

Appunti di Reti di calcolatori

Riccardo Lo Iacono

Dipartimento di Matematica & Informatica
Università degli studi di Palermo
Sicilia
a.a. 2023-2024

Indice.

1	Introduzione	2
1.1	Tipologie di rete	2
1.2	Topologie di rete	2
1.3	Architettura di Internet	2
2	Modelli protocollari	3
2.1	Stratificazione dei protocolli	3
2.2	Connessione e affidabilità	4
3	I modelli di riferimento ISO/OSI e TCP/IP	5
3.1	ISO/OSI	5
3.2	TCP/IP	5
4	I livelli di TCP/IP	6
4.1	Livello fisico	6

– 1 – Introduzione.

Il concetto di rete di calcolatori è da intendere come un sistema informatico in cui un gran numero di computer sono connessi tra loro: è cioè possibile avere uno scambio di informazioni. Queste hanno dimensione e topologia diversa, in genere connesse tra loro a formare reti più grandi.

– 1.1 – Tipologie di rete.

Le reti, oltre che per quanto detto, sono distinte anche dal tipo di informazione a cui queste permettono di accedere. In tal senso si hanno

- **reti di accesso a banda larga e mobili:** reti che forniscono ai singoli utenti (host), accedendo a computer remoti, di accedere a informazioni e/o comunicare con altre persone. Nate come reti cablate, negli ultimi anni anche wireless.
- **reti per la distribuzione di contenuti:** realizzate per trasmettere grandi mole di dati, sfruttano le *content delivery network* per assicurare una distribuzione del contenuto quanto più rapidamente possibile.
- **reti di transito (backbone):** reti di collegamento tra varie sotto-reti. In particolare collegano sotto-reti relative *internet service provider (ISP)* diversi.

– 1.2 – Topologie di rete.

La topologia di una rete identifica l'area che questa copre; in tal senso si distinguono le seguenti classi.

- **reti PAN:** si tratta di reti a corto raggio. Esempio di queste è la rete bluetooth.
- **reti LAN:** reti la cui estensione non supera un edificio, permette la connessione di personal computer tra loro. Tra le LAN si distinguono il caso cablato, in cui ogni host è connesso ad uno switch che si occupa dello smistamento dei pacchetti; il caso wireless (le WLAN), in cui ogni host è connesso tramite un *access point*.
- **reti MAN:** sono reti che coprono un'intera città.
- **reti WAN:** sono le reti di massima estensione in cui ogni sua sotto-rete, direttamente o meno, è connessa ad un'altra tramite uno o più router.

– 1.3 – Architettura di Internet.

La struttura di Internet, partendo dal computer domestico è schematizzabile come segue. A partire da un *point of presence* di un ISP, il computer riceve l'accesso ad Internet. Quest'ultimi sono organizzati secondo una struttura gerarchica. Alla base vi sono gli ISP di tier 1: questi non pagano costi di trasferimento e sono l'ossatura di Internet. Subordinati agli ISP di tier 1, vi sono i tier 2: sono gli ISP regionali e pagano i tier uno per le comunicazioni. In ultimo vi sono i tier 3, questi sono dipendenti da i tier 2, a quali sono connessi.

– 2 – Modelli protocollari.

Un protocollo di rete deve garantire *affidabilità* e la possibilità di *evoluzione* dello stesso. Nel garantire l'affidabilità, il protocollo deve prevedere meccanismi per la gestione di eventuali errori; in genere realizzati per mezzo di codici di *error detection* e *error correction*. Inoltre, affinché il protocollo sia affidabile, questi deve garantire un'assegnazione equa delle risorse.

– 2.1 – Stratificazione dei protocolli.

Per motivi legati alla gestione degli stessi, i protocolli, in genere, sono modulari. Con ciò si intende che il protocollo è diviso in livelli distinti, ciascuno dei quali svolge una funzione specifica, utilizzando funzioni proprie o dei livelli sottostanti.

Considerando la comunicazione tra due computer, le informazioni trasmesse dal livello k di un computer non giungono al medesimo livello dell'altro direttamente, bensì si procede trasferendo le informazioni fino a giungere allo strato più basso, trasmettendo queste a livello fisico, e procedendo inversamente una volta giunte al destinatario.

– 2.1.1 – Impacchettamento dei dati.

Sia considerata la struttura protocollare mostrata in *Figura fig:1*. Un messaggio m prodotto dal livello 5 è trasmesso al livello 4. Giunto al livello 4 ad m si aggiunge un *header*¹ e si trasferisce il messaggio al livello 3.

Poiché spesso si impone un limite alle dimensioni del messaggio nei livelli più bassi, in genere il messaggio è diviso in pacchetti: si tratta di pezzi del messaggio originale ai quali, per permettere una corretta ricostruzione del messaggio, si aggiunge un ulteriore header.

Giunto al destinatario, il messaggio si muove dall'alto in basso, rimuovendo di volta in volta gli header. I peer dello stesso livello, pertanto modellano concettualmente la loro comunicazione come se fosse “orizzontale”, anche se in realtà comunicano mediante livelli inferiori attraverso le interfacce.

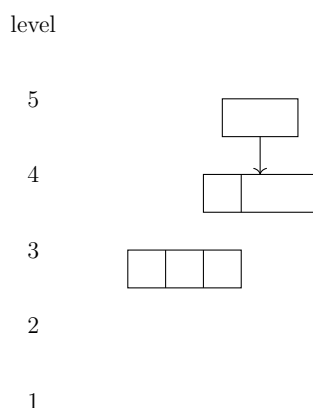


Figura 2.1: Esempio di impacchettamento dati.

– 2.2 – Connessione e affidabilità.

Ciascuno dei livelli di un protocollo fornisce diversi livelli di affidabilità e due tipologie di servizi:

1. orientati alla connessione: i due utenti devono prima stabilire una connessione, utilizzarla e, una volta terminata, rilasciarla.
2. non orientati alla connessione: tra i due host non si stabilisce una connessione, e ciascun messaggio è trasmesso indipendentemente dall'altro. Si verifica così la possibilità che i messaggi non giungano nell'ordine corretto.

Relativamente l'affidabilità, ciascun servizio, sia questi orientato alla connessione che non, deve essere affidabile: ossia deve permettere di trasmettere e ricevere i dati per intero e nel giusto ordine. Per garantire l'affidabilità in generale si fa in modo che il ricevente confermi la corretta ricezione del messaggio. Tale operazione però appesantisce la comunicazione, che ne risulta dunque rallentata.

Analizzando un servizio, questi è formalmente specificato da un insieme di primitive.

Nota: servizi orientati alla connessione utilizzano primitive diverse da quelli non orientati alla connessione.

¹Si tratta di informazioni che permettono al livello corrispondente del destinatario di leggere il messaggio correttamente.

– 3 – I modelli di riferimento ISO/OSI e TCP/IP.

Negli anni ‘70 nascono le prime due grandi reti internazionali: *Bitnet* e *HEPnet*. Tra queste vi era però un problema: poiché basate su architetture diverse, le due non erano in grado di comunicare. Per risolvere tale problema nei primi anni ‘80 si svilupparono due pile protocollari (o modelli di riferimento), cui scopo era creare uno standard comune: nascono così TCP/IP prima, ISO/OSI poi.

– 3.1 – ISO/OSI.

È un modello di riferimento strutturato in 7 livelli: i tre più in alto sono dedicati al contenuto del messaggio, gli ultimi quattro alla rete.

I livelli sono:

1. **applicazione:** si occupa di gestire la comunicazione tra le applicazioni;
2. **presentazione:** gestisce la sintassi di dati con codifiche diverse;
3. **sessione:** gestisce le sessioni tra utenti su macchine diverse;
4. **trasporto:** principale obiettivo è gestire il trasferimento dei dati da sorgente a destinatario. Come ulteriori compiti ha quello di gestire gli errori e prevenire la congestione;
5. **rete:** gestisce l'instradamento dei pacchetti, della congestione e della qualità del servizio (QoS);
6. **data link:** si occupa della creazione dei frame per la trasmissione tra elementi della rete locale, e del controllo degli errori;
7. **fisico:** rappresenta le interfacce meccaniche ed elettriche per la trasmissione di bit.

– 3.2 – TCP/IP.

Predecessore di ISO/OSI, è un modello di riferimento a 5 livelli. Questi sono: applicazione, trasporto, rete, data link, fisico.

Nota: una descrizione approfondita di ciascun livello sarà argomento della sezione successiva.

Con TCP/IP la trasmissione tra livelli adiacenti è eseguita come segue: il livello k prende i dati dal livello $k + 1$; a questi aggiunge un header e crea i *protocol data unit* (PDU). Infine trasferisce i PDU al livello $k - 1$.

– 4 – I livelli di TCP/IP.

In questa sezione si procederà a descrivere nel dettaglio i diversi livelli di TCP/IP. Si procederà partendo dal livello fisico fino a giungere al livello applicativo.

– 4.1 – Livello fisico.

Prima di parlare effettivamente del livello fisico, si procede a fare una panoramica su alcuni concetti di telecomunicazioni.

– 4.1.1 – Basi di telecomunicazioni e mezzi trasmissivi.

Si può definire *telecomunicazione* il processo di trasmissione di messaggi tra host posti a distanza. In tale processo sono coinvolti:

- **host sorgente:** invia il messaggio tramite una qualche sorgente;
- **un trasmettitore:** riceve il messaggio, lo codifica e lo invia;
- **un canale di comunicazione:** è il mezzo fisico su cui si propaga il segnale;
- **un ricevitore:** svolge le funzioni inverse al trasmettitore;
- **un destinatario:** riceve il messaggio.

In generale, un segnale consiste nella variazione dello stato fisico di un sistema o di una grandezza fisica; la natura di questi fenomeni è tipicamente elettromagnetica.

Circa i mezzi trasmissivi, questi sono distinguibili in:

- **guidati:** la trasmissione avviene tramite un corpo fisico (eg: cavi rame, fibre ottiche, ecc.);
- **non guidati:** la trasmissione avviene per mezzo dell'etere.

– 4.1.1.1 – Mezzi trasmissivi guidati.

Come anticipato sono messi in cui il segnale viaggia su di un corpo fisico; in questa categoria si trovano:

- **doppini di rame:** cavi unidirezionali isolati singolarmente, avvolti tra loro così da reciprocamente annullare i campi elettromagnetici generati. Esistenti in sette categorie, le prime sei sono dette UTP (unshielded twisted pair) poiché non si procede a schermare il cavo; la settima categoria è detta STP (shielded twisted pair), proprio perché il cavo è schermato.
- **cavi coassiali:** si tratta di cavi con due conduttori concentrici in rame, la cui parte esterna fa da schermatura. La trasmissione può essere realizzata secondo due modalità, la prima, quella *base*, consente la trasmissione di un unico canale; la seconda, quella *larga*, permette più canali.

– 4.1.2 – Caratteristiche di un canale di comunicazione.

Grazie al fisico *Jean Baptiste Joseph Fourier*, si scoprì che una qualsiasi funzione periodica di periodo T , può essere espressa come combinazione di un certo numero, eventualmente infinito, di funzioni sinusoidali. Se ne può cioè calcolare la *trasformata di Fourier*. In simboli

$$g(t) = \frac{a_0}{2} \sum_{n=1}^{\infty} a_n \sin\left(\frac{2tn\pi}{T}\right) + b_n \cos\left(\frac{2tn\pi}{T}\right) \quad (1)$$

ove, posto $\omega = 2\pi/T$, rispettivamente

$$a_0 = \frac{2}{T} \int_{-T/2}^{T/2} g(t) dt, \quad a_n = \frac{2}{T} \int_{-T/2}^{T/2} g(t) \sin(\omega nt) dt, \quad b_n = \frac{2}{T} \int_{-T/2}^{T/2} g(t) \cos(\omega nt) dt$$

Esempio: sia considerata un'onda quadra con $A = 1V, T = 10ms, f = 100Hz$. Se ne calcoli a_0, a_k, b_k .

Per struttura delle onde quadre, posto $g(t)$ la rappresentazione della stessa, si ha:

$$g(t) = \begin{cases} -A & \text{se } -T/2 \leq t \leq 0 \\ A & \text{se } 0 \leq t \leq T/2 \end{cases}$$

da cui

$$\begin{aligned} a_0 &= \frac{2}{T} \int_{-T/2}^{T/2} g(t) dt = \dots = \frac{2}{T} \left(-At \Big|_{-T/2}^0 + At \Big|_0^{T/2} \right) = 0 \\ a_k &= \frac{2}{T} \int_{-T/2}^{T/2} g(t) \sin(\omega kt) dt \\ &= \frac{2}{T} \left(\int_{-T/2}^0 -A \sin(\omega kt) dt + \int_0^{T/2} A \sin(\omega kt) dt \right) \\ &= \begin{cases} 0 & \text{per } k \text{ pari} \\ 4A/\pi k & \text{per } k \text{ dispari} \end{cases} \\ b_k &= \frac{2}{T} \int_{-T/2}^{T/2} g(t) \cos(\omega kt) dt = \dots = 0 \end{aligned}$$

– 4.1.2.1 – Velocità di trasferimento in un canale privo di rumore.

Esiste una “legge” che lega velocità di trasferimento e larghezza di banda: la cosiddetta *condizione di Nyquist*. Questa stabilisce che

$$C_{MAX} = 2H \log_2(V) \text{ bit/s} \quad (2)$$

ove C_{MAX} rappresenta la velocità di trasferimento massima, H la larghezza del canale e V il numero di livelli del segnale.

Supposto che il canale presenti del rumore N , la (??) diventa

$$C_{MAX} = H \log_2 \left(\frac{1+S}{N} \right) \text{ bit/s}$$

detta *condizione di Shannon*. Sempre per Shannon si ha che, poiché con la distanza il segnale tenda ad affievolirsi, anche il rapporto segnale-rumore tende a diminuire. Per quanto appena detto la condizione di Shannon può essere approssimata come

$$C_{MAX} = H \log_2 \left(\frac{S}{N} \right) \text{ bit/s}$$

Ponendo pertanto $S = S_0 e^{-kx}$, cioè scrivendo S in funzione della distanza dalla sorgente, ove k è l’attenuazione del mezzo, segue

$$\begin{aligned} C_{MAX} &= H \left[\frac{\ln(S_0 e^{-kx}) - \ln(N)}{\ln(2)} \right] \\ &= H \left[\frac{kx + \ln(S_0 e^{-kx}) - \ln(N)}{\ln(2)} \right] \\ &= (Hc_1)(c_2 + kx) \end{aligned}$$

da cui assunti $c_1 = c_2 = \text{const}$ si ha

$$kx = \text{const} - \frac{C}{H} \text{const}$$

concludendo che la distanza servibile è inversamente proporzionale alla velocità di trasmissione.