

Prova di esame di Teoria dei Segnali II modulo

Prima Parte

Candidato: _____

1. Considerando un segnale di tipo passa-banda descritto da un involuppo complesso $\underline{x}(t) = a(t) e^{j\alpha(t)}$, esprimere lo stesso nei termini delle sue componenti analogiche di bassa frequenza $x_c(t)$ e $x_s(t)$, e del corrispondente segnale modulato $x(t)$ con frequenza portante f_0 .
2. Illustrare i motivi per cui la massima velocità di trasmissione su fibra ottica dipende dalla lunghezza del collegamento.
3. Definire cosa si intende per multiplazione di frequenza e di tempo, e nel secondo caso evidenziare le differenze tra multiplazione di tipo statistico e deterministico. Inoltre, illustrare le differenze concettuali ed architetturali tra rete plesiocrona e SDH, ad esempio in relazione all'operazione di ADD AND DROP
4. Illustrare la funzione svolta dai processi di codifica di sorgente e di canale, fornendone esempi di applicazione.

Prova di esame di Teoria dei Segnali II modulo

Seconda Parte

Candidato: _____

Esercizio A Due apparati A e B distanti $d = 1$ Km sono collegati via cavo e trasmettono uno alla volta vicendevolmente pacchetti dati di $N = 10000$ bit mediante un segnale dati a due livelli, con impulso a coseno rialzato e $\gamma = 0$, alla velocità di segnalazione $f_s = 1$ Mbps, usando a turno il cavo. Considerando una velocità di propagazione nel cavo $v = 2 \cdot 10^8$ m/sec, ed un tempo di elaborazione $\Delta t_e = 20$ msec necessario ad invertire il verso della comunicazione dopo la completa ricezione di un pacchetto, calcolare

1. il tempo Δt_a necessario alla sorgente per trasmettere un intero pacchetto
2. il tempo Δt_b che intercorre tra la partenza e l'arrivo di ogni bit del pacchetto (as es. il primo)
3. il tempo Δt_c che intercorre tra l'invio di due pacchetti da parte di A (o di B)
4. l'effettiva velocità di trasmissione f_b con cui si svolge lo scambio informativo

Trascurando i fenomeni di distorsione lineare legati alla trasmissione in cavo, e considerando al punto di ricezione un $E_b/N_0 = 10$ dB, calcolare

5. la probabilità di errore sul bit e sul pacchetto in ricezione.

Esercizio B In ingresso ad un ricevitore è presente una densità di potenza di rumore equivalente $\mathcal{P}_n(f) = -150$ dBm/Hz.

1. Esprimere $\mathcal{P}_n(f)$ in Watt/Hz
2. determinare il fattore di rumore del ricevitore

Desiderando ricevere un segnale con banda base $\pm W = \pm 15$ KHz mediante modulazione FM con indice $\beta = 7$ e qualità dopo demodulazione espressa da un $SNR = 50$ dB, determinare

3. la banda occupata a radiofrequenza, e la potenza di segnale che occorre ricevere
4. la potenza di rumore complessiva a valle del filtro di ricezione

Disponendo di un trasmettitore con potenza $W_{dT} = 10$ Watt e considerando nulli i guadagni di antenna

5. determinare la massima frequenza portante che consenta, in condizioni di visibilità, una portata pari a 200 Km

Svolgimento della Prova di esame di Teoria dei Segnali II modulo - 8 Febbraio 2011

Prima parte

1) $x_c(t) = a(t) \cos \alpha(t)$

$$x_s(t) = a(t) \sin \alpha(t)$$

$$x(t) = a(t) \cos(2\pi f_0 t + \alpha(t))$$

2) Il fenomeno della dispersione temporale determina un aumento della durata degli impulsi luminosi direttamente proporzionale alla lunghezza della fibra. Due impulsi (che rappresentano altrettanti bit) devono quindi essere separati da un intervallo di tempo almeno pari alla loro estensione temporale, imponendo così una frequenza di segnalazione inferiore ad un massimo. Aggiungiamo che

- nel caso di fibra monomodo la causa di dispersione temporale è legata alla dispersione cromatica che dipende sia dalla pendenza spettrale dello sorgente che dal particolare tipo di fibra
- il legame tra le due cause di dispersione, ed i suoi effetti, è rappresentata dalla grandezza PBL ← "prodotto banda-lunghezza", un numero che dipende dal tipo di sorgente e di fibra, e che permette di ottenere una grandezza a partire dalla conoscenza dell'altra.

3) La moltiplicazione è il processo che permette di usare uno stesso mezzo trasmissivo da parte di più comunicazioni contemporanee; mentre l'FDH le pone in regioni di frequenza differenti, grazie all'uso di tecniche di modulazione, il TDM alterna le comunicazioni nel tempo, per come è possibile fare nel caso di segnali numerici.

- Mentre nel TDM deterministico le risorse trasmissive sono pre-assegnate ai diversi tributari in modo permanente a seguito di una fase di inizializzazione che precede la trasmissione, nel TDM statistico i tributari conferiscono al multiplexer delle unità informative delle pacchetti, che sono accodati per la trasmissione: ciò determina un ritardo variabile nella trasmissione, oltre alla possibilità di dover scartare alcuni pacchetti nel caso in cui la coda sia piena.
- le reti PDH e SDH effettuano entrambe un TDM deterministico e gerarchico, permettendo di moltiplicare segnali già moltiplicati, realizzando velocità aggregate definite da tabelle standardizzate apposite. Mentre nel PDH le gerarchie superiori realizzano l'alternanza temporale a livello di bit, e sono permesse lievi differenze di velocità tra i tributari, compensate mediante l'uso dei bit di stuffing, l'SDH prevede che i tributari condividano uno stesso riferimento temporale, in modo che

i tributori di livello inferiore occupino posizioni fisse all'interno dello trama di livello superiore. Per questo motivo, mentre nel PDH l'operazione di Add and Drop richiede di demoltiplicare l'intera gerarchia, estrarre e introdurre il singolo tributo, e ri-moltiplicare tutti i livelli, nell'SDH un tributo di un qualunque livello inferiore viene "pescato" direttamente all'interno della trama di livello superiore.

- 4) La codifica di sorgente mira ad eliminare la ridondanza di un messaggio, riducendone la frequenza binaria (o la banda, o la dimensione) senza perdita di informazione, o mantenendo la perdita entro limiti percettivamente irrilevanti. La codifica di canale mira a proteggere la comunicazione numerica dall'effetto degli errori di trasmissione, aggiungendo altri bit a quelli del messaggio, scelti in modo da creare delle interdipendenze, che permettano in ricezione di rilevare e/o correggere gli errori intercorsi.
- Un esempio di codifica di sorgente è ad esempio il PCM, mentre un esempio di codifica di canale è il codice a ripetizione.

SECONDA PARTE

- A) 1) Essendo $f_s = 1 \text{ Mbps}$ il periodo di bit è $T_b = \frac{1}{f_s} = 10^{-6} \text{ sec}$ e 10000 bit impiegano $\Delta t_a = T_b \cdot N = 10^{-6} \cdot 10^4 = 10^{-2} = 10 \text{ msec}$ per essere trasmessi.
- 2) La distanza di 1 km è coperta in $\Delta t_b = \frac{d}{v} = \frac{10^3 \text{ metri}}{2 \cdot 10^8 \frac{\text{metri}}{\text{sec}}} = 0,5 \cdot 10^{-5} \text{ sec} = 5 \mu\text{sec}$
- 3) Consideriamo Δt_b e Δt_a e quindi trascurabile. D'altra parte la ricezione di un pacchetto è completata Δt_a (10 msec) secondi dopo l'arrivo del primo bit, ossia dopo $\Delta t_a + \Delta t_b \approx \Delta t_a = 10 \text{ msec}$ dall'inizio della trasmissione. A questo punto si ottiene l'elaborazione Δt_e da parte di B, poi ancora Δt_a per l'invio da B ad A, e quindi ancora Δt_e di elaborazione. Pertanto due pacchetti sono intervallati da $\Delta t_a + \Delta t_e + \Delta t_a + \Delta t_e = 60 \text{ msec}$
- 4) La trasmissione di 10^4 bit ogni 60 msec determina una velocità effettiva di $f_b = \frac{10^4}{6 \cdot 10^{-3}} = 1,6 \text{ Mbps}$
- 5) Dalle curve si ottiene che per trasmissione a 2 livelli con $\gamma = 0$, un $E_b/N_0 = 10 \text{ dB}$ determina una $P_e = 3 \cdot 10^{-6}$. Considerando valido l'approssimazione che il pacchetto è errato se uno qualunque dei bit è errato, si ha $P_e(\text{pacchetto}) = P_e(\text{bit}) \cdot N = 3 \cdot 10^{-6} \cdot 10^4 = 0,03 \Rightarrow$ il 3% dei pacchetti è errato

$$\boxed{B} \text{ i) } P_N(f) \left[\frac{\text{mW}}{\text{Hz}} \right] = 10^{-15} \rightarrow P_N(f) \left[\frac{\text{Watt}}{\text{Hz}} \right] = 10^{-18}$$

$$2) P_{Nd}(f) = \frac{1}{2} k T e_i = \frac{1}{2} k T_o F$$

↓ dB

$$-150 \frac{\text{dBm}}{\text{Hz}} = -3 \text{ dB} - 174 \frac{\text{dBm}}{\text{Hz}} + 7 \text{ dB} \text{ e quindi } F(\text{dB}) = -174 + 3 - 150 = 27 \text{ dB}$$

3) la banda occupata può essere ottenuta applicando la regola di Carson

$$B_c = 2W(\beta + 1) = 2 \cdot 15 \cdot 10^3 (7 + 1) = 30 \cdot 8 \cdot 10^3 = 240 \text{ kHz}$$

usiamo le relazioni $\begin{cases} \text{SNR} = 3\beta^2 \text{SNR}_0 \\ \text{SNR}_0 = \frac{WdR}{N_o W} \end{cases}$ per ottenere

$$WdR = \text{SNR}_0 \cdot N_o \cdot W = \frac{\text{SNR}}{3\beta^2} \cdot N_o \cdot W \text{ in cui } N_o = 2 P_N(f) \leftarrow P_N(f) = \frac{N_o}{2}$$

dB ↓

$$WdR(\text{dBm}) = \text{SNR}(\text{dB}) - 10 \log_{10}(3\beta^2) + 3 \text{ dB} - 150 + 10 \log_{10} 15 \cdot 10^3 =$$

$$= 50 - 21,7 + 3 - 150 + 41,76 = -76,94 \approx -77 \text{ dBm}$$

4) Il filtro di ricezione deve avere una banda passante almeno pari a quella del segnale modulato (B_c), e quindi lascia passare un processo di rumore di potenza

$$P_N = \int_{2B_c} P_N(f) df = 2 \cdot B_c \cdot P_N(f) =$$

$$= 2 \cdot 240 \cdot 10^3 \cdot 10^{-18} = 560 \cdot 10^{-15} = 5,6 \cdot 10^{-13} \text{ Watt}$$

5) Disponendo di un guadagno di sistema

$$G_s = WdR(\text{dBm}) - WdR(\text{dBm}) = 40 + 77 = 117 \text{ dB}$$

possiamo eguagliarlo alla attenuazione disponibile e ricavare f_b :

$$G_s = A_d = 32,4 + 20 \log_{10} f_o(\text{MHz}) + 20 \log_{10} d(\text{km})$$

↓

$$20 \log_{10} f_o(\text{MHz}) = G_s - 32,4 - 20 \log_{10} d(\text{km}) =$$

$$= 117 - 32,4 - 46 = 38,6 \text{ da cui}$$

$$f_o(\text{MHz}) = 10^{\frac{38,6}{20}} = 31,2 \text{ MHz}$$