

Anchor 볼트형태의 strain gauge 센서모듈설계

곽재민^{1*} · 임춘식²

¹목포해양대학교 항해정보시스템학부 · ²(주)알씨엔 연구소

Implementation of Anchor Bolt Type Strain Gauge Sensor Module

Jae-min Kwak^{1*} · Choon-sik Yim²

¹Mokpo National Maritime University · ²Head of Research Center, RCN Co. Ltd.

E-mail : kjm@mmu.ac.kr

요 약

본 논문에서는 산업현장에서 안전사고 빈도가 높은 지게차 전복에 대비하여 적재중량을 측정하기 위해 적용할 수 있는 strain gauge 센서 모듈구현 결과를 제시한다. 센서 모듈은 strain gauge, LNA, LPF 및 ADC로 구성하였으며, 센서의 측정정밀도와 내구성을 높이기 위해 4개의 센서가 각각 4개의 anchor bolt에 삽입되는 구조로 제작하였다.

ABSTRACT

In this paper, we present the results of the implementation of the strain gauge sensor module which can be applied to measure the load weight in preparation for forklifts with high frequency of safety accidents in the industrial field. The sensor module consisted of strain gauge, LNA, LPF and ADC. In order to increase the accuracy and durability of the sensor, four sensors were inserted into four anchor bolts.

키워드

Strain gauge, Anchor bolt, LNA, LPF, ADC

I. 서 론

스마트 팩토리는 4차 산업혁명이 제조업에서 가시적으로 구현되는 생산 시스템으로 ICT 기술을 융복합화하여 제조를 넘어 신가치 창출을 위한 종합 솔루션이라 할 수 있다 [1]. 제조 관점에서 스마트 팩토리는 제조업과 ICT간 융합을 통해 산업 기기와 생산 전 과정이 네트워크로 연결되며, 나아가 고객의 니즈에 유연한 대응 체계 구축을 목표로 하고 있다 [2].

산업현장은 다종다양한 기인물(설비)이 설치 운용되고 있다. 기인물로 인한 안전사고가 매년 꾸준히 발생하고 있는 실정이다. 적재·하역·운반용으로 널리 사용되는 지게차는 전국적으로 약 24만대가 운용되고 있는 것으로 추정된다. 문제는 널리 쓰이고 있는 만큼 지게차에 의한 재해발생도 높다는 점인데, 지게차는 사망사고 제1순위 기계·설비 기인물로서 한 해 평균 1,144명의 부상자와 34명의

사망자를 발생시키는 것으로 알려져 있다 [3].

지게차 사고의 주요 원인은 시야 미확보에 따른 작업자와의 충돌, 전복, 지게차 포크 위에 탑승하거나 이동 중 발생하는 추락 등이다. 특히 작업자와의 충돌과 넘어짐 사고는 사망사고 유형 중 가장 빈도수가 높다. 안전보건공단은 지게차 안전사고를 예방하기 위해 대대적인 패러다임 변화를 구축해 나가고 있다[3].

본 논문에서는 산업현장 내 기인물 중에서 사고 발생 빈도가 높은 지게차의 안전 운행과 작업 효율을 높이기 위해 지게차 적재중량 측정시 적용될 수 있는 strain gauge 센서 모듈의 설계와 구현결과를 제시한다.

II. Anchor 볼트형태의 strain gauge 센서 모듈 제작

Anchor 볼트에 설치되는 4개의 strain gauge 센서의 목표 규격은 표 1과 같다. 여기서 중요한 것은 모듈의 형태가 anchor 볼트에 설치되기 알맞은

* corresponding author

모양이 되어야 하며, 중장비 제조 산업 현장용을 목표로 최대 적재 중량을 5톤을 목표로 제작되어야 한다는 것이다. 또한 정밀도는 산업용 내구성 기준을 만족하도록 $\pm 5\%$ 오차 이내로 센서 모듈을 설계 제작하였다.

표 1. Anchor 볼트 형태의 strain gauge 센서 모듈의 목표 사양

Items	Specification
Type	Anchor Bolt
Sensor	Strain Gauge
Measurement Range	< 5tons
Measurement Accuracy	$\pm 5\%$ (approximately)
IP Level	IP67
Communication	BLE 4.0 (Bluetooth)/ CAN2.0
Power	9 ~ 32Vdc

Strain gauge 센서 모듈은 strain gauge, LNA, LPF 및 ADC로 구성된다. Strain gauge 센서는 strain gauge의 변형률에 비례하여 전기 저항이 변하는 양을 측정하도록 Wheatstone bridge 방식을 사용하였다.

strain gauge에서 적재 중량에 따라 아날로그 신호가 출력되는 데 그림 1에서 보는 바와 같이 지게차의 fork가 움직임에 따라서 back-ground noise 성분이 존재하는 것이 확인된다. Strain gauge에서 변형된 만큼의 양에 따라 출력된 전압을 증폭하는데 있어 이러한 배경 잡음을 제거하는 증폭기가 필요하게 된다. 이를 위해 아래 규격에 따라 LNA를 설계 · 제작하였다.

- LNA 규격
 - 모델명 : AD8553
 - Instrumental op-AMP
 - Low offset voltage : 20 μ V(max)
 - Low input offset drift : 0.1 μ V/ $^{\circ}$ C(max)
 - Low noise : 0.7 μ V p-p
 - Rail to rail output
 - single supply operation : 1.8 ~ 5.5 V

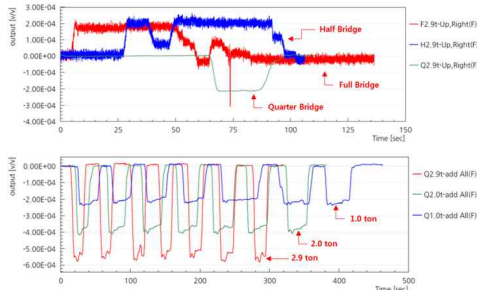


그림 1. Strain gauge 시험에서 확인된 잡음

Strain gauge의 출력 신호를 12 bit의 ADC를 이용하여 디지털 신호로 변환하도록 설계하였다. 저

렴한 구현을 위해 전자저울에 사용되는 그림 2의 구조를 갖는 HX711 ADC를 사용하여 ADC를 제작하였다. 또한 센서 제어기와 연결을 위해 커넥터 구조로 설계 · 제작하였다.

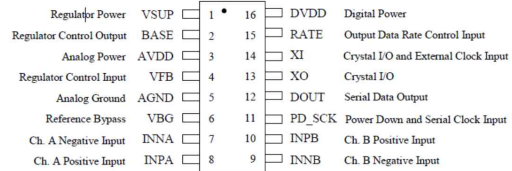


그림 2. HX711 ADC의 I/O 규격

그림 3는 제작된 anchor 볼트와 strain gauge 센서 모듈의 사진으로 왼쪽에 있는 strain gauge 센서 모듈은 오른쪽의 볼트 머리 부분에 설치되게 된다.

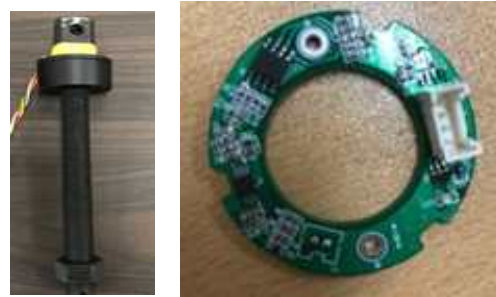


그림 3. 제작된 anchor 볼트와 센서 모듈

III. 결 론

본 논문에서는 산업현장에서 안전사고 빈도가 높은 지게차 전복에 대비하여 적재중량을 측정하기 위해 적용할 수 있는 strain gauge 센서 모듈 구현 결과를 제시하였다. strain gauge 센서 모듈은 strain gauge, LNA, LPF 및 ADC로 구성하여 제작되었으며, 추후 센서에서 들어오는 raw data를 처리하여 노이즈성분을 제거하고 중량데이터를 추출하는 기능을 수행하는 센서제어기를 결합하여 현장 시험에 적용할 예정이다.

References

- [1] D. W. Kim, S. P. Choi, J. W. Kim, and B. K. Park, "A study on the wireless communication technology for smart factory," in Summer Conferences on 2017 The Korean Institute of Communications and Information Sciences, Jeju: Korea, pp. 780-781, June 2017.
- [2] H. J. Cho and Y. K. Kim, "Technologies and industrial trends of smart factory," Weekly Technical Trends, Vol. 1849, pp. 15-25, 2018.
- [3] [Internet]. Available: http://www.ikmr.co.kr/kmar_newsletter/LBH/2018/08/5.pdf