

Livello uno (Livello fisico)

2.1 Generalità:

Mezzi trasmissivi generalità:

- 1) Elettrici -> sfruttano l'elettricità
- 2) Wireless -> onde elettromagnetiche
- 3) Ottici -> luce (tipo led e fibre ottiche)

Trasmissione segnali:

Poiché i mezzi trasmissivi utilizzati sono di tipo fisico, la trasmissione del segnale al loro interno avviene in modo analogico c'è quindi bisogno di una conversione a segnale digitale.

Il segnale analogico è caratterizzato da cambiamenti d'onda molto lenti con pressoché infinite possibilità di valori assunti.

Il segnale digitale al contrario può variare solamente in modo brusco passando istantaneamente da un valore ad un altro.

Analisi di Fourier:

$$\frac{1}{2}c \sum_1^{\infty} a_n \sin(2\pi nft) + \sum_1^{\infty} b_n \cos(2\pi nft)$$

Dove $f=1/T$ e a_n e b_n sono le ampiezze dell' n -esima armonica.

Fourier afferma che è possibile rappresentare una funzione sinusoidale definita in un intervallo T con la somma di un numero infinito di altre funzioni sinusoidali.

Tutti i segnali sono quindi contraddistinti da un intervallo di frequenze questo intervallo si chiama banda di frequenza.

Anche i mezzi fisici sono caratterizzati da una banda di frequenze che si chiama banda passante.

Le alterazioni principali dei mezzi fisici sono :

- 1) l'attenuazione del segnale in proporzione alla distanza percorsa e alla frequenza del segnale.
- 2) il ritardo di propagazione

In conclusione abbiamo che per ricevere un segnale così come è stato trasmesso dobbiamo avere una banda passante uguale o più ampia della banda di frequenze del segnale stesso. Se comunque un numero sufficiente di armoniche arriva a destinazione il segnale di partenza può essere ricostruito.

Teorema di Nyquist:

Un segnale armonico di banda h può essere completamente ricostruito con una campionatura di $2h$ volte/sec se il canale è privo di disturbi.

Quindi il numero max di bit trasmissibili è di $2h * (\ln(\text{valori possibili del segnale}))$ al secondo, il max data rate di un canale con banda passante da 0 a h Hz che trasporta V livelli discreti è $2h(\log_2(V))$

Teorema di Shannon:

Il max data rate di un canale rumoroso con banda passante h Hz e rapporto segnale/rumore pari a S/N è: $h(\log_2(1 + \frac{S}{N}))$

Shannon porta in generale a queste considerazioni:

- 1) Più è alto il numero di bit/sec che si vuole trasmettere, più banda sarà necessaria.

- 2) A parità di mezzo più è corto più bit/sec si possono trasmettere
- 3) La trasmissione digitale genera frequenze più alte di quella analogica ed è quindi più critica, però è anche più facile da rigenerare assumendo sempre e soltanto due valori.

2.2 Mezzi trasmissivi:

- 1) Doppino intrecciato: consiste di una coppia di conduttori di rame intrecciati in forma elicoidale, consente una trasmissione fino a diversi Mb/sec su distanze di qualche Km. Ci sono due tipi di doppino Cat 3 : due fili isolati leggermente attorcigliati, quattro coppie in una guaina di plastica, e Cat 5 , avvolti molto più stretti e con isolamento in teflon adatti su lunghe distanze e usati nelle LAN.
- 2) Cavo coassiale: composto da conduttore in rame inserito in uno strato isolante all'esterno del quale c'è una calza metallica. Ci sono 2 tipi di cavi coassiali il baseband e il broadband, il primo utilizza l'intera banda per una singola trasmissione e può raggiungere velocità di 1-2 Gbps su distanze non superiori al Km, il secondo attraverso delle tecniche di moltiplicazione convoglia più trasmissioni insieme, usato per il cavo tv può estendersi fino a 100 Km.
- 3) Fibre ottiche: una guaina esterna avvolge dei sottili cilindri composti da un centro di vetro (core) circondato da uno strato esterno (cladding) sempre di vetro ma con un diverso indice di rifrazione. Le fibre sono di due tipi monomodali (i raggi si riflettono in un solo modo, il core è sottilissimo) o multimodali (ogni raggio segue una traiettoria diversa dagli altri). Teoricamente le velocità trasmissive raggiungibili sono dell'ordine dei Tbps ma l'incapacità di convertire i segnali più velocemente ci limita ai Gbps. Un sistema di trasmissione in fibra è composto da 3 elementi: una sorgente luminosa, un mezzo trasmissivo e un fotodiodo ricevitore. I vantaggi principali sono l'insensibilità ai disturbi elettromagnetici la leggerezza a parità di banda e la difficoltà d'inserimento per gli intrusi.
- 4) Wireless: Comunicazione che avviene attraverso le onde elettromagnetiche, gli spettri di frequenza utilizzabili sono onde radio, microonde, IR, luce visibile, UV. Soggetta a interferenze elettromagnetiche, la trasmissione è interamente broadcast, le frequenze più elevate vengono fermate dagli ostacoli, mentre quelle più basse li attraversano e rimbalzano sulla ionosfera. La velocità trasmissiva è funzione dell'ampiezza di banda, le informazioni vengono trasmesse modulando l'ampiezza, la frequenza e/o la fase dell'onda.

2.3 Sistema telefonico:

Inizialmente il sistema telefonico era composto da coppie di telefoni acquistate dai privati che avevano il compito di stendere il cavo per collegarli, ben presto questa pratica portò al caos generale, nacquero quindi le prime centrali di commutazione dove degli operatori realizzavano i collegamenti per poter mettere in comunicazione due utenti, anche questa situazione divenne presto insostenibile a causa dell'elevato numero di connessioni tra una centrale di commutazione e un'altra quindi vennero realizzate delle centrali di livello più alto che si occupavano di questo tipo di comunicazione (infine si ebbero 5 livelli).

Attualmente le centrali sono ancora multi livello ma interamente digitali.

Il local loop è il tratto di collegamento tra l'utente e la centrale di commutazione più vicina a lui, attualmente la banda disponibile sul local loop è di 3kHz. La comunicazione avviene in questo modo il segnale digitale viene trasformato in analogico da un modem, che trasmette il segnale codificato sul cavo e quando raggiunge la centrale di commutazione viene ritrasformato in digitale poi di nuovo in analogico fino all'ultima trasformazione in digitale sul computer del destinatario.

Per il teorema di Nyquist essendoci una banda trasmissiva di 3kHz e due valori possibili da

trasmettere, la velocità massima ottenibile su quel canale è di 6Kbps, per raggiungere quindi velocità superiori di trasmissione occorre modulare il segnale in modo che non trasmetta solamente due valori ma ne possa trasmettere di più; per questo motivo le principali tecniche di modulazione sono:

- 1) modulazione d'ampiezza
- 2) modulazione di frequenza
- 3) modulazione di fase

In particolare modulando opportunamente ampiezza e fase si possono ottenere 16 valori diversi ottenendo su un canale di 2400 baud fino a 9600 bps (V32) e 64 valori per 28800bps (V34), per ottenere queste rappresentazioni si utilizzano dei diagrammi particolari chiamati constellation pattern, nei quali i valori vengono rappresentati come punti su un piano cartesiano dove la distanza dall'origine del punto corrisponde all'ampiezza mentre l'angolo alla fase.

Per poter ottenere velocità ancora più elevate si ricorre a dei sistemi di compressione dati in modo tale da poter inviare più dati a parità di velocità.

Le tecniche utilizzate per poter ottenere una comunicazione full duplex sono : - l'eliminazione dell'eco cioè ogni modem sfrutta l'intera banda eliminando in ricezione gli effetti della sua stessa trasmissione,

- suddivisione della banda, in due sotto bande, dimezzando così la velocità trasmissiva.

ADSL:

Utilizza l'intera banda messa a disposizione dal local loop, che viene suddivisa in due parti da 0 a 4 kHz per la trasmissione voce, oltre per quella dati, la parte riservata alla trasmissione dati, viene suddivisa in blocchi da 4 kHz che vengono utilizzati contemporaneamente in modo tale da poter aumentare notevolmente le prestazioni, ognuna di queste sotto bande utilizza una QAM (Quadrature Amplitude Modulation) simile a quella dei modem, questa tecnica è conosciuta con il nome di DMT (discrete multitone).

Multiplexing:

Come abbiamo visto le linee che collegano una centrale di commutazione ed un'altra (trunk) convogliano molte comunicazioni contemporaneamente, c'è quindi bisogno di un sistema di moltiplicazione, le due principali tecniche sono:

- 1) FDM frequency division multiplexing
- 2) TDM time division multiplexing

Il primo suddivide la banda in bande più piccole in funzione della frequenza, ciascuna comunicazione ha riservata una di queste frequenze e per tutto il tempo della comunicazione tale frequenza rimane riservata a lei. Uno standard è stato definito per FDM ed è il CCITT nel quale si prevede il multiplexing di 12 canali da 4kHz nella banda 60-108kHz (costituisce il group, tipicamente le compagnie telefoniche prevedono contratti di connessione basati sui group), 5 group costituiscono un supergroup, e 5 supergroup sono un mastergroup. Una variante del fdm per le fibre ottiche è il WDM nel quale viene variata la lunghezza d'onda del raggio luminoso.

Il TDM invece prevede la suddivisione del canale in slot di tempo, ogni comunicazione avviene al massimo datarate consentito dal canale ma per un tempo fissato. Attualmente le campionature della voce umana vengono fatte ogni 125 microsec che secondo il teorema di Nyquist è sufficiente per un segnale di 4kHz, la tecnica di campionatura in questione viene chiamata PCM (Pulse Code Modulation) e costituisce il cuore di tutti i sistemi telefonici attualmente in uso.

Il TDM non prevede degli standard, difatti tra USA/Giappone ed Europa ci sono delle differenze, in generale le categorie di TDM presenti sono:

<i>Carrier</i>	<i>Caratteristiche</i>	<i>Velocità</i>
T1	24 canali	
T2	4 canali T1	6 Mbps
T3	6 canali T2	44 Mbps
T4	7 canali T3	272 Mbps
E2	4 canali E1	8 Mbps
E3	4 canali E2	34 Mbps
E4	4 canali E3	139 Mbps
E5	4 canali E4	565 Mbps

Sonet/SH:

Nato nel '80 per garantire la comunicazione fra i TDM T1 e E1 fu introdotto dal CCITT e chiamato SDH (in america SONET) è un sistema sincrono basato su TDM il multiplexing viene effettuato bit a bit ciclicamente. Un sistema sonet è costituito da un insieme di elementi connessi con fibra ottica e questi elementi sono:

- unità di commutazione
- multiplexer
- ripetitori

L'unità base è costituita da 810 byte emessi ogni 125 microsec, questa unità costituisce la base di SONET ed è chiamata STS1.