

Reti di Calcolatori
AA 2011/2012



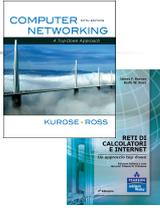
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRENTO

<http://disi.unitn.it/locigno/index.php/teaching-duties/computer-networks>

Protocolli di applicazione

Csaba Kiraly
Renato Lo Cigno

Livello di applicazione



A note on the use of these slides:
These slides are an adaptation from the freely available version provided by the book authors to all (faculty, students, readers). The originals are in PowerPoint and English.

The Italian translation is originally from Gianluca Torta, Stefano Leonardi, Francesco Di Tria
Adaptation is by Csaba Kiraly and Renato Lo Cigno

All material copyright 1996-2012
J.F. Kurose and K.W. Ross, All Rights Reserved

*Computer Networking:
A Top Down Approach,
5th edition.
Jim Kurose, Keith Ross
Addison-Wesley, April 2009.*

*Reti di calcolatori e Internet:
Un approccio top-down
4ª edizione
Pearson Paravia Bruno Mondadori Spa
©2008*



Capitolo 2: Livello 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



Applicazioni comuni (in rete)

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



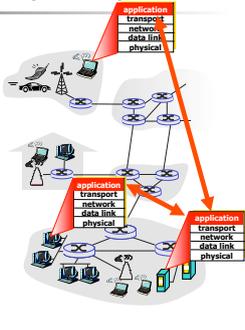
Creare applicazioni (in rete)

Scrivere programmi che

- girano su *end systems*
- comunicano sulla rete
- implementano un **protocollo a livello applicazione** (non l'applicazione stessa)

Non è necessario scrivere software per dispositivi interni alla rete

- I dispositivi di rete non eseguono applicazioni utente
- Rapido sviluppo di applicazioni




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

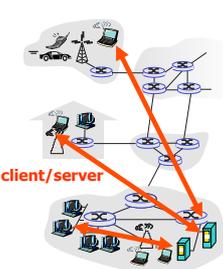


Architetture delle applicazioni di rete

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



Architettura client-server



server:

- host sempre attivo
- indirizzo IP fisso e noto al client
- server farm (=un hostname con più indirizzi IP) per creare un potente server virtuale

client:

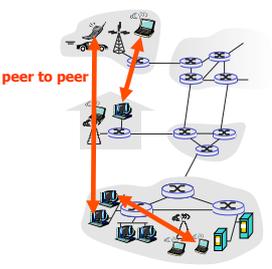
- comunica con il server
- può contattare il server in qualunque momento
- può avere indirizzi IP dinamici
- non comunica direttamente con gli altri client



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

Facilmente scalabile
Difficile da gestire




Ibridi (client-server e P2P)

Skype

- Applicazione P2P di Voice over IP
- Server centralizzato: Autenticazione
- Ricerca utenti e indirizzi (Rubrica telefonica): P2P, con l'aiuto di SuperPeer che normalmente hanno indirizzi pubblici
- Connessione client-client: diretta o attraverso SuperPeer (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



Processi comunicanti

Processo: programma in esecuzione su di un host.

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

Processo client: processo che dà inizio alla comunicazione

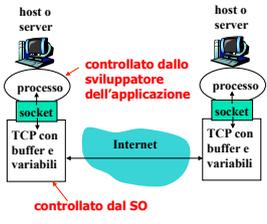
Processo server : processo che attende di essere contattato

le applicazioni con architetture P2P hanno processi client e processi server



Socket

- un processo invia/riceve messaggi a/da la sua **socket**
- un socket è analogo a un punto di accesso/uscita
 - un processo che vuole inviare un messaggio, lo fa uscire dalla propria "interfaccia" (socket)
 - il processo presuppone l'esistenza di un'infrastruttura esterna che trasporterà il messaggio attraverso la rete fino alla "interfaccia" del processo di destinazione
- Si usano API che consentono:
 - scelta del protocollo di trasporto
 - capacità di determinare alcuni parametri



Le chiamate ai socket sono le "primitive" del protocollo



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
- **Domanda:** 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



Protocolli 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



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 e sincronia
- **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, ...



Requisiti del servizio di trasporto di alcune applicazioni comuni

Applicazione	Tolleranza alla perdita di dati	Throughput	Sensibilità al tempo e tolleranza ai ritardi
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	No	Fino a pochi kbps	Sì, centinaia di ms
Messaggistica istantanea	No	Variabile	Sì e no

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRENTO

Servizi dei protocolli di trasporto Internet

Servizio di TCP:

- *orientato alla connessione:* è richiesto un setup fra i processi client e server (handshaking)
- *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 la 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
- applicazioni in tempo reale (tollerano perdita di dati ma non ritardo o variazioni di throughput); applicazioni di transazione semplici

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRENTO

Applicazioni Internet: protocollo a livello applicazione e protocollo di trasporto

Applicazione	Protocollo di applicazione	Protocollo di trasporto
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

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRENTO

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



Web: HTML e HTTP

Terminologia HTML (da non confondere con HTTP!)

- 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 (Universal Resource Locator)**
- Esempio di URL:

http://www.someschool.edu/someDept/pic.gif

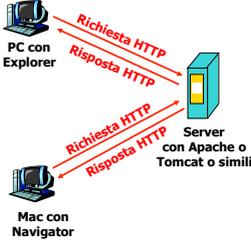
protocol **nome dell' host** **nome del percorso**



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)
- 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

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRENTO

Connessioni HTTP

Connessioni non persistenti

- Un singolo oggetto per volta viene trasmesso su una connessione TCP

Connessioni persistenti

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

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRENTO

Connessioni non persistenti

Supponiamo che l'utente immetta l' URL `www.someSchool.edu/someDepartment/home.index` (contiene testo, riferimenti a 10 immagini jpeg)

- Il client HTTP inizializza una connessione TCP con il server HTTP (processo) a `www.someSchool.edu` sulla porta 80
- Il client HTTP trasmette un **messaggio di richiesta** (con l'URL) nella socket della connessione TCP. Il messaggio indica che il client vuole l'oggetto `someDepartment/home.index`
- Il server HTTP riceve il messaggio di richiesta, forma il **messaggio di risposta** che contiene l'oggetto richiesto e invia il messaggio nella sua socket

1b. Il server HTTP sull'host `www.someSchool.edu` in attesa di una connessione TCP alla porta 80 "accetta" la connessione e avvisa il client

tempo

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRENTO

Connessioni non persistenti (cont.)

tempo

- Il client HTTP riceve il messaggio di risposta che contiene il file html e visualizza il documento html. Esamina il file html, trova i riferimenti a 10 oggetti jpeg
- Il server HTTP chiude la connessione TCP**
- I passi 1-5 sono ripetuti per ciascuno dei 10 oggetti jpeg

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRENTO

Calcolo del tempo di risposta

Definizione di RTT: tempo impiegato da un piccolo pacchetto per andare dal client al server e per una eventuale risposta (breve) di 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

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRENTO

Connessioni persistenti

Connessioni non persistenti:

- richiedono 2 RTT + tempo di trasmissione per oggetto
- overhead del sistema operativo per ogni connessione TCP
- i browser spesso aprono connessioni TCP parallele per caricare gli oggetti referenziati
- Si crea competizione tra le connessioni dello stesso host in caso di congestione

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 ogni oggetto richiesto
- Con pipelining:
 - Il client invia le richieste in sequenza senza aspettare i precedenti oggetti
 - Un solo RTT di attesa per tutti gli oggetti, gli oggetti sono trasferiti in sequenza

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRENTO

Messaggi HTTP

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

Riga di richiesta (comandi GET, POST, HEAD)

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

Righe di intestazione

Un carriage return e un line feed indicano la fine dell'intestazione del messaggio (carriage return e line feed extra)



Messaggio di richiesta HTTP: formato generale

metodo	sp	URL	sp	versione	cr	lf	Riga di richiesta
campo di intestazione	:	valore	cr	lf	} Righe di intestazione		
⋮							
campo di intestazione	:	valore	cr	lf			
cr	lf	Payload / dati utente					



Upload dell' input di un form

Metodo Post:

- Una pagina web a volte può includere spazi e campi per consentire "input" di dati da parte dell'utente
- I dati di input arrivano al server nel payload

Metodo GET:

- Non richiede in genere dati utente e arriva al server nel campo URL della riga di richiesta:

```
www.somesite.com/search?a=2&b=5
```



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 (o oggetto) specificato nel payload e lo invia al percorso specificato nel campo URL del messaggio
- DELETE
 - cancella il file specificato nel campo URL

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRENTO

Messaggio di risposta HTTP

```

Riga di stato (protocollo, codice di stato, espressione di stato) → HTTP/1.1 200 OK
Righe di intestazione → 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
Riga vuota →
dati, ad esempio il file HTML richiesto → dati dati dati dati dati ...
  
```

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRENTO

Codici di stato della risposta HTTP

Sono sempre il contenuto della 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

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRENTO

Esempio di richieste HTTP

- Collegatevi via Telnet al vostro server web preferito:


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

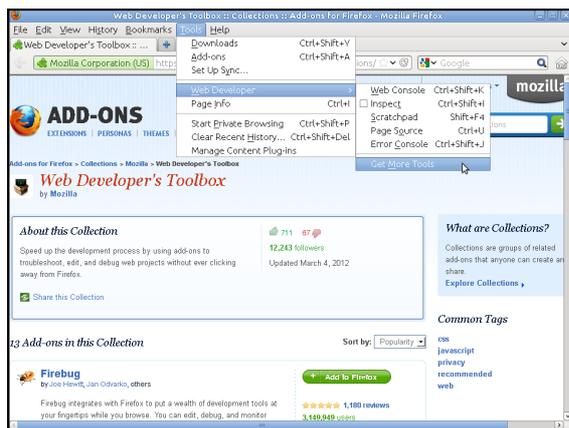
Apri una connessione TCP alla porta 80 (porta di default per un server HTTP) dell'host cis.poly.edu. Tutto ciò che digitate viene trasmesso alla porta 80 di cis.poly.edu
- Digitate una richiesta GET:


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

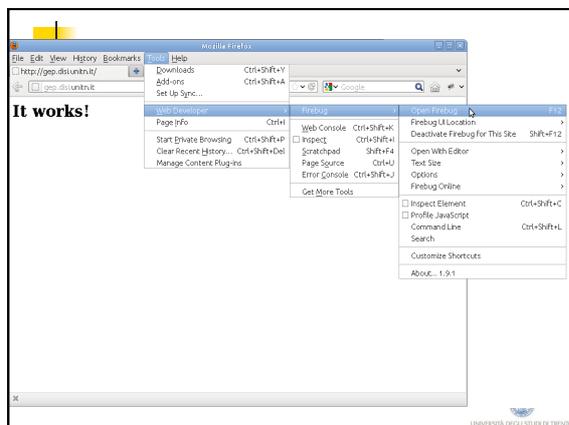
Digitando questo (premete due volte il tasto Invio), trasmettete una richiesta GET minima (ma completa) al server HTTP
- Guardate il messaggio di risposta trasmesso dal server HTTP!

Bell' esempio ... ma non funziona perchè gli amministratori di rete non consentono queste operazioni per questioni di sicurezza (giustamente!!)





The screenshot shows the Mozilla Firefox Add-ons page for 'Web Developer's Toolbox'. The page includes a navigation menu with options like 'Web Developer', 'Page Info', 'Start Private Browsing', 'Clear Recent History...', and 'Manage Content Plugins'. A sidebar on the right lists various tools such as 'Web Console', 'Inspect', 'Scratchpad', 'Page Source', and 'Error Console'. The main content area features a collection description, a 'What are Collections?' section, and a list of 13 add-ons in the collection, with 'Firebug' being the first one listed.



The screenshot shows the 'Web Developer's Toolbox' menu in Mozilla Firefox. The menu is open, displaying various development tools and their keyboard shortcuts. The tools listed include 'Firebug', 'Web Console', 'Inspect', 'Scratchpad', 'Page Source', 'Error Console', 'Open Firebug', 'Firebug Location', 'Deactivate Firebug for This Site', 'Open Web Editor', 'Text Site', 'Options', 'Firebug Online', 'Inspect Element', 'Profile JavaScript', 'Command Line', and 'Search'. The 'About...' option is also visible at the bottom of the menu.

Cookie (continua)

A cosa possono servire i cookie:

- autorizzazione
- carrello elettronico
- suggerimenti
- stato della sessione dell'utente

Lo "stato":

- Mantengono lo stato del mittente e del ricevente per più transazioni
- Livello di sessione utente al di sopra di HTTP privo di stato

Cookie e privacy: nota

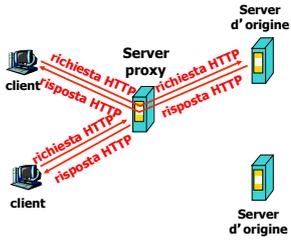
- i cookie permettono ai siti di imparare molte cose sugli utenti
- l'utente può fornire al sito il nome e l'indirizzo e-mail
- Il comportamento del browser è influenzato dal sito in modo "personalizzato", quindi esiste un serio rischio di manipolazione



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




Cache web (continua)

- La cache opera come client e come server
- Tipicamente la cache è installata da un ISP (università, aziende o ISP residenziali)
- Limita la libertà dell'utente
- Può essere un punto di controllo forte (livello applicativo) degli utenti

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 con bassa ampiezza di banda di fornire dati con efficacia e velocità
- L'accesso alla rete è fortemente controllato e si riducono problemi di sicurezza



GET condizionale

- Obiettivo: non inviare un oggetto se il client ha una copia aggiornata dell'oggetto
- Cache del browser: tiene una copia dell'oggetto già scaricato
- client: 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

oggetto non modificato

client server

```

client: Richiesta HTTP
      If-modified-since: <data>
server: Risposta HTTP
      HTTP/1.0 304 Not Modified
          
```

oggetto modificato

client server

```

client: Richiesta HTTP
      If-modified-since: <data>
server: Risposta HTTP
      HTTP/1.0 200 OK
      <dati>
          
```

{kiraly,locigno}@disi.unitn.it 43 UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRENTO

GET condizionale (2)

- D: Qual'è la data utilizzata?
- R: la data nella risposta originale

oggetto non modificato

client server

```

client: Richiesta HTTP
      If-modified-since: <data>
server: Risposta HTTP
      HTTP/1.0 304 Not Modified
          
```

oggetto modificato

client server

```

client: Richiesta HTTP
      If-modified-since: <data>
server: Risposta HTTP
      HTTP/1.0 200 OK
      Last-Modified: <data>
      <dati>
          
```

{kiraly,locigno}@disi.unitn.it 44 UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRENTO

URL	Status	Domain	Size	Remote IP	Timeline
GET edition.cnn	200 OK	edition.cnn.com	22 KB	157.166.255.32.80	48ms
GET iatthpb-mi	304 Not Modified	z.cdn.turner.com	33.1 KB	95.101.34.9.80	18ms
GET iatthpb-mi	304 Not Modified	z.cdn.turner.com	112.2 KB	95.101.34.9.80	18ms
GET hdi-globe-c	304 Not Modified	i.cdn.turner.com	4.4 KB	192.231.106.126.80	18ms
GET btn_search	304 Not Modified	i.cdn.turner.com	858 B	196.78.208.254.80	36ms
GET site-css.js	200 OK	eds.ens.com	2.3 KB	157.166.226.207.80	34ms
GET bannerhtml	200 OK	edition.cnn.com	255 B	157.166.255.32.80	120ms
GET 1203050831	200 OK	i2.cdn.turner.com	17.6 KB	196.78.208.254.80	77ms
GET video_icons	304 Not Modified	i.cdn.turner.com	159 B	192.231.106.126.80	27ms
GET 1px.gif	304 Not Modified	i.cdn.turner.com	43 B	192.231.106.126.80	9ms
GET 120305104	200 OK	i2.cdn.turner.com	43.5 KB	196.78.208.254.80	92ms
GET 1201250746	200 OK	i2.cdn.turner.com	9.9 KB	196.78.208.254.80	39ms
GET 1203050231	200 OK	i2.cdn.turner.com	5.9 KB	196.78.208.254.80	56ms
GET 120222055	200 OK	i2.cdn.turner.com	5.2 KB	196.78.208.254.80	57ms
GET 120304132	200 OK	i2.cdn.turner.com	5.8 KB	196.78.208.254.80	57ms
GET 120305022	200 OK	i2.cdn.turner.com	5.9 KB	196.78.208.254.80	57ms
GET 120220823	200 OK	i2.cdn.turner.com	4.9 KB	196.78.208.254.80	75ms
GET 120305030	200 OK	i2.cdn.turner.com	3.6 KB	196.78.208.254.80	76ms
GET 12024122	200 OK	i2.cdn.turner.com	6.3 KB	196.78.208.254.80	76ms
GET 120305103	200 OK	i2.cdn.turner.com	7.6 KB	196.78.208.254.80	75ms
GET site-css.js	200 OK	eds.ens.com	6.4 KB	157.166.226.207.80	86ms
GET advertisement	304 Not Modified	i.cdn.turner.com	94 B	192.231.106.126.80	38ms
GET 35x35_gene	304 Not Modified	i.cdn.turner.com	229 B	192.231.106.126.80	87ms

Server Proxy

Proxy:

- interpone tra un **client** ed un **server** facendo da tramite tra i due
- inoltra le richieste e le risposte dall'uno all'altro

Obiettivo:

- Caching proxy
- Connettività
- Controllo/filtraggio/modifiche
- Privacy

{kiraly,locigno}@disi.unitn.it 46 UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRENTO

Incapsulamento (richiamo)

{kiraly,locigno}@disi.unitn.it 47 UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRENTO

Server Proxy (2)

{kiraly,locigno}@disi.unitn.it 48 UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRENTO

Server Proxy (3)

- Richiesta senza Proxy
GET /pub/WWW/TheProject.html HTTP/1.0
- Richiesta con Proxy
GET http://www.w3.org/pub/WWW/TheProject.html HTTP/1.0

absolute URL

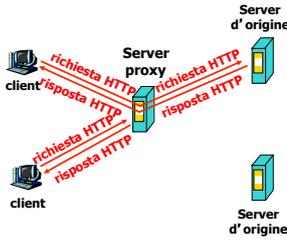
- Absolute URL: necessario per aprire un connessione TCP verso il server nel Proxy

{kiraly,locigno}@disi.unitn.it 49 

Cache web (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



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRENTO

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 web caching?

- Riduce i tempi di risposta alle richieste dei client
- Riduce il traffico sul collegamento di accesso (dell'ISP) a Internet

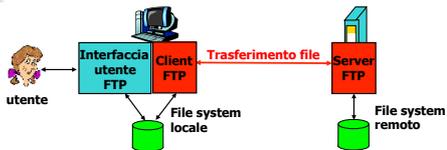
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRENTO

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



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": associare la connessione di controllo ad un utente e tenere traccia della directory corrente



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

{kiraly,locigno}@disi.unitn.it
56


Posta elettronica

Componenti principali:

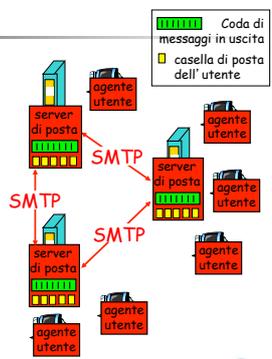
- agente utente
- server di posta

Protocolli principali:

- SMTP: Simple Mail Transfer Protocol
- POP3: Post Office Protocol
- IMAP: Internet Mail Access Protocol

Agente utente

- detto anche "mail reader"
- composizione, editing, lettura dei messaggi di posta elettronica
- esempi:
 - Eudora, Outlook, Mozilla Thunderbird
 - pine, elm
 - Web browser!
- i messaggi in uscita o in arrivo sono memorizzati sul server





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

{kiraly,locigno}@disi.unitn.it 58 UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRENTO

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 (di solito)
- 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

{kiraly,locigno}@disi.unitn.it 59 UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRENTO

Scenario: Alice invia un messaggio a Roberto

- Alice usa il suo agente utente per comporre il messaggio da inviare "a" `rob@someschool.edu`
- L'agente utente di Alice invia un messaggio al server di posta di Alice; il messaggio è posto nella coda di messaggi
- Il lato client di SMTP apre una connessione TCP con il server di posta di Roberto
- Il client SMTP invia il messaggio di Alice sulla connessione TCP
- Il server di posta di Roberto pone il messaggio nella casella di posta di Roberto
- Roberto invoca il suo agente utente per leggere il messaggio

{kiraly,locigno}@disi.unitn.it 60 UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRENTO

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
  
```

{kiraly,locigno}@disi.unitn.it 61 

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:

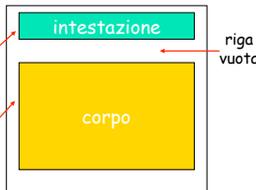
- HTTP: pull
- SMTP: push
- Entrambi hanno un'interazione comando/risposta in ASCII, codici di stato
- HTTP: ciascun oggetto è incapsulato nel suo messaggio di risposta
- SMTP: più oggetti vengono trasmessi in un unico messaggio

{kiraly,locigno}@disi.unitn.it 62 

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



{kiraly,locigno}@disi.unitn.it 63 

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

Versione MIME
metodo usato
per codificare i dati

Tipo di dati
multimediali, sottotipo,
dichiarazione
dei parametri

Dati codificati

```

From: alice@crepes.fr
To: bob@hamburger.edu
Subject: Picture of yummy crepe.
MIME-Version: 1.0
Content-Transfer-Encoding: base64
Content-Type: image/jpeg

base64 encoded data .....
.....base64 encoded data

```

{kiraly,locigno}@disi.unitn.it 64

Messaggio ricevuto

Chi ha
inviato

Chi ha
ricevuto

Quando

```

Received: from crepese.fr by hamburger.edu;
12 Oct 98 15:27:39 GMT

From: alice@crepes.fr
To: bob@hamburger.edu
Subject: Picture of yummy crepe.
MIME-Version: 1.0
Content-Transfer-Encoding: base64
Content-Type: image/jpeg

base64 encoded data .....
.....base64 encoded data

```

{kiraly,locigno}@disi.unitn.it 65

Info nei messaggi: Il percorso

```

Return-Path: <alberto.fondriest@gmail.com>
Received: by disi.unitn.it with ESMTMP id r2CBVAML002967;Tue, 12 Mar 2013 09:31:10 +0100
Received: from mail2.unitn.it (mail2.unitn.it [193.205.206.22])
  by mailhub1.unitn.it (Postfix) with ESMTMP id 21253AE5466
  for <locigno@disi.unitn.it>; Tue, 12 Mar 2013 09:31:10 +0100 (CET)
Received: from mail2.unitn.it (localhost.localdomain [127.0.0.1])
  by localhost (Email Security Appliance) with SMTP id 05DFDBD8DA_13EE7CEB
  for <locigno@disi.unitn.it>; Tue, 12 Mar 2013 08:31:10 +0000 (GMT)
Received: from mail-vc0-f171.google.com (mail-vc0-f171.google.com [209.85.220.171])
  by mail2.unitn.it (Sophos Email Appliance) with ESMTMP id 8B476BBAD7_13EE7CDF
  for <locigno@disi.unitn.it>; Tue, 12 Mar 2013 08:31:09 +0000 (GMT)
Received: by mail-vc0-f171.google.com with SMTP id fk10so268115vcb.16
  for <locigno@disi.unitn.it>; Tue, 12 Mar 2013 01:31:09 -0700 (PDT)

```

{kiraly,locigno}@disi.unitn.it 66



Info nei messaggi: firme e controlli

DKIM-Signature: v=1; a=rsa-sha256; c=relaxed/relaxed;
 d=gmail.com; s=20120113;
 h=mime-version:x-received-in-reply-to:references:date:message-id
 :subject:from:to:cc:content-type;
 bh=4jgE9Hzcnpa4A7/B83etPh58dldy88QmnY7qogg8t4Q=;
 b=zMQLFc71F+Ub4nqxZblUt2mtOrCixz3zk/eyih2G3MJT/lmgvPgi9daMKF9QZ6Qj
 Svrnq+VUjentQHfWmQrMrG3zxiWAJFQ2ys642+yDn9m8ru9xMJDXkN8a7duufMpgsnN
 C54/UPUnMdIyywN0m7EMBNAtHUK4Q8yPaTM2MQ/Og1YoLoXaNgUnUtRmiN/+WuD4XP3
 wN3vmEK6c2P6sTnyUEZ+n0G7HaPbs7M3swSDRPSzm7oeC8Qdotb9hF3VUueP5oA2k6d
 xPpc+jwgUw33Q4ezdN1YY78nCWbVtVd7XIN/wk3shNn5GxY9vQ8VeSfcx7AvqdepUBBo0
 rOnQ==

{kiraly,locigno}@disi.unitn.it 67





Info nei messaggi: ricezione

MIME-Version: 1.0
 X-Received: by 10.58.137.34 with SMTP id qf2mr6338871veb.25.1363077068936;
 Tue, 12 Mar 2013 01:31:08 -0700 (PDT)
 Received: by 10.58.100.196 with HTTP; Tue, 12 Mar 2013 01:31:08 -0700 (PDT)
 In-Reply-To: <513ED9EB.8060903@disi.unitn.it>
 References: <CAC71bEQwM8QdiGTBXVe1euBg3KzAcBd3inSvQhd5xGnTP-A@mail.gmail.com>
 <513ED9EB.8060903@disi.unitn.it>
 Date: Tue, 12 Mar 2013 09:31:08 +0100
 Message-ID: <CAC71bEQ8G1f5prSLzuvJ38jQcnSWNxoHcmagev0z3T_VV3Wt_w@mail.gmail.com>
 Subject: Re: sabato
 From: alberto fondriest <alberto.fondriest@gmail.com>
 To: Renato Lo Cigno <locigno@disi.unitn.it>
 Cc: Giorgio Ranzani <Giorgio.Ranzani@ascot.tn.it>

{kiraly,locigno}@disi.unitn.it 68





Info nei messaggi: contenuto

Content-Type: multipart/alternative; boundary=089e012954667edeb504d7b61c1c
 X-Sophos-ESA: [mail2.unitn.it] 3.7.7.1, Antispam-Engine: 2.7.2.1390750, Antispam-Data:
 2013.3.12.81526

--089e012954667edeb504d7b61c1c
 Content-Type: text/plain; charset=ISO-8859-1
 Content-Transfer-Encoding: quoted-printable

questo tratto lo rifaremo ...

--089e012954667edeb504d7b61c1c
 Content-Type: text/html; charset=ISO-8859-1
 Content-Transfer-Encoding: quoted-printable

<div dir=3D"ltr">questo tratto lo rifaremo a breve con condizioni buone per=
 avere un'idea dei tempi, credo che noi in cinque ore possiamo arrivarc=
 i, ...
 {kiraly,locigno}@disi.unitn.it 69



SMTP demo

- `telnet servername 25`
- Server risponde con codice 220
- Utilizzando I comandi
 - HELO, MAIL FROM, RCPT TO, DATA, QUIT
- potete mandare e-mail "a mano"
- Anche questo in una rete ben gestita non dovrebbe funzionare, ma potete provare ad abilitare un server smtp sul vostro PC per provarci

{kiraly,locigno}@disi.unitn.it 70

Protocolli di accesso alla posta

- SMTP: consegna/memorizzazione sul server del destinatario
- Protocollo di accesso alla posta: ottenere i messaggi dal server
 - (agente utente direttamente sul server di posta)
 - accesso diretto tramite il file system
 - POP: Post Office Protocol [RFC 1939]
 - Porta 110
 - 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, webmail UNITN, ecc.

{kiraly,locigno}@disi.unitn.it 71

Protocollo POP3

Fase di autorizzazione

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

Fase di transazione

- Comandi del 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
          
```

{kiraly,locigno}@disi.unitn.it 72

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 sul client e ne mantiene una copia sul server
- 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

{kiraly,locigno}@disi.unitn.it 73



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.x VoIP e SIP

{kiraly,locigno}@disi.unitn.it 74



DNS: Domain Name System

Persone:

- molti identificatori:
 - nome, codice fiscale, numero della carta d'identità, ecc.

Host e router di Internet:

- indirizzo IP (32 bit) - usato per indirizzare i datagrammi
 - Esempio: 193.205.194.4
 - Utilizzato a livello IP (anche a livello trasporto)
- <http://193.205.194.4/>
- kiraly@193.205.194.4
- "nome", ad esempio, disi.unitn.it, www.yahoo.com
 - Usato dagli esseri umani

{kiraly,locigno}@disi.unitn.it 75



DNS: Domain Name System

Domain Name System:

- **Servizio:** traduzione "nome" -> indirizzo IP
- **Architettura:** Database distribuito implementato in una gerarchia di **server DNS**
- **Protocollo:** protocollo a livello di applicazione che consente agli host e ai server DNS di comunicare per **risolvere** i nomi (tradurre indirizzi/nomi)
 - funzione vitale(?) di Internet implementata come protocollo a livello di applicazione

{kiraly,locigno}@disi.unitn.it 76 

DNS: FQDN

FQDN: Fully Qualified Domain Name

- Esempio: alpha.science.unitn.it
- Gerarchico:
 - it: Top Level Domain (TLD)
 - Gestito da un ente nazionale
 - unitn.it
 - Gestito da UNITN
 - science.unitn.it
 - Gestito da CISCA, Presidio I.T. del Polo di Collina
 - alpha.science.unitn.it
 - FQDN di un host gestito da CISCA

{kiraly,locigno}@disi.unitn.it 77 

Database distribuiti e gerarchici

Di competenza (authoritative) **Server DNS radice** **Top-level domain (TLD)**

Server DNS com Server DNS org Server DNS edu

Server DNS di yahoo.com Server DNS di amazon.com Server DNS di pbs.org Server DNS di poly.edu Server DNS di umass.edu

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

Ogni ISP ha un proprio server DNS locale

{kiraly,locigno}@disi.unitn.it 78 

DNS

Servizi DNS

- Traduzione degli hostname in indirizzi IP
- Host aliasing
 - un host può avere più nomi
- Mail server aliasing
 - indica il server di posta elettronica per un certo dominio
- Distribuzione locale
 - server web replicati: insieme di indirizzi IP per un unico nome canonico

Perché non centralizzare DNS?

- singolo punto di guasto
- volume di traffico
- database centralizzato distante
- aggiornamento frequente

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

{kiraly,locigno}@disi.unitn.it 79

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

{kiraly,locigno}@disi.unitn.it 80

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 it, 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

{kiraly,locigno}@disi.unitn.it 81

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

{kiraly,locigno}@disi.unitn.it 82 UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRENTO

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"

{kiraly,locigno}@disi.unitn.it 83 UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRENTO

Esempio

Query ricorsiva:

- Affida il compito di tradurre il nome al server DNS contattato
- Il server contattato risponde con l'indirizzo IP di gaia.cs.umass.edu
- "Io non conosco questo nome, ma posso procurarlo"

{kiraly,locigno}@disi.unitn.it 84 UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRENTO

Esempio

Query:

- Ricorsiva per il server DNS locale
- Iterativa per il server DNS radice

Server DNS radice

Server DNS locale
dns.poly.edu

Server DNS TLD

Server DNS di competenza
dns.cs.umass.edu

Host richiedente
cis.poly.edu

gaia.cs.umass.edu

{kiraly,locigno}@disi.unitn.it 85 UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRENTO

DNS: caching e aggiornamento dei record

- Una volta che un server DNS impara la mappatura (=associazione nome-indirizzo IP), 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>

{kiraly,locigno}@disi.unitn.it 86 UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRENTO

Record DNS

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

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

- Type=A
 - name è il nome dell' host
 - value è l' indirizzo IP
- Type=NS
 - name è il dominio (ad esempio foo.com)
 - value è il nome dell'host del server di competenza di questo dominio
- Type=CNAME
 - 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
 - value è il nome del server di posta associato a name

{kiraly,locigno}@disi.unitn.it 87 UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRENTO

Aliasing (esempio)

La società Barsport possiede due calcolatori:
 1. *hobbes.barsport.com*
 2. *calvin.barsport.com*

Decide di installare un server web su *hobbes.barsport.com* e di assegnargli il nome *www.barsport.com*

Soluzioni:

- cambiare il nome di *hobbes.barsport.com*
- aggiungere un record CNAME corrispondente a *www.barsport.com* che punta a *hobbes.barsport.com*:

(*www.barsport.com*, *hobbes.barsport.com*, CNAME)
 (*hobbes.barsport.com*, 123.144.134.211, A) **record preesistente**

{kiraly,locigno}@disi.unitn.it 88



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(0) / risposta(1)
 - richiesta di ricorsione
 - ricorsione disponibile
 - risposta di competenza

Identificazione	Flag
Numero di domande	Numero di RR di risposta
Numero di RR autorevoli	Numero di RR addizionali
Domande (numero variabile di domande)	
Risposte (numero variabile di record di risorsa)	
Competenza (numero variabile di record di risorsa)	
Informazioni aggiuntive (numero variabile di record di risorsa)	

} 12 byte

{kiraly,locigno}@disi.unitn.it 89



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

Identificazione	Flag
Numero di domande	Numero di RR di risposta
Numero di RR autorevoli	Numero di RR addizionali
Domande (numero variabile di domande)	
Risposte (numero variabile di record di risorsa)	
Competenza (numero variabile di record di risorsa)	
Informazioni aggiuntive (numero variabile di record di risorsa)	

} 12 byte

{kiraly,locigno}@disi.unitn.it 90



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)
- Inseriamo nel server di competenza `dns1.networkutopia.com` un record tipo A per `www.networkutopia.com` e un record tipo MX per `networkutopia.com`
- Forniamo a registrar i nomi e gli indirizzi IP dei server DNS di competenza
 - Registrar inserisce due RR nel server TLD com:


```
(networkutopia.com, dns1.networkutopia.com, NS)
(dns1.networkutopia.com, 212.212.212.1, A)
```

{kiraly,locigno}@disi.unitn.it 91

Inserire record nel database DNS (esempio)

TLD com

```
(networkutopia.com, dns1.networkutopia.com, NS)
(dns1.networkutopia.com, 212.212.212.1, A)
```

dns1.networkutopia.com
(server di competenza per networkutopia.com)

```
(www.networkutopia.com, 1111.1111.1111.1111, A)
(networkutopia.com, 2222.2222.2222.2222, MX)
```

↔
→
www.networkutopia.com

{kiraly,locigno}@disi.unitn.it 92

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.x VoIP e SIP

{kiraly,locigno}@disi.unitn.it 93

VoIP: Voice over IP

- Nell'ottica IP la telefonia costituisce un "normale" servizio applicativo
- Realizzato con protocolli applicativi (end-to-end)
- La "visione" IETF
 - La connettività è tramite protocollo IP (fornisce il servizio end-to-end)
 - l'intelligenza è ai bordi della rete (nei terminali) e non nascosta nella rete
 - Protocolli piccoli e mono-funzionali
 - Modularità

{kiraly,locigno}@disi.unitn.it 94

VoIP e SIP: Session Initiation Protocol

- Concetti principali:
 - Sessione:
 - Chiamata con 2 (o più) utenti
 - Diversi "media stream"
 - Generati da diversi utenti
 - Audio + video
 - Segnalazione "out-of-band"
 - Separazione della gestione di una sessione da trasferimento media
- Protocolli:
 - Segnalazione:
 - SIP: Session Initiation Protocol (RFC 2543, marzo 1999)
 - SDP: Session Description Protocol
 - SAP: Session Announcement Protocol
 - Trasporto voce:
 - RTP/RTCP

{kiraly,locigno}@disi.unitn.it 95

SIP: caratteristiche generali

- Protocollo **client - server**
- Utilizzato per **"invitare"** gli utenti a sessioni multimediali
- Utilizza concetti simili a HTTP
- Indipendente dal trasporto
- Scalabile e modulare
- Fa da "collante" per altri protocolli multimediali e per il trasporto

{kiraly,locigno}@disi.unitn.it 96

SIP: Elementidell'architettura

- User Agent (o end system)
 - Client: Invia le richieste SIP
 - Server: Soddisfa le richieste di chiamata entranti
- SIP Redirect Server
 - Redirige una chiamata su un altro server
- SIP Proxy Server
 - Invia la richiesta ad un altro server
- SIP Registrar
 - accept registration requests from users
 - maintains user' s whereabouts at a Location Server

{kiraly,locigno}@disi.unitn.it 97

SIP: Indirizzi e Metodi

- Gli indirizzi sono URI (Universal Resource Identifier):
 - sip:jdrosen@bell-labs.com:5067
 - sip:ann:passwd@lucent.com
- 6 metodi:
 - INVITE: Inizia o invita ad una conferenza
 - BYE: Termina la partecipazione ad una conferenza
 - CANCEL: Termina una ricerca
 - OPTIONS: Interroga un client sulle sue "capabilities"
 - ACK: Accetta la chiamata (invito)
 - REGISTER: Informa un SIP server sulla posizione di un utente

{kiraly,locigno}@disi.unitn.it 98

SIP: Esempio di una chiamata vocale

RTP/RTCP: pacchetti e controllo voce

SIP: INVITE + SDP + SAP

SIP: ACK

SIP: BYE

SIP: OPTIONS

{kiraly,locigno}@disi.unitn.it 99



SIP: Sintassi dei messaggi

- La sintassi è ripresa da HTTP:

```

INVITE gerla@cs.ucla.edu SIP/2.0
From: locigno@disi.unitn.it (Renato Lo Cigno)
Subject: Next visit to L.A.
To: gerla@cs.ucla.edu (Mario Gerla)
Call-ID: 1999284605.56.86@
Content-type: application/sdp
CSeq: 4711
Content-Length: 187
  
```

{kiraly,locigno}@disi.unitn.it 100 



Session Description Protocol

- Sintassi testuale per descrivere sessioni multimediali unicast e multicast
- Caratteristiche base
 - Descrive i flussi Audio/Video che formano la sessione ed i relativi parametri
 - Contiene gli indirizzi di destinazione dei diversi stream
 - "Governa" i tempi di inizio e fine di ogni sessione
 - Molto semplice

{kiraly,locigno}@disi.unitn.it 101 



SDP: an example

```

v=0 Protocol version
o= ghittino 28908044538 289080890 IN IP4 93.175.132.118
  <username> <session id> <version> <network type> <address>
s=SIP Tutorial Session name
e=ghittino@csp.it Email address
c=IN IP4 126.16.69.4 Connection information
t=28908044900 28908045000 Time the session is active
  (start - stop)
m=audio 49170 RTP/AVP 0 98 Media name and transport address
a=rtpmap:98 L16/11025/2 Media attribute line
  
```

{kiraly,locigno}@disi.unitn.it 102 

Proxy Server Functionality

- Ha la funzione di "rendezvous point", ovvero di locazione (virtuale) dove un dato chiamato è sempre (nello spazio e nel tempo) logicamente reperibile
- Ha funzioni di instradamento dell' applicazione, cioè definisce dove uan chiamata (a quale UA oppure proxy/redirect server) deve essere inoltrata una chiamata entrante
- Questa funzione è dinamica e programmabile
- Forking: Consente di "tentare" diverse terminazioni/destonazioni in parallelo o in sequenza (es. group calls)
- E' in genere il punto in cui vengono svolte le operazioni di AAA

{kiraly,locigno}@disi.unitn.it 103

SIP Message Structure

Request Method	Response Status
<p>INVITE sip:UserB@there.com SIP/2.0</p> <p>Via: SIP/2.0/UDP here.com:5060 From: BigGuy <sip:UserA@here.com> To: LittleGuy <sip:UserB@there.com> Call-ID: 12345678@here.com CSeq: 1 INVITE Subject: Happy Christmas Contact: SigGuy <sip:UserA@here.com> Content-Type: application/sdp Content-Length: 147</p>	<p>SIP/2.0 200 OK</p> <p>Via: SIP/2.0/UDP here.com:5060 From: BigGuy <sip:UserA@here.com> To: LittleGuy <sip:UserB@there.com>;tag=65a35 Call-ID: 12345678@here.com CSeq: 1 INVITE Subject: Happy Christmas Contact: LittleGuy <sip:UserB@there.com> Content-Type: application/sdp Content-Length: 134</p>
<p>v=0 o=UserA 2890844526 2890844526 IN IP4 here.com s=Session SDP c=IN IP4 100.101.102.103 t=0 m=audio 49172 RTP/AVP 0 a=rtpmap:0 PCMU/8000</p>	<p>v=0 o=UserB 2890844527 2890844527 IN IP4 there.com s=Session SDP c=IN IP4 110.111.112.113 t=0 0 m=audio 3456 RTP/AVP 0 a=rtpmap:0 PCMU/8000</p>

"receive RTP G.711-encoded audio at 100.101.102.103:49172"

{kiraly,locigno}@disi.unitn.it 104

SIP Operation in Proxy Mode

User Caller@sip.com on left-hand side is initiating a call to Callee@example.com on right-hand side; Callee registered with his server previously

The diagram illustrates the SIP signaling process in proxy mode:

- DNS SRV Query**: Caller@sip.com sends a query to the Location Server.
- Reply**: Location Server returns the IP address of the SIP Server (Callee@support.example.com).
- INVITE**: Caller@sip.com sends an INVITE message to the Proxy.
- Forwarding**: The Proxy forwards the INVITE to Callee@support.example.com.
- Response**: Callee@support.example.com sends an OK 200 response back to the Proxy.
- Forwarding**: The Proxy forwards the OK 200 response to Caller@sip.com.
- ACK**: Caller@sip.com sends an ACK message to the Proxy.
- Media Stream**: A media stream is established between Caller@sip.com and Callee@support.example.com.

{kiraly,locigno}@disi.unitn.it 105
