

Análisis de Sistemas y Señales - Año 2023

Práctica con Utilitario 2 - Opción B: Señales Biomédicas*

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.

Los archivos provistos para llevar a cabo los ejercicios son:

- eeg.mat: Muestras de un electroencefalograma.
- ecg.mat: Muestras de un electrocardiograma.
- ecg_contaminada.mat: Muestras de un electrocardiograma contaminadas con tensión de línea y armónicos.

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:

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

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

Consigna

Un uso muy común del filtrado digital es en el procesamiento de señales biológicas, es decir, señales que provienen de medir algún fenómeno fisiológico de un ser vivo. Dos mediciones muy comunes en medicina son las de electroencefalografía (EEG), que mide la actividad eléctrica de las neuronas en el cerebro y la de electrocardiografía (ECG), que mide la actividad eléctrica de los tejidos del corazón. El archivo `eeg.mat` contiene un registro de muestras de un electroencefalograma, tomadas con una frecuencia de muestreo de 256 Hz. Para utilizarlo en Matlab, debe cargarlo ejecutando: `load('eeg.mat')`.

1. Grafique la señal de eeg en una escala temporal adecuada, comenzando en $t = 0$.
2. Como habrá notado, no es posible extraer mucha información de esta señal. Para obtener un poco más de información, grafique el módulo del espectro de la señal, en una escala de frecuencia en Hz adecuada (puede serle de utilidad repasar los comandos del ejercicio 2 de la práctica 7). Debido a que la señal tiene una gran componente de continua, haga otra gráfica con un zoom vertical adecuado que permite apreciar el resto del espectro.

Observando el espectro podemos notar, además de la componente de continua mencionada, otras cuatro características notables. Hay componentes de baja frecuencia (entre 1 y 3 Hz) que se deben al latido del corazón, componentes debidas al parpadeo de los ojos, en la banda de 8 a 13 Hz, una componente importante en 50 Hz, debida a la contaminación con la tensión de línea y un “pasto” (más fuerte entre 0 y 50 Hz pero presente en toda la banda) que se debe a fenómenos variados (saturación de los conversores D/A, muestras “erróneas” y ruido).

En esta ocasión estamos interesados particularmente en la componente del parpadeo de los ojos, conocida como ritmo alfa.

3. Diseñe un filtro pasabanda para recuperar la banda de 8 a 13 Hz. 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. Aplique el filtro diseñado a la señal de eeg para obtener la señal y . Grafique esta última señal y el módulo de su espectro.

En teoría, observando el ritmo alfa debería ser posible determinar cuándo el paciente cierra sus ojos (cuando esto ocurre, el ritmo alfa toma valores elevados). Sin embargo, esta tarea es mucho más sencilla si observamos en su lugar la energía de la señal y en función del tiempo.

5. Calcule la señal $e_y = y^2$. Esta señal puede pensarse como la energía de y en función del tiempo. Para obtener mejores resultados, conviene promediar esta señal antes de graficarla, por ejemplo mediante el comando `z = filter(ones(1,80),1,e_y);` que implementa un filtro de promedio móvil de 80 muestras. Puede mejorar aún más la visualización si previamente hace un diezmado de la secuencia $y.^2$, por ejemplo: `e_y = decimate(y.^2,16);`. Grafique z y cuente cuántas veces el paciente cerró los ojos.

Por otro lado, los archivos `ecg.mat` y `ecg_contaminada.mat` contienen registros de electrocardiogramas, cuyas muestras fueron tomadas con una frecuencia de muestreo de 500 Hz. El primero es un registro “limpio” y se incluye sólo para tener una idea de cómo debería verse una señal de ecg. El segundo es un registro que fue tomado con algunos problemas. En particular, el más grave es la presencia de una componente de 50 Hz y sus armónicos, debidas a la tensión de línea. Intentaremos eliminar estas interferencias mediante filtrado.

6. Cargue en el Workspace de Matlab la señal del archivo `ecg.mat` y gráfiquela en una escala de tiempo adecuada, comenzando en $t = 0$.
7. Cargue en el Workspace de Matlab la señal del archivo `ecg_contaminada.mat` y gráfiquela en una escala de tiempo adecuada, comenzando en $t = 0$. Compárela con la señal “limpia”. Grafique también el módulo del espectro de esta señal en una escala de frecuencia adecuada.

Las normas médicas establecen, entre otras cosas, que la señal de eeg debe filtrarse en la banda entre 0.5 y 100 Hz. Para evitar complicaciones, en este trabajo vamos a filtrarla simplemente con un filtro pasabajos con frecuencia de corte en 100 Hz.

8. Diseñe el filtro pasabajos mencionado. Para evitar mayores deformaciones en la señal, deberá ser de fase lineal, por lo que está obligado a utilizar un filtro de tipo FIR.

Con el uso de este filtro, la única interferencia importante que resta eliminar es la de 50 Hz.

9. Diseñe un filtro rechaza-banda (o tipo “notch”) que elimine la interferencia de 50 Hz. Tenga en cuenta que como el filtro debe ser FIR, si el ancho de las bandas de transición más el de la banda de rechazo es demasiado pequeño, el orden del filtro resultará prohibitivamente alto (sería deseable algo menor a orden 400). Tampoco podemos hacer este ancho demasiado grande, porque eliminaríamos demasiada información útil de la señal. Un compromiso razonable es que ambas bandas de transición más la de rechazo sumen alrededor de 6 Hz de ancho.
10. Filtre la señal de ecg contaminada con ambos filtros (el pasabajos y el rechaza-banda) y gráfique. Compárela con el registro “limpio”.

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.