
저자 (Authors)	이상덕, 박문기, 권동욱, 정슬
출처 (Source)	제어로봇시스템학회 각 지부별 자료집 , 2018.11, 50-51(2 pages)
발행처 (Publisher)	제어로봇시스템학회 Institute of Control, Robotics and Systems
URL	http://www.dbpia.co.kr/journal/articleDetail?nodeId=NODE07615435
APA Style	이상덕, 박문기, 권동욱, 정슬 (2018). RLS 기반 Super-Twisting 관측기에 의한 로봇 매니퓰레이터 상태 관측에 관한 연구. 제어로봇시스템학회 각 지부별 자료집, 50-51
이용정보 (Accessed)	충남대학교 168.***.117.183 2019/09/03 11:08 (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.

RLS 기반 Super-Twisting 관측기에 의한 로봇 매니플레이터 상태 관측에 관한 연구

Studies on the State Observation of Robot Manipulators by RLS-Based STO

○이 상 덕¹, 박 문 기¹, 권 동 욱¹, 정 슬*¹

¹) 충남대학교 메카트로닉스공학과 (TEL: 042-821-6876, E-mail: jungsl@cnu.ac.kr)

Abstract In this paper, we propose a recursive least squares-super twisting observer (RLS-STO) technique for the state observation of robot manipulators. The overall performance of the state observer is associated with the design of the appropriate selection of the observer gains. Practically, the observer gains of STO can be determined from the criterion on the bounded dynamics. For the improved design of the observer gains, we use an RLS algorithm and the gains of STO are automatically selected from the RLS model. Based on this concept, we design a RLS-STO scheme to estimate the angular acceleration state of a robot joint where angle data are measurable. The experimental results of the proposed method are compared with the existing methods.

Keywords RLS, STO, robot manipulator, acceleration estimation

1. 서 론

동적 시스템의 상태 관측은 로봇 제어 성능을 향상시키고 결함이나 고장 진단과 같은 로봇의 유지보전 분야에서도 활용되어질 수가 있다. 대표적인 선형 상태관측기로 루엔버거 관측기가 있고 최근에는 슬라이딩 모드 기반의 비선형 Super-twisting 관측기 (STO) 개념이 활용되어지고 있다 [1].

상태 관측기의 제어 법칙은 예측 오차에 계인을 곱한 다음, 이를 보정 팩터라 하며 그 결과를 직전 상태에 곱하는 형태로 구현될 수 있다. 선형 관측기의 경우 보정 팩터가 선형이고 비선형 관측기의 경우 보정 팩터가 비선형인 특징을 갖는다. 그러므로 상태관측기 성능 향상을 위해서는 적절한 보정 팩터를 찾는 것이 중요하다.

이산 시간의 이차 STO 관측기에 대한 계인 선정 방법이 제시되었다 [2]. 본 연구에서는 [2]에서 제시된 계인 선정 방법을 통해 KOBOKER의 조인트 각 가속도 정보를 관측하는 실험 결과를 제시한다. [2]에서는 각속도 추정 방법이 제시되어 있으므로 유한 차분법을 통해 각가속도 추정이 가능한 식으로 상태 방정식을 수정하여 사용한다.

이 때 보정 팩터의 계인값은 시스템 상태가 제한되는 최대값에 의해 결정되는데 본 논문에서는 그 값을 산출하기 위해서 RLS 방법이 활용된다. 제안하는 알고리즘을 실험을 통해 검증한다.

2. 본 론

2.1. KOBOKER

그림 1은 실험실에서 제작된 양팔 로봇 KOBOKER 이다. 본 연구에서는 관절 1과 관절 2에 대한 조인트 각가속도의 상태를 관측하고자 한다.

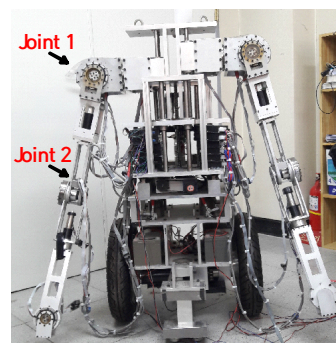


그림 1. KOBOKER

2.2. RLS-STO

이산영역에서 i -번째 관절에 대한 상태 방정식은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \mathbf{X}_i[n+1] &= \mathbf{A}_i[n]\mathbf{X}_i[n] + \mathbf{B}_i[n]u_i[n] \\ y_i[n] &= \mathbf{C}_i[n]\mathbf{X}_i[n] \end{aligned} \quad (1)$$

여기서 $\mathbf{X}_i[n]$ 는 상태 벡터이고 $\mathbf{A}_i[n]$ 는 시스템 행렬이고 $\mathbf{B}_i[n]$ 는 입력 벡터이고 $\mathbf{C}_i[n]$ 는 출력 벡터이고 $u_i[n]$ 는 시스템 입력이고 $y_i[n]$ 는 시스템 출력이다.

(1)에 대한 상태 관측기는 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$\hat{\mathbf{X}}_i[n+1] = \hat{\mathbf{A}}_i[n]\hat{\mathbf{X}}_i[n] + \hat{\mathbf{B}}_i[n]u_i[n] + \mathbf{z}_i[n] \quad (2)$$

여기서 $\mathbf{z}_i[n]$ 는 보정 팩터이고 다음과 같이 정의 된다.

$$\begin{aligned} \mathbf{z}_i[n] &= \boldsymbol{\rho}_i[n] \{ \text{sign}(\mathbf{e}_i[n]) \} \\ \text{sign}(\cdot) &= -1, IF \cdot < 0; 0, IF \cdot = 0; 1, IF \cdot > 0 \end{aligned} \quad (3)$$

변수 $\boldsymbol{\rho}_i[n]$ 는 다음과 같이 결정된다[2].

$$\begin{aligned} \rho_{i,1}[n] &= k_{i,1}[n] |e_i[n]|^{1/2} \\ \rho_{i,2}[n] &= k_{i,2}[n] \end{aligned} \quad (4)$$

여기서 $k_{i,1}[n] = 1.5\sqrt{\Delta_d}$ 이고 $k_{i,2}[n] = 1.1\Delta_d$ 이고 Δ_d 는 시스템의 제한된 상태의 최대값이고 $e_{i,1}[n] = y_i[n] - \hat{y}_i[n]$ 이다.

유한 차분법을 이용해서 조인트의 각속도와 각속도 상태는 다음 식을 통해 추정할 수 있다.

$$\begin{aligned} \hat{X}_{i,v}[n] &= \hat{X}_{i,v}[n-1] + T\hat{X}_{i,a}[n-1] + z_{i,1} \\ \hat{X}_{i,a}[n] &= \hat{X}_{i,v}[n+1] + z_{i,2} \end{aligned} \quad (5)$$

여기서 T 는 샘플링 주기이고 $\hat{X}_{i,v}[n]$ 는 각속도 상태이고 $\hat{X}_{i,a}[n]$ 는 각가속도 상태이고 $\hat{X}_{i,v}[n+1]$ 는 (1)로부터 얻을 수가 있다.

따라서 제안하는 RLS-STO 관측기 구조는 다음과 같다.

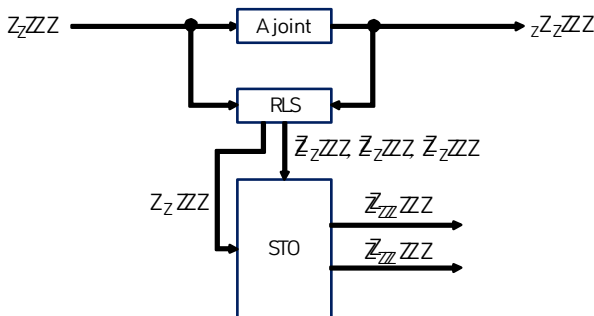


그림 2. 제안하는 RLS-STO 구조

2.3. 실험

제안하는 RLS-STO 관측기는 실험 연구를 통해 성능을 확인한다. 실험에서는 각도의 2차 미분 함수에 의해 추정된 각가속도와 루엔버거 관측기에 의해 추정된 각가속도가 비교된다. 실험 결과는 그림 3과 같다. 그림 3에서 estimate 1은 2차 미분 함수에 의한 각가속도 추정치이고 estimate 2는 루엔버거 관측기에 의한 추정치이고 estimate 3은 제안한 STO 관측기에 의한 추정치이다.

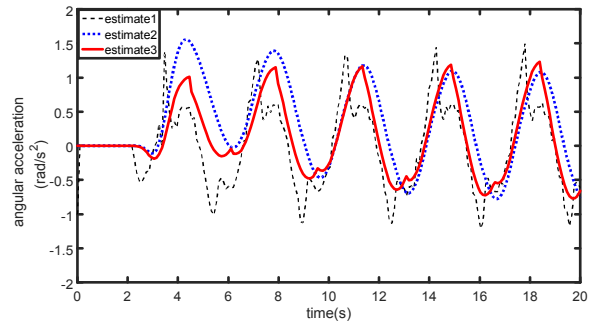


그림 3 조인트 1 실험 결과

3. 결론

본 연구에서는 비선형 Super-twisting 관측기 (STO)에 의한 관절 각가속도 추정 방법을 제안하였다. 관측기 설계를 위해 시스템 인식 방법을 사용하였고 종래의 각속도 추정 관측기 식을 유한 차분법을 이용해서 각가속도 추정 식으로 변형하여 사용하였다. 실험에서 루엔버거 관측기와 STO는 모두 RLS에 기반하여 계인을 설정한 결과들이다. 실험 결과 STO 방법이 루엔버거 관측기보다 빠른 응답 특성을 보임을 알 수가 있었고 STO 방법은 비선형 파라미터 인식에 유효하다고 추정할 수 있었다. 향후 추가적인 분석이 필요하다고 여겨진다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 연구재단(2016R1A2B2012031)과 환경기술개발사업의 지원에 의해 이루어 졌으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

[1] A. Levant, "Sliding order and sliding accuracy in sliding mode control", *International Journal of Control*, vol. 58, no. 6, pp. 1247-1263, 1993.
 [2] I. Salgado, I. Chairez, B. Bandyopadhyay, L. Fridman, and O. Camacho, "Discrete-time non-linear state observer based on a super twisting-like algorithm", *IET Control theory & Applications*, vol. 8, no. 10, pp. 803-812, 2014.