



INSEGNAMENTO: MODULAZIONI ANALOGICHE E NUMERICHE (Modulo 2 di Comunicazioni Elettriche)

DOCENTE: Paolo Adesso

e-mail: paddesso@unisa.it

Lingua di insegnamento	Italiano
------------------------	----------

n. CFU: 9	A.A.: 2013-2014	sede: Potenza	Semestre: II
-----------	-----------------	---------------	--------------

CONTENUTI

Linee di trasmissione, propagazione in spazio libero, rappresentazione di segnali e sistemi passa banda, modulazione d'ampiezza, modulazione angolare, il rumore nella comunicazione analogica, la multiplazione a divisione di tempo, trasmissione dati in banda base, modulazione numerica in canali passa banda, il rumore nella comunicazione numerica, dimensionamento di collegamenti punto-punto, cenni alla codifica di canale ed ai canali afflitti da cammini multipli.

METODI DIDATTICI

Lezioni frontali ed esercitazioni numeriche.

TESTI DI RIFERIMENTO

J.G. Proakis, M. Salehi, *Communication Systems Engineering*, 2nd ed., Prentice Hall, 2002 (testo principale).
L. W. Couch II, *Digital & Analog Communication Systems*, 8th ed., Prentice Hall, 2012 (per consultazione).
S. Benedetto, E. Biglieri, *Principles of Digital Communication*, Cambridge, 2008 (per consultazione).

OBIETTIVI FORMATIVI

Il corso ha lo scopo di fornire agli allievi la conoscenza degli argomenti di base relativi alla trasmissione di segnali analogici e numerici. Vengono presentati i principali schemi di modulazioni analogiche (lineari ed esponenziali) e numeriche (in banda base e in banda passante) e studiati gli effetti del rumore sulla comunicazione. Sono anche introdotti elementi di codifica di canale e problematiche relative ai canali afflitti da cammini multipli. Le metodologie di analisi vengono presentate con riferimento allo studio di problemi di interesse applicativo.

PREREQUISITI

Conoscenze di base di: calcolo differenziale ed integrale, campi elettromagnetici, teoria dei segnali, teoria della probabilità e processi stocastici.

MODALITA' DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO

L'esame si articola in una prova scritta e una prova orale.

PROGRAMMA ESTESO

Concetti generali e introduttivi. Cenni alla storia delle telecomunicazioni. Schemi a blocchi di un generico sistema di trasmissione analogico e numerico. La propagazione delle onde elettromagnetiche: linee di trasmissione e propagazione in spazio libero (onda di terra di cielo e LOS). Alcune tipologie dei canali trasmissivi (AWGN, Bandlimited AWGN). Richiami di concetti dell'analisi di Fourier e dei processi stocastici SSL. Potenza, Autocorrelazione, Densità spettrale di potenza, Potenza mutua, Mutua Correlazione, Densità Spettrale di Potenza Mutua, Teorema di Wiener-Khinchin. Richiami sui Filtri LTI e proprietà della PSD e dell'autocorrelazione per processi SSL. Processi Ciclostazionari. Processi Gaussiani.

Rappresentazione dei segnali e sistemi passa banda. Segnale analitico e componenti in seno e coseno. Trasformata di Hilbert e filtro trasformatore. Valutazione dell'equivalente passa basso a partire dal segnale passa banda e viceversa. Spettro dei segnali passa banda e densità spettrale di potenza. Filtri passa banda: equivalente in banda base di un filtro. Caso deterministico e aleatorio. Distorsioni lineari e condizioni per avere un sistema passa banda non distorto: ritardo di fase e di inviluppo.

Introduzione alle modulazioni analogiche. Concetti legati alla modulazione d'ampiezza e di angolo. Modulazione di ampiezza: DSB-SC, AM convenzionale, SSB, VSB. Calcolo della potenza e dell'occupazione in banda dei segnali modulati. Modulatori per l'AM convenzionale: realizzazione con dispositivo non lineare e con switch. Modulatori per lo schema DSB-SC: modulatore bilanciato e ring modulator. Modulatori SSB e VSB. Demodulatore sincrono e demodulatore di inviluppo. Cenni storici ai sistemi di FDM per la telefonia analogica. Quadrature-Carrier Multiplexing. Modulazione angolare: Modulazione di fase e di frequenza. Deviazione di fase e di frequenza, indici di



modulazione. Calcolo della banda per un segnale modulato PM e FM nel caso di modulante sinusoidale. Generalizzazione al caso di modulante periodica e di modulante con banda monolaterale rigorosamente limitata. Modulazione FM a banda stretta e a banda larga. Modulatori FM diretti e indiretti. Demodulazione di un segnale FM mediante conversione FM-AM. Ricevitore Supereterodina. Sistemi AM ed FM broadcast. Il rumore nella comunicazione analogica. Brevi richiami di teoria della probabilità. Variabile aleatoria Gaussiana. Q-Function. Variabili aleatorie di Rayleigh e di Rice. Rumore bianco, Banda equivalente di rumore. Prestazioni delle modulazioni analogiche di ampiezza. Rapporto segnale rumore in uscita ad un demodulatore sincrono per modulazioni AM, DSB-SC, SSB-SC. Rapporto segnale rumore in uscita ad un demodulatore di involuppo: effetto soglia. Prestazioni delle modulazioni analogiche d'angolo: rapporto segnale rumore in uscita ad un demodulatore PM e FM. Enfasi e pre-enfasi nella modulazione FM. Effetto soglia. Confronto delle prestazioni dei sistemi di trasmissione analogici. La modulazione FM stereo: modulatore e demodulatore stereo. Circuiti per la sincronizzazione della fase della portante: l'anello ad aggancio di fase (PLL). Effetto del filtro d'anello. Il PLL come demodulatore FM. Demodulatore FBFM ed estensione della soglia. Temperatura equivalente di rumore. Bilancio energetico di un collegamento. Attenuazione LOS, e su linea trasmissiva. Cifra di rumore. Connessione in cascata di circuiti a due porte: formula di Friis.

Introduzione alle modulazioni numeriche. Cenni alle problematiche della codifica di sorgente. Codifica PCM. Quantizzazione uniforme e non uniforme: tecniche di companding ("legge μ " e "legge A"). Spazio dei segnali, base ortonormale, proiezioni su vettori e su sottospazi, procedura di Gram-Schmidt. Trasmissione dati in banda base e in banda traslata. Schemi di modulazioni digitali: PAM, QAM, PSK, modulazioni ortogonali (PPM, FSK), simplex. Struttura del ricevitore mediante correlatori e filtri adattati. Equivalente vettoriale del sistema di trasmissione numerica. Il rumore nella comunicazione numerica: ottimalità del filtro adattato. Teorema dell'irrelevanza. Richiami sulla teoria della decisione. Schema di decisione MAP e sua ottimalità. Schema di decisione per segnalazioni equiprobabili (ML, minima distanza). Schema di decisione a massima correlazione per segnalazioni equienergetiche. Probabilità di errore delle segnalazioni binarie equiprobabili: caso antipodale e ortogonale. Probabilità di errore per segnalazione M-arie: PAM, QAM, PSK. Probabilità di errore per le modulazioni ortogonali (PPM, FSK coerente e incoerente). Metodo dell'Union bound e suo utilizzo nella valutazione della prestazioni in termini di probabilità d'errore. Legami tra probabilità di errore di simbolo e per bit: codifica di Gray. Segnalazioni efficienti in banda e in potenza. Limite di Shannon valutato a partire dalle segnalazioni ortogonali. Ruolo della distanza minima della costellazione. Dimensionalità e teorema 2BT. Concetti di banda di Fourier e di Shannon. Cenni al secondo teorema di Shannon. Sincronizzazione di simbolo con metodologia "early-late". Ripetitori rigenerativi. Dimensionamento di un collegamento radio.

Trasmissioni numeriche su canali a banda limitata e interferenza intersimbolica (ISI): segnalazioni PAM, QAM e PSK. Criterio di Nyquist per l'annullamento dell'ISI. Filtro a coseno rialzato. Caso di canale non distorcente e distorcente. Equalizzatore a prese trasversali. Cenni all'OFDM e al DMT.

Codifica di canale: guadagno di codifica. Cenni ai codici lineari ed ai codici ciclici. Canali afflitti da multipath. Problemi per una modulazione BPSK. Cenni ed alle tecniche di diversità. Rake receiver. Cenni alle comunicazioni Spread Spectrum (CDMA). Cenni relativi al livello fisico dei sistemi di telecomunicazione di uso comune: reti cellulari, ADSL, WiFi.

ALTRE INFORMAZIONI



COURSE: ANALOG AND DIGITAL MODULATION (Module 2 of Electrical Communications)

TEACHER: Paolo Adesso

e-mail: paddesso@unisa.it

LANGUAGE	Italian
----------	---------

ECTS: 9	ACADEMIC YEAR: 2013-2014	Campus: Potenza	Semester: II
---------	--------------------------	-----------------	--------------

TOPICS

Transmission media, bandpass signals and systems, analog modulation techniques, digital modulation techniques, overview of channel coding and fading channels.

TEACHING METHODS

Lectures and development of numerical case studies.

TEXTBOOKS

J.G. Proakis, M. Salehi, *Communication Systems Engineering*, 2nd ed., Prentice Hall, 2002 (required).

L. W. Couch II, *Digital & Analog Communication Systems*, 8th ed., Prentice Hall, 2012 (recommended).

S. Benedetto, E. Biglieri, *Principles of Digital Communication*, Cambridge, 2008 (recommended).

LEARNING OUTCOMES

The course is aimed at providing knowledge of the techniques used to transmit analog and digital signals, as well as elements of channel coding and fading channels.

REQUIREMENTS

Knowledge of the methodologies and skills learned in the mathematics, physics, circuits, signals and systems, electromagnetic fields, probability and stochastic processes courses.

EVALUATION METHODS

The evaluation will be carried out through a written and oral examination.

DETAILED CONTENT

Introduction and general concepts. Brief outline of the history of telecommunications. Block diagram of a generic transmission system: analog and numeric case. Propagation of electromagnetic waves: the transmission lines and propagation in free space (ground wave, LOS). Some types of transmission channels (AWGN, bandlimited AWGN).

Elements of Fourier analysis and SSL stochastic processes. Power, autocorrelation, power spectral density, cross power, cross correlation, cross power spectral density, Wiener-Khinchin theorem. Summary on LTI filters and properties of the PSD and the autocorrelation processes for SSL. Cyclostationary processes. Gaussian processes.

Representation of bandpass signals and systems. Analytical signal and the in-phase and quadrature components. Hilbert transform filter and transformer. Evaluation of the equivalent low-pass signal. Spectrum of the band-pass signals and power spectral density. Bandpass filters: conditions for having a bandpass distortionless system: phase and group delay.

Introduction to analog modulations. Concepts related to amplitude and angle modulation. Amplitude modulation: DSB-SC, conventional AM, SSB, VSB. Calculation of power and bandwidth of modulated signals. Modulators for conventional AM: non-linear and switch modulators. Modulators for DSB-SC: balanced and ring modulator. SSB and VSB modulators. Synchronous demodulator and envelope demodulator. Historical overview of FDM systems for analogue telephony. Quadrature-Carrier Multiplexing. Angle modulation: phase and frequency modulation. Phase and frequency deviation, modulation index. Calculation of bandwidth for a PM and FM signal: sine wave, periodic message and bandlimited message signal. Narrowband and wideband FM. Direct and indirect FM modulators. Demodulation of an FM signal using the FM-AM conversion. Superheterodyne receiver. AM and FM broadcast systems. Noise in analog communication. Brief overview of probability concepts. Gaussian random variable. Q-Function. Rayleigh and Rice random variables. White noise, noise-equivalent bandwidth. Performances of analog amplitude modulation. Signal to noise ratio at the output of a synchronous demodulator for AM signals, DSB-SC, SSB-SC. Signal to noise ratio at the output of an envelope demodulator: threshold effect. Performance of analog angle modulations: signal to noise ratio at the output of a PM and FM demodulator. De-emphasis and pre-emphasis in FM modulation. Threshold effect. Comparison of the performance of analog transmission systems. FM stereo



broadcasting: modulator and demodulator scheme. Circuit for the phase synchronization: the Phase-Locked Loop (PLL). Effect of loop filter. PLL as FM demodulator. FBFM demodulator and threshold extension. Equivalent noise temperature. Energy balance of a link. LOS attenuation, and transmission line attenuation. Noise figure, cascade connection of two-port circuits. Friis formula.

Introduction to digital modulations. Brief outline the problems of source coding. PCM. Uniform and non-uniform quantization: companding techniques ("mu law" and "A-law"). The signal space, orthonormal basis, projections on vectors and on subspaces, Gram-Schmidt procedure. Baseband and bandpass data transmission. Digital modulation schemes: PAM, QAM, PSK, orthogonal modulation (PPM, FSK), simplex. Structure of the receiver: Correlation-Type and Matched-Filter-Type demodulator. Optimality of the matched filter. Irrelevance theorem. General overview of Decision Theory. MAP decision strategy and its optimality. Case of equiprobable signaling: ML and minimum Euclidean distance decision scheme. Case of equal energy signals: maximum correlation decision scheme. Error probability for binary modulation: antipodal and orthogonal case. Error probability for M-ary signaling: PAM, QAM, PSK. Error probability for orthogonal modulation (PPM, FSK coherent and incoherent). Union bound method: approximate performance evaluation. Relationship between probability of symbol error and bit error: Gray encoding. Bandwidth and power efficiency. Shannon limit: evaluation starting from orthogonal modulations. Minimum distance of a signal constellation. 2BT theorem. Fourier and Shannon bandwidth. Shannon–Hartley theorem. Symbol synchronization: "early-late" synchronizer. Regenerative repeaters. Link budget.

Digital transmission over band-limited channels and inter-symbol interference (ISI): PAM, PSK and QAM. Nyquist criterion for ISI cancellation. Raised cosine filter. Channel distortion: zero-forcing equalizer. Brief overview of OFDM and DMT.

Channel coding: coding gain. A brief introduction to linear and cyclic codes. Multipath and fading channels. Problems for a BPSK modulation. Brief overview of diversity techniques and Rake receiver. Overview of Spread Spectrum Communications (CDMA). Overview of the physical layer of popular communication systems: cellular networks, ADSL, WiFi.

FURTHER INFORMATION
