



PTI

Parque Tecnológico Itaipu



Universidad
Católica

“Nuestra Señora de la Asunción”
Campus Universitario Alto Paraná y Sub Campus Santa Rita



UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN
FACULTAD DE INGENIERIA

Desarrollo de un prototipo de VANT para inspección visual de líneas eléctricas aéreas

Walter Ramón Benítez Davalos
walter.benitez@ucap.edu.py

Centro de Investigación en Ciencias, Tecnología
e Innovación Avanzada (CICTIA)
Universidad Católica Campus Alto Paraná
(UCAP)

Yessica Haydee Bogado Sarubbi
yessica.bogado@ucap.edu.py

Centro de Investigación en Ciencias, Tecnología
e Innovación Avanzada (CICTIA)
Universidad Católica Campus Alto Paraná
(UCAP)

Gregorio Ariel Guerrero Moral
ariel.guerrero@pti.org.py

Centro de Innovación en Automatización y
Control (CIAC)
Parque Tecnológico Itaipu - Paraguay (PTI - PY)

Mario Eduardo Arzamendia López
marzamendia@ing.una.py

Laboratorio de Sistemas Distribuidos (LSD)
Facultad de Ingeniería de la Universidad
Nacional de Asunción (FIUNA)

RESUMEN

El presente proyecto describe el desarrollo del control de actitud y altitud para un vehículo aéreo no tripulado tipo cuadricóptero implementando el álgebra de cuaterniones y la ecuación del altímetro. Para el efecto se realiza la simulación en MatLab utilizando el modelo de Newton-Euler y seguidamente se monta un prototipo para realizar pruebas experimentales validando los resultados obtenidos. Por último, se implementa el prototipo para realizar la inspección visual de una línea eléctrica aérea y constatar el beneficio del uso de esta tecnología en el área.

INTRODUCCIÓN

Las inspecciones de líneas eléctricas juegan un papel de suma importancia en el compromiso de mantener la calidad de la energía entregada al estar totalmente relacionada con el mantenimiento predictivo y preventivo. Por ello queda claro para las compañías que se deben implementar técnicas y métodos novedosos, que permitan realizar dichas inspecciones de manera rutinaria tratando de evitar en lo posible mantenimientos de urgencia que lleven al corte del suministro eléctrico. El aumento del uso de VANT (Vehículos Aéreos No Tripulados) se hace cada vez más evidente con el pasar del tiempo y una parte importante del enfoque de la investigación está relacionado con el control y el modelado de los mismos.

MODELO Y CONTROL

Se presenta un modelo matemático y físico que describe la dinámica de la aeronave. Considerando cuatro tipos de movimientos básicos para un cuadricóptero Sustentación (U1), Roll (U2), Pitch (U3) y Yaw (U4), los cuales están representados en las ecuaciones como las fuerzas que impulsan a los mismos a ejecutar dichas acciones, y teniendo en cuenta tanto la dinámica del sistema como la matriz coseno de dirección tenemos el llamado modelo de Newton – Euler:

$$\begin{aligned}\ddot{x} &= \frac{U_1}{m} (\sin(\psi) \sin(\phi) + \cos(\psi) \sin(\theta) \cos(\theta)) \\ \ddot{y} &= \frac{U_1}{m} (-\cos(\psi) \sin(\phi) + \sin(\psi) \sin(\theta) \cos(\theta)) \\ \ddot{z} &= \frac{U_1}{m} \cos(\theta) \cos(\phi) - g \\ \dot{p} &= \frac{I_{YY} - I_{ZZ}}{I_{XX}} q r - \frac{I_{TA}}{I_{XX}} q \Omega_t + \frac{U_2}{I_{XX}} \\ \dot{q} &= \frac{I_{ZZ} - I_{XX}}{I_{YY}} p r - \frac{I_{TA}}{I_{YY}} p \Omega_t + \frac{U_3}{I_{XX}} \\ \dot{r} &= \frac{I_{XX} - I_{YY}}{I_{ZZ}} p q + \frac{U_4}{I_{ZZ}}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}U_1 &= b(\Omega_1^2 + \Omega_2^2 + \Omega_3^2 + \Omega_4^2) \\ U_2 &= bl(-\Omega_1^2 - \Omega_2^2 + \Omega_3^2 + \Omega_4^2) \\ U_3 &= bl(-\Omega_1^2 + \Omega_2^2 + \Omega_3^2 - \Omega_4^2) \\ U_4 &= d(-\Omega_1^2 + \Omega_2^2 - \Omega_3^2 + \Omega_4^2) \\ \Omega_t &= -\Omega_1 + \Omega_2 - \Omega_3 + \Omega_4\end{aligned}$$

La estructura del sistema de control es la presentada en la siguiente imagen, en donde el sistema de estabilidad aumentada (SAS-Stability Augmentation Systems) tiene como objetivo la estabilización del vehículo, controlando la dinámica del mismo. El sistema de control aumentado (CAS-Control Augmentation Systems) apunta a mantener una orientación deseada. El sistema de control implementó cuaterniones para la determinación y control de la actitud.

Sistema de piloto automático

Control de altura

Control de posición

Control de Actitud

CAS

SAS

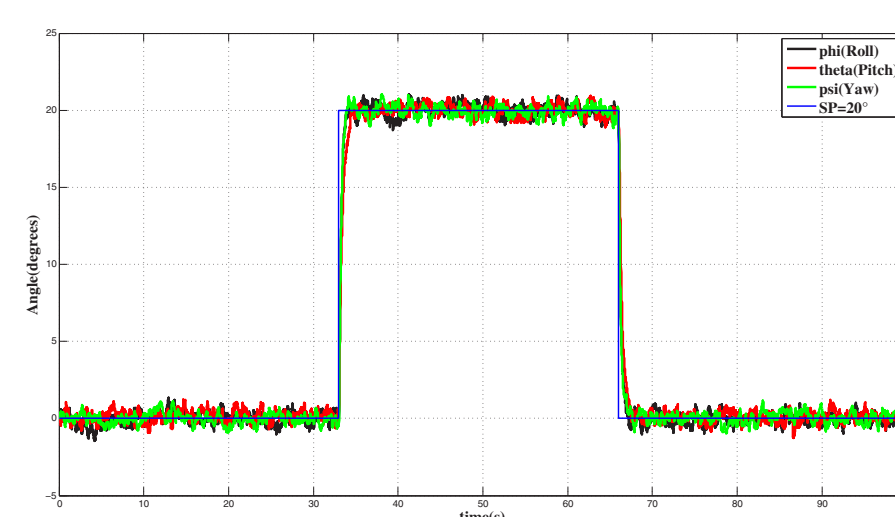
Dinámica

IMPLEMENTACIÓN Y RESULTADOS

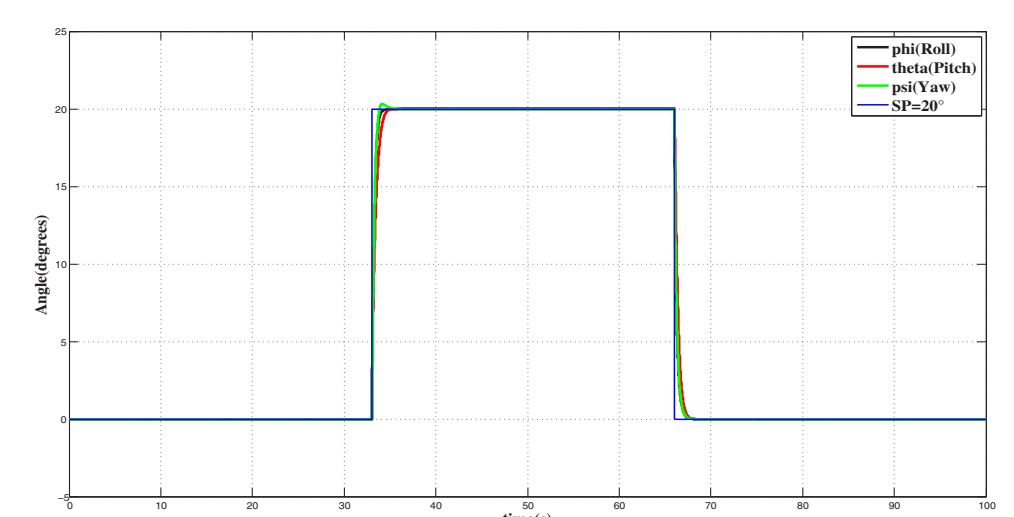
Se procedió a realizar la simulación en MatLab con el modelo descrito anteriormente. Se ejecutaron dos simulaciones, una asumiendo que los sensores son ideales y otra con perturbación en los mismos.

Actitud

Con ruido

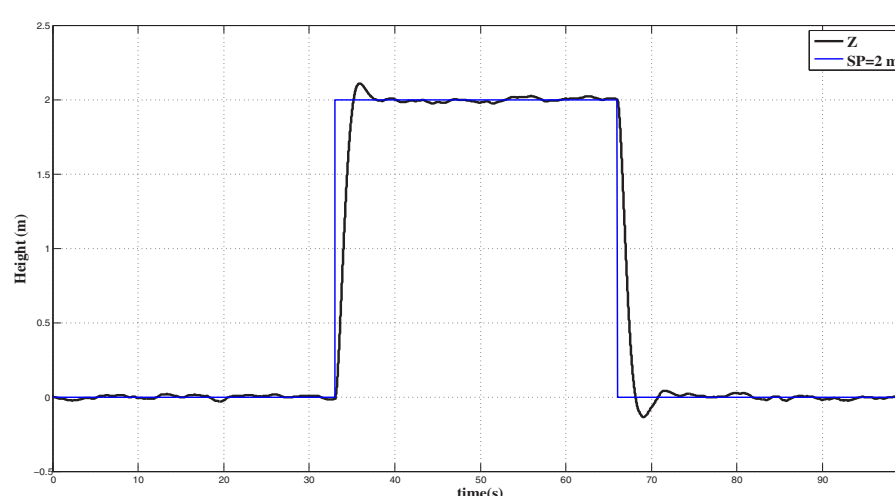


Sin ruido

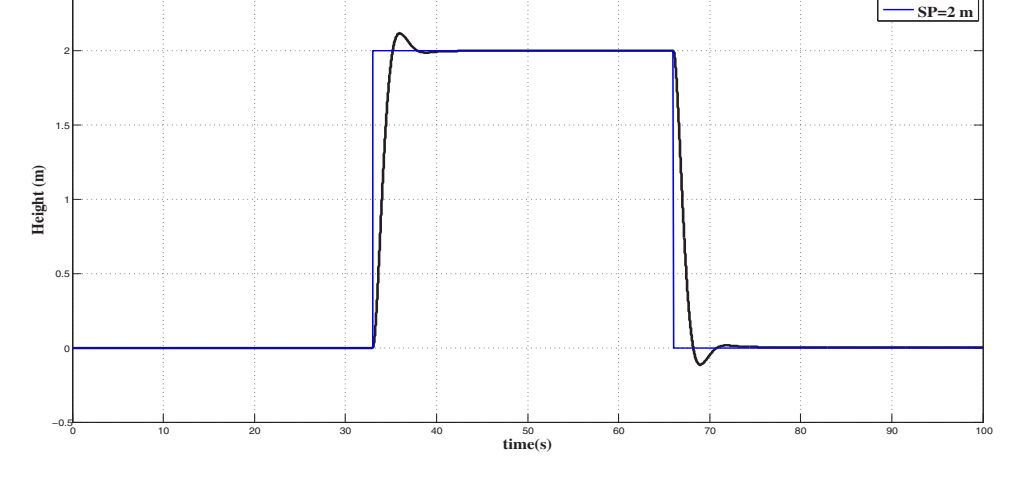


Altitud

Con ruido



Sin ruido



Posteriormente, se realizó la implementación con el prototipo pudiéndose así hacer el contraste de la desviación estándar entre los mismos, detallados a continuación:

	Simulación	Real
Roll (Grados)	0.43	0.45
Pitch (Grados)	0.54	0.41
Yaw (Grados)	0.49	1.59
Altura (Metros)	0.02	0.17

CONCLUSIÓN

En este trabajo se presentó y simuló un control CAS+SAS (P+PIDT1) con el uso del álgebra de cuaterniones. La simulación e implementación muestra resultados satisfactorios tanto para el control de actitud como de altitud. Por último, se utilizó el prototipo para realizar la inspección visual de un transformador de media tensión de una línea de distribución eléctrica.

