ΔΙΚΤΥΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

Στρώμα εφαρμογής

Περίληψη

- Εννοιολογικά θέματα και θέματα υλοποίησης για τα πρωτόκολλα εφαρμογής
  - Αρχιτεκτονικές εφαρμογών
  - Απαιτήσεις εφαρμογών για την υπηρεσία μεταφοράς
- Μερικές δημοφιλείς εφαρμογές και πρωτόκολλα του στρώματος εφαρμογής
  - Web και HTTP
  - P2P διανομή αρχείων

Περιεχόμενα

- Γενικά για τις εφαρμογές δικτύου
- Αρχιτεκτονικές εφαρμογών δικτύου
  - υπόδειγμα client-server
  - υπόδειγμα peer-to-peer
- Επικοινωνία διαδικασιών
  - διεπαφές στρώματος εφαρμογής
  - υπηρεσίες δικτύου που απαιτούνται για τις εφαρμογές
- Web and HTTP
- Εφαρμογές P2P
  - διανομή αρχείων
  - Internet telephony

Μερικές εφαρμογές δικτύου

- e-mail
- web
- instant messaging
- remote login
- P2P file sharing
- multi-user network games
- streaming stored video clips
- voice over IP
- real-time video conferencing
- grid computing
-
-
-

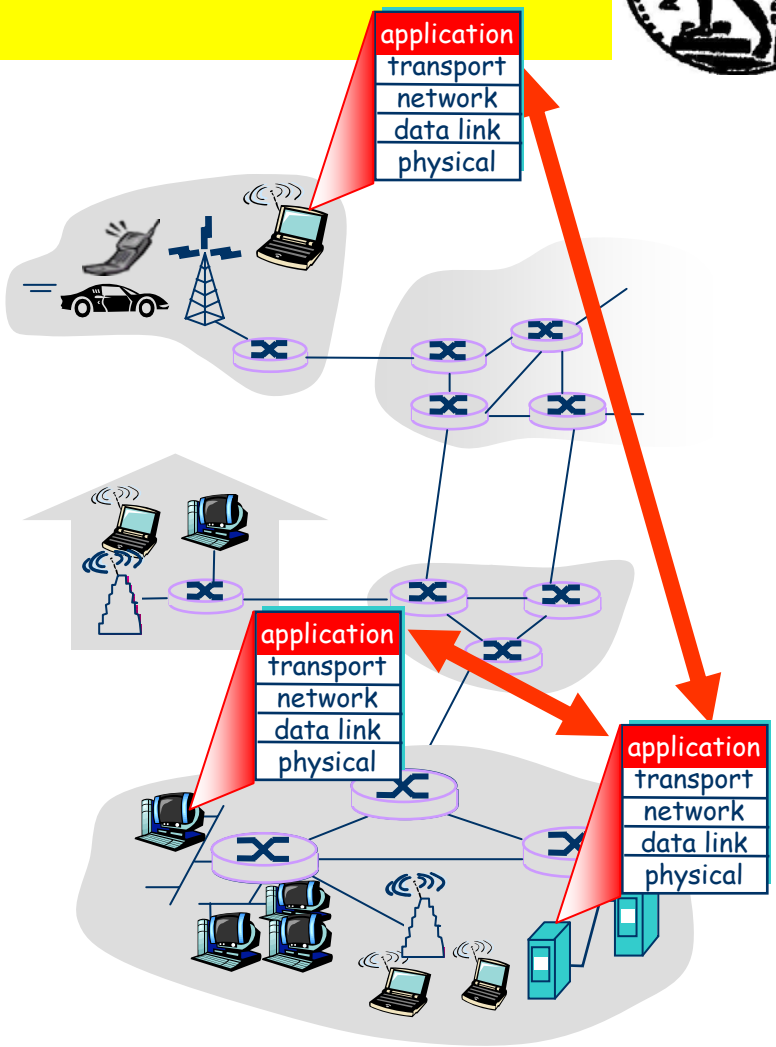
Δημιουργία εφαρμογής δικτύου

γράφονται προγράμματα που

- τρέχουν σε (διαφορετικά) τερματικά συστήματα
- επικοινωνούν πάνω από το δίκτυο
- π.χ., το software του web server επικοινωνεί με το software του browser

λίγο software γράφεται για συσκευές του πυρήνα του δικτύου

- οι συσκευές του πυρήνα του δικτύου δεν τρέχουν εφαρμογές χρήστη
- οι εφαρμογές στα τερματικά συστήματα επιτρέπουν την ταχεία ανάπτυξη των εφαρμογών και τη διάδοσή τους



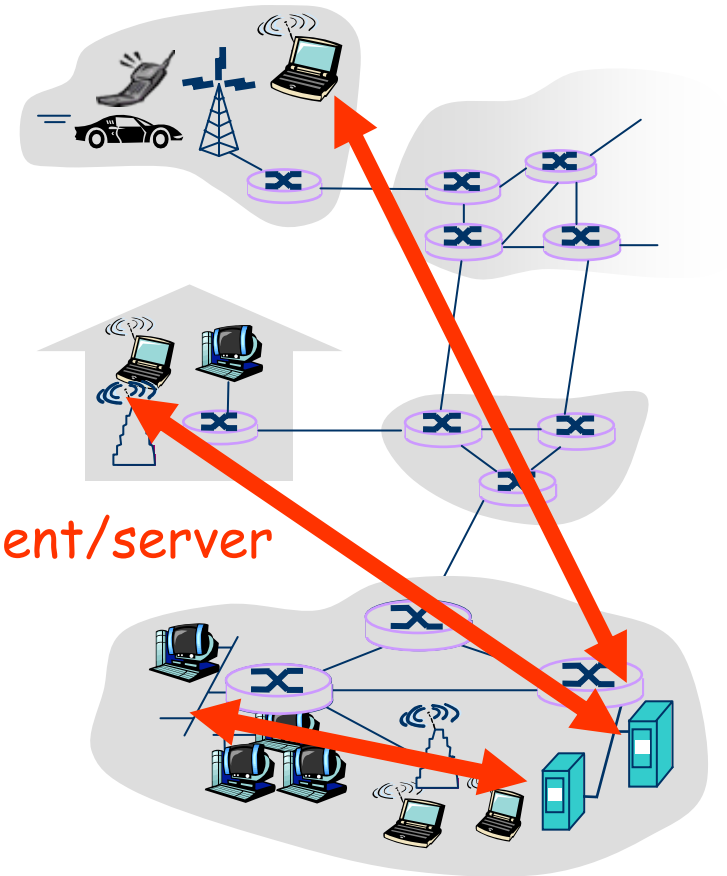
Αρχιτεκτονικές εφαρμογών δικτύου

- Η αρχιτεκτονική μιας εφαρμογής είναι διαφορετική από την αρχιτεκτονική δικτύου
- Για τον δημιουργό μιας εφαρμογής, η αρχιτεκτονική δικτύου είναι σταθερή και παρέχει συγκεκριμένες υπηρεσίες στις εφαρμογές
- Η αρχιτεκτονική εφαρμογής σχεδιάζεται από τον δημιουργό της και δείχνει πώς είναι δομημένη η εφαρμογή πάνω από στα διάφορα τερματικά.
- Κατά την επιλογή αρχιτεκτονικής εφαρμογής, αυτός που την δημιουργεί πιθανότατα θα επιλέξει μια από τις δύο επικρατούσες αρχιτεκτονικές: client-server και peer-to-peer (P2P)

Αρχιτεκτονικές εφαρμογών

- Client-server: υπάρχει πάντα ένας ενεργοποιημένος host (server) που εξυπηρετεί αιτήσεις από πολλούς άλλους host (clients).
- Peer-to-peer (P2P): αξιοποιεί την άμεση επικοινωνία μεταξύ ζευγών περιστασιακά συνδεομένων host, που ονομάζονται ομότιμοι (peers)
- Υβριδική: συνδυάζει στοιχεία και client-server και P2P

Αρχιτεκτονική Client-server



server:

- πάντα ενεργοποιημένος host
- μόνιμη διεύθυνση IP
- ομάδα από servers (server farm) για κλιμάκωση

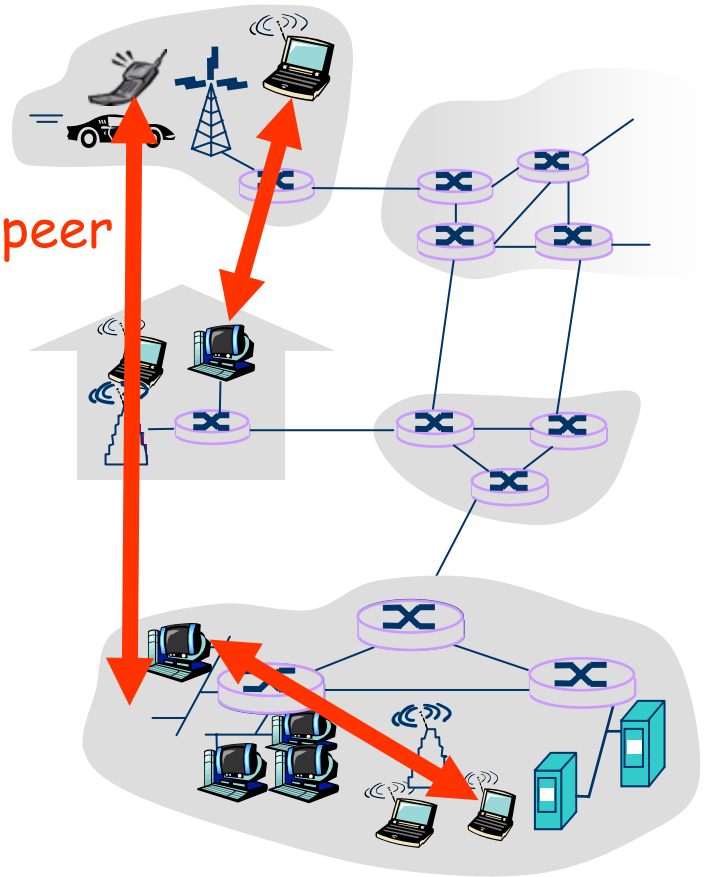
clients:

- επικοινωνούν με τον server
- μπορεί να συνδέονται περιστασιακά
- μπορεί να έχουν δυναμικές διευθύνσεις IP
- δεν επικοινωνούν απευθείας μεταξύ τους

Γνήσια αρχιτεκτονική P2P

- *όχι* πάντα ενεργοποιημένος server
- αυθαίρετα τερματικά συστήματα επικοινωνούν απευθείας
- οι ομότιμοι συνδέονται περιστασιακά και ανταλλάσσουν διευθύνσεις IP
- παράδειγμα: Gnutella

Πολύ κλιμακούμενη αλλά δύσκολα διαχειρίσιμη



Υβριδική client-server και P2P

Skype

- εφαρμογή voice-over-IP P2P
- κεντρικός server: βρίσκει τη διεύθυνση του απόμακρου μέρους
- σύνδεση client-client: άμεση (όχι μέσω server)

Instant messaging

- το chatting μεταξύ δύο χρηστών είναι P2P
- κεντρική υπηρεσία: ανίχνευση παρουσίας client/ εντοπισμός
  - ο χρήστης εγγράφει την IP διεύθυνσή του όταν είναι online
  - ο χρήστης επικοινωνεί με τον κεντρικό server για να βρει διευθύνσεις IP φίλων

Επικοινωνία διαδικασιών

Διαδικασία: πρόγραμμα που τρέχει σε κάποιον host.

- στον ίδιο host, δύο διαδικασίες επικοινωνούν χρησιμοποιώντας inter-process επικοινωνία (καθοριζόμενη από το OS).
- διαδικασίες σε διαφορετικούς host επικοινωνούν με ανταλλαγή μηνυμάτων

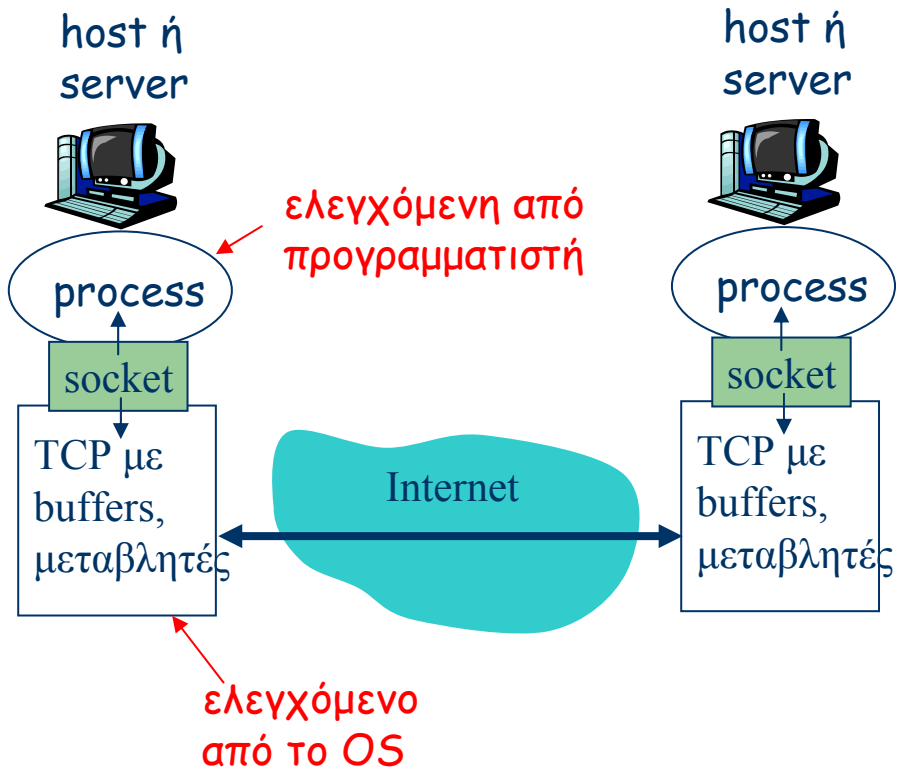
Διαδικασία client:
διαδικασία που αρχίζει την επικοινωνία

Διαδικασία server:
διαδικασία που αναμένει την επαφή

- Σημείωση: εφαρμογές με αρχιτεκτονικές P2P έχουν διαδικασίες client και διαδικασίες server

Διεπαφή διαδικασίας-δικτύου υπολογιστών

- μια διαδικασία στέλνει /λαμβάνει μηνύματα στο/από το δίκτυο μέσω μιας software διεπαφής, που καλείται υποδοχή (socket)
- διαδικασία/υποδοχή ανάλογο προς το σπίτι/πόρτα
  - -η αποστέλλουσα διαδικασία ωθεί το μήνυμα προς την υποδοχή της
  - -η αποστέλλουσα διαδικασία βασίζεται στην υποδομή μεταφοράς που βρίσκεται στην άλλη πλευρά της υποδοχής, η οποία φέρνει το μήνυμα στην υποδοχή στη διαδικασία λήψης



- API: (1) επιλογή του πρωτοκόλλου μεταφοράς, (2) δυνατότητα ρύθμισης λίγων παραμέτρων (π.χ. max buffer size και MSS)

Διευθυνσιοδότηση διαδικασιών

- για να λάβει μηνύματα, η διαδικασία πρέπει να έχει *ταυτότητα*
- ο host έχει μοναδική διεύθυνση IP 32-bit
- δεν αρκεί η διεύθυνση IP του host στον οποίο τρέχει η διαδικασία για να προσδιορίσει τη διαδικασία.
- *η ταυτότητα* μιας διαδικασίας περιλαμβάνει και τη διεύθυνση IP και τους αριθμούς θυρών που σχετίζονται με τη διαδικασία στον host.
- Παραδείγματα αριθμών θυρών:
  - HTTP server: 80
  - Mail server: 25
- για να σταλεί μήνυμα HTTP στον web server edu-dy.cn.ntua.gr:
  - διεύθυνση IP address: 147.102.40.9
  - αριθμός θύρας: 80

Ποια υπηρεσία μεταφοράς χρειάζεται μια εφαρμογή;

Απώλειες δεδομένων

- μερικές εφαρμογές (π.χ., audio) μπορεί να ανέχονται μερικές απώλειες
- άλλες εφαρμογές (π.χ., file transfer, telnet) απαιτούν 100% αξιόπιστη μεταφορά δεδομένων

Καθυστέρηση

- μερικές εφαρμογές (π.χ., Internet telephony, interactive games) απαιτούν μικρή καθυστέρηση για να είναι "αποτελεσματικές"

Εύρος ζώνης

- μερικές εφαρμογές (π.χ., multimedia) απαιτούν κάποιο ελάχιστο εύρος ζώνης για να είναι "αποτελεσματικές"
- άλλες εφαρμογές ("ελαστικές") χρησιμοποιούν οποιοδήποτε εύρος ζώνης είναι διαθέσιμο

Απαιτήσεις εφαρμογών για την υπηρεσία μεταφοράς

Εφαρμογή	Απώλειες	Εύρος ζώνης	Ευαισθησία στην καθυστέρηση
file transfer	όχι	ευέλικτο	όχι
e-mail	όχι	ευέλικτο	όχι
Web documents	όχι	ευέλικτο	όχι
real-time audio/video	ανεκτές	audio: 5kbps-1Mbps video:10kbps-5Mbps	ναι, 100's msec
stored audio/video	ανεκτές	όπως ανωτέρω	ναι, λίγα sec
interactive games	ανεκτές	λίγα kbps – 10kbps	ναι, 100's msec
instant messaging	όχι	ευέλικτο	ναι και όχι

Υπηρεσίες μεταφοράς στο Internet

Υπηρεσία TCP:

- *με σύνδεση:* απαιτείται εγκατάσταση σύνδεσης μεταξύ των διαδικασιών client και server
- *αξιόπιστη μεταφορά* μεταξύ διαδικασίας εκπομπής και διαδικασίας λήψης
- *έλεγχος ροής:* ο πομπός δεν πλημμυρίζει τον δέκτη
- *έλεγχος συμφόρησης:* εμποδίζει τον πομπό όταν το δίκτυο είναι υπερφορτωμένο
- *δεν παρέχει:* χρονική εγγύηση και εξασφάλιση ελάχιστου εύρους ζώνης

Υπηρεσία UDP:

- αναξιόπιστη μεταφορά δεδομένων μεταξύ διαδικασίας εκπομπής και διαδικασίας λήψης
- δεν παρέχει: εγκατάσταση σύνδεσης, αξιοπιστία, έλεγχο ροής, έλεγχο συμφόρησης, χρονική εγγύηση ή εξασφάλιση εύρους ζώνης

Πρωτόκολλα στρώματος εφαρμογής

- Ένα πρωτόκολλο στρώματος εφαρμογής ορίζει:
  - Τύπους ανταλλασσόμενων μηνυμάτων,
    - π.χ., request, response
  - Συντακτικό μηνυμάτων:
    - ποια πεδία στο μήνυμα και πώς τα πεδία περιγράφονται
  - Σημασιολογία των μηνυμάτων
    - σημασία της πληροφορίας στα διάφορα πεδία
  - Κανόνες για το πότε και πώς οι διαδικασίες στέλνουν και απαντούν σε μηνύματα
- Public-domain protocols: ορίζονται στα RFC
  - επιτρέπουν διαλειτουργία
  - π.χ., HTTP, SMTP
- Proprietary protocols:
  - π.χ., Skype

Εφαρμογές στο Internet: πρωτόκολλα εφαρμογής και μεταφοράς

Εφαρμογή	Πρωτόκολλο στρ. εφαρμογής	Πρωτόκολλο στρ. μεταφοράς
e-mail	SMTP [RFC 2821]	TCP
remote terminal access	Telnet [RFC 854]	TCP
Web	HTTP [RFC 2616]	TCP
file transfer	FTP [RFC 959]	TCP
streaming multimedia	HTTP (π.χ., YouTube), RTP	TCP ή UDP
Internet telephony	SIP, RTP ή proprie-tary (π.χ., Skype)	τυπικά UDP

Web και HTTP

Βασικοί ορισμοί

- Μια ιστοσελίδα αποτελείται από αντικείμενα
- Αντικείμενο μπορεί να είναι ένα αρχείο HTML, μια εικόνα JPEG, Java applet, αρχείο audio,…
- Μια ιστοσελίδα αποτελείται από βασικό αρχείο HTML που περιέχει αρκετά αναφερόμενα αντικείμενα
- Κάθε αντικείμενο διευθυνσιοδοτείται με ένα URL
- Παράδειγμα URL:

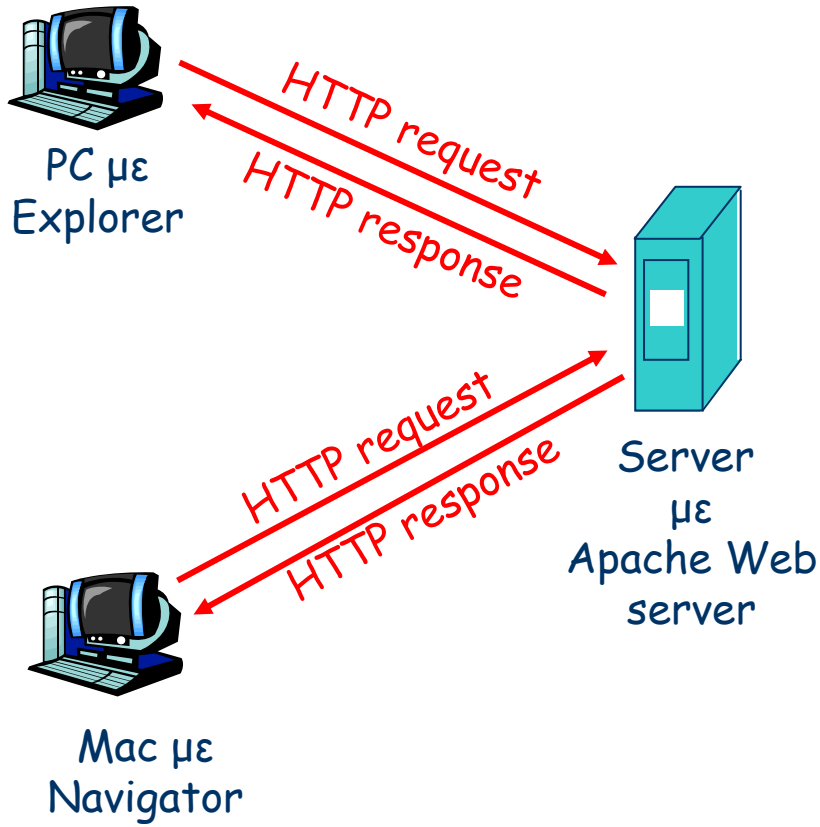
`www.someschool.edu/someDept/pic.gif`

όνομα host | όνομα διαδρομής

HTTP: Εισαγωγή

HTTP: HyperText Transfer Protocol

- πρωτόκολλο στρώματος εφαρμογής του Web
- μοντέλο client/server
  - *client:* browser που ζητάει, λαμβάνει, "απεικονίζει" Web αντικείμενα
  - *server:* ο Web server στέλνει αντικείμενα απαντώντας σε αιτήσεις
- HTTP 1.0: RFC 1945
- HTTP 1.1: RFC 2068



HTTP: Εισαγωγή (2)

Χρησιμοποιεί TCP:

- ο client ξεκινά σύνδεση TCP (δημιουργεί υποδοχή) προς τον server, θύρα 80
- ο server αποδέχεται τη σύνδεση TCP από τον client
- μηνύματα HTTP (μηνύματα πρωτοκόλλου στρώματος εφαρμογής) ανταλλάσσονται μεταξύ του browser (HTTP client) και του Web server (HTTP server)
- η σύνδεση TCP κλείνει

Το HTTP είναι "ακαταστατικό"

- ο server δεν κρατάει πληροφορίες για προηγούμενες αιτήσεις του client

Τα πρωτόκολλα που διατηρούν "κατάσταση" είναι πολύπλοκα!

- πρέπει να διατηρείται πληροφορία για το παρελθόν (κατάσταση)
- αν ο server/client χαλάσει, οι εικόνες τους για την κατάσταση μπορεί να είναι ασύμβατες και πρέπει να , ξαναγίνουν συμβατές

Συνδέσεις HTTP

Μη επίμονο HTTP

- Το πολύ ένα αντικείμενο στέλνεται πάνω από μια σύνδεση TCP.
- Το HTTP/1.0 χρησιμοποιεί μη επίμονο HTTP

Επίμονο HTTP

- Πολλά αντικείμενα μπορεί να σταλούν πάνω από την ίδια σύνδεση TCP μεταξύ client και server.
- Το HTTP/1.1 χρησιμοποιεί επίμονο HTTP στον default τρόπο λειτουργίας

Μη επίμονο HTTP

Υποθέστε ότι ο χρήστης εισάγει το URL (περιέχει κείμενο, αναφορές για 10 εικόνες jpeg)

`www.someSchool.edu/someDepartment/home.index`

1a. Ο HTTP client ξεκινά μια σύνδεση TCP προς τον HTTP server στο www.someSchool.edu , port 80

1b. Ο HTTP server στον host www.someSchool.edu αναμένει για σύνδεση TCP στην θύρα 80, "αποδέχεται" τη σύνδεση ειδοποιώντας τον client

2. Ο HTTP client στέλνει HTTP *request message* (που περιέχει το URL) στην υποδοχή της σύνδεσης TCP. Το μήνυμα δείχνει ότι ο client θέλει το αντικείμενο someDepartment/home.index

3. Ο HTTP server λαμβάνει το μήνυμα αίτησης, σχηματίζει ένα *response message* που περιέχει το αντικείμενο που ζητήθηκε και στέλνει μήνυμα στην υποδοχή του

χρόνος

Nonpersistent HTTP (2)

χρόνος

4. Ο HTTP server κλείνει τη σύνδεση TCP.

5. Ο HTTP client λαμβάνει το μήνυμα απάντησης που περιέχει το αρχείο html, απεικονίζει το html. Αναλύοντας το αρχείο html, βρίσκει αναφορές για 10 αντικείμενα jpeg

6. Τα βήματα 1-5 επαναλαμβάνονται για κάθε ένα από τα 10 αντικείμενα jpeg

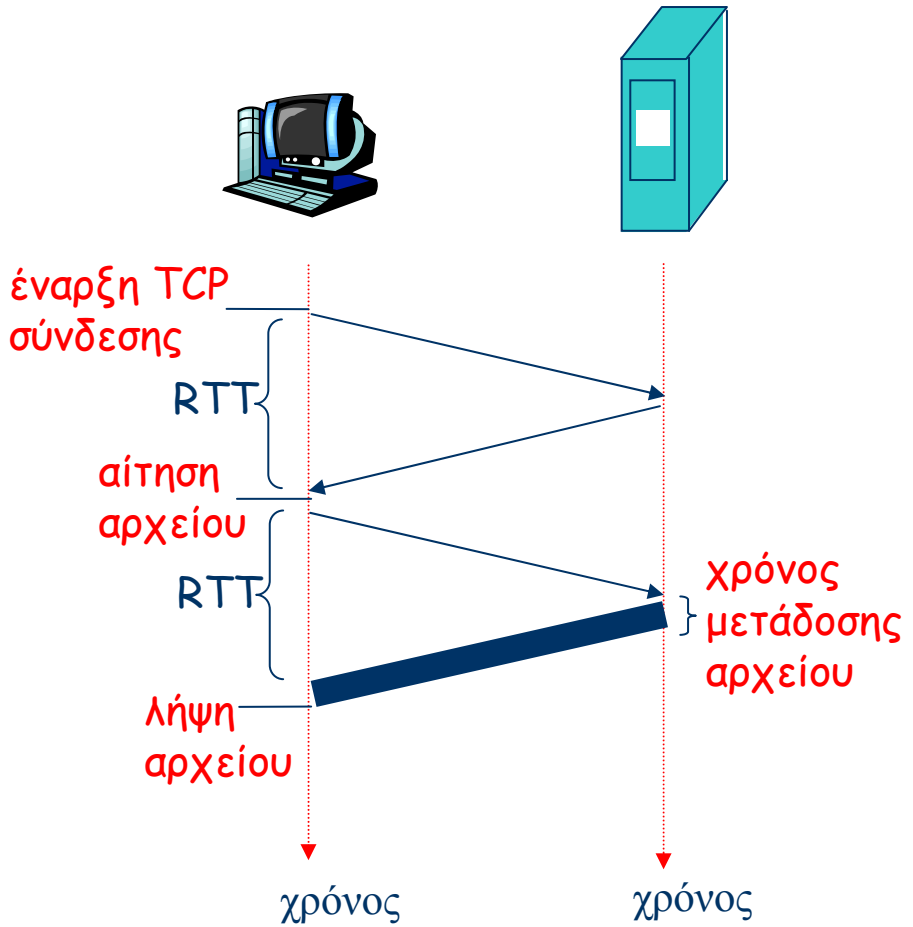
Μη επίμονο HTTP: χρόνος απόκρισης

Ορισμός του RTT: χρόνος για να πάει ένα μικρό πακέτου από τον client στον server και πίσω.

Το RTT περιλαμβάνει χρόνους διάδοσης και χρόνους αναμονής και επεξεργασίας στους ενδιάμεσους δρομολογητές

Χρόνος απόκρισης:

- ένα RTT για την έναρξη της σύνδεσης TCP
- ένα RTT για την αίτηση HTTP και την επιστροφή των πρώτων λίγων byte της HTTP απάντησης
- χρόνος μετάδοσης αρχείου



total = 2RTT+χρόνος μετάδοσης

Επίμονο HTTP

Μη επίμονο HTTP:

- απαιτεί 2 RTT ανά object
- overhead στο OS για *κάθε* σύνδεση TCP
- οι browser ανοίγουν συχνά παράλληλες συνδέσεις TCP για να φέρουν αναφερόμενα objects

Επίμονο HTTP

- ο server αφήνει ανοικτή τη σύνδεση μετά την αποστολή της απάντησης
- διαδοχικά μηνύματα HTTP μεταξύ των ίδιων client/server στέλνονται πάνω από την ανοικτή σύνδεση

Επίμονο ***χωρίς*** συνεχή παροχή:

- ο client κάνει νέα αίτηση μόνο όταν ληφθεί η προηγούμενη απάντηση
- ένα RTT για κάθε αναφερόμενο object

Επίμονο ***με*** συνεχή παροχή:

- ο client στέλνει αιτήσεις μόλις συναντήσει ένα αναφερόμενο object
- κατ' ελάχιστον ένα RTT για όλα τα αναφερόμενα objects
- default στο HTTP/1.1

Μήνυμα αίτησης HTTP

- δύο τύποι μηνυμάτων HTTP: *request, response*
- HTTP request:
  - ASCII (μορφή αναγνώσιμη από ανθρώπους)

γραμμή αίτησης (GET, POST, HEAD εντολές)

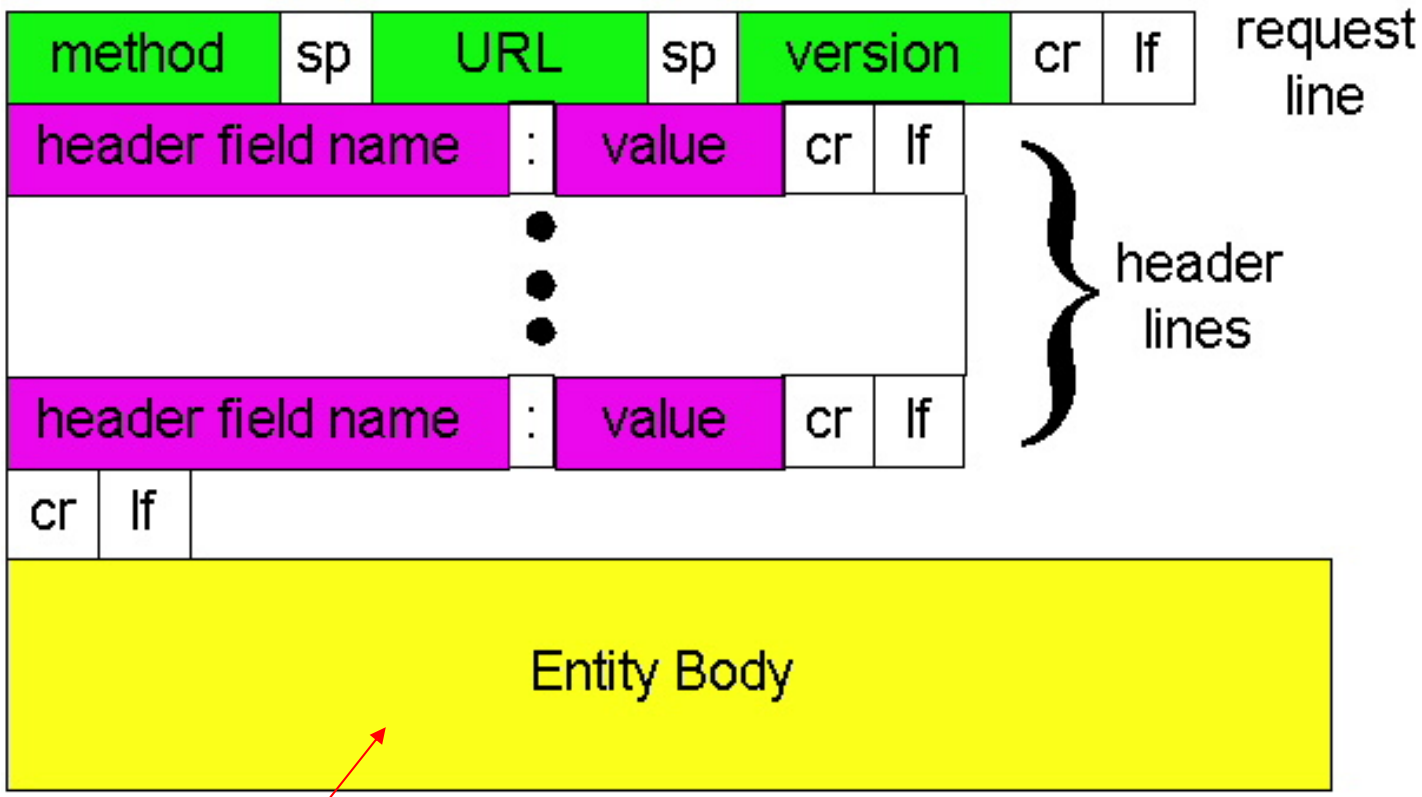
γραμμές επικεφαλίδας

```
GET /somedir/page.html HTTP/1.1
Host: www.someschool.edu
Connection: close
User-agent: Mozilla/4.0
Accept-language:fr
```

Carriage return, line feed δηλώνει το τέλος του μηνύματος

(extra carriage return, line feed)

HTTP request: γενική μορφή



άδειο στο GET, χρησιμοποιείται στο POST

Αίτηση με φόρμα εισόδου

Μέθοδος Post:

- Η Web page περιέχει συχνά φόρμα εισόδου
- Τα δεδομένα εισόδου ανεβάζονται στον server μέσα στο entity body

Μέθοδος URL:

- Χρησιμοποιεί τη μέθοδο GET
- Τα δεδομένα εισόδου μπαίνουν στο πεδίο URL της γραμμής αίτησης:

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

Άλλες μέθοδοι αίτησης

Μέθοδος HEAD:

- Παρόμοια με τη GET
- Όταν ο server λαμβάνει αίτηση με τη μέθοδο HEAD απαντάει αφήνοντας εκτός του ζητούμενο αντικείμενο.
- Χρησιμοποιείται κυρίως για debugging.

Μέθοδος PUT:

- Επιτρέπει στον χρήστη να ανεβάσει ένα αντικείμενο σε συγκεκριμένη διαδρομή (directory) ενός server
- Χρησιμοποιείται επίσης από εφαρμογές που χρειάζεται να ανεβάσουν αντικείμενα σε Web servers

Μέθοδος DELETE:

- Επιτρέπει στον χρήστη ή σε μια εφαρμογή να απαλείψει ένα αντικείμενο από έναν Web server

Τύποι μεθόδων στο HTTP

HTTP/1.0

- GET
- POST
- HEAD
  - ζητά από τον server να μην συμπεριλάβει στην απάντηση το αιτούμενο object

HTTP/1.1

- GET, POST, HEAD
- PUT
  - τοποθετεί αρχείο στο entity body σε διαδρομή που καθορίζεται σε πεδίο URL
- DELETE
  - απαλείφει το αρχείο που ορίζεται στο πεδίο URL

HTTP response

γραμμή κατάστασης (πρωτόκολλο κωδ. κατάστασης κατάσταση)

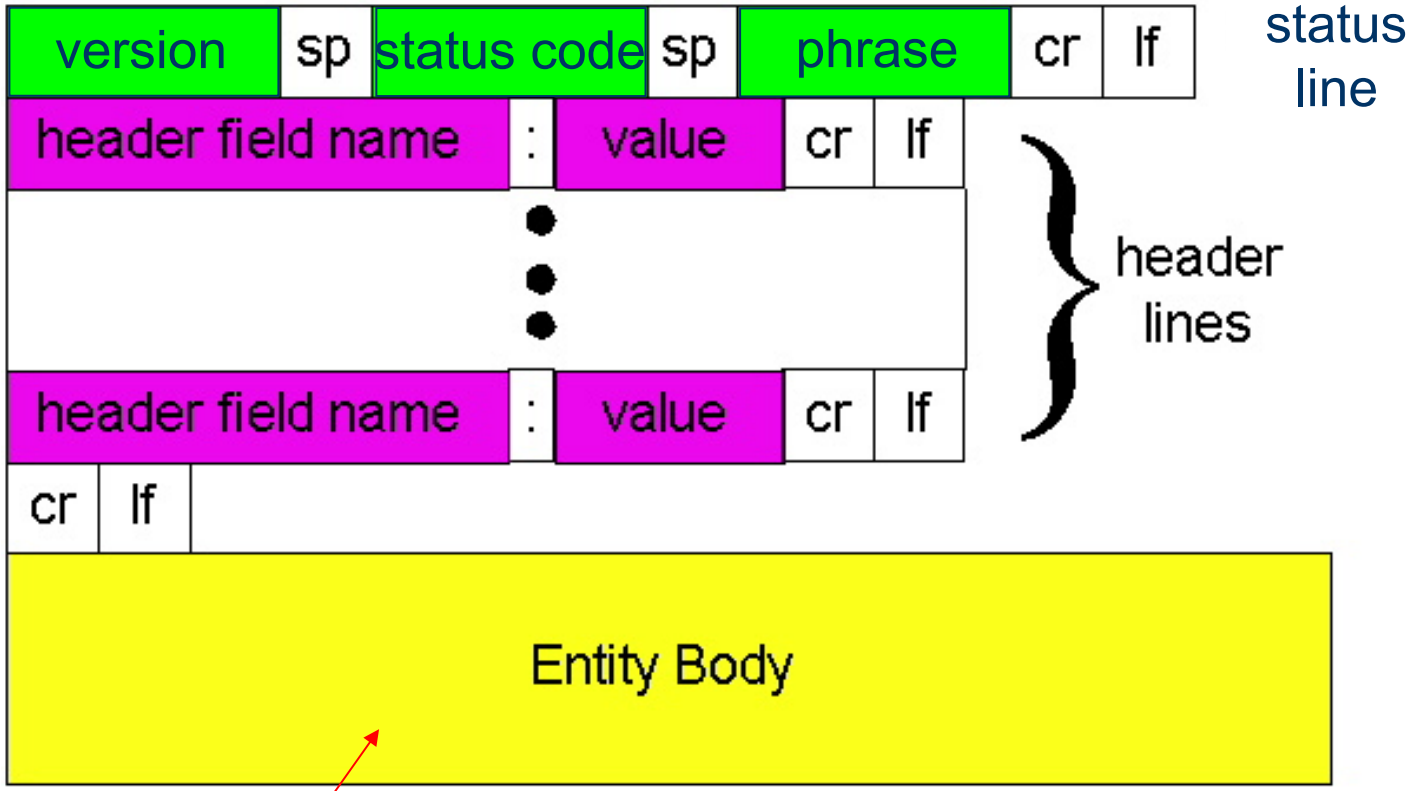
γραμμές επικεφαλίδας

δεδομένα, π.χ., ζητούμενο αρχείο HTML

```
HTTP/1.1 200 OK
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 ...
```

HTTP response: γενική μορφή



περιέχει το ζητηθέν αντικείμενο

HTTP response: κωδικοί κατάστασης

Στην πρώτη γραμμή του μηνύματος απάντησης server-> client.

Παραδείγματα κωδικών:

200 OK

- η αίτηση πέτυχε, το ζητηθέν αντικείμενο ακολουθεί μέσα σ' αυτό το μήνυμα

301 Moved Permanently

- το ζητηθέν αντικείμενο μετακινήθηκε, η νέα θέση καθορίζεται παρακάτω σ' αυτό το μήνυμα (Location:)

400 Bad Request

- το μήνυμα αίτησης δεν έγινε κατανοητό από τον server

404 Not Found

- το ζητηθέν αντικείμενο δεν βρέθηκε σ' αυτόν τον server

505 HTTP Version Not Supported

Κατάσταση user-server: cookies

Πολλές μεγάλες ιστοθέσεις χρησιμοποιούν cookies

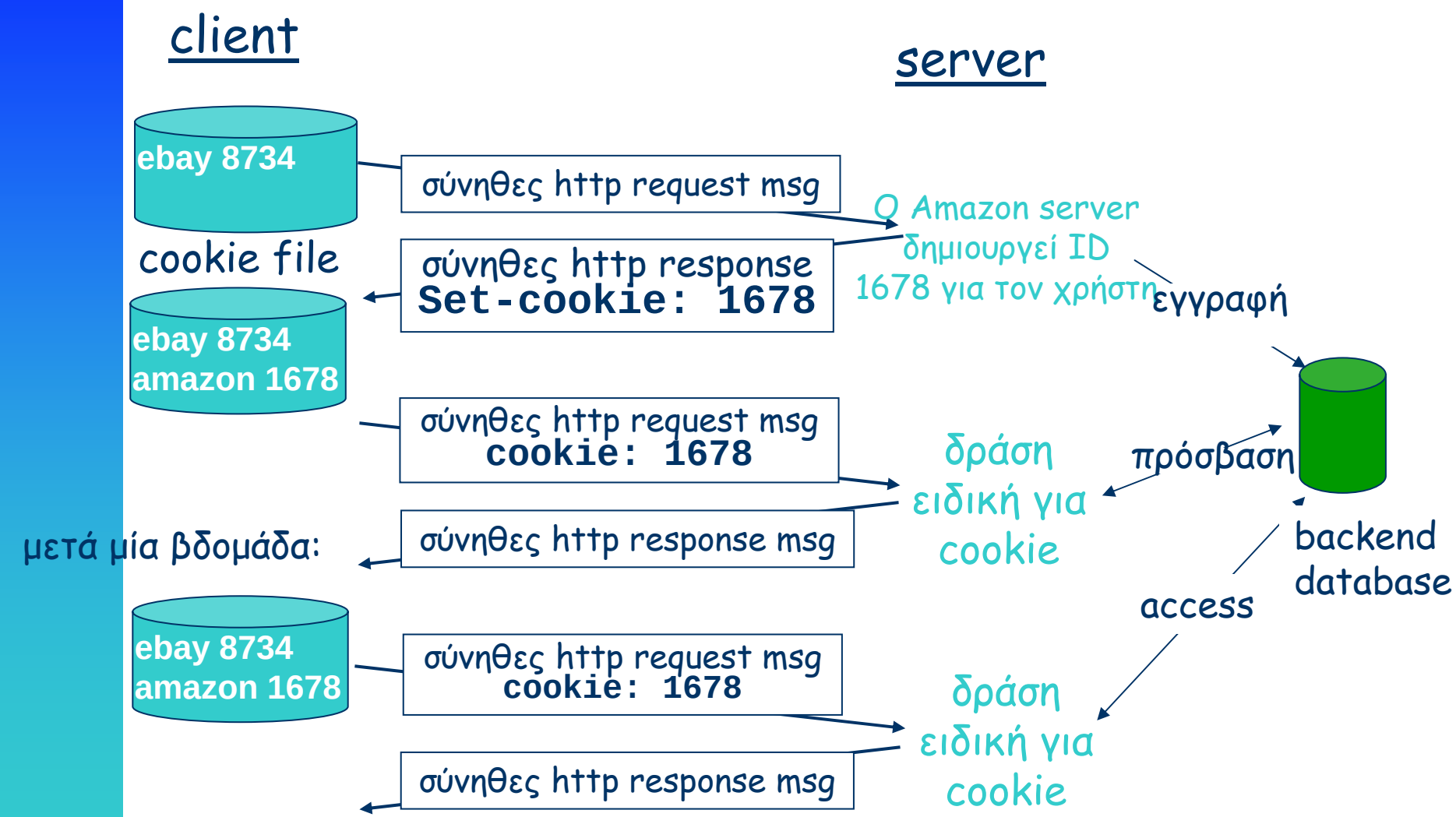
4 μέρη:

1) γραμμή επικεφαλίδας cookie στο μήνυμα HTTP *response*
2) γραμμή επικεφαλίδας cookie στο μήνυμα HTTP *request*
3) αρχείο cookie διατηρούμενο στον host του χρήστη και υφιστάμενο διαχείριση από τον browser του χρήστη
4) back-end database στο Web site

Παράδειγμα:

- Ο χρήστης Χ κάνει πάντα πρόσβαση στο Internet από το PC του
- επισκέπτεται το Amazon για πρώτη φορά
- όταν η αρχική αίτηση HTTP φθάσει στον Amazon server, ο server δημιουργεί:
  - μοναδική ID
  - εγγραφή στην backend database για την ID

Cookies: διατήρηση κατάστασης (2)



Cookies (3)

Τι μπορεί να μεταφέρουν τα cookies:

- εξουσιοδότηση
- κάρτες αγοράς
- συστάσεις
- Web e-mail

Cookies και ιδιωτικό απόρρητο:

- τα cookies επιτρέπουν στα sites να μάθουν πολλά για τους χρήστες
- οι χρήστες μπορεί να δίνουν όνομα και e-mail στα sites

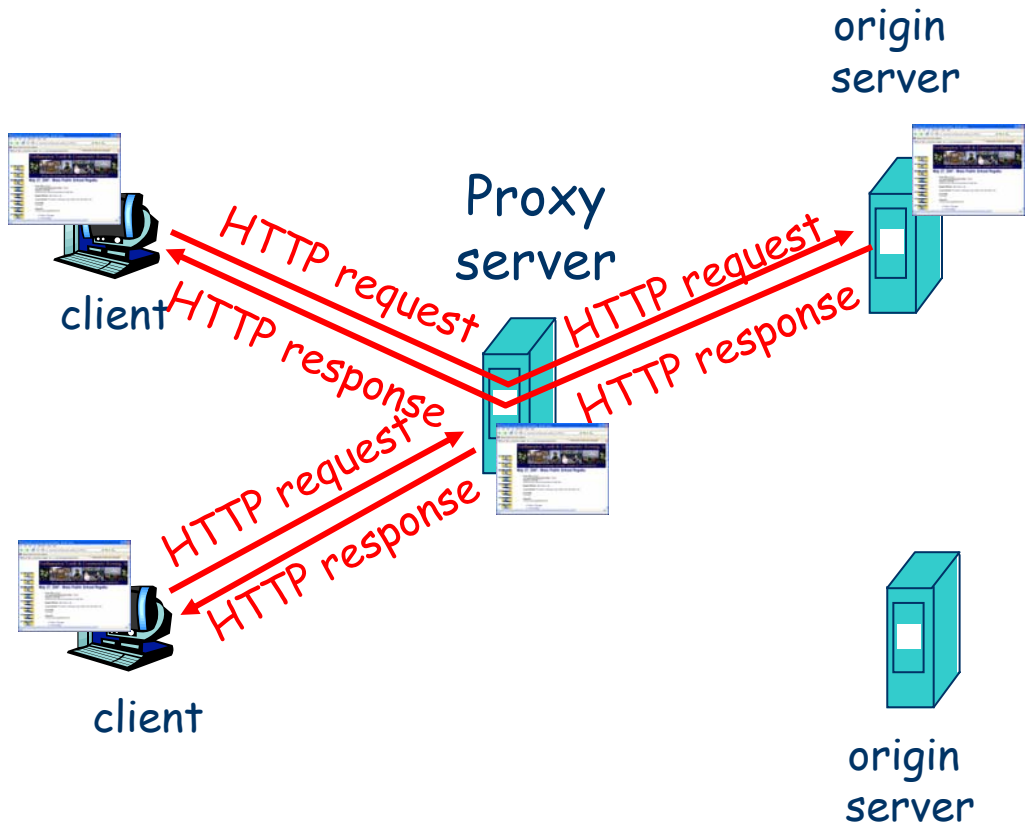
Πώς διατηρείται η "κατάσταση":

- τα άκρα του πρωτοκόλλου: διατηρούν την κατάσταση στον πομπό/δέκτη για πολλαπλές transactions
- cookies: μηνύματα http μεταφέρουν την κατάσταση

Web cache (proxy server)

Στόχος: ικανοποίηση της αίτησης του client χωρίς την ανάμιξη του αρχικού server

- ο χρήστης θέτει στον browser: Web accesses via cache
- ο browser στέλνει όλες τις αιτήσεις HTTP στην cache
  - υπάρχει το object στην cache: η cache επιστρέφει το object
  - αλλιώς η cache ζητά το object από τον αρχικό server και στη συνέχεια επιστρέφει το object στον client



Περισσότερα για το Web caching

- η cache λειτουργεί και ως client και ως server
- τυπικά η cache εγκαθίσταται από τον ISP (πανεπιστήμιο, εταιρία, οικιακό ISP)

Γιατί Web caching;

- περιορίζει τον χρόνο απόκρισης στην αίτηση του client
- περιορίζει την κίνηση στη ζεύξη πρόσβασης ενός ιδρύματος.
- Internet με μεγάλη πυκνότητα από cache: δίνει τη δυνατότητα σε "φτωχούς" παρόχους περιεχομένου να παραδίδουν περιεχόμενο με αποτελεσματικό τρόπο (αλλά το ίδιο κάνει και το P2P file sharing)

Παράδειγμα Caching

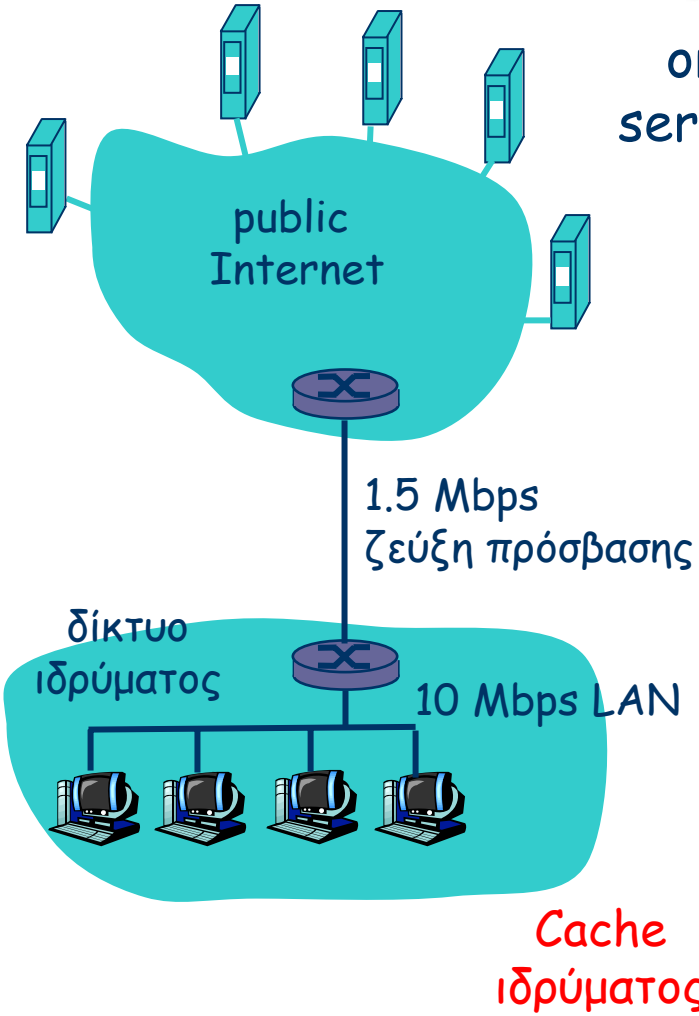
Υποθέσεις

- μέσο μέγεθος object = 100kbit
- μέσος ρυθμός αιτήσεων από τους browser των ιδρυμάτων προς τους αρχικούς server = 15 αιτήσεις/sec
- καθυστέρηση από τον δρομολογητή του ιδρύματος μέχρι οποιονδήποτε αρχικό server και πίσω μέχρι τον δρομολογητή = 2 sec

Συνέπειες

- χρησιμοποίηση στο LAN = 15%
- χρησιμοποίηση στη ζεύξη πρόσβασης = 100%
- συνολική καθυστέρηση = καθυστέρηση Internet + καθυστέρηση πρόσβασης + καθυστέρηση LAN

= 2 sec + minutes + milliseconds



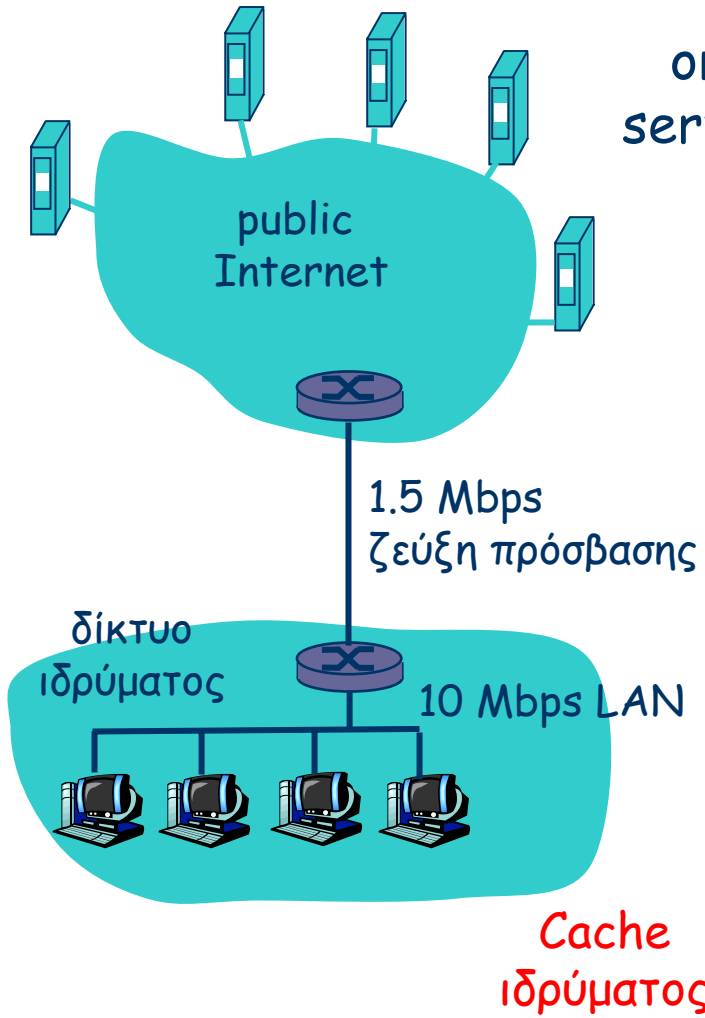
Παράδειγμα Caching (2)

εφικτή λύση

- αύξηση του εύρους ζώνης της ζεύξης πρόσβασης, έστω, στα 10 Mbps

συνέπεια

- χρησιμοποίηση στο LAN = 15%
- χρησιμοποίηση στη ζεύξη πρόσβασης = 15%
- συνολική καθυστέρηση = καθυστέρηση Internet + καθυστέρηση πρόσβασης + καθυστέρηση LAN
  = 2 sec + msecs + msecs
- συνήθως μια δαπανηρή αναβάθμιση



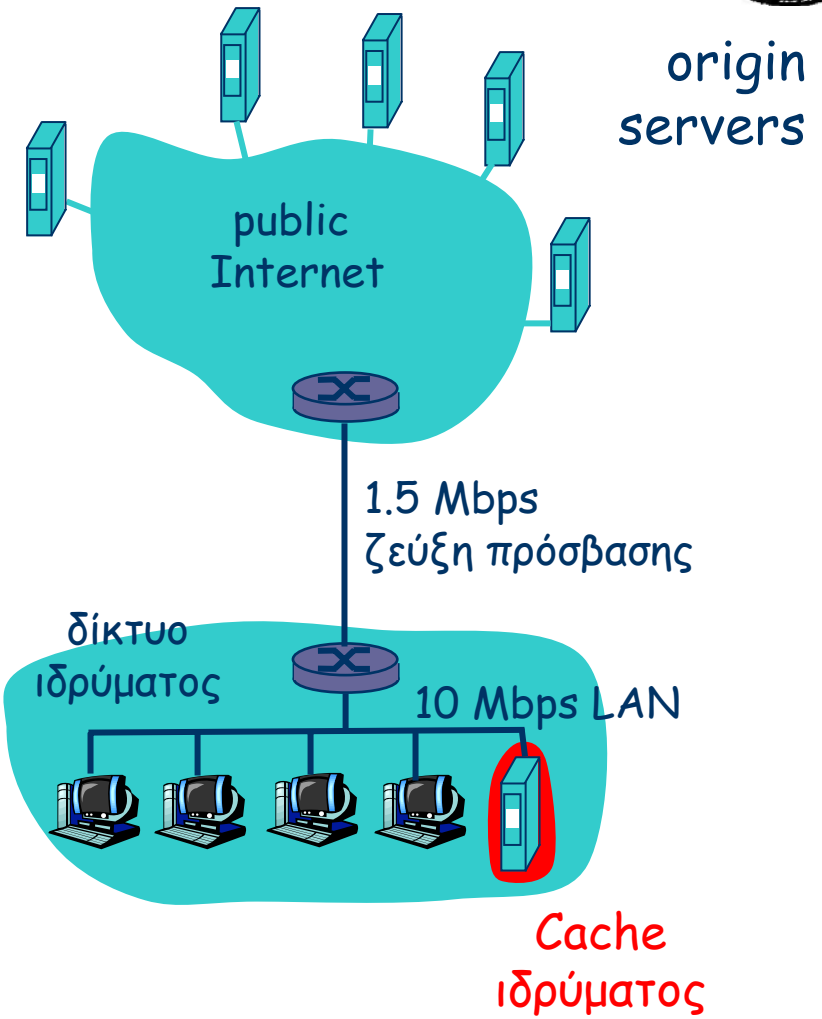
Παράδειγμα Caching (3)

εφικτή λύση: εγκατάσταση cache

- έστω ότι ο ρυθμός επιτυχίας είναι 0.4

συνέπεια

- 40% των αιτήσεων θα ικανοποιούνται σχεδόν αμέσως
- 60% των αιτήσεων θα ικανοποιούνται από τον αρχικό server
- η χρησιμοποίηση της γραμμής πρόσβασης περιορίζεται στο 60%, με αποτέλεσμα αμελητέες καθυστερήσεις (έστω 10 msec)
- συνολική μέση καθυστέρηση = καθυστέρηση Internet + καθυστέρηση πρόσβασης + καθυστέρηση LAN = .6*(2.01) secs + .4*milliseconds < 1.4 secs

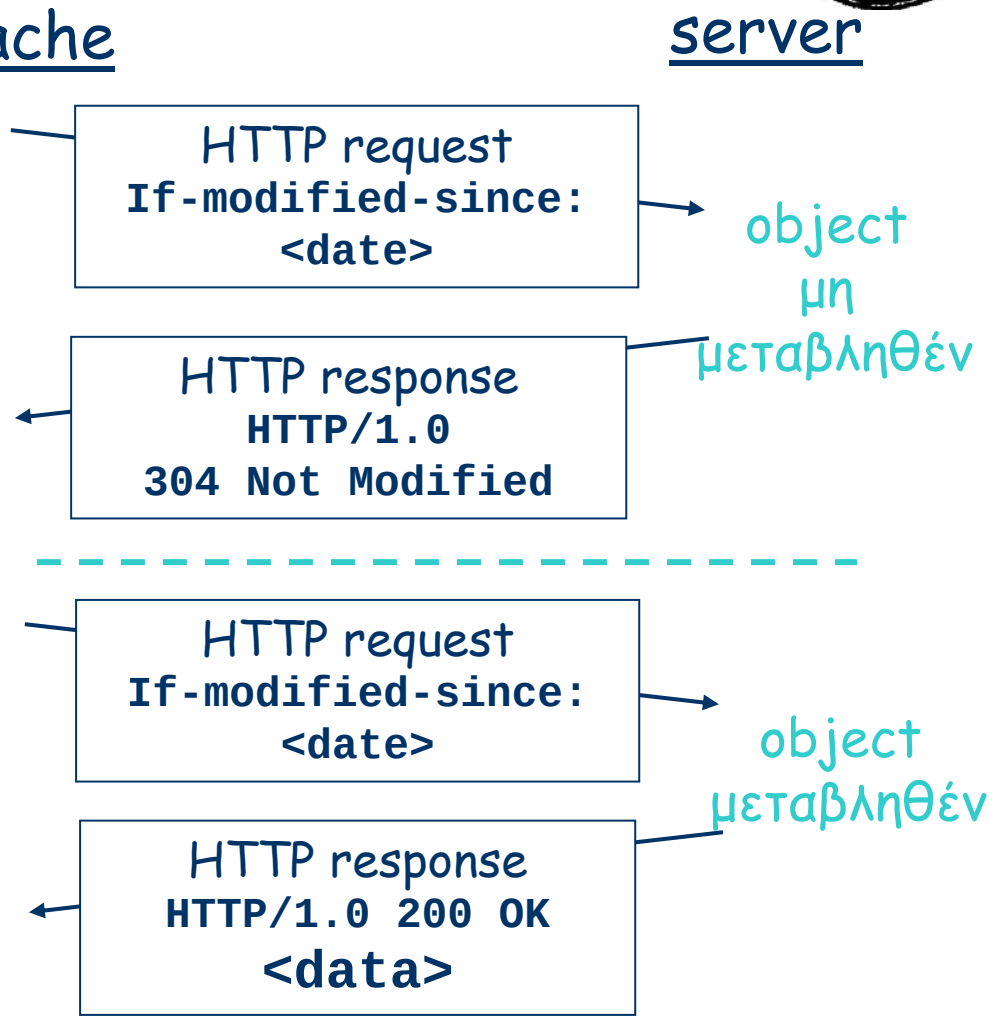


Δυνητικό GET

- Στόχος: να μην αποσταλλεί ένα object αν η cache έχει αποθηκευμένη ενημερωμένη έκδοσή του
- cache: προσδιορίζει την ημερομηνία του αποθηκευμένου αντιγράφου στην αίτηση HTTP

  If-modified-since: <date>
- server: η απάντησή του δεν περιέχει το object αν το αντίγραφο που βρίσκεται στην cache είναι ενημερωμένο:

  HTTP/1.0 304 Not Modified



P2P file sharing

Παράδειγμα

- Ο Χ τρέχει μια εφαρμογή P2P client στο notebook του
- από καιρού εις καιρό συνδέεται στο Internet και λαμβάνει νέα διεύθυνση IP σε κάθε σύνδεση
- ζητά το "Hey Jude"
- η εφαρμογή απεικονίζει άλλους ομότιμους που έχουν αντίγραφο του Hey Jude.
- Ο Χ επιλέγει έναν από τους ομότιμους, τον Υ.
- το αρχείο αντιγράφεται από το PC του Υ στο notebook του Χ: HTTP
- ενώ ο Χ κατεβάζει το αρχείο, άλλοι χρήστες παίρνουν από τον Χ.
- η ομότιμη οντότητα του Χ είναι και Web client και ένας περιστασιακός Web server.

Όλοι οι ομότιμοι είναι servers = υψηλή κλιμάκωση!

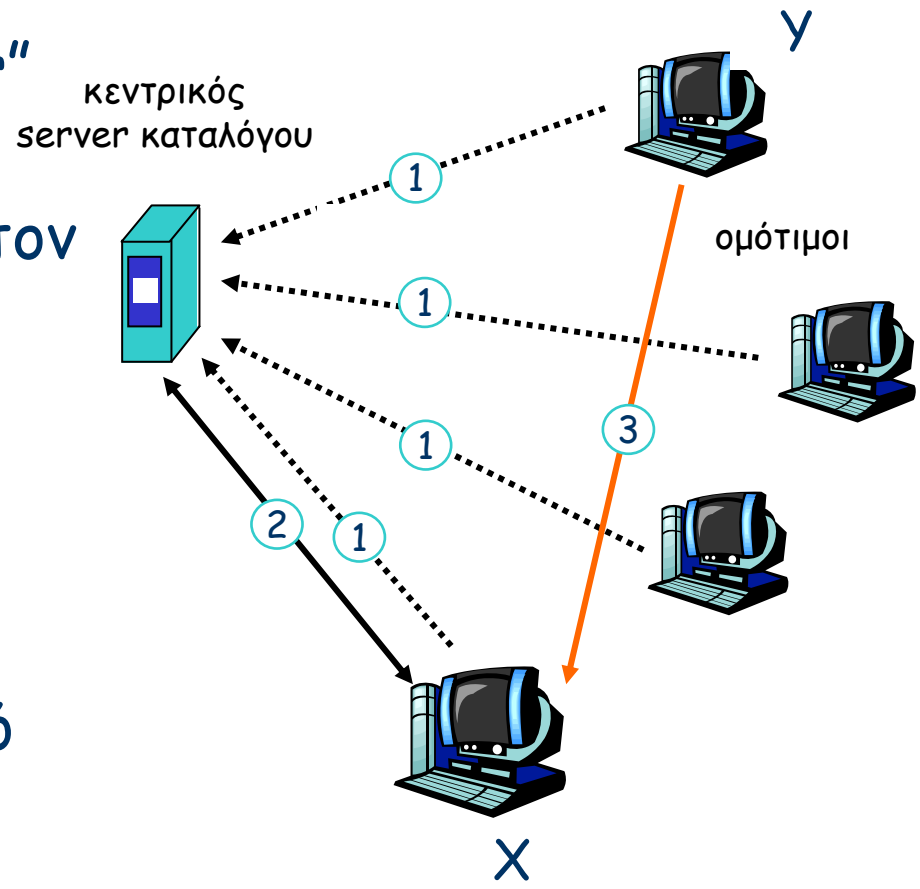
Αναζήτηση πληροφορίας σε P2P

- Βασικό στοιχείο σε πολλές εφαρμογές P2P είναι ένας κατάλογος πληροφοριών – αντιστοίχηση πληροφορίας με θέση host
- Οι ομότιμοι δυναμικά ενημερώνουν τον κατάλογο και ψάχνουν στον κατάλογο
- Υπάρχουν διαφορετικές προσεγγίσεις όσο αφορά την οργάνωση του καταλόγου και την αναζήτηση σ' αυτόν από μια κοινότητα ομότιμων.
  - Κεντρικός κατάλογος
  - Query flooding
  - Ιεραρχική διάρθρωση

P2P: κεντρικός κατάλογος

αρχική σχεδίαση "Napster"

1) όταν ένας ομότιμος συνδέεται, πληροφορεί τον κεντρικό server:
   - διεύθυνση IP
   - περιεχόμενο
2) Ο Χ αναζητά το "Hey Jude"
3) Ο Χ ζητά το αρχείο από τον Υ



P2P: προβλήματα με τον κεντρικό κατάλογο

- μοναδικό σημείο αποτυχίας
- σημείο συνωστισμού , όσο αφορά την επίδοση
- δικαιώματα copyright

η μεταφορά αρχείων είναι αποκεντρωμένη, αλλά ο εντοπισμός του περιεχομένου είναι πολύ κεντρικός

Query flooding: Gnutella

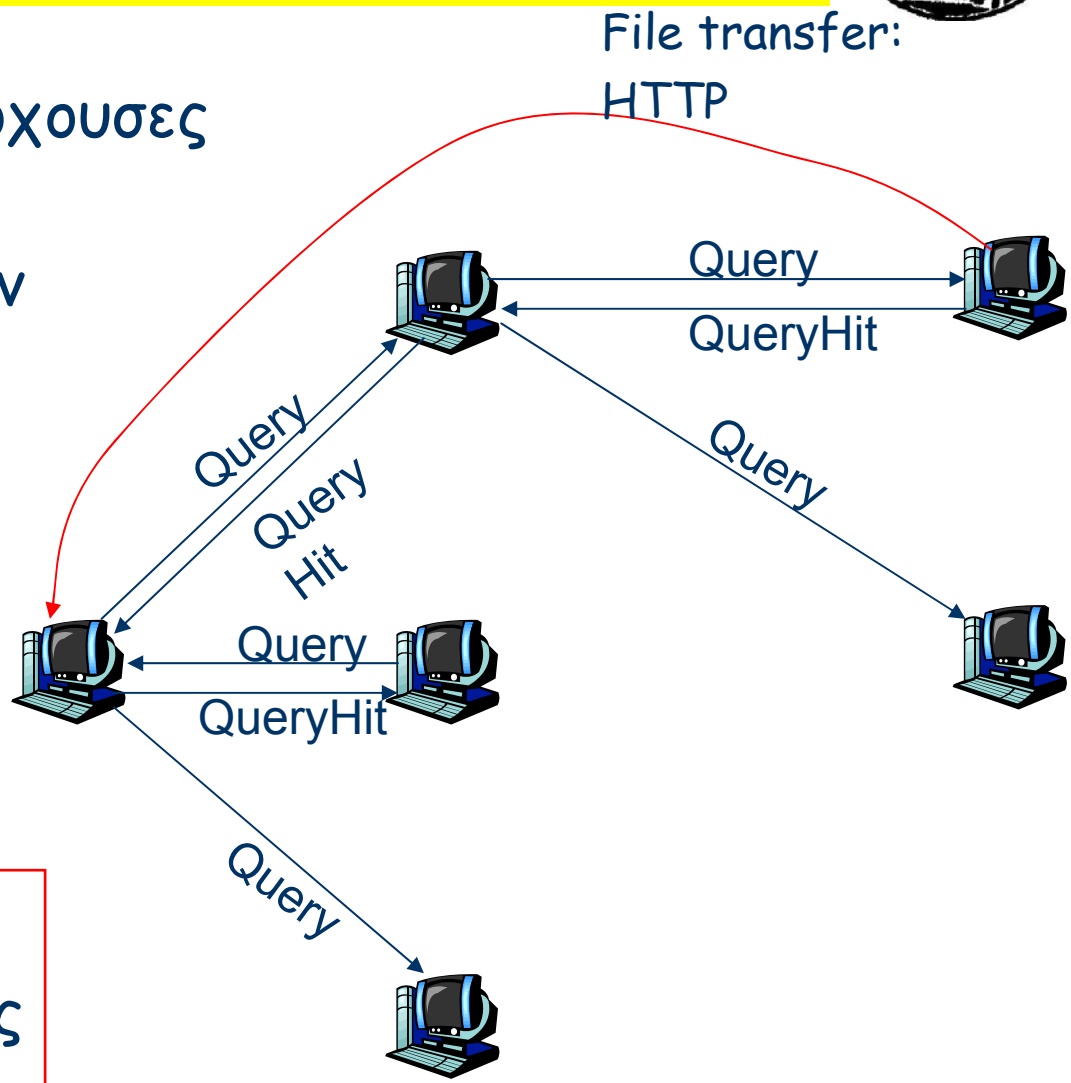
- πλήρως κατανεμημένος κατάλογος
  - όχι κεντρικός server
- πρωτόκολλο public domain
- κάθε ομότιμος έχει κατάλογο των αρχείων που διαθέτει προς διανομή
- πολλοί clients υλοποιούν το πρωτόκολλο

υπερκείμενο δίκτυο: γράφος

- ακμή μεταξύ των ομότιμων X και Y αν υπάρχει σύνδεση TCP
- όλοι οι ενεργοί ομότιμοι και οι ακμές σχηματίζουν υπερκείμενο δίκτυο
- ακμή: νοητή (*όχι* φυσική) ζεύξη
- ένας ομότιμος συνδέεται συνήθως με < 10 overlay γείτονες

Gnutella: πρωτόκολλο

- μήνυμα Query στέλνεται από τις υπάρχουσες συνδέσεις TCP
- οι ομότιμοι προωθούν το μήνυμα Query
- QueryHit αποστέλλεται στην ανάστροφη διαδρομή



Κλιμάκωση:

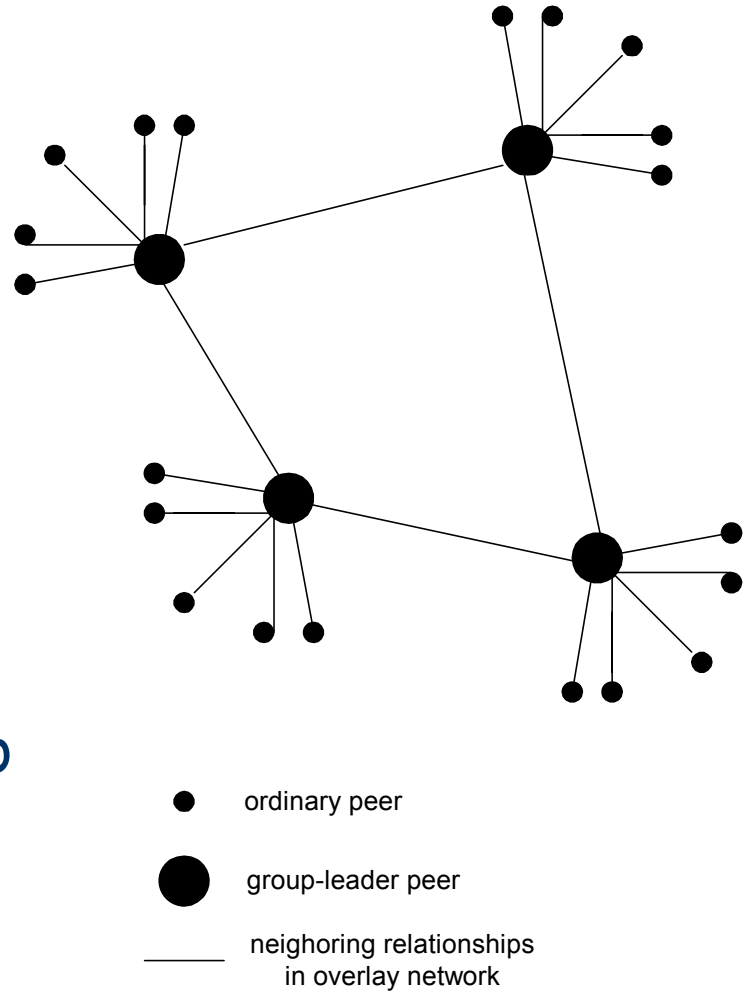
περιορισμένης έκτασης πλημμύρα

Gnutella: ένταξη ομοτίμων

1. ο εντασσόμενος ομότιμος Χ πρέπει να βρει έναν άλλο ομότιμο στο δίκτυο Gnutella: χρησιμοποιεί λίστα υποψήφιων ομότιμων
2. ο Χ επιχειρεί διαδοχικές συνδέσεις TCP με υποψήφιους ομότιμους μέχρι να συνδεθεί με κάποιον άλλον ομότιμο τον Υ
3. μετά την εγκατάσταση σύνδεσης TCP μεταξύ Χ και Υ, ο Χ μπορεί να στείλει ένα μήνυμα ¨ping¨ στον Υ (με μετρητή βημάτων)
4. *πλημμύρα:* ο Υ προωθεί το μήνυμα ping στους overlay γείτονές του (που στη συνέχεια το προωθούν στους δικούς τους γείτονες….)
   - οι ομότιμοι που λαμβάνουν μήνυμα ping απαντούν στον Χ με μήνυμα ¨pong¨
5. ο Χ λαμβάνει πολλά μηνύματα ¨pong¨ και μπορεί να εγκαταστήσει επιπρόσθετες συνδέσεις TCP με άλλους ομότιμους

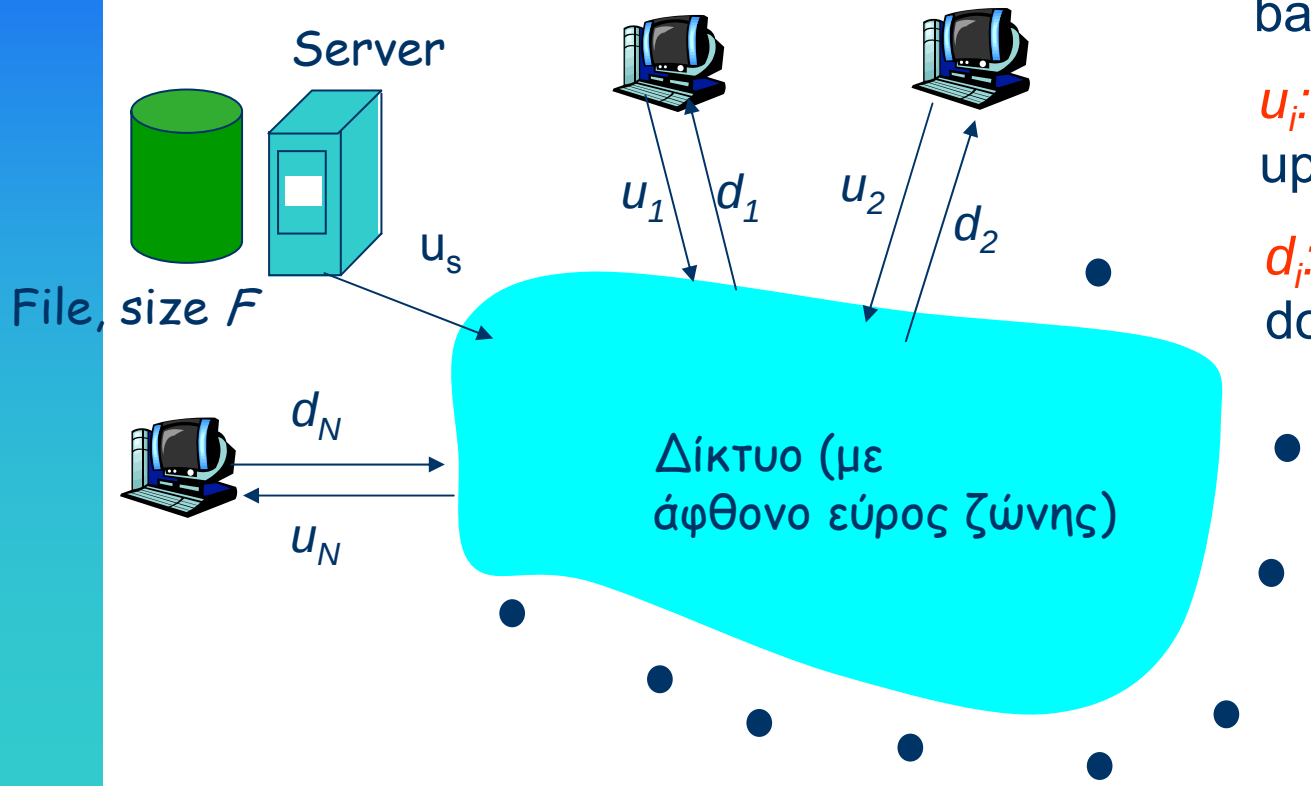
Ιεραρχική διάρθρωση

- μεταξύ κεντρικού καταλόγου και query flooding
- κάθε ομότιμος είναι είτε ένας *group leader* ή σχετίζεται με έναν group leader.
  - σύνδεση TCP μεταξύ του ομότιμου και του group leader του.
  - συνδέσεις TCP μεταξύ μερικών ζευγών από group leaders.
- ο group leader παρακολουθεί το περιεχόμενο των παιδιών του



Σύγκριση αρχιτεκτονικών Client-server και P2P

Ερώτηση : Πόσος χρόνος απαιτείται για να διανεμηθεί ένα αρχείο εξ αρχής από έναν server σε *Ν άλλους υπολογιστές;*



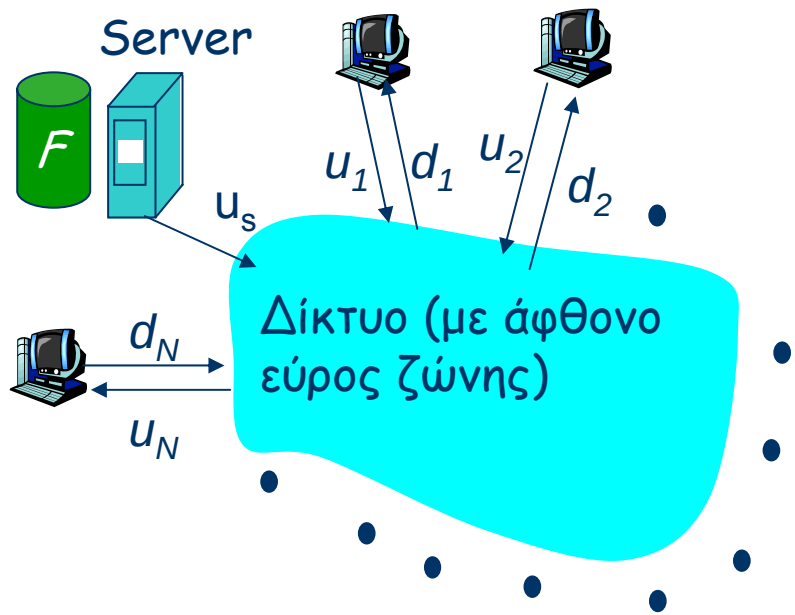
u_s: server upload bandwidth

u_i: client/peer i upload bandwidth

d_i: client/peer i download bandwidth

Client-server: χρόνος διανομής αρχείου

- ο server στέλνει διαδοχικά N αντίγραφα σε χρόνο:
  - NF/u_s
- ο client i χρειάζεται χρόνο F/d_i για να κατεβάσει το αρχείο

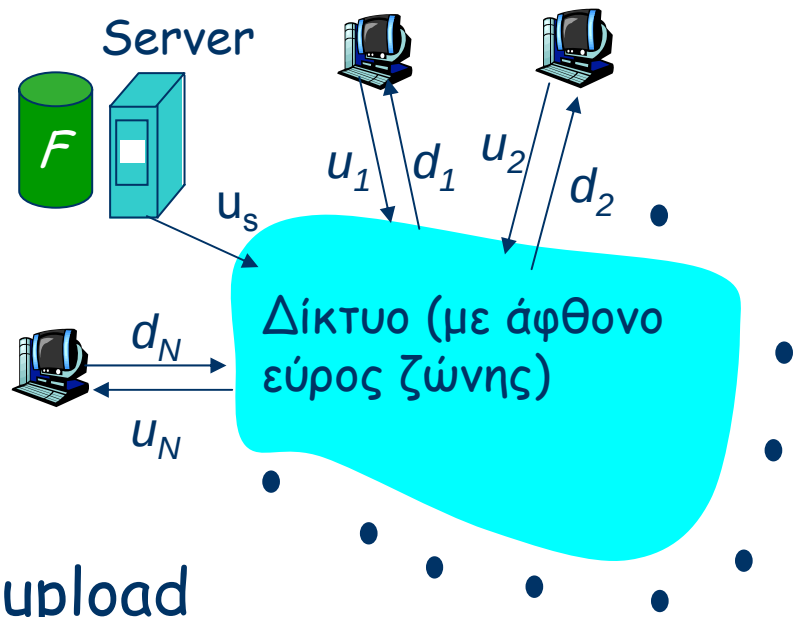


Χρόνος για τη διανομή *του* F σε *N* clients με τη μέθοδο client/server $= d_{cs} = \max\{ NF/u_s, F/\min_i(d_i) \}$

αυξάνει γραμμικά με το N (για μεγάλο N)

P2P: χρόνος διανομής αρχείου

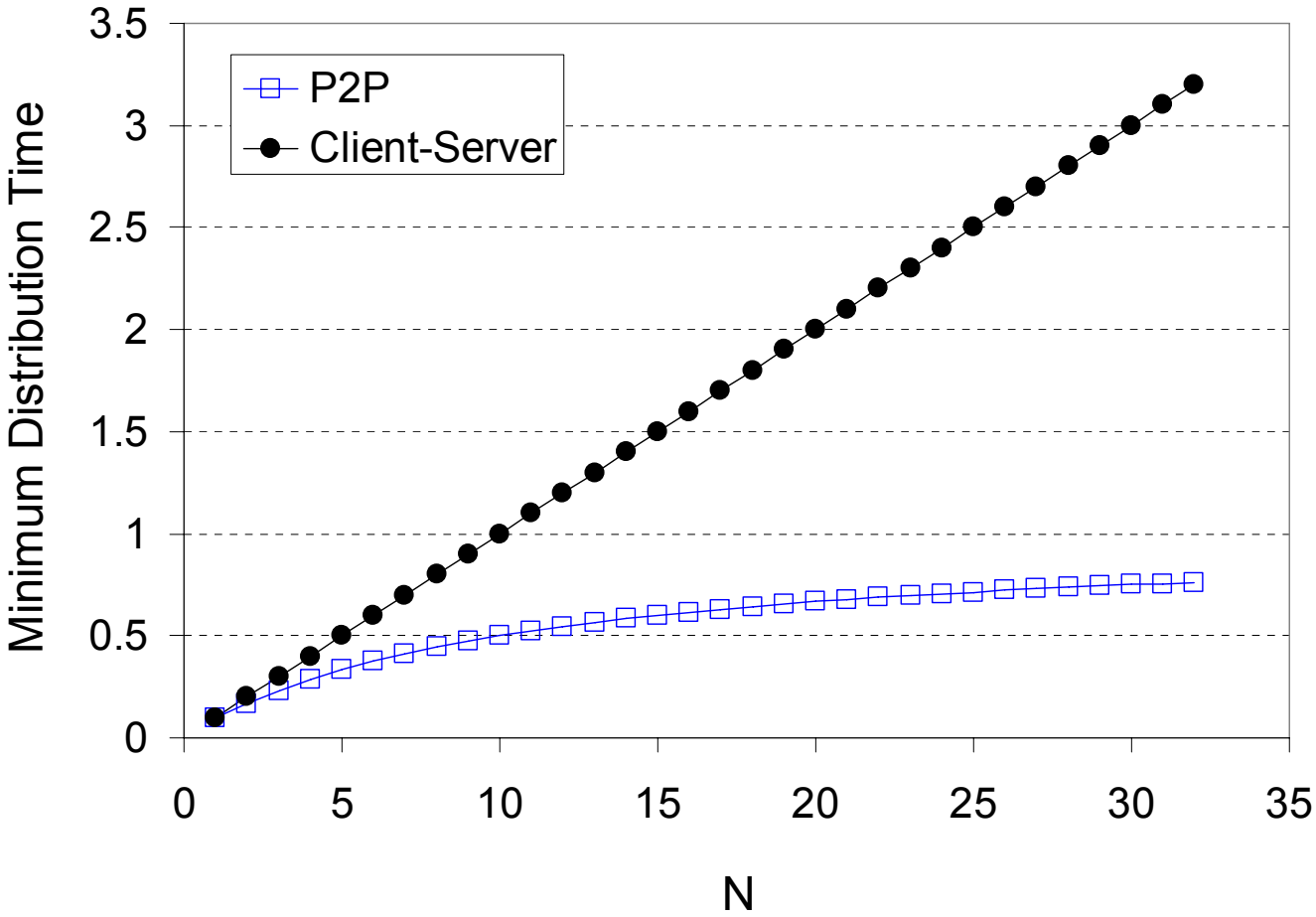
- ο server πρέπει να στείλει ένα αντίγραφο σε χρόνο F/u_s
- ο client i χρειάζεται χρόνο F/d_i για download
- NF bit πρέπει να κατέβουν (συγκεντρωτικά)



- ταχύτερος εφικτός ρυθμός upload (υποθέτοντας ότι όλοι οι κόμβοι στέλνουν αρχεία στον ίδιο ομότιμο): $u_s + \sum_{i=1,N} u_i$

$$d_{P2P} = \max \{ F/u_s, F/\min(d_i)_i, NF/(u_s + \sum_{i=1,N} u_i) \}$$

Σύγκριση αρχιτεκτονικών Client-server και P2P



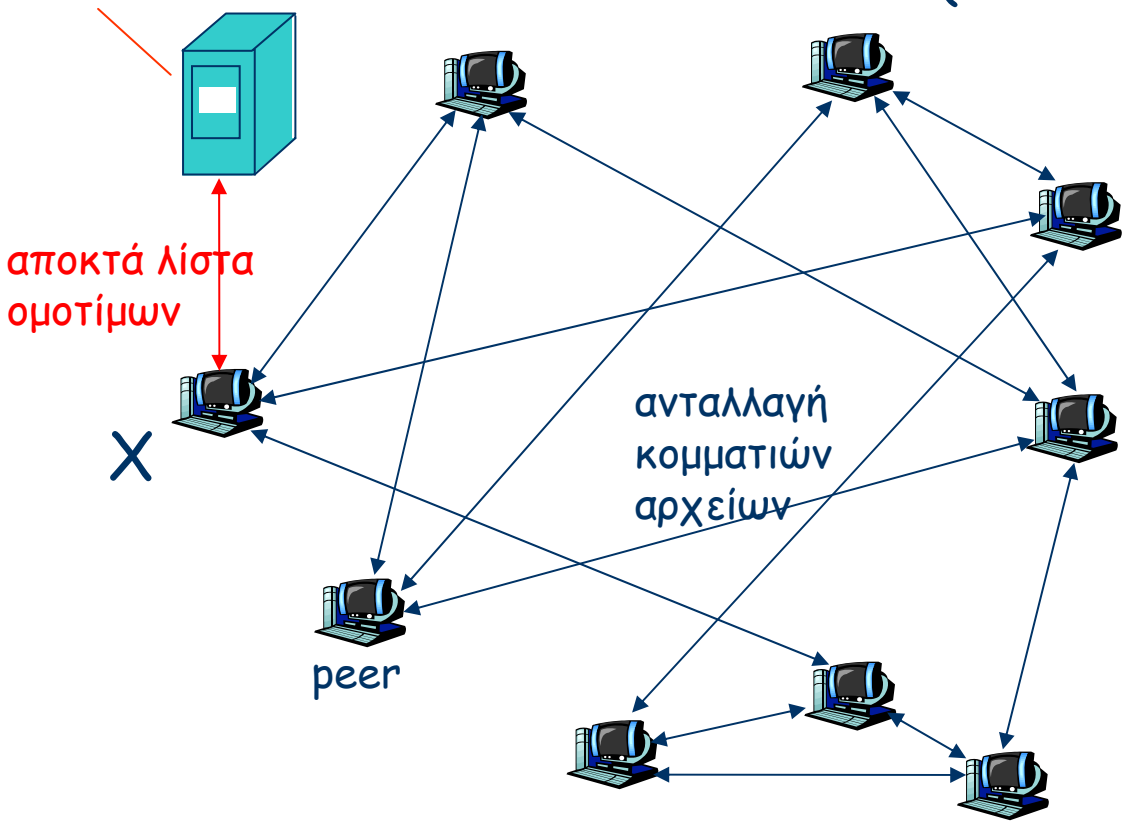
$F/u=1h$, $u_s=10u$, $d_{min} \geq u_s$

Παράδειγμα P2P: BitTorrent

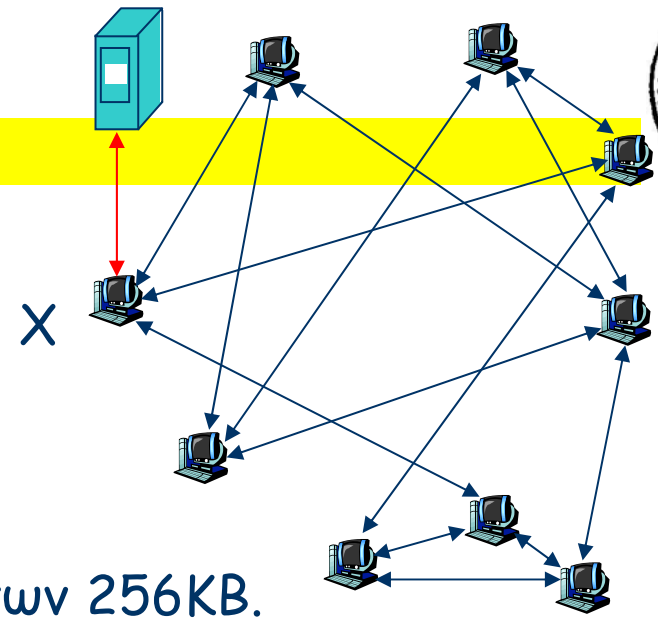
- P2P διανομή αρχείου

tracker: ανιχνεύει ομότιμους που συμμετέχουν στο torrent

torrent: ομάδα ομότιμων που ανταλλάσσουν μεγάλα κομμάτια ενός αρχείου (τυπικό μέγεθος 256KB)



BitTorrent (1)



- αρχείο διαιρούμενο σε κομμάτια των 256KB.
- ομότιμος εντασσόμενος στο torremt:
  - δεν έχει κομμάτια, αλλά τα συγκεντρώνει με τον χρόνο
  - εγγράφεται στον tracker για να λάβει λίστα ομοτίμων, συνδέεται σε υποσύνολο ομοτίμων ("γείτονες")
- ενώ κάνει download, ο ομότιμος κάνει upload κομμάτια σε άλλους ομότιμους.
- ομότιμοι μπορεί να μπαίνουν και να βγαίνουν
- μόλις ένας ομότιμος έχει όλο το αρχείο, μπορεί (ατομιστικά) να φύγει ή (αλτρουϊστικά) να μείνει

BitTorrent (2)

Λήψη

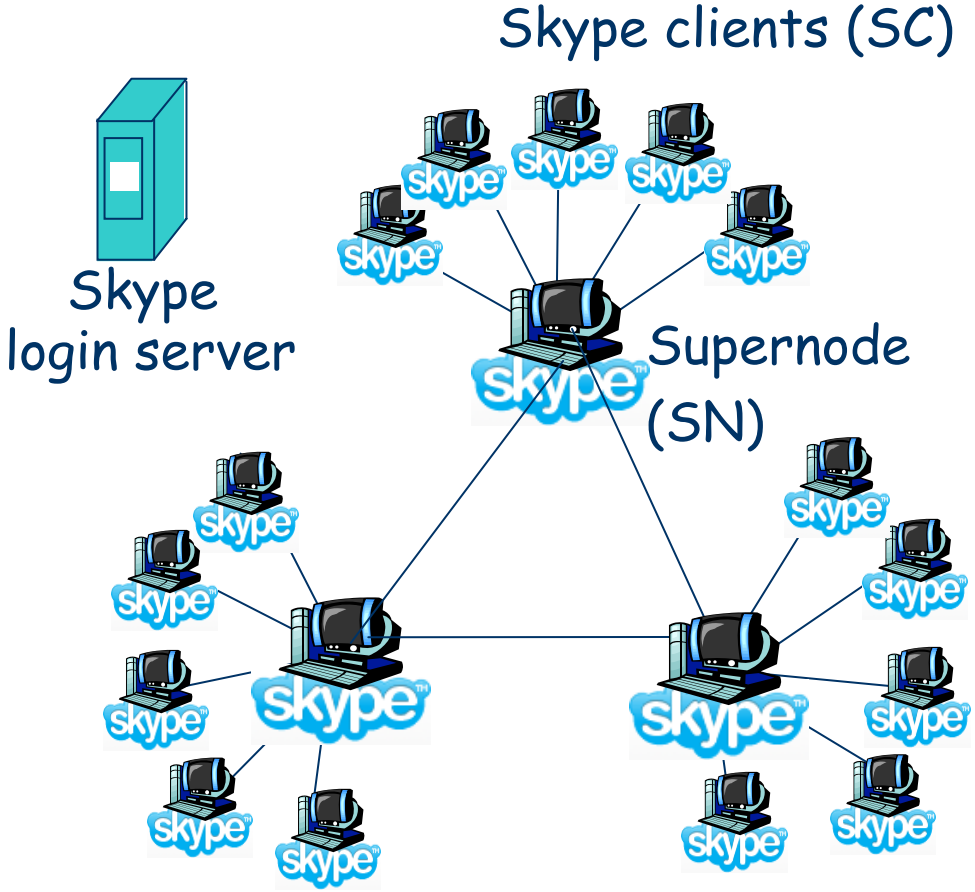
- σε δοθείσα χρονική στιγμή, διάφοροι ομότιμοι έχουν διαφορετικά υποσύνολα κομματιών του αρχείου
- περιοδικά, ένας ομότιμος (ο Χ) ρωτάει κάθε γείτονα για τη λίστα κομματιών που έχουν.
- ο Χ εκδίδει αιτήσεις για τα κομμάτια που της λείπουν
  - τα σπανιότερα πρώτα

Αποστολή: tit-for-tat

- ο Χ στέλνει κομμάτια σε τέσσερις γείτονες που προς το παρόν του στέλνουν κομμάτια *με τον υψηλότερο ρυθμό*
  - επαναϋπολογίζει τους top 4 κάθε 10 sec
- κάθε 30 sec: επιλέγει τυχαία άλλον ομότιμο και αρχίζει να του στέλνει κομμάτια
  - ο νεοεπιλεγείς ομότιμος μπορεί να ενταχθεί στους top 4

Παράδειγμα P2P: Skype

- P2P (pc-to-pc, pc-to-phone, phone-to-pc) Voice-Over-IP (VoIP) εφαρμογή
  - επίσης IM
- proprietary πρωτόκολλο στρώματος εφαρμογής
- ιεραρχική διάρθρωση



Skype: πραγματοποίηση κλήσης

- Ο χρήστης ξεκινά το Skype
- Ο SC εγγράφεται στον SN
  - λίστα από bootstrap SNs
- Ο SC κάνει log in (πιστοποίηση αυθεντικότητας
- Κλήση: SC καλεί τον SN με την ID του καλούμενου
  - SN επικοινωνεί με άλλους SN (άγνωστο πρωτόκολλο, μπορεί πλημμύρα) για να βρει τη διεύθυνση του καλούμενου και επιστρέφει την διεύθυνση στον SC
- Ο SC επικοινωνεί άμεσα με τον καλούμενο πάνω από TCP