



**Università degli Studi di Parma**  
Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali  
Corso di Laurea in Informatica

**DISPENSE INTRODUTTIVE**

**Giulio Destri**

# INTRODUZIONE ALLE COMUNICAZIONI IN RETE

**AREA PROFESSIONAL**

Collana "I quaderni di Area Professional"



Licenza Creative Commons Attribution 3.0 Unported– 2009-2011  
<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/>

## **Indice**

I concetti base della comunicazione: impostazione intuitiva.....	3
Gli elementi fondamentali della Comunicazione.....	3
L' informazione e la sua rappresentazione nel mondo fisico.....	4
I canali reali: disturbi e alterazioni del messaggio.....	5
Il segnale nel dominio del tempo e delle frequenze.....	7
Comunicazione e dati.....	8
Comunicazioni analogiche e digitali.....	9
Il flusso delle informazioni nei collegamenti.....	10
Trasmissione e ricezione.....	11
Applicazione delle modulazioni: AM, FM, PM.....	14
Tipologie di canali digitali: capacità e parallelismo.....	15
Rappresentazione digitale dell'Informazione.....	17
Regole e strumenti per la comunicazione digitale.....	33
Il modello ISO/OSI e la sua implementazione nel TCP/IP.....	35
La rete Telefonica.....	39
Introduzione alle Reti Locali.....	41
Organizzazione di una LAN.....	43
I Cavi RJ-45.....	45
Configurazione della scheda di rete di un PC con Windows XP.....	51
Bibliografia.....	55

## ***I concetti base della comunicazione: impostazione intuitiva***

Affermare che nella vita di ogni essere umano "comunicare" è un fatto di fondamentale importanza non è un'esagerazione. Come potremmo immaginare la nostra vita relazionale o professionale, il nostro rapporto con l'arte o comunque con il mondo che ci circonda se non avessimo questa possibilità?

Pensiamo, d'altra parte, all'importanza che la comunicazione ha assunto nella nostra società o a come essa abbia da sempre condizionato lo sviluppo tecnologico. Ci accorgeremo, allora, di quanto sia per noi abituale essere coinvolti in un qualsiasi processo di comunicazione senza nemmeno rendercene conto.

Leggere un libro o un giornale è dunque una forma di comunicazione. Ma anche discutere con un conoscente, dialogare al telefono con un amico, scrivere una e-mail, ammirare un quadro, ascoltare un brano di musica, guardare un cartellone pubblicitario, ascoltare un notiziario alla radio, assistere a uno spettacolo teatrale, inviare dati tramite un computer o seguire un film al cinema sono tutti processi di comunicazione, anche se in ogni singolo caso il nostro ruolo può essere più o meno attivo.

In ogni esempio visto potremmo essere noi a voler comunicare qualcosa, oppure noi riceviamo ciò che qualcun altro vuole comunicarci. Come vedremo, questa distinzione dei ruoli sarà fondamentale nella trattazione di questo argomento.

*Nell'ambito di questo documento viene posta attenzione a un'area specifica dell'intero campo della comunicazione: **la comunicazione tra dispositivi elettronici**, cercando tuttavia di proporre un'analisi e di formulare una teoria la più generica possibile, in modo che possa essere applicata a qualsiasi processo di comunicazione, stabilendo così i requisiti minimi che ogni processo deve rispondere e i fattori fondamentali ai fini delle sue prestazioni.*

## ***Gli elementi fondamentali della Comunicazione***

Analizzando gli esempi di comunicazione visti nel primo paragrafo si possono riconoscere gli elementi comuni.

### **Il messaggio**

Notiamo innanzi tutto che in ognuno dei casi ci troviamo di fronte a un trasferimento di informazioni: quando un insegnante tiene una lezione trasferisce informazioni alla classe; quando un giornalista scrive un articolo, trasferisce informazioni ai lettori, e così via. Possiamo allora affermare che **la comunicazione ha lo scopo di trasferire informazioni (indipendentemente dalla loro natura) da un punto a un altro.**

Abbiamo così determinato un primo elemento comune alle diverse forme di comunicazione: l'informazione da trasferire, che d'ora in avanti chiameremo **Messaggio**.

### **Sorgente e destinatario**

Proseguendo nella nostra analisi, ci accorgiamo che, affinché un messaggio possa essere trasmesso, nel processo di comunicazione devono essere presenti almeno due entità distinte: una **Sorgente** e un **Destinatario**.

La sorgente è un sistema che genera e trasmette il messaggio, mentre il destinatario è il sistema a cui il messaggio è diretto.

Così l'insegnante, il giornalista o il creativo pubblicitario sono sorgenti, mentre i destinatari saranno rispettivamente gli alunni, i lettori e i consumatori.

Questi tre elementi (messaggio, sorgente, destinatario) non sono però ancora sufficienti per realizzare un processo di comunicazione funzionante.

## Il Canale

Il messaggio per essere trasportato dalla sorgente al destinatario, deve essere collocato su un "mezzo trasmissivo" che gli permetterà di giungere a destinazione. Questo mezzo trasmissivo avrà ovviamente caratteristiche diverse a seconda del processo di comunicazione cui è destinato: in una lezione in classe tale mezzo è l'aria che trasporta le onde sonore della voce dell'insegnante; le pagine di un giornale costituiscono il mezzo trasmissivo su cui viaggia il messaggio originato dal giornalista, e così via. Questo mezzo trasmissivo viene di solito chiamato **Canale**.

## Gli elementi della comunicazione nel loro insieme

Abbiamo così determinato quali sono gli elementi minimi che devono essere presenti in un qualsiasi processo di comunicazione. La figura 2.1 offre una rappresentazione schematica.



Figura 2.1: il modello teorico ideale della comunicazione

È importante rendersi conto che, se dovesse mancare anche uno solo di questi elementi, nessuna comunicazione potrebbe aver luogo.

Ricapitolando, *in qualsiasi processo di comunicazione, dovremo identificare:*

- a) **un messaggio**, che trasporta una informazione;
- b) **una sorgente**, che genera il messaggio e lo colloca sul canale;
- e) **un canale**, sul quale il messaggio viene trasportato;
- f) **un destinatario**; che deve ricevere il messaggio.

## L'informazione e la sua rappresentazione nel mondo fisico

L'informazione è una entità immateriale (o intangibile) e costituisce la radice di ogni altra entità immateriale come Conoscenza, Esperienza individuale, ecc...

I concetti di dato ed informazione sono connessi ma non coincidenti.

Il **dato** è una unità di conoscenza elementare che, presa individualmente e fuori da un preciso contesto, non ha alcun significato.

L'**informazione** è, invece, il dato (od un insieme di dati) contestualizzato ed elaborato, che rende possibile l'aumento di conoscenza per chi la riceve.

Si può affermare che il computer tratta i dati e l'uomo tratta le informazioni.

Per esistere nel mondo fisico, l'informazione (o i dati che la compongono) deve essere rappresentata in modo fisico. L'informazione può essere rappresentata come **variazioni di grandezze fisiche** entro opportuni **supporti fisici**, come per esempio colori su carta, livelli di tensione entro circuiti elettronici.

L'informazione poi può essere decifrata e entrare nel nostro cervello attraverso i nostri organi di senso (vista, udito, tatto, odorato, gusto ecc...). Qui esiste nella forma delle

nostre rappresentazioni mentali, che sono ottenute, nel mondo fisico, dalla configurazione istantanea dei neuroni nel nostro cervello e dagli stati elettrochimici delle loro connessioni. Per potere essere **immagazzinata** e **trasmessa** l'informazione necessita sempre di supporti fisici: i supporti di immagazzinamento possono essere suddivisi fra archivi cartacei ed archivi informatici, mentre i supporti di trasmissione possono essere suddivisi fra "canali tradizionali" come posta, fax, telex, e sistemi digitali più moderni (Internet...). In ogni caso l'archivio informatico richiede l'esistenza di supporti hardware adeguati (computer, batterie di dischi, nastri...) e il canale di trasmissione digitale richiede la presenza di sistemi di comunicazione (cavi o supporti wireless, apparati di rete, software di gestione della rete...).

### ***I canali reali: disturbi e alterazioni del messaggio***

Nel mondo reale le comunicazioni sono sovente soggette a problemi: cosa accadrebbe se durante una comunicazione telefonica cadesse improvvisamente la linea? E se durante una conferenza il sistema di amplificazione si spegnesse per un attimo? In entrambi i casi l'effetto sarebbe lo stesso: il messaggio non arriverebbe integralmente al destinatario, o comunque arriverebbe distorto.

Bisogna allora prevedere che, in ogni processo di comunicazione, potrebbero verificarsi interferenze tali da impedire la corretta trasmissione del messaggio, o da vanificarla del tutto. Queste interferenze sono eventi indesiderati, solitamente esterni al processo, e sono indicati col termine di **Disturbi**.

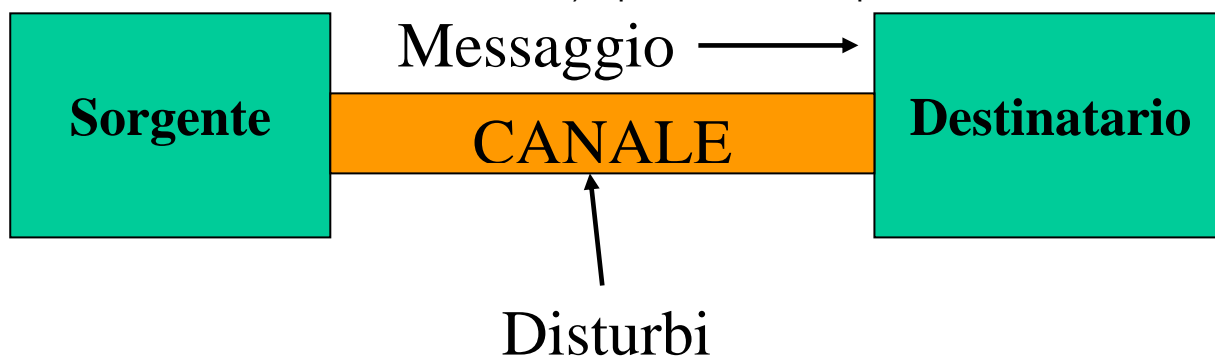
I disturbi si suddividono fra:

**Rumore interno**, dovuto al moto disordinato degli elettroni entro gli apparati elettronici; per esempio in un amplificatore alzando al massimo il volume si ottiene un fruscio che si sovrappone in modo evidente al segnale e tale fruscio è l'effetto del rumore interno ai circuiti dell'amplificatore;

**Rumore esterno**, dovuto a fenomeni ambientali o atmosferici (es. fulmini); per esempio durante un temporale una trasmissione radio può essere disturbata da scariche dovute a rumore esterno (l'effetto dei fulmini);

**Interferenza**, dovuta a interferenze fra diversi apparati elettronici indipendenti; un esempio classico è l'effetto che lo squillo del cellulare ha su computer (vibrazione del video) o su altoparlanti (il caratteristico suono bip-bip-bip) quando si trova molto vicino ad essi.

Talvolta, impropriamente, i termini rumore ed interferenza sono usati semplicemente come sinonimo di disturbo. Normalmente nelle comunicazioni il disturbo sul canale (dovuto al rumore esterno e alle eventuali interferenze) è predominante rispetto al rumore interno.



**Figura 4.1:** un processo di comunicazione in cui sono presenti anche dei disturbi che si sovrappongono al segnale e possono alterarne il contenuto.

Accanto ai disturbi i canali reali sono soggetti anche ad altre problematiche, legate ad **alterazioni** cui il segnale trasmesso può andare incontro. Le alterazioni del segnale si possono suddividere in varie categorie:

- **Attenuazioni**, ossia riduzioni della potenza del segnale che trasmette il messaggio, dovute a fenomeni fisici quali la resistenza elettrica quando la comunicazione avviene su cavo in rame o l'attenuazione della potenza delle onde radio man mano che esse si propagano nello spazio o in atmosfera;
- **Distorsioni**, ossia modifiche vere e proprie del segnale, tra cui le più importanti sono:
  - la **distorsione in ampiezza** in cui il segnale che esce dal canale e arriva al destinatario non è proporzionale al segnale in ingresso in egual misura per tutti i valori delle ampiezze;
  - la **distorsione in frequenza**, in cui la trasmissione del segnale non avviene in egual misura per tutte le frequenze che formano il segnale stesso;
  - la **distorsione di fase**, in cui la fase del segnale in uscita dal canale è diversa da quella del segnale in ingresso.
- **Dispersioni**, a loro volta suddivise in :
  - **Dispersione armonica**, in cui il mezzo presenta una funzione di trasferimento tale per cui, accanto alle frequenze principali del segnale, vengono a formarsi le armoniche successive, ossia delle specie di echi del segnale principali presenti alle frequenze multiple intere delle frequenze principali; come spiegato dallo sviluppo in serie di Fourier (si veda [WikiSerieFourier 2010] per approfondimenti), poiché un segnale periodico può essere scomposto in una serie di sinusoidi, in condizioni particolari, anche alterazioni di ampiezza (es. troncamenti) possono far comparire frequenze nuove e, quindi generare dispersione armonica;
  - **Dispersione modale**, tipica delle fibre ottiche, in cui i raggi di luce che formano il segnale non percorrono tutti lo stesso cammino e tendono ad arrivare in maniera "dispersa" all'uscita; nei paragrafi successivi sarà spiegato meglio questo fenomeno;
  - **Dispersione cromatica**, in cui i raggi di luce che formano un segnale vengono diffratti in modo diverso in base alla loro frequenza, e quindi in base al loro colore, dalla superficie di separazione di due diversi mezzi fisici trasparenti.

Il risultato è comunque una alterazione del segnale ed una sovrapposizione ad esso del rumore, che avviene inevitabilmente in ogni canale reale. Tuttavia, **finché l'informazione** contenuta nel messaggio trasmesso attraverso il segnale **riesce a giungere** a destinazione nonostante questi effetti negativi, si può affermare che la comunicazione **ha avuto esito positivo**.

Per capire, anche in sede progettuale, se una comunicazione può avere esito positivo è molto importante il **rapporto segnale / rumore di un canale**, chiamato anche SNR (o S/N o S/R), dalle iniziali delle parole inglesi Signal-Noise Ratio.

Questo parametro esprime il rapporto fra la potenza del segnale e la potenza del rumore. Normalmente il contenuto informativo del segnale è riconoscibile soltanto quando il rapporto segnale / rumore non scende sotto una certa soglia. Un esempio è dato dalla TV digitale terrestre, in cui, se il rapporto segnale / rumore scende sotto la soglia critica, la trasmissione si interrompe completamente, mentre nella TV analogica precedente l'immagine era ancora riprodotta sullo schermo, sebbene alterata e fortemente disturbata dal rumore, che di solito si manifestava col fastidioso effetto neve.

## ***Il segnale nel dominio del tempo e delle frequenze***

Ogni segnale variabile nel tempo è trasformabile, attraverso gli operatori di Fourier, in una sua rappresentazione nel dominio delle frequenze, che lo esprime come una serie di componenti frequenziali, il cosiddetto **spettro** del segnale. La rappresentazione in frequenza è molto importante perché permette di comprendere i motivi di una serie di proprietà fisiche dei segnali, in primo luogo del suono. Le frequenze si misurano in hertz, simbolo Hz (1/secondo). Lo spettro di un segnale è normalmente compreso fra un limite minimo ed un limite massimo e tale intervallo di frequenze prende il nome di **banda richiesta** dal segnale stesso o **banda del segnale**. In contrapposizione a quella dei segnali digitali, talvolta questa banda viene indicata come **banda analogica**. Se il canale riesce a fare passare, senza alterazioni, ossia senza distorsioni in frequenza, tutto l'intervallo di frequenze dello spettro del segnale, il segnale passa inalterato attraverso il canale stesso. Si definisce **banda passante** di un canale l'insieme delle frequenze che il canale riesce a trasmettere senza alterazioni di rilievo. Se la banda del segnale è compresa entro la banda passante del canale il segnale passa attraverso esso senza alterazioni, o meglio senza distorsioni in frequenza.

In particolare, per quanto riguarda il suono, l'orecchio umano percepisce soltanto le frequenze comprese circa fra 20 e 20.000 Hz. Per fare passare quindi un segnale audio inalterato il canale deve avere una banda passante di circa 20.000 Hz.

In quanto segue ora si farà riferimento ai segnali audio perché concettualmente più facili da comprendere, ma i concetti espressi sono applicabili anche agli altri tipi di segnali.

Quando si propaga attraverso l'aria il suono è un insieme di onde di compressione, quindi vibrazioni meccaniche. Il microfono è quel dispositivo che cattura le onde di compressione attraverso una membrana e trasmette le vibrazioni meccaniche ad una elettrocalamita, generando entro un circuito elettrico un segnale elettrico analogico che riproduce la forma d'onda del segnale sonoro originale. Il segnale elettrico così ottenuto può essere trasmesso lungo opportuni canali e, a destinazione, viene ritrasformato in suono da un altoparlante, ove il segnale elettrico muove un magnete che trasmette il movimento ad una membrana, la quale poi ritrasmette il movimento all'aria, ricreando le onde di pressione. Se la trasmissione è lineare in tutto l'intervallo di frequenze (quindi non esistono distorsioni di frequenza, né dispersioni armoniche), non si verificano distorsioni di ampiezza e non c'è rumore, il suono che esce dall'altoparlante è uguale a quello che è entrato nel microfono (canale ideale). In realtà, poiché i disturbi e le alterazioni descritte nei paragrafi precedenti hanno praticamente sempre luogo, vi saranno comunque piccole variazioni nel segnale di uscita rispetto a quello di ingresso, ma non è detto che tali alterazioni siano percepibili da un ascoltatore umano.

Se la trasmissione lungo il canale elettrico ha luogo con il segnale direttamente ottenuto dal microfono, a meno di amplificazioni, senza che il segnale cambi la propria frequenza, si parla di **trasmissione in banda base**. Un esempio pratico di questo tipo di trasmissione è il citofono, anche se la banda passante di questo dispositivo è molto minore dei 20.000 Hz necessari per tutto lo spettro udibile. Un altro esempio si ha quando colleghiamo, in un impianto stereo o di amplificazione, un microfono con la apposita presa per ascoltare direttamente nelle casse la voce emessa in prossimità del microfono.

## Comunicazione e dati

A questo punto sono necessarie due importanti osservazioni riassuntive:

- 1) *le prestazioni di un sistema di comunicazione dipendono strettamente dalle caratteristiche della sorgente, del canale, e del destinatario;*
- 2) *affinchè la comunicazione avvenga correttamente, è indispensabile che il messaggio sia rappresentato in una forma comprensibile dai vari elementi coinvolti nella comunicazione stessa.*

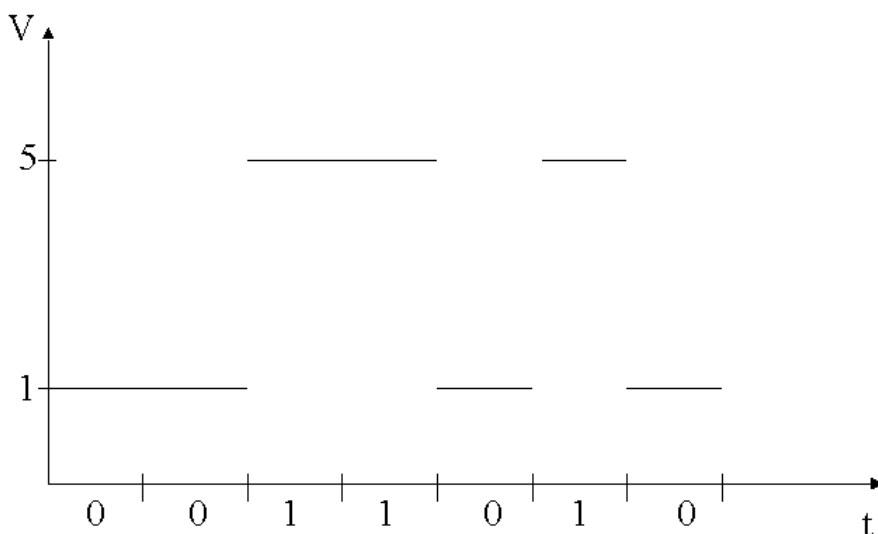
Queste considerazioni ci pongono di fronte a due aspetti fondamentali per la teoria della comunicazione: il primo è legato alla possibilità, in qualche modo, di "misurare" l'informazione; il secondo aspetto riguarda invece la necessità di "codificare" il messaggio in maniera opportuna.

Abbiamo così toccato un problema molto importante, che ci obbliga a ulteriori considerazioni riguardanti sorgente, canale e destinatario. Iniziamo con lo stabilire che nei processi di comunicazione il mezzo trasmissivo deve essere in grado di supportare **segnali elettrici** (come avviene nella maggior parte dei casi), oppure **segnali di natura elettromagnetica** (per le comunicazioni a grande distanza). Nel primo caso il canale sarà costituito da cavi, linee telefoniche o da bus; nel secondo le informazioni saranno invece trasmesse nello spazio (etere).

I **dati** sono il contenuto del messaggio e sono delle entità che racchiudono dei significati quando diventano informazione. I dati possono rappresentare qualsiasi cosa, voce, musica, testo, video, o informazioni più semplici come valori numerici (es. temperature, peso ecc...). Dobbiamo distinguere però tra la "rappresentazione" dei dati, che noi facciamo per nostra comodità (per esempio i simboli 1 e 0 per i bit), e il modo con cui essi sono trasmessi sul canale.

Questi dati dovranno essere **trasformati** in **segnali di natura elettrica o elettromagnetica**, in virtù delle caratteristiche di trasmettitore, ricevitore e delle linee che li collegano tra loro.

I segnali sono quindi la trasformazione in onde elettromagnetiche o altro tipo di segnale elettrico dei dati e la trasmissione è la comunicazione dei dati attraverso la propagazione (e l'elaborazione, nel caso delle reti di connessione dei calcolatori) dei segnali. Per esempio nella figura 6.1 è rappresentata la trasmissione di una sequenza di bit con due livelli di tensione. Prima di potere procedere occorre ora definire la differenza fra comunicazioni analogiche e digitali.



**Figura 6.1:** rappresentazione di zero e uno con diversi livelli di tensione elettrica.

## Comunicazioni analogiche e digitali

Per prima cosa si devono definire i concetti di analogico e digitale.

- **Analogico** è la manifestazione di un fenomeno mediante un processo continuo. Per esempio un orologio classico (meccanico) che segna il trascorrere del tempo in modo continuo.
- **Digitale** è la manifestazione di un fenomeno che avviene in modo discontinuo attraverso una traduzione in cifre (dall'inglese "digit", cifra). Per esempio un orologio a cristalli liquidi numerico nel quale il trascorrere del tempo viene misurato da una successione di scatti.

Come detto in precedenza alla base di una "comunicazione in rete" vi sono: i dati, i segnali, la trasmissione.

- I dati sono delle entità che racchiudono dei significati
- I segnali sono la trasformazione in onde elettromagnetiche o segnale elettrico dei dati
- La trasmissione è la comunicazione dei dati attraverso la propagazione e l'elaborazione dei segnali.

Nella comunicazione analogica tutti gli elementi: dati, segnali e trasmissione hanno carattere **continuo**. Un esempio ci viene fornito dalla comunicazione telefonica. In questa le onde sonore (dati analogici) prodotte dalla voce sono trasformate in onde elettromagnetiche (segnali analogici) e quindi, dopo essere state trasmesse attraverso la rete (cavi telefonici), convertite nuovamente in onde sonore dall'apparecchio ricevente. Un altro esempio è costituito dal collegamento fra l'amplificatore e le casse di uno stereo, dove viene trasmesso un segnale elettrico proporzionale al segnale sonoro che deve essere riprodotto, che viene ritrasformato in suono dalle casse. In generale il segnale analogico trasmesso è direttamente proporzionale al dato analogico da trasmettere.

Nella comunicazione digitale, invece, pur restando la trasmissione di tipo analogico, si ha un'emissione di dati in forma **discontinua**, sia nei valori, sia nel tempo. In particolare i dati saltuari della comunicazione digitale, dopo essere stati trasformati in segnali continui o analogici da opportuni apparecchi (modem) vengono trasmessi in rete sotto forma di onde elettromagnetiche e, quindi, nuovamente convertite (modem ricevente) in segnali binari. Esistono molti modi anche complessi per associare i simboli digitali da trasmettere (uno e zero o loro combinazioni) alle caratteristiche del segnale che li trasmette.

In figura 7.1 vengono rappresentate a sinistra una comunicazione digitale e a destra una comunicazione analogica. Si noti la discontinuità, ovvero il brusco passaggio (idealmente istantaneo) nella comunicazione digitale tra il valore di tensione che rappresenta lo zero e quello che rappresenta l'uno. Nella comunicazione analogica invece le variazioni sono continue.

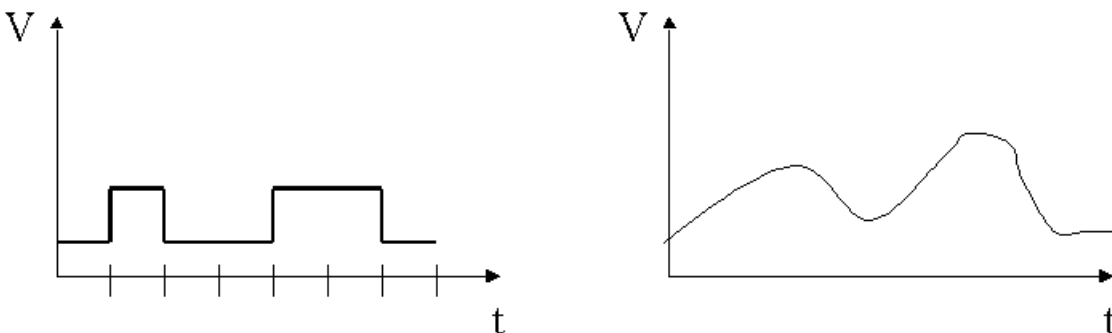


Figura 7.1: trasmissione digitale e analogica.

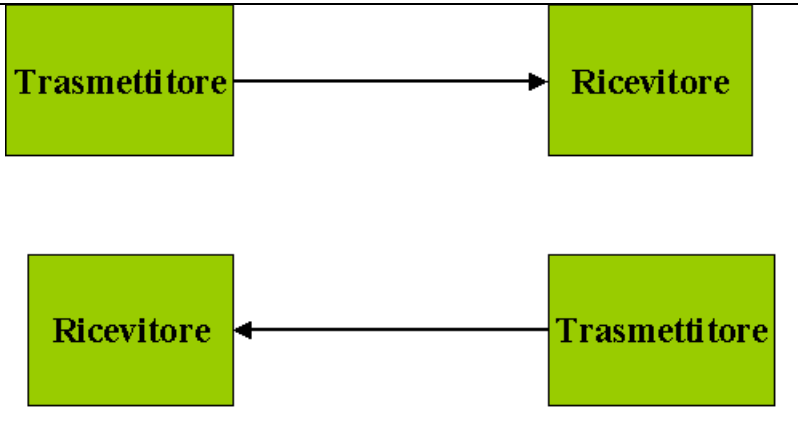
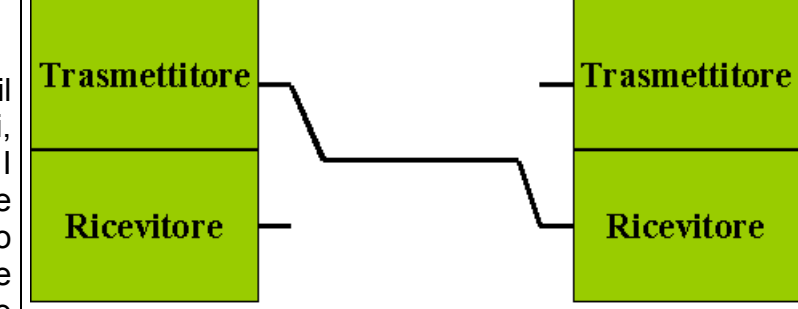
Con l'avvento dell'elettronica e con il crescente uso dei computer, le telecomunicazioni, originariamente idonee al solo traffico telefonico di tipo analogico, si stanno adeguando al trasporto di informazioni di tipo digitale. Negli ultimi anni, infatti, si sta cercando di integrare i servizi già esistenti e le nuove tecnologie in una rete pubblica di telecomunicazione completamente digitale (ISDN, ADSL, HDSL...) che è in grado di supportare la trasmissione di informazioni di diversi tipi: voce, immagini, suoni.... . Si prevede che nei prossimi anni la quasi totalità del sistema telefonico internazionale sarà sostituita con questi sistemi digitali avanzati.

Nel seguito ci si occuperà prevalentemente di trasmissioni digitali.

### **Il flusso delle informazioni nei collegamenti**

Nella maggior parte dei processi di comunicazione (e quindi anche nella trasmissione dei dati) lo scambio di informazioni tra i sistemi coinvolti è bidirezionale e può avvenire simultaneamente o in modo alterno.

A tale proposito analizziamo i seguenti tipi di comunicazione:

<p><b>Trasmissione a una via: SIMPLEX</b></p> <p>Il canale può trasportare le informazioni in entrambe le direzioni, ma il percorso del messaggio è rigidamente stabilito dalla disposizione di trasmettitore e ricevitore, come mostra la figura 8.1 a lato.</p> <p>Il collegamento tra un elaboratore e una stampante è un esempio di trasmissione a una via: i dati saranno sempre inviati alla stampante e non viceversa.</p>	
<p><b>Trasmissione a via alternata: HALF-DUPLEX</b></p>	<p><b>Figura 8.1: Trasmissione SIMPLEX</b></p>
<p>Le informazioni viaggiano lungo il canale in entrambe le direzioni, ma "a senso unico alternato". I dispositivi ai capi del canale dovranno allora essere in grado sia di trasmettere che di ricevere messaggi (Ricetrasmittitori), come mostra la figura 8.2 a lato.</p> <p>Due "interruttori", posti ai capi della linea, stabiliscono, di volta in volta, la direzione del flusso dei dati. Al termine di ogni trasmissione, se necessario, può avvenire la commutazione.</p> <p>Il principio di trasmissione Half-</p>	 <p><b>Figura 8.2: Trasmissione HALF-DUPLEX</b></p>

Duplex è, per esempio, quello che regola la comunicazione tramite walky-talky: l'informazione non può mai viaggiare simultaneamente nei due sensi.

Durante ogni ciclo di trasmissione, è come se ci trovassimo di fronte a un sistema Simplex.

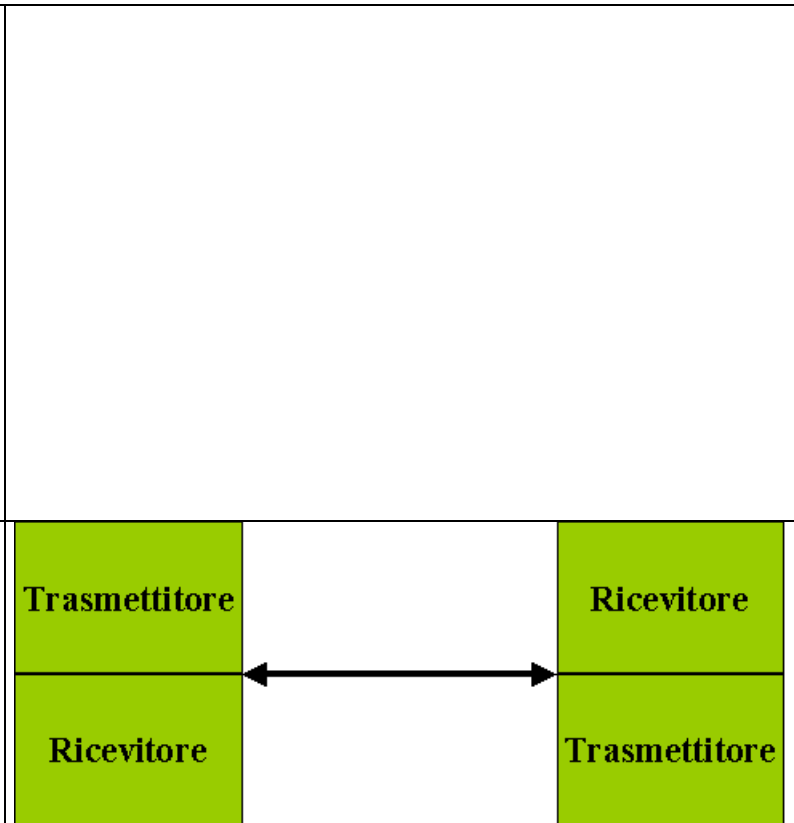
Nel campo della comunicazione dei dati, possiamo indicare come Half-Duplex lo scambio di informazioni che avviene tra alcuni dispositivi dei calcolatori quali CPU e porte I/O.

**Trasmissione a due vie: FULL-DUPLEX**

In questo caso i dati possono viaggiare contemporaneamente nei due sensi. Per realizzare questo tipo di collegamento è necessario che i dispositivi siano entrambi in grado di trasmettere e ricevere, e la loro connessione deve avvenire tramite due canali a una via, come mostra la figura 8.3 a lato.

Il collegamento tra due apparecchi telefonici è un tipico esempio di trasmissione Full-Duplex.

Questo tipo di collegamento consente di migliorare le prestazioni ottenibili tramite collegamenti Half-Duplex, dove ai tempi di trasmissione dell'informazione si sommano i tempi di commutazione del flusso dei dati.



**Figura 8.3:** Trasmissione FULL-DUPLEX

**Trasmissione e ricezione**

Fino a questo momento abbiamo parlato della sorgente come di un sistema in grado di generare il messaggio e di trasmetterlo.

In realtà queste due operazioni sono distinte: l'operazione di generazione nasce dall'esigenza di formalizzare le informazioni che si vogliono comunicare, l'operazione successiva prevede invece che il messaggio sia effettivamente collocato sul dispositivo di collegamento, ossia sul canale e in una forma fisica che il canale sia in grado di trasmettere con il minimo di alterazioni e rumore possibili.

Le stesse considerazioni valgono per il destinatario, che prima di poter elaborare il messaggio ricevuto deve poterlo prelevare dal canale che lo sta trasmettendo, ricostruendolo a partire dalla particolare rappresentazione fisica utilizzata.

Le operazioni necessarie per il processo di trasmissione diventano quindi

- originare il messaggio,
- trasmetterlo al canale,
- prelevarlo dal canale
- riceverlo.

Il messaggio, dal momento in cui viene generato al momento in cui viene ricevuto, subisce due trasformazioni.

- La prima volta è tradotto in una forma adatta a poter essere supportata dal canale (cioè. abbiamo detto, è trasformato in segnali elettrici o in onde elettromagnetiche);
- la seconda viene trasformato in maniera tale da risultare comprensibile dal destinatario.

Queste due operazioni sono rese possibili da due dispositivi, che chiameremo **Trasmettitore** e **Ricevitore**. Questi due dispositivi, però, non si occupano solamente di operare le trasformazioni viste: trasmettitore e ricevitore dovranno, in qualche modo, controllare il canale e fissare le regole di trasmissione. Lo schema della trasmissione prende allora la forma riportata in figura 9.1.

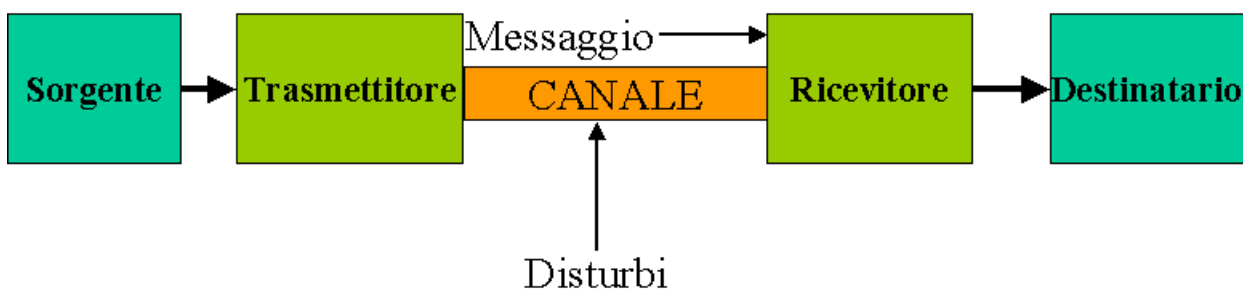


Figura 9.1: lo schema completato dall'inserimento di trasmettitore e ricevitore.

## Il sistema Trasmettitore

Il Trasmettitore è rappresentato nella figura 9.2.

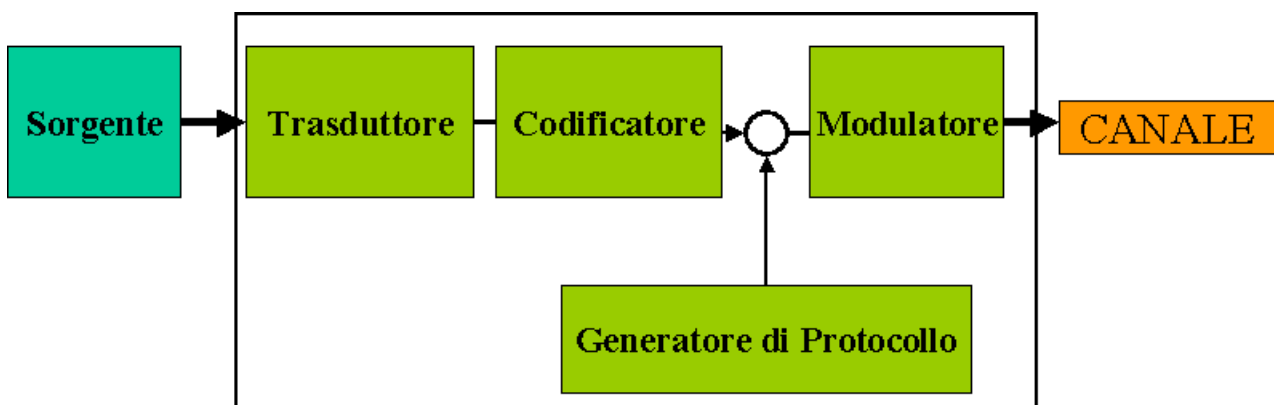


Figura 9.2: i componenti del Trasmettitore.

Analizziamo i componenti che lo costituiscono:

## Trasduttore/Codificatore

A questo dispositivo è affidato il compito di strutturare il dato secondo una forma simbolica, univocamente interpretabile da tutti gli elementi del processo. Si sceglie cioè un **codice** (per esempio quello binario) al fine di permettere la comunicazione tra dispositivi che, solitamente, "parlano lingue diverse".

Il trasduttore è un dispositivo che ha il compito di trasformare un segnale di natura elettrica in uno di natura elettrica misurabile, quindi comprensibile per un dispositivo di tipo elettronico come il computer. Questo dispositivo è indispensabile se il segnale prodotto dalla sorgente è di natura continua e non elettrico. In caso diverso il trasduttore non è necessario.

## Generatore di Protocollo

In ogni processo di comunicazione è importante adottare alcuni accorgimenti che facilitino al ricevitore il compito di interpretare il messaggio: se quest'ultimo fosse infatti trasmesso come un'unica sequenza infinita di bit, si creerebbero ovvi inconvenienti, anche in considerazione di possibili disturbi sul canale.

Il Generatore di Protocollo genera alcuni particolari *caratteri di controllo* che vanno a sommarsi ai dati da trasmettere. Questi caratteri identificano, per esempio, l'inizio e la fine della trasmissione, l'inizio e la fine delle sequenze che compongono il messaggio, la presenza di eventuali errori e così via.

## Modulatore

Il segnale trasdotto, codificato, e corredato degli opportuni segnali di controllo si presenta, come abbiamo detto, in sequenze di 0 e 1. In questa forma non è ancora adatto a percorrere il canale, che invece è solitamente predisposto a supportare segnali continui. Il trasmettitore affida al Modulatore il compito di *modulare* il segnale binario in un segnale analogico che abbia lo stesso contenuto informativo. L'uscita prodotta dal modulatore sarà allora un segnale continuo.

Questo dispositivo ha però un'altra importante funzione. Quando il canale è condiviso da più processi di comunicazione (si pensi alla comunicazione telefonica), è necessario fare in modo che il dato inviato da un trasmettitore possa giungere a destinazione senza essere mischiato e senza mischiarsi ai messaggi inviati da altri trasmettitori. Allora una opportuna modulazione renderà il messaggio riconoscibile, tra tutti, al relativo ricevitore.

## Il sistema ricevitore

Considerazioni analoghe a quelle espresse sono valide per il ricevitore, che è organizzato nel modo descritto nella figura 9.3.

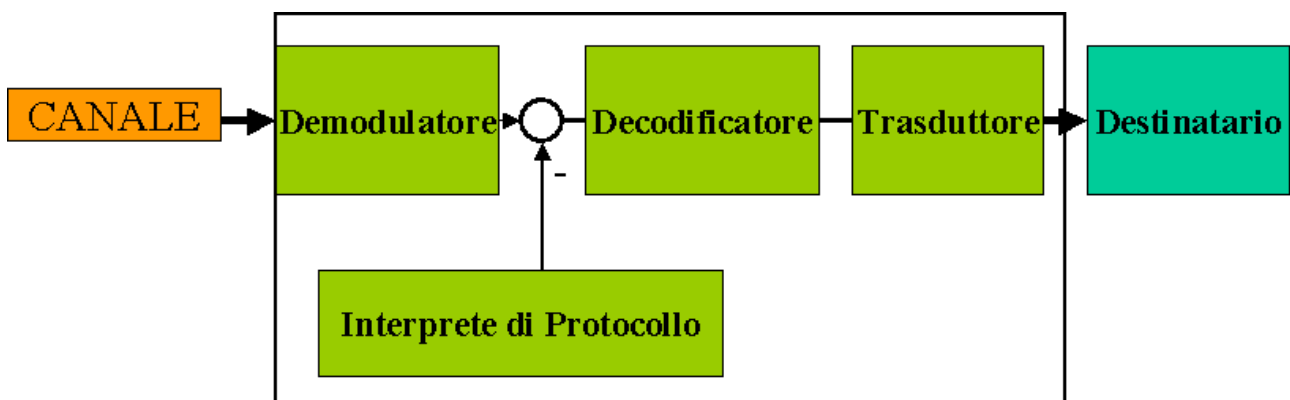


Figura 9.3: i componenti del ricevitore.

### **Demodulatore**

Opera in maniera inversa rispetto al modulatore, riconoscendo il segnale e restituendogli l'originaria forma (digitale o analogica secondo i casi)

### **Interprete di Protocollo**

L'interprete di protocollo riconosce i caratteri di controllo pervenuti insieme al messaggio e da esso li separa. Dopo questa operazione il messaggio riacquista il significato originale.

### **Decodificatore/trasduttore**

All'ingresso del decodificatore è presente il messaggio espresso nel codice utilizzato per la trasmissione. L'uscita prodotta da questo sottosistema è invece la traduzione del messaggio in un codice digitale elaborabile dal ricevitore. Qualora il destinatario comprendesse solamente segnali continui, sarebbe allora necessaria una trasduzione del messaggio (es. conversione digitale/analogico).

## ***Applicazione delle modulazioni: AM, FM, PM***

Il segnale che trasporta un'informazione, ad esempio un suono, viaggia sotto forma di onde nel suo mezzo trasmissivo, ad esempio l'aria. Nella trasmissione in banda base, come già visto, l'insieme di frequenze che costituisce il segnale sonoro viene riprodotto in forma di segnale elettrico entro il sistema elettrico di trasmissione. Ma questo significa che l'intervallo di frequenze del canale corrispondente alla banda del segnale viene **tutto dedicato a quel segnale particolare**. Entro il canale non possono passare altri segnali, pena interferenza. Ad esempio nell'impianto di amplificazione ad ogni microfono deve corrispondere un singolo cavo.

La necessità di trasmettere informazioni a lunga distanza ha però obbligato a fare coesistere più segnali distinti entro gli stessi mezzi trasmissivi (cavi o etere) senza interferenze. Questo può aver luogo attraverso la modulazione, definita teoricamente nel paragrafo precedente.

In particolare, nel corso del ventesimo secolo sono state sviluppate le tecnologie delle trasmissioni via radio e cavo con onde portanti.

Una onda sinusoidale ideale è un segnale che si ripete periodicamente nel tempo come rappresentato nella figura sottostante, espresso dalla formula

$$P(t) = A \sin(2\pi f t + \varphi)$$

Questo è un segnale che varia nel tempo, ma che, nella sua forma presentata, è in grado di trasmettere solo 3 informazioni: il valore dell'ampiezza  $A$ , della frequenza  $f$  e della fase  $\varphi$ . Nelle modulazioni una di queste grandezze viene modificata in funzione del segnale modulante  $V(t)$ , spesso attraverso una semplice costante di proporzionalità:

- modulazione di ampiezza :  $A = A(V(t))$
- modulazione di frequenza :  $f = f(V(t))$
- modulazione di fase :  $\varphi = \varphi(V(t))$
- modulazioni "ibride" di nuova generazione (ad esempio, QAM) : sia ampiezza sia fase sono modificate simultaneamente; sono usate solo nelle comunicazioni digitali.

Esistono anche altri tipi di modulazioni, nate molto di recente ed usate sempre nelle comunicazioni digitali.

## **Tipologie di canali digitali: capacità e parallelismo**

Abbiamo accennato al fatto che in una trasmissione dati il canale è solitamente costituito da cavi, linee telefoniche, da bus, o dall'etere. In base alla distanza che vogliamo sia coperta dal processo di comunicazione, e in base alle prestazioni, in termini di *velocità* della trasmissione, sceglieremo un supporto piuttosto che un altro.

Si definisce **capacità** di un canale la massima quantità di informazione che esso può trasportare in un determinato intervallo di tempo (di solito l'unità di tempo, il secondo).

Nell'ambito delle comunicazioni digitali la capacità diventa il numero di bit trasmessi in un secondo e quindi si misura in **bit/s, bit al secondo** (talvolta viene indicata anche come **velocità di trasmissione** o **larghezza di banda digitale** o semplicemente **banda digitale**).

Nelle comunicazioni digitali occorre anche distinguere tra **canali seriali** e **canali paralleli**. Nel primo i bit da trasmettere vengono trasmessi sempre in sequenza, uno dopo l'altro, mentre nel secondo esistono più **linee** di trasmissione indipendenti, ciascuna delle quali, in pratica è un completo canale seriale, e quindi più bit indipendenti vengono trasmessi contemporaneamente sulle varie linee. Un utile modello analogo è dato dal casello dell'autostrada: se è in funzione una sola entrata (modello seriale) allora tutte le macchine presenti (corrispondenti in questo caso ai singoli bit) si devono mettere in coda una dopo l'altra; se, invece, sono aperte più di una entrata, allora possono passare contemporaneamente tante macchine (quindi tanti bit) quante sono le entrate (ovvero le linee di trasmissione).

Si definisce **livello** o **grado di parallelismo** di un canale digitale il numero di linee presenti, ovvero il numero di bit indipendenti che possono essere trasmessi contemporaneamente; da questa definizione segue che il canale seriale ha livello di parallelismo 1. Graficamente spesso si indica il grado di parallelismo con una linea diagonale sovrapposta a un canale con a fianco il numero pari al livello di parallelismo.

Per le comunicazioni digitali è importante anche la **frequenza di trasmissione** pari al numero di simboli (bit) trasmessi (sequenzialmente) nell'unità di tempo; è un parametro del tutto analogo alla frequenza di clock dei microprocessori e il suo inverso rappresenta il tempo per cui viene mantenuto un simbolo (uno o zero) nella trasmissione (nella figura 4 questo tempo è rappresentato con l'intervallo evidenziato sull'asse dei tempi). Il legame fra capacità, grado di parallelismo e frequenza di trasmissione di un canale digitale è espresso dalla formula:

$$C = F P$$

Dove

**C** = capacità in bit/sec

**F** = frequenza espressa in Hertz (Hz = 1/sec)

**P** = livello di parallelismo

Nelle linee trasmissive attuali le velocità di trasmissione sono misurate in multipli del bit/s:

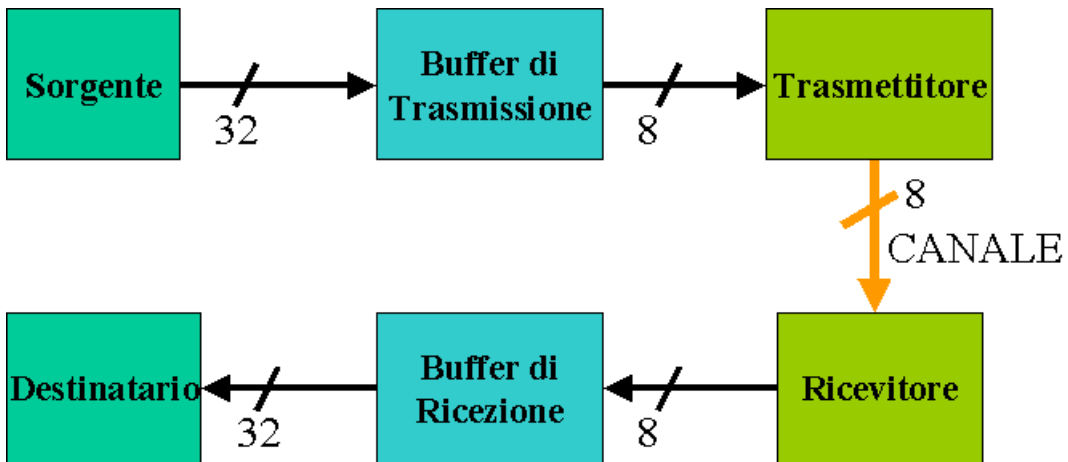
Kbit/s o Kbps o Kb/s = 1024 bit/s, spesso approssimato a 1000 bit/s

Mbit/s o Mbps o Mb/s = 1024 Kbit/s, spesso approssimato a 1000 Kbit/s

Gbit/s o Gbps o Gb/s = 1024 Mbit/s, spesso approssimato a 1000 Mbit/s

Qualora si debbano trasmettere parole binarie e non singoli bit (ad esempio byte o blocchi di 32 bit) e il canale sia seriale o abbia grado di parallelismo inferiore alla lunghezza della parola, nel modello delle comunicazioni entrano in gioco due componenti in più: il **buffer di trasmissione** ed il **buffer di ricezione**, come mostrato in figura 11.1. Il primo suddivide le parole in blocchi di bit lunghi quanto è il grado di parallelismo del canale (e li mette tutti

in fila nel caso di canale seriale) e li mette in coda, in modo tale che poi vengono trasmessi uno dopo l'altro, nell'ordine giusto. Il buffer di ricezione svolge il compito inverso: riceve i blocchi e ricompone le parole, passandole poi al destinatario.



**Figura 11.1:** trasmissione, usando dei buffer, di parole lunghe 32 bit lungo un canale avente grado di parallelismo 8.

## **Rappresentazione digitale dell'informazione**

In una accezione informatica i dati divengono sottocomponenti di informazione, che possono essere rappresentati in forma digitale, attraverso opportune codifiche. In realtà spesso nel contesto informatico, in modo impreciso, il termine dati viene usato direttamente come sinonimo di informazione, mentre i dati sono la materia prima “grezza” da cui viene tratta l'informazione attraverso un processo di elaborazione [Destri 2007].

In generale da un punto di vista informatico l'informazione viene rappresentata come insiemi di **byte**. E con il numero di byte viene misurata anche la quantità di informazione (si pensi, ad esempio, alla grandezza di un file). Si ricordi che un byte è un insieme di 8 bit, che, mentre il bit esprime semplicemente una informazione si/no, può esprimere  $2^8=256$  valori. Le codifiche associate agli standard assegnano significati particolari a tali valori numerici.

### **Rappresentazioni di simboli e testo**

La rappresentazione di testo più diffusa è il codice **ASCII** (American Standard Code for Information Interchange), che associa ai valori da 0 a 255 rappresentati dai byte le lettere (maiuscole e minuscole) dell'alfabeto latino internazionale, le lettere accentate, le cifre da 0 a 9, i segni di interpunzione, parentesi, simboli matematici ed altro, oltre che caratteri di controllo che rappresentano, ad esempio, l'“a capo” alla fine di una riga.

Il codice ASCII è in realtà un insieme di vari codici diversi, in quanto, pur essendo univoca l'assegnazione dei caratteri per i codici con il numero inferiore a 127, non è univoca quella per i numeri compresi fra 128 e 255, il cosiddetto codice ASCII esteso. Infatti l'alfabeto latino, usato nella scrittura di molte lingue nel mondo, presenta una grande quantità di varianti grafiche: si va dalle semplici vocali accentate (accento grave à, acuto á, circonflesso â, dieresi ä, tilde ã) a lettere modificate (lettere con barrette, cediglie, segni), lettere speciali usate solo in una lingua, segni di punteggiatura particolari (il punto interrogativo ed il punto esclamativo capovolti usati nello spagnolo), simboli di valuta e così via, senza considerare poi che gran parte di questi segni presentano le due forme maiuscola e minuscola.

Le varianti sono talmente numerose che i 128 byte della tabella estesa non sono purtroppo sufficienti a rappresentarle tutte, per questo motivo esistono diverse estensioni della tabella ASCII: lo standard ISO 8859 prevede 15 diverse estensioni, comprese quelle per gli alfabeti diversi dal latino, ma esistono anche ulteriori estensioni non riconosciute dall'ISO e create per esempio dalla Microsoft per i sistemi Windows o dalla Apple per i Macintosh. La tabella ASCII estesa tipicamente utilizzata in Italia è quella dell'Europa occidentale, creata per le lingue germaniche e neolatine (escluso il rumeno). Altre estensioni usate in Europa sono la Centro Europea per i paesi dell'Europa orientale (lingue slave, ungherese, rumeno), la Turca, la Cirillica e la Greca.

Questa coesistenza fra diverse versioni del codice ASCII produce spesso discordanze nella visualizzazione dei file di testo. Sarà capitato a molti di aprire un file di testo o ricevere una E-mail e trovare segni apparentemente privi di senso al posto di tutte le lettere accentate. Ciò accade perché chi ha scritto il testo stava usando una tabella estesa diversa da quella usata dal computer del ricevente, che quindi interpreta alcuni byte del file in modo diverso.

Il codice ASCII standard è rappresentato in figura 12.1, mentre l'ASCII esteso in uso in Italia viene rappresentato in figura 12.2.

Per ovviare al problema delle tante rappresentazioni è stato creato un nuovo standard internazionale detto **Unicode**, definito dalla Unicode Consortium e dalla International

Organization for Standardization (ISO 10646), che rappresenta i caratteri usando 2 byte (16 bit).

Con 2 byte il numero di combinazioni possibili diventa  $256 \times 256 = 65.536$ , perciò Unicode supporta 65.536 diversi segni, al posto dei 256 del set ASCII. Si riescono così a rappresentare non solo tutte le varianti dell'alfabeto latino, ma anche tutti gli altri alfabeti (greco, cirillico, arabo, ebraico, hindi, thai, ...), oltre all'insieme degli ideogrammi cinesi e giapponesi (che sono in tutto circa 30.000, anche se poi ne vengono effettivamente utilizzati solo poche migliaia). Lo standard definitivo è però ancora in corso di definizione. Lo svantaggio dell'Unicode, rispetto all'ASCII, è che le dimensioni dei file di testo risultano comunque raddoppiate (vengono usati 2 byte per ogni carattere, invece di 1 solo).

ASCII e Unicode non sono gli unici standard per rappresentare simboli e lettere, un altro standard ancora molto usato nei sistemi IBM delle banche è l'EBCDIC, che rappresenta simboli numeri e lettere con byte come l'ASCII, ma con valori numerici diversi da quest'ultimo.

### Rappresentazioni di testo formattato

Il codice ASCII e gli altri sopra citati hanno il difetto di rappresentare unicamente le lettere di un testo, e gli a capo fissi, così come avveniva per i testi battuti con le vecchie macchine da scrivere. Non è possibile con la semplice informazione di questi standard stabilire grandezze diverse per i caratteri di un testo (come si ha, ad esempio, per il titolo del capitolo di un libro), né colori diversi, né font, ossia tipi di caratteri diversi. Per esempio questo testo usa il font Arial, mentre i giornali usano tipicamente il font Times New Roman.

Per questo occorre inserire ulteriori informazioni nel testo, ossia caratteri speciali, o combinazioni di caratteri che rappresentano, ad esempio, l'inizio e la fine di un testo in grassetto o di un titolo.

Queste informazioni aggiuntive di formattazione possono essere rappresentate in modo binario, ossia attraverso sequenze di bit inserite, insieme al testo ASCII, entro i file che devono memorizzare il testo formattato. I diffusi formati .doc di Microsoft Word, .odt di OpenOffice appartengono a questa tipologia di formati.

In alternativa è possibile, sfruttando unicamente i caratteri ASCII o Unicode, definire una **grammatica di simboli** con il proprio insieme di regole, riunendo insieme elementi (lettere o simboli appartenenti all'alfabeto di base) a formare comandi di formattazione. Il formato HTML ed il formato .tex appartengono a questa tipologia di formati.

Per esempio, in HTML la regola di composizione stabilisce che i comandi, chiamati anche tag, inizino con il simbolo '<' e terminino con il simbolo '>'. Quindi, volendo ad esempio considerare l'inizio e la fine di un testo in grassetto, la rappresentazione HTML sarà:

`<b>testo in grassetto</b>`

dove `<b>` (la b sta per bold, che significa appunto grassetto in inglese) è il comando che inizia il grassetto e `</b>` è il comando che termina il grassetto, ossia tutto il testo compreso tra l'inizio e la fine grassetto dovrà essere rappresentato in grassetto quando visualizzato o stampato. Altri comandi HTML, che rappresentano caratteri speciali come le lettere accentate e sono stati inseriti per poter rappresentare in modo univoco tali caratteri nonostante le sopra citate problematiche di ASCII, iniziano con il simbolo '&', come, ad esempio, la sequenza `&grave;` che rappresenta la lettera 'è'. Per rappresentare i simboli usati come inizio e fine dei comandi vengono usate sequenze di questo tipo: `&gt;` (abbreviazione dell'inglese "greater than", che significa appunto maggiore di) rappresenta il carattere '>', `&lt;` rappresenta il carattere '<' e `&amp;` rappresenta il carattere '&'.

In questo modo diviene possibile rappresentare tutte le informazioni per una formattazione anche complessa, come la struttura di una tabella, come visibile in figura 12.3.

Codice	Carattere	Codice	Carattere	Codice	Carattere	Codice	Carattere
0	Null	32		64	@	96	`
1	Start of heading	33	!	65	A	97	a
2	Start of text	34	"	66	B	98	b
3	End of text	35	#	67	C	99	c
4	End of transmit	36	\$	68	D	100	d
5	Enquiry	37	%	69	E	101	e
6	Acknowledge	38	&	70	F	102	f
7	Bell	39	'	71	G	103	g
8	Backspace	40	(	72	H	104	h
9	Tab orizzontale	41	)	73	I	105	i
10	Fine linea (LF)	42	*	74	J	106	j
11	Tab verticale	43	+	75	K	107	k
12	Form Feed	44	,	76	L	108	l
13	Ritorno carrello (CR)	45	-	77	M	109	m
14	Shift out	46	.	78	N	110	n
15	Shift in	47	/	79	O	111	o
16	Data link escape	48	0	80	P	112	p
17	Device ctrl 1	49	1	81	Q	113	q
18	Device ctrl 2	50	2	82	R	114	r
19	Device ctrl 3	51	3	83	S	115	s
20	Device ctrl 4	52	4	84	T	116	t
21	Neg. Acknowledge	53	5	85	U	117	u
22	Synchronous idle	54	6	86	V	118	v
23	End trans. Block	55	7	87	W	119	w
24	Cancel	56	8	88	X	120	x
25	End of medium	57	9	89	Y	121	y
26	Substitution	58	:	90	Z	122	z
27	Escape	59	;	91	[	123	{
28	File separator	60	<	92	\	124	
29	Group separator	61	=	93	]	125	}
30	Record separator	62	>	94	^	126	~
31	Unit separator	63	?	95	_	127	Del

**Figura 12.1:** Il codice ASCII standard, con i valori da 0 a 127. I primi 32 codici sono segnali di controllo, pensati per le telescriventi per cui l'ASCII fu inizialmente creato. Alcuni sono ancora in uso entro il PC, come per esempio i codici 10 e 13 che servono per l'a capo nei testi. Il carattere 32 è lo spazio.

Codice	Carattere	Codice	Carattere	Codice	Carattere	Codice	Carattere
128	€	160		192	À	224	à
129	□	161	ı	193	Á	225	á
130	,	162	¢	194	Â	226	â
131	f	163	£	195	Ã	227	ã
132	”	164	¤	196	Ä	228	ä
133	...	165	¥	197	Å	229	å
134	†	166	ı	198	Æ	230	æ
135	‡	167	§	199	Ç	231	ç
136	^	168	¨	200	È	232	è
137	‰	169	©	201	É	233	é
138	Š	170	ª	202	Ê	234	ê
139	‹	171	«	203	Ë	235	ë
140	Œ	172	¬	204	Ì	236	ì
141	□	173		205	Í	237	í
142	Ž	174	®	206	Î	238	î
143	□	175	¯	207	Ï	239	ï
144	□	176	°	208	Ð	240	ð
145	‘	177	±	209	Ñ	241	ñ
146	’	178	²	210	Ò	242	ò
147	“	179	³	211	Ó	243	ó
148	”	180	´	212	Ô	244	ô
149	•	181	µ	213	Õ	245	õ
150	–	182	¶	214	Ö	246	ö
151	—	183	·	215	×	247	÷
152	~	184	¸	216	Ø	248	ø
153	™	185	¹	217	Ù	249	ù
154	š	186	º	218	Ú	250	ú
155	›	187	»	219	Û	251	û
156	œ	188	¼	220	Ü	252	ü
157	□	189	½	221	Ý	253	ý
158	ž	190	¾	222	Þ	254	þ
159	ÿ	191	¿	223	ß	255	ÿ

Figura 12.2: Il codice ASCII esteso in uso in Italia, comune con altri paesi dell'Europa Occidentale.

```

<TABLE>
  <TR>
    <TH>Titolo colonna</TH>
  </TR>
  <TR>
    <TD>Contenuto cella</TD>
  </TR>
</TABLE>

```

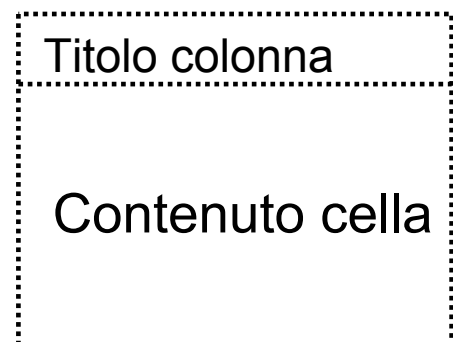


Figura 12.3: la rappresentazione HTML di una tabella, rappresentata graficamente a destra.

## Rappresentazione di immagini

Entro i sistemi digitali come i computer, i telefonini e le stesse fotocamere digitali, esistono normalmente due modi per rappresentare le immagini tramite bit:

il modo **vettoriale**, in cui le immagini sono rappresentate come vettori a partire da una fissata origine; possiamo pensare a questo modo come un'insieme di istruzioni necessarie per costruire l'immagine stessa; a questa categoria appartengono il CAD ed il disegno tecnico computerizzato in generale; per capire meglio il concetto si può pensare ai vettori come le istruzioni che descrivono gli spostamenti della penna di un plotter che disegna, ad esempio, un pezzo meccanico; i formati delle immagini vettoriali sono quasi sempre specifici dei programmi usati e molto complessi

il modo **bitmap** in cui le immagini sono normalmente rappresentate come matrici rettangolari di punti, chiamati **pixel** (dall'inglese picture element) ciascuno dei quali contiene l'informazione della luminosità e del colore in quel particolare punto; appartengono a questa categoria, per esempio, le foto realizzate con una fotocamera digitale, così come la maggior parte delle rappresentazioni;

Pertanto ogni immagine risulta composta da un bit per ogni pixel, rappresentati in sequenza uno dopo l'altro. In pratica, quindi, in memoria sono contenuti prima i pixel della prima riga, poi, di seguito, quelli della seconda e così via sino alla fine dell'immagine.

E' necessario chiarire meglio il significato del valore numerico presente nel singolo pixel delle immagini bitmap. Anche in questo caso è presente una codifica, che associa ai numeri binari le informazioni. A differenza del codice ASCII però esistono molti diversi tipi di codifica, che associano ad ogni pixel un numero diverso di bit.

Intuitivamente possiamo immaginare il tipo più semplice di immagine come composta da soli due colori, il bianco ed il nero, come per esempio accade in un disegno come quello rappresentato in figura 12.4 a sinistra.



**Figura 12.4:** a sinistra una immagine monocromatica (nero su bianco) e a destra una immagine a colori.

Per questo tipo di immagini in ogni punto i valori possibili sono solo due e quindi è sufficiente un bit per ogni pixel, in cui, ad esempio, il valore 1 rappresenta il bianco e lo 0 il nero (codifica diretta) o viceversa (codifica inversa). Tale codifica viene molto spesso usata nei fax.

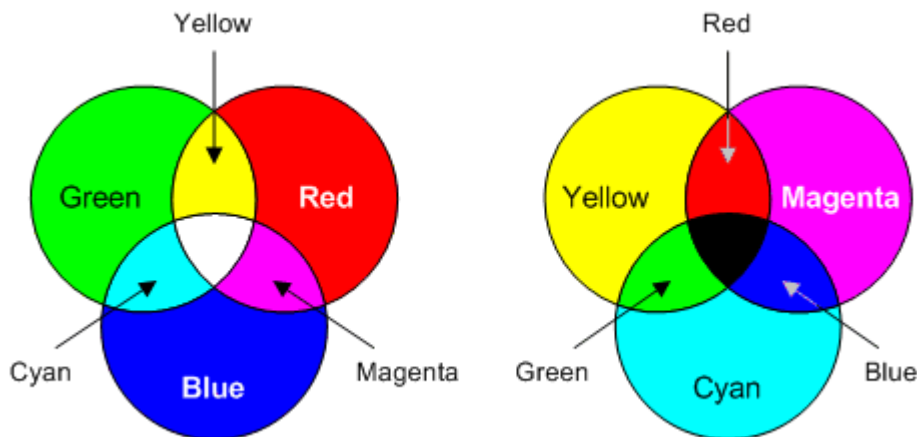
Nel momento in cui i valori possibili aumentano, come avviene ad esempio nelle immagini a toni di grigio, deve aumentare anche il numero di bit usati per ogni pixel. Ed ecco quindi che con 4 bit sono possibili 16 toni diversi di grigio. Dal momento che l'occhio umano riesce a distinguere non più di 200 diversi toni di grigio, con 8 bit per pixel diventano possibili un numero sufficiente di livelli di grigio per rappresentare tutte le tonalità possibili. Pertanto le immagini a toni di grigio usano normalmente 8 bit con 256 livelli possibili. Nella cosiddetta codifica diretta, al valore 0 viene assegnato il nero ed al valore 255 il bianco, mentre i valori intermedi corrispondono ai vari toni di grigio, come rappresentato in figura 12.5. Ogni pixel rappresenta l'intensità della luce nel punto corrispondente dell'immagine,

così come catturata dal sensore della fotocamera digitale (o, ad esempio, dello scanner) che ha generato l'immagine stessa.



**Figura 12.5:** Immagini ad 8 bit, in cui ogni la luminosità di ogni pixel (elemento fondamentale componente l'immagine stessa) è rappresentata con un valore da 0 a 255. In particolare, a sinistra è la codifica diretta (0=nero, 255=bianco) e a destra l'applicazione della visualizzazione secondo la codifica inversa (0=bianco, 255=nero) alla stessa immagine, che risulta visualizzata in negativo.

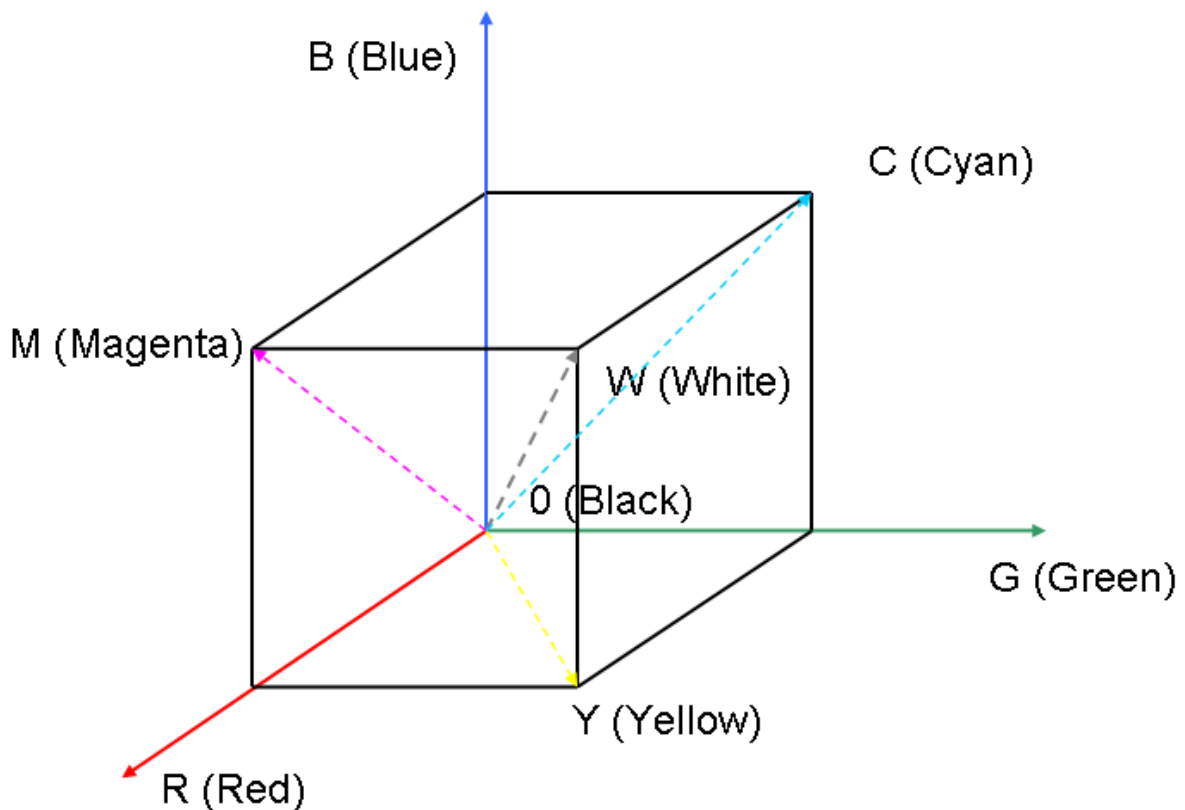
Ma come è possibile invece rappresentare una immagine a colori vera e propria come quella di figura 12.4 a destra? In tale immagine quindi ogni pixel deve contenere informazioni sul colore e non sulla semplice intensità luminosa. Per rispondere a questa domanda occorre capire come il nostro occhio percepisce i vari colori, che sono elaborati come combinazioni dei 3 colori fondamentali Rosso (Red), Verde (Green) e Blu (Blue), percepiti separatamente da appositi recettori nella retina. In generale, praticamente tutti i colori dello spettro visibile sono ottenibili come combinazioni dei suddetti, chiamati anche **colori primari**, attraverso il processo della **sintesi additiva dei colori**, oppure da una terna di colori collegati, i **colori secondari**, ossia l'Azzurro (Cyan), il Violetto (Magenta) e il Giallo (Yellow), attraverso il processo della **sintesi sottrattiva**. La sintesi additiva viene usata per generare i colori con la luce a partire dal "buio" (nero) e quindi nella televisione, nei monitor, nei proiettori ecc..., mentre la sintesi sottrattiva viene usata per costruire i colori su superfici, inizialmente bianche come, ad esempio, un foglio di carta, che devono riflettere la luce e quindi nella stampa e nella pittura. Si ricordi che la luce bianca contiene tutti i colori. Le due sintesi sono rappresentate in figura 12.6.



**Figura 12.6:** a sinistra la sintesi additiva, usata per generare colori con la luce (monitor, televisione), a destra la sintesi sottrattiva, usata nella stampa.

Si definisce **modello di colore** (o spazio dei colori o sistema dei colori) un sistema numerico per consentire la specificazione dei colori con modalità standardizzate, che fa normalmente riferimento ad un sistema di coordinate 3-D (dato che tre sono comunque le caratteristiche che definiscono un colore), o meglio ad un suo sotto-spazio 3-D, nel quale ogni colore è rappresentato da un punto.

Il modello di colore maggiormente usato nei sistemi informatici è l'RGB dalle iniziali dei tre colori primari suddetti. Il Cubo RGB, mostrato in figura 12.7, ne è la rappresentazione geometrica.



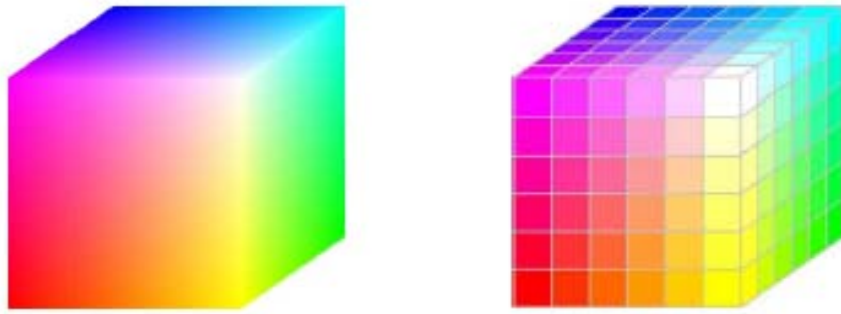
**Figura 12.7:** il cubo dei colori nella rappresentazione RGB, chiamato anche cubo RGB.

Normalmente ciascuno dei colori primari è rappresentato con 8 bit, per cui il suo valore varia tra 0 (minimo) e 255 (massimo). Come si vede in figura,

- l'origine degli assi è il colore nero (intensità nulla della luce)
- i punti tre assi rappresentano i colori primari puri ossia le tonalità dei tre colori
- il punto di coordinate massime, cioè il vertice del cubo opposto all'origine, rappresenta il bianco (intensità massima della luce)
- i punti sulla diagonale principale del cubo, dove quindi le coordinate dei tre primari sono uguali, rappresentano i toni di grigio
- i punti sulla diagonale rosso-verde rappresentano le tonalità del giallo
- i punti sulla diagonale blu-verde rappresentano le tonalità dell'azzurro
- i punti sulla diagonale rosso-blu rappresentano le tonalità del violetto
- gli altri punti del cubo rappresentano gli altri colori.

E' importante notare che, conoscendo la struttura del cubo, a partire da una terna di coordinate RGB (come, ad esempio, quelle rappresentate nei codici colore delle pagine HTML) è possibile intuire di che tipo di colore si tratta.

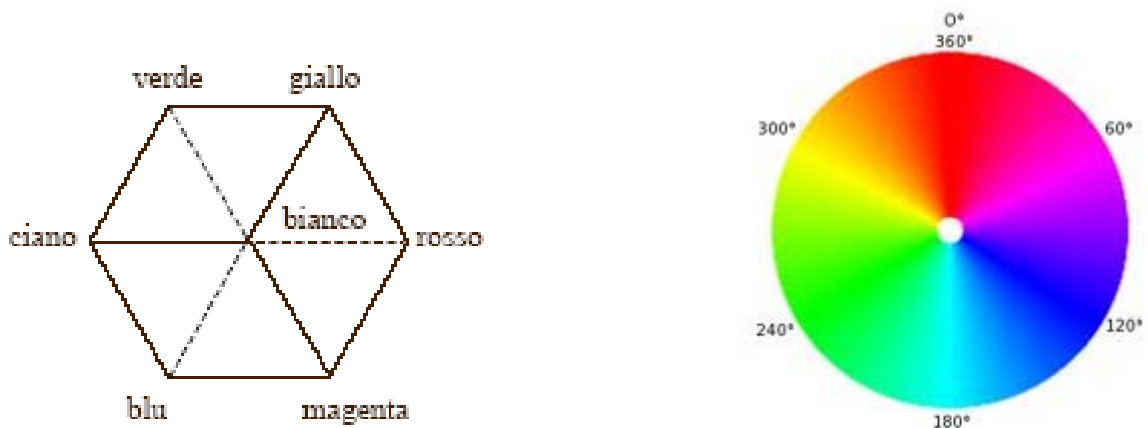
In figura 12.8 (tratta da [Ardizzone 2002], cui si rimanda per approfondimenti) è rappresentato il cubo "pieno".



**Figura 12.8:** il cubo RGB “pieno”, a sinistra nella versione completa, a destra nella versione limitata che rappresenta i colori RGB sicuri, ossia i colori in cui sono state eliminate, accorpandole, alcune sfumature, riducendo il numero complessivo delle tonalità, rispetto al totale teorico di 16,7 milioni di colori.

A partire dalla figura 12.7 è anche possibile verificare “geometricamente” che la rappresentazione in sintesi sottrattiva (CMY) si può pensare come derivata dalla RGB “invertendo” il cubo e ponendo l’origine nel bianco e gli assi nelle diagonali del giallo (Y), del violetto (M) e dell’azzurro (C).

Immaginando invece di porsi geometricamente davanti al vertice bianco del cubo RGB e proiettandolo su un piano si ottiene la proiezione esagonale del cubo, che da origine ad un altro modello dei colori, il cosiddetto modello HSI (Hue, Saturation, Intensity ossia tinta, saturazione, intensità), che rappresenta meglio il nostro modo di percepire i colori e viene quindi usato in alcuni programmi di elaborazione di immagini e fotoritocco, come rappresentato in figura 12.9.



**Figura 12.9:** passaggio da RGB a HSI.

In sostanza quindi una immagine in formato bitmap è rappresentata, entro il computer o un altro dispositivo digitale, come un vettore di pixel, normalmente composto dalla successione di pixel di una riga, da destra a sinistra, subito seguita dalla successione di pixel della riga successiva, e così via sino alla ultima riga.

Ogni pixel è rappresentato da un valore numerico diverso secondo il tipo di immagini, per esempio per le immagini monocromatiche esiste un solo bit (bianco o nero) per ogni pixel, per le immagini a toni di grigio esiste un byte (8 bit) per ogni pixel e per le immagini RGB a colori (chiamate anche full-color o true color) 3 byte (24 bit) per ogni pixel. Quindi una immagine di 1024x1024 pixel, ossia un megapixel, poco più di un milione di pixel, sarà rappresentata in memoria usando, rispettivamente 128 Kbyte per il monocromatico, 1

Mbyte per i toni di grigio e 3 Mbyte per il formato true color. Da questo appare evidente che le immagini digitali richiedono molto spazio in memoria.

Esistono poi altri tipi di immagini bitmap, basate sul concetto di mappa di colori o **colormap**. Infatti, per ridurre lo spazio occupato in memoria, è possibile, ad esempio, ridurre il numero di colori presenti in una immagine, passando dai 16,7 milioni circa presenti in una immagine true color a 65336 (immagine a 16 bit) o a 256 (immagine a 8 bit). Per ottenere questo si introduce una tabella, che associa ad ogni numero della codifica, ad esempio ai numeri a 8 bit compresi fra 0 e 255 una terna RGB, ovvero un punto estratto dal cubo dei colori che rappresenta un colore particolare, come mostrato in figura 12.10. In questo modo anche la codifica a toni di grigio diventa una colormap particolare, che associa ai valori dell'intervallo 0-255 le coordinate del cubo con i valori uguali, ossia i punti della diagonale principale del cubo che esprimono, appunto, le tonalità del grigio, dal nero al bianco. Ovviamente, perché l'immagine possa essere rappresentata e visualizzata correttamente, anche la colormap dovrà essere memorizzata insieme all'immagine stessa.

Codice numerico	Valore Rosso	Valore Verde	Valore Blu
0	0	0	0
1	0	10	40
2	10	20	50
3	20	40	60
...			
254	230	200	240
255	255	255	255

**Figura 12.10:** un esempio di colormap, che associa ad ogni valore numerico presente nel pixel un punto del cubo dei colori, ossia un colore particolare. Il numero totale dei colori presenti nell'immagine che usa una colormap come questa è quindi di soli 256.

La colormap è un esempio di meta informazione (o, secondo alcuni autori, di metadato) cioè di informazione necessaria per rappresentare ed interpretare un'altra informazione.

Altri modi per ridurre le dimensioni in memoria di una immagine sono le compressioni dei dati che saranno trattate nei prossimi paragrafi.

La formula generale per determinare le dimensioni in memoria richieste da una immagine non compressa è

$$G = l h b$$

Dove

G = grandezza (in byte) della dimensione della memoria risultante

l = larghezza in pixel dell'immagine

h = altezza in pixel dell'immagine

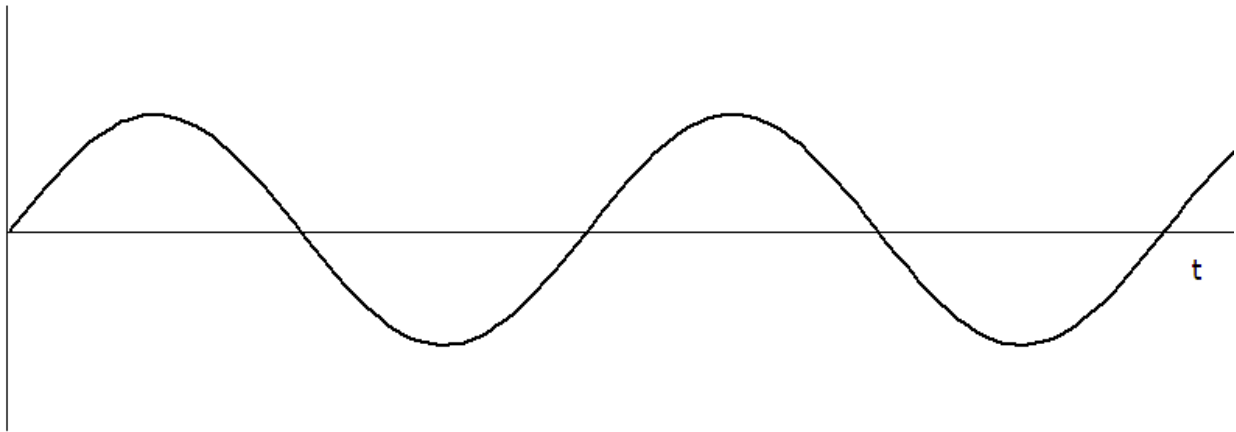
b = numero di byte per ogni pixel

## Rappresentazione di suoni

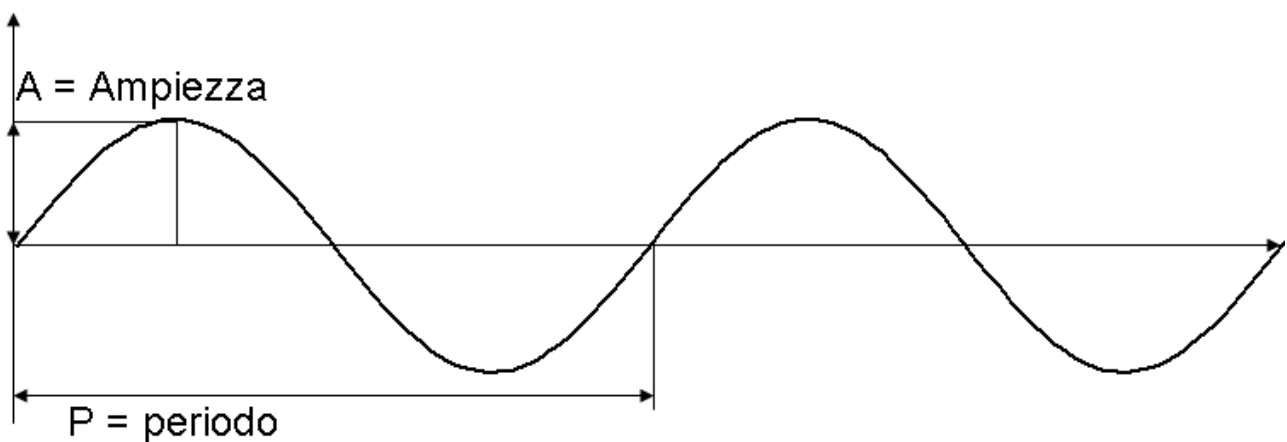
Il suono è una vibrazione dell'aria, o dell'acqua, o di un altro mezzo materiale, cioè un susseguirsi di sovrappressioni e di depressioni dell'aria rispetto ad una media, che è la pressione atmosferica, in pratica un susseguirsi di onde di pressione. Se si pone un oggetto rumoroso (una sveglia ad esempio) in una campana di vetro che viene progressivamente svuotata dell'aria che la contiene, l'oggetto, inizialmente rumoroso, non emette più alcun suono dal momento in cui non è più circondato d'aria.

Il modo più semplice per riprodurre un suono è quindi quello di far vibrare un oggetto. Un violino emette un suono quando l'archetto fa vibrare le sue corde, un piano emette una nota quando si tocca un tasto, e un martello percuote una corda e la fa vibrare.

Un suono periodico, come quello di una nota musicale, è una vibrazione che si ripete identicamente uguale a se stessa periodicamente nel tempo, come rappresentato in figura 12.11. Un suono, o meglio un qualsiasi segnale periodico, ha due grandezze caratteristiche, l'**ampiezza**, ossia il suo valore assoluto massimo, ed il **periodo**, ossia l'intervallo di tempo dopo il quale il segnale si ripete, che sono rappresentati in figura 12.12.



**Figura 12.11:** rappresentazione di un segnale periodico ideale che si ripete identicamente nel tempo. Se il valore sulle ordinate rappresenta una pressione (o la variazione di pressione rispetto ad un valor medio) allora è un suono monofrequenziale, o anche una nota musicale ideale, che dura indefinitamente.



**Figura 12.12:** caratteristiche specifiche di un segnale periodico: ampiezza e periodo, il cui inverso è la frequenza.

Dal punto di vista matematico, detta  $A$  l'ampiezza e  $P$  il periodo, il segnale si può esprimere con la funzione sinusoidale (o anche cosinusoidale), ossia detto  $v(t)$  il valore del segnale ad un determinato istante  $t$ , tale valore è dato da

$$v(t) = A \sin(2\pi t / P)$$

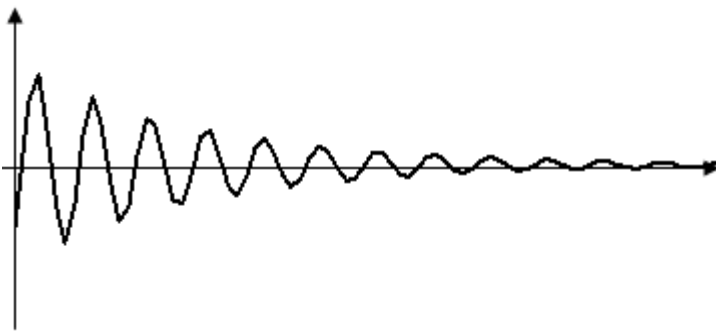
che, introducendo la frequenza  $f = 1/P$ , diventa

$$v(t) = A \sin(2\pi f t)$$

e, qualora al valore 0 del tempo il valore del segnale non sia 0, occorre introdurre un termine nei tempi chiamato **fase** (o, in alcuni casi, sfasamento), per cui la formula completa diventa

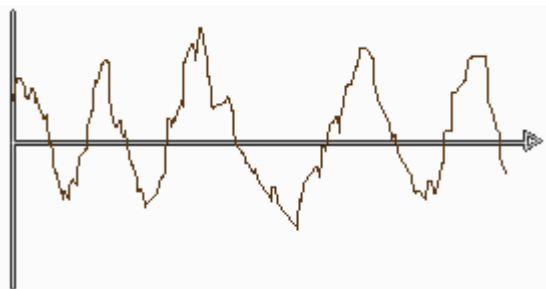
$$v(t) = A \sin(2\pi f t + \varphi)$$

Rispetto alla senoide ideale della nota ideale i segnali reali sono diversi. Innanzitutto, come ben sa chi suona strumenti musicali, quando viene pizzicata la corda di una chitarra la vibrazione prodotta, pur mantenendo costante la frequenza, tende a smorzarsi nel tempo, riducendo progressivamente la propria ampiezza, come rappresentato in figura 12.13



**Figura 12.13:** diagramma temporale di una nota musicale emessa da uno strumento reale: pur mantenendo sempre la stessa frequenza, l'ampiezza della vibrazione, per via degli attriti del materiale, tende a diminuire progressivamente nel tempo fino allo smorzamento totale della nota

Inoltre in segnali reali normalmente non vi sono solo componenti periodiche ma tante componenti diverse ed il diagramma temporale tende ad assumere una forma simile a quella riportata in figura 12.14.



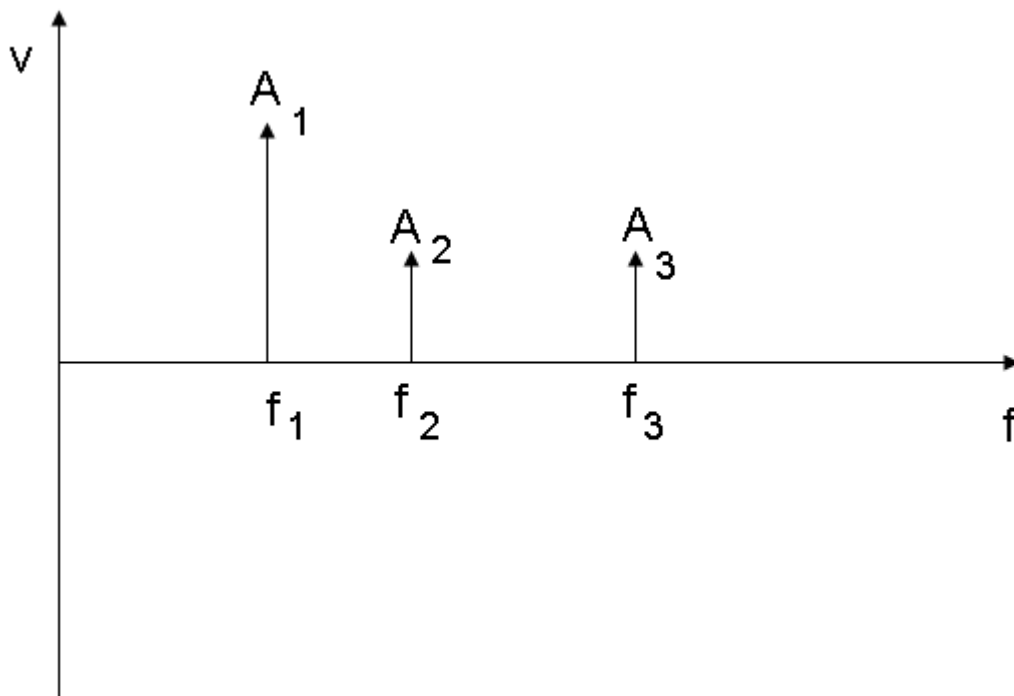
**Figura 12.14:** la forma d'onda di un segnale sonoro generico in funzione del tempo.



**Figura 12.15:** visione di un segnale sonoro come somma di una parte principale e di segnali a frequenza più elevata (armoniche secondarie).

In realtà un segnale sonoro complesso può anche essere scomposto nella somma di tanti segnali diversi, ognuno avente la sua frequenza, esattamente come un brano musicale è formato da tante note, come schematizzato in figura 12.15.

Se ora rappresentiamo questi segnali non nel dominio del tempo, ma in quello della frequenza, otteniamo una figura che contiene le componenti frequenziali del segnale, chiamata anche **spettro** del segnale. Per esempio, in figura 12.16 è rappresentato lo spettro di un segnale costituito dalla somma di tre singole note ideali aventi ampiezze diverse



**Figura 12.16:** lo spettro di un segnale costituito dalla somma di tre note ideali, formato quindi dalle tre barre verticali, aventi ampiezze uguali all'ampiezza del segnale e poste, sull'asse delle frequenze, alle frequenze corrispondenti ai tre periodi.

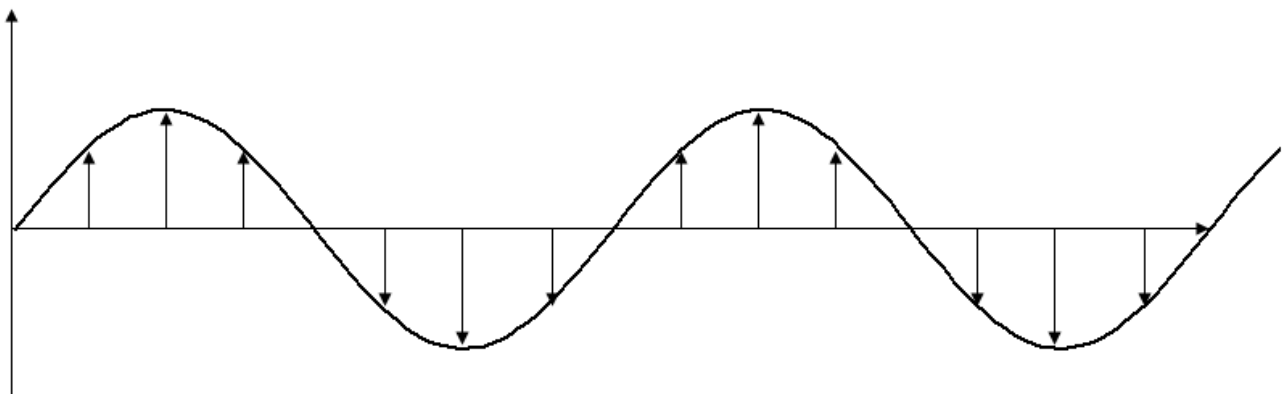
Nel caso di segnali complessi, comprendenti componenti periodiche e non, lo spettro diventerà una figura anche molto complessa, comprendente tantissime barre verticali e forme complesse ad esse sovrapposte.

La cosa importante è capire che, per quanto complessa sia, la forma avrà normalmente un limite inferiore, quindi una frequenza limite inferiore, al di sotto della quale non esisteranno sue componenti frequenziali, ed una frequenza limite superiore. L'unità di misura della frequenza è l'Hertz (Hz), rappresentato dal numero di cicli o vibrazioni al secondo (1/s).

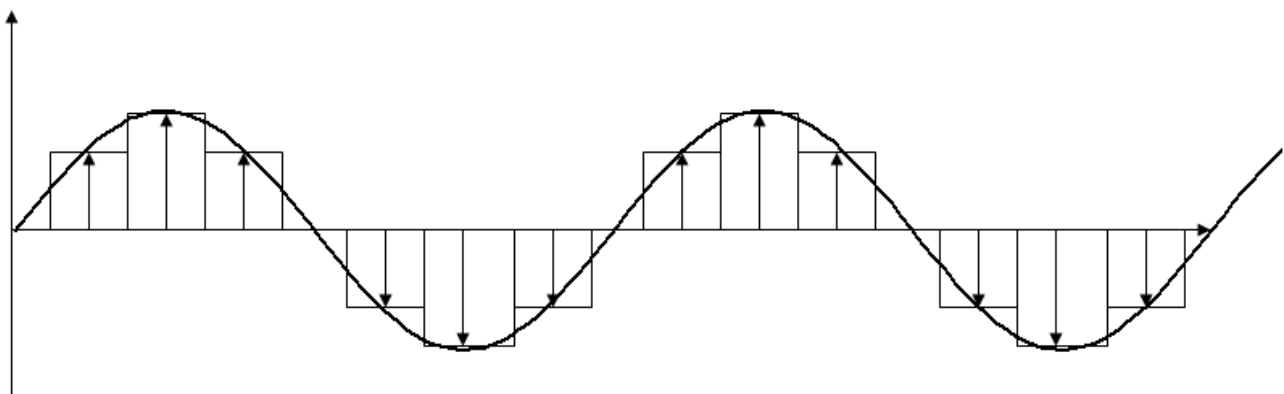
Tutti i suoni udibili dall'orecchio umano hanno frequenze comprese fra 20 Hz e 20.000 Hz, anche se alcuni individui riescono ad udire suoni con frequenze superiori. Al di sotto dei 20 Hz esistono gli infrasuoni ed al di sopra esistono gli ultrasuoni udibili da animali come i cani (sino a 30.000 Hz circa) o i delfini (sino a 200.000 Hz circa).

Il suono è un insieme di valori continui nel tempo e che variano in modo continuo entro un intervallo di ampiezze possibili. Per trasformarli in un segnale digitale occorre discretizzarli nei valori, trasformandoli in numeri discreti, e nel tempo, raccogliendone dei **campioni**.

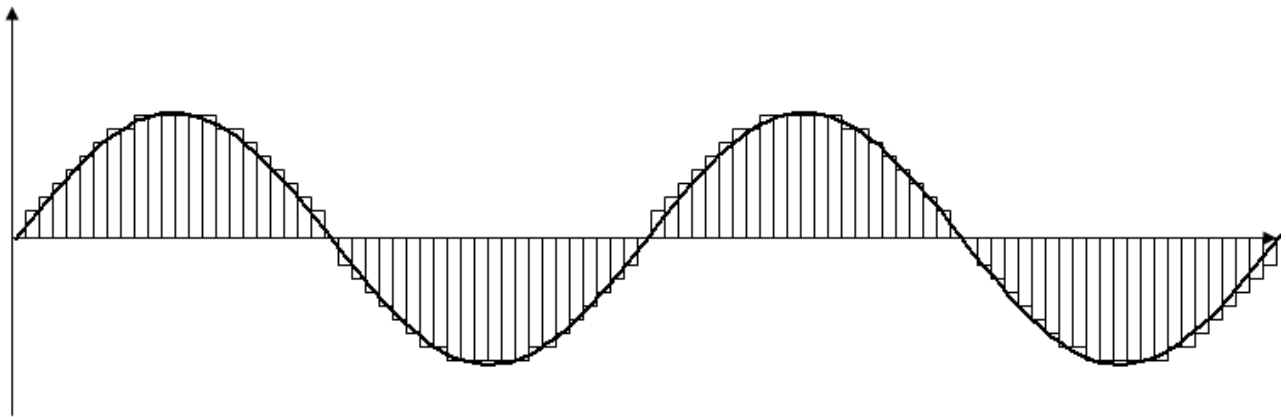
Il processo di campionamento è illustrato nelle figure 12.17 e 12.18: ad intervalli regolari viene misurato il valore istantaneo del segnale che viene poi memorizzato. In figura 12.18 risulta chiaro che, se il numero di campioni è troppo basso rispetto alla frequenza del segnale, il segnale stesso è riproducibile a partire dai campioni solo in modo grossolano. Intuitivamente è anche chiaro che, più alto è il numero di campioni nell'unità di tempo, ossia più è alta la frequenza di campionamento, più la forma d'onda è riproducibile in modo preciso. In figura 12.19 e 12.20 sono mostrati visivamente i vantaggi nell'aumento dei campioni ottenuti con l'aumento della frequenza di campionamento: la forma d'onda del segnale originale risulta riprodotta con precisione molto maggiore. Si rimanda a [IUAV 2009] per ulteriori approfondimenti.



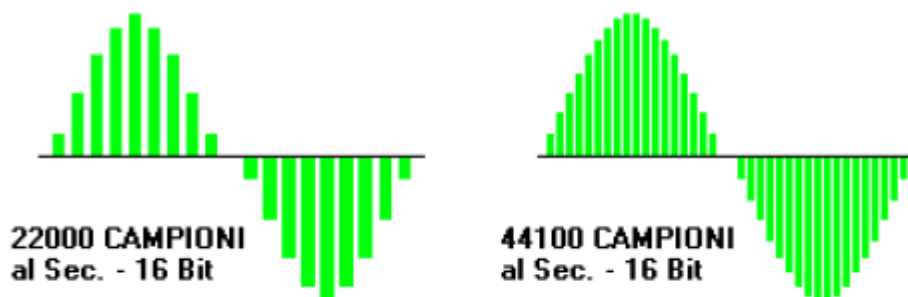
**Figura 12.17:** campionamento di un'onda sinusoidale: ad intervalli regolari vengono misurati i valori istantanei del segnale



**Figura 12.18:** traduzione dei campioni in valore: per ogni intervallo di campionamento viene memorizzato solo il valore dell'ampiezza istantanea



**Figura 12.19:** più aumenta la frequenza di campionamento e quindi il numero di campioni, più diventa possibile ricostruire fedelmente la forma d'onda originaria del segnale.



**Figura 12.20:** confronto visivo fra il risultato di due campionamenti dello stesso segnale fatti a frequenze diverse: risulta evidente che nel caso con frequenza maggiore la forma d'onda è riprodotta con molta maggiore accuratezza

Questa maggiore precisione non è solo visiva, ma esiste una trattazione matematica rigorosa che la descrive. In particolare, un corollario delle leggi matematiche di Shannon, che governano la comunicazione, è il cosiddetto **teorema di Nyquist**, che afferma che è possibile riprodurre esattamente un segnale variabile nel tempo solo quando la frequenza di campionamento è strettamente maggiore del doppio della componente con frequenza massima del segnale da campionare. In formula il teorema di Nyquist è

$$f_c > 2f_M$$

Vediamo le applicazioni pratiche.

Per riprodurre completamente lo spettro udibile umano, assumendo 20.000 Hz come frequenza massima, è necessaria una frequenza di campionamento strettamente maggiore di 40.000 Hz ed, effettivamente, la registrazione digitale dei CD viene fatta alla frequenza di 44.100 Hz.

Il segnale del telefono fa passare solo le frequenze sino a 4.000 Hz, dal momento che le componenti spettrali principali della voce umana sono concentrate al di sotto di questa soglia. E' per questo che la voce al telefono appare piuttosto deformata, a maggior ragione nel caso di voci più acute come quelle femminili, che hanno più componenti frequenziali più alte. Per poter campionare senza perdita di informazione il segnale telefonico sono sufficienti 8.000 Hz e questa è la frequenza effettivamente usata nelle trasmissioni telefoniche digitali.

Esistono poi altre frequenze di campionamento intermedie usate in trasmissioni radio digitali: 22.000 Hz (segnale raccolto sino a circa 11.000 Hz) e 30.000 Hz (segnale raccolto sino a circa 15.000 Hz).

Accanto al numero di campioni al secondo è importante tener presente il **numero di bit** con cui si rappresenta **ogni campione**, che svolge un ruolo analogo alla rappresentazione del colore nelle immagini. Più sono i bit più è precisa la misurazione del valore istantaneo del suono raccolto dal campione. Esistono molte rappresentazioni, alcune non lineari ma logaritmiche. In generale comunque il numero di bit usati è 16 (CD), 8 (telefonia) o anche 24, 32 o più (elaborazioni digitali del suono).

La dimensione di una rappresentazione digitale del suono è quindi data dalla frequenza di campionamento moltiplicata per il numero di byte (o bit) di ogni campione per il numero di secondi di durata della registrazione.

Tenendo presente le registrazioni stereo, quadrifoniche e dolby surround, che usano più di un microfono per raccogliere il suono da più punti e dare l'effetto della spazialità della percezione sonora, particolarmente evidente quando il segnale viene riprodotto usando le cuffie o un impianto home theatre, diventa necessario moltiplicare il valore precedente per il numero di **canali sonori** (chiamati talvolta anche piste) presenti.

La formula allora diventa:

$$G = c f b s$$

Dove

G = grandezza (in byte) della dimensione della memoria risultante

c = numero dei canali presenti

f = frequenza di campionamento

b = numero di byte per campione

s = durata (in secondi) della registrazione

Anche nel suono si può applicare la compressione, come sarà visto in seguito.

### **Rappresentazione di filmati**

Un filmato si compone normalmente di una parte video ed una audio. Per quest'ultima valgono tutte le considerazioni già fatte per la rappresentazione digitale del suono.

La parte video invece, come il cinema tradizionale, sfrutta il fenomeno della persistenza delle immagini sulla retina umana. E' stato infatti determinato sperimentalmente che l'occhio umano "trattiene" una immagine per circa un decimo di secondo e quindi non riesce a distinguere tra loro due immagini che durino un tempo inferiore a tale soglia.

Pertanto la percezione del movimento dei filmati si ottiene riprendendo e proiettando un numero di immagini fisse superiore a 10 al secondo. Il formato normalmente usato ne prevede 24 o 25 ma esistono anche formati con 50 immagini al secondo o più.

Quindi la parte video di un filmato si compone di una successione di immagini fisse, in numero di 25 al secondo o più. Ciascuna immagine che compone un video viene anche denominata quadro o **frame** e il numero di frame al secondo indicato con fps (frame per second).

La struttura dei singoli frame può seguire vari standard, i due più diffusi, che indicano col nome il rapporto fra la larghezza e l'altezza delle immagini sono il 4:3 ed il 16:9, le cui risoluzioni sono, solitamente, 768x576 o 1024x768 pixel e 1280x720 o 1920x1080 pixel.

Le dimensioni della parte video di un filmato non compresso diventano quindi:

$$G = l h b f s$$

Dove

G = grandezza (in byte) della dimensione della memoria risultante

l = larghezza in pixel di ogni frame

h = altezza in pixel di ogni frame

f = frequenza di frame ovvero numero di frame per secondo

b = numero di byte per ogni pixel

s = durata (in secondi) della registrazione

A questo va aggiunta la dimensione della parte audio.

Appare evidente che le dimensioni di questi dati multimediali crescono in modo estremamente rapido al crescere della durata e della risoluzione. Diviene quindi necessario usare strumenti di compressione dei dati.

### La compressione dei dati digitali

La compressione è una tecnica basata su operazioni matematico-logiche anche complesse che ha lo scopo di ridurre il più possibile il numero di byte necessari per la rappresentazione di un dato (sia esso testo, suono, immagine...).

Esistono molti tipi di compressioni, alcune specifiche solo per certi tipi di dati (ad esempio il JPEG per le immagini), altre più generali ed adattabili a tipi diversi di dati.

Facciamo un esempio per chiarire meglio il concetto. Supponiamo di avere una immagine all'interno della quale una singola riga contiene la seguente struttura:



Dove troviamo 6 pixel consecutivi di colore verde, 3 consecutivi di colore rosso e 2 consecutivi di colore blu. Senza perdere alcun dato, la riga si può rappresentare nella forma

[6 v] [3 r] [2 b]

Dove v, r e b sono i simboli che rappresentano (o in modo diretto con coordinate RGB, o indiretto tramite una colormap) il verde, il rosso e il blu e il numero associato rappresenta le occorrenze. Su questo principio è basato lo storico algoritmo di compressione LZW, tutt'ora usato in molti programmi di compressione.

Questo è un esempio di compressione non distruttiva o **lossless**: tutti i byte del dato originario possono essere ricostruiti a partire dalle informazioni presenti nel dato compresso.

Un incremento della compressione si può avere applicando principi caratteristici del tipo di dato: l'occhio umano non riesce a distinguere allo stesso modo tutte le sfumature di colore di una immagine e l'orecchio umano non riesce a distinguere allo stesso modo tutte le sfumature dei suoni. Pertanto con eliminazioni selettive di componenti si riesce ad arrivare a livelli di compressione molto maggiori: una immagine compressa GIF può ridursi del 50-60% circa, con la compressione JPEG si può arrivare ad un decimo della dimensione originale. In modo analogo la nota compressione MP3 riesce a ridurre un dato audio di circa 10 volte, pur conservando una qualità accettabile nel suono contenuto.

Queste sono compressioni **lossy** o con perdita di informazione.

Nel caso di filmati si possono raggiungere livelli ancora superiori di compressione sfruttando una caratteristica intrinseca del filmato stesso. Infatti, dato il frame iniziale di una scena, nei frame successivi non è necessario memorizzare tutta l'immagine, ma solo le parti che variano rispetto al frame iniziale. Combinando quindi questa tecnica di

memorizzazione delle differenze con la compressione dei singoli frame si ottengono livelli di compressione anche di 100 volte, anche se spesso a prezzo di un degrado notevole della qualità del filmato. Nel diffuso formato MPEG c'è un buon compromesso fra la qualità e la riduzione dello spazio occupato.

Per calcolare il risparmio di spazio, rispetto alle formule originali viste prima, occorre introdurre un fattore di riduzione, tipicamente pari a 1/10 e 1/20 e dipendente dal tipo di compressione effettuata.

### **Gli standard per la rappresentazione dei dati in formato digitale**

Esistono standard pubblici per l'espressione di dati ed informazioni come insiemi di byte, riconosciuti da molti produttori di strumenti informatici, come, per esempio, il sopra descritto codice ASCII per i testi semplici, il formato MP3 per la musica, il formato TIFF per le immagini, il formato ebXML per documenti commerciali complessi. Ma spesso i produttori di software hanno anche sviluppato rappresentazioni proprietarie dei dati, come ad esempio il formato .doc di Microsoft Word, il formato .xls di Microsoft Excel, o i tracciati proprietari per la rappresentazione degli archivi di programmi gestionali.

Ancora oggi il problema della conversione dei formati di rappresentazione dati, fra applicazioni o sistemi diversi, per permettere loro di comunicare informazione, è critico entro i sistemi informatici di qualunque azienda od organizzazione e può generare costi notevoli o vincoli e criticità nei processi cui l'informazione è associata.

### **Regole e strumenti per la comunicazione digitale**

Il termine **rete** è nato per indicare in modo generico un **collegamento tra due apparecchiature (sorgente e destinazione)** attraverso un **mezzo trasmissivo** per effettuare una **trasmissione di informazioni**.

Attualmente per rete di calcolatori si intende un insieme di **computer** indipendenti, cioè che possono lavorare autonomamente, ma collegati tra loro in modo da potersi scambiare informazioni (**architettura distribuita**).

Oggi lo standard sui cui poggiano le funzionalità di trasmissione di flussi di byte tra un computer ed un altro o da un computer a molti altri, è il **TCP/IP**, ossia il protocollo nato per la rete Internet. Il 95% delle reti a livello mondiale usa ormai questo protocollo, rendendo possibile la interconnessione totale fra computer a livello mondiale. Purtroppo questo non significa necessariamente anche trasmissione di dati ed informazioni, in quanto il protocollo *garantisce solo la trasmissione di byte*, mentre, come già detto, *l'informazione che essi esprimono dipende dalla rappresentazione utilizzata*. Molto spesso, quando attraverso la rete due applicazioni colloquiano fra di loro, *si può rendere necessario l'inserimento di una opportuna interfaccia che effettui la conversione fra le rappresentazioni dei formati dei dati che le due applicazioni usano al loro interno*.

Il collegamento di computer in rete offre maggiore affidabilità e minor costo rispetto all'uso di mainframe e terminali. Un fattore importante a favore delle architetture distribuite è la loro migliore **scalabilità**, cioè la possibilità di aumentare le risorse della rete in base alle necessità, con un costo inferiore per le nuove risorse inserite nei sistemi distribuiti rispetto al costo del potenziamento dei sistemi centralizzati.

Le reti permettono tra l'altro:

- di **condividere risorse** (per esempio i dati in un file, una base di dati, una stampante, un fax...);

- di **comunicare** tra persone lontane (usando posta elettronica, videoconferenze ecc.); a tal proposito si ricordi il recente boom della telefonia via Internet, resa possibile dal protocollo Voice-Over-IP (VoIP, si veda in proposito [VoIP Info 2006]) e dalle sue implementazioni commerciali come ad esempio il programma gratuito Skype [Skype 2006];
- di **utilizzare servizi** di vario tipo come consultazione di informazioni, commercio elettronico, applicazioni di tele-medicina e così via; i servizi a cui si può accedere in rete vengono detti anche servizi telematici; la telematica è una disciplina che nasce dai rapporti tra scienza delle telecomunicazioni e informatica e si occupa dell'elaborazione a distanza delle informazioni.

Di solito nelle architetture distribuite si usano sistemi di tipo **client/server**. I **server** sono computer su cui operano applicazioni che mettono a disposizione delle risorse o dei servizi. I **client** sono computer che chiedono ai server di accedere a una risorsa o di eseguire un certo lavoro. Il server esegue il lavoro e restituisce la risposta. In una rete in genere ci sono pochi server, più potenti, condivisi, e molti client poco potenti e meno costosi. Comunque il ruolo non è così netto; uno stesso computer può fungere da client o da server in situazioni diverse, o anche da server e da client contemporaneamente. Un esempio di ruolo contemporaneo di client e server è costituito dai sistemi Peer-to-Peer (P2P, si veda anche [P2P 2006]), in cui due computer comunicano tra di loro permettendo la condivisione di dati (tipicamente file) ed entrambi svolgono tutti e due i ruoli.

I termini server e client sono usati anche in relazione con le applicazioni software: un programma server è in attesa di richieste attraverso la rete che i programmi client gli inviano.

Ogni computer della rete può essere usato in modo autonomo e deve avere un proprio sistema operativo. Per il collegamento in rete deve inoltre utilizzare un opportuno **software di rete**.

Attualmente tutti i sistemi operativi maggiormente diffusi sul mercato sono dotati delle funzioni necessarie per il collegamento in rete, cioè integrano il software di rete necessario per la comunicazione tra computer attraverso il protocollo TCP/IP.

Un'ulteriore evoluzione delle reti sono i **sistemi completamente distribuiti** (chiamati anche semplicemente sistemi distribuiti, anche se questo termine è spesso usato come sinonimo di reti client-server); un sistema distribuito è una rete di computer che usa un sistema operativo e altri software infrastrutturali in grado di rendere trasparente all'utente l'esistenza di molteplici computer autonomi. Con una rete gli utenti devono esplicitamente collegarsi a un certo computer per usarne i file o richiedere elaborazioni e occuparsi della gestione della rete; in un sistema distribuito è tutto fatto automaticamente dal sistema operativo e dagli altri software deputati a tale compito: l'utente utilizza il sistema distribuito in modo trasparente, cioè non sa dove si trovi in esecuzione il programma o dove si trovino i file utilizzati.

Un sistema distribuito può essere dotato di un vero e proprio sistema operativo distribuito; il sistema operativo in questo caso è un insieme di programmi distribuiti, cioè dispersi ed eseguiti sui vari computer. Un esempio di sistema distribuito, in rapida diffusione negli ultimi anni, è il Grid Computing, che sarà trattato al termine del capitolo.

In base alla dimensione le reti si possono dividere in

- locali (**LAN** - Local Area Network), estese ad un edificio od un gruppo di edifici, senza attraversare suolo pubblico;
- metropolitane (**MAN** - MetropolitanArea Network), estese ad una città;
- geografiche (**WAN** - WideArea Network), estese ad aree geografiche.

Le reti locali sono reti private all'interno di un singolo edificio o edifici vicini, di dimensione al più di qualche chilometro; non possono attraversare suolo pubblico. Hanno velocità tra

10 Megabit/s (Mbps) e 100 Mbps (è agli inizi la diffusione degli standard a 1Gbps), basso ritardo (decine di microsecondi) e basso tasso di errore.

Le reti metropolitane possono coprire un gruppo di uffici o una città e possono essere private o pubbliche.

Le reti geografiche coprono una grande area geografica, una nazione, un continente o l'intero pianeta. I computer che eseguono programmi per gli utenti (server host) sono collegati da una sottorete di comunicazione costituita da linee di trasmissione ed elementi di commutazione ed instradamento dei dati, noti come **router**. Quando un computer vuole comunicare con un altro bisogna individuare un percorso per raggiungere il destinatario (routing); i router collegano due o più linee di trasmissione; quando i dati arrivano su una linea di ingresso il router deve scegliere una linea di uscita per farli proseguire. Reti locali o metropolitane possono collegarsi a reti più ampie mediante un router o una serie di router.

Il collegamento di due o più reti si chiama internet. La comunicazione tra reti di tipo diverso è un problema noto come internetworking. Internet (con la I maiuscola) indica la rete planetaria che connette tutte le sottoreti fra loro.

La forma che assume la sottorete di comunicazione tra le varie stazioni (cioè i computer ad essa connessi) viene detta topologia di rete.

Le reti geografiche collegano punti precisi in zone geografiche diverse e non possono quindi generalmente rispettare una disposizione particolare; la topologia di queste reti viene detta a maglia.

Nelle reti locali tutte le stazioni sono a breve distanza tra loro e possono quindi essere collegate in modo opportuno, rispettando una particolare disposizione (per esempio a bus, stella o anello).

La topologia è importante per aspetti come l'instradamento dei messaggi e la tolleranza ai guasti, inoltre influenza l'organizzazione logica dei protocolli di livello superiore.

## ***Il modello ISO/OSI e la sua implementazione nel TCP/IP***

Per potere realizzare la funzione di trasmettere byte in flusso bidirezionale e con controllo degli errori da un computer ad un altro, la rete compie in realtà numerose azioni diverse fra di loro. Tali azioni vengono suddivise in strati in base ad uno schema teorico standardizzato, il cosiddetto modello ISO-OSI, che segmenta la rete in sette livelli.

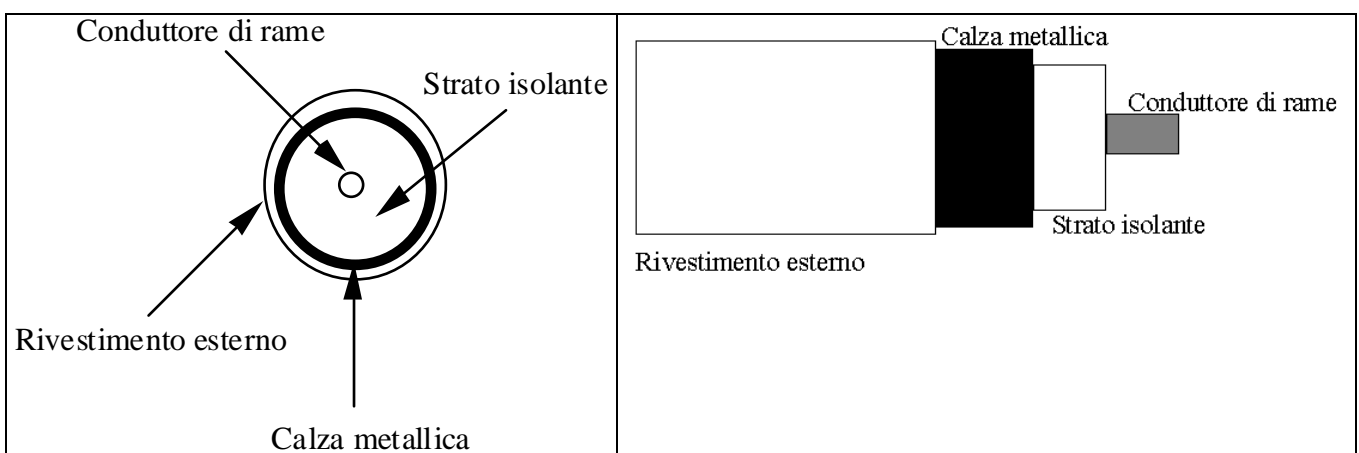
1. **Livello Fisico**, che definisce le caratteristiche del canale fisico che deve trasmettere il segnale fisico attraverso cui si propagano i bit e, in parte, la codifica dei bit stessi attraverso le variazioni di tale segnale. Nei sistemi moderni sono possibili molti diversi supporti fisici per trasmettere segnali, ad esempio:
  - a. Il bus viene usato per la trasmissione dati entro i PC, fra i componenti entro una stessa scheda (piste di metallizzazione presenti sulle schede) e fra le varie schede che lo formano (Flat Cable, letteralmente cavi piatti, insiemi di fili uniti insieme da una fascia isolante di gomma); i bus sono canali paralleli, con grado di parallelismo pari a potenze intere di 2 (8, 16, 32 e in via sperimentale 64), operano a frequenze elevate e raggiungono quindi altissime velocità di trasmissione ma, essendo sensibili ai disturbi, diventano inefficaci a distanze dell'ordine del metro;
  - b. Doppino telefonico, costituito da una coppia di fili di rame intrecciati con opportune caratteristiche di impedenza; nato agli inizi della era della telefonia per trasmettere la voce, oggi viene usato anche per la trasmissione di dati con standard come l'ADSL o l'HDSL;
  - c. Cavo coassiale, costituito da cilindri conduttori concentrici separati da strati isolanti; viene usato per trasmettere segnali televisivi ma anche per

- trasmissioni dati (ad esempio con i vecchi standard Ethernet 10baseT), rappresentato schematicamente in figura 14.1;
- d. Cavo a 4 coppie RJ-45 contiene l'equivalente di 4 doppiini telefonici indipendenti ed è il più usato nelle reti locali;
  - e. Cavi in fibra ottica, che consentono enormi capacità di trasmissione, ovvero i più alti valori di numero di bit trasmessi per secondo (sino a alcune decine di gigabit/s); sono molto usati nelle reti geografiche e anche in alcune reti metropolitane; la struttura ed il funzionamento delle fibre ottiche sono rappresentati schematicamente in figura 14.2 e 14.3;
  - f. Sistemi wireless a corto raggio, sono basati su raggi infrarossi (ad esempio lo standard IRDA) o segnali radio (es. lo standard Bluetooth); consentono integrazioni punto-punto fra dispositivi vari (ad esempio fra palmare o telefono cellulare e PC, o tra cellulare e sistema viva-voce) ed sono efficaci in spazi limitati (es. qualche metro al massimo);
  - g. Sistemi wireless LAN, sono basati su onde radio e consentono di realizzare reti locali, in spazi che vanno sino a un centinaio di metri, senza collegamento fisico fra i computer che ne fanno parte; le velocità di trasmissione sono buone e giungono sino a circa 100 Mbit/s per lo standard Wi-Fi (da Wireless Fidelity) IEEE 802.11g ed n oggi in commercio; velocità ancora superiori sono previste dai nuovi standard oggi in studio;
  - h. Sistemi wireless su scala geografica, sono anch'essi basati su onde radio e realizzano reti geografiche via radio; esempi sono il GSM dei telefoni cellulari, gli standard GPRS/EDGE/UMTS per le trasmissioni dati via cellulare e lo standard Wi-MAX per la realizzazione di reti metropolitane wireless;
  - i. Collegamento radio via satellite;
  - j. Collegamento ponte radio terrestre (es. HamRadio);
  - k. Cavo elettrico, ove il segnale viene inviato in modo da non interagire con la trasmissione di elettricità; vari sono gli standard, per esempio Modbus Powerline, usato dall'Enel per il telecontrollo dei contatori elettronici.
2. **Livello data link** che definisce i controlli da fare sulla conversione bit-segnale e viceversa, che raggruppa i bit in pacchetti e ne governa il trasferimento da sorgente a destinazione, oltre a definire gli standard per gli indirizzi che identificano univocamente sorgente e destinazione. Molti sono gli standard che operano in questo livello, coprendo in parte anche il livello 1, per esempio Ethernet (IEEE 802.3 e derivati, che consente velocità teoriche sino a 10GB/s), token ring, ADSL, HDSL, ATM, Frame Relay, Wi-MAX, Wi-Fi, EDGE ecc...). Ovviamente si richiede che sorgente e destinazione operino con lo stesso protocollo.
  3. **Livello rete**, che consente di trasferire pacchetti di dati attraverso reti eterogenee, quindi con diversi standard per Data Link e diversi supporti fisici, garantendo comunicazioni punto-punto o uno-a-molti. Lo standard usato nella quasi totalità dei casi è l'Internetworking Protocol (IP).
  4. **Livello trasporto**, che serve a suddividere blocchi di dati (ad esempio dei file) in più pacchetti, stabilendo per essi un numero d'ordine e verificando il corretto arrivo (con eventuale richiesta di ritrasmissione dei pacchetti mancanti), permettendo così la ricomposizione del blocco dati originale a destinazione. Lo standard usato a questo livello nella quasi totalità dei casi è il Transport Control Protocol (TCP). Una utile analogia per capire in pieno il funzionamento del meccanismo è la rete stradale ed autostradale italiana. I dati che viaggiano su Internet possono essere pensati come degli insiemi di merci, suddivisi fra vari camion, che viaggiano secondo percorsi indipendenti. Rifacendoci al nostro esempio precedente, i dati che

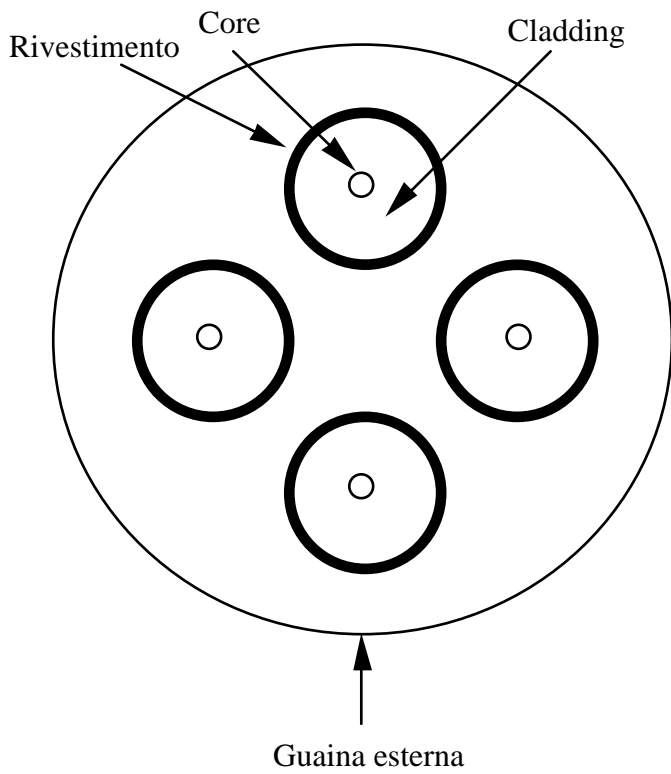
si vogliono prelevare da Parigi e trasferire a Parma sono suddivisi in un certo numero di “camion” diversi, ognuno dei quali segue un percorso potenzialmente diverso lungo la “rete stradale ed autostradale” (l'insieme di mezzi fisici su cui “viaggia” Internet). Ovviamente i “camion” che viaggiano su autostrada (collegamenti con capacità superiore, come le reti di fibre ottiche) arriveranno più in fretta di altri. Arrivati a destinazione i “contenuti dei camion” (detti tecnicamente **pacchetti**) saranno ricomposti e l'utente otterrà l'insieme dei dati che gli interessano, senza doversi in alcun modo interessare a questo meccanismo di funzionamento, così come non è necessario, per l'utente televisivo, ricordare in ogni momento come funziona la televisione. L'unica cosa che potrà influenzare direttamente il lavoro dell'utente sarà la velocità risultante del collegamento, dovuta al percorso compiuto, cioè al fatto che i “camion” abbiano viaggiato su “autostrada” (ossia su una rete a larga banda, per esempio a 7 Mbit/s) o su una “stradina di campagna” (per esempio un collegamento a 19200 bit/s). Il risultato finale del lavoro congiunto dei quattro strati ora descritti è quindi un canale (il cosiddetto **socket**) con la capacità di trasmettere, in modo trasparente per i livelli superiori, flussi **bidirezionali** di byte tra due computer o altri dispositivi, collegati ad una rete TCP/IP come Internet.

5. **Livello sessione**, che garantisce un controllo di flusso per le informazioni che scorrono sotto forma di byte lungo il canale, dal momento in cui esso viene stabilito al momento in cui viene chiuso al termine della comunicazione.
6. **Livello presentazione**, che definisce come procedere ad eventuali conversioni di formato qualora i computer in connessione fra loro usino formati diversi per la rappresentazione dei dati, come per esempio un testo ASCII su un PC che deve diventare un testo EBCDIC su un mainframe IBM.
7. **Livello applicazione**, ovvero l'applicazione che effettua la comunicazione (ad esempio un client di posta come Outlook dal lato client e un server di posta elettronica dal lato server). In realtà spesso i compiti assegnati a questi tre livelli dallo standard vengono in realtà svolti tutti dall'applicazione, mentre gli altri livelli sono svolti dal software TCP/IP, modulo del sistema operativo e dal software che gestisce l'hardware del dispositivo fisico (es. la scheda) di rete.

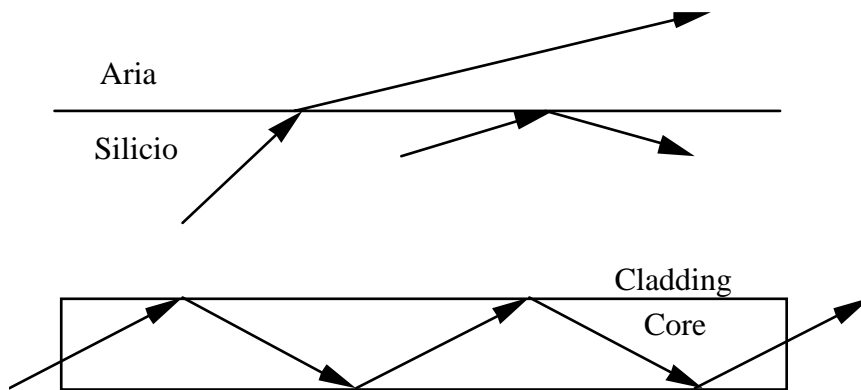
Per ulteriori approfondimenti si consiglia [Bongiovanni 2001].



**Figura 14.1:** sezioni di un cavo coassiale



**Figura 14.2:** Sezione di un cavo contenente fibre ottiche



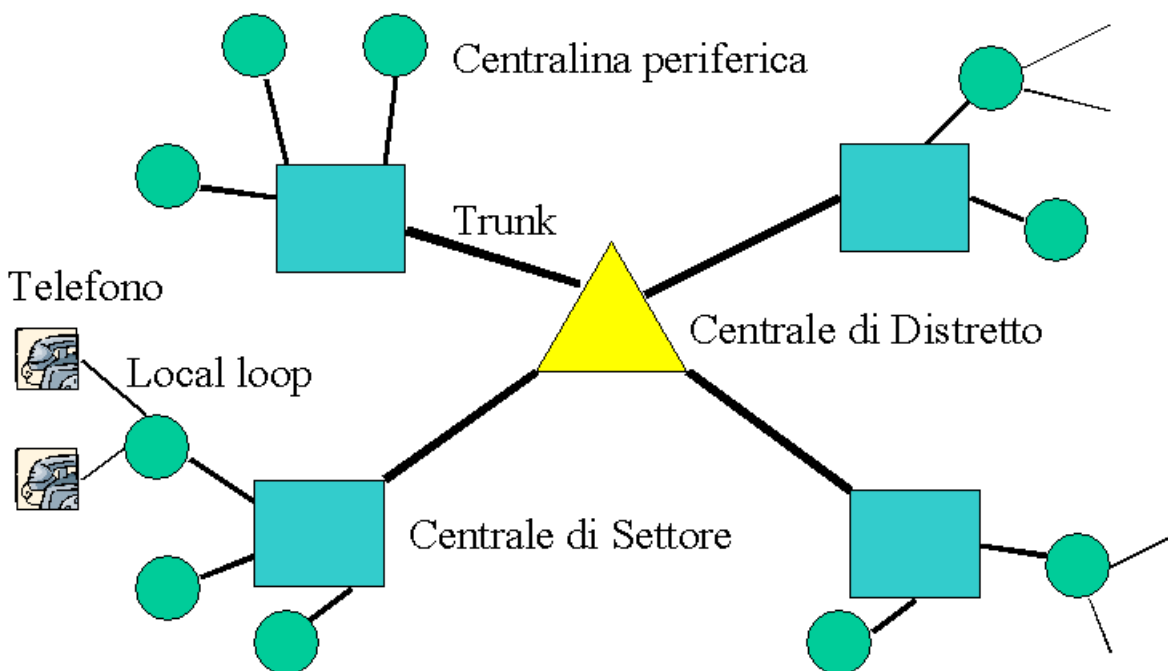
**Figura 14.3:** Deviazione del raggio luminoso, che consente di mantenerlo "imprigionato" entro la fibra e quindi di seguire il percorso della fibra stessa.

## La rete Telefonica

Agli albori della telefonia (Meucci inventò il telefono nel 1851) i telefoni si vendevano a coppie, e gli acquirenti si preoccupavano di stendere il cavo (uno solo, con ritorno via terra) per collegarli. Le città divennero ben presto un groviglio di cavi, e quindi nacquero le società telefoniche (la prima fu la Bell) che aprirono uffici di commutazione nei quali un operatore smistava le chiamate fra i vari apparecchi. Questi non erano più collegati direttamente fra loro ma erano tutti connessi a un ufficio di commutazione.

Poiché gli uffici di commutazione nascevano come funghi, si ripropose lo stesso problema per il loro collegamento. Quindi vennero creati gli uffici di commutazione di secondo livello, e poi di terzo; alla fine la gerarchia si arrestò su cinque livelli (1890).

Tale tipo di struttura gerarchica è anche oggi alla base dei sistemi telefonici in tutto il mondo, con variazioni legate essenzialmente alle dimensioni dei vari sistemi. Attualmente ogni sistema telefonico è organizzato in una gerarchia multilivello con elevata ridondanza. La struttura generale delle reti telefonica italiana è mostrata in figura 15.1.



**Figura 15.1:** la struttura gerarchica della rete telefonica italiana, all'interno di un singolo distretto.

Al posto degli operatori vi sono delle centrali di commutazione, una volta elettromeccaniche ed oggi quasi tutte digitali.

Il local loop, cioè il collegamento dal telefono alla più vicina centrale di commutazione, è ancora oggi basato su doppino telefonico e può avere una lunghezza da 1 a 10 km. Trasporta un segnale analogico dotato di una banda molto modesta (3-4 kHz).

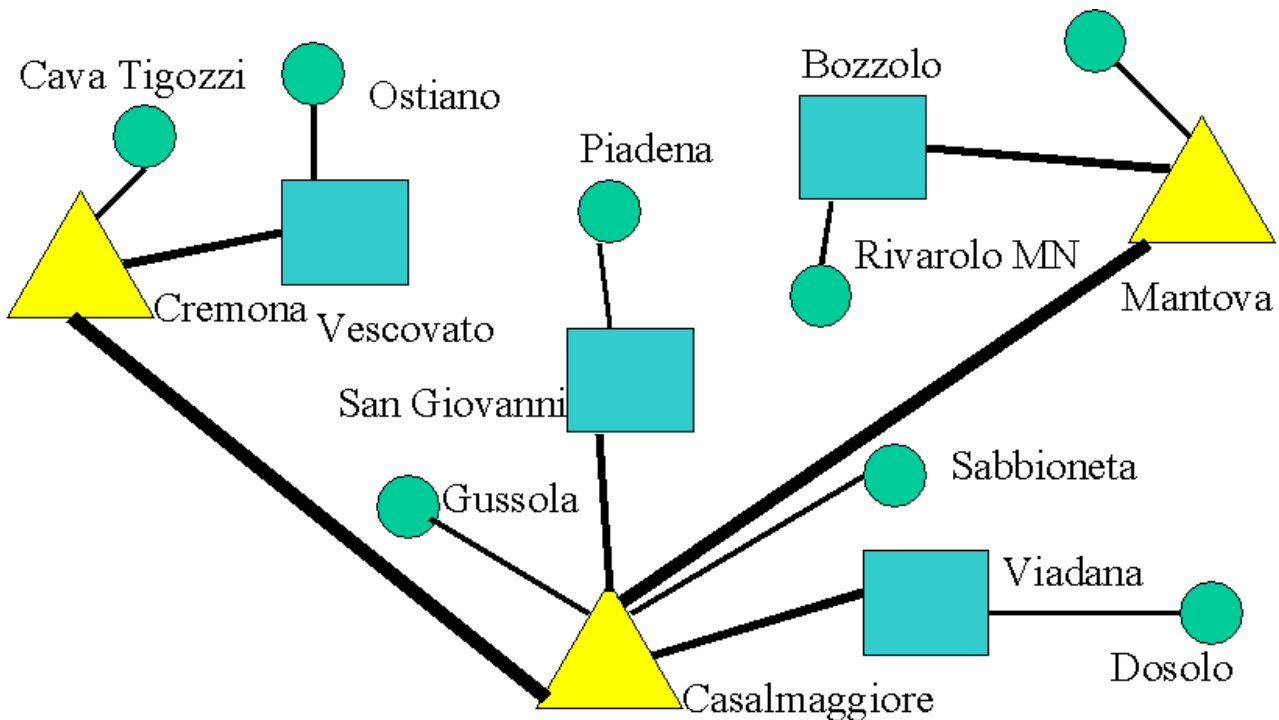
Per le altre connessioni (trunk) si usano molti altri mezzi:

- cavi coassiali (di solito fra centraline periferiche e centrali di settore/distretto);
- microonde (di solito fra distretti);
- fibre ottiche, ormai molto diffuse (di solito fra centrali di settore e di distretto o fra distretti).

Ormai quasi ovunque le centrali di commutazioni sono digitali e le linee che le collegano trasportano segnali digitali. I vantaggi principali sono i seguenti:

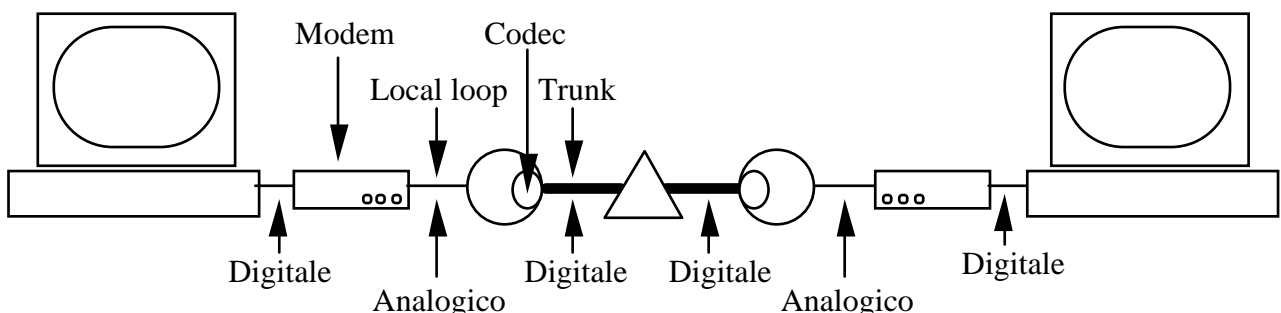
- è più facile ricostruire periodicamente il segnale senza introdurre errori (solo pochi valori);
- è più facile mescolare voce, dati, video e altri tipi di traffico;
- sono possibili data rate più alti usando le linee esistenti.

Nella zona del casalasco-viadanese la rete ha la struttura mostrata in figura 15.2.



**Figura 15.2:** la rete telefonica nel casalasco-viadanese, la simbologia è la stessa adottata in figura 15.1; sono mostrati anche i collegamenti fra i distretti di Cremona (0372), Mantova (0376) e Casalmaggiore (0375).

Ricordiamo che il local loop trasporta un segnale analogico con una larghezza di banda di circa 4 kHz (0-4 kHz). Dunque, per trasmettere dati digitali, essi devono essere trasformati in analogici da un'apparecchio detto modem. Quindi vengono ritrasformati in digitali nella centralina di commutazione da un apparecchio detto codec, (cosa che succede anche alle conversazioni telefoniche), e quindi subiscono le conversioni inverse sul local loop di destinazione. Il processo è mostrato in figura 15.3.



**Figura 15.3:** trasmissione dati via modem attraverso la rete telefonica; il triangolo rappresenta tutti i vari passaggi attraverso le centrali mostrate nelle figure precedenti.

## Introduzione alle Reti Locali

Una *Rete Locale di Personal Computer*, indicata di solito col termine LAN (acronimo dalle parole inglesi *Local Area Network*), è un sistema di computer, terminali e periferiche, collegati fra loro in modo tale da poter condividere risorse sia hardware che software.

I Personal Computer di una LAN si distinguono fra *Server primario* e *Stazioni di lavoro*, talvolta anche indicati rispettivamente come *file server* e *workstation*. Il file server è un computer della LAN, di solito più potente degli altri, che può condividere le proprie risorse hardware (periferiche, unità disco in particolare) con gli altri computer della rete. Una stazione di lavoro è invece un computer connesso alla rete, che può avere accesso alle risorse del server ma non condividere le proprie con altre workstation, e che inoltre può anche operare in maniera autonoma. In particolare un *terminale* (inteso come *dumb terminal* o *terminale non intelligente*) è una stazione di lavoro particolare, dotata di video e tastiera, ma con una CPU capace di soli compiti elementari, quando non assente, e che si appoggia su altri computer della rete per poter funzionare. Nelle reti locali più moderni possono esistere più di un solo server, spesso destinati a compiti diversi. Ad esempio un server può gestire in disco condiviso fra tutta la rete, un altro avere connessa l'unica stampante (server di stampa) ed un altro gestire, attraverso un modem, le comunicazioni con altre reti od il fax (server modem/fax).

I collegamenti fra i computer componenti la rete possono essere diversamente strutturati. Le strutture più diffuse sono

1. il collegamento a stella, dove le stazioni di lavoro sono connesse tutte direttamente solo al server, che si trova al centro della stella stessa;
2. il collegamento a bus, dove le stazioni sono connesse tutte ad un medesimo cavo primario;
3. il collegamento ad anello (ring), in cui le stazioni sono connesse in circolo, ciascuna direttamente ad altre due.

Possono anche esistere topologie di collegamenti più complesse o miste.

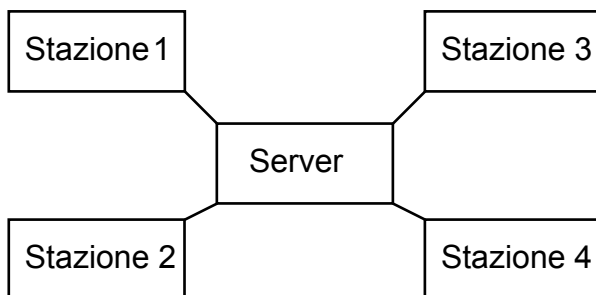


Figura 16.1: collegamento a Stella con un solo server centrale.

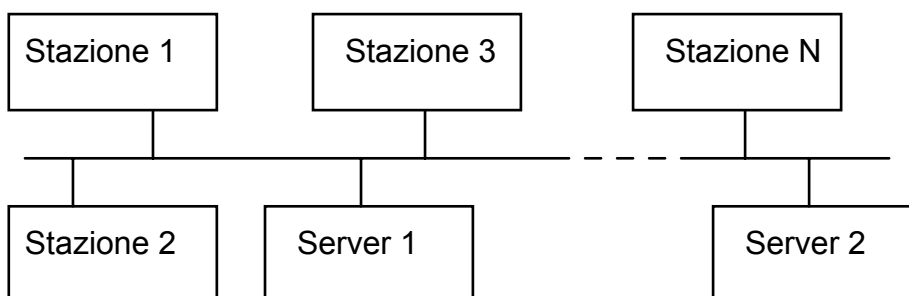
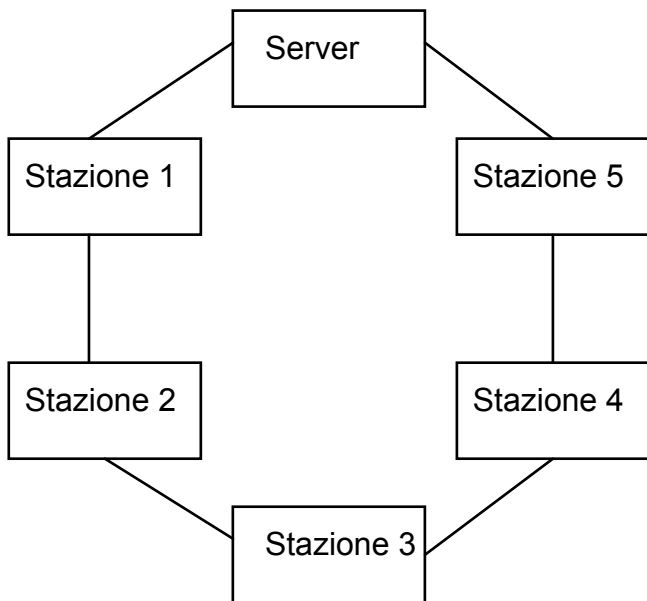


Figura 16.2: collegamento a Bus con N stazioni e due server.



**Figura 16.3:** collegamento ad anello con cinque stazioni ed un server.

Per completezza va detto che in molti casi il server stesso funge anche da stazione di lavoro.

Anche entro le reti locali viene usato per i livelli 3 e 4 dell'ISO/OSI il protocollo TCP/IP nella quasi totalità dei casi.

I supporti fisici che consentono il collegamento fra i computer sono di varia natura tipicamente costituiti dai cavi RJ-45 definiti in precedenza, oppure da fibre ottiche.

Vari sono i protocolli di trasmissione di livello 2 attualmente in uso nelle reti locali, tutti codificati secondo standard internazionali. Tra i più diffusi possiamo ricordare:

- IEEE 802.3, più noto come Ethernet, applicato a collegamenti a bus e che consente una capacità di trasmissione massima di 10 Megabit per secondo; con la stessa sigla si intende anche Fast Ethernet, evoluzione del precedente, che consente una capacità di trasmissione massima di 100 Megabit per secondo, Gigabit Ethernet di capacità pari a 1 Gbit/s (esiste anche una ulteriore evoluzione, la 10 GE, 10 volte più veloce, che però è pochissimo diffusa);
- IEEE 802.5, più noto come Token Ring, applicato a collegamenti ad anello;
- Bluetooth, collegamento radio, valido per distanze brevi;
- IEEE 802.11, noto anche come Wi-Fi, collegamento radio che consente velocità di decine di Megabit al secondo su distanze di alcune decine di metri;
- ATM, usato oggi solo nelle reti geografiche, che consente una capacità massima di 150 Megabit per secondo.

Le reti sono gestite attraverso apposite funzionalità dei sistemi operativi moderni. Le funzioni di rete si preoccupano della gestione dei file visibili a tutti e degli eventuali conflitti di accesso che si possono verificare.

Tra i sistemi operativi di rete ricordiamo:

- La famiglia Windows, da Windows for Workgroup (1993) in poi, sino agli ultimi arrivati Windows 2008 Server (per i server) e Windows 7 (per le workstation);
- UNIX e Linux, che incorporano funzioni di multiutenza e di rete; nella famiglia UNIX rientra anche il sistema MacOS X dei computer Macintosh di Apple;
- Novell Netware, uno dei primi sistemi di rete, che ha gli stessi comandi del DOS, più alcuni specifici per la gestione della rete, oggi ormai poco usato;
- OS/2 IBM, con proprietà simili a quelle di UNIX, oggi ormai poco usato;

Come precedentemente accennato, occorre dire che due o più reti locali possono essere a loro volte interconnesse fra loro attraverso il modem od altri sistemi di comunicazione come le reti metropolitane o MAN (Metropolitan Area Network) e le reti geografiche estese (per esempio nazionali) o WAN (Wide Area Network), e che il collegamento può estendersi, gerarchicamente, sino alla rete mondiale dei calcolatori, più nota come Internet.

## **Organizzazione di una LAN**

Il sistema operativo di rete, e i programmi applicativi, specifici per la rete o ad essa adattati, consentono a più utenti di usufruire dei servizi della rete stessa, e realizzano la condivisione software ed hardware della rete stessa fra gli utenti e le stazioni che essi stanno usando.

L'organizzazione della rete spetta all'amministratore di rete, spesso indicato come SUPERVISOR o administrator, che è il solo utente già definito all'atto della installazione della rete stessa. Il SUPERVISOR, in base alla organizzazione del lavoro da eseguirsi con la rete, organizza gli utenti sia singolarmente che in appartenenza a gruppi, assegnando loro delle restrizioni all'uso delle funzionalità di rete e nell'accesso ai dati.

### **Restrizioni alle funzioni di rete**

Possono essere globali o parziali. La restrizione globale è ottenuta tramite la parola d'ordine (*password*) assegnata all'utente. L'utente può quindi collegarsi alla rete solo con l'immissione della sua password. Una ulteriore restrizione può essere ottenuta col controllo del numero dei tentativi di collegarsi alla rete mediante una password: se essi superano una quantità prefissata il sistema interpreta l'accaduto come tentativo di accesso non autorizzato, e disabilita temporaneamente l'accesso dell'utente corrispondente a quella particolare password.

Le restrizioni parziali sono invece ottenute concedendo ad un utente o ad un gruppo di utenti un tempo limitato di collegamento alla rete, oppure limitando il numero di utenti che possono collegarsi contemporaneamente alla rete, o con la combinazione di entrambe le restrizioni.

### **Restrizioni ai dati**

Possono esistere restrizioni alle directory e/o ai file mediante attributi o mediante diritti di accesso od entrambi. Per esempio un file può essere leggibile solo al proprietario, ossia all'utente che lo ha creato. Viene quindi introdotto l'importante concetto di *proprietà* di file e directory, cioè di associazione fra file e utenti della rete. Di norma i diritti di accesso alle risorse software e quindi ai file ed alle directory sono stabiliti separatamente per tre categorie di utenti: il *proprietario* del file o della directory, il suo *gruppo di appartenenza* e l'insieme di tutti gli altri utenti (mondo). Per esempio un file può essere accessibile in lettura e scrittura al suo proprietario, accessibile in sola lettura al suo gruppo e del tutto inaccessibile per tutti gli altri utenti di rete.

In particolare si possono avere:

- Restrizioni relative alle directory, cioè una directory può essere *hidden* e quindi del tutto invisibile (non viene nemmeno visualizzata), oppure *private*, e quindi sono i file in essa contenuta ad essere invisibili;
- Restrizioni relative ai file, in quanto i file possono essere di sola lettura per tutti gli utenti di rete, di sola lettura per gli utenti diversi dal proprietario (che invece può anche scriverli e quindi modificarli), oppure completamente privati;
- Restrizioni mediante diritti relativi alle directory, che tipicamente sono:
  1. (Diritto di) Creare nuovi file nella directory

2. (Diritto di) Cancellare file nella directory
3. (Diritto di) Modificare il nome dei file
4. (Diritto di) Aprire file esistenti per modificarli
5. (Diritto di) Aprire file esistenti in sola lettura
6. (Diritto di) Cercare i file (o nel loro contenuto) della directory

Ogni directory può avere quindi disabilitate alcune delle precedenti funzioni per il proprietario, o per il suo gruppo o per il mondo, in base alla riservatezza dei dati in esse contenuti. Di norma il proprietario di un file o di una directory può stabilire i diritti di accesso solo per i suoi file/directory, mentre il SUPERVISOR può stabilirli per ogni file/directory della rete.

### **Organizzazione delle copie di salvataggio dei dati**

Data la grande quantità di dati registrati in un disco di rete diventa indispensabile organizzare una procedura di salvataggio dei dati, il cosiddetto *backup*, in modo da cautelarsi da errori umani e/o guasti della rete. In una rete il backup di una directory può essere eseguito solo dagli utenti con appositi diritti di lettura sul suo contenuto, ma è molto più conveniente e sicuro centralizzare la gestione del salvataggio dei dati, lasciando comunque ad ogni utente la possibilità di salvare i propri, per esempio su dischetti.

I dispositivi di backup sono di solito registratori a nastro, di capacità variabile da poche centinaia di MegaByte sino a nastri, come il DAT, l'ExaByte o il DAT-VHS, della capacità di alcune decine di GigaByte. Essi sono connessi tramite interfacce apposite ad una stazione della rete, detta *server di backup*, non necessariamente coincidente col server primario.

In una rete possono esistere due diversi tipi di backup, il backup di copia e quello di archivio. Il primo è una copia dei dati esistenti nella rete, eseguita per sicurezza, mentre il secondo consente di liberare spazio su disco, archiviando file non usati frequentemente. Appositi programmi automatici consentono di programmare i backup a scadenze fisse (per esempio settimanali), o di salvare tutti i file modificati nel corso dell'ultima giornata di lavoro.

### **Condivisione delle stampanti**

In una LAN le stampanti possono essere *locali* o *condivise*. Una stampante locale è collegata ad una sola stazione e funziona esattamente come in un personal computer: solo l'utente che lavora su quella stazione può usare quella stampante. Le stampanti condivise, generalmente di qualità e prezzo elevato, sono invece collegate al server primario o ad una stazione detta *server di stampa (print server)*. Un software apposito di gestione consente di trasferire le richieste di stampa di file fatte sulle varie stazioni al print server. La stampa di un file mediante una stampante condivisa non viene eseguita immediatamente, ma le varie richieste vengono poste in una coda opportuna, registrata in una apposita directory del server di stampa, in attesa di essere esaudite. Un utente può sempre cambiare i parametri della sua stampa o cancellarsi dalla lista di attesa. Il SUPERVISOR inoltre ha sempre il controllo della coda di stampa e può modificare le priorità, e fare passare prime proprie stampe, o rimuoverne altre.

## **I Cavi RJ-45**

I cavi RJ-45, ufficialmente indicati come cavi multi coppia o a 4 coppie, in quanto RJ-45 è il nome del connettore, sono di due tipi

- UTP (Unshielded Twisted Pair): cavo con coppie avvolte non schermato, che, non essendo protetto da interferenze elettromagnetiche può avere lunghezza massima pari a 100 metri.
- STP (Shielded Twisted Pair): cavo con coppie avvolte schermato

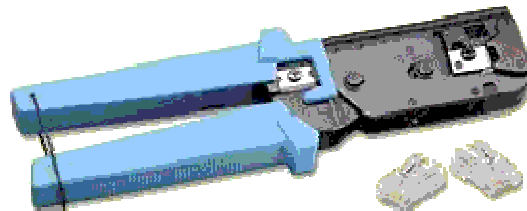
I cavi UTP, STP, possono essere di diverse categorie:

- categoria 1 - due coppie per solo uso telefonico.
- categoria 2 - massima frequenza 4 Mbits/sec. (cavi telefonici)
- categoria 3 - max. freq. 16 Mbits/sec. (Ethernet 10baseT)
- categoria 4 - max. freq. 20 Mbits/sec. (Ethernet 10baseT, TokenRing)
- categoria 5 - max. freq. 100 Mbits/sec. (Ethernet 100baseT, 10baseT)
- categoria 6 – max freq. 1 Gbits/sec (Ethernet 1000baseT)

Preparazione del cavo RJ45

Materiale occorrente

- due connettori RJ45
- un cavo UTP o STP categoria 5 della lunghezza desiderata
- una pinza a crimpare, detta anche pinza crimpatrice.



**Figura 17.1:** la pinza crimpatrice.

La maggior parte delle pinze a crimpare ha due coppie di lame: una serve per spellare i fili, l'altra per tagliare i fili.

1. Rimuovere 3 cm di guaina del cavo. Eventualmente utilizzare una forbice facendo attenzione a non tagliare o incidere l'isolamento dei fili dentro la guaina
2. Separare le quattro coppie di fili avvolti tra di loro a due a due e di colore diverso
3. Svolgere le coppie di fili in modo da avere otto fili separati, facendo attenzione a distinguerli nel caso in cui non avessero colori diversi (in alcuni cavi i fili bianco/colore sono tutti bianchi)
4. Disporre i fili nell'ordine descritto nei capitoli successivi a seconda del tipo di cavo che si vuole realizzare:
  - i. cavo di rete UTP RJ45 CAT5 diretto
  - ii. cavo di rete UTP RJ45 CAT5 incrociato
5. Affiancare bene i fili e lasciarli in modo da togliere eventuali curve dovute al precedente avvolgimento
6. Tagliate i fili in modo che abbiano la stessa lunghezza di 2 cm.
7. Inserire il connettore RJ45 in modo che abbia la linguetta verso il basso. La guaina isolante deve arrivare vicino al bordo del contenitore

8. Verificare che i fili siano giunti fino in fondo al connettore
9. Inserire il connettore nella pinza e stringendo forte, crimpare in modo da fermare i fili

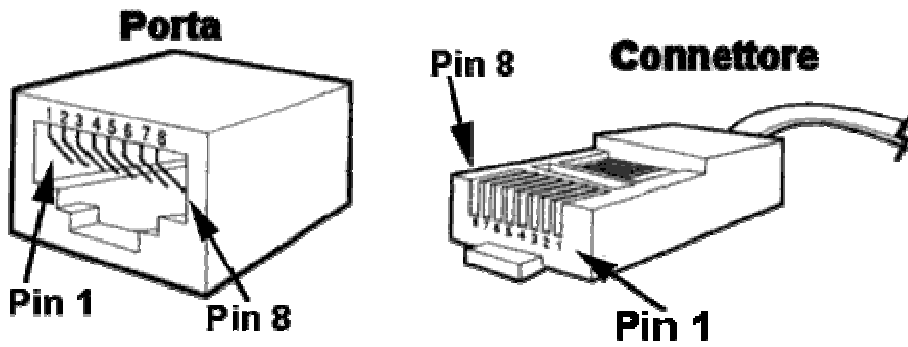


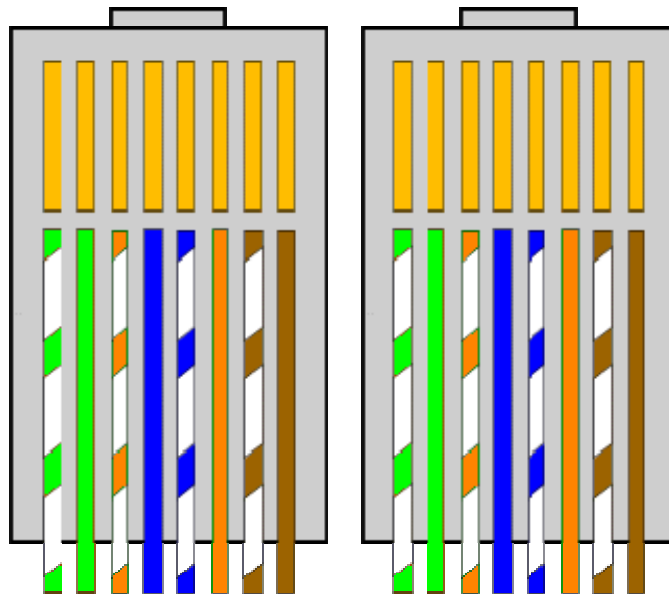
Figura 17.2: spine e prese RJ45

### Schema del cavo di rete UTP RJ45 CAT5 diretto secondo lo standard EIA/TIA T568A

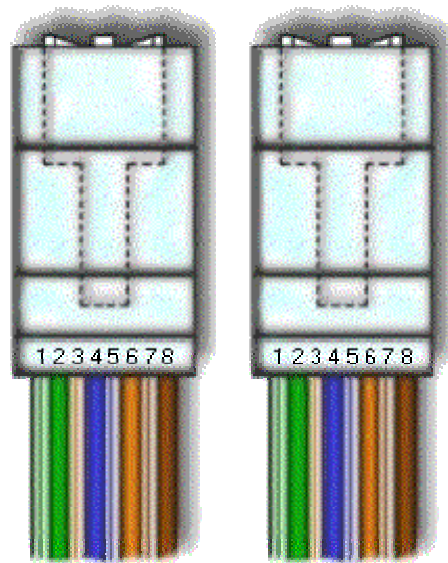
Lo schema in figura 26 rappresenta come devono essere configurati entrambi i connettori che in questo caso sono identici.



**Figura 17.3:** codici dei colori delle due spine nel cavo RJ45 CAT5 tipo Diretto.



**Figura 17.4:** schema delle due spine nel cavo RJ45 CAT5 tipo Diretto



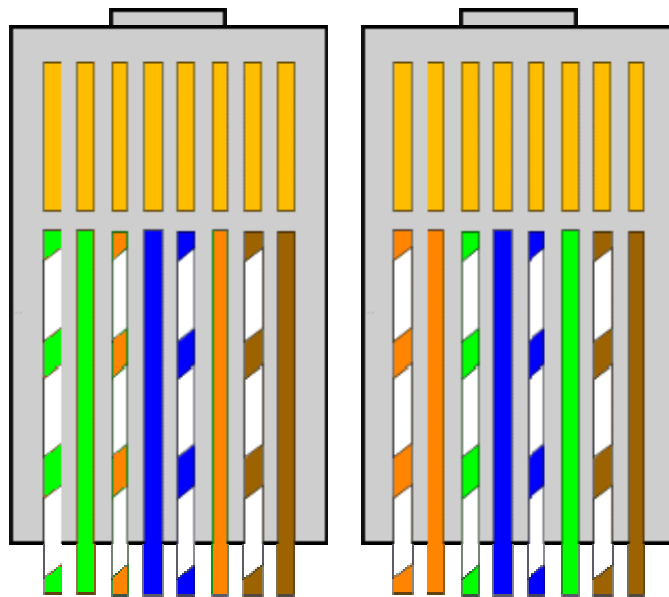
**Figura 17.5:** schema delle due estremità del cavo RJ45 CAT5 tipo Diretto

## Schema del cavo di rete UTP RJ45 CAT5 incrociato secondo lo standard EIA/TIA T568B

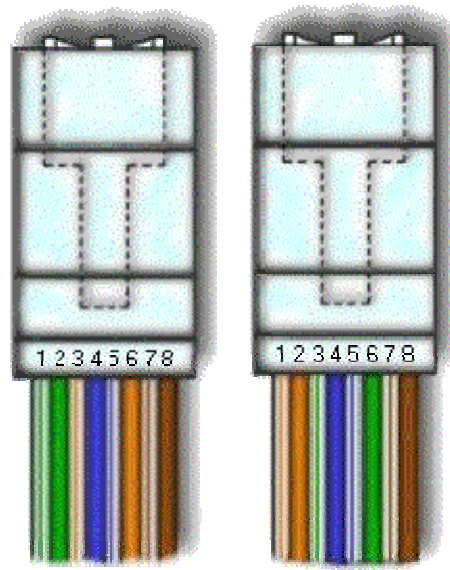
Lo schema rappresenta come devono essere configurati i connettori. In questo caso la disposizione è differente.



**Figura 17.6:** codici dei colori delle due spine nel cavo RJ45 CAT5 tipo Incrociato (Crossover)



**Figura 17.7:** schema delle due spine nel cavo RJ45 CAT5 tipo Incrociato (Crossover)



**Figura 17.8:** schema delle due estremità del cavo RJ45 CAT5 tipo Incrociato (Crossover)

## Configurazione della scheda di rete di un PC con Windows XP

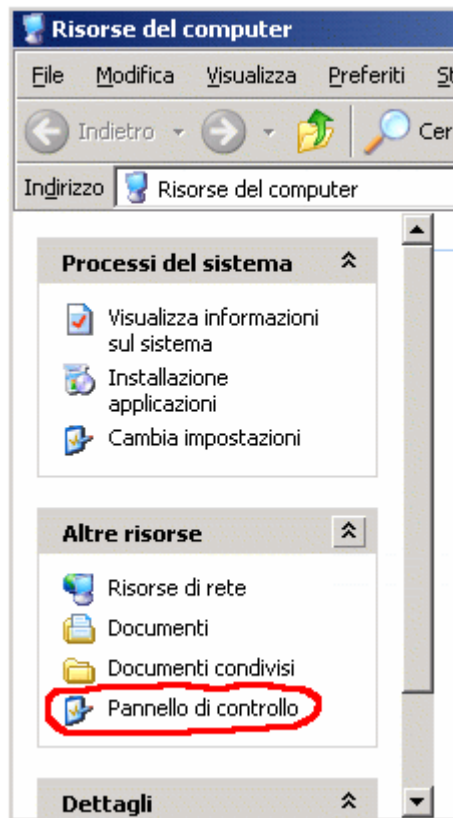
Se si dispone di un computer con Sistema Operativo Windows XP, la configurazione del computer per una connessione stabile ad una rete locale può essere così effettuata:

- Sul Desktop di Windows, effettuare un doppio click sull'icona **Risorse del computer**



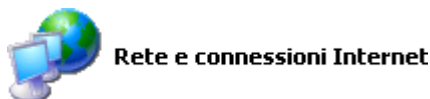
Si apre la relativa finestra

- Nella finestra **Risorse del computer** effettuare un doppio click sull'icona **Pannello di controllo**



Si apre la relativa finestra

- Nella finestra **Pannello di controllo** effettuare un doppio click sull'icona **Rete e connessioni Internet**



Si apre la relativa finestra

- Nella finestra **Rete e connessioni Internet** effettuare un doppio click sull'icona **Connessioni di rete**



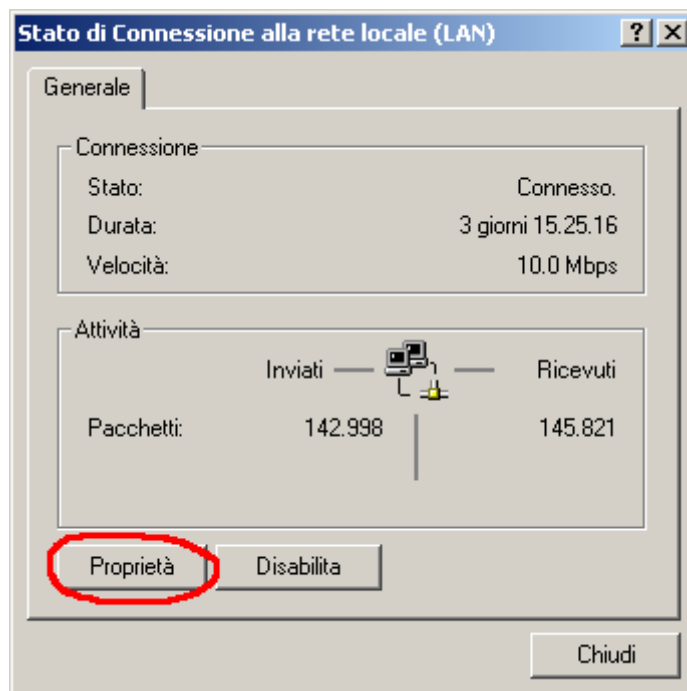
Si apre la relativa finestra

- Nella finestra **Connessioni di rete** effettuare un doppio click sull'icona **Connessione alla rete locale (LAN)**



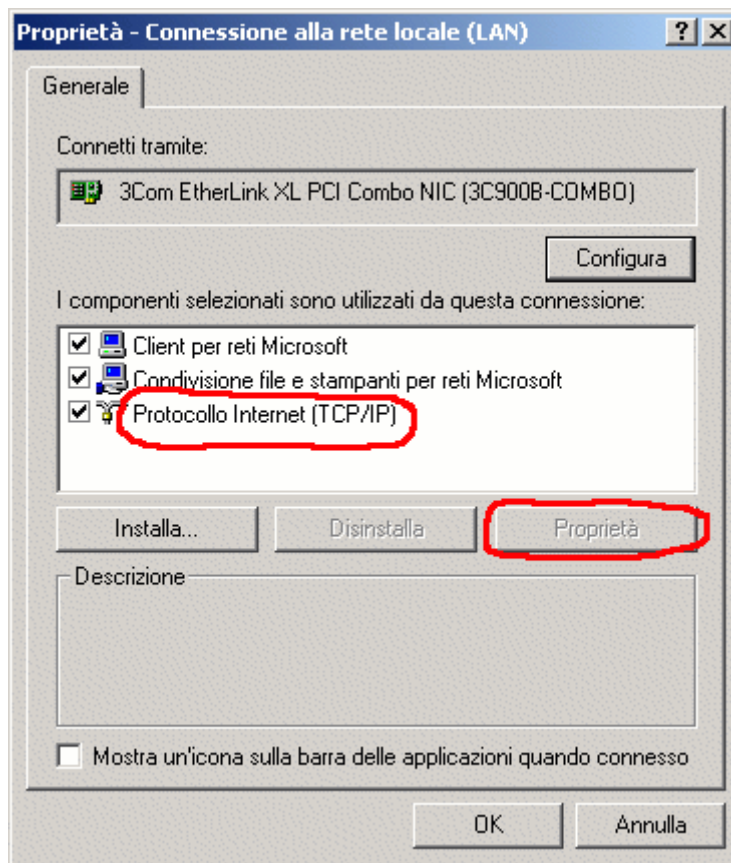
Si apre la relativa finestra

- Nella finestra **Stato di connessione alla rete locale (LAN)** premere il pulsante **Proprietà**



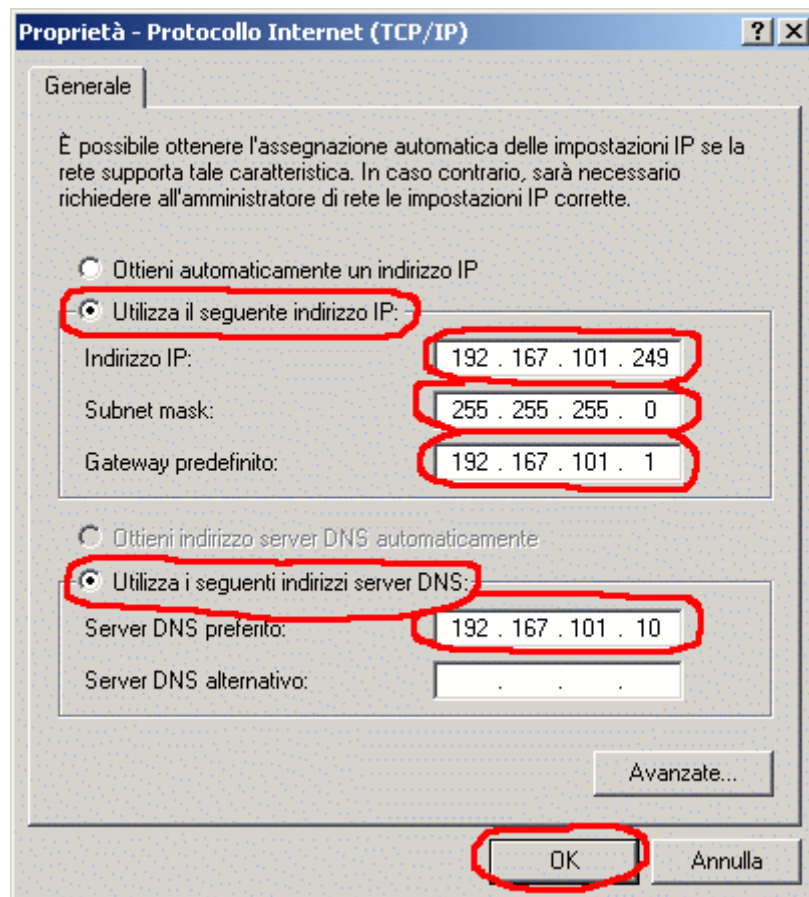
Si apre la relativa finestra

- Nella finestra **Proprietà - Connessione alla rete locale (LAN)** selezionare con un click la riga con la scritta **Protocollo Internet (TCP/IP)** e poi premere il pulsante **Proprietà**



Si apre la relativa finestra

- Nella finestra **Proprietà - Protocollo Internet (TCP/IP)** selezionare con un click l'opzione **Utilizza il seguente indirizzo IP**. Inserire nell'apposito campo l'**indirizzo IP** (nell'esempio **192.167.101.249**). Inserire nel campo **Subnet Mask** il valore **255.255.255.0**. Inserire nel campo **Gateway predefinito** il **gateway** (nell'esempio **192.167.101.1**). Selezionare con un click l'opzione **Utilizza i seguenti indirizzi server DNS**. Inserire nel campo **Server DNS predefinito** il **server dns** (nell'esempio **192.167.101.10**). Premere il pulsante **Ok**.



Si chiude la finestra.

- Nella finestra **Proprietà - Connessione alla rete locale (LAN)** premere il pulsante **Ok**. Si chiude la finestra.
- Nella finestra **Stato di connessione alla rete locale (LAN)** premere il pulsante **Chiudi**. Si chiude la finestra.

## **Bibliografia**

[Ardizzone 2002] E. Ardizzone *Elaborazione di Immagini digitali*. Dispense corso Università di Palermo [http://www.pa.icar.cnr.it/infantino/slides\\_eid/EID\\_Parte\\_9.pdf](http://www.pa.icar.cnr.it/infantino/slides_eid/EID_Parte_9.pdf)

[Bongiovanni 2001] G. Bongiovanni *Appunti del corso di Sistemi di Elaborazione: Reti I* Università La Sapienza di Roma <http://www.dsi.uniroma1.it/Reti1/toc.html>

[Destri 2007] G. Destri. *Introduzione ai sistemi informativi aziendali*. Monte Università Parma Editore, 2007.

[IUAV 2009] Università IUAV di Venezia *Rappresentazione digitale delle Informazioni* [http://circe.iuav.it/labfot/LabInte/materiali\\_lab/informatica/rappresentazione%20digitale.pdf](http://circe.iuav.it/labfot/LabInte/materiali_lab/informatica/rappresentazione%20digitale.pdf)

[MC 2002] F. Manicone, V. Castro. *SISTEMI*. Edizioni Tramontana, 2002.

[P2P 2006] Documento sui protocolli Peer-to-Peer, su Web <http://en.wikipedia.org/wiki/Peer-to-peer>

[Skype 2006] Sito della società Skype, su Web <http://www.skype.com>

[VoIP INFO 2006] Sito di documentazione sul protocollo VoIP, su Web <http://www.voip-info.org>

[WikiSerieFourier 2010] Wikipedia *Serie di Fourier* [http://it.wikipedia.org/wiki/Serie\\_di\\_Fourier](http://it.wikipedia.org/wiki/Serie_di_Fourier)