

스마트팩토리의 리니어 모션 가이드를 위한 소형 변위 센싱 시스템 개발

이숙윤^o

^o고려대학교 정보대학 컴퓨터학과

e-mail: uni7@korea.ac.kr^o

Development of Small Displacement Sensing System for Linear Motion Guide in Smart Factory

Suk-Yun Lee^o

^oDept. of Computer Science & Engineering, Korea University

● 요약 ●

본 논문에서는 4차 산업에서 필요로 하는 스마트 기기의 소형 및 저전력 부품에 사용되는 센싱 플랫폼을 제안하였다. 특히 스마트팩토리의 공장 자동화와 정밀 측정의 핵심 부품인 리니어 모션 가이드(LM Guide)를 고정밀, 고정도로 제어할 수 있는 센싱 시스템을 개발하였다. 이를 위하여 기존의 변위 센서 기법의 한계를 극복할 수 있도록 와전류(Eddy Current) 기법을 이용함으로써 LC 공진기와 전도체를 LM 가이드에 장착할 수 있도록 구현하였다. 또한 미세 인덕턴스 값을 측정할 수 있도록 디지털 신호처리 기술과 컴퓨터/산술 기술을 FPGA를 이용한 HW 시스템을 제작하여 구현함으로써 실험을 진행했다. 본 논문에서 구현한 HW 센싱 시스템을 이용하여 LM 가이드를 동작시킴으로 실시간으로 변위 값을 디스플레이 부로 출력되어 측정이 가능하고, 변위 값의 분해능과 응답속도 면에서 우수함을 확인할 수 있다.

키워드: 스마트팩토리(Smart Factory), 리니어 모션 가이드(Linear Motion Guide(LM Guide)), 와전류(Eddy Current), 변위 센서(Displacement Sensor), 디지털 신호처리(Digital Signal Processing)

I. 서론

4차 산업혁명을 맞이하며 사물인터넷이나 인공지능 그리고 지능형 로봇 등의 분야는 빠른 속도로 기술 변화가 진행되고 있다. 이와 관련된 스마트기기 및 로봇용 부품 수요 역시 폭발적으로 증가할 것으로 예상된다. 특히 고기능소형화 추세로 가고 있는 스마트 기기용 부품은 초소형화 및 저전력 소모가 요구되며, 지능형 로봇이나 자율주행차, 스마트 팩토리에 사용되는 부품 역시 장치 내 협소한 공간과 복잡한 작업 수행으로 소형화 및 고해상도는 반드시 해결해야 하는 과제이다. 본 논문에서는 이러한 4차 산업용 기기의 다양한 부품 중에서 공장자동화 시스템에서 주로 사용되는 리니어 모션 가이드(Linear Motion Guide : 이하 LM가이드) 제어를 고정밀, 고정도 제어를 가능하게 하는 센싱 시스템을 구현하였다.

II. 리니어 모션 센싱 방법

1. 센싱 시스템

1.1 LM(Linear Motion) 가이드

LM 가이드 시스템은 전동면 사이에 볼 혹은 롤러 등의 전동체를 삽입시켜 직선구름 운동을 하는 시스템이다. 볼 또는 롤러의 전동체가 블록의 내부를 부드럽게 순환하는 구조로 블록이 레일의 궤도면을 타고 무한 직선운동을 하는 특징이 있다.[1] LM 가이드는 로봇, 반도체 장비, 디스플레이 제조장비, 공장기기, 정밀측정기기, 자동화설비 등의 직선운동부의 핵심부품으로 고정밀/고정도 제어를 요구한다.

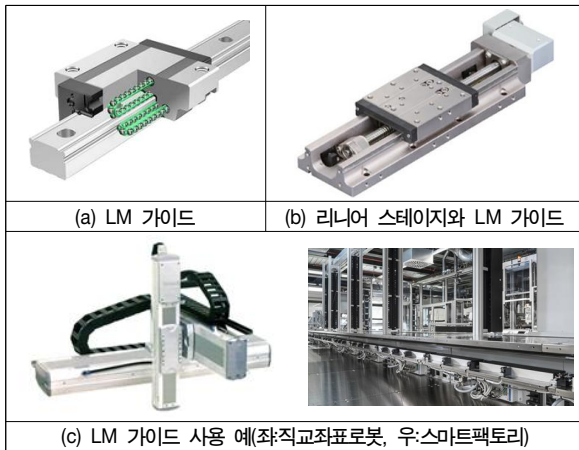


Fig. 1. LM 가이드와 적용 예

1.2 변위 센싱 방법

기존의 변위센서 기술에는 광학식 센서와 홀센서가 있다. 광학식 센서는 높은 정밀도와 측정 범위를 제공하지만, 정교한 구조의 필요로 고정밀도를 요구할수록 크기가 커지고 가격이 비싸고 먼지나 습기에 약하다. 이에 비해 홀센서는 먼지와 습기에 약하지만 고정밀이 어렵고 홀센서 구동 회로가 복잡하고 저전력이 어려워지는 단점이 있다.

본 논문에서는 와전류(Eddy Current) 변위 센싱 기술을 활용하여 구현하였다. 와전류 기법은 센서 코일에 전류를 공급하면 수직 방향으로 교류자계가 발생하고 또한 이에 반발하는 자기장이 생성된다. 인접한 도체가 접근하면 와전류가 생성되어 코일에 흐르는 전류에 영향을 주게 된다.[2] 이 전류의 크기와 위상을 이용하여 변위 거리를 측정하는 방식이다. 위의 두 센서의 기술적 한계를 극복한 기술로, LM 가이드 내에 직접 장착하여 직선 운동시 정확한 위치 정보를 획득할 수 있는 것이 특징이다.

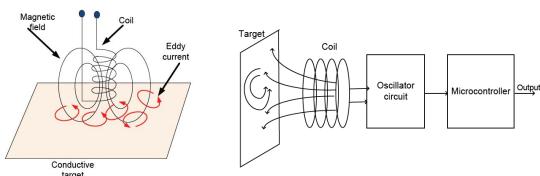


Fig. 2. 와전류 센싱

2. 디지털 신호처리 기술

2.1 인덕턴스 변화량 측정을 위한 신호처리 기술

본 논문에서는 LM 가이드에 장착 가능한 고정밀 소형 변위센서를 위하여 와전류(Eddy Current) 센싱 기술을 활용하고 신호처리기술을 적용하였다. LC 공진기의 출력은 아날로그 값이 아닌 디지털 펄스 형태의 공진 주파수이다. 따라서 이 값은 디지털 신호처리에 직접 사용이 가능하다. 미세 변화량 신호는 디지털 적분기의 누적 연산을 통해 신호를 증폭하고, 다양한 디지털 필터의 구현으로 Noise를 제거하여 높은 분해능을 확보했다. 이를 다양한 시스템에 사용하기

위해서는 빠른 응답성을 확보해야 하므로 컴퓨터/신술 아키텍처를 연구하여 미세량의 인덕턴스 변화량을 빠르게 측정할 수 있도록 구현하였다.

III. 구현된 센싱 HW 시스템

1. 구현 시스템

본 논문에서는 와전류 센싱 기술과 디지털 신호처리 기술을 적용할 수 있도록 HW 시스템을 제작하였다. LM 가이드에는 코일과 Metal을 부착할 수 있도록 소형으로 제작하고, HW부는 빠른 신호처리 연산 수행을 위하여 FPGA를 이용했다.

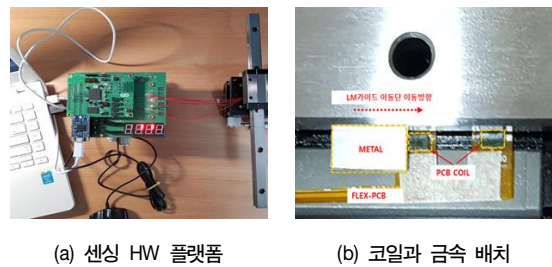


Fig. 3. 제작된 HW 구현 시스템

LM 가이드 내에 Fig 3 (b)와 같이 소형의 코일과 Metal 부를 제작하여 부착한 후 화살표 방향으로 움직이면서 실험을 진행했다. Metal과 코일 간에 Air gap이 늘어나고, 이로 인하여 Metal에 형성된 와전류로 인한 자기장의 증가는 Coil의 자기장을 간섭하게 되어 코일의 인덕턴스값 영향을 준다. 이렇게 변화된 코일의 인덕턴스는 LC공진회로에서 생성되는 공진 주파수를 감소시키게 된다.

이러한 주파수의 감소 변화량은 매우 작게 나타내며, 이 주파수 변화를 디지털 신호처리부에서 신호 이득 증폭 및 필터링을 통하여 정밀한 거리값을 계산하게 된다. 계산된 거리값은 HW 시스템의 LED Segment를 통하여 출력되어 확인할 수 있다.

2. 실험결과

Fig 3의 제작 시스템을 이용하여 LM 가이드를 수직축으로 이동시키며 성능평가를 진행했고, 그 결과는 다음과 같다.

Table 1. 실험결과

분해능	10um/100um(단위 변화량/총 이동거리)
응답속도	5ms 이내

IV. Conclusions

본 논문에서는 스마트팩토리의 핵심 구성 부품인 LM 가이드에 장착이 가능한 소형 변위 센싱 시스템을 제안하고 구현하였다. 현재 FPGA를 이용한 HW 시스템은 신호처리 알고리즘 최적화와 차후

IC 개발을 진행하여 LM 가이드에 소형으로 장착함으로써 센싱 일체화 된 LM 가이드를 구현할 예정이다. 개발된 시스템은 지능형 로봇의 액추에이터나 소형스마트 전자 부품에 활용에 가능하다.

ACKNOWLEDGEMENT

이 논문은 연구재단의 지원으로 수행되었음.
(No. 2020R111A1A01064150)

REFERENCES

- [1] <http://www.wonst.co.kr>
- [2] P. Raganathan* and E. Logashanmugam, Design and Fabrication of Low Cost Eddy Current Sensor for Position Control Applications. Indian Journal of Science and Technology, Vol 9(42), November 2016.