

Instrukcja do zajęć laboratoryjnych

Temat ćwiczenia: Transmisja sygnałów w paśmie podstawowym - BER

Numer ćwiczenia: 10

Laboratorium z przedmiotu:

PODSTAWY TELEKOMUNIKACJI

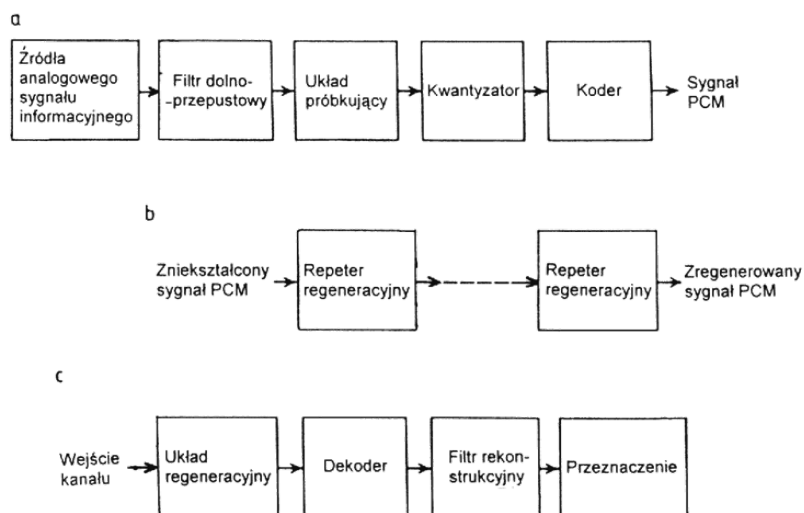
KOD: TS1D2012

Opracowali: dr inż. Krzysztof Konopko

2018

1. Wprowadzenie

W analogowych systemach modulacji jako falę nośną wykorzystuje się sygnał harmoniczny. Sygnał ten jest określony przez trzy parametry: amplitudę, pulsację (częstotliwość) oraz fazę początkową. Pulsacja (częstotliwość F) jest nazywana pulsacją (częstotliwością) nośną. W wyniku modulacji jeden z tych parametrów jest uziemienny w takt zmian sygnału informacyjnego, przy czym zmiany te następują w sposób ciągły w czasie. Z tego względu modulacje analogowe są niekiedy nazywane modulacjami ciągłymi. W impulsowych systemach modulacji funkcję fali nośnej spełnia unipolarna fala prostokątna, z reguły o małym współczynniku wypełnienia. Również w tym przypadku fala nośna jest określona trzema parametrami: amplitudą impulsów, czasem ich trwania oraz okresem. Modulacja polega w tym przypadku na zmianach wartości jednego z tych parametrów w zależności od bieżących wartości próbek sygnału informacyjnego, przy czym uziemiennianie okresu polega na zmianach odległości między kolejnymi impulsami fali nośnej. Zmiany wartości parametrów następują od impulsu do impulsu (od próbki do próbki), a więc zachodzą w czasie w sposób skokowy. Jeśli uziemienny parametr przybiera wartości w zbiorze ciągłym, modulację impulsową nazywamy analogową. Jeśli natomiast w wyniku kwantowania uziemienny parametr przybiera wartości w zbiorze skończonym, modulację impulsową nazywamy cyfrową. W tym drugim przypadku modulacja jest nazywana także modulacją impulsowo-kodową. Na rysunku 1.1. przedstawiono schemat transmisji sygnałów cyfrowych z zastosowaniem modulacji impulsowo-kodowej.



Rys. 1.1. schemat transmisji sygnałów cyfrowych z zastosowaniem modulacji impulsowo-kodowej

W systemie transmisji (PCM), sygnał informacyjny jest reprezentowany w postaci ciągu zakodowanych impulsów, co uzyskuje się przez przetworzenie sygnału do postaci dyskretnej zarówno w czasie, jak i w amplitudzie. Podstawowymi operacjami, jakie dokonywane są w nadajniku, systemu PCM są: próbkowanie, kwantowanie oraz kodowanie. Filtr dolnoprzepustowy, poprzedzający układ próbkujący, ma na celu ograniczenie zjawiska aliasingu. Operacje próbkowania, kwantowania i kodowania dokonywane są zwykle w tym samym układzie, zwanym przetwornikiem analogowo-cyfrowym (A/C). Podstawowymi operacjami realizowanymi w odbiorniku są natomiast: regeneracja sygnałów zniekształconych, dekodowanie oraz rekonstrukcja ciągu skwantowanych impulsów. W idealnym przypadku regenerowany sygnał jest dokładnie taki sam, jak oryginalny sygnał na wejściu kanału transmisyjnego. W praktyce jednak regenerowany sygnał różni się nieco od oryginalnego z powodu:

- nieuniknionej obecności szumów i interferencji kanału powodującej sporadyczne błędy w działaniu układu decyzyjnego repetera, wprowadzające błędne bity do regenerowanego sygnału.
- braku idealnej synchronizacji zegarów w nadajniku i regeneratorach - gdy odstęp czasowy pomiędzy odbieranymi impulsami doznaje odchylenia od wartości nominalnej, pojawia się jitter pozycji regenerowanego impulsu, co powoduje zniekształcenia odbieranego sygnału.

Miarą tego błędu jest BER (Bit Error Rate) – bitowa stopa błędów określająca stosunek liczby bitów przesłanych z błędami, do całkowitej liczby wysłanych bitów. Dla transmisji binarnej sygnał składa się z dwóch symboli A i B. Błąd może występować gdy nadano sygnał A, a zaklasyfikowano go jako sygnał B (prawdopodobieństwo warunkowe takiego zdarzenia wynosi $P(B|A)$) i w przypadku gdy nadano sygnał B, a zaklasyfikowano go jako sygnał A (prawdopodobieństwo warunkowe takiego zdarzenia wynosi $P(A|B)$). Wypadkowe prawdopodobieństwo błędu wynosi:

$$BER = P(A|B)P(B) + P(B|A)P(A) \quad (1)$$

Jeżeli prawdopodobieństwa $P(A)$ i $P(B)$ są równe i wynoszą 0,5 oraz ze względu na symetrię rozkładu gaussowskiej PDF otrzymujemy:

$$BER = P(A|B) = P(B|A) \quad (2)$$

Dla normalnego rozkładu szumu ostatecznie otrzymujemy:

$$BER = 0,5 \left(1 - \operatorname{erf} \left(\sqrt{\frac{E_b}{N_0}} \right) \right) \quad (3)$$

2. Cel i zakres ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest analiza transmisji sygnałów w ciągłym kanale transmisyjnym o ograniczonym paśmie zakłócanym addytywnym szumem gaussowskim.

W ćwiczeniu analizowane są modele kanałów transmisyjnych w szczególności konsekwencje istnienia zniekształceń i zakłóceń, które towarzyszą rzeczywistym mediom transmisyjnym. W trakcie ćwiczenia studenci zapoznają się również z możliwościami wykorzystania pakiet narzędzi GNU Radio w analizie rzeczywistych systemów transmisyjnych.

3. Sposób wykonania ćwiczenia

3.1. Zagadnienia do opracowania przed przystąpieniem do zajęć

Przed przystąpieniem do zajęć należy zapoznać się z podstawową obsługą programu GNU Radio, zawartą w instrukcji „Zajęcia wstępne, zapoznanie z GNURadio” [3]. Ponadto, na podstawie informacji z wykładu i dostępnej literatury [1], [2] należy opracować następujące zagadnienia teoretyczne:

- zniekształcenia związane z próbkowaniem i kwantyzacją sygnałów analogowych,
- przyczyny powstawania błędów w transmisji sygnałów cyfrowych, bitowa stopa błędów BER,
- przyczyny powstawania interferencji międzysymbolowych,
- metody detekcji sygnałów cyfrowych, odbiornik korelacyjny i filtr dopasowany.

3.2. Przebieg ćwiczenia

Ćwiczenia laboratoryjne prowadzone są z zastosowaniem pakietu narzędzi programistycznych GNURadio umożliwiającego implementację rzeczywistych

systemów telekomunikacyjnych. Telefoniczny tor transmisyjny jest zestawiany, z zastosowaniem łącz analogowych, dołączonych do cyfrowej centrali telefonicznej Alcatel S12. Dostęp do abonenckiej pętli analogowej jest realizowany z zastosowaniem centrali PABX. Centrala pracuje pod kontrolą programu Asterisk [4]. Dostęp do linii analogowych jest zrealizowany z zastosowaniem kart analogowych AX-E-800PN/AX-E-1600P [5] wyposażonych w interfejsy FXO i FXS.

W trakcie ćwiczenia należy:

(a) Uruchomić środowisko GRC (GNU Radio Companion) i wczytać plik transmisja.grc. Wczytany schemat realizuje implementację systemu telekomunikacyjnego do transmisji i odbioru ciągu znaków z zastosowaniem sygnałów zmodulowanych impulsowo. Do analizy kształtu transmitowanych sygnałów na wejściu i wyjściu kanału transmisyjnego służą bloki **Time Sink**. Transmitowany ciąg znaków definiuje się w bloku **Vector Source**. Transmitowane znaki są wyświetlane w konsoli. Adres konsoli, do której będą wysyłane znaki, należy określić w polu **File** bloku **File Sink**, wpisując `/dev/pts/n`, gdzie **n** jest numerem wskazującym na konsolę, który można uzyskać po otwarciu terminala z zastosowaniem skrótu ALT+CTRL+T i wpisaniu komendy `tty`. Uruchomić symulację za pomocą komendy **Run** → **Execute**. Zmieniając wartość parametru `tr_delay` określić optymalną chwilę detekcji transmitowanego sygnału. Zaobserwować przebiegi czasowe sygnałów na wejściu i wyjściu kanału transmisyjnego oraz ciągi odbieranych znaków w konsoli. Zaobserwować jaki wpływ na jakość transmisji ma zmiana wartości addytywnego zakłócenia o charakterze gaussowskim. Zakończyć symulację z zastosowaniem komendy **Run** → **Kill** i rozłączyć układ pomiarowy.

(b) Wczytać plik transmisja_BER.grc. Zmieniając, w bloku **Channel Model** wartość parametru **Noise Voltage** (w zakresie od 0,5 do 5 z krokiem 0,1 - każdorazowo uruchamiając symulację za pomocą komendy **Run** → **Execute** i kończąc z zastosowaniem komendy **Run** → **Kill**), wyznaczyć wykres bitowej stopy błędów w funkcji SNR.

4. Sprawozdanie z ćwiczenia

Sprawozdanie powinno zawierać:

- analizę bloków wykorzystanych w ćwiczeniu,
- charakterystyki bitowej stopy błędów w funkcji SNR i jej porównanie z wartościami teoretycznymi,
- wnioski wynikające z przeprowadzonych badań.

5. Wymagania BHP

W trakcie realizacji programu ćwiczenia należy przestrzegać zasad omówionych we wstępie do ćwiczeń, zawartych w: „Regulaminie porządkowym w laboratorium” oraz w „Instrukcji obsługi urządzeń elektronicznych znajdujących się w laboratorium z uwzględnieniem przepisów BHP”. Regulamin i instrukcja są dostępne w pomieszczeniu laboratoryjnym w widocznym miejscu.

6. Literatura

1. S. Haykin „Systemy telekomunikacyjne”, WKŁ, Warszawa 2004.
2. W. Kabaciński, M. Żal, "Sieci telekomunikacyjne", WKŁ, Warszawa 2008.
3. „Zajęcia wstępne, zapoznanie z GNURadio”: <http://teleinfo.pb.edu.pl/pte/>
4. <https://www.asterisk.org/>
5. http://www.atcom.cn/products_banka_mn61.html