



ΔΙΚΤΥΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

Στρώμα εφαρμογής



- Βασικές αρχές 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
 - αρχιτεκτονική client-server
 - αρχιτεκτονική 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

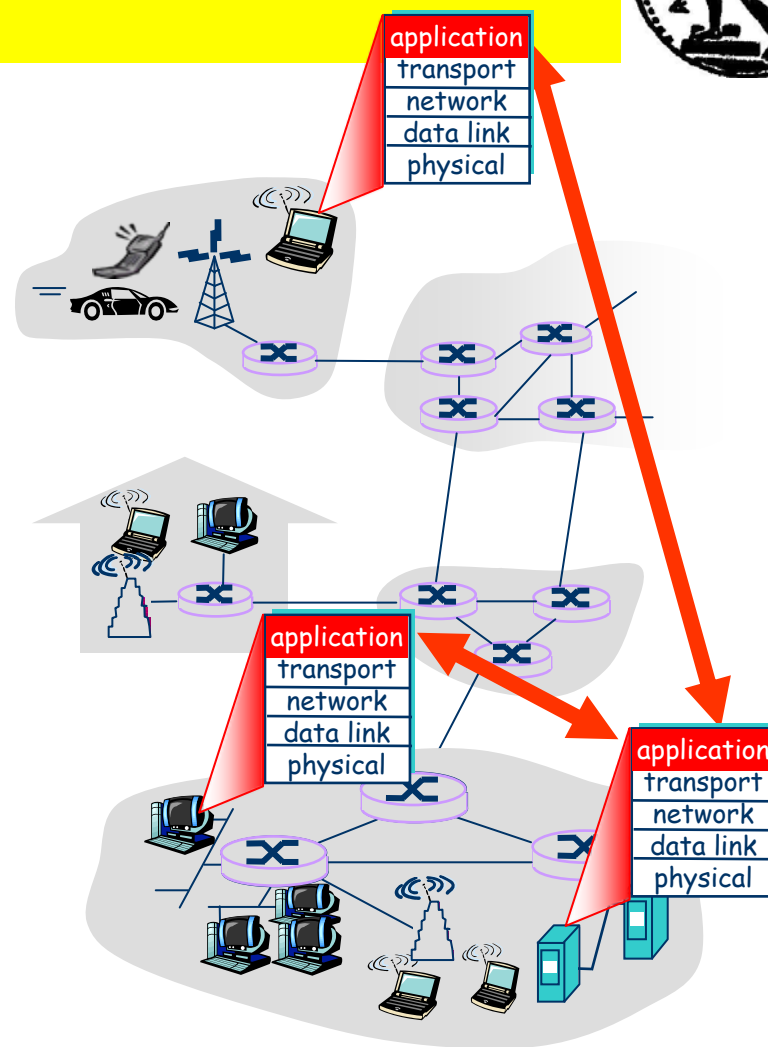


γράφονται προγράμματα που

- 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 δικτύου κορμού

- οι συσκευές του δικτύου κορμού 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 εφαρμογής και δείχνει πώς είναι δομημένη η εφαρμογή πάνω στα διάφορα τερματικά.
- Κατά την επιλογή αρχιτεκτονικής εφαρμογής, αυτός που δημιουργεί την εφαρμογή θα επιλέξει, πιθανότατα, μια από τις δύο επικρατούσες αρχιτεκτονικές: **client-server** και **peer-to-peer (P2P)**

Αρχιτεκτονικές εφαρμογών δικτύου



- **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 συνδεδεμένων host, που ονομάζονται **ομότιμοι** (peers)
- **Υβριδική**: συνδυάζει στοιχεία και client-server και P2P

Αρχιτεκτονική Client-server



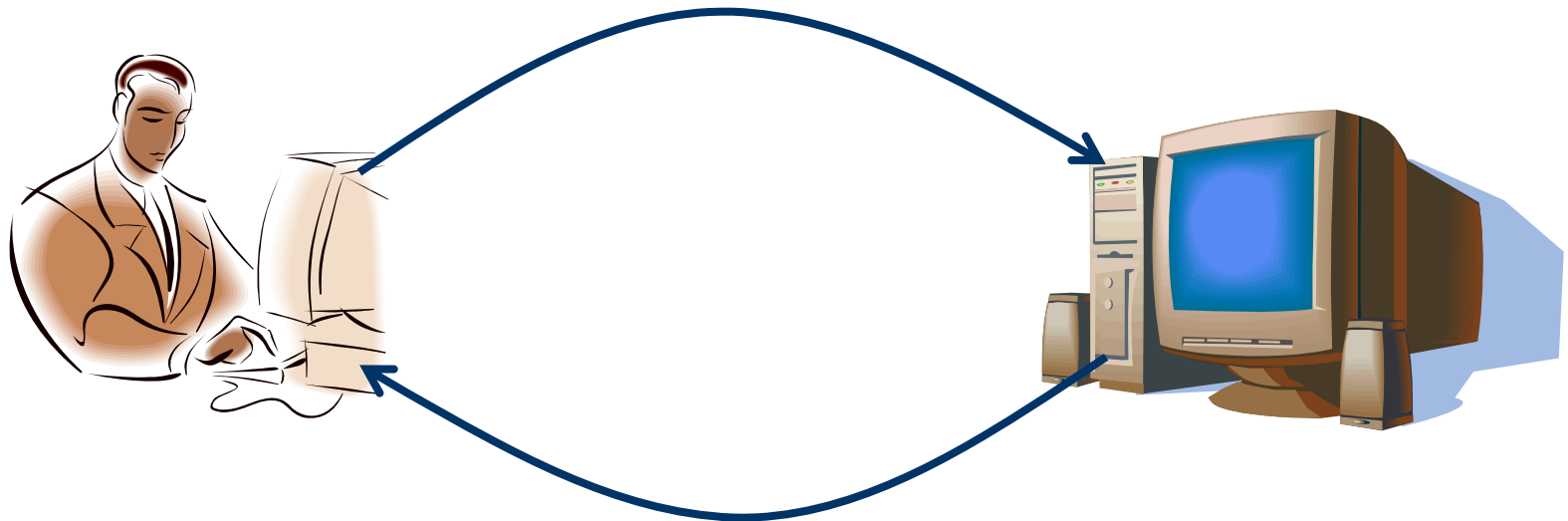
● Πρόγραμμα Client

- Τρέχει σε host
- Ζητάει υπηρεσία
- π.χ., Web browser

● Πρόγραμμα Server

- Τρέχει σε host
- Παρέχει υπηρεσία
- π.χ., Web server

GET /index.html



"Site under construction"



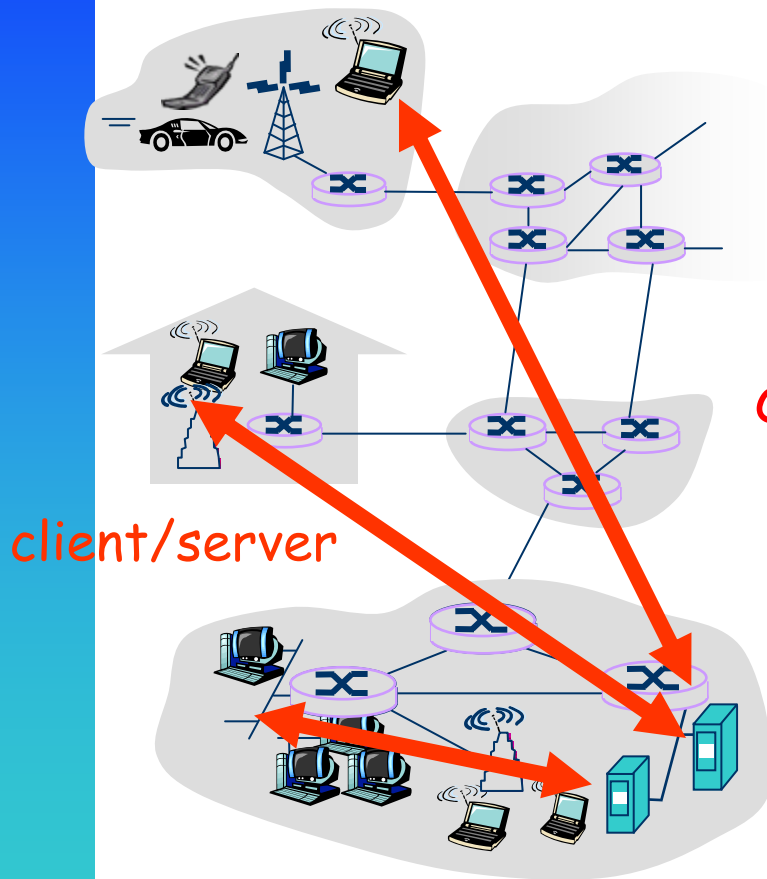
Αρχιτεκτονική Client-server

server:

- πάντα ενεργοποιημένος host
- μόνιμη διεύθυνση IP
- δέχεται αιτήσεις από πολλούς client hosts
- 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 με άλλους clients
- πρέπει να ξέρουν τη διεύθυνση του server

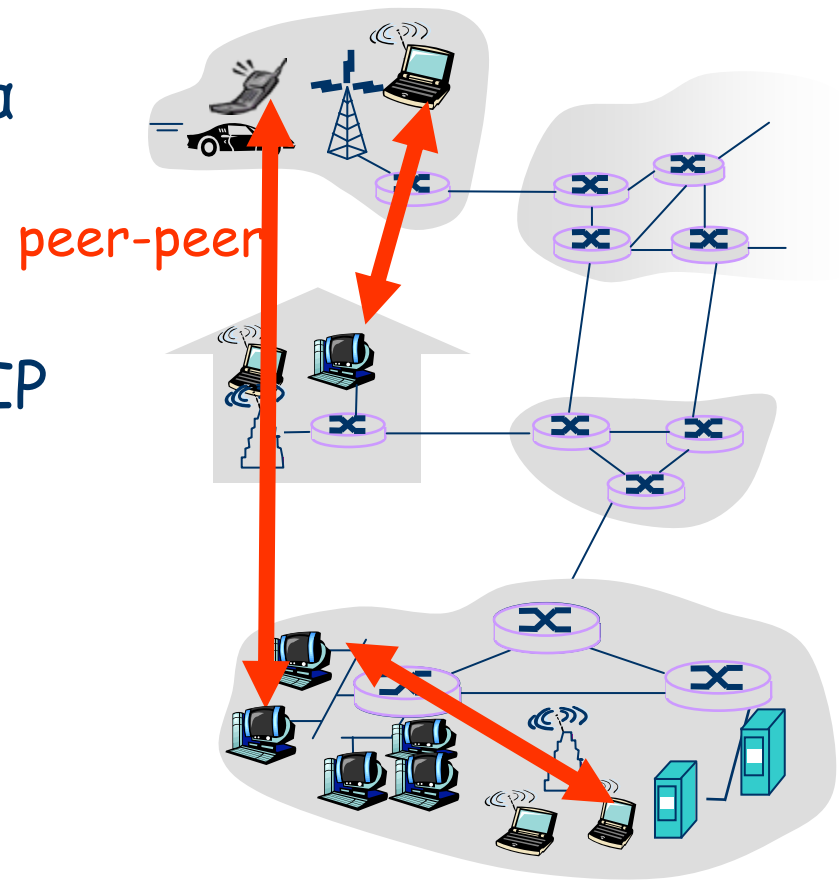




Αμιγής αρχιτεκτονική P2P

- όχι πάντα ενεργοποιημένος server
- τυχαία 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:

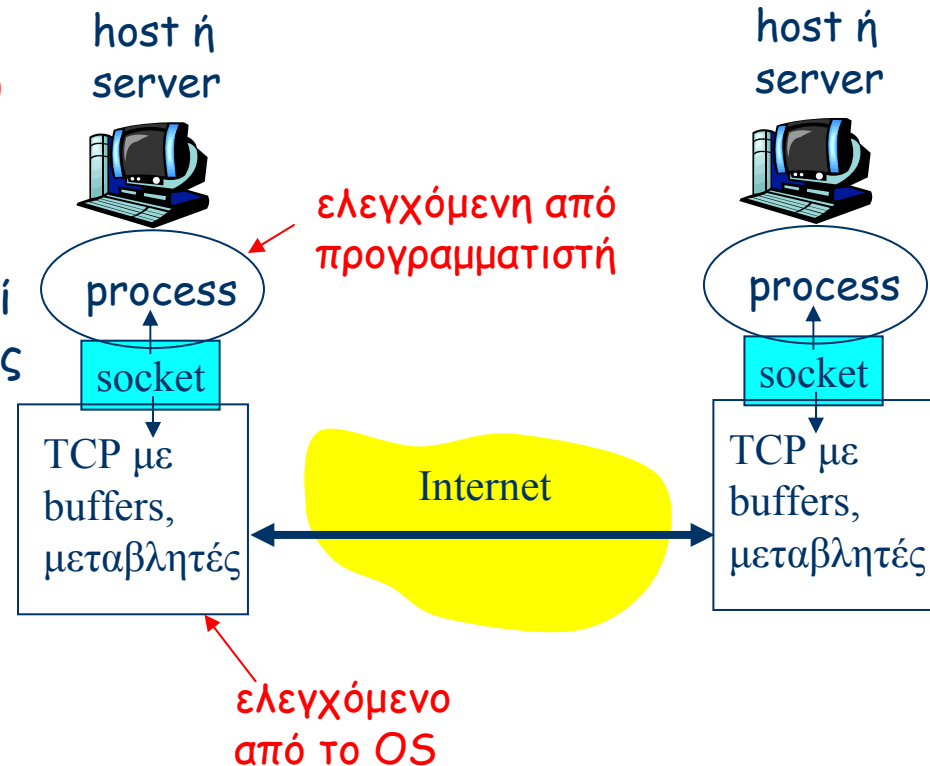
διαδικασία που αναμένει την επαφή

- **Σημείωση:** εφαρμογές με αρχιτεκτονικές P2P έχουν και 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 της διαδικασίας 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: 147.102.40.9
 - αριθμός θύρας: 80

Ποια υπηρεσία μεταφοράς χρειάζεται για 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, εκατοντάδες ms
stored audio/video	ανεκτές	όπως ανωτέρω	ναι, λίγα sec
interactive games	ανεκτές	λίγα kbps - 10kbps	ναι, εκατοντ. ms
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

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 proprietary (π.χ., Skype)	τυπικά UDP

Πρωτόκολλα στρώματος εφαρμογής



- Το πρωτόκολλο στρώματος εφαρμογής είναι ένα μέρος της εφαρμογής
 - Web
 - πρότυπο για τη μορφή των αρχείων: HTML
 - Web browsers (π.χ. Mozilla)
 - Web servers (π.χ. Apache)
 - πρωτόκολλο στρώματος εφαρμογής: HTTP
 - E-mail
 - mail servers που έχουν mail boxes
 - mail readers
 - πρότυπο που ορίζει τη δομή του μηνύματος e-mail
 - πρωτόκολλο στρώματος εφαρμογής: SMTP

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



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

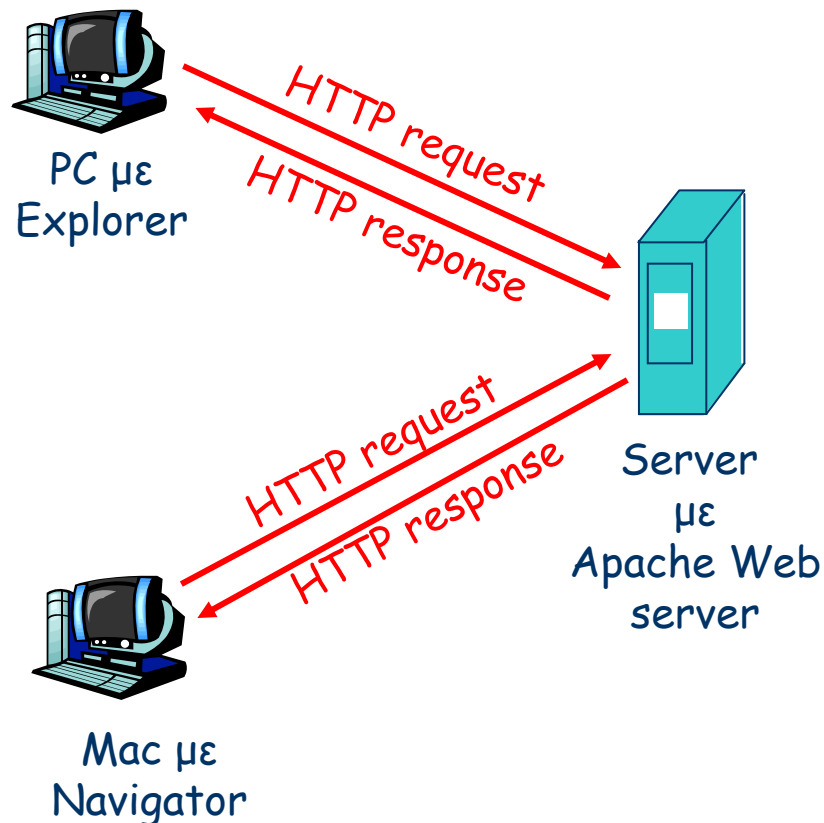
όνομα διαδρομής

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



(περιέχει κείμενο,
αναφορές για 10
εικόνες jpeg)

Υποθέστε ότι ο χρήστης εισάγει το URL

`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

Μη επίνονο HTTP (2)



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

χρόνος

Μη επίμονο HTTP: χρόνος απόκρισης

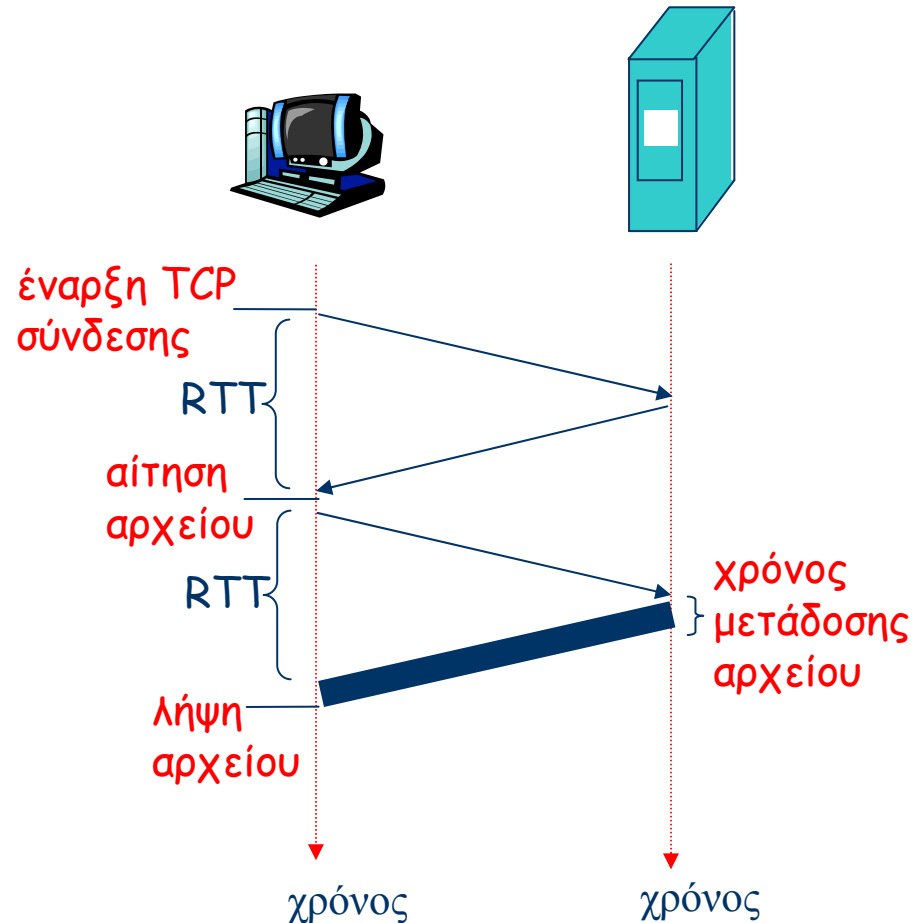


Ορισμός του RTT: χρόνος για να πάει ένα μικρό πακέτο από τον client στον server και πίσω.

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



$$\text{total} = 2\text{RTT} + \text{χρόνος μετάδοσης αρχείου}$$

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
```

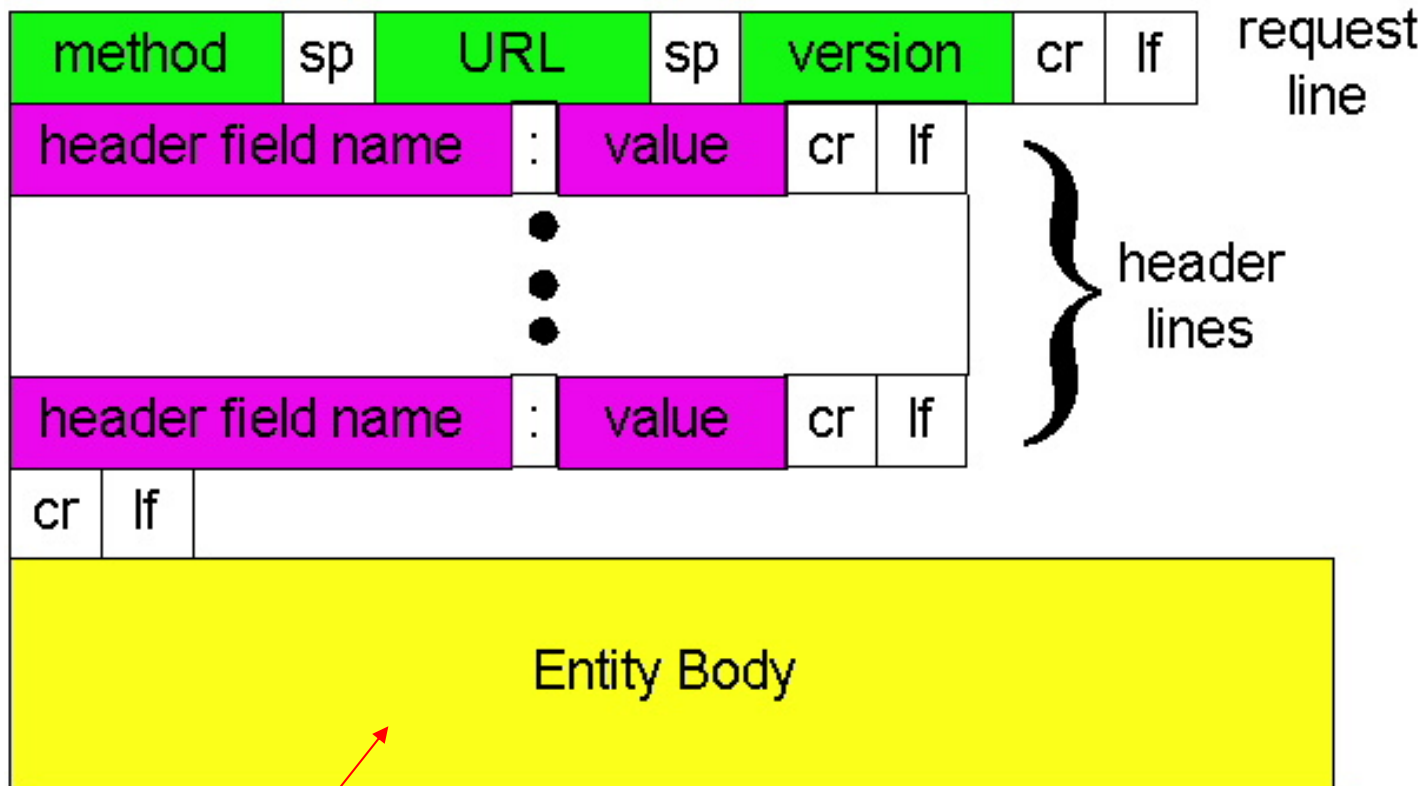
Carriage return,
line feed

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

Οι φόρμες HTML:

- Χρησιμοποιούν συχνά 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 το 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

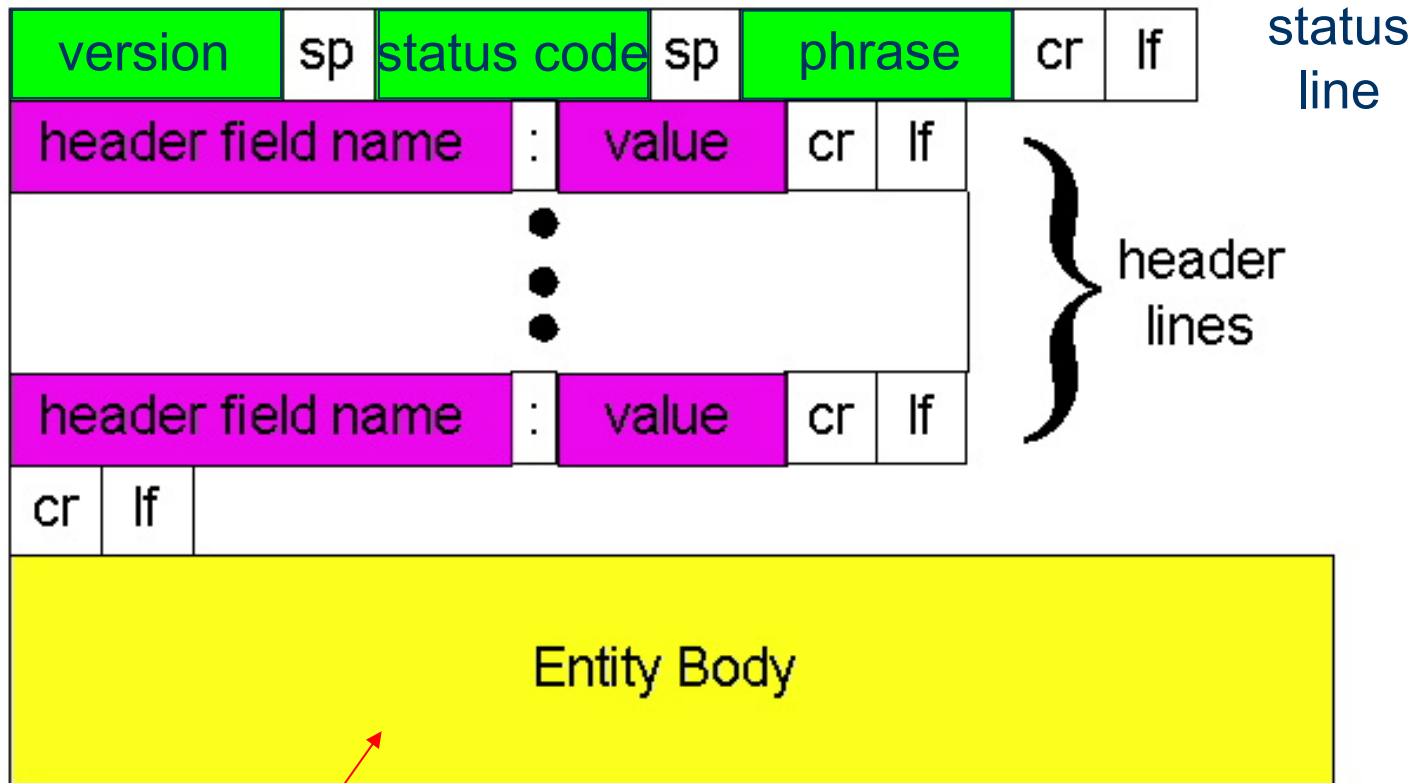
δεδομένα, π.χ.,
ζητούμενο
αρχείο HTML

```
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)



client

server



cookie file



ebay 8734
amazon 1678

σύνηθες http request msg

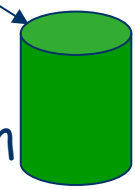
Q Amazon server
δημιουργεί ID
1678 για τον χρήστη εγγραφή

σύνηθες http response
Set-cookie: 1678

σύνηθες http request msg
cookie: 1678

δράση
ειδική για
cookie

πρόσβαση



backend
database

σύνηθες http response msg

μετά μία βδομάδα:



ebay 8734
amazon 1678

σύνηθες http request msg
cookie: 1678

δράση
ειδική για
cookie

access

σύνηθες http response msg

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":

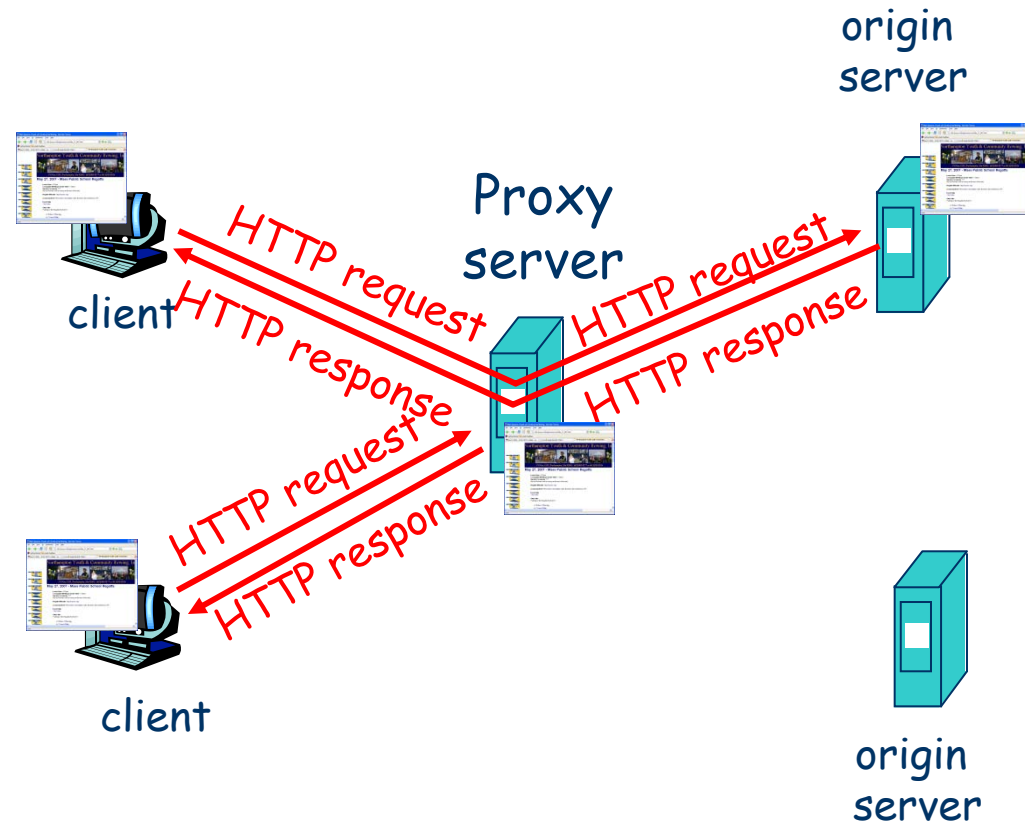
- τα άκρα του πρωτοκόλλου: διατηρούν την κατάσταση στον πομπό/δέκτη για πολλαπλές transactions
- cookies: μηνύματα http μεταφέρουν την κατάσταση

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)



origin
servers

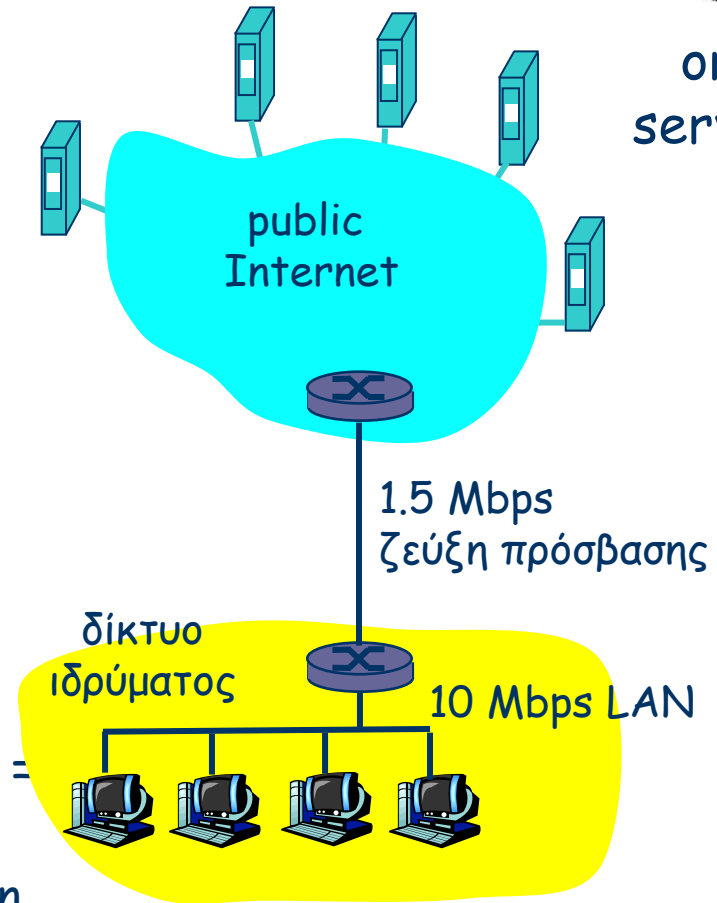
Παράδειγμα Caching

Υποθέσεις

- μέσο μέγεθος object = 100kbit
- μέσος ρυθμός αιτήσεων από τους browser του ιδρύματος 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





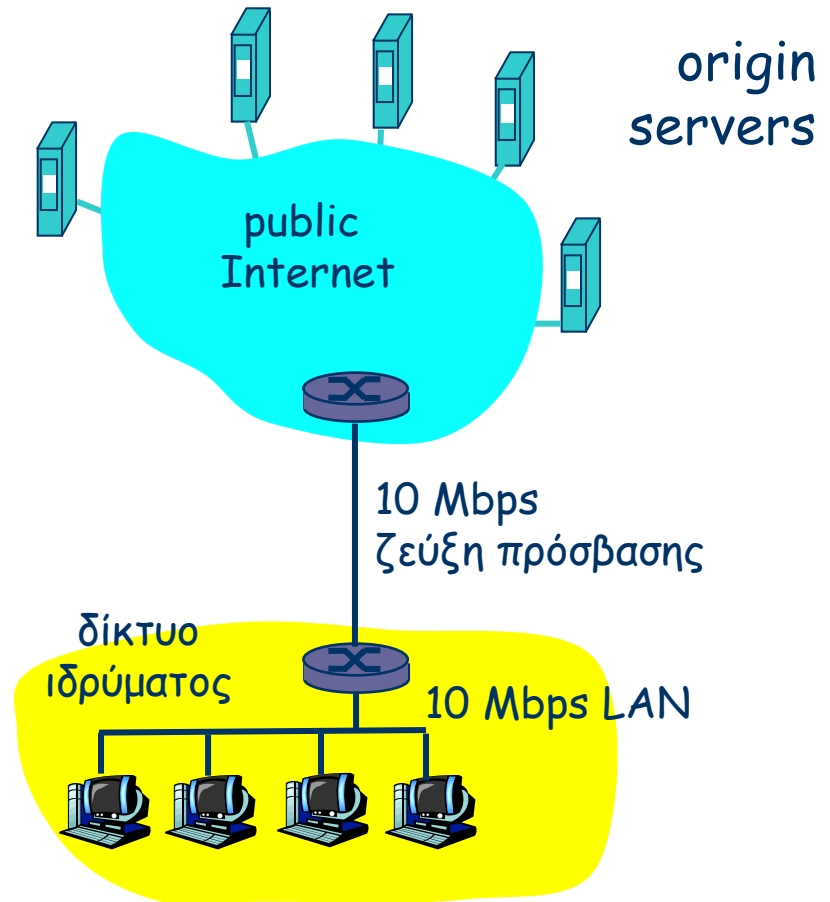
Παράδειγμα Caching (2)

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 + msec + msec
- συνήθως μια δαπανηρή αναβάθμιση





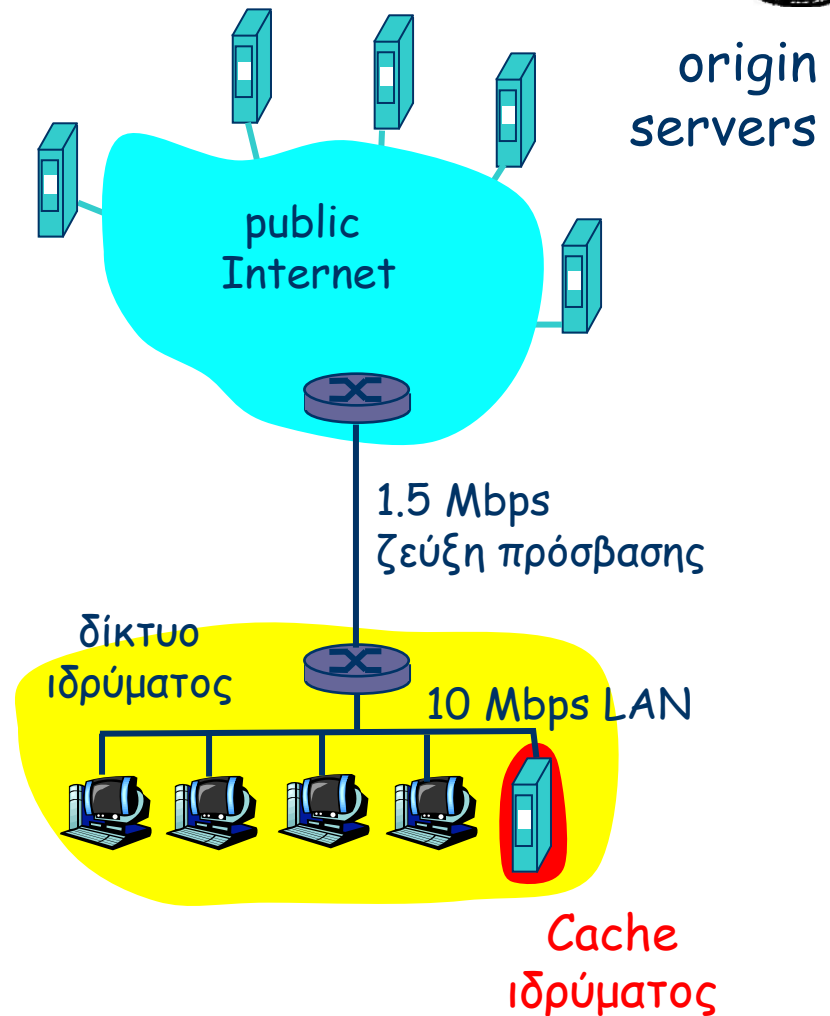
Παράδειγμα Caching (3)

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 τους αρχικούς 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 = $0.6 \cdot (2.01) \text{ secs} + 0.4 \cdot 0.01 \text{ sec} < 1.22 \text{ sec}$



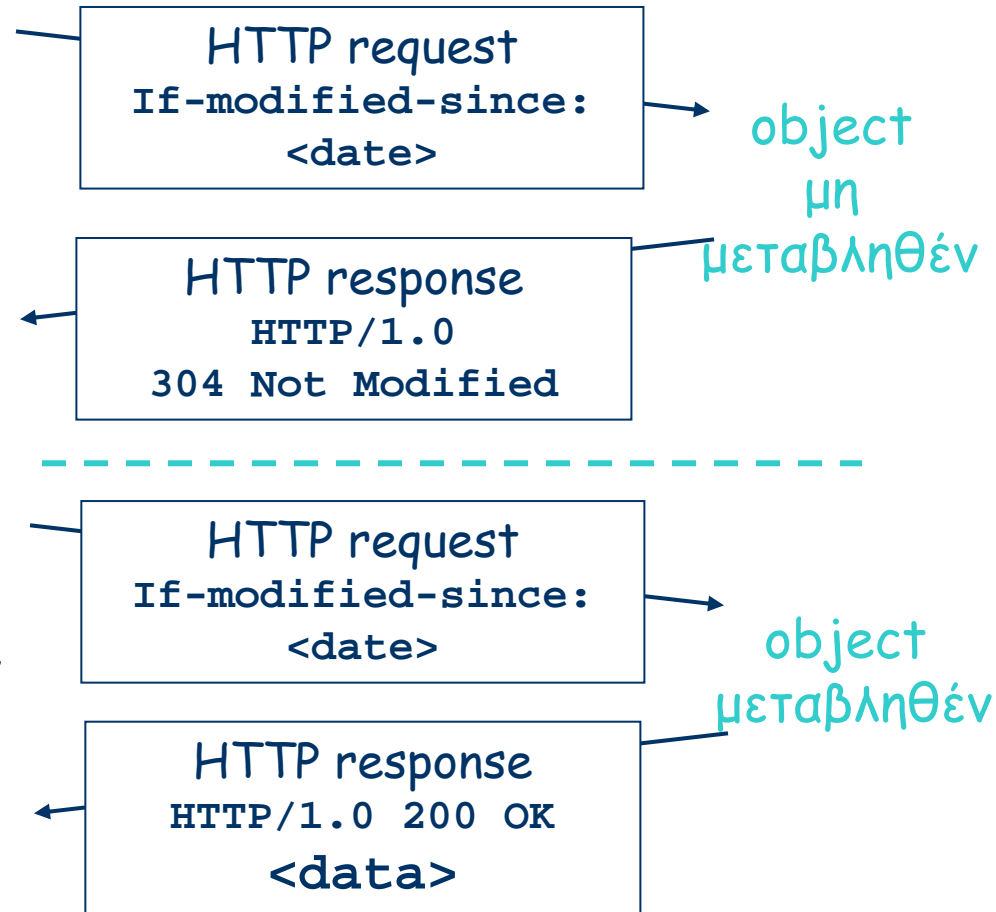
Δυναμικό GET



- **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

cache

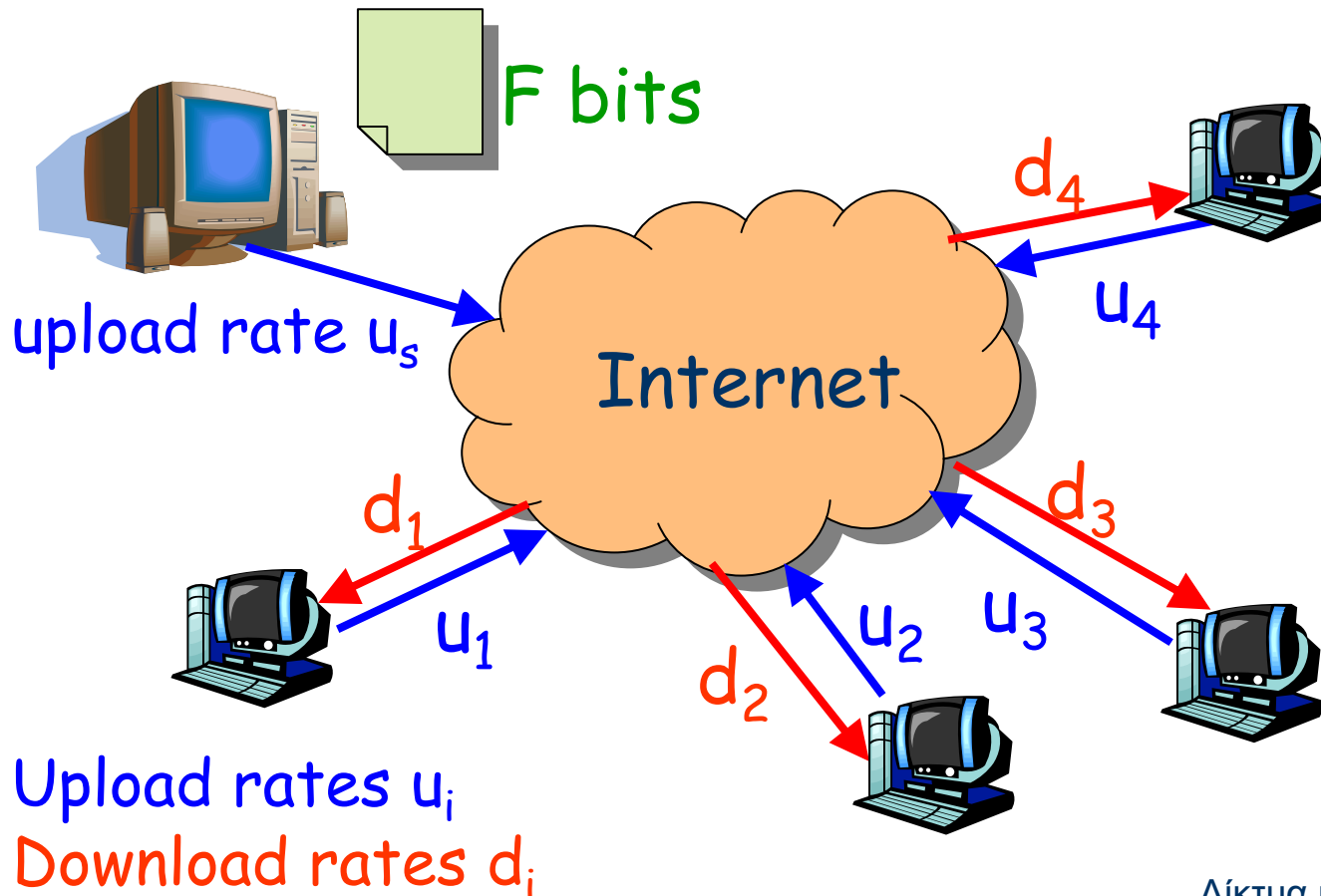
server



Διανομή μεγάλου αρχείου από Server



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



Διανομή μεγάλου αρχείου από Server



- Μετάδοση από τον Server σε N δέκτες
 - Ο Server πρέπει να μεταδώσει NF bits
 - Απαιτείται, τουλάχιστον, χρόνος NF/u_s
- Λήψη δεδομένων
 - Ο πιο αργός δέκτης λαμβάνει με ρυθμό $d_{min} = \min_i \{d_i\}$
 - Απαιτείται, τουλάχιστον, χρόνος F/d_{min}

Χρόνος για τη διανομή
του F σε N clients με τη
μέθοδο client/server

$$= D_{cs} = \max \left\{ NF/u_s, F/\min_i(d_i) \right\}$$

αυξάνει γραμμικά με το N
(για μεγάλο N)

Επιτάχυνση της διανομής μεγάλου αρχείου

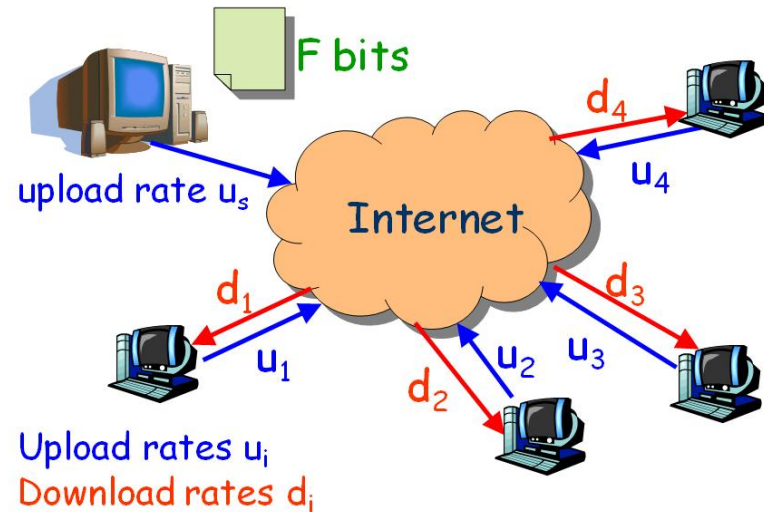


- Αύξηση του ρυθμού upload του server
 - Μεγαλύτερο εύρος ζώνης στη ζεύξη, για έναν server
 - Για πολλαπλούς servers, μεγαλύτερο εύρος ζώνης στη ζεύξη καθενός
 - Απαιτείται αύξηση της υποδομής
- Εναλλακτική λύση: να βοηθούν οι δέκτες στη διανομή του αρχείου
 - Peer-to-peer file sharing (P2P)
 - Οι δέκτες λαμβάνουν ένα αντίγραφο των δεδομένων
 - Στη συνέχεια το αναδιανέμουν σε άλλους δέκτες
 - Περιορίζεται έτσι ο φόρτος στον server

Διανομή μεγάλου αρχείου P2P



- ο server πρέπει να ανεβάσει ένα αντίγραφο σε χρόνο F/u_s
- ο client i χρειάζεται χρόνο F/d_i για να το κατεβάσει
- πρέπει να κατέβουν (συγκεντρωτικά) NF bits
- ταχύτερος εφικτός ρυθμός upload (υποθέτοντας ότι όλοι οι κόμβοι στέλνουν αρχεία στον ίδιο ομότιμο): $u_s + \sum u_i$



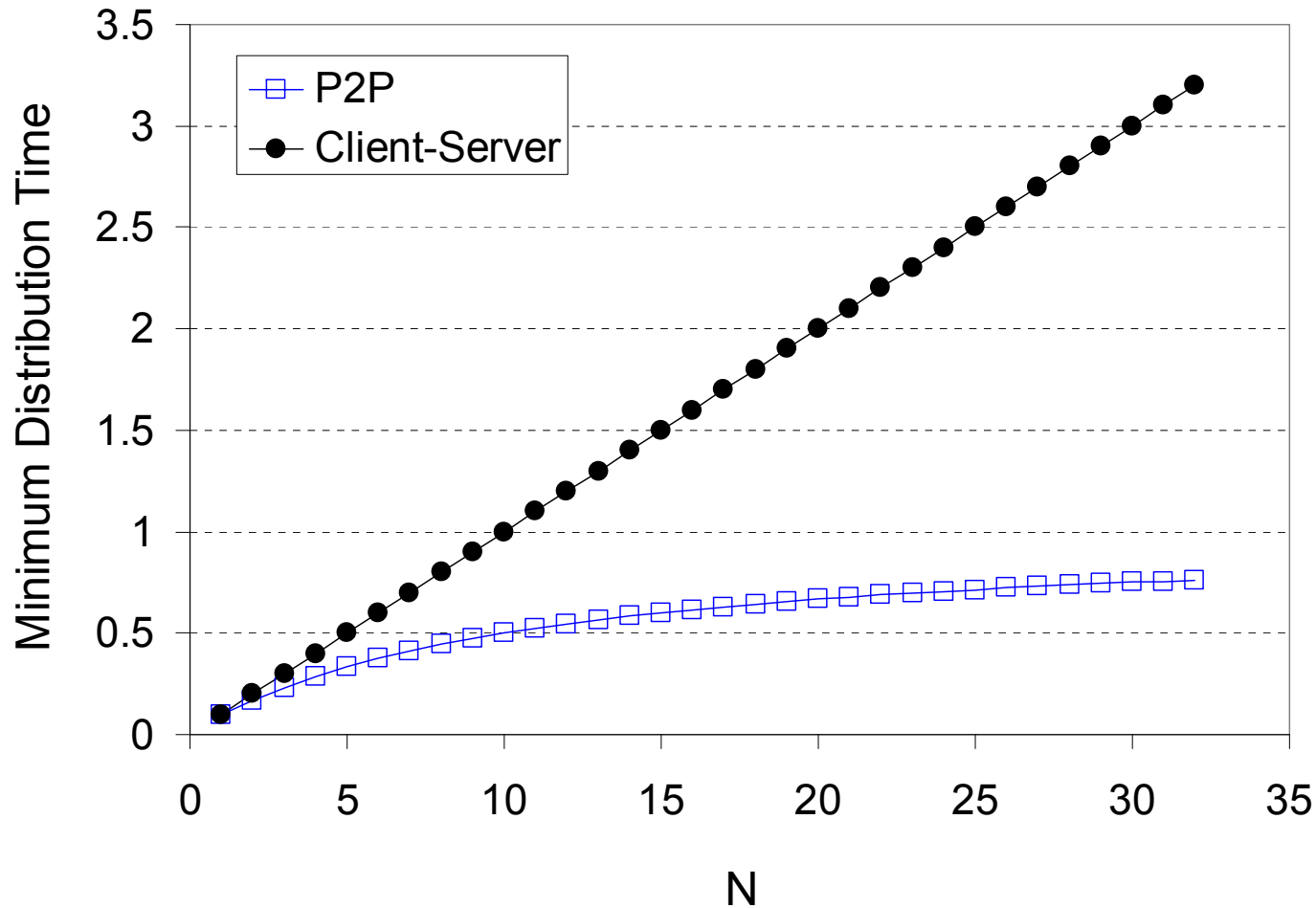
$$D_{P2P} = \max \left\{ F/u_s, F/\min_i(d_i), NF/(u_s + \sum u_i) \right\}$$

Σύγκριση μοντέλων Client-server και P2P



- Χρόνος Download
 - Client-server: $\max\{NF/u_s, F/d_{min}\}$
 - Peer-to-peer: $\max\{F/u_s, F/d_{min}, NF/(u_s + \sum_i(u_i))\}$
- Η λύση peer-to-peer είναι αυτοκλιμακούμενη
 - Πολύ χαμηλότερη απαίτηση σε εύρος ζώνης server
 - Ο χρόνος διανομής αυξάνει αργά με το N
- Αλλά...
 - Οι peers μπορεί να εμφανίζονται και να φεύγουν
 - Οι peers πρέπει να βρουν ο ένας τον άλλον
 - Οι peers πρέπει να θέλουν να βοηθήσουν ο ένας τον άλλον

Σύγκριση μοντέλων Client-server και P2P



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



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 αρχείο A
 - η εφαρμογή παρουσιάζει άλλους ομότιμους (peers) που έχουν αντίγραφο του A.
 - 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!

Προκλήσεις για τη λύση P2P



- Οι peers έρχονται και φεύγουν
 - Οι peers συνδέονται περιστασιακά
 - Μπορεί να εμφανιστούν ή να φύγουν οποτεδήποτε
 - Ή να επανέλθουν με διαφορετική διεύθυνση IP
- Πώς εντοπίζονται οι σχετικοί peers;
 - Οι peers που είναι online τώρα
 - Οι peers που έχουν το περιεχόμενο που θέλουμε
- Πώς να δοθούν κίνητρα στους peers να παραμείνουν στο σύστημα;
 - Γιατί να μη φύγουν αμέσως μετά τη λήξη του download;
 - Γιατί να επιφορτίζονται να δίνουν περιεχόμενο σε οποιονδήποτε άλλον;

Αναζήτηση πληροφορίας σε P2P



- Βασικό στοιχείο σε πολλές εφαρμογές P2P είναι ένας κατάλογος πληροφοριών - **αντιστοίχιση πληροφορίας με θέση host**
- Οι ομότιμοι δυναμικά ενημερώνουν τον κατάλογο και ψάχνουν στον κατάλογο
- Υπάρχουν διαφορετικές προσεγγίσεις όσο αφορά την οργάνωση του καταλόγου και τον εντοπισμό των σχετικών με την πληροφορία host από μια κοινότητα ομότιμων.

Εντοπισμός των σχετικών peers



- Τρεις κύριες προσεγγίσεις
 - Κεντρικός κατάλογος (Napster)
 - Query flooding (Gnutella)
 - Ιεραρχική διάρθρωση (Kazaa, modern Gnutella)
- Σχεδιαστικοί στόχοι
 - Κλιμάκωση
 - Απλότητα
 - Αντοχή
 - Εύλογη δυνατότητα άρνησης

P2P: κεντρικός κατάλογος

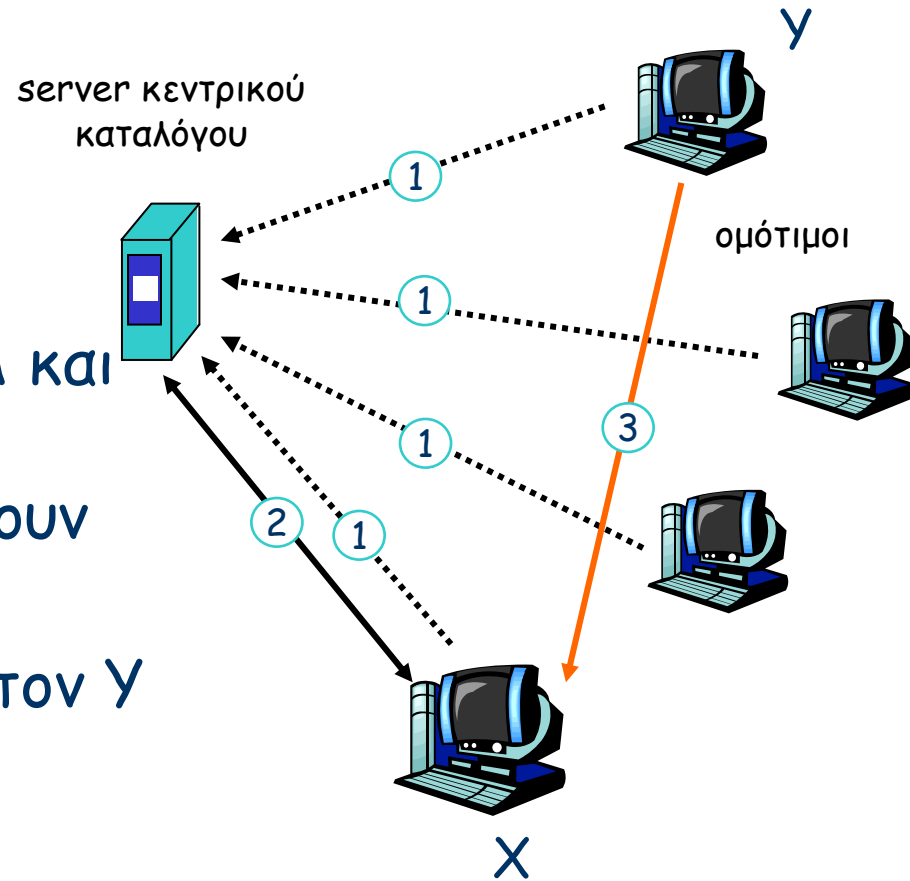


1) όταν ένας ομότιμος συνδέεται, πληροφορεί τον server κεντρικού καταλόγου:

- διεύθυνση IP
- περιεχόμενο

2) Ο X αναζητά το αρχείο A και η εφαρμογή παρουσιάζει άλλους ομότιμους που έχουν αντίγραφο του A.

3) Ο X ζητά το αρχείο από τον Y



P2P κεντρικού καταλόγου: Napster



- Ιστορία του Napster: η άνοδος
 - Ιανουάριος 1999: Napster version 1.0
 - Μάιος 1999: ίδρυση εταιρίας
 - Σεπτέμβριος 1999: πρώτες δικαστικές αγωγές
 - 2000: 80 εκατ. χρήστες
- Ιστορία του Napster: η πτώση
 - Μέσα 2001: εκτός λειτουργίας λόγω αγωγών
 - Μέσα 2001: δεκάδες από εναλλακτικές λύσεις P2P που ήταν δυσκολότερο να θιγούν, παρότι βαθμιαία έχουν περιοριστεί
 - 2003: ανάπτυξη υπηρεσιών πληρωμής, όπως iTunes
- Ιστορία του Napster: η επάνοδος
 - 2003: επανίδρυση του Napster ως υπηρεσίας με πληρωμή

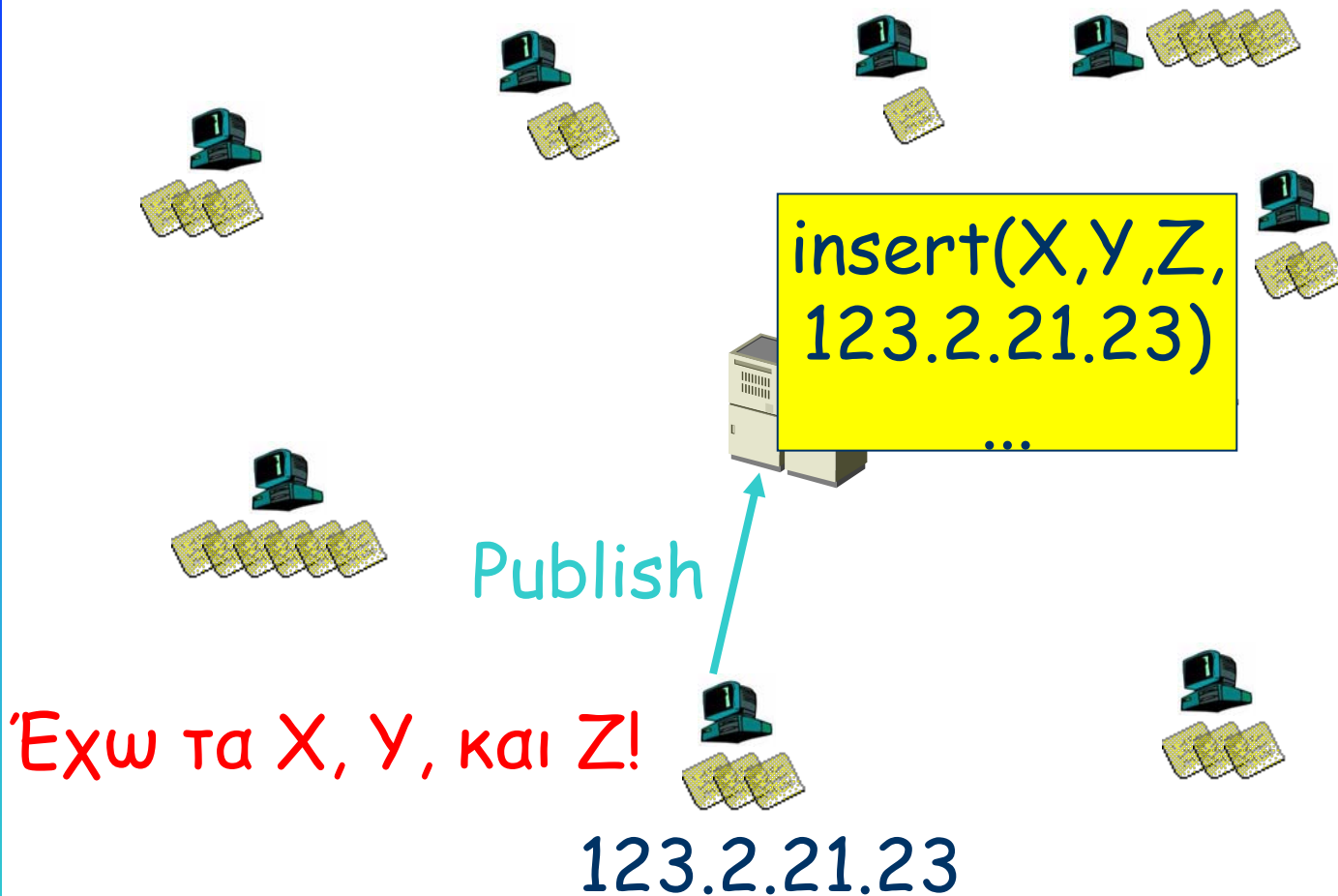
Napster: Σύνοψη λειτουργίας



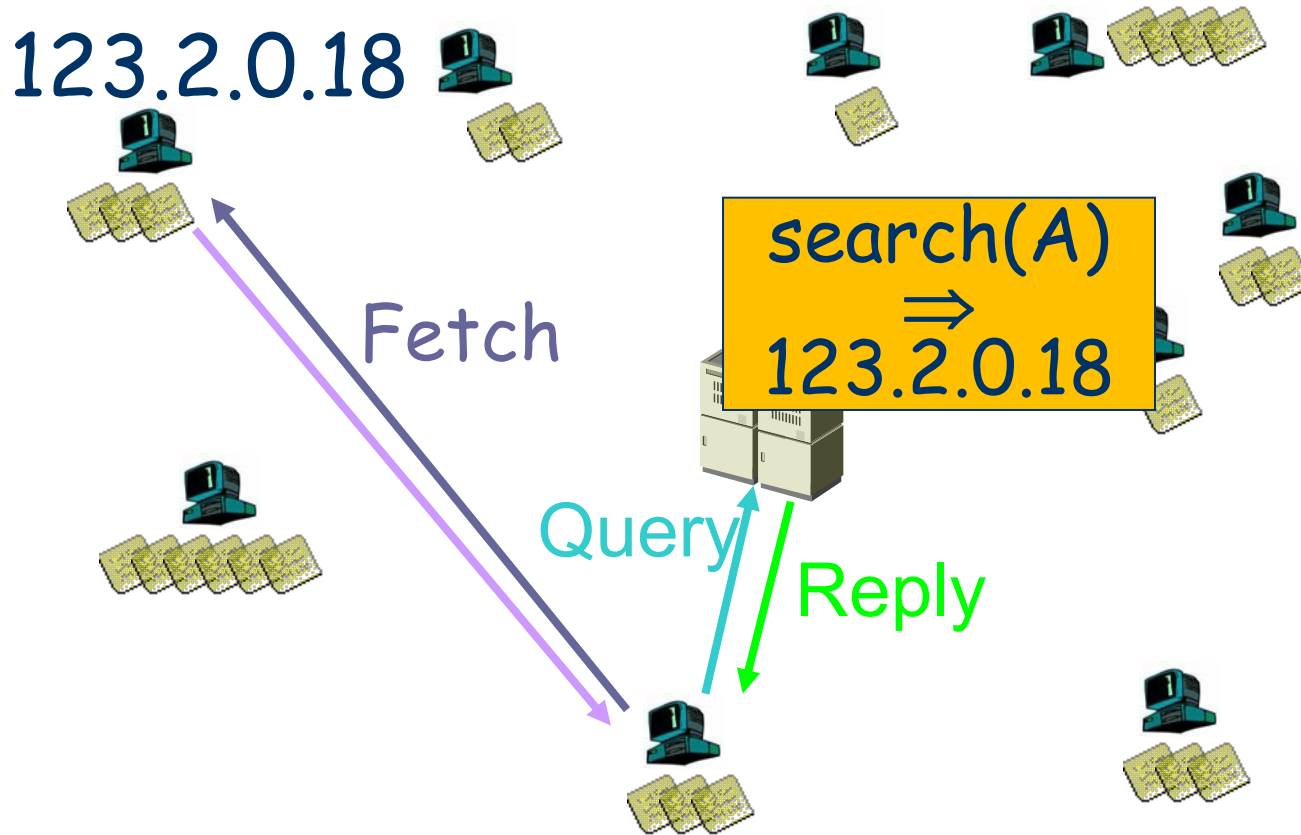
- **Κεντρική βάση δεδομένων**
 - **Join**: ξεκινώντας, ο client επικοινωνεί με τον κεντρικό server
 - **Publish**: αναφέρει τη λίστα αρχείων στον κεντρικό server
 - **Search**: ερώτηση στον server για κάποιο αρχείο => απάντηση για κάποιον ομότιμο που έχει το ζητούμενο αρχείο
 - **Fetch**: λήψη του αρχείου απευθείας από ομότιμο (peer)



Napster: Publish



Napster: Search και fetch



Πού είναι το αρχείο A;

Napster: Υπηρεσία καταλόγου



- Εγκατάσταση λογισμικού από τον χρήστη
 - Κατέβασμα του προγράμματος client
 - Εγγραφή: name, password, local directory, κλπ.
- Ο Client συνδέεται στο Napster (με TCP)
 - Παρέχει λίστα μουσικών αρχείων που θα μοιραστεί
 - ... και ο κεντρικός server του Napster ενημερώνει τον κατάλόγό του
- Ο Client ψάχνει έναν τίτλο ή τραγουδιστή
 - Το Napster προσδιορίζει online clients με το αρχείο
 - ... και παρέχει διευθύνσεις IP
- Ο Client ζητάει το αρχείο από τον επιλεγέντα πάροχο
 - Ο πάροχος μεταδίδει το αρχείο στον client
 - Και ο client και ο πάροχος αναφέρουν την κατάσταση στο Napster

Napster: Ιδιότητες



- Ο κατάλογος του Server ενημερώνεται διαρκώς
 - Πάντα γνωρίζει τι μουσική είναι διαθέσιμη κάθε στιγμή
 - Ευάλωτο σημείο για νομικές διώξεις
- Μεταφορά αρχείου peer-to-peer
 - Δεν φορτώνεται στον server
 - Εύλογη δυνατότητα άρνησης για λόγους νομικής δίωξης (αλλά δεν αρκεί)
- Ιδιωτικό (proprietary) πρωτόκολλο
 - Λειτουργίες login, search, upload, download, και status
 - Όχι ασφάλεια: cleartext password
- Θέματα εύρους ζώνης
 - Οι πάροχοι κατατάσσονται από το φαινομενικό εύρος ζώνης και τον χρόνο απόκρισης



Napster: Υπέρ και κατά

- Υπέρ:
 - Απλό
 - Το πεδίο αναζήτησης είναι $O(1)$
 - Ελέγξιμο (υπέρ ή κατά;)
- Κατά:
 - Ο server διατηρεί $O(N)$ καταστάσεις
 - Ο server κάνει όλη την επεξεργασία και αποτελεί σημείο συμφόρησης, όσον αφορά την επίδοση
 - Ο server αποτελεί μοναδικό σημείο αποτυχίας
 - Δικαιώματα copyright

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

P2P: Query flooding



- 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**
- θεωρείται ότι υπάρχει 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

P2P Query flooding: Gnutella



- **Ιστορία του Gnutella**
 - 2000: J. Frankel & T. Pepper ανακοινώνουν το Gnutella
 - Πολύ σύντομα μετά: πολλοί άλλοι clients (π.χ., Morpheus, Limewire, Bearshare)
 - 2001: βελτιώσεις στο πρωτόκολλο, π.χ., "ultra-peers"
- **Query flooding**
 - **Join**: έναρξη επικοινωνίας με λίγους κόμβους για να γίνουν γείτονες
 - **Publish**: δεν χρειάζεται!
 - **Search**: ερώτηση στους γείτονες, οι οποίοι ρωτούν τους γείτονές τους κοκ... και όταν/αν βρεθεί απάντηση στον αποστολέα
 - **Fetch**: κατέβασμα του αρχείου απ' ευθείας από τον ομότιμο κόμβο

Gnutella: Join

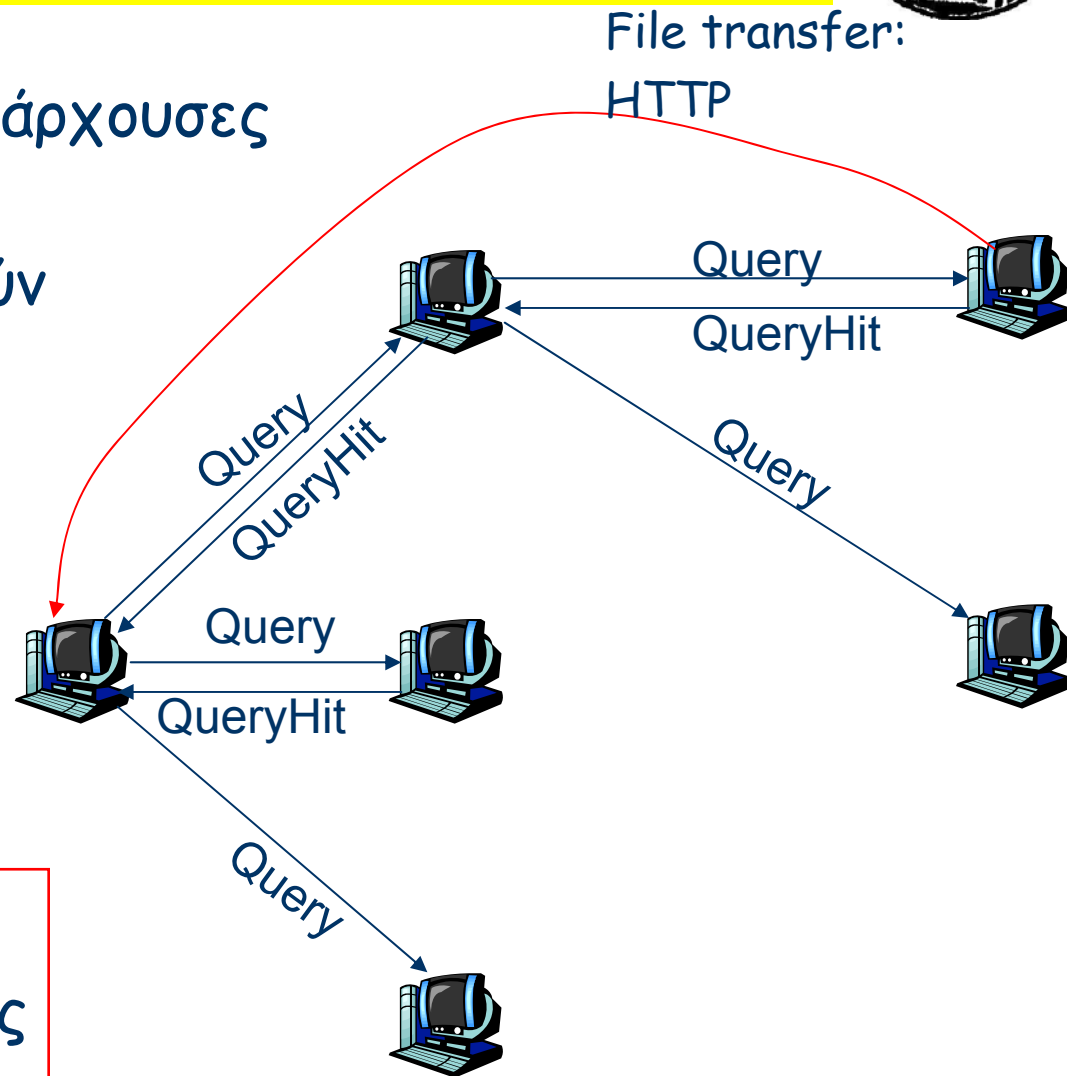


1. ο εντασσόμενος ομότιμος X πρέπει να βρει έναν άλλο ομότιμο στο δίκτυο Gnutella: χρησιμοποιεί λίστα υποψήφιων ομότιμων
2. ο X επιχειρεί διαδοχικές συνδέσεις TCP με υποψήφιους ομότιμους μέχρι να συνδεθεί με κάποιον άλλον ομότιμο τον Y
3. μετά την εγκατάσταση σύνδεσης TCP μεταξύ X και Y, ο X μπορεί να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

Gnutella: Search



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



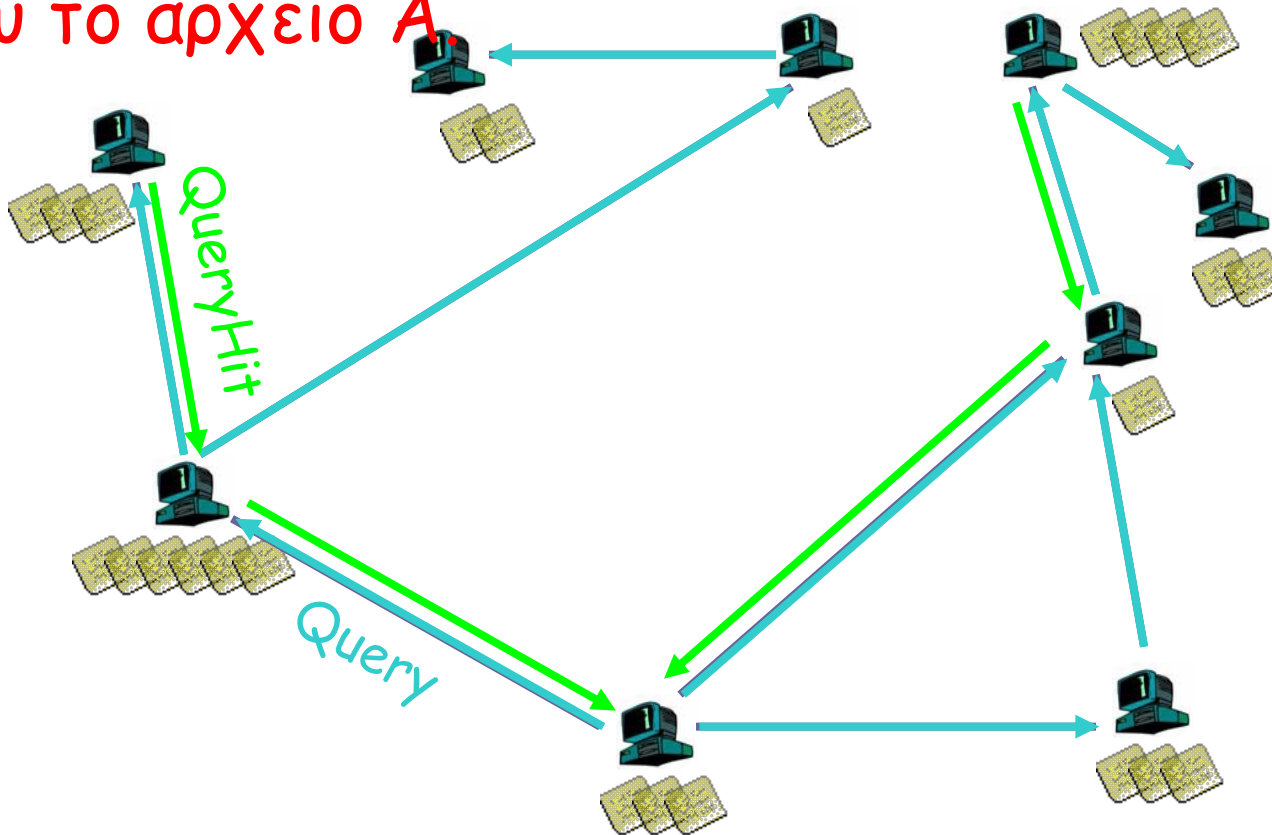
Κλιμάκωση:
περιορισμένης έκτασης
πλημμύρα

Gnutella: Search



Έχω το αρχείο A.

Έχω το αρχείο A



Πού είναι το αρχείο A;

Gitella: Υπέρ και κατά



- Πλεονεκτήματα
 - Πλήρως αποκεντρωμένο
 - Κατανεμημένο κόστος αναζήτησης
- Μειονεκτήματα
 - Το πεδίο αναζήτησης μπορεί να είναι πολύ μεγάλο
 - Ο χρόνος αναζήτησης μπορεί να είναι πολύ μεγάλος
 - Οι κόμβοι μπαινοβγαίνουν συχνά, ασταθές δίκτυο

P2P Ιεραρχική διάρθρωση: KaZaA



- Ιστορία του KaZaA

- 2001: δημιουργία από τον Ολλανδική εταιρία (Kazaa BV)
- Ένα δίκτυο ονομαζόμενο FastTrack χρησιμοποιείται και από άλλους clients (Morpheus, giFT, κλπ.)
- Τελικά, το πρωτόκολλο άλλαξε, ώστε οι άλλοι clients δεν μπορούν πλέον να μιλούν με αυτό



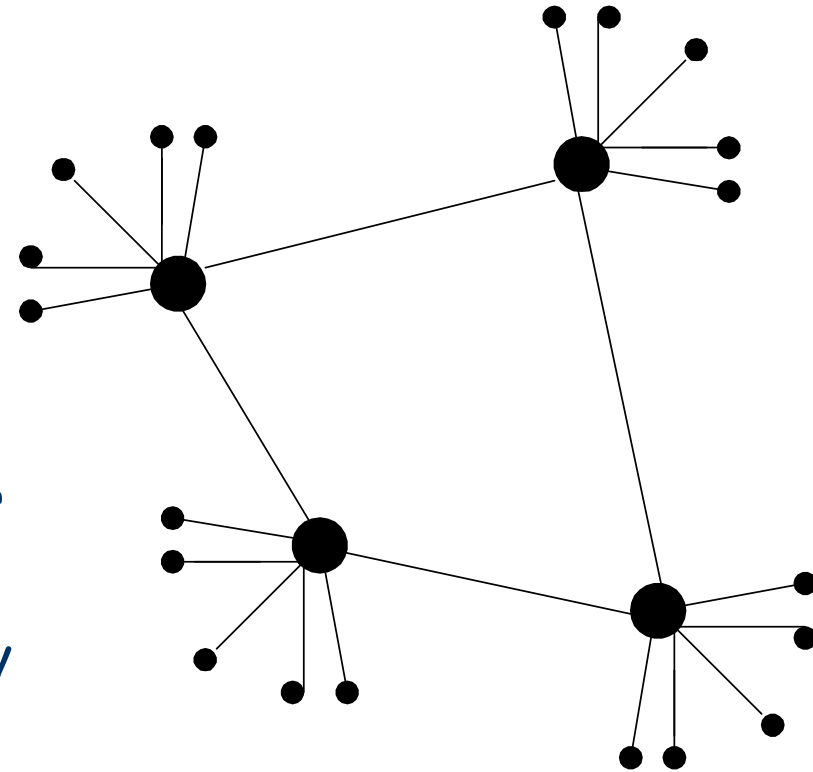
- Έξυπνο query flooding

- **Join**: αρχικά, ο client επικοινωνεί με έναν super-node (και μπορεί αργότερα να γίνει τέτοιος)
- **Publish**: ο client στέλνει λίστα αρχείων στον super-node του
- **Search**: αποστολή query στον super-node και οι super-nodes πλημμυρίζουν μεταξύ τους τις queries
- **Fetch**: λήψη αρχείου απευθείας από τον(τους) peer(s). Μπορεί να παίρνει ταυτόχρονα από πολλούς peers

ΚαΖαΑ: Αξιοποίηση της ετερογένειας



- Αρχιτεκτονική μεταξύ κεντρικού καταλόγου και query flooding
- Κάθε peer είναι είτε super-node ή assigned σε έναν super-node
 - σύνδεση TCP μεταξύ του peer και του super-node του
 - συνδέσεις TCP μεταξύ μερικών ζευγών super-nodes
- Ο super-node παρακολουθεί το περιεχόμενο των παιδιών ΤΟΥ



- ordinary peer
- super-node peer
- neighboring relationships in overlay network

ΚαΖαΑ: Κίνητρα για Super-Nodes

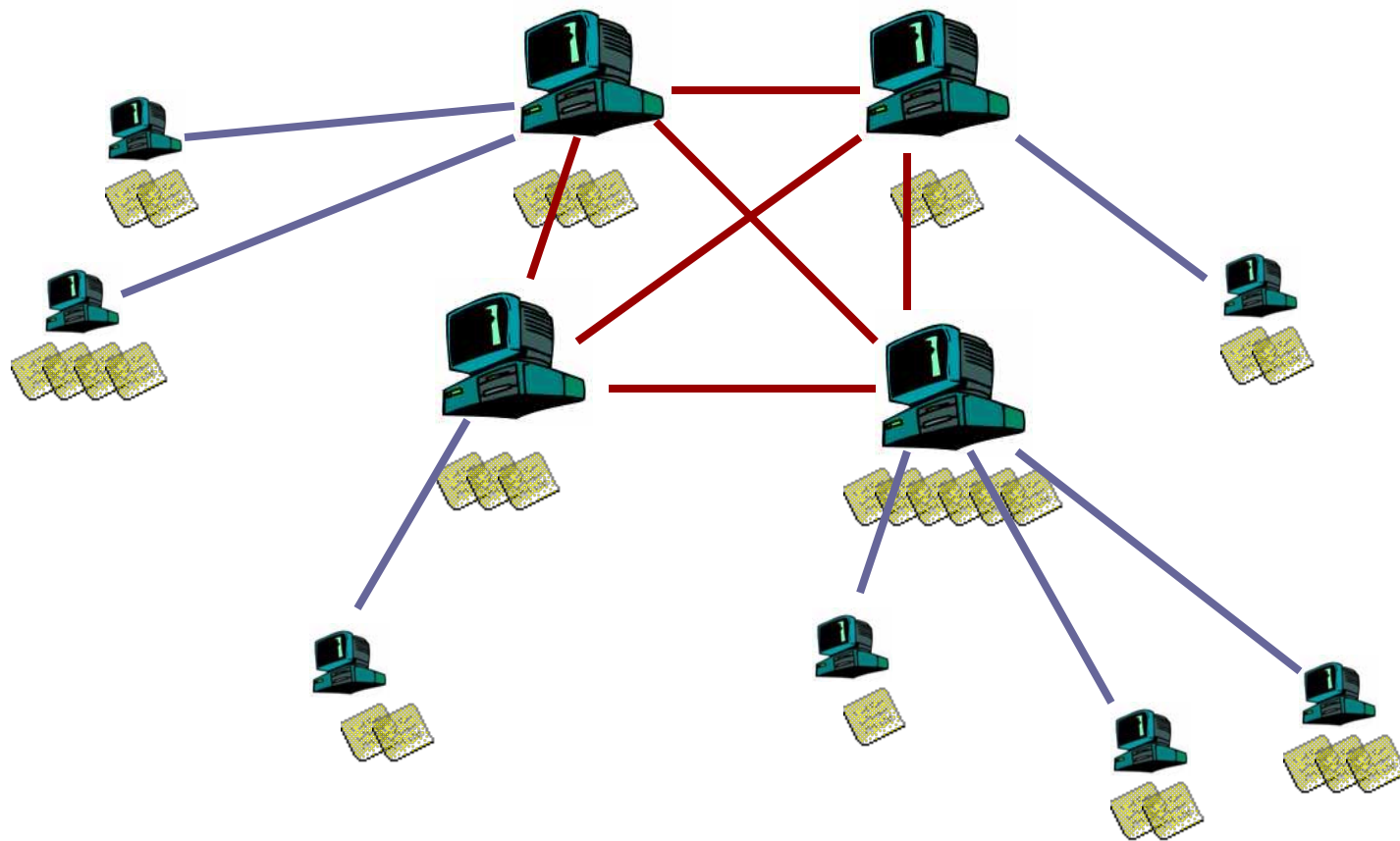


- Συγχώνευση query
 - Πολλοί συνδεδεμένοι κόμβοι μπορεί να έχουν μόνο λίγα αρχεία
 - Η διάδοση μιας query σε έναν κοινό κόμβο μπορεί να παίρνει περισσότερο χρόνο από το να απαντήσει ο ίδιος ο super-node
- Ευστάθεια
 - Η επιλογή του super-node ευνοεί τους κόμβους που είναι πολύ ώρα παρόντες
 - Το πόση ώρα ήταν παρών ένας κόμβος είναι καλή πρόβλεψη για το πόση ώρα θα είναι παρών στο μέλλον



ΚαΖαΑ: δομή δικτύου

"Super Nodes"

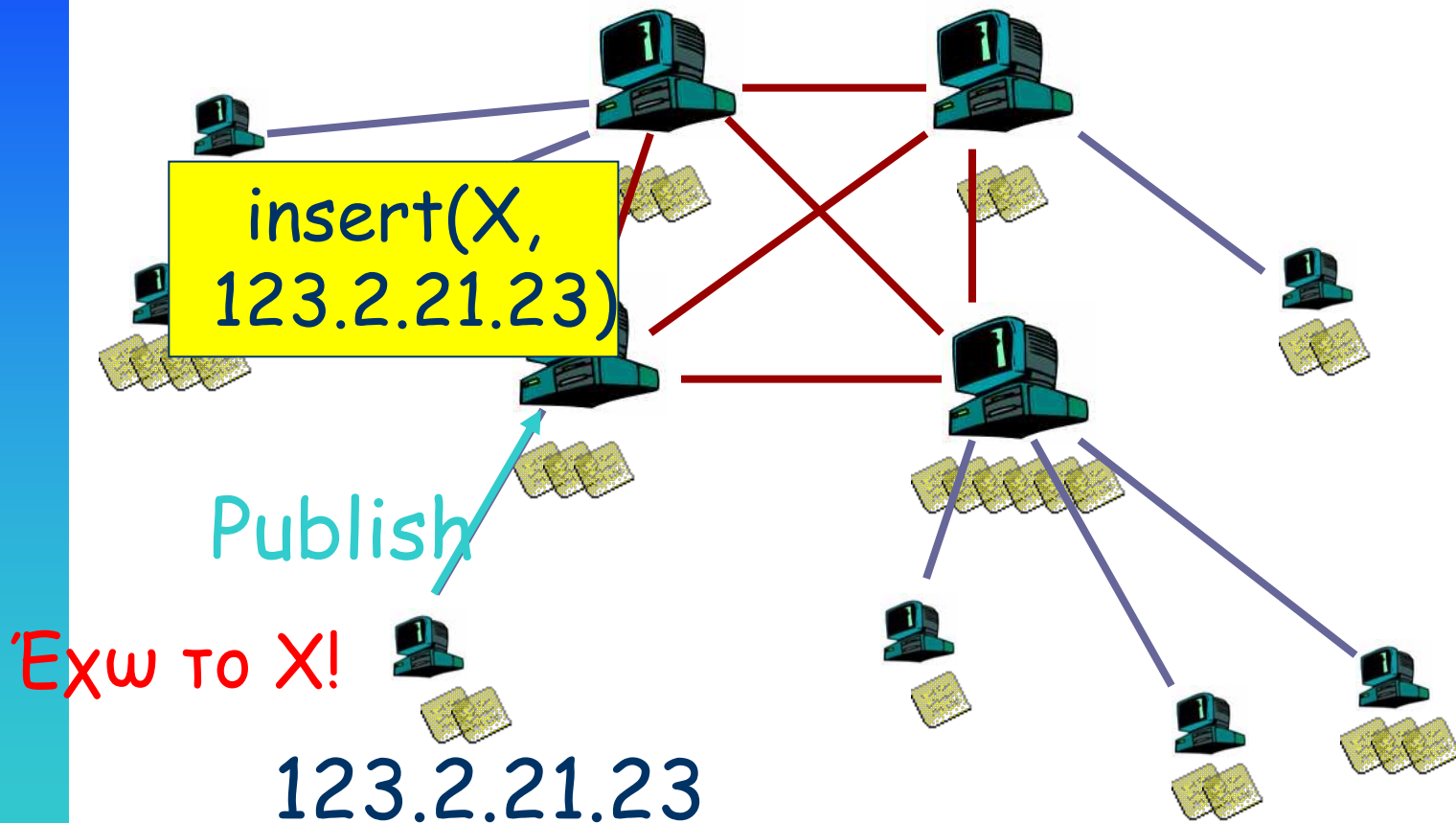




- Λίστα από εν δυνάμει super-nodes περιλαμβάνεται στο κατέβασμα του software
- Ο νέος peer διατρέχει τη λίστα μέχρι να βρει super-node σε λειτουργία
 - Ο peer στέλνει ring σε (5-6) super-nodes της λίστας και συνδέεται με τον πρώτο που απαντάει
 - Συνδέεται και λαμβάνει πιο ενημερωμένη λίστα, με 200 εγγραφές
 - Οι super-nodes στην ενημερωμένη λίστα είναι "κοντά" στον peer
- Αν ο super-node κλείσει, ο peer ανατρέχει στην ενημερωμένη λίστα και βρίσκει νέο super-node



KaZaA: Publish



KaZaA: Metadata



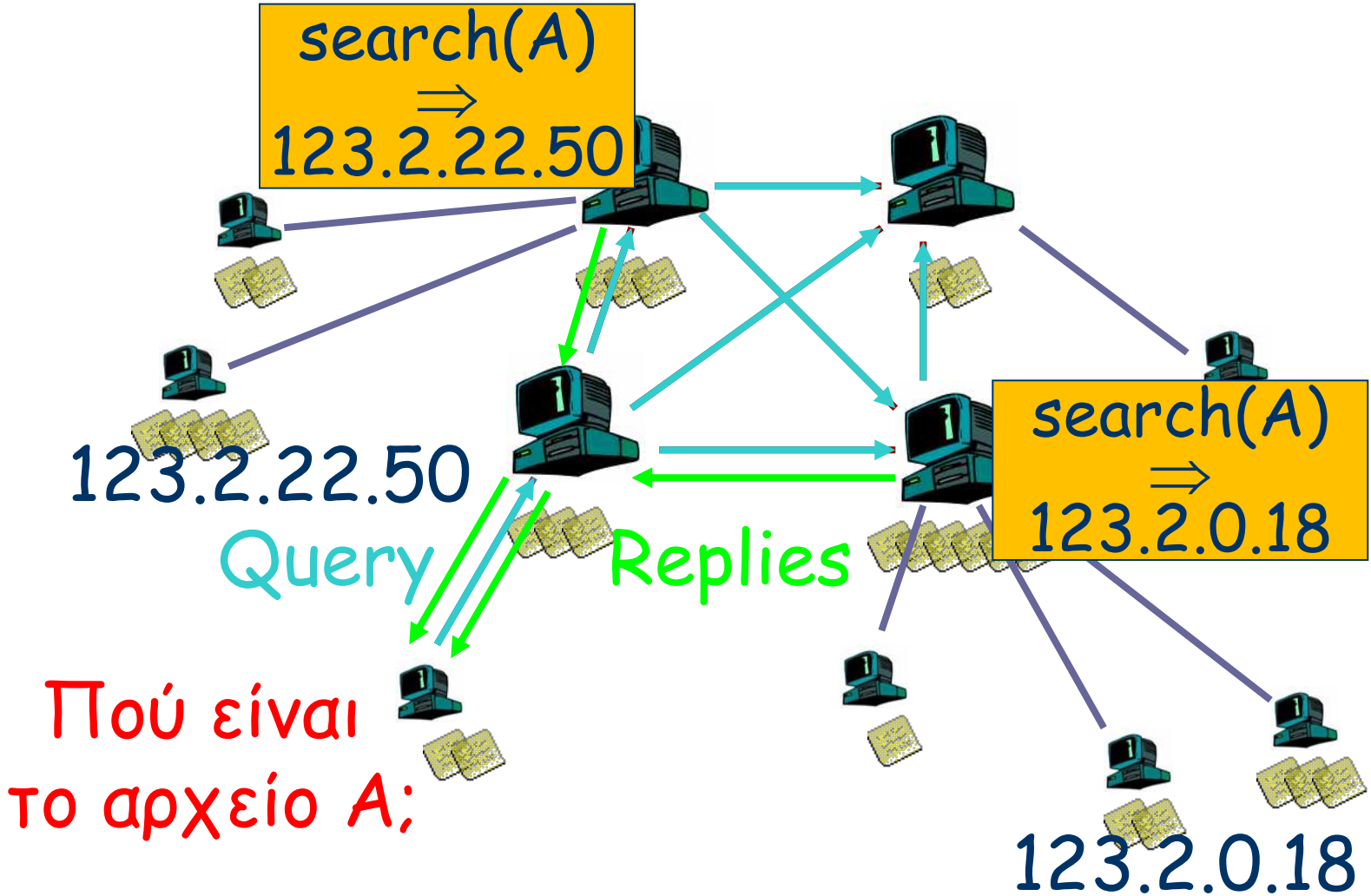
- Όταν ένας κοινός κόμβος συνδέεται σε super-node, ανεβάζει τα metadata του
- Για κάθε αρχείο:
 - File name
 - File size
 - Content Hash (UUHash, MD5, SHA-1)
 - File descriptors: χρησιμοποιούνται για ταίριασμα των keyword κατά την αναζήτηση
- Content Hash:
 - Όταν ο peer A επιλέγει αρχείο του peer B, ο A στέλνει το ContentHash στο HTTP request
 - Αν το κετέβασμα κάποιου αρχείου αποτύχει (ολοκληρωθεί μερικώς), χρησιμοποιείται το ContentHash για την αναζήτηση νέου αντιγράφου του υπόψη αρχείου



- Ένας κόμβος στέλνει πρώτα query στον super-node
 - Ο Super-node απαντά με όμοια αρχεία (matches)
 - Αν βρεθούν x όμοια αρχεία, τελειώνει
- Αλλιώς, ο super-node προωθεί το query σε υποσύνολο από super-nodes
 - Αν βρεθούν συνολικά x όμοια αρχεία, τελειώνει
- Αλλιώς, το query προωθείται περαιτέρω
 - Πιθανώς από τον αρχικό super-node, παρά διαδοχικά



KaZaA: search



ΚαΖαΑ: Fetching - Παραλληλισμός



- Αν το αρχείο βρεθεί σε πολλούς κόμβους, ο χρήστης μπορεί να επιλέξει παράλληλο κατέβασμα
- Τα ίδια αντίγραφα αναγνωρίζονται από το ContentHash
- Η επέκταση byte range retrieval του HTTP για τη ζήτηση διαφορετικών τμημάτων του αρχείου από διαφορετικούς κόμβους
 - Server: Accept-Ranges: bytes
 - Client: Range: bytes=0-500, 5000-
- Εναλλακτική λύση: Erasure codes
- Αυτόματη επανεύρεση, όταν ο server peer σταματήσει να στέλνει το αρχείο
 - Το ContentHash χρησιμοποιείται για την αναζήτηση νέου αντιγράφου του αρχείου

ΚαΖαΑ: Υπέρ και κατά



- Υπέρ:

- Προσπαθεί να λάβει υπόψη την ετερογένεια:
 - Εύρος ζώνης
 - Υπολογιστική δυνατότητα των host
 - Διαθεσιμότητα των host
- Ισχυρισμοί ότι λαμβάνει υπόψη την τοπικότητα

- Κατά:

- Εύκολα καταστρατηγούμενοι μηχανισμοί
- Δεν υπάρχει ακόμα εξασφάλιση ως προς τον χώρο αναζήτησης και τον χρόνο αναζήτησης

Δίκτυα P2P: BitTorrent



- Ιστορία και κίνητρα για το BitTorrent
 - 2002: B. Cohen εισήγαγε το BitTorrent
 - Εστιάζει στην αποτελεσματική προσκόμιση (*fetching*), όχι στην αναζήτηση (*searching*)
 - Διανομή του ίδιου αρχείου σε πολλούς peers
 - Ένας εκδότης, πολλοί host που κατεβάζουν
 - Παρεμπόδιση ελεύθερου κατεβάσματος

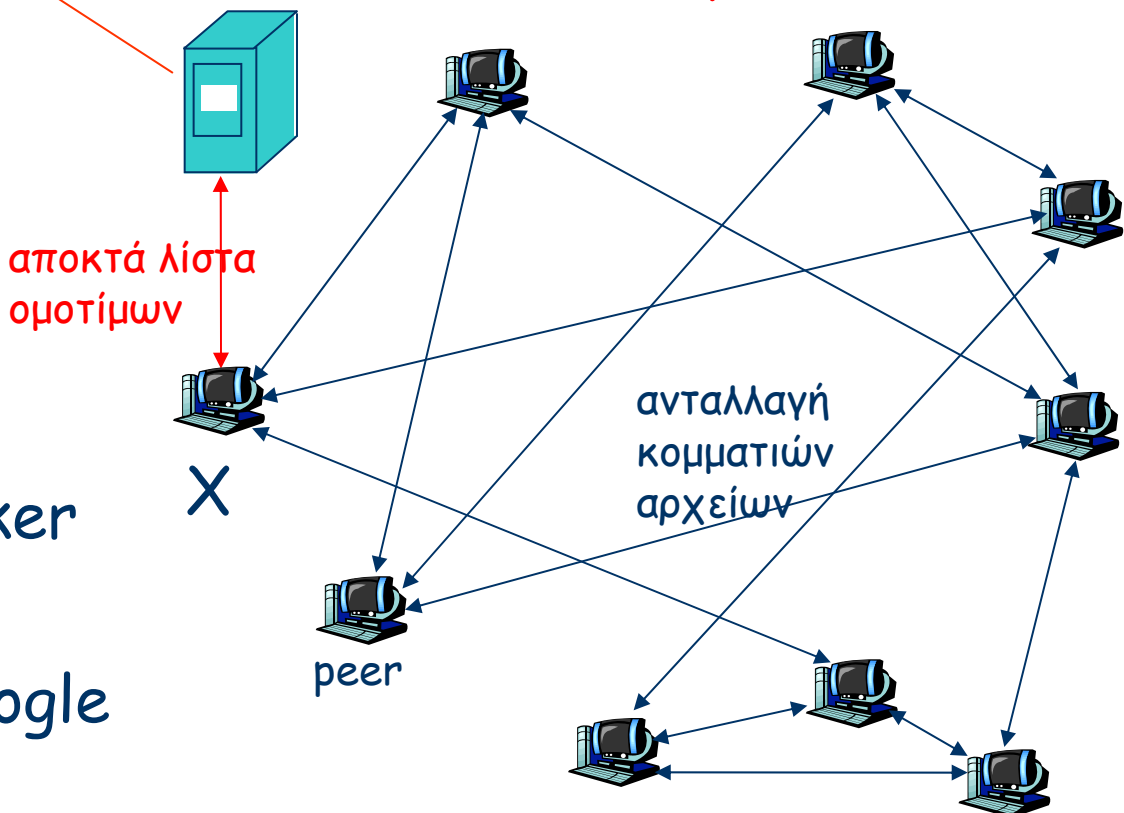




Δίκτυα P2P: BitTorrent

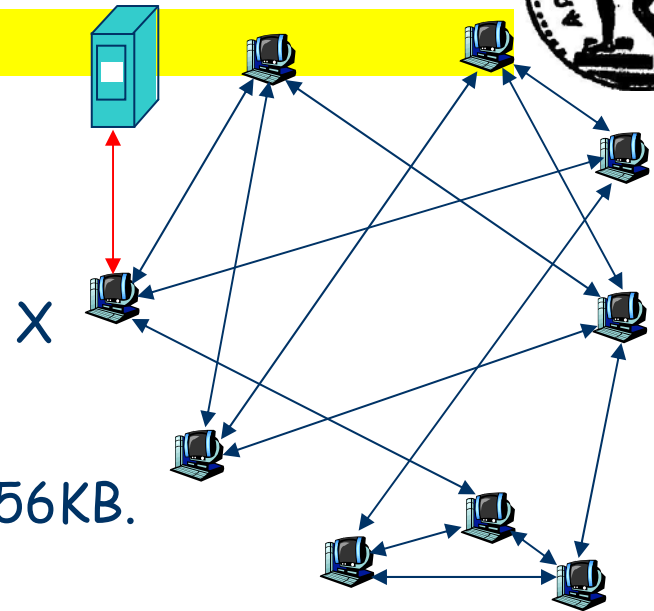
tracker: ανιχνεύει ομότιμους που συμμετέχουν στο torrent

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



- Κεντριοποιημένο δίκτυο, λόγω tracker
- .torrent αρχεία
- Αναζήτηση στο Google για .torrents

BitTorrent



- αρχείο διαιρούμενο σε κομμάτια των 256KB.
- ομότιμος εντασσόμενος στο torrent:
 - 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 αποκτήσει όλο το αρχείο, μπορεί (ατομιστικά) να φύγει ή (αλτρουϊστικά) να μείνει

BitTorrent: Σύνοψη λειτουργίας



- **Μαζική παρουσία**

- **Join**: επικοινωνία με τον "tracker" server, λήψη λίστας από peers.
- **Publish**: Τρέξε έναν tracker server.
- **Search**: Out-of-band. Π.χ., χρήση του Google για να βρεθεί tracker για το αρχείο που θέλουμε.
- **Fetch**: Κατέβασμα κομματιών του αρχείου από τους σχετικούς peers. Ανέβασμα κομματιών που έχεις για αυτούς.

BitTorrent: Tracker



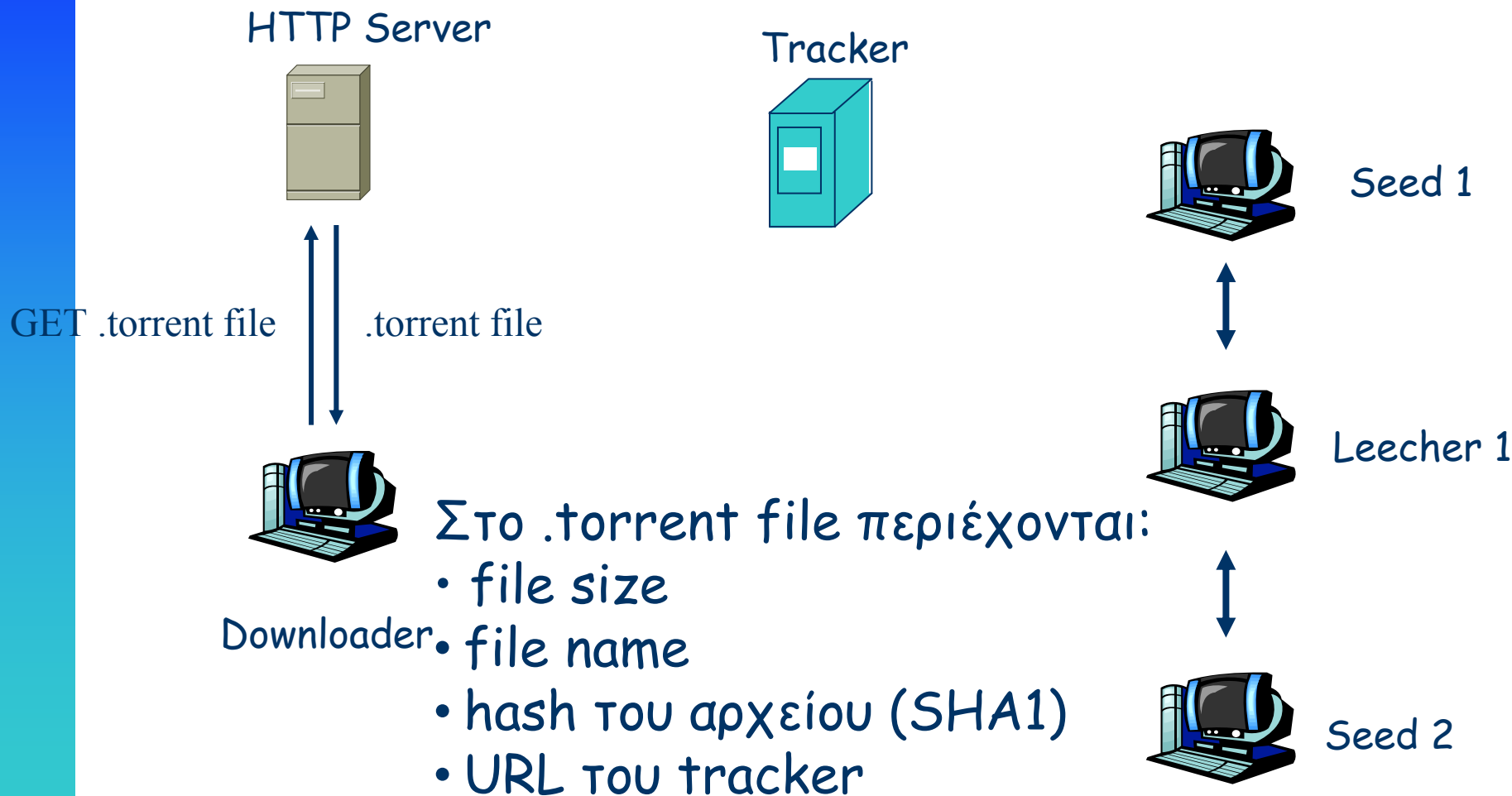
- Κόμβος υποδομής
 - Ανιχνεύει peers που συμμετέχουν στο torrent
- Οι peers γράφονται στον tracker
 - Ο peer γράφεται μόλις εμφανιστεί
 - Ο peer πληροφορεί περιοδικά τον tracker ότι είναι ακόμη παρών
- Ο tracker επιλέγει peers για κατέβασμα
 - Επιστρέφει μια τυχαία ομάδα από peers μαζί με τις IP διευθύνσεις τους
 - Οπότε, ο νέος peer γνωρίζει σε ποιον θα απευθυνθεί για δεδομένα

BitTorrent: Chunks

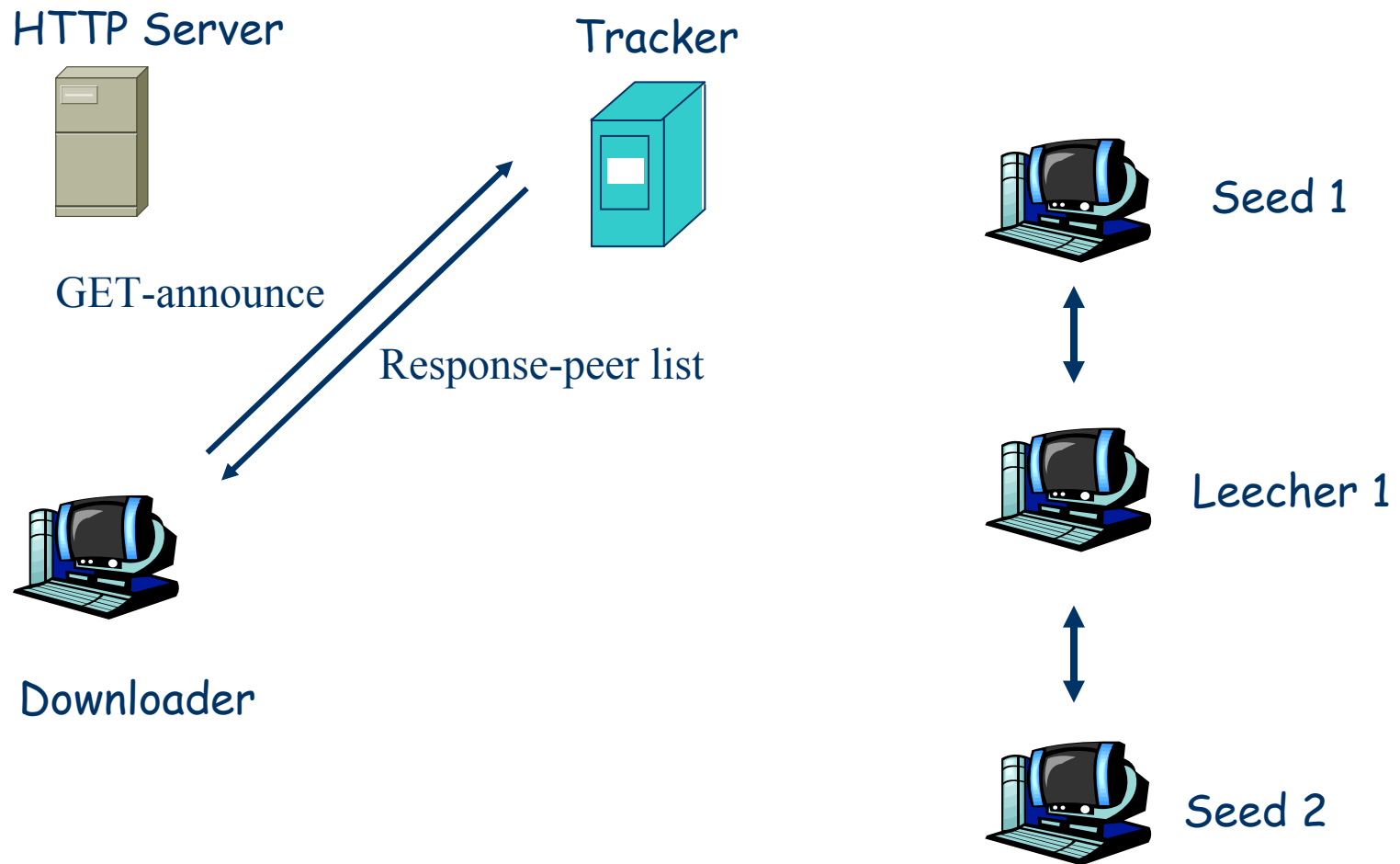


- Ένα μεγάλο αρχείο διαιρείται σε μικρότερα κομμάτια (chunks)
 - Κομμάτια σταθερού μεγέθους
 - Τυπικό μέγεθος κομματιού 256 Kbytes
- Επιτρέπονται ταυτόχρονες μεταφορές
 - Κατέβασμα κομματιών από διάφορους γείτονες
 - Αποστολή κομματιών σε άλλους γείτονες
- Πληροφόρηση για τα κομμάτια που έχουν οι γείτονες
 - Περιοδικές ερωτήσεις προς αυτούς για τη λίστα
- Το αρχείο αποκτάται όταν κατεβαστούν όλα τα κομμάτια

BitTorrent: εύρεση .torrent αρχείων



BitTorrent: εύρεση λίστας ομοτίμων



BitTorrent: αναζήτηση κομματιών



HTTP Server



Tracker



Downloader

GET κομμάτια του αρχείου



Seed 1



Leecher 1



Seed 2

BitTorrent: κατέβασμα κομματιών



HTTP Server



Tracker



Leecher 2

Πληροφορία για την
κατάσταση download



Seed 1

κομμάτια του αρχείου

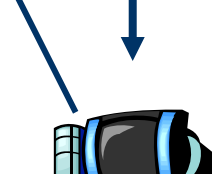
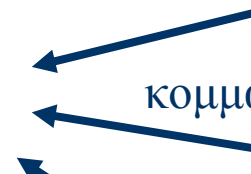
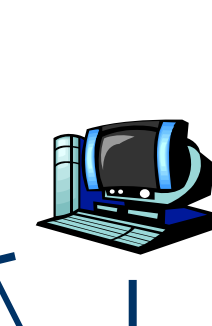


Leecher 1



Seed 2

Δίκτυα υπολογιστών



BitTorrent: πληροφορία κατάσταση



HTTP Server



Tracker



Info about
complete
download



Seed 1



Seed 3



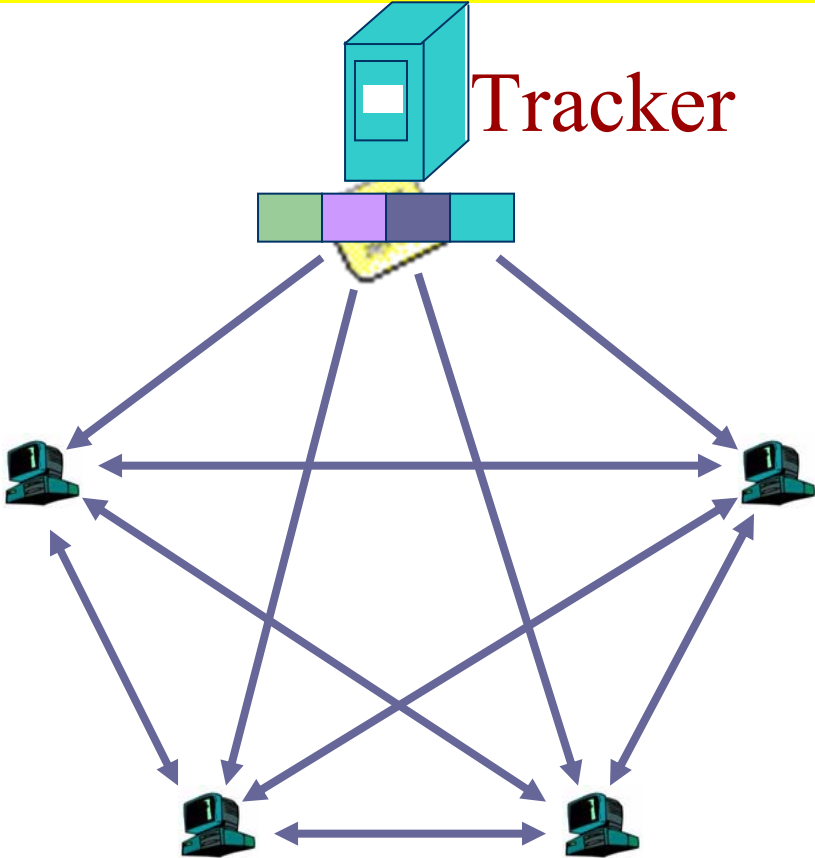
Seed 4



Seed 2

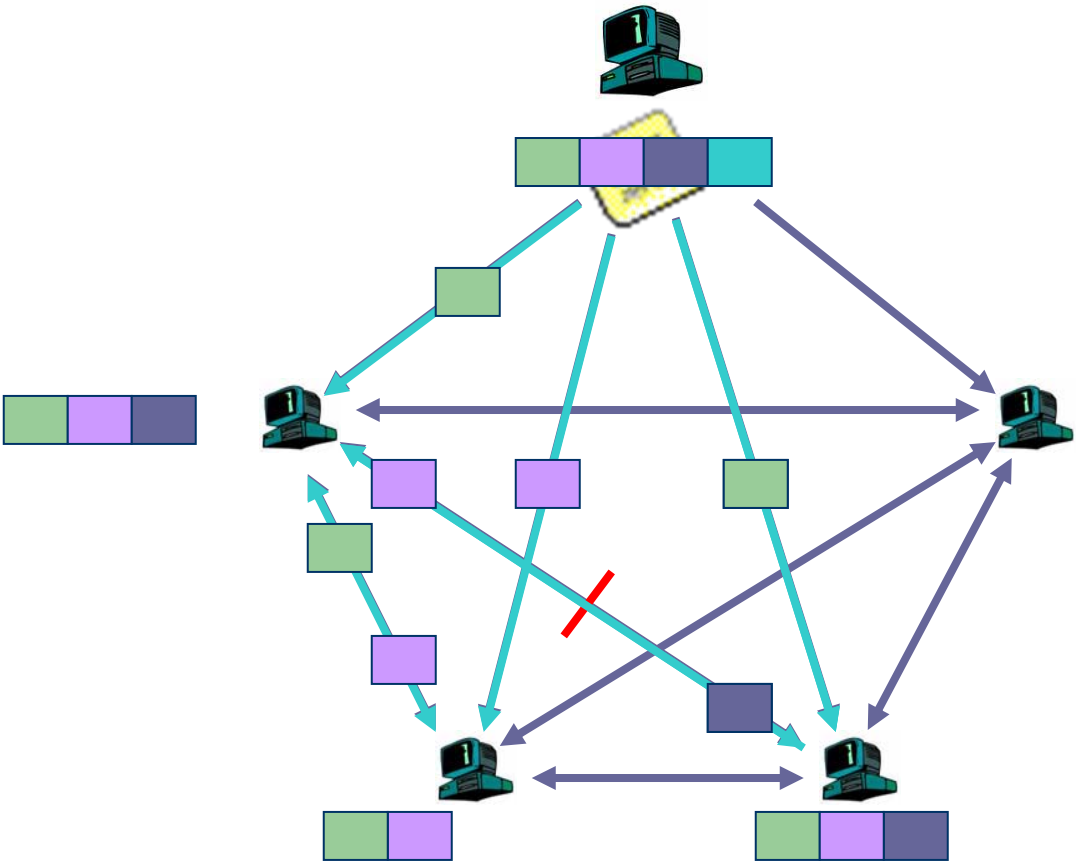


BitTorrent: Join/Publish





BitTorrent: Fetch



BitTorrent: σειρά ζήτησης κομματιών



- Ποια κομμάτια να ζητηθούν;
 - Μπορούν να κατεβούν με τη σειρά, όπως π.χ. κάνει ένας HTTP client;
- Πρόβλημα: πολλοί peers έχουν τα αρχικά κομμάτια
 - Οι peers έχουν λίγα να μοιραστούν μεταξύ τους
 - Περιορισμός της κλιμάκωσης του συστήματος
- Πρόβλημα: κατά σύμπτωση κανείς δεν έχει σπάνια κομμάτια
 - π.χ., τα κομμάτια του τέλους του αρχείου
 - Περιορισμός της ικανότητας περάτωσης του κατεβάσματος
- Λύσεις: τυχαία επιλογή και τα σπάνια πρώτα

BitTorrent: πρώτα το σπάνιο κομμάτι



- Ποια κομμάτια να ζητηθούν πρώτα;
 - Τα κομμάτια με τα λιγότερα διαθέσιμα αντίγραφα
 - π.χ., το σπανιότερο κομμάτι πρώτο
- Ωφέλη για τον peer
 - Αποφυγή σταματήματος κατεβάσματος όταν μερικοί peers αποχωρήσουν
- Ωφέλη για το σύστημα
 - Αποφυγή σταματήματος κατεβάσματος για όλους τους peers που περιμένουν ένα αρχείο
 - Ισοστάθμιση φορτίου εξισώνοντας τους αριθμούς των αντιγράφων των τεμαχίων

BitTorrent: παρεμπόδιση free-riding



- Μεγάλο πλήθος χρηστών είναι free-riders
 - Οι περισσότεροι δεν μοιράζονται αρχεία και δεν απαντούν σε ερωτήσεις
 - Άλλοι περιορίζουν τον αριθμό των συνδέσεων ή την ταχύτητα ανεβάσματος
- Λίγοι peers λειτουργούν ουσιαστικά ως servers
 - Λίγοι συνεισφέρουν στο κοινό καλό
 - Καθίστανται hubs που βασικά δρουν ως servers
- Το BitTorrent εμποδίζει το free riding
 - Επιτρέπει τους πιο γρήγορους peers να κατεβάζουν από άλλον peer
 - Περιστασιακά επιτρέπει σε μερικούς free loaders να κατεβάζουν

Bit-Torrent: παρεμπόδιση free-riding

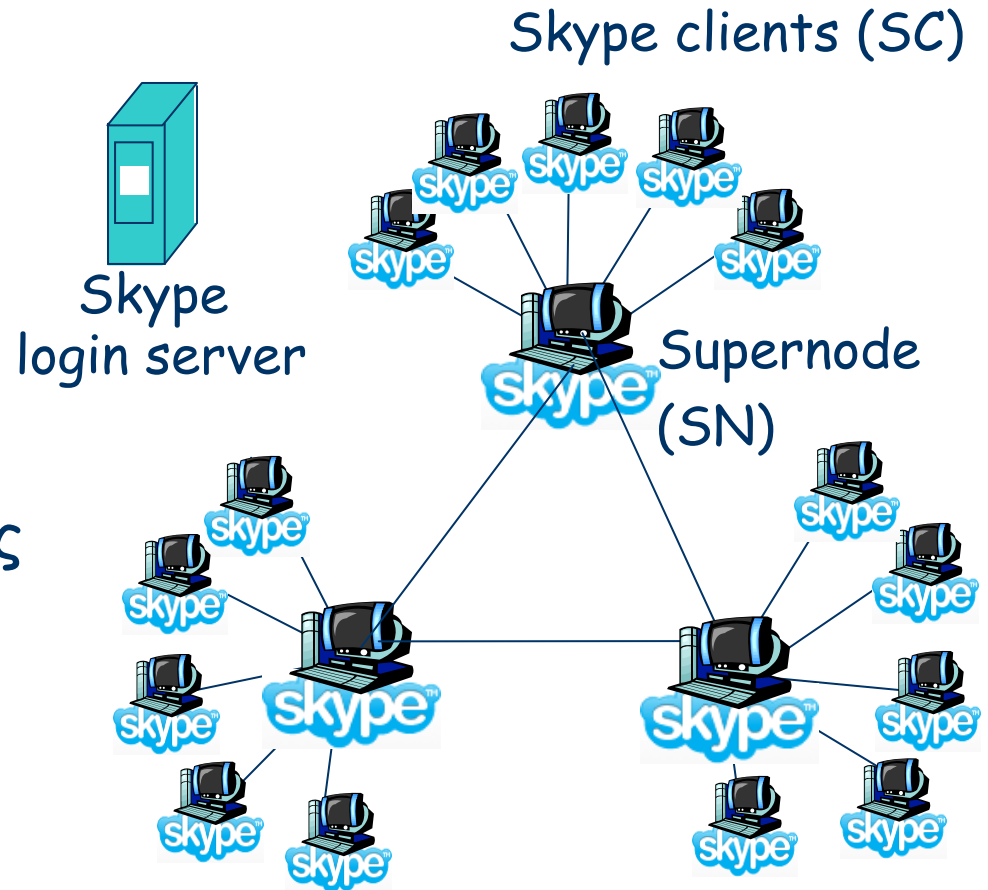


- Ο peer έχει περιορισμένο εύρος ζώνης ανεβάσματος
 - Και πρέπει να το μοιράζει σε πολλούς peers
- Προτεραιότητα ανάλογα με εύρος ζώνης ανεβάσματος
 - Υποστήριξη των γειτόνων που ανεβάζουν με τον υψηλότερο ρυθμό
- Επιβράβευση των 4 πρώτων γειτόνων
 - Μετράει την ταχύτητα που στέλνει κάθε άλλος peer
 - Ανταποκρίνεται στέλνοντας στους 4 πρώτους peers
 - Επαναυπολογίζει τους top4 κάθε 10 sec
- Οπτιμιστική επανεπιλογή
 - Δοκιμάζει τυχαία έναν νέο γείτονα κάθε 30 sec
 - Έτσι, ο νέος γείτονας έχει μια ευκαιρία να συμμετάσχει

P2P: Skype



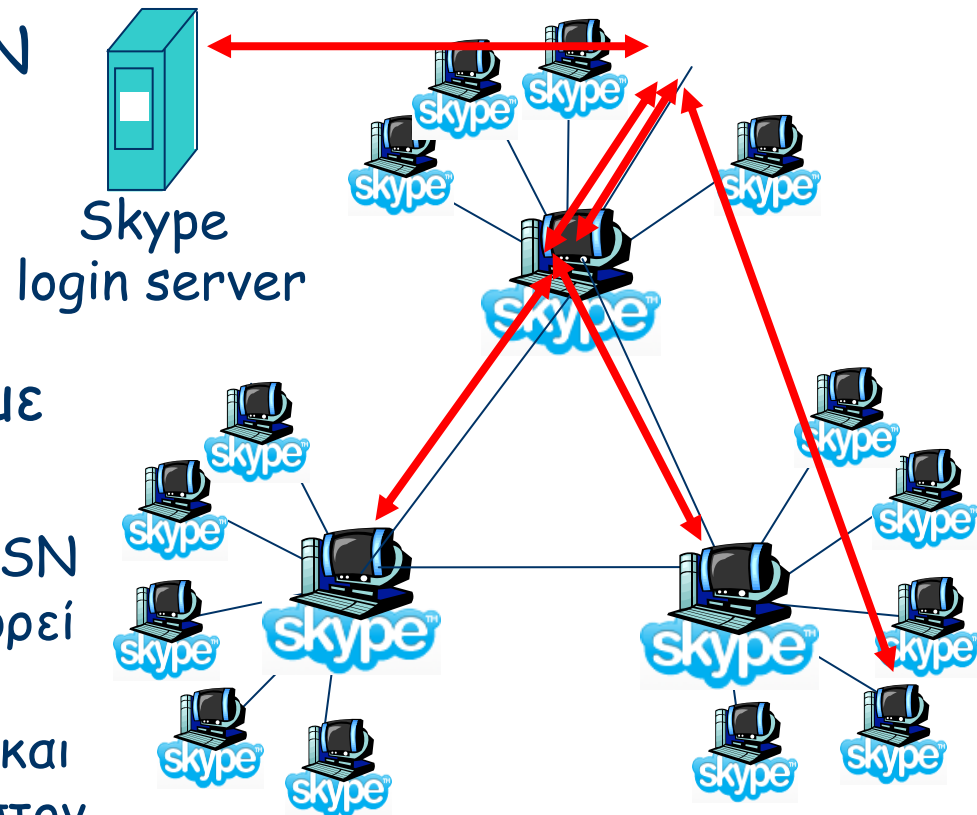
- P2P (pc-to-pc, pc-to-phone, phone-to-pc)
Voice-Over-IP (VoIP)
εφαρμογή
- επίσης IM
- proprietary
πρωτόκολλο στρώματος
εφαρμογής
- ιεραρχική διάρθρωση



Skype: πραγματοποίηση κλήσης



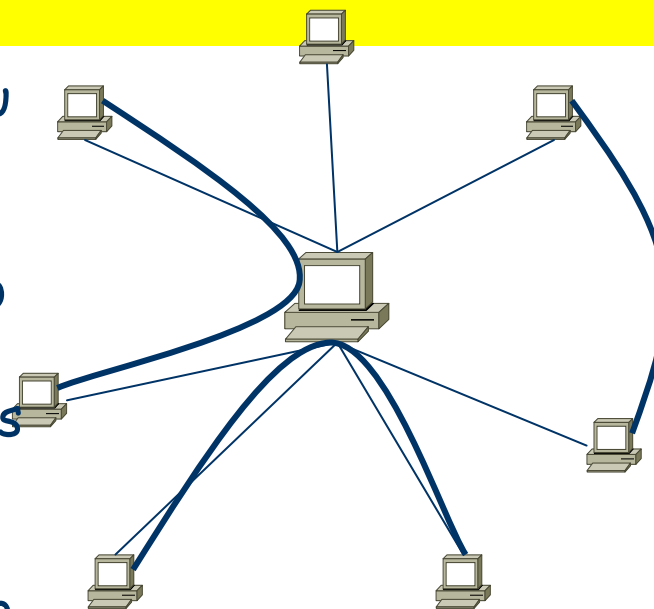
- Ο χρήστης ξεκινά το Skype
- Ο SC εγγράφεται στον SN
 - λίστα από bootstrap SNs
- Ο SC κάνει log in (πιστοποίηση αυθεντικότητας)
- Κλήση: SC καλεί τον SN με την ID του καλούμενου
 - SN επικοινωνεί με άλλους SN (άγνωστο πρωτόκολλο, μπορεί πλημμύρα) για να βρει τη διεύθυνση του καλούμενου και επιστρέφει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



Διέλευση μέσω NAT και Firewall



- Αν ο καλών είναι πίσω από NAT, η σηματοδοσία κλήσης (TCP) προωθείται από κάποιον κόμβο που έχει public IP address



- Αν είτε ο καλών είτε ο καλούμενος ή και οι δύο είναι πίσω από NAT η κίνηση φωνής (UDP) προωθείται μέσω του ίδιου κόμβου

- Αν και ο καλών και ο καλούμενος είναι πίσω από NAT και από UDP-restricted firewall, τότε η κίνηση σηματοδοσίας και φωνής προωθούνται μέσω ενός άλλου κόμβου με TCP

- Αν και ο καλών και ο καλούμενος έχουν public IP address, η σηματοδοσία της κλήσης (TCP) και η κίνηση φωνής (UDP) πραγματοποιείται απευθείας μεταξύ τους