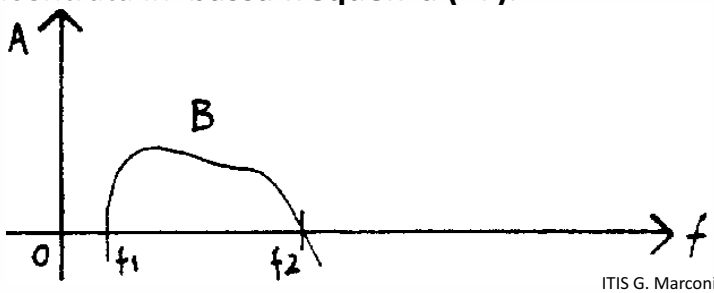
Modulazioni armoniche
sistemi di recupero della portante
cenni sui sistemi ed applicazioni TLC

Antonio Saitto
antonio.saitto@nitel.it
Anno accademico 2016-2017

Banda base

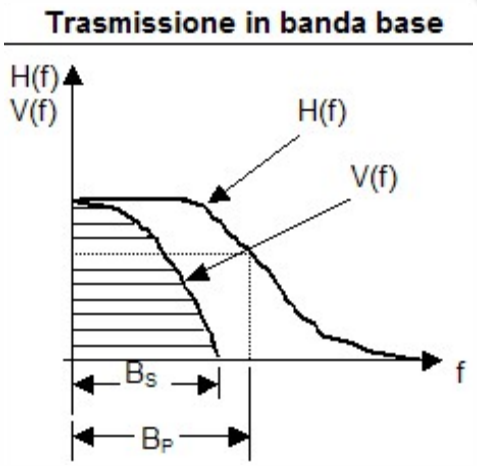
- Un segnale, nella maggior parte dei casi, presenta un maggior contenuto energetico in prossimità delle frequenze più basse, ossia la sua banda B_S (= f_2-f_1) è concentrata in **bassa frequenza (BF)**.



ITIS G. Marconi - Verona

Trasmissione in banda base

- Se la banda passante del canale, B_P, è anch'essa concentrata alle BF (canale di tipo ***passa-basso***, com'è nel caso del cavo a coppie simmetriche in rame), il segnale può essere ***direttamente*** trasmesso in quel canale senza subire alterazioni.
- Si ottiene, così, una **trasmissione in banda base** (dal nome della banda originariamente occupata dal segnale).



ITIS G. Marconi - Verona

Trasmissione in banda traslata

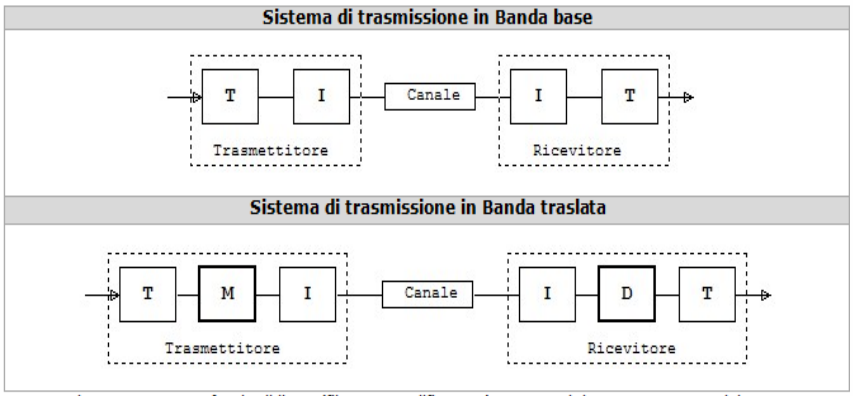
- Nel caso in cui, invece, il mezzo trasmissivo presenti caratteristiche diverse da quelle del segnale da trasmettere, p.e. sia di tipo **passa-banda** (come nella maggioranza dei casi), la banda B_S deve essere ***traslata*** di una certa quantità: si ottiene così una **trasmissione in banda traslata.**

Modulazione

- L'operazione mediante la quale si effettua la **traslazione**, cioè si adattano le caratteristiche del segnale a quelle del mezzo trasmissivo, prende il nome di **modulazione.**
- Per avere una corretta trasmissione la banda del segnale, B_S, deve risultare **completamente contenuta** nella banda passante del canale,B_P.

Sistema trasmissivo

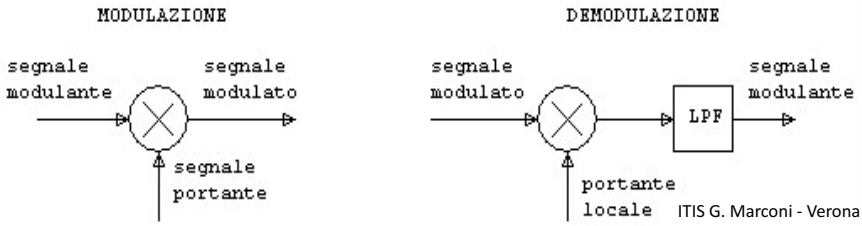
- **SCHEMA DI UN SISTEMA TRASMISSIVO IN BANDA BASE E IN BANDA TRASLATA.**



T = Trasduttore; **I** = Interfaccia di linea (filtro + amplificatore); **M** = Modulatore, **D** = Demodulatore.

MOdulatore-DEModulatore

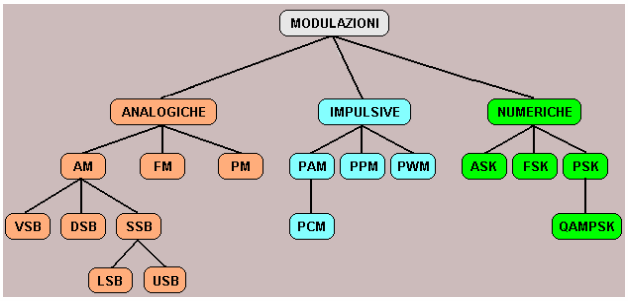
- In linea di principio il processo di modulazione consiste in una **moltiplicazione** tra il segnale modulante e il segnale portante. Tale operazione e' ottenuta mediante dispositivi chiamati **modulatori.**
- In ricezione, l'estrazione dell'informazione (segnale modulante) dal segnale modulato avviene tramite il processo della **demodulazione**, per mezzo di un dispositivo chiamato **demodulatore.**
- Se la **modulazione** permette di effettuare la traslazione di banda in zone a frequenza più elevata, la **demodulazione,** attraverso un filtro passa-basso (LPF) consente di riportare la banda nella sua posizione originaria.



ITIS G. Marconi - Verona

Tipi di modulazione

- La **classificazione delle modulazioni** può prendere in considerazione:
  - Il tipo di segnale informativo (segnale modulante):
    - Modulante analogica ➔ **Modulazione analogica**.
    - Modulante numerica ➔ **Modulazione numerica.**
  - Il segnale ad alta frequenza che realizza la traslazione di banda (segnale portante):
    - Portante impulsiva ➔ **Modulazione impulsiva.**



Definizioni

AM = *Amplitude Modulation*.
FM = *Frequency Modulation*.
PM = *Phase Modulation*.
PAM = Pulse Amplitude Modulation (Modulazione di ampiezza degli impulsi).
PWM = *Pulse Width Modulation* (Modulazione della Durata degli impulsi).
PCM = Pulse Code Modulation.
PPM = *Pulse Position Modulation* (Modulazione della Posizione degli impulsi).
ASK = *Amplitude Shift Keying* (a spostamento di ampiezza).
FSK = *Frequency Shift Keying* (a spostamento di frequenza).
PSK = *Phase Shift Keying* (a spostamento di fase).

Segnale modulante = è il segnale elettrico in banda base, di banda BWS, che contiene l'informazione da trasmettere.

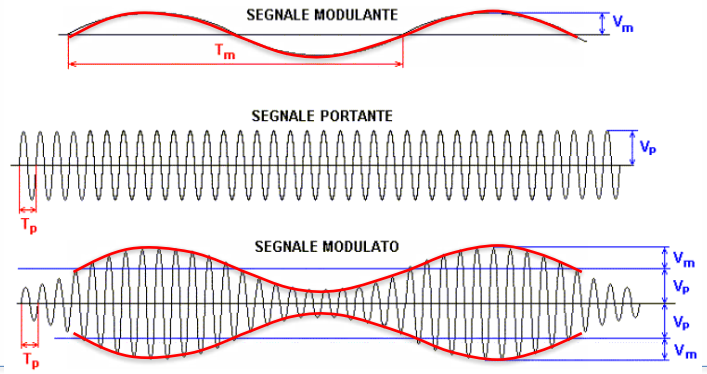
Segnale portante (*carrier*) = è il segnale elettrico, alla frequenza fp, sul quale è "caricato" il segnale modulante.

Segnale modulato = è il segnale risultante dall'operazione di modulazione, che deve essere compatibile con le caratteristiche del mezzo trasmissivo.

ITIS G. Marconi - Verona

Modulazione di ampiezza: esempio

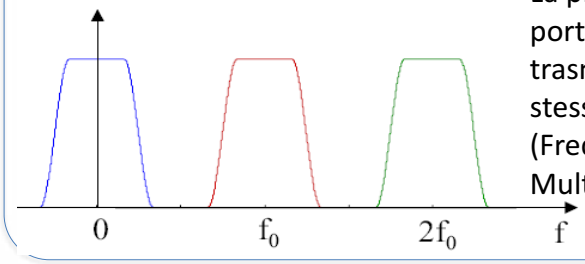
- Nella **trasmissione analogica** esistono due metodi per trasferire sulla portante sinusoidale le caratteristiche del segnale modulante:
  - variare l'***ampiezza*** della portante (➔ ***Modulazione di ampiezza***);
  - variare l'***argomento*** *della portante,* sottoforma di ***frequenza*** o ***fase*** (➔ ***Modulazione angolare***).
- La rappresentazione dei segnali: modulante (sinusoide), portante, modulato è la seguente:



Demodulazione

La demodulazione o rivelazione AM e' l'operazione che riporta lo spettro del segnale modulante nella sua posizione originaria (banda base).

In ricezione, grazie al demodulatore, sarà estratto l'inviluppo pertanto il demodulatore prende il nome di rivelatore a inviluppo.

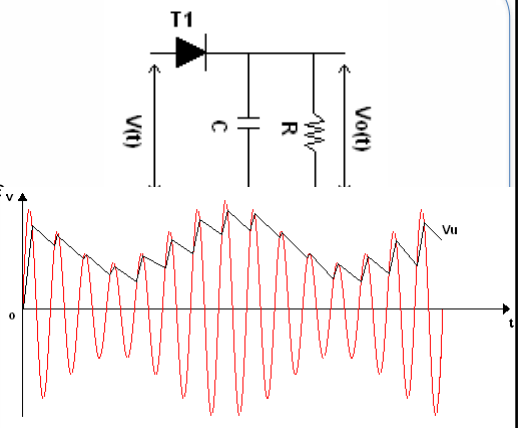


La presenza di varie portanti permette di trasmettere più canali sullo stesso portante fisico FDM (Frequency Division Multiplexing)

Schema di demodulatore ad inviluppo

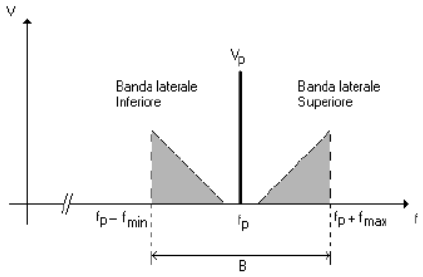
Il demodulatore tipicamente è composto da:

- un **diodo** che ha il compito di eliminare la parte negativa del segnale,
- Un gruppo C-R disposto in modo da ottenere un filtro **passa basso** con il compito più importante di estrapolare l'**inviluppo** dal segnale modulato.

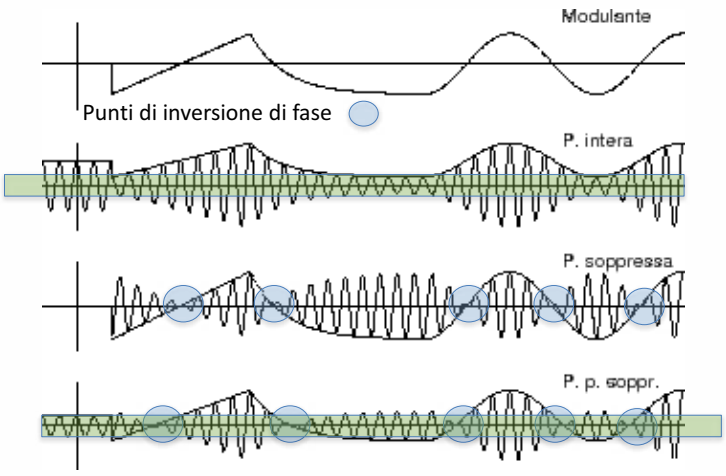


Modulazione con segnale generico (non periodico)

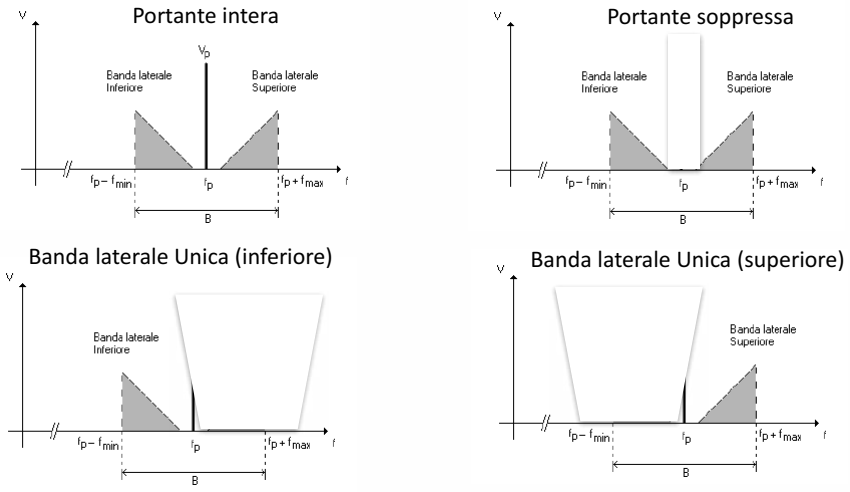
- **Segnale non sinusoidale e aperiodico**. In questo caso lo spettro del segnale modulante, ottenibile con la Trasformata di Fourier, è ***continuo*** (banda di frequenze da f_{min} a f_{max}) e non a righe.
- Il s. modulato sarà costituito dalla portante associata alle due **bande laterali, inferiore** (**BLI**) e **superiore** (**BLS**) collocate simmetricamente rispetto alla portante, con **banda = $2f_{max}$**.



Esempi per varie configurazioni di portante



Spettro con portante soppressa e banda laterale unica



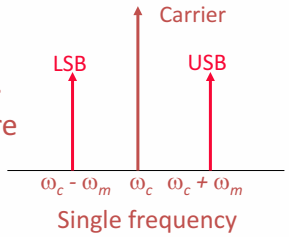
Sintesi prestazioni modulazione d'ampiezza

	Tensione fase	Tensione quadratura	Potenza Media	Banda
Modulazione Ampiezza PI AM	$1 + K_A s(t)$	0	$P_{AM}^{(picco)} = \frac{A_c^2}{2}(1+\max\{m(t)\})^2$ $\eta_{AM} = \frac{P_M}{P_x} = \frac{P_M}{1+P_M} < 1$	$2F_M$
Modulazione Ampiezza PS DSB	$K_A s(t)$	0	$P_{AM}^{(picco)} = \frac{A_c^2}{2}(\max\{m(t)\})^2$	$2F_M$
Banda laterale unica portante soppressa	$\frac{1}{2}K_A s(t)$	$\pm\frac{1}{2}K_A \hat{s}(t)$	$(A_c^2/2)\, E\{m^2(t) + \hat{m}(t)^2\} = A_c^2 P_M$	F_M
Banda laterale unica con vestigiale	$K_A \int_{-\infty}^{\infty} s(t-\tau) h_I(\tau) d\tau$	$K_A \int_{-\infty}^{\infty} s(t-\tau) h_Q(\tau) d\tau$		$\delta + F_M$

Double Side Band Suppressed Carrier

From AM spectrum:

- Carries signal ω_c carries no information ω_m.
- Carries signal consumes a lot of power more than 50%



Single frequency

Question: *Why transmit carrier at all?*
Ans: *reference signal at Rx*

Question: *Can one suppress the carrier?*

Ans.: *Yes, just transmit two side bands (i.e **DSB-SC**)*

But what is the penalty? System complexity at the receiver

DSB-SC - *Theory*

General expression: $c(t) = [k_1 m(t) + C]\cos(\omega_c t + \phi_c)$

Let $k_1 = 1$, $C = 0$ and $\phi_c = 0$, the modulated carrier signal, therefore:

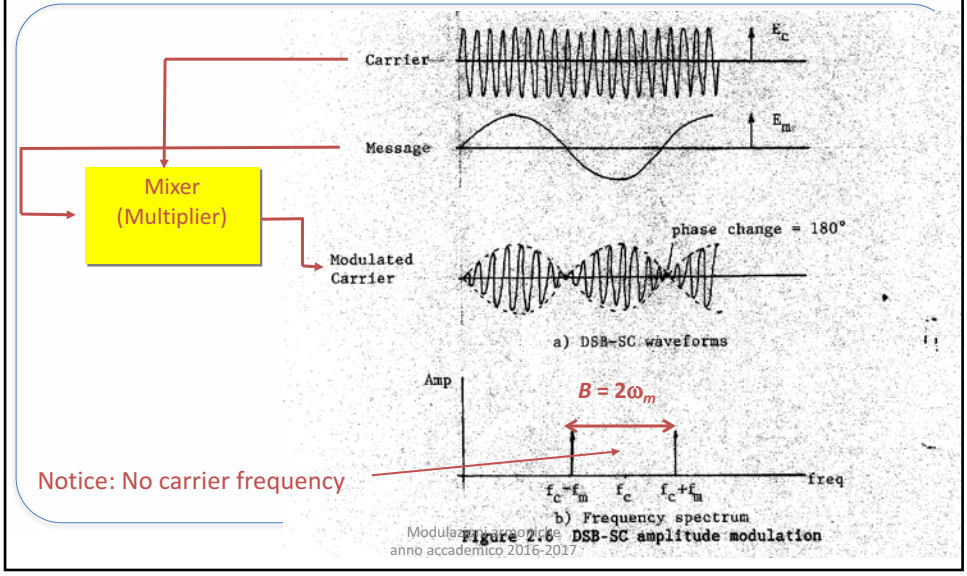
$$c(t) = m(t)\cos\omega_c t$$

Information signal $m(t) = E_m \cos \omega_m t$
Thus

$$c(t) = E_m \cos\omega_m t \cos\omega_c t$$
$$= \frac{ME_c}{2}\cos(\omega_c + \omega_m)t + \frac{ME_c}{2}\cos(\omega_c - \omega_m)t$$

upper side band | lower side band

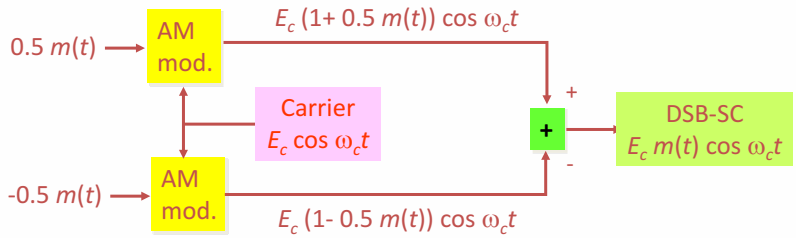
DSB-SC - *Waveforms*



Notice: No carrier frequency

DSB-SC - *Implementation*

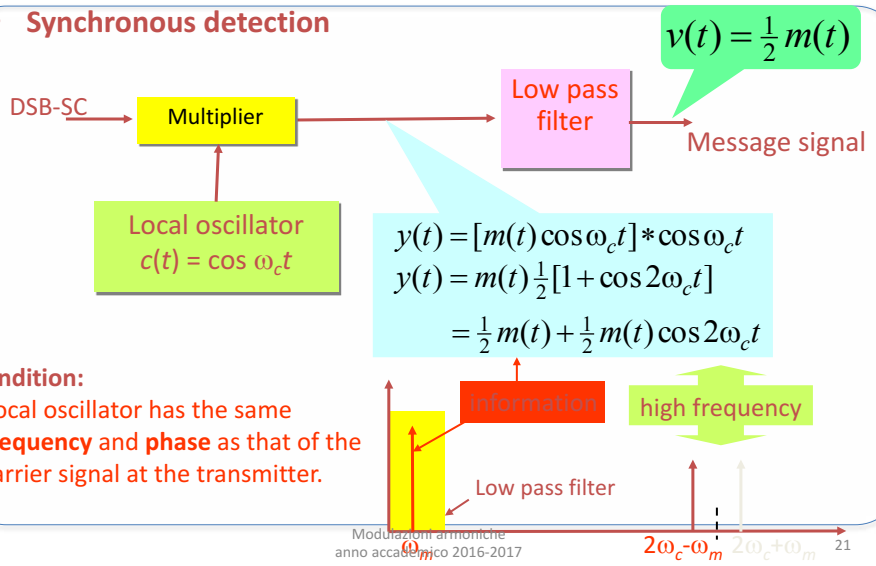
- **Balanced modulator**



- **Ring modulator**
- **Square-law modulator**

DSB-SC - *Detection*

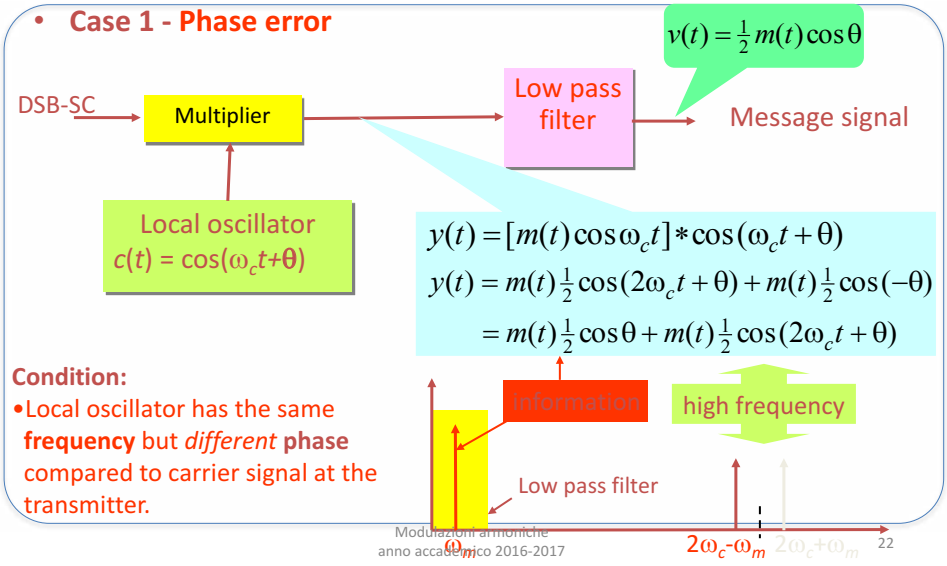
- **Synchronous detection**



Condition:
- Local oscillator has the same **frequency** and **phase** as that of the carrier signal at the transmitter.

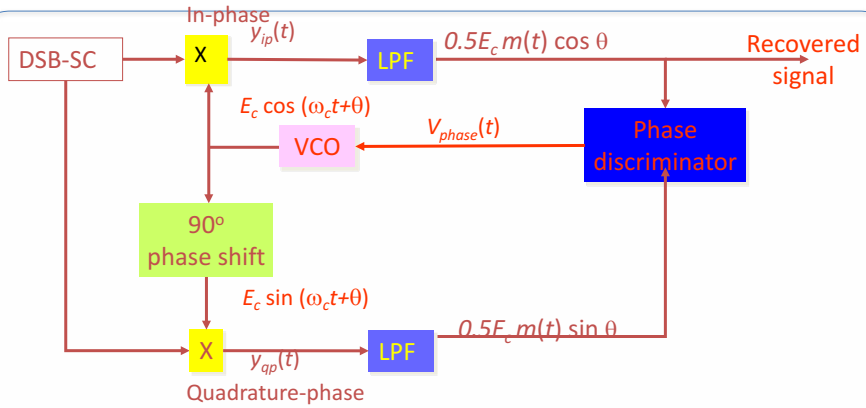
DSB-SC - *Synchronous Detection*

- **Case 1 - Phase error**



Condition:
- Local oscillator has the same **frequency** but *different* **phase** compared to carrier signal at the transmitter.

Phase Synchronisation - *Costas Loop*



- When there is no phase error. The quadrature component is zero
- When $\theta \neq 0$, $y_{ip}(t)$ decreases, while $y_{qp}(t)$ increases
- The out put of the phase discriminator is proportional to θ

DSB-SC - *Summary*

- **Advantages:**
  - Lower power consumption
- **Disadvantage:**
  - Complex detection
- **Applications:**
  - Analogue TV systems: to transmit colour information
  - For transmitting *stereo* information in FM sound broadcast at VHF

Servizi ed Applicazioni di Telecomunicazioni

Lezioni anno accademico 2015-2016

Antonio Saitto

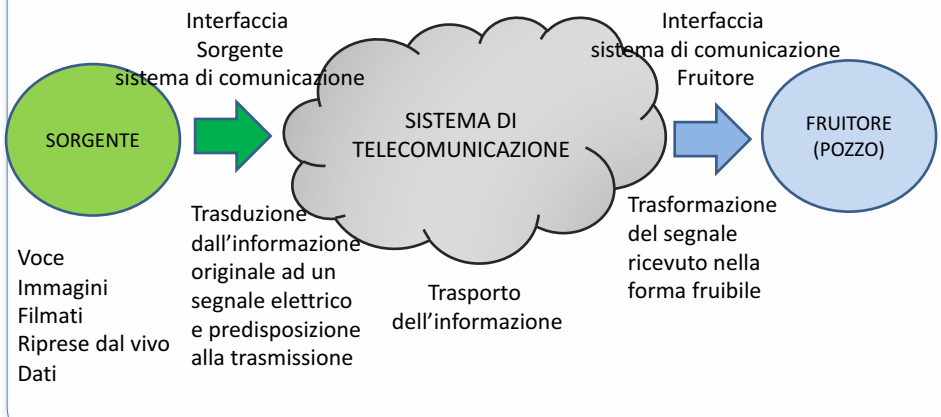
Definizione di servizio di telecomunicazione: Introduzione

- L'attuale sviluppo delle telecomunicazioni rende complessa una presentazione sistematica e strutturata che permetta di astrarre e generalizzare gli elementi fondamentali.
- È importante, però, identificare una architettura di riferimento e dei blocchi costitutivi che permettano di stabilire le caratteristiche, le responsabilità, le prestazioni, i limiti, le possibili evoluzioni dei sistemi di telecomunicazioni
- È importante quindi considerare lo scopo principale di un sistema di telecomunicazioni: permettere lo scambio di informazioni a distanza

Definizione di servizio di telecomunicazione: Elementi del sistema 1/2

- In un sistema di telecomunicazioni si ha quindi:
  - Una sorgente, che genera informazioni (voce, dati, immagini..) che può in generale essere fissa, spostabile, in movimento.
  - Un sistema di interfaccia che permetta l'inserimento dell'informazione sorgente nel sistema di telecomunicazione (un caso classico: la trasformazione della voce in un segnale elettrico, la trasformazione di questo in un segnale digitale)
  - Il sistema di telecomunicazione, che prende in carico l'informazione trasformata e la replica in accordo a dei criteri caratteristici del sistema stesso presso il fruitore dell'informazione stessa. Elementi importanti sono il tempo di ritardo, la fedeltà della replica, la continuità nel tempo della comunicazione, la stabilità delle caratteristiche per comunicazioni diverse con lo stesso sistema
  - Un sistema di interfaccia che permetta la fruizione finale dell'informazione, complementare (non sempre simmetrico) rispetto alla sorgente (ad esempio due telefoni sono simili nella produzione e nella fruizione, mente ciò non è vero nel caso di uno studio televisivo e di un televisore)

Definizione di servizio di telecomunicazione: Elementi del sistema 2/2



Definizione di Servizio di telecomunicazione: cosa significa fornire un servizio

- Fornire un servizio significa trasportare l'informazione da un punto ad un altro per chi genera l'informazione e per chi la riceve (in genere l'utente), con prestazioni e condizioni definite, quali:
  - Condizioni di mobilità
  - Qualità della trasduzione
  - Qualità della trasmissione
  - Qualità della riproduzione
  - Qualità della trasmissione
  - Tempo di trasmissione
  - Tempi di fuori servizio
  - Assistenza e Manutenzione degli elementi del sistema
- Alcuni degli elementi potrebbero non essere parte delle prestazioni definite, per esempio nel caso della voce il telefono potrebbe essere di proprietà dell'utente e non far parte del servizio fornito, analogamente per la trasmissione televisiva il televisore (trasduttore a casa dell'utente) non fa abitualmente parte delle condizioni definite dal fornitore di servizio

Servizio di telecomunicazione: elementi di misura del servizio

- Nell'ambito della fornitura di un servizio non è inclusa l'informazione della sorgente, ma solo la sua trasduzione, il trasporto e la resa al fruitore.
- di conseguenza tutti gli elementi di qualità del servizio, che ne costituiscono la caratterizzazione, possono essere misurati in accordo a criteri oggettivi, definizioni, best practice, standard nazionali ed internazionali.
- Negli anni recenti, la mobilità è diventata una caratteristica del servizio, questo fatto implica una conoscenza dell'ambiente elettromagnetico di tipo sinottico (cioè un' informazione relativa ad un volume) e non di tipo puntuale (delimitato cioè ad una zona ristretta allo specifico collegamento)
- È evidente che la caratterizzazione di un ambiente molto ampio e non direttamente controllabile dal fornitore del servizio, introduce ulteriori problematiche nella caratterizzazione degli elementi di qualità, sia dal punto di vista della progettazione sia dal punto di vista della verifica.

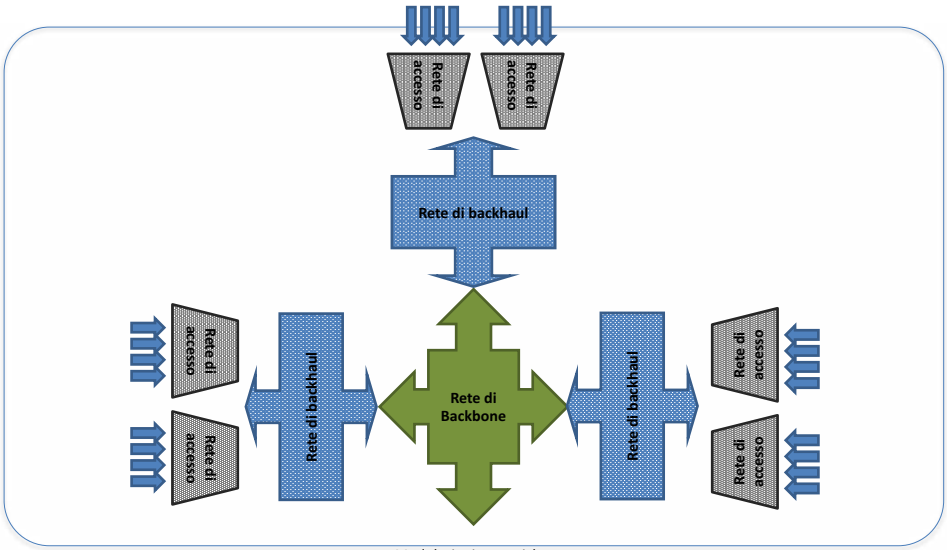
Classificazione dei servizi di telecomunicazione: tassonomie

- I servizi di telecomunicazione si possono classificare in vari modi, in accordo con le caratteristiche più significative per l'utente e per il gestore del servizio.
- Una classificazione viene definita in generale tassonomia (dal greco regola di ordinamento), se organizzata in modo gerarchico (ad albero).
- I servizi di telecomunicazione possono essere quindi organizzati in tassonomie relative:
  - Distanza fra sorgente ed fruitore
  - Quantità di informazione scambiata
  - Livello di mobilità degli utenti
  - Tipologia dell'informazione

Alcuni elementi architetturali di rete importanti per le tipologie di servizi

- Le reti di telecomunicazioni sono in genere strutture complesse, l'architettura generale prevede almeno 3 livelli di infrastruttura:
  - La rete di accesso che permette agli utenti di entrare nel sistema.
  - La rete di backhaul o di raccolta sulla media distanza.
  - La rete di trasporto a lunga distanza, detta backbone che costituisce l'autostrada dele sistema di comunicazioni
- Ogni livello di rete si può porre come servizio nei confronti del precedente ed essere gestito quindi da diversi operatori attraverso accordi, sempre basati su criteri di qualità misurabile del servizio stesso.

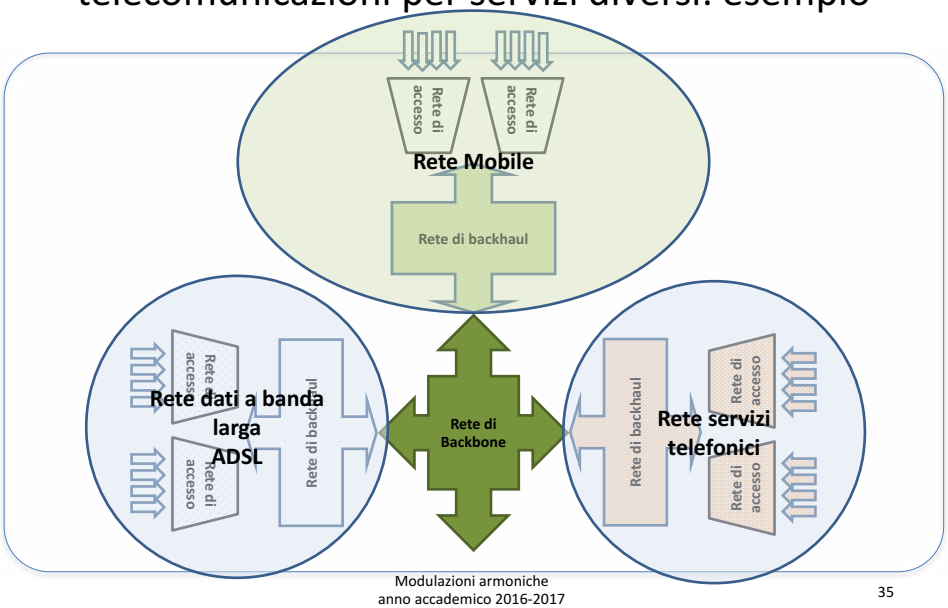
Architettura generale di una rete di telecomunicazioni



Reti e servizi

- La articolazione dell'infrastruttura di telecomunicazioni è molto importante per definire i servizi disponibili all'utente.
- In genere il backbone è costituito da una rete a banda molto larga che costituisce la rete autostradale delle telecomunicazioni.
- Il backhaul è una rete di ingresso all'autostrada e in generale affascia le capacità di molti utenti.
- La rete di accesso è quella che interfacciandosi direttamente con l'utente definisce le caratteristiche del servizio:
  - Mobile, Fisso
  - Banda stretta , banda larga
  - Dati, voce
  - Analogica, digitale
- In generale, quindi, la rete di accesso è quella che determina la denominazione della tipologia di rete e della caratteristica dei servizi

Architettura generale di una rete di telecomunicazioni per servizi diversi: esempio



Definizione di servizio di telecomunicazione

- Servizio di telecomunicazione: insieme di procedure che consente il trasferimento a distanza di informazioni.
- Un servizio prefigura il rapporto tra un cliente, interessato ad inviare e ricevere informazioni, e un fornitore di servizio, responsabile del trasporto delle informazioni.
- Un servizio è regolato da un contratto, in cui viene specificata la natura del servizio e i requisiti di qualità (e.g. il tasso di errore e il ritardo di trasferimento di unità informative nel caso di trasmissione dati) a cui la fornitura deve rispondere.
- Rete di telecomunicazione: complesso di apparati e dispositivi di TLC che consente la fornitura di un servizio.

Organismi di standardizzazione a livello internazionale

- ITU (International Telecommunication Union): ITU-T e ITU-R.
- ETSI (European Telecommunications Standard Institute);
- IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers);
- Altri (TIA, ARIB, NATO, MIL, …)

Diversificazione fra servizi

- Una prima importante diversificazione tra i servizi dipende dal tipo di informazione trasportata: i) voce (voce, audio, …); ii) video (immagini fisse e in movimento); iii) dati (E-mail, file transfer, …).
- A seconda della possibilità di combinare più tipi di informazione, si distingue tra servizi monomediali (in cui viaggia un solo tipo di informazione) e servizi multimediali (in cui viaggiano simultaneamente due o più tipi di informazione)
- Infine, un servizio è caratterizzato dalla modalità con cui vengono impiegate le risorse di comunicazione (rete) necessarie per l'espletamento del servizio stesso: a)configurazione, b)direzione e c)inizializzazione.

Configurazione di Servizio

a) La configurazione di un servizio dipende dal numero di destinatari dell'informazione trasmessa:

- Punto-punto (e.g. conversazione telefonica tra due utenti);
- Multipunto (e.g. audioconferenza a tre);
- Diffusiva o broadcast (e.g. servizio televisivo via etere).

b) In relazione alla direzione della comunicazione si distingue tra:

- Servizi unidirezionali;
- Servizi bidirezionali (simmetrici o asimmetrici).

Inizializzazione del servizio

c) In relazione alla modalità di inizializzazione si distingue tra:

- Inizializzazione su base chiamata (servizi commutati): il servizio si articola nelle fasi di richiesta del servizio, di assegnazione delle necessarie risorse di rete e di rilascio delle risorse assegnate.
- Inizializzazione su base contrattuale o su prenotazione (servizi permutati): il servizio è assegnato su base semi-permanente tra due utenti (e.g. leased lines per collegamento dati).

Tipologie di informazione

In una rete di telecomunicazione, la fornitura di un servizio coinvolge il trasferimento di:

1) informazioni di utente (carico utile);
2) informazioni di controllo (segnalazione associata o a canale comune);
3) informazioni di gestione della rete (Telecommunications Management Network, TMN);

Un servizio commutato si basa sul trasferimento di informazioni di controllo da parte del terminale d'utente, mentre un servizio permutato presuppone implicitamente l'intervento della TMN nella realizzazione e mantenimento di una connessione.

Classificazione principale dei servizi di TLC in base alla Racc. I.211 di ITU-T

- Servizi interattivi (informazioni in entrambi i versi):
  - Servizi di conversazione (e.g. telefonia, videotelefonia) ;

    tempo reale ⇩
  - Servizi di messaggistica (e.g. E-mail);

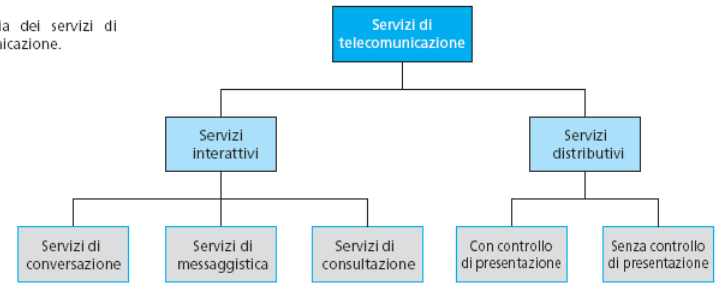
    tempo differito ⇩
  - Servizi di consultazione o *data retrieval* (e.g. video-on-demand, teledidattica e accesso a banche dati), in cui l'utente regola il trasferimento delle informazioni nell'ambito del servizio.

Classificazione principale dei servizi di TLC in base alla Racc. I.211 di ITU-T (ctd.)

- Servizi distributivi (informazioni in un solo verso):
  - Servizi senza controllo di presentazione (e.g. servizio televisivo);
  - Servizi con controllo della presentazione (e.g. televideo)

Classificazione principale dei servizi di TLC in base alla Racc. I.211 di ITU-T (ctd.)

Figura 1.1
Tassonomia dei servizi di telecomunicazione.



Sorgenti di informazione

Sorgenti: le caratteristiche della sorgente di informazione rappresentano un elemento fondamentale per specificare un servizio e, soprattutto per quantificare l'impegno delle necessarie risorse di rete.

Si distingue tra sorgenti analogiche (e.g. voce) e sorgenti numeriche (terminale dati).

In realtà, anche i segnali generati in forma analogica vengono spesso convertiti in forma numerica prima di essere trasmessi. In tale contesto ha senso parlare di attività di una sorgente:

- Stato di attività (ON);
- Stato di inattività (OFF)

⇒ Catena di Markov a due stati

Classificazione dei servizi in base alle caratteristiche (frequenza di picco) delle sorgenti

- Servizi a bassa velocità (P<100 kbit/s), e.g. fonia, dati a bassa velocità;
- Servizi a media velocità (100 kbit/s<P<10Mbit/s), e.g. audio ad alta fedeltà, dati in ambito locale, videoconferenza;
- Servizi ad alta velocità (P>10 Mbit/s), e.g. video (digitale).

Le sorgenti differiscono sostanzialmente anche in termini di burstiness: per esempio, un file transfer è sostanzialmente diverso da una sessione dati interattiva.

Frequenza di picco dei servizi

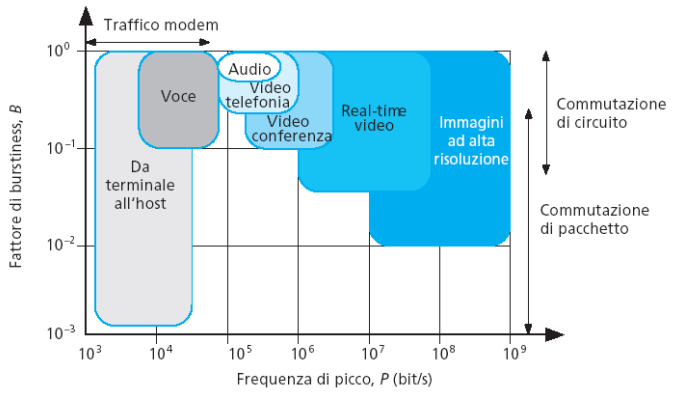


Figura 1.4
Fattore di burstiness dei servizi di telecomunicazione.