

DSP를 이용한 리니어 모터의 토크 제어기 개발과 힘제어 응용

이우원, 임계영, 황상연

한국산업기술대학교 지식기반기술·에너지 대학원

Development of Torque Controller and Its Application of Linear Motor with Digital Signal Processor

Woo Won Lee, Kye Young Lim, Sang Yeon Hwang

Graduate School of Knowledge Based Technology and Energy,

Korea Polytechnic University

ABSTRACT

일반적으로 리니어 구동기나 회전하는 모터를 이용하여 적은 힘으로 중량의 물체를 이송하는 시스템이 개발되어 현장에서 사용되고 있다. 그러나 공기압이나 유압을 사용하는 리니어 구동기나, 회전하는 모터를 사용하기 때문에 Backlash를 비롯한 비선형성이 크기 때문에 성능의 한계를 갖는다. 본 논문은 동기형 리니어 모터를 구동하는 DSP 기반의 힘 제어를 설계, 제작하고 힘제어를 이용하여 이송하는 시스템을 개발하고 시험한 내용을 보여준다.

1. 서론

리니어 시스템은 반도체, 자동화 산업 현장에서 사용하고 있다. 기존 방식은 회전 모터를 볼스크류나 또는 벨트 등을 이용하여 회전 운동을 직선 운동으로 전환 하였다. 반면에 리니어 모터는 직접 직선구동이 가능하므로 Backlash, Dead Zone등의 작으며, 고속 구동이 가능하다. 최근 들어 리니어 모터 시스템의 구동이 필요한 파트가 새로이 개발되고 있어 본 논문에서는 모터 드라이버 전용의 TI 사 DSP계열 중 32bit인 TMS320LF2812 이용하여 모터 드라이버 제어 알고리즘을 구현하고 Position Control이 아닌 Force Control 통하여 적은 힘으로도 중량의 물체를 이송하는 시스템을 제시 한다.

2. 본론

2.1 시스템 구성

Force Control 위한 시스템 구성은 그림 1과 같이 Linear Motor, Force Sensor, 게이트부 및 제어부로 구성된다.



그림 1 실험 장치

2.1.1 Linear Motor

리니어 모터의 종류는 Linear Stepping Motor, Permanent Magnet Linear Motor로 구분 할 수 있다. 리니어 모터의 장점은 최대 속도가 1~3m/s에 이를 정도로 고속 구동이 가능하며, 회전 운동을 직선 운동으로 바꾸는 기구 장치가 없기 때문에 회전 모터를 이용한 장치보다 Response Rate가 빠르고 기존의 리니어 시스템에서 기구적으로 문제가 되는 Backlash가 없다. 이렇게 리니어 모터는 직접 제어 대상물을 모터가 구동하므로 Backlash 현상이 없을 뿐 아니라 동력전달 장치가 없으므로 기구적으로도 훨씬 큰 강성을 가진다. 구동에 필요한 기구 구조물의 감소로 시간에 따른 성능 저하나 마모에 따른 유지 보수의 비용이 적다. 단점으로는 발열의 해소, 고속 구동시의 마찰력에 의한 Guide 수명 등의 문제가 있다. 본 논문에서 사용한 리니어 모터는 사양은 (표1)에 표기하였다.

항목	단위	Value
정격 전압	[V]	110
극수	[개]	12
정격전류	[A]	1.7
정격 추력	[N]	32.1
역기전력	[$V_s/m/s$]	6.33
상 저항	[Ω]	1.42
상 인덕턴스	[mH]	2.53

표 1 리니어 모터 (SW-35) 사양

2.1.2 Force sensor

Force sensor는 CAS BC-6C Load Cell을 사용하였다. Load Cell 원리는 스트레인 게이지를 이용하여 힘이 가해질 때 일그러지는 양을 측정한다. Load Cell에서 발생하는 전기적 신호가 미세하여 약 150배 증폭하고 Passive Type Low pass Filter 1차 필터를 사용하였다.

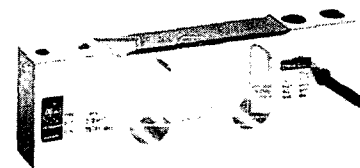


그림 2 Load cell

이며,

$$\begin{pmatrix} i_d \\ i_q \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos\theta & \sin\theta \\ -\sin\theta & \cos\theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} i_\alpha \\ i_\beta \end{pmatrix} \quad (3)$$

식(3)의 역변환은 다음과 같다.

$$\begin{pmatrix} i_\alpha \\ i_\beta \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos\theta & -\sin\theta \\ \sin\theta & \cos\theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} i_d \\ i_q \end{pmatrix} \quad (4)$$

2.2.2 PI 제어 & PID 제어

PI 제어는 비례 제어기에 적분 항을 추가하면 PI 제어기가 된다. 적분 항은 모터의 응답의 정상 상태 오차를 제거하는 역할을 한다. 적분항의 이득 Ki에는 보통 작은 값을 쓰는데, 이는 정상 상태 오차가 완만하게 줄어들도록 하기 위함이다. 또한 비례 제어기에 미분 항과 적분 항을 추가하며 PID 제어기를 만들 수 있다. 미분 항은 시스템의 감쇠(damping) 증가시킨다.

2.3 제어 알고리즘 구현

TMS 320F2812내 PWM 모듈과, A/D, QEP, CAP, I/O 기능을 이용하여 자극 검출, 속도 검출, 전류 센싱 및 PWM을 발생 하였다. 자극검출은 엔코더, Hall IC를 이용하여 검출 하였다. 인터럽트 방식으로 전류 센싱은 100µs 마다 측정하여 α-β 변환, d-q 변환 하였고 1ms마다 QEP 기능을 이용하여 엔코더의 펄스를 카운터하여 속도를 검출하고 10ms마다 Force Sensor를 센싱하여 속도 지령치를 발생하도록 하였다.

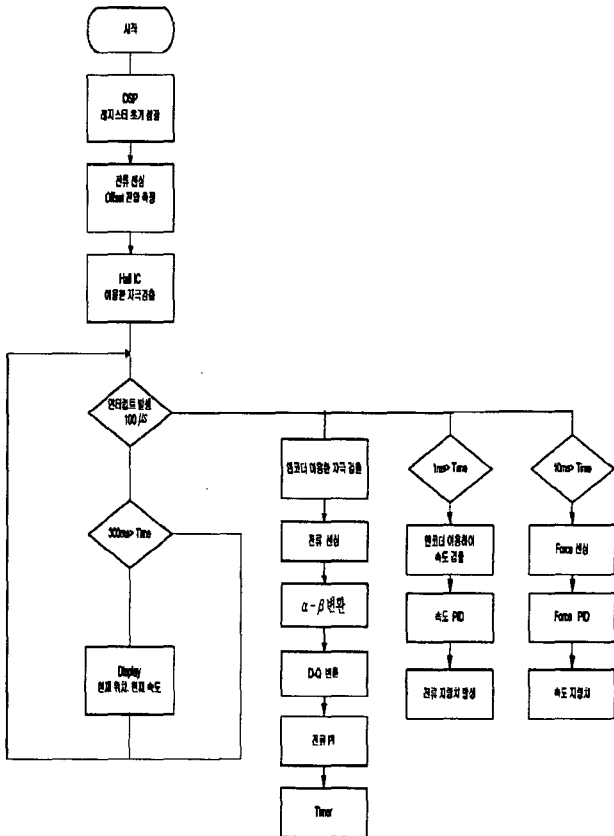


그림 7 프로그램 순서도

3. 실험 결과

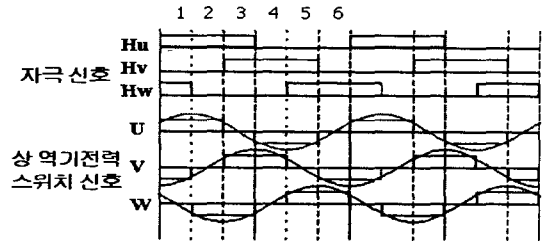


그림 8 상 역기전력과, 자극 신호

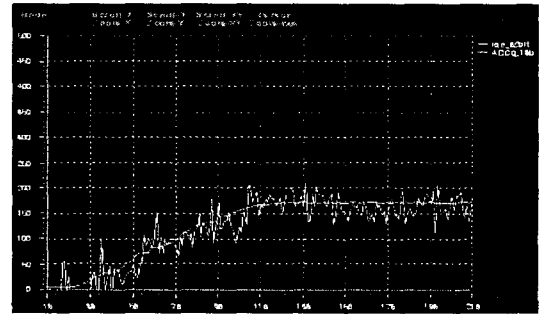


그림 9 토크 제어 실험

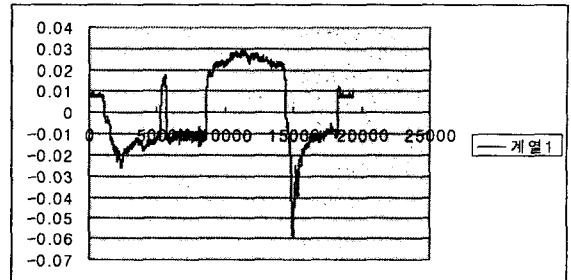


그림 10 Force 측정

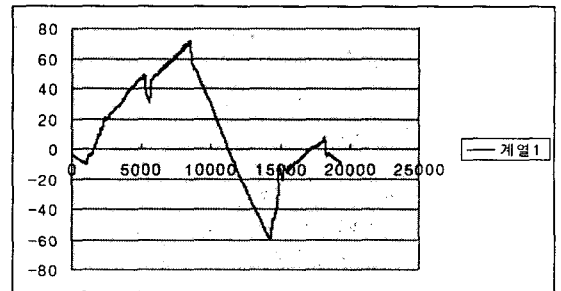


그림 11 Force 측정 의한 속도 변화

참고 문헌

- [1] Power Electronics and AC Drivers, B. K. Bose.
- [2] Control Systems Engineering, Norman S. Nise.
- [3] Power Electronics, Muhammad H. Rashid.
- [4] Motor Control Electronics Handbook, Richard Valentine.
- [5] 디지털 전력전자, 정재륜 역.
- [6] DSP로 리니어 모터 제어하기, 김정환.
- [7] 예제로 배우는 DSP 2812, 김철호.