

Reti di Calcolatori

Introduzione, Architetture e Protocolli (OSI, TCP/IP, IP, ARP, DNS, TCP/UDP)

Corso: Sistemi di Calcolo 2

Docente: Riccardo Lazzeretti

Fonti principali: W.R. Stevens *Unix Network Programming*; Peterson–Davie *Computer Networks: A Systems Approach*; A. S. Tanenbaum, D. Wetherall *Computer Networks*; W. Stallings *Operating Systems, c*

Indice

1	Introduzione e fonti	2
2	Applicazioni di rete e modelli di servizio	2
2.1	Applicazioni <i>business</i> (client–server)	2
2.2	Applicazioni <i>home</i> (peer-to-peer)	2
3	Classificazione delle reti per scala	2
3.1	Internet Service Provider e POP	2
3.2	Rete geografica e backbone	3
3.3	Esempio: Global IP Backbone (caso Google)	3
4	Architettura di Internet e <i>last/first mile</i>	3
4.1	Architettura a tre livelli	3
5	Gerarchie di protocollo	3
5.1	Metafora filosofo–traduttore–segretario	3
5.2	Strati, protocolli e interfacce	3
6	Il modello di riferimento OSI	3
6.1	Principi dei sette livelli	3
6.2	Profilo utente: commutazione di pacchetto e di circuito	3
6.3	Critiche al modello/protocolli OSI	3
7	Struttura a tre livelli di una rete di calcolatori	4
7.1	Aree funzionali	4
7.2	Problemi comuni: indirizzamento	4
8	Interoperabilità di trasporto: Internet vs OSI	4
9	Architettura TCP/IP e Internet	4
9.1	Stack TCP/IP	4
9.2	Esempi di <i>protocol stack</i>	4
10	Basi di TCP/IP: il protocollo IP	4
10.1	Ruolo e proprietà di IP	4
10.2	Incapsulamento dati	4
10.3	Funzionamento IP: trasmissione e ricezione	5
10.4	Indirizzamento IP	5
10.5	Header IP	5

11 ARP: Address Resolution Protocol	5
11.1 Funzione	5
11.2 Operativa (descrizione delle figure)	5
12 Inoltro (forwarding) IP	5
12.1 Forwarding diretto (stessa subnet)	5
12.2 Forwarding indiretto (gateway di default)	5
13 Strato di Trasporto	5
13.1 Porte e 5-tuple	5
13.2 Segmento TCP e header	6
13.3 UDP	6
14 Domain Name System (DNS)	6

1 Introduzione e fonti

Queste note riorganizzano e traducono le slide del modulo *Rete*. I materiali originali citano come riferimenti: Stevens, Peterson–Davie, Tanenbaum & Wetherall, Stallings. Le figure e i diagrammi presenti nelle slide sono qui sostituiti da descrizioni testuali essenziali per mantenere il contenuto informativo.

2 Applicazioni di rete e modelli di servizio

2.1 Applicazioni *business* (client–server)

Descrizione delle figure: (1) rete con due client ed un server; (2) modello client–server con richieste e risposte che attraversano la rete. Il client invia una *request* su un canale di trasporto verso il server; il server elabora e invia una *reply*.

2.2 Applicazioni *home* (peer-to-peer)

Descrizione della figura: in un sistema *peer-to-peer* non ci sono ruoli fissi di client e server; i nodi possono fungere da entrambi a seconda del contesto (p.es. condivisione file tra pari).

3 Classificazione delle reti per scala

- **PAN** (Personal Area Network): es. Bluetooth; *figura:* topologia PAN con dispositivi personali connessi a corto raggio.
- **LAN** (Local Area Network): sia via cavo (Ethernet commutata) sia wireless (802.11). *Figure:* (a) 802.11; (b) Ethernet commutata. **802.11 – note:** *multipath fading* (propagazione multi-percorso) e copertura limitata del singolo radio, mitigata da AP multipli/mesh.
- **MAN** (Metropolitan Area Network): *figura:* rete basata su infrastruttura via cavo TV.
- **WAN** (Wide Area Network): *figura:* (1) collegamento tra sedi geografiche; (2) uso della rete di un ISP; (3) uso di VPN per interconnettere sedi tramite Internet pubblica.

3.1 Internet Service Provider e POP

Descrizione: architettura ISP con punti di presenza (POP), dorsali in fibra/xDSL per l’accesso; la “Big Internet” interconnette ISP multipli tramite NAP/peering.

3.2 Rete geografica e backbone

Descrizione: area di utente, area di accesso, rete locale, *backbone* con nodi di comunicazione; legende con unità di accesso, terminali d'utente e nodi del sottosistema di comunicazione.

3.3 Esempio: Global IP Backbone (caso Google)

Sintesi dal testo delle slide: l'azienda (Google) gestisce essenzialmente due grandi reti: una che connette gli utenti ai servizi (Search, Gmail, YouTube, ...) e una *interna* che interconnette i data center. Il traffico interno, spesso *bursty*, deve essere ingegnerizzato (traffic engineering) e può richiedere lo spostamento di molti petabyte (indici web, backup di Gmail) da una sede all'altra.

4 Architettura di Internet e *last/first mile*

4.1 Architettura a tre livelli

Figura: architettura con *first mile*, *backbone*, *last mile*; le tre zone sono potenziali **colli di bottiglia**.

Mitigazioni hardware: aumentare la banda di accesso (first/last mile); miglioramenti infrastrutturali del backbone (a carico degli ISP).

Mitigazioni software: **Content Delivery Networks** e caching *near-user* (es. Akamai), analogia con le gerarchie di cache nelle CPU.

5 Gerarchie di protocollo

5.1 Metafora filosofo–traduttore–segretario

Descrizione: catena di trasformazioni a livelli, ciascuno con interfacce e protocolli ben definiti.

5.2 Strati, protocolli e interfacce

Figura: flusso d'informazione che supporta comunicazione virtuale a livello 5 (sessione/applicazione), con incapsulamento/decapsulamento tra livelli adiacenti.

6 Il modello di riferimento OSI

6.1 Principi dei sette livelli

- Strati creati per astrazioni diverse.
- Ogni strato ha una funzione ben definita, standardizzabile.
- Minimizzare il flusso informativo tra confini (interfacce strette).
- Numero di strati ritenuto *ottimo* per coprire le funzioni necessarie.

6.2 Profilo utente: commutazione di pacchetto e di circuito

Descrizione: esempi di *profili* di protocollo per il piano utente con commutazione di pacchetto o di circuito; ripetizione di blocchi OSI tra terminali e nodi di rete.

6.3 Critiche al modello/protocolli OSI

Elenco dalle slide: *Bad timing, bad technology, bad implementations, bad politics* (ragioni storiche e di adozione).

7 Struttura a tre livelli di una rete di calcolatori

7.1 Aree funzionali

Area Applicativa; Interoperabilità del trasporto dell'informazione; Infrastruttura di trasporto dell'informazione.

Figure: versioni che mappano i livelli OSI/Internet sui tre strati, nonché esempi (Token-Ring, ATM, Ethernet) e astrazioni *host-to-host* e *process-to-process*.

7.2 Problemi comuni: indirizzamento

Figure: esempi di indirizzamento a vari livelli: DNS (es. `www.uniroma1.it`), IP (es. `151.100.16.1`), MAC (es. `ABC123578ABB`).

8 Interoperabilità di trasporto: Internet vs OSI

Figure: tabella di corrispondenza tra livelli Internet (applicazione, trasporto, internetwork IP, interfaccia di rete) e livelli OSI.

9 Architettura TCP/IP e Internet

9.1 Stack TCP/IP

Figure: pila con **application**, **transport** (TCP/UDP), **IP**, **network interface**; interconnessione di reti eterogenee (rete 1, 2, 3).

9.2 Esempi di *protocol stack*

Esempi: `http`, `smtp`, `rpc` sopra `tcp/udp`, sopra `ip`, sopra tecnologie di collegamento (`eth`, 802.11, X.25, Frame Relay, ATM); bridge/switch 802.1 per interconnessioni LAN.

10 Basi di TCP/IP: il protocollo IP

10.1 Ruolo e proprietà di IP

IP “copre” le disomogeneità della rete sottostante fornendo:

- **Indirizzamento di rete** omogeneo.
- **Instradamento** dei pacchetti (*routing*).

Proprietà: senza connessione (datagrammi), *best effort*. Possibili perdite, riordinamenti, duplicazioni, ritardi arbitrari.

Compatibilità con hardware sottostante: frammentazione/riassemblaggio; risoluzione degli indirizzi dei livelli inferiori (ARP).

10.2 Incapsulamento dati

Figure: sequenza *app* → segmenti TCP/UDP → datagrammi IP → frame Ethernet; definizione di *TCP segment*, *IP datagram*, *Ethernet frame*.

10.3 Funzionamento IP: trasmissione e ricezione

Trasmissione: riceve dal trasporto, aggiunge header, applica il routing e inoltra verso l'interfaccia appropriata.

Ricezione: verifica datagram, controlla l'indirizzo di destinazione, consegna al protocollo di trasporto individuato rimuovendo l'intestazione.

10.4 Indirizzamento IP

Schema `Net-id | Host-id` a 32 bit. *Figura:* classi storiche A/B/C/D/E (con range e bit di prefisso) come da tabella delle slide.

10.5 Header IP

Layout: versione, IHL, tipo di servizio (ToS/DS), lunghezza totale; identificativo, flag, offset frammento; TTL, protocollo, checksum intestazione; indirizzi IP sorgente/destinazione; opzioni e padding.

11 ARP: Address Resolution Protocol

11.1 Funzione

Risoluzione $IP \rightarrow MAC$ sulla stessa rete di livello 2.

11.2 Operativa (descrizione delle figure)

- **Richiesta ARP:** host A invia *broadcast* (Who has IP-X?) sulla LAN; gli altri host ricevono.
- **Risposta ARP:** il possessore dell'IP risponde *unicast* (IP-X is at MAC-Y) ad A.

12 Inoltro (forwarding) IP

12.1 Forwarding diretto (stessa subnet)

Esempio delle slide: subnet 192.168.10.0/24. Sorgente 192.168.10.10 invia a 192.168.10.35; gli indirizzi MAC di sorgente/destinazione sono quelli degli host finali (MAC-S, MAC-D).

12.2 Forwarding indiretto (gateway di default)

Esempio delle slide: sorgente 192.168.10.10 invia a 192.168.11.90 attraverso il *default gateway*.

Passi: (1) frame L2 da host sorgente al gateway locale (MAC-S \rightarrow MAC-GW); (2) router inoltra verso la rete di destinazione con nuovo frame L2 (MAC-Router \rightarrow MAC-Destinazione), mantenendo IP sorgente/destinazione inalterati.

13 Strato di Trasporto

13.1 Porte e 5-tuple

Figura: coppie (IP client, porta client) – (IP server, porta server); multiplex/demultiplex dei flussi a cura del trasporto.

13.2 Segmento TCP e header

Figure: struttura del segmento TCP (header + dati) incapsulato in IP.

Caratteristiche TCP: orientato alla connessione, *byte-stream*, duplex completo, controllo di flusso (evita overflow del ricevente), controllo di congestione (evita saturazione della rete).

13.3 UDP

Protocollo minimale, *connectionless*; nessuna garanzia su consegna/ordine/duplicazione; utile per applicazioni transazionali e multicast.

14 Domain Name System (DNS)

Richiamo finale: sistema gerarchico di nomi di dominio che mappa nomi simbolici (es. `www.uniroma1.it`) in indirizzi IP.