

## 비전을 이용한 LDM의 위치 제어 방식

김 영 렬, 김주웅, 엄기환, \*이현관  
동국대학교 전자공학과, \*호남대학교 인터넷 프로그램학과  
전화 : (02) 2260-3332 / 팩스 : (02) 2279-1798

### A position control method of LDM using vision system

Young Lyul Kim, Joo Woong Kim, Ki Hwan Eom \*Hyun Kwan Lee  
Dept. of Electronic Eng, Dongguk University, \*Dept. of Internet Programming, Honam  
University

E-mail : kimyl007@hanmail.net

#### Abstract

In this paper, we propose the method to control the position of LDM(Linear DC Motor) using vision system. The proposed method is composed of a vision system for position detecting, and main computer calculates PID control output which is deliver to 8051 actuator circuit in serial communication. To confirm the usefulness of the proposed method, we experimented about position control of a small size LDM using CCD camera which has a performance 30frames/sec as vision system.

#### I. 서론

최근의 정보기기, 자동화기기 등에 사용되는 소형모터 구동시스템에는 고성능화가 요구되고 있으며 직진 구동 시스템이 많이 이용되고 있다[1].

직진 구동형의 직진 구동장치는 선형 전자 액츄에이터(Linear Electromagnetic Actuator)라고도 불리우며 종류도 다양하다. 그 중의 하나인 선형 직류 모터

(Linear DC Motor : LDM)는 추력/질량비가 큰 서보 시스템을 구성했을 때 제어 성능이 우수하므로 컴퓨터의 고속 동작을 필요로 하는 위치 제어 장치로써 실용화가 많이 되고 있다. 선형 직류 모터는 고정자와 가동자 사이에 작용하는 자기력을 추력으로 이용하며 레일 형태의 고정자 위로 가동자가 이동하는 형태로 되어 있다[2][3].

본 논문에서는 LDM의 위치 제어를 위해 비전 시스템을 이용한다. 비전 시스템은 LDM의 위치를 추적하는 센서 기능을 담당하며 메인 컴퓨터에서 실제의 PID 출력값을 계산, 액츄에이터에 전달한다.

CCD 카메라와 LDM으로 구성된 시스템에 실제 적용해 본 결과 그 유용성을 확인 할 수 있었다.

#### II. LDM

LDM은 그림 1과 같이 일반 회전형 모터를 축방향으로 잘라서 펼쳐 놓은 형태이므로, 기존의 일반 모터가 회전형의 운동력을 발생시키는 것에 비해 직선방향으

로 미는 힘인 추력을 발생시키는 점이 다르나 그 구동 원리는 근본적으로 같다고 볼 수 있다. 그림에서(a)와 같은 회전형 모터를 (b), (c)와 같이 잘라 펼쳐 (d),(e)와 같이 선형운동을 하게 한다. 또한 아래측의 그림은 원통형 LDM의 원리에 관한 개념도이다.

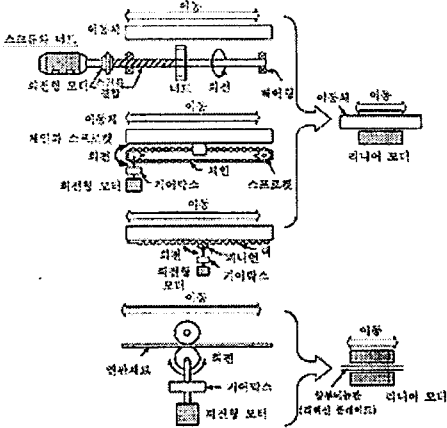


그림 1. 선형 직류 모터 개념도

구동원리는 플레밍의 왼손법칙을 기본으로 한다. 즉 평판형의 영구자석이 같은 N극(혹은 S극)이 서로 향하는 구조로 된 계자 사이에 있는 전기자 코일에 전류가 흐르면서 힘이 발생하게된다[4].

LDM의 장점으로서는 구조가 간단하고 추력/질량 비가 크며, 고속동작이 가능하고 서보성이 좋은점 등이다. 반면에 단점으로는 모터 자체적으로 위치 결정 기능이 없어 반드시 위치결정센서, 속도센서와 결합하여 응용을 해야 하는데, 이 경우 정밀도 높은 위치결정, 속도 제어가 가능하다. 따라서 LDM의 경우는 추력특성 뿐 아니라 제어시스템의 고려가 매우 중요하다. 이러한 직류 선형 모터의 우수한 특성에 의해 FDD, CD, 각종 로봇, 레코드, 광학기기 등에 응용이 되고 있다.

### III. 제안한 시스템의 구성

본 논문에서는 LDM의 위치 제어를 위해 비전 시스템을 사용하였다. 제안한 방식에 대한 전체 시스템 구성도는 그림 2와 같다.

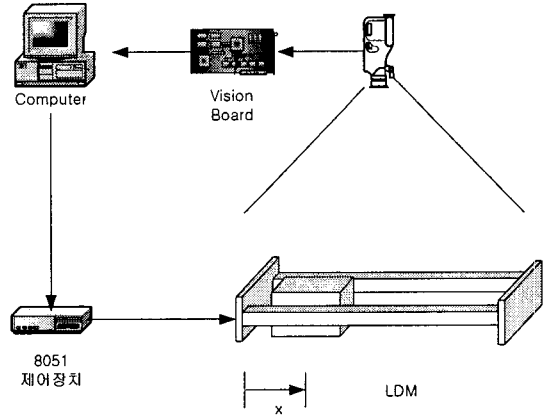


그림 2. 제안한 시스템 구성도

전체시스템에서 센서부로서 동작하는 CCD 카메라와 영상 처리 보드는 최고 30frame/s의 속도를 가지고 있다. 8051 회로부는 메인 컴퓨터에서 계산된 PID 제어값을 serial 통신으로 수신하여 LDM 구동 액츄에이터를 단속한다. 카메라에 맺히는 상의 왜곡을 최소화 하기 LDM으로부터 25cm 가량 떨어진 곳에 카메라를 고정시켰다. [5].

### IV. 시뮬레이션 및 실험

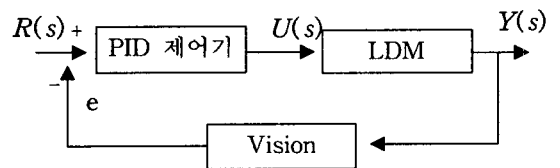


그림 3. 전체 시스템 구성도

실험에 사용된 LDM의 기본 구조는 그림 4와 같이 두 개의 전자석을 평행으로 배치하고 이것을 고정자로 한다. 이 고정자 사이에 가동자로서 영구 자석의 자극이 고정자에 대면하도록 배치한다. LDM의 주요 사항은 표 1에 나타내었다.

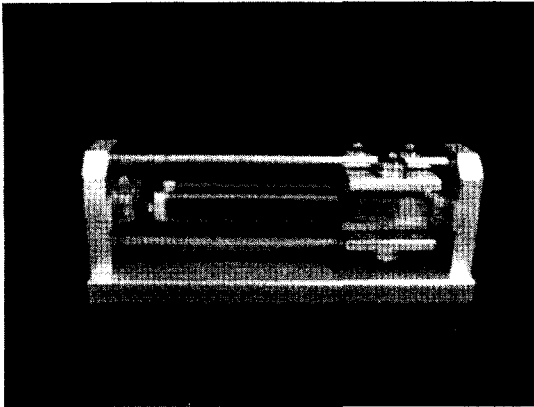


그림4. 실험에 사용된 LDM

$$\begin{bmatrix} \dot{X}_1 \\ \dot{X}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & -1/T \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ K_m/T \end{bmatrix} V$$

$$T = \frac{RM}{K_e K_f}, \quad K_m = \frac{1}{K_e}$$

$X_1$ 은 LDM의 출력 거리,  $X_2$ 는 속도를 나타내는 상태변수이고  $R, M, K_e, K_f$ 는 각각 가동자의 저항, 질량, 역기전력 상수, 추력 상수 등을 나타낸다.

PID 제어기의 계수는 스텝 응답법을 이용하여 실험적으로 구했으며 각 계수는 다음과 같다.

비례이득  $K_p = 31$

적분이득  $K_i = 3.5$

미분이득  $K_d = 0.05$

표 1. LDM의 주요 사양

전원 전압 V	12 V
추력 F	1 N
속도 V	1.2 m/s
자속밀도 B	0.26 Wb/m <sup>2</sup>
가동거리 X	0.1 m
가동자의 질량 M	0.32 kg
역기전력 상수 Ke	1.5 Vs/m
추력 상수 Kf	0.153 kgf/A

$$U(s) = K_p e_p + K_d e_D + K_i e_I$$

$$e(t) = r(t) - y(t)$$

$$e_p = e(t) - e(t-1)$$

$$e_D = e(t) - 2e(t-1) + e(t-2)$$

$$e_I = \sum_{k=0}^t e(t-k)$$

시뮬레이션 결과는 그림 5와 같고 그림 6은 실험 결과이다.

$$\text{추력 } F = N_l B I = K_f I \text{ [N]}$$

$N_l$ : 쇠교 자속수,  $I$ : 영구자석의 폭

$B$ : 영구자석의 자속밀도

$I$ : 전류

그리고 가동자의 속도 S는

$$S = \frac{V - RI}{N_l B}$$

가 되고 V는 전압, R은 고정자 코일의 저항이다.

가동자의 추력 F를 속도 S의 함수로 나타내면,

$$F = \frac{K_f (V - K_e S)}{R}$$

가 된다. 위 식들을 종합하여 실험에 사용된 LDM의 이론적인 상태공간 방정식을 구하였다[3][4].

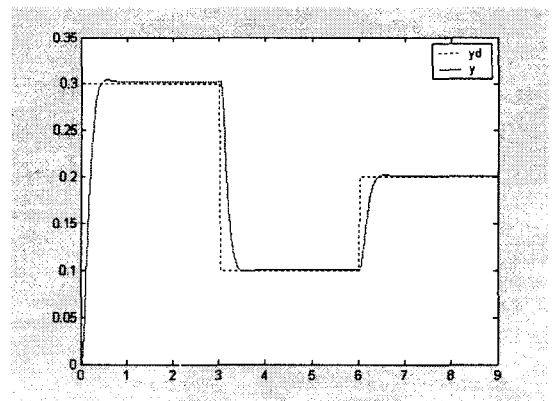


그림 5. 시뮬레이션

참고문헌

- [1] Watada, M, Fukuya, Y, Ebihara, D, Okada, T, Takura, T, P. Goel, "A study on kinetic characteristics of a cylindrical moving coil linear DC motor for a vibrator ", Conference Record of the 1995 IEEE., Vol.1, pp.459-463.
- [2] Kajioka, M, Torii, S, Watada, M, Ebihara, D, "A transfer-positioning system with linear DC motor", Conference Record of the 2000 IEEE , Vol.2 , pp.1325 -1329.
- [3] Ikeda, M, Hashimoto, H, "Robust control of linear DC motor with flexibility", Proceedings of the IECON '93 International Conference on , pp.924 -929.
- [4] Yajima, H, Wakiwaka, H, Senoh, S, Minegishi, K, Fujiwara, N, Tamura, K, "Consideration on high-response of a linear DC motor", IEEE Transactions on , Vol.33 , pp.3880 -3882.
- [5] Chen, B, Hoberock, L.L, "Fuzzy logic controller for automatic vision parameter adjustment in a robotic dish handling system", Proceedings of the 1995 IEEE International Symposium on , pp.332 -337.

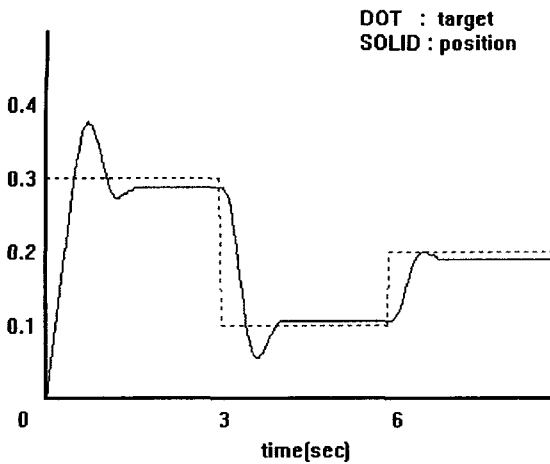


그림 6. 실험 결과

이상적인 시스템을 모델링 것과 실질적인 시스템 사이에 차이가 있었고 시스템의 외란에 대한 영향을 고려하지 않았기 때문에 이론적인 시뮬레이션과 실제 실험 사이에 상당한 오차가 있다.

또한 CCD 카메라와 영상 보드의 처리 속도(33ms)의 한계로 인해 실제로 시스템을 제어하는데 문제가 있었으며, CCD 카메라에서 획득한 영상에 노이즈(잔상)가 있어서 구동자의 정확한 위치 측정에 다소 문제가 있음이 확인되었다.

V. 결론 및 추후 연구

본 논문에서는 LDM의 위치 제어를 위해 비전 시스템을 이용하였다. CCD 카메라와 LDM으로 구성된 시스템에 실제 적용해 본 결과 시스템 제어에 큰 문제가 없음을 확인하였다.

따라서, 앞으로 보완해야 할 점으로 하드웨어의 개선과 함께 실제 시스템에 대한 정확한 모델링이 필요하다. 또한 영상 처리에 있어서 노이즈 극복을 위한 대안이 필요하며 PID 파라미터를 자동으로 튜닝하는 신경망 알고리즘을 적용해 볼 만하다.