

**6.003: Señales y sistemas – Otoño 2003**

Práctica de Informática 1

Distribución: 4 de septiembre de 2003

Entrega: 8 de octubre de 2003

---

**Problemas para entregar:** en esta práctica completará los ejercicios de los niveles básico, intermedio y avanzado para el problema de la cancelación del eco de la sección 2.10 de las páginas 44-46 de Buck, Daniel y Singer (BDS). Le rogamos incluya su código de MATLAB cuando realice estos ejercicios. Tal como se indica en la hoja informativa, no le pedimos un informe de prácticas formal, aunque es importante que presente los resultados obtenidos de forma clara y organizada. A continuación, se citan los elementos específicos que deben entregarse.

**Nota:** las señales  $y$ ,  $y_2$  e  $y_3$  se incluyen en columnas de vectores. Por consiguiente, si utiliza de la segunda a la última línea de códigos de la página 46 de BDS, obtendrá una respuesta INCORRECTA, ya que el comando `fliplr()` funciona por filas. Por lo tanto, sustituya “`Ryy=conv(y,flipud(y));`” de la segunda a la última línea de códigos de la página 46.

Para cargar el archivo de datos adecuado en MATLAB, teclee:

```
>> cd /mit/6.003/data  
>>load lineup
```

También puede obtener el archivo de datos de la página web del curso.

**Problemas básicos**

- (a) Entregue un diagrama de la respuesta a impulsos del sistema de eco contenido en el vector  $h_e$ .
- (b) En este apartado se le pide que verifique que el sistema de eliminación de eco es, de hecho, el inverso del sistema de eco. Para la derivación de este sistema, no derive toda la ecuación de diferencias. En su lugar, calcule de forma analítica la respuesta a impulso del sistema de eco y la del sistema de eliminación de eco y convolucione las dos respuestas a impulsos para obtener la respuesta a impulsos del sistema en cascada.

**Problemas intermedios**

- (c) Entregue un diagrama de la respuesta aproximada a impulsos contenida en el vector  $h_e$ .
- (d) Entregue un diagrama de la salida del filtro contenida en el vector  $z$ .

- (e) Entregue un diagrama de la respuesta total a impulsos obtenida mediante la convolución de  $h_e$  con  $h_{er}$ . Explique, además, por qué el resultado no es un impulso unitario.

### Problema avanzado

- (f) En este apartado debe determinar los parámetros de las tres señales,  $y_1$ ,  $y_2$  e  $y_3$ . Esto quiere decir que debe incluir cálculos de  $N$  y  $\alpha$  para las señales  $y_1$  e  $y_2$ , y cálculos de  $N_1$ ,  $\alpha_1$ ,  $N_2$  y  $\alpha_2$  para la señal  $y_3$ . Para justificar sus resultados, deberá incluir diagramas de las autocorrelaciones  $R_{y_1 y_1}[n]$ ,  $R_{y_2 y_2}[n]$ . Además, entregue una descripción del procedimiento que ha seguido para calcular  $N$  y  $\alpha$ . En esta descripción debería incluir la expresión matemática de  $R_{y_1 y_1}[n]$  en términos de  $R_{x x}[n]$ .

Para calcular el valor de  $\alpha$ , debe suponer que conoce  $x[n]$  para todos los valores de  $n$ . De hecho, esta es una suposición bastante razonable. En muchos sistemas de comunicación es común enviar una señal de prueba (que el receptor conoce) para evaluar los efectos del canal de comunicaciones. En este problema concreto, se puede obtener  $x[n]$  a partir de la respuesta facilitada en el apartado (d) (es decir,  $z[n] = x[n]$ ).

*Sugerencias:*

- Para determinar el valor de  $N$ , utilice la sugerencia que se indica en BDS (es decir, estudie la función de autocorrelación  $R_{y_1 y_1}[n]$ ). La función de correlación posee una propiedad que le puede resultar útil: dada cualquier señal  $w[n]$ , la autocorrelación  $R_{w w}[n] = w[n] * w[-n]$  cumple la desigualdad  $R_{w w}[0] \geq R_{w w}[n]$  para todos los valores de  $n$ .<sup>†</sup> Esto se da principalmente porque las dos señales se alinean (“line up”) en  $n = 0$ .
- Para calcular el valor de  $\alpha$ , suponga que conoce  $x[n]$ . A continuación, debe ser capaz de poder obtener un cálculo aproximado resolviendo una sencilla ecuación lineal. Para la señal  $y_3$ , necesitará dos ecuaciones de este tipo.
- Si en cualquier momento, creemos necesario proporcionar sugerencias adicionales relacionadas con la práctica, incluiremos una nota informativa en la página web del curso: <http://web.mit.edu/6.003/www>

Para anuncios más importantes, enviaremos además un mensaje a través de las listas de correo del curso 6.003.

### Ejercicios opcionales (si desea entretenerse)

- El planteamiento para calcular  $\alpha$ , tal como se sugiere en el apartado (f), no será muy preciso en el mundo real debido a los efectos del ruido. Un modelo mejor para el sistema de la ecuación (2.21) sería  $y[n] = x[n] + \alpha x[n - N] + w[n]$ , donde  $w[n]$  es una fuente de ruido. Para investigar los efectos del ruido, trate de crear una versión del ruido de la señal  $y$  utilizando el comando siguiente:

<sup>†</sup> Puede que le resulte un ejercicio interesante hallar la prueba de la existencia de esta desigualdad.

```
>> ynoisy = y + 0.2*randn(size(y));
```

Para aumentar el nivel de ruido, aumente el valor 0.2. Estudie los efectos de este ruido en sus cálculos aproximados de  $N$  y  $\alpha$ . Para obtener un cálculo mejor de  $\alpha$  inténtelo con un esquema de la promediación utilizando varios puntos de datos en lugar de uno sólo.

- Es posible que desee experimentar con el valor de  $\alpha$ , suponiendo que no conozca  $x[n]$ . ¿Qué tipos de aproximaciones puede realizar con el fin de obtener cálculos razonables de  $\alpha$ ? Considere utilizar la autocorrelación  $R_{yy}[n]$ .
- Si durante el proceso de experimentación descubre una solución novel a las preguntas planteadas anteriormente, o si tiene alguna sugerencia acerca de otros ejercicios de reflexión, envíele un mensaje por correo electrónico al jefe de ayudante técnico, que colgará las sugerencias enviadas en la página web del curso.

**Instrucciones especiales:** dado que en esta práctica se le pide que escuche diferentes señales vocales, le rogamos utilice los auriculares mientras se encuentre en los grupos públicos del servidor del MIT. Si decide trabajar en el laboratorio del quinto piso, no son necesarios los auriculares, aunque sí recomendables debido al ruido ambiental. Para utilizar los auriculares en las terminales de trabajo de Athena, asegúrese de que los conecta en el enchufe situado en el panel posterior de la máquina, o en el lado izquierdo en un O2, pero no en el enchufe situado debajo del CD-ROM.