

Instrukcja do zajęć laboratoryjnych

Temat ćwiczenia: Transmisja sygnałów w paśmie podstawowym – kody transmisyjne.

Numer ćwiczenia: 9

Laboratorium z przedmiotu:

PODSTAWY TELEKOMUNIKACJI

KOD: TS1D2012

Opracowali: dr inż. Krzysztof Konopko

2018

1. Wprowadzenie

Po poddaniu sygnału procesom próbkowania i kwantowania, postać analogowego sygnału informacyjnego (w paśmie podstawowym) zostaje ograniczona do dyskretnego zbioru wartości. Postać ta nie jest jednak najlepiej przystosowana do transmisji za pośrednictwem linii przesyłowej czy też drogą radiową. Aby skorzystać z zalet transmisji cyfrowej, celem uczynienia przesyłanego sygnału bardziej odpornym na szumy, interferencje i inne szkodliwe wpływy związane z kanałem transmisyjnym, należy posłużyć się procesem kodowania powodującym zamianę dyskretnego zbioru wartości próbek uzyskanych w procesie próbkowania i kwantowania na inną, dogodniejszą formę sygnału. Istnieje wiele kodów przydatnych do reprezentacji symboli binarnych 1 i 0 za pomocą sygnałów elektrycznych umożliwiających ich transmisję w torach telekomunikacyjnych. Przy wyborze odpowiedniej reprezentacji kodu transmisyjnego w celu uzyskania pożądaných (z punktu widzenia toru lub kanału transmisyjnego) własności sygnału cyfrowego (binarnego) należy uwzględnić:

- usunięcie składowej stałej w przypadku systemów przewodowych (galwaniczne połączenie między elementami sieci),
- dopasowanie widma sygnału do charakterystyki toru (zazwyczaj pożądane jest aby sygnał zajmował jak najwęższe pasmo, na przykład z uwagi na fakt, że tłumienność toru kablowego rośnie proporcjonalnie do wzrostu częstotliwości),
- umożliwienie wyłowienia przebiegu synchronizacyjnego (zegara) w każdym punkcie toru (zastosowanie zwykłego kodu binarnego, w którym może występować po sobie praktycznie nieograniczona ilość zer lub jedynek znacznie utrudnia prawidłową synchronizację odbiornika),
- odporność na zakłócenia,
- możliwość detekcji błędów.

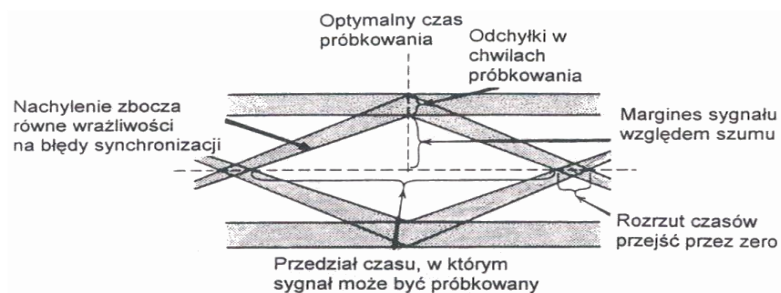
Do najprostszych kodów transmisyjnych należą kod bez powrotu do zera (*NRZ*) oraz kod z powrotem do zera (*RZ*). Typowo impulsy *RZ* zajmują połowę czasu trwania bitu, natomiast impulsy *NRZ* wypełniają pełną szczelinę czasową. Stosowana może być

unipolarna odmiana obu kodów, gdzie jeden z elementów (np. „1”) jest reprezentowany przez obecność impulsu, a drugi przez jego brak, jak i realizacja bipolarna, w której elementom binarnym przyporządkowane są impulsy o przeciwnych polaryzacjach. W tym drugim przypadku zwiększ się odporność sygnału na zakłócenia oraz prostszy jest jego odbiór (próg decyzyjny może być ustawiony na zero). Oba rodzaje kodów charakteryzują się niezerowym rozkładem widmowej gęstości mocy wokół częstotliwości zerowej (zwłaszcza w przypadku unipolarnym), co prowadzi do powstawania składowej stałej. Kod RZ w porównaniu z NRZ zajmuje dwukrotnie większe pasmo, ma natomiast lepsze właściwości synchronizacyjne. Innym rodzajem kodu jest kod bifazowy (kod Manchester). Jest to kod, w którym symbol 1 jest reprezentowany przez parę impulsów: dodatni i ujemny, przy czym oba te impulsy mają taką samą amplitudę i połówkowy czas trwania. Przy symbolu 0, polaryzacje obu impulsów są przeciwne. Kod Manchester posiada bardzo dobre właściwości synchronizacyjne, nie zawiera składowej stałej, jednak do przesyłania sygnału bifazowego potrzebne jest dwukrotnie szersze pasmo. Kody ternarne (trzy poziomowe), to kody w których używa się trzech poziomów amplitudy. Dodatnie i ujemne impulsy o jednakowej amplitudzie są na zmianę używane do reprezentacji symbolu 1, a brak impulsu zawsze dla symbolu 0. Użyteczna właściwość kodów ternarnych polega na tym, iż widmo mocy transmitowanego sygnału nie ma składowej stałej i niewielką zawartość składowych m.cz. w przypadku, gdy symbole 1 i 0 pojawiają się z jednakowym prawdopodobieństwem. Kody nBmL stanowią rodzinę kodów transmisyjnych, w których n-bitowe słowo binarne jest reprezentowane przez m impulsów mogących przyjmować jeden z L możliwych poziomów amplitud. Przykładem jest kod 2B1Q, w którym 2-bitowa sekwencja danych jest kodowana w jeden z czterech możliwych poziomów.

Czynnikami wpływającymi na jakość transmisji sygnałów cyfrowych są między innymi szumy odbiorników czy interferencja międzysymbolowa. Narzędziem pozwalającym na analizę wpływu tych zjawisk jest wykres oczkowy, który powstaje przez naniesienie na pojedynczy wykres wielu możliwych realizacji odbieranego sygnału w określonym przedziale czasu. Wykres oczkowy dostarcza wielu użytecznych informacji odnośnie charakterystyk funkcjonalnych systemów transmisji

danych w tym:

- szerokość otwarcia definiuje przedział czasu, w którym sygnał odbierany może być próbkowany bez wystąpienia błędów interferencji międzysymbolowej,
- czułość systemu względem błędów synchronizacji określana jest przez nachylenie pochodnej opisującej prędkość przemykania oczka w funkcji czasu próbkowania,
- wysokość otwarcia oczka, przy określonej chwili próbkowania, definiuje margines szumu w systemie.



Rys. 1. Wykres oczkowy [1]

W przypadku systemów M-wartościowych wykres zawiera (M-1) oczek, usytuowanych pionowo jedno nad drugim i tworzących liczbę M dyskretnych poziomów amplitudy użytych do kodowania transmitowanego sygnału.

2. Cel i zakres ćwiczenia

W ćwiczeniu analizowane są charakterystyki widmowe wybranych liniowych kodów transmisyjnych. Na podstawie wyznaczonych wykresów oczkowych określone są właściwości liniowych kodów transmisyjnych, oraz zniekształceń i zakłóceń związanych z transmisją sygnałów w kanale telefonicznym. 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:

- właściwości liniowych kodów transmisyjnych,
- przyczyny powstawania błędów w transmisji sygnałów cyfrowych,
- przyczyny powstawania interferencji międzysymbolowych,
- zastosowanie wykresu oczkowego w ocenie jakości systemów transmisyjnych.

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) Z zastosowaniem skrótu klawiszowego CTR+ALT+T (lub wybierając komendę z górnego menu) uruchomić terminal. Wpisać polecenie:

```
cd /home/student/Dokumenty/pte/lab9/kody_transmisyjne
```

Komendą `ls` wyświetlić dostępne pliki zawierające binarne sygnały zakodowane z zastosowaniem kodów transmisyjnych w postaci `uninrz_5000_0.001_1_48000` gdzie:

- `uninrz` – rodzaj kodu,
- `5000` – liczba zakodowanych symboli,
- `0.001` – czas trwania pojedynczego symbolu,
- `1` – amplituda sygnału,
- `48000` – częstotliwość próbkowania.

Za pomocą komendy `gr_plot_psd -d float32 -B 480 -R 48000 uninrz_5000_0.001_1_48000.dat` wyświetlić postać czasową zakodowanego

ciągu symboli, a następnie za pomocą komendy `gr_plot_psd -d float32 -B 24000 -R 4800 uninrz_5000_0.001_1_48000.dat` wyświetlić widmo gęstości mocy zakodowanego ciągu symboli.

(b) Uruchomić środowisko GRC (GNU Radio Companion) i wczytać plik `kody_transmisyjne.grc`. Uruchomić symulację za pomocą komendy **Run** → **Execute**. Z zastosowaniem bloku **WX GUI Scope SINK**, przy ustawionym parametrze **Persistence Analog Alpha** na wartość 0.01, wyznaczyć wykresy oczkowe dla następujących kodów transmisyjnych:

- NRZ w wersji unipolarnej i bipolarnej,
- RZ w wersji unipolarnej i bipolarnej,
- kodu Manchester,
- kodu AMI,
- kodu 2B1Q.

Za każdym razem start analizy rozpoczynamy poprzez wykonanie komendy **Run** → **Execute**, a zatrzymujemy poprzez wybranie komendy **Run** → **Kill**.

Dla każdego analizowanego kodu, oszacować parametry wykresu oczkowego (przedział czasu, w którym sygnał może być spróbkowany, rozrzut czasów przejścia przez zero, margines sygnału względem szumu i odchyłki w chwilach próbkowania) w zależności od pasma kanału transmisyjnego (500 Hz, 1000 Hz, 24000 Hz) i poziomu addytywnych zakłóceń.

4. Sprawozdanie z ćwiczenia

Sprawozdanie powinno zawierać:

- wyniki przeprowadzonych pomiarów,
- analizę bloków wykorzystanych w ćwiczeniu,
- charakterystyki widmowe poszczególnych kodów transmisyjnych,
- wykresy oczkowe wyznaczone dla poszczególnych kodów transmisyjnych z oszacowanymi na ich podstawie wartościami: przedziałami czasu, w których poszczególne sygnały mogą być spróbkowane, rozrzut czasów przejścia przez zero, marginesy sygnału względem szumu i odchyłki w chwilach próbkowania,
- 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. Haykin S.: Systemy telekomunikacyjne. Tom 1 / Tom 2, WKiŁ, 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