# Il Livello Applicazione

## Principali Obiettivi:

- Aspetti concettuali implementativi dei protocolli di rete del livello applicazione
  - paradigma client server
  - Modelli di servizio
- Impareremo a conoscere i protocolli esaminando alcuni famosi protocolli del livello applicazione

## Altri obiettivi

- protocolli specifici:
  - http
  - ftp
  - smtp
  - pop
  - dns
- Programmazione di applicazioni di rete
  - socket programming

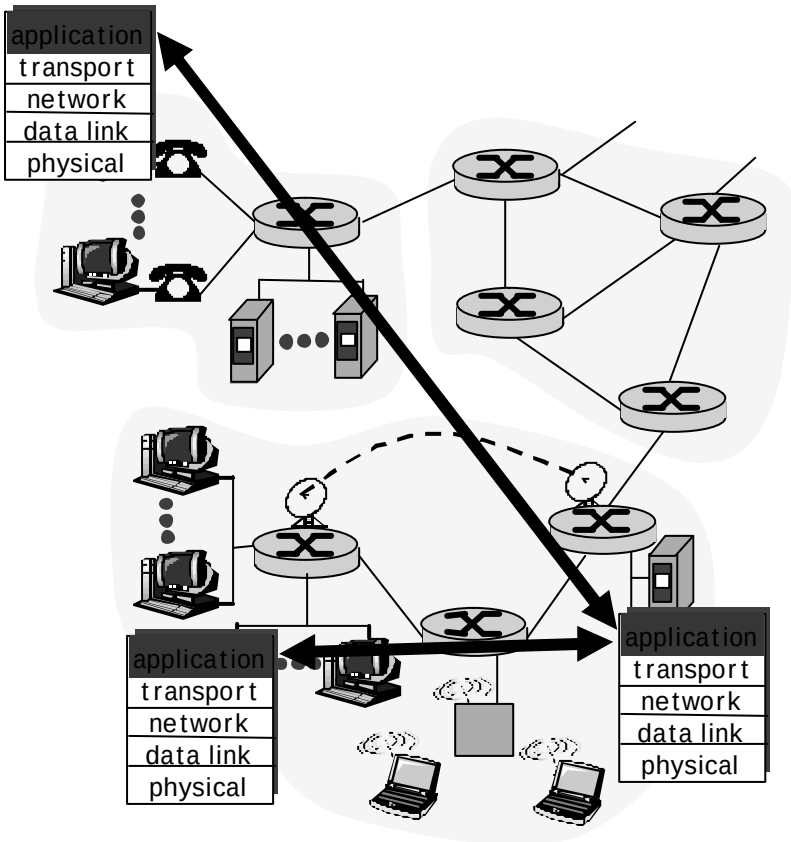
# Applicazioni e protocolli application-layer

Applicazioni: processi distribuiti ed intercomunicanti

- che girano sugli host della rete nello “user space”
- Scambiano messaggi per implementare le appl.
- Per es., email, file transfer, il Web

Protocolli Application-layer

- Un “pezzo” di una appl.
- Definiscono i messaggi scambiati dalle appl. e le azioni da intraprendere
- I servizi utente sono forniti dai livelli inferiori



# Applicazioni di Rete: “gergo”

- Un processo è un programma che sta “girando” su di un host.
- Sullo stesso host, due processi comunicano mediante la comunicazione interprocesso definita dal S.O.
- Processi che girano su host differenti comunicano mediante un protocollo application-layer

- Uno user agent è una interfaccia tra lo user e l’applicazione di rete.
  - Web:browser
  - E-mail: mail reader
  - streaming audio/video: media player

# Il paradigma client-server

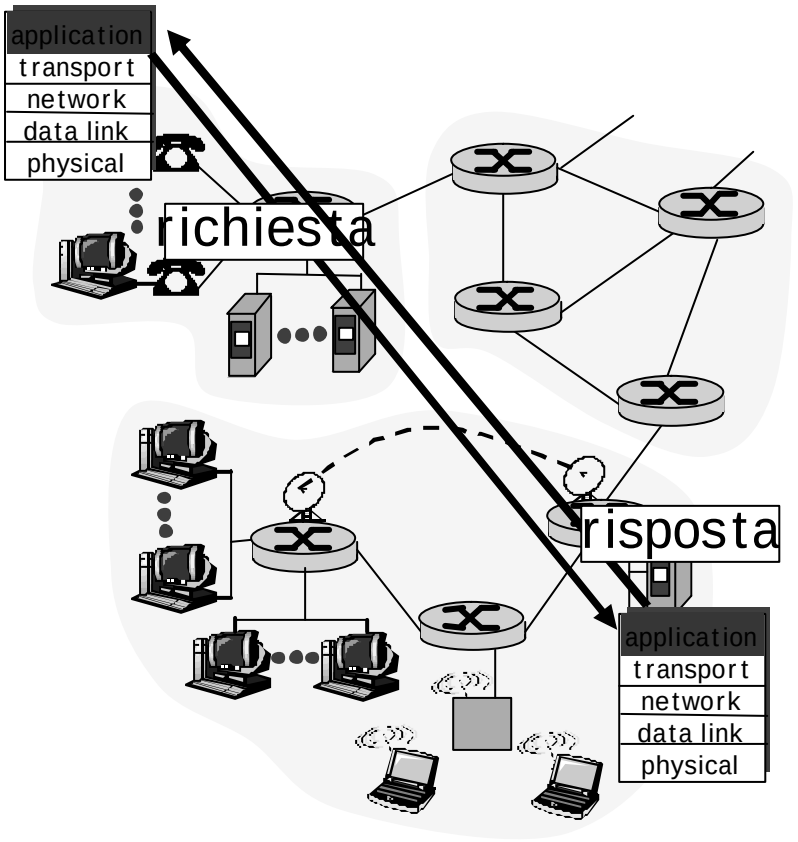
La tipica network app ha due componenti: *client/server*

Client:

- Avvia il contatto con il server ("parla per primo")
- Tipicamente richiede servizio dal server,
- Nel Web, il client è implementato nel browser; per l'e-mail, nel mail reader

Server:

- Fornisce il servizio richiesto al client
- Per es., il Web server invia la pagina Web richiesta, il mail server consegna l'e-mail



# Protocolli application-layer (cont).

API: application programming interface

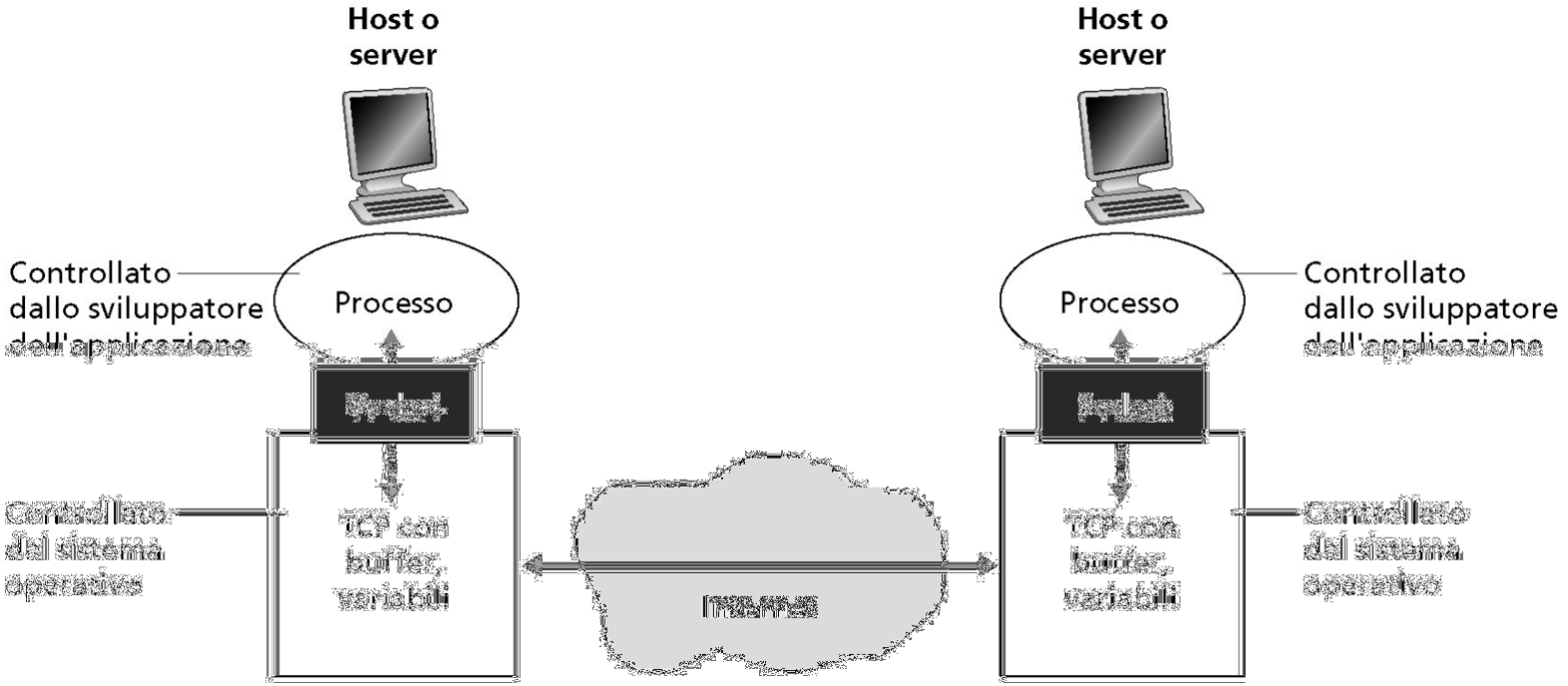
- definisce l'interfaccia tra l'applicazione e il livellotransport
- socket: Internet API
  - due processi comunicano inviando dati nel socket, e leggendo dati dal socket (socket=presa di corrente)

D: Come fa un processo ad "identificare" l'altro processo con il quale vuole comunicare?

- Indirizzo IP dell'host che fa girare l'altro processo
- Un "port number" – consente all'host in ricezione di determinare a quale processo locale va consegnato il messaggio

… ma su questo diremo molto di più in futuro.

# Processi dell'applicazione, socket e il sottostante protocollo di trasporto



# Che tipo di transport service è necessario per una applicazione?

## Perdita di Dati

- Alcune applicazioni (per es., audio) possono tollerare alcune perdite
- Altre applicazioni (per es., ftp, telnet) richiedono un tresferimento dati affidabile al 100%

## Tempificazione

- Alcune appl. (per es., la telefonia Internet, I giochi interattivi) richiedono un ritardo piccolo per "funzionare"

## Larghezza di Banda (Bandwidth)

- Alcune appl. (per es., quelle multimediali) richiedono un ammontare minimo di banda per "funzionare"
- Altre ("appl.elastiche") fanno uso dell'ammontare di banda disponibile

# Requisiti per il servizio di Transport di alcune applicazioni comuni

| Applicazione | Perdita Dati | Bandwidth | Tempificazione |
|---|---|---|---|
| file transfer | nessuna | elastica | no |
| e-mail | nessuna | elastica | no |
| Pagine Web | nessuna | elastica | no |
| real-time audio/video | ammissibile | audio: 5Kb-1Mb<br>video:10Kb-5Mb | si, 100's msec |
| stored audio/video | ammissibile | Come sopra | si, pochi sec |
| Giochi interattivi | ammissibile | pochi Kbps | si, 100's msec |
| Appl. finanziarie | nessuna | elastica | si e no |

# Servizi forniti dai protocolli di Trasporto di Internet

## servizio TCP:

- *connection-oriented:* setup richiesto tra client e server
- *trasporto affidabile* tra processo mittente e destinatario
- *controllo del flusso:* il mittente non sovraccarica il ricevente
- *Controllo della congestione:* il mittente viene limitato quando la rete è sovraccarica
- *Non fornisce:* tempificazione, garanzie sulla banda minima

## servizio UDP:

- Trasferimento dati inaffidabile tra mittente e destinatario
- Non fornisce: setup della connessione, affidabilità, controllo del flusso e della congestione, tempificazione o garanzie sulla banda

D: Ma allora? Perchè c'è un UDP?

# Applicazioni Internet: protocolli e protocolli di trasporto

| Applicazione | protocollo di applicazione | Protocollo trasporto sottostante |
|---|---|---|
| e-mail | smtp [RFC 821] | TCP |
| remote terminal access | telnet [RFC 854] | TCP |
| Web | http [RFC 2068] | TCP |
| file transfer | ftp [RFC 959] | TCP |
| streaming multimedia | proprietario (per es., RealNetworks) | TCP or UDP |
| remote file server | NSF | TCP or UDP |
| Internet telephony | proprietario (per es., Cisco) | typically UDP |

# Il Web: “gergo”

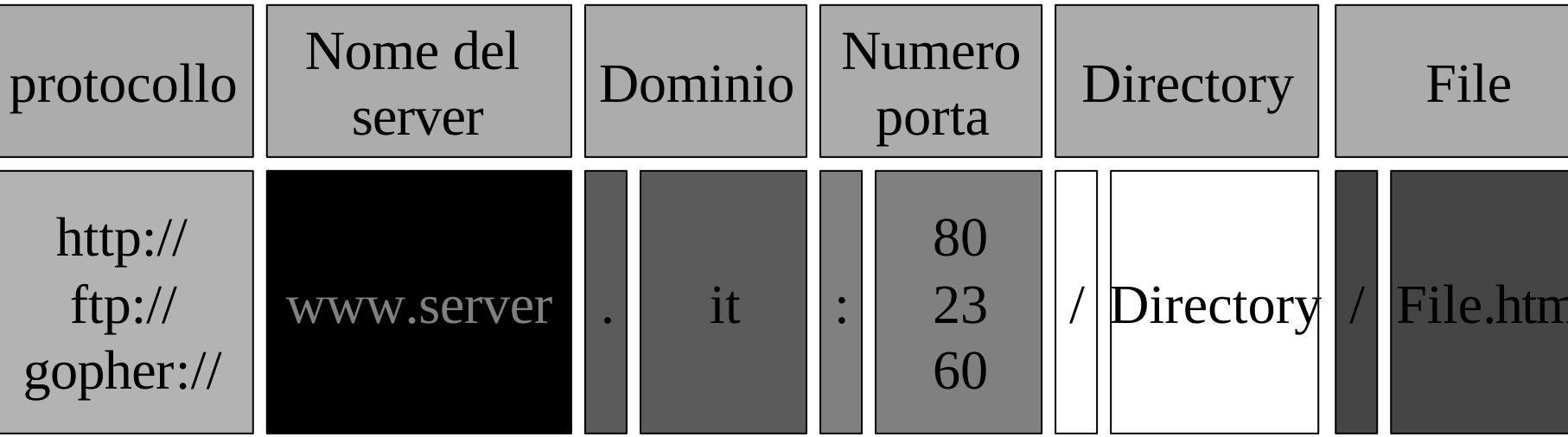
- pagina Web :
  - Consiste di “oggetti”
  - Indirizzata da una URL
- La maggioranza delle pagine Web hanno:
  - una pagina HTML di base e
  - oggetti referenziati nella pagina.
- Una URL ha due componenti: l’host name e il path name:

**www.someSchool.edu/someDept/pic.gif**

- Lo User agent del Web è detto browser:
  - MS Internet Explorer
  - Netscape Communicator
- Il server del Web è detto Web server:
  - Apache (public domain)
  - MS Internet Information Server

# Come sono composti gli URL

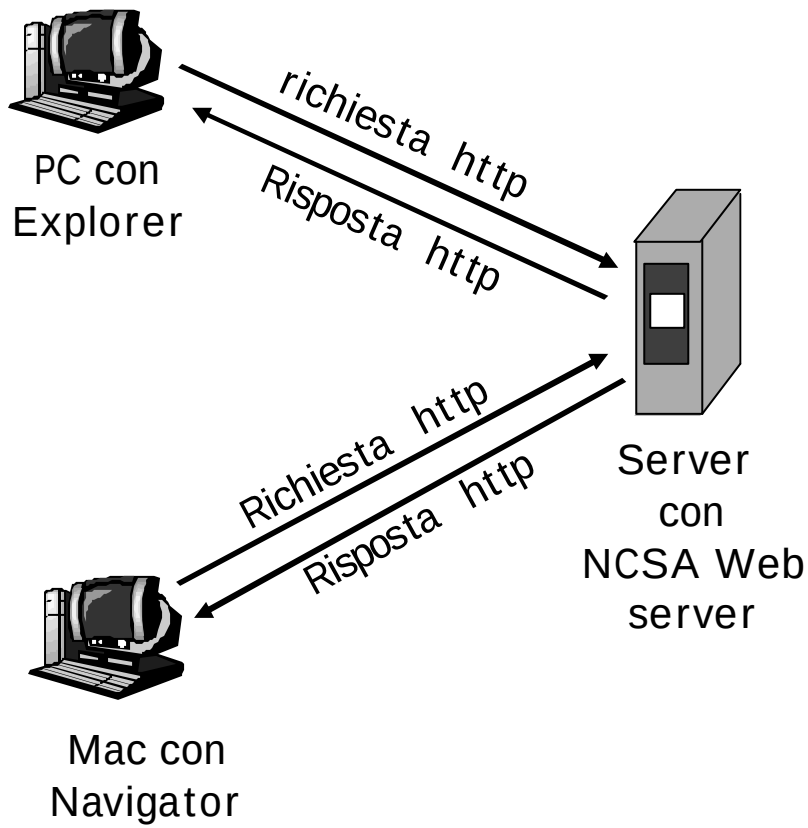
http://www.server.it:80/directory/file.html



# Il Web: protocollo http

http: hypertext transfer protocol

- Il protocollo di applicazione del Web
- Modello client/server
  - *client:* il browser che richiede, riceve e "visualizza" gli oggetti Web
  - *server:* il Web server invia gli oggetti in risposta a richieste
- http1.0: RFC 1945
- http1.1: RFC 2068
- http1.1: RFC 2616



# Ancora sull' http

http: servizio di trasporto TCP :

- Il client avvia una connessione TCP connection (crea un socket) con il server, sulla porta 80
- Il server accetta la connessione TCP dal client
- Vengono scambiati messaggi http (messaggi del protocollo application-layer)tra il browser (http client) ed il Web server (http server)
- La connessione TCP viene chiusa

L'http è "stateless"

- Il server non mantiene informazioni sulle precedenti richieste del client

osservazione

I Protocolli che mantengono uno "stato" sono complessi!

- Occorre conservare la storia passata
- In caso di crash del server/client, gli "stati" possono essere inconsistenti

# Un esempio http

Supponiamo che lo user digiti una URL
www.someSchool.edu/someDepartment/home.index

(contiene testo, e riferimenti a 10 immagini jpeg)

1a. Il client http avvia la connessione TCP col server http server (un processo) al www.someSchool.edu. La porta 80 è il default per il server http.

1b. Il server http sull'host www.someSchool.edu è in attesa di connessioni TCP sulla porta 80. "accetta" la connessione, notifica il client

2. Il client http invia un *request message* http (contenente la URL) nel socket TCP

3. Il server http riceve il request message, forma un *response message* che contiene l'oggetto richiesto (someDepartment/home.index), invia il messaggio nel socket

tempo

# Un esempio http (cont.)

4. Il server http chiude la connessione TCP.

5. Il client http riceve il response message contenente un file html, visualizza l'html. Analizzando il file html file, trova 10 riferimenti ad oggetti jpeg

6. Vengono ripetuti gli step 1-5 per ciascuno dei 10 oggetti jpeg

tempo

# Connessioni non-persistenti e persistenti

Non-persistenti

- HTTP/1.0
- Il server analizza le richieste, risponde e chiude la connessione TCP
- 2 RTT per estrarre ogni oggetto
- Ogni oggetto soffre dello slow start

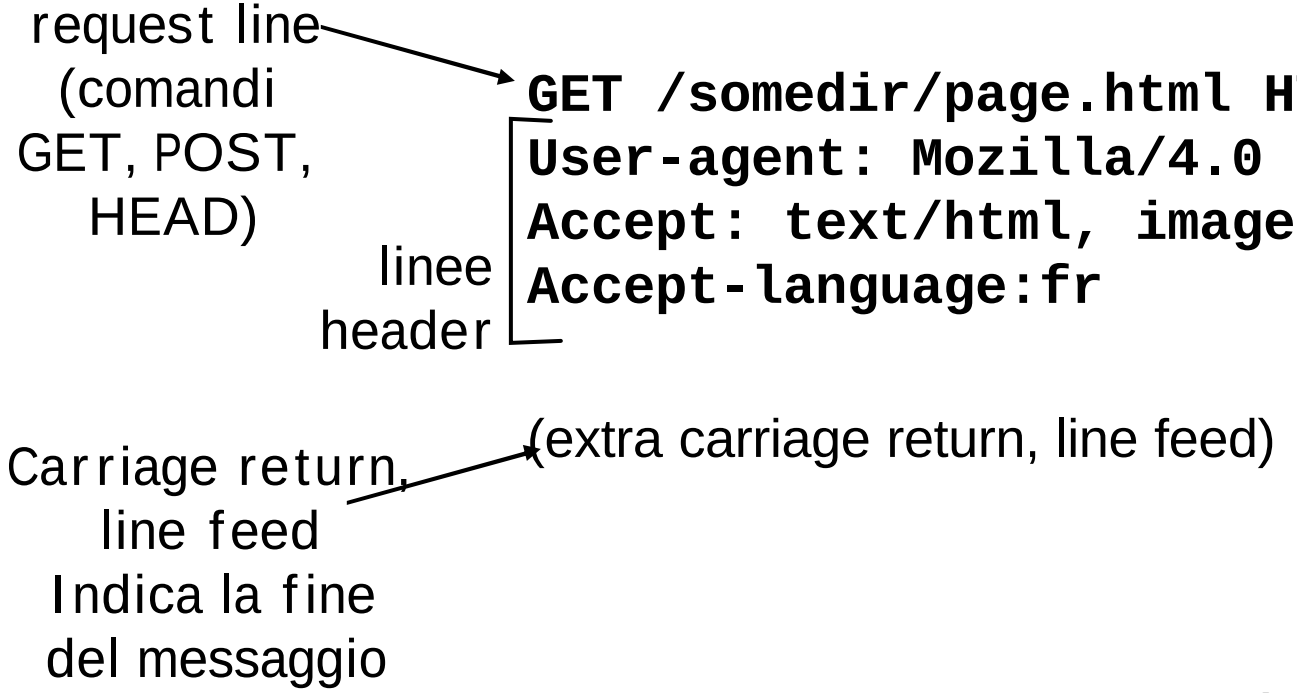
Persistenti

- default per HTTP/1.1
- Sulla stessa connessione TCP il server analizza la richiesta, risponde, analizza la nuova richiesta,..
- Il Client invia le richieste per tutti gli oggetti referenziati appena riceve il file base HTML.
- Meno RTT e meno slow start.

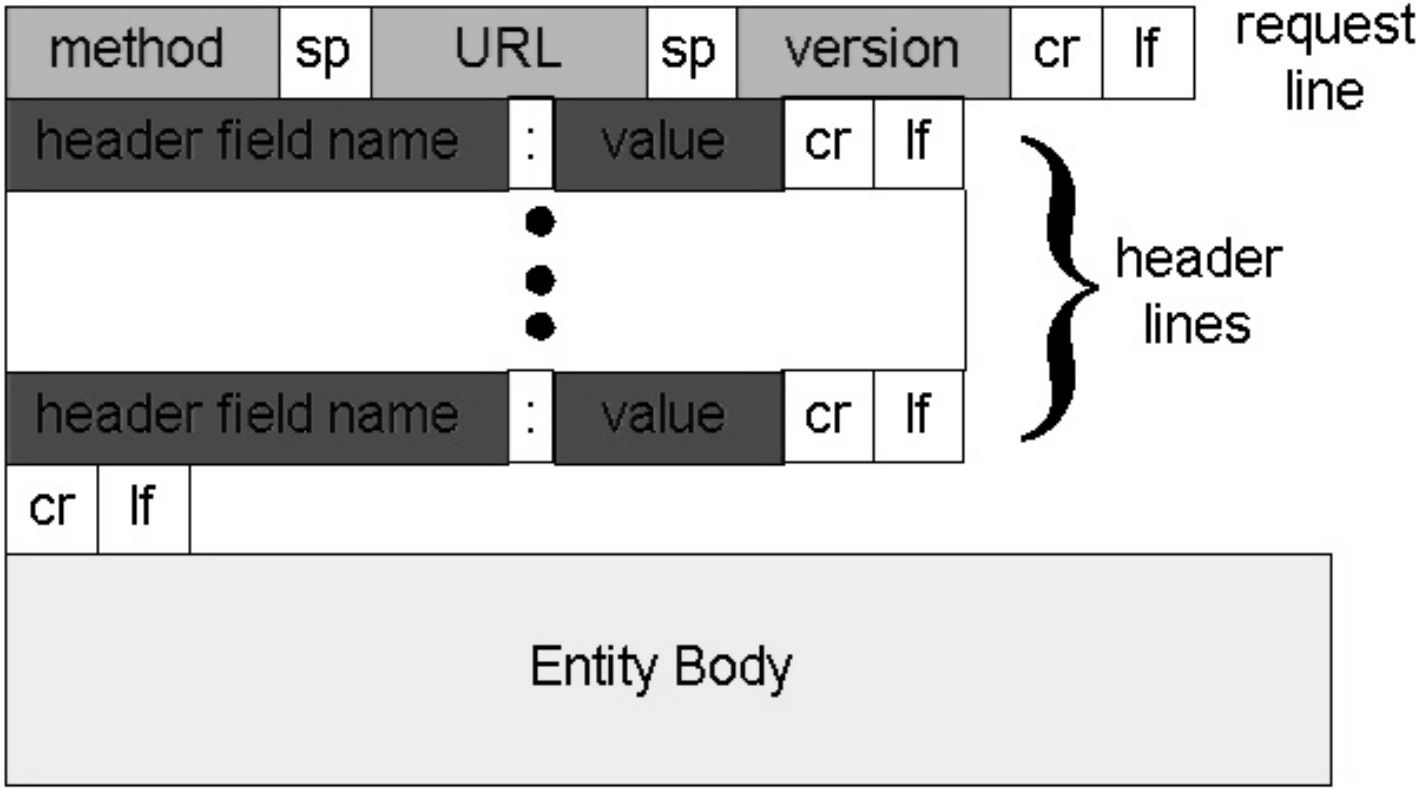
Ma la maggior parte dei browser 1.0 usano
Più connessioni TCP in parallelo.

# Formato del messaggio http : request

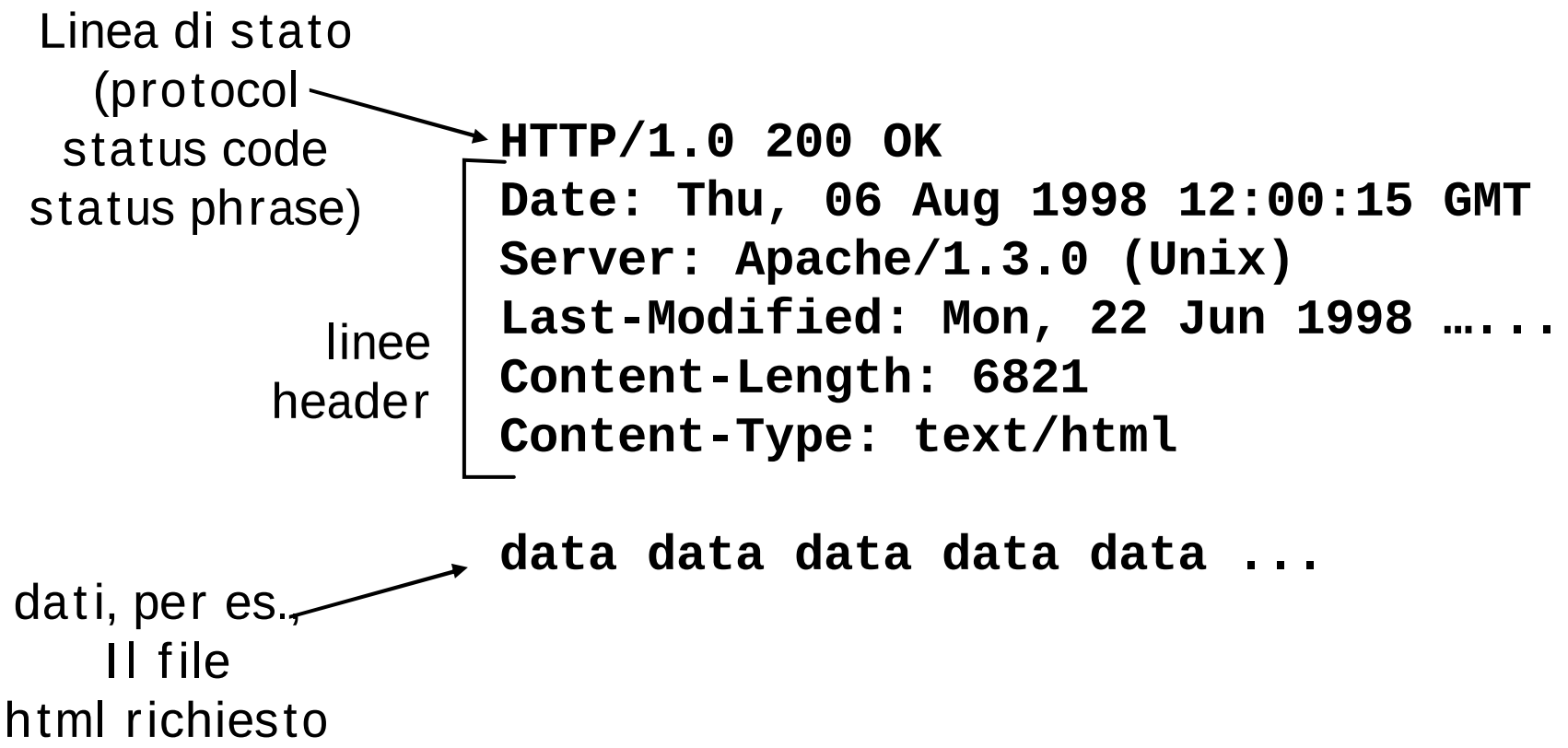
- due tipi di messaggi http: *request*, *response*
- http request message:
  - ASCII (formato leggibile)



# formato generale del request message:



# formato del messaggio http: response



# status codes dell'http response

Prima linea nel messaggio di risposta server->client.

Alcuni codici di esempio:

**200 OK**

- Richiesta accettata, segue l'oggetto richiesto

**301 Moved Permanently**

- Oggetto richiesto spostato, segue la nuova posizione (Location:)

**400 Bad Request**

- Il messaggio di richiesta non è stato compreso dal server

**404 Not Found**

- Documento richiesto non trovato su questo server

**505 HTTP Version Not Supported**

# Provate l'http (client side) voi stessi

1. Fate Telnet al vostro sito Web favorito:

**`telnet www.eurecom.fr 80`**

Apre la connessione TCP alla porta 80 sul sito www.eurecom.fr. Qualsiasi cosa digitata viene inviata alla porta 80 di www.eurecom.fr

2. Digitate una GET:

**`GET /~ross/index.html HTTP/1.0`**

Digitando questo (battete carriage return due volte), inviate una Richiesta GET minima (ma completa) all'http server

3. Osservate il response message inviato dal server http!

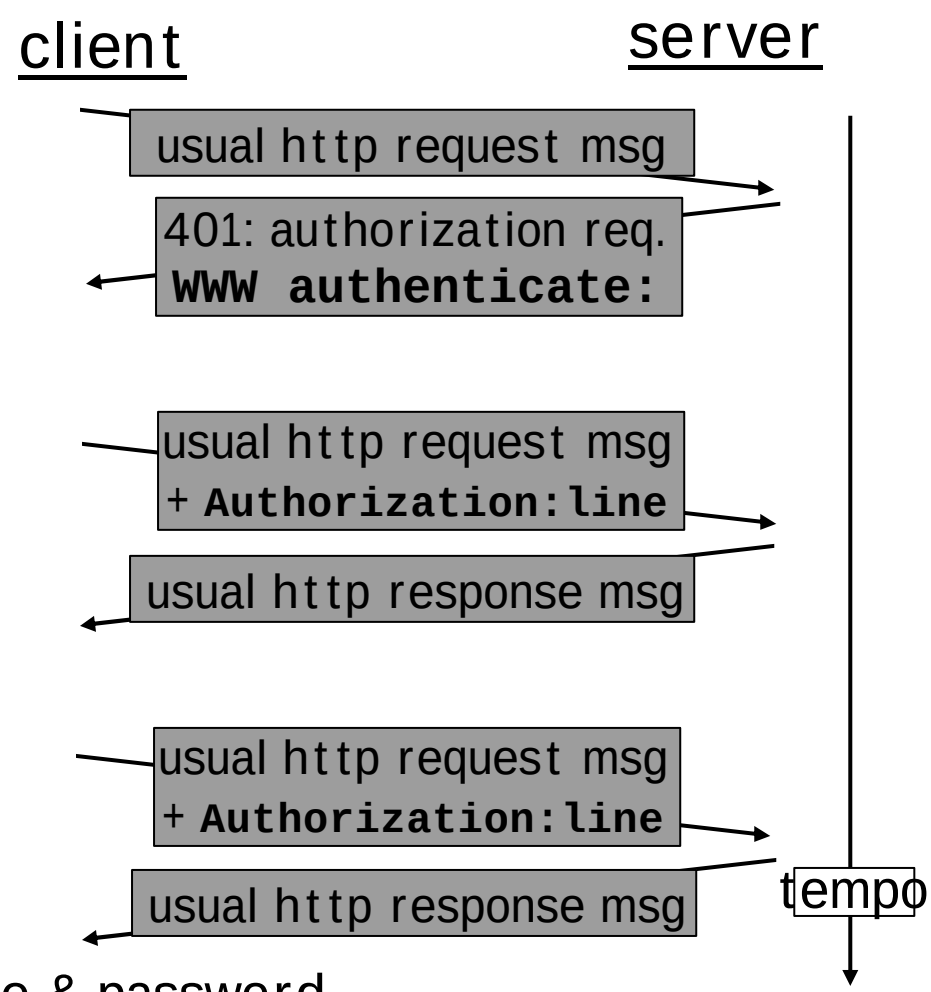
# Interazione user-server: autenticazione

Obiettivo dell'autenticazione: controllare l'accesso ai documenti del server

- stateless: il client deve richiedere l'autorizzazione per ciascuna richiesta
- autorizzazione: tipicamente nome, password
  - **`authorization:`** linea di header nella richiesta
  - Se non viene presentata l'autorizzazione, il server rifiuta l'accesso e invia

    **`WWW authenticate:`**

    come header



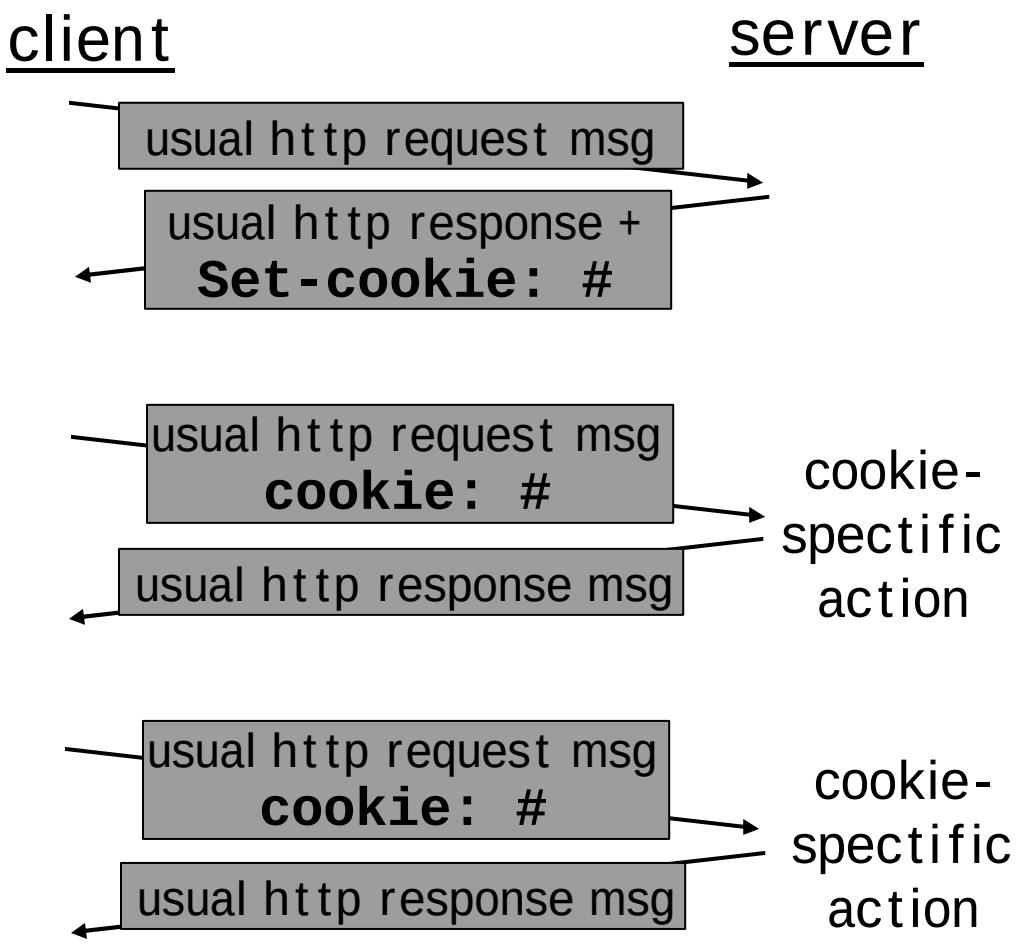

Il Browser mette nella cache il nome & password così che l'utente non deve digitarle ripetutamente.

# Interazione user-server: cookies

- Il server invia "cookie" al client nel msg di risposta

  **`Set-cookie: 1678453`**
- Il client utilizza i cookie nelle richieste successive

  **`cookie: 1678453`**
- Il server confronta i cookie presentati con le info memorizzate
  - autenticazione
  - Preferenze dello user, scelte precedenti

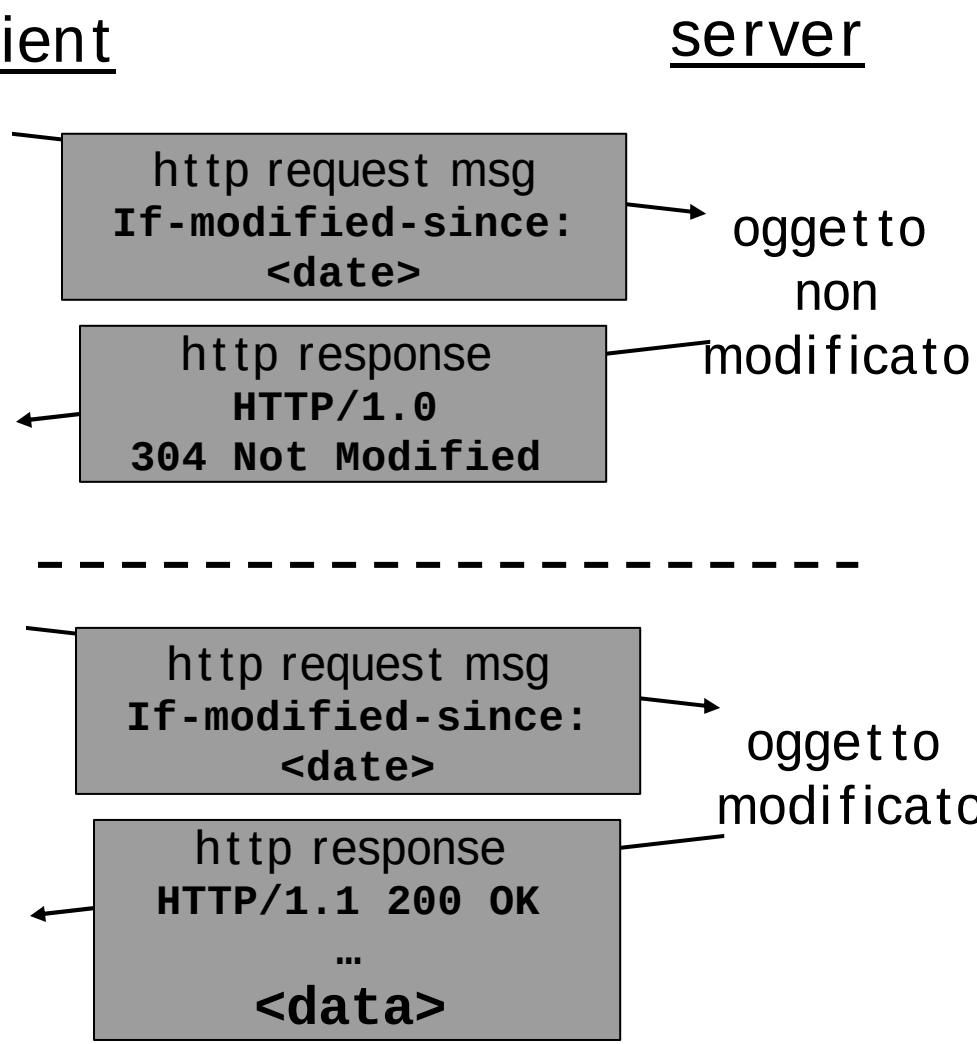


# Interaz. user-server: GET conditionale

- Obiettivo: non inviare oggetto se il client già possiede una versione aggiornata nella cache
- client: specica la data della cached copy nella richiesta http

  **If-modified-since: <date>**
- server: la risposta non contiene oggetti se la copia nella cache è aggiornata:

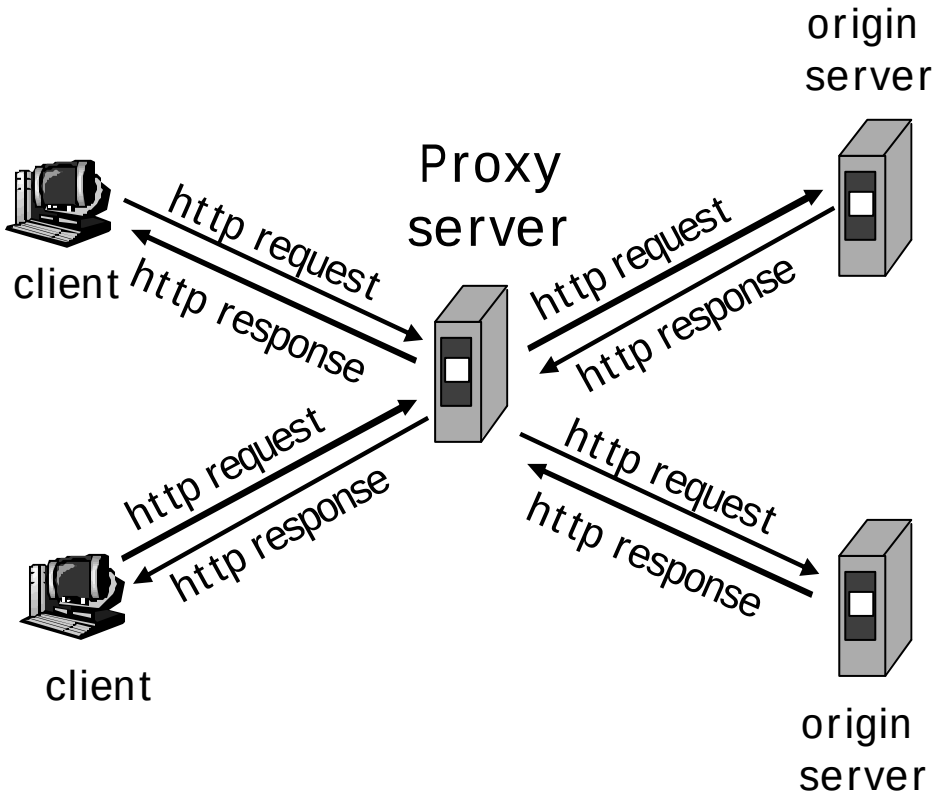
  **HTTP/1.0 304 Not Modified**



# Web Caches (proxy server)

Obiettivo: soddisfare le richieste del client senza coinvolgere il server originale

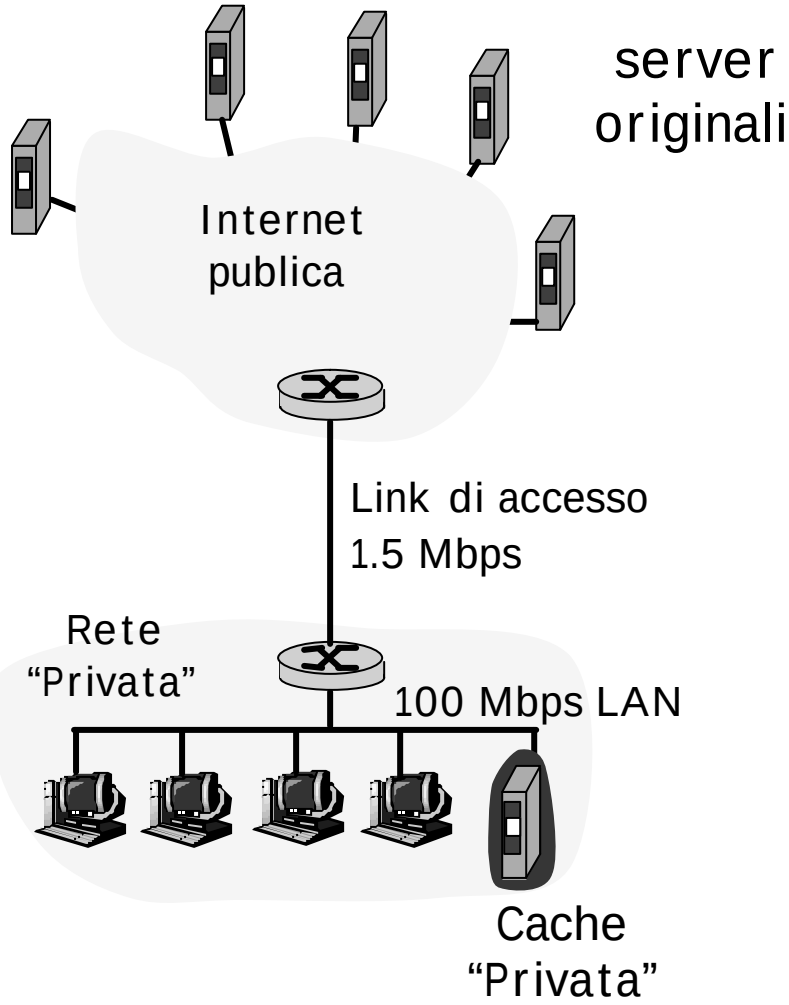
- Lo user configura il browser: accesso Web via web cache
- Il client invia tutte le richieste http alla web cache
  - Se l'oggetto è nella web cache, la web cache lo ritorna immediatamente in una http response
  - Altrimenti richiede l'oggetto dal server originale e poi ritorna l'http response al client



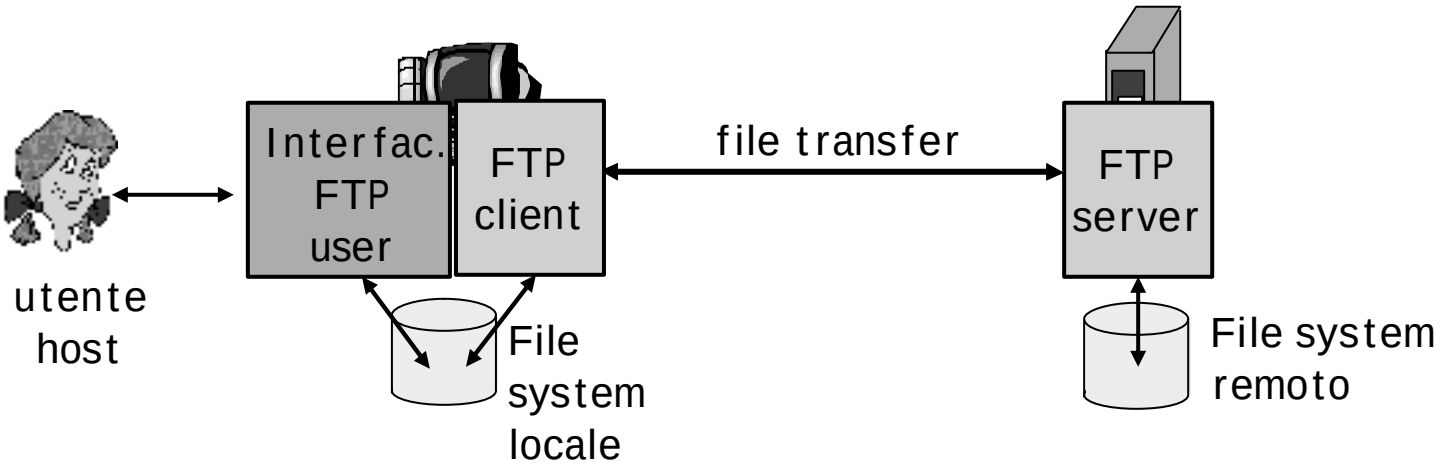
# Perchè Web Caching?

Ipptesi: la cache è "vicina" al client (per es., nella stessa rete)

- Tempo di risposta inferiore
- Diminuzione del traffico verso server distanti
  - i link al di fuori della rete privata/ISP locale sono spesso dei colli di bottiglia



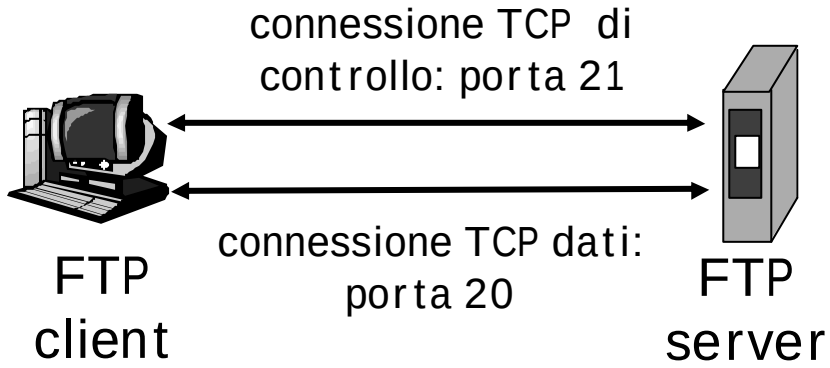
# ftp: protocollo transferimento file




- trasferisce file da/per host remoti
- modello client/server
  - *client:* lato che avvia il trasferimento (sia da che per il remoto)
  - *server:* host remoto
- ftp: RFC 959
- ftp server: porta 21

# ftp: separa connessioni dati e controllo

- L'ftp client contatta l'ftp server alla porta 21, specificando il TCP come protocollo di trasporto
- Apertura di due connessioni TCP parallele:
  - controllo: scambio di comandi, risposte tra client, server.
  - dati: I dati del file da/per il server
- L'ftp server mantiene uno "stato": la dir corrente, precedenti autenticazioni



# ftp: comandi e risposte

## Esempi di comandi:

- Inviati come ASCII text sul control channel
- **USER *username***
- **PASS *password***
- **LIST** ritorna la lista dei file nella dir corrente
- **RETR filename** ritrova (preleva) file
- **STOR filename** memorizza (invia) file sull'host remoto

## Esempi di codici di ritorno

- status code e frase (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**

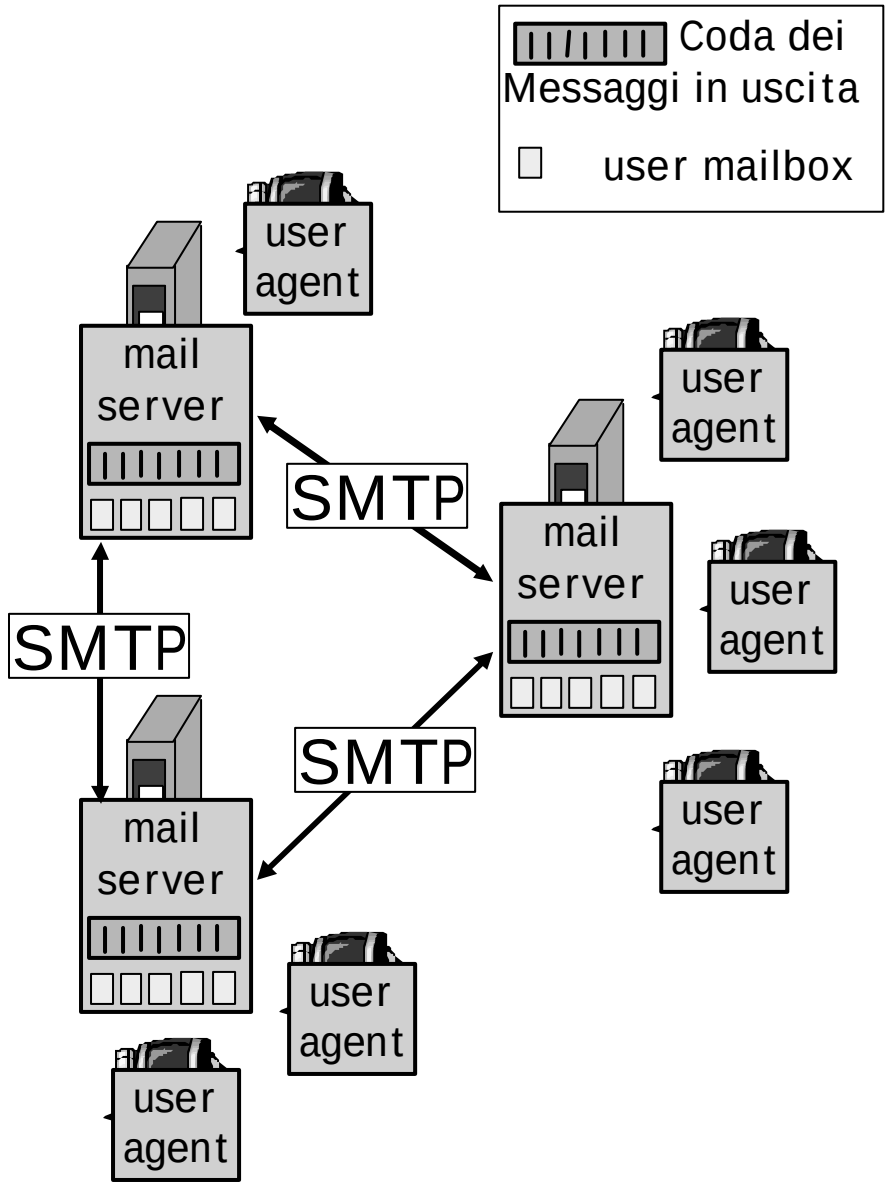
# Posta Elettronica

Tre componenti principali:

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

User Agent

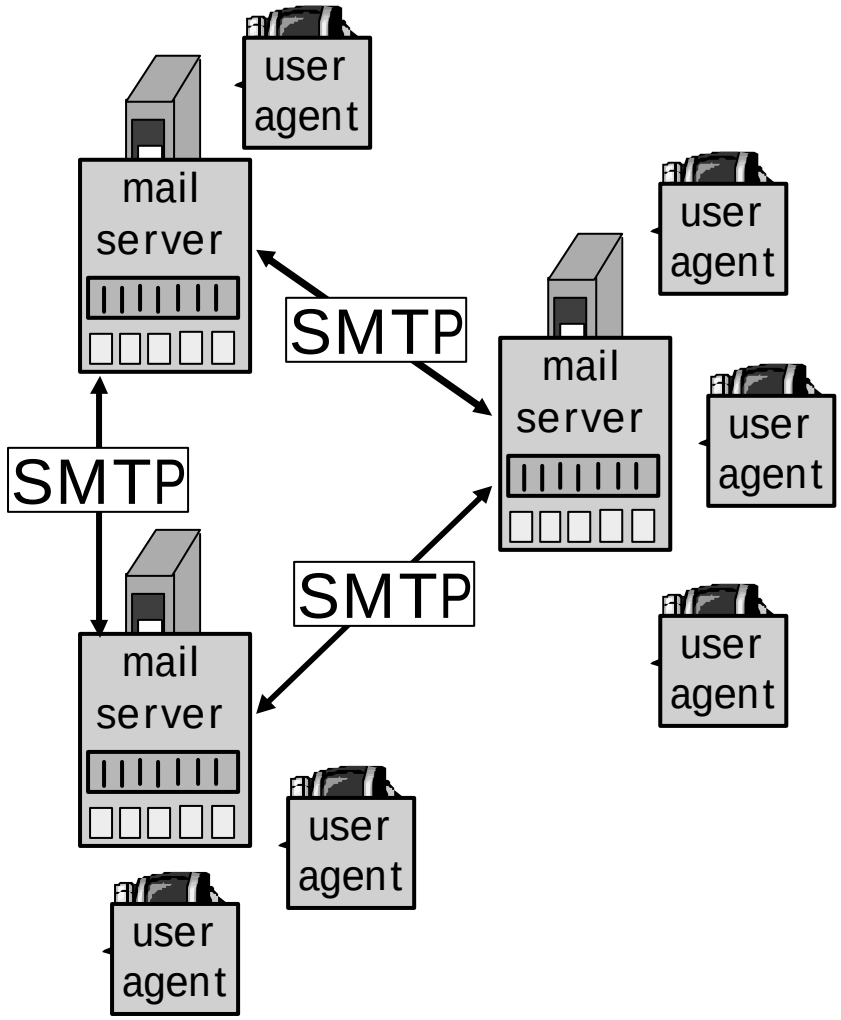
- il “mail reader”
- Composizione, editing, lettura dei messaggi
- Per es., Eudora, Outlook, elm, Netscape Messenger
- I messaggi in uscita ed in ingresso sono memorizzati sul server



# Posta Elettronica: I mail servers

## Mail Servers

- Mailbox: contiene i messaggi in arrivo (ancora da leggere) per lo user
- Coda di messaggi in uscita: contiene i messaggi da inviare
- Smtp: protocollo tra mail servers per inviare i messaggi di email
  - client: server di invio della mail
  - server: server di ricezione della mail



# Posta Elettronica : smtp [RFC 821]

- Usa il tcp per trasferire affidabilmente msg di email dal client al server, porta 25
- Trasferimento: dal server di invio a quello di ricezione
- Trasferimento a tre fasi
  - handshaking (saluti)
  - Trasferimento di messaggi
  - chiusura
- Interazione comando/risposta
  - comandi: testo ASCII
  - risposte: codici di stato e frase
- I messaggi dovevano essere in 7-bit ASCII

# Esempio di interazione smtp

```
S: 220 hamburger.edu
C: HELO crepes.fr
S: 250  Hello crepes.fr, pleased to meet you
C: MAIL FROM: <alice@crepes.fr>
S: 250 alice@crepes.fr... Sender ok
C: RCPT TO: <bob@hamburger.edu>
S: 250 bob@hamburger.edu ... Recipient ok
C: DATA
S: 354 Enter mail, end with "." on a line by itself
C: Do you like ketchup?
C:   How about pickles?
C: .
S: 250 Message accepted for delivery
C: QUIT
S: 221 hamburger.edu closing connection
```

# Provate l'smtp interaction da soli:

- **`telnet servername 25`**
- Osservate la reply 220 dal server
- Digitare i comandi HELO, MAIL FROM, RCPT TO, DATA, QUIT

In questo modo è possibile inviare una email senza usare l'email client

# smtp: conclusioni

- smtp usa connessioni persistenti
- smtp richiede che il corpo del messaggio (header & body) sia in 7-bit ascii
- Certe stringhe di caratteri non sono permesse nel messaggio (per es., CRLF.CRLF). Così il messaggio deve essere codificato (usualmente sia in base-64 o nel quoted printable)
- L'smtp server usa CRLF.CRLF per determinare la fine del message

## Comparazione con l'http

- http: pull (tira)
- email: push (spingi)
- Ambedue hanno interazione comando/risposta in ASCII, status codes
- http: ogni oggetto è incapsulato nel suo proprio response message
- smtp: oggetto multipli inviati in un messaggio multipart

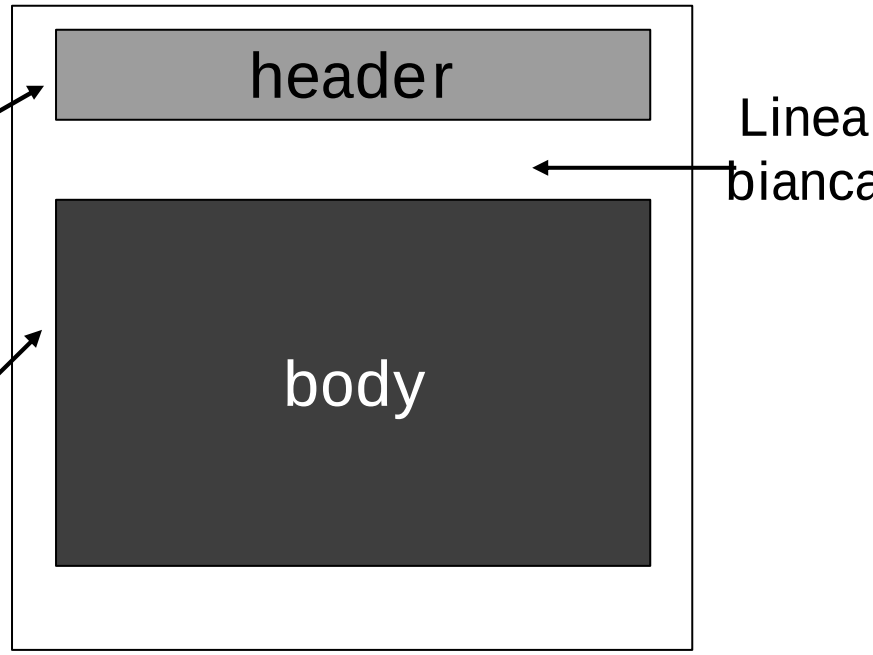
# Formato del messaggio di mail

smtp: protocollo per scambiare msg di email

RFC 822: standard per il formato messaggio di testo:

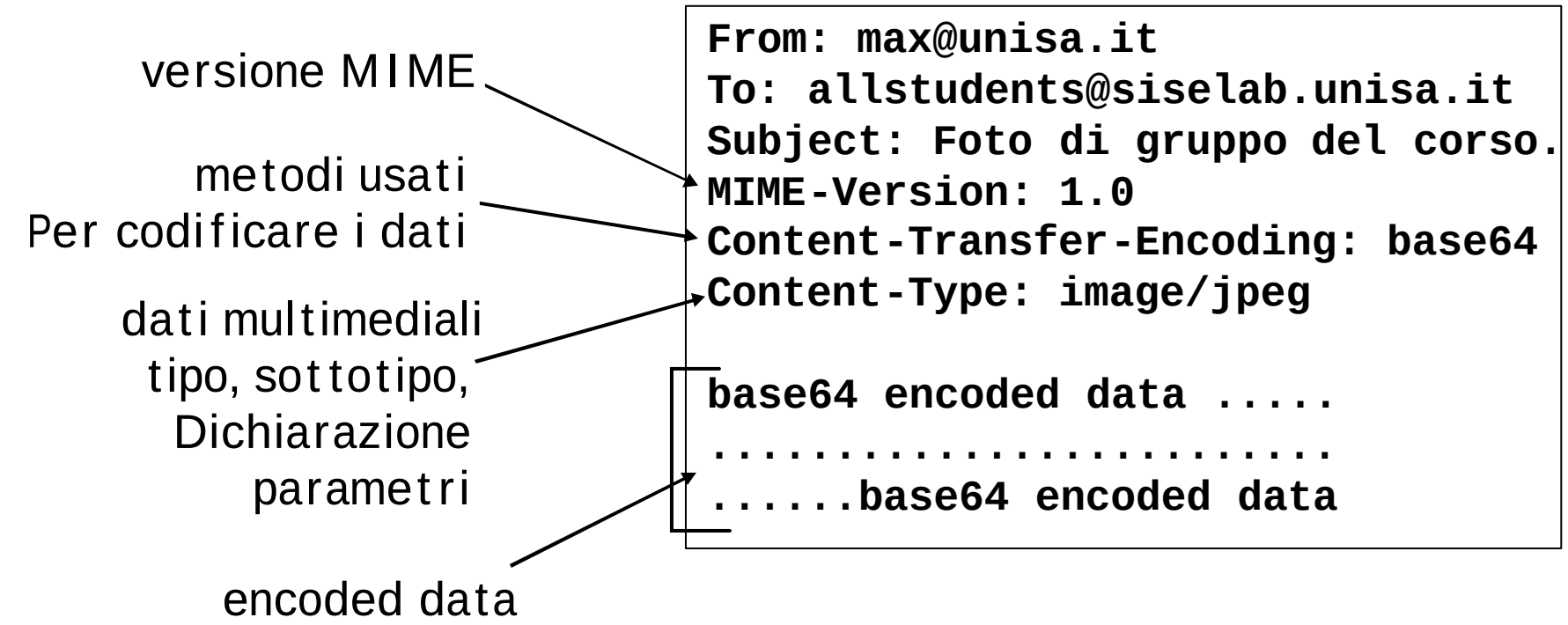
- header lines, per es.,
  - To:
  - From:
  - Subject:

  *Diversi dai comandi smtp*!
- corpo
  - Il “messaggio”, solo caratteri ASCII



# Formato messaggio: estensioni multimediali

- MIME: multimedia mail extension, RFC 2045, 2056
- Linee addizionali nel msg header per dichiarare il tipo di cotenuto MIME



# tipi MIME

**Content-Type: type/subtype; parameters**

## Text

- Esempi di subtypes: **plain, html**

## Image

- Esempi di subtypes: **jpeg, gif**

## Audio

- Esempi di subtypes: **basic** (8-bit mu-law encoded), **32kadpcm (32 kbps coding)**

## Video

- Esempi di subtypes: **mpeg, quicktime**

## Application

- Altri dati che devono essere elaborati dal prima di essere “visualizzabili”
- Esempi di subtypes: **msword, octet-stream**

# Multipart Type

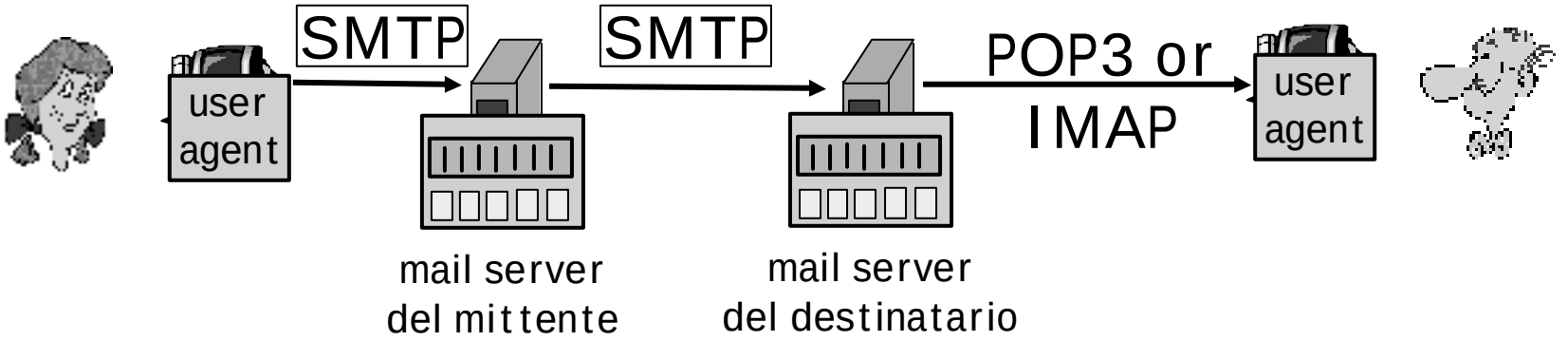
```
From: max@unisa.it
To: allstudents@siselab.unisa.it
Subject: Foto di gruppo del corso.
MIME-Version: 1.0
Content-Type: multipart/mixed; boundary=98766789

--98766789
Content-Transfer-Encoding: quoted-printable
Content-Type: text/plain

Cari Ragazzi,
In allegato trovate una foto di gruppo del nostro corso.
--98766789
Content-Transfer-Encoding: base64
Content-Type: image/jpeg

base64 encoded data .....
.........................
......base64 encoded data
--98766789--
```

# Protocolli di accesso Mail




- SMTP: consegna/memorizzazione al server del destinatario
- Protocollo di accesso alla Mail: recupero dal server
  - POP: Post Office Protocol [RFC 1939]
    - autorizzazione (agent <-->server) e download
  - IMAP: Internet Mail Access Protocol [RFC 1730]
    - Maggiori caratteristiche (e complessità)
    - Manipolazione dei messaggi archiviati sul server
  - HTTP: Hotmail , Yahoo! Mail, etc.

# protocollo POP3

fase di autorizzazione

- comandi del client:
  - **user:** declare username
  - **pass:** password
- risposte del server:
  - **+OK**
  - **-ERR**

fase di transazione, client:

- **list:** elenca i messaggi
- **retr:** recupera i messaggi dal loro numero
- **dele:** delete
- **quit**

```
S: +OK POP3 server ready
C: user colace
S: +OK
C: pass abbassoilprof
S: +OK user successfully logged on
```

```
C: list
S: 1 498
S: 2 912
S: .
C: retr 1
S: <message 1 contents>
S: .
C: dele 1
C: retr 2
S: <message 2 contents>
S: .
C: dele 2
C: quit
S: +OK POP3 server signing off
```