

Il protocollo TCP/IP

Daniele Tarchi

<http://lenst.det.unifi.it/~tarchi/>

tarchi@lenst.det.unifi.it

21 ottobre 2004

Corso di Reti di Telecomunicazioni I

1

Cenni Storici

■ Arpanet

- Alla fine degli anni '60 l'ARPA (Advanced Research Project Agency del Department of Defense) dimostra interesse per la realizzazione di una rete:
 - a commutazione di pacchetto
 - tra elaboratori eterogenei
 - con topologia magliata irregolare
 - per le istituzioni di ricerca degli USA
- ARPA finanzia alcune Università della California e la BBN (Bolt, Beranek e Newman)

21 ottobre 2004

Corso di Reti di Telecomunicazioni I

2

Cenni Storici

■ Gli anni '60

- 1965: ARPA (Advanced Research Projects Agency) sponsorizza primi studi su “reti di computer condivise”
- 1969: Dip. Difesa Americano commissiona ARPANET:
 - primi nodi: UCLA, Stanford, UCSB, Univ. Utah
 - BBN costruisce i primi “router” (o IMP, Interface Message Processors)
- 1969: primo “Request for Comment” (RFC): “Host Software” di Steve Crocker

Cenni Storici

■ Gli anni '70

- 1971: ARPANET conta 15 nodi e 23 host
- 1971: R. Tomlinson inventa la posta elettronica per inviare messaggi su reti di calcolatori
- 1973: Prima specifica di FTP
- 1974: Cerf e Kahn pubblicano le specifiche della prima versione di TCP
- 1976: la regina Elisabetta II invia un email dimostrativo

Cenni Storici

■ Gli anni '80

- 1980: Un borsista del CERN, Tim Berners-Lee, scrive un programma per collegare documenti con link ipertestuali
- 1982: TCP e IP sono definiti i protocolli di riferimento (operativi da 1/1/83)
- 1984: Introdotti DNS e USENET
- 1986: nasce NSFNET, "concorrente" di ARPANET. Il numero di host supera 10.000
- 1989: Italia e Germania sono connessi a NSFNET

Cenni Storici

■ Gli anni '90

- 1989: Tim Berners-Lee fa circolare in CERN un documento sull'Information Management attraverso ipertesti; il documento è ignorato
- 1990: nuova proposta del documento. Il nome del progetto va scelto tra "Information Mine", "Information Mesh" e "World Wide Web"
- 1990: ARPANET cessa di esistere
- 1990: nasce il primo Internet provider pubblico
- 1991 : CERN rilascia un primo browser testuale per VAX, rs6000 e Sun4, con accesso a files e news
- 1991 : nascono le prime mailing list e Usenet newsgroup con argomento il WWW
- 1992 : il numero di host supera il milione; Jean Armour Polly conia il termine "Internet surfing"
- 1993 : Marc Andreessen di NCSA sviluppa e rilascia Mosaic per Xwindow e poi per PC e Mac

Cenni Storici

- Gli anni `90
 - 1993 : il traffico Web è l'1% del traffico Internet. New York Times, The Guardian e The Economist pubblicano brevi articoli sul WWW
 - 1994 : Andreessen e alcuni colleghi lasciano NCSA e fondano la "Mosaic Communications Corp.", ora "Netscape Communications"
 - 1994 : ragioni di budget obbligano il CERN a lasciare lo sviluppo del WWW ad INRIA (Francia)
 - 1995 : Netscape batte, in diffusione, l'obsoleto Mosaic
 - 1995 : Microsoft inizia la distribuzione di Internet Explorer. Nasce la "guerra dei browser"
 - 1995 : NSFNET torna ad essere una rete per la ricerca. "Internet" si regge ormai sulle dorsali di decine di operatori internazionali
 - 1997 : nasce Internet2, per la sperimentazione di applicazioni e tecnologie di rete avanzate
 - 1999 : trentennale del primo RFC

21 ottobre 2004

Corso di Reti di Telecomunicazioni I

7

Internet

- Basata sui protocolli TCP/IP
- Comprende anche molti altri protocolli (UDP, ICMP, ARP, RIP, OSPF, protocolli di livello applicativo...), e formati (RFC 822, MIME...) tutti standard di dominio pubblico
- È una rete di "sotto-reti"
 - collega più di 110.000 sotto-reti (1997)
 - più di 50 milioni di calcolatori (1997)
- Standardizzata con RFC (Request For Comment) dalla IETF (Internet Engineering Task Force)
- Collegamenti fisici tra host e router basati su: LAN, MAN, canali punto punto in fibra o in cavo coassiale, reti X.25, ISDN, ponti radio, Frame Relay, ATM, SLIP, PPP sistema aperto
- Esistono realizzazioni TCP/IP anche per reti non standard

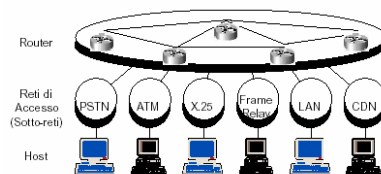
21 ottobre 2004

Corso di Reti di Telecomunicazioni I

8

Struttura

- Internet è una inter-rete
 - consente a sistemi terminali (host) appartenenti a sotto-reti eterogenee ed in continua evoluzione di scambiare Informazioni
- Non possiede un organismo centralizzato dotato di poteri di controllo.
- Lo sviluppo tecnologico si basa sul contributo degli utenti della rete stessa.
- Internet è basata sulla pila protocolli TCP/IP
- Principio di interconnessione tra sotto-reti
 - non è prevista traduzione dei protocolli



21 ottobre 2004

9

NIC/IEFT/RFC/STD

- NIC (Network Information Center)
 - Assegna i gruppi di indirizzi di rete e ha funzioni di controllo (blando) dello sviluppo di Internet
- IETF (Internet Engineering Task Force)
 - L'organismo che studia e sviluppa i protocolli in uso su Internet. Si basa su gruppi di lavoro a cui chiunque può accedere
- RFC/STD (Request For Comments e STAnDards)
 - I documenti "ufficiali" che descrivono i protocolli usati su Internet. Sono pubblicamente accessibili in rete.

21 ottobre 2004

Corso di Reti di Telecomunicazioni I

10

Struttura

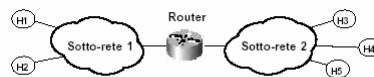
- La pila protocollare TCP/IP è logicamente situata al di sopra di qualsiasi altro protocollo di rete
 - i protocolli TCP/IP assumono che le sotto-reti non eseguano nessuna funzione a parte quella di trasferimento delle unità informative
 - esiste la possibilità di duplicazione delle funzioni tra strati TCP/IP e strati protocollari specifici di una sotto-rete
- Le entità di Internet sono gli Host e i Router
- Host
 - sono le sorgenti e le destinazioni delle informazioni
 - sono univocamente riconosciuti nella rete
- Router
 - Nodi intermedi, instradano i pacchetti IP tra le sotto-reti
 - hanno un'interfaccia per ogni sotto-rete a cui sono connessi

Principio di Interconnessione

- L'Host sorgente
 - forma il pacchetto IP diretto all'host di destinazione
 - determina se l'host di destinazione si trova sulla sua stessa sotto-rete
 - se la sotto-rete è la stessa, l'host sorgente determina l'indirizzo fisico dell'host di destinazione
 - se la sotto-rete è diversa, l'host sorgente determina l'indirizzo IP e l'indirizzo fisico del router verso cui inviare il pacchetto
 - consegna il pacchetto alla sotto-rete che lo consegnerà all'host finale o al router

Principio di Interconnessione

- Un router
 - elabora l'indirizzo dei pacchetti IP e determina la sottorete in cui si trova l'host di destinazione
 - se l'host di destinazione si trova in una delle sotto-reti a cui il router è direttamente connesso affida il pacchetto alla sotto-rete per la consegna
 - altrimenti determina il router successivo verso cui instradare un pacchetto e affida il pacchetto
- Una sotto-rete
 - trasferisce i pacchetti IP incapsulandoli nelle proprie unità dati e utilizzando i propri protocolli



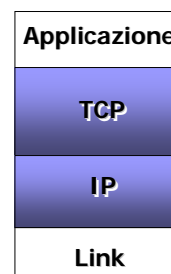
21 ottobre 2004

Corso di Reti di Telecomunicazioni I

13

Pila Protocollore di Internet

- **applicazione:** supporta le applicazioni di rete
 - ftp, smtp, http
- **trasporto:** trasferimento dati host-host
 - tcp, udp...
- **rete:** instradamento dei datagrammi dalla sorgente alla destinazione
 - IP, ICMP, ARP, RARP...
- **link:** trasferimento dati tra elementi di rete vicini
 - ppp, ethernet, ... qualunque cosa



21 ottobre 2004

Corso di Reti di Telecomunicazioni I

14

Livello Rete

- Il protocollo IP è un protocollo di strato di rete
 - opera con modalità di trasferimento senza connessione
 - offre un servizio di tipo best effort cioè non fornisce alcuna garanzia sulla QoS
 - esegue le funzioni di
 - indirizzamento
 - instradamento
- **ARP, RARP**: protocolli usati per il routing locale.
- **ICMP**: protocollo usato per test sulla rete (ping e traceroute)
- Esistono altri protocolli per il funzionamento dei gateways, dei nameservers, etc.

IPv4

- Version (4 bit): specifica la versione del protocollo;
- HLEN (4 bit): indica la lunghezza dell'header;
- type of service (8 bit): specifica la QoS;
- total length (16 bit): lunghezza totale del datagramma IP;
- identification (16 bit): identifica un datagramma;
- flag (3 bit): specifica se il datagramma è frammentato o meno;
- fragment offset (13 bit): indica la posizione del frammento;
- Time To Live (8 bit): consente di scartare pacchetti troppo vecchi;
- protocol (8 bit): specifica il protocollo di livello trasporto;
- Header Checksum (16 bit): contiene un codice a rivelazione d'errore per l'header.



IPv6

- Version (4 bit): specifica la versione del protocollo;
- Traffic Class(8 bit): specifica la QoS;
- Flow Label (20 bit): permette di trattare in maniera analoga pacchetti di una stessa connessione;
- Lunghezza Payload (16 bit): indica la lunghezza del payload;
- next header (8 bit): specifica il tipo di dati che seguono l'intestazione;
- hop limit (8 bit): indica il numero massimo di salti sorgente-destinazione;



Architettura

- Essendo Internet una rete di proporzioni enormi, ci sono i seguenti problemi:
 - Identificazione delle macchine.
 - Instradamento dei pacchetti.

Indirizzamento

- In Internet esistono 3 livelli di identificazione di un "indirizzo"
 - Indirizzo MAC (quello della scheda di rete)
 - è (solitamente) prefissato
 - Indirizzo numerico (IP Address) es: 150.217.8.24
 - è assegnato in base al tipo di rete a cui si appartiene (classe di sottorete) dal gestore della rete
 - Indirizzo alfanumerico (name) es: lenst.det.unifi.it
 - è libero (basta che sia mappato in un NameServer)
 -
- Si noti che l'unica corrispondenza biunivoca è tra l'indirizzo MAC e la scheda di rete. In tutti gli altri casi la corrispondenza non è biunivoca grazie ad alias e indirizzi multipli.
 - Un host può avere più nomi alfanumerici.
 - Un nome alfanumerico può corrispondere a più host (motivi vari).
 - Un host può avere più schede di rete, ciascuna avrà un solo indirizzo MAC.
 - Ciascuna scheda di rete avrà almeno un indirizzo IP.

Schema di indirizzamento

- Un indirizzo IP (IP Address) identifica un host
 - se un host è connesso a più di una rete (multi-homed) avrà un indirizzo IP per ogni rete
- Un indirizzo IP è unico in tutta la rete
 - ha una lunghezza di 32 bits
- L'indirizzo IP è assegnato ad una macchina su base geografica, ovvero in base alla rete a cui è agganciata
- In origine (1981) era formato da due parti
 - Net_Id: identificativo di sotto-rete
 - Host_Id: identificativo di host all'interno della sotto-rete
IP_Address = Net_Id . Host_Id
- La divisione tra Net_Id e Host_Id non è fissa

Schema di indirizzamento

- Notazione numerica, “dotted” e “mnemonica”:
 - Notazione Mnemonica lenst.det.unifi.it
 - Notazione Dotted
 - Notazione Numerica
- Gli indirizzi alfanumerici sono puramente mnemonici e NON indicano in assoluto la locazione geografica di un host.
- Un opportuno protocollo (DNS) provvede a tradurre un indirizzo numerico in mnemonico e viceversa

Schema di indirizzamento

- Per semplificare la gestione degli indirizzi IP questi sono stati suddivisi in 5 classi:
 - Classe A: net_id = 7 bit, host_id = 24 bit;
 - Serve e indirizzare 127 reti con 2^{24} host;
 - Da 1.0.0.0 a 126.0.0.0;
 - Classe B: net_id = 14 bit, host_id = 16 bit;
 - Serve e indirizzare 16000 reti con 64000 host;
 - Da 128.0.0.0 a 191.255.0.0;
 - Classe C: net_id = 21 bit, host_id = 8 bit;
 - Serve e indirizzare 2 milioni di reti con 256 host;
 - Da 192.0.0.0 a 223.255.255.0;
 - Classe D: i primi 4 bit sono 1110;
 - Serve per il multicast;
 - Da 224.0.0.0 a 239.255.255.255
 - Classe E: i primi 4 bit sono 11110;
 - Serve per usi futuri;
 - Da 240.0.0.0 a 255.255.255.254

Indirizzi Privati

- Per poter utilizzare le funzionalità offerte dal protocollo TCP/IP anche privatamente, sono stati riservati tre intervalli di indirizzi:
 - Da 10.0.0.0 a 10.255.255.255;
 - Da 172.16.0.0 a 172.31.255.255;
 - Da 192.168.0.0 a 192.168.255.255

NAT

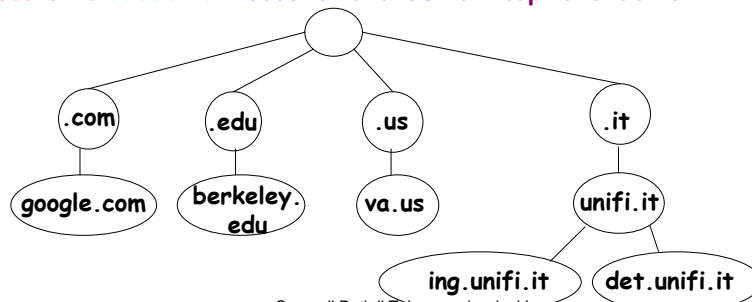
- NAT sta per Network Address Translation
- E' stato introdotto per consentire di avere un set di indirizzi interni ad una LAN e un set di indirizzi esterni;
- Una NAT box è posizionata al punto di comunicazione fra una LAN e Internet;
- Ciò consente di:
 - Avere un unico indirizzo IP per una compagnia anche se gli host interni sono molti;
 - Ciò si traduce nella condivisione della connessione;
 - Attuare tecniche di firewalling più efficaci;
- L'introduzione del NAT ha di fatto reso 'non così utile' IPv6.

DNS

- E' l'acronimo di Dynamic name Server
- Schema gerarchico di assegnazione dei nomi
- Sistema distribuito di server per associare nomi e indirizzi IP

lenst.det.unifi.it

hostname.subdomain.second-level domain.top-level domain



21 ottobre 2004

Corso di Reti di Telecomunicazioni I

25

Domini di massimo livello

.com	Organizzazioni commerciali
.edu	Istituti di istruzione (università, scuole)
.mil	Gruppi militari
.gov	Istituzioni governative (USA)
.net	Principali centri di supporto alla rete
.org	Organizzazioni diverse dalle precedenti
Codice geogr. (it, uk, us, fr, etc.)	Schema geografico per nazioni

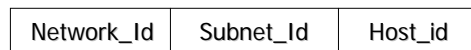
21 ottobre 2004

Corso di Reti di Telecomunicazioni I

26

Schema di indirizzamento

- La struttura di indirizzamento a due livelli gerarchici era sufficiente nella fase iniziale di Internet
- Nel 1984 è stato aggiunto un terzo livello gerarchico
 - il livello di Sottorete (Subnet)
- Si utilizzano alcuni bit dell'Host_Id per codificare il Subnet_Id
- Questo consente una gestione più flessibile degli indirizzi IP all'interno di una struttura.
- Per esempio se inizialmente una piccola ditta ha richiesto una Classe C, però ha poi la necessità di ingrandire la propria struttura userà lo schema a sottoreti senza per questo ricorrere ad una nuova Classe C, da cui la precedente sarebbe sconnessa, o ad un'intera Classe B.



21 ottobre 2004

Corso di Reti di Telecomunicazioni I

27

Instradamento

- All'accensione una macchina sa:
 - il suo indirizzo MAC
 - il suo indirizzo IP (e la rete locale a cui appartiene)
 - il suo indirizzo alfanumerico
- NON sa:
 - chi ha attorno (macchine "visibili" direttamente)
 - qual'è il modo per raggiungere l'esterno (indirizzo dei gateways)

21 ottobre 2004

Corso di Reti di Telecomunicazioni I

28

Instradamento

- Un cammino attraversato da un *datagramma* IP è composto da sotto-reti interconnesse da router
- Un datagramma è interpretato da una sotto-rete come un'unità di dati di servizio (SDU)
- Una sotto-rete consegna la SDU al router successivo o alla destinazione (se la destinazione è all'interno della sottorete) utilizzando i propri meccanismi protocollari
- Due tipi di instradamento
 - diretto
 - indiretto

Instradamento diretto

- si applica quando il pacchetto deve essere rilanciato nella sotto-rete di destinazione
- l'host di destinazione è connesso alla stessa sotto-rete dell'host sorgente o del router che emette il *datagramma*
- Il trasferimento dei *datagrammi* IP non coinvolge router intermedi
- E' necessaria la traduzione dell'indirizzo IP dell'host di destinazione nel suo indirizzo fisico (es. indirizzo MAC)
- Il *datagramma* IP viene incapsulato nell'unità dati della sotto-rete che viene inviata direttamente all'host di destinazione
- L'instradamento all'interno della sotto-rete utilizza i meccanismi specifici della sotto-rete

Instradamento indiretto

- si applica quando il pacchetto deve essere instradato in sotto-reti diverse da quella di destinazione
- quando l'host di destinazione è connesso ad una sotto-rete diversa da quella dell'host sorgente o del router che emette il datagramma
- L'host mittente identifica il router a cui inviare il datagramma IP ed individua il suo indirizzo fisico
- Il router esamina il datagramma IP ricevuto e decide il router successivo verso cui instradarlo
 - l'instradamento attraverso la sotto-rete che connette i due router avviene secondo i meccanismi della sottorete
- Il processo si ripete di router in router sino alla sotto-rete di destinazione
 - nella sotto-rete di destinazione è utilizzato l'instradamento diretto