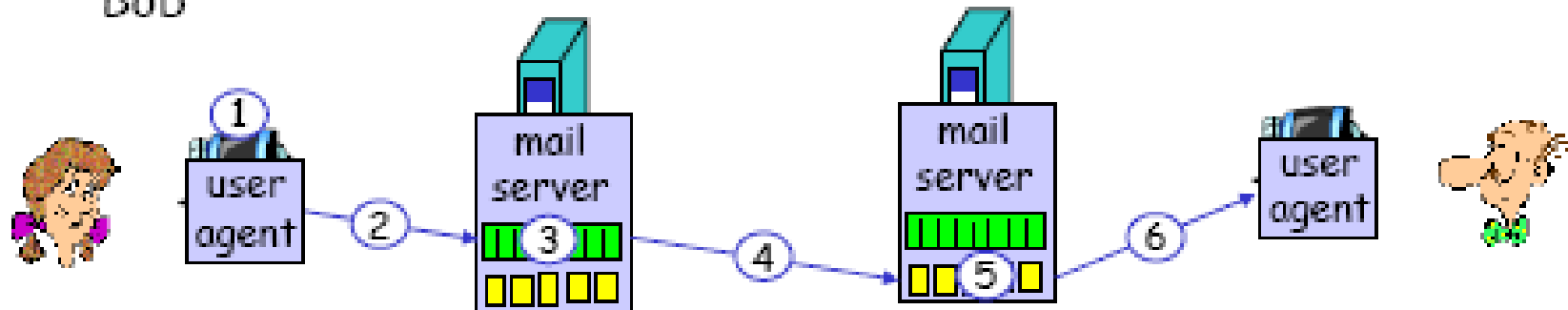


Ηλεκτρονικό ταχυδρομείο: SMTP [RFC 2821]

- ❑ Το SMTP χρησιμοποιεί TCP για τη μεταφορά μηνυμάτων ηλεκτρονικού ταχυδρομείου από τον client στον server (θύρα 25)
- ❑ απευθείας μεταφορά μηνυμάτων από mail server αποστολέα σε mail server παραλήπτη
- ❑ μετά την εγκαθίδρυση σύνδεσης TCP ακολουθούν τρεις φάσεις μεταφοράς:
 - χαιρετισμός (greeting)
 - μεταφορά μηνυμάτων
 - τερματισμός
- ❑ αλληλουχία εντολών/αποκρίσεων
 - εντολές (commands): κείμενο ASCII
 - αποκρίσεις (responses): κώδικας και φράση κατάστασης
- ❑ τα μηνύματα πρέπει να είναι σε 7-bit ASCII

Σενάριο: Η Alice στέλνει μήνυμα στον Bob

- 1) Η Alice χρησιμοποιεί τον user agent (UA) για να συνθέσει μήνυμα με διεύθυνση `bob@some.school.edu`
- 2) Ο UA της Alice στέλνει το μήνυμα στον mail server της όπου τοποθετείται στην ουρά εξερχόμενων μηνυμάτων
- 3) Ο SMTP client ανοίγει σύνδεση TCP με τον mail server του Bob
- 4) Ο SMTP client στέλνει το μήνυμα της Alice μέσω της σύνδεσης TCP
- 5) Ο mail server του Bob τοποθετεί το μήνυμα στο mailbox του Bob
- 6) Ο Bob χρησιμοποιεί τον user agent του για να διαβάσει το μήνυμα



Εάν ο mail server του Bob δεν είναι σε λειτουργία, τότε το μήνυμα παραμένει στον mail server της Alice, ο οποίος επιχειρεί ξανά αργότερα

Μορφή μηνύματος ηλεκτρονικού ταχυδρομείου (κείμενο)

SMTP: πρωτόκολλο για την ανταλλαγή μηνυμάτων ηλεκτρονικού ταχυδρομείου

RFC 822: πρότυπο για τη μορφή (format) μηνύματος κειμένου:

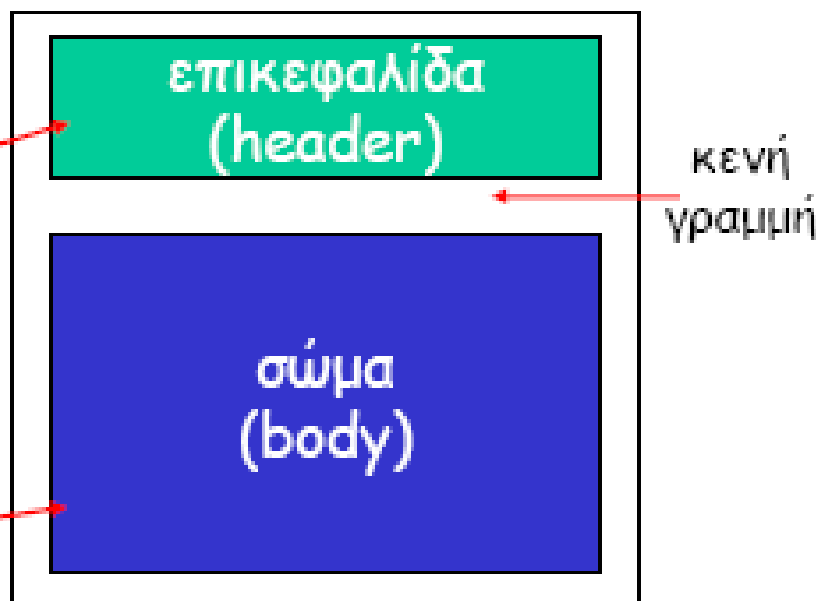
- γραμμές επικεφαλίδας (header lines), π.χ.

- To:
- From:
- Subject:

διαφορετικές από εντολές SMTP!

- σώμα (body)

- το "κυρίως" μήνυμα, χαρακτήρες ASCII μόνο



Μορφή μηνύματος: επεκτάσεις για πολυμέσα

- ❑ MIME: Multipurpose Internet Mail Extensions, RFC 2045, 2046
- ❑ πρόσθετες γραμμές στην επικεφαλίδα (header) του μηνύματος δηλώνουν το είδος του περιεχομένου

έκδοση MIME

μέθοδος
κωδικοποίησης
δεδομένων

δηλώνει το είδος
των πολυμεσικών
δεδομένων

κωδικοποιημένα
δεδομένα

```
From: alice@crepes.fr
To: bob@hamburger.edu
Subject: Picture of yummy crepe.
MIME-Version: 1.0
Content-Transfer-Encoding: base64
Content-Type: image/jpeg

base64 encoded data .....
.....base64 encoded data
```

MIME types

Content-Type: type/subtype; parameters
(γενικό είδος/δευτερεύον είδος; παράμετροι)

Text

- subtype: π.χ. plain, html

Video

- subtype: π.χ. mpeg, quicktime

Image

- subtype: π.χ. jpeg, gif

Audio

- subtype: π.χ. basic, 32kadpcm

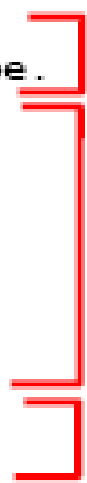
Application

- άλλου είδους δεδομένα τα οποία πρέπει να επεξεργασθεί μία εφαρμογή για να μπορούν να χρησιμοποιηθούν από το χρήστη
- subtype: msword, pdf

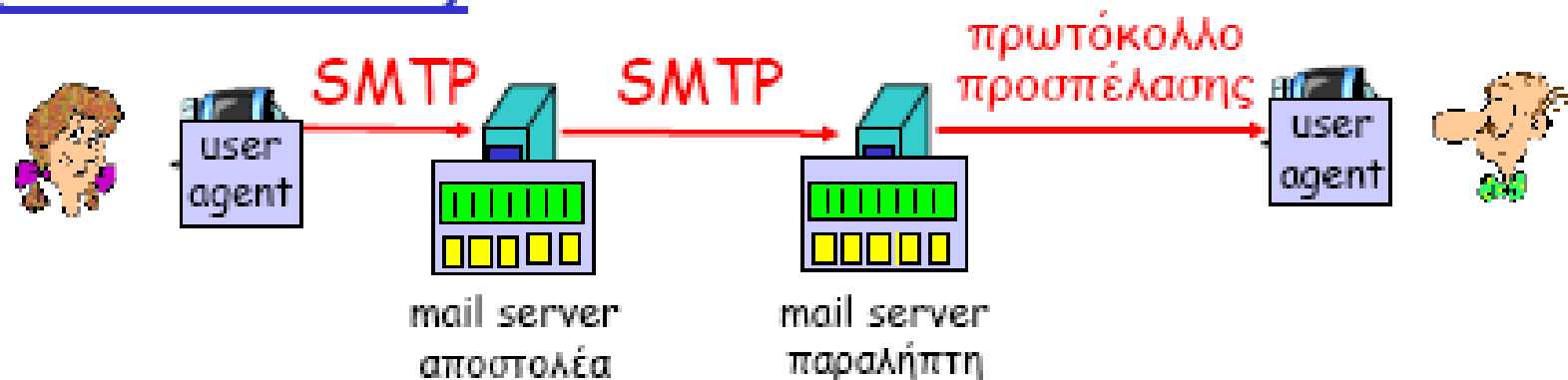
Multipart Type

From: alice@crepes.fr
To: bob@hamburger.edu
Subject: Picture of yummy crepe.
MIME-Version: 1.0
Content-Type: multipart/mixed; boundary=StartOfNextPart

```
--StartOfNextPart
Dear Bob, Please find a picture of a crepe.
--StartOfNextPart
Content-Transfer-Encoding: base64
Content-Type: image/jpeg
base64 encoded data .....
.....base64 encoded data
--StartOfNextPart
Do you want the recipe?
--StartOfNextPart
```

A series of red brackets on the right side of the email body. The first bracket groups the text 'Dear Bob, Please find a picture of a crepe.' and the second bracket groups the text 'Do you want the recipe?'. These brackets indicate the structure of the multipart message, where each part is separated by a boundary line.

Πρωτόκολλα προσπέλασης ταχυδρομείου (mail access)



- SMTP: παράδοση/αποθήκευση στον mail server του παραλήπτη
- Mail access protocol: ανάκτηση από τον mail server
 - POP: Post Office Protocol [RFC 1939]
 - εξουσιοδότηση (agent <-->server) και download
 - IMAP: Internet Mail Access Protocol [RFC 1730]
 - περισσότερες δυνατότητες (πιο πολύπλοκο)
 - διαχείριση αποθηκευμένων μηνυμάτων στον server
 - HTTP: Hotmail, Yahoo! Mail, κλπ

POP3 και IMAP

POP3

- ❑ Στο προηγούμενο παράδειγμα χρησιμοποιείται ο τρόπος "download and delete"
- ❑ Ο Bob δεν μπορεί να ξαναδιαβάσει το e-mail εάν αλλάξει client
- ❑ "Download and keep": αντίγραφα των μηνυμάτων σε διαφορετικούς clients
- ❑ Το POP3 είναι "stateless" από σύνοδο (session) σε σύνοδο

IMAP

- ❑ Διατηρεί όλα τα μηνύματα στο ίδιο μέρος: τον server
- ❑ Επιτρέπει στον χρήστη να οργανώσει τα μηνύματα σε φακέλους (folders)
- ❑ Το IMAP διατηρεί την "κατάσταση" του χρήστη μεταξύ συνόδων:
 - ονόματα φακέλων, ποια μηνύματα σχετίζονται με ποιους φακέλους

Περίγραμμα

- Γενικές έννοιες
- Web και HTTP
- FTP
- Ηλεκτρονικό ταχυδρομείο
- **DNS**
- Κοινή χρήση αρχείων σε δίκτυα P2P

DNS: Domain Name System

Για την **αναγνώριση** των hosts, routers στο Διαδίκτυο χρησιμοποιούνται:

- διεύθυνση IP (32 bits) - χρησιμοποιείται για διευθυνσιοδότηση των datagrams π.χ. 147.27.18.11
- "όνομα", π.χ. kronos.telecom.tuc.gr - διευκολύνει ανθρώπους

□ *πρωτόκολλο επιπέδου εφαρμογής*
hosts και name servers επικοινωνούν για την *ανάλυση* ονομάτων σε διευθύνσεις IP και αντίστροφα

- σημείωση: λειτουργία του πυρήνα του Διαδικτύου που υλοποιείται ως πρωτόκολλο του επιπέδου εφαρμογής
- πολυπλοκότητα στο άκρο του δικτύου

Domain Name System:

- υπηρεσία καταλόγου που μεταφράζει hostname ⇔ διεύθυνση IP
- *κατανεμημένη βάση δεδομένων* που υλοποιείται από μία ιεραρχία από πολλούς *name servers*

- χρησιμοποιεί UDP, port 53
- μοντέλο client/server

□ DNS χρησιμοποιείται από άλλα πρωτόκολλα εφαρμογών π.χ. HTTP, SMTP, FTP

DNS: Domain Name System

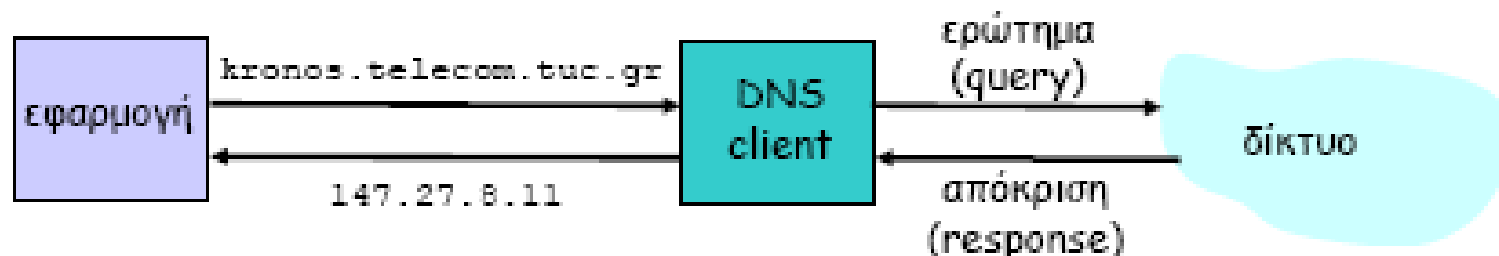
Υπηρεσίες DNS

- ❑ Μετάφραση ονόματος host σε διεύθυνση IP
- ❑ Ψευδώνυμο host
 - κανονικό (canonical) όνομα και ψευδώνυμο
- ❑ Ψευδώνυμο mail server
- ❑ Κατανομή φορτίου
 - επαναληπτικοί web servers: σε ένα κανονικό όνομα αντιστοιχούν περισσότερες από μία διευθύνσεις IP

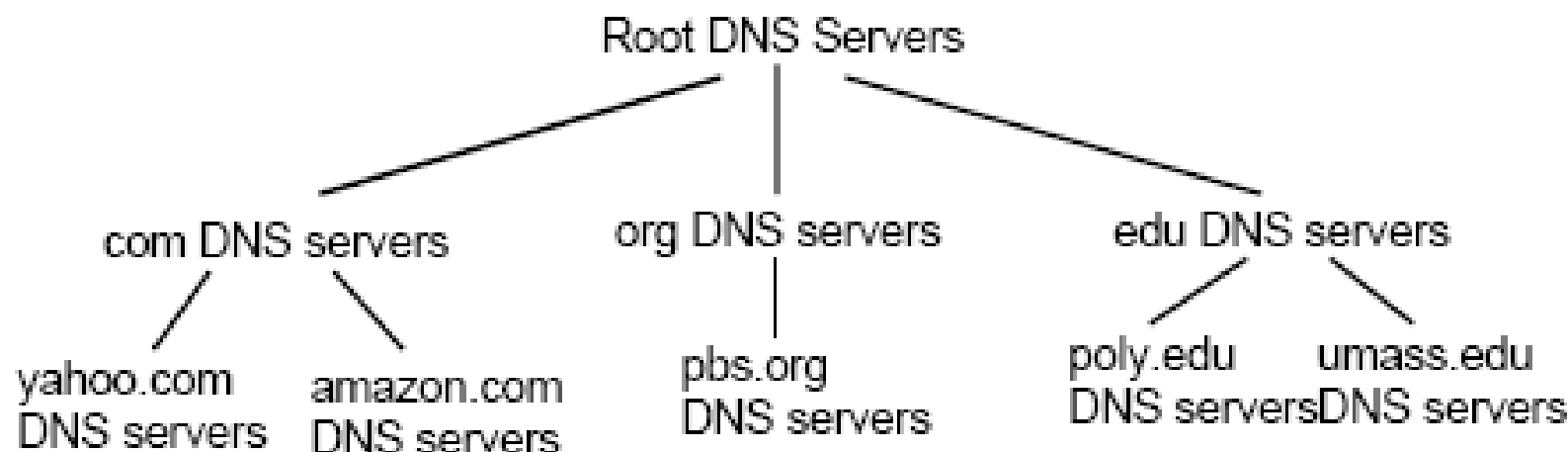
Γιατί όχι κεντριοποιημένο DNS;

- ❑ μοναδικό σημείο αστοχίας
- ❑ όγκος κίνησης
- ❑ κεντριοποιημένη βάση δεδομένων σε μεγάλη απόσταση
- ❑ συντήρηση τεράστιας βάσης δεδομένων με συχνές ενημερώσεις

δεν έχει *scalability*



Κατανεμημένη, ιεραρχική βάση δεδομένων



Ένας client επιθυμεί τη διεύθυνση IP του host www.amazon.com (χονδρική προσέγγιση):

- ❑ Ο client στέλνει ερώτημα σε έναν root server αναζητώντας τον DNS server του domain com
- ❑ Ο client στέλνει ερώτημα σε έναν DNS server του domain com αναζητώντας τον DNS server του subdomain amazon.com
- ❑ Ο client στέλνει ερώτημα στον DNS server του amazon.com αναζητώντας τη διεύθυνση IP του host www.amazon.com

DNS name servers

- κανένας server δεν γνωρίζει όλα τα ζεύγη hostname-διεύθυνση IP

local name server:

- κάθε ISP, εταιρεία έχει ένα *local (default) name server*
- Σε μία DNS query ο host απευθύνεται πρώτα στον local name server

authoritative name server (ενός host):

- έχει αποθηκευμένα τη διεύθυνση IP και το όνομα του host
- μπορεί να μεταφράσει το όνομα αυτού του host στην IP διεύθυνσή του

DNS: Root name servers

- σ' αυτούς απευθύνονται οι τοπικοί (local) name servers που δεν μπορούν να μεταφράσουν ένα hostname



13 root name
servers παγκοσμίως

TLD Servers και Authoritative Servers

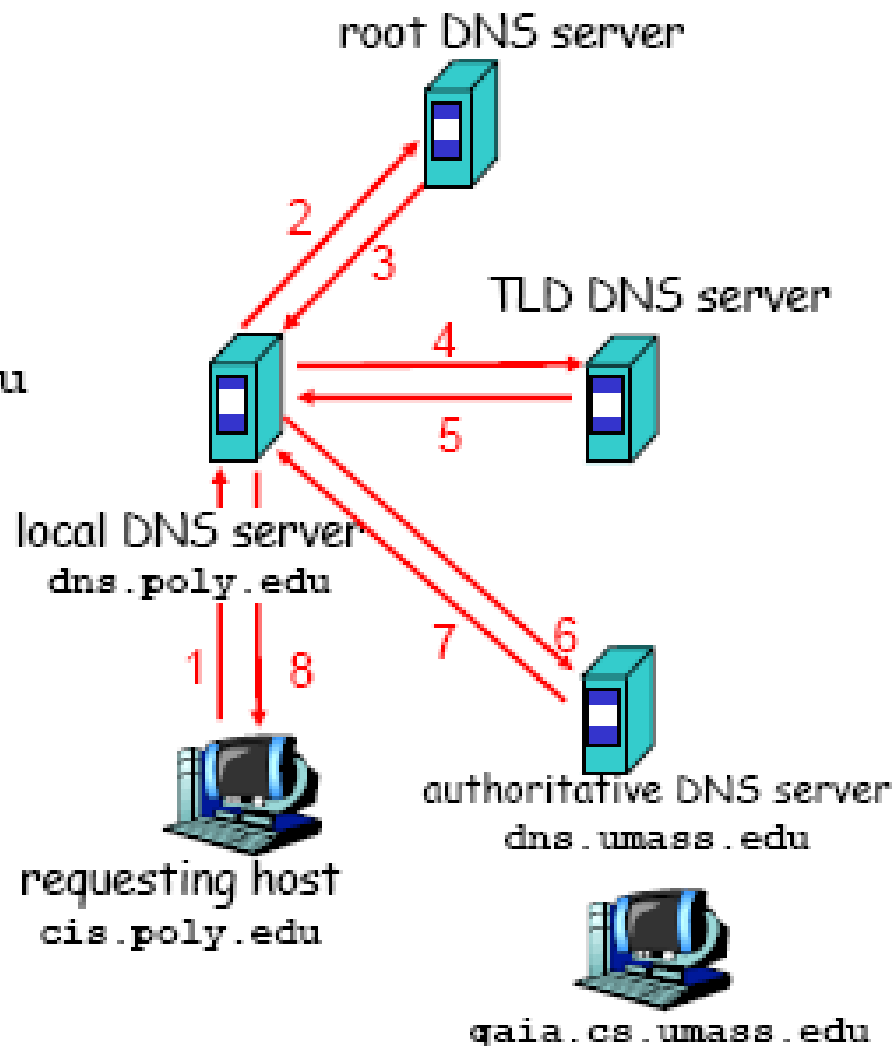
- **Top-level domain (TLD) servers:** υπεύθυνοι για τα domains com, org, net, edu, κλπ. καθώς και για όλα τα top-level domains των κρατών: π.χ. gr, uk, fr, ca, jp
 - Η εταιρεία Network solutions διαχειρίζεται τους servers του TLD com
 - Η εταιρεία Educause διαχειρίζεται τους servers του TLD edu
- **Authoritative DNS servers:** οι DNS servers ενός οργανισμού, που παρέχουν τις αντιστοιχίες hostname σε διεύθυνση IP για τους servers του οργανισμού (π.χ. Web και mail servers).
 - Μπορεί να διατηρούνται από τον οργανισμό τον ίδιο ή από service provider

Local Name Server

- ❑ Δεν ανήκει αυστηρά στην ιεραρχία των DNS servers
- ❑ Κάθε ISP (οικιακός ISP, εταιρεία, πανεπιστήμιο) έχει ένα τοπικό name server
 - Καλείται επίσης "default name server"
- ❑ Όταν ένας host κάνει ένα ερώτημα (query) DNS, το ερώτημα στέλνεται στον τοπικό του DNS server
 - Ο τοπικός name server προωθεί το ερώτημα στην ιεραρχία

Παράδειγμα

- Ο host `cis.poly.edu` θέλει τη διεύθυνση IP του `gaia.cs.umass.edu`



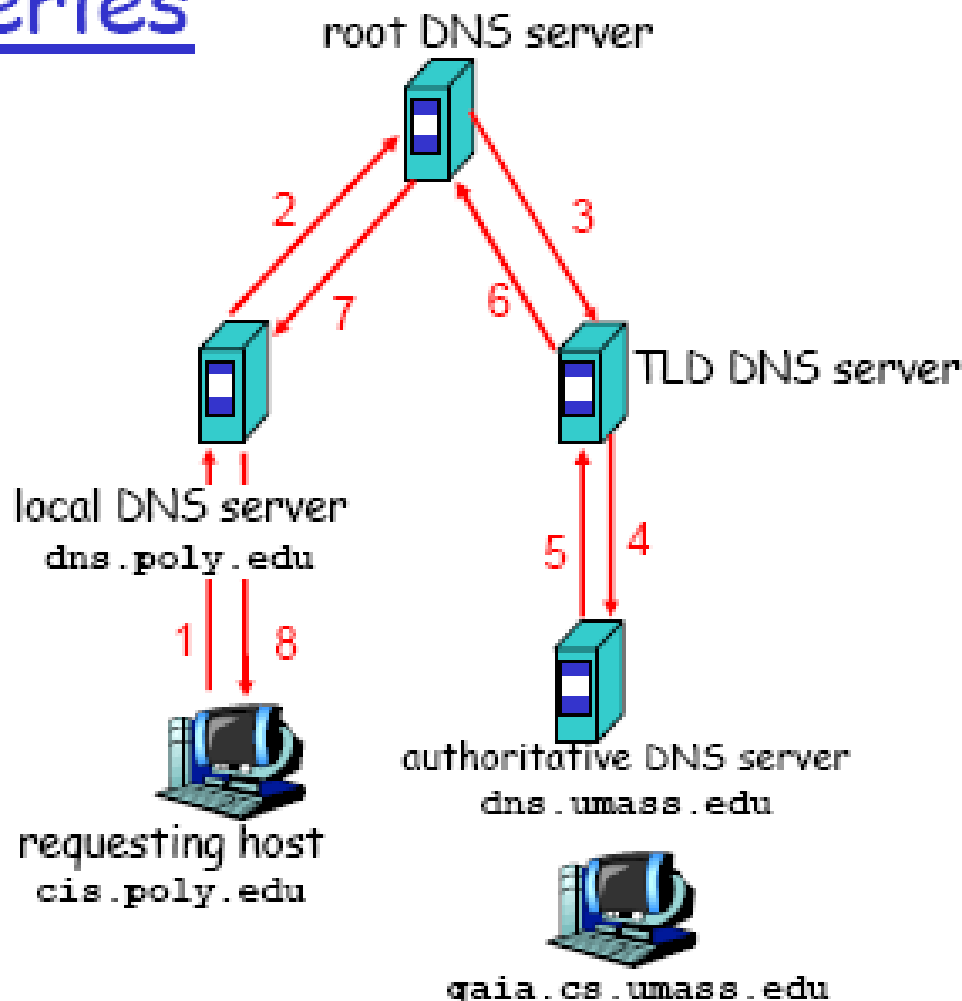
Recursive queries

recursive query (αναδρομικό ερώτημα):

- αναθέτει τη μετάφραση του ονόματος στον name server στον οποίο απευθύνεται
- υψηλό φορτίο;

iterated query (επαναληπτικό ερώτημα):

- ο ερωτηθείς name server παραπέμπει σε άλλο name server
- "Δεν γνωρίζω αυτό το όνομα, ρώτα αυτόν τον server"



DNS: caching και ενημέρωση records

Για τη βελτίωση των καθυστερήσεων και του αριθμού DNS queries στο δίκτυο:

- όταν (οποιοσδήποτε) name server λάβει ένα record, καταχωρεί αντίγραφο σε μία *cache*
 - η καταχώρηση της cache εξαφανίζεται (timeout) μετά από κάποιο χρόνο
 - καταχωρήσεις για τους TLD servers υπάρχουν συνήθως στην cache του τοπικού name server (οι root name servers δεν δέχονται συχνές επισκέψεις)

Η εισαγωγή δεδομένων στη βάση γινόταν μέχρι πρόσφατα στατικά από το διαχειριστή

- Υπό σχεδίαση (IETF) βρίσκονται δυναμικοί μηχανισμοί ενημέρωσης που χρησιμοποιούν μηνύματα DNS:
 - RFC 2136
 - <http://www.ietf.org/html.charters/dnsind-charter.html>

DNS records

DNS: κατανεμημένη βάση δεδομένων αποθηκεύει **resource records (RR)**

RR format: (name, value, type, ttl)

□ Type=A

- name: hostname
- value: IP address

□ Type=NS

- name: domain (π.χ. tuc.gr)
- value: διεύθυνση IP του authoritative name server για αυτό το domain (π.χ. 147.27.18.1 - dedalus.noc.tuc.gr)

□ Type=CNAME

- name: ψευδώνυμο (alias name) για κάποιο "canonical" name (πραγματικό όνομα)
www.ibm.com στην πραγματικότητα servereast.backup2.ibm.com
- value: canonical name

□ Type=MX

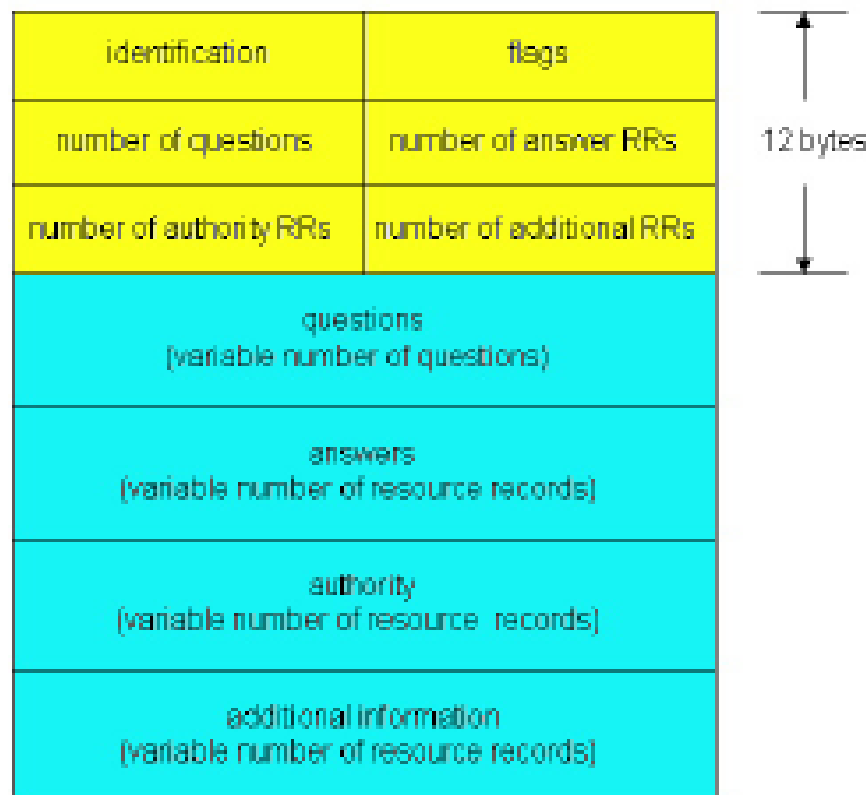
- name: ψευδώνυμο mail server
- value: "canonical" name mail server

Πρωτόκολλο DNS, μηνύματα

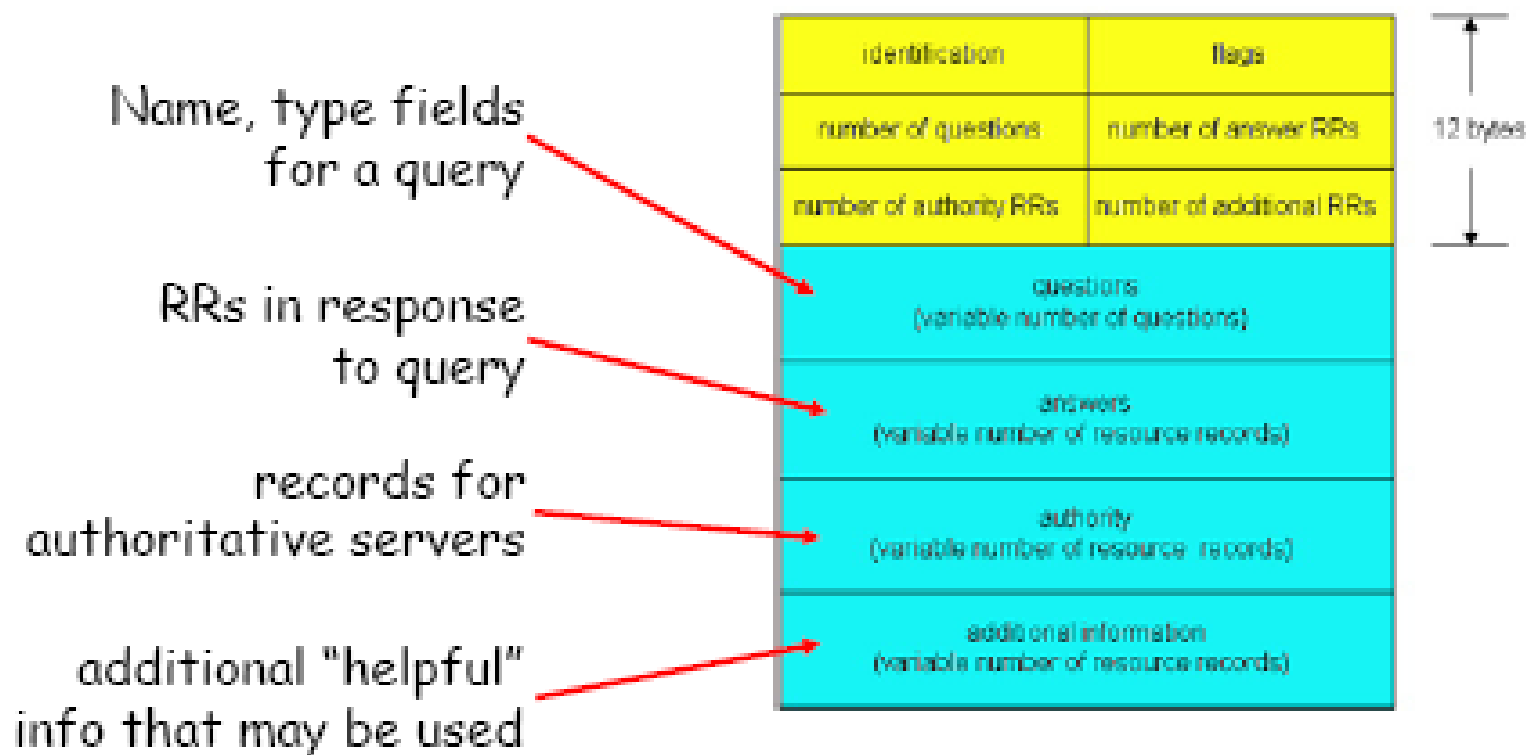
Πρωτόκολλο DNS: μηνύματα *query* and *reply* έχουν το ίδιο *format*

επικεφαλίδα μηνύματος

- *identification*: αριθμός από 16 bits που προσδιορίζει το ερώτημα (*query*), η απόκριση σε ένα ερώτημα χρησιμοποιεί τον ίδιο αριθμό
- *flags*:
 - *query* ή *reply*
 - *recursion desired*
 - *recursion available*
 - *reply is authoritative*



Πρωτόκολλο DNS, μηνύματα



Περίγραμμα

- Γενικές έννοιες
- Web και HTTP
- FTP
- Ηλεκτρονικό ταχυδρομείο
- DNS
- **Κοινή χρήση αρχείων σε δίκτυα P2P**

P2P file sharing

Προσωπικοί υπολογιστές μπορούν να ανακτήσουν αντικείμενα απευθείας ο ένας από τον άλλο (peers)

Διανομή περιεχομένου Παράδειγμα:

- Η Alice τρέχει την P2P εφαρμογή στον φορητό υπολογιστή της
- Δεν είναι μόνιμα συνδεδεμένη στο Διαδίκτυο (για κάθε νέα σύνδεση λαμβάνει νέα διεύθυνση IP)
- Ζητά ένα αρχείο MP3
- Η εφαρμογή παρουσιάζει κατάλογο των peers που είναι συνδεδεμένοι στο Διαδίκτυο και έχουν αντίγραφο αυτού του αρχείου
- Η Alice διαλέγει έναν από τους peers, τον Bob
- Το αρχείο αντιγράφεται από το PC του Bob στον φορητό της Alice: HTTP

P2P file sharing (συνέχεια)

Παράδειγμα (συνέχεια)

- Όσο το αρχείο μεταφέρεται στον υπολογιστή της Alice, άλλοι χρήστες μπορούν να μεταφέρουν αρχεία από τον υπολογιστή της Alice
- Ο peer της Alice είναι ταυτόχρονα ένας Web client and ένας μεταβατικός (transient) Web server

Όλοι οι peers είναι servers
→ scalability

Εντοπισμός περιεχομένου:

- Ένας peer πρέπει να προσδιορίσει τη διεύθυνση IP των peers που είναι συνδεδεμένοι και έχουν το ζητούμενο αντικείμενο

Δυσκολία:

- Οι peers δεν είναι μόνιμα συνδεδεμένοι

Μέθοδοι:

- centralized directory
- decentralized directory
- query flooding

P2P: centralized directory

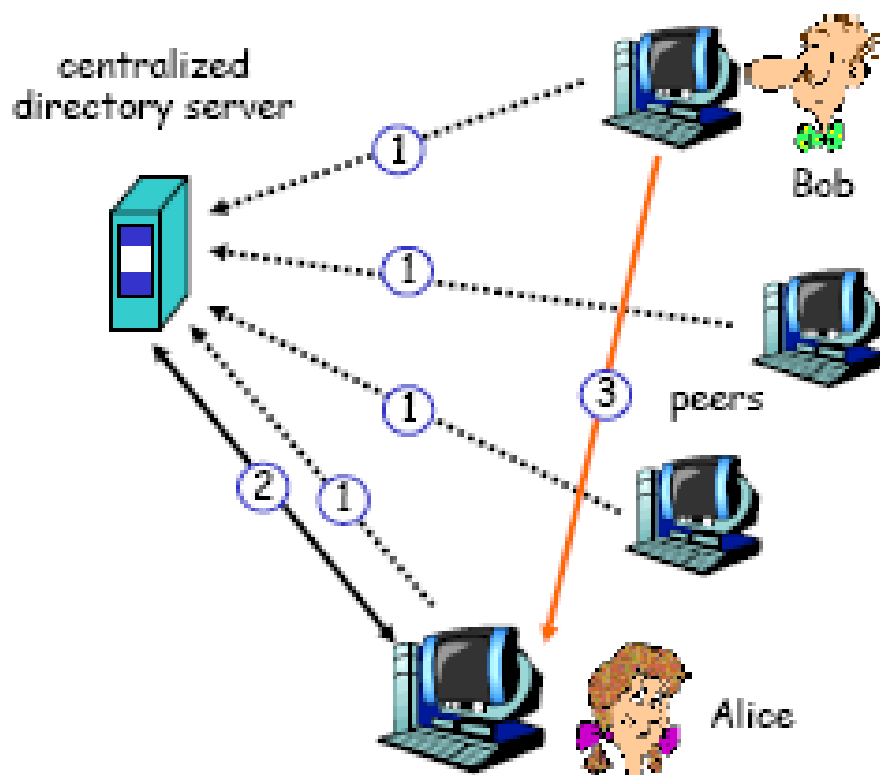
Χρησιμοποιεί δυναμική, κεντρική βάση δεδομένων για να παρέχει την υπηρεσία καταλόγου (π.χ. Napster)

1) Κατά τη σύνδεσή του ο peer πληροφορεί τον κεντρικό server:

- διεύθυνση IP
- περιεχόμενο

2) Η Alice αναζητά το επιθυμητό αρχείο

3) Η Alice ζητά το αρχείο από τον Bob



P2P: centralized directory - Προβλήματα

- ❑ Οι peers ενημερώνουν τον κεντρικό server ως προς το περιεχόμενό τους
- ❑ Ο server ελέγχει εάν οι peers έχουν αποσυνδεθεί:
 - περιοδική αποστολή μηνυμάτων στους peers
 - μόνιμη σύνδεση TCP με κάθε peer

Προβλήματα:

Ο κεντρικός server αποτελεί:

- ❑ μοναδικό σημείο αστοχίας
- ❑ πιθανό σημείο συμφόρησης (bottleneck)
- ❑ παραβίαση πνευματικών δικαιωμάτων

μεταφορά αρχείων:

αποκεντρωμένη

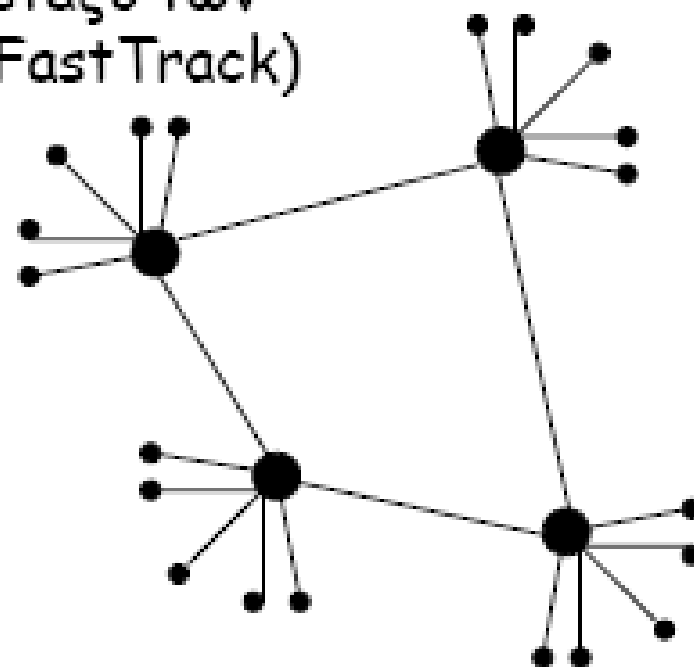
εντοπισμός περιεχομένου:

κεντριοποιημένος

P2P: decentralized directory

Βάση δεδομένων κατανεμημένη μεταξύ των ίδιων των peers (π.χ. KaZaA/FastTrack)

- Κάθε peer είναι είτε ένας group leader είτε είναι στην αρμοδιότητα ενός group leader
- Οι peers πληροφορούν τον group leader σχετικά με το περιεχόμενό τους
- Οι peer στέλνουν queries στον group leader - Ο group leader μπορεί να στείλει queries σε άλλους group leaders



- απλός peer
- group leader peer
- σχέσεις γειτνίασης στο υπερκείμενο δίκτυο

P2P: decentralized directory

Πλεονεκτήματα

- δεν χρησιμοποιεί έναν κεντρικό server
 - υπηρεσία εντοπισμού περιεχομένου κατανέμεται στους group leaders
 - μικρές βάσεις δεδομένων
 - δυσκολότερο να τεθεί εκτός λειτουργίας

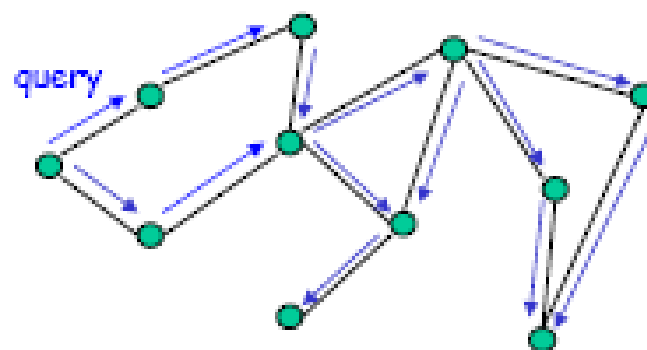
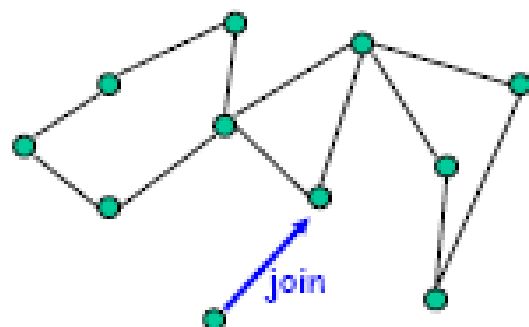
Μειονεκτήματα

- απαιτείται κόμβος bootstrap
 - server βρίσκεται πάντα σε λειτουργία
- απαιτείται πολύπλοκο πρωτόκολλο δημιουργίας & συντήρησης υπερκείμενου δικτύου
 - π.χ. αποσύνδεση group leader
- όχι απόλυτα decentralized
 - υπερφόρτωση group leaders

P2P: query flooding

Διαδικασία εντοπισμού περιεχομένου πλήρως κατανεμημένη (π.χ. Gnutella)

- καμία ιεράρχηση στους peers
- κάθε συνδεδεμένος peer χρησιμοποιεί τον κόμβο bootstrap για να μάθει τις διευθύνσεις IP των γειτόνων
- μήνυμα συνένωσης (join)
- μήνυμα query στέλνεται σε όλους τους γείτονες
- οι γείτονες προωθούν το μήνυμα (πλημμύρα)
- εάν ένας ερωτώμενος peer έχει το αντικείμενο, στέλνει μήνυμα στον αποστολέα του query



P2P: query flooding

Πλεονεκτήματα

- σχεδόν απόλυτα decentralized
 - οι peers έχουν τις ίδιες ευθύνες (όχι group leaders)
- δεν χρησιμοποιείται βάση δεδομένων
 - κανένας peer δεν διατηρεί πληροφορίες καταλόγου

Μειονεκτήματα

- υπερβολική κίνηση από queries
 - περιορισμός της ακτίνας πλημμύρας με αντίτιμο να μη βρεθεί το ζητούμενο αντικείμενο
- απαιτείται κόμβος bootstrap
- απαιτείται πρωτόκολλο δημιουργίας & συντήρησης υπερκείμενου δικτύου