

# Multiplexing

L'utilizzo di mezzi trasmissivi quali cavi coassiali e fibre ottiche (che offrono una banda passante molto ampia ed un bassissimo tasso d'errore) permette di convogliare contemporaneamente molte conversazioni indipendenti (e/o molte trasmissioni di dati).

C'è quindi la necessità di mettere in piedi un meccanismo di **multiplazione (multiplexing)**. Ci sono due schemi principali:

- **Frequency Division Multiplexing (FDM)**;
- **Time Division Multiplexing (TDM)**.

## Frequency division multiplexing

Lo spettro di frequenza disponibile è suddiviso in varie bande più piccole, e ogni utente ha l'esclusivo uso di una di esse.

Ad esempio, più canali telefonici (ciascuno avente la banda di 3 kHz) vengono multiplati allocando a ciascuno di essi una banda di 4 kHz, per avere un margine di 500 Hz di sicurezza su ciascun lato della banda. Ogni canale telefonico viene innalzato in frequenza fino ad occupare la banda assegnatagli.

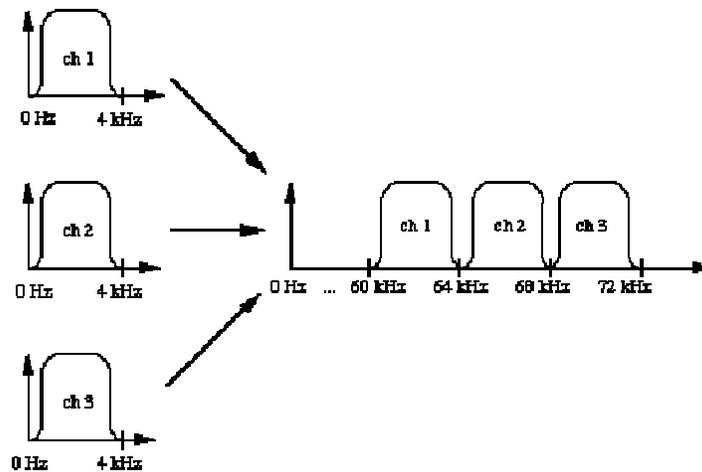


Figura: FDM

Uno standard CCITT prevede il multiplexing di 12 canali da 4 kHz nella banda 60-108 kHz. Ciò costituisce un **group**. Molte società telefoniche offrono un servizio di trasmissione dati, a velocità tra i 48 e i 56 Kbps, basato su un gruppo. Cinque group (60 canali) formano un **supergroup**, cinque supergroup (300 canali) formano un **mastergroup**. Sono definiti gli standard fino a 230.000 canali.

Una variante di FDM per le fibre ottiche è il **Wavelength Division Multiplexing (WDM)**. Si lavora in base alle lunghezze d'onda, inversamente proporzionali alle frequenze. Concettualmente è analogo a FDM. Dal punto di vista realizzativo si varia la lunghezza d'onda del raggio luminoso. Ciò si fa con dei sintonizzatori ottici, basati sugli **interferometri Farby-Perot o Mach-Zehnder**.

## Time division multiplexing

FDM è adatto alla gestione di segnali analogici e richiede circuiteria analogica. Di conseguenza è poco adatto alla gestione di dati digitali quali quelli prodotti dai computer.

TDM invece è ideale per la gestione di dati in forma digitale. L'idea è semplice: i bit provenienti da diverse connessioni vengono prelevati a turno da ciascuna di esse ed inviati su un'unica connessione ad alta velocità :

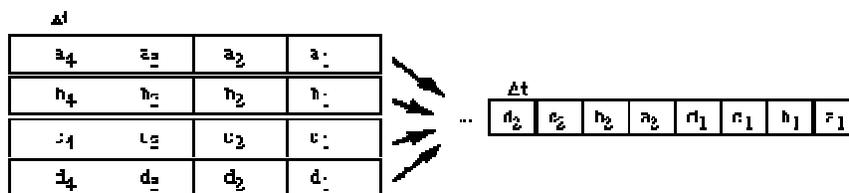


Figura: TDM

Se il segnale in ingresso è di tipo analogico, esso deve essere trasformato in digitale prima di essere combinato in TDM con gli altri. Questa operazione viene fatta in centrale da un codec (coder-decoder). Esso effettua 8.000 campionamenti al secondo del segnale analogico (1 campione ogni 125 microsecondi: ciò è sufficiente, secondo il teorema di Nyquist, per un segnale caratterizzato da una banda di 4 kHz) e produce altrettanti valori a 7 bit (in USA) o 8 bit (in Europa).

Questa tecnica si chiama **PCM (Pulse Code Modulation)**, e forma il cuore di tutti i sistemi telefonici moderni. La conseguenza è che il ritmo di funzionamento di tutti i sistemi telefonici è basato su un intervallo di tempo fondamentale di 125 microsecondi.

Si noti che il segnale vocale digitalizzato richiede  $8 * 8.000$  bps e cioè 64 Kbps.

### Servizi connection-oriented

I servizi connection-oriented sono modellati secondo il sistema telefonico, dove per parlare con qualcuno si alza il telefono, si chiama, si parla e poi si riattacca. Ovvero:

1. si stabilisce una connessione;
2. si scambiano informazioni;
3. si rilascia la connessione.

Analogamente, un servizio connection-oriented si sviluppa in 3 fasi:

1. si stabilisce una connessione, cioè si crea con opportuni mezzi un "canale di comunicazione" fra la sorgente e la destinazione. La relativa attività tipicamente coinvolge un certo numero di elaboratori nel cammino fra sorgente e destinazione;
2. la connessione, una volta stabilita, agisce come un tubo digitale lungo il quale scorrono tutti i dati trasmessi, che arrivano nello stesso ordine in cui sono partiti;
3. si rilascia la connessione (attività che coinvolge di nuovo tutti gli elaboratori sul cammino).

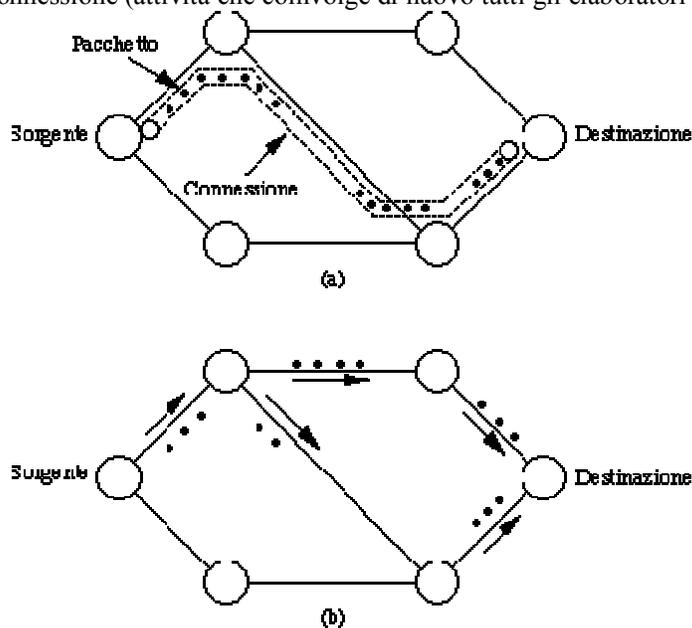


Figura: Servizi connection-oriented (a) e connectionless (b)

### Servizi connectionless

I servizi connectionless sono modellati secondo il sistema postale: ogni lettera viaggia indipendentemente dalle altre; arriva quando arriva, e forse non arriva. Inoltre, due lettere con uguale mittente e destinatario possono viaggiare per strade diverse.

Analogamente, in un servizio connectionless, i pacchetti (PDU) viaggiano indipendentemente gli uni dagli altri, possono prendere strade diverse ed arrivare in ordine diverso da quello di partenza o non arrivare affatto.

La fase è una sola:

1. invio del pacchetto (corrisponde all'immissione della lettera nella buca).