



FILTROS ADAPTATIVOS

Caceres Sebastian, Troncoso Camila
{1803245, 1803307}@unimilitar.edu.co
Profesor: Nelson Velasco

Resumen—En este documento se tratarán los temas de filtros adaptativos los cuales cambian sus coeficientes de acuerdo con un algoritmo adaptativo, también se habla de los filtros FIR y convoluciones.

Palabras clave— Señal, filtro adaptativo, convolución, filtros FIR, filtros IIR, análisis de frecuencia.

I. COMPETENCIAS A DESARROLLAR

- Habilidad para identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería, aplicando principios de ingeniería, ciencias y matemáticas.
- Habilidad para comunicarse efectivamente ante un rango de audiencias.
- Capacidad de desarrollar y aplicar nuevos conocimientos según sea necesario, utilizando estrategias de aprendizaje apropiadas.

II. DESARROLLO EJERCICIOS PRÁCTICOS.

Investigue las aplicaciones mencionadas y describa las características que hacen difíciles estas tareas.

- Electrocardiografía fetal.

En esta aplicación se tiene como principal problema que el ECG materno va a resaltar debido a que la frecuencia cardíaca fetal promedio se encuentra entre 110 y 160 latidos por minuto, por lo cual se debe aplicar los filtros adaptativos para no obtener esta señal de la madre.

- Cancelación de eco en canales de comunicación.

Este proceso consiste en remover eco (el eco es la misma señal pero retrasada respecto a la original) en las comunicaciones de voz y así lograr una buena comunicación, esto se logra basándose en el principio de detección de la señal original y de la señal con retraso para así remover una.

- Identificación de sistemas.
- Eliminación de ruido blanco.
- Predicción de señales.

Investigue sobre los filtros adaptativos.

¿Qué es un filtro adaptativo?, ¿A qué obedece su nombre?

Es un tipo de filtro que calcula sus coeficientes de forma iterativa en tiempo real dependiendo de la señal de entrada que se le aplique, estos se usan principalmente para sistemas de comunicaciones y sistema de control.

¿Cuál considera que es la principal diferencia con los filtros convencionales (filtros FIR e IIR)?

¿Que le confiere su capacidad de adaptación?

En los filtros digitales convencionales los coeficientes los coeficientes son invariables, además de que se tienen en cuenta frecuencias determinadas para su diseño; mientras que en los filtros adaptativos los coeficientes se recalculan en cada iteración del filtro y para su diseño se utilizan características estadísticas de la señal y no frecuencias determinadas.

¿De qué manera se logra ajustar los coeficientes del filtro?, ¿Qué estrategias existen para ello?

Para ajustar los coeficientes del filtro se aplican algoritmos iterativos con capacidad de “aprender” de la señal medida, que recalculan dichos coeficientes con cada medición que se realiza de la señal. En todos los filtros adaptativos estos coeficientes se calculan utilizando modelos matemáticos basados en estadística.

¿Qué ventajas tienen los filtros adaptativos en comparación con los convencionales?

Los filtros adaptativos permiten eliminar o ignorar distintas señales no deseadas sin necesidad de conocer características como las frecuencias y amplitudes que estas puedan llegar a tener; también en algunos filtros adaptativos se pueden eliminar señales específicas o se puede conservar una señal en especial considerando una señal de referencia con las características deseadas.

¿Qué desventajas presentan los filtros adaptativos frente a los convencionales?

Debido a que los filtros convencionales presentan coeficientes fijos estos poseen una velocidad de respuesta mayor en la mayoría de las situaciones (también depende del orden del filtro); adicionalmente al filtrar una o un grupo específico de frecuencias el filtro no se verá alterado por cambios repentinos en la señal de entrada fuera de lo esperado.

¿Cómo se aplicarían los filtros adaptativos en el problema de separar las señales en las aplicaciones previamente mencionadas?

Para estas situaciones se utilizan filtros con señales de referencia para identificar precisamente las señales a mantener o eliminar; por ejemplo, en el caso de la electrocardiografía fetal se toma de referencia el corazón de la madre para eliminar esta interferencia de los latidos del feto.

EJERCICIO PRÁCTICO:

Considere 4 periodos de la siguiente señal:

Considerando la señal representada por la ecuación 1, se implementa un filtro adaptativo con la finalidad de aproximar un valor deseado al filtrado, en este caso se trata de separar cada una de las señales que componen dicha señal de entrada.

$$x(n) = \sin(2\pi \frac{1}{128}n) - 0.2\cos(2\pi \frac{1}{128}n - \frac{1}{3}\pi) + 0.1\sin(2\pi \frac{1}{128}n - \frac{1}{4}\pi) \quad (1)$$

Se plantea para esta señal, ya que se tiene un mismo valor de frecuencia en cada una de las funciones que la componen, relacionar estas con la fase y amplitud que poseen logrando así diferenciar cada una de ellas, con lo ya aprendido anteriormente de filtros IIR y FIR se propone la aplicación de un filtro FIR ya que al tener en cuenta que su fase es lineal se puede entender y manejar mejor el comportamiento de esta misma.

Se plantea un filtro adaptativo empleando la función FIR1 de matlab, así como un filtro adaptativo basado en LMS, de orden 30, paso del error de 0.1 y simulando el ruido blanco con la función randn, donde todos los vectores constarán de 1000 unidades en el eje X.

A través de la implementación del filtro adaptativo sugerido, se obtiene la siguiente gráfica:

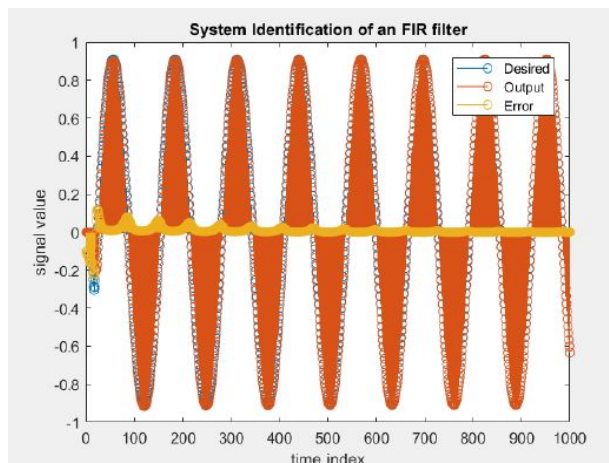


Figura 1. Señal con filtro adaptativo

El cual, posee como entrada la señal de la gráfica 2.

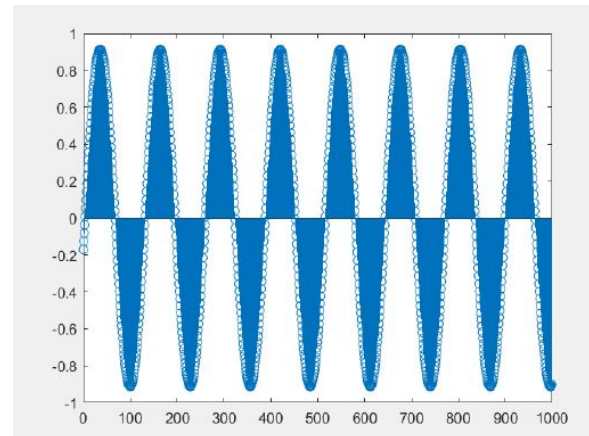


Figura 2. Señal de entrada.

Donde, se busca obtener una señal parecida a la señal deseada que se muestra en la figura 3.

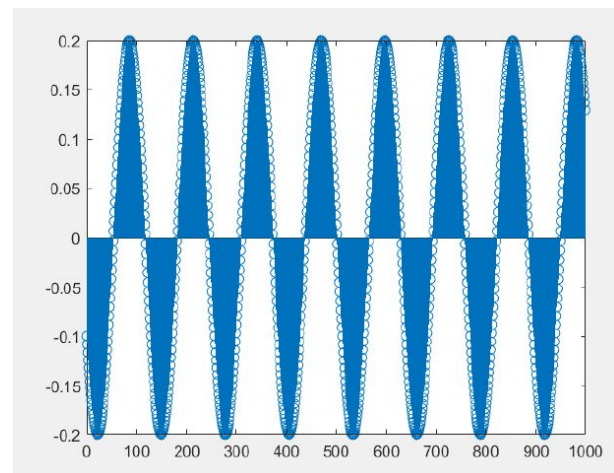


Figura 3. Señal deseada.

De esta aplicación se logra observar como la señal de salida tiende a ser igual a la entrada deseada teniendo condiciones iniciales iguales a 0, aproximando cada vez más el error a ser nulo, esto debido a que se retroalimenta respecto a esta señal se compara con la entrada, calculando cada vez que se cierra el ciclo nuevamente los coeficientes de filtrado, siendo estos siempre variantes en el tiempo según el comportamiento de la función. Empleando el siguiente código de matlab, se le añade ruidos la señal de entrada del filtro:

Adicione el ruido blanco gaussiano a la señal x(n) y aplique el filtro adaptativo. Utilice diferentes valores de ganancia para el ruido.

```
%añadir ruido
nr = 0.05*randn(1000,1);
%señal de entrada con ruido
x=(sin(2*pi*n*1/128)-0.2*cos(2*pi*n*1/128-pi*1/3)+0.1*sin(2*pi*n*1/128-pi*1/4))*nr;
```

Figura 4. Código en matlab para añadir ruido blanco a la entrada.

Con el cual se obtiene que la entrada está dada por la gráfica.

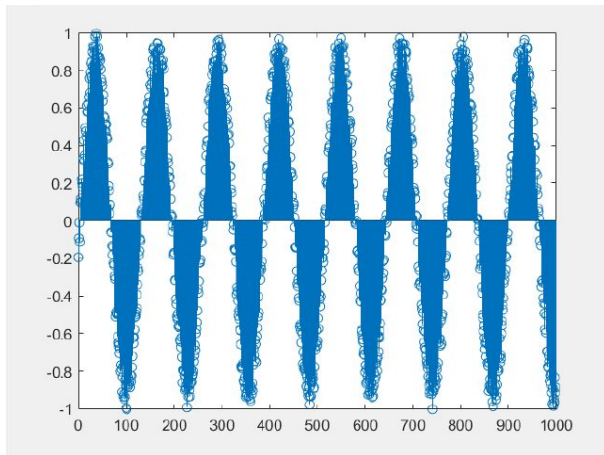


Figura 5. Señal de entrada con ruido con stem.

Se busca filtrar la señal mencionada anteriormente, de la cual se quiere obtener la señal mostrada en la figura 6, que es nuestra señal deseada.

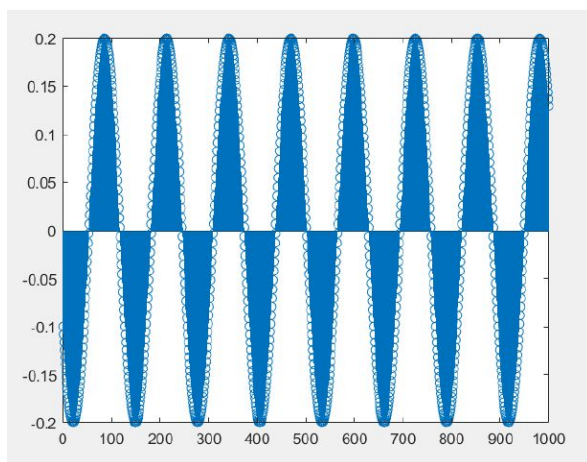


Figura 6. Gráfica con stem de la señal deseada.

Después de aplicar el filtro adaptativo, se logra obtener el gráfico mostrado en la figura 7, donde la señal naranja es la señal después del filtro, la señal amarilla corresponde al error, y la señal azul, que se encuentra en el fondo, corresponde a la señal deseada.

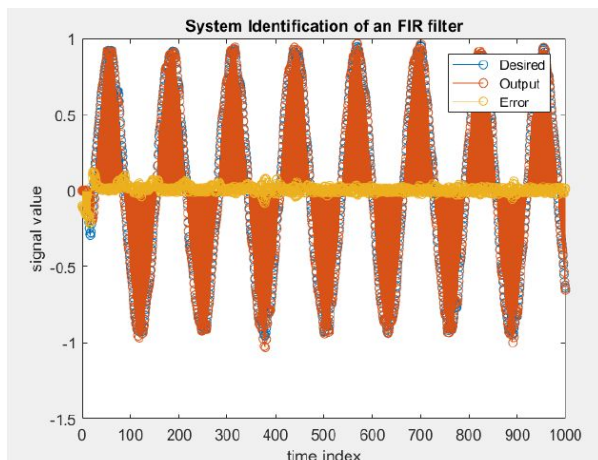


Figura 7. Gráfico con stem de la señal con ruido después de

filtrar.

Se comprueba la capacidad del filtro adaptativo planteado ante diferentes ganancias de ruido blanco, donde se observa que, desde que la ganancia del ruido blanca alcanza el valor de 0.10, empieza a figura:

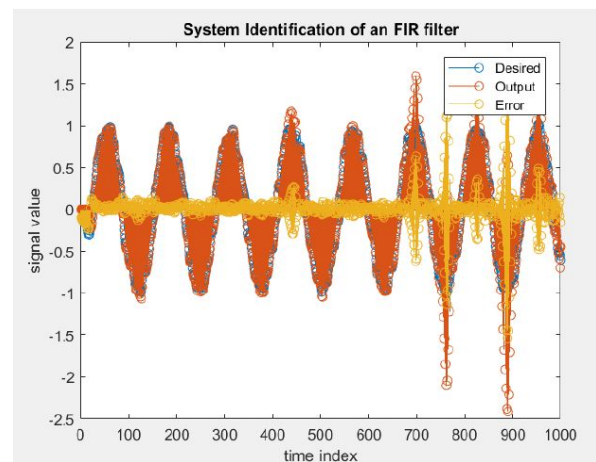


Figura 8. Señal filtrada con ruido de ganancia de 0,10.

Además, después de superar este valor y llegar a 0,11 la ganancia del ruido blanco, la señal se ve seriamente afectada, como se refleja en el siguiente gráfico:

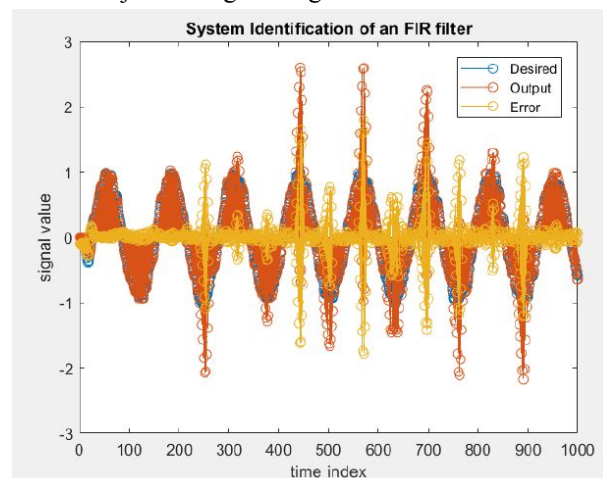


Figura 9. Señal filtrada con ruido de ganancia de 0,11.

Finalmente, al aplicarle una ganancia de 0,12 al ruido blanco, el sistema se desestabiliza y la salida del filtro adaptativo es la siguiente:

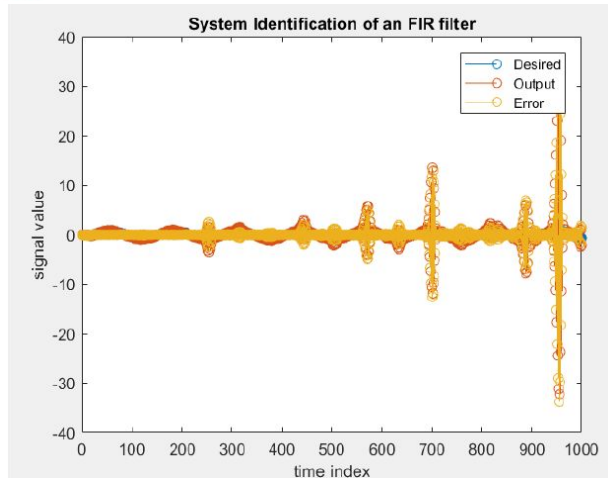


Figura 10. Señal filtrada con ruido de ganancia de 0,12.

En la gráfica 10, se observa que el error supera los límites y no tiende a cero, lo cual puede suceder, además del motivo de la ganancia del ruido, por el paso de aumento del error, o el orden del filtro empleado, así como la frecuencia de este mismo.

Conclusiones

A pesar de tener el concepto claro de teoría, se tienen dificultades a la hora de llevar a cabo la implementación en Matlab.

A diferencia de los filtros FIR e IIR, los filtros adaptativos pueden eliminar el ruido blanco de una señal mediante iteraciones del error.

Los filtros adaptativos aproximan una señal siendo utilizados, para aplicaciones de control, como observadores de estado de orden completo, donde estiman el comportamiento de las variables de estado para condiciones iniciales diferentes de 0.

Para el adecuado funcionamiento de los filtros adaptativos se requiere que el paso del error sea una constante de valor bajo, ya que puede generar inestabilidad del sistema y de esta depende la aproximación a la señal deseada. No obstante, si esta constante es muy pequeña el filtro tardará más en procesar.

Los filtros basados en LMS a pesar de tener una complejidad menor gracias a su simplicidad de cálculo poseen una lenta convergencia, lo cual se puede corregir si se emplean filtros adaptativos con algoritmos RLS.

Autoevaluación:

- 1) 90%
- 2) 85%
- 3) 95%
- 4) 92%

Referencias

- [1] “Filtros Digitales - FIR”, Sitio web: <http://www3.fi.mdp.edu.ar/tds/material/10-Filtros%20FIR.pdf>
- [2] “Análisis en el dominio de la frecuencia”, <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/3828/fichero/Cap%C3%ADtulos%252F4+An%C3%A1lisis+en+el+dominio+de+la+frecuencia.pdf>
- [4] Vázquez E. “PROCESAMIENTO DIGITAL DE SEÑALES”, https://prezi.com/x_x2xch1v2et/procesamiento-digital-de-senales/
- [6] Tejos C. “Filtros en el dominio de la frecuencia”, http://pteam.pixinsight.com/carlos/G_Cap5.pdf
- [7] “Análisis en el dominio de la frecuencia”, http://www.elai.upm.es/webantigua/spain/Asignaturas/Servos/Apuntes/11_RespFr.pdf
- [8] Gómez G. E, “Introducción al filtrado digital”, <http://www.dtic.upf.edu/~egomez/teaching/sintesi/SPS1/Tema7-FiltrosDigitales.pdf>