Raport z projektu z Niezawodności i Diagnostyki Układów cyfrowych

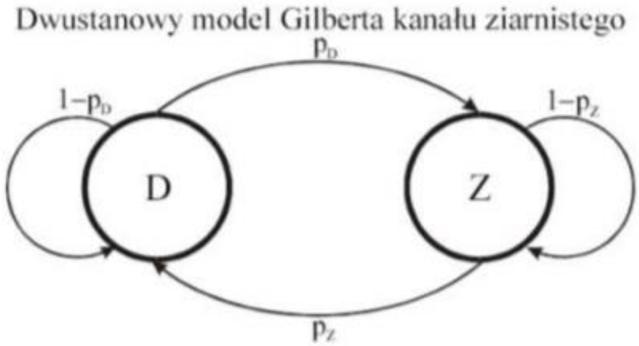
Prowadzący:
Dr hab. inż. Henryk Maciejewski

Skład grupy projektowej:
Kacper Kucharczyk 248834
Artur Sobolewski 248913

1. Wstęp teoretyczny

Jednym z systemów transmisji cyfrowej jest system FEC (ang. Foward Error Correction). Polega on na detekcji i próbie odtworzenia dzięki specjalnym kodowaniom nadmiarowym danych przesyłanych w przez kanał transmisyjny. Pozwala to na ominięcie konieczności dawania informacji zwrotnej o błędzie i prośby o ponowne przesłanie porcji danych.

Kanał transmisyjny można przedstawić poprzez model Gilberta. Stosowany jest on w opisie łączności satelitarnej lub łączności internetowej na duże odległości. W tym modelu uwzględniana jest seryjność błędów, poprzez zdefiniowanie dwóch możliwych stanów kanałów: Dobry i Zły. Konkretne parametry określają prawdopodobieństw przejścia ze stanu Dobrego do Złego (p_D) i odwrotnie (p_Z) oraz prawdopodobieństwo przekłamania pojedynczego bitu, kanał znajduję się z Złym stanie (p_p). Model ten można przedstawić za pomocą grafu:



Kod potrajający każdy bit jest jednym z kodów stosowanych w systemie FEC. Pozwala on na odtworzenie sygnału bazowego, badając z osobna każdą trójkę bitów zakodowanego sygnału i na podstawie większej liczby zer lub jedynek odbierany jest dany symbol.

Innym przykładem kodowania korekcyjnego jest kod Hamminga. Do każdego ciągu znaków o określonej długości dodaje bity korekcyjne na pozycjach odpowiadających bitom w słowie niosącym informację. Parametrami tej transmisji jest: n – długość słowa kodowanego, k – długość wiadomości. Oba te parametry obliczane są w zależności od pewnego $m \in Z, m \geq 2$. Parametr m oznacza ilość bitów nadmiarowych w zakodowanej wiadomości. Kod działa na zasadzie nakładających się na siebie bitów parzystości i pozwala na uzyskanie dokładniej pozycji przekłamanego bitu.

2. Cel i założenia projektu

Celem projektu było zaprojektowanie w środowisku matematycznym modelu odwzorowującego kanał transmisyjny i na jego podstawie dokonanie symulacji transmisji danych w systemie FEC. Na bazie zebranych wyników pomiarowych podczas symulacji w różnych warunkach, należało przeprowadzić analizę statystyczną i na jej podstawie wyznaczyć optymalne parametry systemu.

3. Realizacje projektu

Projekt został zrealizowany w środowisku Matlab dostarczanym przez firmę MathWorks. Do wykonania symulacji użyliśmy funkcji dostępnych wewnątrz środowiska jak i zaprojektowaliśmy własne, w sytuacji gdy te nie były dostępne.

Następnie dla zaprojektowanej symulacji przeprowadziliśmy szereg eksperymentów obejmujących różne warianty specyfikacji kanału transmisyjnego w modelu Gilberta, różne wielkości przesyłanych danych (liczba przesyłanych bitów niosących informację: msg = 100; 500; 800; 1500; 3000), jak również różne wartości kodowania Hamminga. Dla kodu potrajającego została wykonana mniejsza ilość pomiarów z racji faktu że nie jest on modyfikowalny.

W eksperymencie wyróżniliśmy 4 możliwe właściwości kanału, w celu zbadania przydatności poszczególnych kodowań w kanałach transmisyjnych o lepszych i gorszych jakościach. Według modelu Gilberta kanały zostały sparametryzowane w następujący sposób:

1) $p_D = 0{,}2; p_Z = 0{,}6; p_p = 0{,}6$ średnia jakość
2) $p_D = 0{,}1; p_Z = 0{,}8; p_p = 0{,}5$ dobra jakość
3) $p_D = 0{,}3; p_Z = 0{,}7; p_p = 0{,}9$ niska jakość
4) $p_D = 0{,}5; p_Z = 0{,}9; p_p = 0{,}9$ bardzo niska jakość

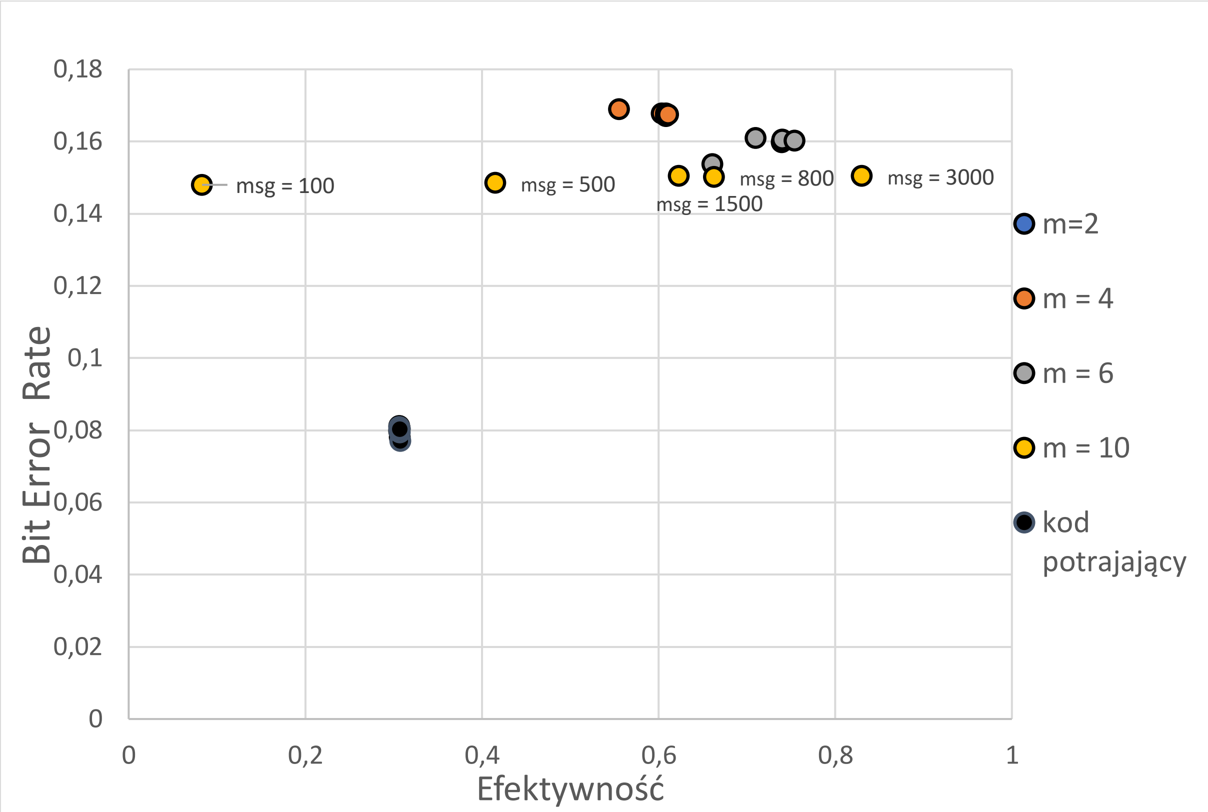
Przy kodowaniu sposobem Hamminga musimy określić jego parametry w ścisłej zależności od pewnej liczby całkowitej m. Parametry kodowania w naszym eksperymencie osiągały następujące wartości:

n – długość słowa kodowego; k – długość bloku wiadomości

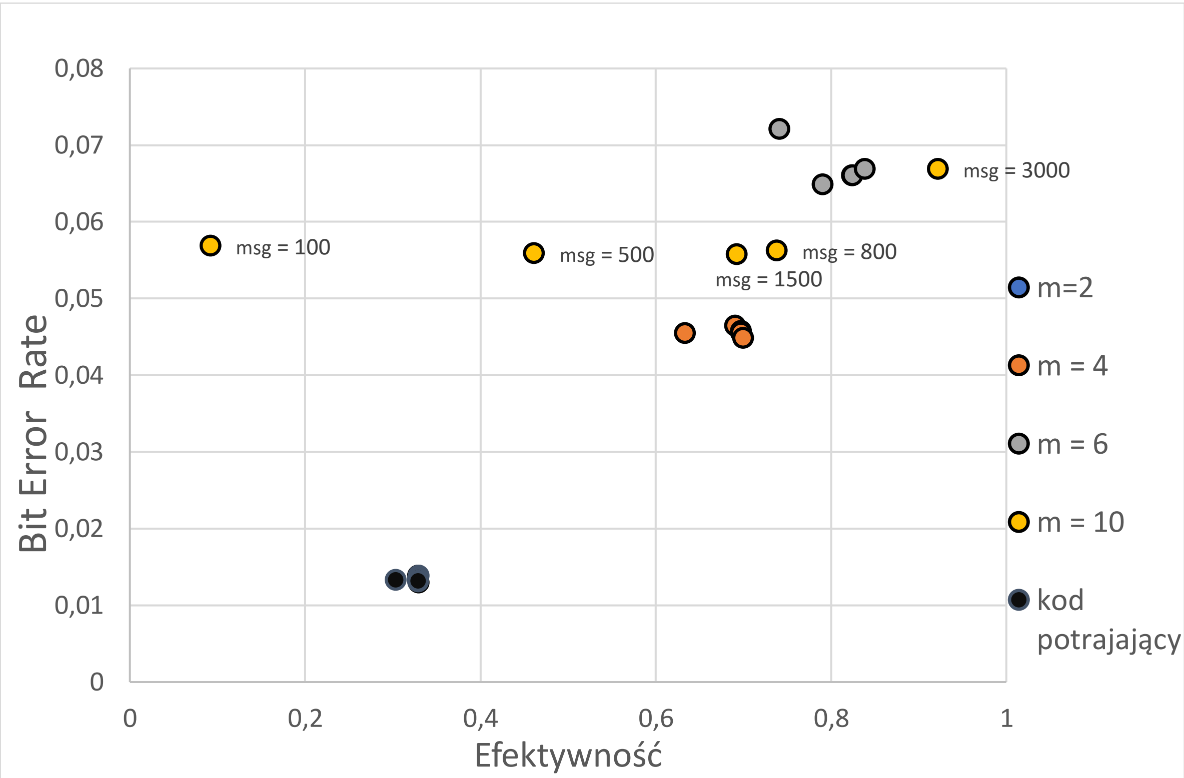
$n = 2^m - 1$ $k = n - m$

1) m = 2 => n = 3; k = 1
2) m = 4 => n = 15; k = 11
3) m = 6 => n = 63; k = 57
4) m = 10 => n = 1023; k = 1013

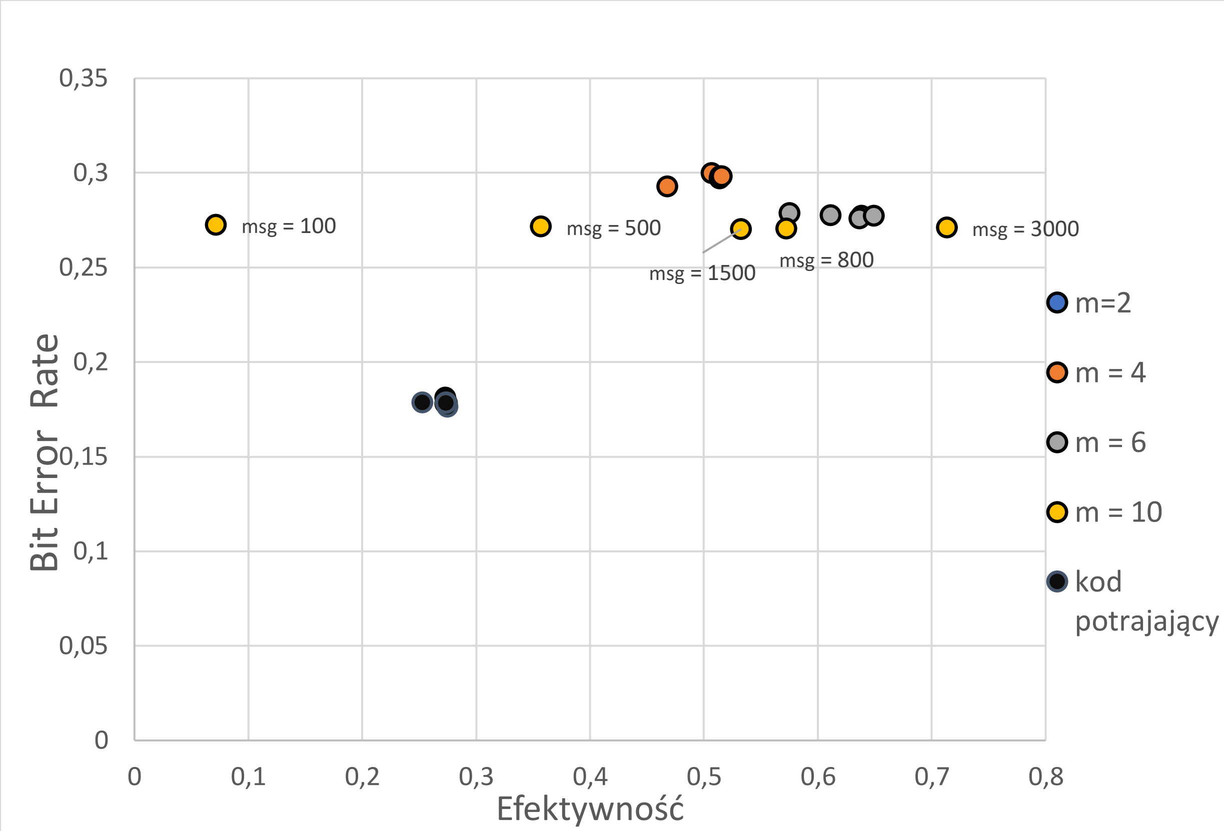
4. Wyniki i dyskusja



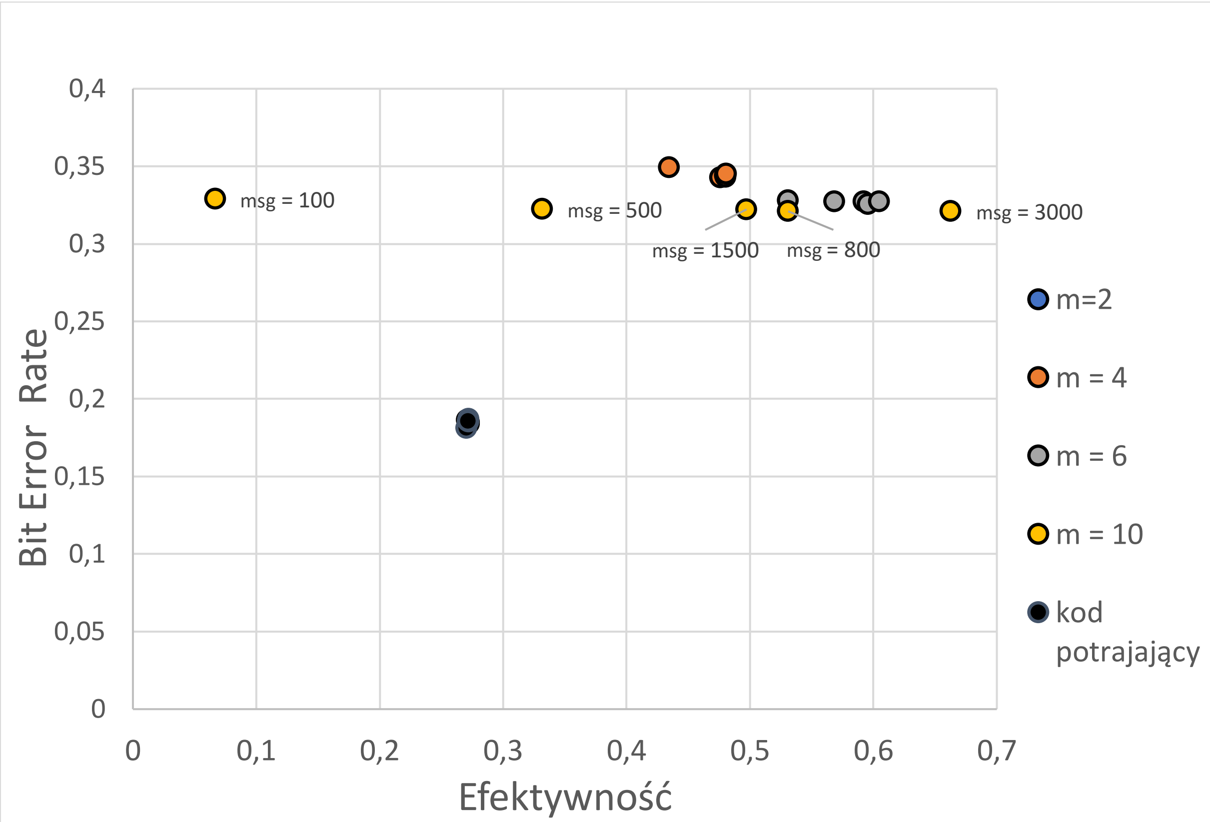
Wykres 1: Wykres zależności BER i efektywności dla 1) właściwości modelu Gilberta



Wykres 2: Wykres zależności BER i efektywności dla 2) właściwości modelu Gilberta



Wykres 3: Wykres zależności BER i efektywności dla 3) właściwości modelu Gilberta



Wykres 4: Wykres zależności BER i efektywności dla 4) właściwości modelu Gilberta

Na wykresach zostały przedstawione zależności BER i efektywności jakie występują dla różnych sposobów kodowań oraz w czterech różnych przypadkach kanału transmisyjnego. Z wykresów widać, że dla kodu Hamminga z parametrem m = 2 za każdym razem osiągamy takie same rezultaty jak przy zastosowaniu kodu potrajającego. Osiągają one jedne z najniższych efektywności, ponieważ w obu przypadkach na jeden bit przypadają dwa bity korekcyjne. Dzięki tak dużej redundancji jesteśmy w stanie osiągnąć najniższe wartości parametru BER transmisji.

Kodując metodą Hamminga jesteśmy w stanie tak dobrać parametry kodowania, by uzyskać zadowalający nas w danym przypadku rezultat. Opierając się na wynikach przedstawionych na wykresach można stwierdzić, że kodowanie to nie zapewnia tak dużych zdolności korekcyjnych (w przypadku m > 2), jak kod potrajający. Zamiast tego otrzymujemy znacznie lepszą efektywność w stosunku do kodu potrajającego.

Na wykresie nr. 2 możemy zauważyć własności kodów, gdy transmisja odbywa się w średniej jakości kanału, jaki występuje zazwyczaj w łączności satelitarnej. W takim przypadku najbardziej optymalnym kodowaniem jest kod Hamminga z bitami korekcyjnymi m = 4. Pozwala to na uzyskanie stosunkowo niski poziom BER oraz zadowalającą efektywność na poziomie średnio 0,7. W innych przypadkach warianty kodu Hamminga osiągają w przybliżeniu ten sam poziom BER. Jednak gdy jakość kanału jest na dość dobrym poziomie i zależy nam na jak najmniejszym obciążeniu kanału, najlepszym rozwiązaniem jest zastosowanie kodowania Hamminga z parametrem m = 10. Pozwala to na wystarczającą korekcję, gdy nie występuje wiele przekłamań i nie powodują to niepotrzebnego przeciążenia kanału, wynikającego z liczby bitów nadmiarowych.

Inne badane warianty kodowania metodą Hamminga nie osiągają wystarczająco dobrych rezultatów. W przypadku wyboru kodowania Hamminga z parametrem m = 10, staję się on najbardziej efektywny przy dużej ilości przesyłanych danych. Gdy wiadomość jest mała, to kodowanie staje się zupełnie nieefektywne.

5. Wnioski

W wynikach przeprowadzonej symulacji zauważyć można, że trudno jest osiągnąć kodowanie idealne. W przypadku kodu Hamminga osiąga on znacznie lepszą efektywność niż kod potrajający. Jest to jednak obarczone prawie dwukrotnie większym BER. Można z tego wywnioskować, że sposób kodowania powinniśmy dobierać w zależności od potrzeb projektowanej symulacji, gdy zależy nam na efektywności lepszym wyborem jest kod Hamminga, zaś gdy priorytetem jest poprawność odbieranych danych, to powinniśmy się skłonić ku kodowi potrajającemu.

Na podstawie uzyskanych danych można potwierdzić przydatność kodu Hamminga w transmisji satelitarnej, czy w sieciach rozległych o dobrych jakościach transmisji, ponieważ zapewnia on wystarczającą zdolność korekcyjną i nie powoduje znacznych obciążeń kanału. Ponad to w tym rodzaju transmisji przesyłane dane są zazwyczaj w dużych rozmiarach, a jak dowiedziono powyżej, kodowanie Hamminga jest w takim przypadku najskuteczniejsze. Gdy naszym celem jest jak największa poprawność odbieranych bitów, wówczas należało by wybrać kod o znacznie większej nadmiarowość, jak np. kod potrajający, czy kod Hamminga z parametrem m = 2.

Projekt ten nauczył nas projektowania niezaawansowanych symulacji w języku Matlab oraz wykorzystanie do tego dostępnych w tym środowisku narzędzi. W ramach realizacji tego projektu zagłębiliśmy się w tematykę transmisji cyfrowej, a dokładniej systemu Forward Error Correction oraz nauczyliśmy się jego poprawnej implementacji oraz różnych rozwiązań stosowanych w jego zakresie.