

RETI

Gli ultimi tre secoli sono stati dominati ciascuno da una diversa tecnologia che lo ha caratterizzato ed ha avuto profonde influenze sulla vita dell'uomo:

- 18° secolo: sistemi meccanici, rivoluzione industriale
- 19° secolo: motori a vapore
- 20° secolo: tecnologie dell'informazione:
 - raccolta e memorizzazione
 - elaborazione;
 - distribuzione.

In questo secolo si sono via via diffusi:

- il sistema telefonico, a livello mondiale
- la radio e la televisione
- i computer
- i satelliti per telecomunicazioni

Queste tecnologie stanno rapidamente convergendo. Attualmente vi è un grande numero di elaboratori autonomi, interconnessi fra loro. Due parametri sono utili per definire le caratteristiche di una rete, anche se non esiste una tassonomia universalmente accettata:

- tecnologia trasmissiva
 - reti broadcast
 - reti punto a punto
- scala dimensionale
 - reti locali (Local Area Network, **LAN**) (da 10 m a 1000m)
 - reti metropolitane (Metropolitan Area Network, **MAN**) (10 km)
 - reti geografiche (Wide Area Network, **WAN**) (nazioni, continenti, pianeta)

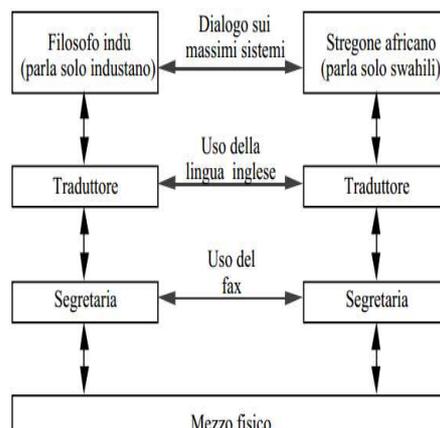
Per ridurre la complessità di progetto, le reti sono in generale organizzate a livelli, ciascuno costruito sopra il precedente. Tipi di rete possono variare per:

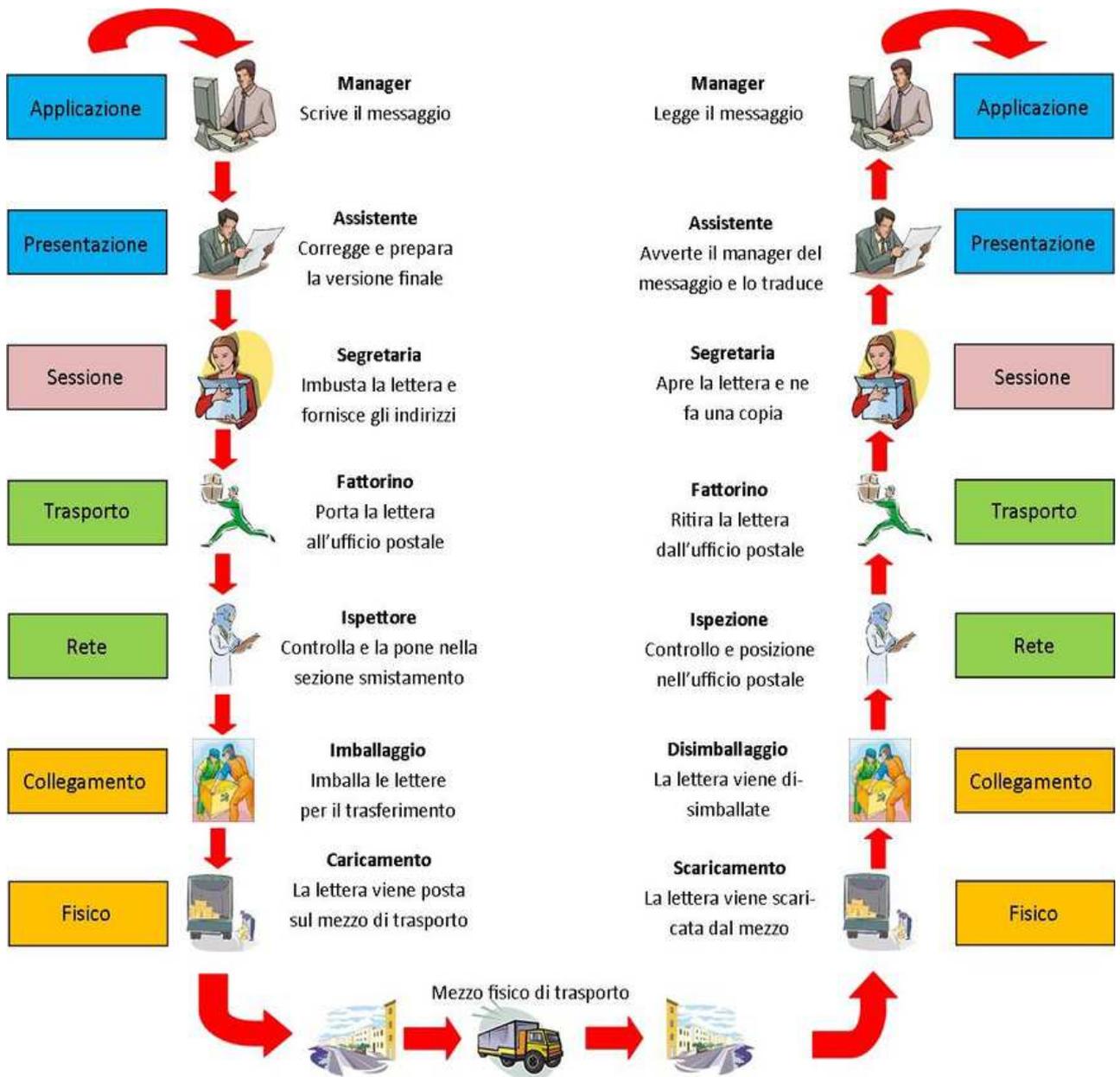
- il numero di livelli;
- i nomi dei livelli;
- il contenuto dei livelli;
- le funzioni dei livelli.

Un'architettura di rete può essere:

- proprietaria [Novell]
- standard de facto [Internet Protocol Suite (TCP/IP)]
- standard de iure [Open Systems Interconnection (OSI)]

Per comprendere i meccanismi basilari di funzionamento del software di rete si può pensare alla seguente analogia umana, nella quale un filosofo indiano vuole conversare con uno stregone africano o la comunicazione tra due manager:





OSI - Open Systems Interconnection Reference Model
 progetto della **ISO** - International Standard Organization

MODELLO OSI definisce il numero, le relazioni e le caratteristiche funzionali dei livelli, ma non definisce protocolli e servizi	DISPOSITIVI	ARCHITETTURA TCP/IP definisce, livello per livello, i protocolli effettivi e i servizi	PROTOCOLLI	SERVIZI
7: APPLICAZIONE		APPLICAZIONE	Applicazioni (file, email, browser, ...) FTP, SMTP, HTTP, ...	<pre> graph TD A["(n)PDU"] --> B["(n-1)SAP"] B --> C["(n-1)PCI"] B --> D["(n-1)SDU"] C --> E["(n-1)PDU"] D --> E E --> F["(n-2)SAP"] </pre>
6: PRESENTAZIONE				
5: SESSIONE				
4: TRASPORTO		TRASPORTO	TCP affidabile, UDP non affidabile, ...	
3: RETE	ROUTER	INTERNET	IP, ICMP, IGMP, ARP, RARP	
2: COLLEGAMENTO DATI con sottolivello MAC	SWITCH, BRIDGE	HOST verso NETWORK	Ethernet, MAC, standard per LAN, MAN e WAN	
1: FISICO	CAVI, HUB, RIPETITORI			

Legenda:

HTTP HyperText Transfer Protocol
SMTP Simple Mail Transfer Protocol
POP Post Office Protocol
FTP File Transfer Protocol

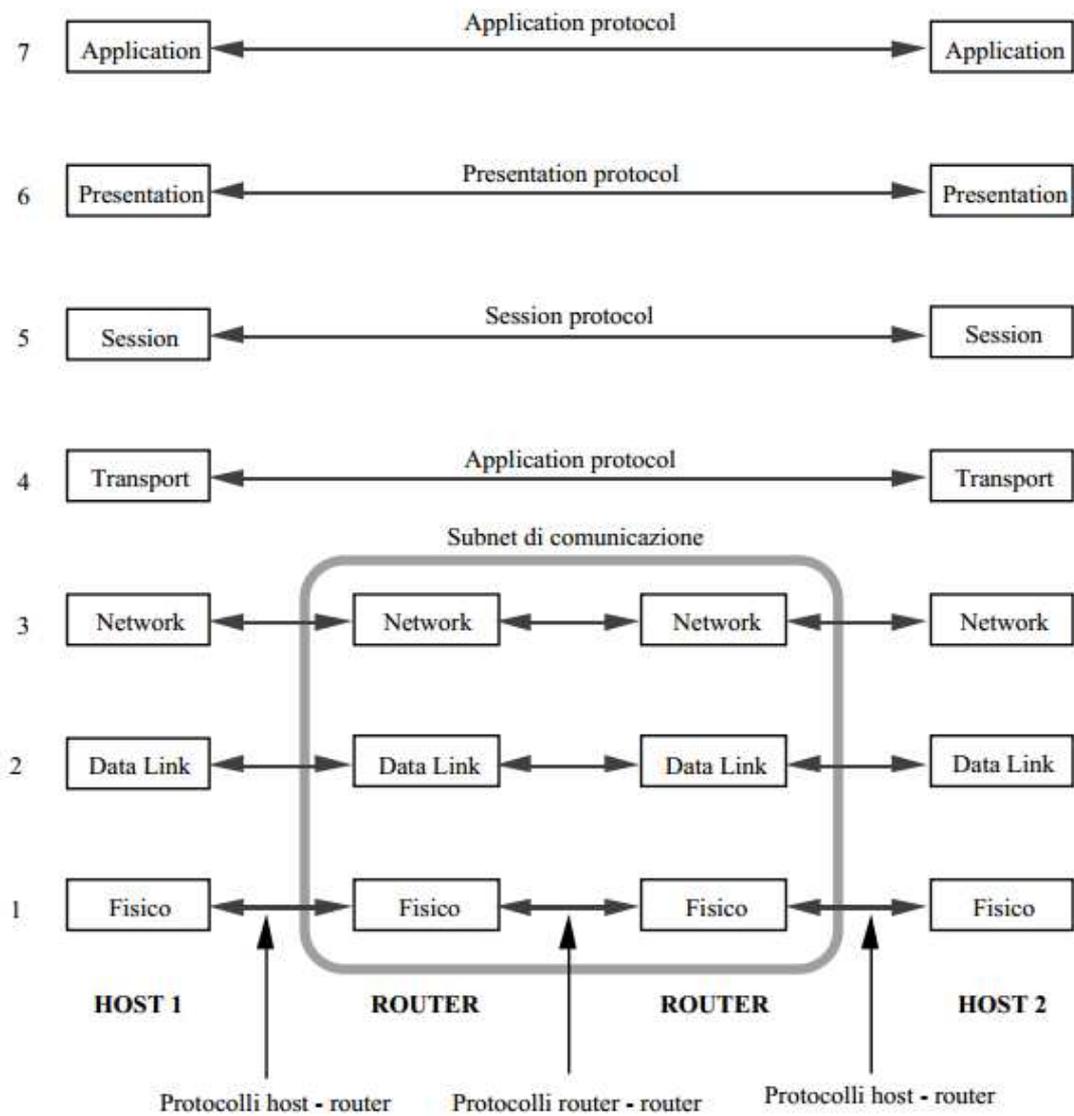
TCP Transmission Control Protocol
UDP User Datagram Protocol
IP Internet Protocol

MAC Medium Access Control

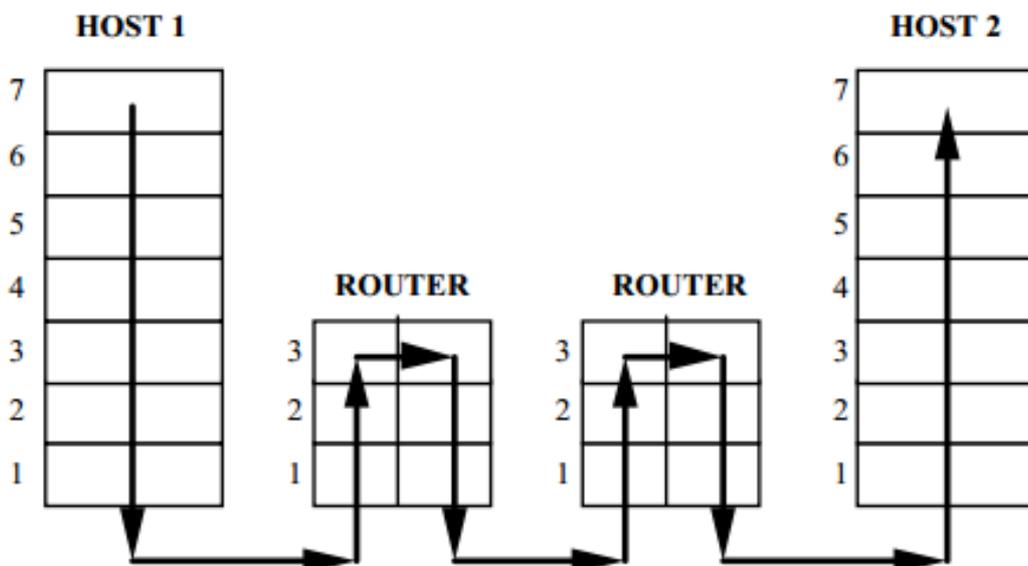
(n)**PDU** Protocol Data Unit di livello n
 (n-1)**SAP** Service Access Point di livello n-1 con indirizzo (es: presa telefono e numero)
 (n-1)**PCI** Protocol Control Information di livello n-1
 (n-1)**SDU** Service Data Unit di livello n-1

- ARP** Address Resolution Protocol - Associa l'indirizzo IP a quello fisico che caratterizza la scheda hardware
- RARP** Reverse Address Resolution Protocol - Permette di ottenere l'indirizzo IP dall'indirizzo fisico
- ICMP** Internet Control Message Protocol - Utilizzati per inviare messaggi sullo stato della trasmissione
- IGMP** Internet Group Message Protocol - Permette la trasmissione simultanea di un messaggio a più destinatari

IL MODELLO OSI



Rappresentazione schematica dei livelli gestiti lungo un cammino



1 Livello: FISICO

Riguarda le caratteristiche meccaniche, elettriche e procedurali delle interfacce di rete (componenti che connettono l'elaboratore al mezzo fisico) e le caratteristiche del mezzo fisico:

- tensioni scelte per rappresentare 0 ed 1
- durata (in microsecondi) di un bit
- trasmissione simultanea in due direzioni oppure no
- forma dei connettori

COMPONENTI

Mezzi trasmissivi

Sono sostanzialmente di tre tipi:

- mezzi **elettrici** (cavi): in essi il fenomeno fisico utilizzato è l'energia elettrica;
- mezzi **wireless** (onde radio): il fenomeno fisico è l'onda elettromagnetica, una combinazione di campo elettrico e campo magnetico variabili, che si propaga nello spazio e che induce a distanza una corrente elettrica in un dispositivo ricevente (antenna);
- mezzi **ottici** (LED, laser e fibre ottiche): in essi il fenomeno utilizzato è la luce. Si tratta dei mezzi più recenti, che hanno rivoluzionato il settore.

La trasmissione può avvenire con due modalità differenti:

- trasmissione di segnale **analogico**
- trasmissione di segnale **digitale**

Ripetitori

Il ripetitore è un dispositivo attivo che rigenera il segnale consentendo una estensione della rete maggiore di quella consentita dal semplice segmento di cavo.

Hub

Un hub è in effetti un ripetitore passivo multiporta in cui confluiscono i collegamenti punto-a-punto dai vari nodi. Un Hub prende un segnale in arrivo su una porta e lo ripete su tutte le porte.

2 Livello: COLLEGAMENTO DATI

Lo scopo di questo livello è far sì che un mezzo fisico trasmissivo appaia, al livello superiore, come una linea di trasmissione esente da errori di trasmissione non rilevati.

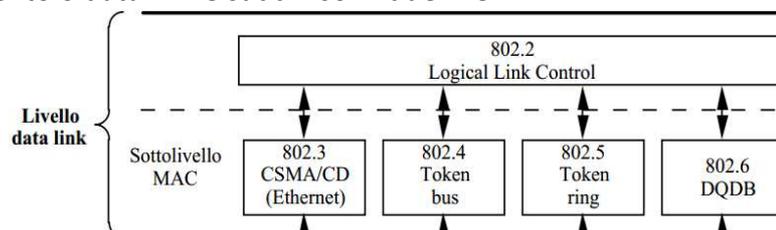
Funzionamento:

- spezzetta i dati provenienti dal livello superiore in **frame**
- invia i frame in **sequenza**;
- aspetta un **acknowledgement** frame(ack) per ogni frame inviato

Incombenze:

- aggiunta di delimitatori (**framing**) all'inizio ed alla fine del frame
- gestione di **errori** di trasmissione causati da:
 - errori in ricezione;
 - perdita di frame;
 - duplicazione di frame (da perdita di ack);
- regolazione del traffico (per impedire che il ricevente sia "sommerso" di dati)

Il livello di collegamento o data link è suddiviso in due livelli:



COMPONENTI

Bridge

La funzione di un Bridge è di connettere assieme reti separate di differenti tipi (quali Ethernet e FastEthernet o wireless) o di tipo uguale

Switch

Uno switch può essere definito un hub con capacità di bridge. Infatti, come l'hub svolge la funzione di concentrare collegamenti punto-a-punto e di distribuire la comunicazione ma come il bridge analizza e filtra i pacchetti e li inoltra verso la destinazione. L'effetto di uno switch è quindi quello di separare i domini di collisione e ridurre il traffico in ogni singolo dominio.

3 Livello: RETE

Il livellodi rete o network è incaricato di **muovere i pacchetti** dalla sorgente fino alla destinazione finale, attraversando tanti sistemi intermedi (router) della subnet di comunicazione quanti è necessario. Ciò è molto diverso dal compito del livello data link, che è di muovere informazioni solo da un capo all'altro di un singolo canale di comunicazione. Lo scopo del livello è **controllare il funzionamento della subnet di comunicazione**.

Incombenze:

- **routing**, cioè scelta del cammino da utilizzare. Può essere:
 - statico (fissato ogni tanto e raramente variabile);
 - dinamico (continuamente aggiornato, anche da un pacchetto all'altro);
- gestione della **congestione**: a volte troppi pacchetti arrivano ad un router
- **accounting**: gli operatori della rete possono far pagare l'uso agli utenti sulla base del traffico generato;
- conversione di dati nel passaggio fra una rete ed un'altra (diversa):
 - indirizzi da rimappare;
 - pacchetti da frammentare;
 - protocolli diversi da gestire.

Un indirizzo IP è formato da 32 bit e codifica due cose:

- **network number**, cioè il numero assegnato alla rete IP (detta network) su cui si trova l'elaboratore
- **host number**, cioè il numero assegnato all'elaboratore

La combinazione è unica: non possono esistere nell'intera rete Internet due indirizzi IP uguali. Gli indirizzi IP sono assegnati da autorità nazionali (NIC, Network Information Center) coordinate a livello mondiale.

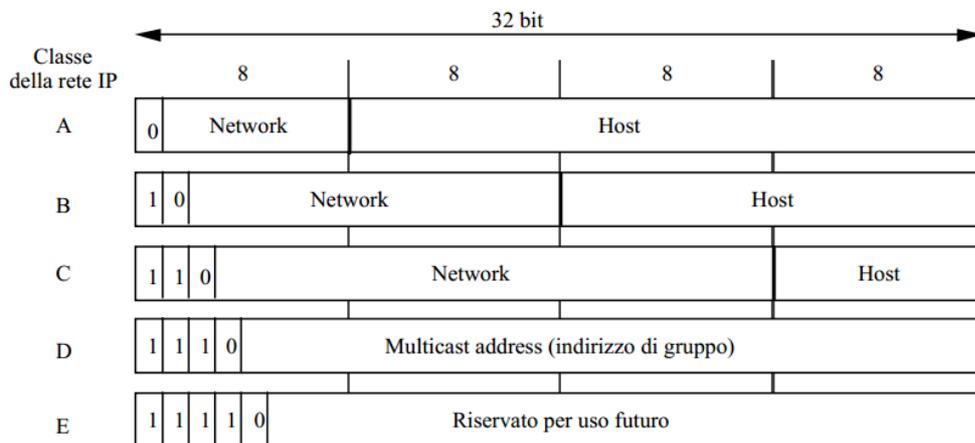
COMPONENTI

Router

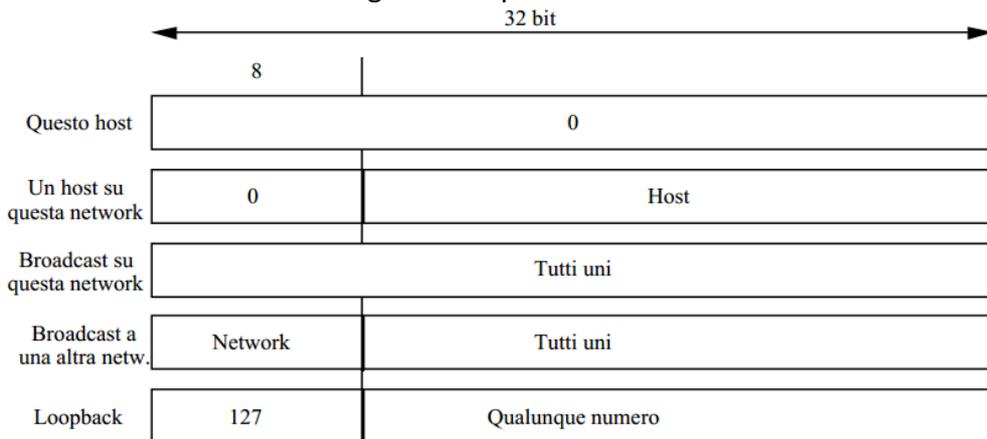
Un router è un dispositivo che filtra il traffico di rete secondo uno specifico protocollo, inoltre divide logicamente le reti anziché fisicamente. Un Router IP può dividere una rete in diverse sottoreti in modo che solo il traffico destinato ad un particolare indirizzo IP può passare attraverso i segmenti.

L'instradamento dei pacchetti attraverso le reti connesse al router avviene in base a una tabella di instradamento che può anche essere determinata in modo dinamico

I formati possibili degli indirizzi sono i seguenti:



Inoltre, esistono alcuni indirizzi con un significato speciale:



Ricapitolando, poiché alcune configurazioni binarie per gli indirizzi sono impegnate per gli indirizzi speciali, possono esistere:

- **126 network di classe A**, le quali possono contenere **16 milioni di host** ciascuna
- **16382 network di classe B**, con circa **64.000 host** ciascuna
- **2 milioni di network di classe C**, con **254 host** ciascuna

4 Livello: TRASPORTO

Lo scopo di questo livello è accettare dati dal livello superiore, **spezzettarli in pacchetti**, passarli al livello network ed assicurarsi che arrivino alla peer entity che si trova all'altra estremità della connessione. Il livello transport è il **primo livello realmente end-to-end**, cioè da host sorgente a host destinatario

Incombenze:

- **creazione di connessioni** di livello network
- offerta di vari **servizi** al livello superiore

5 Livello: SESSIONE

Token management: autorizza le due parti, a turno, alla trasmissione.

6 Livello: PRESENTAZIONE

Si occupa di convertire tipi di dati standard

7 Livello: APPLICAZIONE

In esso risiede la varietà di protocolli per offrire i vari servizi agli utenti, quali ad esempio:

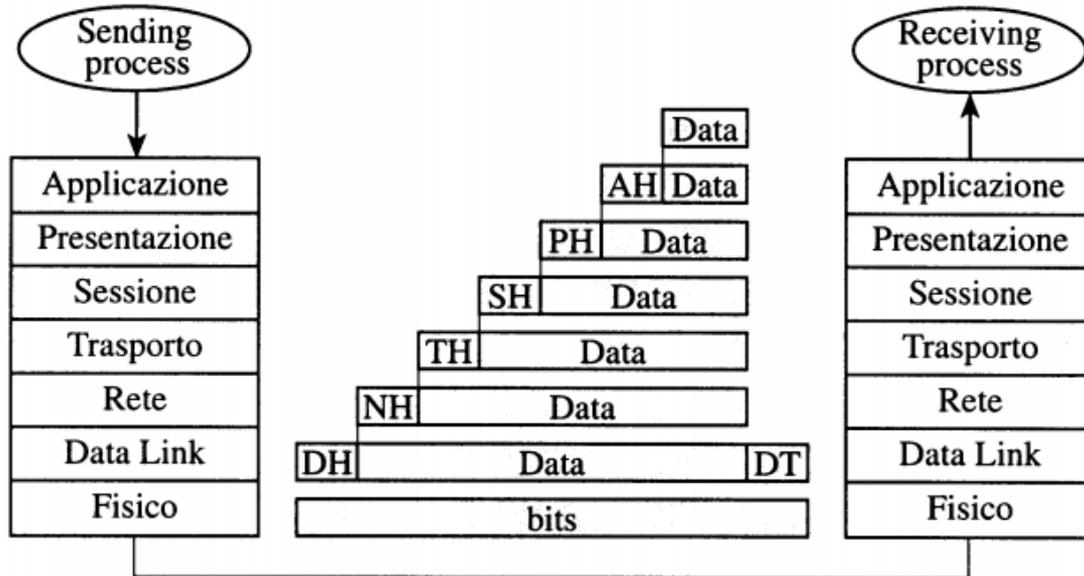
- terminale virtuale
- trasferimento file
- posta elettronica

PACCHETTI e INCAPSULAMENTO

La trasmissione dei dati avviene quindi

- attraverso una serie di passaggi da livelli superiori a livelli inferiori nel sistema che trasmette
- poi attraverso mezzi fisici di comunicazione
- infine attraverso un'altra serie di passaggi, questa volta da livelli inferiori a livelli superiori

Notare come a livello 2, sia necessario aggiungere in coda un campo che identifica la fine del pacchetto prima di passare lo stesso al livello che utilizza il mezzo trasmissivo.



Come esempio di frame a livello DataLink, che necessita di un indicatore di inizio frame ed un indicatore di fine frame, vediamo la codifica effettuata dal protocollo SLIP (Serial Line IP) per marcare l'inizio e la fine di un frame.

Definiamo questi valori

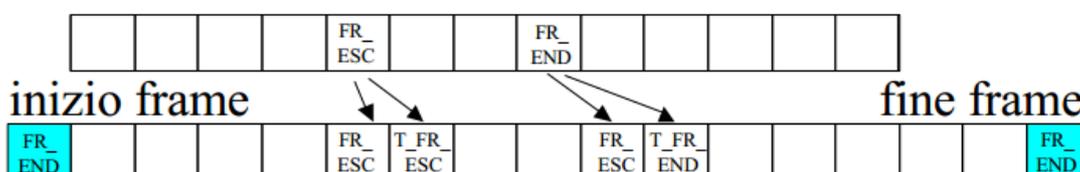
- FR_END** come Frame End
- FR_ESC** come Frame Escape
- T_FR_END** come Transposed frame end
- T_FR_ESC** come Transposed frame escape

Il frame deve essere trasmesso a livello fisico con un byte iniziale di tipo FR_END, e deve terminare con un byte FR_END. Perché non ci sia nessun altro byte di tipo FR_END nei dati, che causerebbe la fine prematura del frame, lo SLIP prima di aggiungere in testa e in coda il FR_END, codifica il frame operando queste sostituzioni:

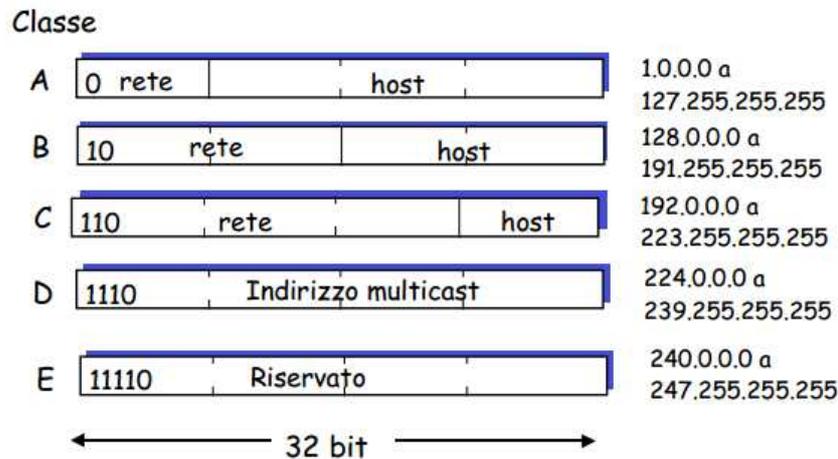
- FR_ESC --> FR_ESC, T_FR_ESC
- FR_END --> FR_ESC, T_FR_END

In tal modo dopo la codifica:

- il carattere FR_END non compare mai in mezzo al campo dati, ma solo all'inizio e alla fine del frame
- il carattere FR_ESC da solo non compare mai, ma è sempre seguito
 - da un T_FR_ESC ad indicare che l'originale era FR_ESC
 - da un T_FR_END ad indicare che l'originale era FR_END
- nei dati codificati i caratteri T_FR_ESC e T_FR_END sono presenti, ma con la codifica inversa, vengono traslati (in FR_ESC e FR_END rispettivamente) solo se sono preceduti da FR_ESC.
- con la codifica inversa si riottiene il frame dati



Indirizzi IP – formato classful



Pianificazione di reti IP

- L'enorme successo di Internet ha reso gli indirizzi IP una risorsa preziosa
- In attesa di implementare soluzioni definitive al problema (IPv6) è opportuno pianificare un'allocazione efficiente degli indirizzi agli host
- Le classi di indirizzi A, B e C vincolano ad usare reti di dimensioni prefissate, in termini di indirizzi disponibili:
 - Classe A: $2^{24} = 16.777.216$
 - Classe B: $2^{16} = 65.536$
 - Classe C: $2^8 = 256$
- In molti casi una rete di classe A o B è troppo grande (molti indirizzi inutilizzati) e una di classe C troppo piccola

SUBNET MASK

Per il corretto funzionamento di una rete, ogni host deve poter distinguere quale parte dell'indirizzo identifica l'host e quale la rete. Questo può avvenire grazie all'ausilio delle subnet mask (Maschere di sottorete). Per quanto riguarda le classi A B C standard, cioè non ulteriormente suddivise, esistono delle subnet di default:

- Classe A: **Rete**.Host.Host.Host ha come subnet **255.0.0.0**;
- Classe B: **Rete.Rete**.Host.Host ha come subnet **255.255.0.0**;
- Classe C: **Rete.Rete.Rete**.Host ha come subnet **255.255.255.0**;

Processo AND

Per determinare se il destinatario dei propri pacchetti si trova sulla propria sottorete ogni host utilizza la propria maschera di sottorete durante un processo AND. Questo processo consiste nel confrontare il risultato dell'operazione di AND (matematica booleana) bit a bit tra il proprio indirizzo e la propria maschera subnet mask con quello tra l'indirizzo del destinatario e la propria subnet mask.

Avendo un

Host A con IP 192.168.0.5 con subnet 255.255.255.0 che vuole inviare dei pacchetti ad un

Host B con IP 192.168.0.25 con subnet 255.255.255.0, determinare se B è sulla stessa sua sottorete.

Host A: 192.168.3.5

11000000.10101000.00000011.000000101 : Ip address Host A

11111111.11111111.11111111.000000000 : Subnet mask Host A

11000000.10101000.00000011.000000000 : Risultato operazione AND bit a bit

Host B: 192.168.3.25

11000000.10101000.00000011.000011001 : Ip address Host B

11111111.11111111.11111111.000000000 : Subnet mask Host B

11000000.10101000.00000011.000000000 : Risultato operazione AND bit a bit

Il risultato è identico, quindi, i due host possono inviarsi direttamente i pacchetti in quanto sulla stessa sottorete. Qualora il processo di AND avesse evidenziato valori diversi, i due host non avrebbero potuto comunicare direttamente, ma sarebbe stato necessario un router tra di essi.

NOTAZIONI

Esistono due principali notazioni attraverso le quali è possibile indicare un indirizzo IP:

- Indicando espressamente la subnet mask:

49.22.5.3 255.0.0.0 Classe A

172.16.20.5 255.255.0.0 Classe B

192.168.15.4 255.255.255.0 Classe C

- Indicando i bit contenuti nella subnet mask:

49.22.5.3 /8 Classe A;

172.16.20.5 /16 Classe B;

192.168.15.4 /24 Classe C;

SUBNETTING

L'utilizzo della classe di rete corrispondente alle dimensioni che più si avvicinano a quella che si vuole gestire a volte non è sufficiente. Può essere necessario, dover suddividere la rete in ulteriori sottoreti. Per fare questo è possibile utilizzare la tecnica del subnetting.

Il subnetting di una rete comporta diversi vantaggi:

- **Minor spreco di indirizzi:** in quanto è possibile scegliere il numero di host che faranno parte della sottorete
- **Riduzione del traffico di rete:** in quanto si riduce il dominio di broadcast
- **Miglioramento** delle performance della rete: in conseguenza della riduzione del traffico

Il subnetting consiste nell'utilizzare alcuni bit "presi in prestito" dalla parte host dell'indirizzo di rete. E' possibile procedere alla suddivisione della rete in sottoreti più piccole tramite lo scheda seguente:

- **Determinare il numero di sottoreti necessarie.**

E' necessario tenere presente che il numero di subnet che si possono creare è dato da 2^x dove x è rappresentato dai bit presi in prestito dalla parte host.

Esempio: utilizzando prendendo in prestito 4 bit, sarà possibile creare 16 sottoreti;

- **Determinare il numero di host per ogni sottorete.**

Questo valore è dato da $2^y - 2$ dove y è il numero di bit rimasti per la rappresentazione degli host ai quali naturalmente bisogna levare l'indirizzo di broadcast e quello di rete non assegnabili.

Esempio: se i bit rimanenti sono 6 si potranno avere sottoreti formate da 62 host l'una;

- **Determinare le subnet valide.**

Questo valore è dato da $256 - z$, dove z rappresenta il valore della subnetmask.

Esempio: con una subnetmask di valore 224 avremmo avuto $256 - 224 = 32$. Questo valore è il valore della prima subnet valida ed è anche la base per le successive, la cui progressione sarà: 32, 64, 96, 128, 160, 192;

- Determinare gli host validi.

Sono rappresentati da tutti i valori compresi tra le subnet create togliendo gli indirizzi di broadcast e network;

- Determinare degli indirizzi di broadcast e network delle subnet.

Sono gli indirizzi in cui rispettivamente i bit della parte host sono settati a 1(broadcast) e a 0(network);

ESEMPIO SUBNETTING DI UNA RETE DI CLASSE C

Esaminiamo il caso di una rete con IP 192.168.5.0 che da suddividere in quattro sottoreti.

- Determinare il numero di sottoreti necessarie.

Volendo creare 4 sottoreti è necessario utilizzare 2 bit dalla parte host in quanto $2^2 = 4$. Avremmo quindi una subnetmask di questo tipo 255.255.255.192. E' possibile notare che in binario 192 equivale a 11000000, i primi due bit vengono utilizzati per le subnet ed i restanti 6 per gli host;

- Determinare il numero di host per ogni sottorete.

I bit rimasti per gli host sono 6 quindi, abbiamo $2^6 - 2 = 62$ indirizzi di host validi per sottorete;

- Determinare le subnet valide.

Le subnet che si andranno a creare sono quattro con base data da $256 - 192 = 64$. Questo significa che la progressione delle subnet valide sarà 0, 64, 128, 192 ovvero 192.168.5.0, 192.168.5.64, 192.168.5.128, 192.168.5.192.

- Determinare gli host validi.

Gli host validi sono rappresentati dai valori compresi tra le subnet esclusi gli indirizzi di broadcast e di network. Avremo quindi gli indirizzi da 192.168.5.1 a 192.168.5.62 per la prima subnet, 192.168.5.65 a 192.168.5.126 per la seconda, ...

- Determinare gli indirizzi di broadcast e network delle subnet.

Gli indirizzi di rete (bit della parte host settati a zero) saranno 192.168.5.0 per la prima subnet e 192.168.5.64 per la seconda, ... mentre gli indirizzi di broadcast (bit parte host settati a 1) saranno rispettivamente 192.168.5.63, 192.168.5.127, ...

Tabella di riepilogo

Rete di partenza:

192.168.5.0 255.255.255.0 suddivisa in quattro sottoreti tramite la subnet 255.255.255.192

Subnet 1:

192.168.5.0	in binario 11000000.10101000.00000101.00000000
Primo indirizzo valido: 192.168.5.1	in binario 11000000.10101000.00000101.00000001
Ultimo indirizzo valido: 192.168.5.62	in binario 11000000.10101000.00000101.00111110
Broadcast: 192.168.5.63	in binario 11000000.10101000.00000101.00111111

Subnet 2:

192.168.5.64	in binario 11000000.10101000.00000101.01000000
Primo indirizzo valido: 192.168.5.65	in binario 11000000.10101000.00000101.01000001
Ultimo indirizzo valido: 192.168.5.126	in binario 11000000.10101000.00000101.01111110
Broadcast: 192.168.5.127	in binario 11000000.10101000.00000101.01111111

Subnet 3:

192.168.5.128	in binario 11000000.10101000.00000101.10000000
Primo indirizzo valido: 192.168.5.129	in binario 11000000.10101000.00000101.10000001
Ultimo indirizzo valido: 192.168.5.190	in binario 11000000.10101000.00000101.10111110
Broadcast: 192.168.5.191	in binario 11000000.10101000.00000101.10111111

Subnet 4:

192.168.5.192	in binario 11000000.10101000.00000101.11000000
Primo indirizzo valido: 192.168.5.193	in binario 11000000.10101000.00000101.11000001
Ultimo indirizzo valido: 192.168.5.254	in binario 11000000.10101000.00000101.11111110
Broadcast: 192.168.5.255	in binario 11000000.10101000.00000101.11111111

Questo procedimento è lo stesso da applicare anche per il subnetting delle classi A e B, con la differenza di poter creare un maggior numero di subnet.

TERMINOLOGIA

In una rete i sistemi si distinguono in END SYSTEM (ES) e INTERMEDIATE SYSTEM (IS). Gli **ES** o **host** sono sistemi che **ospitano ed eseguono le applicazioni**.

Gli **IS** o **router** o **gateway** devono realizzare almeno i primi tre livelli OSI e implementano l'**instradamento dei messaggi** sulla rete.

APPROFONDIMENTO

SUBNETTING

Il subnetting consiste nel suddividere il campo **HOST** di un indirizzo IP in due parti : **subnet** ed **host**.

Ad esempio, in un indirizzo IP di classe B i primi 2 byte (16 bit) rappresentano l'indirizzo della rete e gli ultimi 2 byte servono per indirizzare gli host di quella rete. La tecnica del **subnetting** consiste nell'utilizzare i bit più significativi degli ultimi 2 byte (riservati agli host) per definire più sottoreti all'interno di una stessa rete.

0000	0000	00000000
0001	0000	00000000
0010	0000	00000000
0011	0000	00000000
0100	0000

2⁴ subnet **2¹² - 2 host per ogni subnet**

Esempio Subnetting

Ad es. dividere una rete di classe C in 4 subnet ciascuna con al max 60 host

$4 \text{ subnet} = 2^2 \text{ indirizzi di subnet} = 2 \text{ bit nell'ultimo byte}$

Le **4 subnet** ricavate avranno ciascuna al max **64 indirizzi di host** da 000000 a 111111 (62 utilizzabili per gli host e due indirizzi riservati : 000000 per la rete e 111111 per il broadcast).

Netmask = 11111111.11111111.11111111.11000000 =: 255.255.255.192

Indirizzi generati:

Da :	a:	indirizzo di rete	indir. di broadcast
00 000000	00 111111	00000000	00111111
01 000000	01 111111	01000000	01111111
10 000000	10 111111	10000000	10111111
11 000000	11 111111	11000000	11111111