

Análisis de Sistemas y Señales - Año 2023

Práctica con Utilitario 2 - Opción D: Comunicaciones*

Introducción

En la materia Análisis de Sistemas y Señales se puso énfasis en la utilización de la herramienta informática Matlab como complemento del espacio de práctica, considerando que en primer término la misma brinda grandes ventajas en el aprendizaje de los temas de la materia, y en segundo término el manejo de la herramienta en sí misma es de provecho para un profesional vinculado al procesamiento de señales.

Por otra parte, consideramos que la capacidad de presentar resultados de una manera ordenada, para que puedan ser interpretados por un tercero no debe ser ajena a la formación de todo profesional, y mucho menos de un profesional de la Ingeniería.

Este trabajo con utilitario se enfoca en la utilización del algoritmo FFT (algoritmo rápido de la TDF) y en el diseño de filtros digitales. En particular, dado que en el conjunto de herramientas que provee MATLAB se encuentra la función de cálculo de la FFT y herramientas para el diseño y la utilización de filtros digitales, se opta por emplear dicho utilitario.

Para ello se provee una serie de funciones en archivos de tipo .m. Para ver la ayuda de los mismos, en la ventana de comandos se debe escribir `help nombreArchivo`. Los archivos provistos son:

- DBL.wav: Archivo con las señales de audio moduladas en doble banda lateral.

Los estudiantes deben resolver las consignas planteadas y entregar:

- Un breve informe con los procedimientos utilizados y su justificación, los resultados conseguidos (por ejemplo gráficas de las señales) y las conclusiones obtenidas.
- **TODOS** los scripts de Matlab utilizados en la resolución, de manera que los resultados obtenidos puedan ser reproducidos por un tercero.

Las condiciones y fechas límite de entrega estarán fijadas en la tarea de Moodle correspondiente a esta práctica con Utilitario.

El trabajo puede realizarse de manera individual o en grupos de máximo dos estudiantes. En caso de detectarse copias los trabajos serán **desaprobados**.

Consejo

Para insertar gráficos hechos con Matlab en un editor de textos, un método rápido y relativamente seguro es el siguiente:

1. En Matlab ingrese el comando `print -f1 -dpng figurita`, esto generará en el directorio actual el archivo gráfico `figurita.png`. El número que sigue a la opción `-f` es el número de la figura de Matlab que se exportará.

*Cada estudiante puede optar por resolver cualquiera de las opciones de esta práctica con utilitario. Todas poseen similar dificultad.

2. Desde el editor de texto que utilice, inserte la figura. En general es conveniente que la figura no flote sobre el texto.

Consigna

El sistema de comunicaciones denominado *Doble Banda Lateral* (DBL), consiste básicamente en multiplicar la señal, o mensaje a transmitir $x_m(t)$, por una señal de tipo $x_p(t) = \cos(2\pi f_p t)$. Se puede ver que utilizando diferentes valores de f_p elegidos adecuadamente, es posible transmitir varios mensajes sobre un mismo canal con la posibilidad de separarlos luego; lo que se conoce como multiplexación por división de frecuencia (FDM).

La señal provista `DBL.wav` emula 20 segundos de la señal que se obtendría al modular con DBL una señal $x_1(t)$ con $f_{p1} = 8$ kHz y una señal $x_2(t)$ con $f_{p2} = 16$ kHz, ambas sumadas, y luego muestreadas a frecuencia de muestreo $f_s = 44,1$ kHz. Se sabe que tanto $x_1(t)$ como $x_2(t)$ tienen un ancho de banda menor a 3,5 kHz. Llamaremos $x[n]$ a la señal dada.

Recuerde que el comando¹:

```
[x, fs] = audioread('DBL.wav');
```

permite cargar un archivo de audio (en este caso, el provisto entre los archivos de la presente práctica) en la variable `x`. La variable `fs` indica la frecuencia de muestreo de la señal. Y que es posible escuchar la señal mediante el comando:

```
sound(x, fs);
```

1. Grafique el espectro de $x[n]$, e interprete el efecto de la modulación. Trate de escuchar la señal $x[n]$, y verifique que el mensaje no es claramente inteligible.

Un esquema típico de recepción de DBL consiste en un filtro pasabanda, seguido de una multiplicación por la señal $y_p(t) = \cos(2\pi f_p t + \theta)$ y finalmente un filtro pasa-bajos. Esta operación puede realizarse con la señal en el dominio discreto, empleando filtros digitales y la señal $y_d[n] = \cos(2\pi f_p n T_s + \theta)$, donde $T_s = 1/f_s$.

2. Trate de interpretar la operación que realiza este esquema de recepción pensando en el espectro de la señal en cada etapa (si no puede, no se asuste, veremos paso a paso como es esto).
3. Diseñe un filtro pasabanda centrado en 8 kHz que le permita recuperar el espectro de la señal “ x_1 modulada”. Dé algunas gráficas representativas de dicho filtro. Recuerde que para ingresar a la herramienta de diseño escribíamos `fdatool` en la ventana de comandos, y que puede exportar el filtro diseñado al Workspace yendo a *File*→*Export*. Conviene exportar el filtro como objeto. Una vez exportado puede resultarle de utilidad guardar el filtro diseñado para un posterior uso, lo que puede hacerse por ejemplo mediante:

```
save('filtroLP.mat', 'LP');
```

donde `LP` es el nombre que tenía la variable a guardar. Para cargar nuevamente la variable, ejecutar

```
load('filtroLP.mat');
```

4. Procese la señal $x[n]$ con este filtro. Grafique el espectro de la señal obtenida. Verifique que se elimina la “señal no deseada”. Llamaremos $y_1[n]$ a la señal de salida. Puede serle de utilidad el comando `filter`.
5. Multiplique la señal obtenida por la señal $y_d[n] = \cos(2\pi f_{p1} n T_s + \theta)$, y grafique el espectro de la señal resultante. ¿Qué se obtiene para diferentes valores de θ ? Llamaremos $z_1[n]$ a la señal obtenida de esta operación.

¹En versiones antiguas de Matlab, no existe el comando “`audioread`”. En su lugar, es posible utilizar el comando: `[x, fs] = wavread('audio.wav');`

6. Diseñe un filtro pasabajos que le permita recuperar el espectro de la señal x_1 a partir de $z_1[n]$. Dé algunas gráficas representativas de dicho filtro.
7. Procese la señal $z_1[n]$ con este filtro. Grafique el espectro de la señal obtenida. Verifique que se escucha el mensaje. También puede comparar lo que se escucha en los pasos intermedios.
8. Repita los incisos anteriores para el caso de la señal “ x_2 modulada”.
9. Ahora sí, interprete las operaciones que realizó para recuperar la señal modulada.

En todos los casos que considere pertinentes ilustre sus resultados con una gráfica adecuada. Recuerde indicar correctamente valores y variables en cada eje, e incluir un título o un epígrafe que identifique a la figura.

Los fragmentos de audio corresponden a *Cortázar lee a Cortázar: “Viajes”* (*Historias de Cronopios y de Famas*) y a “*No te salves*”, en la voz de Mario Benedetti.