

Reti di Calcolatori e Laboratorio

Federico Matteoni

Indice

1	Introduzione	2
2	Obiettivi e programma	2
3	Modelli Stratificati	2
3.0.1	Stack TCP/IP	2
4	Rete	3
4.1	Tipi di Rete	3
4.2	Internetwork	3
4.3	Switching	3
5	Modelli Stratificati	5
5.1	Protocollo	5
5.2	Incapsulamento	5
5.3	Perché stratificare	5
5.3.1	Separation of Concern	5
5.3.2	Information Hiding	5
5.4	OSI RM (Open Systems Interconnection Reference Model)	5
5.5	Protocolli	6
5.5.1	Pila di protocolli	6
6	Flusso dell'Informazione	6
7	Stack protocollare TCP/IP	6

1 Introduzione

Appunti del corso di **Reti di Calcolatori** presi a lezione da **Federico Matteoni**.

Prof.: **Federica Paganelli**, federica.paganelli@unipi.it

Riferimenti web:

- elearning.di.unipi.it/enrol/index.php?id=109
Password: **RETI2019**

Esame: scritto (o compitini), discussione orale facoltativa + progetto con discussione (progetto + teoria di laboratorio, progetto da consegnare 7gg prima della discussione)

Libri e materiale didattico:

- Slide su eLearning
- IETF RFC
tools.ietf.org/rfc
www.ietf.org/rfc.html
- "Computer Networks: A Top-Down Approach" B. A. Forouzan, F. Mosharraf, McGraw Hill

Ricevimento: stanza 355 DO, II piano

2 Obiettivi e programma

Obiettivi: concetti chiave delle reti con TCP/IP come riferimento

3 Modelli Stratificati

Perché un modello a strati Per mandare dati da un host all'altro comunicando su rete si devono eseguire una serie di operazioni: trovare il percorso di rete da attraversare, decidere in che modo spedire e codificare i dati, risolvere eventuali problemi di comunicazione e altro ancora. Programmare ogni volta tutto il procedimento è un lavoro estremamente complesso e ripetitivo. Il modello a strati **astrae su più livelli il problema della trasmissione dati** in modo da fornire di volta in volta strumenti al programmatore per poter evitare di "*reinventare la ruota*".

Definizioni generali Nell'architetture di comunicazione a strati sono importanti una serie di definizioni:

- Stratificazione
- Information hiding
- Separation of concern
- Modello ISO/OSI
- Stack TCP/IP

Tali definizioni verranno viste durante il corso.

3.0.1 Stack TCP/IP

Livello Applicativo Il livello più alto, con il quale interagisce l'utente

Identificativi risorse: URL, URI, URN

Il web: user agents, http: request, response, connessioni persistenti, GET, POST, PUT, DELETE, status code, proxy server, caching

FTP: connessioni dati e di controllo, rappresentazione

TELNET

Posta elettronica: SMTP, POP3, IMAP

DNS e risoluzioni nomi: gerarchia nomi, risoluzione iterativa e ricorsiva, formato messaggi, nslookup...

Livello Trasporto Livello al quale si definisce la codifica e il protocollo di trasporto

Servizi: mux demux, controllo errore, connectionless

TCP: formato segmenti, gestione connessione, controllo flusso e congestione

UDP: formato segmenti

Livello Rete Dove si gestisce l'indirizzamento dei vari host

strato di rete e funzioni

indirizzamento ip: classful IPv4, NAT, sottoreti e maschere, classless, CIDR

risoluzione IP e MAC, ARP

IPv4: formato datagramma ip, frammentazione

routing IP e istradamento

introduzione IPv6

Link Il livello più basso, dove avviene la vera e propria comunicazione a livello elettrico

Cenni livello link

Ethernet

4 Rete

Rete, definizione Interconnessione di dispositivi in grado di scambiarsi informazioni, come terminali (**end system**), router, switch e modem.

I **sistemi terminali** possono essere host o server:

- **Host:** macchina in genere di proprietà degli utenti, dedicata ad eseguire applicazioni (desktop, laptop, smart-phone...)
- **Server:** macchina con elevate prestazioni destinato a fornire servizi a diverse applicazioni (es. e-mail, web...)

Con il termine host si può anche indicare un server, per questo **è usato come termine generico per indicare un dispositivo connesso**.

4.1 Tipi di Rete

Local Area Network Una **LAN è una rete di area geografica limitata**: un ufficio, una casa ecc.. I dispositivi comunicano attraverso una determinata tecnologia: switch, BUS, HUB ecc..

In una rete locale tipicamente una serie di host comunicano tra loro, ad esempio, attraverso uno switch centrale.

Wide Area Network

4.2 Internetwork

Reti collegate fra loro: es 4 WAN collegate punto a punto e tre LAN collegate alle WAN

4.3 Switching

Una rete internet è formata dall'interconnessione di reti composte da link e dispositivi capaci di scambiarsi informazioni. In particolare, i sistemi terminali comunicano tra di loro per mezzo di dispositivi come switch, router ecc. che si trovano nel percorso tra i sistemi sorgente e destinazione.

Switched Network Reti a commutazione di circuito, tipico delle vecchie reti telefoniche

Le risorse sono riservate end-to-end per una connessione. Le risorse di rete (es. bandwidth) vengono suddivise in pezzi, e ciascun pezzo è allocato ai vari collegamenti. Le risorse rimangono inattive se non vengono utilizzate, cioè **non c'è condivisione**. L'allocazione della rete rende necessario un setup della comunicazione.

A tutti gli effetti vi è un circuito dedicato per tutta la durata della connessione. Ciò rende poco flessibile l'utilizzo delle risorse (**overprovisioning**).

Packet-Switched Network Reti a commutazione di pacchetto, più moderno

Flusso di dati punto-punto suddiviso in pacchetti. I pacchetti degli utenti condividono le risorse di rete. Ciascun pacchetto utilizza completamente il canale.

Store and Forward: il commutatore deve ricevere l'intero pacchetto prima di ritrasmetterlo in uscita.

Le risorse vengono usate **a seconda delle necessità**. Vi è **contesa per le risorse**: la richiesta di risorse può eccedere la disponibilità e si può verificare **congestione** quando i pacchetti vengono accodati in attesa di utilizzare il collegamento. Si possono anche verificare perdite.

16/09/19 Chiave elearning: RETI2019 Introduzione Una rete è un'interconnessione di dispositivi in grado di scambiarsi informazioni, quali sistemi terminali (end system), router, switch e modem. I sistemi terminali possono essere di due tipi: host o server. • Un host è una macchina in genere di proprietà degli utenti e dedicata ad eseguire applicazioni, quale un computer desktop, un portatile, un cellulare o un tablet. • Un server è tipicamente un computer con elevate prestazioni destinato a eseguire programmi che forniscono servizio a diverse applicazioni utente come, per esempio, la posta elettronica o il web. Il termine host può essere usato anche per indicare un server.

Una internet è data dall'interconnessione di reti, composte da link e dispositivi capaci di scambiarsi informazioni. In particolare, i dispositivi si distinguono in sistemi terminali che comunicano tra di loro per mezzo di dispositivi come switch e router che si trovano nel percorso o rotta tra i sistemi sorgente e destinazione. Prendiamo in analisi due tipi di circuiti: • Circuit-switched network o reti a commutazione di circuito. Usano risorse riservate end to end per una connessione, quindi le risorse di rete (larghezza di banda, bandwidth) sono suddivise a "pezzi". A ciascun "pezzo" viene allocato ai vari collegamenti; le risorse rimangono inattive se non utilizzate. La performance è garantita dal tipo di circuito. È necessario il setup della comunicazione • Packet-switching network o reti a commutazione di pacchetto. Il flusso dei dati punto-punto viene suddiviso in pacchetti. I pacchetti degli utenti A e B condividono le risorse di rete, e ciascun pacchetto utilizza completamente il canale. Proprietà di store and forward: il commutatore (come ad esempio un router) deve ricevere l'intero pacchetto prima di poter iniziare a trasmettere sul collegamento in uscita. In tale contesto le risorse vengono usate a seconda delle necessità, non c'è uno spreco di risorse se gli utenti sono inattivi. Di contro abbiamo una contesa per le risorse: la richiesta di risorse può eccedere il quantitativo disponibile, quindi è possibile che ci sia un problema di congestione cioè un accodamento di pacchetti che rimangono in attesa per l'utilizzo del collegamento.

17/09/19 Internet Una internet è costituita da due o più reti interconnesse. L'internet più famosa è chiamata Internet ed è composta da migliaia di reti interconnesse. Ogni rete connessa a Internet deve usare IP e rispettare certe convenzioni su nomi e indirizzi. Nuove reti si aggiungono facilmente. *I dispositivi di connessione possono essere host, end system come pc, workstation*. I link di comunicazione possono essere fibre ottiche, doppini telefonici, cavi coassiali, onde radio. I router instradano i pacchetti (sequenze) di dati attraverso la rete. Le entità software possono essere: • applicazioni e processi • Protocolli: regolamentano la trasmissione e la ricezione di messaggi (tcp, ip, http, ftp, ppp) • Interfacce: definite in seguito, sono le membrane che separano gli strati. • Standard Internet e del web: RFC (Request for comments), W3C.

Che cosa è internet? Una visione dei servizi. L'infrastruttura di comunicazione permette le applicazioni distribuite per scambio di informazioni (www, email giochi, e-commerce, database, controllo remoto, etc). Fornisce servizi di comunicazione per le applicazioni: connectionless (senza garanzia di consegna) o connection-oriented (garantiti in integrità, completezza ed ordine).

IETF 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 I documenti ufficiali ... (slide con vista gerarchica di internet) Internet è una internetwork che consente a qualsiasi utente di farne parte. L'utente tuttavia deve essere fisicamente collegato a un ISP. Il collegamento che connette l'utente al primo router di Internet è detto rete di accesso. Rete di accesso: • accesso via rete telefonica • ADSL • accesso tramite reti wireless o reti mobili • Collegamento diretto: collegamento WAN dedicati ad alta velocità (aziende, università).

Metriche di riferimento Le prestazioni della rete si misurano in: • larghezza di banda • throughput • latenza

Larghezza di banda (bandwidth): larghezza dell'intervallo di frequenze utilizzato dal sistema trasmissivo misurato in Hz. Bit o transmission rate: quantità di dati (bit) che possono essere trasmessi ("inseriti nella linea") o ricevuti nell'unità di tempo (bit/secondo o bps). Bitrate dipende dalla bandwidth e dalla tecnica trasmissiva usata.

Il throughput è la quantità di traffico che arriva realmente a destinazione nell'unità di tempo. Non è corrispondente uno a uno alla larghezza di banda poiché ci potrebbe essere un collo di bottiglia nella connessione (vedi slides per chiarezza).

La latenza è il tempo richiesto affinché un messaggio arrivi a destinazione dal momento in cui il primo bit parte dalla sorgente. Latenza = ritardo di propagazione + ritardo di trasmissione + ritardo di accodamento + ritardo di elaborazione.

I pacchetti si accodano nei buffer dei router. Il tasso di arrivo dei pacchetti sul collegamento eccede la capacità del collegamento di evaderli. In questo modo i pacchetti si accodano in attesa del proprio turno. (vedi slides). Ritardo di elaborazione del nodo è dato da un controllo sui bit e dalla determinazione del canale di uscita (errore trascurabile). Ritardo di accodamento: attesa di trasmissione... Ritardo di trasmissione tempo impiegato per trasmettere un pacchetto sul link. R = rete di trasmissione del collegamento in bps. L = lunghezza del pacchetto in bit. Ritardo di

trasmissione = L/R Ritardo di propagazione d/s tempo impiegato da 1 bit per essere propagato da un nodo all'altro. $D = \text{lunghezza del collegamento}$, $s = \text{velocità di propagazione del collegamento (sia la velocità della luce circa } 3 \cdot 10^8 \text{ m/sec)}$. Ritardo di propagazione = d/s (slides di esempio) (slides analogia del casello autostradale) (slides di ricapitolazione)

5 Modelli Stratificati

5.1 Protocollo

Cos'è un protocollo insieme di regole che dice come comunicare ed esporre verso l'esterno.

Es. modello stratificato: sistema postale vedi slide, da livello alto a livello basso per spedizione, viceversa per ricevere (da basso ad alto). Il problema grosso di mandare lettera in ita a jap in una serie di passi, in cui viene eseguito un particolare compito su un messaggio, che viene trasferito ad un altro livello. Segretaria prepara lettera affinché postino la possa prendere. Però il messaggio scritto da un livello è pensato per essere interpretato dallo stesso livello del sistema di arrivo (segretaria scrive per segretaria, direttore scrive per direttore).

5.2 Incapsulamento

aggiungo strati, involucri al messaggio originale che vengono man mano tolti alla destinazione.

5.3 Perché stratificare

prendo sistema che per una singola coppia di aziende è costoso, lo trasformo a strati così che il costo della singola lettera sia irrisorio. Definisco funzioni di base per effettuare trasferimento e agenti che le svolgono. Principi di base: separation of concern e information hiding

5.3.1 Separation of Concern

Fare ciò che compete delegando agli altri ciò che è delegabile.

5.3.2 Information Hiding

Nascondere info non indispensabili affinché il committente possa svolgere l'operazione.

se traduco modello postale in a strati ho

utente

segretaria

postino

smistamento

stazione

smistamento intermedio: arrivo fino ad un livello intermedio per evitare che si possano esporre info sensibili.

vantaggi a strati: svilupp e impl singolo strato più semplice rispetto a fare tutto il complesso

servizi di strati inferiori usati da più entità di strati superiori

5.4 OSI RM (Open Systems Interconnection Reference Model)

Prime reti chiuse, tecnologie e protocolli proprietari. Es. ARPANET, SNA (IBM), Dna (Digital), non intercomunicavano. Le reti erano per servizi specifici (TELCO)

Quindi obiettivo: modello riferimento per sistemi aperti (qualsiasi terminale deve poter comunicare mediante qualsiasi rete). → accordarsi sulle regole

OSI era un set di protocolli aperti: dettagli pubblici e cambiamenti gestiti da organizzazione con partecipazione aperta al pubblico. Un sistema che implementa protocolli aperti è un sistema aperto. L'ISO.

Elementi fondamentali modello stratificato:

flusso dati

servizi

protocolli

interfacce

uno strato fornisce servizi a strato sopra e richiede servizi a strato sotto. Strato n comunica con strato n di altra unità tramite protocollo assegnato. comunicaz strati attraverso interfaccia.

5.5 Protocolli

cos'è un protocollo (x2) protocolli definiscono formatop e ordine messaggi inviati e ricevute e azioni per trasmettere e ricevere messaggi.

efficace sistema raggiunge scopo con maggior freq possibile

efficiente sistema raggiunge scopo con minor sforzo possibile

5.5.1 Pila di protocolli

OSI prevede sette strati

7-5 più modi di raggrupparli, livello software e applicativo

7 applicativo: elaborazione dati

6 presentazione: unificazione dati, preparazione del pacchetto

5 sessione: controllo del dialogo tra due host sorgente e dest. Decidere regole per la comunicazione tra due host.

4 trasporto: offre trasferimento dati tra host terminali. Astrazione logica per cui si consegna a questo livello un messaggio e dove mandarlo. **dialogo end-to-end**

3 rete: instradamento del traffico (router, offre il servizio di consegna attraverso sistema distribuito di nodi intermedi)

2 datalink: frame fra interfacce, scheda di rete deve interpretare il flusso di bit

1 fisico: mezzo fisico, modulare segnale elettrico per trasmettere il flusso di bit

4-1 livelli fisico+sw

servizio: funzione che uno strato offre a strato superiore, attraverso un'interfaccia

interfaccia: regole che governano formato e significato frame, pacchetti o messaggi che vengono scambiati tra strati successivi della stessa entità

servizi cosa, interfaccia come

connection-oriented: livello trasferimento crea connessione logica tra due sistemi (instaurazione connessione, trasferimento dati, chiusura connessione)

connectionless: dati trasmessi senza stabilire connessione

6 Flusso dell'Informazione

Qualcuno (livello applicativo) genera dati da mandare in remoto. L'info scende i livelli fino al canale fisico, e ogni livello aggiunge all'informazione ricevuta dal livello superiore una propria (o più) sezione informativa sotto forma di header con info esclusive di quel livello.

HEADER—DATA—TRAILER

header: qualificazione del pacchetto per questo livello

data: payload dal liv superiore

trailer: coda

slide esempio incapsulamento dei dati

7 Stack protocollare TCP/IP

famiglia protocollo attualmente usati in interneti. gerarchia di protocolli costituita da moduli interagenti ciascuno con funz specifiche.

gerarchia: ciascun protocollo liv superiore è supportato da servizi di livelli inferiore

applicazione: supporta applicazione rete: smtp, ftp, http

trasporto: trasferimento dati host-host: tcp, udp

rete: instradamento datagrammi dalla sorgente alla destinazione e protocolli di management rete: ip, icmp
link: trasferimento dati tra elementi di rete vicini (da un hop all'altro): ppp, ethernet,... qualunque cosa
fisico: aggiunto successivamente: bits on the wire

come protocollo la specifica fa comuniazione a livello orizzontale (da livello n origine a livello n destinazione).

```
Ciao ciao = new Ciao();
```