

Reti di Calcolatori



Il livello Applicazione

Università degli Studi di Verona
Dipartimento di Informatica

Docente: [Damiano Carra](#)

Acknowledgement

□ Credits

- ❖ *The material is based on slides provided by the following authors*
 - *Jim Kurose, Keith Ross, "Computer Networking: A Top Down Approach," 4th edition, Addison-Wesley, July 2007.*

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 Applicazioni P2P
- 2.7 Programmazione delle socket con TCP
- 2.8 Programmazione delle socket con UDP

2-3

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
- Programmare le applicazioni di rete
 - ❖ socket API

2-4

Alcune diffuse applicazioni di rete

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

2-5

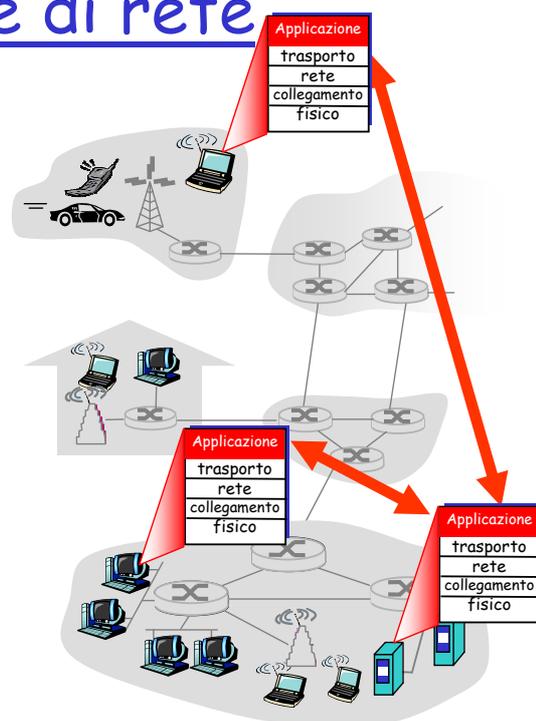
Creare un'applicazione di rete

Scrivere programmi che

- ❖ girano su sistemi terminali diversi
- ❖ comunicano attraverso la rete
- ❖ Ad es. 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



2-6

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 Applicazioni P2P
- 2.7 Programmazione delle socket con TCP
- 2.8 Programmazione delle socket con UDP

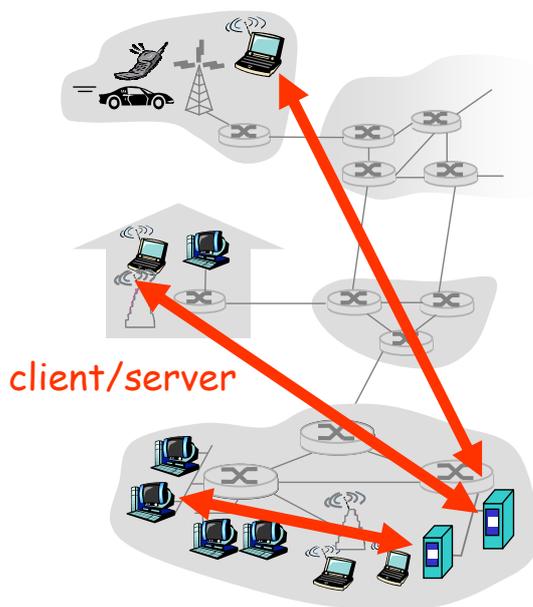
2-7

Architetture delle applicazioni di rete

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

2-8

Architettura client-server



server:

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

client:

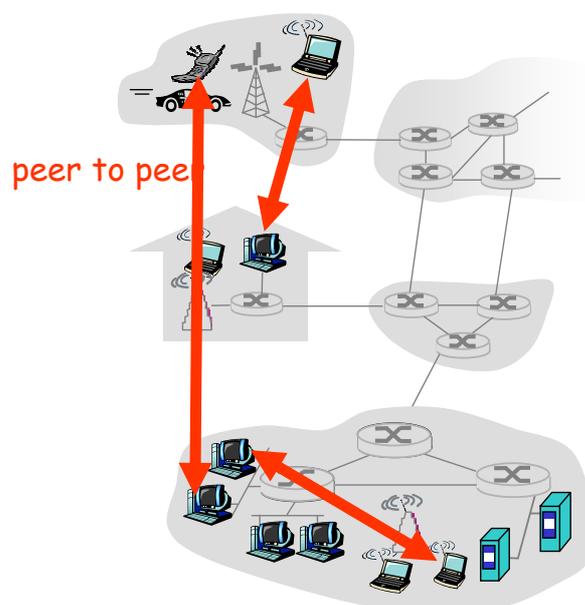
- ❖ comunica con il server
- ❖ può contattare il server in qualunque momento
- ❖ può avere indirizzi IP dinamici
- ❖ non comunica direttamente con gli altri client

2-9

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

Facilmente scalabile
Difficile da gestire



2-10

Ibridi (client-server e P2P)

Skype

- ❖ Applicazione P2P di Voice over IP
- ❖ Server centralizzato: ricerca indirizzi della parte remota
- ❖ Connessione client-client: diretta (non attraverso il server)

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

2-11

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

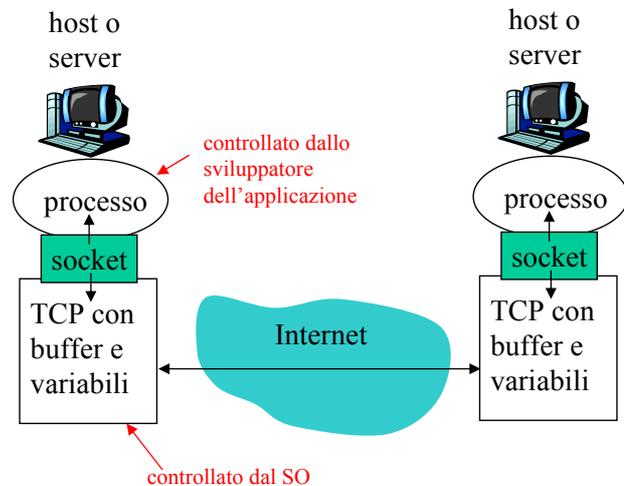
Processo server : processo che attende di essere contattato

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

2-12

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



- API: (1) scelta del protocollo di trasporto; (2) capacità di determinare alcuni parametri (approfondiremo questo aspetto più avanti)

2-13

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 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
- Per inviare un messaggio HTTP al server `gaia.cs.umass.edu`:
 - ❖ **Indirizzo IP:** 128.119.245.12
 - ❖ **Numero di porta:** 80

2-14

Protocollo a livello di applicazione

- ❑ Tipi di messaggi scambiati, ad esempio messaggi di richiesta e di risposta
- ❑ Sintassi dei tipi di messaggio: quali sono i campi nel messaggio e come sono descritti
- ❑ Semantica dei campi, ovvero significato delle informazioni nei campi
- ❑ Regole per determinare quando e come un processo invia e risponde ai messaggi

Protocolli di pubblico dominio:

- ❑ Definiti nelle RFC
- ❑ Consentono l'interoperabilità
- ❑ Ad esempio, HTTP, SMTP

Protocolli proprietari:

- ❑ Ad esempio, Skype

2-15

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

Throughput

- ❑ 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

Sicurezza

- ❑ Cifratura, integrità dei dati, ...

2-16

Requisiti del servizio di trasporto di alcune applicazioni comuni

Applicazione	Tolleranza alla perdita di dati	Throughput	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

2-17

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, garanzie su un'ampiezza di banda minima, sicurezza

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 e sicurezza

D: Perché preoccuparsi?
Perché esiste UDP?

2-18

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	HTTP (es. YouTube) RTP [RFC 1889]	TCP o UDP
Telefonia Internet	SIP, RTP, proprietario (es. Skype)	Tipicamente UDP

2-19

Capitolo 2: Livello di applicazione

- 2.1 Principi delle applicazioni di rete
 - ❖ Architetture delle applicazioni
 - ❖ Servizi richiesti dalle applicazioni
- 2.2 Web e HTTP
- 2.3 FTP
- 2.4 Posta elettronica
 - ❖ SMTP, POP3, IMAP
- 2.5 DNS
- 2.6 Applicazioni P2P
- 2.7 Programmazione delle socket con TCP
- 2.8 Programmazione delle socket con UDP

2-20

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**
- Esempio di URL:

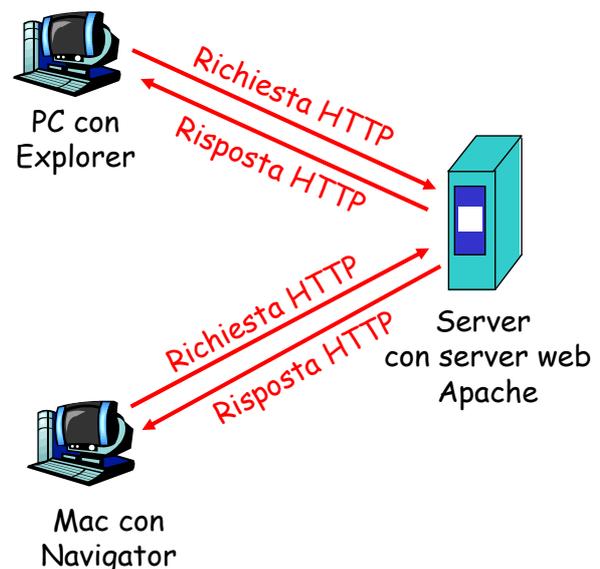
www.someschool.edu / someDept/pic.gif
nome dell'host nome del percorso

2-21

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



2-22

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)
- Connessione TCP 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

2-23

Connessioni HTTP

Connessioni non persistenti

- Almeno un oggetto viene trasmesso su una connessione TCP

Connessioni persistenti

- Più oggetti possono essere trasmessi su una singola connessione TCP tra client e server

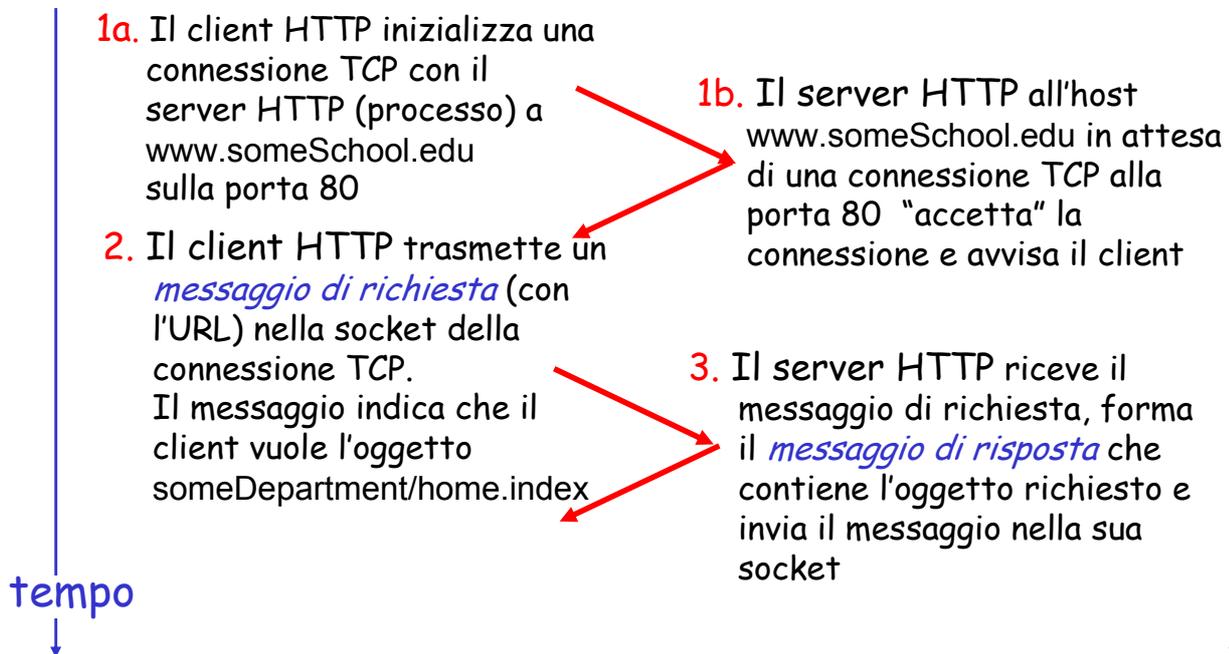
2-24

Connessioni non persistenti

Supponiamo che l'utente immetta l'URL

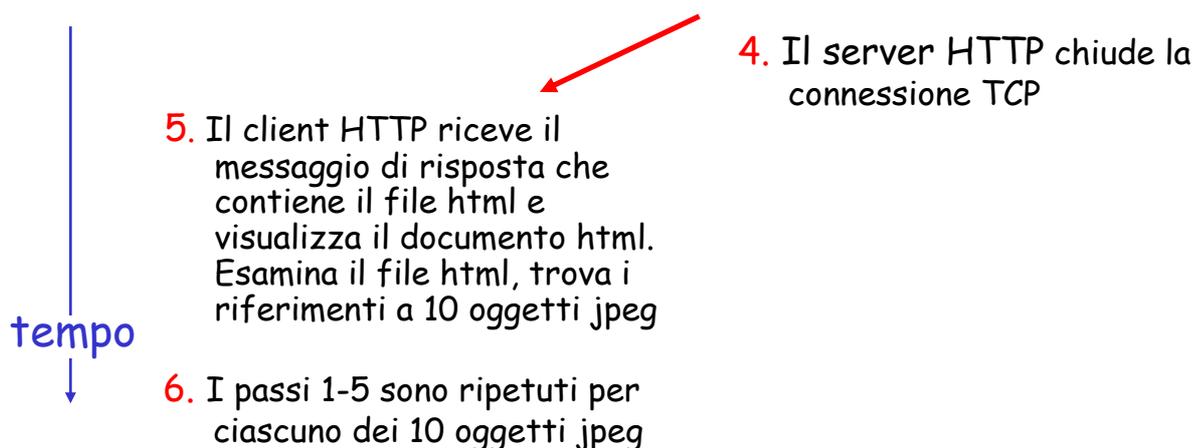
`www.someSchool.edu/someDepartment/home.index`

(contiene testo,
riferimenti a 10
immagini jpeg)



2-25

Connessioni non persistenti (continua)



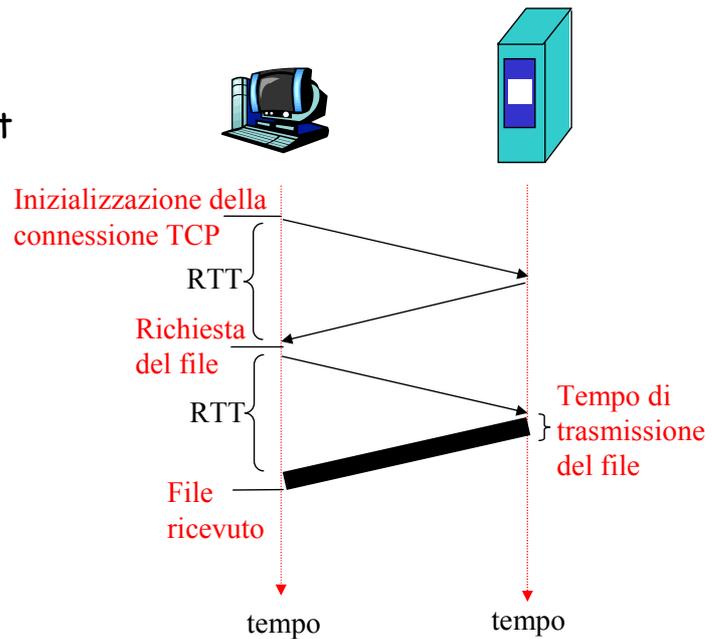
2-26

Schema del tempo di risposta

Definizione di RTT: tempo impiegato da un piccolo pacchetto per andare dal client al server e ritornare al client.

Tempo di risposta:

- un RTT per inizializzare la connessione TCP
- un RTT perché ritornino la richiesta HTTP e i primi byte della risposta HTTP
- tempo di trasmissione del file



totale = 2RTT + tempo di trasmissione

2-27

Connessioni persistenti

Svantaggi delle connessioni non persistenti:

- richiedono 2 RTT per oggetto
- overhead del sistema operativo per *ogni* connessione TCP
- i browser spesso aprono connessioni TCP parallele per caricare gli oggetti referenziati

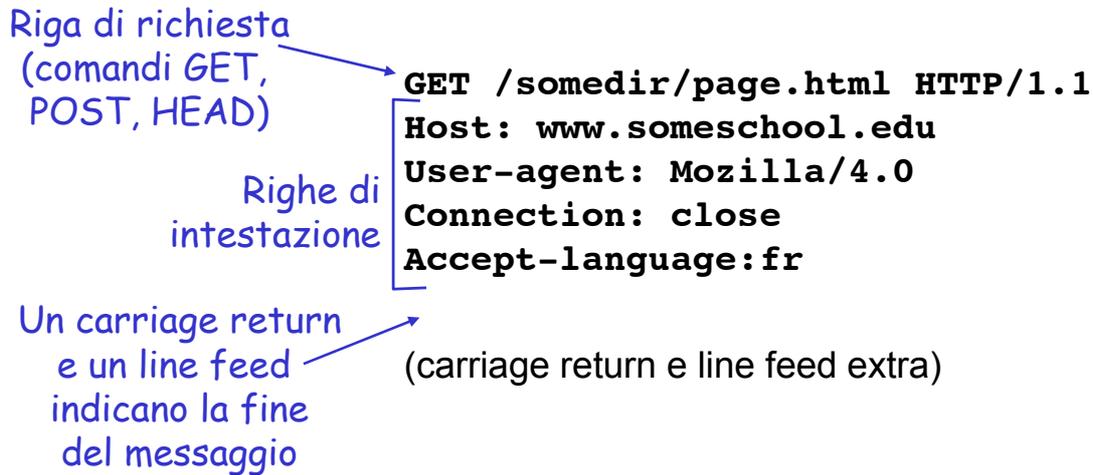
Connessioni persistenti

- il server lascia la connessione TCP aperta dopo l'invio di una risposta
- i successivi messaggi tra gli stessi client/server vengono trasmessi sulla connessione aperta
- il client invia le richieste non appena incontra un oggetto referenziato
- un solo RTT per tutti gli oggetti referenziati

2-28

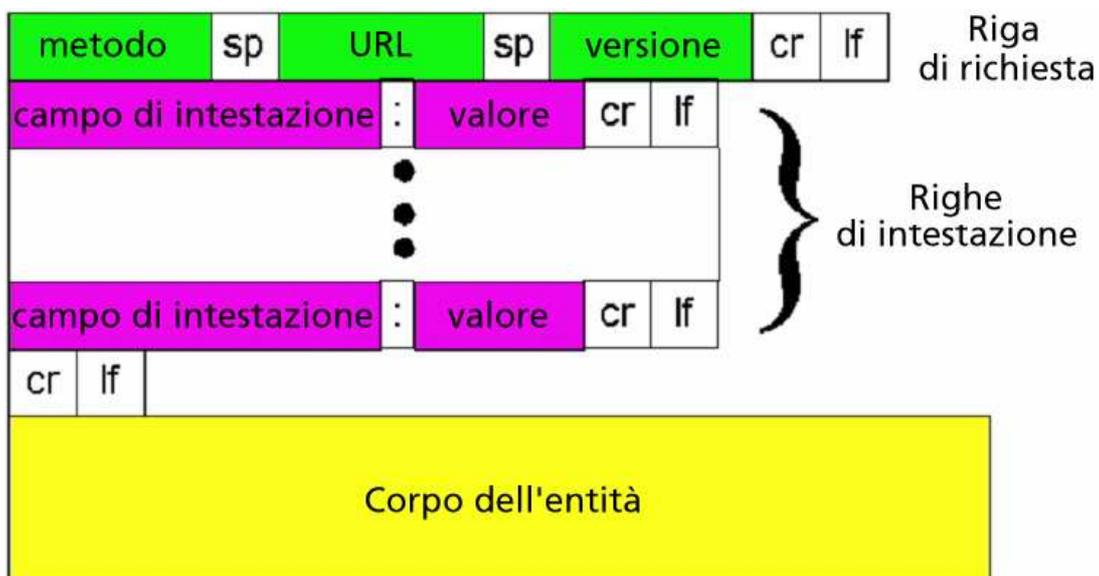
Messaggi HTTP

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



2-29

Messaggio di richiesta HTTP: formato generale



2-30

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`

2-31

Tipi di metodi

HTTP/1.0

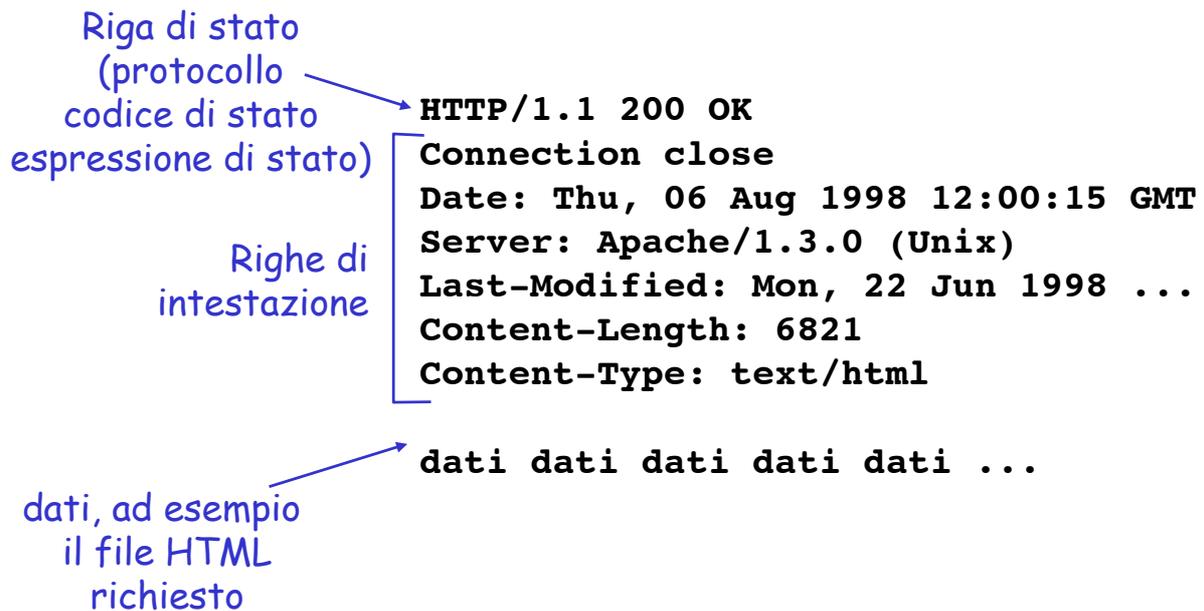
- ❑ GET
- ❑ POST
- ❑ HEAD
 - ❖ chiede al server di escludere l'oggetto richiesto dalla risposta

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

2-32

Messaggio di risposta HTTP



2-33

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

2-34

Provate HTTP (lato client)

1. Collegatevi via Telnet al vostro server web preferito:

```
telnet cis.poly.edu 80
```

Apri una connessione TCP alla porta 80 (porta di default per un server HTTP) dell'host cis.poly.edu. Tutto ciò che digitate viene trasmesso alla porta 80 di cis.poly.edu

2. Digitate una richiesta GET:

```
GET /~ross/ HTTP/1.1  
Host: cis.poly.edu
```

Digitando questo (premete due volte il tasto Invio), trasmettete una richiesta GET minima (ma completa) al server HTTP

3. Guardate il messaggio di risposta trasmesso dal server HTTP!

2-35

Interazione utente-server: i cookie

Molti dei più importanti siti web usano i cookie

Quattro componenti:

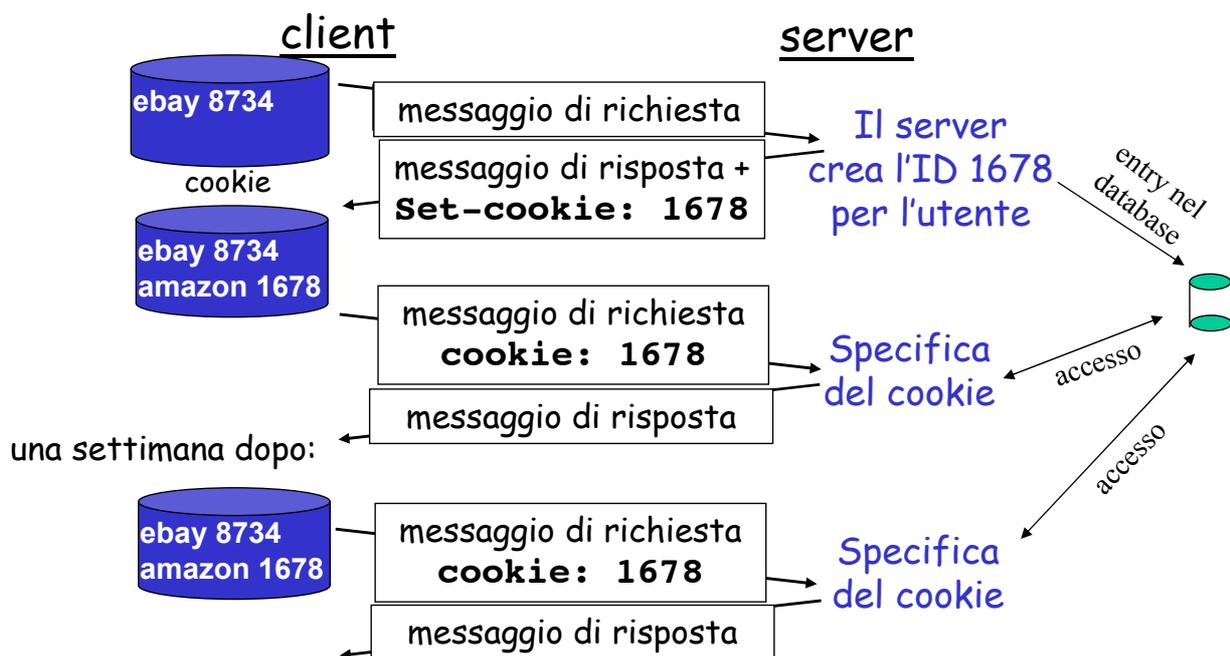
- 1) Una riga di intestazione nel messaggio di *risposta* HTTP
- 2) Una riga di intestazione nel messaggio di *richiesta* HTTP
- 3) Un file cookie mantenuto sul sistema terminale dell'utente e gestito dal browser dell'utente
- 4) Un database sul sito

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

2-36

Cookie (continua)



2-37

Cookie (continua)

Cosa possono contenere i cookie:

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

Lo "stato"

- Mantengono lo stato del mittente e del ricevente per più transazioni
- I messaggi http trasportano lo stato

Cookie e privacy: nota

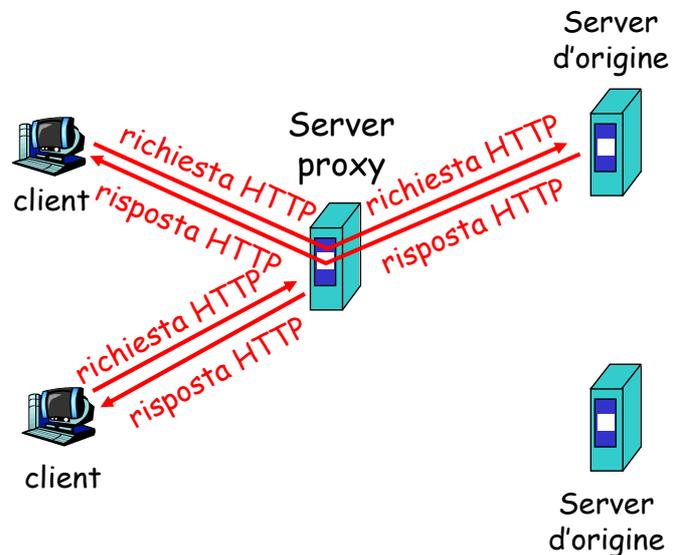
- i cookie permettono ai siti di imparare molte cose sugli utenti
- l'utente può fornire al sito il nome e l'indirizzo e-mail

2-38

Cache web (server proxy)

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

- L'utente configura il browser: accesso al Web tramite la cache
- 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



2-39

Cache web (continua)

- 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 anche la condivisione di file P2P)

2-40

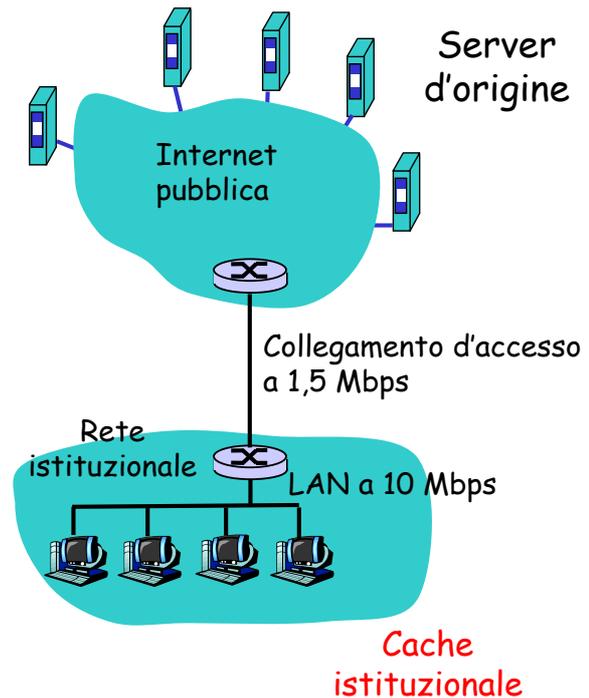
Esempio di caching

Ipotesi

- Dimensione media di un oggetto = 100.000 bit
- Frequenza media di richieste dai browser istituzionali ai server d'origine = 15/sec
- Ritardo dal router istituzionale a qualsiasi server d'origine e ritorno al router = 2 sec

Conseguenze

- utilizzazione sulla LAN = 15%
- utilizzazione sul collegamento d'accesso = 100%
- ritardo totale = ritardo di Internet + ritardo di accesso + ritardo della LAN
= 2 sec + minuti + millisecondi



2-41

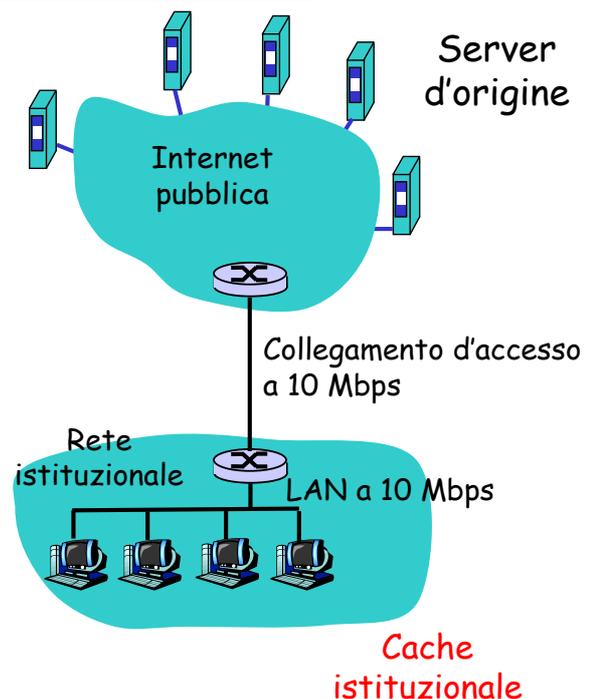
Esempio di caching (continua)

Soluzione possibile

- aumentare l'ampiezza di banda del collegamento d'accesso a 10 Mbps, per esempio

Conseguenze

- utilizzo sulla LAN = 15%
- utilizzo sul collegamento d'accesso = 15%
- ritardo totale = ritardo di Internet + ritardo di accesso + ritardo della LAN
= 2 sec + msec + msec
- l'aggiornamento spesso è molto costoso



2-42

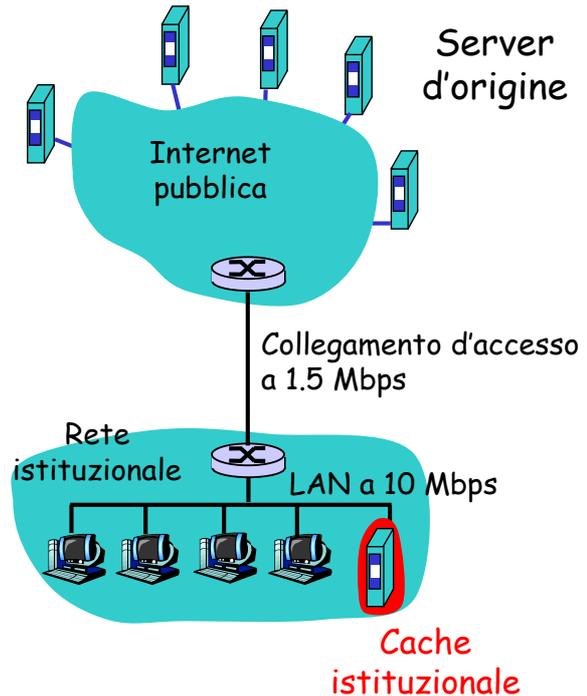
Esempio di caching (continua)

Soluzione possibile: installare la cache

- supponiamo una percentuale di successo (*hit rate*) pari a 0,4

Conseguenze

- il 40% delle richieste sarà soddisfatto quasi immediatamente
- il 60% delle richieste sarà soddisfatto dal server d'origine
- l'utilizzazione del collegamento d'accesso si è ridotta al 60%, determinando ritardi trascurabili (circa 10 msec)
- ritardo totale medio = ritardo di Internet + ritardo di accesso + ritardo della LAN =



$$0,6 * (2,01) \text{ sec} + \text{millisecondi} < 1,4 \text{ sec}$$

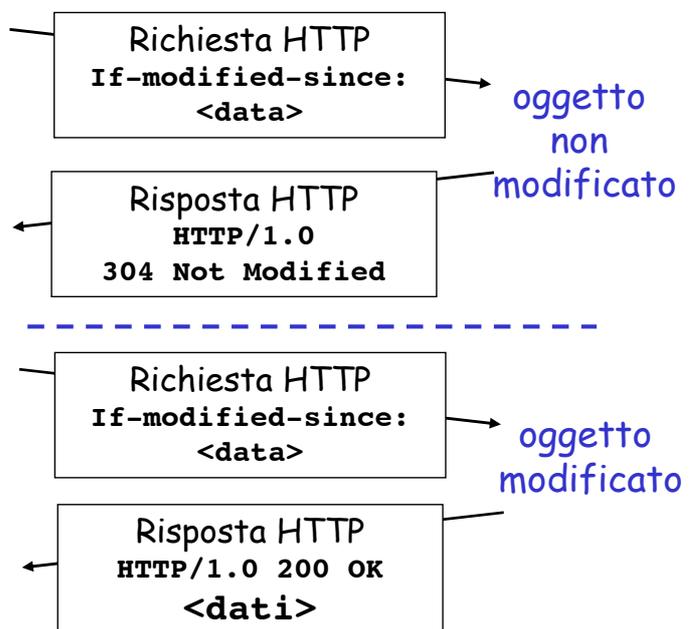
2-43

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**

cache

server



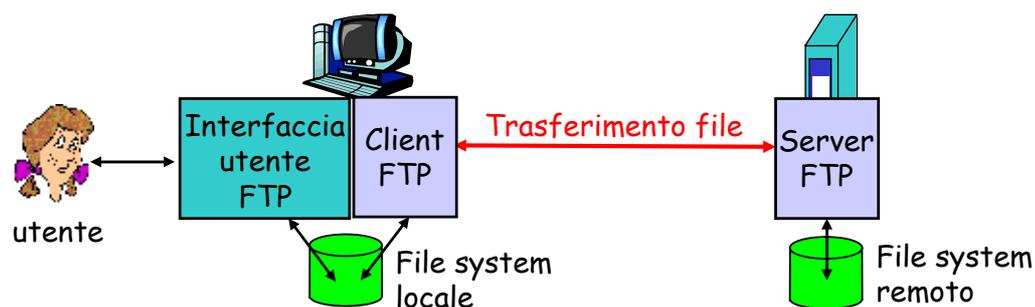
2-44

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 Applicazioni P2P
- ❑ 2.7 Programmazione delle socket con TCP
- ❑ 2.8 Programmazione delle socket con UDP

2-45

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

2-46

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

2-47

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**

2-48

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 Applicazioni P2P
- ❑ 2.7 Programmazione delle socket con TCP
- ❑ 2.8 Programmazione delle socket con UDP

2-49

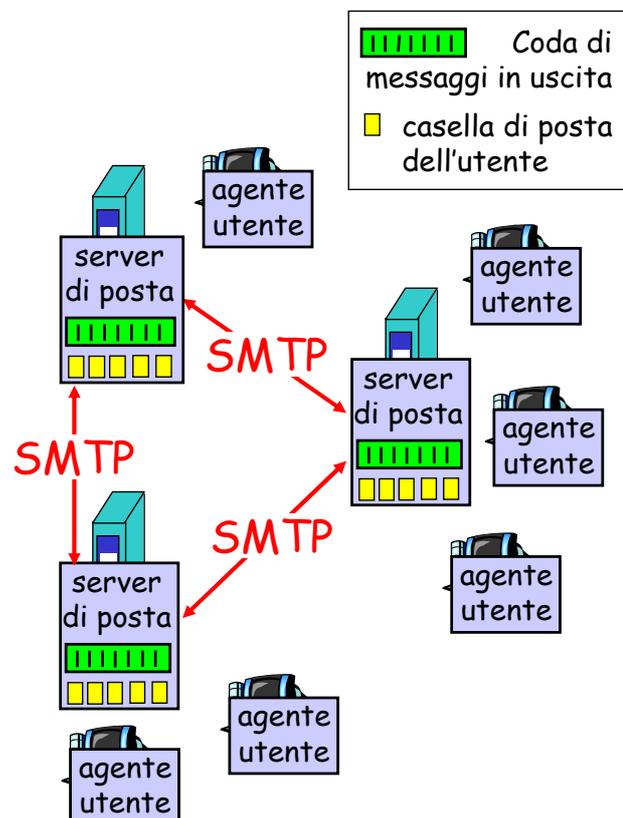
Posta elettronica

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, Mozilla, Thunderbird
- ❑ i messaggi in uscita o in arrivo sono memorizzati sul server

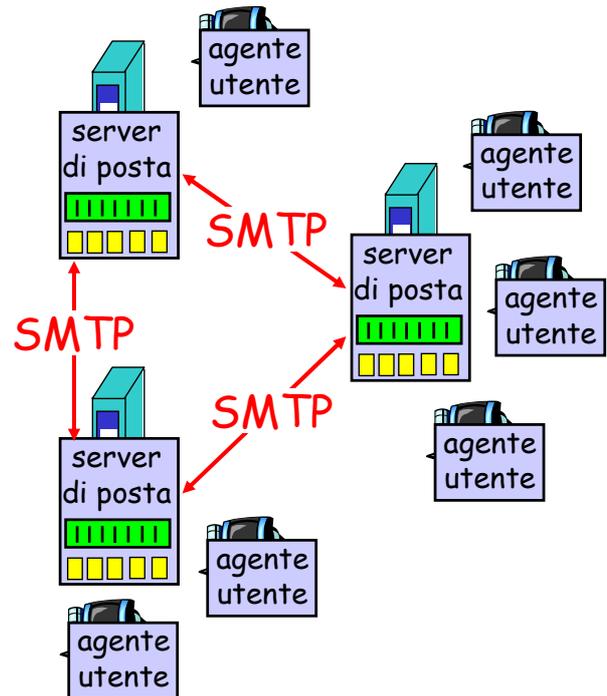


2-50

Posta elettronica: server di posta

Server di posta

- **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



2-51

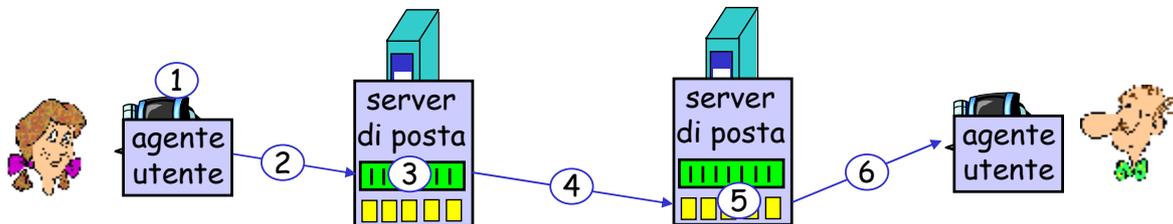
Posta elettronica: SMTP [RFC 2821]

- 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 fasi 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

2-52

Scenario: Alice invia un messaggio a Roberto

- 1) Alice usa il suo agente utente per comporre il messaggio da inviare "a" rob@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 Roberto
- 4) Il client SMTP invia il messaggio di Alice sulla connessione TCP
- 5) Il server di posta di Roberto pone il messaggio nella casella di posta di Roberto
- 6) Roberto invoca il suo agente utente per leggere il messaggio



2-53

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: <rob@hamburger.edu>
S: 250 rob@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
```

2-54

Provate un'interazione SMTP:

- ❑ telnet servername 25
- ❑ Riceverete la risposta 220 dal server
- ❑ Digitate i comandi HELO, MAIL FROM, RCPT TO, DATA, QUIT

Questo vi consente di inviare messaggi di posta elettronica senza usare il client di posta (lettore)

2-55

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 CRLF.CRLF per determinare la fine del messaggio

Confronto con HTTP:

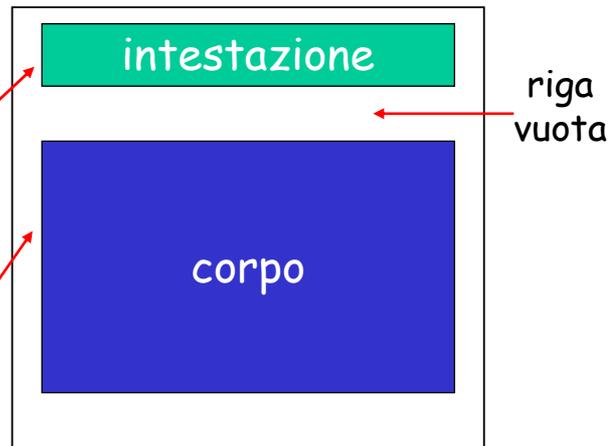
- ❑ HTTP: pull
- ❑ SMTP: push
- ❑ Entrambi hanno un'interazione comando/risposta in ASCII, codici di stato
- ❑ HTTP: ciascun oggetto è incapsulato nel suo messaggio di risposta
- ❑ SMTP: più oggetti vengono trasmessi in un unico messaggio

2-56

Formato dei messaggi di posta elettronica

SMTP: protocollo per scambiare messaggi di posta elettronica
RFC 822: standard per il formato dei messaggi di testo:

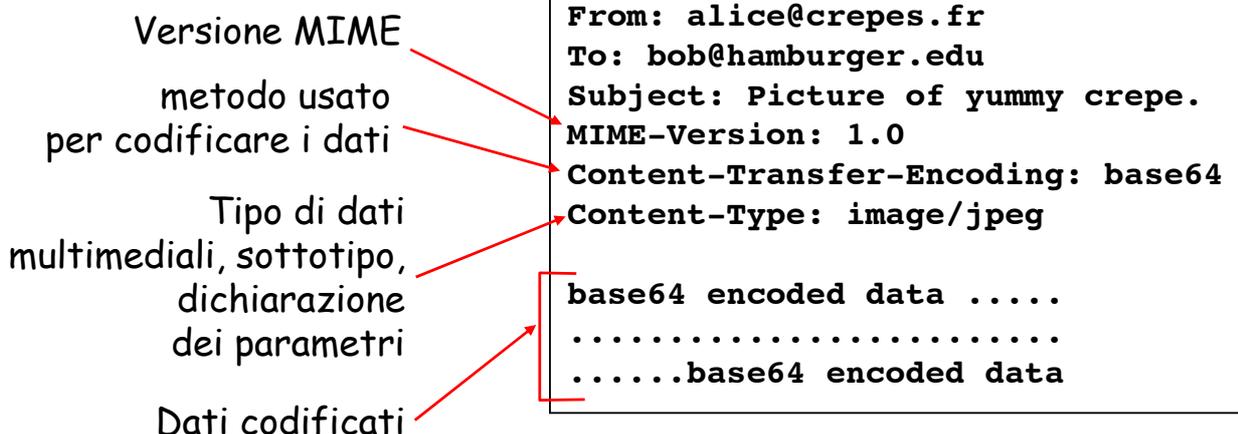
- Righe di intestazione, per esempio
 - ❖ To/A:
 - ❖ From/Da:
 - ❖ Subject/Oggetto:
differenti dai comandi SMTP!
- corpo
 - ❖ il "messaggio", soltanto caratteri ASCII



2-57

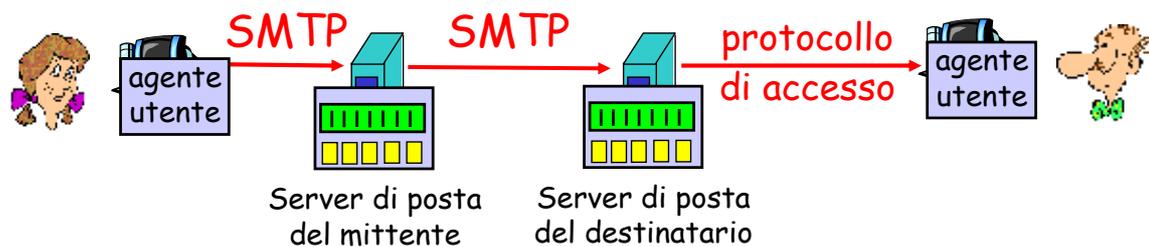
Formato del messaggio: estensioni di messaggi multimediali

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



2-58

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: gmail, Hotmail, Yahoo! Mail, ecc.

2-59

Protocollo POP3

Fase di autorizzazione

- Comandi del client:
 - ❖ **user**: dichiara il nome dell'utente
 - ❖ **pass**: password
- Risposte del server
 - ❖ **+OK**
 - ❖ **-ERR**

Fase di transazione, client:

- **list**: elenca i numeri dei messaggi
- **retr**: ottiene i messaggi in base al numero
- **dele**: cancella
- **quit**

```
S: +OK POP3 server ready
C: user rob
S: +OK
C: pass hungry
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 1 contents>
S: .
C: dele 2
C: quit
S: +OK POP3 server signing off
```

2-60

POP3 (altro) e IMAP

Ancora su POP3

- Il precedente esempio usa la modalità "scarica e cancella"
- Roberto 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

2-61

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 Applicazioni P2P
- 2.7 Programmazione delle socket con TCP
- 2.8 Programmazione delle socket con UDP

2-62

DNS: Domain Name System

Persone: molti identificatori:

- ❖ nome, codice fiscale, numero della 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)
 - ❖ Si noti: funzioni critiche di Internet implementate come protocollo a livello di applicazione
 - ❖ complessità nelle parti periferiche della rete

2-63

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

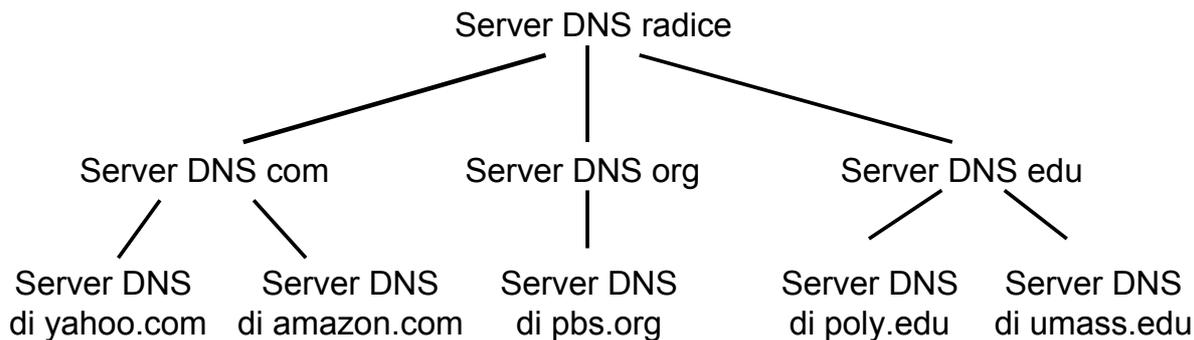
Perché non centralizzare DNS?

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

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

2-64

Database distribuiti e gerarchici



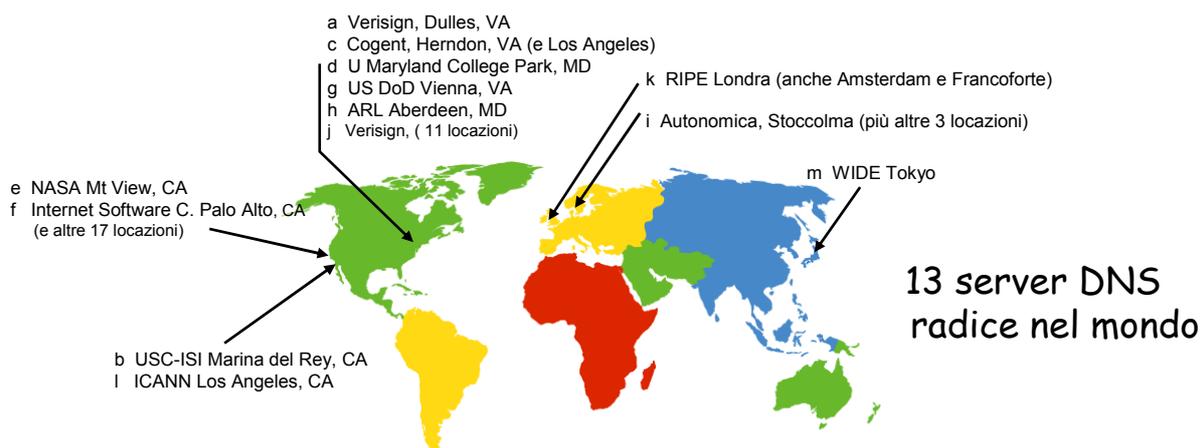
Il client vuole l'IP di www.amazon.com; 1ª approssimazione:

- ❑ 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

2-65

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



2-66

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

2-67

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

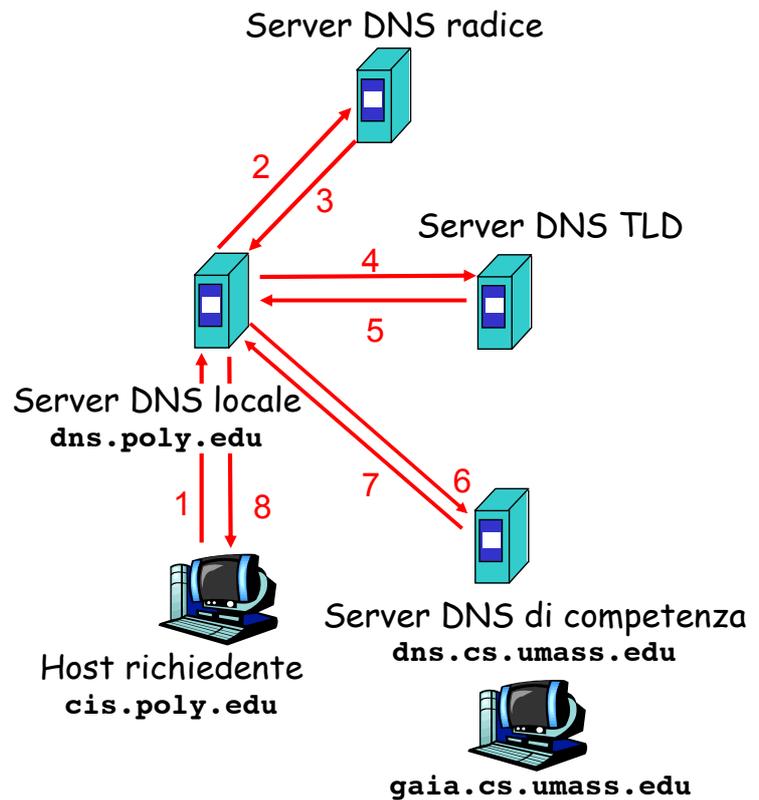
2-68

Esempio

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

Query iterativa:

- Il server contattato risponde con il nome del server da contattare
- "Io non conosco questo nome, ma puoi chiederlo a questo server".

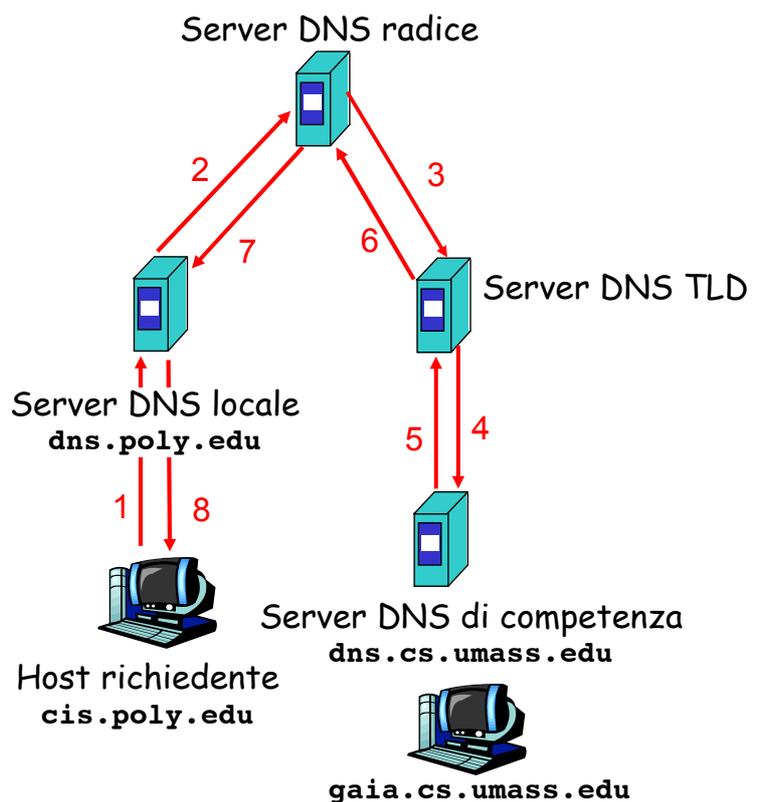


2-69

Esempio

Query ricorsiva:

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



2-70

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 (sariscono) 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
- I meccanismi di aggiornamento/notifica sono progettati da IETF
 - ❖ RFC 2136
 - ❖ <http://www.ietf.org/html.charters/dnsind-charter.html>

2-71

Record DNS

DNS: database distribuito che memorizza i record di risorsa (RR)

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

- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none">□ Type=A<ul style="list-style-type: none">❖ name è il nome dell'host❖ value è l'indirizzo IP□ Type=NS<ul style="list-style-type: none">❖ name è il dominio (ad esempio foo.com)❖ value è il nome dell'host del server di competenza di questo dominio | <ul style="list-style-type: none">□ Type=CNAME<ul style="list-style-type: none">❖ name è il nome alias di qualche nome "canonico" (nome vero)
www.ibm.com è in realtà
servereast.backup2.ibm.com❖ value è il nome canonico□ Type=MX<ul style="list-style-type: none">❖ value è il nome del server di posta associato a name |
|--|---|

2-72

Messaggi DNS

Protocollo DNS: *domande* (query) e messaggi di *risposta*, entrambi con lo stesso *formato*

Intestazione del messaggio

□ **Identificazione**: numero di 16 bit per la domanda; la risposta alla domanda usa lo stesso numero

□ **Flag**:

- ❖ domanda o risposta
- ❖ richiesta di ricorsione
- ❖ ricorsione disponibile
- ❖ risposta di competenza



2-73

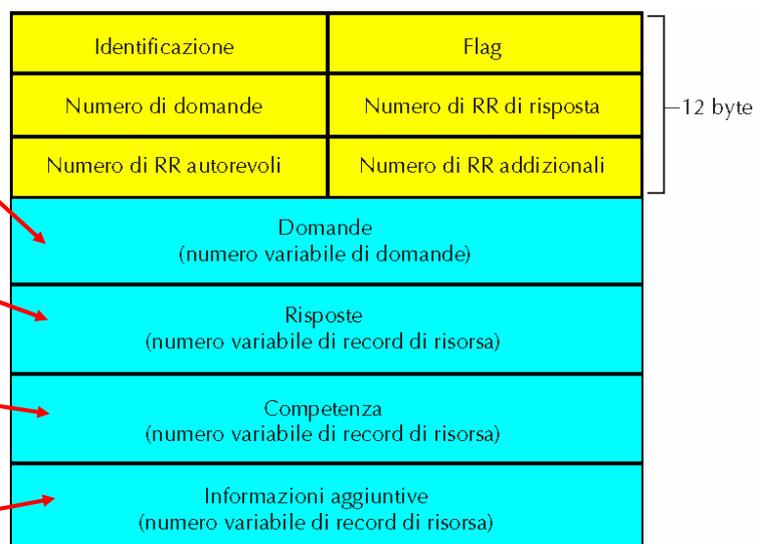
Messaggi DNS

Campi per il nome richiesto e il tipo di domanda

RR nella risposta alla domanda

Record per i server di competenza

Informazioni extra che possono essere usate



2-74

Inserire record nel database DNS

- Esempio: abbiamo appena avviato la nuova società "Network Utopia"
- Registriamo il nome **networkutopia.com** presso **registrar** (ad esempio, Network Solutions)
 - ❖ Forniamo a registrar i nomi e gli indirizzi IP dei server DNS di competenza (primario e secondario)
 - ❖ Registrar inserisce due RR nel server TLD com:
 - ❖ (**networkutopia.com, dns1.networkutopia.com, NS**)
 - ❖ (**dns1.networkutopia.com, 212.212.212.1, A**)
- Inseriamo nel server di competenza un record tipo A per **www.networkutopia.com** e un record tipo MX per **networkutopia.com**
- **In che modo gli utenti otterranno l'indirizzo IP del nostro sito web?**

2-75

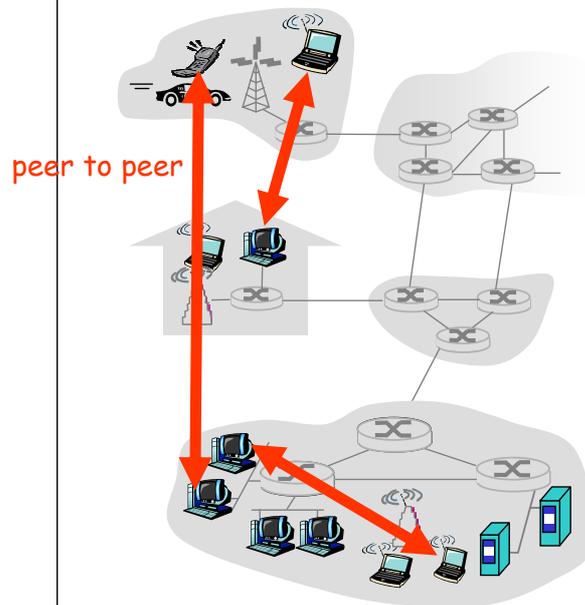
Capitolo 2: Livello di applicazione

- 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**
- 2.7 Programmazione delle socket con TCP
- 2.8 Programmazione delle socket con UDP
- 2.9 Costruire un semplice server web

2-76

Architettura P2P pura

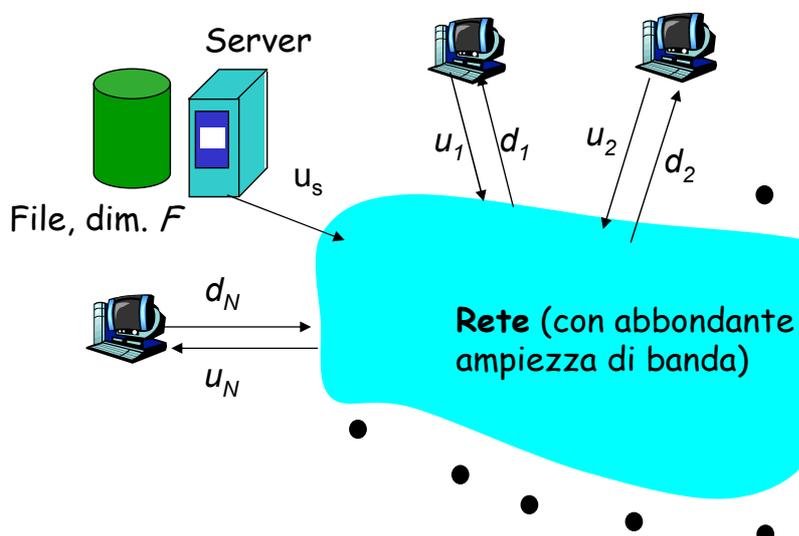
- non c'è un server sempre attivo
- coppie arbitrarie di host (peer) comunicano direttamente tra loro
- i peer non devono necessariamente essere sempre attivi, e cambiano indirizzo IP
- **Tre argomenti chiave:**
 - Distribuzione di file
 - Ricerca informazioni
 - Caso di studio: Skype



2-77

Distribuzione di file: confronto tra Server-Client e P2P

Domanda : Quanto tempo ci vuole per distribuire file da un server a N peer?



u_s : frequenza di upload del collegamento di accesso del server

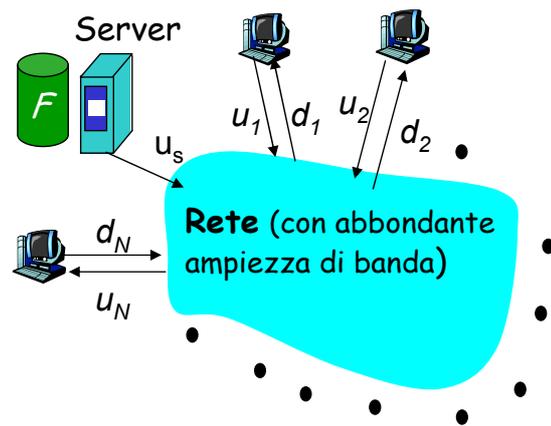
u_i : frequenza di upload del collegamento di accesso dell' i -esimo peer

d_i : frequenza di download del collegamento di accesso dell' i -esimo peer

2-78

Distribuzione di file: server-client

- Il server invia in sequenza N copie:
 - ❖ $Tempo = NF/u_s$
- Il client i impiega il tempo F/d_i per scaricare



Tempo per distribuire F a N client usando l'approccio client/server

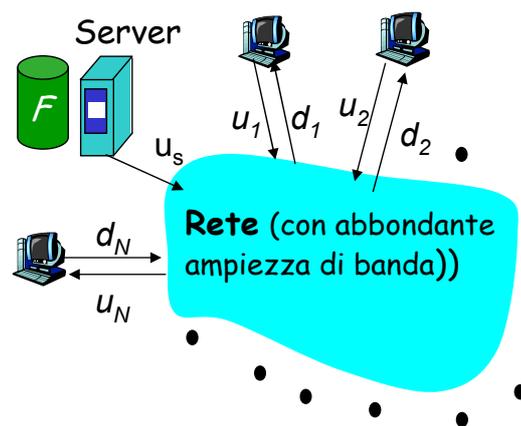
$$= d_{cs} = \max \left\{ NF/u_s, F/\min_i(d_i) \right\}$$

aumenta linearmente con N_{peer}

2-79

Distribuzione di file: P2P

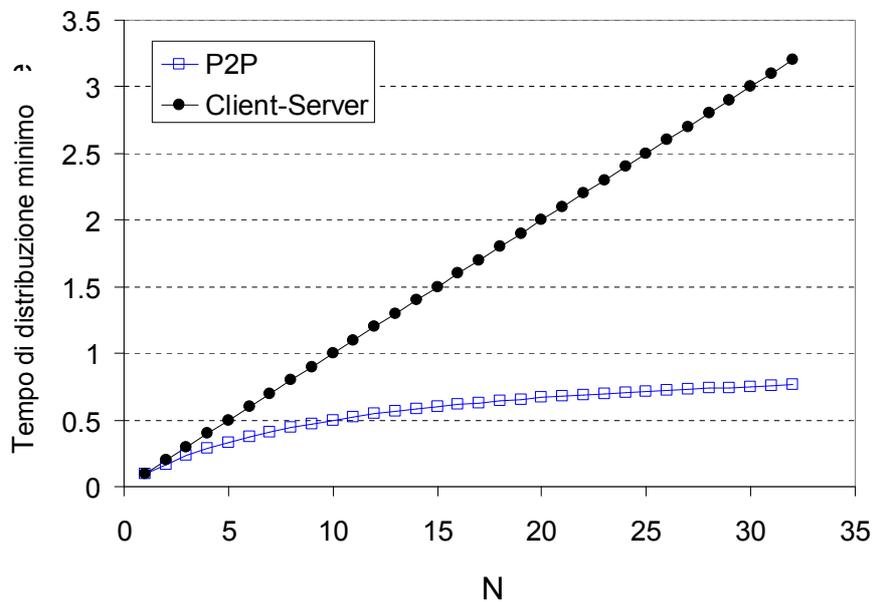
- il server deve inviare una copia nel tempo F/u_s
- il client i impiega il tempo F/d_i per il download
- Devono essere scaricati NF bit
- Il più veloce tasso di upload è: $u_s + \sum u_i$



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

2-80

Tasso di upload del client = u , $F/u = 1$ ora, $u_s = 10u$, $d_{\min} \geq u_s$



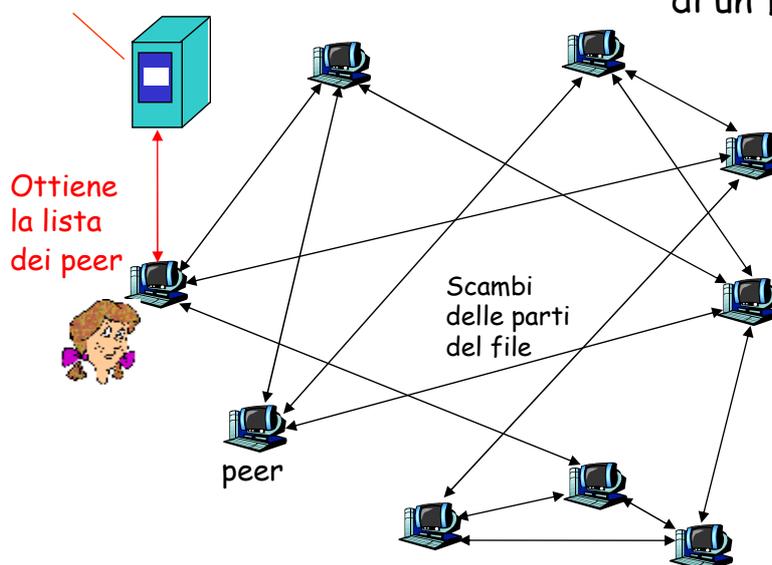
2-81

Distribuzione di file: BitTorrent

□ Distribuzione di file P2P

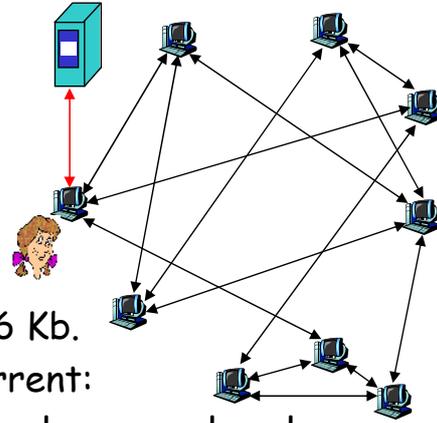
tracker: tiene traccia dei peer che partecipano

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



2-82

BitTorrent (1)



- Il file viene diviso in parti (*chunk*) da 256 Kb.
- Quando un peer entra a far parte del torrent:
 - ❖ non possiede nessuna parte del file, ma le accumula col passare del tempo
 - ❖ si registra presso il tracker per avere la lista dei peer, e si collega ad un sottoinsieme di peer vicini ("neighbors")
- Mentre effettua il download, il peer carica le sue parti su altri peer.
- I peer possono entrare e uscire a piacimento dal torrent
- Una volta ottenuto l'intero file, il peer può lasciare il torrent (egoisticamente) o (altruisticamente) rimanere collegato.

2-83

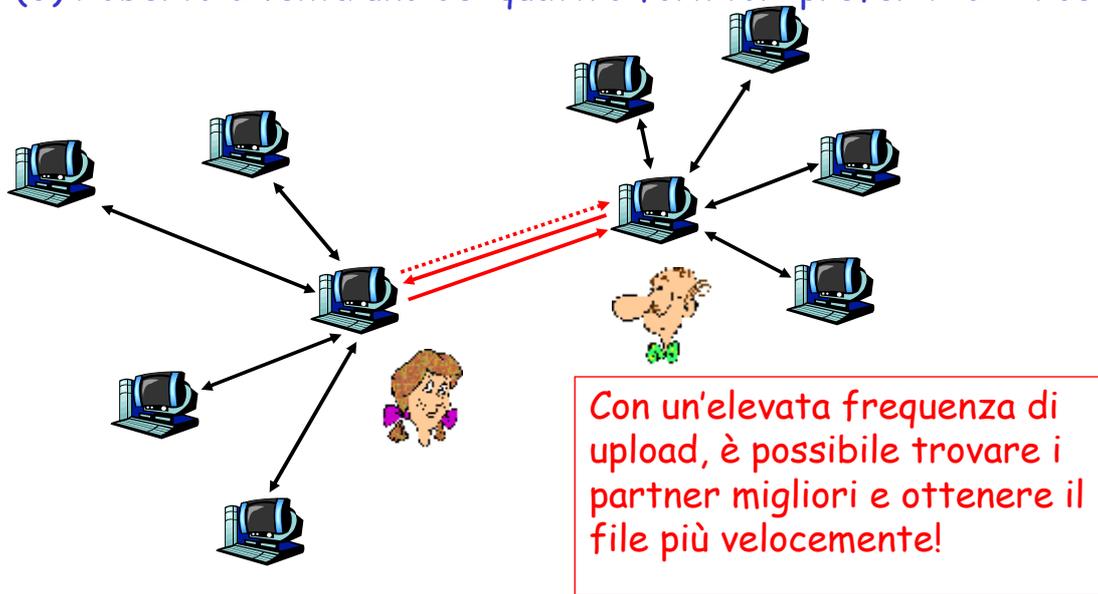
BitTorrent (2)

- In un dato istante, peer diversi hanno differenti sottoinsiemi del file
- periodicamente, un peer (Alice) chiede a ciascun vicino la lista dei chunk che possiede
- Alice invia le richieste per le sue parti mancanti:
 - ❖ Adotta la tecnica del *rarest first*
- Alice invia le sue parti a quattro vicini, quelli che attualmente le stanno inviando i propri chunk alla frequenza più alta
 - ❖ i 4 favoriti vengono rivalutati ogni 10 secondi
- ogni 30 secondi seleziona casualmente un altro peer, e inizia a inviargli chunk
 - ❖ Il peer appena scelto può entrare a far parte dei top 4
 - ❖ A parte i "top 4" e il "nuovo entrato", gli altri peer sono "soffocati", cioè non ricevono nulla.

2-84

BitTorrent: occhio per occhio

- (1) Alice casualmente sceglie Roberto
- (2) Alice diventa uno dei quattro fornitori preferiti di Roberto; Roberto ricambia
- (3) Roberto diventa uno dei quattro fornitori preferiti di Alice



2-85

P2P: ricerca di informazioni

Indice nei sistemi P2P: corrispondenza tra le informazioni e la loro posizione negli host

File sharing (es. e-mule)

- L'indice tiene traccia dinamicamente della posizione dei file che i peer condividono.
- I peer comunicano all'indice ciò che possiedono.
- I peer consultano l'indice per determinare dove trovare i file.

Messaggeria istantanea

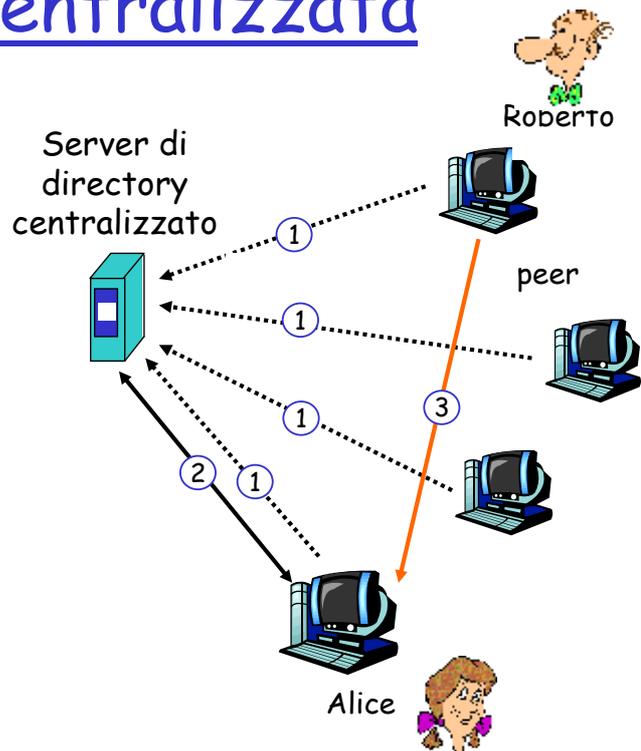
- L'indice crea la corrispondenza tra utenti e posizione.
- Quando l'utente lancia l'applicazione, informa l'indice della sua posizione
- I peer consultano l'indice per determinare l'indirizzo IP dell'utente.

2-86

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 Roberto



2-87

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

2-88

Query flooding

- Completamente distribuito
 - ❖ nessun server centrale
- Protocollo di pubblico dominio usato da Gnutella
- Ciascun peer indicizza i file che rende disponibili per la condivisione (e nessun altro)

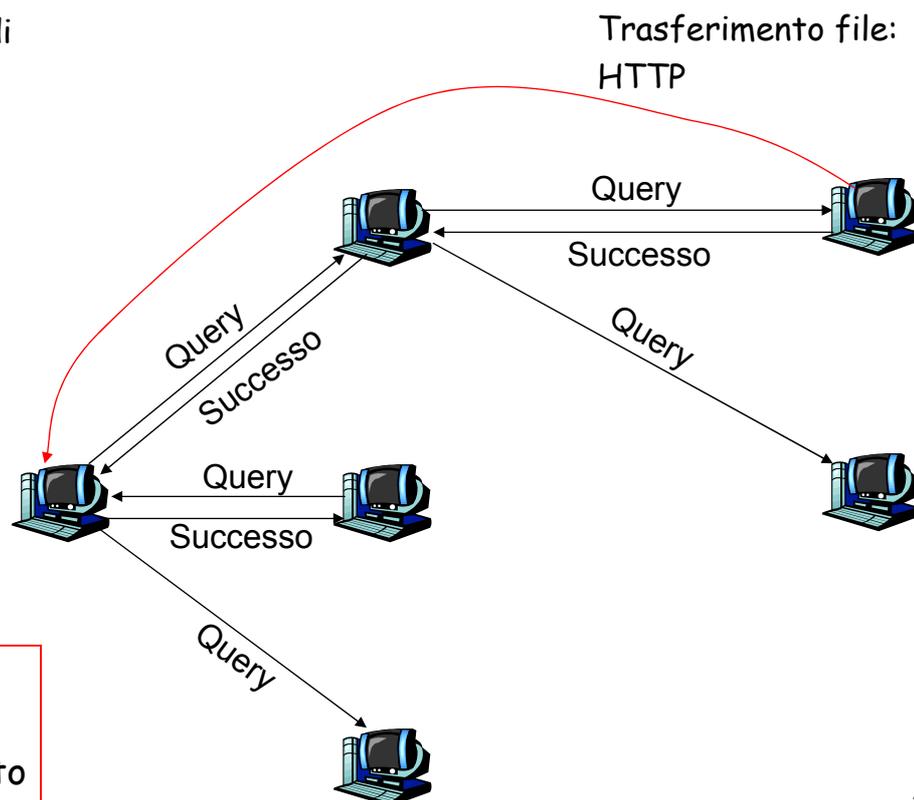
Rete di copertura: grafo

- 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 è un collegamento virtuale e *non* fisico
- Un dato peer sarà solitamente connesso con meno di 10 peer vicini nella rete di copertura

2-89

Query flooding

- 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

2-90

Gnutella: unione di peer

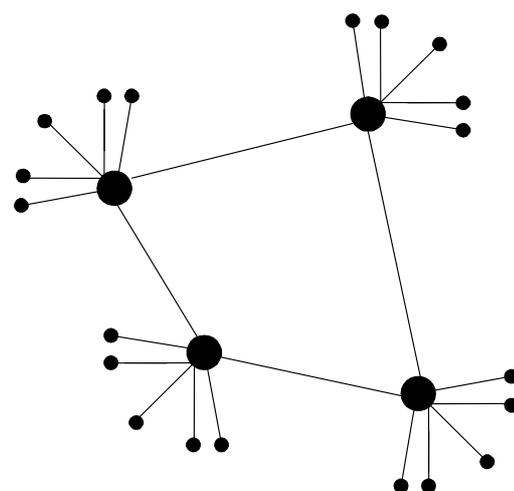
1. Per unire il peer Alice alla rete, bisogna trovare qualche altro peer della rete Gnutella: usate la lista dei peer candidati
2. Alice tenta in sequenza di impostare una connessione TCP con i peer della lista finché non stabilisce una connessione con Roberto
3. **Flooding**: Alice invia un messaggio Ping a Roberto; Roberto inoltra il messaggio Ping ai suoi vicini (che a loro volta lo inviano ai propri vicini...)
4. Tutti i peer che ricevono il messaggio Ping rispondono ad Alice con un messaggio Pong
5. Alice riceve molti messaggi Pong. Quindi può impostare delle connessioni TCP aggiuntive

Distacco dei peer: consultate il problema alla fine del capitolo!

2-91

Copertura gerarchica

- La copertura gerarchica combina le migliori caratteristiche di indice centralizzato e query flooding
- Ogni peer è un leader di gruppo o è assegnato a un leader di gruppo
 - ❖ Connessione TCP tra peer e il suo leader di gruppo
 - ❖ Connessioni TCP tra qualche coppia di leader di gruppo
- Il leader di gruppo tiene traccia del contenuto di tutti i suoi figli.

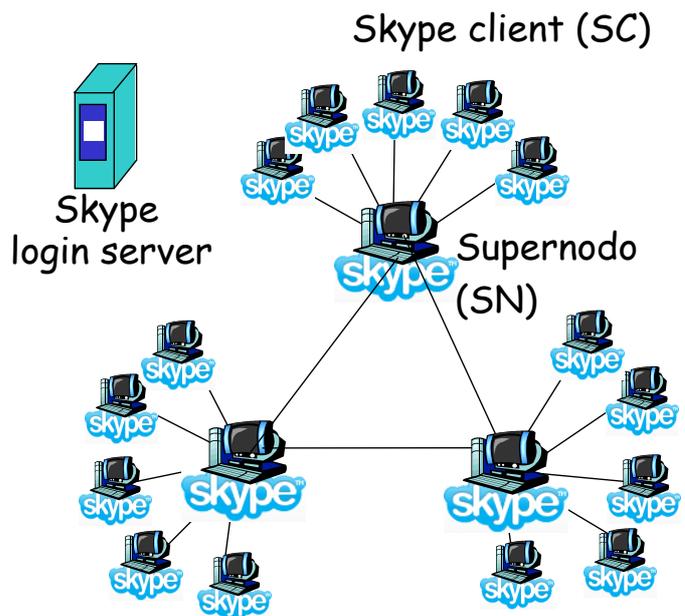


- Peer ordinario
- Peer leader di gruppo
- Relazioni di adiacenza nella rete di copertura

2-92

Caso di studio P2P: Skype

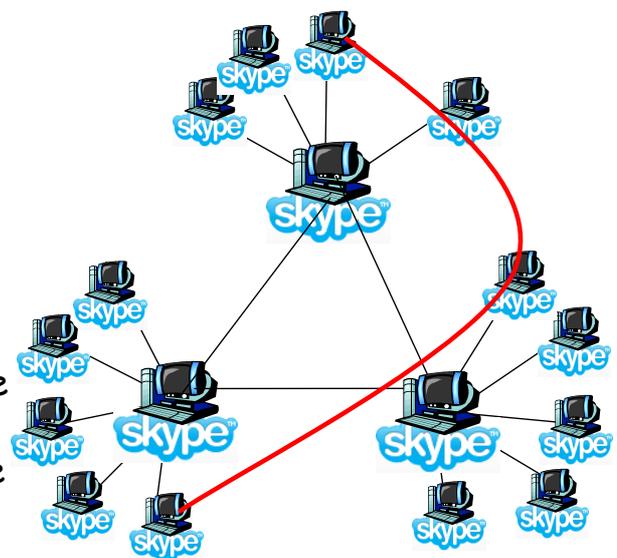
- intrinsecamente P2P: coppie di utenti comunicano tra loro
- Protocollo proprietario (dedotto mediante reverse engineering)
- Copertura gerarchica con i supernodi
- L'indice crea corrispondenza tra nomi utente e indirizzi IP



2-93

Peer e relay

- Si pone un problema quando sia Alice che Roberto hanno NAT.
 - ❖ NAT evita che un host al di fuori della rete domestica crei una connessione con un host all'interno di questa
- Soluzione
 - ❖ Usando il supernodo di Alice e Roberto, si sceglie un relay
 - ❖ Ciascun peer inizia la sessione con il relay.
 - ❖ I peer ora comunicano con NAT attraverso il relay



2-94

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 Applicazioni P2P
- 2.7 Programmazione delle socket con TCP
- 2.8 Programmazione delle socket con UDP

2-95

Programmazione delle socket

Obiettivo: imparare a costruire un'applicazione client/server che comunica utilizzando le socket

Socket API

- introdotta in BSD4.1 UNIX, nel 1981
- esplicitamente creata, usata, distribuita dalle applicazioni
- paradigma client/server
- due tipi di servizio di trasporto tramite una socket API:
 - ❖ datagramma inaffidabile
 - ❖ affidabile, orientata ai byte

socket

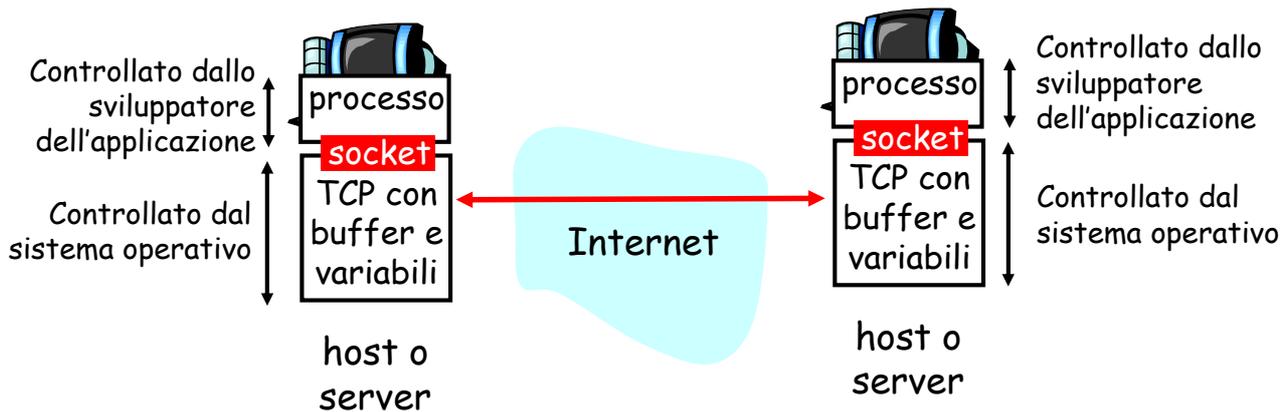
Interfaccia di un *host locale*, *creata dalle applicazioni*, *controllata dal SO* (una "porta") in cui il processo di un'applicazione può *inviare e ricevere* messaggi al/dal processo di un'altra applicazione

2-96

Programmazione delle socket con TCP

Socket: una porta tra il processo di un'applicazione e il protocollo di trasporto end-end (UCP o TCP)

Servizio TCP: trasferimento affidabile di **byte** da un processo all'altro



2-97

Programmazione delle socket con TCP

Il client deve contattare il server

- Il processo server deve essere in corso di esecuzione
- Il server deve avere creato una socket (porta) che dà il benvenuto al contatto con il client

Il client contatta il server:

- Creando una socket TCP
- Specificando l'indirizzo IP, il numero di porta del processo server
- Quando il **client crea la socket**: il client TCP stabilisce una connessione con il server TCP

- Quando viene contattato dal client, il **server TCP crea una nuova socket** per il processo server per comunicare con il client
 - ❖ consente al server di comunicare con più client
 - ❖ numeri di porta origine usati per distinguere i client (maggiori informazioni nel Capitolo 3)

Punto di vista dell'applicazione

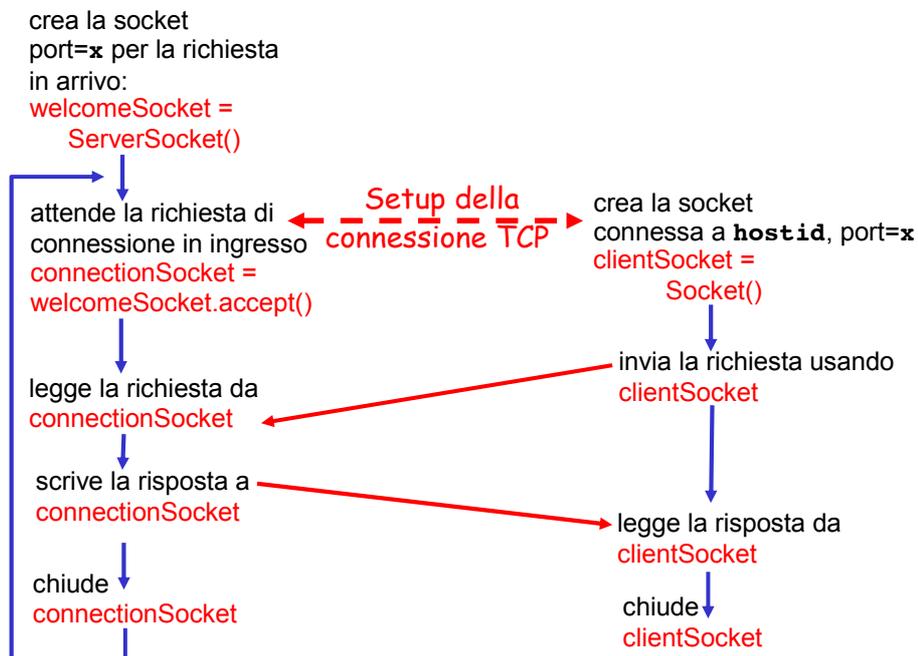
TCP fornisce un trasferimento di byte affidabile e ordinato ("pipe") tra client e server

2-98

Interazione delle socket client/server: TCP

Server (gira su `hostid`)

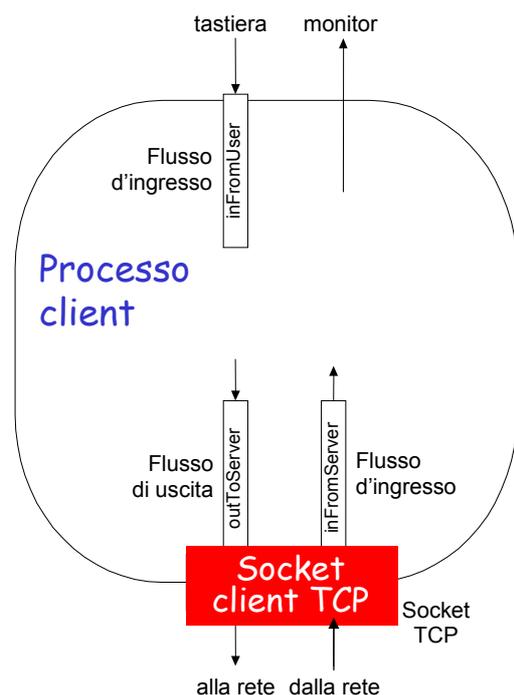
Client



2-99

Termini

- Un **flusso** (*stream*) è una sequenza di caratteri che fluisce verso/da un processo.
- Un **flusso d'ingresso** (*input stream*) è collegato a un'origine di input per il processo, ad esempio la tastiera o la socket.
- Un **flusso di uscita** (*output stream*) è collegato a un'uscita per il processo, ad esempio il monitor o la socket.

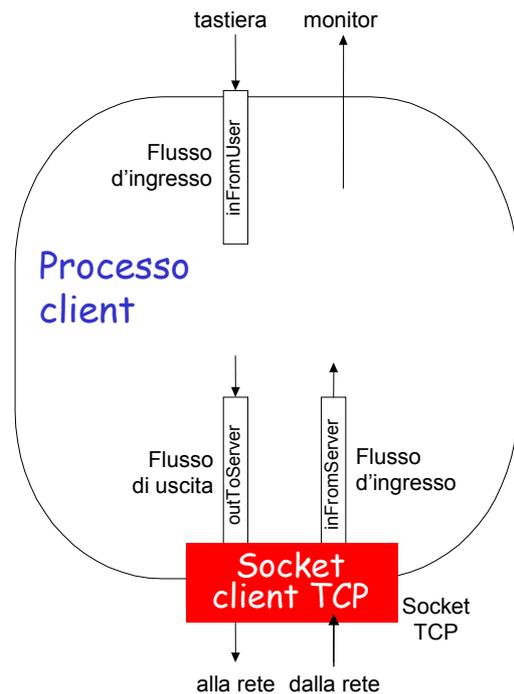


2-100

Programmazione delle socket con TCP

Esempio di applicazione client-server:

- 1) Il client legge una riga dall'input standard (flusso **inFromUser**) e la invia al server tramite la socket (flusso **outToServer**)
- 2) Il server legge la riga dalla socket
- 3) Il server converte la riga in lettere maiuscole e la invia al client
- 4) Il client legge nella sua socket la riga modificata e la visualizza (flusso **inFromServer**)



2-101

Esempio: client Java (TCP)

```
import java.io.*;
import java.net.*;
class TCPClient {
```

```
    public static void main(String argv[]) throws Exception
    {
```

```
        String sentence;
        String modifiedSentence;
```

```
        Crea un flusso d'ingresso ] BufferedReader inFromUser =
                                   new BufferedReader(new InputStreamReader(System.in));
```

```
        Crea una socket client, connessa al server ] Socket clientSocket = new Socket("hostname", 6789);
```

```
        Crea un flusso di uscita collegato alla socket ] DataOutputStream outToServer =
                                                         new DataOutputStream(clientSocket.getOutputStream());
```

2-102

Esempio: client Java (TCP), continua

Crea un flusso d'ingresso collegato alla socket

```
BufferedReader inFromServer =  
    new BufferedReader(new  
        InputStreamReader(clientSocket.getInputStream()));
```

Invia una riga al server

```
sentence = inFromUser.readLine();  
outToServer.writeBytes(sentence + '\n');
```

Legge la riga dal server

```
modifiedSentence = inFromServer.readLine();  
System.out.println("FROM SERVER: " + modifiedSentence);  
clientSocket.close();  
  
    }  
}
```

2-103

Esempio: server Java (TCP)

```
import java.io.*;  
import java.net.*;
```

Crea una socket di benvenuto sulla porta 6789

```
class TCPServer {  
  
    public static void main(String argv[]) throws Exception  
    {  
        String clientSentence;  
        String capitalizedSentence;  
        ServerSocket welcomeSocket = new ServerSocket(6789);
```

Attende, sulla socket di benvenuto, un contatto dal client

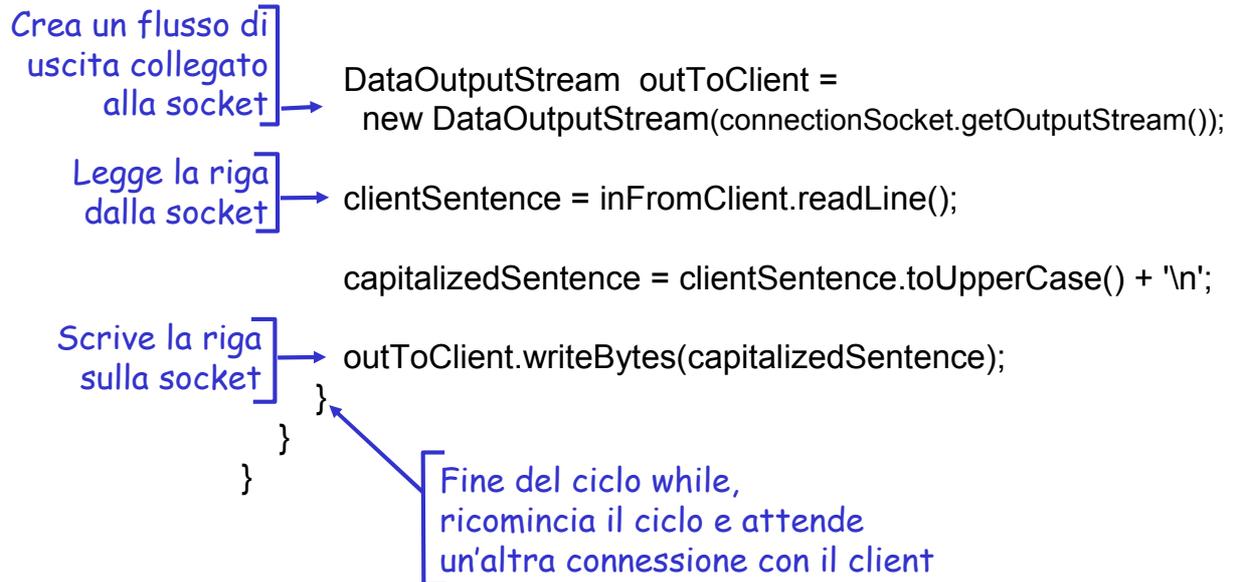
```
        while(true) {  
            Socket connectionSocket = welcomeSocket.accept();
```

Crea un flusso d'ingresso collegato alla socket

```
            BufferedReader inFromClient =  
                new BufferedReader(new  
                    InputStreamReader(connectionSocket.getInputStream()));
```

2-104

Esempio: server Java (TCP), continua



2-105

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 Applicazioni P2P
- 2.7 Programmazione delle socket con TCP
- 2.8 Programmazione delle socket con UDP

2-106

Programmazione delle socket *con UDP*

UDP: non c'è "connessione" tra client e server

- ❑ Non c'è handshaking
- ❑ Il mittente allega esplicitamente a ogni pacchetto l'indirizzo IP e la porta di destinazione
- ❑ Il server deve estrarre l'indirizzo IP e la porta del mittente dal pacchetto ricevuto

Punto di vista dell'applicazione

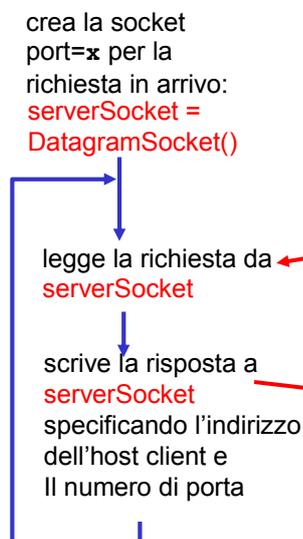
UDP fornisce un trasferimento inaffidabile di gruppi di byte ("datagrammi") tra client e server

UDP: i dati trasmessi possono perdersi o arrivare a destinazione in un ordine diverso da quello d'invio

2-107

Interazione delle socket client/server: UDP

Server (gira su **hostid**)

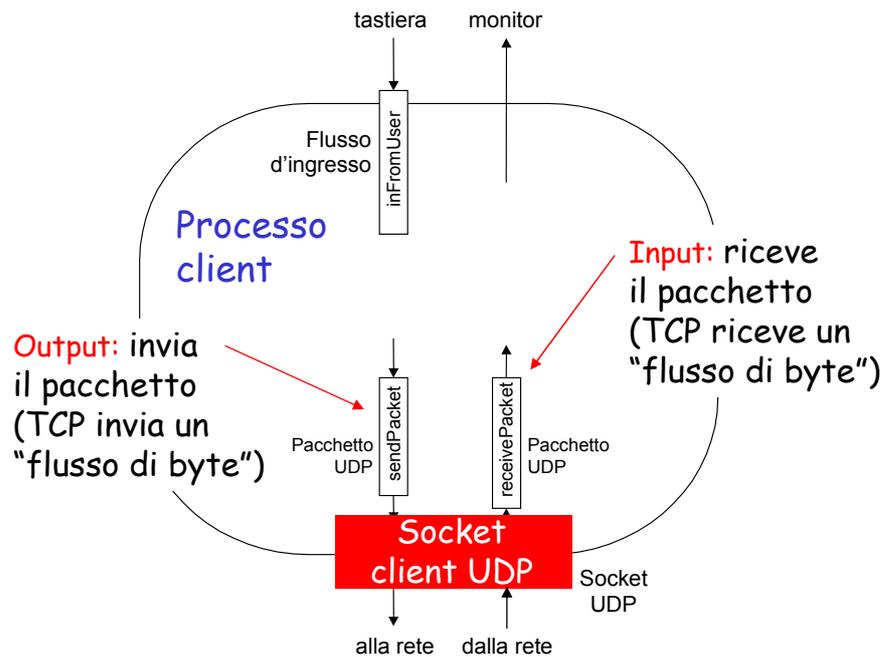


Client



2-108

Esempio: client Java (UDP)



2-109

Esempio: client Java (UDP)

```
import java.io.*;
import java.net.*;

class UDPClient {
    public static void main(String args[]) throws Exception
    {
        Crea un flusso d'ingresso → BufferedReader inFromUser =
            new BufferedReader(new InputStreamReader(System.in));
        Crea una socket client → DatagramSocket clientSocket = new DatagramSocket();
        Traduce il nome dell'host nell'indirizzo IP usando DNS → InetAddress IPAddress = InetAddress.getByName("hostname");

        byte[] sendData = new byte[1024];
        byte[] receiveData = new byte[1024];

        String sentence = inFromUser.readLine();
        sendData = sentence.getBytes();
    }
}
```

2-110

Esempio: client Java (UDP), continua

```
    Crea il datagramma con i dati da trasmettere, lunghezza, indirizzo IP, porta }
    DatagramPacket sendPacket =
    new DatagramPacket(sendData, sendData.length, IPAddress, 9876);

    Invia il datagramma al server }
    clientSocket.send(sendPacket);

    DatagramPacket receivePacket =
    new DatagramPacket(receiveData, receiveData.length);

    Legge il datagramma dal server }
    clientSocket.receive(receivePacket);

    String modifiedSentence =
    new String(receivePacket.getData());

    System.out.println("FROM SERVER:" + modifiedSentence);
    clientSocket.close();
}
}
```

2-111

Esempio: server Java (UDP)

```
import java.io.*;
import java.net.*;

class UDPServer {
    public static void main(String args[]) throws Exception
    {
        Crea una socket per datagrammi sulla porta 9876 }
        DatagramSocket serverSocket = new DatagramSocket(9876);

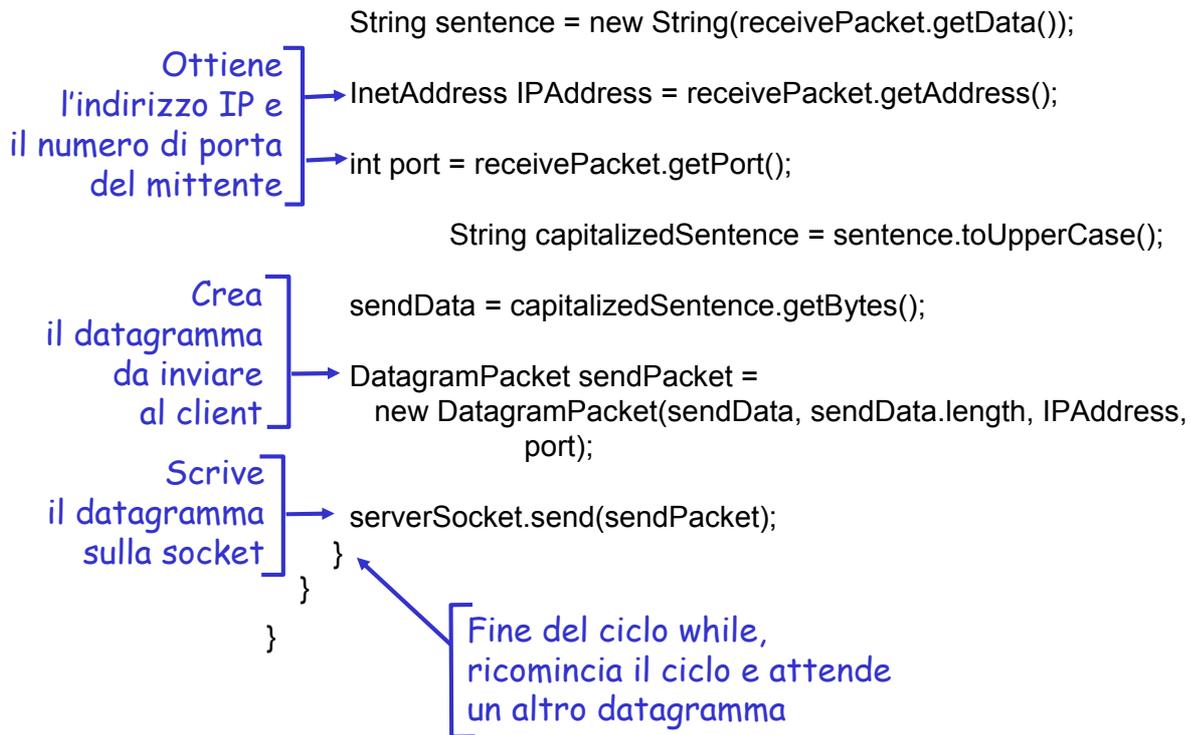
        byte[] receiveData = new byte[1024];
        byte[] sendData = new byte[1024];

        while(true)
        {
            Crea lo spazio per i datagrammi }
            DatagramPacket receivePacket =
            new DatagramPacket(receiveData, receiveData.length);

            Riceve i datagrammi }
            serverSocket.receive(receivePacket);
        }
    }
}
```

2-112

Esempio: server Java (UDP), continua



2-113

Capitolo 2: Riassunto

Lo studio delle applicazioni di rete adesso è completo!

- Architetture delle applicazioni
 - ❖ client-server
 - ❖ P2P
 - ❖ ibride
- Requisiti dei servizi delle applicazioni:
 - ❖ affidabilità, ampiezza di banda, ritardo
- Modello di servizio di trasporto di Internet
 - ❖ orientato alle connessioni, affidabile: TCP
 - ❖ inaffidabile, datagrammi: UDP
- Protocolli specifici:
 - ❖ HTTP
 - ❖ FTP
 - ❖ SMTP, POP, IMAP
 - ❖ DNS
 - ❖ P2P: BitTorrent, Skype
- Programmazione delle socket

2-114

Riassunto

Molto importante: conoscere i protocolli

- Tipico scambio di messaggi di richiesta/risposta:
 - ❖ il client richiede informazioni o servizi
 - ❖ il server risponde con dati e codici di stato
- Formati dei messaggi:
 - ❖ intestazioni: campi che forniscono informazioni sui dati
 - ❖ dati: informazioni da comunicare
- Controllo o messaggi di dati
 - ❖ in banda, fuori banda
- Architettura centralizzata o decentralizzata
- Protocollo senza stato o con stato
- Trasferimento di messaggi affidabile o inaffidabile
- "Complessità nelle parti periferiche della rete"