

IEE239 - Procesamiento de Señales e Imágenes Digitales

Laboratorio 3 - Aplicación

Primer Semestre 2018

Martes, 22 de Mayo del 2018

Horario 08M2

- Duración: 1 hora.
- Está permitido el uso de material adicional.
- La evaluación es **estrictamente** personal.
- **Está terminantemente prohibido copiar código externo (ejemplos de clase, material en línea, etc.)**

En la presente aplicación se mostrará cómo el análisis en frecuencia y el uso de filtros digitales se puede utilizar para identificar las características y estructura de una pieza musical.

- a. (1.0 punto) En el archivo `ode.mat`¹ se proporciona una grabación de las notas de una sinfonía clásica (variable `x`) junto con su respectiva frecuencia de muestreo (variable `Fs`). En primer lugar, se hallará el número de pulsos por minuto (“velocidad” de la melodía). Para ello, leer el archivo y definir la señal umbralizada $u[n]$ como:

$$u[n] = \begin{cases} 1, & \text{si } |x[n]| \geq 0.7 \\ 0, & \text{en otros casos} \end{cases}$$

Luego, definir $v[n] = u[n] - \bar{u}$, donde \bar{u} es la media de $u[n]$. Graficar el espectro de magnitud de $v[n]$ en frecuencia normalizada y determinar la posición de la frecuencia de mayor amplitud ω_m . Finalmente, convertir ω_m a Hertz (Escalando por el periodo de muestreo T_s) y a ciclos por minuto (Recordar que $1 \text{ Hz} = 1 \text{ ciclo/segundo}$).

- b. (0.5 puntos) La melodía consta solo de 5 notas (Do, Re, Mi, Fa y Sol). Se procederá a diseñar filtros en las bandas de frecuencias de las distintas notas. Las frecuencias de corte inferior y superior de estas notas se muestran en el Cuadro 1. Usar el método de enventanado (función `fir1`) con una ventana Hamming para definir un filtro pasabanda de orden $M = 50$ para la nota Do.
- c. (0.5 puntos) Usar el método de muestreo en frecuencia (función `fir2`) para diseñar un filtro de orden $M = 100$ y tomando $\alpha = 0$ ² para la nota Re.
- d. (1.0 punto) Con las especificaciones del Cuadro 1 y el comando `butter`, definir filtros Butterworth digitales de orden 5 para las notas Mi, Fa y Sol. Graficar en un mismo eje la respuesta en magnitud de los filtros para las 5 notas usando un número de muestras $N = 512$ para el cálculo de la DFT en el dominio de frecuencia normalizado de $-\pi$ a π .

¹El archivo se encuentra ubicado en `laboratorio/lab03/08M2/aplicacion/ode.mat`

²Los puntos de muestreo en frecuencia normalizada corresponden a $\omega_k = \frac{2\pi k}{M}$, donde M es el orden del filtro. Notar que `fir2` asume un dominio normalizado donde 2π corresponde a 1.

Nota	f_1 (Hz)	f_2 (Hz)
Do	123	146
Re	130	164
Mi	146	174
Fa	164	195
Sol	174	220

Cuadro 1: Frecuencias de corte inferior (f_1) y superior (f_2) de las notas musicales.

- e. (1.5 puntos) Dividir la señal $x[n]$ en 15 segmentos $x_i[n], i \in \{1, 2, \dots, 15\}$ consecutivos de longitud $N = 550$ ³. Notar que pueden quedar muestras restantes al final. Filtrar cada uno de los segmentos x_i con cada uno de los 5 filtros de las notas musicales y calcular la energía de cada una de las salidas $y_i[n]$ (suma de los cuadrados de los elementos, i.e., $E_y = \sum_n y_i^2[n]$). Se sugiere almacenar los resultados en una matriz de 15×5 .
- f. (0.5 puntos) Con las energías determinadas en el inciso anterior, determinar la nota presente en cada segmento, la cual corresponde al filtro cuya salida tiene la mayor energía en dicho segmento. Indicar la secuencia de las 15 notas que forman la melodía.

³Puede extraer el i -ésimo segmento de longitud N como $\mathbf{x}((i-1)*N+1:i*N)$