

단일 입력 단일 출력 시스템을 위한 순환 최소 자승법을 이용하는 적응형 목표값 추적 제어 알고리즘 개발

라 한 별¹⁾ · 오 광 석^{*1)}

한경국립대학교 ICT로봇기계공학부¹⁾

Development of an Adaptive Target Value Tracking Control Algorithm for Single-Input Single-Output System with Recursive Least Squares

Hanbyeol La¹⁾ · Kwangseok Oh^{*1)}

Hankyong National University¹⁾

Key words : Adaptive control(적응 제어), Sliding surface(슬라이딩 평면), Lyapunov function(라푸노프 함수), Recursive least squares(재귀 최소 자승법), Parameter estimation(파라미터 추정), Variable factor(가변 인자)

* 교신저자 오광석, E-mail: oks@hknu.ac.kr

DC 모터 시스템과 같은 단일 입력 단일 출력 시스템의 속도 제어는 시스템 파라미터의 정확한 측정 또는 추정이 제어 성능 보장에 중요하다. 그러나 시스템 파라미터는 환경 변화 및 노후화에 따라 변하기 때문에 제어 안정성 확보가 어렵다. 이러한 한계점을 극복하기 위하여, Usman, H. 등은⁽¹⁾ 모터의 실제 DC 모터의 파라미터를 기준으로 상한, 하한 범위가 적용된 관측기를 이용하여 실시간으로 파라미터를 추정하였다. Laid, S. 와 Boubekur, B. 는⁽²⁾ 불확실성이 있으며 모델링 되지 않은 DC 모터의 위치 제어를 위해 초국소 모델 식별 방법을 이용하여 모델 독립 제어 접근 방식을 제안하였다. 본 논문은 단일 입력 단일 출력 시스템을 위한 순환 최소 자승법을 이용하는 적응형 목표값 추적 제어 알고리즘을 제안한다. 추적 오차를 이용하여 슬라이딩 모드 평면을 설계하였다. 오차 동역학 모델을 가상의 1계 미분 방정식으로 설계하고, 계수는 망각 인자 기반 순환 최소 자승법을 이용해 실시간으로 추정하였다. Lyapunov 방법 기반 안정성 조건을 만족하는 제어 입력을 도출하였다. 이때의 주입항의 크기는 채터링 현상을 완화시키기 위하여 가변 인자로 설정되었다. 가변 인자의 경우 1차 미분 방정식으로 설계하였으며 계수는 고정값으로 적용되었다. 도출된 제어 입력은 DC 모터의 속도 추종을 위한 전압 입력으로 적용되었으며, 성능 평가는 Matlab/Simulink 환경에서 진행되었다. 아래 성능 평가 결과는 본 연구에서 제안한 적응형 적분 제어 알고리즘의 시스템 정보 없이 합리적인 목표값 추종 성능을 보여준다. 성능 평가 과정에서 주입항의 크기를 현재 고정값으로 적용함으로 인해 시나리오에 따라 파라미터 튜닝이 필요한 한계점이 있다. 향후 완전한 자가 동조 제어를 위하여 주입항의 크기와 오차의 가중치를 실시간으로 조정하는 가변 인자를 적용한 알고리즘 개발을 계획하고 있다.

(1) H. M. Usman, S. Mukhopadhyay and H. Rehman, 2019, "Permanent magnet DC motor parameters estimation via universal adaptive stabilization". Control Engineering Practice, Vol.90, pp. 50~62.

(2) S. Laid, S and B. Boubekur, 2020, "Model-free and adaptive control of a dc motor: A comparative study", In 2020 international conference on electrical engineering (ICEE), pp. 1~6.

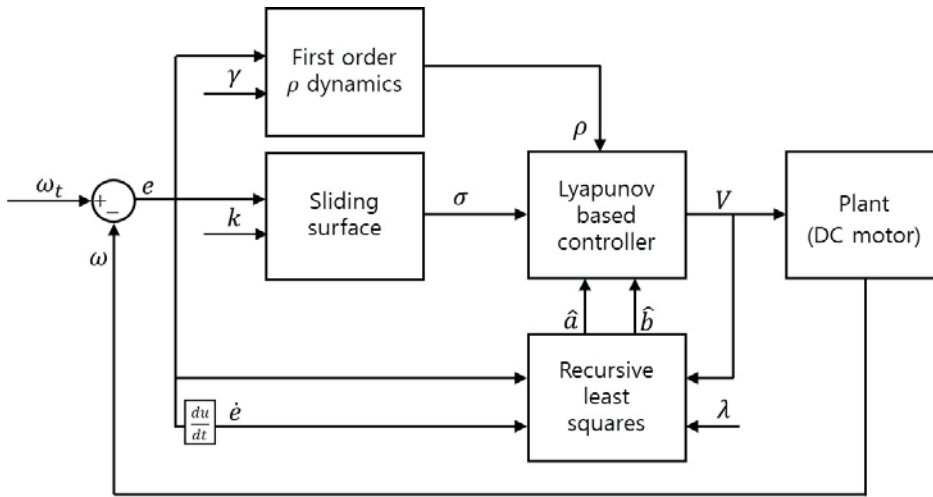


Fig. 1 Overall schematics of proposed control algorithm

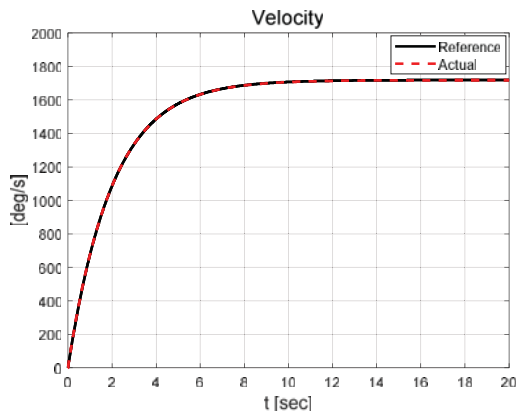


Fig. 2 Target value tracking results : velocity

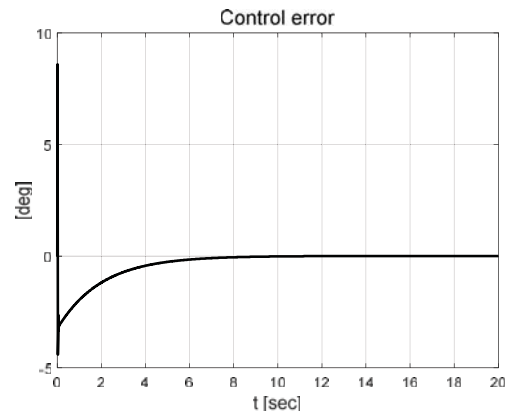


Fig. 3 Velocity error (steady-state error : 0.01 [deg])

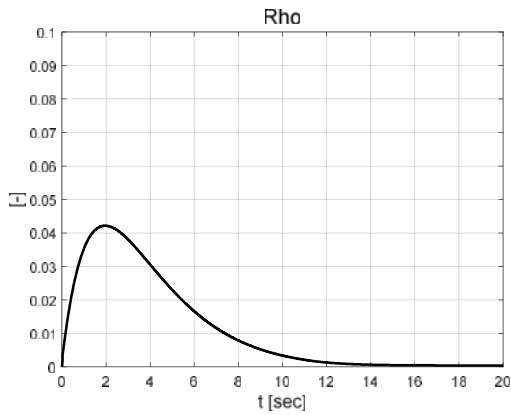


Fig. 4 Adapted magnitude of injection term : rho

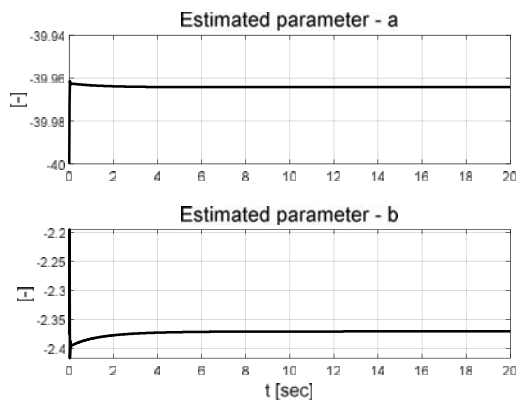


Fig. 5 Estimated parameters : $\hat{a}$ and $\hat{b}$