

신경망을 이용한 직류·스텝모터의 속도제어

손준혁, 서보혁  
경북대학교 대학원 전기공학과

Speed Control of DC · STEP Motor Using Neural Networks

Jun-Hyug Son, Bo-Hyeok Seo  
Dept. of Electrical Eng. Kyungpook Nat. Univ.

**Abstract** - The present DC Motor or STEP Motor have been used in electronic work or products. There have been researches that let those Motor improved more conveniently in controlling and measuring those than before. By controlling and measuring those, the convenience of users and the functions of products can be improved.

In addition, the responding speed of whole system can be increased by improving it of controlling and measuring. Therefore it is necessary that we develop motor motion application. Because of this necessity, Neural-Network was used to improve the responding speed of controlling and measuring, and a new application was developed for the convenience of users.

This thesis showed efficiency of controlling methodology by Neural-Network superior to others in correctness and speed. We are intend to verify its appropriateness though experimentations.

1. 서 론

현재 전자제품이나 산업현장에서 직류모터나 스텝모터를 많이 사용하고 있으며, 이런 모터들을 보다 편리하게 제어·계측하고, 응답속도를 향상시키기 위해 많은 연구가 되어왔다.[1] 이런 모터들을 제어·계측함으로써 사용자 편의와 제품의 기능을 극대화할 수 있으며, 제어·계측의 응답 속도를 향상시킴으로써 전체 시스템의 진행속도를 향상시킬 수 있다. 그래서, 모터의 응답 속도의 향상과 사용이 편리한 모터 구동 어플리케이션의 개발이 필요하다. 제어·계측의 응답 속도를 향상을 위한 제어 기법으로 신경망을 이용하였고, 사용자의 편의를 위해 새로운 어플리케이션을 개발하였다.

2. 본 론

2.1 문제 설정

일반적으로 비선형 시스템의 정확한 수학적 모형을 바탕으로 하는 제어는 시스템에 대한 수학적 배경에 기초하므로 그 전개가 복잡하고 모든 시스템에 대하여 적용할 수 있는 제어 기법을 찾을 수가 없다. 현재까지 입·출력 선형화 기법을 바탕으로 하는 미지의 비선형 시스템을 제어하기 위한 연구로 신경망 시스템을 많이 이용해 왔다.[2-5] 그러나, 대상 시스템은 대부분 위상 표준형 비선형 시스템에 대하여 한정되어 왔다.[6] 이 논문에서는 보다 일반적인 형태의 식(2.1)과 같이 표현되는 단일 입·출력인 비선형 시스템을 고려했다.

$$\begin{aligned} \dot{x} &= f(x) + g(x)u \\ y &= h(x) \end{aligned} \quad (2.1)$$

여기서,

$u, y \in R^n$ 는 각각 시스템의 단일 입력과 단일 출력  
 $x \in R^n$ 는 측정 가능한 상태 벡터라고 가정한다.

$f, g: R^n \rightarrow R^n$ 는 미지의 연속 미분 가능한 벡터함수(smooth vector function)

$h: R^n \rightarrow R$ 는 미지의 연속 미분 가능한 스칼라함수(smooth scalar function)

입·출력 선형화 기법의 기본적인 사항은 입력  $u$ 가 출력함에 나타날 때까지 출력  $y$ 를 시간에 대해 미분한 후 비선형성을 제거하기 위한 선형화 제어 입력을 설계하는 것이다. 여기서, 미분한 횟수를 상대차수(relative degree)[7-8]라 하며, 식 (2.1)의 상대차수는 식 (2.2)의 두 조건을 만족하는 양의 정수  $r \in \mathbb{N}$ 이다.

$$\begin{aligned} L_a L_f^i h(x) &= 0 & 0 \leq i < r-1 \\ L_a L_f^{r-1} h(x) &\neq 0 & \forall x \in UC R^n \end{aligned} \quad (2.2)$$

여기서,

$L_a h = \nabla h \cdot f$ 와  $L_g h = \nabla h \cdot g$ 는 각각  $f(x)$ 와  $g(x)$ 에 대한  $h(x)$ 의 Lie 도함수[7-8]를 의미하는 연산자.

기존 시스템에서는 장치와 PC 사이의 응답 속도가 느리며, 사용자가 직류·스텝 모터 장치의 어플리케이션을 통해 제어명령을 하는데 사용이 복잡하고 어려웠다.

그래서, 이 논문에서는 장치와 PC 사이의 제어·계측의 응답 속도를 개선하였으며, 직류·스텝 모터 장치 어플리케이션의 사용을 편리하고 간단하게 함으로써 사용자의 편의에 목적을 두었다.

2.2 시스템의 구조

이 논문에서 사용된 직류·스텝모터 장치와 PC를 연결하는 전체적인 구조도는 그림. 1과 같다. PC와 직류·스텝모터 장치의 MAIN BOARD를 시리얼 포트에 연결하여 RS232를 이용한 통신으로 명령을 내리고, 속도를 제어한다.  $\mu$ -processor로는 80196KC를 탑재하였으며, ROM과 RAM도 지원한다. MAIN BOARD와 직류 MOTOR ENCODER, STEP MOTOR ENCODER의 상호 전달에 의해 속도제어 명령을 수행하고, 그 결과 값을 각 MOTOR ENCODER의 값과 비교하여 오차를 비교한다.

PC의 어플리케이션에서 내린 명령은 MAIN BOARD를 통해 DC MOTOR DRIVE와 STEP MOTOR DRIVE에 전달되어 각 MOTOR를 구동하게 된다.

PC의 어플리케이션 뿐만 아니라 KEY PAD로도 MOTOR 장치에 속도제어 명령을 내릴 수 있다.

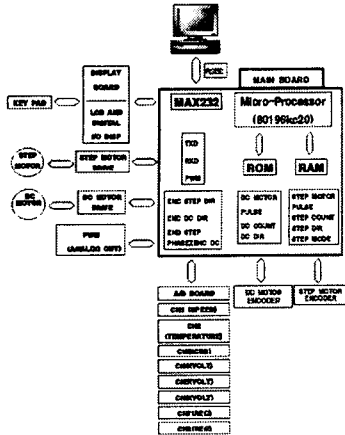


그림 1. 시스템 구조

### 2.3 시스템의 학습

정규화 된 데이터가 신경망을 통과하게 되면, 그 데이터는 숫자로 바뀌게 된다. 이는 수많은 데이터를 일일이 저장하거나 데이터 전체를 가지고 비교하는 것이 아니라, 그 데이터를 나타내는 숫자 다시 말해, 신경망으로 패턴을 분석한 값으로써 데이터를 비교하게 하는 것이다.[9]

정규화 된 데이터를 숫자로 바꾸기 위해서는 어떤 기준에 의해서 신경망을 통과시켜야 일관된 패턴분석이 가능할 것이다. 그래서 우선 패턴 분석에 필요한 기준 패턴을 만들어서 그 패턴을 기준으로 신경망을 학습시킨다.

위에서 학습에 이용된 알고리즘은 널리 알려진 역전파법[10, 11, 12, 13]을 사용했다. 일반적으로 다층의 신경망이 있을 수 있다. 이 논문에서는 3층의 신경망을 역전파법으로 학습시키는 방법을 설명한다.

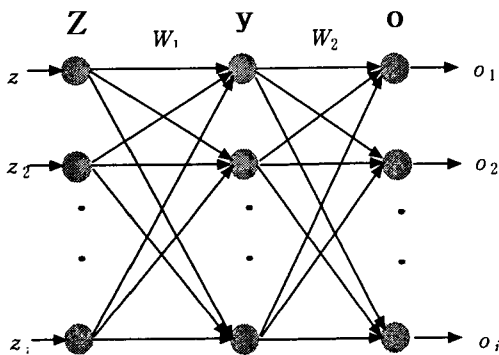
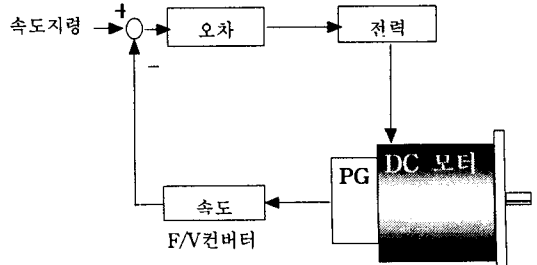


그림 2. 3층의 신경망

### 2.4 직류모터의 속도제어

모터의 속도를 검출하는 데 인크리멘탈 인코더를 이용하였다. 여기서 검출된 속도와 PC상의 어플리케이션에 표시된 속도를 비교한다.

이 논문에서는 모터의 속도를 검출하는 데 인크리멘탈 인코더를 이용하였으며(그림 3), 이 출력을 F/V 컨버터로 변환해서 속도 정보(전압)를 얻는다.(그림 4)



PG : 인크리멘탈 인코더

그림 3. 인크리멘탈 인코더를 이용한 속도제어

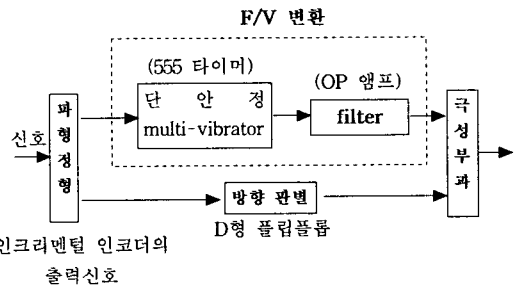


그림 4. 회전속도 검출기의 블록 선도

### 2.5 속도제어 어플리케이션

어플리케이션은 PC에서 직류·스텝 모터 장치의 구동 명령을 하는 곳이며, 사용자가 여러 가지 작업을 할 수 있다. 작업의 기본 메뉴인 파일메뉴와 편집메뉴, 보기메뉴가 있으며, 보기메뉴에서는 파일 열기·파일저장·인쇄·잘라내기·붙여넣기 등의 기능이 있다.

사용자의 모터 제어를 위한 명령을 위해 우선 시리얼 포트 메뉴에서 포트 설정을 해야하고, 스텝 모터 메뉴와 직류 모터 메뉴에서 원하는 모터를 설정 후 동작시킨다.

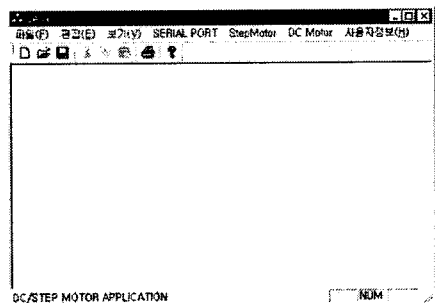


그림 5. 속도제어 어플리케이션

### 3. 실험 및 고찰

직류·스텝모터 장치와 PC를 연결하고 속도 지령 명령을 내려, 속도를 실제 측정값과 이 논문에서 개발된 어플리케이션에서 측정된 값을 비교한다. 직류 모터의 속도 측정은 직류모터에 부착되어 있는 인크리멘탈 인코더와 어플리케이션에서 측정된

값을 그림 6에 비교하였다.

레퍼런스 RPM를 설정하고, 인크리멘탈 인코더에서 측정된 RPM과 어플리케이션에서 측정된 RPM를 비교하면, 어플리케이션에서 측정된 값이 더 오차가 적다는 것을 알 수 있다.

스텝모터의 속도 제어는 레퍼런스 값을 주고, 그 값에 얼마나 정확히 구동되었는가를 이 논문의 어플리케이션에 값으로 나타낸다. 레퍼런스 값과 어플리케이션에서 측정된 값이 오차가 적음을 그림 7에 비교하였다. 이 때, 레퍼런스의 측정된 값은 스텝모터의 회전수로 하였다.

속도 지령의 응답 속도를 향상시킨 결과를 그림 8에 비교하여 나타내었다. 그림 8의 상위 파형은 기존의 응답속도이고, 하위 파형은 이 논문에서 향상시킨 응답 속도를 나타낸 것이다.

#### 4. 결론

이 논문에서는 직류·스텝 모터의 속도 지령을 PC상의 어플리케이션으로 함으로써 사용자의 편의를 제공하고 있으며, 각 모터의 속도를 다시 PC상의 어플리케이션에 표시되어 속도 계측의 측면에서도 역시 사용자의 편의를 고려하였다.

속도 지령 명령을 받아 그 값을 신경망에 의한 학습으로 오차를 감소하였으며, 통신 속도 역시 향상시키는 결과를 보여주었다. 그리하여, 모터 장치와 PC의 어플리케이션과의 통신 속도가 기존보다 향상되어 빠른 제어속도를 요하는 기계장치나 장비에서 사용할 수 있다.

이 논문의 실험에서 측정 오차 비교에서 볼 수 있듯이 기존의 속도 계측 장비보다 정확한 속도를 제어·계측할 수 있었다.

앞으로 모터의 속도 제어와 계측에 더욱 향상된 알고리즘과 제어 기법을 통하여 더욱 정확한 측정 값과 응답 속도 향상에 대한 연구가 되어야 한다.

#### [참고 문헌]

- [1] 정도영, 박영복, 심낙순, 박종국, 허규환, "모터 제어·감시를 위한 Monitoring device 개발", 산업과학기술연구논문집, 6집 pp 17 22, 2001.
- [2] Li Xin, Wang, "Adaptive Fuzzy Systems and Control: Design and Stability Analysis", Prentice Hall, 1994.
- [3] 박대홍, 배상욱, 박기태, 이기상, "슬라이딩 모드를 이용한 적용 퍼지 제어기 설계", 대한 전기 학회지, 제 45권 제 5호, pp 732-741, 1996.
- [4] Commuri. S and Lewis. F. L, "CMAC Neural Networks for Control of Nonlinear Dynamical System: Structure, Stability and Passivity", Automatica, Vol. 33, No. 4, pp 635-641, 1997.
- [5] Yesildirek. A and Lewis. F. L, "Feedback Linearization Using Neural Networks", Automatica, Vol. 31, No. 11, pp 1659-1664, 1995.
- [6] 안대찬, 김성식, 이영석, 서보혁, "CMAC를 이용한 비선형 시스템의 적응제어", 대한 전기 학회 논문집, pp 708-710, 1997.
- [7] Slotine. J. E and W. Li, "Applied Nonlinear Control" Englewood Cliffs, NJ:Prentice Hall, Inc, 1991.
- [8] Isidori. A, "Nonlinear Control Systems: An introduction", Springer-Verlag, 1989.
- [9] 이진하, 라경택, 이영석, 서보혁, "고장 패턴을 이용한 시스템의 고장진단", 대한 전기 학회지, 대한 전기 학회 논문집, pp 988-990, 1999
- [10] Jacek M. Jurada, "Introduction to Artificial Neural Systems", PWS, pp 163-206, 1992.
- [11] Kumpati S. Narendra, Kannan Parthasarathy, "Identification and Control of Dynamical systems Using Neural Networks", IEEE trans. on Neural Networks, Vol. 1, No. 1, pp 4-27, 1990.
- [12] Simon Haykin, "Network: A Comprehensive Foundation", Prentice Hall International, 1990.
- [13] John Hertz, Anders Krogh, Benny Lautrup, Torsten Lehmann, "Nonlinear Backpropagation: Doing Backpropagation Without Derivative of the Activation Function", IEEE trans. on Neural Networks, Vol. 8, No. 6, pp 1321-1326, 1997.

측정 오차 비교

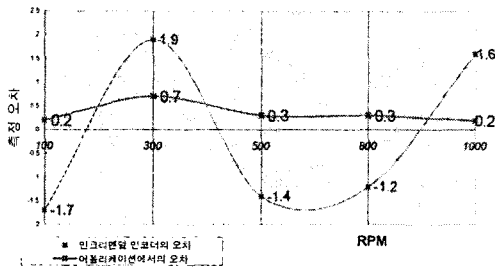


그림 6. 직류모터의 측정오차비교

측정 오차 비교

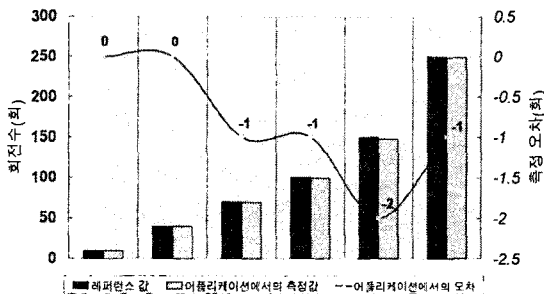


그림 7. 스텝모터의 측정 오차 비교

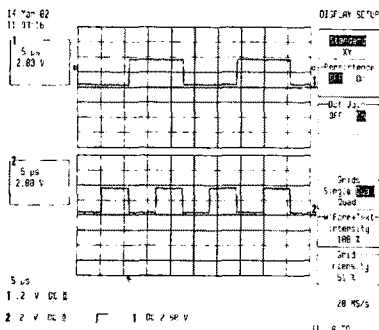


그림 8. 응답 속도 비교