

IEE239 - Procesamiento de Señales e Imágenes Digitales  
Laboratorio 03 - Aplicación  
8 de mayo del 2016

Horario: 07M2.

Duración: 1 hora.

Está prohibido el uso de material adicional.

La evaluación es estrictamente personal.

**Está terminantemente prohibido copiar código externo (ejemplos de clase, material en línea, etc.).**

1. (5 puntos) Un espía ha implantado un micrófono transmisor en el auto de su objetivo con el fin de monitorear sus llamadas telefónicas. Su primera tarea es averiguar el teléfono receptor de cada llamada, para lo cual sabe de antemano que el teclado del teléfono funciona mediante el sistema de marcación por tonos (DTMF), mostrado en la Figura 1.

Sin embargo, al analizar la señal recibida del micrófono, observa que durante la transmisión de la señal se acopló cierta cantidad de ruido aditivo blanco gaussiano (AWGN)  $w[n]$ . Además, durante el marcado telefónico otro vehículo cercano hizo sonar su bocina, lo cual quedó registrado en la señal del micrófono como un tono sinusoidal  $\alpha[n]$ . Para poder decodificar el número deseado se propone el siguiente esquema:

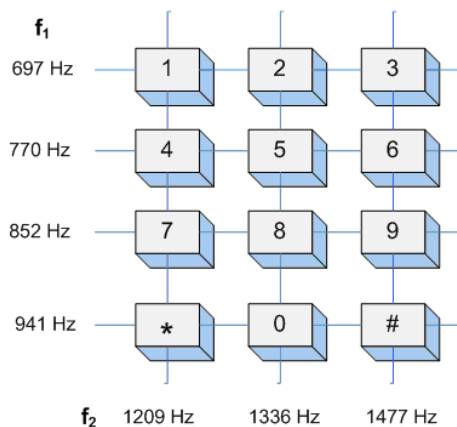


Figura 1: Esquema de marcación por tonos (DTMF).

- a. Diseñar un filtro FIR Wiener (Figura 2) de orden 100 para eliminar el ruido gaussiano. Para ello cargue el archivo *data.mat*, el cual contiene la señal observada ( $x[n]$ ), la señal deseada ( $d[n]$ ), y la frecuencia de muestreo  $F_s$ . Considerar los siguientes pasos:

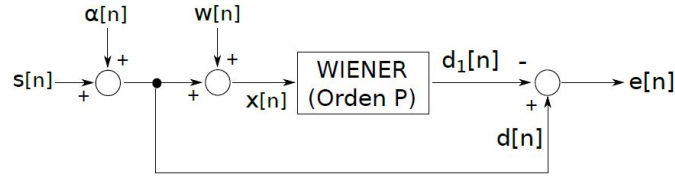


Figura 2: Esquema filtro Wiener

- I. Hallar la matriz de autocorrelación de la señal observada. *Comandos útiles: `xcorr`, `toeplitz`*
- II. Hallar el vector de correlación cruzada entre la señal observada y deseada.
- III. Resolver las ecuaciones Wiener-Hopf para obtener los coeficientes del filtro, y realizar con ellos el filtrado de la señal.

Graficar el resultado obtenido en espacio de muestras (éste debería asemejarse al mostrado en la Figura 2 (b)).

b. Para eliminar el tono no deseado:

- I. Graficar el espectro en frecuencia de la señal obtenida en a., e identificar la frecuencia del tono no deseado. ¿Se debe emplear un filtro pasabajos o pasa-altos para eliminarlo?
- II. Diseñar un filtro IIR Butterworth por interpolación bilineal (seleccione frecuencias de corte adecuadas para las bandas de paso y rechazo), y realizar el filtrado de la señal. Considerar una atenuación de 2dB para la banda de paso, y 30 dB para la banda de rechazo.

Graficar el resultado obtenido en espacio de muestras (éste debería asemejarse al mostrado en la Figura 2 (c)).

c. Finalmente, determinar la secuencia digitada en el teléfono:

- I. Para ello, separar la señal de interés en segmentos o “ventanas” que contengan solo el audio correspondiente a una tecla (usar la gráfica en espacio de muestras de la señal para determinar un tamaño adecuado de ventana).
- II. Analizar el espectro en frecuencia de cada ventana para extraer los tonos que la componen, considerando para ello que el sonido de cada tecla está determinado a partir de dos frecuencias (Figura 1).

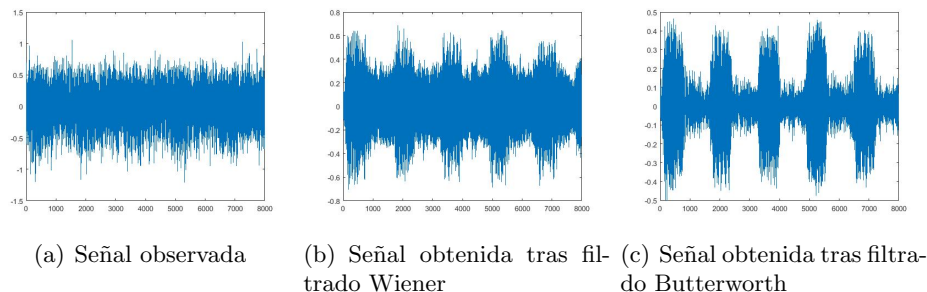


Figura 3