

# Anchor 볼트 형태의 Strain Gauge 센서를 이용한 지게차 적재 중량 측정 시스템

## Forklift Weight Measurement System using Anchor Bolt Type Strain Gauge Sensor

한치문<sup>1</sup> · 임춘식<sup>1</sup> · 이성렬<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>(주)알씨엔 연구소

<sup>2</sup>목포해양대학교 항해정보시스템 학부

Chi-moon Han<sup>1</sup> · Choon-Sik Yim<sup>1</sup> · Seong-Real Lee<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Head of Research center, RCN Co. Ltd., Daejeon, 34028, Korea

<sup>2</sup>Division of Navigational Information System, Mokpo National Maritime University, Jeollanam-do 58628, Korea

### [요 약]

산업현장에서의 지게차의 전복에 의한 안전사고 빈도가 매우 높은 편이다. 지게차 전복의 가장 큰 원인은 과적으로, 이를 방지하기 위해서 적재 중량을 측정해야 한다. 가장 보편적인 적재 중량 측정 방식은 로드 셀 (load cell)로 측정 오차가 적은 장점이 있지만 설치 단가가 비싸다는 점 때문에 산업현장에 쉽게 적용하지 못하고 있다. 본 연구는 로드 셀 방식의 대안으로 제시되었지만 측정 정밀도가 높지 않은 strain gauge 센싱 방식을 적용한 지게차 새로운 적재 중량 측정 시스템을 제안한다. 센서의 측정 정밀도와 내구성을 높이기 위해 4개의 센서가 각각 4개의 anchor bolt에 삽입되는 구조로 제작하였다. 제작된 anchor 볼트 형태의 strain gauge 센서를 지게차에 적용하여 측정한 결과 1%의 측정 오차를 얻을 수 있었다.

### [Abstract]

The most frequent type of safety-accident in industry is the overturning of forklift. The leading cause of this accident is overload in forklift. Thus, it is needed to measure the weight on board of forklift. The most common method is based on load cell, and this method has the merit of high accuracy. However, high price is the disadvantage of this method. In this paper, we propose the new measurement system of the weight on board of forklift based on the strain gauge sensor, which has the disadvantage of low accuracy. The differentiation of the proposed system is that the shape of the strain gauge sensor customized for anchor bolt of forklift in order to improve the accuracy and durability. In system four strain gauge sensors are inserted into four anchor bolts. The test result shows that 1% error of measurement is obtained in the proposed anchor bolt type strain gauge sensors.

**Key word** : Strain gauge, Anchor bolt, Forklift, Weight on board, IoT.

<https://doi.org/10.12673/jant.2019.23.2.200>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Received 7 March 2019; Revised 12 April 2019

Accepted (Publication) 22 April 2019 (30 April 2019)

\*Corresponding Author; Seong-Real Lee

Tel: +82-61-240-7264

E-mail: reallee@mmu.ac.kr

## I. 서 론

최근 산업 현장에서도 4차 산업혁명 시대를 대비해 스마트 팩토리를 조성하기 위한 IoT 기술력이 화두로 떠오르고 있다 [1]. IoT 기술을 통해 수집된 데이터를 바탕으로 공정을 최적화하고 생산성을 향상시키며 에너지를 효율적으로 관리할 수 있기 때문이다. 스마트 팩토리는 4차 산업혁명이 제조업에서 가시적으로 구현되는 생산 시스템으로 ICT 기술을 융복합화하여 제조를 넘어 신가치 창출을 위한 종합 솔루션이라 할 수 있다 [2]. 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 [3].

또한 생산과 서비스 요소 간 네트워크로 연결되고 정보를 교환함으로써 최적화된 생산, 기계스스로 통제하는 스마트 팩토리의 실현에 부응할 수 있는 안전관리 기술의 검토가 선행되어야 한다.

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 운영되고 있는 것으로 추정된다. 문제는 널리 쓰이고 있는 만큼 지게차에 의한 재해발생도 높다는 점인데, 지게차는 사망사고 제1순위 기계·설비 기인물로써 한 해 평균 1,144명의 부상자와 34명의 사망자를 발생시키는 것으로 알려져 있다 [4].

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 [4].

산업현장의 기인물로 인한 안전사고를 예방하기 위해서는 매뉴얼의 구축과 운영, 작업장 내 안전지대 확보 등도 중요하지만, 더불어 IoT 등의 ICT 기술을 적용하는 것도 4차 산업혁명 시대에 부응하는 새로운 방법이 될 수 있다.

본 논문에서는 산업현장 내 기인물 중에서 사고 발생 빈도가 높은 지게차의 안전 운행과 작업 효율을 높일 수 있는 IoT 적용 기술을 제안한다. 즉 구체적으로 말하면 본 논문의 목적을 달성하기 위하여 지게차 전복의 주요 원인인 과적 (over load)을 기술적으로 해결할 수 있는 방안을 도출하고, 이를 위한 최적의 센서 모듈과 제어 장치를 설계 제작하고, 실시간 모니터링을 위한 통신 네트워크를 제안한다.

본 논문의 주요 구성은 다음과 같다. 2장에서 본 연구에서 제안하는 기술의 독창성을 설명하며, 3장에서는 지게차 적재 중량 측정 시스템의 구성, 4장은 시스템 구성에 필요한 센서 모듈과 장치들의 설계 내용과 제작 내용을, 5장에서는 현장 시험 방법과 결과를 설명한다. 그리고 마지막 6장에서 결론을 맺는다.

## II. 관련 기술 분석을 통한 차별화된 기술의 제안

### 2-1 관련 기술 분석

지게차의 과적 방지를 위해서는 적재 중량의 측정 (센싱)이 필수불가결하다. 선진국에서는 지게차에 적재 중량 센서를 부착하여 물류 창고 내에서 지게차의 작업량을 파악하여 물류의 효율화/작업자 관리의 효율화를 추진하고 있는 사례가 증가하고 있으며, fleet management system과 연동할 때 핵심적인 센서가 지게차 적재 중량 측정 센서이다.

이러한 센서를 이용한 중량 측정 방식으로는 load cell 방식이 대표적이다 (그림 1 참조). Load cell 방식이 측정 정밀도 면에서 우수하지만 고가 (1,500~3,000 달러)이며, 모든 상용품이 유럽과 미국 제품이라는 점 때문에 보급형 사업화가 힘들다는 단점이 있다. 이의 대안으로써 유압 센서를 이용한 측정 센서가 출시되고 있으나 유압 센서 방식은 기압에 따른 오차가 심각하고 가격 역시 중저가라는 한계를 갖는다.

따라서 개발의 난이도가 매우 높지 않고 저렴하게 구할 수 있는 strain gauge 센서와 IoT 기술을 융합하여 실시간으로 적재 중량을 측정하고 제어하면 산업현장에서의 안전사고 방지와 생산성 제고를 꾀할 수 있다고 판단된다. 그러나 strain gauge의 단점인 내구성을 감안한 현장 적용과 strain gauge 센서의 정밀도 개선을 위한 추가적 기술 개발이 필요하다.

### 2-2 제안 기술의 독창성

지게차 전복 사고의 원인은 과적과 적재불량이며, 지게차에 어느 정도의 하중이 걸리는지 지게차 운전자 및 주변 작업자가 파악할 수 없어 발생하는 사고가 대부분이다. 일반적으로 2톤급 지게차라고 하면 2톤까지의 적재화물을 운반할 수 있음을 의미하며, 과적으로 인한 사고는 2톤 이상의 화물을 운반하는 경우에 발생한다. 적재 불량인 경우 지게차에 적재된 화물의 좌우 균형이 불일치하여 발생하는 사고이며, 이는 최대 적재량의 1/4에 해당하는 불균형이 발생하면 지게차의 전복이 발생한다.



그림 1. LPWA 전송거리 25Km 서비스 조건로드 셀 기반의 지게차 적재 중량 센서 (독일)

Fig. 1. Forklift weight measurement sensor based on load cell (Germany).

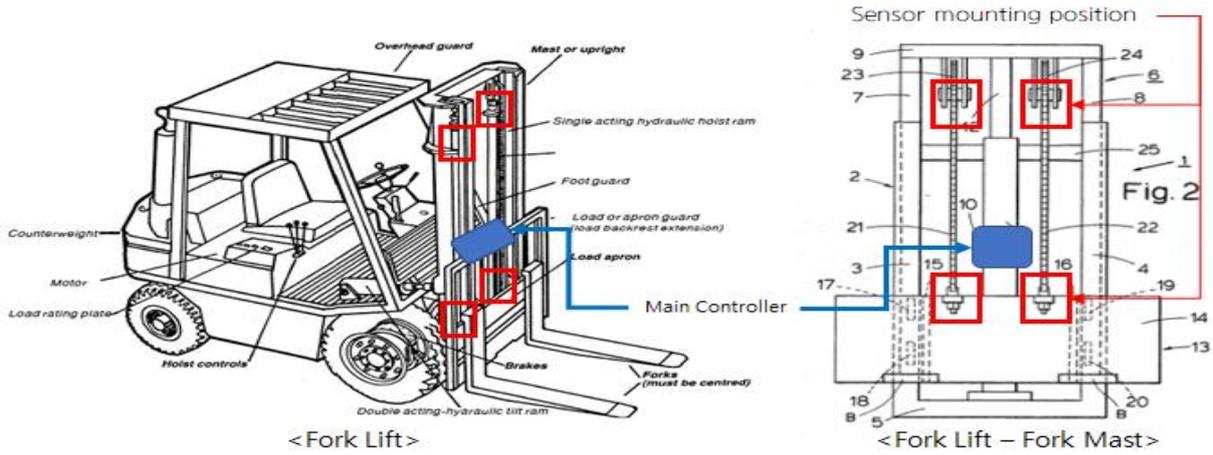


그림 2. 4개의 anchor 볼트를 이용한 적재 중량 센서의 구현 아이디어  
 Fig. 2. Implementation idea of weight measurement sensor using four anchor bolts.

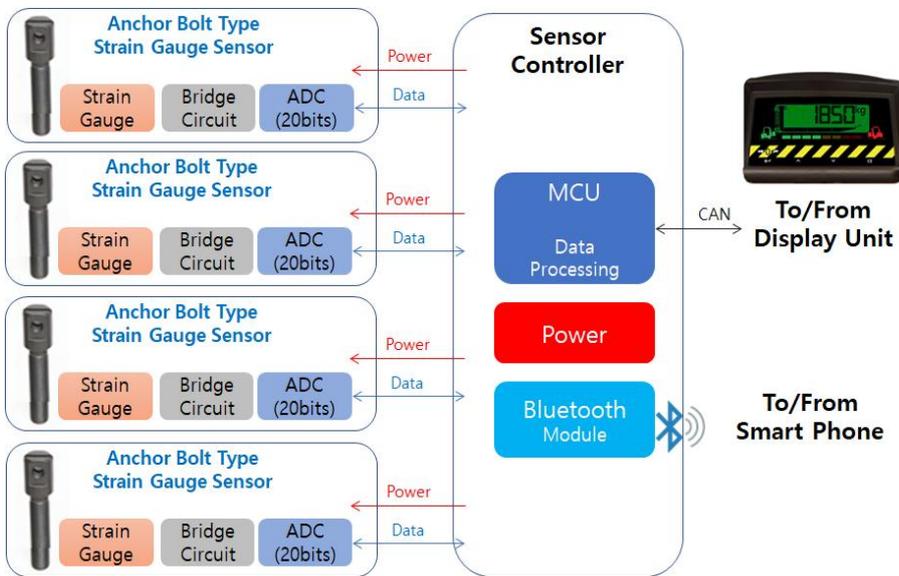


그림 3. Anchor 볼트 형태의 strain gauge 센서를 이용한 지게차 적재 중량 실시간 측정 시스템의 구성  
 Fig. 3. Configuration of forklift weight measurement system using anchor bolt type strain gauge sensors.

예를 들어, 2톤급 지게차의 경우 500 kg 이상의 좌우 불균형이 발생하면 지게차가 좌우로 전복되기도 하고, 좌우 불균형으로 인한 적재물 추락에 의해 근처 작업자가 부상이나 사망하는 사고도 지속적으로 발생할 수 있다.

앞서 언급한 가장 많이 사용하고 있는 load cell 방식이 아닌 strain gauge 센서를 적용하기 위해서 우리는 가장 먼저 지게차에서 화물을 운반하는 경우 가장 많은 부하가 집중되는 곳이 어디인지를 파악하였다. 현대건설기계 구조설계팀의 지원을 받아 시뮬레이션을 통하여 추정하였으며, 그 결과 지게차가 화물을 운반하는 경우 chain에 가장 많은 중량이 집중되는 것을 파악하였다. 그 중에서도 fork와 chain을 연결하는 anchor 볼트에 가장 많은 부하가 집중되는 것을 확인하였다. 결국 anchor 볼트

에 걸리는 인장력을 strain gauge 센서로 측정하면 지게차의 적재 중량을 비교적 정밀하게 측정할 수 있으며, strain gauge 센서가 적재물의 중량이 직접 영향을 미치는 바닥판이 아닌 측면 기둥의 일부분에 설치되기 때문에 단점인 내구성 문제도 해결할 것으로 기대된다.

### III. 지게차 적재 중량 실시간 측정 시스템의 구성

그림 3은 본 연구에서 제안하는 지게차 적재중량 실시간 측정 시스템의 전체 구성을 나타낸 것이다. 시스템은 지게차 anchor 볼트에 설치되는 strain gauge 센서 모듈, 본 시스템의 메

인 프로세서인 센서 제어기 (sensor controller)와 모니터링 장치로 구성된다.

실시간 측정되는 데이터는 적재 중량 표시용 디스플레이 장치 또는 적재 중량 표시용 스마트폰 어플리케이션을 통해 모니터링될 수 있다. 측정 데이터의 실시간 전송을 위해 채택한 통신 방식은 센서 제어기와 작업자용 디스플레이 장치 (이 장치는 지게차에 설치됨) 사이는 CAN 방식을, 감독관 등의 스마트폰과 센서 제어기 사이는 블루투스를 적용하였다.

그림 2와 같이 대부분의 지게차는 구조적으로 fork와 chain는 2개의 anchor 볼트를 이용하여 연결하고, chain과 유압 실린더의 연결에도 2개의 anchor 볼트를 이용하고 있다. 즉 전체 4개의 anchor 볼트를 이용하고 있으므로, 이에 대한 인장력을 측정한다면 보다 정확한 적재 중량 측정이 가능할 것으로 판단되어 그림 3과 같이 4개의 strain gauge 센서 모듈이 적용되도록 하였다.

#### IV. 설계 및 제작

##### 4-1 Anchor 볼트 형태의 strain gauge 센서 모듈

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

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. 또한 Wheatstone bridge는 2개의 병렬 전압 분배 회로로 설계하였다. Wheatstone bridge의 3개의 기준 저항은  $120 \Omega$ 로 구성하였고, 1개의 저항은 strain에 따라 저항치가 변화하도록 설계하였다. Strain gauge 센서는 Tokyo Sokki사의 센서 (모델명 : BTH-6C)를 사용하여 제작되었다.

strain gauge에서 적재 중량에 따라 아날로그 신호가 출력되는데 그림 5에서 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 :  $20 \mu V(\max)$
  - Low input offset drift :  $0.1 \mu V/^\circ C (\max)$
  - Low noise :  $0.7 \mu V p-p$
  - Rail to rail output
  - single supply operation : 1.8 ~ 5.5 V

표 1. Anchor 볼트 형태의 strain gauge 센서 모듈의 목표 사양  
Table 1. Goal specification of anchor bolt type strain gauge sensor module.

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

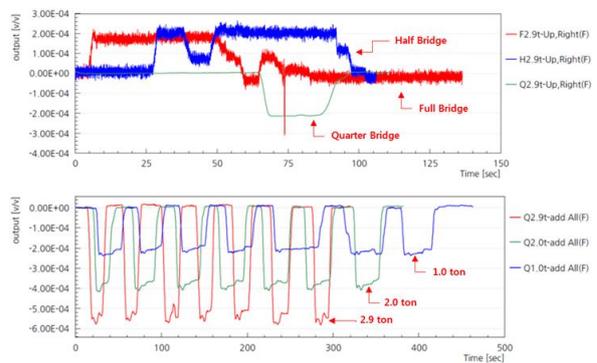


그림 4. Strain gauge 시험에서 확인된 잡음  
Fig. 4. Noise obtained from the experiment of strain gauge.

Regulator Power	VSUP	1	16	DVDD	Digital Power
Regulator Control Output	BASE	2	15	RATE	Output Data Rate Control Input
Analog Power	AVDD	3	14	XI	Crystal I/O and External Clock Input
Regulator Control Input	VFB	4	13	XO	Crystal I/O
Analog Ground	AGND	5	12	DOUT	Serial Data Output
Reference Bypass	VBG	6	11	PD_SCK	Power Down and Serial Clock Input
Ch. A Negative Input	INNA	7	10	INPB	Ch. B Positive Input
Ch. A Positive Input	INPA	8	9	INNB	Ch. B Negative Input

그림 5. HX711 ADC의 I/O 규격  
Fig. 5. I/O specification of HX711 ADC.

Strain gauge의 strain gauge에서 생성된 신호는 일정한 힘이 연속적으로 가해지면 DC 성분으로만 출력된다. 따라서 strain gauge에 가하는 힘이 변화할 때, 즉 지게차가 물체를 들어 올리는 순간에는 AC 성분과 DC 성분의 합으로 표출되며, 이 때 AC 성분은 저주파의 특성의 신호를 가진다. 이 저주파 신호는 잡음으로 작용하기 때문에 제거되어야 한다. 이를 위해 LPF가 적용되어야 한다. 본 연구에서는 차단 주파수를 10 Hz로 설계하였으며, 실험을 통해 LPF의 출력 주파수를 변경하여 제작하였다. 이를 위해 4차 Butterworth 능동 필터 형태로 제작하였다.

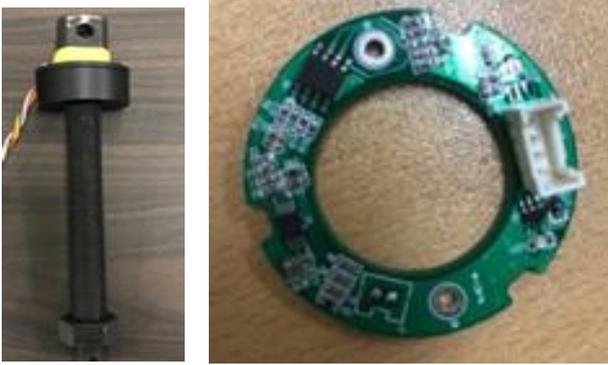


그림 6. 제작된 anchor 볼트와 센서 모듈  
**Fig. 6.** Fabricated anchor bolt and sensor board.

Strain gauge의 출력 신호를 12 bit의 ADC를 이용하여 디지털 신호로 변환하도록 설계하였다. 저렴한 구현을 위해 전자 저울에 사용되는 그림 5의 구조를 갖는 HX711 ADC를 사용하여 ADC를 제작하였다. 또한 센서 제어기와 연결을 위해 커넥터 구조로 설계·제작하였다.

그림 6은 제작된 anchor 볼트와 strain gauge 센서 모듈의 사진으로 왼쪽에 있는 strain gauge 센서 모듈은 오른쪽의 볼트 머리 부분에 설치되게 된다.

**4-2 센서 제어기**

센서 제어기는 anchor 볼트 형태의 strain gauge 센서에서 들어오는 raw data를 처리하여, 노이즈 성분을 제거하고 중량 데이터를 추출하는 기능을 수행해야 한다. 중량 데이터를 표시하기 위하여 운전자의 스마트폰으로 전송하기 위한 블루투스 통신 기능과 스마트폰 미보유자의 경우 별도의 display 장치로 전송하기 위한 CAN 통신 포트를 지원하도록 아래와 같이 설계·제작되었다.

- 센서 제어 보드는 ADC를 제어하기 위한 I2C controller와 신호처리를 위한 MCU 및 모니터링을 위한 USB 인터페이스로 구성
- 주 장치인 MCU는 STM32L serie를 사용 (STM32L152RE)
- 내부에 I2C controller 내장 및 USB 인터페이스 지원
- 내부코어는 Cortex-M3 : 512KB flash, 80 KB SRAM, 16 KB EEPROM
- 요소 기술 측정을 위한 단순 기능으로 구현
- 4ch I2C를 지원하여 4개의 anchor 볼트 연결이 가능하도록 제작

이러한 조건과 사양으로 제작된 센서 제어 보드는 그림 7에서 보이고 있으며, 또한 센서 제어 보드는 그림 8과 같은 제어 순서로 동작한다.

**V. 현장 시험**



그림 7. 제작된 센서 제어기 모듈  
**Fig. 7.** Fabricated sensor controller module.

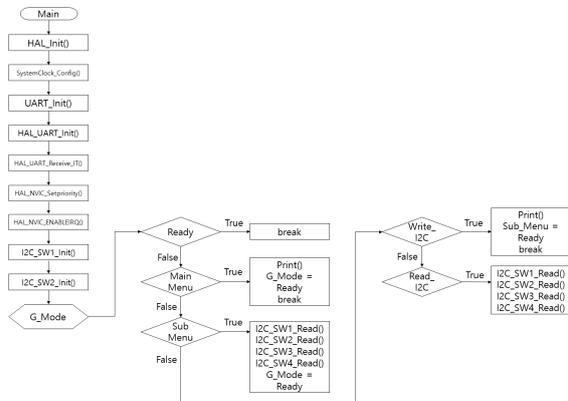


그림 8. 센서 제어 보드의 동작 순서도  
**Fig. 8.** Flow chart for operation of sensor controller.

본 연구를 통해 개발된 센서 모듈과 장치들의 신뢰성 확인을 위하여 제작된 anchor 볼트와 strain gauge 센서 모듈을 지게차에 실장한 상태에서의 적재 중량 오차에 대한 시험을 아래와 같이 수행하였다.

- 시험 일자: 2018년 11월 29일
- 시험 장소: 현대건설연구개발본부 (경기도 용인시 기흥구 마북리)
- 시험 목적: 지게차 중량 측정을 위한 실장 실험
- 시험 방법
  - i) 지게차 상단에 2개의 anchor 볼트 (strain gauge 센서 모듈 탑재) 체결
  - ii) 2톤의 표준 분동 상하차 시 측정 데이터 취득
  - iii) 실측 데이터와 표준 값 비교
  - iv) 오차 발생 시 지게차 보정
  - v) 보정 후 오차 값 측정
- 시험 결과

- 지게차 보정 전 1.92톤으로 측정 (-4% 오차 발생)
- 지게차에서 보정 후 2.02톤으로 측정 (+1% 오차 발생)

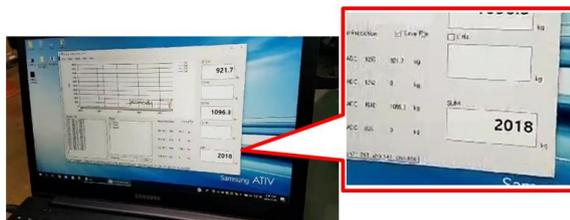
지게차 보정 후 얻어진 +1% 오차는 제작된 모듈의 정밀도와 직접 관련이 있는 값이지만 산업용 내구성 기준 허용치인  $\pm 5\%$  이내이기 때문에 바로 상용화가 가능한 상태의 제작이 이루어진 것을 확인할 수 있다. 여기서 지게차의 보정은 anchor 볼트가 장착된 지게차에 부하가 없는 상태에서 리프트를 들어 올려 센서에서 읽어진 값을 '0'으로 치환하는 과정을 말한다. 그리고 상기 시험은 anchor 볼트를 2개만 사용한 시험으로 향후 제작된 모듈과 회로의 세밀한 보완이 완료된 후 4개의 anchor 볼트를 사용하게 되면 오차율이 더욱 줄어들 것으로 기대된다.



그림 9. 현장 시험 구성도  
Fig. 9. Configuration of field test.



(a) first test (un-calibration)



(b) second test (calibration)

그림 10. 시험 결과  
Fig. 10. Test results.

## VI. 결 론

본 논문에서는 산업현장에서의 안전사고를 줄이고 궁극적으로는 생산성을 제고하기 위한 하나의 방법으로 지게차의 적재 중량을 자동으로 측정하고 제어하기 위한 IoT 센서 기반의 시스템을 제안하였다. 본 논문을 통해 제안된 strain gauge 센서를 지게차 4곳의 anchor 볼트에 설치하고 지게차의 적재 중량을 측정한 결과 산업용 내구성 기준 허용치인  $\pm 5\%$  이내의 오차 범위를 갖고, 결과적으로 현장 적용이 가능하다는 것을 확인하였다.

본 연구에서 제안하는 기술과 유사한 기술들이 존재하지만 이들을 통해 시스템을 구현하고자 하는 경우 경제적 부담이 발생할 수 있고, 원천 기술의 소유권이 모두 국외에 존재하기 때문에 대외 경쟁력이 매우 약하다고 할 수 있다.

반면 본 연구에서 제안하는 기술은 기존 strain gauge 센서를 기반으로 IoT 통신 기술을 융합한 것을 기본으로 하고, 이들의 단점인 내구성과 측정 정확성을 보완 설계 제작하였기에 산업현장에서의 안전사고 감소와 생산성 제고에 기여할 것으로 기대된다.

## Acknowledgement

이 논문은 2018년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.2018-0-01014, Anchor bolt type strain gauge 센서를 이용한 지게차 적재 중량 측정 시스템 개발)

## References

- [1] [Internet]. Available: <http://www.fajournal.com/news/articleView.html?idxno=5035>
- [2] 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.
- [3] H. J. Cho and Y. K. Kim, "Technologies and industrial trends of smart factory," *Weekly Technical Trends*, Vol. 1849, pp. 15-25, 2018.
- [4] [Internet]. Available: [http://www.ikmr.co.kr/kmar\\_newsletter/LBH/2018/08/5.pdf](http://www.ikmr.co.kr/kmar_newsletter/LBH/2018/08/5.pdf)
- [5] J. M. Kwak, S. H. Kim, and S. R. Lee, "Design of marine IoT wireless network for building fishing gear monitoring system," *Journal of Advanced Navigation Technology*, Vol. 22, No. 2, pp. 76-83, Apr. 2018.



**한 치 문 (Chi-Moon Han)**

1977년 2월 : 경북대학교 전자공학과 (공학사), 1983년 8월 : 연세대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)  
1990년 9월 : 일본 The University of Tokyo, 전기공학 전공, 공학박사, 1977년 2월~1983년 3월 : 한국과학기술연구원(KIST) 연구원  
1983년 4월~1997년 2월 : 한국전자통신연구원(ETRI)선임 및 책임연구원, 교환기술연구단 계통연구부장 역임  
1997년 3월~2016년 8월 : 한국외국어대학교 전자공학과 교수, 2016년 9월~현재 : 한국외국어대학교 전자공학과 명예교수  
2018년 1월~현재 : (주)알씨엔  
※관심분야: 에너지 saving 네트워크, 차세대인터넷, 센서네트워크, 네트워크보안, 네트워크설계 및 성능분석 IoT 기술



**임 춘 식 (Choon-Sik Yim)**

1974년 2월 : 한국항공대학교 통신공학과 (공학사), 1986년 2월 : 한국항공대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)  
1992년 3월 : 일본 요코하마국립대학교 전자정보공학과 (공학박사), 1975년 6월 ~ 1980년 5월 : 국방과학연구소 연구원  
1980년 6월 ~ 2014년 4월 : 한국전자통신연구원 책임연구원  
2014년 4월 ~ 현재 : (주)알씨엔 대표이사  
※관심분야: LPWA 전송 시스템, IoT 융합기술, 광대역 WAVE 시스템 및 차세대 무선랜 기술



**이 성 렬 (Seong-Real Lee)**

1990년 2월 : 한국항공대학교 항공통신정보공학과 (공학사), 1992년 8월 : 한국항공대학교 대학원 통신정보공학과 (공학석사)  
2002년 2월 : 한국항공대학교 대학원 통신정보공학과 (공학박사), 2002년 6월~2004년 2월 : (주)에이티엔 기술연구소장  
2004년 3월~현재 : 국립목포해양대학교 항해정보시스템학부 교수  
※관심분야: WDM 전송 시스템, 광의 비선형 현상 분석, 광 솔리톤 전송, IoT 융합 기술