

Control Cooperativo Aplicado a la Formación de Robots Autónomos Múltiples

A. Rojas Pacheco^{1,2} y J. J. Medel Juárez²

¹ Unidad Profesional Interdisciplinaria en Ingeniería y Tecnologías Avanzadas, Av. IPN 2580. Colonia Laguna-Ticomán, 07340 México D.F.

² Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada del Instituto Politécnico Nacional, Legaria 694. Colonia Irrigación, 11500 México D. F.

Resumen

El área del control de formaciones de robots autónomos múltiples en la actualidad resulta ser un área de investigación muy activa, debido a la gran cantidad de aplicaciones potenciales de estos sistemas. En este resumen, se describen el modelo matemático de un vehículo de cuatro rotores, y los resultados obtenidos en el control del seguimiento de trayectorias y de orientación en el espacio 3D, que posteriormente será empleado para el control de formaciones con base en estos vehículos.

Introducción

En la actualidad, uno de los tópicos mas recurrentes entre la comunidad de investigadores de control es la aplicación de la teoría del control moderno a vehículos aéreos no tripulados. Los vehículos aéreos se pueden dividir en cuatro clases: de ala-rotatoria, de ala-fija, de ala movable y dirigibles. En este trabajo nos enfocamos a los vehículos de cuatro rotores (VCR). El modelo nos ayudará a probar diferentes leyes de control [1] para el seguimiento de trayectorias y la orientación del VCR.

Procedimiento

El problema de encontrar las ecuaciones dinámicas que describen el movimiento de este cuerpo rígido se dividió [2] en dos fases independientes, una para el movimiento de traslación del cuerpo y la otra al movimiento de rotación. El modelo dinámico se obtuvo usando el enfoque de Euler-Lagrange. Las coordenadas generalizadas que denotan la posición y orientación del VCR son $q_e = [x_e \ y_e \ z_e \ \phi \ \theta \ \psi]^T$. Las fuerzas de entrada al vehículo son τ_x, τ_y, τ_z . Las ecuaciones para la traslación está en (1) y para la orientación del VCR se muestran en (2)-(5).

$$\ddot{x}_e = \frac{1}{m} \tau_x \quad (1)$$

$$\ddot{y}_e = \frac{1}{m} \tau_y$$

$$\ddot{z}_e = -g + \frac{1}{m} \tilde{\tau}_z$$

$$D(\eta)\ddot{\eta} + C(\eta, \dot{\eta})\dot{\eta} = \tau \quad (2)$$

donde

$$\eta = \begin{bmatrix} \phi \\ \theta \\ \psi \end{bmatrix} \quad \dot{\eta} = \begin{bmatrix} \dot{\phi} \\ \dot{\theta} \\ \dot{\psi} \end{bmatrix} \quad \tau = \begin{bmatrix} \tau_\phi \\ \tau_\theta \\ \tau_\psi \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$D(\eta) = \begin{bmatrix} I_{s_\phi}^2 + J & 0 & -2Js_\theta \\ 0 & I_{c_\theta}^2 & 0 \\ -2Js_\theta & 0 & I_{c_\theta}^2 + Js_\theta^2 \end{bmatrix} \quad (4)$$

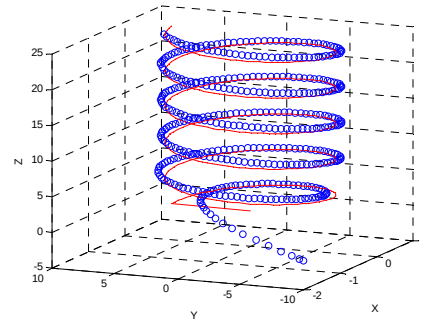
$$C(\eta, \dot{\eta})\dot{\eta} = \begin{bmatrix} I_{s_\phi}c_\phi(\dot{\phi}^2 + \dot{\theta}^2) - 2Jc_\theta\dot{\psi}\dot{\theta} \\ -2I_{c_\phi}s_\phi\dot{\theta}\dot{\phi} + 2Jc_\theta\dot{\phi}\dot{\psi} + (I - J)c_\theta s_\theta\dot{\psi}^2 \\ -2Jc_\theta\dot{\phi}\dot{\theta} + 2(J - I)c_\theta s_\theta\dot{\psi}\dot{\theta} \end{bmatrix} \quad (5)$$

La ley de control empleada es del tipo PD con ganancias, $K_p = 25$ y $K_d = 10$, obtenidas por el método de ubicación de polos, siendo el criterio de diseño la minimización del sobreimpulso [3]. La trayectoria de prueba es una "hélice circular recta". Los resultados de simulación se muestran a continuación.

Resultados

Como se puede ver el compensador y las respectivas ganancias seleccionadas cumplen muy bien la tarea del seguimiento de la trayectoria planteada. En círculos azules se presenta la trayectoria del vehículo.

Figura 1. Seguimiento de la trayectoria de prueba por el VCR.



Agradecimientos

Agradecemos al Instituto Politécnico Nacional (IPN) por su apoyo a este trabajo, a través del permiso con número de oficio SeAca/COTEPABE/99/08 y de los apoyos dados por las becas de exclusividad de COFAA y de EDD, así como al CONACYT, a través de la beca doctoral.

Referencias

- [1] Desai, J. Ostrowski, J. y Kumar, V., International Conference on Robotics and Automation, May 1998.
- [2] Goldstein H. Mecánica Clásica, Editorial Reverté: España, 2000.
- [3] Spong M. W., Vidyasagar M., Robot Dynamic and Control Wiley & Sons, Inc: U.S.A., 1989.
- [4] Tahk, M. J., Park, C. S., y Ryoo, C. K., Journal of Guidance, Control and Dynamics vol 28, no. 4, pp. 708-716 (2005)