

Guía Proyecto Final

Aplicación de Filtros FIR a Audios de Animales por Método de Enventanado y Método de Muestreo en Frecuencia

Procesamiento Digital de Señales

Antonio José Aristizábal García

2023-1

1. Filtros FIR por Método de Enventanado

Explicación del método

Para diseñar filtros por el método de Enventanado es necesario especificar algunos parámetros, tales como la frecuencia de muestreo, la frecuencia de corte, el ancho de banda de transición y el rizado que se desea en el filtro. Luego, a partir de estos se debe realizar algunos cálculos para tomar decisiones acerca de cuál es la ventana ideal para las especificaciones dadas.

Entonces, lo primero es obtener el valor del rizado en dB mediante la siguiente fórmula: $Ripple_{dB} = 20\log(\delta)$ y a partir del valor obtenido seleccionar la respectiva ventana que mejor se ajuste. Las ventanas se especifican en la siguiente tabla:

	Ancho de Banda de Transición	Rizado o Ripple en dB
Rectangular	$\frac{4\pi}{M+1}$	-21
Hann	$\frac{8\pi}{M}$	-44
Hamming	$\frac{8\pi}{M}$	-53
Blackman	$\frac{12\pi}{M}$	-74
	Vinculado al ancho de banda del lóbulo ppal.	Vinculado a la amplitud del lóbulo secundario.

Tabla 1. Especificaciones de cada ventana.

También se debe considerar la respectiva ecuación de la ventana elegida:

Ventana	Ecuación
Rectangular	$\omega(n) = \begin{cases} 1, & 0 \leq n \leq N-1 \\ 0, & n \geq N \end{cases}$
Hann	$\omega(n) = 0.5 \left(1 - \cos \left(\frac{2\pi n}{N-1} \right) \right)$
Hamming	$\omega(n) = 0.54 - 0.46 * \cos \left(\frac{2\pi n}{N-1} \right)$
Blackman	$\omega(n) = 0.42 - 0.5 \cos \left(\frac{2\pi n}{N-1} \right) + 0.08 \cos \left(\frac{4\pi n}{N-1} \right)$

Tabla 2. Ecuación de cada ventana.

Después, es necesario escoger la respuesta del filtro ideal según el filtro a diseñar:

Respuesta Filtro Ideal	Tipo de Filtro
$h_1 = \frac{\omega_c}{\pi} S_a \left(\frac{\omega_c n}{\pi} \right)$	Pasa-bajas
$h_2 = -\frac{\omega_c}{\pi} S_a \left(\frac{\omega_c n}{\pi} \right)$	Pasa-altas
$h_3 = \frac{\omega_{c2}}{\pi} S_a \left(\frac{\omega_{c2} n}{\pi} \right) - \frac{\omega_{c1}}{\pi} S_a \left(\frac{\omega_{c1} n}{\pi} \right)$	Pasa-bandas
$h_4 = \frac{\omega_{c1}}{\pi} S_a \left(\frac{\omega_{c1} n}{\pi} \right) - \frac{\omega_{c2}}{\pi} S_a \left(\frac{\omega_{c2} n}{\pi} \right)$	Rechaza-bandas

Tabla 3. Respuesta Filtro Ideal

Finalmente, luego de obtener el respectivo $h_i(n)$ y $\omega(n)$ se deben multiplicar para obtener $h(n)$.

Procedimiento

1.1. Escriba un programa que grafique la señal de audio 'Animals.wav'. Normalice la señal en amplitud, elimine su nivel DC y cree su vector de tiempo según la frecuencia de muestreo. Cargue el audio para escucharlo. ¿Qué animales logra distinguir?

1.2. Escriba un programa que permita graficar el espectro de la señal de audio. Límite la señal en el eje x entre -5000 y 5000.

1.3. Implemente un filtro FIR pasa bajas mediante el método del enventanado con las siguientes características: $f_s = f_{s_{audio}}$, $f_c = 300Hz$, $f_m = 200Hz$ y Ripple del 0.3%. Seleccione la respuesta del filtro y la ventana más adecuada. Explique paso a paso y grafique la respuesta en frecuencia del filtro.

1.4. Repita el procedimiento anterior, pero ahora implementando un filtro pasa-bandas con las siguientes características: $f_s = f_{s_{audio}}$, $f_{c1} = 1.5kHz$, $f_{c2} = 2kHz$, $f_m = 100Hz$ y Ripple del 0.7%.

2. Filtros FIR por Método de Muestreo en Frecuencia

Explicación del método

El muestreo en frecuencia implica tomar N muestras en intervalos definidos por $k \frac{F_s}{N}$ con $k = 0, 1, \dots, \frac{N-1}{2}$. Además, si se considera que el filtro tendrá fase lineal y respuesta al impulso simétrica y positiva, se tiene que los coeficientes del filtro se pueden obtener así:

$$h(n) = \frac{1}{N} \left[\sum_{k=1}^{\frac{N}{2}-1} 2|H(k)| \cos\left(\frac{2nk(n-\alpha)}{N}\right) + H(0) \right], \text{ donde } \alpha = \frac{N-1}{2}$$

Si N es un valor impar, entonces el límite superior de la suma será: $\frac{N-1}{2}$.

Además, se debe tener en cuenta que hay dos tipos de muestreo:

- Muestreo Tipo 1: $f_k = k \frac{F_s}{N}$; $k = 0, 1, \dots, \frac{N-1}{2}$
- Muestreo Tipo 2: $f_k = \left(k + \frac{1}{2}\right) \frac{F_s}{N}$; $k = 0, 1, \dots, \frac{N-1}{2}$

Procedimiento

2.1. Implemente un filtro FIR pasa altas mediante el método de muestreo en frecuencia. Utilice como frecuencia de muestreo la misma frecuencia obtenida en el audio, frecuencia de corte $4.5kHz$ y seleccione un valor de muestras N que permita obtener un filtro adecuado. Explique paso a paso y grafique la respuesta en frecuencia del filtro.

2.2. Repita el procedimiento anterior, pero ahora implemente un filtro pasa bandas con frecuencias de corte entre $300Hz$ y $1.6kHz$. Explique paso a paso y grafique la respuesta en frecuencia del filtro.

3. Filtrado de Sonidos Animales con Filtros FIR

3.1.1. Aplique el filtro pasa bajas obtenido en el literal 1 mediante el método de enventanado al audio Animals.wav

3.1.2. Reproduzca el audio obtenido tras filtrar y grafique su espectro limitando el eje entre -300 y 300. ¿Qué animal escucha? Explique.

3.2.1. Repita el literal 3.1.1. para el filtro pasa bandas obtenido mediante el método de enventanado.

3.2.2. Repita el literal 3.1.2. graficando el espectro entre -2500 y 2500.

3.3.1. Aplique el filtro pasa altas obtenido en el literal 2 mediante el método de muestreo en frecuencia al audio Animals.wav

3.3.2. Reproduzca el audio obtenido tras filtrar y grafique su espectro limitando el eje entre -8000 y 8000. ¿Qué animal escucha? Explique.

3.4.1. Repita el literal 3.3.1. para el filtro pasa bandas obtenido mediante el método de muestreo en frecuencia.

3.4.2. Repita el literal 3.3.2. graficando el espectro entre -1600 y 1600.

4. Conclusiones

Realice conclusiones generales sobre la práctica. Las conclusiones son parte fundamental del desarrollo de la práctica ya que permiten sintetizar y reforzar las ideas presentadas a lo largo de esta.