Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais
Curso de Engenharia de Computação

Robô Seguidor de Linha

Gilmar de Alcantara

Orientador: Tales Argolo de Jesus
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais

Belo Horizonte
Novembro de 2016

Sumário

Capítulo 1

Descrição da ideia e pesquisa

1.1 Introdução

Robôs seguidores de linhas, apesar de não serem muito utilizados nos dias de hoje, tem como objetivo a resolução de um problema básico em robótica: obter algum tipo de senso de localização, de norte, de objetivo para os robôs, um caminho a ser seguido para que se possa executar alguma ação.

Hoje em dia isso pode ser feito com ferramentas bem mais robustas como GPS, por exemplo, mas o seguidor de linha se apresenta como um projeto básico, simples e muito interessante para aprendizagem dos conceitos e aplicações da robótica.

Uma aplicação prática desses robôs é o seu uso e em linhas de produção e fábricas, onde utilizam um método para seguir linha, movimentando-se de forma coordenada nesses ambientes e executando suas funções. Nesse caso temos uma solução barata e factível para o problema.

No escopo desse trabalho temos o projeto e implementação de um robô seguidor de linha aplicação de técnica de controle exploração da interdisciplinaridade que é intrínseca da robótica, além de incentivar o trabalho colaborativo e o desenvolvimento de competências. O projeto visa aplicar os conteúdos aplicados que faz parde da formação de profissionais de engenharia de computação que é um benefício para a sociedade. Além desse projeto promover a participação em competições de robótica que tem como objetivo disseminação e aplicação de conhecimento além de promover a troca de experiências entre os competidores.

Temos aqui uma aplicação simples, prática e didática para consolidação dos conceitos de controle para a formação de um profissional mais completo em engenharia de computação.

1.2 Desenvolvimento

1.2.1 Modelagem

Temos na figura 1 esquema que descreve o nosso problema:

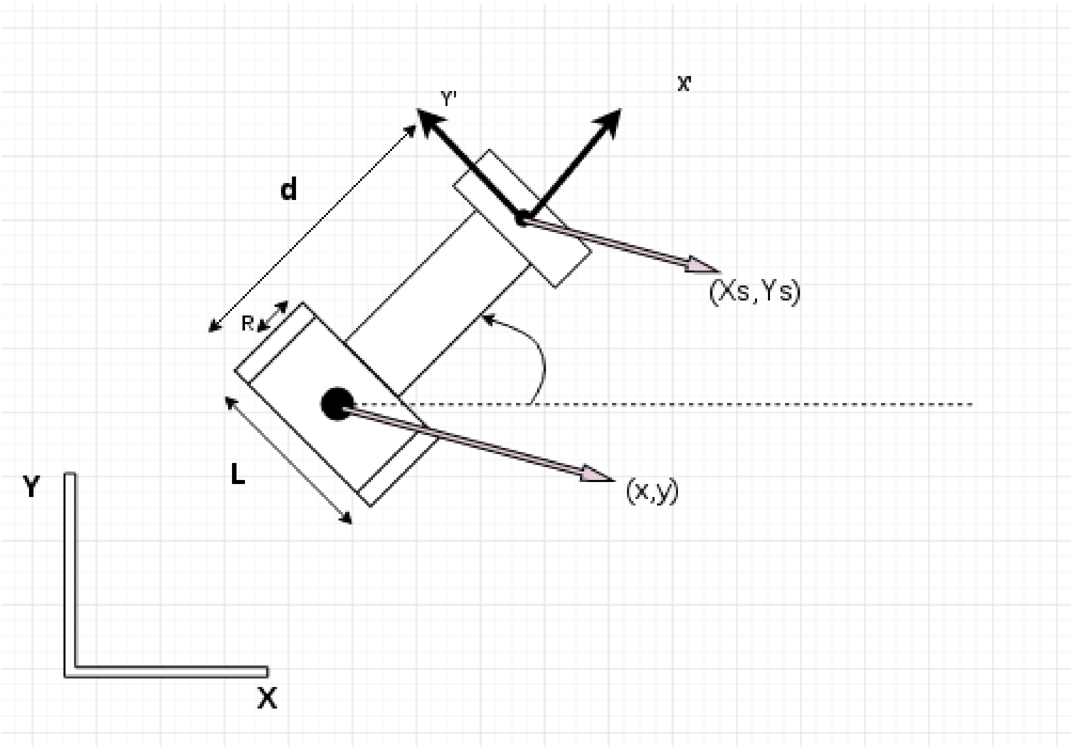

Figura 1 – Esquema do robô

Podemos dizer que temos um vetor de velocidade v que aponta na direção x', temos então:

$$\dot{x} = v\cos\theta \qquad x_s = x + d\cos\theta \qquad \dot{x_s} = v\cos\theta + d\omega\sin\theta$$
$$\dot{y} = v\sin\theta \qquad y_s = y + d\sin\theta \qquad \dot{y_s} = v\sin\theta + d\omega\cos\theta$$
$$\dot{\theta} = \omega$$

Reescrevendo :

$$\begin{bmatrix} \dot{x_s} \\ \dot{y_s} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\theta & -d\sin\theta \\ \sin\theta & d\cos\theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v \\ w \end{bmatrix}$$

no referencial x, y. Para x', y' temos:

$$\begin{bmatrix} \dot{x_s} \\ \dot{y_s} \end{bmatrix} = R(\theta) \begin{bmatrix} \dot{x_s}' \\ \dot{y_s}' \end{bmatrix}$$

Onde $R(\theta)$ é uma matriz de rotação que irá fazer como que os eixos x, y rotacionem para o formato x', y' (vide figura 1).

$$R(\theta) = \begin{bmatrix} \cos\theta & -\sin\theta \\ \sin\theta & \cos\theta \end{bmatrix}$$

Temos então que:

$$\begin{bmatrix} \dot{x_s}' \\ \dot{y_s}' \end{bmatrix} = R(\theta)^{-1} \begin{bmatrix} \dot{x_s} \\ \dot{y_s} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\theta & +\sin\theta \\ -\sin\theta & \cos\theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos\theta & -d\sin\theta \\ \sin\theta & d\cos\theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v \\ w \end{bmatrix}$$

Queremos garantir que o angulo θ com relação ao eito x' seja zero, de modo que o robô siga nessa direção com velocidade máximo(vetor velocidade v maior possível).

$$\begin{bmatrix} \dot{x_s}' \\ \dot{y_s}' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & d \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v \\ w \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & d \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v \\ w \end{bmatrix}$$

Logo:

$$\begin{matrix} \dot{x_s}' \\ \dot{y_s}' \end{matrix} = \begin{matrix} v \\ d\omega \end{matrix}$$

Considerando o movimento apenas na direção y'. Desse modo o modelo dinâmico do sistema a ser controlado é:

$$\dot{y_s} = d\omega$$

Aplicando a transformada de Laplace para passar para o domínio da frequência(oque facilita muitos cálculos e análises) temos:

$$L\{\dot{y_s}\} = L\{d\omega\} \qquad \rightarrow \qquad Y_s(s)s = d\Omega(s) \qquad \rightarrow \qquad \frac{Y_s(s)}{\Omega(s)} = \frac{d}{s}$$

$$G(s) = \frac{d}{s}$$

Ou seja nossa malha é um polo integrador simples. Isso já nos permite concluir que o erro em estado estacionário é zero.

Partindo do ponto que W_r e W_s são as velocidades angulares dos motores direito e esquerdo respectivamente, v é a velocidade na direção x' e ω é a velocidade de deslocamento angular que o robô volta para a estabilidade(direção x'). Para um robô diferencial tem-se que:

$$v = \frac{(W_r + W_l) * R}{2} \qquad\qquad \omega = \frac{(W_r - W_l)R}{L}$$

Para movimentos em retas temos:

$$v = \omega_{max\_roda}R \qquad \text{e} \qquad w = 0rad/s$$

Partido do ponto que $\Delta\omega_{roda} = (W_r - W_l)$, para movimentos em curvas temos:

$$v = \left(\frac{2\omega_{max\_roda} - |\Delta\omega_{roda}|}{2}\right) R \qquad \text{e} \qquad w = \frac{\Delta\omega_{roda} R}{L} rad/s$$

Temos então o seguinte sistema de controle na direção y'

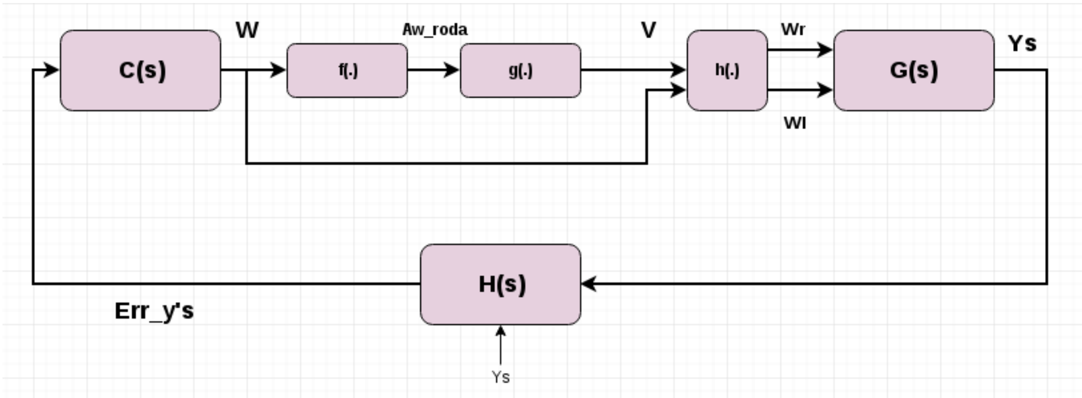

Figura 2 – Diagrama de blocos

1.3 Controle

Para os sistema de controle foi proposto um controlador PID, e os parâmetros foram ajustados de forma a melhorar a performa-se.

Temos o controlador no domínio do tempo:

$$W_k = P + I + D$$

$$W_k = (K_p e_k) + \left(K_i T \sum_{j=0}^{K} ej\right) + \left(\frac{K_d}{T}(err_k - err_{k-1})\right)$$

A variação da velocidade de rotação do robô (que faz com que ele vá em direção a linha). Pode ser dada por:

$$\Delta\omega_{roda}(k) = \frac{L}{R} W_k$$

A velocidade para frente (v) pode ser dada por:

$$v_k = \left(\frac{2\omega_{max_roda} - |\Delta\omega_{roda}(k)|}{2}\right) R$$

E finalmente temos as velocidades que irão para os motores:

$$W_r(k) = \frac{2v_k + w_k L}{2R} \quad \text{e} \quad W_l = \frac{2v_k - w_k L}{2R}$$

1.3.1 Mapeamento para PWM (Arduíno)

O mapeamento para Arduíno foi lineal(Regra de 3). Como