Capitolo 2
Livello di applicazione

Nota per l'utilizzo:

Abbiamo preparato queste slide con l'intenzione di renderle disponibili a tutti (professori, studenti, lettori). Sono in formato PowerPoint in modo che voi possiate aggiungere e cancellare slide (compresa questa) o modificarne il contenuto in base alle vostre esigenze.
Come potete facilmente immaginare, da parte nostra abbiamo fatto *un sacco* di lavoro. In cambio, vi chiediamo solo di rispettare le seguenti condizioni:

- se utilizzate queste slide (ad esempio, in aula) in una forma sostanzialmente inalterata, fate riferimento alla fonte (dopo tutto, ci piacerebbe che la gente usasse il nostro libro!)
- se rendete disponibili queste slide in una forma sostanzialmente inalterata su un sito web, indicate che si tratta di una adattamento (o che sono identiche) delle nostre slide, e inserite la nota relativa al copyright.

Thanks and enjoy! JFK/KWR

Reti di calcolatori e Internet:
Un approccio top-down

6ª edizione
Jim Kurose, Keith Ross

Pearson Paravia Bruno Mondadori Spa
©2013

Capitolo 2: Livello di applicazione

Obiettivi:

- Fornire i concetti base e gli aspetti implementativi dei protocolli delle applicazioni di rete
  - modelli di servizio del livello di trasporto
  - paradigma client-server
  - paradigma peer-to-peer
- Apprendere informazioni sui protocolli esaminando quelli delle più diffuse applicazioni di rete
  - HTTP
  - FTP
  - SMTP / POP3 / IMAP
  - DNS

Alcune diffuse applicazioni di rete

- Posta elettronica
- Web
- Messaggistica istantanea
- Autenticazione in un calcolatore remoto (Telnet e SSH)
- Condivisione di file P2P
- Giochi multiutente via rete
- Streaming di video-clip memorizzati
- Telefonia via Internet
- Videoconferenza in tempo reale

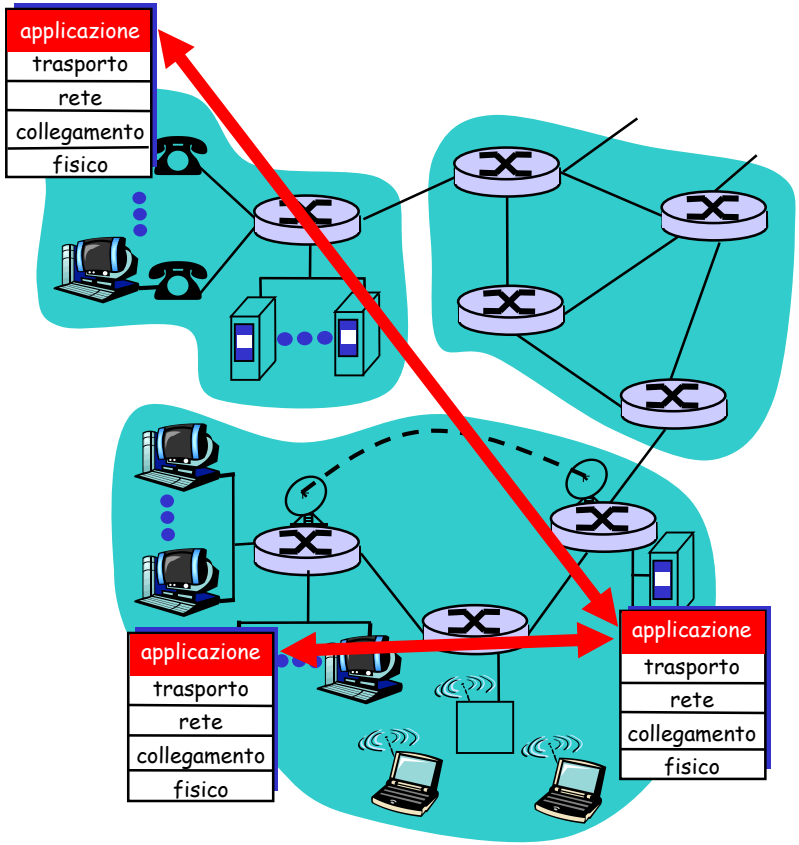
Creare un'applicazione di rete

Scrivere programmi che

- girano su sistemi terminali diversi
- comunicano attraverso la rete
- Ad es. il Web: il software di un server Web comunica con il software di un browser

software in grado di funzionare su più macchine

- non occorre predisporre programmi per i dispositivi del nucleo della rete, quali router o commutatori Ethernet



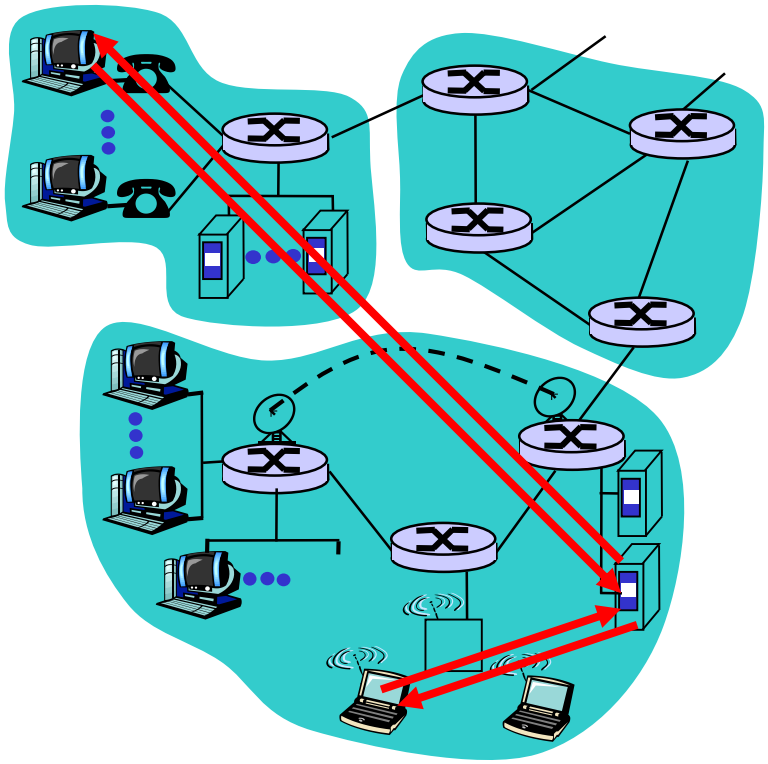
Capitolo 2: Livello di applicazione

- 2.1 Principi delle applicazioni di rete
- 2.2 Web e HTTP
- 2.3 FTP
- 2.4 Posta elettronica
  - SMTP, POP3, IMAP
- 2.5 DNS
- 2.6 Condivisione di file P2P

Architetture delle applicazioni di rete

- Client-server
- Peer-to-peer (P2P)
- Architetture ibride (client-server e P2P)

Architettura client-server



server:

- host sempre attivo
- indirizzo IP fisso
- server farm per creare un potente server virtuale

client:

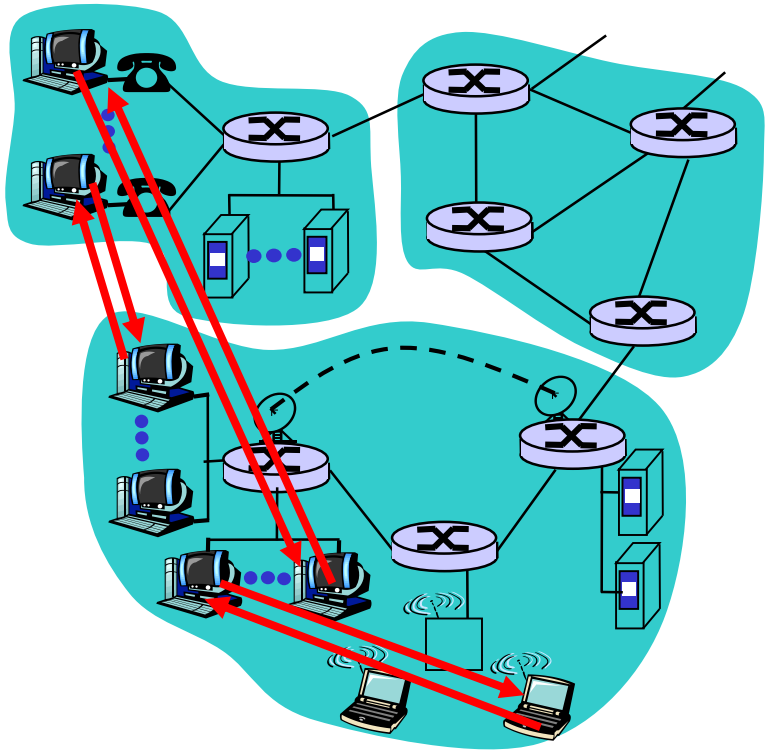
- comunica con il server
- può contattare il server in qualunque momento
- può avere indirizzi IP dinamici
- non comunica direttamente con gli altri client

Architettura P2P pura

- non c'è un server sempre attivo
- coppie arbitrarie di host (peer) comunicano direttamente tra loro
- i peer non devono necessariamente essere sempre attivi, e cambiano indirizzo IP
- Un esempio: Gnutella

  Facilmente scalabile

  Difficile da gestire



Ibridi (client-server e P2P)

Napster

- Scambio di file secondo la logica P2P
- Ricerca di file centralizzata:
  - i peer registrano il loro contenuto presso un server centrale
  - i peer chiedono allo stesso server centrale di localizzare il contenuto

Messaggistica istantanea

- La chat tra due utenti è del tipo P2P
- Individuazione della presenza/location centralizzata:
  - l'utente registra il suo indirizzo IP sul server centrale quando è disponibile online
  - l'utente contatta il server centrale per conoscere gli indirizzi IP dei suoi amici

Processi comunicanti

Processo: programma in esecuzione su di un host.

- All'interno dello stesso host, due processi comunicano utilizzando schemi interprocesso (definiti dal SO).
- processi su host differenti comunicano attraverso lo scambio di messaggi

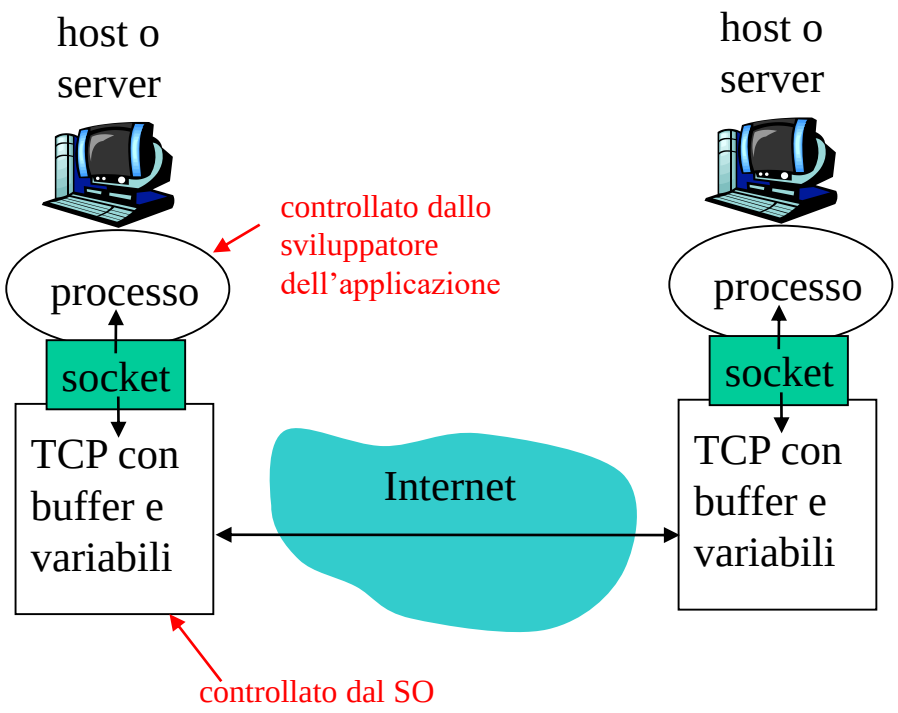
Processo client: processo che dà inizio alla comunicazione

Processo server : processo che attende di essere contattato

- Nota: le applicazioni con architetture P2P hanno sia processi client che processi server

Socket

- un processo invia/riceve messaggi a/da la sua socket
- una socket è analoga a una porta
  - un processo che vuole inviare un messaggio, lo fa uscire dalla propria "porta" (socket)
  - il processo presuppone l'esistenza di un'infrastruttura esterna che trasporterà il messaggio attraverso la rete fino alla "porta" del processo di destinazione



Processi di indirizzamento

- Affinché un processo su un host invii un messaggio a un processo su un altro host, il mittente deve identificare il processo destinatario.
- Un host A ha un indirizzo IP univoco a 32 bit
- D: È sufficiente conoscere l'indirizzo IP dell'host su cui è in esecuzione il processo per identificare il processo stesso?
- Risposta: No, sullo stesso host possono essere in esecuzione molti processi.

- L'identificatore comprende sia l'indirizzo IP che i numeri di porta associati al processo in esecuzione su un host.
- Esempi di numeri di porta:
  - HTTP server: 80
  - Mail server: 25

Quale servizio di trasporto richiede un'applicazione?

Perdita di dati

- alcune applicazioni (ad esempio, audio) possono tollerare qualche perdita
- altre applicazioni (ad esempio, trasferimento di file, telnet) richiedono un trasferimento dati affidabile al 100%

Temporizzazione

- alcune applicazioni (ad esempio, telefonia Internet, giochi interattivi) per essere "realistiche" richiedono piccoli ritardi

Ampiezza di banda

- alcune applicazioni (ad esempio, quelle multimediali) per essere "efficaci" richiedono un'ampiezza di banda minima
- altre applicazioni ("le applicazioni elastiche") utilizzano l'ampiezza di banda che si rende disponibile

Requisiti del servizio di trasporto di alcune applicazioni comuni

Applicazione	Tolleranza alla perdita di dati	Ampiezza di banda	Sensibilità al tempo
Trasferimento file	No	Variabile	No
Posta elettronica	No	Variabile	No
Documenti Web	No	Variabile	No
Audio/video in tempo reale	Sì	Audio: da 5 Kbps a 1 Mbps Video: da 10 Kbps a 5 Mbps	Sì, centinaia di ms
Audio/video memorizzati	Sì	Come sopra	Sì, pochi secondi
Giochi interattivi	Sì	Fino a pochi Kbps	Sì, centinaia di ms
Messaggistica istantanea	No	Variabile	Sì e no

Servizi dei protocolli di trasporto Internet

Servizio di TCP:

- *orientato alla connessione:* è richiesto un setup fra i processi client e server
- *trasporto affidabile* fra i processi d'invio e di ricezione
- *controllo di flusso:* il mittente non vuole sovraccaricare il destinatario
- *controllo della congestione:* "strozza" il processo d'invio quando le rete è sovraccaricata
- *non offre:* temporizzazione, ampiezza di banda minima

Servizio di UDP:

- trasferimento dati inaffidabile fra i processi d'invio e di ricezione
- non offre: setup della connessione, affidabilità, controllo di flusso, controllo della congestione, temporizzazione né ampiezza di banda minima

D: Perché preoccuparsi? Perché esiste UDP?

Applicazioni Internet: protocollo a livello applicazione e protocollo di trasporto

Applicazione	Protocollo a livello applicazione	Protocollo di trasporto sottostante
Posta elettronica	SMTP [RFC 2821]	TCP
Accesso a terminali remoti	Telnet [RFC 854]	TCP
Web	HTTP [RFC 2616]	TCP
Trasferimento file	FTP [RFC 959]	TCP
Multimedia in streaming	Proprietario (ad esempio, RealNetworks)	TCP o UDP
Telefonia Internet	Proprietario (ad esempio, Vonage, Dialpad)	Tipicamente UDP

Capitolo 2: Livello di applicazione

- 2.1 Principi delle applicazioni di rete
- 2.2 Web e HTTP
- 2.3 FTP
- 2.4 Posta elettronica
  - SMTP, POP3, IMAP
- 2.5 DNS
- 2.6 Condivisione di file P2P

World Wide Web

- Marzo 1989: nasce l'dea al CERN
- Dicembre 1991: presentazione del primo prototipo
- Febbraio 1993: rilascio del primo browser grafico (Mosaic)
- 1994: nasce Netscape Corporation
- 1995: Netscape va in borsa
- 1998: Netscape viene acquisita da America Online

- 1994: CERN e MIT creano il World Wide Web Consortium (W3C)

World Wide Web: Definizione

- Il www è l'insieme dei documenti ipertestuali (detti hypertext documents o web pages) raggiungibili in Internet.
- Il **programma** utilizzato per la lettura/visualizzazione di questi documenti è il "Web Browser"
- Il contenuto delle pagine web è formato da diversi elementi: immagini, testo, video clip, audio clip, link ad altri documenti etc...)
- I **linguaggi** utilizzati per la definizione delle pagine web sono l'HTML (Hypertext Markup Language) e le sue evoluzioni XML (eXtensible Markup Language), e linguaggi di programmazione specifici (javaScript, php etc...)
- La pagine web sono identificate da un indirizzo detto "URI" Uniform Resource Identificator
- Le pagine web si trasferiscono attraverso la rete tramite un **protocollo** ad hoc HTTP/HTTPS (Hypertext transfer protocol/HTTP Secure).

WWW Consortium (W3C)

- Il W3C (www.w3c.org) Consorzio comprendente circa 300 membri tra aziende informatiche (Microsoft, IBM, Sun) telefoniche, università e istituzioni per la ricerca, associazioni come Mozilla Foundation etc...)

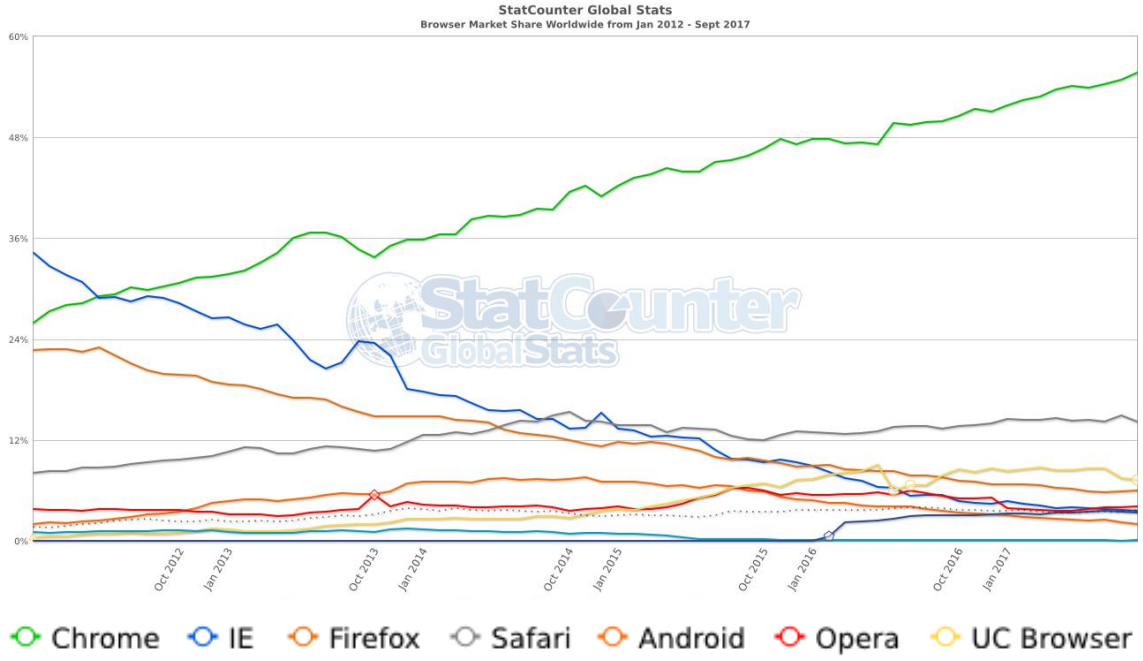
- Ha lo scopo di promuovere e sviluppare linee guida e standard per il world wide web, coinvolto anche nel training, pubblicazione di tutorial, sviluppo di software e di discussioni sul web in generale.

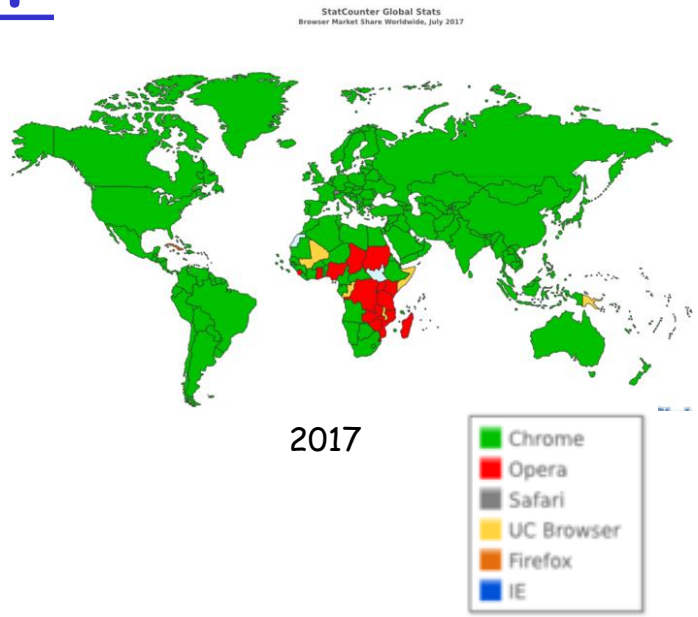
- Obiettivo del W3C è la "Web interoperability" ovvero la compatibilità tra le varie tecnologie usate nel web. A cura del W3C sono state proposte, discusse, definite ed ufficializzate diverse specifiche tecniche tra cui il protocollo http, linguaggi come html, xml, css, le linee guida per l'accessibilità.

Browser

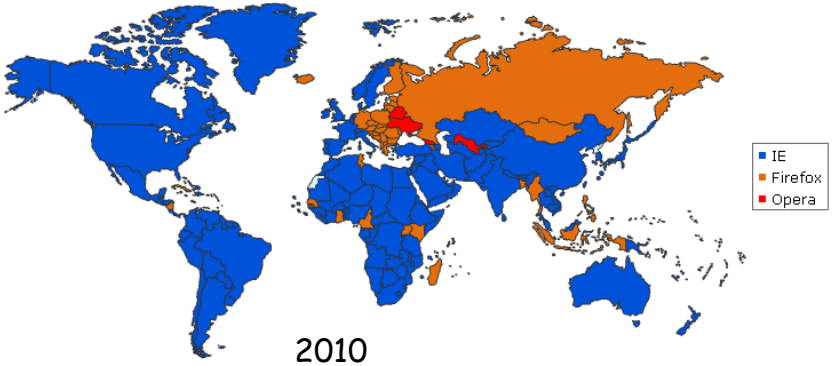
- Il web browser è un programma che viene eseguito lato client e permette di visualizzare le pagine web, interrogare i server, interagire con la rete
- Può anche accedere al filesystem

Diffusione dei browser

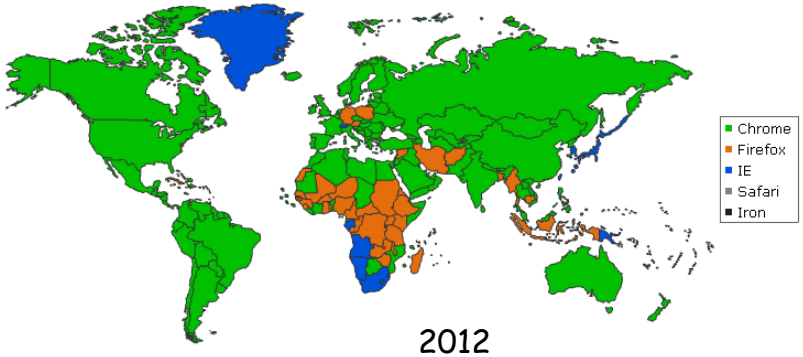




2017

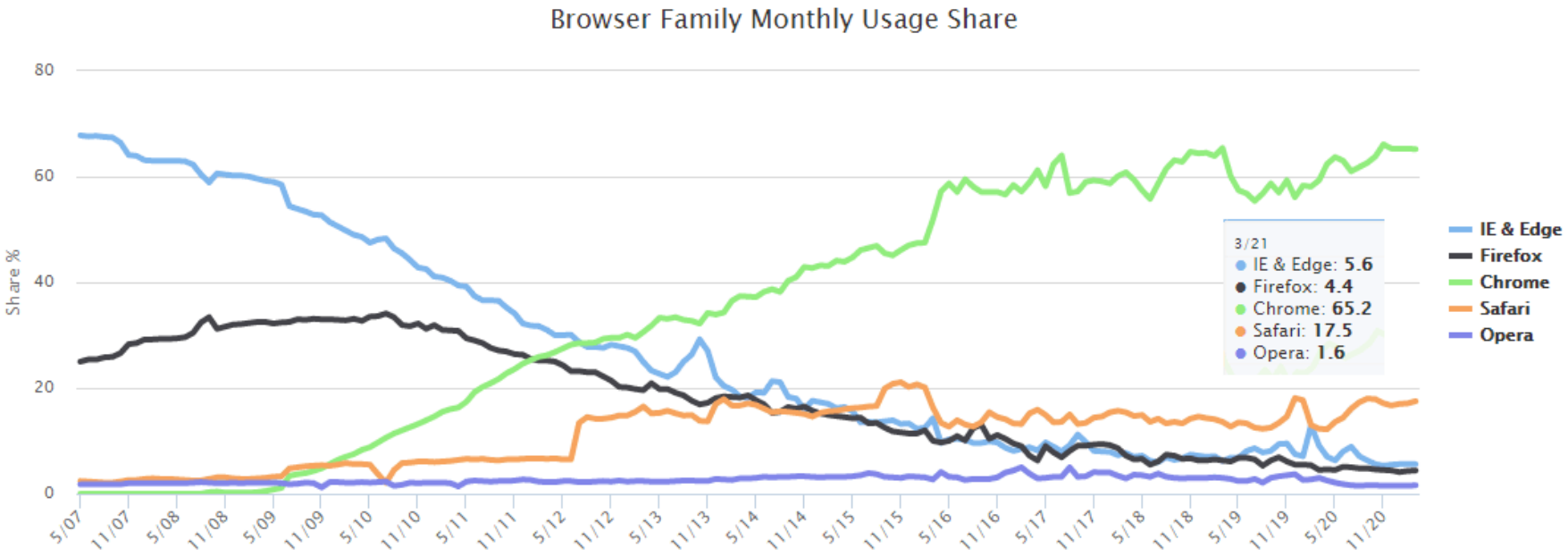


2010

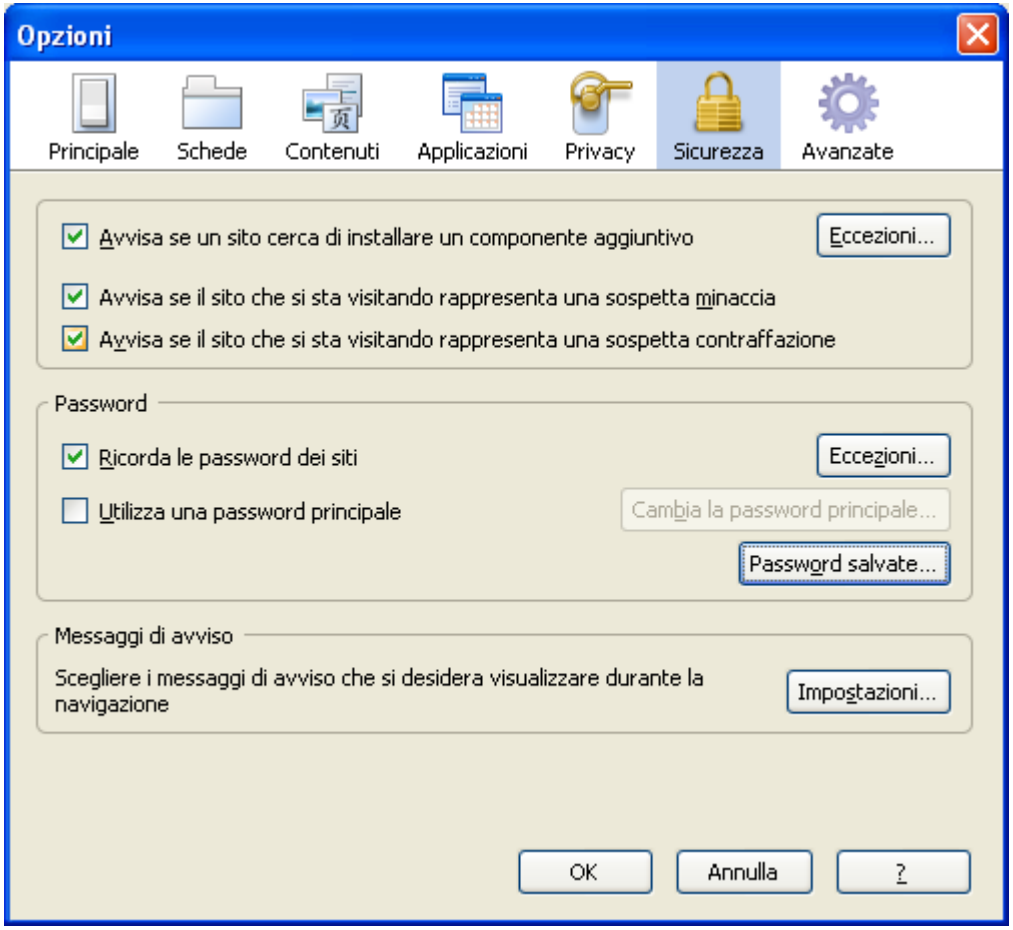


2012

Diffusione dei browser

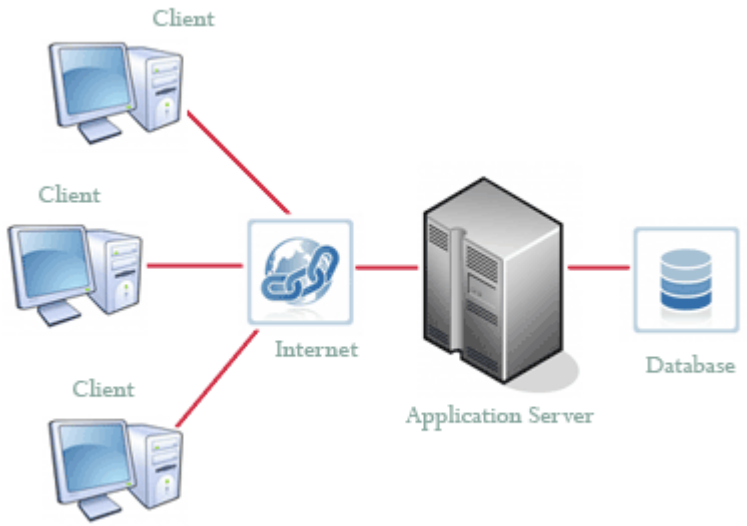


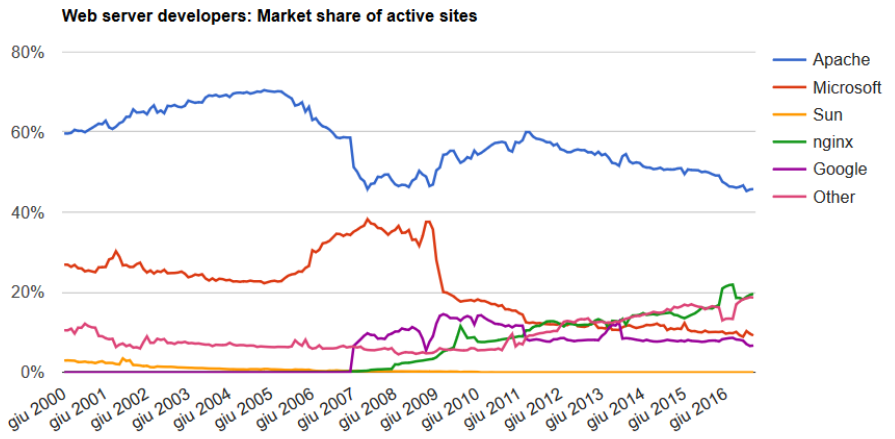
Configurazione Firefox



Web server

- I server web sono responsabili di inviare le risposte alle richieste da parte dei web browser.
- L'informazione richiesta può essere contenuta nello stesso server oppure generata da un particolare programma che a sua volta si interfaccia con un database.





Web e HTTP

Terminologia

- Una pagina web è costituita da oggetti
- Un oggetto può essere un file HTML, un'immagine JPEG, un'applet Java, un file audio, …
- Una pagina web è formata da un file base HTML che include diversi oggetti referenziati
- Ogni oggetto è referenziato da un URL

Uniform Resource Locator

- URL è una sequenza di caratteri utilizzati per identificare una risorsa e permettere interazioni con essa.

Nell'ambito del WWW l'URL identifica:

- La locazione della risorsa
- Il protocollo di comunicazione (http, https, ftp, ftps, file, mailto, etc...)
- Eventualmente la porta di comunicazione (ad es. porta 80 per http)
- L'elemento specifico all'interno della risorsa

Esempi di URL

www.someschool.edu/someDept/pic.gif

nome dell'host nome del percorso

file:///C:/MyDocuments/paper.pdf

http://www.unipv.eu/online/Home/Navigaper/Studenti.html

https://esami.unipv.it:8443/uniwex/

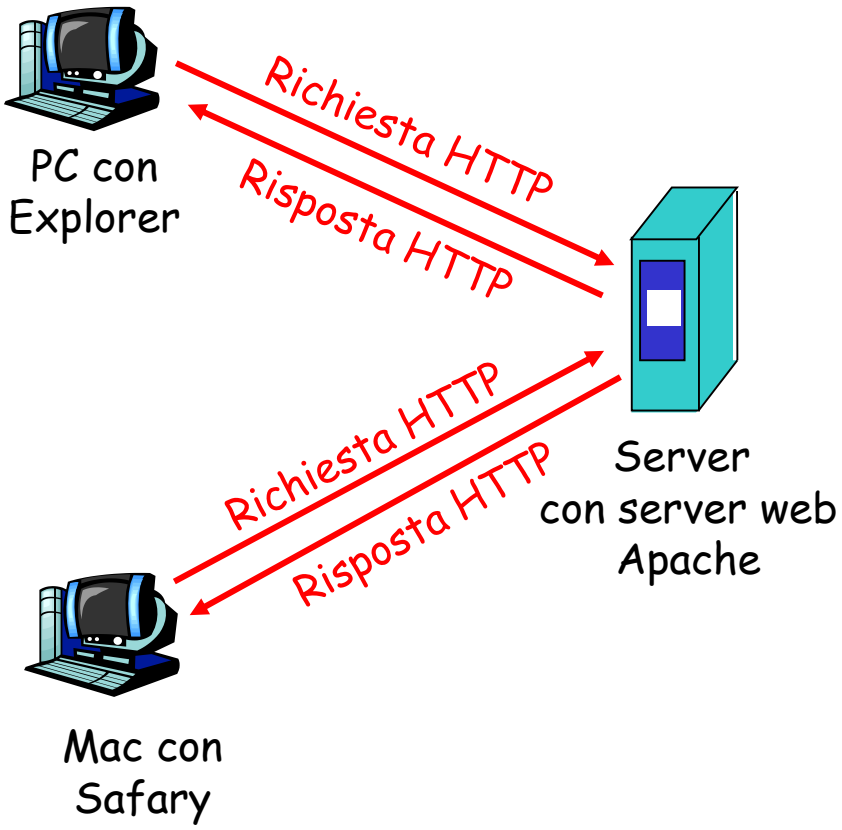
Gli **URI** sono una generalizzazione degli URL

Individuano in modo univoco una risorsa senza specificare necessariamente la sua collocazione (ad esempio URN uniform resource name)

Panoramica su HTTP

HTTP: hypertext transfer protocol

- Protocollo a livello di applicazione del Web
- Modello client/server
  - *client:* il browser che richiede, riceve, "visualizza" gli oggetti del Web
  - *server:* il server web invia oggetti in risposta a una richiesta



Panoramica su HTTP (continua)

Usa TCP:

- Il client inizializza la connessione TCP (crea una socket) con il server, la porta 80
- Il server accetta la connessione TCP dal client
- Messaggi HTTP scambiati fra browser (client HTTP) e server web (server HTTP)
- La connessione TCP è chiusa

HTTP è un protocollo "senza stato" (stateless)

- Il server non mantiene informazioni sulle richieste fatte dal client

nota

I protocolli che mantengono lo "stato" sono complessi!

- La storia passata (stato) deve essere memorizzata
- Se il server e/o il client si bloccano, le loro viste dello "stato" potrebbero essere contrastanti e dovrebbero essere riconciliate

Connessioni HTTP

Connessioni non persistenti

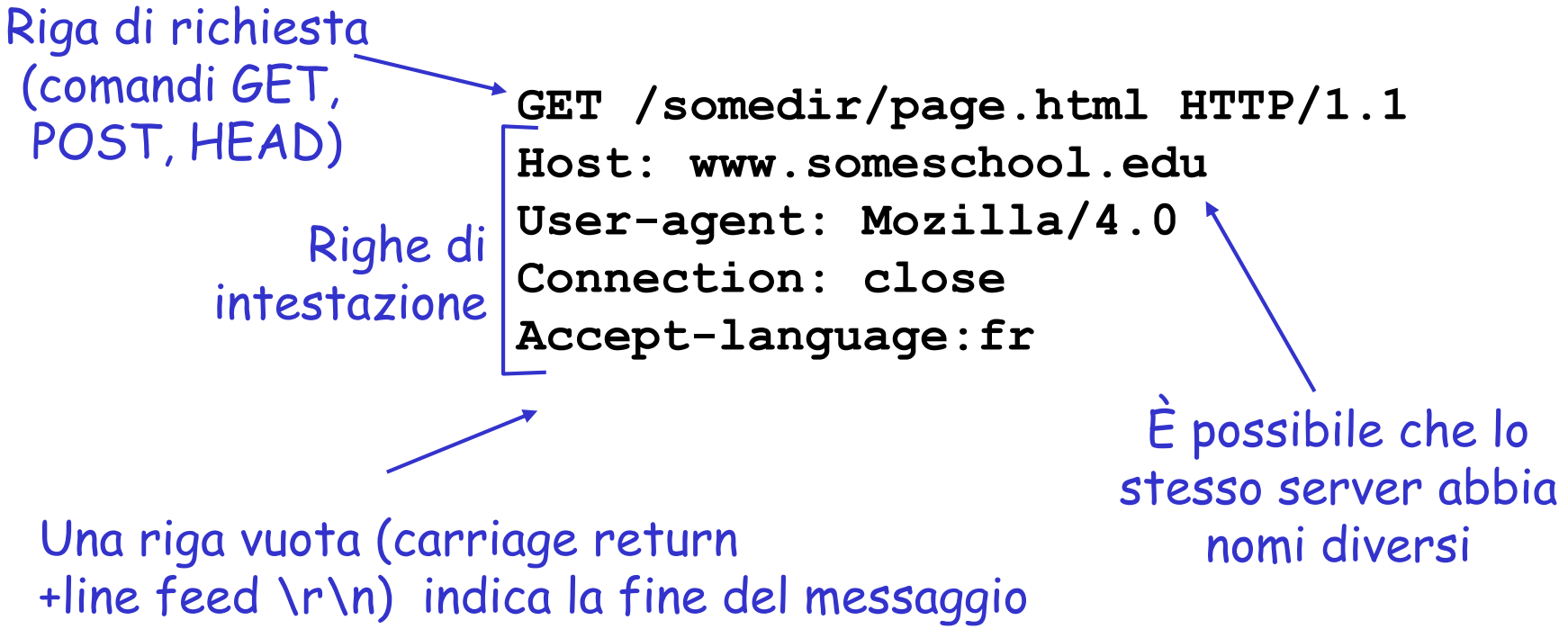
- Almeno un oggetto viene trasmesso su una connessione TCP
- HTTP/1.0 usa connessioni non persistenti

Connessioni persistenti

- Più oggetti possono essere trasmessi su una singola connessione TCP tra client e server
- HTTP/1.1 usa connessioni persistenti nella modalità di default

Messaggi HTTP

- due tipi di messaggi HTTP: *richiesta, risposta*
- Messaggio di richiesta HTTP:
  - ASCII (formato leggibile dall'utente)



Upload dell'input di un form

Metodo Post:

- La pagina web spesso include un form per l'input dell'utente
- L'input arriva al server nel corpo dell'entità

Metodo URL:

- Usa il metodo GET
- L'input arriva al server nel campo URL della riga di richiesta:

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

Tipi di metodi

HTTP/1.0

- GET
- POST
- HEAD
  - chiede al server di escludere l'oggetto richiesto dalla risposta

HTTP/1.1

- GET, POST, HEAD
- PUT
  - include il file nel corpo dell'entità e lo invia al percorso specificato nel campo URL
- DELETE
  - cancella il file specificato nel campo URL

Messaggio di risposta HTTP

Riga di stato (protocollo codice di stato espressione di stato)

Righe di intestazione

dati, ad esempio il file HTML richiesto

```
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

dati dati dati dati dati ...
```

Codici di stato della risposta HTTP

Nella prima riga nel messaggio di risposta server->client.

Alcuni codici di stato e relative espressioni:

200 OK

- La richiesta ha avuto successo; l'oggetto richiesto viene inviato nella risposta

301 Moved Permanently

- L'oggetto richiesto è stato trasferito; la nuova posizione è specificata nell'intestazione `Location:` della risposta

400 Bad Request

- Il messaggio di richiesta non è stato compreso dal server

404 Not Found

- Il documento richiesto non si trova su questo server

505 HTTP Version Not Supported

- Il server non ha la versione di protocollo HTTP

Interazione utente-server: i cookie

Molti dei più importanti siti web usano i cookie

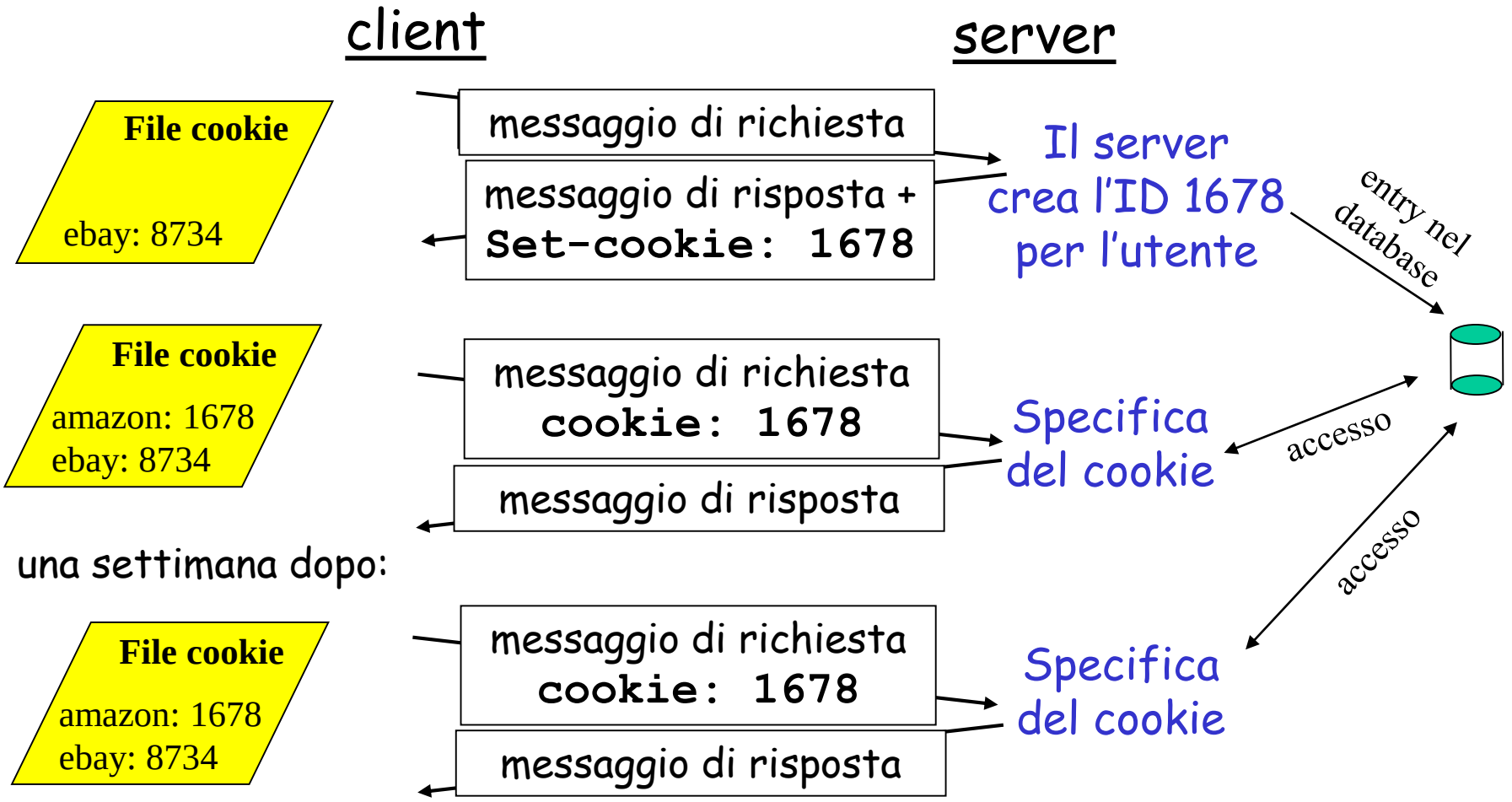
Quattro componenti:

1) Una riga di intestazione nel messaggio di *risposta* HTTP
2) Una riga di intestazione nel messaggio di *richiesta* HTTP
3) Un file cookie mantenuto sul sistema terminale dell'utente e gestito dal browser dell'utente
4) Un database sul sito

Esempio:

- Susan accede sempre a Internet dallo stesso PC
- Visita per la prima volta un particolare sito di commercio elettronico
- Quando la richiesta HTTP iniziale giunge al sito, il sito crea un identificativo unico (ID) e una *entry* nel database per ID

Cookie (continua)



Cookie (continua)

Cosa possono contenere i cookie:

- autorizzazione
- carta per acquisti
- raccomandazioni
- stato della sessione dell'utente (e-mail)

nota

Cookie e privacy:

- i cookie permettono ai siti di imparare molte cose sugli utenti
- l'utente può fornire al sito il nome e l'indirizzo e-mail
- i motori di ricerca usano il reindirizzamento e i cookie per sapere ancora di più
- le agenzie pubblicitarie ottengono informazioni dai siti

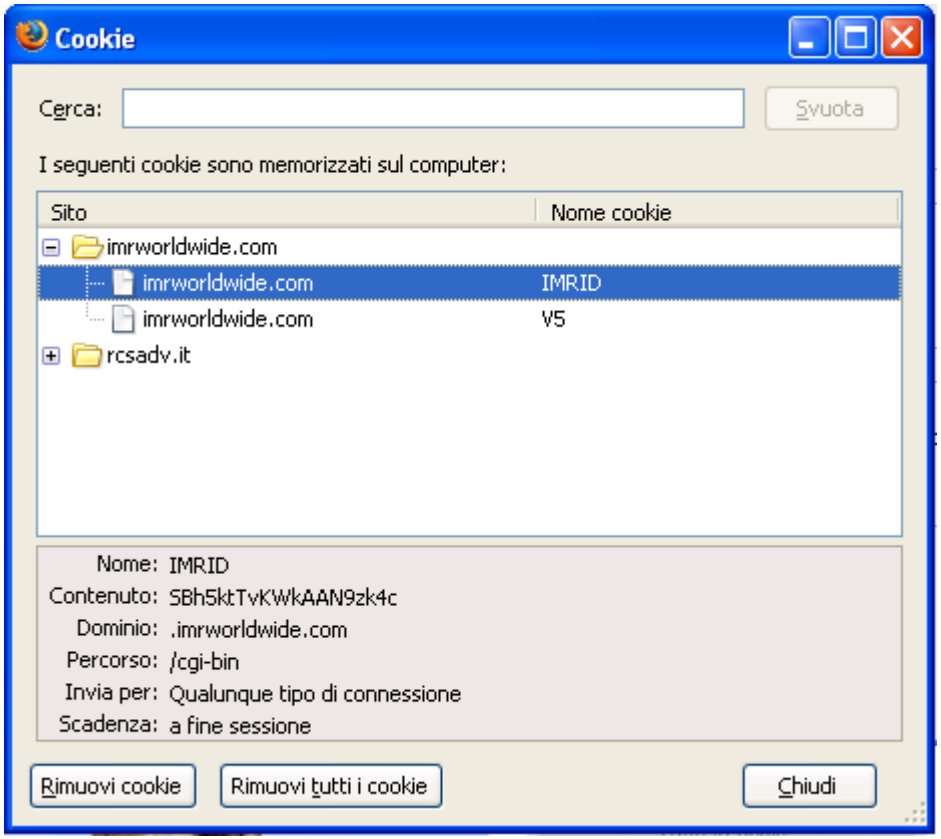
Cookies Proprietà

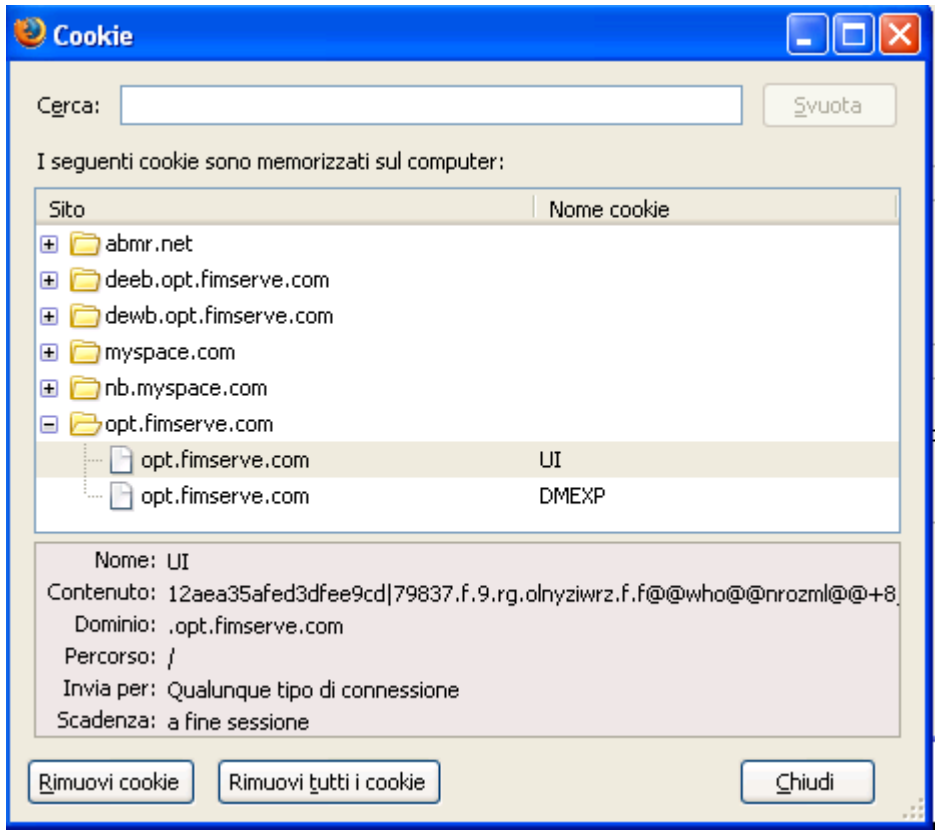
- I cookies permettono di monitorare l'interazione dell'utente con un determinato sito web e generare un profilo utente.
- I cookies sono inviati nei successivi collegamenti al server che li ha generati o a server che appartengono allo stesso dominio.
- Ciascun browser ha uno spazio su disco (cartella) all'interno del quale memorizza tutti i cookies.
- I cookies hanno durata variabile:
  - Sessione – vengono cancellati quando si chiude il browser
  - Permanente – rimangono tra una sessione e l'altra fino alla scadenza

Cookies Proprietà

- I cookies sono file di testo che in genere hanno una dimensione limitata (4KB).
- I cookies non possono contenere ed eseguire codice.
- Essi contengono una serie di attributi (dati) alcuni opzionali tra cui:
  - Dominio di provenienza del cookie
  - Scadenza – validità del cookies
  - Modalità di accesso – ad es. HttpOnly rendo il cookie invisibile a javascript e altri linguaggi client side
  - Sicuro – se il cookie deve essere inviato in rete con protocolli https .
- I cookies identificano l'utente in base al browser utilizzato, indirizzo IP, ed ID dell'utente.

Cookies Esempi

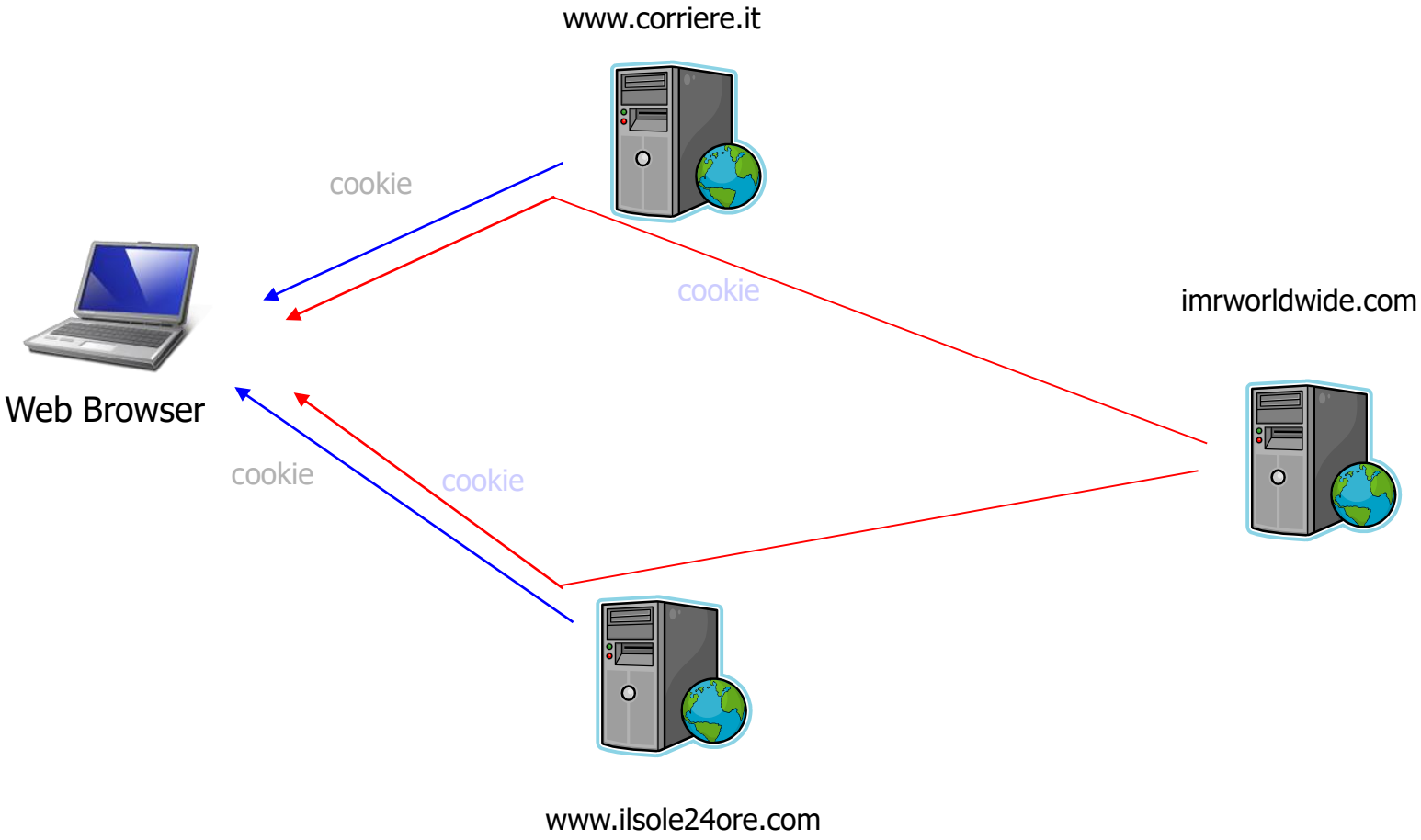




Third-party Cookies

- Negli esempi precedenti si vede come circa il 50% dei cookies installati dai vari siti non siano appartenenti al dominio del sito stesso ma di altri
- Questi ultimi sono i cosiddetti "third-party" cookies e sono impostati da domini di terze parti che hanno siglato accordi con il sito principale.
- Scopo dell'utilizzo di questa tipologia di cookies è la profilazione dell'utente. Le società che installano third-party cookies possono ricostruire i percorsi effettuati dall'utente nel web.
- La creazione del profilo utente è vista anche come una minaccia alla privacy dell'individuo e per questo diversi stati hanno regolamentato l'utilizzo dei cookies nei siti.

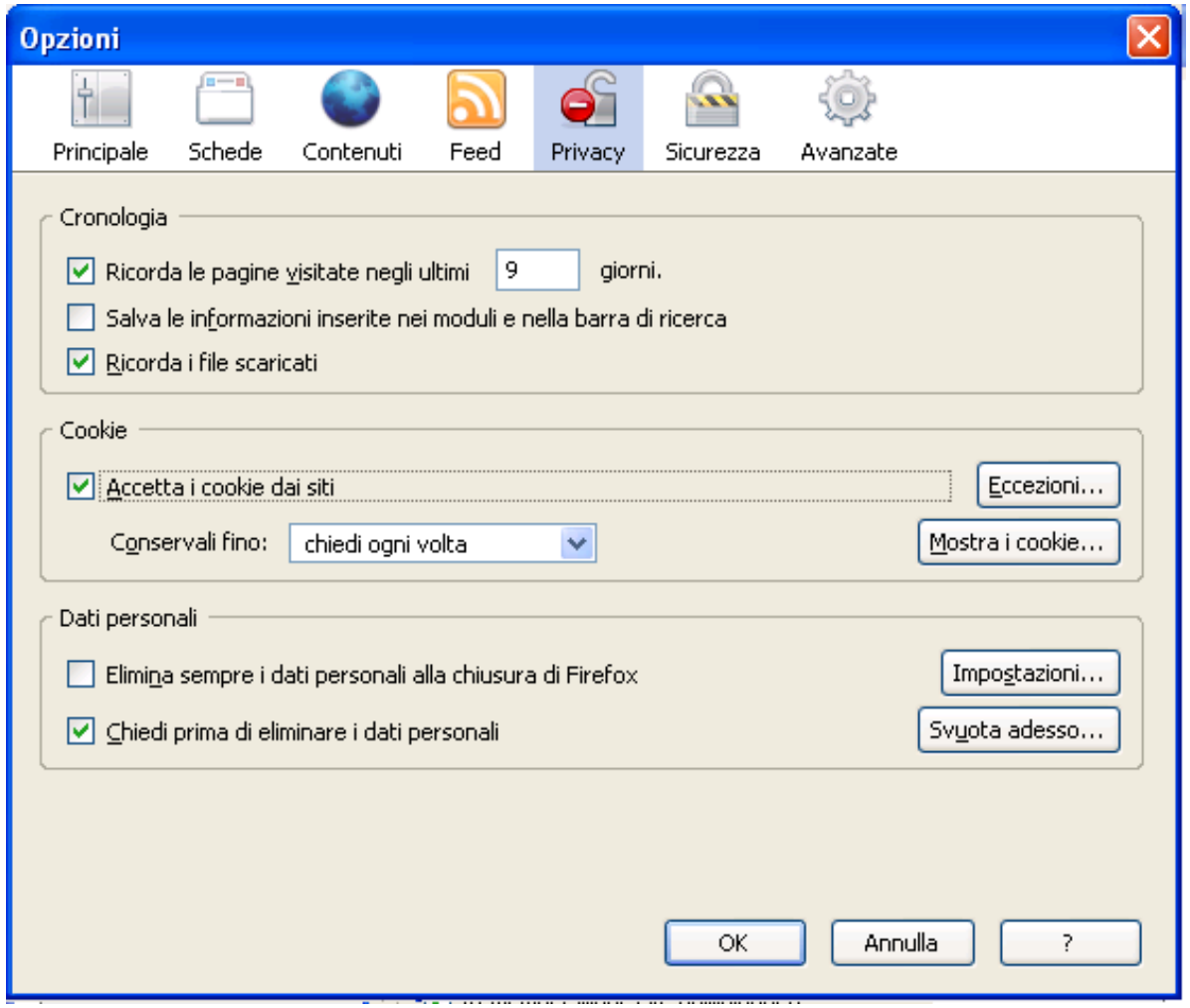
Cookies Schema di tracciamento



Cookies Configurazione

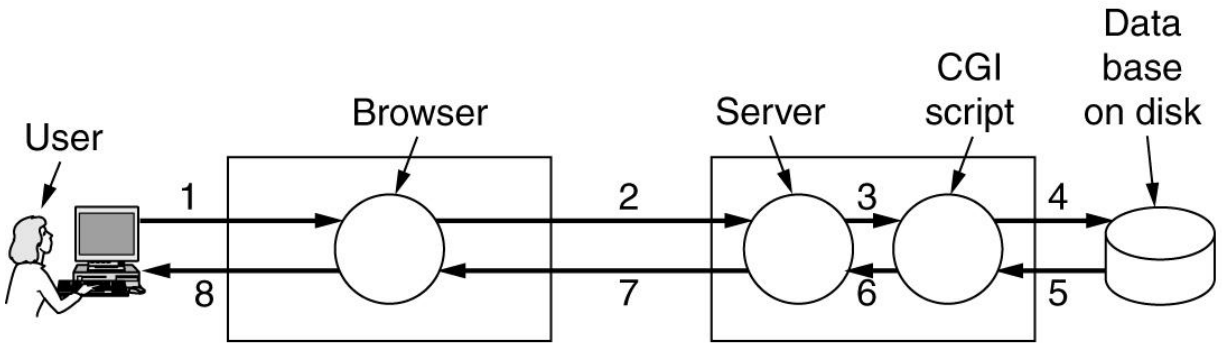
Gestione dei cookies

in Mozilla Firefox



Documenti Web Dinamici

- I passaggi per elaborare le informazioni di un form HTML.



1. User fills in form
2. Form sent back
3. Handed to CGI
4. CGI queries DB
5. Record found
6. CGI builds page
7. Page returned
8. Page displayed

Documenti Web Dinamici (2)

- Un esempio di pagina HTML con codice PHP.

```
<html>
<body>

<h2> This is what I know about you </h2>
<?php echo $HTTP_USER_AGENT ?>

</body>
</html>
```

Documenti Web Dinamici (3)

```
<html>
<head>
        <title> Una pagina contenente un form</title>
</head>
<body>
  <form action="action.php" method="post" >
        <p>Please enter your name: <input type="text" name="name"></p>
        <p>Please enter your age: <input type="text" name="age"></p>
        <input type="submit">
  </form>
</body>
</html>
```

Lo script action.php

```
<html>
<body>
<h1>Replay: </h1>
Hello <?php echo $name;  ?><br>
Prediction: next year you will be <?php echo $age + 1;  ?><br>
</body>
</html>
```

L'output dello script PHP
Valori di input "Barbara" e 24.

```
<html>
<body>
<h1>Replay: </h1>
Hello Barbara<br>
Prediction: next year you will be 25<br>
</body>
</html>
```

Generazione di pagine sul lato Client

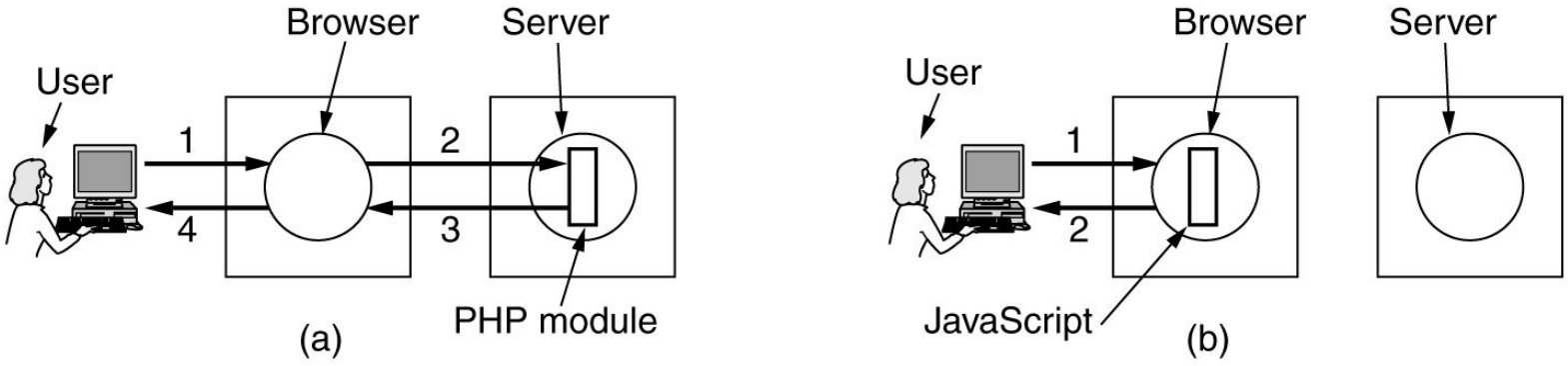
```
<html>
<head>
        <title> Uso di JavaScript per il trattamento di un form </title>

        <script language="javascript" type="text/javascript">
          function response(myform)
          {
             var person = myform.name.value;
             var years = eval(myform.age.value) + 1;
             document.open();
             document.writeln("<html><head><title>Pagina generata</title></head><body>");
             document.writeln("Hello " + person + ".<br>");
             document.writeln("Prediction: next year you will be " + years + ".");
             document.writeln("</body></html>");
             document.close();
          }
        </script>
</head>

<body>
  <form>
        <p>Please enter your name: <input type="text" name="name"></p>
        <p>Please enter your age: <input type="text" name="age"></p>
        <input type="button" value="submit!" onClick="response(this.form)">
  </form>
</body>
</html>
```

Generazione di pagine sul lato Client (2)

(a) Server-side scripting con PHP.
(b) Client-side scripting con JavaScript.



Generazione di pagine sul lato Client (3)

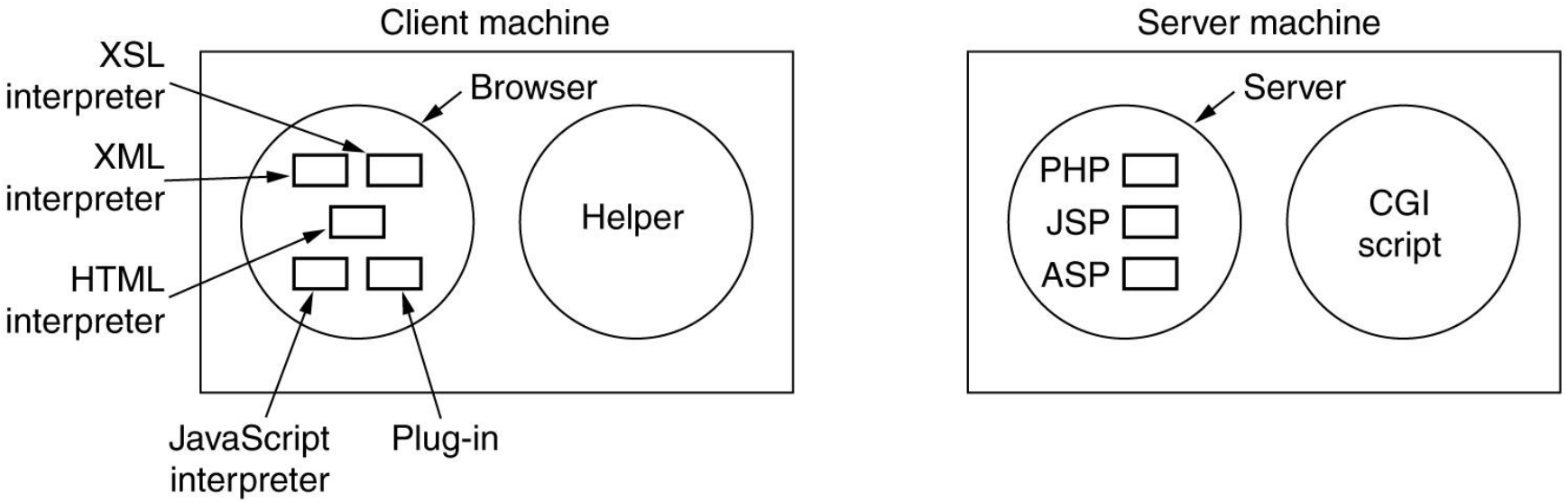
- Una pagina Web interattiva che risponde al movimento del mouse.

```
<html>
<head>
<script language="javascript" type="text/javascript">
if (!document.myurl) document.myurl = new Array();
document.myurl[0] = "http://www.cs.vu.nl/~ast/im/kitten.jpg";
document.myurl[1] = "http://www.cs.vu.nl/~ast/im/puppy.jpg";
document.myurl[2] = "http://www.cs.vu.nl/~ast/im/bunny.jpg";
function pop(m) {
   var urx = "http://www.cs.vu.nl/~ast/im/cat.jpg";
   popupwin = window.open(document.myurl[m],"mywind","width=250,height=250");
}
</script>
</head>

<body>
<p> <a href="#" onMouseover="pop(0); return false;" > Kitten  </a> </p>
<p> <a href="#" onMouseover="pop(1); return false;" > Puppy  </a> </p>
<p> <a href="#" onMouseover="pop(2); return false;" > Bunny  </a> </p>
</body>
</html>
```

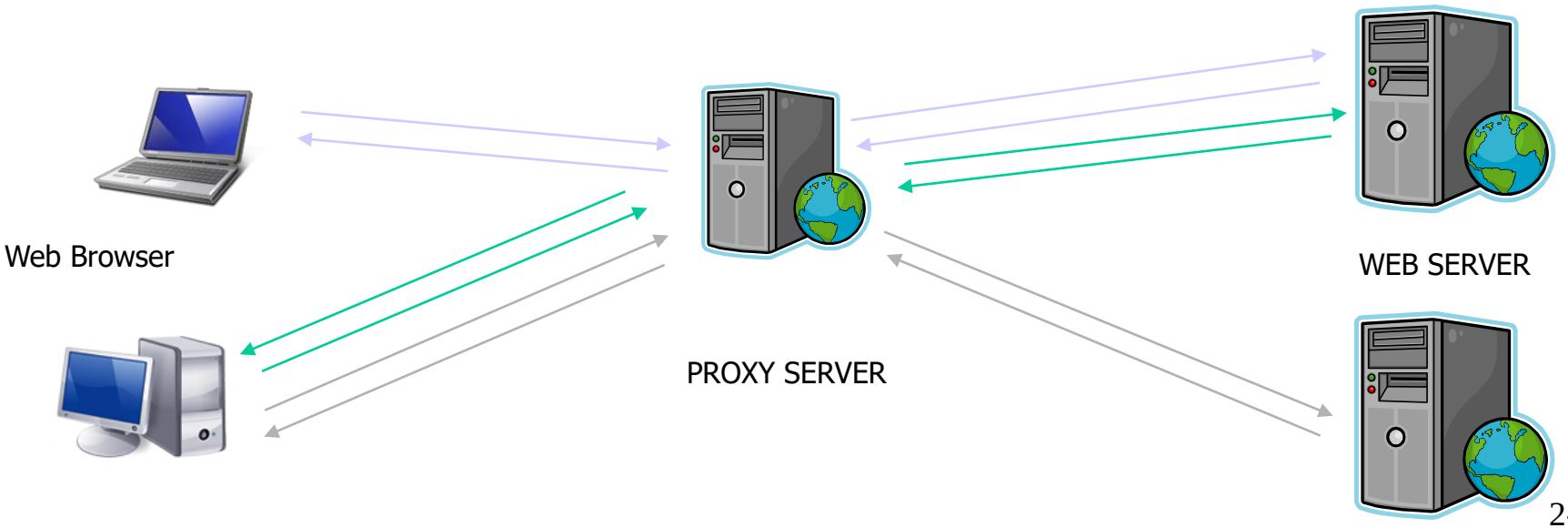
Generazione di pagine dinamiche

- I molti modi per generare e visualizzare il contenuto.



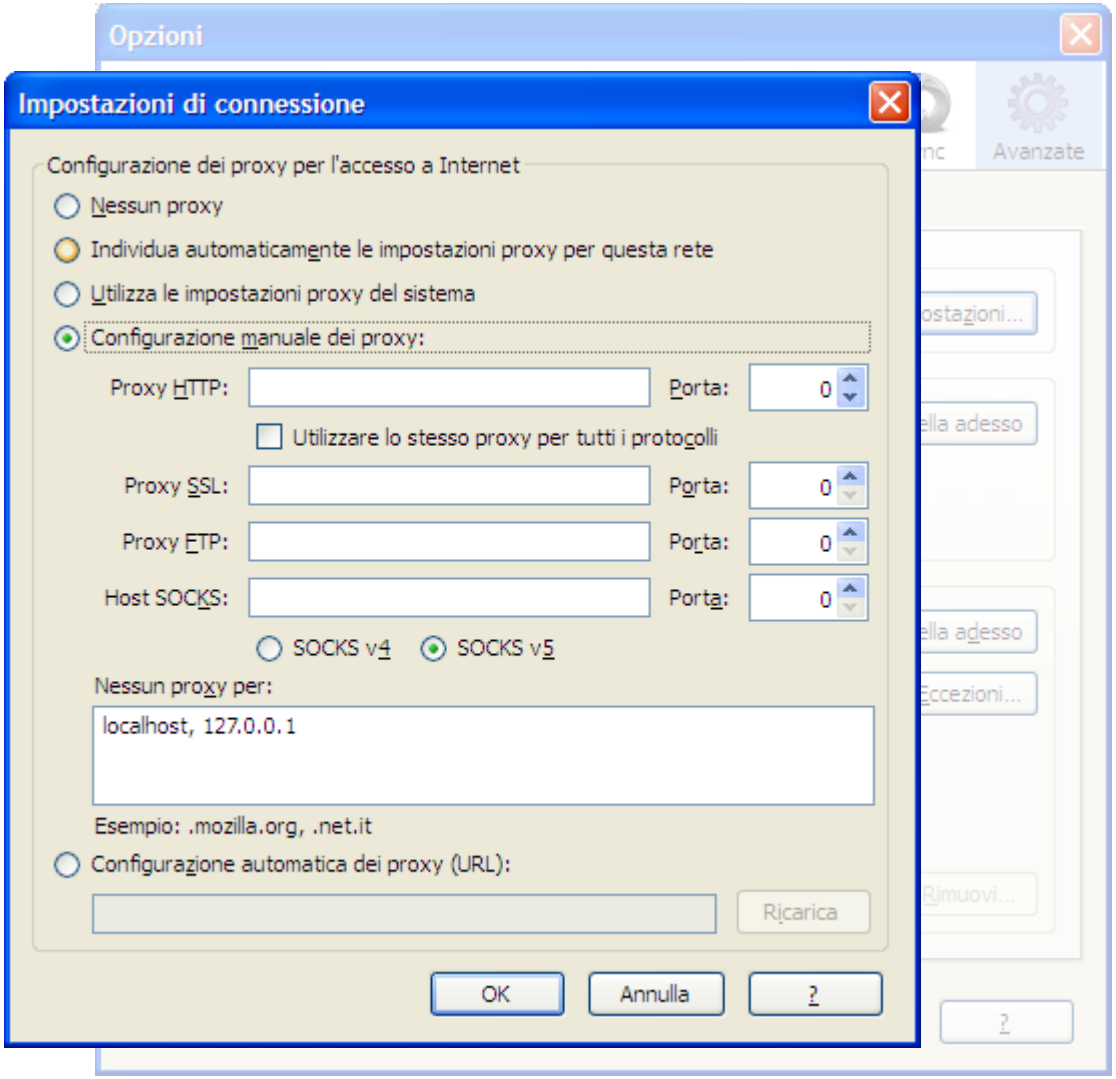
Proxy server

- Un proxy server è un programma che si interpone tra le richieste di client ed i server veri e propri, inoltra le richieste del primo e le risposte fornite dal secondo. Ai fini del client è un server che fornisce servizi quali richiesta di pagine web, collegamenti ftp, invio di posta ecc...



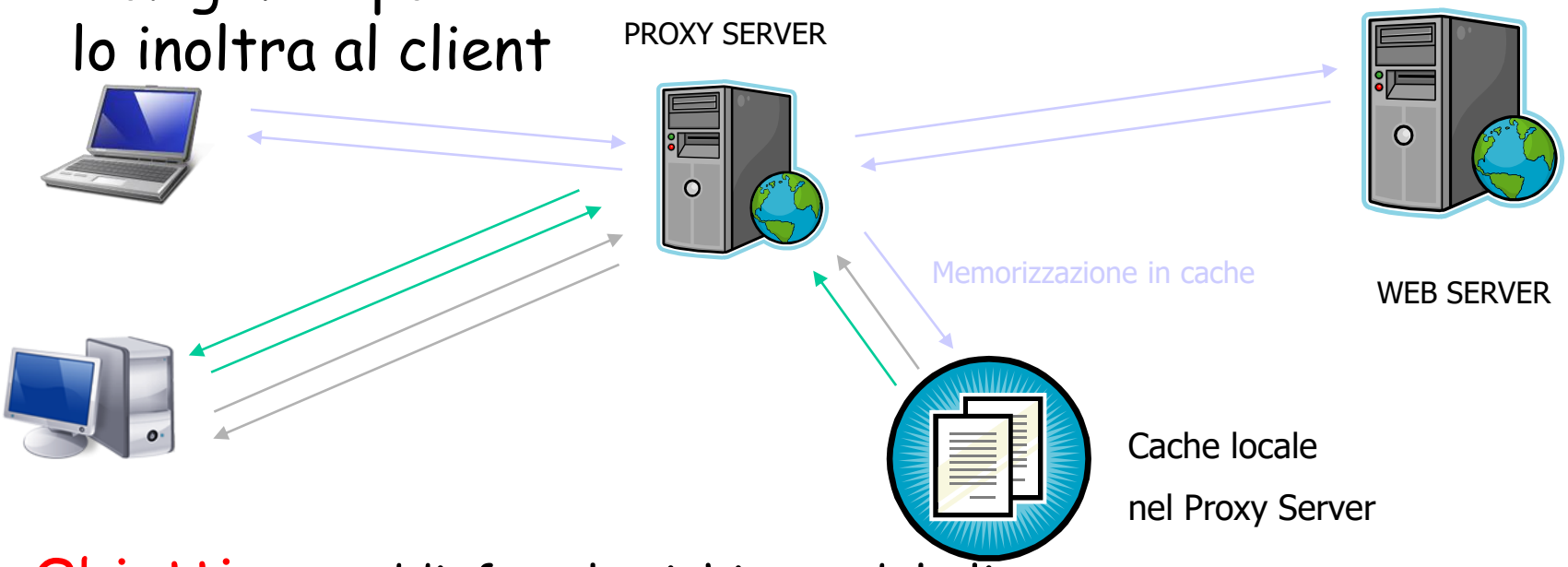
Web caching

- L'utente configura il browser: accesso al Web tramite il proxi (cache)



Web caching

- Il browser trasmette tutte le richieste HTTP alla cache
  - oggetto nella cache: la cache fornisce l'oggetto
  - altrimenti la cache richiede l'oggetto al server d'origine e poi lo inoltra al client



Obiettivo: soddisfare la richiesta del client senza coinvolgere il server d'origine

Cache

- La cache opera come client e come server
- Tipicamente la cache è installata da un ISP (università, aziende o ISP residenziali)

Perché il caching web?

- Riduce i tempi di risposta alle richieste dei client.
- Riduce il traffico sul collegamento di accesso a Internet.
- Internet arricchita di cache consente ai provider "scadenti" di fornire dati con efficacia (ma così fa la condivisione di file P2P)

Proxy server e caching

Altre funzioni dei proxy server :

Controllo: proxy possono contenere programmi specializzati per il filtraggio dei contenuti e vengono utilizzati in scuole e/o aziende.

- Accesso: l'accesso al proxy può essere effettuato tramite autenticazione in modo da limitarne l'utilizzo ai soli addetti.
- Monitoraggio: un proxy può tracciare (log) le operazioni fatte (siti web visitati, richieste, risposte) consentendo statistiche ed osservazioni sull'utilizzo della rete.
- Privacy: garantisce un maggior livello di privacy mascherando l'indirizzo IP del client. Il vero server riceve le richieste dal proxy, non dal client vero e proprio.
- Alcuni proxy server vengono utilizzati per rendere anonimi gli accessi fatti in rete

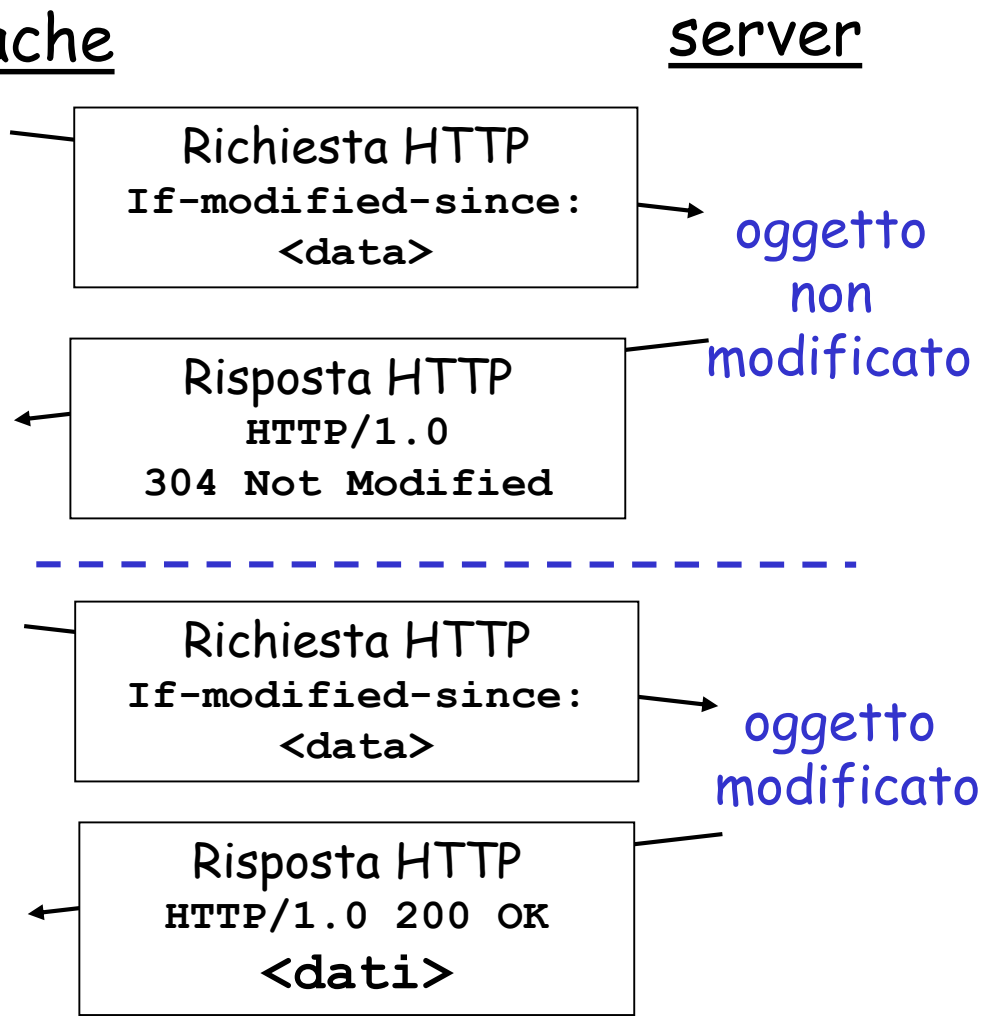
GET condizionale

- Obiettivo: non inviare un oggetto se la cache ha una copia aggiornata dell'oggetto
- cache: specifica la data della copia dell'oggetto nella richiesta HTTP

```
If-modified-since:
  <data>
```

- server: la risposta non contiene l'oggetto se la copia nella cache è aggiornata:

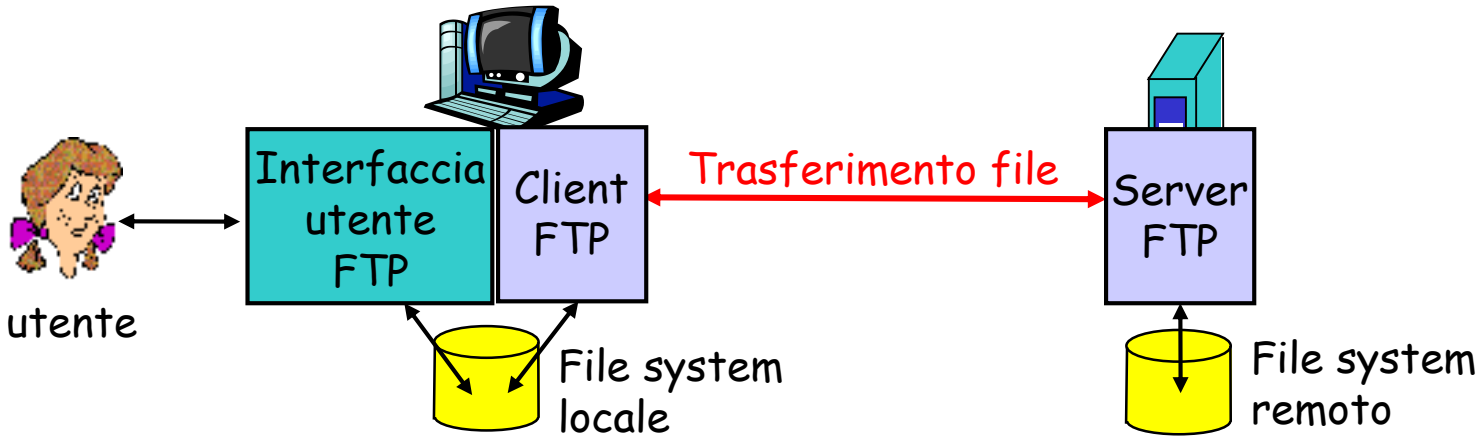
```
HTTP/1.0 304 Not
  Modified
```



Capitolo 2: Livello di applicazione

- 2.1 Principi delle applicazioni di rete
- 2.2 Web e HTTP
- 2.3 FTP
- 2.4 Posta elettronica
  - SMTP, POP3, IMAP
- 2.5 DNS
- 2.6 Condivisione di file P2P

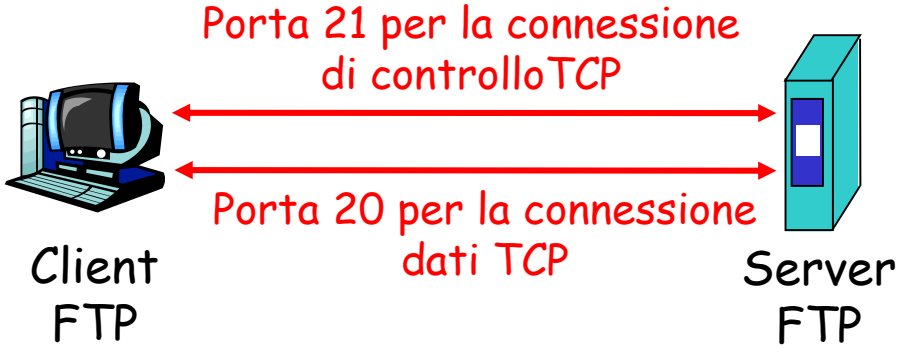
FTP: file transfer protocol



- Trasferimento file a/da un host remoto
- Modello client/server
  - *client:* il lato che inizia il trasferimento (a/da un host remoto)
  - *server:* host remoto
- ftp: RFC 959
- server ftp: porta 21

FTP: connessione di controllo, connessione dati

- Il client FTP contatta il server FTP alla porta 21, specificando TCP come protocollo di trasporto
- Il client ottiene l'autorizzazione sulla connessione di controllo
- Il client cambia la directory remota inviando i comandi sulla connessione di controllo
- Quando il server riceve un comando per trasferire un file, apre una connessione dati TCP con il client
- Dopo il trasferimento di un file, il server chiude la connessione



- Il server apre una seconda connessione dati TCP per trasferire un altro file.
- Connessione di controllo: "fuori banda" (*out of band*)
- Il server FTP mantiene lo "stato": directory corrente, autenticazione precedente

Comandi e risposte FTP

Comandi comuni:

- Inviati come testo ASCII sulla connessione di controllo
- **USER *username***
- **PASS *password***
- **LIST**
  elenca i file della directory corrente
- **RETR *filename***
  recupera (*get*) un file dalla directory corrente
- **STOR *filename***
  memorizza (*put*) un file nell'host remoto

Codici di ritorno comuni:

- Codice di stato ed espressione (come in HTTP)
- **331 Username OK, password required**
- **125 data connection already open; transfer starting**
- **425 Can't open data connection**
- **452 Error writing file**

Capitolo 2: Livello di applicazione

- 2.1 Principi delle applicazioni di rete
- 2.2 Web e HTTP
- 2.3 FTP
- 2.4 Posta elettronica
  - SMTP, POP3, IMAP
- 2.5 DNS
- 2.6 Condivisione di file P2P

DNS: Domain Name System

Persone: molti identificatori:

- nome, codice fiscale, carta d'identità

Host e router di Internet:

- indirizzo IP (32 bit) - usato per indirizzare i datagrammi
- "nome", ad esempio, www.yahoo.com – usato dagli esseri umani

D: Come associare un indirizzo IP a un nome?

Domain Name System:

- *Database distribuito* implementato in una gerarchia di *server DNS*
- *Protocollo a livello di applicazione* che consente agli host, ai router e ai server DNS di comunicare per *risolvere* i nomi (tradurre indirizzi/nomi)
  - nota: funzioni critiche di Internet implementate come protocollo a livello di applicazione
  - complessità nelle parti periferiche della rete

DNS

Servizi DNS

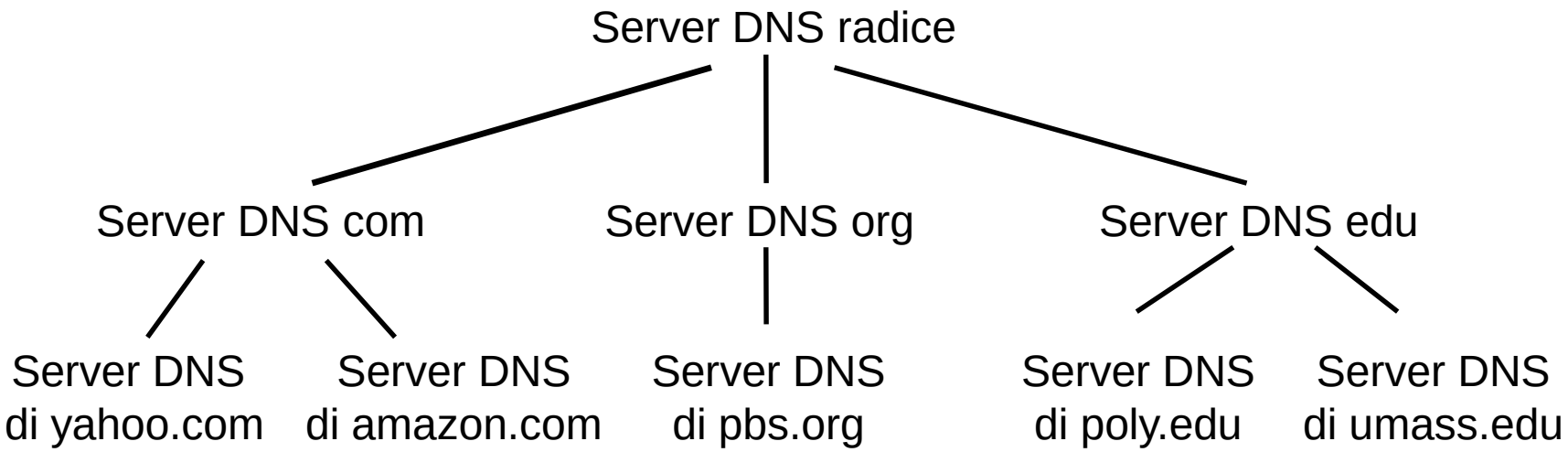
- Traduzione degli hostname in indirizzi IP
- Host aliasing
  - un host può avere più nomi
- Mail server aliasing
- Distribuzione locale
  - server web replicati: insieme di indirizzi IP per un nome canonico

Perché non centralizzare DNS?

- singolo punto di guasto
- volume di traffico
- database centralizzato distante
- manutenzione

Un database centralizzato su un singolo server DNS non è *scalabile* !

Database distribuiti e gerarchici

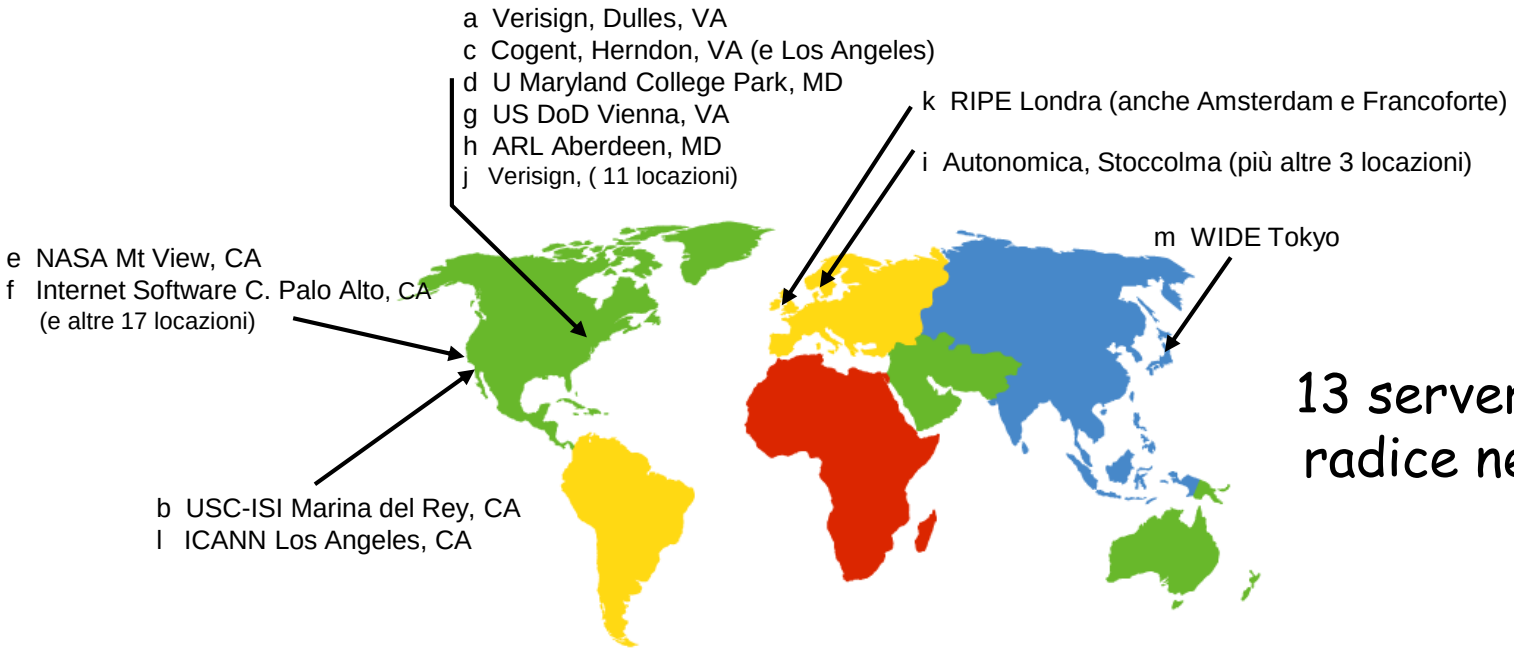


Il client vuole l'IP di www.amazon.com; 1ª approssimazione:

- Il client interroga il server radice per trovare il server DNS com
- Il client interroga il server DNS com per ottenere il server DNS amazon.com
- Il client interroga il server DNS amazon.com per ottenere l'indirizzo IP di www.amazon.com

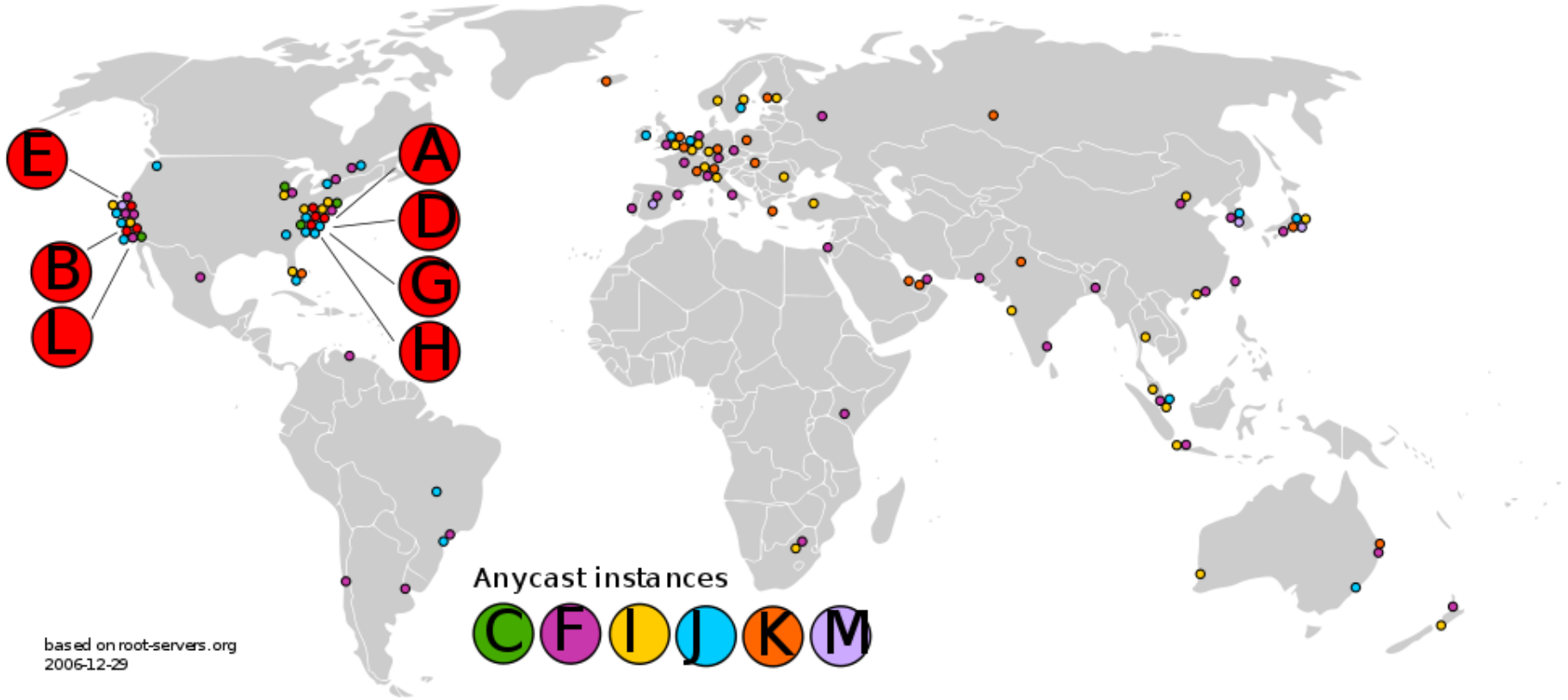
DNS: server DNS radice

- contattato da un server DNS locale che non può tradurre il nome
- server DNS radice:
  - contatta un server DNS autorizzato se non conosce la mappatura
  - ottiene la mappatura
  - restituisce la mappatura al server DNS locale



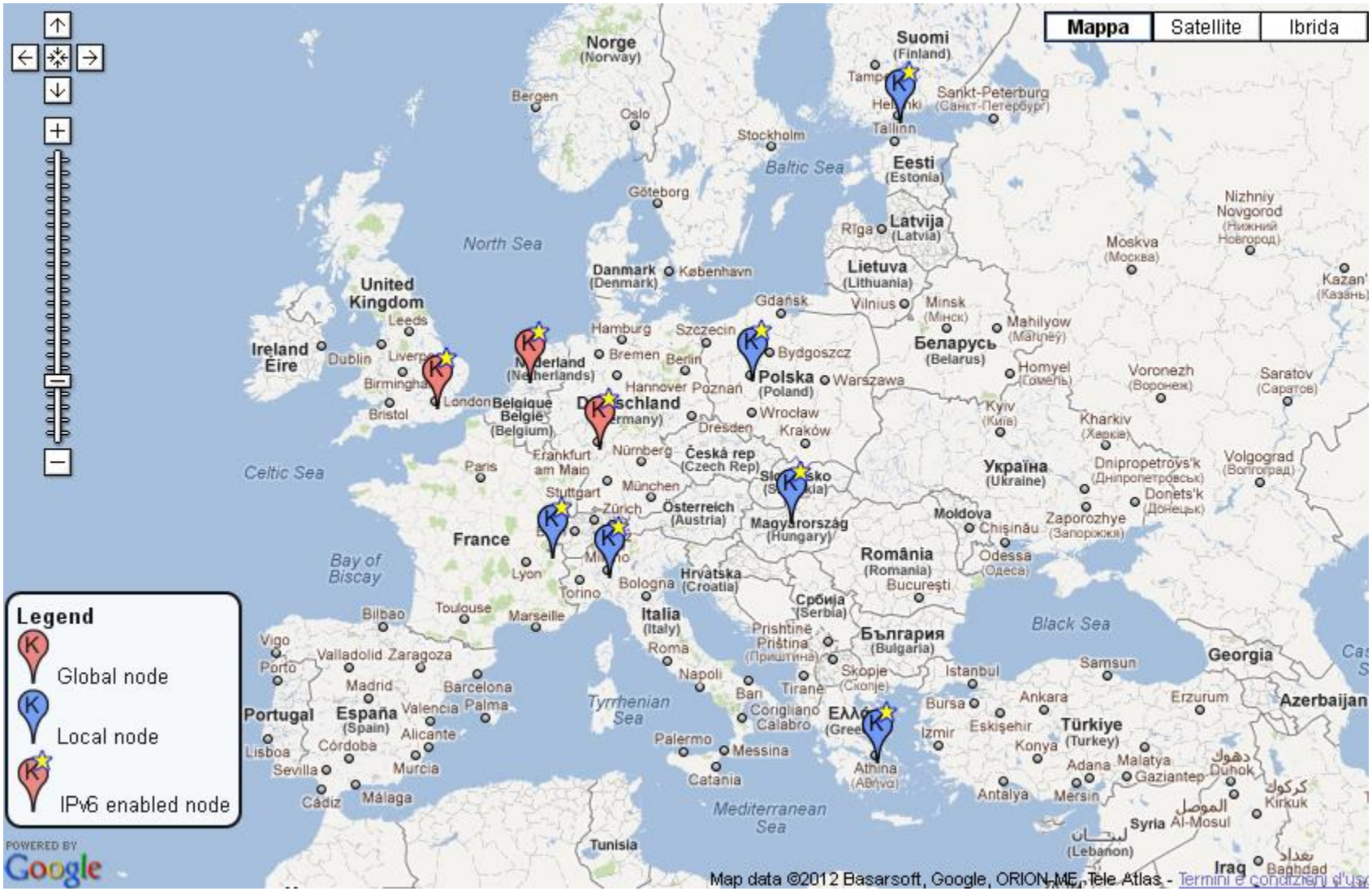
13 server DNS radice nel mondo

DNS: server DNS radice

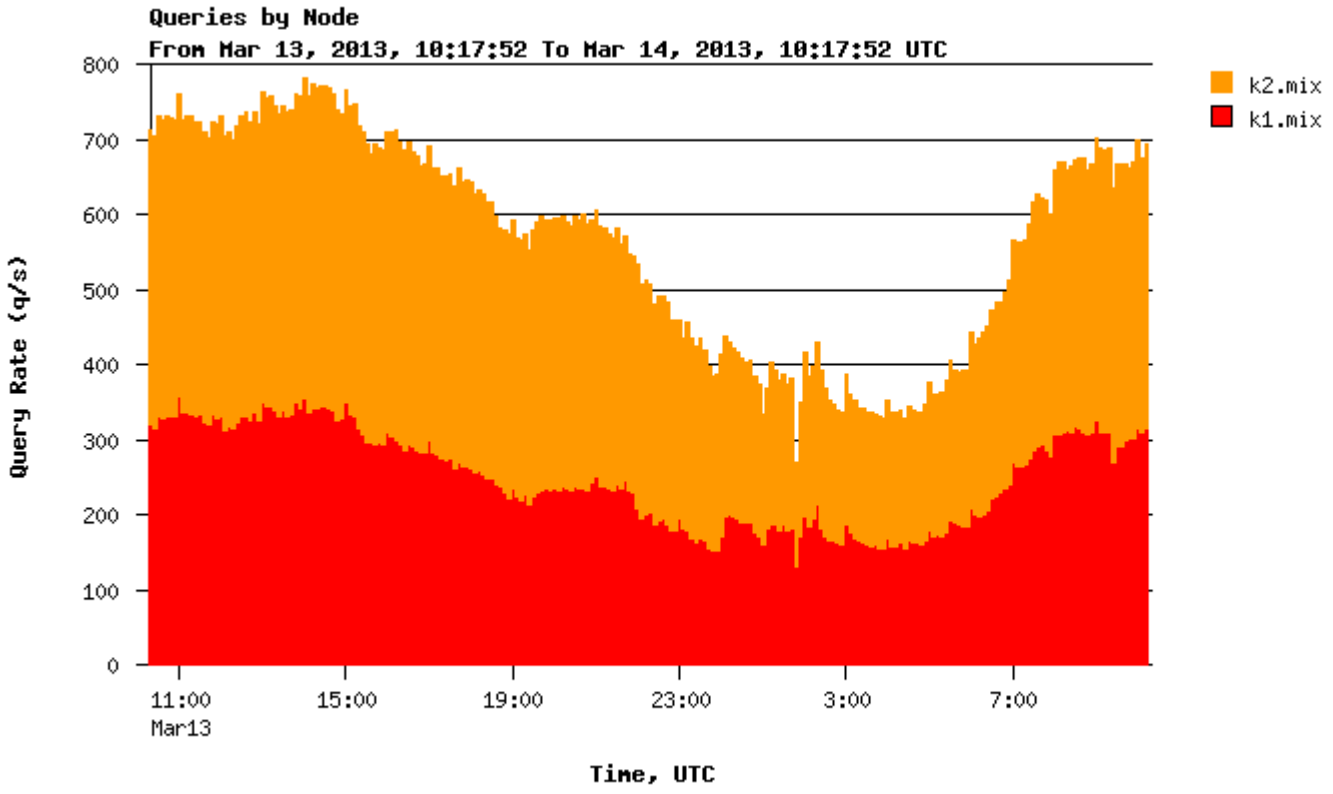


DNS: server DNS K

DNS: server DNS K



DNS: server DNS K -Milano



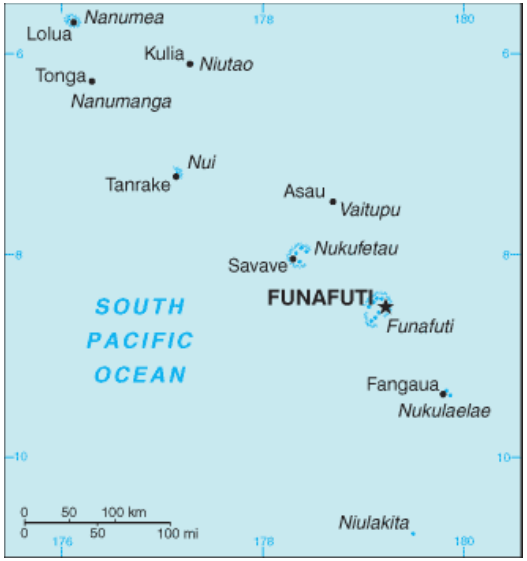
Server TLD e server di competenza

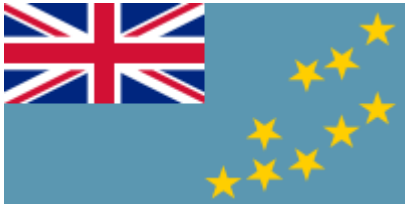
- Server TLD (top-level domain): si occupano dei domini com, org, net, edu, ecc. e di tutti i domini locali di alto livello, quali uk, fr, ca e jp.
  - Network Solutions gestisce i server TLD per il dominio com
  - Educause gestisce quelli per il dominio edu
- Server di competenza (*authoritative server*): ogni organizzazione dotata di host Internet pubblicamente accessibili (quali i server web e i server di posta) deve fornire i record DNS di pubblico dominio che mappano i nomi di tali host in indirizzi IP.
  - possono essere mantenuti dall'organizzazione o dal service provider

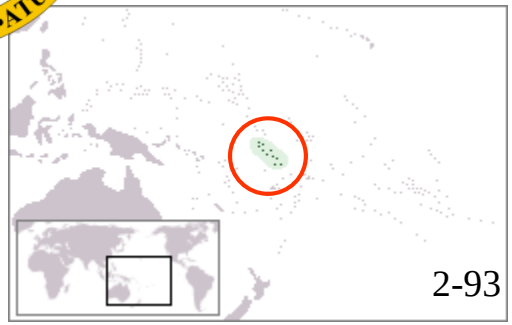
.TV

Tuvalu, formerly known as the **Ellice Islands**, comprises four reef islands and five true atolls.
Its population of 10,472 makes it the third-least populous sovereign state in the world, with only Vatican City and Nauru having fewer inhabitants.
In terms of physical land size, at just 26 km^2 Tuvalu is the fourth smallest country in the world, larger only than the Vatican City at 0.44 km^2, Monaco at 1.95 km^2 and Nauru at 21 km^2.

The domain name **.tv** is the Internet country code top-level domain (ccTLD) for the islands of Tuvalu. Except for reserved names like com.tv, net.tv, org.tv and others, any person may register second-level domains in tv. The domain name is popular, and thus economically valuable, because it is an abbreviation of the word 'television'. Such unconventional usage of TLDs in domain names are sometimes known as domain hacks. The domain is currently operated by dotTV, a VeriSign company; the Tuvalu government owns twenty percent of the company. In 2000, Tuvalu negotiated a contract leasing its Internet domain name ".tv" for $50 million in royalties over a 12-year period (PIL: $14.94 milion).



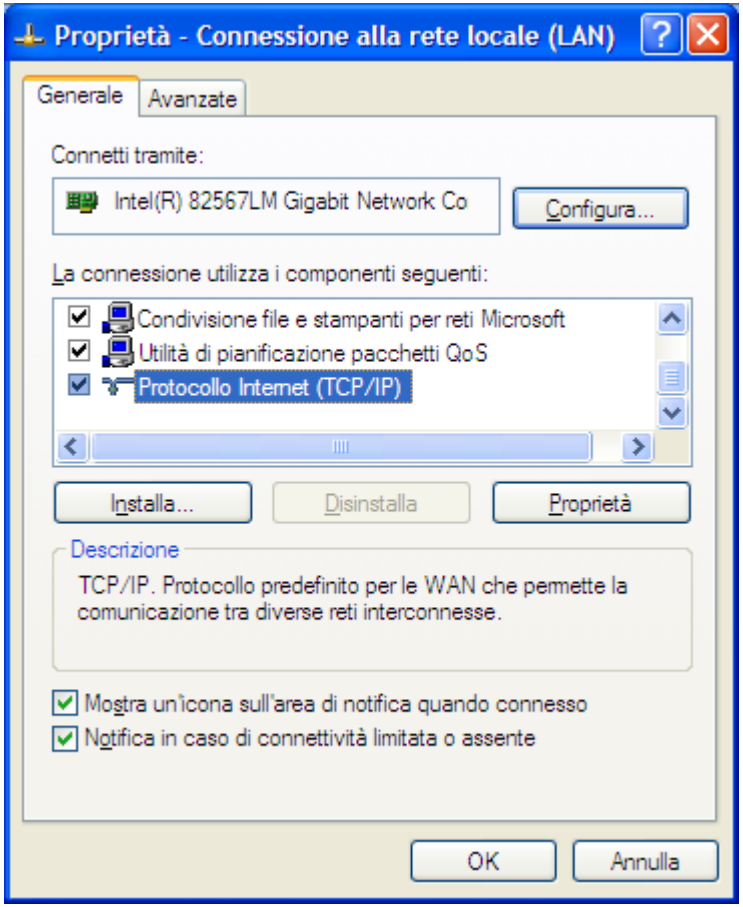


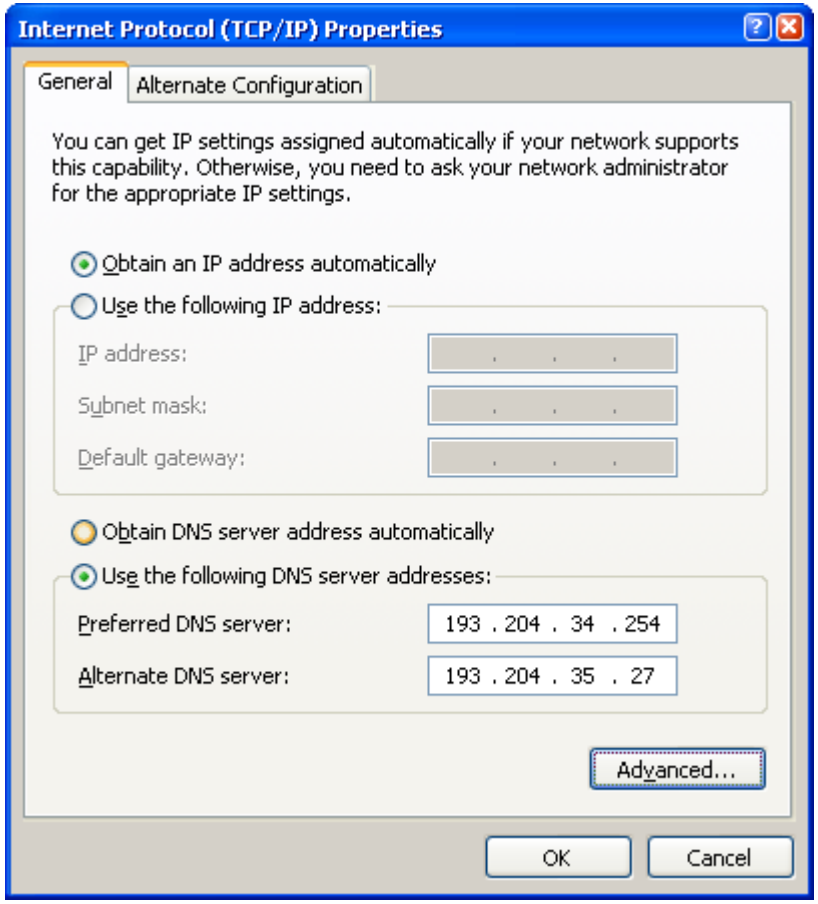


Server DNS locale

- Non appartiene strettamente alla gerarchia dei server
- Ciascun ISP (università, società, ISP residenziale) ha un server DNS locale.
  - detto anche "default name server"
- Quando un host effettua una richiesta DNS, la query viene inviata al suo server DNS locale
  - il server DNS locale opera da proxy e inoltra la query in una gerarchia di server DNS

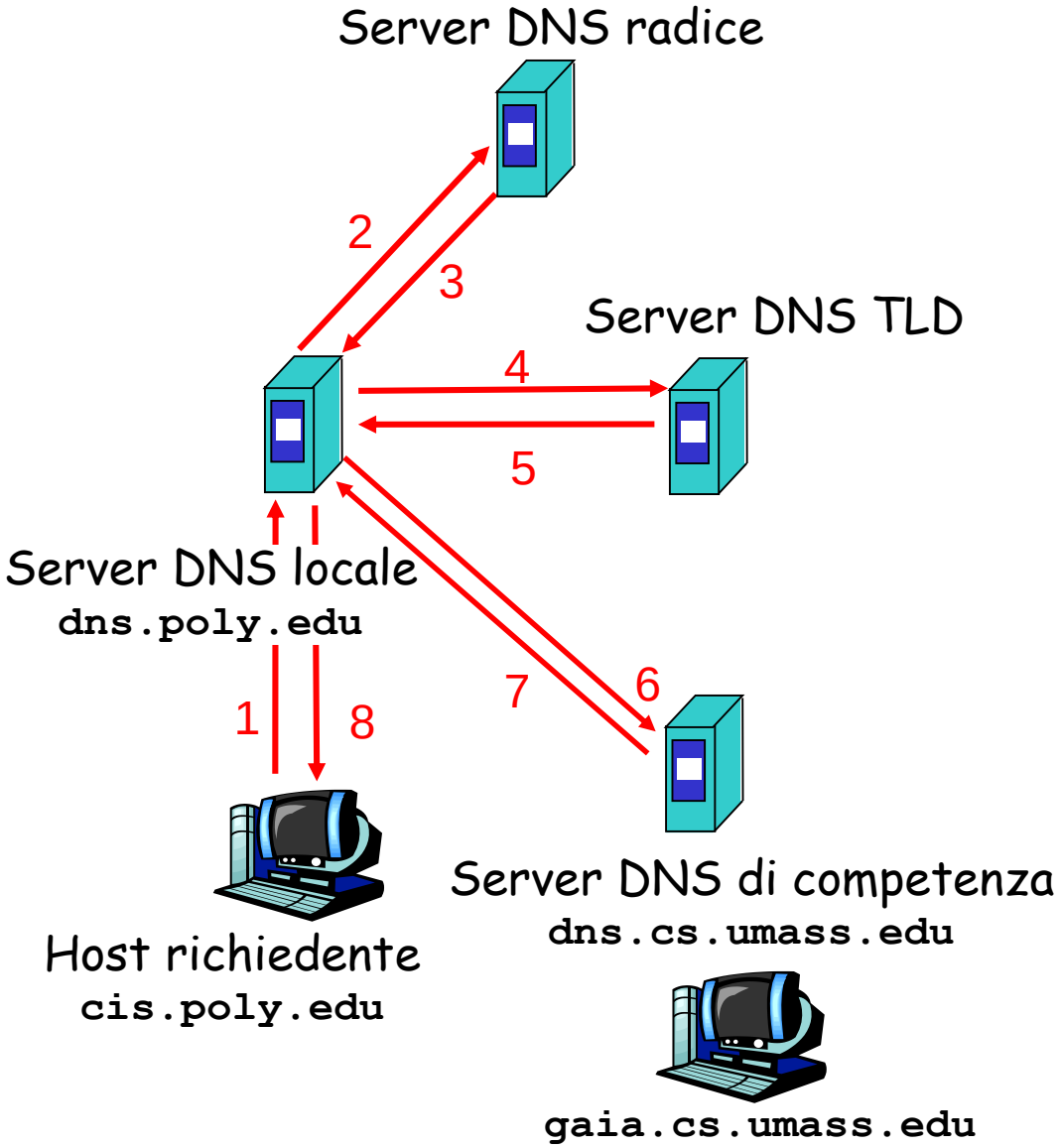
Server DNS locale





Esempio

- L'host cis.poly.edu vuole l'indirizzo IP di gaia.cs.umass.edu



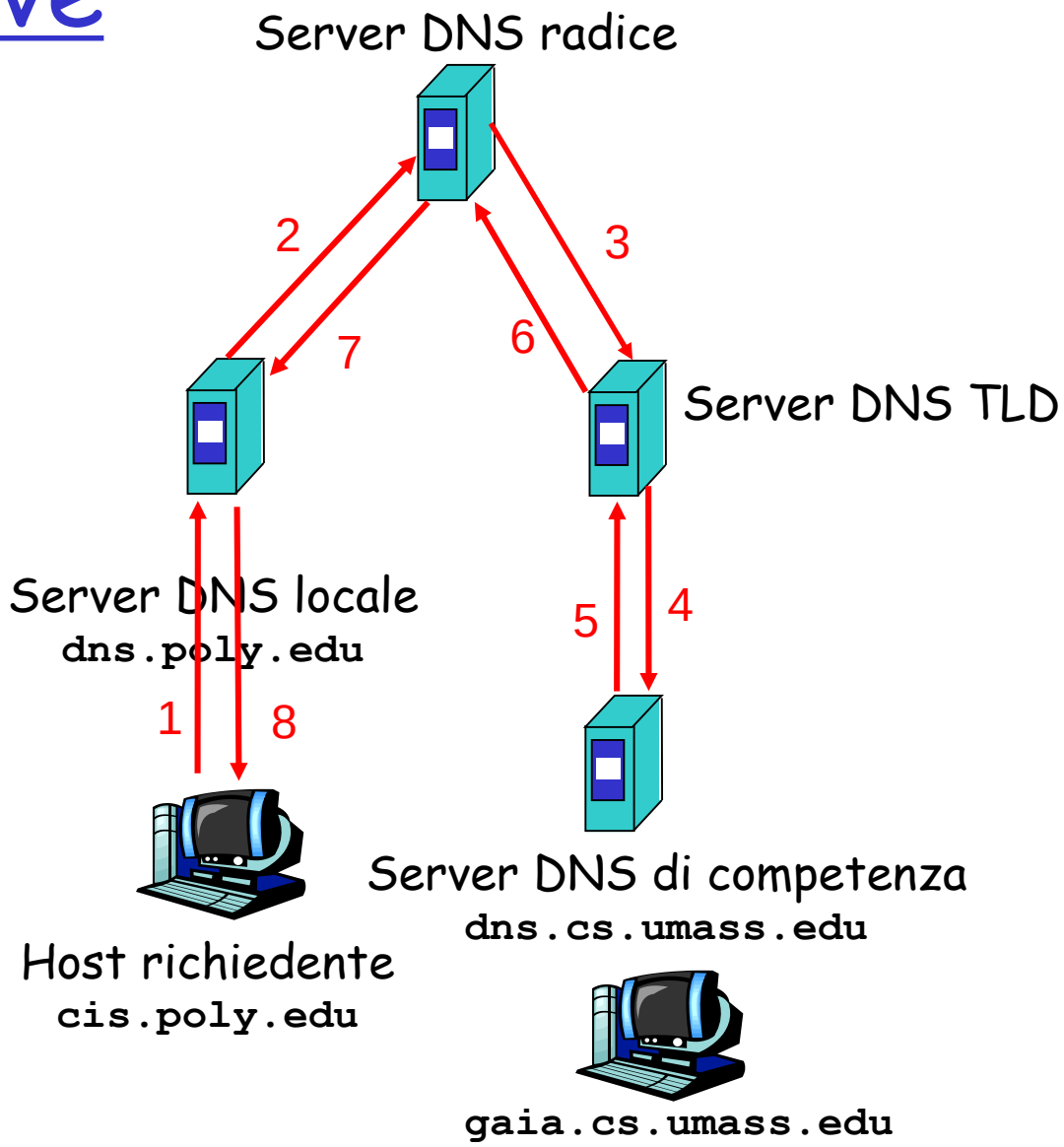
Query ricorsive

Query ricorsiva:

- Affida il compito di tradurre il nome al server DNS contattato
- Compito difficile?

Query iterativa:

- Il server contattato risponde con il nome del server da contattare
- "Non conosco questo nome, ma chiedi a questo server"



File HOSTS

```
# Copyright (c) 1993-1999 Microsoft Corp.
#
# Questo è un esempio di file HOSTS usato da Microsoft TCP/IP per Windows.
#
# Questo file contiene la mappatura degli indirizzi IP ai nomi host.
# Ogni voce dovrebbe occupare una singola riga. L'indirizzo IP dovrebbe
# trovarsi nella prima colonna seguito dal nome host corrispondente.
# L'indirizzo e il nome host dovrebbero essere separati da almeno uno spazio
# o punto di tabulazione.
#
# Inoltre è possibile inserire commenti (come questi) nelle singole righe
# o dopo il nome del computer caratterizzato da un simbolo '#'.
#
# Per esempio:
#
#      102.54.94.97     rhino.acme.com          # server origine
#       38.25.63.10     x.acme.com              # client host x

127.0.0.1       localhost       test
192.168.244.6   vision.unipv.it
192.168.244.5   vision.unipv.vm luca.unipv.vm   java.sun.com
```

Programma ipconfig

```
Configurazione IP di Windows

Scheda Ethernet Connessione rete senza fili:

        Stato supporto . . . . . . . . . . . . : Supporto disconnesso
        Descrizione . . . . . . . . . . . . . . : Intel(R) Wireless WiFi Link 510
        Indirizzo fisico. . . . . . . . . . . . : 00-1E-65-02-9E-78

Scheda Ethernet Connessione alla rete locale (LAN):

        Suffisso DNS specifico per connessione:
        Descrizione . . . . . . . . . . . . . . : Intel(R) 82567LM Gigabit Network …
        Indirizzo fisico. . . . . . . . . . . . : 00-22-64-CC-D5-AA
        DHCP abilitato. . . . . . . . . . . . . : Sì
        Configurazione automatica abilitata   : Sì
        Indirizzo IP. . . . . . . . . . . . . . : 192.168.0.220
        Subnet mask . . . . . . . . . . . . . . : 255.255.255.0
        Gateway predefinito . . . . . . . . . . : 192.168.0.254
        Server DHCP . . . . . . . . . . . . . . : 192.168.0.254
        Server DNS . . . . . . . . . . . . . .  : 193.204.35.27
```

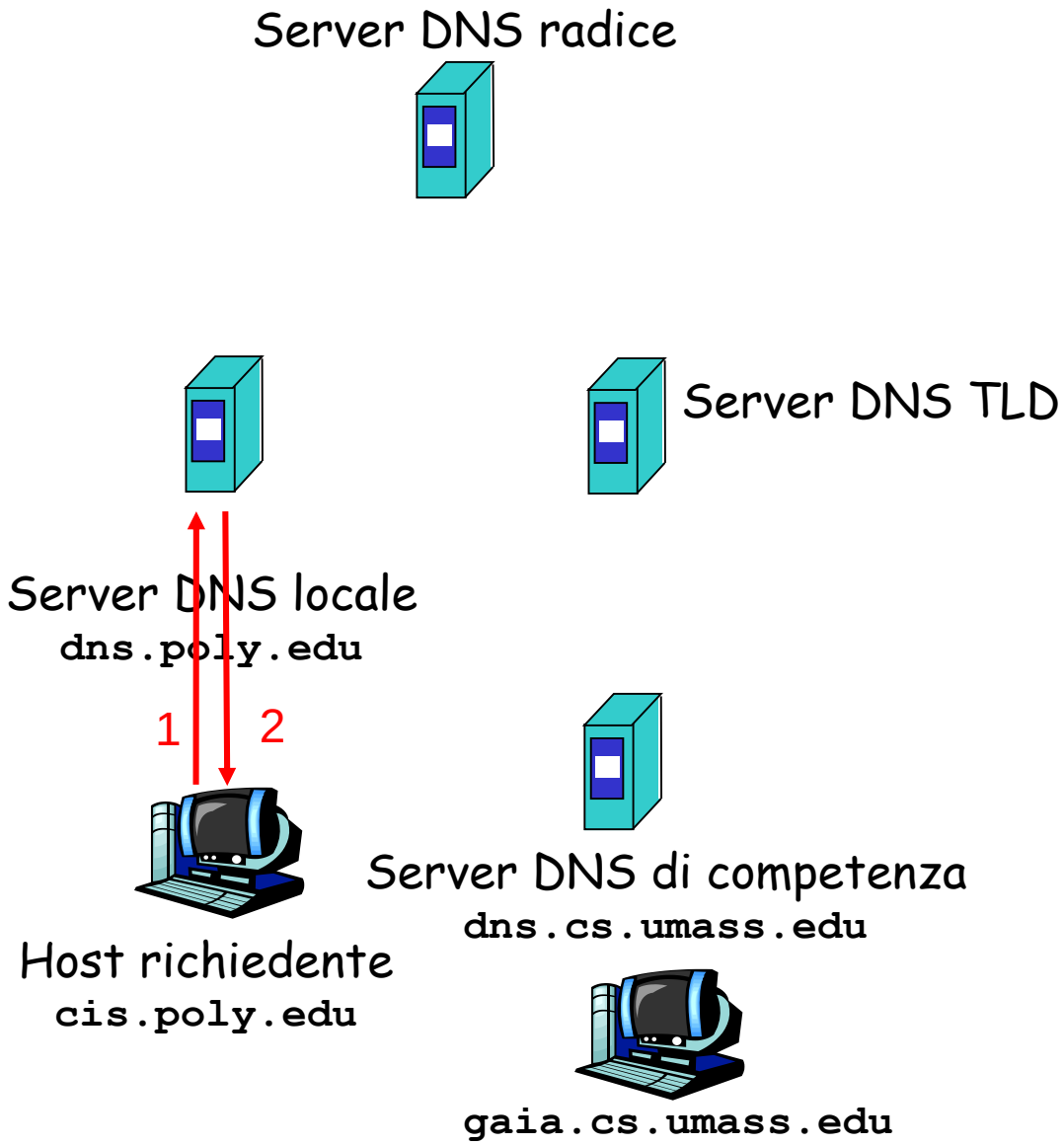
DNS: caching e aggiornamento dei record

- Una volta che un server DNS impara la mappatura, la mette nella *cache*
  - le informazioni nella cache vengono invalidate (spariscono) dopo un certo periodo di tempo
  - tipicamente un server DNS locale memorizza nella cache gli indirizzi IP dei server TLD
    - quindi i server DNS radice non vengono visitati spesso

Query: cache

Query:

- Il server contattato ha in cache l'informazione



Capitolo 2: Livello di applicazione

- 2.1 Principi delle applicazioni di rete
- 2.2 Web e HTTP
- 2.3 FTP
- 2.4 Posta elettronica
  - SMTP, POP3, IMAP
- 2.5 DNS
- 2.6 Condivisione di file P2P

Posta elettronica

- E-mail o posta elettronica è un servizio Internet di comunicazione bidirezionale che permette lo scambio uno a uno oppure uno a molti di messaggi attraverso la rete
- Un messaggio di posta elettronica è equiparabile alla corrispondenza aperta (ad. es. cartolina)
- Da un punto di vista tecnico la trasmissione dei messaggi di posta elettronica non garantisce la riservatezza del messaggio (mittente, destinatario, contenuto) e la consegna
- Dal punto di vista legale è punita la divulgazione delle comunicazioni di cui si viene in possesso abusivamente (Art. 618 c.p.)

Caratteristiche del servizio

- I messaggi transitano non cifrati in rete (a meno di crittografia)
- Modalità di accesso asincrona (il ricevente non deve essere collegato) contrariamente per esempio ad Instant Messaging dove gli utenti devono essere contemporaneamente collegati
- Non dà garanzia di consegna
  - Il mittente può richiedere conferma di consegna (fatto in automatico a carico del server posta)
  - oppure conferma di lettura (discrezionale a carico dell'utente ricevente)
  - per avere la garanzia di consegna bisogna utilizzare la posta elettronica certificata (PEC)

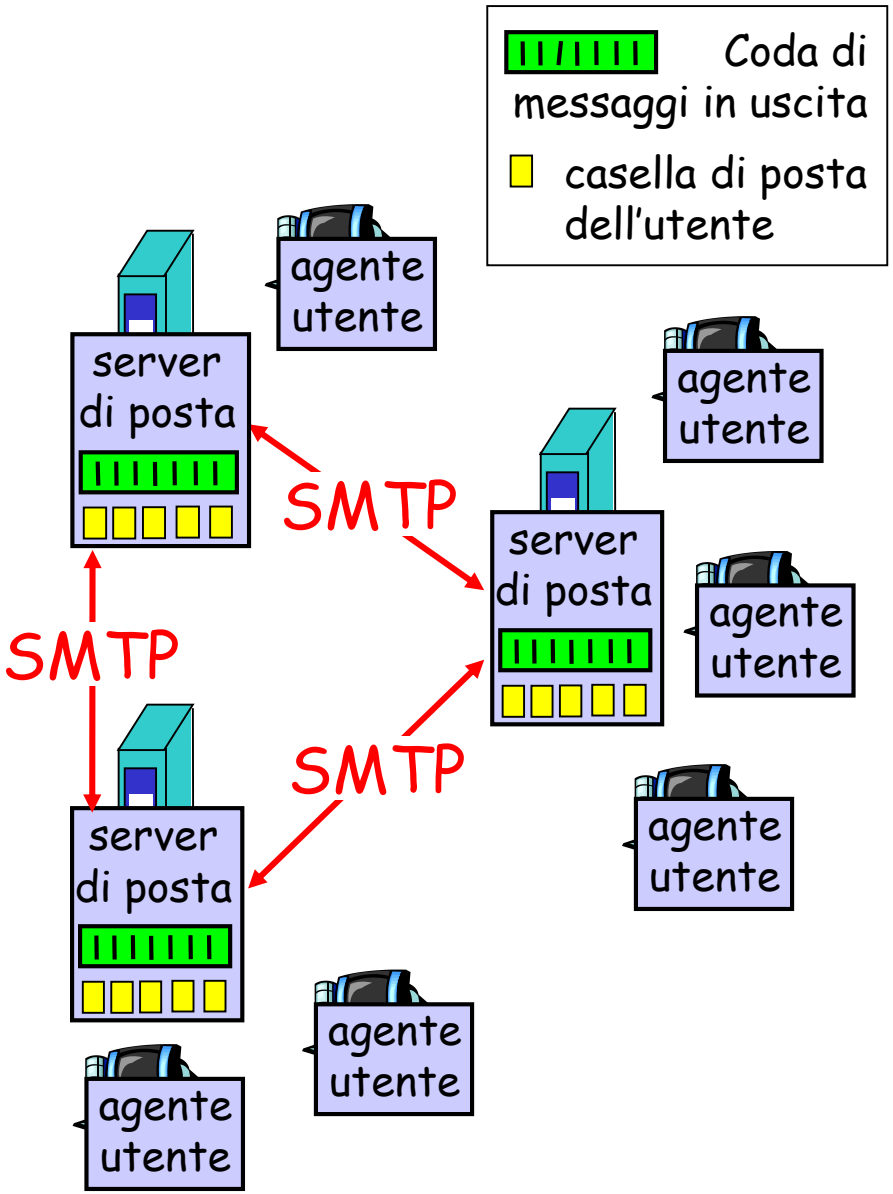
Posta elettronica

Tre componenti principali:

- agente utente
- server di posta
- simple mail transfer protocol: SMTP

Agente utente

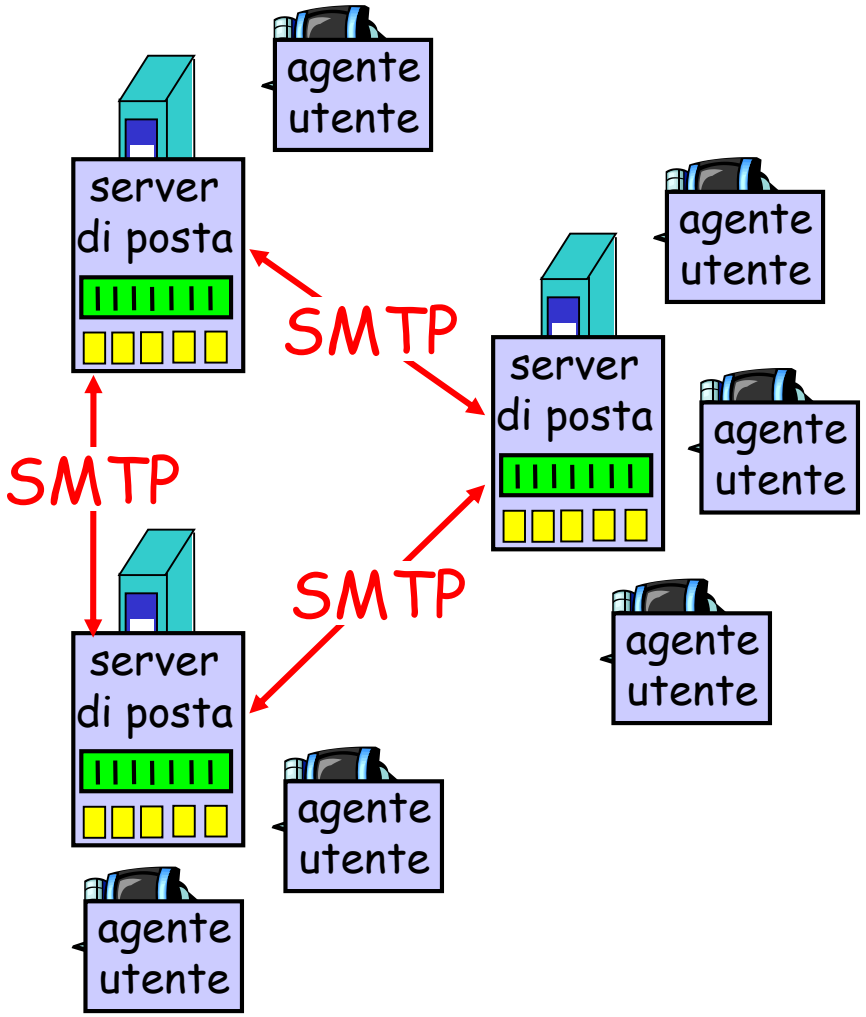
- detto anche "mail reader"
- composizione, editing, lettura dei messaggi di posta elettronica
- esempi: Eudora, Outlook, elm, Netscape Messenger
- i messaggi in uscita o in arrivo sono memorizzati sul server



Posta elettronica: server di posta

Server di posta

- Detto anche "Mail Transfer Agent"
- Casella di posta (*mailbox*) contiene i messaggi in arrivo per l'utente
- Coda di messaggi da trasmettere
- Protocollo SMTP tra server di posta per inviare messaggi di posta elettronica
  - "client": server di posta trasmittente
  - "server": server di posta ricevente

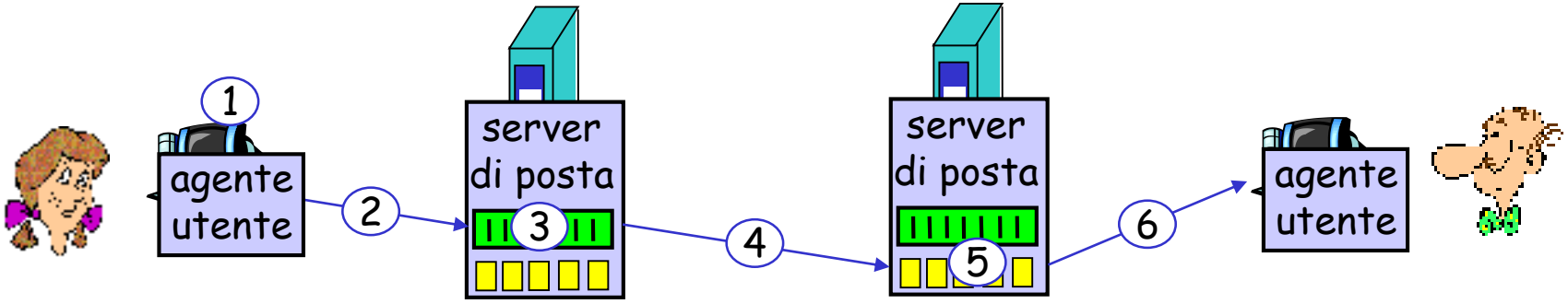


Posta elettronica: SMTP [RFC 2821]

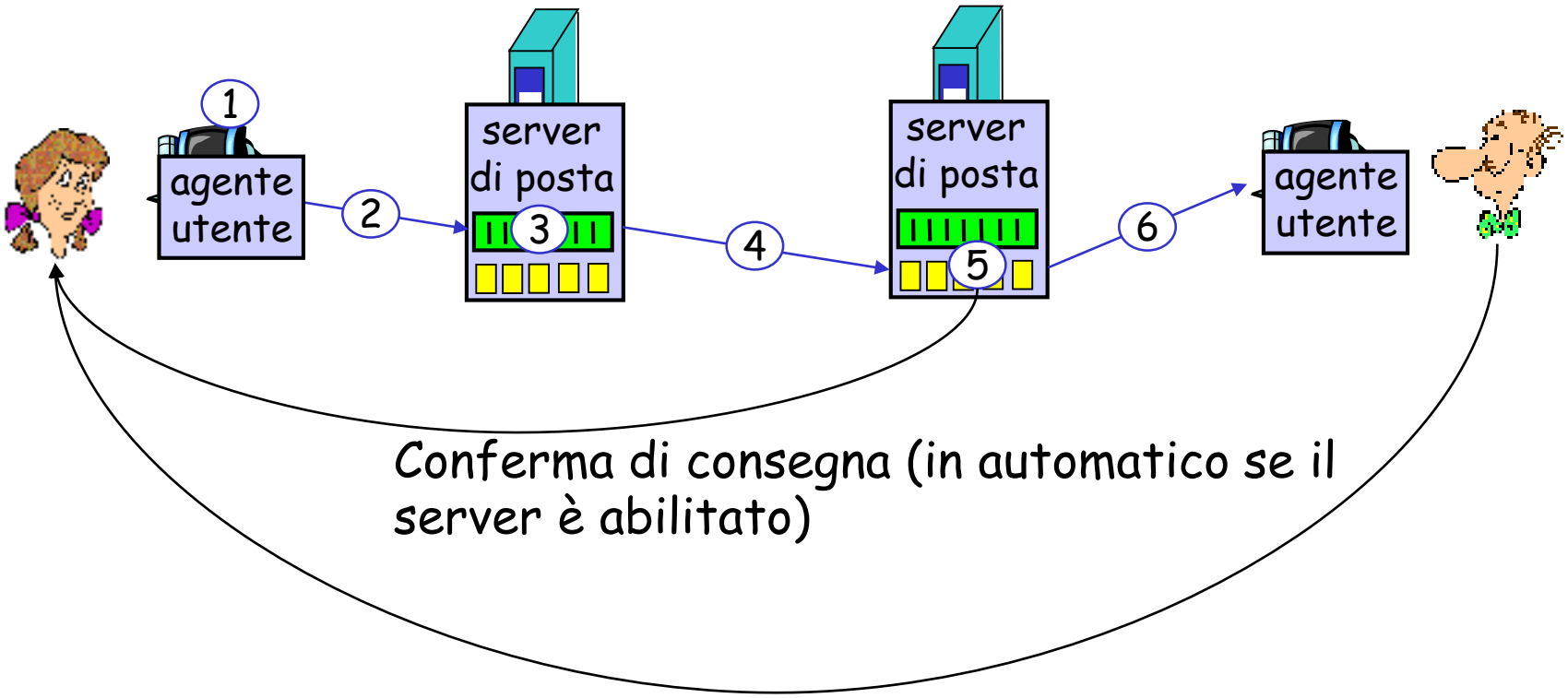
- usa TCP per trasferire in modo affidabile i messaggi di posta elettronica dal client al server, porta 25
- trasferimento diretto: il server trasmittente al server ricevente
- tre espressioni per il trasferimento
  - handshaking (saluto)
  - trasferimento di messaggi
  - chiusura
- interazione comando/risposta
  - comandi: testo ASCII
  - risposta: codice di stato ed espressione
- i messaggi devono essere nel formato ASCII a 7 bit

Scenario: Alice invia un messaggio a Bob

1) Alice usa il suo agente utente per comporre il messaggio da inviare a `bob@someschool.edu`
2) L'agente utente di Alice invia un messaggio al server di posta di Alice; il messaggio è posto nella coda di messaggi
3) Il lato client di SMTP apre una connessione TCP con il server di posta di Bob
4) Il client SMTP invia il messaggio di Alice sulla connessione TCP
5) Il server di posta di Bob pone il messaggio nella casella di posta di Bob
6) Bob invoca il suo agente utente per leggere il messaggio



Conferma del messaggio (su richiesta)



Conferma di ricevimento (opzionale dell'utente)

- non ha valore legale
- non si ha comunque conferma di lettura!

SMTP: note finali

- SMTP usa connessioni persistenti
- SMTP richiede che il messaggio (intestazione e corpo) sia nel formato ASCII a 7 bit
- Il server SMTP usa una riga con il solo "." per determinare la fine del messaggio

Confronto con HTTP:

- HTTP: pull
- SMTP: push

- Entrambi hanno un'interazione comando/risposta in ASCII, codici di stato

- HTTP: ogni oggetto è incapsulato nel suo messaggio di risposta
- SMTP: più oggetti vengono trasmessi in un unico messaggio

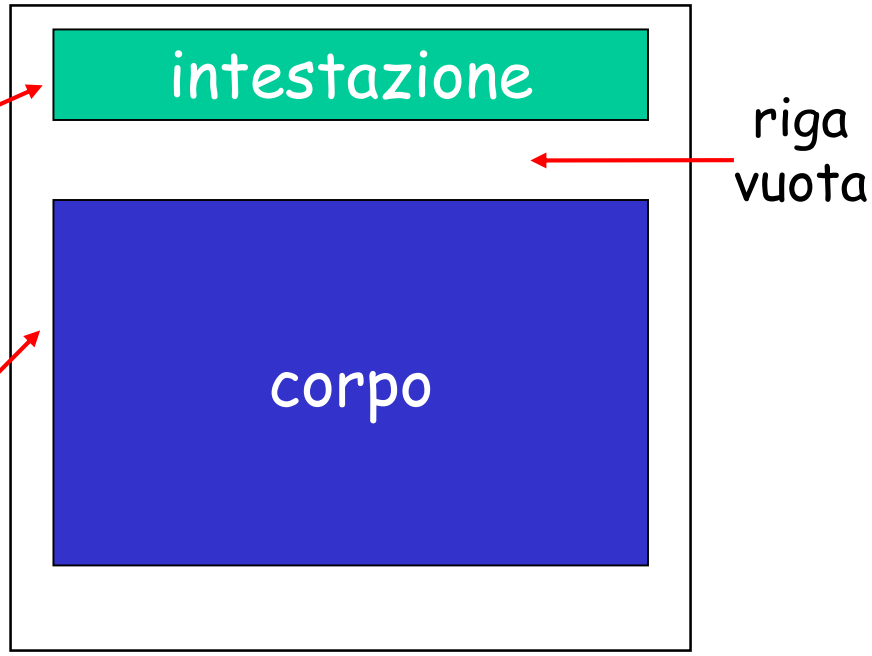
Formato dei messaggi di posta elettronica

SMTP: protocollo per scambiare messaggi di posta elettronica

RFC 822: standard per il formato dei messaggi di testo:

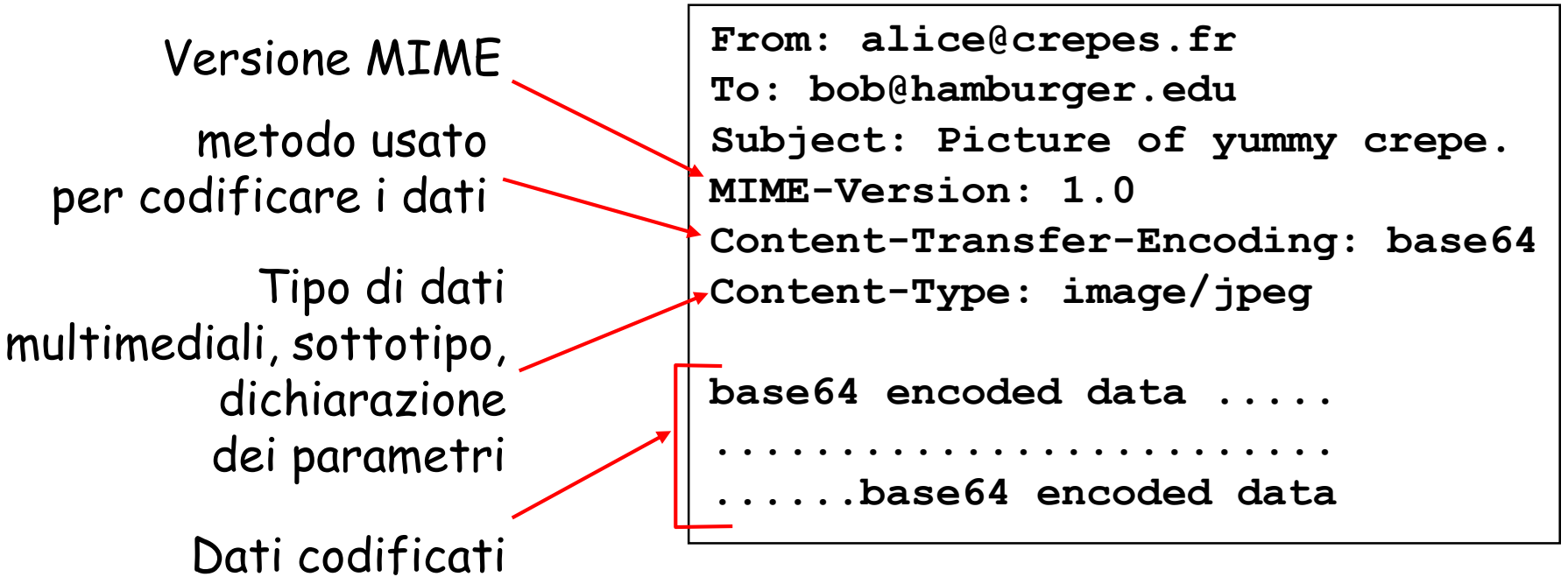
- Righe di intestazione, per esempio
  - To:
  - From:
  - Subject:

  differenti dai *comandi SMTP* !
- corpo
  - il "messaggio", soltanto caratteri ASCII

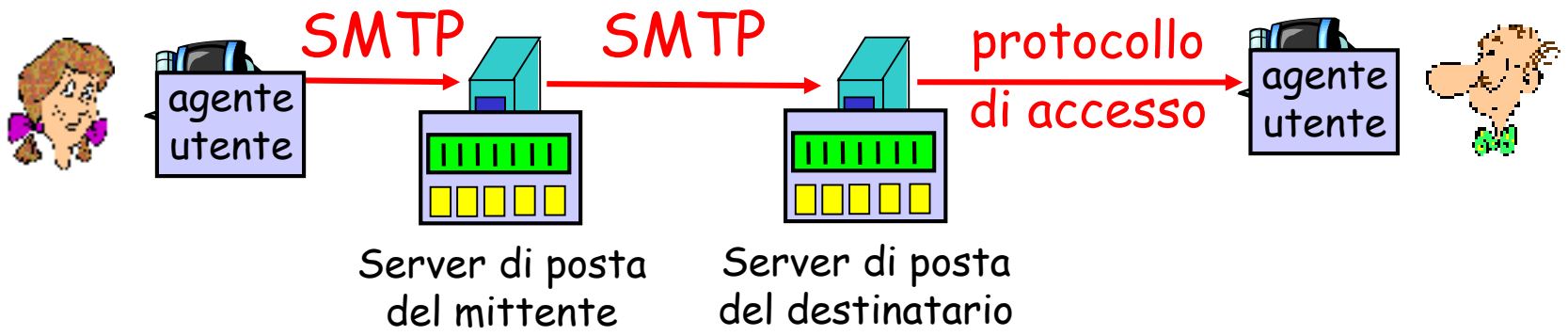


Formato del messaggio: estensioni di messaggi multimediali

- MIME: estensioni di messaggi di posta multimediali, RFC 2045, 2056
- Alcune righe aggiuntive nell'intestazione dei messaggi dichiarano il tipo di contenuto MIME



Protocolli di accesso alla posta



- SMTP: consegna/memorizzazione sul server del destinatario
- Protocollo di accesso alla posta: ottenere i messaggi dal server
  - POP: Post Office Protocol [RFC 1939]
    - autorizzazione (agente <--> server) e download
  - IMAP: Internet Mail Access Protocol [RFC 1730]
    - più funzioni (più complesse)
    - manipolazione di messaggi memorizzati sul server
  - HTTP: Hotmail, Gmail, ecc.

POP3 e IMAP

POP3

- Il precedente esempio usa la modalità "scarica e cancella"
- Bob non può rileggere le e-mail se cambia client
- Modalità "scarica e mantieni": copia i messaggi su più client
- POP3 è un protocollo senza stato tra le varie sessioni

IMAP

- Mantiene tutti i messaggi in un unico posto: il server
- Consente all'utente di organizzare i messaggi in cartelle
- IMAP conserva lo stato dell'utente tra le varie sessioni:
  - I nomi delle cartelle e l'associazione tra identificatori dei messaggi e nomi delle cartelle

Web mail

- Consente l'utilizzo e la consultazione della posta elettronica tramite connessione Internet. Consente di impostare funzioni base come quelle contenute nei programmi di gestione posta elettronica, ma con l'ausilio di un web browser.

- Alcuni dei più comuni : hotmail, gmail (google) yahoo!mail ....

Pros

- gestione della propria posta da qualunque postazione collegata ad Internet.

Cons

- la rete deve essere attiva per potere accedere al servizio

Webmail

- Webmail Studenti

(**si ricorda che il nome utente da inserire deve essere comprensivo di dominio nome.cognomeXX@universitadipavia.it**)

- Webmail Personale Docente - Tecnico Amministrativo

Nuova modalità di accesso alla webmail @universitadipavia.it

Informativa sui servizi di posta elettronica

Chapter 8 roadmap

8.1 What is network security?

8.2 Principles of cryptography

8.3 Message integrity, authentication

8.4 Securing e-mail

8.5 Securing TCP connections: SSL

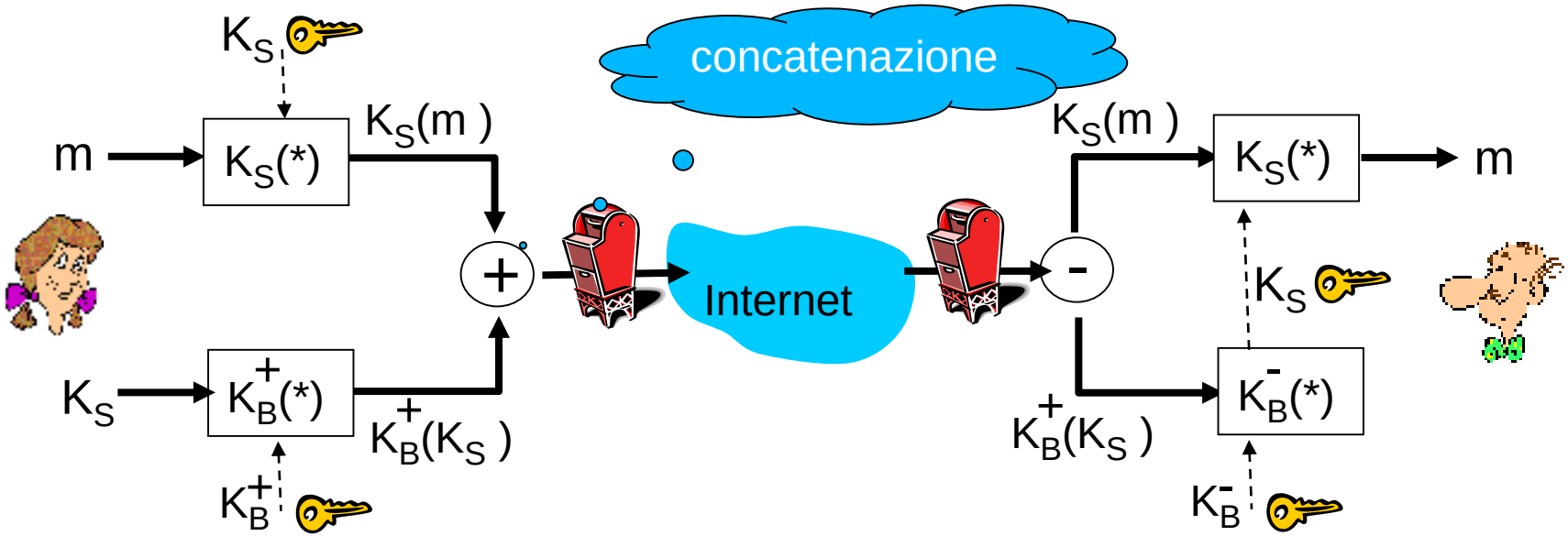
8.6 Network layer security: IPsec

8.7 Securing wireless LANs

8.8 Operational security: firewalls and IDS

E-mail sicura (mittente)

Alice vuole spedire una e-mail segreta a Bob.

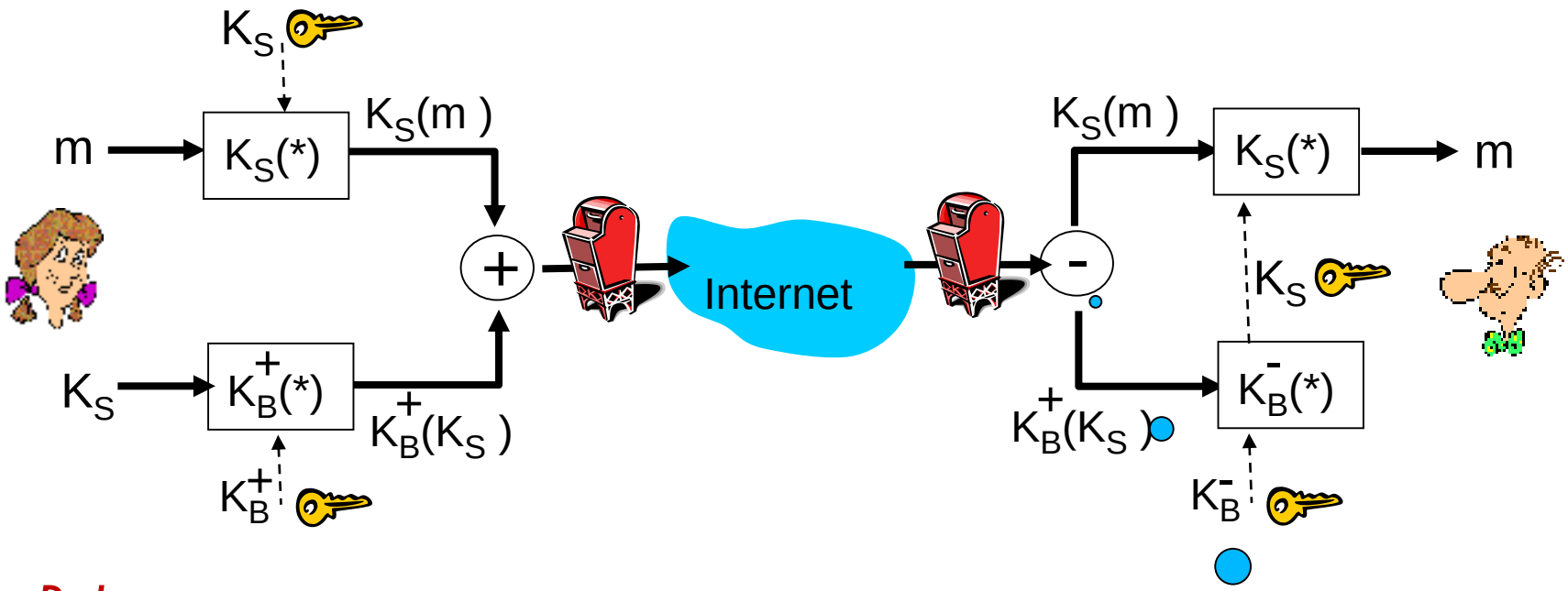


Alice:

- Genera casualmente una chiave simmetrica K_S
- Codifica il messaggio con K_S (per efficienza)
- Codifica K_S con la chiave pubblica di Bob
- Spedisce $K_S(m)$ e $K_B(K_S)$ a Bob

E-mail sicura (destinatario)

Alice vuole spedire una e-mail segreta a Bob.



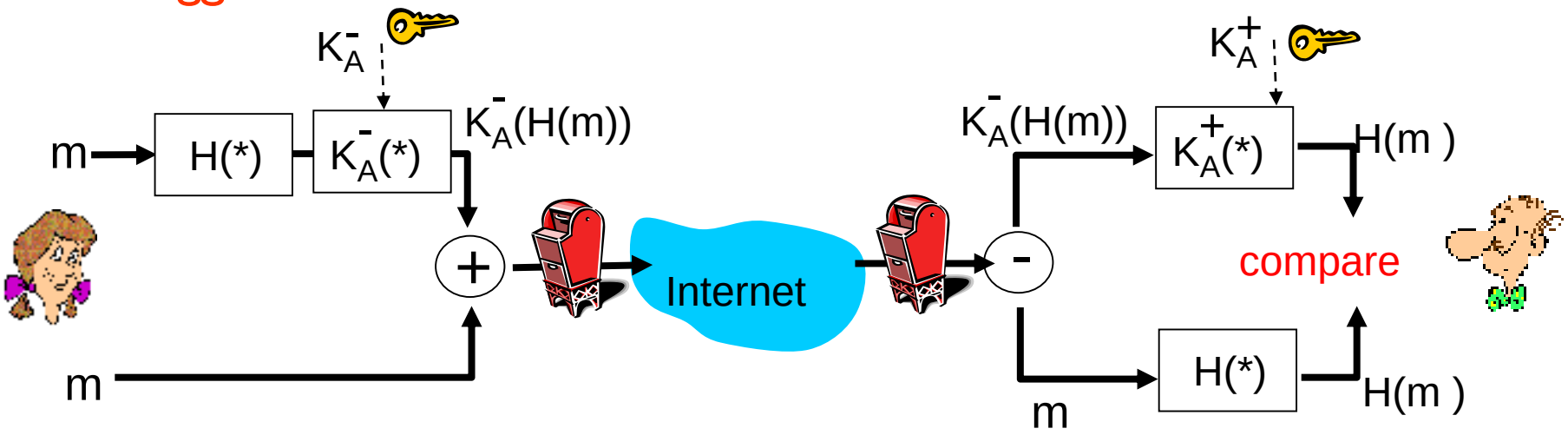
Bob:

- Usa la sua chiave privata per ottenere K_S
- Usa K_S per decifrare $K_S(m)$ e ottenere m

Operazione opposta alla concatenazione

E-mail autenticata

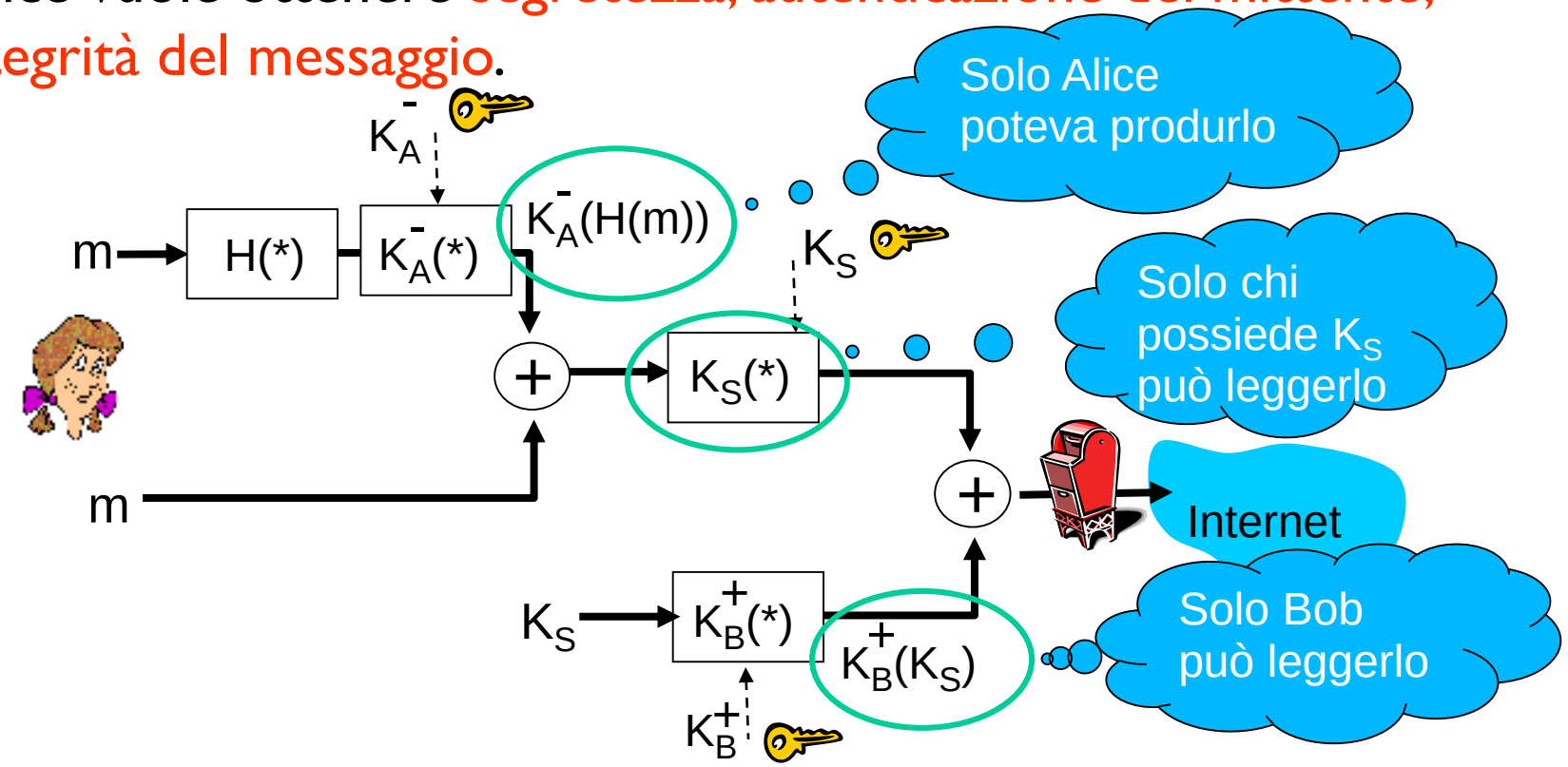
Alice vuole garantire autenticazione del mittente, integrità del messaggio.



- Alice usa una firma digitale del messaggio
- Spedisce messaggio e firma (in chiaro)

E-mail sicura (versione finale)

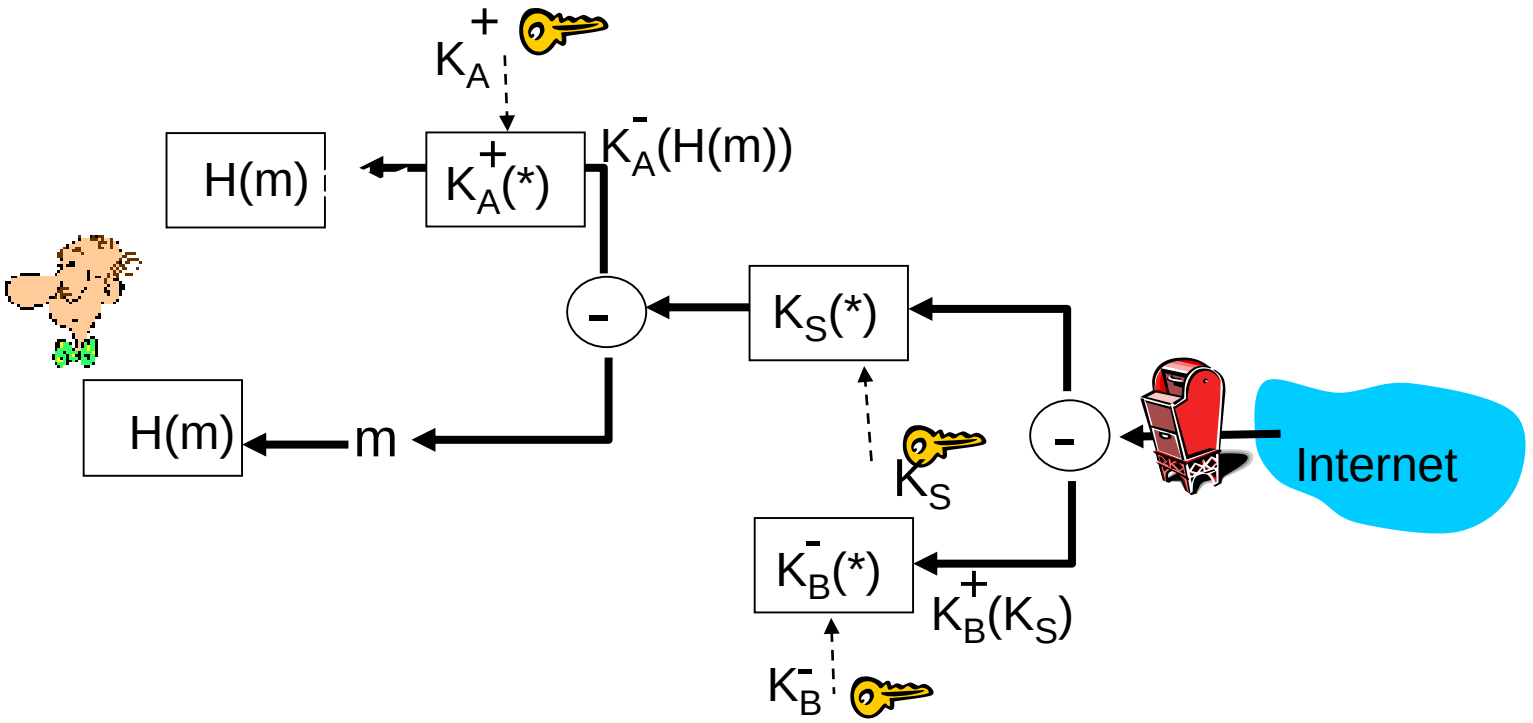
Alice vuole ottenere segretezza, autenticazione del mittente, integrità del messaggio.



Alice usa tre chiavi: la sua chiave privata, la chiave pubblica di Bob, una chiave simmetrica creata per l'occasione

E-mail sicura (versione finale)

Alice vuole ottenere segretezza, autenticazione del mittente, integrità del messaggio.

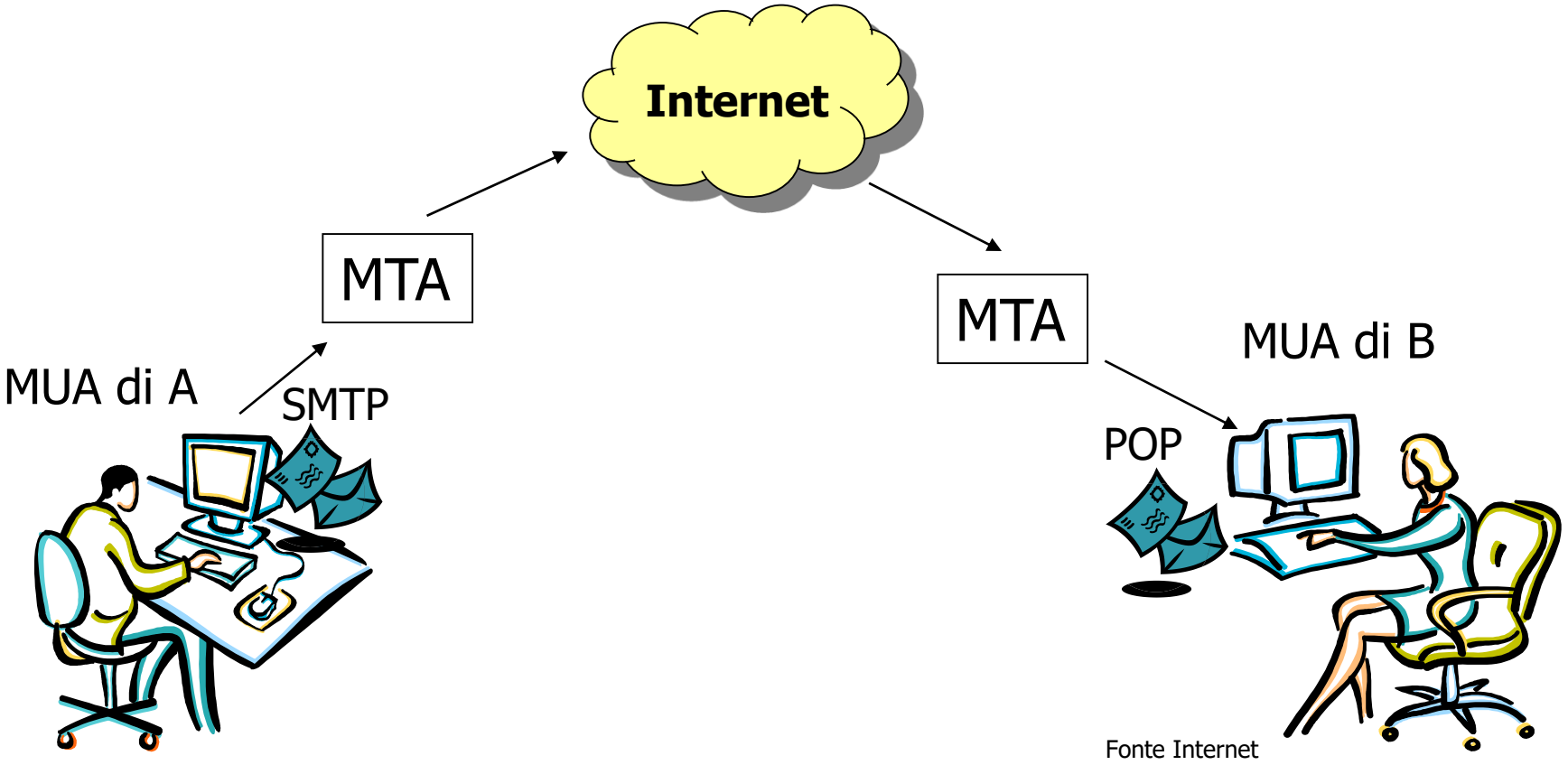


Bob userà tre chiavi: la sua chiave privata, la chiave simmetrica ricevuta, la chiave pubblica di Alice

P.E.C.

- La Posta Elettronica Certificata è un sistema di posta elettronica con la quale si fornisce al mittente documentazione elettronica, con valore legale, attestante l'invio e la consegna di documenti informatici.
- "Certificare" l'invio significa fornire al mittente, dal proprio gestore di posta, una ricevuta che costituisce prova legale dell'avvenuta spedizione del messaggio.
- "Certificare" la ricezione significa inviare al mittente la ricevuta di avvenuta (o mancata) consegna con precisa indicazione temporale.

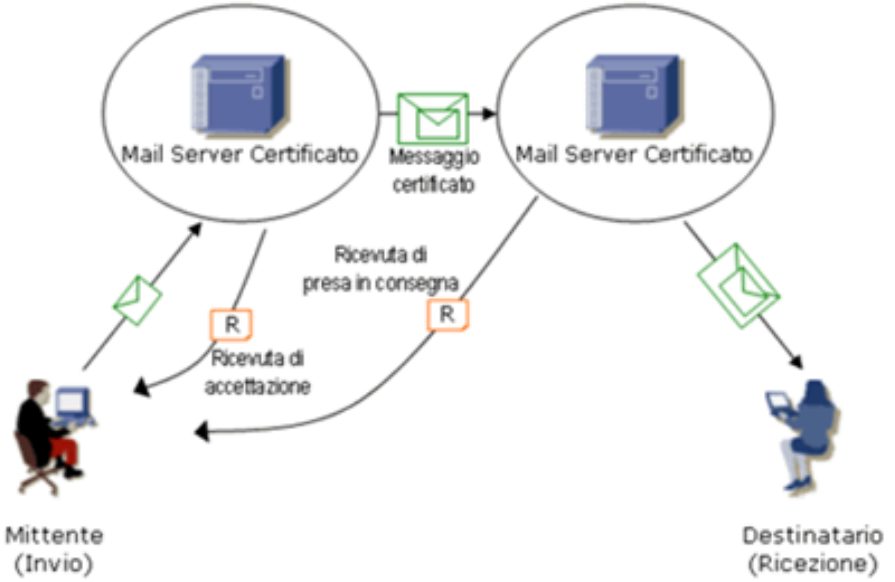
Posta elettronica 'ordinaria'



Fonte Internet

PEC Sistema di invio e ricezione

- Rispetto allo schema generale della posta elettronica "ordinaria" ora gli MTA (Mail Transfer Agent) sia del mittente che del destinatario sono entrambi certificati secondo procedure e regolamenti stabiliti per legge.
- Le varie ricevute (accettazione, presa in consegna e ricezione) sono garantite a livello del sistema.



Fonte Internet

PEC Sistema di invio e ricezione

Da un punto di vista più tecnico i messaggi di posta elettronica certificata utilizzano il protocollo S/MIME, la sicurezza del colloquio tra mittente e destinatario viene garantita in tutte le fasi dall'invio alla ricezione della mail certificata.

- Il mittente deve identificarsi presso il gestore di pec (autenticazione)
- L'integrità e la confidenzialità delle connessioni tra il gestore di posta certificata e l'utente devono essere garantite mediante l'uso di protocolli sicuri (utilizzo di protocolli quali TLS).
- I messaggi generati dal sistema di pec sono sottoscritti dai gestori mediate la firma digitale del gestore di posta elettronica certificata.
- Il colloquio tra i gestori deve avvenire con l'impiego del protocollo SMTP su trasporto TLS.
- Il destinatario deve identificarsi presso il gestore di pec (autenticazione) per potere leggere le mail in arrivo.

Quadro normativo

- Il DPR n.68 del 11 febbraio 2005 stabilisce i principi che regolamentano l'uso della Posta Elettronica Certificata. Queste norme, insieme ad altre ne stabiliscono la validità legale, le regole e le modalità di utilizzo.

- il documento informatico trasmesso per via telematica si intende spedito dal mittente se inviato al proprio gestore, e si intende consegnato al destinatario se reso disponibile all'indirizzo elettronico da questi dichiarato, nella casella di posta elettronica del destinatario messa a disposizione dal gestore.

Utilizzi

La posta elettronica certificata può essere paragonata ad una raccomandata con ricevuta di ritorno con però alcune differenze, cioè:

- La conoscenza del mittente cioè della casella del mittente (nel caso della raccomandata non è noto il mittente)
- La certificazione che il contenuto ricevuto è esattamente quello che era stato inviato (questo perché alla ricevuta di ricezione viene allegato il documento spedito)

La PEC può essere utilizzata nella dematerializzazione dei documenti nella pubblica amministrazione garantendone la autenticità, temporalità e producendo documenti che hanno carattere legale.

Comunicazioni privato cittadino e PA

- Il privato cittadino può richiedere su base volontaria una casella di posta elettronica certificata ed utilizzarla (previa dichiarazione) nell'ambito di ciascun procedimento con la PA. La PA deve istituire almeno una casella di posta elettronica certificata (L. 82/05 art. 4).

- Il privato cittadino può utilizzare la posta elettronica certificata per le comunicazioni con la PA quali ad es. la richiesta di certificati, contestazione di multe, richieste relative attività produttive (ristrutturazione, cessazione, riattivazione), esecuzione di opere interne a fabbricati ad uso di impresa, dichiarazioni di inizio attività etc..

Che cosa si certifica

Che cosa viene certificato con un messaggio inviato tramite servizio di posta elettronica certificata:

1) Autenticazione del mittente (provenienza certa del messaggio)
2) Autenticità del contenuto del messaggio (sia in termini di correttezza formale cioè assenza da virus, sia in termini di garanzia del contenuto e assenza di alterazione durante la trasmissione)
3) Avvenuta/mancata ricezione del messaggio da parte del provider del destinatario
4) Marcatura temporale opponibile a terzi.

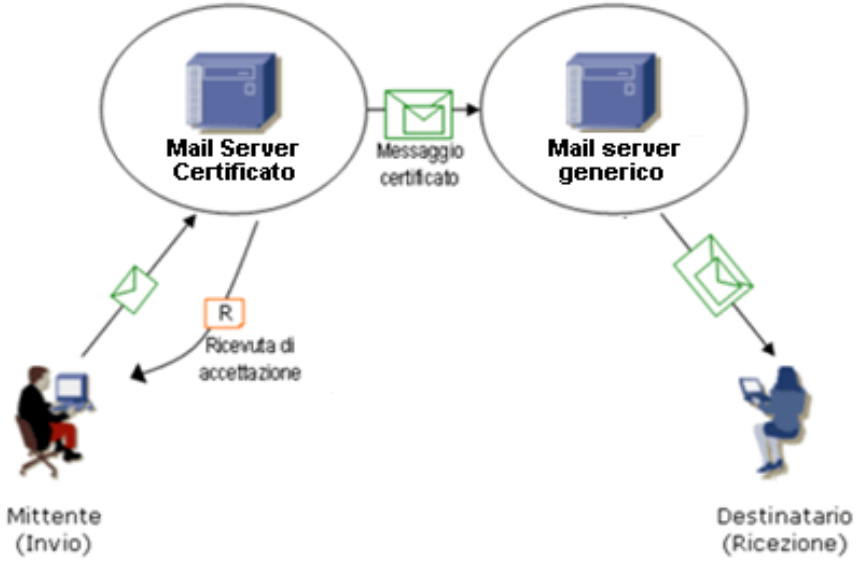
Che cosa si certifica

- Il servizio di PEC si dice "completo" cioè produce certificazioni a valore legale solo se **sia mittente che destinatario** utilizzano caselle di posta elettronica certificata (in questo caso il documento inviato con marcatura temporale è equivalente ad una raccomandata con ricevuta di ritorno e pertanto opponibile a terzi).

- É comunque possibile inviare mail da indirizzo di posta elettronica certificata ad un indirizzo normale in questo caso l'unica ricevuta prodotta dal sistema è quella di accettazione. L'invio di mail da un indirizzo ordinario a un indirizzo pec invece potrebbe o non essere accettato dal gestore di PEC oppure arrivare al destinatario ma all'interno di una busta di anomalia.

Invio da PEC a server ordinario

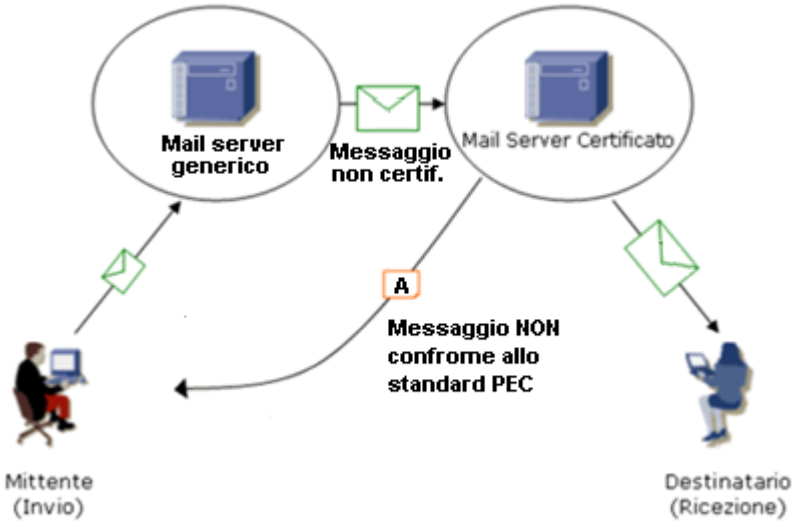
- Invio di messaggio da server di posta elettronica certificata a server di posta ordinaria.
- Il mittente ha solo evidenza dell'avvenuta ricezione (temporalmente valida) da parte del mail server di invio ma non della presa in consegna e lettura del messaggio da parte mail server del ricevente.



Fonte Internet

Invio da server ordinario a server PEC

- Invio di messaggio da server di posta elettronica generica a server di posta elettronica certificata
- Il server PEC del ricevente può rigettare la mail ricevuta (quindi il destinatario pec non la leggerà) oppure ha la facoltà di inserirla in una busta di anomalia (non di errore) la quale segnala al mittente che il messaggio è leggibile ma non conforme allo standard PEC.



Fonte Internet

PEC Vantaggi

- Certificazione dell'avvenuta consegna del messaggio
- Certificazione degli allegati del messaggio
- Possibilità di allegare al messaggio qualsiasi tipologia di informazione/documento in formato digitale
- Archiviazione (per 30 mesi) da parte del gestore di tutti gli eventi con le ricevute ed esclusione dei messaggi originali
- Semplicità di trasmissione, inoltro e ricerca dei messaggi
- Economicità rispetto alla raccomandata tradizionale
- Possibilità di invio multiplo a più destinatari
- Tracciabilità della casella del mittente
- Velocità di consegna (come la e-mail tradizionale)
- Consultazione della casella di posta anche al di fuori del proprio ufficio/abitazione
- Garanzia di privacy e sicurezza

Capitolo 2: Livello di applicazione

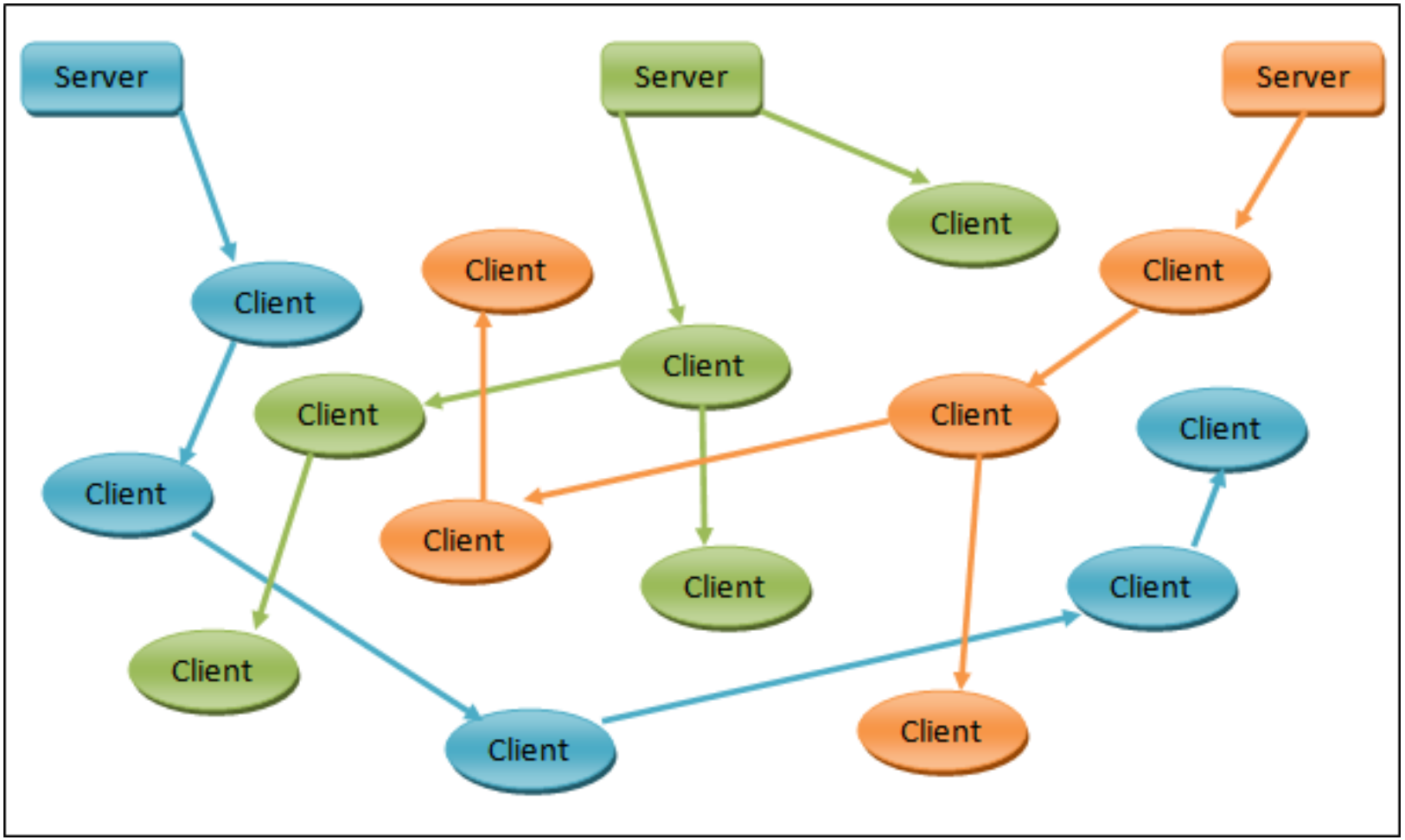
- 2.1 Principi delle applicazioni di rete
- 2.2 Web e HTTP
- 2.3 FTP
- 2.4 Posta elettronica
  - SMTP, POP3, IMAP
- 2.5 DNS
- 2.6 Condivisione di file P2P

Cos'è il peer to peer?

- Una rete P2P ("da pari a pari") è una rete di computer (o qualsiasi rete) che non è composta da client o server fissi, ma da un insieme di nodi equivalenti che fungono sia da client che da server verso gli altri nodi della rete

- Questo modello rappresenta l'antitesi alla tradizionale architettura client-server

Architettura tipica P2P



Caratteristiche principali

- non c'è un server sempre attivo
  - ogni nodo è indipendente da un server centrale
- coppie arbitrarie di host possono comunicare tra loro in modo diretto
  - ogni nodo condivide le risorse con altri nodi
- i peer non devono essere sempre attivi
  - cambiano indirizzo IP in modo dinamico

Condivisione di file P2P

Esempio

- Alice esegue un'applicazione di condivisione file P2P sul suo notebook
- Si collega in modo intermittente a Internet; ottiene un nuovo indirizzo IP ogni volta che si collega
- Cerca la canzone intitolata "Hey Jude"
- L'applicazione visualizza altri peer che hanno una copia di "Hey Jude"
- Alice sceglie uno dei peer, Bob
- Il file viene inviato dal PC di Bob al notebook di Alice: HTTP
- Mentre Alice scarica il file, altri utenti potrebbero scaricare dei file da Alice
- Il peer di Alice è sia client web sia server web transitorio

Tutti i peer sono server → grande scalabilità!

Vantaggi delle reti P2P

- TECNOLOGICI
  - Decentramento: quando un nodo "cade" questo viene rimpiazzato da altri nodi
  - Scalabilità: più nodi ci sono nella rete e maggiore è l'efficienza

Vantaggi delle reti P2P

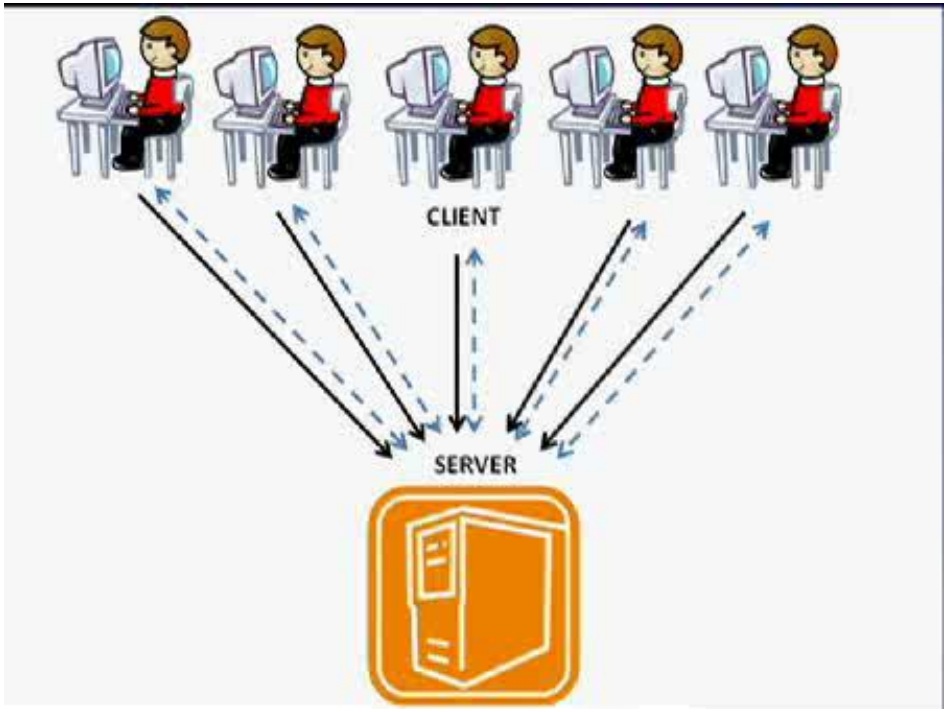
- SOCIALI
  - Organizzazione democratica:
    - ogni nodo ha lo stesso valore di quello vicino
    - tutti i nodi dal basso concorrono alla creazione di valore

Principali utilizzi delle reti P2P

1. FILESHARING
2. SISTEMI PER LA CONDIVISIONE DEL CALCOLO (es. SETI@HOME per ricerca intelligente extraterrestre)
3. SISTEMI PER LA PRIVACY E LA SICUREZZA (es. Freenet)
4. SISTEMI DI COMUNICAZIONE (es. Skype)

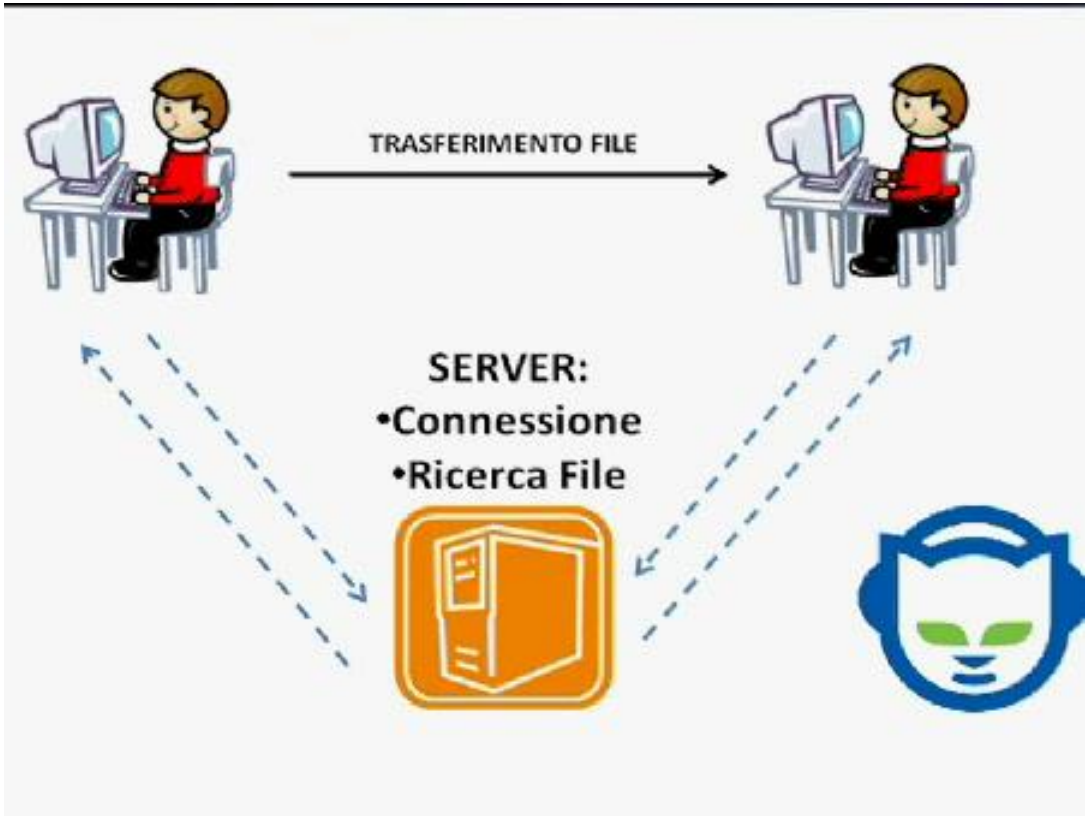
Evoluzione delle reti P2P

- Prima dell'architettura P2P il modello più diffuso era quello Client-Server:



Evoluzione delle reti P2P

- Reti P2P di prima generazione (Napster)



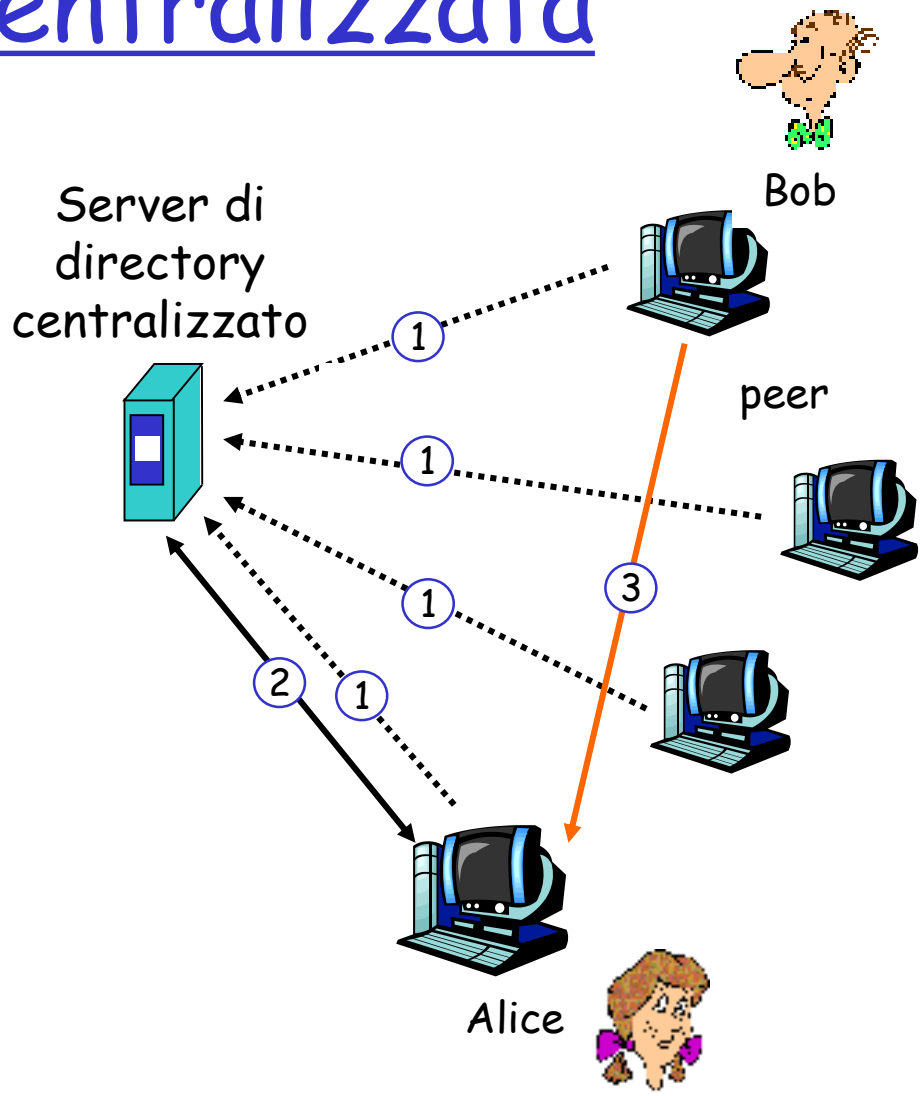
L'avvento di Napster

- Si tratta di un P2P di tipo ibrido, cioè nell'architettura è presente un server centrale che conserva informazioni sui peer e risponde a richieste riguardo quelle informazioni:
- P2P utilizzato solo per il trasferimento file
- Accesso alla rete gestito da un server
- Ricerca file gestita da un server

P2P: directory centralizzata

Progetto originale di "Napster"

1) quando il peer si collega, informa il server centrale:
   - indirizzo IP
   - contenuto
2) Alice cerca la canzone "Hey Jude"
3) Alice richiede il file a Bob



P2P: problemi con la directory centralizzata

- Unico punto di guasto
- Collo di bottiglia per le prestazioni
- Violazione del diritto d'autore

Il trasferimento dei file è distribuito, ma il processo di localizzazione è fortemente centralizzato

Query flooding: Gnutella

- Completamente distribuito
  - nessun server centrale
- Protocollo di pubblico dominio
- Molti client Gnutella implementano il protocollo

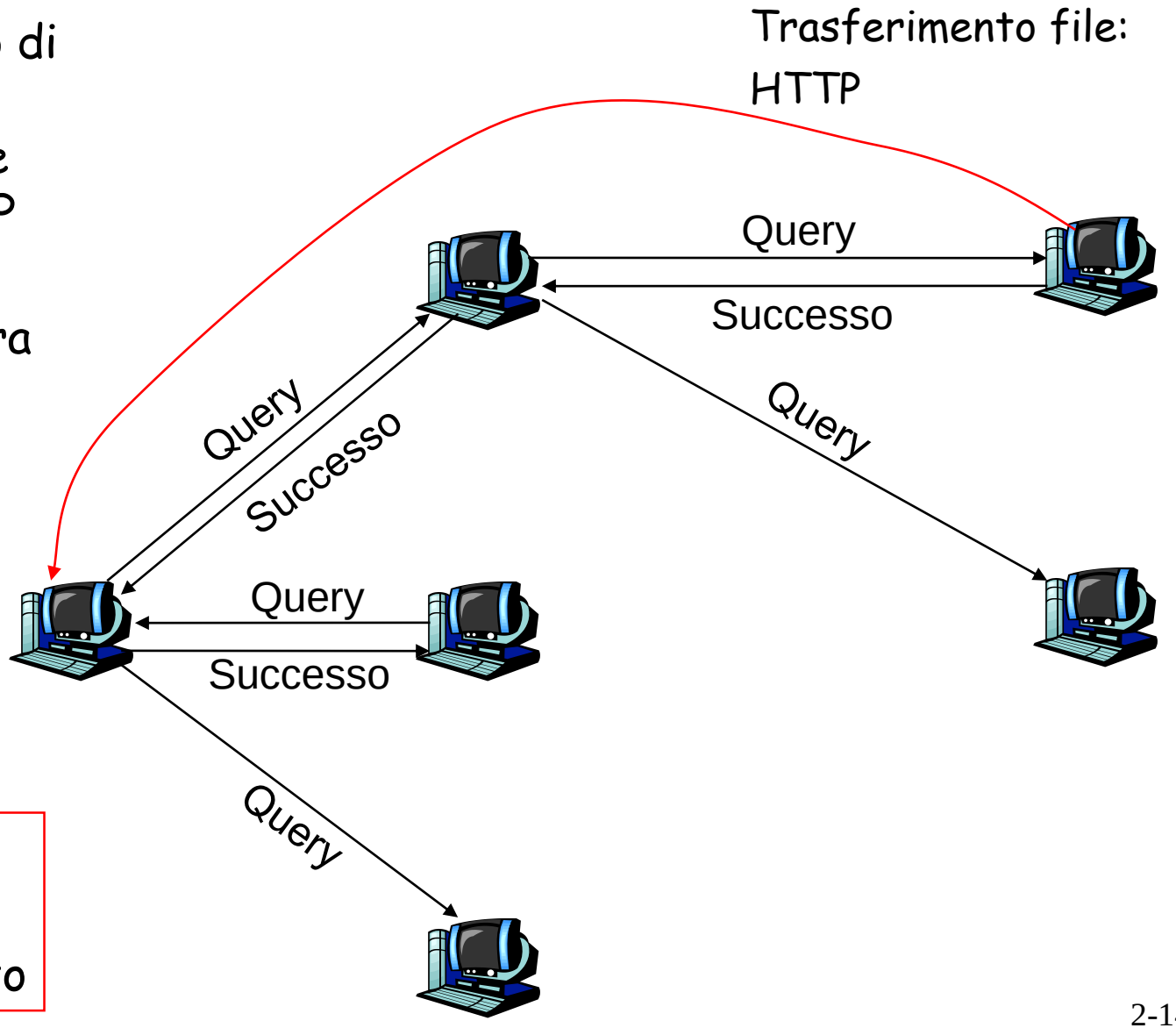
Rete di copertura: grafo

- Arco tra i peer X e Y se c'è una connessione TCP
- Tutti i peer attivi e gli archi formano la rete di copertura
- Un arco non è un collegamento fisico
- Un dato peer sarà solitamente connesso con meno di 10 peer vicini nella rete di copertura

Gnutella: protocollo

- Il messaggio di richiesta è trasmesso sulle connessioni TCP esistenti
- Il peer inoltra il messaggio di richiesta
- Il messaggio di successo è trasmesso sul percorso inverso

Scalabilità:
query flooding
a raggio limitato

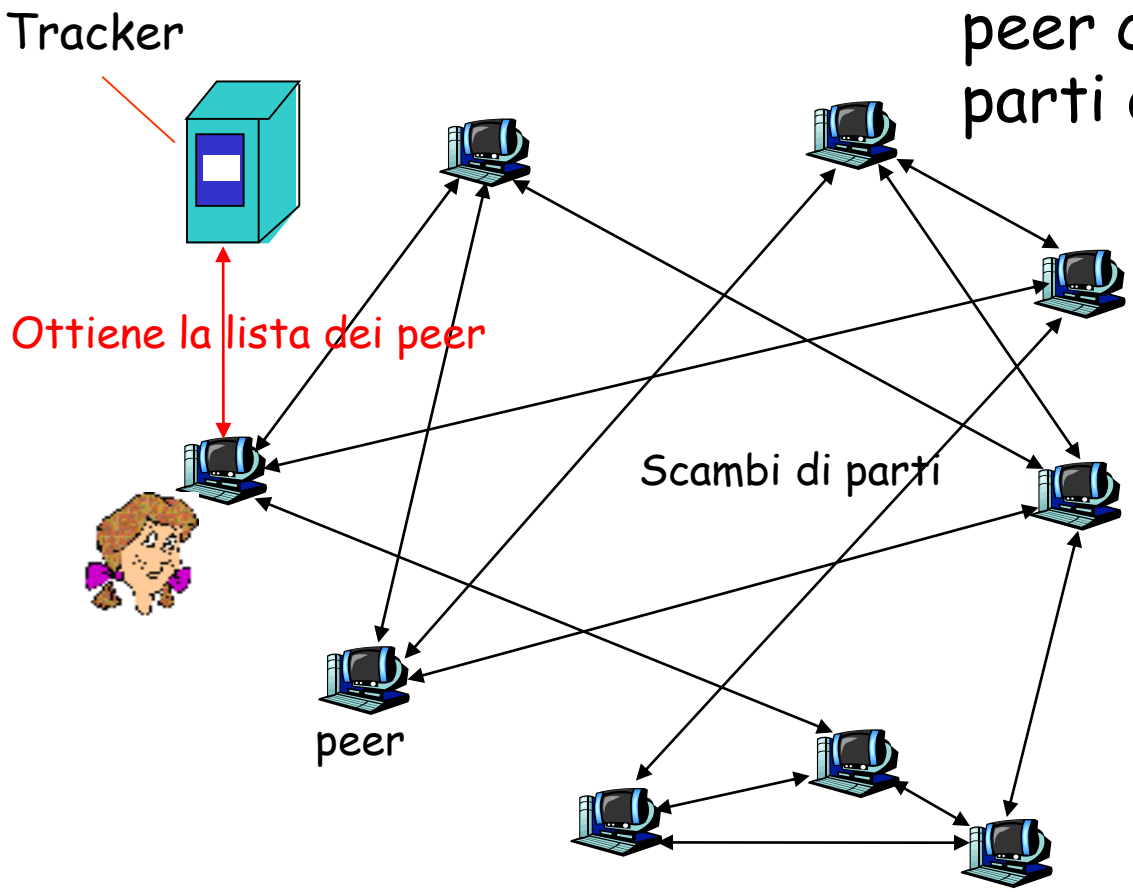


Gnutella: unione di peer

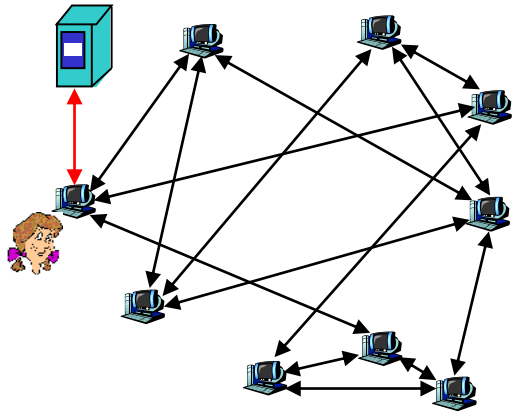
1. Per unire il peer X alla rete, bisogna trovare qualche altro peer della rete Gnutella: usate la lista dei peer candidati
2. X tenta in sequenza di impostare una connessione TCP con i peer della lista finché non stabilisce una connessione con Y
3. X invia un messaggio Ping a Y; Y inoltra il messaggio Ping
4. Tutti i peer che ricevono il messaggio Ping rispondono con un messaggio Pong
5. X riceve molti messaggi Pong. Quindi può impostare delle connessioni TCP addizionali
6. Distacco dei peer

Distribuzione di file: BitTorrent

torrent: gruppo di peer che si scambiano parti di un file



BitTorrent (1)



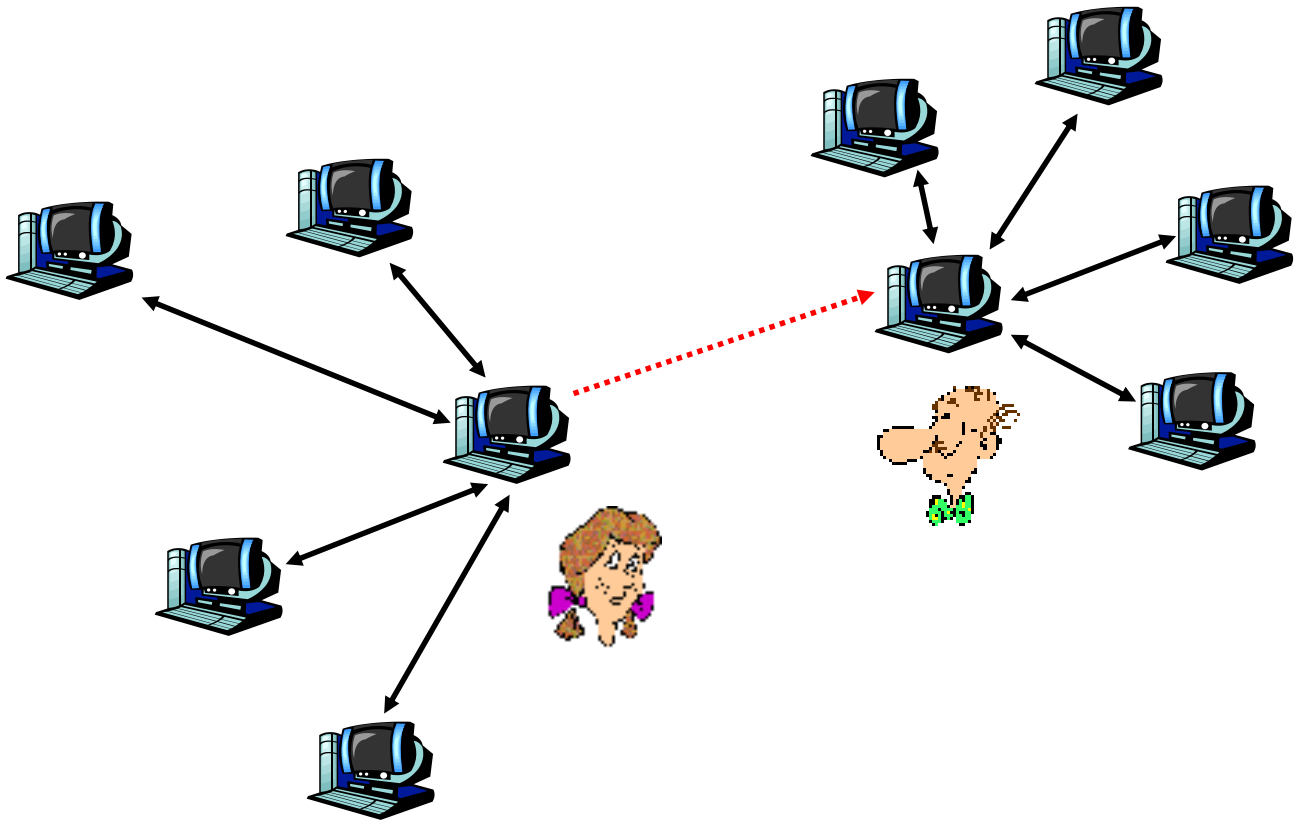
- Il file è diviso in parti di 256KB.
- Un nuovo peer del torrent:
  - Non ha parti, ma li accumula nel tempo
  - Si registra nel tracker per ottenere una lista di peer, si connette ad un suo sottoinsieme (vicini - "neighbors")
- Mentre scarica, distribuisce parti ad altri pari.
- I peer possono disconnettersi
- Una volta che un file è completo il peer può disconnettersi (approccio egoistico) oppure rimanere nel torrent (altruistico)

BitTorrent (2)

- Ad ogni istante ogni pari ha un sottoinsieme differente di parti
- periodicamente, un peer (Alice) richiede ai vicini la lista di parti in loro possesso.
- Alice richiede le parti che le mancano
  - Prima le più rare
- Alice distribuisce parti a chi le sta inviando più dati
  - Ogni 10 secondi vengono selezionati i 4 migliori
- Ogni 30 secondi: viene selezionato a caso un nuovo peer e si inizia a inviargli dati
  - Il nuovo prescelto può diventare uno dei migliori 4
  - Gli altri peer non riceveranno dati

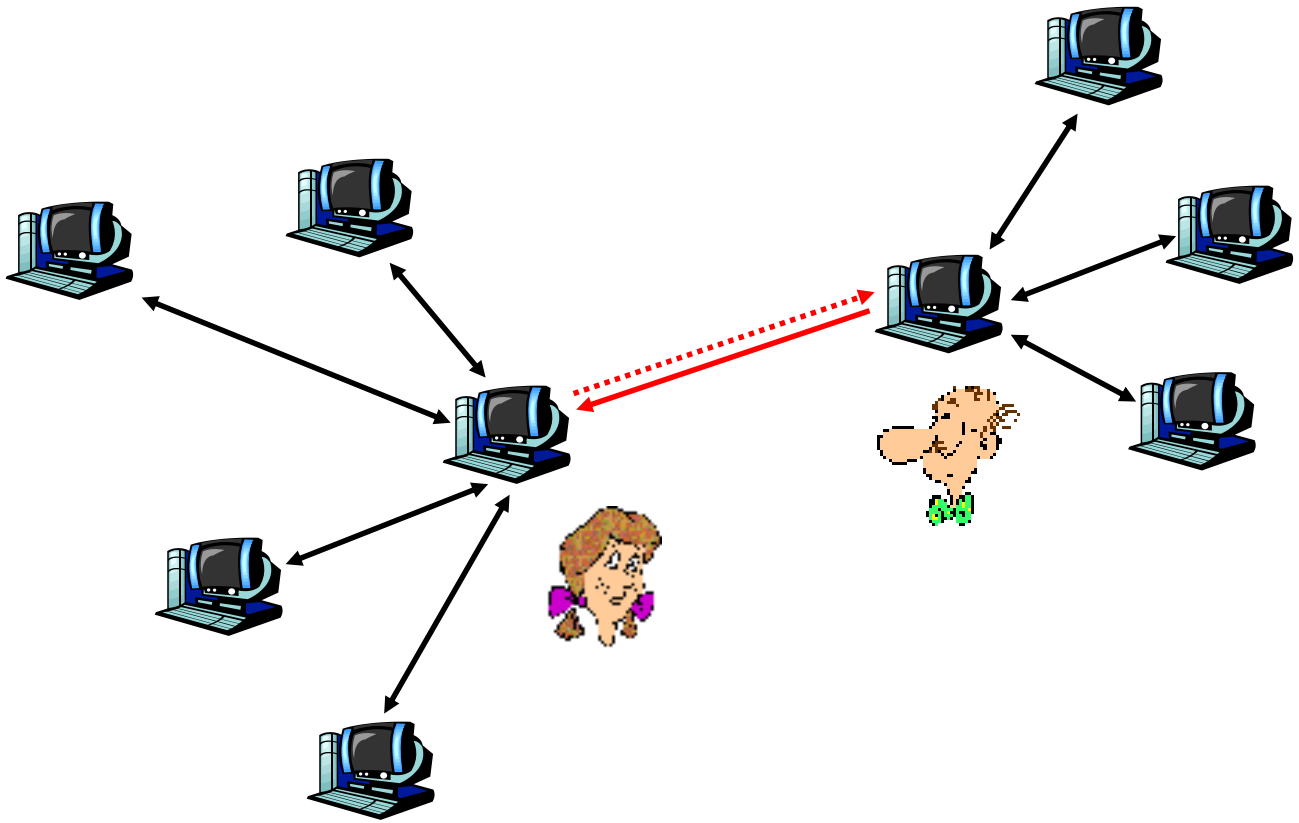
BitTorrent:

(1) Alice "sceglie ottimisticamente" Bob



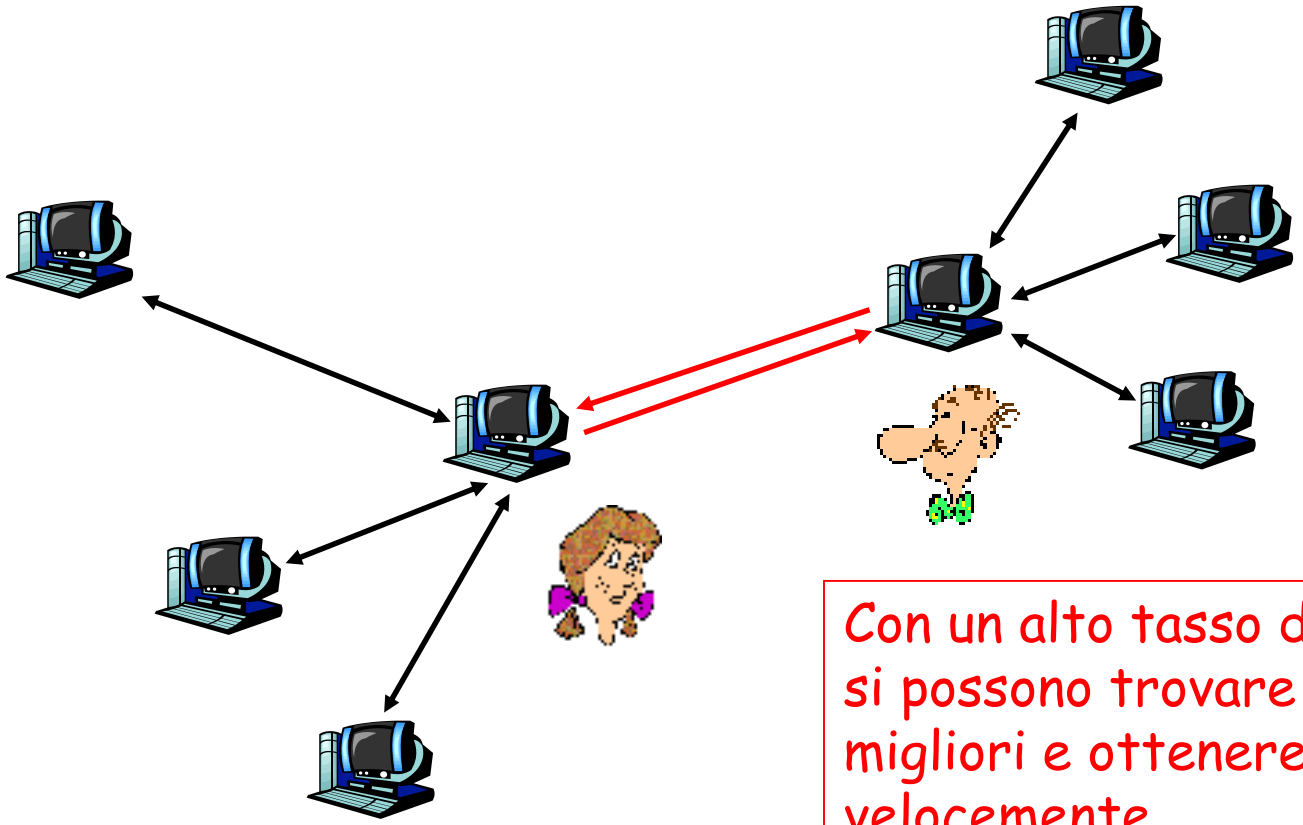
BitTorrent:

(2) Alice diventa uno dei 4 top provider di Bob; Bob ricambia



BitTorrent:

(3) Bob diventa uno dei 4 top provider di Alice



Con un alto tasso di upload, si possono trovare i partner migliori e ottenere il file più velocemente