



Proyecto - Segunda entrega y presentación final

Jan Bacca Rodríguez, Ana María Reyes, Laura Rosero, Sergio Andrés Dorado-Rojas

La generación de tonos duales multifrecuencia **DTMF** (*Dual-Tone Multi-Frequency*) se emplea ampliamente en la comunicación analógica por vía telefónica. El concepto de DTMF consiste en generar una mezcla de dos señales sinusoidales puras de distinta frecuencia. Esta técnica es utilizada en los teléfonos analógicos para determinar el número al cual se desea llamar. Cuando se presiona una tecla, el generador DTMF genera un tono dual de duración T_D segundos que identifica el dígito que se acaba de seleccionar. La siguiente función representa la señal sintetizada tiene:

$$x(t) = \sin(2\pi f_1 t) + \sin(2\pi f_2 t) \quad 0 \leq t \leq T_D \quad (1)$$

El objetivo de este proyecto es desarrollar un sintetizador y un decodificador DTMF empleando una herramienta computacional. Cada una de las etapas debe cumplir con los siguientes requisitos:

■ Sintetizador:

- Debe generar un tono dual para cada tecla presionada con las frecuencias que se presentan en la Figura 1
- La duración de cada tono debe ser de 250 ms
- Luego de seleccionar una tecla, debe reproducirse el tono generado
- Debe ser capaz de transmitir secuencias de 7 dígitos incluyendo * y #
- Después del ingreso del último dígito, debe mostrarse un aviso que indique que la transmisión puede iniciarse
- Deben reproducirse todos los dígitos ingresados con un delay de 250 ms entre ellos cuando el usuario determine iniciar la transmisión

■ Decodificador:

- Debe grabar un tono con una duración mínima de 3500 ms cuando el usuario determine iniciar la recepción de un mensaje reproducido por otro grupo
- Debe presentar el espectro de magnitud en frecuencia de la secuencia recibida
- Debe graficar en una misma figura el espectro de magnitud del mensaje recibido y de la secuencia filtrada con el filtro pasabanda, empleando escalas adecuadas en los ejes horizontal y vertical
- Debe mostrar en pantalla el número correspondiente al tono identificado
- Las funciones de codificador y decodificador deben contar con una interfaz gráfica.

$f_1 \backslash f_2$	1209 Hz	1336 Hz	1477 Hz
697 Hz	1	2	3
770 Hz	4	5	6
852 Hz	7	8	9
941 Hz	*	0	#

Figura 1: Asignaciones de frecuencia para cada tecla.

1 SEGUNDA ENTREGA (PARA LA SEMANA DEL 30 DE ABRIL)

- Escriba un código para generar los tonos DTMF con la distribución de frecuencias presentada en la Figura 1 y reproduzca la señal resultante
- Grafique el espectro de magnitud del tono generado
- Desarrolle un código para grabar una señal DTMF reproducida por otro grupo. Utilice una frecuencia de muestreo de 40000 Hz
- Reproduzca la señal grabada
- Grafique el espectro de magnitud del tono recibido

2 PRESENTACIÓN FINAL (PARA LA SEMANA DEL 27 DE MAYO)

- Escriba un código que le permita decodificar un mensaje entrante DTMF (en otras palabras, identificar la secuencia de números correspondiente a la señal transmitida). El mensaje debe ser grabado cuando otro grupo inicie la reproducción de la señal DTMF generada en otro computador. Para ello, tenga en cuenta lo siguiente:
 - El tiempo de grabación mínimo debe corresponder al especificado en los requisitos del proyecto (i.e., 3500 ms).
 - Para eliminar el efecto del ruido ambiente, debe implementar un **filtro ideal pasa-banda** con frecuencia de corte baja $f_l = 650$ Hz y $f_h = 1550$ Hz.
 - El filtro **debe ser ideal**. Los grupos que diseñen el filtro con paquetes de MATLAB para el diseño de filtros analógicos o digitales serán penalizados. Algunas de las funciones que no pueden utilizar son `besself`, `butter`, `cheby1`, `cheby2`, `ellip` o la interfaz gráfica *Filter Designer* que se invoca con el comando `FilterDesigner`.
 - Pueden experimentar con otras frecuencias de corte. Se recomienda trabajar con las especificadas.
- Escriba un algoritmo que le permita identificar el instante en el cual inicia el mensaje grabado (**Sugerencia:** le puede ser útil escribir un código que identifique el índice en vector de la señal grabada en el cual la amplitud correspondiente excede un cierto umbral especificado).

- A partir del instante de inicio del mensaje grabado, extraiga cada uno de los dígitos de la secuencia y realice el análisis en frecuencia de cada uno de ellos. Desarrolle un código que le permita encontrar automáticamente las frecuencias a las que ocurren los picos.
 - La función `norm(x,inf)` le permite identificar el elemento de mayor valor absoluto en el vector `x`. Otra alternativa puede ser la función `max`¹. Tenga en cuenta que ambas retornan únicamente un valor, y cada dígito cuenta con dos componentes en frecuencia, lo cual se traduce en dos picos principales en los espectros de magnitud.
 - Como los cálculos de MATLAB son numéricos, debe definir una tolerancia alrededor del valor esperado de frecuencia. Por ejemplo, las frecuencias del dígito 1 son 697 y 1209 Hz. Después de su análisis, es muy probable que los picos se encuentren en 695 y 1213 Hz. Por esta razón, su algoritmo debe permitir un umbral para la identificación de las frecuencias buscadas.
- Desarrolle una interfaz gráfica que le permita llevar a cabo las funciones de sintetizador y decodificador.
- La interfaz gráfica debe contar con un botón que, al comando del usuario, debe mostrar en una nueva ventana (sin cerrar la principal), la respuesta al impulso del filtro pasabanda implementado para eliminar el ruido ambiente. Las escalas de los ejes de esta gráfica deben ser adecuadas. Las unidades de los ejes deben ser tiempo (eje horizontal) y amplitud (eje vertical).

¹ Una pregunta interesante -tipo sustentación- para aquellos que vayan a trabajar en estas funciones es: ¿cuál es la diferencia entre ambas?