

입·출력 외란을 가지는 시스템에 대한 기준모델 슬라이딩 모드 제어

Model referenc sliding mode control for the system with input/output disturbance

°김 우 태*, 김 가 규**, 전 해 진***, 최 봉 열****

* 경북대학교 전자공학과(Tel : 81-053-940-8853; Fax : 81-053-959-7336 ; E-mail : kwt5288@hanmail.net)
** 한국전자통신연구원(Tel : 81-042-860-1123; Fax : 81-042-860-6671; E-mail : ggkim@etri.re.kr)
*** 경북대학교 전자공학과 (Tel : 81-053-940-8853; Fax : 81-053-959-7336 ; E-mail : bobotin@hanmail.net)
**** 경북대학교 전자공학과(Tel : 81-053-950-6553; Fax : 81-053-959-7336 ; E-mail : bychoi@ee.knu.ac.kr)

Abstract : In this paper, we present a model reference sliding mode control for the system with input/output disturbance. The proposed model reference sliding mode control makes always the error remain on the surface in finite time. Therefore the system is insensitive to external disturbance. Simulation results are included to illustrate the effectiveness of proposed scheme.

Keywords : sliding mode control, model reference control, kalman filter

1. 서론

슬라이딩 모드 제어는 상태 또는 오차를 슬라이딩 평면이라 불리는 흡입평면으로 이동시킨 뒤 지속적으로 미물도록 함으로써 시스템의 불확실성과 외란에 대해 견실한 동시에 빠른 동특성을 보장하는 슬라이딩 모드론을 얻어내는 제어 방식이다^{[5],[6]}.

슬라이딩 모드 제어는 기본적으로 상태 제한을 이용한 제어 형태를 가진다. 그러나 실제 시스템에서는 상태를 직접적으로 얻을 수 없으며 획득 가능한 출력으로부터 상태를 추정한다. 이때 출력은 잡음 등으로 인해 정확한 값을 얻을 수 없다. 이러한 시스템에 대한 모델은 일반적으로 백색잡음을 확률변수로 취급하는 시스템으로 설정되고 센싱되는 출력에 있어 백색잡음에 대한 영향을 최소화하기 위해 상태 추정오차에 대한 공분산을 최소로 해주는 형태로 추정기를 설계함으로써 만족할 만한 성능을 보장받을 수 있다.

기존의 기준모델 제어(model reference control)는 플랜트를 원하는 기준모델로 추적하기 위해 선형모델 추적제어 시스템이 사용되었다^[1]. 이 제어기의 목적은 플랜트와 기준모델의 상태 차인 추적오차를 최소화하는 것이다. 그러나 플랜트 파라미터의 변화가 생겨 성능을 나쁘게 하는 단점이 있다. 이를 개선해서 파라미터의 변화에도 좋은 성능을 가질 수 있는 적응모델 추적제어 시스템이 제안되었다. 적응모델 추적제어는 파라미터의 변화에도 좋은 성능을 나타내었다. 적응모델 추적제어 시스템의 한 방법인 리아푸노프 방법을 이용해 유도된 적응제어 법칙은 불연속 제어 법칙으로서 일종의 슬라이딩 모드 제어에 속한다^[3]. 그러나 제안된 방법들은 시스템의 외란에 견실성을 가진다고 하지만 실제로 시스템에 응용해서 보여주진 못했다.

따라서 슬라이딩 모드 제어가 시스템의 불확실성과 외란에 대해 견실성을 가지는 것을 이용해 입력외란을 가지는 시스템의 제어기 설계에 슬라이딩 모드 제어를 이용한다.

본 논문에서는 입·출력에 외란을 가지는 시스템에 대한 기준모델 슬라이딩 모드 제어를 제안한다. 입력외란을 가지는 시스템에서 기준 모델 슬라이딩 모드 제어를 제안하고 안정성을 리아

푸노프 함수를 이용하여 증명한다. 그리고 입·출력에 외란을 가지는 시스템은 출력의 백색잡음으로 인해 정확한 값을 얻을 수 없다. 그래서 본 논문에서는 칼만필터^[8]를 통해 출력으로부터 상태변수를 최적으로 유지시켜 주는 상태를 추정한다. 이때 추정된 상태변수보 제어기를 설계한다. 그리고 모의 실험을 통하여 제안한 방법의 타당성을 입증한다.

2. 시스템 정의 및 문제설정

다음과 같은 2차 시스템인 플랜트(1)과 기준모델 시스템(2)를 고려한다.

$$\dot{x} = A_p x + B_p(u+d) \quad (1)$$

$$y = E x + v$$
$$\dot{x}_m = A_m x_m + B_m r \quad (2)$$

여기서 x 와 x_m 은 플랜트와 기준모델의 상태벡터를 나타내고 y 는 출력을 나타낸다. u 는 제어입력을 r 은 기준모델 입력을 나타낸다. 그리고 d 는 외란을 나타내며 v 는 백색 센서잡음을 나타낸다. (A_p, B_p) 가 제어가능하며 A_m 은 안정하고, 외란 d 에 대해서는 다음과 같이 유계된다고 가정한다.

$$|CB_p d| < K \quad (3)$$

A_p, A_m, B_p, B_m 은 다음의 정합조건을 만족한다고 가정한다^{[2],[7]}.

$$\text{rank}[B_p; A_p - A_m] = \text{rank}[B_p; B_m] = \text{rank}[B_p] \quad (4)$$

백색 센서잡음 v 는 다음을 만족한다.

$$E(v) = 0, \quad E(vv^T) = W(W > 0) \quad (5)$$