

Università degli Studi di Palermo
A.A.2014/2015

Dipartimento di Energia, Ingegneria dell'Informazione e Modelli Matematici (DEIM)
Laurea in Ingegneria Elettronica (L-8)

Dipartimento di Ingegneria Chimica, Gestionale, Informatica e Meccanica (DICGIM)
Laurea in Ingegneria Informatica e delle Telecomunicazioni (L-8)

Fondamenti di telecomunicazioni (9 CFU)

Programma del corso

Richiami di Teoria dei segnali (o di Fisica matematica)

Potenza, energia, potenza media. Trasformata di Fourier, antitrasformazione, proprietà e segnali notevoli. Simmetria Hermitiana della trasformata di segnali a valori reali. Densità spettrale di potenza. Segnali periodici: sviluppo in serie di Fourier. Densità spettrale di potenza di un segnale periodico.

Calcolo delle probabilità

Introduzione alla Probabilità: esempi di esperimenti, spazi dei risultati ed eventi. Esperimenti ripetuti e indipendenti: distribuzione binomiale. Definizioni alternative di probabilità: analisi delle frequenze di occorrenza dei risultati. Esperimenti condizionati. Introduzione alla teoria assiomatica della probabilità: eventi, unione e intersezione di eventi. Probabilità congiunta e probabilità condizionata: regola di Bayes. Teorema della probabilità totale. Probabilità di un evento e probabilità condizionata.

Variabili aleatorie

Variabili aleatorie: definizione variabili discrete, continue e miste. Funzioni di caratterizzazione delle variabili aleatorie: distribuzioni e densità di probabilità. Proprietà. Valore atteso, valore più probabile, mediana. Distribuzione di probabilità Gaussiana. Momenti della Gaussiana. Funzione di distribuzione cumulativa. Teorema limite centrale. Funzioni di variabile aleatoria. Densità di probabilità congiunta di variabili aleatorie. Densità di probabilità marginali. Variabili aleatorie indipendenti. Correlazione, covarianza, coefficiente di correlazione. Densità di probabilità della somma di VV.AA. indipendenti.

Processi aleatori

Proprietà di assenza di memoria della variabile esponenziale. Variabili di Poisson. Processo a punti di Poisson. Distribuzione del numero di punti in un intervallo. Processi aleatori. Densità di probabilità di qualsiasi ordine. Media ed autocorrelazione. Densità spettrale di energia e di potenza. Processi aleatori a tempo discreto. Processo iid: ddp del primo ordine, di ordine arbitrario, media ed autocorrelazione. Il processo di rumore Gaussiano bianco ed il corrispondente processo filtrato.

Fondamenti di reti di telecomunicazione

Introduzione alle reti di telecomunicazioni: reti di accesso e core network. Multiplazione di frequenza e di tempo. Commutazione di circuito e commutazione di pacchetto. Ritardo di trasmissione e throughput. Commutazione di etichetta. Protocolli di rete: architettura ISO/OSI e Internet. Introduzione al livello data link: funzionalità da supportare, modalità di collegamento broadcast e point-to-point.

Livello Data Link per collegamenti punto a punto

Soluzioni per il riconoscimento delle trame e per il rilevamento degli errori in trasmissione. Protocollo Stop and Wait in assenza di errori di canale. Protocollo Stop and Wait in presenza di errori di canale: configurazione dei timeout e numerazione delle trame e dei riscontri. Efficienza del protocollo e throughput in presenza di errori di canale. Caratteristiche generali dei protocolli sliding window per il miglioramento dell'utilizzo del canale. Gestione degli errori nei protocolli sliding window: Go-BACK-N e Selective Repeat. Condizioni sul dimensionamento delle finestre di trasmissione e ricezione. Efficienza dei protocolli sliding window in assenza di errori e con errori.

Tecniche di accesso al mezzo (MAC)

Introduzione ai protocolli data link per i canali broadcast. Protocolli ad accesso casuale: efficienza protocollo Aloha e Slotted Aloha. Meccanismo di Carrier Sense e varianti dei protocolli CSMA. Efficienza del protocollo CSMA non persistente. Cenni sui protocolli a interrogazione, Token o ai protocolli ibridi basati su contesa/prenotazione.

Rappresentazione numerica dei segnali

Conversione A/D e D/A: campionamento e ricostruzione di segnali a banda limitata. Modello matematico e circuitale. Il fenomeno dell'aliasing. Condizione di Shannon-Nyquist per la ricostruzione. Quantizzazione (modulazione PCM): errore di quantizzazione e relazione col numero di bit utilizzati. Filtro di ricostruzione ideale (interpolazione cardinale) e specifiche per la ricostruzione realizzabile. Filtro anti-aliasing.

Modulazioni analogiche

Modulazioni su portante sinusoidale: AM e sue varianti (SSB, VSB). Efficienza di modulazione, portante intera e portante soppressa. Rivelazione ad involuppo e rivelazione coerente (o sincrona). Frequenza istantanea. Modulazioni d'angolo: PM ed FM. Indice di modulazione, approssimazione di Carson per la banda del segnale modulato. Approssimazione di Armstrong. Rappresentazione di segnali passabanda: segnale analitico, involuppo complesso. Segnali passa-banda reali, trasformata di Hilbert. Modulatore I/Q: schema del modulatore SSB.

Bipoli e biporta rumorosi

Richiami di elettrotecnica. Condizioni di adattamento (non distorsione) e di massimo trasferimento di potenza. Doppio bipolo: condizioni di adattamento, guadagno di potenza e guadagno disponibile. Rumore termico, generatore equivalente di rumore e potenza disponibile. Temperature di sistema. Fattore (o cifra) di rumore di un biporta e di biporta in cascata.

Modulazioni numeriche

Schema del sistema di ricetrasmisione numerico: mappa (binaria antipodale, binaria on/off, binaria antipodale con codifica di Hamming 7/4), modulazione su portante impulsiva (non lineare e lineare o di ampiezza) e schema di rivelazione "intuitivo". Interferenza intersimbolica (ISI). Condizioni di annullamento dell'ISI nel dominio del tempo e nel dominio della frequenza. Impulso di segnalazione a banda minima. Impulso di segnalazione a coseno rialzato. Struttura del ricevitore in presenza di rumore. Condizione per il massimo rapporto segnale-rumore: filtro di ricezione adattato all'impulso di segnalazione. Impulsi di segnalazione a radice di coseno rialzato. Modulazioni numeriche in banda traslata, schema equivalente in banda base. Modulazioni PSK e QAM, cenni alle generalizzazioni. Valutazione delle prestazioni sul canale AWGN.

Testi consigliati

- Maria Gabriella Di Benedetto, *Comunicazioni elettriche - Fondamenti*, Pearson Prentice-Hall Italia, ISBN: 978-88-7192-332-1
- Maria Gabriella Di Benedetto, *Comunicazioni elettriche - Approfondimenti*, Editore Pearson Prentice-Hall Italia, ISBN: 978-88-7192-450-1
- Achille Pattavina, *Reti di telecomunicazione – Networking e Internet*, McGraw-Hill Italia, ISBN: 978-88-386-6326-0

Altri ausili didattici / testi di approfondimento

- Maria Gabriella Di Benedetto, Daniele Domenicali, Luca De Nardis, *Comunicazioni – esercizi e temi d'esame*, Pearson Education, ISBN: 978-88-7192-331-4
- Simon Haykin, Michael Moher, *Introduzione alle telecomunicazioni analogiche e digitali*, Casa Editrice Ambrosiana, ISBN: 978-88-408-1387-5
- Leonardo Calandrino, Marco Chiani, *Lezioni di Comunicazioni elettriche*, Pitagora Editrice Bologna, ISBN: 978-88-371-1635-7