

신경 회로망의 RLED 로봇 매니플레이터 추적 제어

Neural Network Tracking Control of Rigid-Link Electrically-Driven Robot Manipulators

오정재* 오

안산공과대학 전자통신과 (Tel:81-031-490-6064; Fax:81-031-495-2965; E-mail:skechy@ieee.org)

Abstract : This paper presents a neural network controller for a rigid-link electrically-driven robot. The proposed controller is designed in conjunction with three neural networks approximating for complicated nonlinear functions. Particularly, the fact, different from conventional schemes, is that the neural network based current observer is used. Therefore, no accurate measurement of the actuator driving current is required. In the proposed controller-observer scheme, the derived weight update rule guarantees the stability of closed-loop system in the sense of Lyapunov. The effectiveness and performance of the proposed method are demonstrated through computer simulation.

Keywords : neural network control, RLED robot, current observer, tracking control

1. 서론

종래의 로봇 매니플레이터 제어 시스템의 연구 결과들은 전동기와 같이 관절에 사용되는 구동기(actuator)의 동력학을 무시한 입력토크 대 속도 및 위치에 대한 것이 주류를 이루어 왔다. 여기에는 두 가지 이유가 그 배경을 이루고 있는데, 먼저 입력 토크 레벨에서 제어를 설계했다라도 실제 적용 시에는 토크가 아닌 다른 신호, 예를 들어 전동기의 경우라면 전압 또는 전류로써 제어신호를 만들어야 하지만 이들 물리량들이 선형적 관계를 유지한다면 별도의 신호변환이 필요 없이 비례계수를 이용한 간단한 대수처리를 통하여 신호를 변환할 수 있다. 두 번째로는 구동기를 제어 시스템의 동력학에 포함시키게 되면 불확실성이 존재하는 비선형성이 큰 시스템의 포괄적인 추적제어(global tracking control) 문제를 해결하는 것과 관련되어 있기 때문에 제어가 설계가 용이하지 못하다는 점이다.

최근 구동기의 동력학이 고성능 로봇의 움직임 및 힘 제어 분야에 직간접적으로 큰 영향을 미친다는 결과들이 제시되고 있다[5, 16]. 특히 직접 구동형 로봇 팔(direct drive manipulator)의 경우 구동기의 동력학은 무시할 수 없는 요소로 작용하게 된다. 이에 따라 구동기를 포함한 로봇 매니플레이터 제어에 대한 여러 결과들이 제시되고 있다. Tarn[16] 등은 비선형 폐환 선형화 기법을 이용하여 구동기-매니플레이터 시스템의 제어 문제를 해결을 시도하였고, Dawson[2, 3, 4, 12] 등은 backstepping 기법에 의한 적응제어 기법을 이용하여 이 문제를 해결하고자 하였다. 그러나 이들 방법들은 주로 정확한 시스템 모델을 기초로 설계하였을 뿐만 아니라 대부분 상태변수로서 위치, 속도, 전류를 모두 사용해야만 제어가 설계가 가능하다. 한편, [11]의 경우는 좀 더 일반적 상황인 속도와 전류를 직접 측정하지 않음으로써 상태 측정을 위한 추가적인 센서를 도입하지 않고 관측기(observer)를 설계하여 이들 상태 값을 구하는 방법을 제시하였다. 그러나 이 방법 역시 정확한 시스템 모델의 수립이 필수 조건인 전제를 벗어나지 못하였다.

정확한 시스템 모델의 수립 문제와 비선형 제어기법의 난점을 해결하기 위한 방편으로 신경회로망에 의한 제어가 설계가 널

리 사용되고 있다[6, 7, 8, 9, 10]. [6, 8]에서는 신경회로망을 이용하여 RLED 로봇의 추적 제어 문제를 해결하였는데 모두 전류를 상태변수로 사용함으로써 구동기의 전류측정이 필요한 기법을 사용하였다. 한편 [7]에서는 [1, 11, 12, 13]에서 사용한 제어기와 관측기의 연동 구조를 신경회로망을 이용하여 출력 폐환 형태의 제어구조를 제안하였다.

이 논문은 상기 논문의 결과를 기초로 RLED형 로봇 매니플레이터의 추적 제어를 제안하고자 한다. 여기서는 [6, 8, 11]의 제어구조와 같이 제어를 기계계와 전기계로 나누어 각각 전류 제어기와 전압제어기를 구성한다. 그러나 상기 방식과는 달리 구동기 전류를 직접 측정하지 않고 신경회로망을 이용한 관측기를 사용하여 추정함으로써 실제 구현 시 구동회로 부에 전류센서를 추가할 필요가 없도록 한다. 2절에서는 일반적인 RLED 매니플레이터의 동력학 모델과 제어 문제와 이 논문에서 사용하는 신경회로망인 FLNN[14]과 제안한 제어가 및 관측기에 대해 기술하고, 3절에서 시뮬레이션을 통한 결과를 보이며, 4절에서 결론과 추후과제에 대해 기술한다.

2. 신경회로망의 추적제어 문제

2.1. RLED 로봇 매니플레이터의 동력학

일반적인 n-dof의 강체형 로봇 매니플레이터의 동력학 모델과 구동기로서 영구 자석형 직류전동기의 모델은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} M(q)\ddot{q} + C(q, \dot{q})\dot{q} + G(q) + F(\dot{q}) &= \tau \\ \tau &= K_T I \\ L\dot{I} + RI + K_B\dot{q} &= u_E \end{aligned} \quad (1)$$

여기서 M, C, G, F 는 각각 관성, 전향력과 구심력, 중력, 마찰력을 나타내고, τ 와 I 는 입력 토크와 입력 전류를 나타낸다. K_T 는 전동기의 토크상수, L, R, K_B 는 전동기의 인덕턴스, 저항, 역기전력 상수를 의미한다. 그리고 $\ddot{q}_a, \dot{q}_a, q_a$ 는 각각 관절의 가속도, 속도, 위치를 나타내고, u_E 는 입력 전압을 표시한다. 이들의 차