

ROBÓTICA

PRÁCTICA N° 4

1. TEMA

CONTROL DE SEGUIMIENTO DE TRAYECTORIA PARA EL ROBOT
TURTLEBOT3 BURGUER

2. OBJETIVOS

- 2.1. Analizar y determinar el modelo matemático para el control de seguimiento de trayectoria para el robot móvil TurtleBot3 Burguer.
- 2.2. Implementar en MATLAB el control de seguimiento de diferentes trayectorias para el robot móvil TurtleBot3 Burguer .

3. MARCO TEÓRICO

El control de seguimiento de trayectorias en robots móviles tiene como objetivo conseguir que el robot alcance y siga los estados que describe la trayectoria deseada.

Considerando el siguiente modelo cinemático de la ecuación (3.1) y su forma compacta en la ecuación (3.2):

$$\begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \phi & -b \sin \phi \\ \sin \phi & b \cos \phi \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v \\ \omega \end{bmatrix} \quad (3.1)$$

$$\dot{\mathbf{h}}(t) = \mathbf{J}(\phi)\mathbf{v}(t) \quad (3.2)$$

Se tiene que $\dot{\mathbf{h}}(t)$ representa las velocidades en el punto de control, $\mathbf{J}(\phi)$ es el Jacobiano y $\mathbf{v}(t)$ son las velocidades del robot.

Despejando $\mathbf{v}(t)$ de la ecuación (3.2) se tiene que:

$$\mathbf{v}(t) = \mathbf{J}^{-1}(\phi)\dot{\mathbf{h}}(t) \quad (3.3)$$

Se propone la siguiente ley de control:

$$\mathbf{v}(t) = \mathbf{J}^{-1}(\phi)(\dot{\mathbf{h}}_d(t) + \mathbf{K}\tilde{\mathbf{h}}(t)) \quad (3.4)$$

En donde $\dot{\mathbf{h}}_d(t)$ corresponde a las velocidades en x y y deseadas, mientras que $\tilde{x} = x_d - x$ y $\tilde{y} = y_d - y$ son los errores de posición definidos por $\tilde{\mathbf{h}} = [\tilde{x}, \tilde{y}]^T$ y $\mathbf{K}$ es la matriz diagonal de sintonización constantes positivas.

4. TRABAJO PREPARATORIO

4.1. Realice el análisis sobre las condiciones para que la ley de control de seguimiento de trayectorias garantice convergencia asintótica del error a cero

4.2. Realizar un script en Matlab que permita realizar el control de seguimiento de trayectoria de un robot móvil bajo las siguientes condiciones:

- Tiempo de muestreo $t_s = 0.01$ [s]
- Tiempo de simulación de $t = 100$ [s]
- Condiciones iniciales: $x_0 = 0$, $y_0 = 0$ y $\phi_0 = 0$.
- El robot seguirá las siguientes trayectorias:

Trayectoria	x_r, y_r
Senoidal	$x_r = \frac{1}{100}t \text{ [m]}$ $y_r = 0.4 \sin\left(\frac{1}{8}t\right) \text{ [m]}$
Circular	$x_r = 0.4 \cos\left(\frac{1}{8}t\right) + \frac{1}{2} \text{ [m]}$ $y_r = 0.4 \sin\left(\frac{1}{8}t\right) + \frac{1}{2} \text{ [m]}$
Espiral	$x_r = 0.01 * t * \cos\left(\frac{1}{5}t\right) \text{ [m]}$ $y_r = 0.01 * t * \sin\left(\frac{1}{5}t\right) \text{ [m]}$

- Determinar la matriz de ganancias K , graficar los errores, el recorrido del robot x, y , y las acciones de control v, ω para cada trayectoria.
- Considere limitar los valores de v, ω con los límites reales del robot TurtleBot3 Burguer.

4.3. Para el robot TurtleBot3 Burguer disponible en el laboratorio, implementar un script en Matlab que permita establecer conexión con el robot y comandar su movimiento definiendo como entradas la velocidad lineal y angular, y como salidas su posición y orientación. Implementar el seguimiento de trayectoria para una trayectoria lineal y una trayectoria senoidal.

5. EQUIPO Y MATERIALES

Equipo

- Computador
- TurtleBot3 Burger (disponible en el laboratorio)

Software

- Matlab

6. PROCEDIMIENTO

- 6.1. Exposición por parte del instructor acerca del control de seguimiento de trayectorias.
- 6.2. Implementar en Matlab el código desarrollado en el preparatorio para el control de seguimiento de trayectoria para un robot móvil.
- 6.3. Sintonizar la matriz de ganancias K para el seguimiento de una trayectoria senoidal.
- 6.4. Comprobar el control de seguimiento para todas las trayectorias propuestas en el preparatorio.
- 6.5. Para el robot móvil Turtlebot 3 Burguer disponible en el laboratorio, realizar el control de seguimiento de trayectoria para la trayectoria indicada por el instructor. Además, sintonizar la matriz de ganancias K para un adecuado funcionamiento del controlador.
- 6.6. Para el literal 6.4 y 6.5 graficar los errores, las acciones de control v, ω y la posición del robot x, y para las trayectorias correspondientes.
- 6.7. Comentar las gráficas obtenidas en el literal 6.6 en base a la sintonización de la matriz de ganancias K .

7. INFORME

- 7.1. Analice y justifique su respuesta sobre como afectaría un retraso en la medición de la posición del robot al desempeño del controlador.
- 7.2. Describa la implementación del controlador en MATLAB y su implementación en el TurtleBot3 Burguer.
- 7.3. Presentar las gráficas obtenidas para el robot simulado en Matlab y el robot TurtleBot 3 Burguer, y concluir sobre las mismas.
- 7.4. Analice las posibles mejoras y adaptaciones del control de seguimiento implementado para aplicaciones en entornos reales.
- 7.5. Conclusiones (Individuales)
- 7.6. Recomendaciones (Individuales)
- 7.7. Bibliografía.

8. BIBLIOGRAFÍA

Dr. Paulo Leica – Apuntes de Robótica. EPN – FIEE – 2023.

Spyros G. Tzafestas – Introduction to Mobile Robot Control – School of Electrical and Computer Engineering – 2022.

Ricardo Carelli, Control de Robot Móviles, DISAM – UPM. Escuela de Ingenieros Industriales Madrid, 2009

Elaborado por: Ing. Jorge Luis Vega y MSc. Diego Maldonado

Revisado por: Dr. Paulo Leica y Dr. Danilo Chávez