2006년도 대한전자공학회 하계종합학술대회 제29권 제1호

두바퀴 구동형 이동로봇의 강인 자세 안정화

좌동경
아주대학교 정보통신대학 전자공학부

Robust posture stabilization of two-wheeled mobile robots

Dongkyoung Chwa
Department of Electrical and Computer Engineering
Ajou University
E-mail : dkchwa@ajou.ac.kr

Abstract

This paper proposes a robust posture stabilization control method for wheeled mobile robots. To solve the robust posture stabilization, we introduce reference generation mode, reference tracking mode, and reference regulation mode. In reference generation mode, a kinematic time-invariant controller is used to generate the reference trajectory which starts from the initial posture of the actual robot to the desired posture. In reference tracking mode, a sliding mode position controller is employed in such a way that the actual robot can follow the reference trajectory in the desired forward or backward moving direction, even in the presence of the disturbances in the dynamics. In reference regulation mode, a sliding mode heading direction controller is used such that the actual robot can maintain the desired posture against the disturbances. In this way, robust posture stabilization can be achieved at almost all global regions.

I. 서론

기존의 극좌표계상의 오차 모델에 기반하여 시불변 제어기를 설계한 강인 자세 안정화 결과에서는 동력학 불확실성을 다루지 않았으나, 실제 시스템에서 일어나는 불확실성에 대한 고려가 필요하다. 이 문제를 해결하기 위해, 이동로봇의 기준궤적에 대한 세가지 모드(기준궤적 생성, 기준궤적 추종, 기준궤적 안정화)를 도입하였다.

기준궤적 생성모드에서는 시불변 기구학 제어기를 사용하여 실제시스템의 초기자세로부터 원하는 자세로의 기준궤적을 생성한다. 기준궤적 추종모드에서는 슬라이딩 모드 위치 제어기를 이용하여 기준궤적을 원하는 자세에 따라 전진방향 혹은 후진방향으로 추종하는데, 슬라이딩모드 제어의 특성에 의해 동력학의 불확실성 존재시에도 강인한 성능을 유지할 수 있다. 기준궤적 안정화 모드에서는 슬라이딩모드 자세각 제어기를 이용하여 외란이 존재하는 상황에서도 안정한 자세를 유지할 수 있도록 한다. (그림 1 참조) 이와 같은 세가지 모드 특성을 통해 원하는 자세로 안정화한다.

II. 본론

극좌표계로 기구학을 나타내면 다음과 같다.

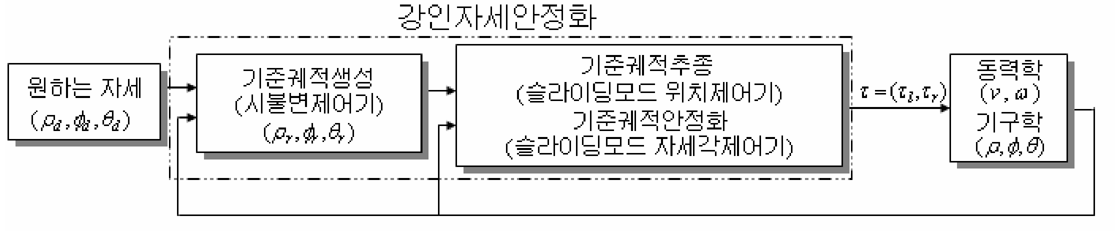


그림 1. 극좌표계 기구학에서의 두바퀴 구동형 이동로봇의 강인자세안정화

$$\begin{pmatrix} \dot{\rho}_c \\ \dot{\phi}_c \\ \dot{\theta}_c \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} v_c \cos(\phi_c - \theta_c) \\ -\dfrac{v_c}{\rho_c} \sin(\phi_c - \theta_c) \\ \omega_c \end{pmatrix}$$

여기서, $\rho_c = \sqrt{(x_c^2 + y_c^2)}$, $\phi_c = \tan^{-1}(y_c / x_c)$, x_c 와 y_c 는 이동로봇의 위치, θ_c 는 자세각이다.

기준궤적 생성모드에서의 기준궤적 생성을 위한 오차 변수를 다음과 같이 도입할 수 있다.

$$E = \sqrt{(x_r - x_d)^2 + (y_r - y_d)^2}$$
$$\Theta = ATAN2(-(y_r - y_d), -(x_r - x_d)) - \theta_d$$
$$\mathrm{A} = \Theta - \theta_r + \theta_d$$

여기서, $ATAN2(y_r, x_r) \in (-\pi, \pi]$ 는 역 tangent함수이고, x_d 와 y_d 는 원하는 위치, θ_d 는 원하는 자세각, x_r 와 y_r 는 생성된 기준궤적의 위치, θ_r 은 기준궤적의 자세각이다. (그림 2 참조)

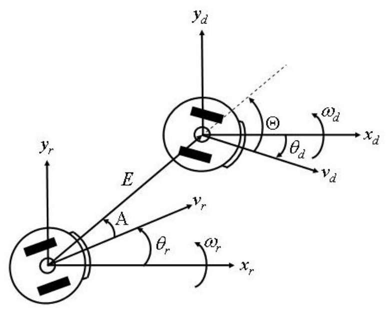


그림 2. 극좌표계 이동로봇의 오차변수

기준궤적은 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$\begin{pmatrix} \dot{x}_r \\ \dot{y}_r \\ \dot{\theta}_r \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} v_r \cos\theta_r \\ v_r \sin\theta_r \\ \omega_r \end{pmatrix}$$

여기서, v_r 와 ω_r 은 기준궤적의 전진속도 및 회전속도로서 나중에 설계되어야 할 변수이다. 그림 2에서

$$x_r = x_d + E\cos\{(\Theta + \theta_d) - \pi\}$$
$$y_r = y_d + E\sin\{(\Theta + \theta_d) - \pi\}$$
$$\theta_r = \Theta - \mathrm{A} + \theta_d$$

의 관계식을 얻을 수 있고, 앞에서 정의된 오차변수의 미분치는

$$\dot{E} = -v_r \cos\mathrm{A}$$
$$\dot{A} = -\omega_r + v_r \frac{\sin\mathrm{A}}{E}$$
$$\dot{\Theta} = v_r \frac{\sin\mathrm{A}}{E}.$$

이고, 기준궤적을 생성하기 위한 속도들은

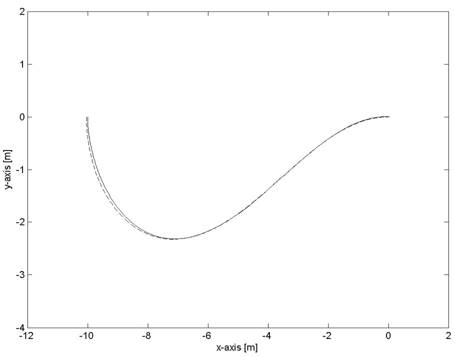
$$v_r = c\gamma E$$
$$\omega_r = \gamma \{\sin(\mathrm{A} + \psi) + h\frac{(\Theta + \psi)\sin(\mathrm{A} + \psi)}{(\mathrm{A} + \psi)} + \beta(\mathrm{A} + \psi)\}$$

와 같이 구할 수 있다. 여기서, $v_r > 0$ 일 경우 $c = 1$, $\psi = 0$ 이고, $v_r < 0$ 일 경우 $c = -1$, $\psi = \pi$ 이며, $\gamma > 0$, $h > 1$, $2 < \beta < h + 1$ 은 곡률 $\kappa(= \omega / v)$ 가 유한하도록 정해지는 값들이다.

3. 모의실험 결과

각각에 대한 모의실험 결과는 다음과 같다.

(a) 시나리오 1 (최종위치: 원점)



(b) 시나리오 2 (초기위치: 원점)

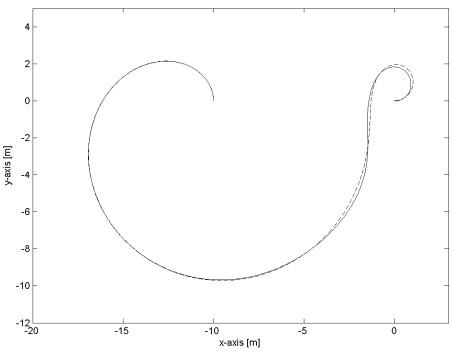


그림 3. 외란존재시의 기준궤적(점선) 및 실제경로 (실선)