단일 입·출력 선형시스템에 대한 슬라이딩 모드 관측기 설계

A Design of Sliding Mode Observer for SISO Linear Systems

°문 형 장*, 권 성 희**, 박 승 규**, 정 은 태**

* 창원대학교 전기전자제어공학과(Tel: 81-055-279-7559; Fax: 81-055-262-5064 ; E-mail: johnnny1@hanmail.net)

** 창원대학교 메카트로닉스공학부

Abstract: This paper proposes a design method of sliding mode observer for SISO linear systems with a disturbance input. We first construct an observer with a constant gain matrix, a feedforward injection map and an external feedforward compensation signal input. Using the second Lyapunov method, we present a sufficient condition for the existence of sliding mode observer. The proposed observer guarantees that the state error trajectories enter a certain region in finite time and remain inside thereafter.

Keywords: Sliding mode observer, feedforward injection map, feedforward compensation signal, Lyapunov method, ultimate boundedness

1. 서론

선형 시스템과 비선형 시스템에 대한 여러 가지 새로운 상태 관측 기술이 최근에 제안되었고, Lyapunov 방법에 의한 관측기 설계 방법이 Kou 등[1]에 의해서 확장되었다. 가장 일반적이고 직접적인 관측기는 Luenberger 관측기이다[2]. 이는 오차 상태를 줄이는 적절한 관측기 이득 행렬을 선택하는 것이다. 그러나 실제 시스템에 적용할 때 이러한 관측기는 지나친 잡음 증폭을 하기 때문에 오차 시스템 행렬의 고유치를 멀리 떨어진 좌반 평면으로 보내는 관측기 이득 행렬을 선택할 수 없다. 슬라이딩 모드 관측기가 미지의 파라미터 변화와 잡음에 둔감하다는 것을 이용하여 정합 조건을 만족하는 시스템에 대한 슬라이딩 모드 관측기는 Sira-Ramirez 등[3]에 의해서 연구되었다.

Koshkouei 등[5]은 상태 오차 시스템의 안정성과 슬라이딩 모드의 존재성을 보증하는 조건을 제시하였으며 외란에 대해서 피드포워드 주입 사상(feedforward injection map)과 외부 피드포워드 보상 신호(external feedforward compensation signal)를 사용하여 슬라이딩 관측기를 설계하였다. [5]에서는 외란 입력 사상이 피드포워드 주입 사상의 상수배가 될 때와 그렇지 않을 경우 두 가지로 나누어서 오차 시스템의 안정성을 보증하였다.

본 논문에서는 외란을 가지는 단일 입·출력 시스템에 대해서 슬라이딩 모드 관측기가 존재할 충분 조건을 Lyapunov 방법에 의해서 제시한다. [5]에서처럼 외란 입력 사상이 피드포워드 주입 사상의 상수배가 되는 것에 상관없이 상태 오차 시스템의 안정성을 보증하는 새로운 피드포워드 주입 사상을 가지고 슬라이딩 모드 관측기를 설계한다. 그리고 상태의 오차 궤적이 유한 시간 내에 원점을 중심으로 하는 어떤 영역으로 들어가고 그 이후로 항상 그 영역 내에 존재한다는 것을 보인다. 끝으로 예제를 통하여 제안된 슬라이딩 모드 관측기의 타당성을 검증한다.

2. 문제 설정과 관측기 모델

외란을 가지는 단일 입·출력 선형 시불변 시스템

$$\dot{x}(t) = Ax(t) + Bu(t) + Dw(t) \tag{1}$$

$$y(t) = Cx(t) \tag{2}$$

을 고려한다. 여기서 $x(t) \in R^n$는 상태, $u(t) \in R$는 제어입력, $y(t) \in R$는 측정출력이고, $w(t) \in R$는 모든 시간에 대해서 $|w(t)| \le M$을 만족하는 외란이다.