

Tarea Académica

Entrega: Jueves 12 de diciembre del 2024

1. Identificación de Sistemas (6 puntos)

En este problema vamos a aplicar las técnicas aprendidas en el curso para la identificación de algunos sistemas desconocidos. Por cada sistema desconocido van a ser proporcionadas secuencias de entrada $x[n]$ y de salida $y[n]$.

1. Sistema lineal e invariante en el tiempo (LTI - Linear Time Invariant)

Dado un sistema LTI con respuesta impulsiva $h[n]$, la relación entre la entrada y la salida del sistema están dadas por

$$y[n] = \sum_{k=-\infty}^n x[k]h[n-k] + w[n]$$

donde $w[n]$ es una señal de ruido blanco gaussiano con media cero y varianza desconocida. Utilizar un filtro FIR de longitud 10 (es decir con 10 coeficientes) para identificar el sistema.

Archivo: LTI.cvs (x: señal de entrada y: señal de salida)

2. Sistema lineal y variante en el tiempo (LTV - Linear Time Variant)

Dado un sistema LTV, la relación entre la entrada y la salida del sistema está dada por

$$y[n] = \sum_{k=-\infty}^n x[k]h[n,k] + w[n]$$

donde $h[n,k]$ es la respuesta impulsiva del sistema variante en el tiempo. Además, $w[n]$ es una señal de ruido blanco gaussiano con media cero. Analice el sistema de la siguiente forma.

a) Primero trate el sistema como un sistema LTI y utilice el filtro Wiener para encontrar los coeficientes del sistema.

b) Luego, utilice el algoritmo LMS para identificar el sistema de forma adaptiva.

Use un filtro FIR de longitud 10 para identificar el sistema. ¿Qué puede concluir sobre las características del sistema LTV? ¿Qué opina sobre la performance del algoritmo LMS comparado con la del filtro Wiener?

Archivo: LTV.cvs (x: señal de entrada y: señal de salida)

2. Diseño de filtros digitales (8 puntos)

Se desea diseñar filtros pasabajos para aplicaciones de radar. Considere que contamos con un sistema de recepción de señales de radar basado en un dispositivo SDR (Software Defined Radio) que adquiere datos con una velocidad de muestreo de 100 MHz. La señal digitalizada pasa por un demodulador para llevar la señal a banda base, por un filtro pasabajos y por un decimador

para reducir la tasa de muestreo a 1 MHz. Por ende, la frecuencia de corte del filtro a diseñar también debe ser de 1 MHz.

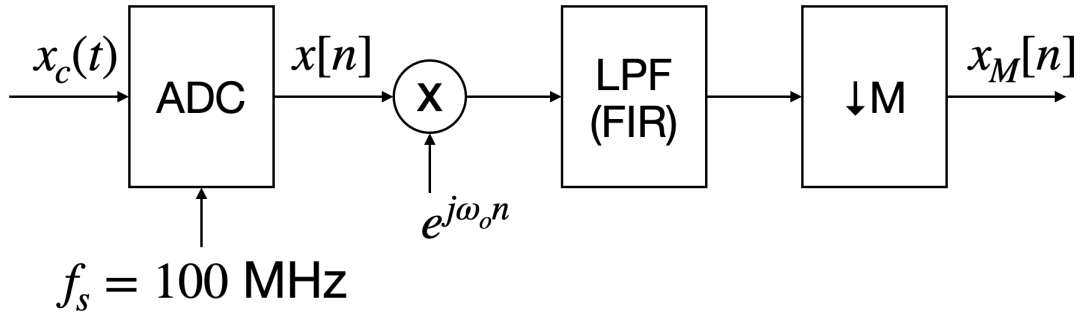


Figura 1: Diagrama de bloques de sistema de recepción de señales de radar.

Los parámetros que caracterizan un filtro digital están descritos en la siguiente figura.

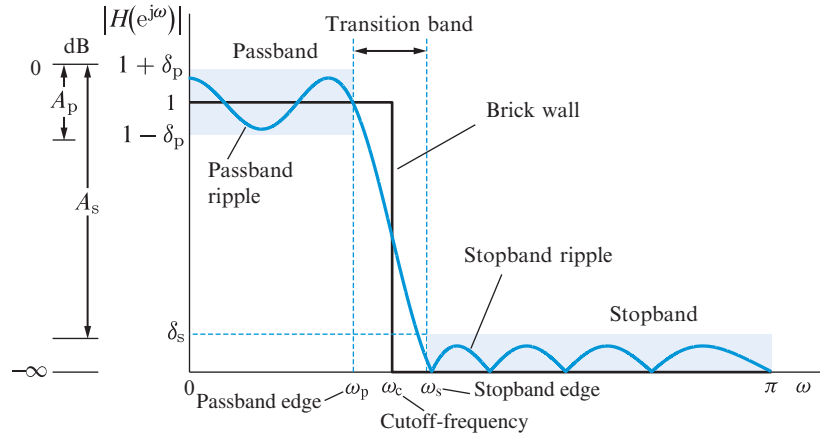


Figura 2: Parámetros que caracterizan el diseño de un filtro digital. Para realizar el diseño del filtro consideremos los siguientes escenarios.

1. Se desea realizar el diseño aplicando la técnica de enventanado, utilizando una ventana de tipo Kaiser (revisar Cap. 10 de Manolakis & Ingle, 2011). Para ello considere que la atenuación en la banda de rechazo es de 60 dB. Además, seleccione la longitud del filtro tal que la banda de transición sea como máximo el 10 % de la frecuencia de muestreo luego de la decimación.
 - Presente gráficos de los coeficientes del filtro, así como, de la respuesta en frecuencia (en magnitud y fase) del filtro diseñado.
 - Resuma en una tabla los parámetros más importantes del filtro diseñado como rizado en la banda de paso, rizado en la banda de rechazo, atenuación en la banda de rechazo y ancho de banda de la región de transición.
2. Una técnica muy usada para este tipo de aplicaciones consiste en el uso de filtros tipo CIC (Cascade integrator comb filter). Considerando el esquema de filtrado siguiente, diseñe el filtro FIR compensador tal que cumpla con los criterios de diseño de la parte 1.

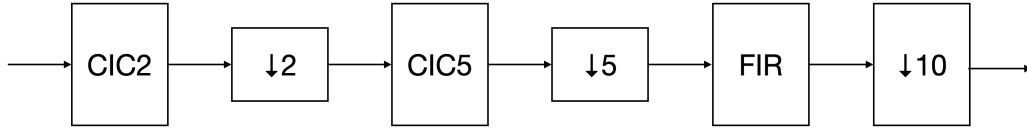


Figura 3: Diagrama de bloques filtros CICs en cascada con filtro FIR.

Tenga en cuenta que $H_{CIC2}(z) = \left(\frac{1-z^{-2}}{1-z^{-1}}\right)^2$ y $H_{CIC5}(z) = \left(\frac{1-z^{-5}}{1-z^{-1}}\right)^5$.

- Presente gráficos de los coeficientes del filtro diseñado, así como, de su respuesta en frecuencia (en magnitud y fase). También presente la respuesta en frecuencia del filtro resultante.
 - Resuma en una tabla los parámetros más importantes del filtro resultante como rizado en la banda de paso, rizado en la banda de rechazo, atenuación en la banda de rechazo y ancho de banda de la región de transición.
3. Finalmente, compare las respuestas en frecuencia de los filtros diseñados. Presente gráficos en los que compare las respuestas en frecuencia de los filtros diseñados en las partes 1 y 2 tanto en magnitud como en fase. Además, indique que filtro considera es el más adecuado para nuestra aplicación. Justifique su respuesta.

3. Comparación de Algoritmos LMS (6 puntos)

En este problema, vamos a comparar la performance de los algoritmos LMS estudiados en el curso. Para ello, vamos a implementar el sistema predictor lineal de la siguiente figura.

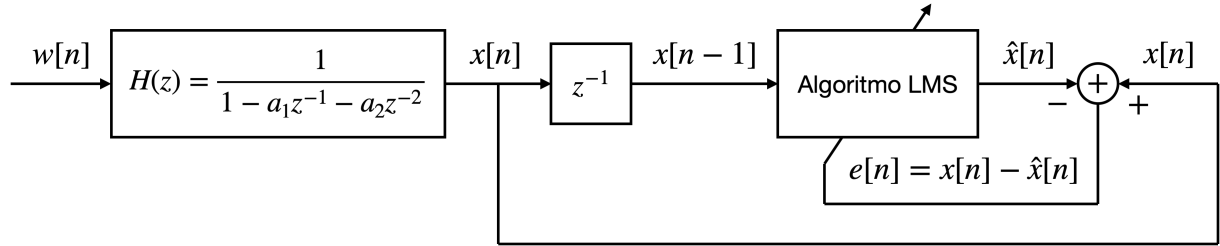


Figura 4: Predictor Lineal

Los algoritmos adaptivos que vamos a comparar son los siguientes:

1. LMS

$$\vec{h}^{(n+1)} = \vec{h}^{(n)} + 2\mu e[n] \vec{x}^{(n-1)}.$$

2. LMS normalizado

$$\vec{h}^{(n+1)} = \vec{h}^{(n)} + 2 \frac{\mu}{(\vec{x}^{(n-1)})^T \vec{x}^{(n-1)} + \epsilon} e[n] \vec{x}^{(n-1)}.$$

3. LMS-Newton

$$\vec{h}^{(n+1)} = \vec{h}^{(n)} + 2\mu e[n] R_{\text{inv}}^{(n)} \vec{x}^{(n-1)}$$

donde R_{inv} es la inversa de la matriz de correlación R . $R_{\text{inv}}^{(n)}$ se puede calcular de forma iterativa de la siguiente forma

$$R_{\text{inv}}^{(n)} = \frac{1}{w} \left\{ R_{\text{inv}}^{(n-1)} - \frac{R_{\text{inv}}^{(n-1)} \vec{x}^{(n-1)} \left(\vec{x}^{(n-1)} \right)^T R_{\text{inv}}^{(n-1)}}{w + \left(\vec{x}^{(n-1)} \right)^T R_{\text{inv}}^{(n-1)} \vec{x}^{(n-1)}} \right\}$$

donde w es el factor de olvido.

Paso 1: Genere secuencias de la señal $x[n]$ dada por la siguiente ecuación de diferencias

$$x[n] = \sum_{m=1}^M a[m]x[n-m] + w[n],$$

donde $a[m]$ está definido para $1 \leq m \leq M$, y $w[n]$ es una fuente de ruido blanco gaussiano. Asume que $x[n] = 0$ para $n < 0$. Nuestro filtro predictor, va a estimar la señal $\hat{x}[n]$ en función de los valores pasados de $x[n]$ tal y como muestra el diagrama anterior. Las secuencias deben ser generadas asumiendo que $M = 2$, $a[1] = 0,85$, $a[2] = -0,15$ y que la varianza del ruido blanco $w[n]$ es $\sigma_w^2 = 0,25$.

Paso 2: Luego, determine los coeficientes del filtro predictor \vec{h} utilizando cada uno de los algoritmos adaptivos descritos anteriormente. La secuencia $x[n]$ debe ser lo suficientemente larga para que los algoritmos converjan a los coeficientes ideales.

Paso 3: Con el fin de analizar la performance de cada algoritmo, repite 100 veces el paso anterior y realiza las siguientes comparaciones.

1. Comparación de la velocidad de convergencia de los algoritmos.

Para ello vamos a seleccionar el factor de adaptación de cada algoritmo (μ) tal que la varianza de los coeficientes estimados (calculada usando las 100 realizaciones de cada algoritmo) sea la misma. Grafique los coeficientes promediados en función del índice de tiempo (número de iteración) para cada algoritmo. ¿Qué algoritmo tiene la mayor velocidad de convergencia? Justifique su respuesta.

2. Comparación de la varianza de los coeficientes estimados.

En este caso vamos a seleccionar el factor de adaptación de cada algoritmo (μ) tal que la velocidad de convergencia de la secuencia promediada (obtenida luego de promediar las 100 realizaciones de cada algoritmo) sea la misma para cada algoritmo. Grafique los coeficientes promediados en función del índice de tiempo para cada algoritmo. ¿Qué algoritmo tiene la mayor varianza de los coeficientes estimados?

Reporte Final

Cada alumno, de forma individual, debe presentar un reporte con las soluciones a los problemas propuestos. El reporte debe detallar los métodos usados para resolver cada problema, así como los resultados obtenidos. Se espera que el reporte describa claramente sus resultados, pero también que analice los algoritmos implementados y que explique las razones por las que se obtuvieron dichos resultados. Para ello puede incluir los diagramas o gráficos que crea conveniente.

Aunque el reporte de la tarea académica es personal se sugiere que se reúnan en grupo y discutan sobre como resolver los problemas. Junto con el reporte, también deben entregar los programas que utilizaron para resolver cada problema.

Si bien lo que se va a calificar es exclusivamente el contenido del reporte, los programas utilizados nos permitirán verificar que cada alumno realizó el trabajo de forma individual.

Referencias

- [1] D. G. Manolakis and V. K. Ingle, Applied Digital Signal Processing: Theory and practice. The Edinburgh Building, Cambridge CB2 8RU, UK: Cambridge University Press, 1st ed., 2011.