

KATEDRA MECHANIKI STOSOWANEJ I ROBOTYKI

Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa Politechniki Rzeszowskiej

SYGNAŁY I SYSTEMY DYNAMICZNE

Laboratorium 6

Temat: Filtracja cyfrowa z wykorzystaniem buforów przesuwnych i kołowych

Cel i zakres ćwiczenia

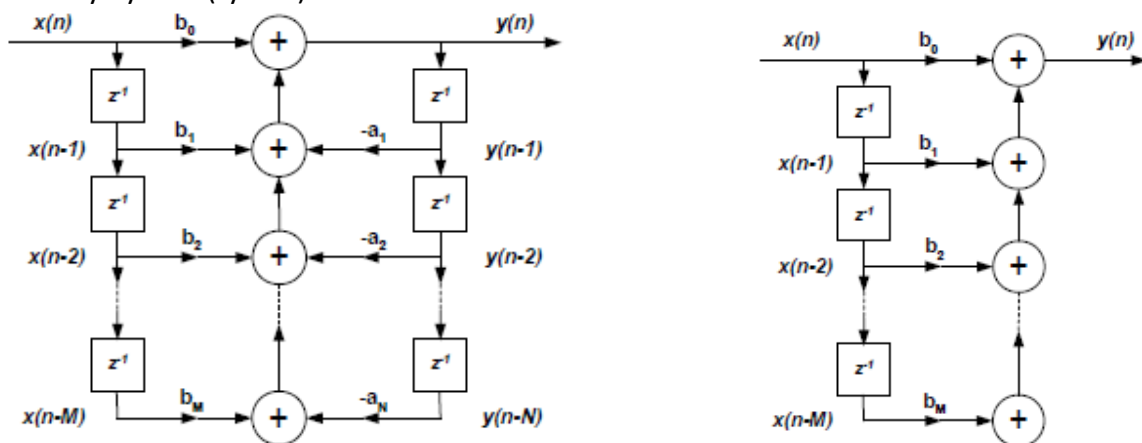
Celem ćwiczenia jest nabycie podstawowych umiejętności filtracji cyfrowej z wykorzystaniem buforów przesuwnych i kołowych. Dodatkowo przedstawiono wstęp do wybranych metod projektowania filtrów cyfrowych SOI, NOI oraz przeprowadzenie filtracji symulowanych sygnałów dyskretnych. Do analizy i wizualizacji otrzymanych wyników wykorzystano funkcje programu MATLAB.

Podstawy teoretyczne

Cyfrowe filtrowanie sygnału polega na przekształcaniu sygnału wejściowego $x(n)$ na sygnał wyjściowy $y(n)$ według zależności:

$$y(n) = \sum_{m=0}^M b_m x(n-m) - \sum_{k=1}^N a_k y(n-k) \quad (1)$$

Schemat blokowy układu dyskretnego, realizującego równanie filtra rekursywnego (1) przedstawia rysunek 1. Blok „ z^{-1} ” oznacza układ opóźniający sygnał o jedną próbkę. Odpowiednio dobrane rzędy opóźnień M i N , oraz wartości współczynników b_m ($m=0,1,2,\dots,M$), a_k ($k=1,2,\dots,N$) pozwalają na realizację filtrów o wymaganych charakterystykach (rys.1A).



Rys.1. A : Schemat blokowy filtra cyfrowego NOI (ang. IIR – Infinite Impulse Response).

B : Schemat blokowy filtra cyfrowego SOI (ang. FIR – Finite Impulse Response).

Jeżeli wszystkie współczynniki a_k ($k=1,2,\dots,N$) są równe zero równanie (1) upraszcza się do układu filtra niekrecywnego (2) (rys.1B).

$$y(n) = \sum_{m=0}^M b_m x(n-m) \quad (2)$$

Projektowanie oraz analizę filtrów cyfrowych ułatwia zastosowanie transformaty Z.

Algorytm filtracji

Algorytm realizujący cyfrową filtrację sygnałów ze względu na ograniczenia w sposobie indeksowania tablic w programie Matlab (indeksy tablic numerowane są od 1 a nie od 0) realizuje odpowiednio zmodyfikowane równanie (1)

$$y(n) = \sum_{m=1}^M b_m x(n-m+1) - \sum_{k=2}^N a_k y(n-k+1) \quad (3)$$

Do przechowywania próbek wejściowych wykorzystywany jest bufor b_x o długości M , i dla próbek wyjściowych bufor b_y o długości $N-1$. W algorytmie zastosowano tzw. bufory

przesuwne, tzn. kolejne nowe próbki sygnałów -wejściowego i wyjściowego są umieszczane jako pierwsze w buforze. Przed umieszczeniem w buforach nowej próbki następuje przesunięcie wszystkich wartości o jeden w prawo. W ten sposób najstarsza próbka jest usuwana w bufora.

PRZYKŁAD

```
% funkcja Matlaba
y=filter(b,a,x);

%algorytm filtracji z buforami przesuwными
function y=filterBP(b,a,x)
Nx = length(x); %dlugosc sygnalu
M=length(b); N=length(a); %liczba wspolczynnikow
aa=a(2:N); N=N-1; %usunięcie a(1)=1
bx=zeros(1,M); by=zeros(1:N); y=[]; %inicjacja buforow
for n=1:Nx %powtorz dla wszystkich probek sygnalu
    bx=[x(n) bx(1:M-1)]; %nowa probka wej. do bufora
    y(n)=sum(bx .* b)- sum(by .* aa); %filtracja
    by=[y(n) by(1:N-1)]; %nowa probka wyj. do bufora
end

% algorytm filtracji z wykorzystaniem Buforów Kołowych
function y = filterBKB(b,a,x)
    Nx=length(x); % długość sygnału
    M=length(b); N=length(a); % liczba współczynników filtra
    aa=a(2:N); N=N-1; % usunięcie a(1)=1
    bx=zeros(1,M); by=zeros(1,N); y=[]; % inicjalizacja buforów
    ix = 1; iy = 1; % inicjalizacja wskaźników do buforów
    for n=1:Nx % powtórz dla wszystkich próbek sygnału
        bx(ix) = x(n); % pobranie danej wejściowej do bufora WE
        sum = 0; ib = 1; ia = 1; % inicjalizacja
        for k = 1 : M-1 % SUMA PRÓBEK WEJ.
            sum = sum + bx(ix)*b(ib); % kolejny składnik sumy
            ix = ix - 1; if (ix==0) ix=M;end %zwiększenie indeksu w buforzeWE
            ib = ib + 1; %zwiększenie indeksu wag filtra b
        end
        sum = sum + bx(ix)*b(ib); %dodanie ostatniego składnika sumy
        for k = 1 : N-1 % SUMA PRÓBEK WYJ.
            sum = sum - by(iy)*aa(ia); % kolejny składnik sumy
            iy = iy - 1; if (iy==0) iy=N;end %zwiększenie indeksu w buforzeWY
            ia = ia + 1; % zwiększenie indeksu wag filtr a
        end
        sum = sum - by(iy)*aa(ia); % odjęcie ostatniego składnika
        y(n)=sum; % zapisanie danej wyj.
        by(iy)=sum; %zapisanie danej wyj. do bufora WY
    end
end
```

ZADANIE

- ✓ Zrealizuje powyższe filtry dla przykładowego sygnału $x=\sin(2*\pi*(0:Nx-1)/10)$ przy współczynnikach wagowych $b=[0.1 \ 0.2]$ oraz $a=[1 \ 0.1 \ 0.2]$.
- ✓ Przeprowadź analizę dla zaproponowanego sygnału

Przygotuj sprawozdanie zawierające najważniejsze inf. zrealizowanego lab.