

**Bluetooth를 이용한 4채널 Load Cell의 모니터링**

\*배종일, \*최연욱, \*변기식, \*\*유치국  
부경대학교 전기제어계측공학부\*, (주)하나닉스\*\*

**Monitoring of The 4 Channel Load Cell using Bluetooth**

\*Jong-Il Bae, \*Yeon-Wook Choe, \*Gi-Sig Byun, \*\*Chi-Kook Ryu  
Division of Electrical Control & Instrumentation Engineering Pukyong National University\*  
Hananics Co.,Ltd\*\*

**Abstract** - From composition transmitter is detached in indicator to individual load direction of 4 channels and adding up display by load cell indicator indication method of Bluetooth way is identifying marks.

**1. 서론**

블루투스를 이용한 무선통신 4채널 로드셀 인디케이터 표시 방법은 Load Cell에서 검출한 아날로그 데이터를 기존의 유선방식에서 Bluetooth 무선방식인 디지털로 처리하는 방법이며 검출의 범위도 한 개의 데이터를 처리 표시하는 방식이 아닌 다수개의 데이터를 처리 표시한다는 것이다. 통신의 거리는 최대 1Km이며 (지향성) 현재 산업현장의 적용거리는 200m (무지향성)이다. 표시 장치의 방법 역시 다수개의 Load Cell 데이터를 개별적으로 표시하며 개별적인 Load Cell 데이터를 총 합산한 데이터를 전송 표시하는 방식이다. 일반적인 인디케이터는 수신부에서 Load Cell 데이터를 검출하는데 비해 본 방법은 송신부에서 Load Cell로부터 직접 검출 아날로그 신호를 디지털로 변환 전송하는 방식이다.

**2. 본론**

**2.1 크레인 Load Cell의 검출 원리**

로드셀은 힘이나 하중등의 물리량을 전기적 신호로 변환시켜 힘이나 하중을 측정하는 하중감지센서이다. 물체는 힘이나 하중에 의하여 이에 비례하는 변형이 발생하며 단위 길이당 발생하는 변형률은 힘이나 하중의 크기에 직선적으로 변화하는 특성을 가지고 있다. 공학적 필요에 의하여 개발된 측정소자가 스트레인 게이지이다. 스트레인 게이지는 물체의 전기 저항값은 길이와 단면 변화에 의하여 변화한다는 원리를 기초로 한다. 로드셀은 힘이나 하중에 대하여 구조적으로 안정된 변형을 발생하는 물리적 변형을 발생시키는 탄성 변형체의 수감부에서 발생하는 물리적 변형을 스트레인 게이지를 이용하여 전기저항 변화로 변환시키고 Wheatstone Bridge라는 전기회로를 구성하여 정밀한 전기적 신호로 변환한다.

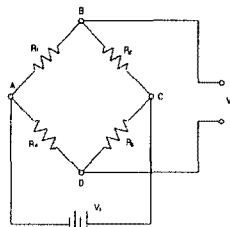


Fig. 1 Wheatstone Bridge Composition

Wheatstone Bridge 회로 R1에서의 전압 강하는

$$V_{AB} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_0 \tag{2-1}$$

R4에서의 전압강하는

$$V_{AD} = \frac{R_4}{R_3 + R_4} V_0 \tag{2-2}$$

브리지의 출력전압 V0는 VBD와 같다.

$$V_0 = V_{BD} = V_{AB} - V_{AD} \tag{2-3}$$

(2-1)식과 (2-2)식을 (2-3)식에 대입하면 출력 전압은 (2-4)식과 같다.

$$V_0 = \frac{R_1 R_3 - R_2 R_4}{(R_1 + R_2)(R_3 + R_4)} V_0 \tag{2-4}$$

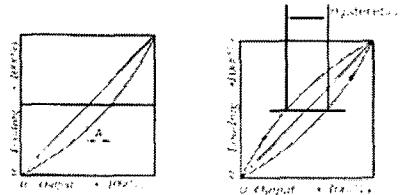


Fig. 2 Hysteresis Curved Line Output

지금 저항선 길이를 l, 단면적을 a, 비저항을 Po라 하면 저항선의 저항 R은

$$R = Po * l/a \tag{2-5}$$

스트레인 게이지의 일반적인 현상은 우측에 보여주는 것과 같이 base 위에 저항선을 격자모양으로 펼쳐 놓고 그 양쪽끝에 lead 선을 붙여놓은 구조이다. 이것을 적당한 접착제로 금속체에 붙여놓고 여기에 외부로부터 힘을 가하면 금속체의 스트레인에 상응하여 저항선이 신축하면서 저항치 변화가 일어난다. 이때 저항선의 신축량과 저항변화량의 비율은 일정하다.

$$K = \Delta R/R / \Delta l/l \tag{2-6}$$

- l : 게이지의 원래길이
- R : 게이지의 원래 저항값
- Δl : 인장, 압축에 의한 증감한 길이
- ΔR : Δl 변형에 의해 생긴 R의 변화량

### 2.1.1 기존의 Load Cell 하중 검출방법

기존의 크레인 하중 검출은 Fig.1과 같이 후크 상단에 설치된 로드셀에서 검출하여 인디케이터로 유선으로 보내어진다.

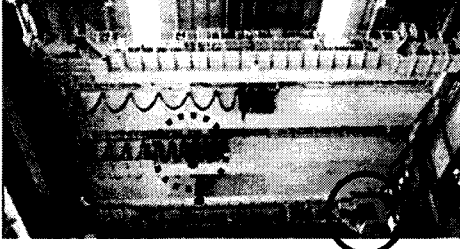


Fig. 3 Image of Existing Crane

위 Fig.1 보는 바와 같이 기존의 Load Cell Indicator 장치는 Load Cell에서 검출되어진 1개의 입력신호를 A/D 컨버터를 거쳐 환산되어진 하중의 Data로 Indicator에 표시되어진다. Fig.1의 원형점선에서 보여진 것처럼 크레인의 후크 상단위치에 장착된 Load Cell은 운전실(원형실선)의 Indicator까지 8P 케이블로 연결(약100m이내)하여 하중을 표시 제어 한다. 작업 시 케이블의 설치비용이 제품의 가격보다 훨씬 높다는 단점을 안고 있고 설치 후 유지 보수 시 케이블 점검이 애로 사항으로 남았다. 선로의 노후와 선로저항으로 인한 하중의 지시 값이 영점을 변하게 하여 정확한 하중을 측정하기가 힘들었다. 이러한 영점의 변동을 막기 위하여 작업자가 매년 크레인에 올라가 영점 조절을 해야 하고 무엇보다 Load Cell Indicator 설치 시 작업자의 안전사고가 빈번히 발생한다. 크레인의 구조상 설치 장소가 지상으로부터 높은 곳에 위치하다보니 안전사고를 예방하는 안전 방호장치가 작업자의 안전을 위협하는 장치로 대두되기도 한다.

### 2.1.2 블루투스를 이용한 4채널 Load Cell 하중 검출방법

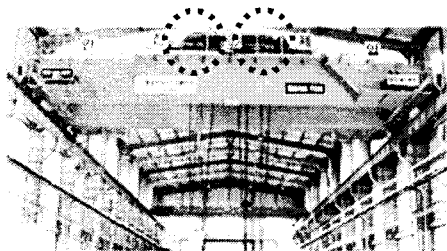


Fig. 4 Image of 4 Channels Crane

블루투스에서의 검출은 Fig.2에서 보여지는바와 같이 Load Cell의 입력 Data 1 Load, 2 Load 또는 3 Load, 4 Load의 각각 Data를 검출하여 4개의 입력신호를 A/D 컨버터를 거쳐 하중의 Data로 변환 2.4GHz Bluetooth 무선통신을 통하여 Indicator에 표시되는데 표시의 방법도 1 Load, 2 Load 또는 3 Load, 4 Load를 각각 하중을 개별적으로 지시하고 1 Load + 2 Load, 3 Load + 4 Load 또는 1 Load + 2 Load + 3 Load + 4 Load 합산 하중을 Total 값으로 지시한다. Total 하중의 값은 4 20mA

값으로 비례제어 되어 외부의 기기와 연동되도록 통신을 한다.(크레인의 무인화 구축 시 필수 조건) 1 Load + 2 Load + 3 Load + 4 Load 합산 하중을 Total 값에 따라 개별적인 접점출력을 가지며 접점출력에 따라 크레인의 위험을 제어 Alarm, Stop 기능으로 크레인을 보호하고 산업현장에서의 작업자를 산업재해로부터 보호하는 것을 목적으로 한다. 또한 후크의 처짐을 방지하기위하여 S/R 기능을 포함한다. Load Cell의 검출부에서 Indicator까지의 거리는 Dipole Antenna의 경우 무지향성으로 200m까지 송.수신이 되며 Patch Antenna의 경우 지향성으로 1.2Km까지 송.수신이 가능하므로 산업현장의 검출에 적합하다고 하겠다. 크레인, 호이스트는 한국산업안전공단으로부터 정기적으로 안전진단을 받아야하는 산업기체로서 매년 유지 보수가 필수적으로 시행되는데 이는 제품의 선로 작업이 주된 문제의 요인으로 부각되고 기업은 유지 보수에 많은 비용이 지출된다. 구조적으로 이를 해결할 수밖에 없는데 유선에서 무선화는 RF형태의 무선이 외국에 선을 보였지만 사용되어지는 공간이 산업현장 이다보니 전파의 간섭과 오동작으로 인한 문제가 핵심 사안이었다. 특히 중공업 분야에서는 작업자들이 사용하는 무전기가 제어에 지대한 영향력을 미치다보니 RF방식의 상용화는 실현되지 않았다. RF방식(400MHz)의 전파대역보다 Bluetooth방식(2.4GHz)대역은 산업현장에서 전파의 간섭이 전혀 발생하지 않고 오동작으로 인한 문제점이 발생하지 않는다. 이러한 문제점을 종합하여 볼 때 크레인, 호이스트의 하중감지는 Load Cell에서부터 Indicator까지 Bluetooth 방식의 무선통신을 통하여 하중을 검출하고 검출되어진 하중의 Data는 크레인 무인화에 따른 제어실로 전송되어 제어 한다.

또한 기존의 유선방식은 검출이 1개의 입력 이다보니 용량에 맞는 크레인을 작업 시 투여해야 하는데 본 방법은 무게를 감지하는 Load Cell을 4개까지 검출할 수 있어 작업 시 용량에 맞도록 주권과 보권을 활용할 수 있어 작업 시 능률을 개선할 수 있다고 하겠다.

### 2.2 Load Cell 하중의 검출 구조

크레인의 Load Cell의 하중 검출은 3가지로 분류되는데 송신부, 수신부, 외부디스플레이부로 나누어지며 블루투스 통신의 Hub는 송신부가 담당하고 있다.

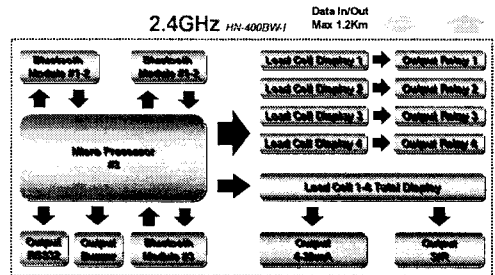


Fig. 5 Block Diagram of Bluetooth Receiver

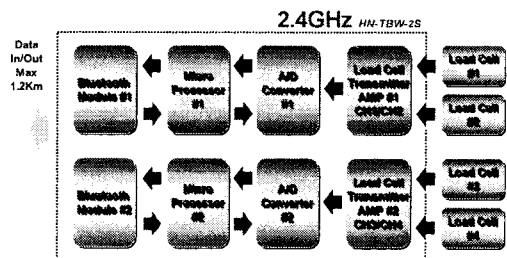


Fig. 6 Block Diagram of Bluetooth Transmitter

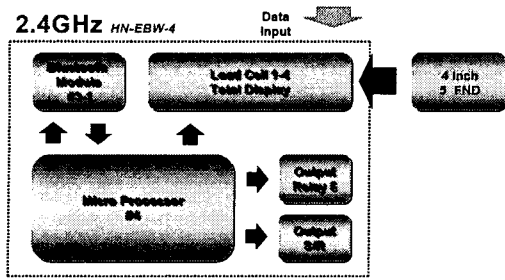


Fig. 7 Block Diagram of Bluetooth External Display

### 3. 결 론

로드셀의 사용 개수는 구조물의 형태와 관련이 많으며 많이 사용한다고 좋은 것은 아니다. 일반적으로 크레인의 로드셀 하중값의 계산은 아래와 같은 공식을 얻었다.

$$L > = ((F1 \times W1 + W2) \times F2 \times F3) / N \quad (2-7)$$

F1: 충격계수(1.1-1.5) 일반적으로 1.2

F2: 하중편심계수(1.1-1.3) 일반적으로 1.2

F3: 하중불균형계수(1점.3점 지지식:1, 4점 지지식:1.2)

W1: 부가하중(측정할 대상물의 최대하중)

W2: 초기하중(자중, 저울자체 무게)

N: 사용할 로드셀의 개수

또한 케이블의 영향 및 위치 선정에 따라 로드셀의 하중값이 변화하였다. 케이블은 대략 20m 정도는 직접 연결이 가능하나 그 이상의 거리가 필요할 때에는 V/A Converter, Amplifier등을 사용하여 노이즈나 출력감소에 대응하여야하는 결론을 얻었는데 본 논문에서 제시한바와 같이 블루투스 무선통신은 로드셀에 직접 하중을 감지 전송하므로 상당한 정확도를 얻을 수 있었다.

### [참 고 문 헌]

[1]The Technical Staff of Measurement Group, Strain Gage Based Transducers, Measurement Group, pp.7-28 (1989).

[2]백중승 외 5인, 힘, 공업진흥청 정밀측정교재 87-014 (1987).

[3]주진원, 김승환, 김갑순, 이경원, "VCR 주행장치의 2축 플렌지 반력 측정장치 개발", 대한기계학회논문집 (A) 제20권 제7호, pp.2213~2222 (1996).

[4]A. Yabuki, "Six-Axis Force/Torque Sensor for Assembly Robots", FUJTSU Sci. Tech. J., Vol.26, No.1, pp.41~47 (1990).

[5]K. Ono and Y. Hatamura, "A New Design for 6-component Force/Torque Sensors", Mechanical Problems in Measuring Force and Mass, pp.39~48 (1986)

[6]Y. Hatamura, K. Matsumoto and H. Morishita, "A Miniature 6-Axis Force Sensor of Multilayer Parallel Plate Structure", Proc. Conf. IMEKO, pp.567~582. (1989).

[7]김갑순, 강대임, 정수연, 주진원, 병렬판 구조를 이용한 3분력 로드셀 감지부의 설계, 대한기계학회논문집 (A) 제21권 제11호, pp.1871~1884 (1997).

[8]강대임, 김갑순, 정수연, 주진원, 실험계획법을 이용한 쌍안경식 6축 로드셀의 설계 및 상호간섭 오차 평가, 대한기계학회논문집(A) 제21권 제11호, pp.1921~1930 (1997).

[9]주진원, 나기수, 김갑순, 병렬판 구조를 이용한 소형 6축 힘/토크 센서의 설계 및 특성평가, 대한기계학회 논문집 A권 제22권 제2호, pp.352~364 (1998).

[10]C. Ferrero, "The measurement of parasitic components in national force standard machines." Measurement Vol.8 No.2, pp.66~76 (1990)