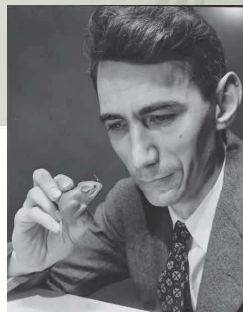


- Co to jest informacja ?
- Słownik Języka Polskiego:
 - 1. «wiadomość o czymś lub zakomunikowanie czegoś»
 - 2. «dział informacyjny urzędu, instytucji»
 - 3. «dane przetwarzane przez komputer»
 - • **informacyjny** • **informacyjnie** • **informacyjność**
 - **informacja genetyczna** «dane o cechach dziedzicznych organizmu zakodowane w genach»
 - **informacja naukowa** «dział nauki zajmujący się opracowywaniem i rozpowszechnianiem danych naukowych dotyczących aktualnego stanu wiedzy w określonej dziedzinie»
 - **nośnik danych, informacji** «fizyczny ośrodek przeznaczony do przechowywania danych, np. w komputerze – dyski magnetyczne i optyczne»
 - **teoria informacji** «dział matematyki stosowanej poświęcony zagadnieniom kodowania, przekazywania i przechowywania informacji»

- Co to jest informacja ?
- Webster's Dictionary:
 - the communication or reception of knowledge or intelligence
 - **a** (1) : knowledge obtained from investigation, study, or instruction (2) : [INTELLIGENCE](#), [NEWS](#) (3) : [FACTS](#), [DATA](#)
 - **b** : the attribute inherent in and communicated by one of two or more alternative sequences or arrangements of something (as nucleotides in DNA or binary digits in a computer program) that produce specific effects
 - **c** (1) : a signal or character (as in a communication system or computer) representing data (2) : something (as a message, experimental data, or a picture) which justifies change in a construct (as a plan or theory) that represents physical or mental experience or another construct
 - **d** : a quantitative measure of the content of information; *specifically* : a numerical quantity that measures the uncertainty in the outcome of an experiment to be performed
 - : the act of [informing](#) against a person
 - : a formal accusation of a crime made by a prosecuting officer as distinguished from an indictment presented by a grand jury



- Co to jest informacja ?
- Claude Edwood Shannon, 1948
 - „*A Mathematical Theory of Communication*”
 - Kodowanie źródła
 - Kodowanie kanału
 - Przepustowość informacyjna kanału
- Informacja <-> miara niepewności

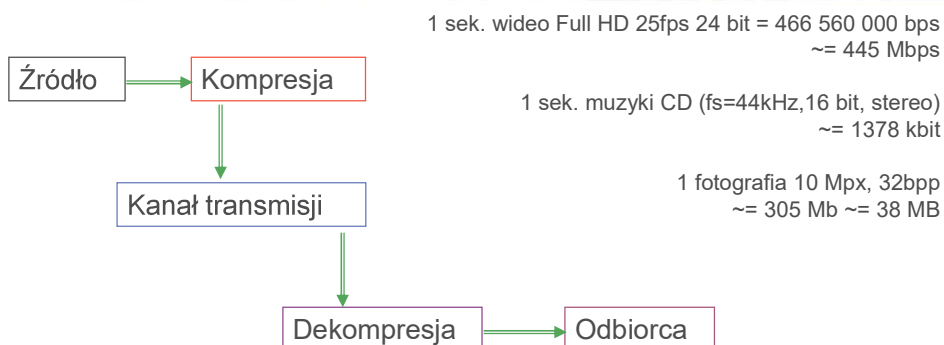
- Sygnał jest nośnikiem informacji
- Redundancja
 - „Dz ń d br P ństw ”

- Sygnał jest nośnikiem informacji
- Redundancja
 - „Dz ń d br P ństw ”
 - „Dzień dobry Państwu”

- Sygnał jest nośnikiem informacji
- Redundancja - nadmiarowość
 - „Dz ń d br P ństw ”
 - „Dzień dobry Państwu”
- Nadmiarowość kosztuje, więc się jej pozbywamy:
 - Kompresja sygnałów (kodowanie źródła)



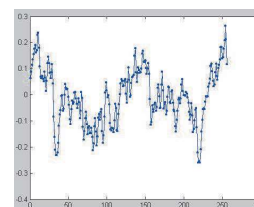
STANDARDOWE TECHNIKI KOMPRESJI SYGNAŁÓW



1. Metody bezstratne
2. Metody stratne

Kodowanie entropowe

EC, ang. *Entropy Coding*



$$s(n) \in \{s_m\}_{m=1}^M$$

Ilość informacji stowarzyszona z komunikatami $\{s_m : m=1, \dots, M\}$ wynosi $I(m) = -\log_2 p_m$, gdzie p_m jest prawdopodobieństwem wystąpienia s_m , a jej miarą jest ilość bitów.

Średnia ilość bitów potrzebnych do bezstratnego zakodowania komunikatu (**entropia**) jest wartością oczekiwaną

$$H = -\sum_{m=1}^M p_m \log_2 p_m$$

Alfabet Morse'a

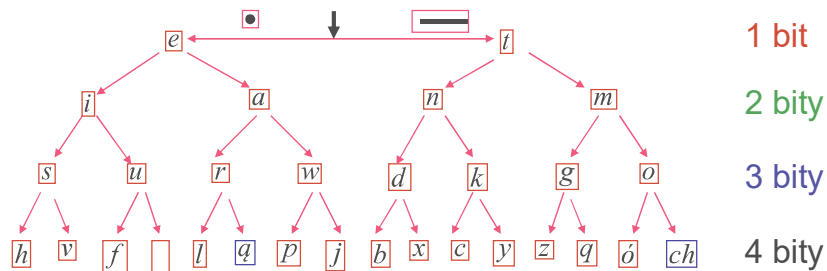
Samuel Finley Breese MORSE (1791-1872) – amerykański malarz i wynalazca

1837 – aparat telegraficzny

1840 - alfabet telegraficzny

1844 – pierwsza na świecie linia

Baltimore - Washington



1 bit

2 bity

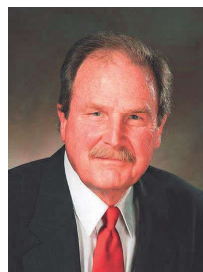
3 bity

4 bity

Kodowanie ze zmienną długością słowa

VLC ang. Variable Length Coding

s_m	p_m
-1	1/8
0	1/4
1	3/8
2	1/4



David A. Huffman

$$H = -\frac{1}{8} \log_2 \frac{1}{8} - \frac{1}{4} \log_2 \frac{1}{4} - \frac{3}{8} \log_2 \frac{3}{8} - \frac{1}{4} \log_2 \frac{1}{4} \approx 1,9$$

Sprawność kodowania

Oczekiwana ilość bitów $H_w = \sum_{m=1}^M b_m p_m$

$$H = -\sum_{m=1}^M p_m \log_2 p_m$$

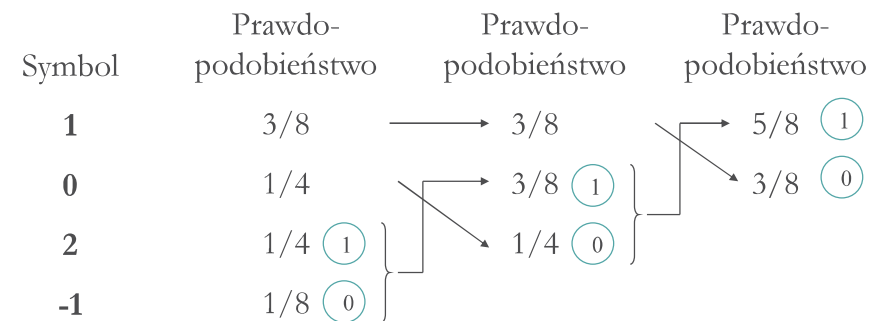
gdzie p_m jest prawdopodobieństwem komunikatu zakodowanego przez symbol posiadający b_m bitów.

Sprawność kodowania $\eta = \frac{H}{H_w} 100\%$

może być co najwyżej równa 100%, bo entropia jest dolną granicą średniej liczby bitów wymaganych do reprezentacji komunikatów.

Przykład algorytmu kodowania metodą Huffmana

1952 rok



Kontynuacja przykładu kodu Huffmana

Symbol	-1	0	1	2
Prawdopodobieństwo	0,125	0,250	0,375	0,250
Kod binarny	110	10	0	111

Przeciętna ilość bitów na symbol $H_w = 1 \cdot \frac{3}{8} + 2 \cdot \frac{1}{4} + 3(\frac{1}{4} + \frac{1}{8}) = 2$

Sprawność kodowania $\eta = \frac{1,9}{2} 100\% = 95\%$

111|111|110|0|0|10|0|0|110
 2 2 -1 1 1 0 1 1 -1

100 % sprawność kodowania gdy prawdopodobieństwa są potęgami 1/2

Prosty przykład kodu Huffmana

p_m gęstość prawdopodobieństwa zmiennej losowej s_m

$$F_m = \sum_{i=1}^m p_i \text{ dystrybuanta}$$

Znak	Prawdopodobieństwo	Kod Huffmana
♂	0,95	1
♀	0,02	00
😊	0,03	01

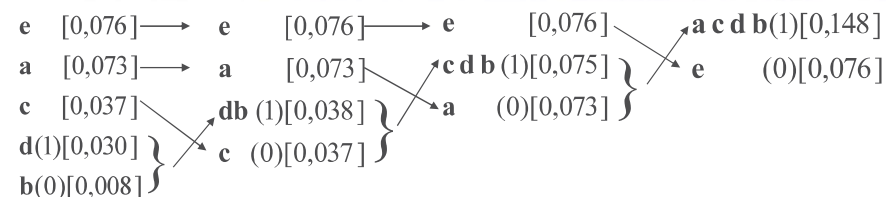
$H = 0,335 \text{ bit/symbol}$

$H_w = 1,05 \text{ bit/symbol}$

Sprawność tylko

$\eta = 31,9\%$

Kolejny przykład kodowania Huffmana



Symbol	a	b	c	d	e
Prawdopodobieństwo	0,073	0,008	0,037	0,030	0,076
Kod binarny	10	1110	110	1111	0

Kod Huffmana sekwencji symboli

Sekwencja symboli	Iloczyn prawdopodobieństw	Kod Huffmana
♂♂	0,9025	1
♂♀	0,0190	000
♂😊	0,0285	011
♀♂	0,0190	0010
♀♀	0,0004	001100
♀😊	0,0006	001110
😊♂	0,0285	010
😊♀	0,0006	001101
😊😊	0,0009	001111

$H = 0,611 \text{ bit/symbol}$

$H_w = 1,222 \text{ bit/symbol}$

sprawność $\eta = 50\%$

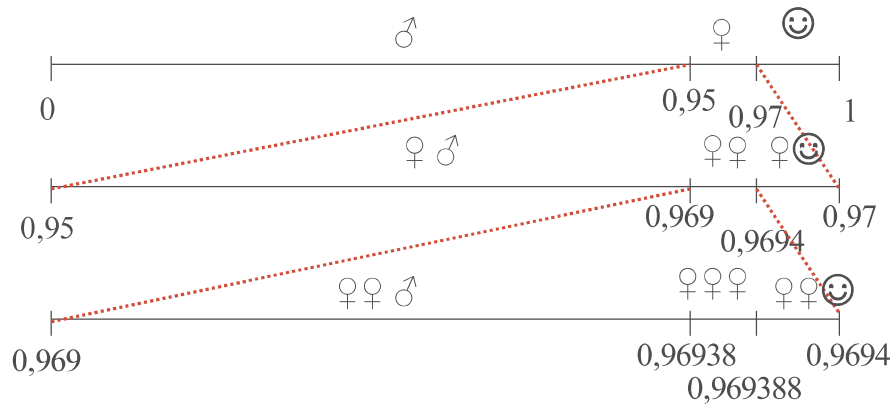
Poprzednio:

$H = 0,335 \text{ bit/symbol}$

$H_w = 1,05$

$\eta = 31,9\%$

Tworzenie sekwencji elementów dla kodowania arytmetycznego



Ilość bitów potrzebna do zakodowania komunikatu jest częścią całkowitą $1 - \log_2 p_n$

17

Kodowanie ciągów

RLC ang. Run Length Coding (RLE)

(v, r) gdzie v (od ang. value) powtarzający się symbol
 r (od ang. run) liczba powtórzeń

1111000111111110001111000000111111111111

(1,1) (0,1) (1,2) (0,1) (1,1) (0,2) (1,3)

1 kod 1111

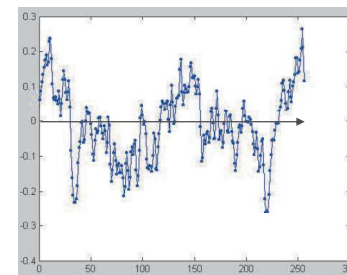
0 kod 000

19

Przykład kodowania arytmetycznego $H_w = 1,5008 \quad \eta = 40,7\%$

Sekwencja symboli	Iloczyn prawdopodobieństw	Granice przedziału	Wartość środkowa w kodzie dziesiętnym	Wartość środkowa w kodzie binarnym	$1 - \log_2 p_n$
♂♂	0,9025	0 - 0,9025	0,45125	0,0111001110000101 0	1,15
♂♀	0,0190	0,9025 - 0,9215	0,912	0,1110100101111000 111010	6,72
♂😊	0,0285	0,9215 - 0,95	0,93575	0,1110111110001101 111011	6,13
♀♂	0,0190	0,95 - 0,969	0,9595	0,1111010110100001 111101	6,72
♀♀	0,0004	0,969 - 0,9694	0,9692	0,111110000011101 111110000011	13,29
♀😊	0,0006	0,9694 - 0,97	0,9697	0,1111100000111110 11111000001	11,70
😊♂	0,0285	0,97 - 0,9985	0,98425	0,1111101111110111 111110	6,13
😊♀	0,0006	0,9985 - 0,9991	0,9988	0,111111111010001 11111111101	11,70
😊😊	0,0009	0,9991 - 1	0,99955	0,1111111111100010 11111111111	11,12

Kodowanie predykcyjne

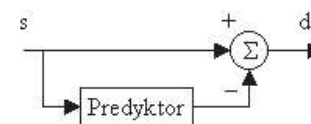


$$p(n) = \sum_{i=1}^r \alpha_i s(n-i)$$

np. z autokorelacji $\beta_i = \sum_n s(n-i) s(n)$

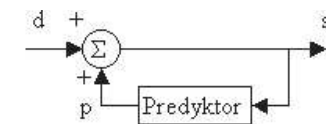
normalizujemy, aby $\sum_{i=1}^r \alpha_i = 1$

czyli $\alpha_i = \frac{\beta_i}{\sum_{i=1}^r \beta_i}$



$$d(n) = s(n) - p(n)$$

NADAWCA

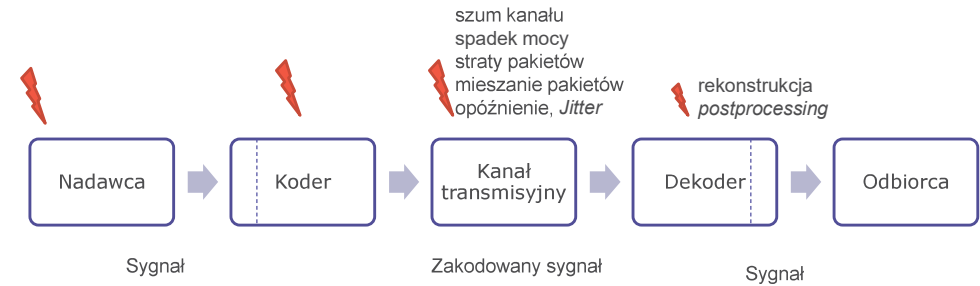


$$s(n) = p(n) + d(n)$$

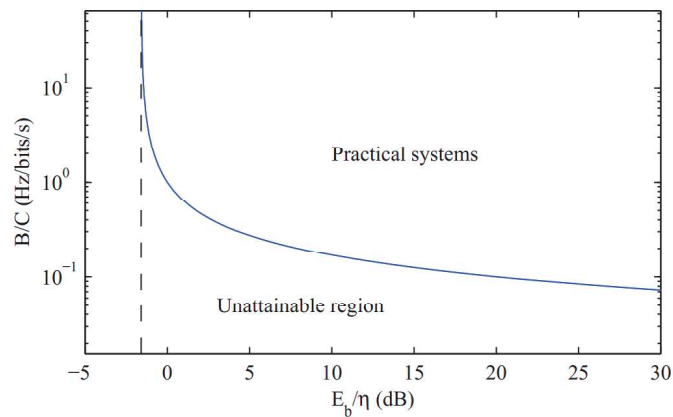
ODBIORCA

20

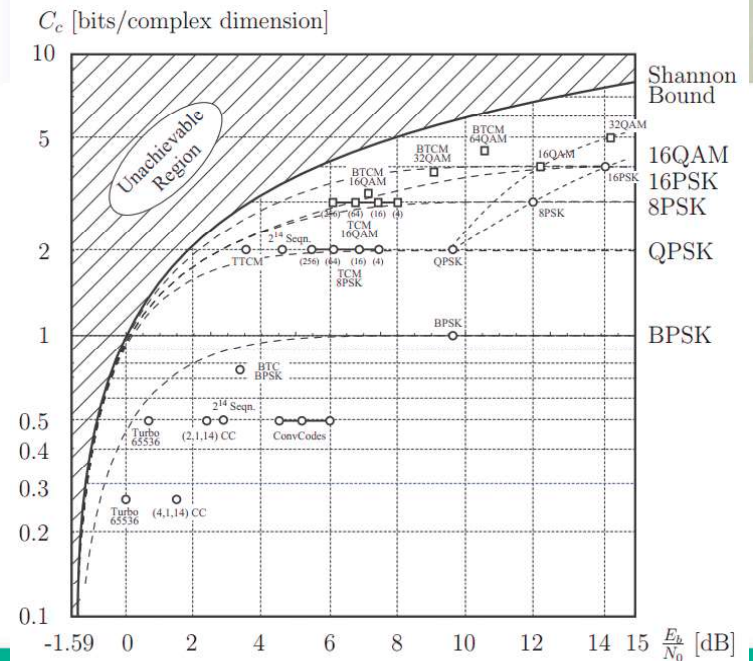
- Algorytmy
 - Kodowanie Huffmana
 - Kodowanie długości sekwencji RLC/RLE
 - Kodowanie predykcyjne LPC
 - Lempel-Ziv-Welch LZW
 - Deflate
- Formaty plików i systemy
 - ZIP, RAR, GIF, PNG, FLAC, ...



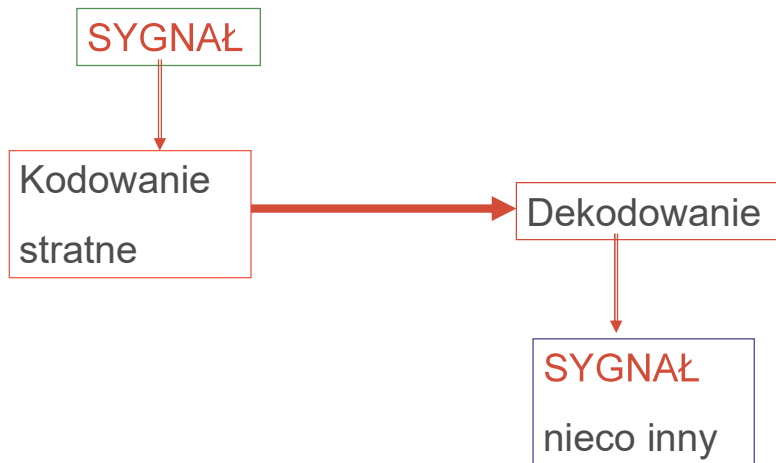
$$C_{bit/s} = B_{Hz} \log_2 \left(1 + \frac{S_{RMS}}{N_{RMS}} \right)$$



$$C_{bit/s} = B_{Hz} \log_2 \left(1 + \frac{S_{RMS}}{N_{RMS}} \right)$$

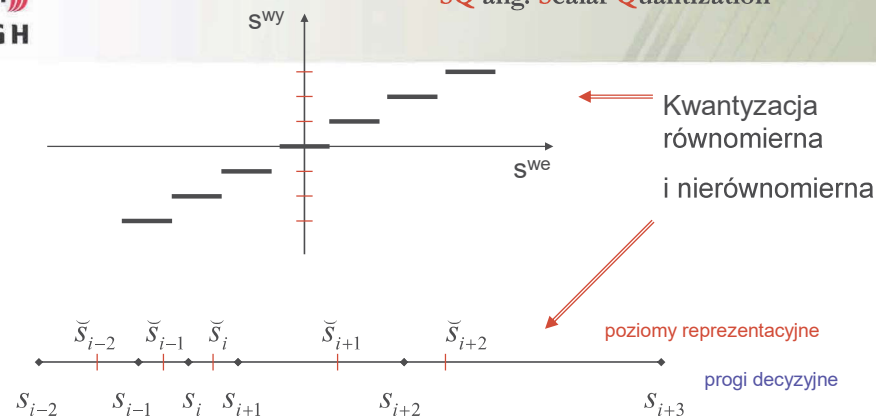


Metody kompresji stratnej



Kwantyzacja skalarna

SQ ang. Scalar Quantization



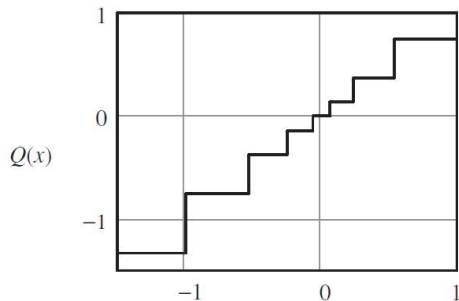
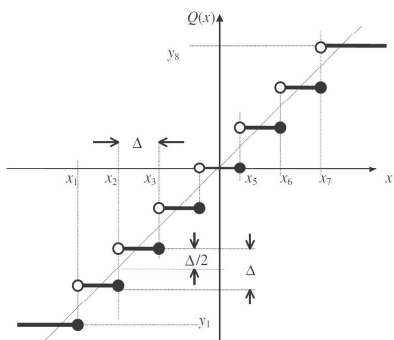
$$s \in \mathfrak{R}_i \subset \mathfrak{R} \Rightarrow Q(s) = \tilde{s}_i \quad \tilde{s}(i) \text{ poziom reprezentacyjny lub kod}$$

gdzie $\mathfrak{R}_i = [s_i, s_{i+1}]$ są rozdzielnymi zbiorami pokrywającymi podzbiór liczb rzeczywistych.

Kwantyzacja skalarna

równomierna

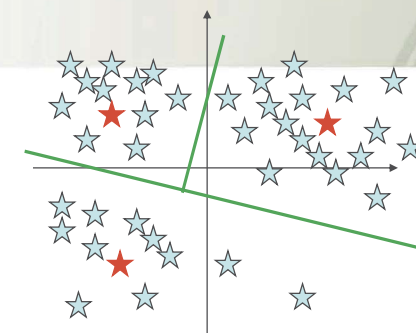
nierównomierna



Algorytm Max-Lloyd'a do wyznaczenia funkcji kwantyzacji $Q(x)$ optymalnej względem $p(x)$.

$$\text{Błąd kwantyzacji: } E\{\|e_Q\|^2\} = \int_{-1}^1 (Q(x) - x)^2 p(x) dx$$

Kwantowanie wektorowe

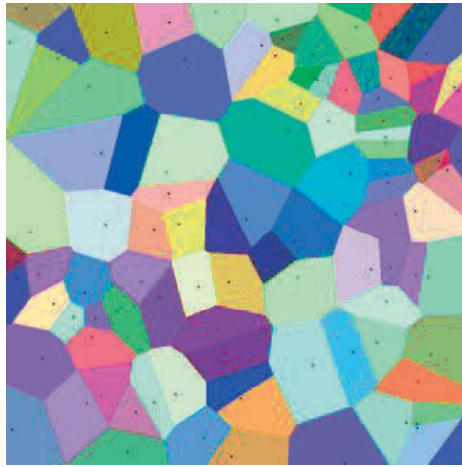


Książka kodowa $Q(x) = x_i$

np. działanie w/g reguły $d(x, x_i) \leq d(x, x_j) \quad \forall j = 1, \dots, M$

M - liczba elementów książki kodowej

Diagram Woronoja (Voronoi Tessellation)



Georgij Feodosjewicz Woronoi
(1868-1908), student Markowa

$$R_i = \{x : d(x, \mu_i) < d(x, \mu_j), i \neq j\}$$

Rys. Wikimedia CC

Modulacja impulsowo-kodowa PCM (ang. Pulse Code Modulation), ITU-T G.711

- Bez kompresji, $Q=8\text{bit}$, $f_s=8\text{kHz}$ – jaki *bitrate* ? ☺
- *Waveform coding* – tutaj: kwantyzacja
 $s_{\text{PCM}}(n) = Q(s_a(n))$
- Nierównomierny rozkład amplitud sygnału mowy
 - Nieoptymalne wykorzystanie kwantyzatora

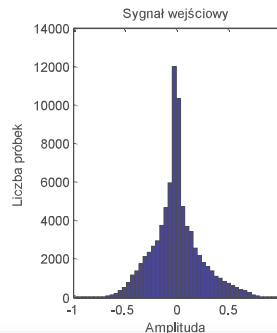
- Wysoki szum kwantyzacji
- Kompresja dynamiki (amplitudy) próbek – komandancja

- μ -Law, $\mu=2^Q-1$

$$s_{\mu\text{-Law}}(n) = \text{sgn}(s(n)) \frac{\ln(1 + \mu|s(n)|)}{\ln(1 + \mu)}$$

- A-Law, $A=87.56$

$$s_{A\text{-Law}}(n) = \text{sgn}(s(n)) \begin{cases} \frac{A|s(n)|}{1 + \ln(A)}, & |s(n)| < \frac{1}{A} \\ \frac{1 + \ln(A|s(n)|)}{1 + \ln(A)}, & \frac{1}{A} \leq |s(n)| \leq 1 \end{cases}$$



Modulacja impulsowo-kodowa PCM (ang. Pulse Code Modulation), ITU-T G.711

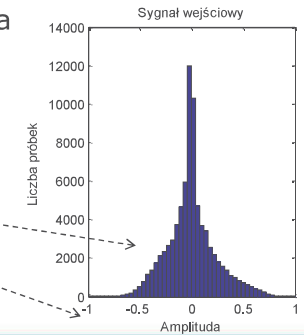
- Bez kompresji, $Q=8\text{bit}$, $f_s=8\text{kHz}$ – jaki *bitrate* ? ☺
- *Waveform coding* – tutaj: kwantyzacja

$$s_{\text{PCM}}(n) = Q(s_a(n))$$

- Nierównomierny rozkład amplitud sygnału mowy
- Nieoptymalne wykorzystanie kwantyzatora
 - Wysoki szum kwantyzacji

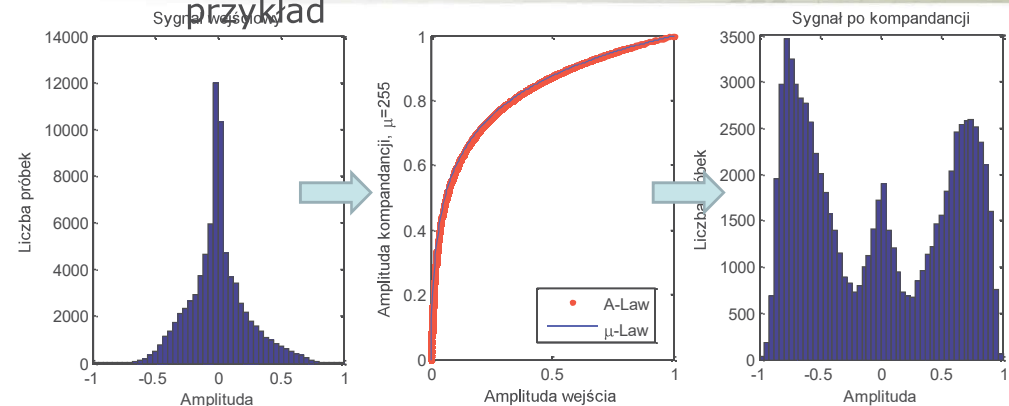
$$E\{\|e_Q\|^2\} = \int_{-1}^1 (Q(s) - s)^2 p(s) ds$$

$$C_{\text{bit/s}} = B_{\text{Hz}} \log_2 \left(1 + \frac{S_{\text{RMS}}}{N_{\text{RMS}}} \right)$$

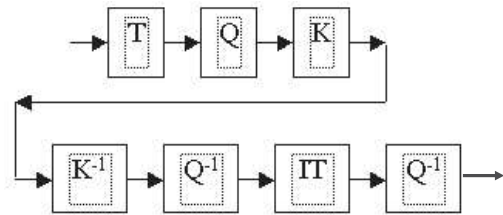


Modulacja impulsowo-kodowa PCM (ang. Pulse Code Modulation), ITU-T G.711

przykład



- Zysk komandancji dla zakresu liniowego $|s(n)| < 1/A$
 $\delta\text{SNR} = 20\log_2(2^4) = 24.1\text{ dB}$, bo $1/A$ odpowiada 4 bitom



T - transformacja

Q - kwantowanie

K – kodowanie
bezstratne

K⁻¹ - dekodowanie

Q⁻¹ - dekwantyzacja

IT- transformacja
odwrotna

34

- Ciąg liczb (wektor, sygnał) można przedstawić jako kombinację liniową innych ciągów (wektorów, sygnałów) bazowych
- Wektory bazowe ortogonalne
- Skoro ortogonalne, to „mało” skorelowane (z definicji)
- Sinusoidy – interpretacja fizyczna – częstotliwość

• DCT:
$$\hat{s}(k) = \sqrt{\frac{2}{N}} c(k) \sum_{n=0}^{N-1} s(n) \cos\left(\frac{(2n+1)k\pi}{2N}\right) \quad k = 0, 1, \dots, N-1$$

uwaga, indeksujemy od „0”

krótkoczasowa Fouriera

$$\hat{s}(f, \tau) = \int_{-\infty}^{+\infty} w(t-\tau) s(t) e^{-2\pi j f t} dt = \int_{-\infty}^{+\infty} w(t-\tau) s(t) (\cos(2\pi f t) - j \sin(2\pi f t)) dt$$

kosinusowa

$$\hat{s}(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} s(t) \cos(2\pi f t) dt$$

falkowa

$$\tilde{s}_\psi(a, b) = \frac{1}{\sqrt{a}} \int_{-\infty}^{\infty} s(t) \psi\left(\frac{t-b}{a}\right) dt$$

35

DCT, ang. *Discrete Cosine Transform*

$$\hat{s}(k) = \sqrt{\frac{2}{N}} c(k) \sum_{n=0}^{N-1} s(n) \cos\left(\frac{(2n+1)k\pi}{2N}\right) \quad k = 0, 1, \dots, N-1$$

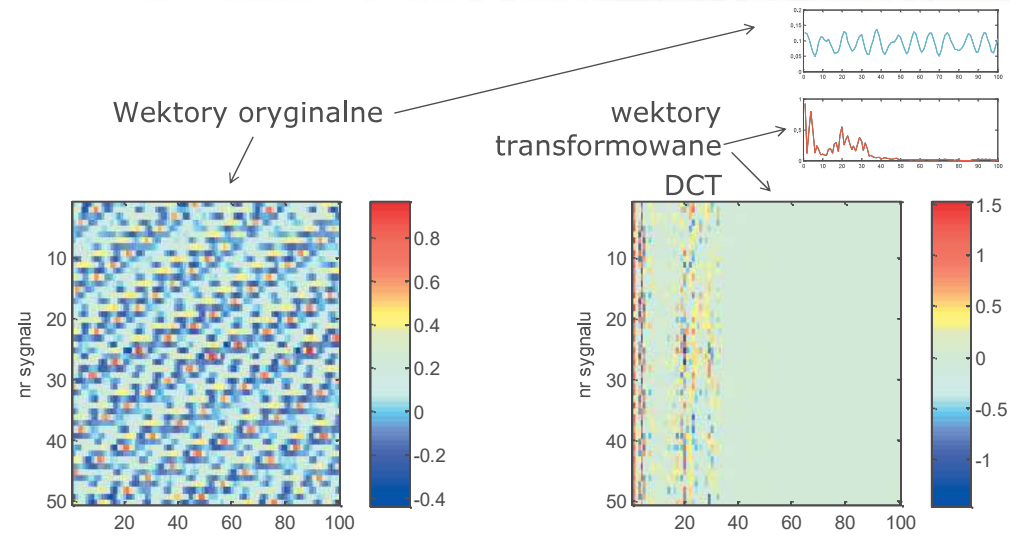
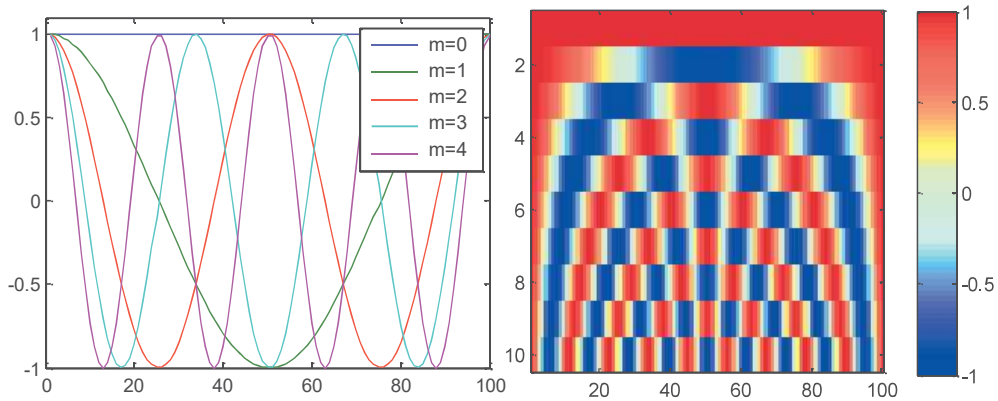
gdzie
$$c(k) = \begin{cases} 1/\sqrt{2} & \text{dla } k = 0 \\ 1 & \text{dla } k \neq 0 \end{cases}$$

Transformacja
odwrotna

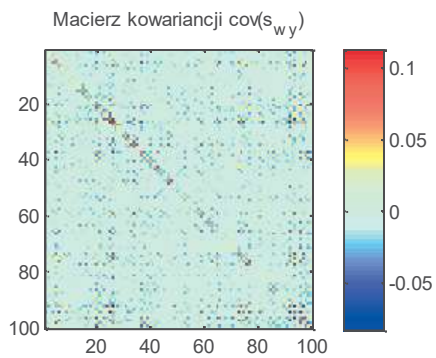
$$s(n) = \sqrt{\frac{2}{N}} \sum_{k=0}^{N-1} c(k) \hat{s}(k) \cos\left(\frac{(2n+1)k\pi}{2N}\right)$$

37

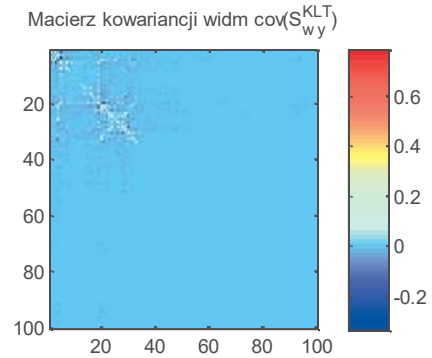
$$\hat{s}(k) = \sqrt{\frac{2}{N}} c(k) \sum_{n=0}^{N-1} s(n) \cos\left(\frac{(2n+1)k\pi}{2N}\right) \quad k = 0, 1, \dots, N-1$$



Kowariancja wektorów

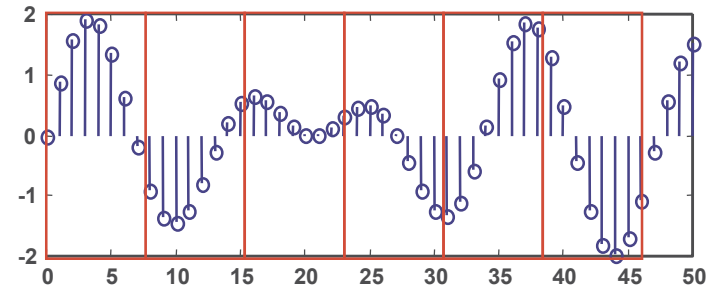


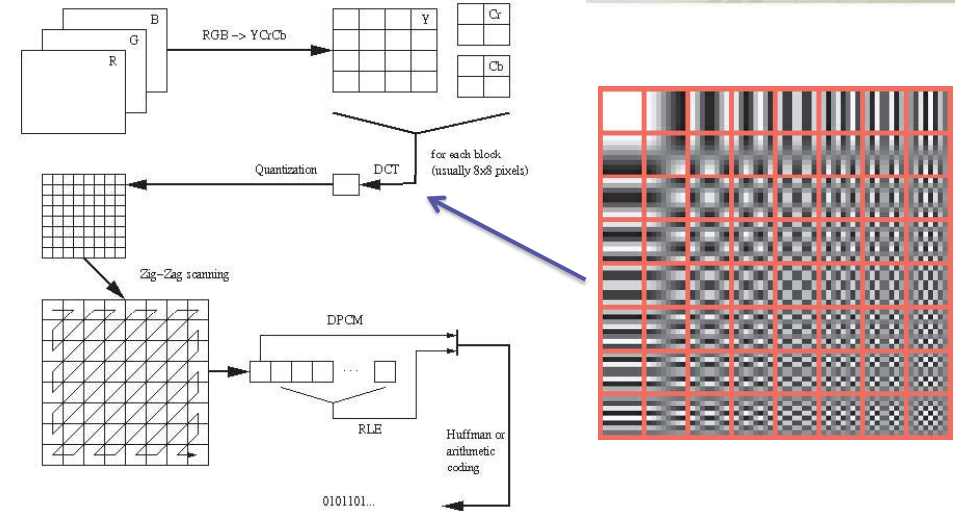
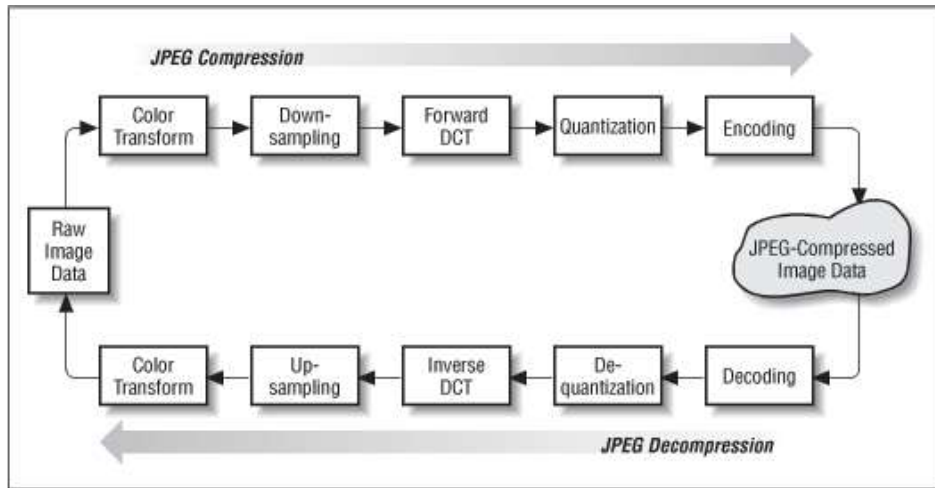
Kowariancja transformat DCT



Dzieląc sygnał na bloki po 8 próbek posługujemy się transformacją

$$s(k) = 0,5 c(k) \sum_{n=0}^7 s(n) \cos((2n+1)k\pi / 16)$$



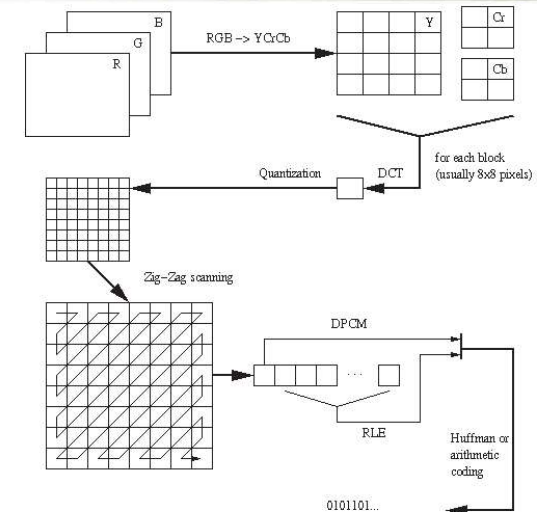


$$G = \begin{bmatrix} -415.38 & -30.19 & -61.20 & 27.24 & 56.13 & -20.10 & -2.39 & 0.46 \\ 4.47 & -21.86 & -60.76 & 10.25 & 13.15 & -7.09 & -8.54 & 4.88 \\ -46.83 & 7.37 & 77.13 & -24.56 & -28.91 & 9.93 & 5.42 & -5.65 \\ -48.53 & 12.07 & 34.10 & -14.76 & -10.24 & 6.30 & 1.83 & 1.95 \\ 12.12 & -6.55 & -13.20 & -3.95 & -1.88 & 1.75 & -2.79 & 3.14 \\ -7.73 & 2.91 & 2.38 & -5.94 & -2.38 & 0.94 & 4.30 & 1.85 \\ -1.03 & 0.18 & 0.42 & -2.42 & -0.88 & -3.02 & 4.12 & -0.66 \\ -0.17 & 0.14 & -1.07 & -4.19 & -1.17 & -0.10 & 0.50 & 1.68 \end{bmatrix}$$

$$B_{j,k} = \text{round} \left(\frac{G_{j,k}}{Q_{j,k}} \right) \text{ for } j = 0, 1, 2, \dots, 7; k = 0, 1, 2, \dots, 7$$

$$Q = \begin{bmatrix} 16 & 11 & 10 & 16 & 24 & 40 & 51 & 61 \\ 12 & 12 & 14 & 19 & 26 & 58 & 60 & 55 \\ 14 & 13 & 16 & 24 & 40 & 57 & 69 & 56 \\ 14 & 17 & 22 & 29 & 51 & 87 & 80 & 62 \\ 18 & 22 & 37 & 56 & 68 & 109 & 103 & 77 \\ 24 & 35 & 55 & 64 & 81 & 104 & 113 & 92 \\ 49 & 64 & 78 & 87 & 103 & 121 & 120 & 101 \\ 72 & 92 & 95 & 98 & 112 & 100 & 103 & 99 \end{bmatrix}$$

$$B = \begin{bmatrix} -26 & -3 & -6 & 2 & 2 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & -2 & -4 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ -3 & 1 & 5 & -1 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ -3 & 1 & 2 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$



Kompresja obrazów

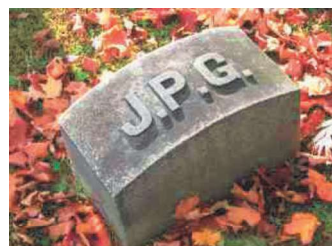
JPEG ang. *Joint Photographic Experts Group*

ISO/IEC IS 10918-1 | ITU-T Recommendation T.81, 1991 rok

Q=100%
R=2.6



Q=25%
R=23



Q=10%
R=46



Q=1%
R=144



Rys. Wikimedia CC

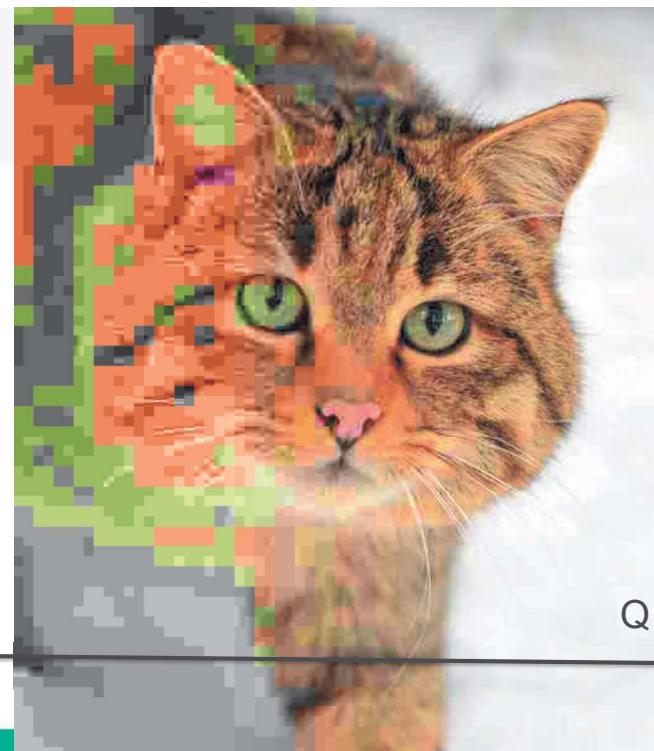
Sygnal audio:

44 100 próbek/sekundę po 16 bitów daje
705 600 bitów/s w jednym kanale

Sygnal telefoniczny:

- Filtrowanie do 4 kHz,
- Próbkowanie 8000 próbek/sekundę,
- Zamiana próbek na 13-bitowe pakiety - strumień 104 kbit/s,
- KOMPRESJA do 13 kbit/s.

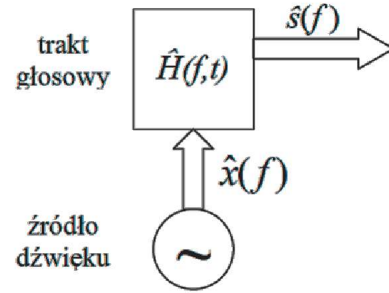
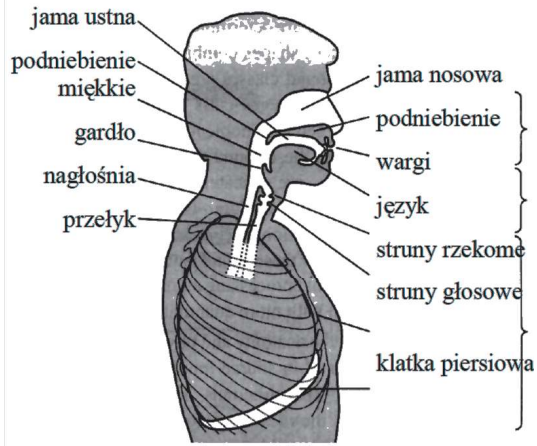
Kompresja 705 600 / 13 000 ~ 54,28



Kompresja audio w GSM

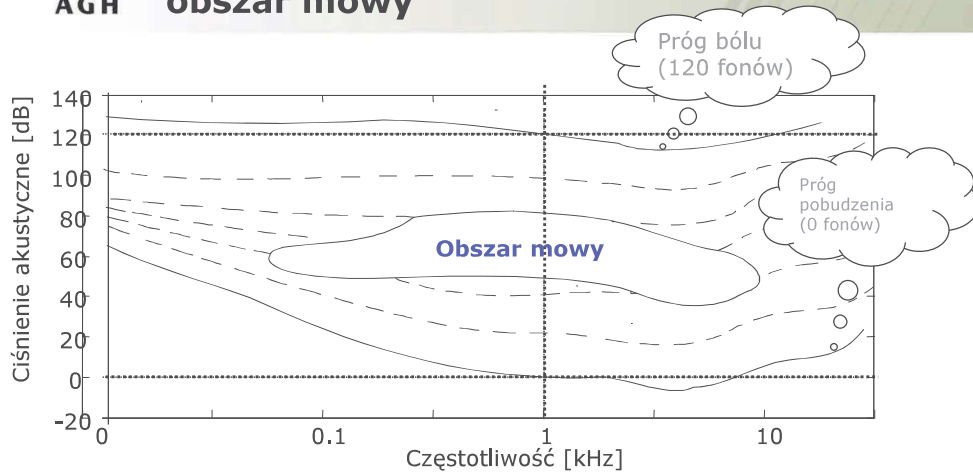
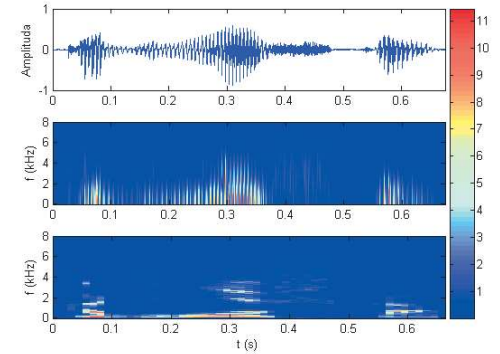
- Sygnal dzielony na bloki po 20 ms,
- Każdy blok kodowany na 260 bitach,
- Biblioteka wzorców (sygnałów wzorcowych) i 104 bity na sygnał wzorcowy,
- 156 bitów opisuje różnicę między wzorcem a oryginałem.

$$260 \text{ bit} \cdot \frac{1}{20 \text{ ms}} = 13 \text{ kbit/s}$$

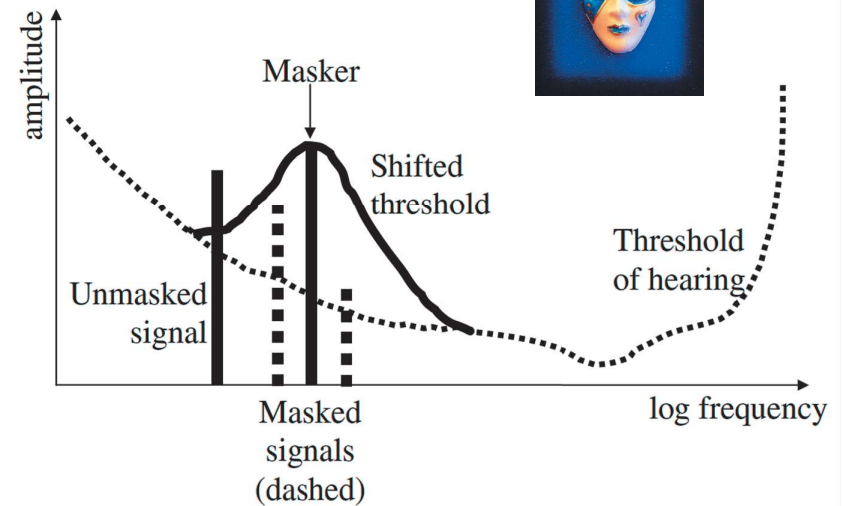


$$\hat{s}(f) = \hat{x}(f) \cdot \hat{H}(f, t)$$

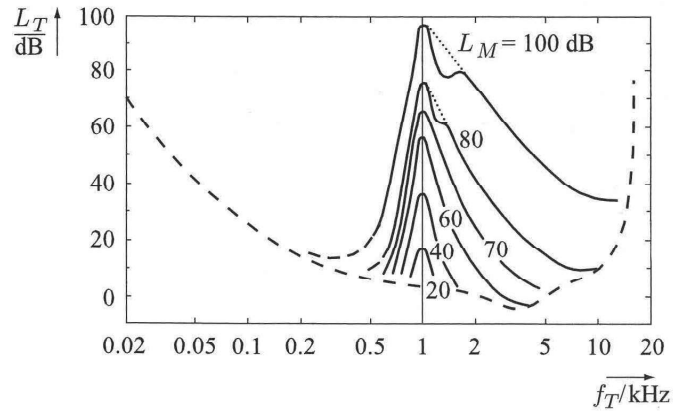
- Dopasowany system komunikacji
- Fizyka, teoria informacji,...
- Zakres częstotliwości:
 - PCM 4000Hz
 - Std. 8000Hz
 - CD 22050Hz
- Dynamika
 - min. 3, 4 bity
 - $6.5 \times 3 \sim 20$ dB



- fragment siatki obiektywnej skali decybelowej,
- - - subiektywna skala fonowa - krzywe izofoniczne
- próg pobudzenia i próg bólu



Maskowanie tonów



Level L_T of a sinusoidal test tone of frequency f_T masked by
 — a sinusoidal masker with $f_M = 1$ kHz
 narrowband noise with level L_M and with critical bandwidth, centered at $f_M = f_c = 1$ kHz ([Zwicker, Fastl 1999])

Maskowanie w czasie - przykłady

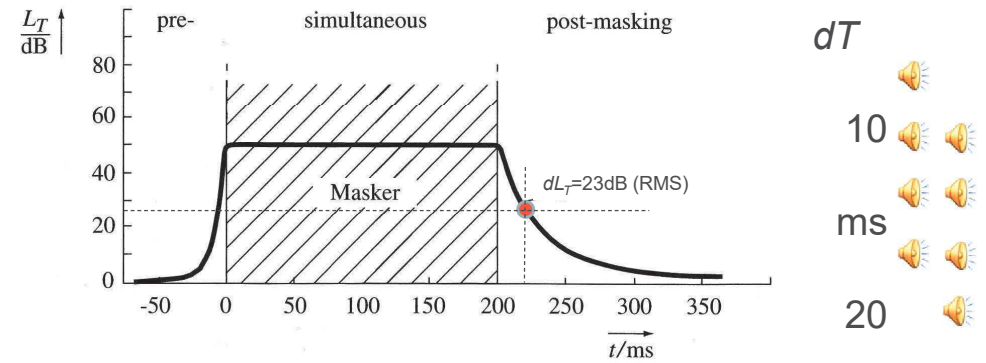
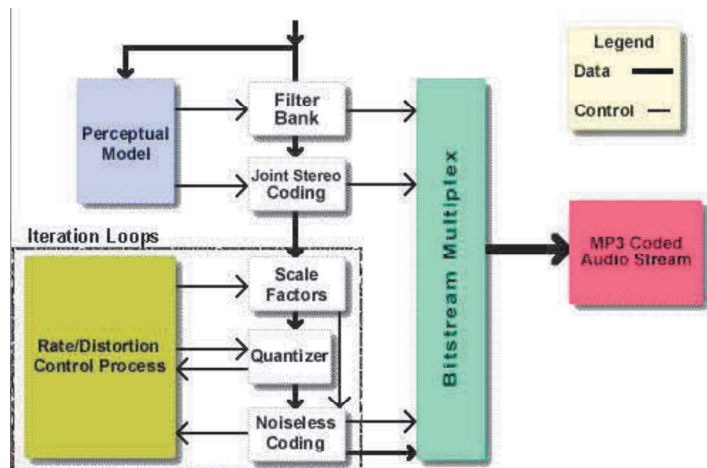


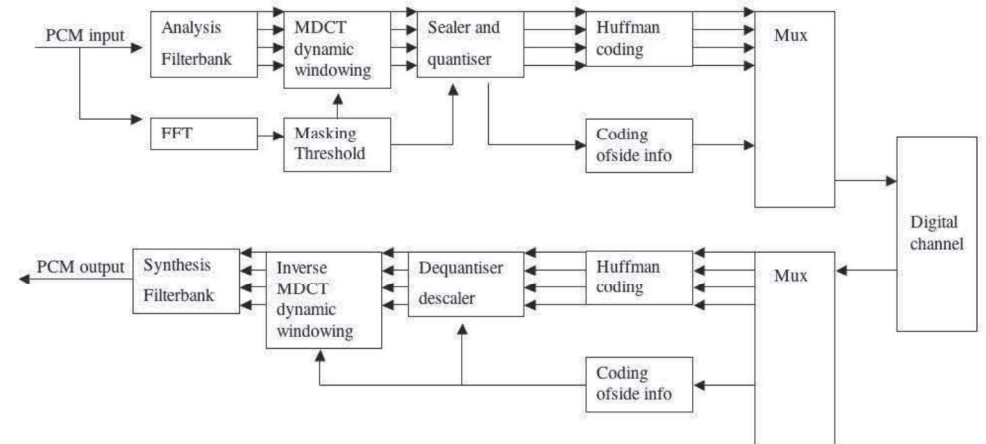
Figure 2.22: Pre- and post-masking: necessary level L_T for the audibility of a sinusoidal burst (test tone) masked by wideband noise (adapted from [Zwicker, Fastl 1999])

Kompresja Audio MPEG (MP3) Fraunhofer Labs

- MPEG-1/MPEG-2 Audio Layer 3



Kompresja Audio MPEG (MP3) ISO

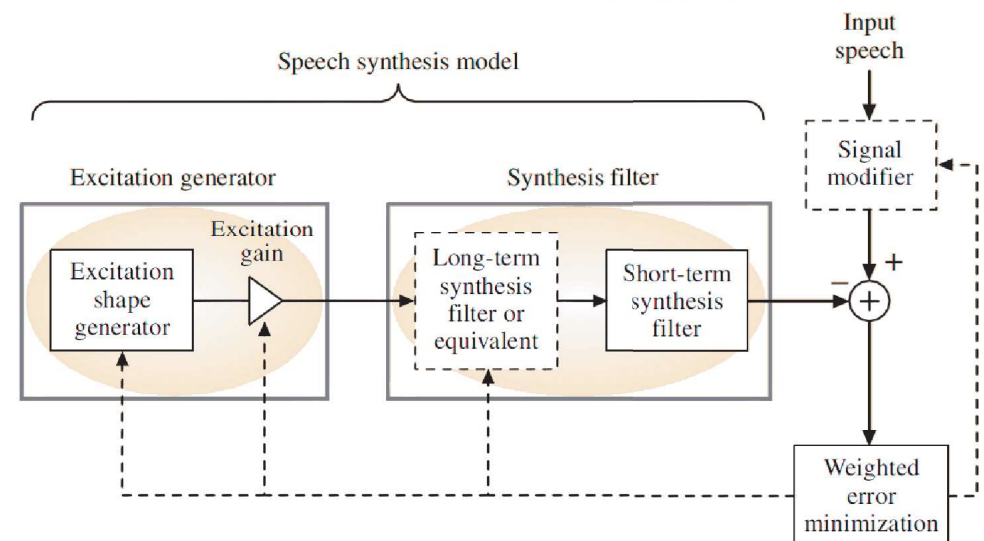


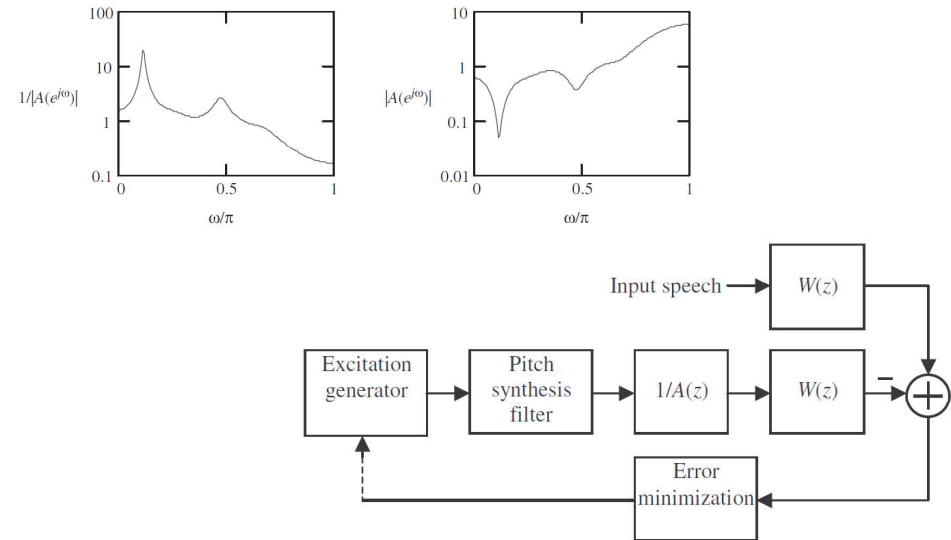
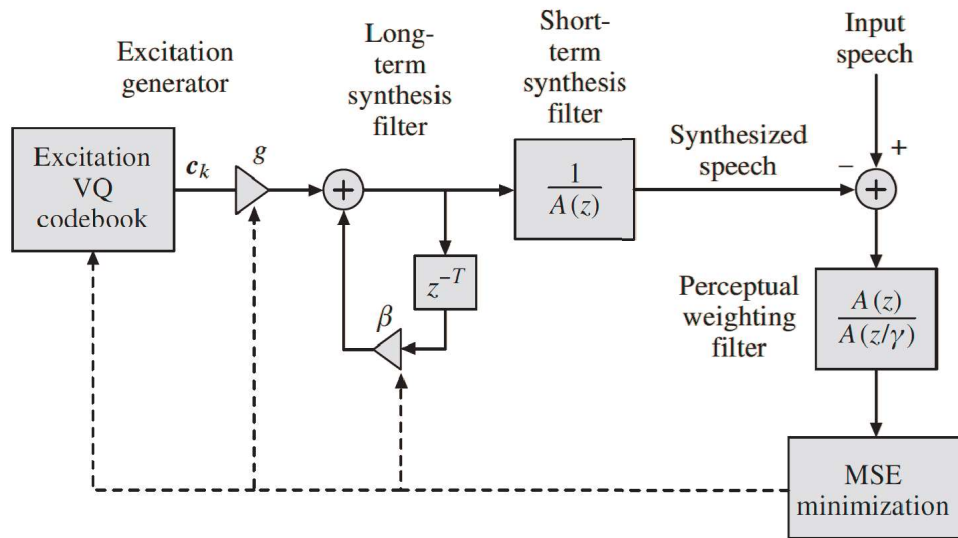
$$X_k = \sum_{n=0}^{2N-1} x_n \cos \left[\frac{\pi}{N} \left(n + \frac{1}{2} + \frac{N}{2} \right) \left(k + \frac{1}{2} \right) \right]$$

- Stałe opóźnienie, małe opóźnienie
 - Opóźnienia transmisji
 - Opóźnienia przetwarzania (kodeka, ramkowania)
- Brak echa i przesłuchów
- Zachowanie treści, barwy, prozodii, dynamiki i cech osobniczych mowy, w każdym języku
- Zachowane pasmo, zachowane harmoniczne, DTMF
- Brak szumów / obecność szumów
- Małe straty pakietów, właściwa kolejność pakietów
 - mniejsze i stałe opóźnienia
- Rozproszenie informacji
 - możliwa rekonstrukcja po stracie pakietu, bitu
- Niskie przepływności bitowe -> duża pojemność systemu
- Łatwość implementacji (koszt energetyczny)

- Występuje w wielu odmianach (ACELP, RCELP, LD-CELP, VSELP, ...)
- Najczęściej stosowana obecnie strategia
- Modelowanie traktu głosowego (predykcja liniowa)...
- ... z kwantyzacją wektorową (VQ) wyników modelowania / modeli odniesienia
- ... z kwantyzacją wektorową (VQ) pobudzenia
- szybką adaptacją parametrów kodera
- i aktywnym psychoakustycznym kształtowaniem szumu
- Zasada działania AbS: „Analiza przez syntezę” (*Analysis by Synthesis*)

- Bit-rate
 - Szerokopasmowe > 10 kbps > Wąskopasmowe
 - stały | zmienny | przełączany
- Metoda kodowania
 - Kodowanie przebiegu (ang. *waveform coders*), np. PCM
 - Kodowanie parametryczne, konieczny model sygnału, np. LP
 - Hybrydowe, np. CELP (*analysis-by-synthesis*)
 - Wielomodalne
- Standardy: ITU, ANSI, ETSI, DoD, RCR_(JP)
 - Np. w GSM 2G, 3G, 4G, 4-24kbps, >8kHz
 - Half-Rate - 5.6 kbps VSELP (*Vector-Sum-Excited LP*), std. GSM-HR
 - Full-Rate - 13 kbps RPE-LTP (*Regular Pulse Excitation - Long Term LP*)
 - Enhanced FR - 12.2 kbps ACELP (*Algebraic Code-Excited LP*)
 - Adaptive Multi-Rate - 4.75-12.2 kbps (ACELP)
 - AMR-WideBand - 6.6-23.85 (ACELP), HD - Voice, G.722.2
- http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_codecs#Voice
- http://en.wikipedia.org/wiki/Comparison_of_audio_codecs





- Kodowanie polega na dopasowaniu pobudzenia (ang. *excitation signal*)
- Ramkowanie 20-30ms
- Stosowanie „pod-ramek” (ang. *sub-frames*)
- Rozmiar książki kodowej – zazwyczaj > 8 bitów
- Wyznaczanie ważonego błędu syntezy w pętli AbS
- *Postfiltering* – krótko i długookresowy
- Adaptacja książki kodowej
- Przeszukiwanie książki kodowej:
 - Algorytmy stochastyczne
 - *State-save*, i inne...