

ROBÓTICA

PRÁCTICA N° 3

1. TEMA

CONTROL DE POSTURA DEL ROBOT MÓVIL TURTLEBOT3 BURGUER

2. OBJETIVOS

2.1. Implementar un controlador de postura para el robot móvil TurtleBot3 Burguer.

3. MARCO TEÓRICO

El control de postura en robots móviles tiene como objetivo determinar las acciones de control para que el robot pase de un estado inicial (posición y orientación) al estado deseado utilizando coordenadas polares.

La cinemática de un robot unicycle en coordenadas polares presentado en la Figura 3.1 está representada por las ecuaciones (3.1), (3.2) y (3.3):

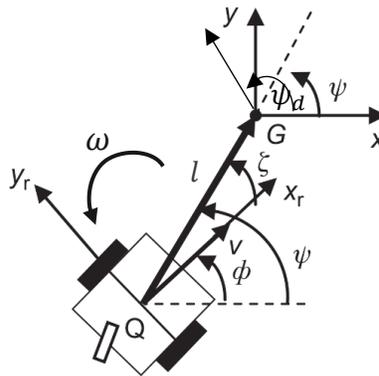


Figura 3.1. Modelo cinemático en coordenadas polares del robot unicycle.

$$\dot{l} = -v \cos \zeta \quad (3.1)$$

$$\dot{\zeta} = -\omega + \left(\frac{v}{l}\right) \sin \zeta \quad (3.2)$$

$$\dot{\psi} = \left(\frac{v}{l}\right) \sin \zeta \quad (3.3)$$

En donde las variables que controlan la cinemática del robot son: la velocidad lineal v y la velocidad angular ω . Mientras que las variables del modelo en coordenadas

polares del robot unicycle son: la distancia al estado deseado l (distancia euclidiana), el ángulo de giro $\zeta = \psi - \phi$ y $\beta = \psi_d - \psi$

El objetivo es definir una ley de control que garantice que los estados (l, ζ, β) tiendan a cero asintóticamente, para lo cual se utilizará el método de control basado en Lyapunov. De esta manera, se define una función candidata de Lyapunov tal como se aprecia en la ecuación (3.4)

$$V(l, \zeta, \beta) = \frac{1}{2}l^2 + \frac{1}{2}\zeta^2 + \frac{1}{2}\beta^2 \quad (3.4)$$

La función de la ecuación (3.4) cumple con $V(l, \zeta, \beta) > 0$ y $V(0,0,0) = 0$, ahora se debe garantizar que $\dot{V}(l, \zeta, \beta) \leq 0$ a lo largo de la trayectoria del sistema. Para esto derivamos (3.4) y se tiene:

$$\dot{V}(l, \zeta) = \dot{l} + \zeta\dot{\zeta} + \beta\dot{\beta} \quad (3.5)$$

En donde se elige v como:

$$v = k_1 l \cos \zeta; \quad k_1 > 0 \quad (3.6)$$

El valor de ω es:

$$\omega = k_2 \zeta + \frac{k_1}{\zeta} \cos \zeta \sin \zeta (\zeta + k_3 \beta); \quad k_2, k_3 > 0 \quad (3.7)$$

Por lo tanto $\dot{V} < 0$, lo cual implica que las leyes de control representadas por las ecuaciones (3.6) y (3.7) aseguran que el robot móvil tenga un seguimiento asintótico hacia el estado deseado de posición y orientación, dando como resultado la estructura de control de la Figura 3.2.

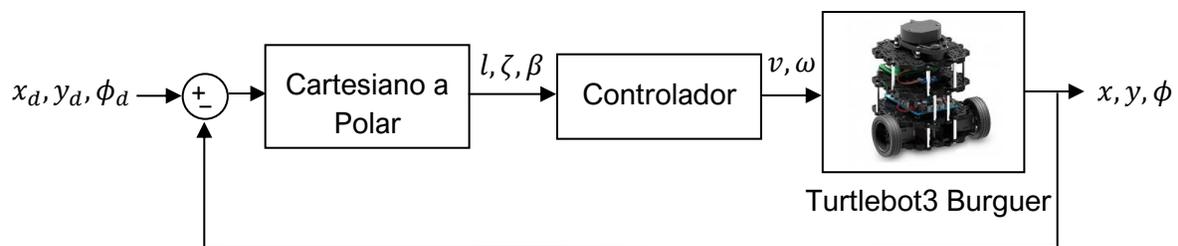


Figura 3.2. Estructura de control de postura para el robot móvil TurtleBot3 Burguer.

4. TRABAJO PREPARATORIO

4.1. Considerando el modelo matemático de un robot unicycle, realice una simulación en matlab para el control de postura.

- Presente las acciones de control v, ω .
- Determine los valores más adecuados para k_1, k_2 y k_3 . Explique detalladamente cual es el efecto de cada una de estas ganancias sobre el comportamiento del robot.

- Graficar los estados $l, \zeta, \beta, \psi, x, y$, así como las acciones de control v, ω .

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

- Tiempo de muestreo $t_s = 0.01$ [s] y un
- Tiempo de simulación $t = 30$ [s]
- Condiciones iniciales: $x_0 = 0, y_0 = 0$ y $\phi_0 = 0$
- La posición final $x_d = 1$ [m], $y_d = 0.5$ [m], y $\phi = \frac{\pi}{2}$ [rad]
- Considere que las acciones de control no sobrepasen la máxima velocidad lineal y angular que puede alcanzar el robot TurtleBot3 Burger.

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 método de control de postura basado en Lyapunov.
- 6.2. Implementar en Matlab el código desarrollado en el preparatorio para el control de postura del robot móvil.
- 6.3. Sintonizar las constantes k_1, k_2 y k_3 para un adecuado funcionamiento del controlador de postura.
- 6.4. Para el robot móvil Turtlebot 3 Burger disponible en el laboratorio, realizar el control de postura y verificar que este llegue a la posición y orientación indicada por el instructor. Además, sintonizar las constantes k_1, k_2 y k_3 para un adecuado funcionamiento del controlador.
- 6.5. Para el control de postura del robot TurtleBot 3 Burger disponible en el laboratorio, graficar los estados l, ζ, β, ψ , las acciones de control v, ω y la posición y orientación del robot x, y, ϕ .
- 6.6. Comentar las gráficas obtenidas en el control de postura del robot TurtleBot 3 Burger.

7. INFORME

- 7.1. Realice un análisis de la importancia del control de postura en robots móviles. Indique al menos 3 aplicaciones industriales de este control.
- 7.2. Presente el script del controlador desarrollado en MATLAB para el TurtleBot3 Burguer.
 - Detalle cómo se seleccionó el tiempo de muestreo
 - Detalle el proceso de ajuste de los parámetros k_1 , k_2 y k_3
- 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. Discuta las limitaciones del modelo cinemático empleado y sus implicaciones en el control del robot TurtleBot3 Burguer
- 7.5. Concluir acerca del efecto de limitar las señales de control.
- 7.6. Conclusiones (Individuales)
- 7.7. Recomendaciones (Individuales)
- 7.8. Bibliografía.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Robotics. "TurtleBot3". ROBOTICS e-Manual. <https://emanual.robotis.com/docs/en/platform/turtlebot3/features/#features>
- MathWorks. "ROS Toolbox". MathWorks - Creadores de MATLAB y Simulink https://la.mathworks.com/help/ros/index.html?s_tid=CRUX_lftnav
- Dr. Paulo Leica – Apuntes de Robótica. EPN – FIEE – 2024

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

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