

Modulation and Coding – labolatorium

BER – Bit error Rate

Bitowa stopa błędów (Bit error rate - BER) mierzy liczbę błędów w zadanym przedziale czasowym lub dla zadanej liczby próbek (bitów.) **Bitowa stopa błędów** jest to zatem stosunek liczby błędnych bitów do liczby wszystkich, przesłanych bitów.

Prawdopodobieństwo bitowe błędów (**bit error probability** p_e) jest wartością oczekiwaną bitowej stopy błędów. P_e może być wyznaczony jako statystyczna aproksymacja na podstawie pewnego modelu. Każdy rodzaj modulacji posiada własny model, pozwalający wyznaczyć wartość P_e (w zależności od parametrow modulatora i rodzaju modulatora / demodulatora) Estymacja jest dokładniejsza, jeżeli brany jest pod uwagę dłuższy odcinek czasowy (większa liczba przesłanych bitów.)

Przykład

Jako przykład rozpatrzmy taką sekwencję bitów:

0 1 1 0 0 0 1 0 1 1

oraz bity odebrane::

0 1 1 1 0 1 1 0 0 0,

Liczba błędnych bitów (zaznaczone na pomarańczowo) wynosi 4. Tak więc współczynnik BER wynosi równy jest ilorazowi liczby błędnych bitów (4 bity) oraz całkowitej liczbie bitów (10 bitów), a więc 0.4 lub 40%.

pytanie : dlaczego maksymalna wartość współczynnika BER wynosi 0,5 (50%) ?

Pomiar współczynnika BER w środowisku GnuRadio

I. Nadajnik.

1. Definiowanie konstelacji

- Dodaj nową zmienną o nazwie „const”, jej wartość ustaw jako:

(*digital.constellation_bpsk()*, *digital.constellation_qpsk()*, *digital.constellation_8psk()*)

(jest to zapis tworzący tablicę, numerowaną od 0 to 2)

- Dodaj nową zmienną o nazwie „const_type”, jej wartość ustaw jako: 1

GnuRadio dostarcza interfejs do łatwego tworzenia obiektu konstelacji. Dzięki temu można, w łatwy sposób, zdefiniować własną konstelację. Dzięki temu wartości bitowe mogą być mapowe na punkty poszczególne konstelacji, np.: dla konstelacji zawierającej 4 symbole przepływność wynosi $\log_2(4) = 2$ bits/symbol. Przykładowa definicja konstelacji:

```
constel_points = [c0, c1, c2, c3]
symbols = [s0, s1, s2, s3]
```

2. Źródło danych

- Dodaj komponent “Random Source” z kategorii “Sources”. Zmień format danych wyjściowych na „Byte” (strumień bajtów), a wartość maksymalna w losowo generowanym strumieniu zdefiniowana jest następująco:

`const[const_type].arity()`

gdzie:

const jest to obiekt definiujący konstelację w środowisku GnuRadio

- Liczbę próbek ustaw na 10M (10e6), bez powtarzania.
- Dodaj suwak (slider) o zakresie od -10 do 20, wartość domyślna to 10. Nazwij go „EbN0” (object ID), oraz nadaj etykietę: "Energy Bit / Noise Power"
- Zaimportuj bibliotekę „math” (compoment „Import”, value: „import math”)
- dodaj komponent “Noise Source” z kategorii “Sources”. Zmień amplitudę na:

$1.0 / \text{math.sqrt}(2.0 * \text{const}[\text{const_type}].\text{bits_per_symbol}() * 10^{**}(\text{EbN0}/10))$

- Dodaj komponent “Chunks to Symbols” z “Misc Conversions” oraz zmień typ danych wejściowych na “Byte”, w polu „symbol table” ustaw “const[const_type].points()”, a wartość pola „dimension” na 1.
- dodaj komponent “Add” z kategorii “Operators” oraz połącz go z komponentami “Chunks to Symbols” i “Noise Source”.
- Dodaj komponent “QT Constellation Sink” z kategorii “QT” oraz połącz go z komponentem „Add”.

- Uruchom skrypt.

II. Pomiar współczynnik BER.

- Dodaj komponent „*Constellation Decoder*” z „*Symbol coding*”. Ustaw pole „Constellation obj” jako

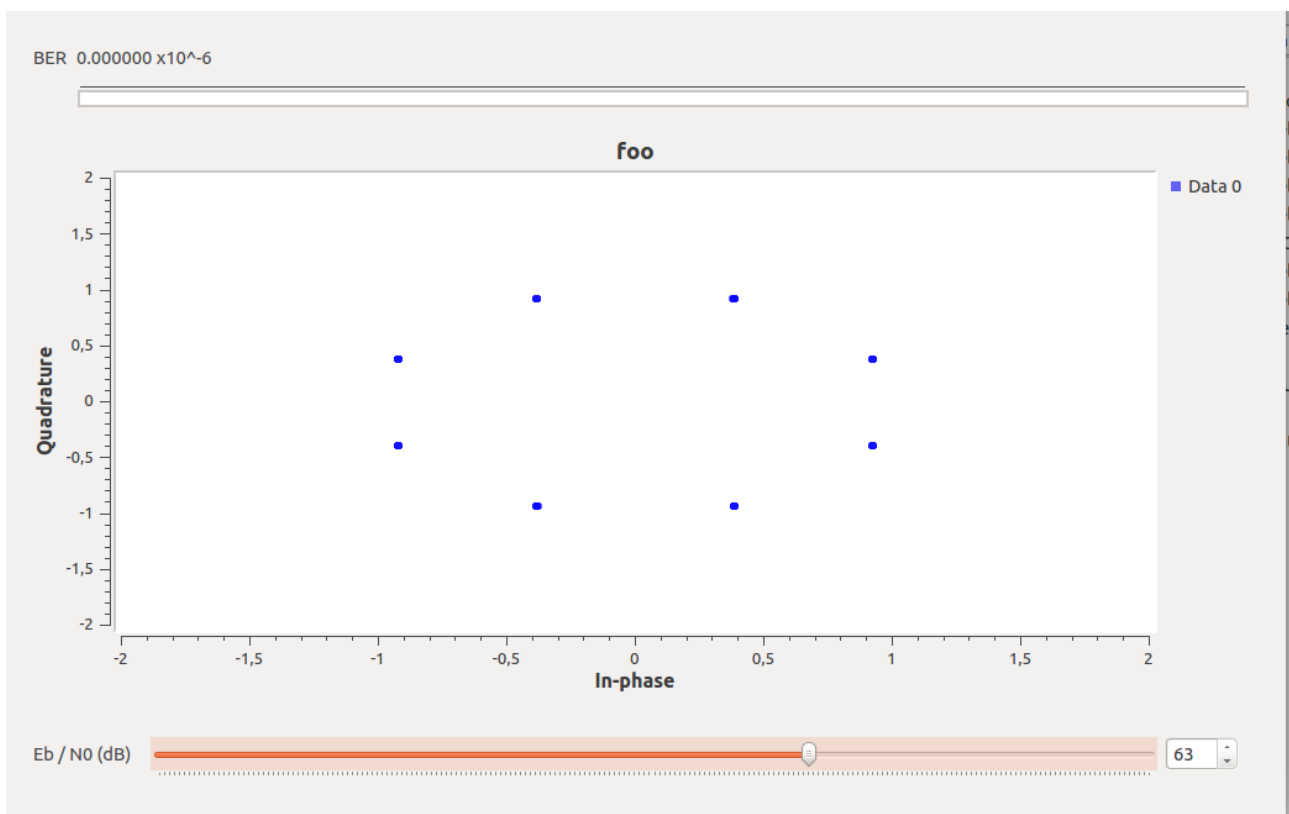
`const[const_type].base()`

- dodaj komponent „*Error Rate*” z „*Misc*” zmień pole „window size” to 10M (`int(1e7)`), pola „bits per symbol” na

`“const[const_type].bits_per_symbol()”`.

•

- Dodaj komponent „*QT Number Sink*”. Ustaw pole „min” na 0, oraz pole „max” to 1. Następnie połącz z komponentami „*Error Rate*” and „*Number Sink*”.
- Utwórz połączenie pomiędzy „*Error Rate*” and „*Random Source*” przez blok *Throtlle*.
- Uruchom skrypt (w razie problemów porównaj ze schematem zamieszczonym na rys. 3).



Rys. 1: Przykład pomiaru współczynnika BER dla modulacji 8-PSK.

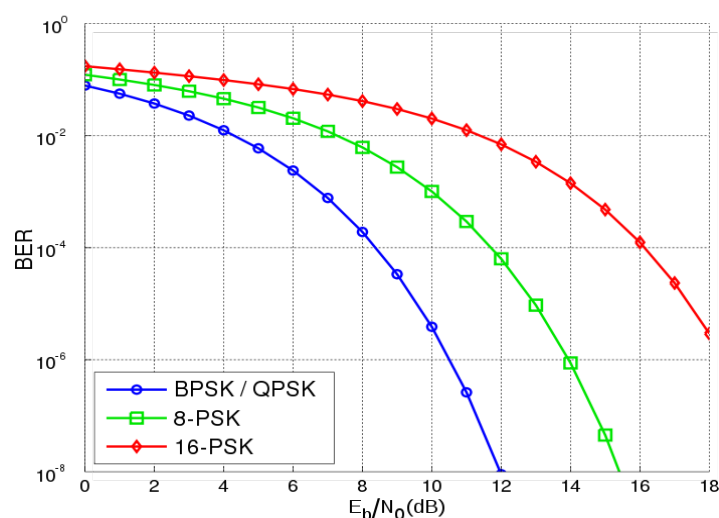
III. Pomiar współczynnika BER -ćwiczenia

1. Zmierz współczynnik BER dla wszystkich, dostępnych modulacji (PSK).

a) Jaki jest wpływ rozmiary bloku – rozmiaru danych branych pod uwagę podczas pomiaru „window size” na pomiar ?

b) Która modulacja posiada najniższy współczynnik BER przy $E_b/N_0 = 9$?

c) Wyznacz charakterystykę BER do E_b/N_0 dla wszystkich modulacji (PSK), tak jak prezentuje to rys2. Która modulacja i dlaczego jest odporniejsza na błędy ?

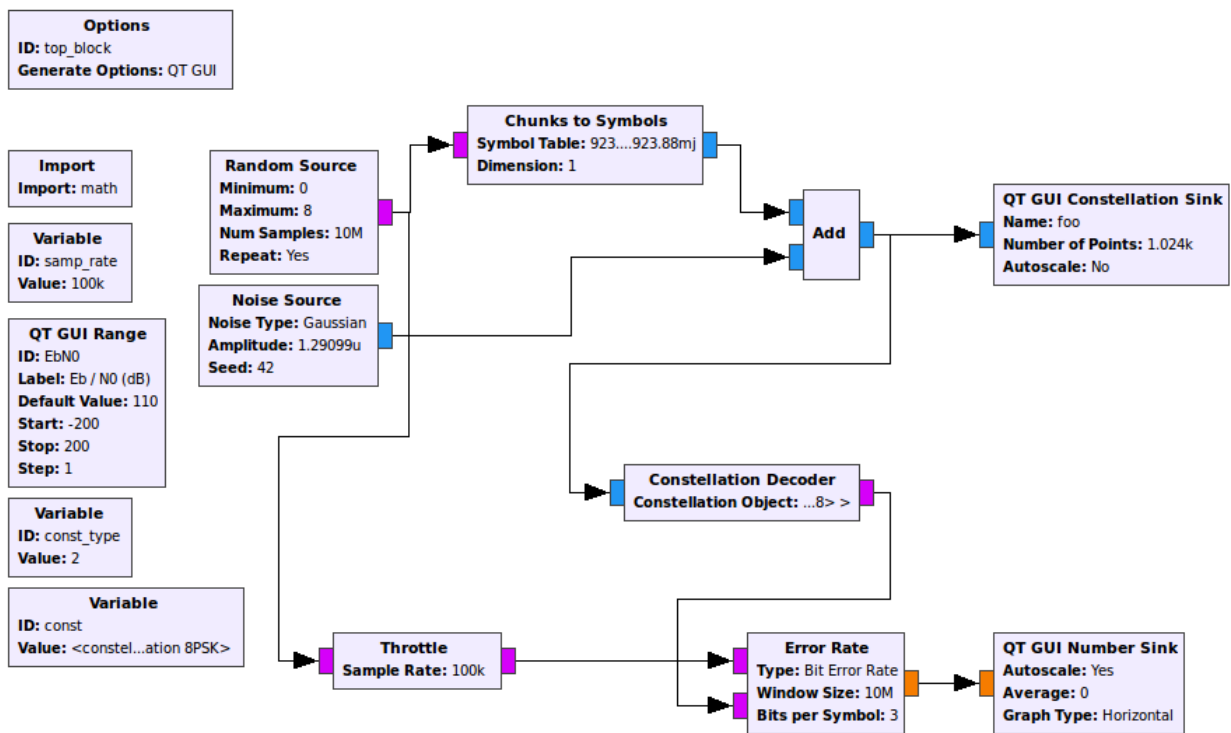


Rys. 2. Przykładowa charakterystyka BER do E_b/N_0 dla różnych modulacji

IV. Pomiar współczynnika BER dla rzeczywistej transmisji (część dodatkowa)

- Wykorzystaj gotowe skrypty z modulacji ASK lub FSK oraz nodulami SDR do pomiaru współczynnika BER.

(wskazówka: liczbę błędów można łatwo zmierzyć transmitując plik tekstowy i zliczając liczbę błędnych znaków)



Rys 3: Schemat systemu pomiarowego.