



Politechnika Wroclawska

Niezawodność i diagnostyka systemów cyfrowych

projekt - lato 2019/20

Jacek Jarnicki

jacek.jarnicki@pwr.edu.pl



Zajęcia wprowadzające

1. **Cel zajęć projektowych**
2. **Etapy realizacji projektu**
3. **Tematy zadań do rozwiązania**
4. **Podział na grupy, wybór tematów, organizacja zajęć**
5. **Wymagania szczegółowe**



Cel zajęć projektowych

1. **Poznanie metod komputerowego modelowania losowości i napisanie oprogramowania umożliwiającego symulację pracy wybranych systemów transmisji informacji w postaci cyfrowej (środowisko Matlab).**
2. **Zastosowanie wybranych metod umożliwiających analizę statystyczną danych zebranych z eksperymentu, wykonanego przy pomocy symulatora opracowanego w punkcie 1 (proponowane środowisko - Matlab lub SAS).**
3. **Wykorzystanie wyników analizy statystycznej do optymalizacji parametrów systemu**



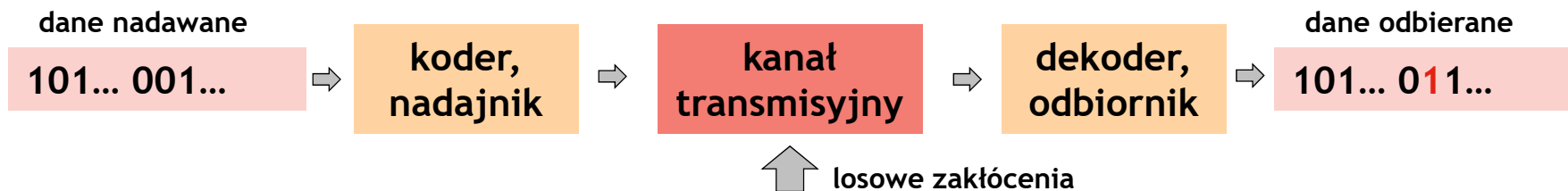
Etapy realizacji projektu

1. Zbudowanie modelu symulacyjnego i symulatora systemu transmisji informacji
2. Wykonanie eksperymentu symulacyjnego i rejestracja jego wyników,
3. Statystyczna analiza wyników eksperymentu,
4. Optymalizacja wybranych parametrów systemu
5. Opracowanie sprawozdania końcowego.



System transmisji danych cyfrowych

Schemat systemu transmisji danych binarnych



Przykładowe problemy:

- Czy odebrano to co zostało nadane ? Ile jest błędów powstałych w wyniku zakłóceń (BER - Bit Error Rate - liczba bitów odebranych błędnie/liczba przestanych bitów) ?
- Ile bitów danych jest transmitowanych w jednostce czasu ?
- Co zrobić aby uniknąć przerwania transmisji, na przykład w wyniku utraty synchronizacji odbiornika z nadajnikiem ?



Tematy zadań projektowych

1. Transmisja w systemie ARQ (*Automatic Repeat Request*)
2. Transmisja w systemie FEC (*Forward Error Correctioin*)
3. Przesyłanie informacji z wykorzystaniem modulacji PSK (*Phase-Shift Keying*)
4. Unikanie utraty synchronizacji przy pomocy randomizacji (*Scrambling*)



Temat 1: System ARQ (*Automatic Repeat Request*) - najprostszy przykład

Koder:

1. Dane grupowane są w pakiety po n bitów
2. Dla każdego pakietu dodawany jest na końcu bit parzystości (bit ma wartość 1 gdy liczba jedynek jest nieparzysta, 0 - w.p.p)

Dekoder:

Dla odebranego pakietu wyliczany jest bit parzystości:

- jeśli jest on zgodny z bitem parzystości, który został odebrany, pakiet traktowany jest jako przesłany bezbłędnie,
- w.p.p. wysyłane jest do nadajnika żądanie ponownej transmisji pakietu

Problemy:

Jaki długi powinien być pakiet ? Czy bit parzystości jest najlepszą charakterystyką zawartości pakietu danych ?



Temat 2: System FEC (*Forward Error Correctioin*) - najprostszy przykład

Koder:

Kolejny transmitowany bit jest potrajany (0 - 000, 1- 111)

Dekoder:

Dla kolejnej, odebranej trójki bitów podejmowana jest decyzja przy pomocy algorytmu głosującego:

- jeśli trójka zawiera co najmniej dwa zera, to wynikiem jest zero,
- jeśli trójka zawiera co najmniej dwie jedynki, to wynikiem jest jeden

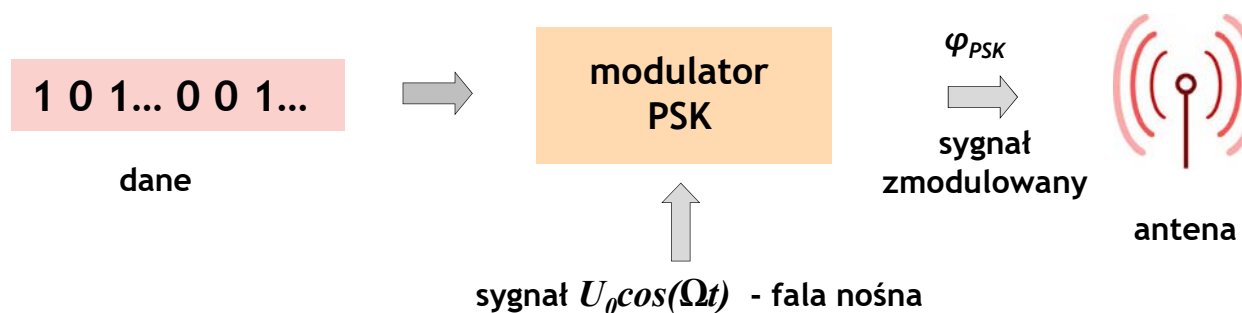
Problem:

Czy bity dodatkowe nie mogą być dodawane w inny sposób i czy musi ich być tak dużo?



Temat 3: Modulacja PSK (*Phase-Shift Keying*) - najprostszy przykład

Zasada działania modulatora

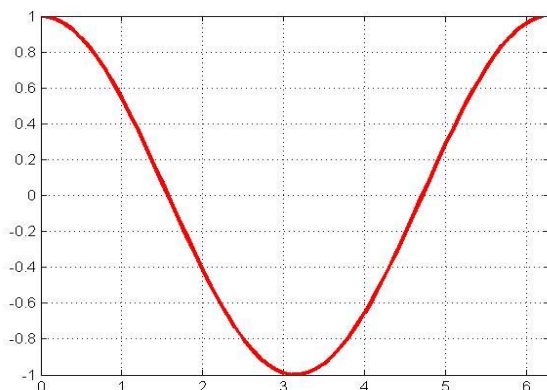


Najprostszy przypadek modulacji PSK - modulacja BSK (*Binary Phase-Shift Keying*). Algorytm modulacji polega na przesuwaniu fazy sygnału fali nośnej według reguły opisaną wzorem:

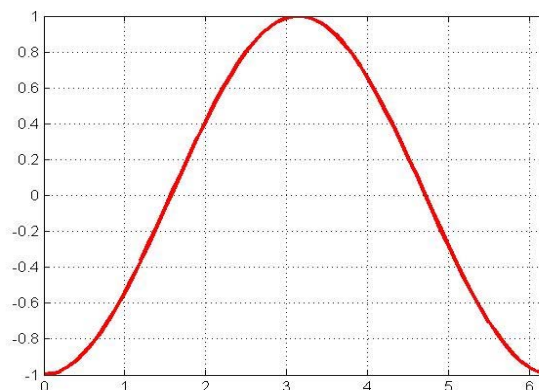
$$\varphi_{BSK} = \begin{cases} U_0 \cos(\Omega t) & \text{gdy kodowane jest } 1 \\ U_0 \cos(\Omega t + \pi) & \text{gdy kodowane jest } 0 \end{cases}$$



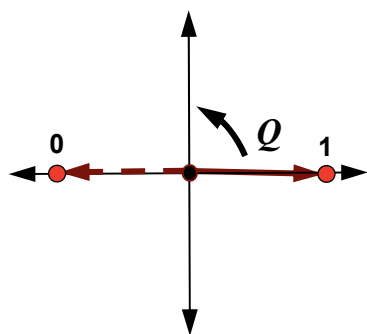
Modulacja PSK (*Phase-Shift Keying*) - najprostszy przykład



Fala nośna zmodulowana sygnałem „1”



Fala nośna zmodulowana sygnałem „0”



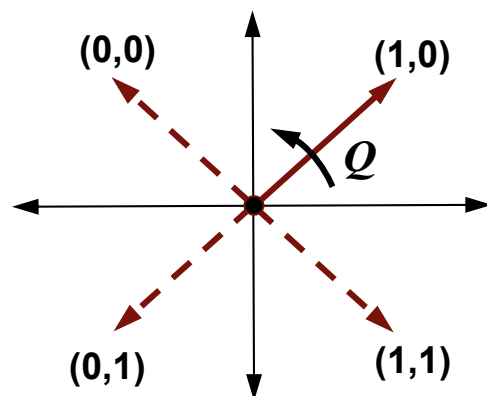
Wykres wskazowy ilustrujący ideę modulacji BPSK

Demodulator (w odbiorniku) ustala dla każdego kolejnego okresu odebranego sygnału, przesunięcie fazowe i podejmuje decyzję czy odebrano „0”, czy „1”.



Modulacja PSK (*Phase-Shift Keying*)

Ideę modulacji fazy można rozszerzyć. W ten sposób można zbudować system pozwalający na transmisję większej liczby bitów podczas przebiegu jednego okresu fali nośnej.



Wykres wskazowy ilustrujący ideę modulacji QPSK (jeden okres fali nośnej pozwala na jednoczesną transmisję dwóch bitów).

- przesunięcie $\pi/4$ - (1,0)
- przesunięcie $3\cdot\pi/4$ - (0,0)
- przesunięcie $5\cdot\pi/4$ - (0,1)
- przesunięcie $7\cdot\pi/4$ - (1,1)

Problemy:

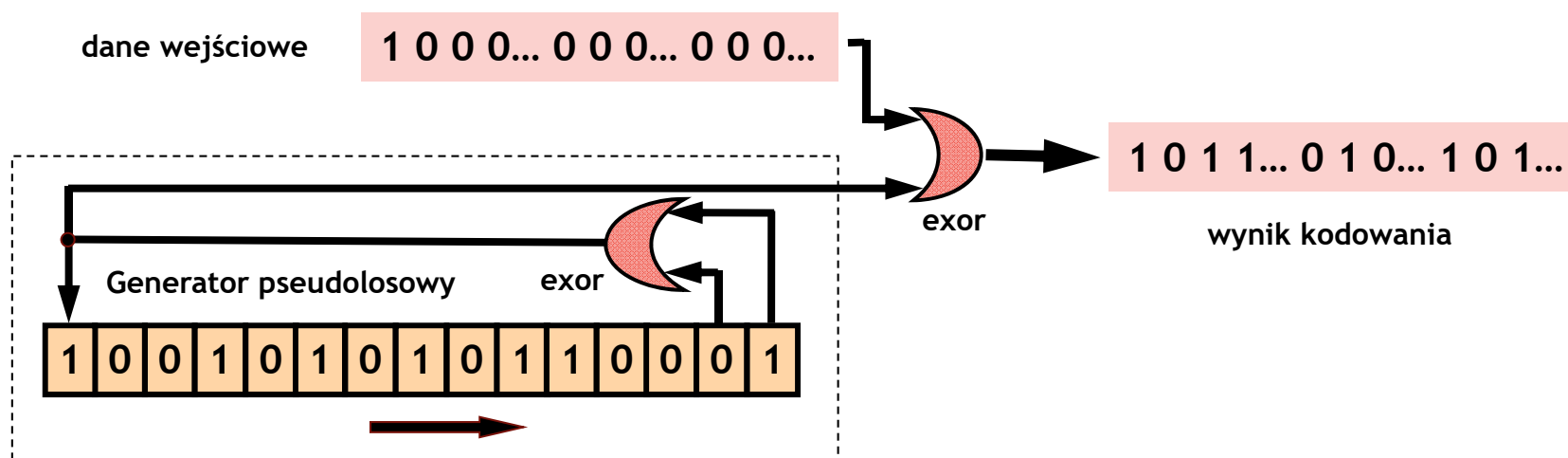
Ile bitów można skutecznie przesłać w trakcie jednego okresu fali nośnej ?
Czy przesyłaną informację można efektywniej zakodować używając także innego parametru fali nośnej, na przykład amplitudy U_0 ?



Temat 4: Scrambling - najprostszy przykład

Przy transmisji sygnałów cyfrowych istotna jest synchronizacja nadajnika i odbiornika. Długie ciągi jedynek, a szczególnie długie ciągi zer mogą powodować utratę synchronizacji czasowej nadajnika z odbiornikiem.

Przygotowując sygnał do transmisji w koderze zamienia się niektóre zera na jedynki i odwrotnie, aby uniknąć pojawiania się długich ciągów jednakowych wartości. W dekoderze wykonuje się operację odwrotną.





Temat 4: Scrambling

Scrambling wykorzystuje się nie tylko do usuwania z ciągu bitów przygotowywanych do transmisji długich ciągów zer lub jedynek. Innym zastosowaniem scramblerów jest kryptografia, na przykład zabezpieczanie płatnych programów telewizyjnych przed niepowołanym dostępem.

Problemy:

Jak skonstruować „dobry” generator sekwencji pseudolosowej ?
Czy procesu scramblingu nie zorganizować inaczej, na przykład dodając do danych dodatkowe bity (patrz scrambler stosowany w systemie HDMI)?



Realizacja projektu - symulator

Symulator systemu

Należy napisać programy symulacyjne, realizujące następujące elementy procesu transmisji:

- generację danych przewidzianych do transmisji
- kodowanie wysyłanych danych w nadajniku
- zmianę niektórych danych w wyniku zakłóceń w kanale transmisyjnym
- dekodowanie odebranych danych w odbiorniku



Realizacja projektu - analiza statystyczna wyników symulacji i optymalizacja systemu

Analiza statystyczna

Należy napisać programy rejestrujące i analizujące parametry statystyczne transmisji:

- obliczenie BER dla różnych parametrów systemu
- wyznaczanie rozkładu błędów transmisji w czasie
- wyznaczanie parametrów opisujących efektywność transmisji

Optymalizacja systemu (przykładowe zadanie)

Trzeba dobrać parametry systemu tak, aby dla założonej charakterystyki zakłóceń w kanale transmisyjnym i założonej minimalnej szybkości przekazywania danych, zminimalizować BER.



Narzędzia programistyczne do wykorzystania

- System Matlab
- System SAS wer. 9.1, (moduły Base SAS, SAS/QC, SAS/STAT)

Oprogramowanie jest zainstalowane w laboratorium 229/C3, lub dostępne w wersji instalacyjnej dla studentów do użytku w domu (niestety wyłącznie SAS).



Podział na grupy, organizacja zajęć

Podstawowe zasady organizacji zajęć są następujące:

- 1. Grupy trzyosobowe lub czteroosobowe**
- 2. Konsultacje dla grupy, co drugi termin zajęć (obecność obowiązkowa)**
- 3. Projekt kończy się sprawozdaniem pisemnym i prezentacją wyników pracy**
- 4. Ostateczny termin oddania projektu - koniec 13 tygodnia semestru**
- 5. Oddanie projektu - dokumentacja projektu + prezentacja wyników**



Dokumentacja projektu

Dokumentacja projektu powinna zawierać:

- 1. Stronę tytułową z nazwiskami autorów pracy**
- 2. Spis treści**
- 3. Cel i założenia projektu**
- 4. Zwięzły opis każdego etapu projektu**
- 5. Przykładowe wyniki eksperymentu**
- 6. Analizę wyników**
- 7. Uwagi i wnioski dotyczące realizacji projektu**
- 8. Źródła opracowanych w projekcie programów (na płycie CD).**



Prezentacja wyników

Proponowany układ prezentacji wyników projektu:

- 1. Stronę tytułowa z nazwiskami autorów**
- 2. Spis treści prezentacji**
- 3. Omówienie modelu matematycznego analizowanego systemu**
- 4. Charakterystyka zadania analitycznego**
- 5. Omówienie symulacji i analiza osiągniętych wyników.**
- 6. Charakterystyka udziału poszczególnych wykonawców projektu (punkt obligatoryjny)**



Kryteria oceny projektu

Wpływ na ocenę mają w szczególności:

- Terminowość oddania projektu
- Zakres i stopień poprawności działania programu
- Sposób prezentacji programu
- Rozwiązanie zadania optymalizacyjnego i prezentacja wniosków
- Zawartość merytoryczna dokumentacji
- Strona edytorska dokumentacji
- Znajomość przez wszystkich członków grupy projektowej zagadnień bezpośrednio związanych z tematyką projektu.