

# Programma di Telecomunicazioni - Anno Accademico 2007-2008

*Corso di Laurea in Ingegneria Elettrica (Docente: Dott. Luca De Nardis)*

## Parte I – Comunicazioni elettriche

---

### *Elementi di un sistema di telecomunicazione*

Sistema di telecomunicazione. Collegamento. Nodo utente e nodo centrale. Nodo sorgente, nodo destinatario, e canale. Trasmissioni simplex, half-duplex, duplex. Segnali continui tempo-continuo (analogici), continui tempo-discreto, discreti tempo-continuo, discreti tempo-discreto. Collegamento analogico e collegamento numerico. Collegamenti in banda-base e in banda-traslata. Codificatore e filtro di trasmissione. Velocità di trasmissione. Modulazione analogica e numerica. Canale ideale e canale perfetto. Canale perfetto con rumore additivo gaussiano in uscita. Filtro di ricezione. Schema del collegamento analogico e del collegamento numerico. Caso di collegamento in banda traslata

---

### *Trasmissioni analogiche e numeriche*

Caso di collegamento numerico in banda-base. Probabilità di errore sul simbolo. Trasmissione di un segnale analogico su un collegamento numerico. Campionamento e quantizzazione. Formatore di impulsi. TDM vs. FDM. Modalità ZR-NZR. Condizioni di Nyquist nel tempo e nella frequenza. Trasmissione multi-livello. Diagramma ad occhio. Margine di tempo e di ampiezza

---

### *Schemi circuitali nel trasferimento di segnali su un mezzo fisico di trasmissione*

Circuiti Lineari e Permanenti [filtri]. Relazioni di transito per segnali in banda-base ed in banda traslata. Generatore, carico, rete 2P e relativi modelli descrittivi. Distinzione tra (spettro di densità di) potenza o energia di un segnale e (spettro di densità di) potenza o energia assorbito da un carico. Potenza ed energia a breve e lungo termine assorbita da un resistore e relative distribuzioni spettrali. Generalizzazione del concetto di (spettro di densità di) potenza o energia a lungo termine al caso di carico generico. Unità di misura logaritmiche della potenza e del rapporto tra potenze. Connessione tra generatore e carico: condizioni di adattamento. Connessione tra generatore e carico attraverso una rete due porte: caratterizzazione del trasferimento del segnale [funzione di trasferimento: modulo, fase e tempo di ritardo di gruppo] e della potenza [guadagno di potenza; guadagno disponibile].

---

### *Rumore*

Caratterizzazione del rumore termico nei bipoli attivi e passivi e reti 2p passive e attive. Fattore di rumore. Caso di reti 2P in cascata.

---

### *Trasmissione di segnali analogici e numerici in banda traslata*

Segnali di banda base e banda traslata - analitici - componenti analogiche trasferimento attraverso filtri. Introduzione alla modulazione. Modulazione con portante sinusoidale ed impulsiva. Caratterizzazione di un segnale modulato mediante le componenti analogiche di bassa frequenza. Concetti di frequenza e fase istantanea. Schemi di estrazione delle componenti analogiche di bassa frequenza mediante demodulatori sincroni.

Modulazione di ampiezza: BLD-PI, BLD-PS, BLU, BLR. Relativi spettri di densità di potenza in funzione della potenza totale.

Modulazione di angolo: modulazione di fase e di frequenza. Spettri di densità di potenza per segnali modulati angularmente e per segnale modulante sinusoidale [banda di Carson] ovvero membro di un processo gaussiano  
Modulazioni numeriche. Schemi di modulazione di ampiezza [ASK, ON-OFF, QAM] e di angolo [PSK, FSK].

---

### *Collegamenti*

Equazione delle linee simmetriche e coassiali: circuito equivalente di una linea. Condizioni di adattamento o meno nel caso generale e nel caso di linee molto lunghe.

Caratteristiche trasmissive e peggioramenti introdotti dai doppini e dai cavi coassiali.

Fibre ottiche. Attenuazione e dispersione.

Rumore quantico e termico

Caratteristiche dei fotorivelatori a diodo PIN e APD; valutazione del rapporto segnale/rumore dovuto al contributo termico e quantico in funzione del livello di potenza ottico trasmesso. Cenni di trasmissione ottica coerente.

Cenni sugli amplificatori ottici.

Collegamenti Hertziani

Caratteristiche di un collegamento radio ideale. Guadagno delle antenne, attenuazione dello spazio libero.

Peggioramenti dovuti a propagazione mediante onda di terra e ad assorbimento atmosferico. Attenuazione supplementare dovuta a pioggia e a cammini multipli.

---

### *Valutazione di prestazioni*

Valutazione di prestazioni per trasmissioni analogiche a modulazione di ampiezza e di frequenza. Valutazione di prestazioni per trasmissioni numeriche di banda traslata. Probabilità di errore nel caso QAM.

---

## **Parte II – Sistemi di telecomunicazioni**

---

### *Elementi di reti di telecomunicazioni*

Architetture di rete.

Protocolli di comunicazione.

Il modello OSI: definizione e ruolo dei vari strati.

Richiami di teoria delle code: sistemi di Markov. Definizione di traffico, concetto di Erlang. Distribuzione statistica del traffico (processi di nascita e morte, processi di Poisson, binomiale), calcolo della probabilità di blocco di chiamate (Formula B di Erlang, formula di Engset).

### *Accesso e condivisione della risorsa*

Politiche di assegnazione della risorsa: suddivisione contro condivisione. Sistemi aperti contro sistemi chiusi.

Il problema dell'accesso multiplo nell'ottica della coesistenza: interferenza inter-sistema in sistemi aperti

Il problema dell'accesso multiplo in sistemi chiusi: canalizzazione e allocazione di risorse

Richiami sulle tecniche di canalizzazione.

Sistemi a singola portante: TDMA, FDMA, CDMA (nelle versioni FH, TH, DS).

Sistemi multi-portante: OFDMA.

Sistemi a portante impulsiva: DS-Impulse radio, TH-Impulse radio.

Allocazione di risorse: accesso aleatorio e schedulato.

Tecniche di base per l'accesso aleatorio. Slotted ed unslotted ALOHA. Throughput di un sistema ad accesso ALOHA.

Carrier Sensing Multiple Access (CSMA). Throughput di un sistema CSMA. Collision Avoidance e Collision Detection.

Hand-shaking. Out-of-band signalling.

Accesso regolamentato. Assegnazione di slot, polling.

Approccio centralizzato e distribuito: costo computazionale degli algoritmi in funzione della dimensione del sistema

Politiche di riservazione e ammissione.

#### *Sistemi di comunicazione ad architettura centralizzata*

Accesso e gestione della risorsa in sistemi ad architettura centralizzata.

Sistemi radiomobili cellulari (GSM, UMTS): propagazione sul canale radiomobile, concetto di cella.

Pianificazione di un sistema cellulare e dimensionamento di cella.

Impatto della propagazione: riuso delle frequenze, cluster, interferenza cocanale, celle settorizzate. Fading margin, outage a bordo cella, area di outage in una cella.

Impatto del traffico: dimensionamento di celle mediante Erlang-B,

Compromessi tra dimensionamento basato su considerazioni propagative e dimensionamento basato su considerazioni di ingegneria del traffico.

#### *Sistemi di comunicazione ad architettura distribuita*

Accesso e gestione della risorsa in sistemi ad architettura distribuita.

Reti wireless in area locale. Reti ad hoc.

Criteri di progettazione di una rete wireless e ad-hoc. Strategie di accesso nelle reti wireless ed ad-hoc.

Standard per reti wireless: IEEE 802.11 (Wi-Fi), IEEE 802.15.1 (Bluetooth), 802.15.3, 802.15.4/4a.

Problematiche avanzate nell'accesso al mezzo in reti ad-hoc. Organizzazione della rete e network discovery. Clustering e gestione della risorsa intra e inter-cluster. Power-aware e location-aware MAC design (LEACH, PAMAS, IEEE 802.15.4a).

Ottimizzazione della protezione di errore. Confronto prestazionale tra ARQ, FEC, Hybrid-ARQ.

Mobilità nelle reti ad hoc: modelli e effetto sulle strategie di accesso.

Impatto e modellizzazione dell'interferenza nelle reti wireless ad accesso distribuito. Esempio: effetto dell'interferenza nei sistemi 802.15.3a/802.15.4°.

#### *Coesistenza tra sistemi wireless*

Problematiche di interferenza ed accesso tra sistemi di tele comunicazioni wireless. Utilizzo della banda ISM.

Interferenza mutua tra sistemi Bluetooth e Wi-Fi.. Coesistenza tra sistemi UWB e IEEE 802.16 (WiMax).