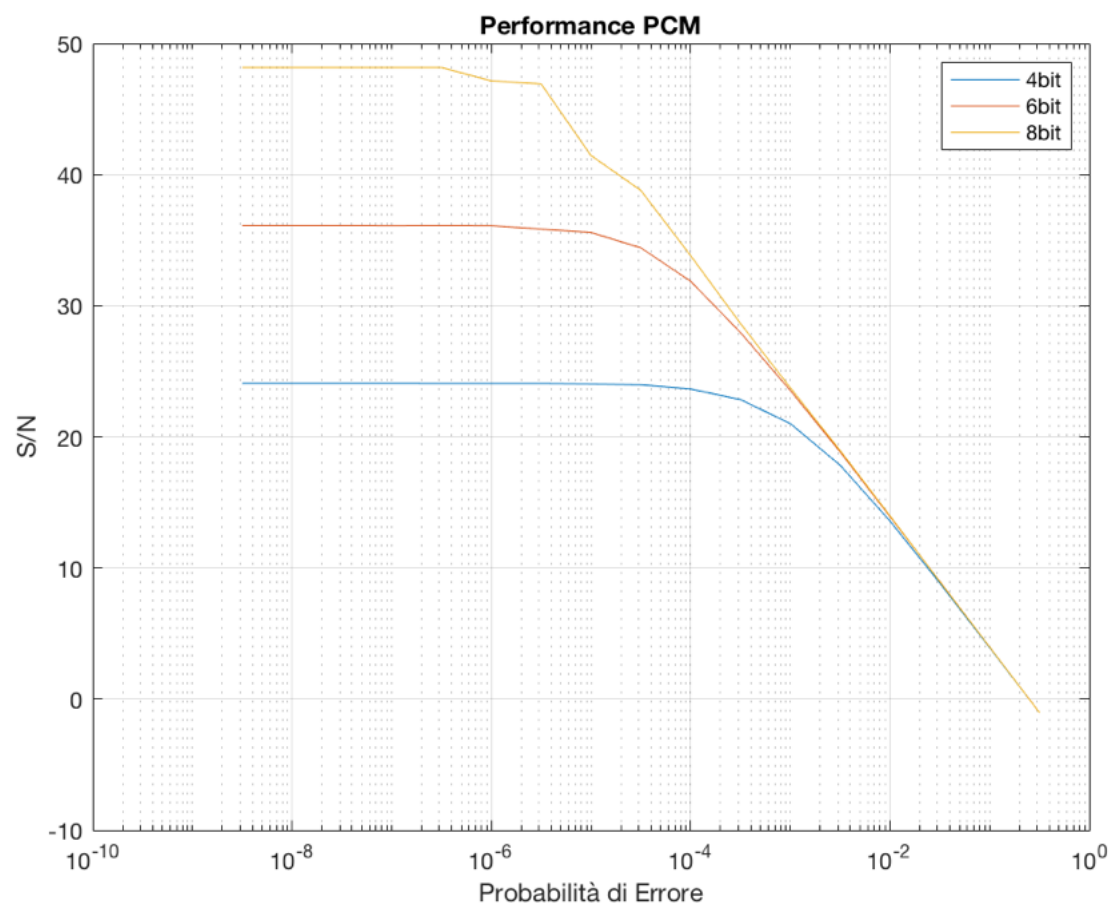


01QZD**Laboratorio di Internet e Comunicazioni****Comunicazioni****LAB 1**

In questa esercitazione è stata effettuata un'analisi sulle prestazioni di un sistema PCM basato su una quantizzazione uniforme, con trasmissione lungo un canale BSC.

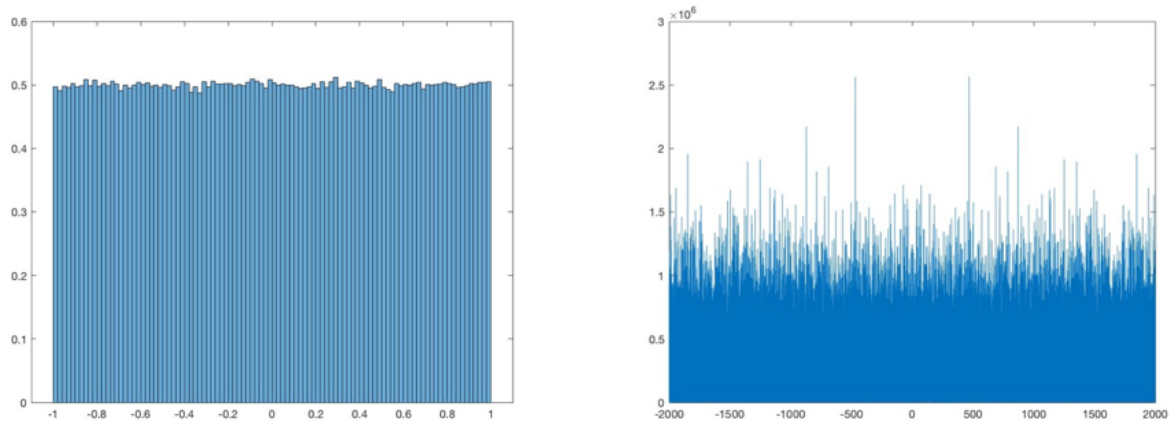
Il primo passo effettuato consiste nella valutazione delle performances in termini di rapporto segnale-rumore in funzione della probabilità di errore sul canale di trasmissione. L'analisi è stata condotta su 3 numeri di bit di quantizzazione diversi: 4, 6, 8 bit. I risultati ottenuti sono riportati nel grafico seguente:



Si evidenzia che, per probabilità di errore basse, quantizzare su un numero di bit alto è più vantaggioso dal punto di vista delle prestazioni, perché il rapporto segnale-rumore risulta mediamente più elevato. Al contrario, per probabilità di errore molto alte, la scelta nel numero di bit di quantizzazione risulta praticamente ininfluente per quanto riguarda le prestazioni. L'SNR, infatti, tende a uniformarsi lungo una singola retta.

1) Segnale con distribuzione uniforme, quantizzazione uniforme

È stata condotta un'analisi su un segnale con distribuzione uniforme, effettuando una quantizzazione uniforme. È stata scelta una quantizzazione su 6 bit, assumendo inoltre una probabilità di errore pari a $1e-5$.



In alto sono riportati la distribuzione di probabilità (PDF) e lo spettro del segnale.

Il rapporto segnale rumore teorico è stato calcolato sfruttando la seguente relazione:

$$\left(\frac{S}{N}\right) = 10 \log_{10}(M^2) = 36.1236 dB$$

dove $M = 2^{n_{bit}} = 2^6$

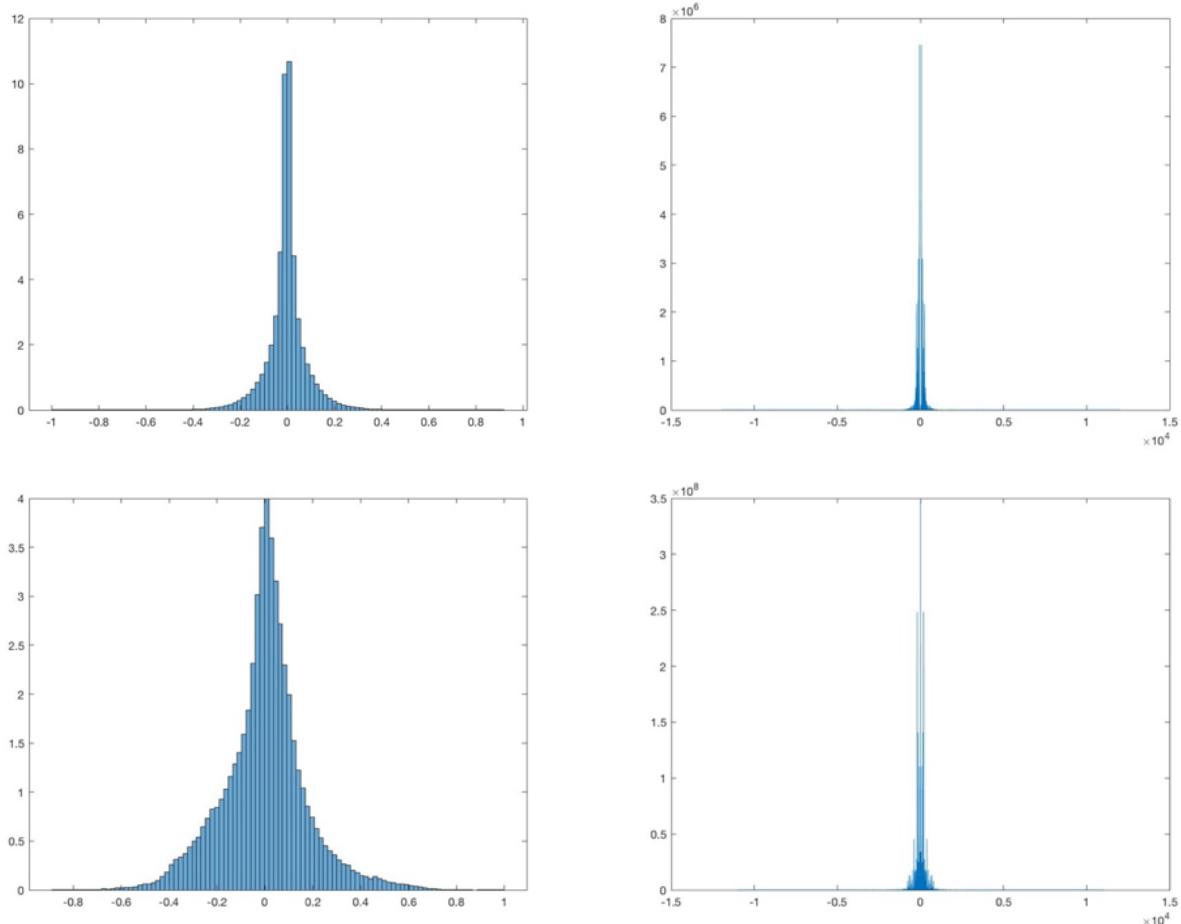
Il rapporto segnale rumore effettivo, tenendo conto della probabilità di errore assunta, risulta:

$$\left(\frac{S}{N}\right)_{eff} = 35.3703 dB$$

Si evidenzia quindi una perdita di $0.7533 dB$.

2) Segnale con distribuzione uniforme, quantizzazione uniforme

È stata effettuata una nuova analisi, questa volta considerando due segnali audio: uno con registrazione vocale; uno con una traccia musicale. Entrambi sono caratterizzati da una distribuzione di probabilità non uniforme. È stata mantenuta una quantizzazione uniforme su 6 bit, assumendo inoltre sempre la probabilità di errore di $1e-5$. Di seguito sono rappresentate le distribuzioni di probabilità (PDF) e gli spettri delle frequenze di entrambi i segnali.



Analizzando le PDF, e confrontandole con quella relativa a un segnale uniforme, si evidenziano dei picchi marcati intorno ad un valore centrale, con una varianza molto bassa. Effettuando una quantizzazione uniforme, ci si aspetta una perdita notevole in termini di dB, decisamente maggiore rispetto al caso di segnale uniforme. Questo perché i valori centrali della distribuzione probabilistica sono decisamente più frequenti, al contrario dei valori periferici. Dunque, per quantizzare fedelmente il segnale, bisognerebbe utilizzare degli intervalli ridotti nell'intorno dei valori più probabili e ampliati nella zona dei meno probabili. Questa operazione permette di ottenere una maggiore precisione e una minore perdita di informazione nella zona in cui è presente la maggior parte dei campioni.

Gli SNR teorico ed effettivo risultano:

$$\left(\frac{S}{N}\right) = 10 \log_{10} \left(\frac{3SM^2}{V^2} \right) = 29.8525 \text{ dB}$$

$$\left(\frac{S}{N}\right)_{eff} = 26.3427 \text{ dB}$$

Come spiegato in precedenza, si verifica una notevole perdita di informazione rispetto alla quantizzazione uniforme di un segnale con distribuzione uniforme: essa corrisponde a circa 9 dB.

3) Miglioramenti prestazioni

Sono stati effettuati dei tentativi di miglioramento delle prestazioni inerenti alla quantizzazione. In particolare sono state effettuate due operazioni: utilizzo dell'algoritmo di Lloyd per trovare una distribuzione di quantizzazione adattata al segnale e utilizzo della tecnica del companding.

3.1) ALGORITMO LLOYD

Un metodo possibile per ottenere un miglioramento delle prestazioni è l'utilizzo dell'algoritmo Lloyd. Il funzionamento dell'algoritmo è il seguente: dato un segnale in ingresso, esso restituisce le ampiezze degli intervalli che consentirebbero di effettuare una quantizzazione ottimale del segnale stesso, riducendo il più possibile la perdita di informazioni. Come evidenziato in precedenza, gli intervalli saranno più stretti dove c'è maggior concentrazione di campioni e più ampi nelle zone marginali. La modifica delle ampiezze degli intervalli di quantizzazione effettuata dall'algoritmo consente di migliorare notevolmente le prestazioni.

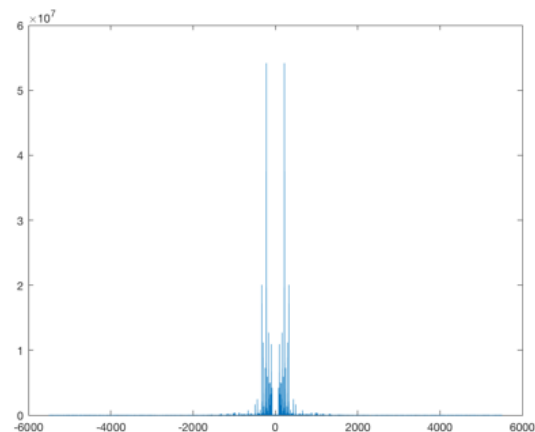
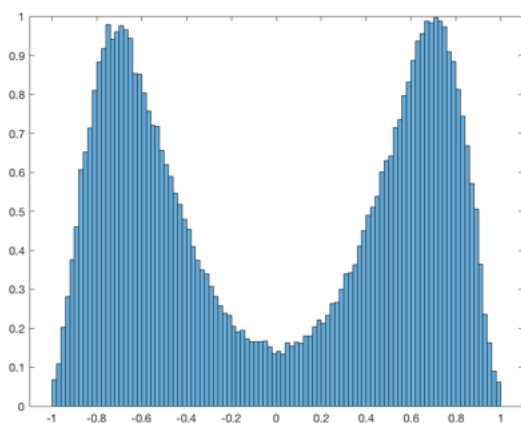
Infatti, l'SNR ottenuto risulta:

$$\left(\frac{S}{N}\right)_{eff} = 30.2807dB$$

Il miglioramento ottenuto è di circa 4 dB rispetto ad una quantizzazione uniforme.

3.2) TECNICA DEL COMPANDING

La tecnica del companding, a differenza dell'algoritmo di Lloyd, non agisce sugli intervalli di quantizzazione, ma sulla distribuzione di probabilità del segnale. Quest'ultimo viene moltiplicato per una funzione specifica che distorce il segnale rendendolo distribuito più uniformemente.



Dopo aver effettuato il companding viene eseguita una quantizzazione uniforme del segnale distorto. Poiché esso ha una distribuzione più uniforme rispetto a quella evidenziata nel punto 2), ci si aspetta un notevole miglioramento delle prestazioni, con un relativo incremento del rapporto segnale rumore. Infatti, dalle misure effettuate risulta che:

$$\left(\frac{S}{N}\right)_{eff} = 28.1541dB$$

Il miglioramento evidenziato ammonta a circa 2 dB rispetto alle condizioni del punto 2).