

# Laboratorium 2

## Cyfrowa zmiana częstotliwości próbkowania - interpolacja i decymacja

Grzegorz Dziwoki

### 2.1. Wprowadzenie

Celem ćwiczenia laboratoryjnego jest zaimplementowanie w środowisku Matlab własnych procedur interpolacji i decymacji sygnałów dyskretnych. Obie procedury wykonywane są w dziedzinie cyfrowej na próbkach sygnału. Interpolacja polega na cyfrowym zwiększeniu częstotliwości próbkowania poprzez regularne uzupełnienie sygnału oryginalnego (dyskretnego) o dodatkowe próbki. Natomiast decymacja jest zabiegiem odwrotnym, w którym obniżenie częstotliwości próbkowania realizowane jest poprzez regularne usuwanie próbek sygnału.

Właściwie przeprowadzone interpolacja i decymacja w niewielkim stopniu zmieniają rzeczywiste własności widmowe przetwarzanego sygnału w zakresie częstotliwości, który jest istotny z punktu widzenia funkcji pełnionej przez ten sygnał (np. dla sygnałów akustycznych przesyłanych w usłudze telefonii analogowej istotny zakres częstotliwości zawiera się od 300 do 3400Hz pomimo, że oryginalny sygnał może zawierać składowe o wyższych częstotliwościach). Jakość przeprowadzonej filtracji podczas przetwarzania ma wpływ na występujące różnice .

## 2.2. Przygotowanie do laboratorium

- a ) Zapoznać się z zasadą realizacji interpolacji sygnału spróbkowanego poprzez uzupełnienie przetwarzanego sygnału o dodatkowe próbki o wartości zerowej, a następnie jego filtracji w cyfrowym filtrze dolnoprzepustowym.
- b ) Znać zasadę interpolacji wartością stałą.
- c ) Zapoznać się z zasadą realizacji decymacji sygnału spróbkowanego.
- d ) Rozumieć zmiany w widmie częstotliwości sygnału interpolowanego i decymowanego
- e ) Umieć wyznaczyć i wykreślić widmo sygnału ze skalowaniem osi częstotliwości

### Literatura

- [1] Wykłady z przedmiotu Podstawy transmisji cyfrowych
- [2] Lyons R.G.: Wprowadzenie do cyfrowego przetwarzania sygnałów, WKiŁ, 2010.
- [3] Zieliński T.: Cyfrowe przetwarzanie sygnałów. Od teorii do zastosowań, WKiŁ, 2014.

## 2.3. Program laboratorium

Zadanie 2.1. Wczytanie sygnału dźwiękowego

- a ) Przygotować **funkcję** spełniającą następujące zadania:
  - wczytanie pliku dźwiękowego ( korzystając z funkcji **audioread**),
  - wyświetlenie charakterystyki czasowej analizowanego sygnału,
  - wyświetlenie charakterystyki częstotliwościowej (moduł) analizowanego sygnału.

Osie odciętych wykresów wyskalować w jednostkach czasu i częstotliwości.

Argumenty wejściowe funkcji:

- nazwa przetwarzanego pliku dźwiękowego,
- rozmiar FFT.

Wartości wyjściowe funkcji:

- wektor próbek sygnału dźwiękowego,
- długość wektora,
- częstotliwość próbkowania.

- b ) Korzystając z powyższej funkcji napisać **skrypt** wczytujący zadany przez prowadzącego plik dźwiękowy. **Czy charakterystyka czasowa i częstotliwościowa sygnału jest zgodna z oczekiwaniem?**

Zadanie 2.2. Decymacja (cyfrowe obniżenie częstotliwości próbkowania)

- a ) Przygotować **funkcję** spełniającą zadanie układu decymacji.

Argumenty wejściowe funkcji:

- wektor próbek sygnału dźwiękowego,
- częstotliwość próbkowania,
- częstotliwości graniczne filtru dolnoprzepustowego,
- tłumienie w paśmie przenoszenia i zaporowym,
- stopień decymacji  $k$ .

Wartości wyjściowe funkcji:

- wektor próbek sygnału dźwiękowego po decymacji,
- częstotliwość próbkowania po decymacji.

**WSKAZÓWKA:** Jeżeli obie częstotliwości graniczne filtru są równe połowie częstotliwości próbkowania sygnału wejściowego, sygnał wejściowy nie jest filtrowany przed procedurą usuwania próbek.

- b ) Przygotować **skrypt**, w którym wykonywana jest decymacja sygnału dźwiękowego bez jego wstępnej filtracji w cyfrowym filtrze dolnoprzepustowym. Plik dźwiękowy i stopień decymacji  $k$  podany jest przez prowadzącego.

- wyświetlić widmo amplitudowe sygnału po decymacji pamiętając przy skalowaniu osi częstotliwości o  $k$ -krotnej redukcji częstotliwości próbkowania (dobrać rozmiar FFT). **Czy charakterystyka częstotliwościowa sygnału jest zgodna z oczekiwaniem?**

- zapisać sygnał po decymacji przy pomocy funkcji **audiowrite**, podając poprawną, nową wartość częstotliwości próbkowania. Czy zapisany sygnał odtwarzany jest bez zakłóceń?
- c ) Przygotować **skrypt** w którym wykonywana jest decymacja sygnału dźwiękowego. Zastosować cyfrowy filtr dolnoprzepustowy o parametrach dostosowanych do własności widmowych oryginalnego sygnału dźwiękowego i stopnia decymacji  $k$
- wyświetlić widmo amplitudowe sygnału po decymacji pamiętając przy skalowaniu osi częstotliwości o  $k$ -krotnej redukcji częstotliwości próbkowania (dobrać rozmiar FFT). **Czy charakterystyka częstotliwościowa sygnału jest zgodna z oczekiwaniem?**,
  - zapisać sygnał po decymacji przy pomocy funkcji **audiowrite**, podając poprawną, nową wartość częstotliwości próbkowania. Czy zapisany sygnał odtwarzany jest bez zakłóceń?

#### Zadanie 2.3. Interpolacja

- a ) Przygotować **funkcję** spełniającą zadanie układu interpolacji. Procedura interpolacji polega na uzupełnieniu sygnału wejściowego próbkami o wartości zerowej (pomiędzy kolejnymi próbkami sygnału wejściowego umieszcza się  $k-1$  próbek o wartości zerowej), a następnie odfiltrowaniu (wygładzeniu) tak otrzymanego sygnału w cyfrowym filtrze dolnoprzepustowym.

Argumenty wejściowe funkcji:

- wektor próbek sygnału dźwiękowego,
- częstotliwość próbkowania,
- częstotliwości graniczne filtru dolnoprzepustowego,
- tłumienie w paśmie przenoszenia i zaporowym,
- stopień interpolacji  $k$ .

Wartości wyjściowe funkcji:

- wektor próbek sygnału dźwiękowego po interpolacji,
- częstotliwość próbkowania po interpolacji.

**WSKAZÓWKA:** Jeżeli obie częstotliwości graniczne filtru są równe połowie częstotliwości próbkowania sygnału wejściowego, sygnał po procedurze wstawiania próbek o wartości zerowej nie jest filtrowany przed podaniem na wyjście układu interpolacji.

- b ) Przygotować **skrypt**, w którym wykonywana jest interpolacja sygnału wynikowego procedury decymacji (sygnał uzyskany w Zadaniu 2.2.c)) bez jego końcowego wygładzania w cyfrowym filtrze dolnoprzepustowym. Stopień interpolacji  $k$  podany jest przez prowadzącego.
- wyświetlić widmo amplitudowe sygnału po interpolacji pamiętając przy skalowaniu osi częstotliwości o  $k$ -krotnym wzroście częstotliwości próbkowania (dobrać rozmiar FFT). **Czy charakterystyka częstotliwościowa sygnału jest zgodna z oczekiwaniem?**,
  - zapisać sygnał po interpolacji przy pomocy funkcji **audiowrite**, podając poprawną, nową wartość częstotliwości próbkowania. Czy zapisany sygnał odtwarzany jest bez zakłóceń?
- c ) Przygotować **skrypt** w którym wykonywana jest interpolacja sygnału wynikowego procedury decymacji (sygnał uzyskany w Zadaniu 2.2.c)). Zastosować cyfrowy filtr dolnoprzepustowy o parametrach dostosowanych do własności widmowych przetwarzanego sygnału dźwiękowego i stopnia interpolacji  $k$  w celu usunięcia występujących zakłóceń.
- wyświetlić widmo amplitudowe sygnału po interpolacji pamiętając przy skalowaniu osi częstotliwości o  $k$ -krotnym wzroście częstotliwości próbkowania (dobrać rozmiar FFT). **Czy charakterystyka częstotliwościowa sygnału jest zgodna z oczekiwaniem?**,
  - zapisać sygnał po interpolacji przy pomocy funkcji **audiowrite**, podając poprawną, nową wartość częstotliwości próbkowania. Czy zapisany sygnał odtwarzany jest bez zakłóceń?