

Scanner System을 위한 Discrete-Time Sliding Mode Controller 설계

Discrete-Time Sliding Mode Controller Design for Scanner system

이 충 우*, 정 정 주**

* 한양대학교 전자통신전파공학과(Tel : 82-02-2282-5307; E-mail: chung_woo@hanimail.com)

** 한양대학교 전자전기공학부(Tel : 82-02-2290-1724; E-mail: cchung@email.hanyang.ac.kr)

Abstract : In this paper, we propose a new discrete-time sliding mode controller for reference tracking. Stability of tracking error is analyzed. Design method of sliding surface for tracking control is proposed. Simulation and experimental results are included to show the effectiveness of the proposed method.

Keywords : discrete-time sliding mode control, chatting, settling time, damping factor

1. 서론

슬라이딩 모드 제어는 상태공간 상에 미리 설정된 슬라이딩 평면을 기준으로 슬라이딩 평면에 도달하기 위한 제어와, 도달한 후 평형점으로 수렴하기 위한 제어가 서로 다른 변환 구조 제어이다.

과거 슬라이딩 모드 제어기는 연속시간 시스템의 경우에 대해 잘 적용되어왔다. 하지만 컴퓨터가 발달하여 계산시간이 단축됨에 따라 이산 시간 시스템 대해서도 연구되어지기 시작했다. 슬라이딩 모드 제어기는 이산 시간 시스템의 경우 채터링(Chattering)과 긴 샘플링 간격(Long sampling interval) 때문에 시스템이 불안정하게 되는 단점을 가지고 있어서 이러한 단점을 극복하기 위해 여러 가지 제어방식이 나오기 시작했다.[2] 초창기 Milosavljevic(1985)가 이러한 이산시간 시스템의 경우에 대해 조건을 내세웠지만 슬라이딩 모드로 수렴하기 위한 충분한 조건은 되지 못했다.[1] Furuta(1990)와 Gao(1995)는 Lyapunov Function을 이용하여 슬라이딩 평면이 존재할 충분 조건을 얻었다[4],[5].

본 논문에서는 Koshkouci와 Zinober(1996)가 앞에 세사람이 제시한 조건들이 모두 같다는 것을 증명하면서 정리한 충분조건을 가지고 비선형 요소의 범위를 정의하고[1],[2], 또한 전체 제어 시스템의 고유치(Eigenvalue)를 이용하여 슬라이딩 평면을 설계하고, 슬라이딩 평면의 위치 부분에 기준신호를 적용하여 기준신호에 의해 슬라이딩 평면의 위치가 변하게 하므로써 기준신호를 추종하도록 설계하였다. 이렇게 설계된 제어기가 기준신호에 대해 안정하고 스캐너 시스템(Scanner system) 제어에 적합 함을 보여준다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 시스템의 조건, 즉 여기서 제안한 제어기를 설계하기 위해 시스템이 가져야할 조건들과 슬라이딩 평면을 정의하였다. 그리고 이산 슬라이딩 모드가 존재하기 위한 조건과 정의를 설명한다. 3장에서는 2장에서 제안한 조건과 정의를 가진 시스템에 대해 이산 슬라이딩 모드 제어기를 설계하고, 안정도를 증명한다. 4장에서는 기준 신호에 대한 안정도를 보여주고, 5장에서는 플랜트(Plant)의 모델링과 실제 슬라이딩 평면 구하는 방법을 소개 한다. 6장에서는 3장에서 설계한 이산 슬라이딩 모드 제어기와 5장에서 모델링한 플랜트(Plant)를 이용하여 시뮬레이션과 실제 플랜트에 적용한 실험 결과를 보여준다. 마지막으

로 7장에서는 이 논문에서 제안한 제어기와 실험에 대한 결과를 정리한다.

2. 슬라이딩 모드와 시스템의 조건들

2.1 시스템의 조건들

본 논문은 시불변 선형 이산 시간 시스템에 대해서만 생각하고, 시스템의 기본 형태인 식(1)은 식(2)에서 보이는 것과 같이 레귤러 형식(Regular form)이라고 가정한다.

$$\begin{aligned} x(k+1) &= Ax(k) + Bu(k) \\ y(k) &= Cx(k) \end{aligned} \quad (1)$$

$$A = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} \\ A_{21} & A_{22} \end{bmatrix}, B = \begin{bmatrix} 0 \\ B_2 \end{bmatrix}, C = [C_1 \ C_2]$$

$$\begin{aligned} x_1(k+1) &= A_{11}x_1(k) + A_{12}x_2(k) \\ x_2(k+1) &= A_{21}x_1(k) + A_{22}x_2(k) + B_2u(k) \\ y(k) &= Cx(k) \end{aligned} \quad (2)$$

여기서 $k \geq 0$ 는 정수, $x(k) \in \mathbb{R}^n$ 는 the State, $A \in \mathbb{R}^{n \times n}$, $B \in \mathbb{R}^n$, $u(k)$ 는 Scalar input control, $C \in \mathbb{R}^{m \times n}$, $y(k) \in \mathbb{R}$ 는 Scalar output. (A, B) 가 완전 제어 가능하다고 가정한다.

정의 1 슬라이딩 평면을 다음과 같이 정의 한다.

$$s(k) = S_1x_1(k) + S_2x_2(k)$$

위의 정의1을 이용하여 식(1)이 슬라이딩 평면을 따라 평형점을 가도록 정의하면 아래와 같이 쓸 수 있다.[3]

$$\begin{aligned} S_1x_1(k) + S_2x_2(k) &= 0 \\ x_2(k) &= -S_2^{-1}S_1x_1(k) = -Mx_1(k) \end{aligned} \quad (3)$$

식(1)에 의한 요소 $\Gamma \xi(k)$ 를 첨가하여 아래와 같은 시스템을 구