

Wydział Elektryczny

Katedra Telekomunikacji i Aparatury Elektronicznej

Instrukcja do pracowni specjalistycznej

Temat ćwiczenia:

**Badanie własności koderów PCM zastosowanych do sygnałów audio.**

Numer ćwiczenia: 3

**Pracownia Specjalistyczna z przedmiotu:**

**Techniki Multimedialne**

Kod: TS1C611258

Opracował:  
Dr hab. inż. Ewa Świercz

Białystok 2013

## Pracownia Specjalistyczna 3 z przedmiotu Techniki Multimedialne

**Temat: Kodery PCM, kodery ADPCM.**

**1. Cel pracowni: Badanie własności koderów PCM zastosowanych do sygnałów audio.**

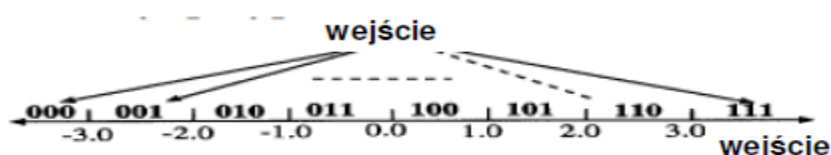
### 1 Kwantyzacja skalarna

Definicja:

Kwantyzacja – reprezentacja dużego (w szczególności nieskończonego) zbioru wartości przez mniejszy, skończony zbiór wartości.

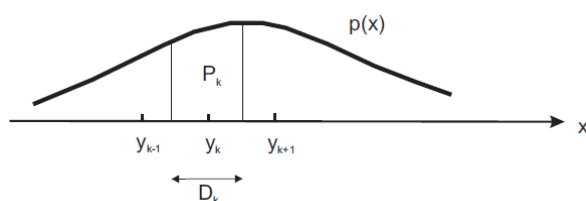
Jak każdy proces kompresji kwantyzacja to para odwzorowań: koder i dekoder.

Koder dzieli cały zakres zmienności sygnału na przedziały, przypisuje im jednoznaczne słowa kodowe



Rys.1. Idea kwantyzacji

W koderze PCM próbkowany sygnał akustyczny podlega kwantyzacji.



Rys.2. Projekt kwantyzatora zależy od rozkładu danych – modelujemy je rozkładami ciągłymi.

$\{x\}$  - zbiór próbek,  $\{x^*\}$  - próbki skwantowane

$y_1, \dots, y_N$  - poziomy kwantyzacji,  $N=2^b$ ,  $b$ =rozdzielczość bitowa (bit/próbkę)  $\cdot N$

$D_1, \dots, D_N$  - przedziały kwantyzacji

$p(x)$  - rozkład prawdopodobieństwa

$P_k$  - prawdopodobieństwo, że próbka  $x$  należy do  $D_k$

Kwantyzacja: jeżeli  $x \in D_k$  to  $x^*=y_k$

$e_n = x_n - x_n^*$  - błąd kwantyzacji  $n$ -tej próbki

$e_n^2$  moc błędu kwantyzacji w chwili n-tej

$$\sigma_e^2 = \frac{1}{M} \sum_{n=1}^M e_n^2$$

Średnia moc błędu kwantyzacji dla M próbek

$$\sigma_e^2 = \frac{1}{M} \sum_{n=1}^M (x_n - x_n^*)^2 = \frac{1}{M} \sum_{k=1}^N \sum_n (x_n - y_k)^2$$

$$\sigma_x^2 = \frac{1}{M} \sum_{n=1}^M x_n^2$$

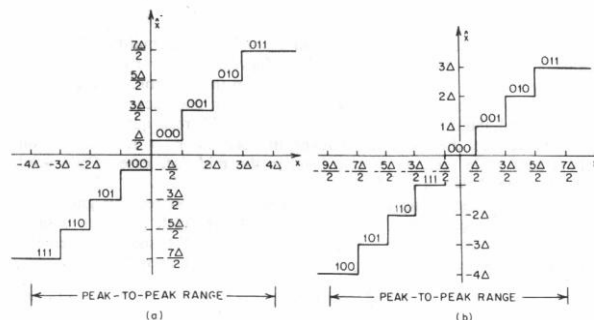
Średnia moc sygnału

$$SNR = \frac{\sigma_x^2}{\sigma_e^2}$$

SNR iloraz mocy sygnału do mocy błędu kwantyzacji

Dla sygnału mowy wartość  $b$  zazwyczaj jest równa  $b = 8$  bitów na próbkę  $w$ : dla sygnałów muzycznych jest równa  $b = 16$  bitów na próbkę.

Najprostszy jest kwantyzator równomierny realizujący liniową charakterystykę kompresji  $y=x$ , ale nie zawsze jest to dobre podejście.

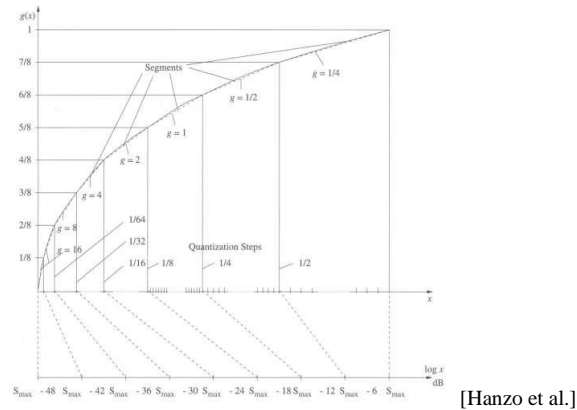


Rys.3. Idea kwantyzatora liniowego, równomiernego (równe przedziały kwantyzacji i skoki poziomów kwantyzacji  $\Delta$ )

W kompresji sygnału mowy wykorzystywana jest nieliniowa charakterystyka kwantyzatora Szukany jest najlepszy kwantyzator do danych poprzez optymalizację, która dotyczy

- Optymalizacji charakterystyki kompresji  $y=f(x)$ , która zapewni minimum błędu kwantyzacji  $\delta_e^2$ ,
- Optymalizacji poziomów kwantowania,
- Optymalizacji z ograniczeniami entropijnymi.

Przykład kompresji z logarymiczną krzywą kompresji



Rys.4. Kwantyzator z logarytmiczną charakterystyką kwantyzacji (krzywa kompresji typu A-law)

### Zadania do wykonania

Sygnalem wejściowym jest fraza mowy lub fraza muzyczna (wybierz określoną frazę i nie zmieniaj jej w trakcie ćwiczenia). Oba sygnały można stłumić (podaje się tłumienie w dB). Sygnał nie stłumiony (0dB) posiada próbki o wartościach niewykraczających poza przedział  $[-1; +1]$ .

Sygnał jest podzielony na ramki widoczne na ekranie. Dla każdej ramki podany jest  $SNR[dB]$  - stosunek energii sygnału w ramce do energii błędu kwantowania w dB.

Wynikami symulacji są:  $SNR$  - stosunek energii sygnału w całej przetwarzanej frazie do energii błędu kwantyzacji, oraz  $SNR_{seg}$  - tzw. segmentowy SNR - wartość średnia  $SNR[dB]$  liczonych osobno w każdej ramce. Wynikiem symulacji jest też fraza sygnału skwantowanego - gotowa do odsłuchu.

1. W kwantyzatorze równomiernym ustaw zakres pracy 1,0 (wykorzystujemy wówczas cały zakres pracy przetwornika C/A), oraz tłumienie sygnału wejściowego 0dB.

Wykreśl zależność  $SNR$  i  $SNR_{seg}$  w funkcji liczby poziomów kwantyzacji (2, 4, 7, 8, 9, 16, 32, 64, 128, 256 poziomów) w kwantyzatorze równomiernym. Wyjaśnij różnicę w wartościach  $SNR$  i  $SNR_{seg}$ . Odsłuchaj i oceń subiektywnie jakość sygnału po kwantyzacji. Czy  $SNR$  jest dobrym wskaźnikiem jakości?

2. Powtórz eksperyment opisany w punkcie 1 dla kwantyzatora nierównomiernego z kompresją logarytmiczną (krzywa kompresji typu "A"). Dlaczego stosuje się kompresję logarytmiczną w systemach PCM?

3. Ustaw zakres pracy kwantyzatora równy 1,0, liczbę poziomów kwantyzacji =16, tłumienie sygnału wejściowego =0dB. Zanotuj  $SNR$  i  $SNR_{seg}$  dla sygnału mowy kwantowanego przy użyciu kwantyzatora

- równomiernego,
- nierównomiernego z kompresją logarytmiczną,
- nierównomiernego - o optymalnym położeniu poziomów kwantyzacji, zaprojektowanego
- specjalnie dla przetwarzanej frazy (algorytm Lloyda optymalizacji kwantyzatora).

4. Ustaw zakres pracy kwantyzatora równy 1,0, liczbę poziomów kwantyzacji =16, tłumienie sygnału wejściowego =30dB. Powtórz wszystkie badania z punktu 3.

Dokonaj oceny jaki kwantyzator daje najlepszą jakość sygnału kwantowanego przy tłumieniu 0 dB i tłumieniu 30 dB.

## Literatura:

- [1] S.Haykin, „Systemy telekomunikacyjne”, cz.1 WKiŁ, Warszawa, 2004.
- [2] T.P.Zieliński, „Cyfrowe przetwarzanie sygnałów – od teorii do zastosowań”, WKŁ, Warszawa 2005.
- [3] J.Szabatin, „Podstawy teorii sygnałów” ,WKiŁ, Warszawa,2005.
- [4] R.Tadeusiewicz, „Sygnał mowy” WKiŁ, Warszawa, 1988.
- [5] P.Dymarski " Zaawansowane Techniki Przetwarzania Sygnałów w Telekomunikacji”, materiały pomocnicze do laboratorium dostępne u prowadzącego.