DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INFORMÁTICA
UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE CHILE

Laboratorio 4

PROCESAMIENTO DE SEÑALES E IMÁGENES

Profesores:

- Violeta Chang C.
- Leonel E. Medina

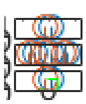
Ayudante: Luis Corral

Teorema del muestreo

El teorema del muestreo nos permite saber la frecuencia de muestreo ω_s necesaria para lograr representar y luego reconstruir una señal cuya frecuencia máxima es ω_0 con la relación: $\omega_s \geq 2\omega_0$. Un ejemplo es un tren de pulsos con frecuencia $\omega_s = 4\pi$ que muestrea la señal $y = \cos(\omega_0 t)$ con $\omega_0 = \omega_s/6$. La reconstrucción de la señal original la realizamos mediante un filtro pasa bajos ideal $X(j\omega)$ con frecuencia de corte $\omega_c = \omega_s/2$. Podemos ver la transformada de Fourier $Y(j\omega)$ de y en la Figura 1 (a), luego la transformada de y muestreada con $\omega_s = 4\pi$ en la Figura 1 (b) y la reconstrucción luego de aplicar el filtro $X(j\omega)$ en la Figura 1 (c).

```
clearvars

w_s = 4*pi;          % Frecuencia de muestreo
w_c = w_s/2;         % Frecuencia corte FI
w = -2*w_s:pi/8:2*w_s;
X_jw = (w <= w_c).*(w >= -w_c);
w_0 = w_s/6;         % Frecuencia w0
```

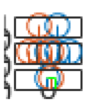
```
w_y = ((-1:1:1)*w_s)+w_0;
Y_jw = ones(1,length(w_y));

% Y(jw)
figure
subplot(3,1,1)
stem(w_0,1)
title('Figura 1: Muestreo y reconstrucción de señal.')
hold on
stem(-w_0,1)
xlim([min(w) max(w)])
ylim([0 1.5])
ylabel('(a)')

% Y(jw) muestreada
subplot(3,1,2)
stem([w_y' fliplr(-w_y)'],repmat(Y_jw',1,2))
hold on
xline(w_s)
hold on
xline(-w_s)
xlim([min(w) max(w)])
ylim([0 1.5])
ylabel('(b)')

% Y(jw) reconstruida
subplot(3,1,3)
stem(w_0,1)
hold on
stem(-w_0,1)
hold on
stairs(w,X_jw,'--g')
xlim([min(w) max(w)])
ylim([0 1.5])
ylabel('(c)')
```



Si no se cumple la relación $\omega_s \geq 2\omega_0$, la señal no puede ser reconstruida de manera correcta como se muestra en la Figura 2.

```
w = -3*w_s:pi/8:3*w_s;
X_jw = (w <= w_c).*(w >= -w_c);
w_0 = 5*w_s/6;            % Nueva frecuencia w0
w_y = ((-1:1:1)*w_s)+w_0;
```

```
Y_jw = ones(1,length(w_y));

% Y(jw)
figure
subplot(3,1,1)
stem(w_0,1)
title('Figura 2: Muestreo y reconstrucción de señal.')
hold on
stem(-w_0,1)
xlim([min(w) max(w)])
ylim([0 1.5])
ylabel('(a)')

% Y(jw) muestreada
subplot(3,1,2)
stem([w_y' fliplr(-w_y)'],repmat(Y_jw',1,2))
hold on
xline(w_s)
hold on
xline(-w_s)
xlim([min(w) max(w)])
ylim([0 1.5])
ylabel('(b)')

% Y(jw) reconstruida
subplot(3,1,3)
stem(w_y(1),1)
hold on
stem(-w_y(1),1)
hold on
stairs(w,X_jw,'--g')
xlim([min(w) max(w)])
ylim([0 1.5])
ylabel('(c)')
```



Ver Demo.

Ejercicio

Considere la relación $\omega_s = 2\pi f_s$, donde f_s es la frecuencia de muestreo en Hertz. Obtenga la señal del archivo '44100Hz.wav' y su frecuencia de muestreo con el uso de la función [y,Fs] = audioread(filename) de Matlab. Grafique la señal en el tiempo y determine la frecuencia ω_0 de la señal.

.: Bonus :.

¿Es posible saber la frecuencia de la señal sinusoidal del archivo wav sin tener información respecto a la frecuencia de muestreo?

Referencias

[1] Oppenheim, A.V. & Willsky, A.S. & Nawab, S.H. (1997). Señales y sistemas (2nd ed.). Prentice Hall.