

1 I MODELLI E LE ARCHITETTURE DI RETE

1.1 Organizzare la complessità

Le reti sono nate per permettere la trasmissione di dati tra due macchine, anche molto distanti tra loro, e per facilitare la condivisione delle risorse. La realizzazione di una rete è un compito complesso: dal mezzo fisico su cui trasmettere il segnale alla gestione degli errori che si possono verificare durante la trasmissione, dall'identificazione dei sistemi che comunicano alle tecniche per garantire affidabilità e sicurezza. È difficile pensare di poter affrontare tutte queste problematiche con un'unica soluzione, più semplice è affrontare le problematiche in modo separato, sviluppando moduli indipendenti che cooperano per raggiungere l'obiettivo di trasmettere un messaggio da un host mittente a un host destinatario.

#techwords

Una **architettura di rete** definisce le specifiche con cui viene realizzata una rete, nei suoi componenti hardware e software e nelle funzionalità svolte. Specifica anche i protocolli da usare nella comunicazione.

Un esempio è l'**architettura TCP/IP**.

#techwords

Un **modello di rete** definisce le modalità per interconnettere le entità che devono comunicare. Un modello non specifica i protocolli, ma solo i servizi che devono essere offerti dalla rete.

Un esempio è il **modello OSI** definito dall'ISO.

I progettisti di **#architetture di reti** usano come riferimento il **#modello di rete a strati** (o a **livelli**) per suddividere la complessità della comunicazione tra sistemi in funzioni elementari, assegnate a strati diversi.

Modello a livelli – Analogia con la programmazione informatica

Nel mondo dell'informatica spesso ci troviamo a dover affrontare problemi molto complessi, per la risoluzione dei quali diventa difficoltoso tenere conto contemporaneamente di tutti gli aspetti coinvolti, fin nei minimi particolari. Una metodologia che si applica in questi casi è quella **top-down**: il problema da risolvere viene scomposto in sottoproblemi più semplici (FIGURA 1).

Così, anziché realizzare un software monolitico che svolga tutte le funzioni, si implementano più funzioni di complessità minore, ciascuna delle quali risolve una parte del problema.

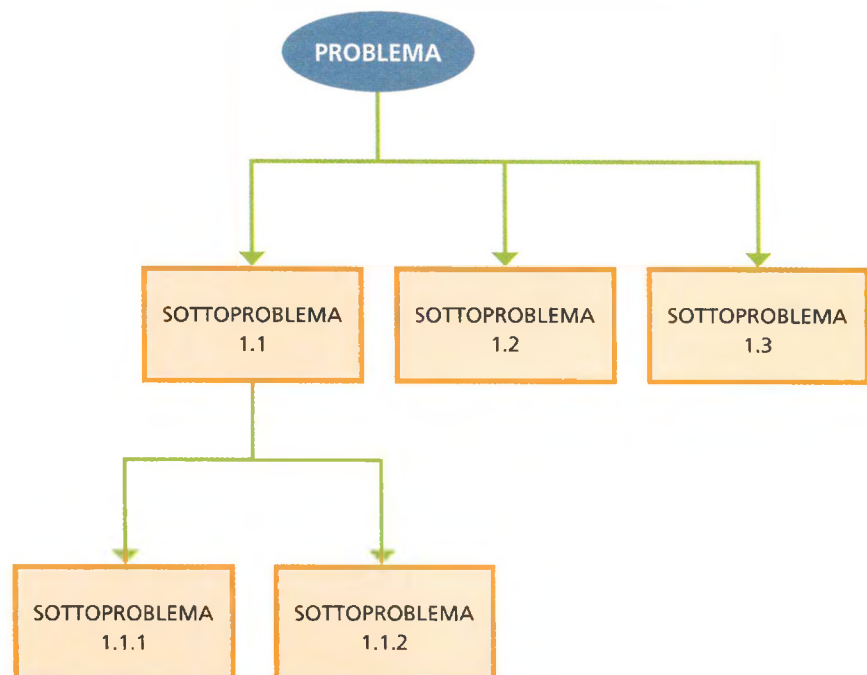


FIGURA 1 Scomposizione in sottoproblemi

Si aggiunge, però, una complessità: è necessario definire le modalità di comunicazione tra le varie funzioni in termini sia di dati scambiati, sia di “come” questi sono passati in input e in output.

I modelli a livelli definiti per le reti si basano sullo stesso principio: ridurre la complessità del problema di realizzare un sistema di comunicazione tra due macchine.

Modello a livelli – Analogia con la gestione di una richiesta di spedizione

Per comprendere la complessità della comunicazione tra i sistemi e come si riduca suddividendo il lavoro in compiti più semplici, si consideri la seguente situazione (FIGURA 2): il responsabile dell'ufficio acquisti di una società italiana con sede a Roma vuole avere informazioni sui nuovi dischi XT, prodotti da un'azienda americana famosa per i suoi supporti di storage.

La comunicazione avviene tra due persone che si trovano in luoghi molto lontani e che parlano una lingua diversa: vediamo allora come si può suddividere in compiti più semplici:

- individuare le persone nell'azienda che svolgono determinati compiti (il traduttore, l'addetto alle spedizioni, il fattorino);
- definire i servizi che ciascuna persona fornisce ad altre persone (la traduzione della lettera, la consegna/ritiro dall'ufficio postale);
- stabilire delle regole per lo svolgimento dei vari compiti, che devono essere seguite da ogni persona responsabile dell'attività (la lettera deve essere inserita in una busta e su questa va messo il francobollo).

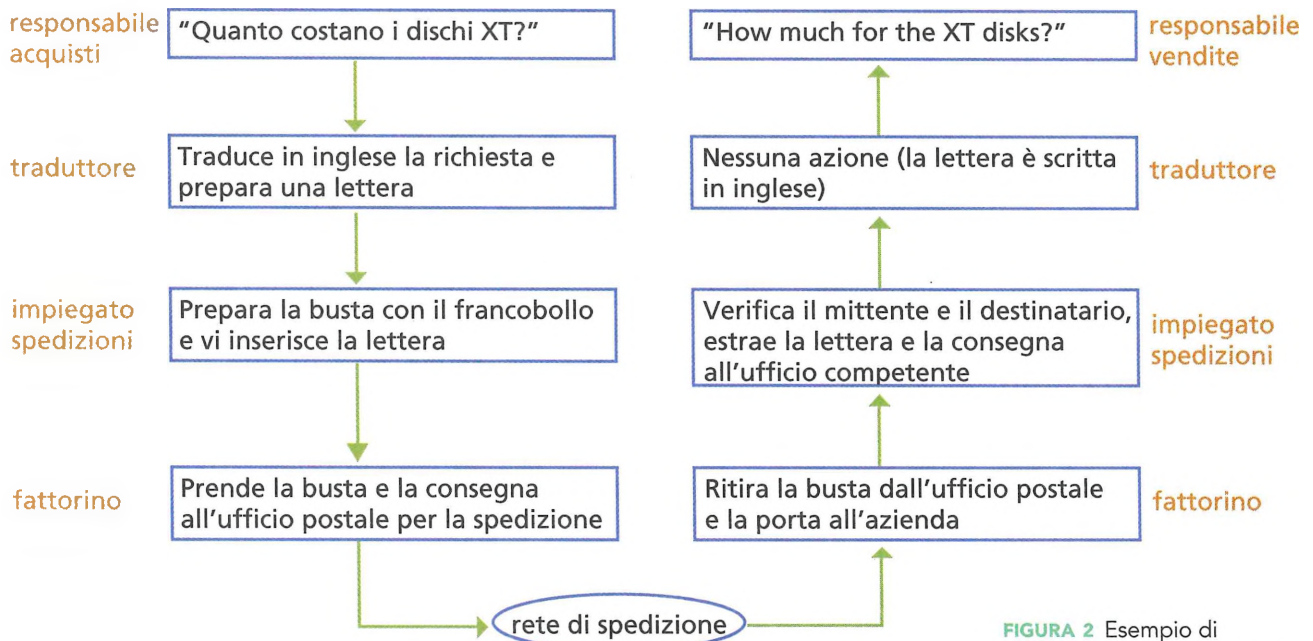
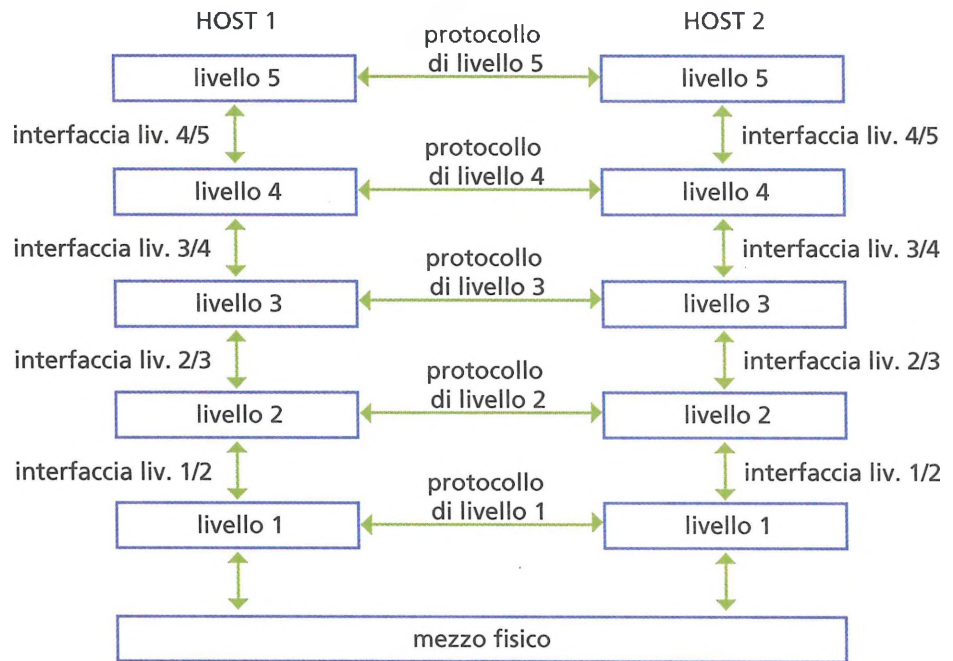


FIGURA 2 Esempio di sottoattività in cui scomporre la comunicazione

1.2 Il modello a strati o livelli

Tradizionalmente il modello a strati è rappresentato in verticale, come mostrato nella FIGURA 3, dove si presenta un ipotetico modello a cinque livelli.

FIGURA 3 Il modello a strati



Due host che vogliono comunicare realizzano la stessa architettura a strati e implementano uno o più protocolli a ogni livello per consentire lo scambio di informazioni tra *pari*: il livello N mittente comunica con il livello N destinatario. Questi livelli vengono chiamati **peer level**.

Ogni elemento attivo, in grado cioè di inviare e ricevere informazioni, in un livello si dice **entità** (entity). Come i livelli paritari vengono chiamati peer level, così le entità paritarie sono chiamate **peer entity**.

Nel primo volume si è più volte accennato al concetto di protocollo, ora possiamo darne una definizione più precisa, riferita al modello a livelli: **un protocollo è un insieme di regole che definiscono la comunicazione tra due peer entity**.

Quindi, il protocollo definisce le modalità con cui due entità di pari livello comunicano e, di conseguenza, deve specificare anche le informazioni di controllo da utilizzare per la gestione della comunicazione affinché il trasferimento dei dati vada a buon fine. Un esempio di informazione di controllo è il messaggio di conferma che il destinatario invia al mittente quando ha ricevuto i dati.

Il seguente elenco mostra alcune problematiche che si possono trovare nei vari livelli; nelle prossime Unità si esamineranno nel dettaglio i protocolli usati nelle reti TCP/IP come Internet e si vedrà come questi problemi sono stati affrontati nelle specifiche dei vari protocolli:

- identificazione delle peer entity;
- modalità di trasferimento dei dati (simplex, half-duplex, full-duplex);
- controllo degli errori di trasmissione;
- mantenimento dell'ordine di invio dei dati;
- adattamento della velocità di trasmissione alla capacità di ricezione del destinatario (controllo di flusso);
- gestione della dimensione dei pacchetti che transitano in rete;
- instradamento dei pacchetti nella rete.

Ogni livello fornisce un **#servizio** più astratto man mano che si procede dal basso (hardware) verso l'alto (applicazioni), svolgendo ciascuno compiti diversi dagli altri; tutti insieme concorrono a realizzare la **comunicazione tra i sistemi**.

Nel modello a strati si possono quindi individuare due modalità di comunicazione:

1. la **comunicazione logica tra peer entity**: il messaggio che viene trasmesso da un livello al suo pari in realtà passa attraverso la comunicazione con il livello inferiore, che a sua volta lo consegna al suo pari e così via fino ad arrivare al canale fisico; fa eccezione il primo livello, dove i peer comunicano direttamente tramite il canale fisico;
2. la **comunicazione fisica tra livelli adiacenti**: ogni strato interagisce solo con i due adiacenti:
 - in **trasmissione**: il livello N riceve il messaggio dal livello N+1, lo elabora aggiungendovi le informazioni necessarie allo svolgimento delle proprie funzioni, che saranno utili alla peer entity, infine lo invia al livello N-1;
 - in **ricezione**: il livello N riceve il messaggio dal livello N-1, elabora le informazioni che erano state aggiunte dalla peer entity, successivamente le elimina e invia i restanti dati al livello N+1.

L'interazione tra due livelli adiacenti avviene tramite un'**interfaccia**, come indicato nella Figura 3.

L'interfaccia di comunicazione tra due strati definisce le regole secondo le quali un livello accede ai servizi offerti dal livello sottostante.

La suddivisione a strati delle funzioni e il concetto di interfaccia rendono le reti **modulari**: è possibile intervenire sulle caratteristiche specifiche di uno strato senza dover modificare anche gli altri, purché l'interfaccia resti immutata.

Riassumendo, i vantaggi principali del modello a strati, che ne hanno decretato il successo come modello per le reti, sono:

- **riduzione della complessità** nella costruzione di architetture protocollari tramite l'introduzione di livelli di astrazione;
- **indipendenza dei vari strati**: ogni strato deve svolgere un compito diverso dagli altri e la sua struttura non è vincolata da quella degli altri livelli; quindi strati differenti possono anche essere sviluppati da enti diversi;
- **interazione tramite servizi**: i livelli sono disposti a pila, uno sopra l'altro. Ogni livello fornisce servizi al livello superiore e usufruisce di servizi dal livello sottostante, comunicando tramite un'interfaccia; come vengono implementate le varie funzioni all'interno di un livello non è di interesse per gli altri;
- possibilità di sviluppare un **progetto modulare**: se in un secondo tempo si decidesse di aggiungere un nuovo servizio, si modificherebbe solo il software (o l'hardware) del livello coinvolto, lasciando inalterate le funzionalità svolte dagli altri livelli;
- possibilità di utilizzare **differenti protocolli** per compiti specifici.

#techwords

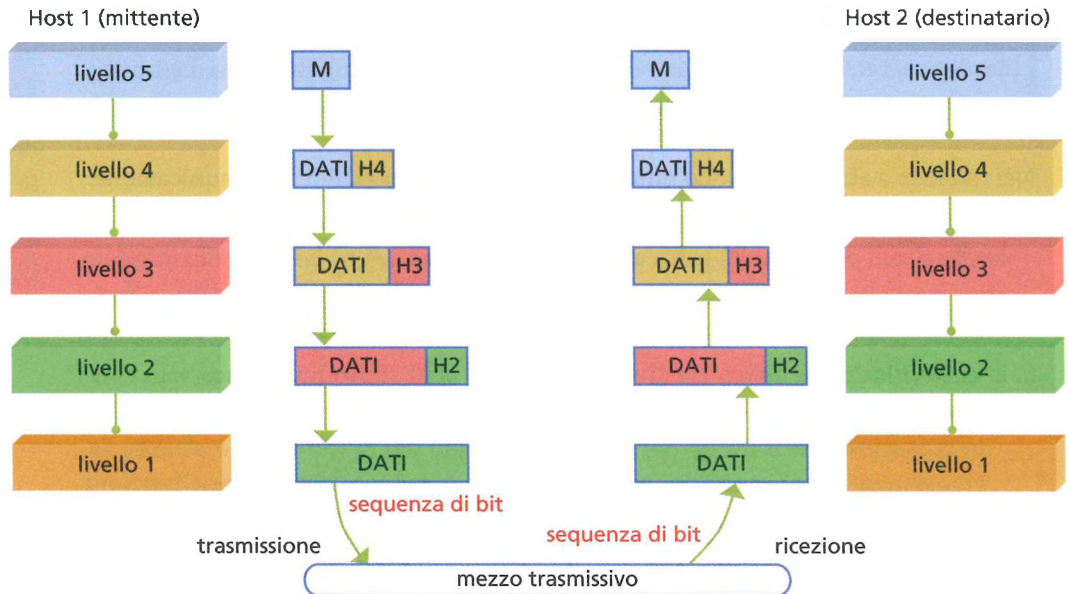
Servizio (service)

Il concetto di servizio nel modello a strati può essere considerato alla stregua di un rapporto di tipo client-server: il client è lo strato superiore e il server è lo strato sottostante. Un esempio di servizio è la consegna affidabile di un messaggio.

1.3 L'incapsulamento

La **FIGURA 4** mostra il principio alla base delle architetture di rete che utilizzano il modello a strati: l'**incapsulamento** (encapsulation).

FIGURA 4 Il principio dell'incapsulamento del modello a strati



Quando il messaggio (M) inviato dal mittente passa al livello inferiore viene modificato con l'aggiunta di un insieme di informazioni utili per lo svolgimento delle funzioni specifiche di quel livello; questo insieme di dati viene detto **header** ed è collocato all'inizio, prima dell'unità dati. Per esempio, nella Figura 4 il messaggio che verrà inviato dal livello 4 al livello 3 è formato dai dati ricevuti dal livello 5 (M) e dall'header aggiunto dal livello 4 (H4). L'insieme M + H4 diventa un unico pacchetto dati inviato al livello 3.

Vediamo ora cosa succede lato ricezione: il livello 4 riceve un pacchetto dati dal livello 3, estrae i byte che compongono l'header H4, contenenti informazioni utili all'elaborazione del messaggio, informazioni che gli sono state inviate dalla sua peer entity dell'host mittente. I dati rimanenti, senza H4, sono inviati al livello 5.

Unica eccezione al principio dell'incapsulamento sono il primo e l'ultimo livello, che non modificano l'unità dati aggiungendo un header.

1.4 Le caratteristiche delle architetture di rete

Quanto descritto sinora, consente di specificare meglio il concetto di architettura di rete per la comunicazione tra computer. Per realizzare un'**architettura di rete** occorre:

- definire il **modello di riferimento** in termini di schema concettuale, numero di strati coinvolti, definizione delle funzioni svolte da ciascuno strato e delle relazioni tra essi;
- definire il **servizio**, ossia ciò che viene fornito da ciascun strato di rete a quelli adiacenti;
- specificare formalmente i **protocolli** e le **interfacce** per descrivere *come* viene fornito un servizio dal singolo strato.

#techwords

PDU

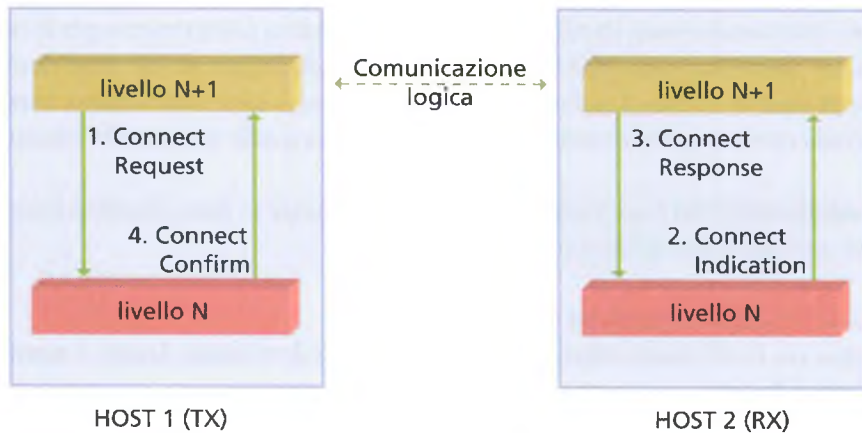
Con Protocol Data Unit si identifica il messaggio scambiato tra peer entity, formato da header+dati. Una PDU è specifica di uno strato del modello, quindi la PDU del generico strato N sarà indicata come N-PDU.

Finora abbiamo usato il termine generico "messaggio" o "pacchetto" per indicare l'insieme dei dati scambiati tra un host mittente e un host destinatario. Introduciamo un termine più formale, utilizzato nelle specifiche delle architetture di rete a livelli: **Protocol Data Unit (#PDU)**. Lo standard che definisce un protocollo deve specificare il formato della sua PDU.

La specifica dell'interfaccia avviene attraverso la descrizione delle **#primitive** da usare per la comunicazione. Tramite le primitive il livello superiore effettua la richiesta del servizio al livello inferiore, in trasmissione, oppure la ricezione delle informazioni, lato destinatario.

Le primitive di servizio sono caratterizzate da parametri quali: informazioni da trasferire, indicazione del destinatario, caratteristiche del servizio richiesto, ecc.

La **FIGURA 5** mostra lo scambio delle primitive tra livelli adiacenti sullo stesso host e tra peer level.



IN ENGLISH PLEASE

Two levels on different computers (peer-entities) communicate to each other using a *protocol*. Two adjacent levels on the same computer communicate to each other through an *interface* using some *primitives*.

#techwords

Primitive

Servono a richiedere un servizio e a essere informati dell'esito della richiesta.

FIGURA 5 Esempio di primitive

Le primitive utilizzate nella Figura 5 sono:

- 1. Connect Request:** richiesta del servizio di connessione. Specifica alcuni parametri: l'host a cui connettersi, la dimensione massima dei pacchetti usati nella connessione una volta stabilita, ecc.;
- 2. Connect Indication:** la segnalazione che riceve l'host destinatario di richiesta di connessione;
- 3. Connect Response:** specifica se il destinatario della richiesta l'accetta o meno;
- 4. Connect Confirm:** segnalazione ricevuta dall'host sorgente che riporta l'esito della richiesta di connessione.

Non si devono confondere funzioni, servizi e primitive: le funzioni sono operazioni svolte all'interno di un determinato livello, i servizi sono offerti su un'interfaccia tra livelli adiacenti, mentre le primitive permettono di attivare i servizi.

FISSA LE CONOSCENZE

- Descrivi il modello a strati per la comunicazione tra i sistemi.
- Perché è utile avere un modello suddiviso in livelli separati piuttosto che un modello unico?
- Che ruolo svolgono i protocolli?
- Spiega il concetto di peer entity.
- Spiega che cos'è l'header e il principio dell'incapsulamento.
- Come avviene la comunicazione tra livelli adiacenti su uno stesso host?

2 IL MODELLO ISO/OSI

2.1 Un modello di riferimento per le reti di computer

L'**ISO** (International Organization for Standardization) è l'organismo di standardizzazione che per primo cercò di definire in modo formale una modalità per interconnettere i computer. Nel 1978 ISO specificò un modello, chiamato **OSI** (Open Systems Interconnection), che divenne il modello standard di riferimento per le reti di computer. Nel documento **ISO 7498**, dal titolo *Basic Reference Model*, sono descritti i principi base di questo standard. Negli anni successivi sono state emesse versioni aggiornate con nuove funzionalità, quali, per esempio, quelle relative alla sicurezza.

#preindinota

Il modello OSI non è una suite di protocolli. Lo standard non specifica i protocolli, ma come devono essere organizzati i livelli, le interfacce e i servizi che ogni livello deve offrire ai livelli adiacenti.

Il **modello ISO/OSI** è un modello a strati che suddivide in **sette livelli** le funzionalità necessarie a realizzare reti di computer.

La **FIGURA 6** mostra i sette strati del modello OSI:

- i primi tre livelli fanno riferimento alla rete (sono detti **lower layers** o **network oriented layers**);
- il quarto livello separa l'ambiente rete dall'ambiente applicazione;
- gli ultimi tre livelli fanno riferimento all'applicazione (sono detti **upper layers** o **application oriented layers**).

FIGURA 6 I livelli del modello OSI

n° livello

7	Application Layer	Si occupa delle applicazioni che usano la rete
6	Presentation Layer	Fornisce una rappresentazione standard dei dati per le applicazioni
5	Session Layer	Gestisce le sessioni tra le applicazioni
4	Transport Layer	Fornisce la connessione end-to-end con controllo della congestione
3	Network Layer	Gestisce la connessione alla rete
2	Data Link Layer	Provvede alla trasmissione dei dati sulla rete fisica
1	Physical Layer	Definisce le caratteristiche fisiche della rete

#preindinota

L'evoluzione delle reti e in particolare di Internet ha reso difficile inquadrare l'infrastruttura in paradigmi ben definiti. Sono quindi possibili implementazioni alternative rispetto al modello OSI teorico, che però mantiene tutta la sua validità come modello di riferimento.

#techwords

Payload

È la parte dati della PDU (escluso l'header).

La **FIGURA 7** mostra come avviene la comunicazione tra due host utilizzando il modello OSI. In trasmissione, i dati inviati dall'applicazione presente nell'host mittente passano da un livello al successivo e ognuno aggiunge il proprio header secondo il principio dell'incapsulamento. Quando arriva al computer di destinazione, il messaggio subisce l'operazione inversa: ogni livello esamina l'header di propria competenza e invia al livello superiore solo la parte dati (detta **#payload**).

I primi tre livelli del modello OSI sono coinvolti nella comunicazione di rete e di inter-rete (tra router), mentre solo i livelli superiori controllano la comunicazione a livello end-to-end.

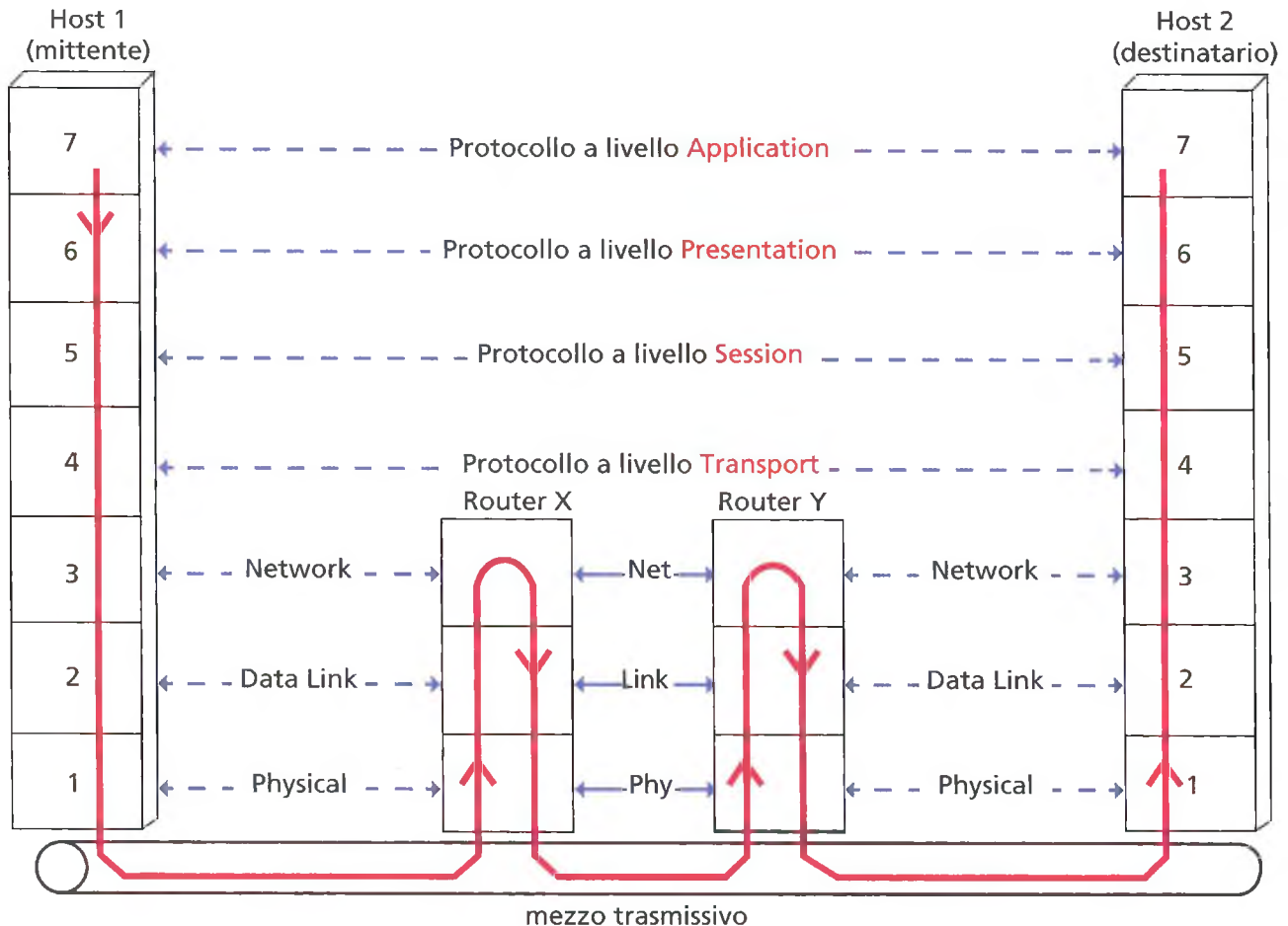


FIGURA 7 Gli strati del modello OSI

2.2 I sette livelli del modello OSI

Nel seguito si fornisce una breve descrizione dei sette strati del modello OSI.

■ PHYSICAL LAYER

Si occupa della trasmissione di una **sequenza di bit** attraverso un mezzo fisico.

I suoi compiti principali sono:

- definire le caratteristiche fisiche delle interfacce tra gli apparati e il mezzo trasmissivo;
- rappresentare i bit, ossia come la sequenza di 0 e di 1 viene trasformata in un segnale (elettrico, ottico, radio) da trasmettere sul mezzo fisico;
- definire la velocità di trasmissione (quanti bit sono inviati in un secondo?), sincronizzando mittente e destinatario;
- realizzare la topologia fisica della rete in base alla quale connettere i dispositivi che formano la rete.

APPARATI: i dispositivi che operano a livello 1 sono le **schede di rete** (NIC) e gli **hub**.

DATA LINK LAYER

La sua funzione principale è di rendere affidabile il collegamento instaurato a livello fisico, in modo che appaia privo di errori al livello Network. Si occupa della trasmissione tra due host della stessa rete utilizzando l'**indirizzamento fisico**: un esempio di indirizzo fisico è il **MAC Address**.

I suoi compiti specifici sono:

- in trasmissione: suddividere il flusso di bit proveniente dal livello Network in PDU dette **frame** (trame), aggiungendo a ciascun frame l'header con le informazioni su mittente e destinatario;
- controllare il flusso al fine di prevenire la congestione del dispositivo ricevente;
- controllare gli errori al fine di garantire l'affidabilità del livello fisico, individuare i frame che arrivano danneggiati, quelli persi, ecc.;
- controllare l'accesso al mezzo trasmissivo nel caso più dispositivi siano connessi allo stesso canale di comunicazione.

APPARATI: i dispositivi che operano a livello 2 sono i **bridge** e gli **switch**.

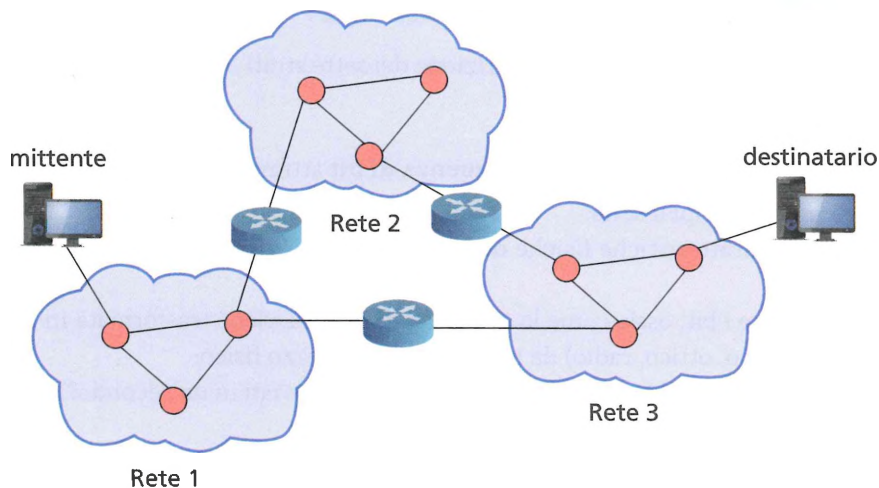
NETWORK LAYER

Si occupa dell'instradamento verso il destinatario del pacchetto inviato dal mittente attraverso reti diverse (se mittente e destinatario appartengono alla stessa rete è sufficiente il servizio offerto dal livello Data Link).

I suoi compiti principali sono:

- in trasmissione: suddividere il messaggio proveniente dal livello Transport in PDU dette **packet** o **datagram**;
- gestire l'**indirizzamento logico** in quanto l'indirizzo fisico usato a livello Data Link va bene solo a livello locale, se il pacchetto dati deve attraversare più reti è necessario usare un sistema di indirizzamento che permetta di individuare univocamente il mittente e il destinatario dei dati su rete WAN: un esempio è l'**indirizzo IP**;
- instradare (**routing**) i pacchetti: se il percorso che deve fare un pacchetto per raggiungere il destinatario attraversa più reti, i vari collegamenti indipendenti devono essere connessi per formare una **Internetwork** (una rete di reti, FIGURA 8).

FIGURA 8 Esempio di Internetwork



APPARATI: i dispositivi che operano a livello 3 sono i **router**.

■ TRANSPORT LAYER

È responsabile della consegna dell'intero messaggio da mittente a destinatario, infatti si occupa della comunicazione **end-to-end** (E2E), cioè tra gli end system. Grazie al lavoro svolto da questo strato, il livello superiore Session opera come se ci fosse una linea diretta tra i due computer mittente e destinatario.

I suoi compiti principali sono:

- consegnare il messaggio al processo destinatario: su un computer ci sono molti processi attivi ed è necessario individuare quello corretto; a questo scopo si usano i numeri di **porta**: ogni porta identifica un processo sull'host mittente/destinatario;
- segmentare e riassemblare: ogni messaggio proveniente dal livello Session viene suddiviso in **segmenti** e a ognuno è associato un numero di sequenza; tale numero è quello che permetterà allo strato Transport del computer destinatario di ricostruire il messaggio nella sua interezza, inoltre consente di rilevare se durante la trasmissione si sono persi dei segmenti o sono arrivati duplicati;
- controllo di connessione: lo strato Transport offre sia il servizio **#connection-oriented** sia quello **#connectionless**, in quest'ultimo caso non viene garantita la consegna corretta del messaggio, ogni pacchetto proveniente dal livello Network è trattato in modo indipendente;
- controllo di flusso: tra i compiti svolti dallo strato Data Link c'è già il controllo di flusso, svolto a livello di singolo collegamento, nello strato Transport invece agisce end-to-end, quindi tra host mittente e host ricevente;
- controllo d'errore: anche in questo caso l'analogo controllo effettuato dallo strato Data Link è a livello di singolo collegamento, lo strato Transport invece assicura che l'intero messaggio arrivi al destinatario senza errori (pacchetti persi, duplicati o danneggiati).

■ SESSION LAYER

È il controllore del dialogo svolto in rete: apre, gestisce, sincronizza le interazioni tra i diversi sistemi coinvolti nella comunicazione.

I suoi compiti principali sono:

- controllo del dialogo: il dialogo viene suddiviso in unità logiche, dette **sessioni**; una sessione può essere interrotta e poi ripresa in base alle necessità del momento;
- sincronizzazione: permette ai processi coinvolti nella comunicazione di inserire dei **checkpoint** (punti di sincronizzazione) in un flusso dati; questo consente di suddividere il flusso in unità più piccole che vengono riscontrate in modo indipendente così che, nel caso di mancata ricezione, verrà inviata nuovamente solo l'unità mancante.

■ PRESENTATION LAYER

Offre un servizio di controllo della correttezza sintattica e semantica delle informazioni scambiate tra i due host.

I suoi compiti principali sono:

- traslazione: le sequenze di informazioni alfanumeriche che si scambiano i processi applicativi devono essere convertite in flussi di bit. Lo strato di presentazione

#techwords

Un servizio è **connection-oriented** quando la comunicazione tra i due host prevede l'instaurazione di una connessione prima di inviare i dati. Un esempio è la telefonia. Un servizio è **connectionless** quando i dati sono trasmessi senza sapere se il destinatario è pronto a riceverli. Ogni pacchetto viaggia in rete in modo indipendente dagli altri. Un esempio è il tradizionale servizio postale.

cambia, in trasmissione, il formato dei dati da quello del computer mittente (*sintassi locale*) a un formato comune (*sintassi di trasferimento*); in ricezione effettua l'operazione opposta: cambia i dati dal formato comune a quello proprio del computer destinatario;

- crittografia: se richiesto, lo strato di Presentazione si occupa di crittografare i dati prima di inviarli allo strato sottostante; in ricezione effettuerà l'operazione di decrittografare il messaggio per riportare l'informazione al suo stato originario, comprensibile dall'applicazione destinataria;
- compressione: quando il flusso di bit da trasmettere è di grandi dimensioni, come nel caso di invio di file audio o video, lo strato di Presentazione si occuperà di ridurre la quantità di bit da inviare.

■ APPLICATION LAYER

Offre un'interfaccia utente con la rete (non necessariamente utente umano, può anche essere un processo software). Questo strato fornisce il supporto ai servizi di rete come la posta elettronica, il trasferimento file, il terminale remoto, ecc. Si noti che questo strato non aggiunge un header al messaggio da inviare in rete. La PDU a questo livello viene detta **message**.

Curiosità: per ricordare, nella sequenza corretta, i nomi dei livelli del modello OSI sono stati inventati vari mnemonici.

I più noti sono:

- dal basso: "Please Do Not Throw Sausage Pizza Away";
- dall'alto: "All People Seem To Need Data Processing".

#techwords

Reference Model

È una struttura astratta che permette di capire le relazioni tra le entità presenti in un certo ambito e agevola lo sviluppo degli standard a supporto di quell'ambito. È usato come riferimento per le implementazioni.

2.3 L'uso di OSI nelle reti

Il modello OSI è stato universalmente adottato come riferimento (**#reference model**) per organizzare le architetture di protocolli, mentre non hanno avuto successo i protocolli che sono stati definiti a livello Network e Transport.

Nel frattempo Internet si è diffusa velocemente e con essa l'architettura **TCP/IP**, anch'essa a strati.

I protocolli fondamentali di TCP/IP (IP per il livello Network e TCP per il livello Transport) sono incompatibili e in concorrenza con quelli definiti per OSI. Per il resto i due modelli si equivalgono.

FISSA LE CONOSCENZE

- Tutti i livelli prevedono di inserire un header nel messaggio prima di inviarlo al livello sottostante?
- Quale strato del modello OSI è implementato nella scheda di rete (NIC)?
- Quali sono gli apparati che svolgono funzioni di livello 2 e di livello 3?
- Spiega cosa significa che il livello Transport opera in modo end-to-end.
- Alcuni compiti svolti dal livello Data Link si ritrovano nel Transport: quali? In che cosa si differenziano?
- Spiega come i livelli Session e Presentation aiutano la comunicazione tra utente e rete.

3 LO STACK TCP/IP

3.1 I livelli di TCP/IP

L'**architettura TCP/IP** prende il nome dai suoi due protocolli più importanti: IP e TCP. Spesso si fa riferimento a essa con il nome di **Internet protocol suite** o **Internet protocol stack** (letteralmente “pila protocollare di Internet”) per indicare la struttura a strati dell'architettura e i protocolli definiti a ogni livello.

Come si nota dalla **FIGURA 9**, questa architettura si basa solo su quattro strati che, con le dovute differenze, corrispondono ai sette livelli del modello OSI. Questa diversità ha ragioni storiche, infatti i protocolli IP e TCP sono antecedenti al modello OSI. Quest'ultimo specifica in modo rigoroso le funzioni che devono essere svolte da ciascuno strato, mentre i livelli del TCP/IP contengono protocolli relativamente indipendenti che possono essere usati a seconda delle necessità.

Nella Figura 9 sono presenti anche i nomi con cui si identificano le PDU ai vari livelli.

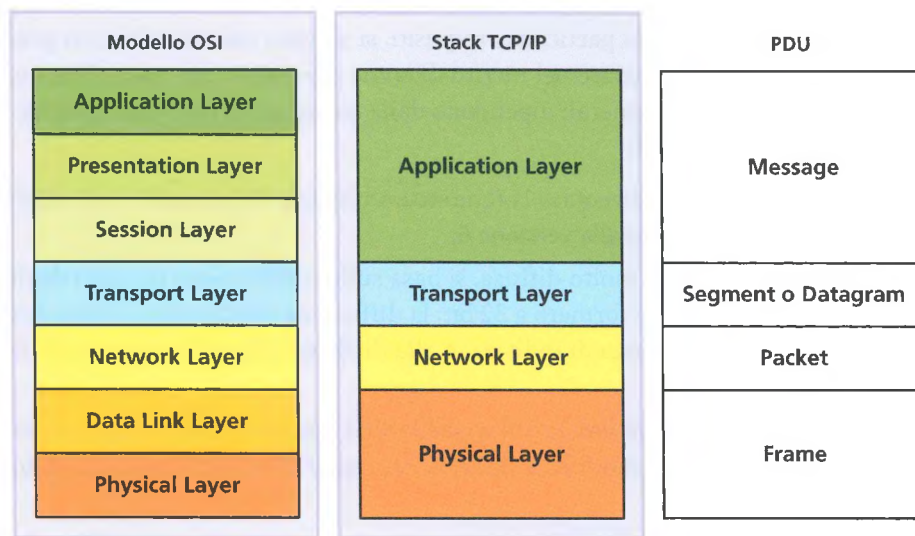


FIGURA 9 Confronto tra livelli OSI e TCP/IP

Per alcuni anni si è pensato che TCP/IP fosse una soluzione transitoria e che alla fine si sarebbe adottato l'OSI, tanto che il governo degli Stati Uniti aveva nominato una commissione per gestire il passaggio da TCP/IP a OSI. La diffusione di Internet però ha superato ogni aspettativa e finito per rendere sempre più difficoltoso il passaggio da TCP/IP a OSI e ormai da anni non si lavora più in questa direzione.

OSI rimane come modello di riferimento soprattutto per i livelli bassi (Physical, Data Link e Network).

Nel seguito si descrive l'architettura protocollare TCP/IP, su cui si basa la rete Internet.

■ PHYSICAL LAYER

Viene spesso identificato come **Network Access Layer** perché consente di utilizzare risorse di rete diverse tra loro. Include le funzioni degli strati Physical, Data Link e, in parte, Network del modello OSI (del Network solo gli aspetti legati al funzionamento della singola rete, non dell'Internetwork).

#prendinota

A volte lo stack TCP/IP è raffigurato con cinque strati, dove il primo (Physical) viene suddiviso in due livelli: Physical e Data Link, per renderlo più corrispondente al modello OSI.

■ NETWORK LAYER

È detto anche **IP Layer** dal nome del protocollo che consente il funzionamento della rete Internet. Infatti si occupa dell'instradamento dei pacchetti nella rete e dell'interconnessione delle reti. Include quindi le funzioni dello strato Network di OSI che si occupano dell'Internetwork. Offre un servizio connectionless.

■ TRANSPORT LAYER

È detto anche **TCP Layer** dal nome del protocollo principale che permette di gestire le connessioni a livello end-to-end. TCP infatti fornisce un servizio connection-oriented. Corrisponde al livello Transport dell'OSI. In questo livello è stato standardizzato anche un altro protocollo, denominato UDP, che offre un servizio connectionless.

■ APPLICATION LAYER

Corrisponde agli ultimi tre strati del modello OSI e realizza i servizi di livello applicativo per Internet, quali la posta elettronica, il web, il trasferimento dei file, ecc.

3.2 L'evoluzione di TCP/IP

Con la suite di protocolli Internet è possibile connettere tra loro vari tipi di reti, senza richiedere che esse soddisfino particolari requisiti, si assume solo che siano in grado di trasferire dati, senza entrare nel merito di come effettuino tale trasferimento. Chiaramente le prestazioni generali dipendono dalla tecnologia e tipologia delle sottoreti su cui appoggia TCP/IP.

Nel 1983 lo stack TCP/IP è diventato l'architettura ufficiale di Internet e nel corso degli anni è evoluto arrivando alla versione 6:

- **versione 4:** è ancora oggi molto diffusa, si basa sulla suddivisione in classi degli indirizzi IP che sono in un formato a 32 bit; la diffusione rapidissima di Internet ha portato, però, alla carenza di indirizzi e alla difficoltà di soddisfare nuove richieste;
- **versione 5:** è una proposta basata sul modello OSI che non è mai stata portata avanti a causa delle molte modifiche da effettuare sugli strati, che comportavano costi elevati;
- **versione 6:** le modifiche riguardano principalmente lo strato Network: IPv4 diventa IPv6 e utilizza indirizzi a 128 bit che consentono di gestire un numero elevatissimo di utenti.

FISSA LE CONOSCENZE

- Che cosa si intende per pila protocollare?
- Spiega la corrispondenza tra i livelli del modello OSI e quelli dell'architettura TCP/IP.
- Le funzioni svolte dal livello Network di OSI dove si possono ritrovare in TCP/IP?
- Il livello Network di TCP/IP è in qualche modo influenzato dalla tecnologia con cui sono realizzate le sottoreti?
- Descrivi quali versioni, nel corso degli anni, si sono avute di TCP/IP.

4 GLI ENTI DI STANDARDIZZAZIONE

4.1 Chi specifica gli standard per le reti?

Data l'importanza degli standard nelle telecomunicazioni, vediamo ora le principali organizzazioni internazionali che sviluppano standard in quest'ambito.

Anche se questi organismi lavorano in modo autonomo nel loro specifico ambito di competenza, non possono certamente ignorare quello che viene svolto dagli altri enti di standardizzazione; quindi negli anni, con l'evolvere della tecnologia e delle richieste degli utenti, si sono sviluppate collaborazioni e sinergie.

■ ITU-T

International Telecommunication Union - Telecommunication Standardization Sector

Sito web: www.itu.int/ITU-T

- 1865: i rappresentanti dei principali governi europei si riuniscono a Parigi per dare vita a un'organizzazione (ITU, International Telegraph Union) per la definizione di standard nel settore delle telecomunicazioni;
- 1947: ITU diventa un ente supportato dalle Nazioni Unite;
- 1956-1993: ITU-T è identificato con l'acronimo **CCITT** (Comité Consultatif International Télégraphique et Téléphonique);
- ITU viene suddiviso in tre settori:
 - ITU-R Radiocommunication Sector;
 - ITU-T Telecommunication Standardization Sector;
 - ITU-D Development Sector;
- l'autonomia nazionale è salvaguardata (in teoria) dal fatto che le specifiche ITU-T sono solamente *recommendation*, non sono standard;
- importanti raccomandazioni nell'ambito delle telecomunicazioni sono:
 - serie V Telephone Communications, per esempio V.90 e V.92 sono gli standard per il modem analogico a 56 kbps;
 - serie X Network Interface and Public Networks, per esempio la serie X.400 specifica gli standard per la posta elettronica.

■ ISO

International Standards Organization, venne in seguito denominato:

International Organization for Standardization

Sito web: www.iso.org

- ente fondato nel 1946 come organizzazione volontaria con lo scopo di stabilire accordi sugli standard internazionali;
- i membri sono i rappresentanti degli enti di standardizzazione designati da ciascun Paese aderente (il rappresentante italiano è l'UNI, Ente Nazionale Italiano di Unificazione) e di molte industrie che vi partecipano con l'obiettivo di definire nuovi modelli di compatibilità, migliore qualità, maggiore produttività e costi più bassi;
- si occupa di una vasta gamma di standard nei campi scientifico, tecnologico ed economico. Lo sviluppo degli standard è controllato da un Comitato Tecnico separato. Nell'ambito delle telecomunicazioni, importante è stato il suo contributo con la definizione del modello a strati di riferimento: modello a sette livelli OSI (Open System Interconnection).



#prendinota

Nella seconda metà degli anni Novanta i **modem 56k** erano lo standard per i modem analogici. Si trattava di dispositivi che si collegavano alla linea telefonica domestica, sulla quale si effettuava la chiamata verso l'operatore telefonico (e se la linea era occupata per la trasmissione dati non era possibile telefonare). Così ci si connetteva a Internet con una velocità di 56 kbps!





ANSI

American National Standards Institute

Sito web: www.ansi.org

- è un organismo americano nato con l'obiettivo di promuovere l'adozione degli standard come mezzo per il progresso dell'economia negli Stati Uniti;
- vi partecipano organizzazioni professionali, associazioni industriali, enti governativi e gruppi di consumatori;
- in ambito ANSI sono nati alcuni importanti standard, poi ratificati dall'ISO, tra questi ricordiamo:
 - ASCII (American Standard Code for Information Interchange);
 - FDDI (Fiber Data Distributed Interface).



IEEE

Institute of Electrical and Electronics Engineering

Sito web: www.ieee.org

- organizzazione professionale (è la più grande corporazione di ingegneri del mondo), dedicata al processo di standardizzazione e non solo;
- definisce standard nei settori dell'ingegneria elettronica e informatica/telecomunicazioni, per le reti ricordiamo:
 - progetto 802.x, definisce un insieme di standard per le LAN e le MAN relativamente al livello Physical di TCP/IP.



ETSI

European Telecommunications Standards Institute

Sito web: www.etsi.org

- è un'organizzazione non-profit il cui obiettivo è la definizione degli standard di telecomunicazione a livello europeo;
- riunisce oltre 700 membri provenienti da più di 60 nazioni europee e non: amministrazioni pubbliche, operatori di telecomunicazione, industrie manifatturiere, fornitori di servizi, centri di ricerca e organizzazioni di utenti;
- dal 1998 è tra le organizzazioni partner dell'associazione 3GPP (3rd Generation Partnership Project) che produce specifiche nell'ambito delle comunicazioni mobili.



IETF

Internet Engineering Task Force

Sito web: www.ietf.org

- è l'organismo operativo dello **IAB** (Internet Architecture Board), l'ente che si occupa della supervisione del processo di creazione degli standard Internet;
- è una comunità internazionale di progettisti, costruttori, enti di ricerca, che si occupa dell'evoluzione di Internet;
- i suoi documenti (**RFC**, Request For Comment) sono delle linee guida che rappresentano degli *standard de facto* per la loro ampia diffusione.