

Filtro complementario para estimación de actitud aplicado al controlador embebido de un cuatrirrotor

David Gaydou Javier Redolfi Agustín Henze

Centro de Investigación en Informática para la Ingeniería
Universidad Tecnológica Nacional, F.R.C.
<http://cii.frc.utn.edu.ar>
Córdoba, Argentina



Congreso Argentino de Sistemas Embebidos
2 al 4 de marzo de 2011

Contenido

- 1 Introducción
 - Objetivos
- 2 Descripción de la Plataforma
 - Cuatrirrotor - QA3
 - Montaje de experimentación-Balancín
 - Sensores
- 3 Ensayos
 - Acelerómetro
 - Giroscopio
 - Giroscopio (cont.)
- 4 Filtro Complementario
 - Implementación
 - Resultados
- 5 Conclusiones

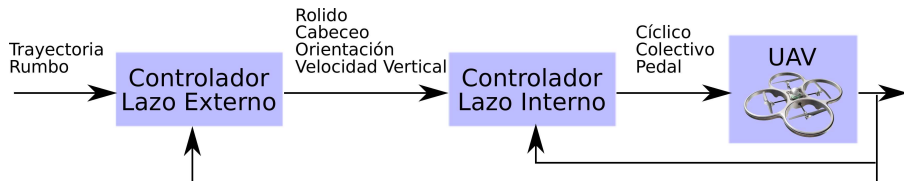
Objetivos

- Obtener mediciones de los ángulos de inclinación longitudinal y lateral de una plataforma robótica voladora de cuatro rotores. La calidad de las señales de las mediciones debe ser compatible con el sistema de control de estabilidad de lazo cerrado de la aeronave.

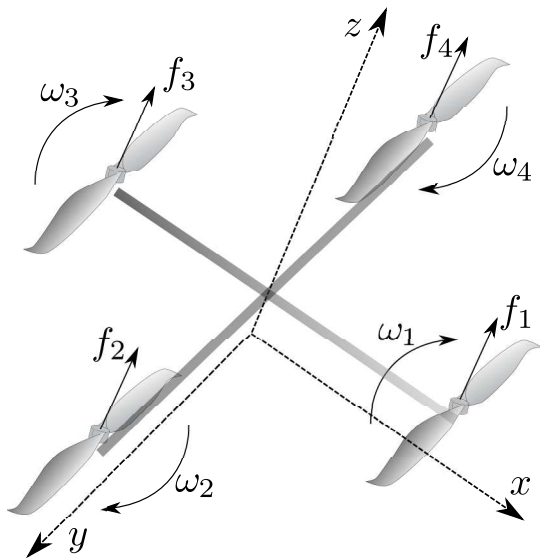
Cuatrirroto - QA3



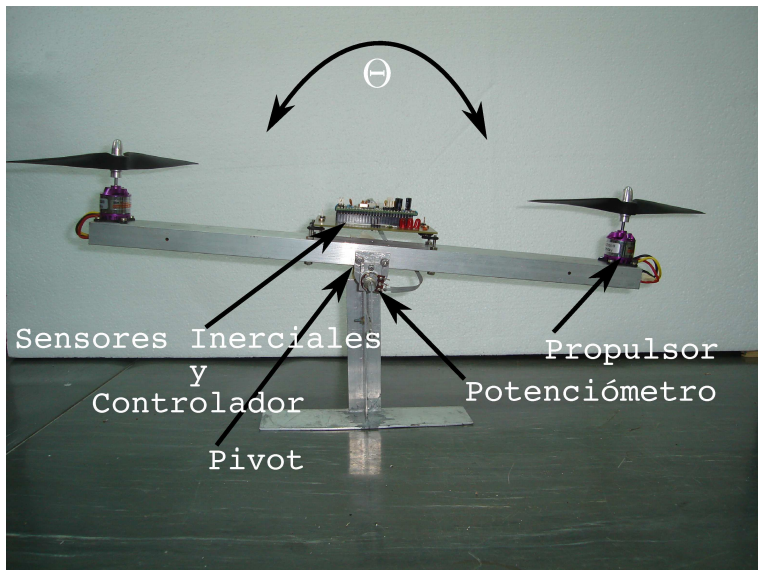
Esquema de control típico



Acciones de control posibles



Montaje con un grado de libertad



Sensores inerciales

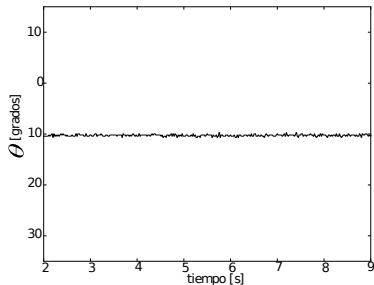
Acelerómetro ADXL345

- triaxial, rangos .
- 10 bits de resolución
- hasta 1600 muestras por segundo

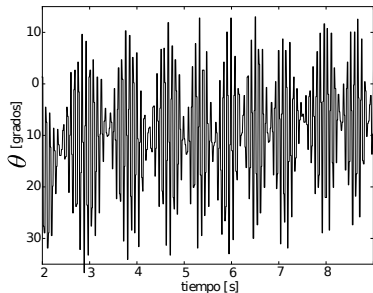
Giroscopio ITG3200

- triaxial, rango dinámico
 $+/- 2000 [^{\circ}/s]$
- sensibilidad $14 [^{\circ}/s]$
- frecuencia ??

Ensayo acelerómetro

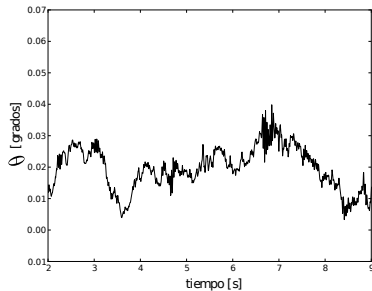


- Propulsores apagados
- Lazo de control abierto
- Inclinación aproximada 10°

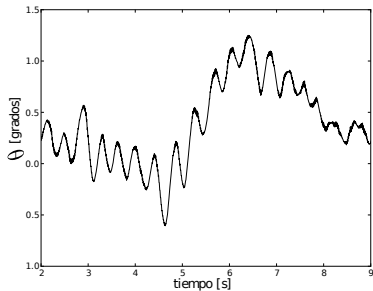


- Propulsores encendidos al 50 % del rango máximo
- Lazo de control abierto
- Inclinación aproximada 10°

Ensayo giroscopio

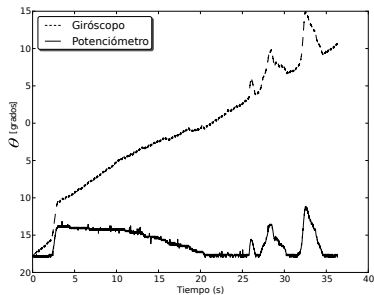


- Propulsores apagados
- Lazo de control abierto
- Inclinación aproximada 10°
- $\theta_g = \int \omega_g dt$



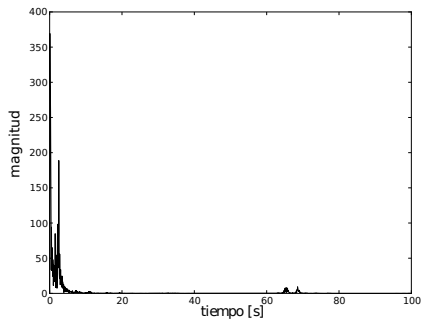
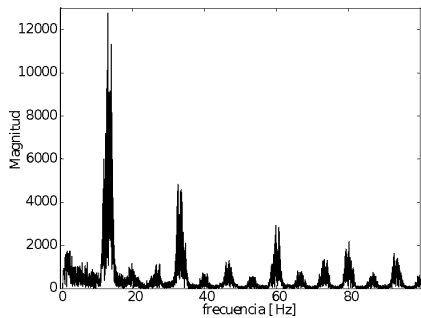
- Propulsores encendidos al 50 % del rango máximo
- Lazo de control abierto
- Inclinación aproximada 10°
- $\theta_g = \int \omega_g dt$

Ensayo giroscopio - Deriva

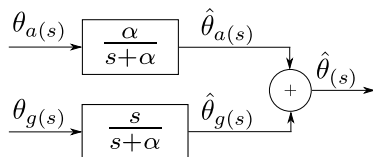


- Offset débilmente calibrado para exagerar el efecto de deriva.

Observación de los espectros



Estructura del filtro complementario



Sección pasa bajos:

$$G(s) = \frac{\alpha}{s + \alpha}$$

Sección pasa altos:

$$1 - G(s) = \frac{s}{s + \alpha}$$

Medición estimada $\hat{\theta}(s)$:

$$\theta_a G(s) + \theta_g (1 - G(s)) = \hat{\theta}(s)$$

Discretización de los filtros

Sea $G_1(s) = G(s)$ y $G_2(s) = (1 - G(s))$

$$G_1(z) = \frac{\left(1 - e^{-\frac{T}{\tau}}\right) z^{-1}}{1 - e^{-\frac{T}{\tau}} z^{-1}}$$
$$G_2(z) = \frac{1 - z^{-1}}{1 - e^{-\frac{T}{\tau}} z^{-1}}$$

Donde $\alpha = \frac{1}{\tau}$, τ es la constante de tiempo de los filtros y T el periodo de muestreo del sistema.

Algoritmo del microcontrolador

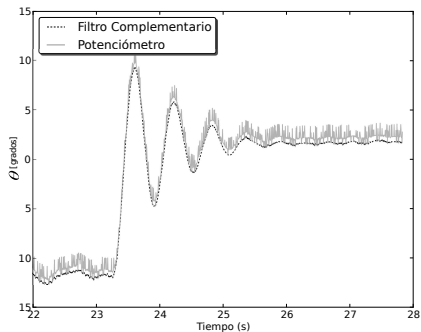
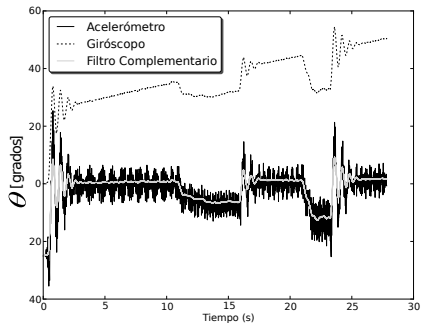
$$\hat{\theta}_{[k]} = \hat{\theta}_{a[k]} + \hat{\theta}_{g[k]}$$

$$\hat{\theta}_{a[k]} = e^{\frac{-T}{\tau}} \hat{\theta}_{a[k-1]} + (1 - e^{\frac{-T}{\tau}}) \theta_{a[k]}$$

$$\hat{\theta}_{g[k]} = e^{\frac{-T}{\tau}} \hat{\theta}_{g[k-1]} + \omega_{[k]} T$$

$$\omega_{[k]} T = \theta_{g[k]} - \theta_{g[k-1]}$$

Resultados experimentales



Conclusiones

- Se ensayaron individualmente un acelerómetro y un giroscopio de tecnología MEMS como medio para estimar la inclinación de una plataforma robótica de cuatro rotores. Los resultados obtenidos fueron no satisfactorios para aplicarlos al lazo de control de estabilización de la aeronave.
- Se aplicó la técnica de combinación de las mediciones mediante filtrado complementario obteniéndose una estimación de la medida deseada compatible con los requerimientos del sistema de control.
- Los ensayos en la plataforma real confirmaron los resultados obtenidos en el montaje fijo.

Gracias!

Preguntas?