IEE239 - Procesamiento de Señales e Imágenes Digitales
Laboratorio 03 - Ejercicios Propuestos
Primer Semestre 2017

1. Diseñar un filtro filtro IIR pasa banda por el método de invarianza del impulso, de tal manera que la respuesta del filtro se aproxime a un filtro pasa banda Butterworth de orden 4 con frecuencias de corte 10kHz y 20kHz.

   a. Diseñar el filtro para múltiples tamaños (20, 50, 100, 500). Graficar el espectro de magnitud para cada caso. Asumir que se trabaja con una frecuencia de muestreo de 44.1kHz.

   b. Se tiene la señal $y(t)$ de 1 segundo de duración muestreada a 44.1kHz.

   $$y(t) = \cos(30000\pi t) + \cos(2000\pi t) + sin(48000\pi t)$$

   Filtrar la señal para eliminar los tonos de 1kHz y 24 kHz. Utilizar las distintas versiones del filtro.

   c. Analizar el espectro de la señal filtrada. Comentar los resultados y diferencias encontradas al variar el tamaño del filtro.

2. Se tiene la señal $h[n]$:

   $$h[n] = \begin{cases} A^n, & -M \leq n \\ A^{-n} & n \leq M \\ 0 & otroscasos \end{cases}$$

   a. Calcular de forma analítica la transformada de Fourier de $h[n]$.

   b. Describir gráficamente el espectro de magnitud calculado en el item anterior. Para ello considerar $M = 1024$, $A = 0{,}5$ y 4096 muestras. Asi mismo, considerar el rango de $-\pi \leq w \leq \pi$.

   c. Se tiene la señal:

   $$k[n] = \begin{cases} A, & -M/2 \leq n \leq M/2 \\ 0, & \text{otros casos} \end{cases}$$

      I. Se pide calcular la transformada de Fourier de la convolución $y[n] = k[n] * h[n]$. Hacer uso de las funciones de MATLAB (**fft(), fftshift()**). Realizar la convolución utilizando la propiedad $a[n] * b[n] = A(e^{j\omega})B(e^{j\omega})$. Considerar para $k[n]$, $M = 1024$, $A = 0{,}8$ y 4096 muestras.

      II. Alternativamente calcular la convolución $y[n]$ utilizando el comando **conv()** y luego calcular la transformada de Fourier utilizando los comandos **fft()** y **fftshift()**. Antes de realizar la transformada de Fourier, recortar la señal producto de la convolución a la longitud de $h[n]$ (puede utilizar la opción **'same'** de la función **conv()**).

      III. Verificar que el espectro de magnitud de los dos items anteriores sean iguales.

3. Se busca diseñar un filtro FIR pasabajos utilizando el método de enventanado, comparando el uso de diferentes ventanas. El diseño debe aproximar a la respuesta en frecuencia ideal dada por:

$$H(e^{j\omega}) = \begin{cases} e^{-j(\frac{M}{2})\omega}, & |\omega| \leq 0{,}7\pi \\ 0, & 0{,}7\pi \leq |\omega| \leq \pi \end{cases}$$

Se pide lo siguiente:

   a. Considerar un orden de filtro $M = 20$, y diseñar dos filtros: uno empleando una ventana rectangular, y el otro con una ventana Hamming. (Comandos a emplear: **hamming**). Tomar en cuenta que el término $e^{-j(\frac{M}{2})\omega}$ equivale a un desplazamiento de $\frac{M}{2}$ en el espacio de muestras.
   b. Graficar el espectro de magnitud y fase de ambos filtros. Comparar las características propias de cada ventana empleada y explicar el modo en que afectan el diseño del filtro. (Comandos a emplear: **fft, fftshift, unwrap, angle**)
   c. Para el caso de la ventana rectangular, realizar nuevamente el diseño del filtro para ordenes M = 6 y M=40. Graficar magnitud y fase en ambos casos. ¿En qué afecta la variación del orden al filtro resultante?

4. Se tiene la señal $d(t)$ de 0.5 segundos de duración,

$$d(t) = 2\cos(2\pi \cdot 30 \cdot t) + \cos(2\pi \cdot 20 \cdot t) + 0{,}5\cos(2\pi \cdot 50 \cdot t)$$

   a. Hallar su versión en tiempo discreto para una frecuencia de muestro $F_s = 800$ Hz. Describir gráficamente ambas secuencias resultantes.
   b. Contaminar la señal $d[n]$ con ruido blanco aditivo ($w[n]$) de media cero y varianza 0.5. Obtener la señal $x[n]$, donde $x[n] = d[n] + w[n]$. Las señales son WSS y $d[n]$ y $w[n]$ son no correlacionadas.
   c. Hallar los coeficientes de un filtro Wiener de orden 10 que permitan estimar la señal $d[n]$ a partir de la señal $x[n]$.
      I. Generar la matriz de autocorrelación de $x[n]$. Usar **xcorr()** y **toeplitz()**.
      II. Generar el vector de correlación cruzada de $x[n]$ y $d[n]$. Tener en cuenta que este vector es del tamaño del orden del filtro. Usar **xcorr()**.
      III. Resolver la ecuación Wiener-Hopf y hallar los coeficiente del filtro. Usar **filter()**.
   d. Graficar en espacio de muestras y frecuencia la señal original, la señal corrompida y la señal estimada.
   e. Hallar los coecientes del filtro para órdenes de 20,50, y 100. Mostrar las gráficas como en el caso anterior. Indicar cómo afecta el orden del filtro a la señal estimada. Usar **norm()** para evaluar la similitud.