Podstawy Transmisji Cyfrowej PTC

www.tele.pw.edu.pl/potc

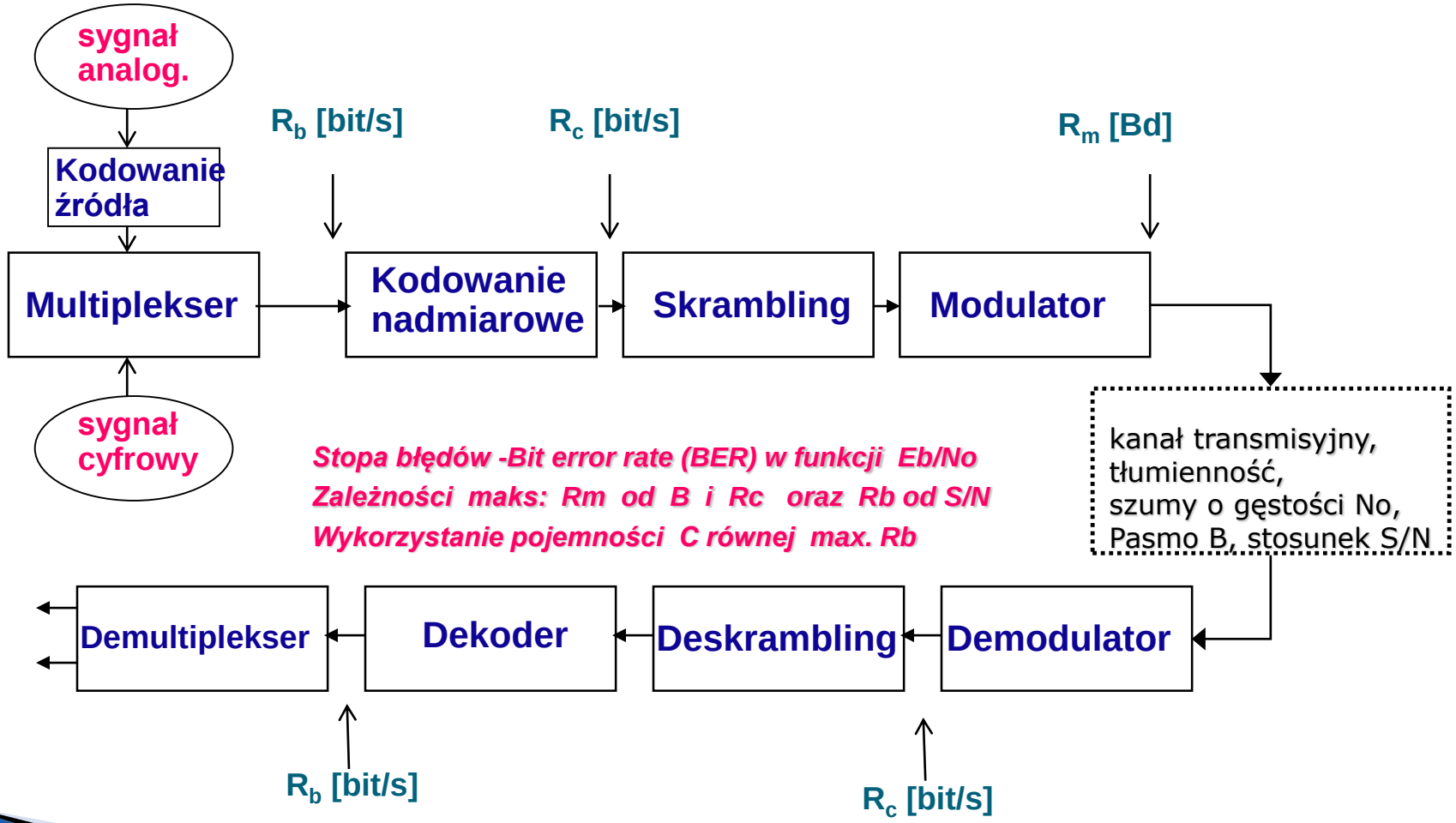
Koordynator: P.Dymarski, śr.10-12, p.513, dymarski@tele.pw.edu.pl

Wykładowcy:

A. Janicki	W2.*Kodowanie źródeł - sygnały audio*
M. Golański	W*3. Kodowanie źródeł- sygnały video*
S. Kula	W4. *Media transmisyjne*
K. Włostowski	W5. 6 . 7 . *Sygnały cyfrowe 1, 2 ,3,* W8*. Sygnały cyfr. 4 (Spread Spectrum),*
P. Dymarski	W1.*Wprowadzenie*, W9 i 10 *Odbiór sygnałów 1 , 2*
	W11*. Odbiór sygnałów 3 (Korekcja adaptacyjna)*
E. Obarska	W12. i 13. *Kodowanie nadmiarowe 1,2*
	W14. *Synchronizacja*

Instytut Telekomunikacji
Wydział Elektroniki i Technik Informacyjnych

W1. Wprowadzenie–System transmisyjny



Stopa błędów -Bit error rate (BER) w funkcji Eb/No

Zależności maks: Rm od B i Rc oraz Rb od S/N

Wykorzystanie pojemności C równej max. Rb

W2. Kodowanie źródeł – sygnały audio

- Definicja pojęć:
  - Źródło
  - Wiadomość
  - Informacja – od czego zależy, jak ją mierzyć?
  - Kodowanie
- Cel kodowania źródła
- Kodowanie bezstratne a kodowanie stratne
- Kompresja – podstawowe parametry
- Przykłady algorytmów kompresji:
  - bezstratnej: algorytmy Huffmana, słownikowe (LZx), arytmetyczne
  - stratnej:
    - z wykorzystaniem kwantyzacji: liniowej, wektorowej, adapt.
    - z wykorzystaniem predykcji (LPC)
    - z wykorzystaniem transformaty: DCT, falkowej, KLT

W2. Kodowanie źródeł – sygnały audio

- Sygnał mowy – informacje ogólne, jak powstaje mowa
- Analiza sygnału audio w dziedzinie czasu i częstotliwości
- Jak słyszymy? Model psychoakustyczny
- Cyfryzacja sygnału audio – próbkowanie i kwantyzacja, fp=8kHz (tw. o próbkowaniu), n=8, stąd R=64 kbit/s
- Techniki kompresji – predykcja liniowa,
- Kodowanie mowy i muzyki – przykłady
- Badanie jakości sygnału mowy (zrozumiałość, MOS….)
- Przykłady przetwarzania sygnału mowy:
  - synteza mowy,
  - rozpoznawanie mowy,
  - rozpoznawanie mówcy.

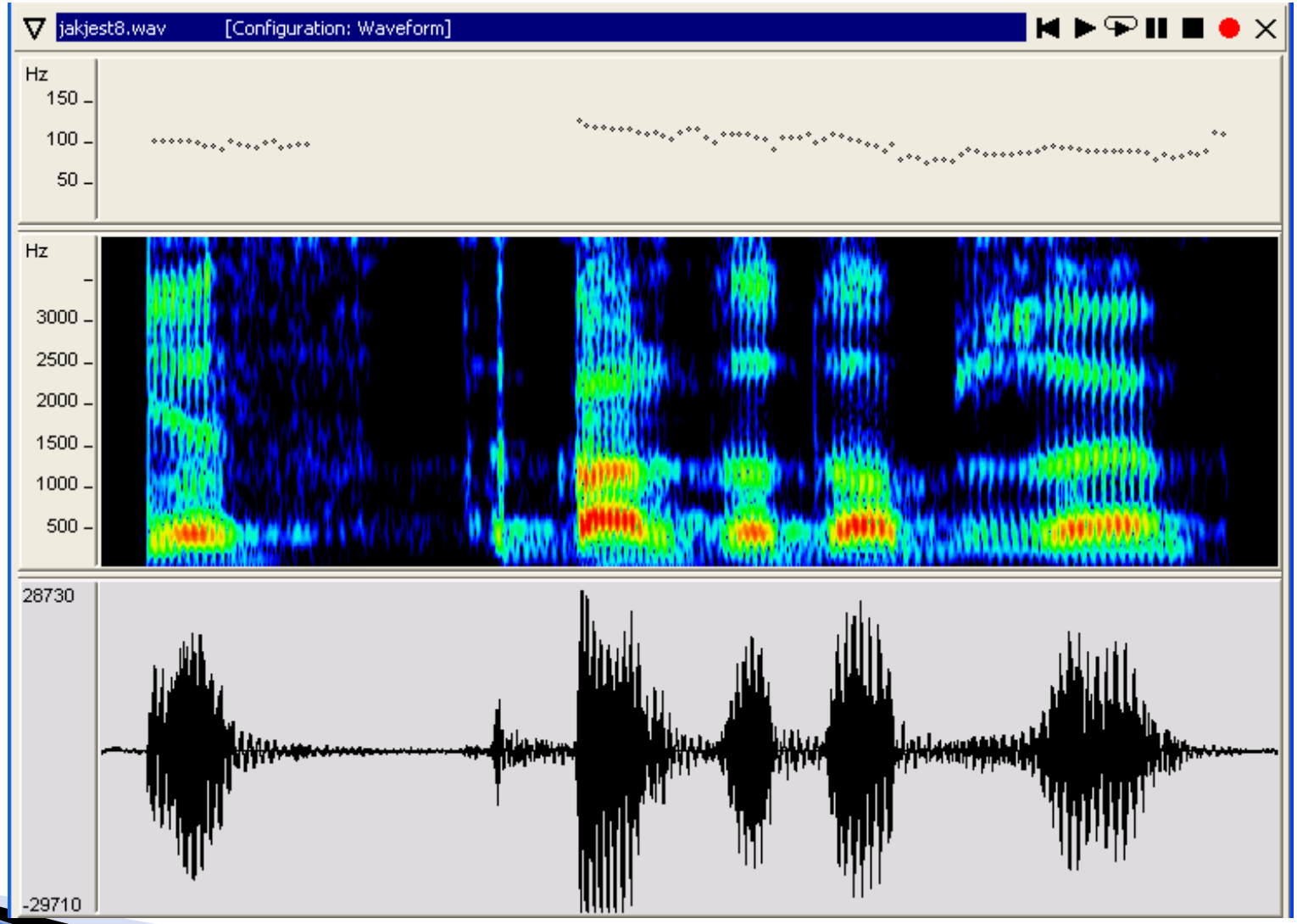
W2. Kodowanie źródeł – sygnały audio

Sygnał mowy – przykład analizy:

Analiza tonu krtaniowego:

Analiza częstotliwo-ściowa (spektrogram):

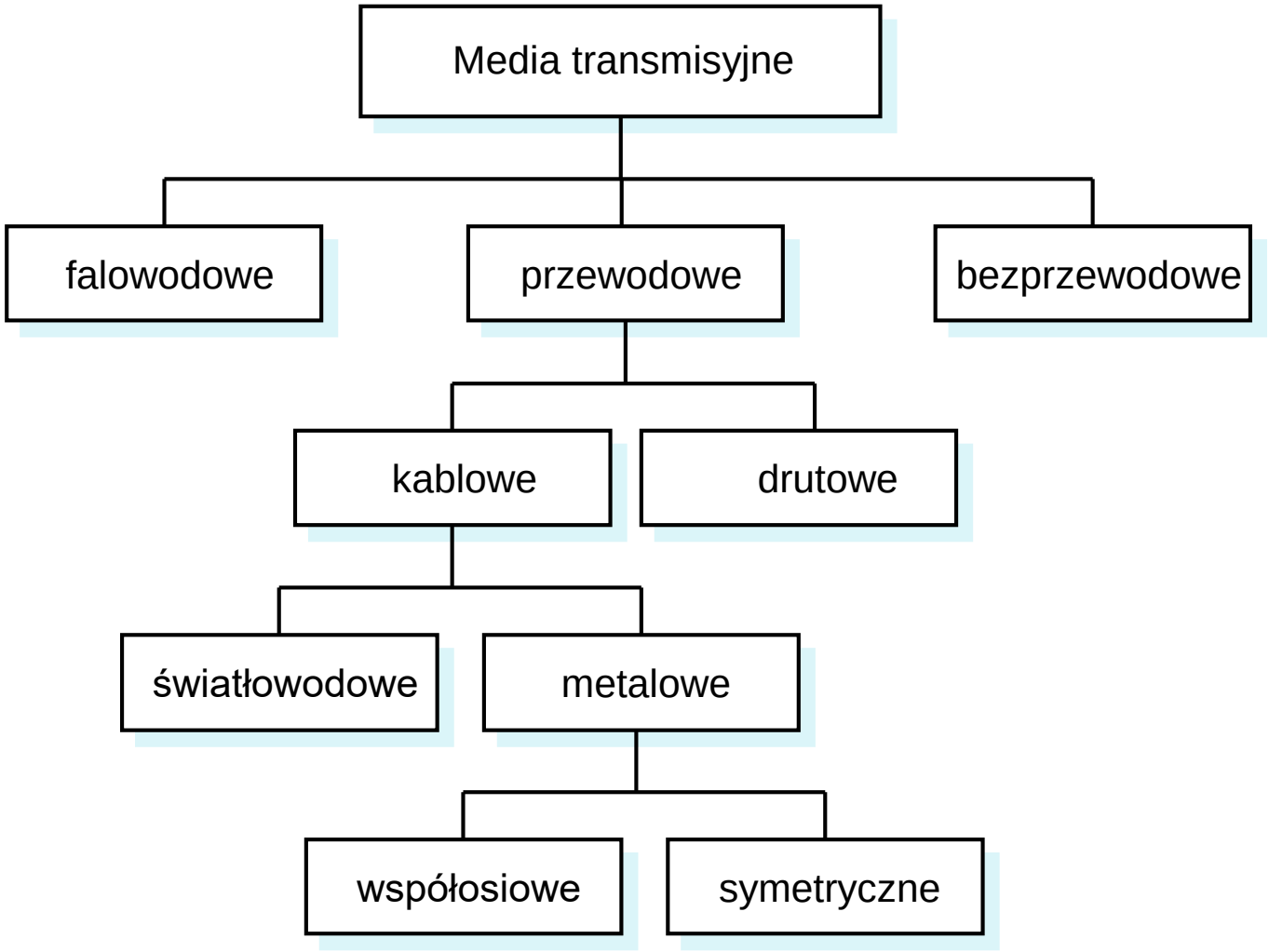
Postać czasowa sygnału mowy:



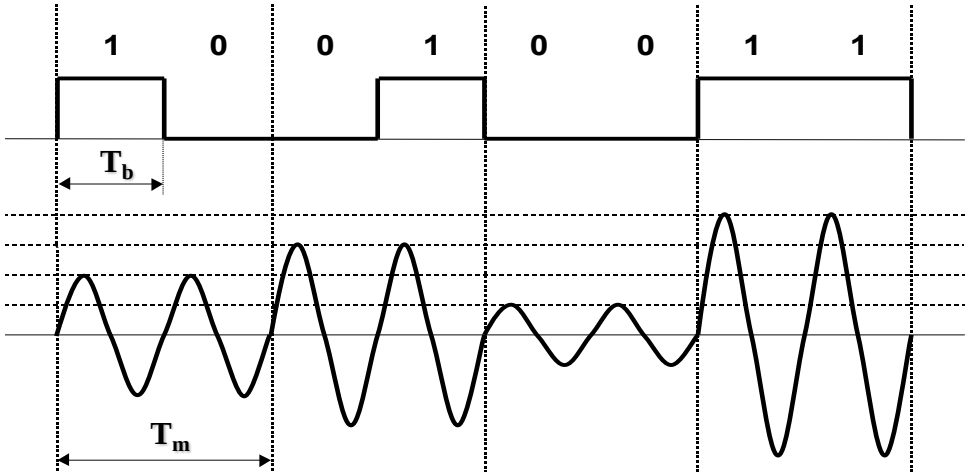
W3. Kodowanie źródeł – sygnały video

- Parametry sygnału video
  - Liczba klatek na sekundę (24, 25, 30, 50, 60)
  - Przeplot
  - Proporcje obrazu (4:3, 16:9….)
  - Liczba pixeli (240*360, 720* 480, 1280*720, 1920*1080)
  - Liczba kolorów podst. (3, 4?), st. kwant., liczba kolorów (64k, 16M)
  - Przepływność binarna (rzędu 1.5Gbit/s dla obrazu HD bez kompr.)
- Kodowanie MPEG-1i MPEG-2, WMV – Windows Media Video
- Kodowanie MPEG-4
  - DivX, XviD, H.264/MPEG-4 AVC
  - Microsoft MPEG-4 V1, V2, V3
- Ocena jakości kompresji video
  - Metody subiektywne (współczynnik jakości obrazu)
  - Metody obiektywne (PSNR – szczytowy stosunek sygnał-szum itp.)

W4. Media transmisyjne



W5. Sygnały cyfrowe



przepływność binarna

$$R_b = 1/T_b \ \text{[bit/s]}$$

szybkość modulacji

$$R_m = 1/T_m \ \text{[Bd]}$$

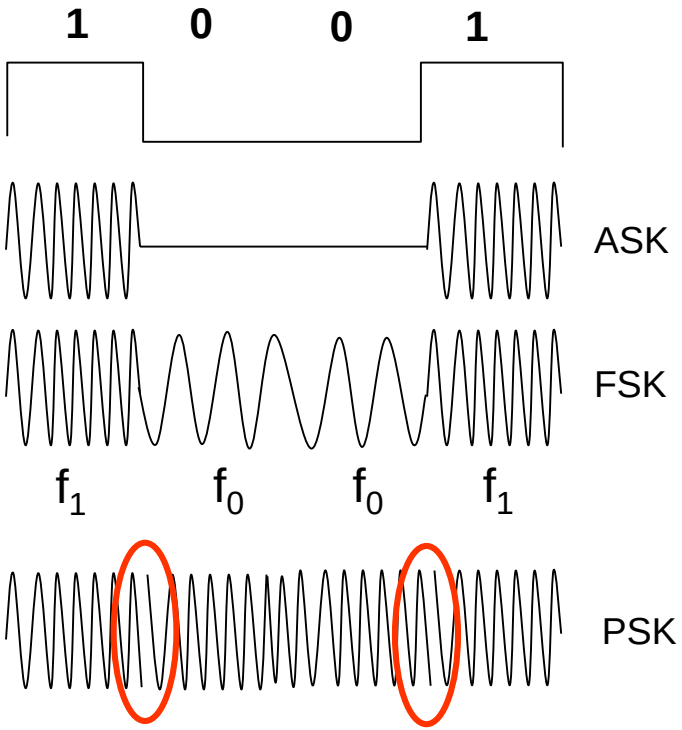
modulacja czterowartościowa (M=4)

$$R_b = R_m \log_2 M$$

- Sygnały naturalne (baseband)
  - impulsy elementarne
  - sygnały okresowe
  - sygnały losowe
- Kodowanie transmisyjne (liniowe)
- Skrambling

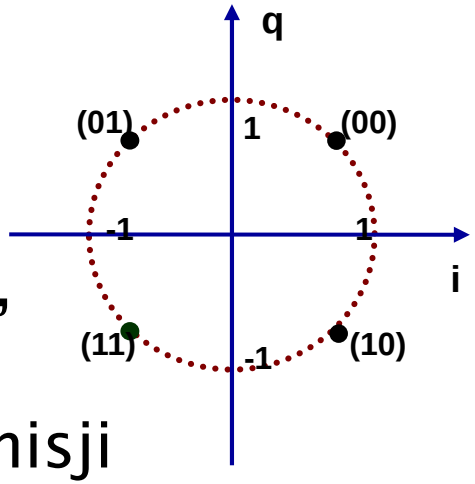
W6. Sygnały cyfrowe

- Sygnały zmodulowane
  - Modulacje binarne proste (ASK, FSK, PSK)
  - Modulacje wielowartościowe
  - Modulacje GMSK, QPSK, OQPSK, π/4QPSK
  - Modulacje mieszane (QAM)
  - Widma sygnałów zmodulowanych



W7. Sygnały cyfrowe

- Sygnały zmodulowane
  - Konstelacja sygnału
  - Generacja sygnałów zmodulowanych, modulator kwadraturowy
  - Efektywność widmowa, jakość transmisji



- Transmisja wieloczęstotliwościowa

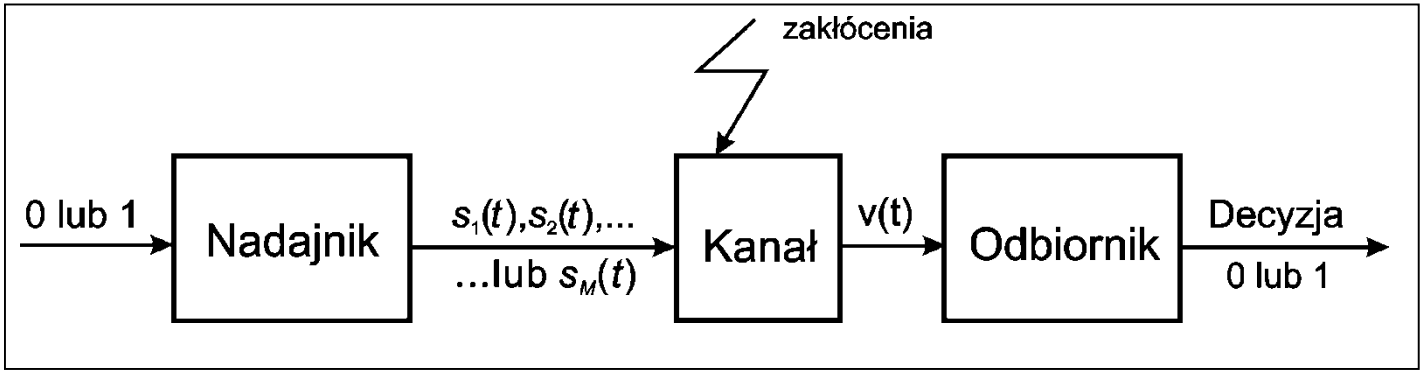
System OFDM (*Orthogonal Frequency Division multiplexing*)

  - Zalety i ograniczenia transmisji wielotonowej
  - Generacja sygnału OFDM
  - Zastosowania

W8 Sygnały cyfrowe Spread Spectrum, zwielokrotnianie

1. Definicja systemu szerokopasmowego z celowym rozpraszaniem widma (ang: *Spread Spectrum System*)
2. Ogólne schematy nadajników i odbiorników
3. Najważniejsze modulacje (DS, FH, TH)
4. Najważniejsze własności systemów DS i FH
5. Przykładowe zastosowania
6. Metody zwielokrotniania sygnałów (częstotliwościowe, czasowe, kodowe)
7. Literatura

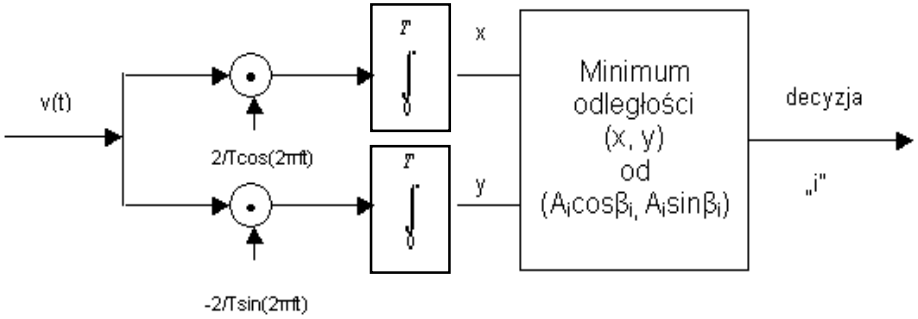
W9. Odbiór sygnałów cyfrowych



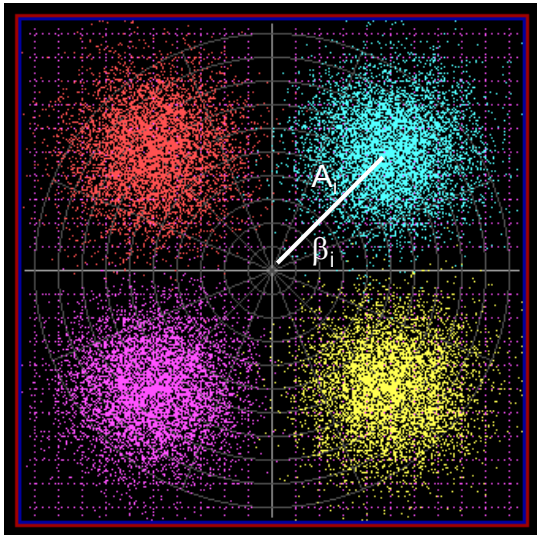
- Funkcje nadajnika i odbiornika, modele kanału.
- Odbiór optymalny symboli binarnych w obecności szumu białego.
- Realizacje odbiornika optymalnego – korelator i filtr dopasowany. Wartość BER.
- Korelator dla modulacji M-wartościowej.
- Przykłady – odbiór sygnałów unipolarnych, bipolarnych.

W10. Odbiór sygnałów cyfrowych

- Odbiór koherentny i niekoherentny sygnałów FSK.
- Odbiór optymalny sygnałów PSK, AM, QAM, AM-PM – odbiornik kwadraturowy.
- Odbiorniki kwadraturowe dla modulacji DPSK.
- Porównanie modulacji: BER jako funkcja wykorzystania pasma i SNR .



odbiornik kwadraturowy



Wyniki odbioru QAM
– punkty (x,y)

W10. Granice transmisji

1. Największa szybkość modulacji (liczba symboli na sekundę) bez interferencji międzysymbolowych

   Nyquist: $R_m < 2B$

2. Największa szybkość transmisji [bit/s] bez błędów binarnych (BER=0)

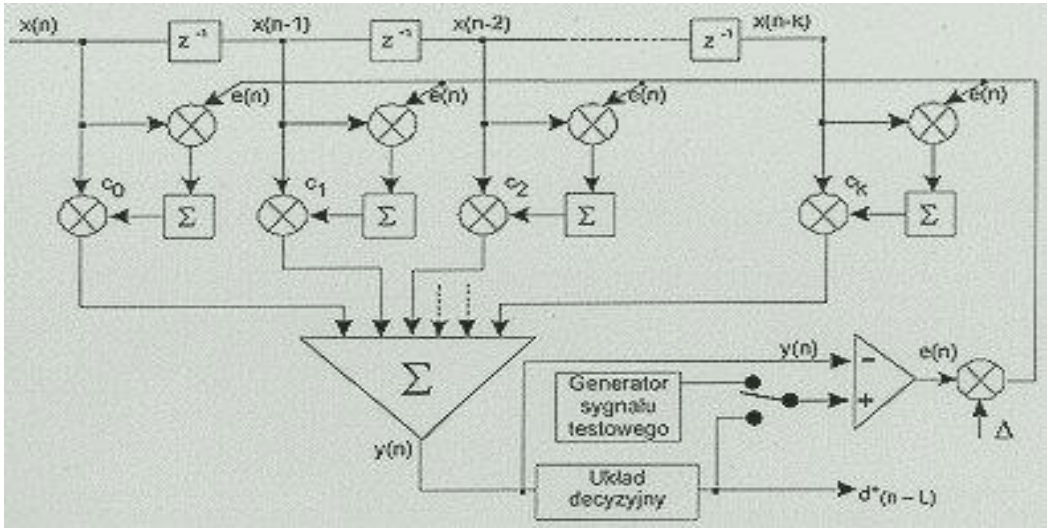
   Shannon: $C = B\log_2(1+\frac{S}{N})$

3. Graniczna efektywność widmowa [bit/s/Hz]

4. Graniczna odporność na zakłócenia $SNR_0=f(SNR)$

W11. Adaptacyjna korekcja sygnałów

- Interferencje międzysymbolowe ISI (*Intersymbol Interference*) – model systemu
- Minimalizacja prawdopodobieństwa błędu w kanale AWGN przez kształtowanie widma sygnału
- Korekcja kanałów dyspersyjnych w dziedzinie częstotliwości
- Adaptacyjna korekcja kanałów w dziedzinie czasu
  - Realizacja z wykorzystaniem korektora transwersalnego



W12. Kodowanie nadmiarowe

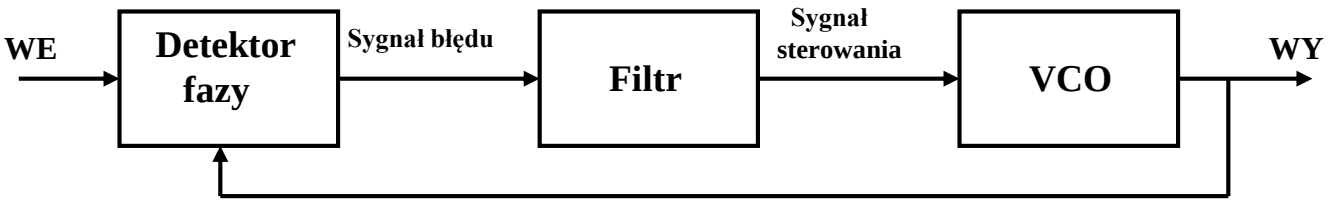
- Podstawowe informacje (klasyfikacja) z teorii kodów
- Kody blokowe w tym cykliczne i wielomianowe i Reeda-Solomona
- Kody splotowe w tym turbo-kody
- Modulacje kodowane kratowo (TCM-trellis coded modulation),
- Dekodowanie twardo i miękko-decyzyjne
- Algorytm Viterbiego

W13. Kodowanie nadmiarowe

- Systemy ARQ (Automatic Repeat Request)
  - wykrywanie błędów i żądanie retransmisji błędnego bloku
  - retransmisje zmniejszają efektywną szybkość transmisji
- Systemy FEC (Forward Error Correction)
  - wykrywanie i korekcja błędów
  - zła korekcja może zwiększyć liczbę błędów
  - parametry (zysk kodowy) wybranych kodów
- Systemy hybrydowe ARQ
  - połączenie FEC i ARQ

W14. Synchronizacja

- Cel i rodzaje synchronizacji
- Synchronizacja z wykorzystaniem układów PLL (*Phase Locked Loop*)
  - Analogowa pętla fazowa
  - Dyskretna pętla fazowa
  - Rodzaje detektorów fazy i VCO



- Metody odtwarzania fali nośnej
- PLL w odtwarzaniu elementowej skali czasu

Literatura

Podstawy Transmisji Cyfrowej, praca zbiorowa pod kierunkiem A. Dąbrowskiego i P.Dymarskiego , *skrypt PW 2013*

Systemy telekomunikacyjne, S. Haykin, WKiŁ 1998

Materiały do wykładów

www.tele.pw.edu.pl/potc

Zaliczenie przedmiotu

Egzaminy pisemne – ok.12 pytań/zadań

Zakres wymagań – na stronie www przedmiotu

Zadania i przykłady pojawią się na wykładach!