

Actividad: filtro complementario de segundo orden

Valadez Ortiz, Juan Leonardo. 2079870

Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, San Nicolás de los Garza Nuevo León, México

Resumen. Se implementó un filtro complementario de segundo orden para estimar ángulos, combinando señales de un acelerómetro (pasa bajas) y un giroscopio (pasa altas).

Palabras clave – filtro, giroscopio, acelerómetro.

I. INTRODUCCIÓN

En la estimación de variables angulares mediante sensores inerciales, es común enfrentarse a errores característicos de cada dispositivo. Los giroscopios, aunque responden de forma precisa a variaciones rápidas, tienden a acumular errores a lo largo del tiempo, fenómeno conocido como deriva. Por otro lado, los acelerómetros, si bien no presentan este tipo de acumulación, son sensibles al ruido y a perturbaciones de alta frecuencia. Para mitigar estas limitaciones individuales, se recurre al diseño de un filtro complementario, el cual permite fusionar ambas señales de forma eficiente. Este tipo de filtro emplea una estrategia donde se aplica un filtro pasa bajas al acelerómetro y uno pasa altas al giroscopio, ponderando posteriormente su combinación con un factor que refleja la confiabilidad relativa de cada sensor. Así, se logra una estimación angular más robusta y precisa.

II. DESARROLLO

Para esto, en este caso se resolverán las ecuaciones diferenciales por diferencias finitas tomando en

cuenta como entrada al ángulo y la señal filtrada. Resolviendo cada ecuación, resulta el siguiente procedimiento:

$$\left[\frac{d^2 y(t)}{dt^2} + 2w_n \xi \frac{dy(t)}{dt} + w_n^2 y(t) = w_n^2 u(t) \right] \text{pasa bajas}$$

$$\left[\frac{d^2 y(t)}{dt^2} + 2w_n \xi \frac{dy(t)}{dt} + w_n^2 y(t) = \frac{d^2 u(t)}{dt^2} \right] \text{pasa altas}$$

$$\frac{dy(t)}{dt} = \frac{y_i - y_{i-1}}{\Delta x}$$

$$\frac{d^2 y(t)}{dt^2} = \frac{y_i - 2y_{i-1} + y_{i-2}}{\Delta x^2}$$

$$y_i = \frac{\Delta x^2 w_n^2 u_i - y_{i-2} + 2(1 + \Delta x w_n \xi)}{(1 + 2\Delta x w_n \xi + \Delta x^2 w_n^2)}$$

diferencias finitas pasa bajas

$$y_i = \frac{(2 + 2w_n \Delta x)y_{n-1} - y_{n-2} + u_n - 2u_{n-1} + u_{n-2}}{1 + 2\Delta x w_n \xi + w_n^2 \Delta x^2}$$

Por último, la ecuación que determina la influencia de cada medición sobre el ángulo final mostrado es el diferente:

$$\theta = \alpha(\theta_{gyro}) + (1 - \alpha)(\theta_{gyro})$$

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este caso en el entorno de programación Python se exportaron los datos medidos de los sensores y

posteriormente se define los siguientes parámetros y se discuten los resultados.

- Entrada definida de los sensores
- Frecuencia de muestreo: 1000 Hz
- Tamaño de paso es igual al inverso de la frecuencia de muestreo
- Frecuencia de corte se define en Hz y se usa en radianes por segundo en las formulas

El siguiente paso es desplegar las señales filtradas mediante gráficos resultantes.

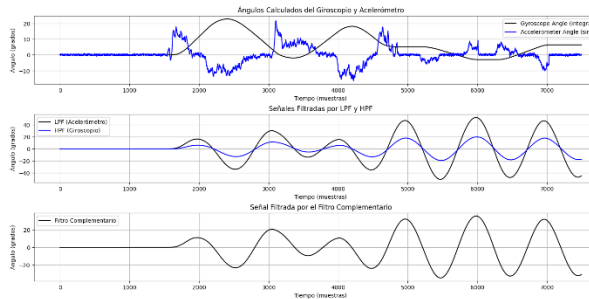


Ilustración 1. Filtro con factor de amortiguamiento nulo.

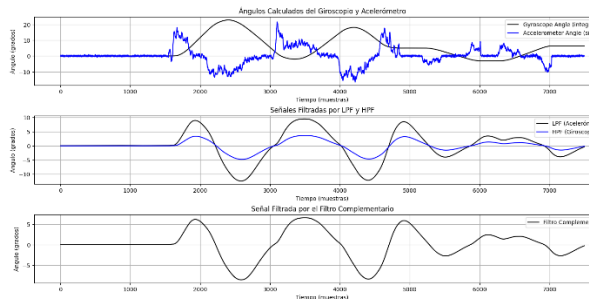


Ilustración 2. Filtro con factor de amortiguamiento de 0.5 y frecuencia de corte de 1 Hz.

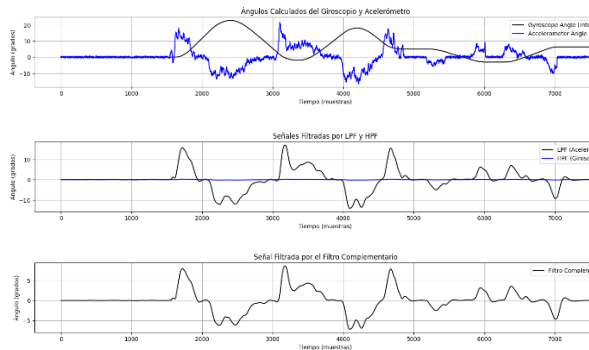


Ilustración 3. Filtro con factor de amortiguamiento de 0.5 y frecuencia de corte de 5 Hz.

Se puede apreciar que tanto la frecuencia de corte como el filtro complementario juegan un papel fundamental en el proceso de filtrado de señales, ya que su correcta selección influye directamente en la precisión de los resultados obtenidos. Esto se evidencia en las figuras 1, 2 y 3, donde se analiza primero la variación del coeficiente de amortiguamiento: en un caso se considera nulo y en otro se establece en 0.5. Un valor bajo de amortiguamiento genera un comportamiento oscilatorio más pronunciado y un filtrado más lento, lo que puede provocar desfases o errores en la medición. Por ello, es crucial definir un

coeficiente de amortiguamiento apropiado que garantice estabilidad en las lecturas. Asimismo, la frecuencia de corte determina qué componentes del espectro son atenuados por cada filtro. En este análisis, al aumentar dicha frecuencia a 5 Hz, se observa que el filtro pasa bajas es el que predomina. Esto resalta la importancia de seleccionar una frecuencia de corte adecuada, considerando la naturaleza de la señal y la frecuencia de operación del sistema.

IV. CONCLUSIÓN

En esta práctica se llevó a cabo de forma satisfactoria el diseño y análisis de un filtro complementario, evaluando sus principales características y su impacto en el procesamiento de los datos. Se examinó su aplicación en sistemas de medición donde su uso es fundamental, como en sensores inerciales tipo giroscopio y acelerómetro, los cuales generan señales con componentes de alta y baja frecuencia que deben ser filtradas para obtener mediciones más precisas y confiables.

V. REFERENCIAS

[1] Woodman, O. J. (2007). *An introduction to inertial navigation*. University of Cambridge, Computer Laboratory.

Apendice

Repositorio de codigos:

<https://github.com/Archimedean2345/labAvionica/tree/main>