



실시간 시스템인식 기반 상태관측기 실험 연구

Experimental Study on a State Observer Based on a Real-Time System Identification

저자
(Authors) 이상덕, 정슬

출처
(Source) [제어로봇시스템학회 국내학술대회 논문집](#), 2018.5, 506-507(2 pages)

발행처
(Publisher) [제어로봇시스템학회](#)
Institute of Control, Robotics and Systems

URL <http://www.dbpia.co.kr/journal/articleDetail?nodeId=NODE07450052>

APA Style 이상덕, 정슬 (2018). 실시간 시스템인식 기반 상태관측기 실험 연구. 제어로봇시스템학회 국내학술대회 논문집, 506-507

이용정보
(Accessed) 충남대학교
168.***.117.183
2019/09/03 11:06 (KST)

저작권 안내

DBpia에서 제공되는 모든 저작물의 저작권은 원저작자에게 있으며, 누리미디어는 각 저작물의 내용을 보증하거나 책임을 지지 않습니다. 그리고 DBpia에서 제공되는 저작물은 DBpia와 구독계약을 체결한 기관소속 이용자 혹은 해당 저작물의 개별 구매자가 비영리적으로만 이용할 수 있습니다. 그러므로 이에 위반하여 DBpia에서 제공되는 저작물을 복제, 전송 등의 방법으로 무단 이용하는 경우 관련 법령에 따라 민, 형사상의 책임을 질 수 있습니다.

Copyright Information

Copyright of all literary works provided by DBpia belongs to the copyright holder(s) and Nurimedia does not guarantee contents of the literary work or assume responsibility for the same. In addition, the literary works provided by DBpia may only be used by the users affiliated to the institutions which executed a subscription agreement with DBpia or the individual purchasers of the literary work(s) for non-commercial purposes. Therefore, any person who illegally uses the literary works provided by DBpia by means of reproduction or transmission shall assume civil and criminal responsibility according to applicable laws and regulations.

실시간 시스템인식 기반 상태관측기 실험 연구

Experimental Study on a State Observer Based on a Real-Time System Identification

○이 상 덕¹, 정 슬^{2*}

¹⁾ 충남대학교 메카트로닉스공학과 (TEL: 042-821-7232, E-mail: sdcon.lee@cnu.ac.kr)

²⁾ 충남대학교 메카트로닉스공학과 (TEL: 042-821-6876, E-mail: jungsl@cnu.ac.kr)

Abstract General motion control systems require an accurate speed measurement or estimation performance to realize more improved control schemes. To achieve the performance, various state observers (SOBs) have been designed, implemented, and verified. Nevertheless, real-time SOB (RT-SOB) design is a still research topic. In this paper, a RT-SOB is designed and the performance is evaluated through an experimental study in a general second-orders system. As a result, the speed observation of the proposed RT-SOB shows an improved performance than that of high-end encoder based speed estimation.

Keywords State observer, real-time observer, speed estimation

1. 서 론

상태 관측기 성능은 상태 추정 속도와 정확도에 따른다 [1]. 정확한 동적 모델 인식이 가능한 실시간 상태 관측기 설계가 필요한 이유이다. 본 논문은 실시간 시스템 인식 파라미터에 기반 한 상태관측기 설계 방법을 제안하고 실험을 통해 성능을 검증한다. 결과적으로 제안한 실시간 상태관측기 (RT-SOB)는 고사양 엔코더의 1차 미분 필터링 값 보다 기준값 대비 향상된 오차 성능을 보였다.

논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 실시간 시스템 인식 방법인 재귀최소자승법을 리뷰한다. 3장에서는 인식된 파라미터 기반 상태관측기 설계 방법을 제안한다. 4장에서는 실험 결과를 제시한다. 5장에서는 실험 결과를 분석하고 결론과 향후 연구 내용을 제시한다.

2. 실시간 시스템 인식

RT-SOB 설계를 위한 실시간 시스템 인식 방법으로 재귀최소자승법을 이용한다. 일반적인 이차 시스템을 추정된 전달함수는 (1)과 같이 쓸 수 있다.

$$\frac{\hat{R}(z)}{U(z)} = \frac{K}{1 - (r_1 + r_2)z^{-1} + r_1r_2z^{-2}} \quad (1)$$

* 본 논문은 본 연구는 연구재단의 지원(2016R1A2B2012031)에 의해 수행되었으며 이에 감사를 드립니다.

여기서 $U(z)$ 는 주파수 영역의 입력, $\hat{R}(z)$ 는 주파수 영역의 추정된 출력, r_1 과 r_2 는 시스템의 추정된 극점 값, K 는 추정된 게인값이다. 엔코더에 의한 각도 추정이 가능한 실제 시스템의 측정치를 $R(z)$ 라고 할 때 재귀최소자승법은 시간 영역에서의 추정 오차 제곱의 합을 최소화하는 알고리즘으로 동작한다. 그 법칙은 (2)와 같다.

$$\text{MIN}[J] = \text{MIN}\left[\frac{1}{2} \sum_{n=1}^N (r[n] - \hat{r}[n])^2\right] \quad (2)$$

법칙 (2)를 통해 (1)의 K , r_1 , r_2 가 각각 인식된다.

3. 상태관측기 설계

3.1 문제 정의

엔코더 측정이 가능한 시스템에서 속도를 관측하는 일반적인 방법은 다음과 같다.

$$v = \frac{r[n] - r[n-1]}{\Delta T} \quad (3)$$

그 정확도는 ΔT 와 $r[n]$ 에 의존하기 때문에 특히 저속에서 그 정확도가 저하될 수가 있다.

3.2 상태관측기 설계

RT-SOB 설계의 목적은 (3)에서 제시된 문제점을 보완하기 위함이다. 이를 위해서는 정확한 모델

의 인식과 안정된 관측기 설계가 필요하게 된다.

(1)은 상태 공간에서 다음과 같이 변환 된다.

$$A = \begin{bmatrix} -r_1 r_2 & r_1 + r_2 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}, B = [0 \ 1]^T, \quad (4)$$

$$C = [-K r_1 r_2 \quad K(r_1 + r_2)]$$

(1) 시스템의 상태행렬을 $x[n] = [\theta, \omega]^T$ 라고 정의할 때 상태관측기는 다음과 같이 설계된다.

$$\tilde{x}[n+1] = (A - LC)\tilde{x}[n] + u_d \quad (5)$$

여기서 u_d 는 외란이고 $\tilde{x}[n]$ 는 상태 추정 오차이고 A 는 시스템 행렬이고 C 는 시스템 출력 행렬이다.

관측기의 게인 행렬 L 은 다음과 같이 설계 된다.

$$K_L \approx \frac{-1}{\text{MAX}(\text{ABS}(r_1), \text{ABS}(r_2))} \quad (6)$$

$$L_1 \approx \frac{(1 - K_L)}{K} \quad (7)$$

(6)의 K_L 은 관측기가 포함된 시스템의 극점을 결정하기 위한 게인값이고 오픈 루프 시스템 극점의 주요 극점 (dominant pole) 값으로부터 결정된다. (6)으로부터 관측기 시스템은 항상 안정하게 된다.

4. 실험

실험 환경은 그림 1과 같다. 일반적인 모터-로드 시스템에서 고분해능 엔코더에 의해 각도를 측정하고 (3)을 이용하여 추정된 각속도와 설계된 RT-SOB에 의해 추정된 각속도를 비교한다.

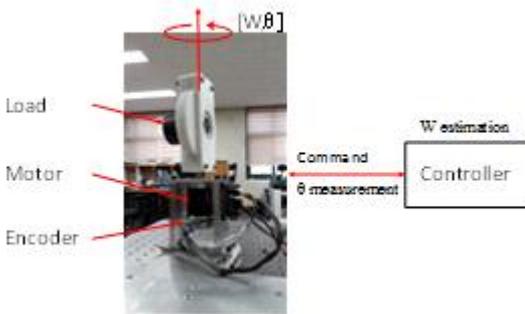
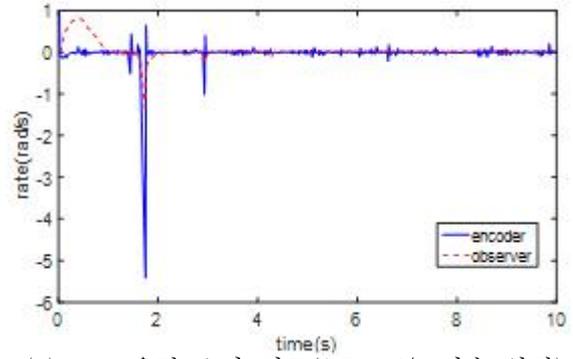


그림 1. 실험 환경

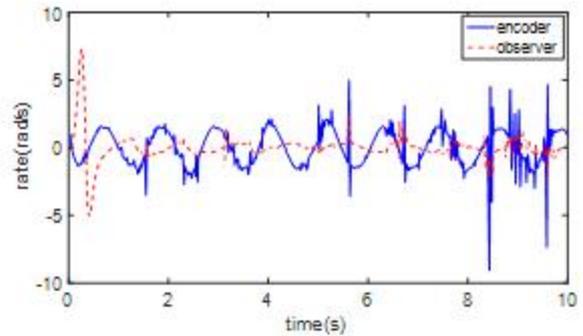
오차 비교는 그림 2와 같고 결과는 표 1과 같다.

표 1. 실험 결과 정리 (RMSE)

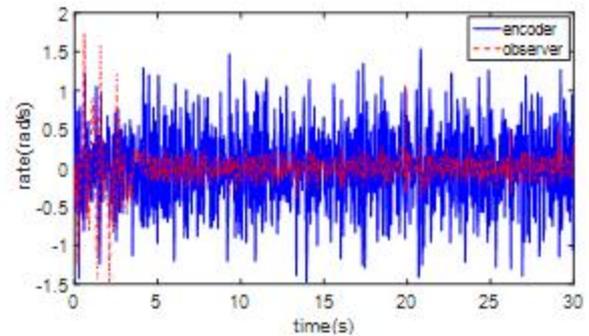
	step	sine	random
Encoder	0.4580	1.4379	0.4993
Observer	0.2293	0.6709	0.2279



(a) step 응답 오차 비교(0.7 rad/s 저속 입력)



(b) sine 응답 오차 비교(약 1 Hz 주기)



(c) random 응답 오차 비교

그림 2. 오차 비교

5. 결론

본 논문에서는 실시간 속도 추정기 성능 검증 결과를 제시하였다. 0.004185 degrees/pulse 분해능을 갖는 엔코더와 0.1 밀리초 분해능을 갖는 QueryPerformanceCounter 함수를 사용한 1차 필터링 결과보다 약 2배 성능이 향상되었음을 확인할 수가 있었다. 향후 연구에서 외란을 고려한 강건한 상태관측기 설계가 필요하다.

참고문헌

[1] D. Luenberger, "Observers for multivariable systems", *IEEE Transactions on Automatic Control*, vol. 11, no. 2, pp. 190-197, 1966.