



Corso di SISTEMI TELEMATICI

Prof. Salvatore Marano

A.A. 2014-2015



Struttura del corso

Teoria:

- Introduzione
- Segnali e spettri
- Segnali digitali e a impulsi in banda base
- Segnali passa-banda
- Modulazioni analogiche e digitali
- **Esercitazioni alla lavagna**



Libri di testo



- **Fondamenti di Telecomunicazioni**

Leon W. Couch, Apogeo Education

- **Teoria dei Segnali**

M. Luise, G. M. Vitetta

- **Communication System Engineering**

J. G. Proakis, M. Salehi, Prentice Hall



Organizzazione dei docenti

- **Prof. Salvatore Marano**

- Docente del corso

- **Orario di ricevimento:**

- Martedì: 11.00 - 13.00

- Venerdì: 11.00 - 13.00

- **Recapiti:**

- DIMES - cubo 41C VI piano

- Tel.: 0984494702

- E-mail: marano@dimes.unical.it



Regole d'esami

- ❑ **Gli esami di Sistemi Telematici si articoleranno in una prova scritta ed in una prova orale.**



Argomenti della lezione

- **Cenni storici**
- **Definizioni:**
 - Sorgente di informazione
 - Sistema di comunicazione
 - Segnali trasmissivi determinati e aleatori
- **Architettura di un sistema di comunicazione**
- **Progetto di un sistema di comunicazione**
- **Caratteristiche dei canali nella propagazione delle onde elettromagnetiche**
 - **Misura dell'informazione**
 - **Capacità del canale**

Cenni storici



- **1830 - 1899:**
 - 1838: Cook e Wheatstone inventano il telegrafo
 - 1844: Morse collega Baltimora e Washington tramite telegrafo
 - 1858: Primo cavo telegrafico transatlantico
 - 1876: Bell brevetta il telefono
 - 1894: Lodge realizza una comunicazione senza fili di 140 m
- **1900 - 1944:**
 - 1900: Marconi realizza la prima comunicazione radio transatlantica
 - 1905: Fessenden trasmette parlato e musica via radio
 - 1915: La Bell System impianta la prima linea telefonica intercontinentale
 - 1932: Armstrong inventa la modulazione di frequenza
 - 1936: La BBC dà il via in Gran Bretagna alla radiodiffusione televisiva
 - 1937: Reeves sviluppa la modulazione PCM



Cenni storici

■ **1945 - oggi:**

- 1945: Viene costruito il primo calcolatore interamente elettronico
- 1946: Bardeen, Brattain e Shokley inventano il transistor
- 1962: Viene lanciato il primo satellite attivo per telecomunicazioni, Telstar I
- 1971: Intel commercializza il primo microprocessore, il 4004
- 1972: La Motorola realizza i primi esempi di trasmissione cellulare
- 1976: Viene sviluppato il primo personal computer
- 1989: Entra in servizio il sistema per la radiolocalizzazione satellitare GPS
- 1992: Viene introdotto in Europa il sistema di telefonia digitale cellulare GSM
- 1995: La rete Internet e il World Wide Web iniziano a diffondersi esponenzialmente
- 2001: Viene introdotto in Europa il sistema di telefonia digitale di terza generazione UMTS



Sorgenti di informazione e sistemi di comunicazione

■ Definizioni:

■ **Sorgente di informazione digitale:**

- Apparato che emette un insieme finito di possibili messaggi (es.: tastiera di un PC)

■ **Sorgente di informazione analogica:**

- Apparato che produce un insieme di messaggi definiti su un insieme continuo (es.: microfono)

■ **Sistema di comunicazione digitale:**

- Sistema che trasferisce informazione da una sorgente digitale ad un ricevitore digitale

■ **Sistema di comunicazione analogico:**

- Sistema che trasferisce informazione da una sorgente analogica a un ricevitore analogico



Segnali trasmissivi

- **Definizioni:**

- **Segnale:**

- Una qualunque grandezza fisica variabile nel tempo a cui è associata un'informazione

- **Segnale digitale:**

- Funzione del tempo che può assumere solo un insieme discreto di valori

- Se questo insieme è costituito da due soli valori, il **segnale** è **binario**

- **NOTA:** Un **sistema di comunicazione digitale** può utilizzare:

- Segnali digitali (tensioni o correnti)

- Segnali analogici per trasmettere informazioni digitali (es.: può utilizzare una sinusoide a frequenze:

$f=1000$ Hz per il valore logico 1

$f= 500$ Hz per il valore logico 0



Segnali determinati e aleatori

■ **Segnale determinato:**

- Funzione del tempo univocamente specificata per ogni istante di

tempo

- Esempio:

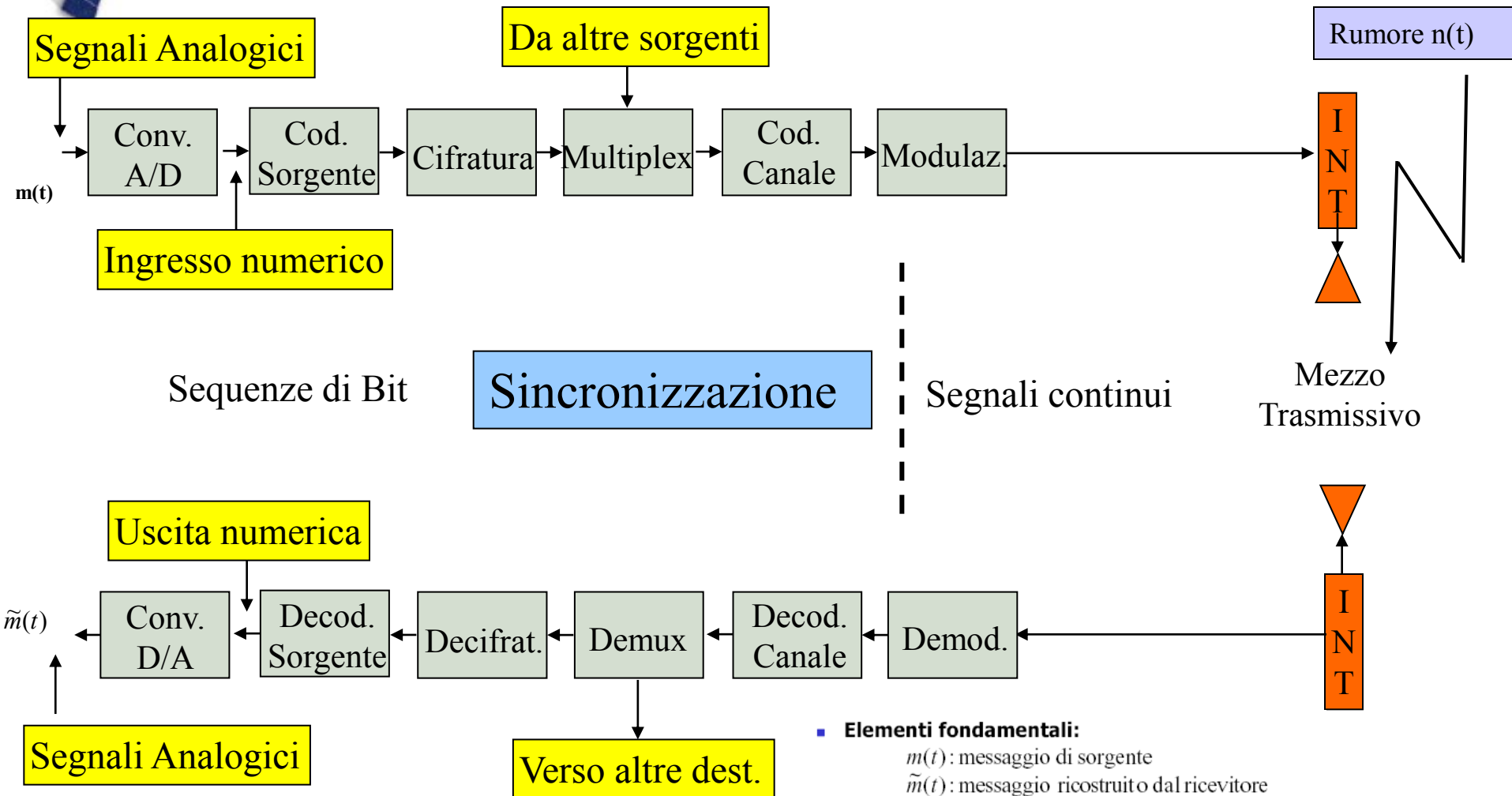
descrive la forma d'onda di un segnale determinato

$$w(t) = A \cos(\omega_0 t + \phi_0) \quad \text{con } A, \omega_0 \text{ e } \phi_0 \text{ noti}$$

■ **Segnale aleatorio:**

- Non può essere completamente specificato con una funzione del tempo, ma deve essere descritto attraverso metodi probabilistici

Architettura di un sistema di comunicazione





Architettura di un sistema di comunicazione

- **Elementi fondamentali:**

- Blocco di **elaborazione del segnale nel trasmettitore:**

- ha lo scopo di condizionare la sorgente per effettuare una trasmissione più efficiente

- Es.: in un sistema analogico può essere un filtro passa-basso che restringe la banda del segnale d'ingresso

- Es.: in un sistema analogico/digitale può essere un convertitore analogico digitale (ADC converter)

- Circuito trasmettitore con portante (**modulatore**):

- converte il segnale in banda base in un segnale in banda passante (a più alta frequenza), cioè con una banda più appropriata per il mezzo trasmissivo

- se il mezzo supporta una trasmissione in banda base, questo elemento non è necessario

- Esempio di **segnale passa-banda:**

$$s(t) = R(t) \cos[\omega_c t + \theta(t)]$$



Architettura di un sistema di comunicazione

- **Elementi fondamentali:**

- **Canale di trasmissione:**

- via cavo (wired) o senza fili (wireless)
- presenza di disturbi di canale
- uso di amplificatori (ripetitori, transponder satellitari, ...) per mantenere il segnale utile al di sopra di quello del rumore
- presenza di propagazione per cammini multipli e presenza di fading (affievolimenti del segnale in uscita al canale)

- **Ricevitore:**

- ricostruisce un segnale in banda base affinché sia il più fedele possibile al segnale d'origine



Progetto di un sistema di comunicazione

■ **Obiettivo:**

■ Realizzare un sistema di comunicazione che minimizzi la degradazione dell'informazione rispettando alcuni **vincoli progettuali**, come ad esempio:

- la potenza trasmessa
- la banda disponibile
- il costo

■ **Misure di bontà del sistema:**

- per i **sistemi digitali**: **probabilità di errore**, chiamata anche tasso d'errore, o bit -error-rate (BER)
- per i **sistemi analogici**: **rapporto segnale-rumore** (Signal-to-noise ratio - SNR) all'uscita del ricevitore: rapporto tra la potenza del segnale e la potenza del rumore **a destinazione**



DeciBel

- Definizione: **guadagno in deciBel di un circuito**

$$dB = 10 \log_{10} \frac{P_{out}}{P_{in}}$$

- **Nota:**

- questa definizione indica il livello di potenza in uscita rispetto a quello in ingresso, senza indicarne i livelli assoluti

- Definizione: **rapporto segnale-rumore in dB**

$$(S/N)_{dB} = 10 \log_{10} \left(\frac{P_{segnale}}{P_{rumore}} \right) = 20 \log_{10} \left(\frac{V_{eff, segnale}}{V_{eff, rumore}} \right)$$

$$P = \frac{V_{eff}^2}{R}$$

- Definizione: **livello di potenza in dBm**

$$dBm = 10 \log_{10} \left(\frac{\text{Potenza media in Watt}}{10^{-3}} \right)$$

Propagazione delle onde elettromagnetiche

TABELLA 1-2 BANDE DI FREQUENZA

Banda ^a	Nomenclatura	Caratteristiche di propagazione	Usi tipici
3-30 kHz	Very low frequency (VLF)	Onda di superficie; bassa attenuazione notturna e diurna; forti disturbi atmosferici	Navigazione; comunicazioni subacquee
30-300 kHz	Low frequency (LF)	Simile alla VLF, leggermente meno affidabile; attenuazione diurna	Navigazione; comunicazioni navali, radiofari
300-3000 kHz	Medium frequency (MF)	Onda di superficie e ionosferica notturna; bassa attenuazione notturna e alta diurna; rumore atmosferico	Comunicazioni navali, radiolocalizzazione e radiodiffusione AM
3-30 MHz	High frequency (HF)	La riflessione ionosferica varia durante la giornata, la stagione e a seconda della frequenza; basso rumore atmosferico a 30 MHz	Radioamatori, radiodiffusione internazionale, comunicazioni militari, navali e aeronautiche a grande distanza, telefono, telegrafo
30-300 MHz	Very high frequency (VHF)	Propagazione quasi in visibilità, con diffusione per inversione di temperatura; rumore cosmico	Televisione, radiodiffusione FM, comunicazioni aeronautiche AM, aiuti alla aeronavigazione
0.3-3 GHz	Ultra high frequency (UHF)	Propagazione in visibilità, rumore cosmico	Televisione, telefonia cellulare, radar, GPS, ponti radio a microonde

Sfrutta la diffrazione, che tende a curvare la traiettoria in modo che l'onda segua la curvatura terrestre

Sfrutta la riflessione dell'onda sulla ionosfera

Sorgente e destinazione devono essere in visibilità

Propagazione delle onde elettromagnetiche

Sorgente e destinazione devono essere in visibilità

Banda ¹	Nomenclatura	Caratteristiche di propagazione	Usi tipici
<i>Nomenclatura con lettera</i>			
1.0-2.0	L		
2.0-4.0	S		
3-30 GHz	Superhigh frequency (SHF)	Propagazione in visibilità, attenuazione da pioggia sopra i 10 GHz, attenuazione atmosferica	Radar, comunicazioni punto-punto e radiodiffusione via satellite, ponti radio
<i>Nomenclatura con lettera</i>			
2.0-4.0	S	dovuta a ossigeno e vapore acqueo,	
4.0-8.0	C	forte attenuazione	
8.0-12.0	X	del vapore acqueo a 22.2 GHz	
12.0-18.0	Ku		
18.0-27.0	K		
27.0-40.0	Ka		
26.5-40.0	R		
30-300 GHz	Extremely high frequency (EHF)	Come sopra; forte attenuazione del vapore acqueo a 183 GHz, assorbimento dell'ossigeno a 60 e 119 GHz	Radar, comunicazioni via satellite sperimentali

¹ kHz = 10³ Hz; MHz = 10⁶ Hz; GHz = 10⁹ Hz.



Propagazione delle onde elettromagnetiche

Sorgente e
destinazione
devono essere in
visibilità

Banda ^a	Nomenclature	Caratteristiche di propagazione	Usi tipici
<i>Nomenclatura con lettera</i>			
27.0-40.0	Ka		
26.5-40.0	R		
33.0-50.0	Q		
40.0-75.0	V		
75.0-110.0	W		
110-300	mm (onde millimetriche)		
10 ³ -10 ⁷ GHz	Infrarosso, luce visibile, ultravioletto	Propagazione in visibilità	Comunicazioni ottiche su fibra

^a kHz = 10³ Hz; MHz = 10⁶ Hz; GHz = 10⁹ Hz.



Misura dell'informazione

- **Cosa è l'informazione?**

- Qualitativamente può essere legata al grado di sorpresa associato alla ricezione del messaggio

- **Definizione**

- L'informazione prodotta da una sorgente digitale quando viene emesso il j -esimo messaggio è:

$$I_j = \log_2 \left(\frac{1}{P_j} \right)$$

- dove P_j è la probabilità di emettere il j -esimo messaggio

- **NOTA**

- i messaggi meno probabili e quindi di emissione meno frequente sono portatori di maggiore informazione



Capacità di canale

■ Bontà di un sistema di comunicazione:

■ per i sistemi digitali, il sistema ottimo è quello che minimizza la probabilità di errore sul bit, con certi vincoli di potenza e di banda del segnale trasmesso

■ Domanda:

■ È possibile realizzare un sistema di comunicazione che non produca alcun errore sui bit in presenza di disturbi di canale?

■ Risposta: sì, sotto certe ipotesi (Shannon)

■ Se la velocità di sorgente, R , è inferiore alla **capacità del canale**, C , la probabilità di errore sul bit può essere resa piccola a piacere (con codifiche di canale)

■ Definizione di **capacità di canale** (condizione limite):

$$R \leq C = B \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right)$$

B : larghezza di banda del canale in Hz

S/N : rapporto segnale- rumore (in scala lineare, e non in dB)

all'ingresso del ricevitore