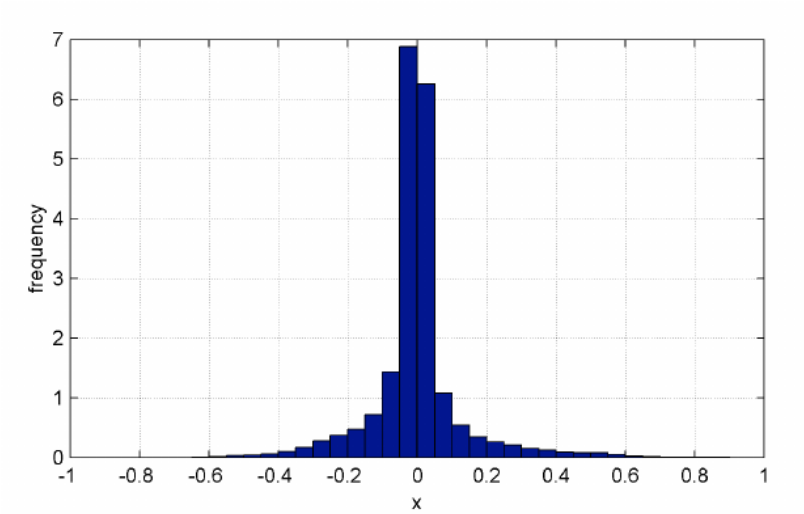
Audiotechnik II
Digitale Audiotechnik: Übungsklausur

Prof. Dr. Stefan Weinzierl 14.02.2013

1 Quantisierung und Signal-Rausch-Abstand

Für mit 8 bit Wortbreite linear quantisierte Sprachsignale soll ein mittlerer Signal-Rausch-Abstand als Pegeldifferenz von Signalleistung σ_X^2 zu Fehlerleistung σ_E berechnet werden. Für ein typisches, vollausgesteuertes Sprachsignal wurde hierbei folgende Häufigkeitsverteilung der Amplituden gemessen:



Da das Histogramm als Modell für eine idealisierte Amplitudendichteverteilung dienen soll, wurde die Häufigkeit auf der y-Achse bereits so normiert, dass die Fläche unter der Kurve gleich 1 ist. Das Histogramm soll durch eine Laplaceverteilung angenähert werden, d.h. durch eine Funktion

$$p_X(x) = ae^{-b|x|}$$

a) Bestimmen Sie die Konstanten a und b so, dass die Normierung der Dichtefunktion $p_X(x)$ erfüllt ist und im Modell $p_X(x)$ statistisch nur einer von 10^6 Abtastwerten übersteuert ist ($|x| > 1$).

b) Bestimmen Sie in Abhängigkeit von den Konstanten a und b die mittlere Signalleistung als 2. Moment (Varianz) $E_X^2 = \sigma_X^2$ der Amplitude X mit der Amplitudendichteverteilung $p_X(x)$.

c) Geben Sie unter der Annahme, dass der Quantisierungsfehler für das mit 8 bit Wortbreite linear quantisierte Signal eine rechteckförmige Verteilung aufweist, eine Amplitudendichteverteilung $p_E(e)$ für den Quantisierungsfehler an. Die Amplitudenachse sei weiterhin auf einen Full Scale Level von 1 normiert, die y-Achse muss entsprechend skaliert werden.

d) Berechnen Sie für den wie in c) verteilten Quantisierungsfehler die Rauschleistung σ_E^2.

e) Berechnen Sie aus den Ergebnissen von b) und d) den Signal-Rausch-Abstand (SNR) für ein typisches Sprachsignal. Welchen Wert nimmt er für die in a) bestimmten Werte von a und b an?

2 Rauschleistung nach Noiseshaping

Gegeben sei die Übertragungsfunktion eines Noiseshaping-Filters 1. Ordnung:

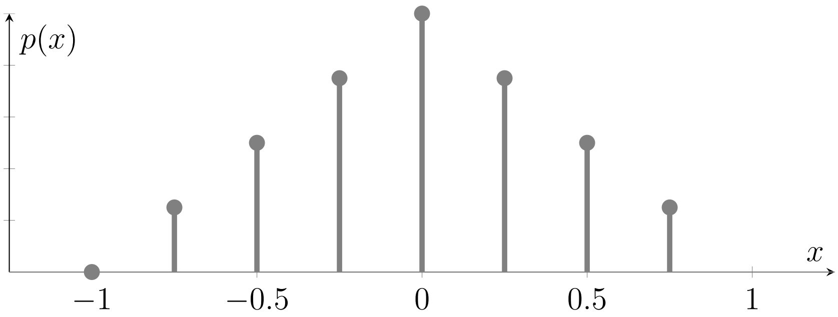
$$H_e(\Omega) = 1 - e^{-i\Omega}$$

a) Wenn wir den Quantisierungsfehler $E(z)$ als weißen Rauschprozess mit einem konstanten Leistungsdichtespektrum von $S_{EE}(e^{j\Omega}) = S_0$ annehmen: Um welchen Faktor steigt die Rauschleistung durch dass Noiseshaping-Filter?

b) Warum führt ein Noise-Shaping-Filter trotz des in a) berechneten Wertes zu einer perzeptiven Verbesserung des Signal-Rauschabstands?

Huffmankodierung

Gegeben ist ein dreieckverteiltes Signal als digitale Zufallszahlenfolge mit einer Wortbreite von 3 bit und folgender diskreter Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion:



a) Skalieren Sie die Auftretenshäufigkeit $p(x)$ der 8 Amplitudenstufen auf der y- Achse so, dass die Normierung für die WDV erfüllt ist:

$$\sum p_i = 1$$

b) Weisen Sie durch Beschriften der Abszisse den 8 Amplitudenstufen einen Quellkode in 2er-Komplement-Darstellung mit 3 bit Wortbreite zu.

c) Wie groß ist die Entropie der Quelle? Wie groß ist die Koderedundanz des gleichmäßigen 3-Bit-Quellkodes?[1]

d) Konstruieren Sie eine präfixfreie Huffman-Kodetabelle für diesen Quellkode und berechnen Sie die Koderedundanz für diesen Fall.

e) Um welchen Kompressionsfaktor lässt sich die Bitrate des Signals durch Huffman-Kodierung reduzieren?

[1]Zur Berechnung auf dem Taschenrechner: $\log_2(x) = \log_{10}(x)/\log_{10}(2)$