

# 지능형 모니터링 네트워크 시스템 구성에 관한 연구

## Intelligent Monitoring Network System

김영구\*, 조현찬\*, 김두용\*\*,전홍태\*\*\*

\*한국기술교육대학교 정보기술공학부

\*\*순천향대학교 정보기술공학부

\*\*\*중앙대학교 전자전기공학부

Tel .(041)-560-1170 Fax.(041)564-3261

E-Mail: cholab@kut.ac.kr

### ABSTRACT

In this paper, we propose an Intelligent Monitoring Network System(IMNS) for The truck scale balance system. Truck scale balance system consis of three parts; Load cell part, Indicator part, and Junction box part. IMNS is attached to Junction box in truck scale balance system. Even if Load cell have been some problems, a truck scale balance system still has been run to determine, the values involved error. therefore prosed system is has concentrated on Load cell part. Other Parts have been changed a portion of circuit for monitoring system.

### I. 서론

현재 많이 사용하고 있는 전기식 저울은 전자력 평형식과 전기 저항선식이 주종을 이루고 있다. 특히 전기 저항선식은 정밀도 확보와 최대 사용 범위가 넓어 현재 산업계의 여러 분야에서 응용하고 있다. 현재 사용되고 있는 전자저울은 대부분 스트레인게이지를 이용한 로더셀 종류가 대부분이며 여기서 논의될 전기저울도 이 로더셀을 이용한 시스템을 대상으로 한다. 현 트럭의 중량을 측정하는 중량 측정 시스템은 그림1과 같이 무게 센서(Load cell)의

력을 원 거리에 위치하고 있는 인디케이터(Indicator)로 신호를 보내고, 인디케이터가 디지털 변환과 출력값을 표시하는 것으로 구성되어 있다.[1][2]

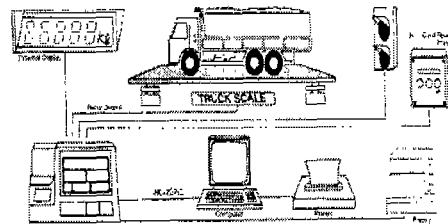


그림 1. 트럭 중량 측정 시스템

이 시스템에서 요구하는 개선 문제는 전체 시스템에 부착된 부품 중 일부가 고장났을 때, 그 고장을 인식하지 못한 채 측정하여 다행히 측정이 이루어지지 않으면 문제가 없으나 비 고장 시와 마찬가지로 측정이 이루어지고 오차 값이 측정값에 포함될 때, (특히, 로더셀 중 일부가 고장이 났을 때 이런 현상이 많다) 측정 회사와 의뢰 회사간의 신뢰성이 문제가 된다. 따라서 시스템의 요구 조건은 중량 측정 시 발생하는 오차에 대한 신뢰도를 확보 할 수 있는 감시 시스템이 필요하다는 것, 또 현장에서 사용되고 있는 중량 측정 장비의 모니터링을 한 지점에서 모두 관리할 수 있는 시스템이 정보화 사회에서 필요로 한다는 것이다. 이러한 요구에 조건에 맞는 시스템은 먼저 장비의 고장여부에 대한 판단 시스템 구축과 거리에서 모니터링을 할 수 있는 웹 기반의 데이터 베이스를 구축을 필요로 한다. 일반적으로 중량 측정 시스템은 외부 환경에 노출되어 있으므로 시스템의 모델을 유도하기 매우 애매하고, 외란에 의한 반응도가 매우 불규칙하여 수학적 모델링이나, 전통적인 이론으로서는 모니터링하기가 어렵다. 따라서 본 논문에서는 장비의 고장여부에 대한 판단 시스템을 지능형 알고리즘을 이용하여 구축한다. 특히 지능형 알고리즘은 비선형적이고 불확실하며, 애매한 조건 아래서 실제 시스템 인식(system identifier)을 처리하기 위해 직감, 예감, 기술 방법, 언어적 규칙 등을 사용하여 추론하는 퍼지 알고리즘을 적용하여 구축한다. 적용될 퍼지 알고리즘의 구조는 입출력 공간의 퍼지 분할과, 소속함수 할당, 퍼지화(fuzzification), 추론(inferencing), 비퍼지화(defuzzification)로 이루어진 퍼지 추론 규칙 모델을 가진다.[3][4][5][6][7] 다음 그림2에서 보여주는 지능형 모니터링 네트워크 시스템의 전체 구조는 시스템의 정선 박스에서 병렬 형태로 제어 보드 신호를 얻는다. 제어 보드는 8비트의

고속용 A/D변환기를 내장하고 있으며 시리얼로 컴퓨터와 통신을 한다. 또 인디케이터와도 시리얼 통신을 통해 그 측정값을 받아들인다.

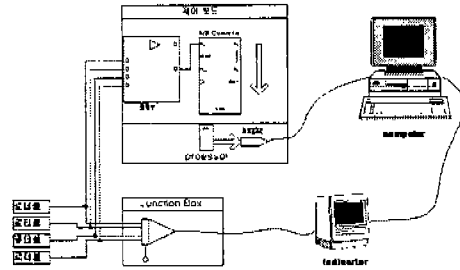


그림 2. 지능형 모니터링 시스템

본 논문의 구성은 II장에서 질량 측정 시스템의 구조와 문제점을 파악할 것이며, III장에서는 지능형 모니터링 네트워크 시스템에 대한 구성을 제안한다. IV장에서는 퍼지 알고리즘에 의한 컴퓨터 시뮬레이션 결과를 분석한다. 끝으로 V장에서는 결론 및 연구방향에 대해 논한다.

## II. 질량 측정 시스템의 구조와 문제점

일반적인 질량 측정 시스템은 로더셀부, 정선 박스부, 인디케이터부등 3부분으로 나누어 볼 수 있다. 로더셀부는 중량에 대한 물리량을 전기량으로 변환하는 로더셀로 구성되어 있으며 한 시스템에 보통 4개 또는 8개의 로더셀로 구성된다. 정선 박스는 각 로더셀의 측정값을 모으고 분배하는 역할과 옥외에 설치됨으로 해서 낙뢰 등에 보호받을 수 있는 장치들과 로더셀에 공급되는 전원의 비율을 조절하는 소자들로 구성되고 로더셀과 인디케이터와의 신호의 연결을 담당한다. 인디케이터는 신호의 증폭과 디지털 변환 그리고, 중량 판단과 표시, 로더셀로의 전원을 공급하는 장치들로 구성되어 있으며 마이크로 프로세서가 내장되어 동작한다.

### II-1. 로더셀(Load cells)

일반적으로 로더셀이라 함은 하중을 가하면

그 크기에 비례하여 전기적 출력이 발생하는 힘 변환기의 총칭으로 Strain Gauge식 로더셀을 의미한다. 따라서 로더셀은 그림3과 같은 Bridge 형태의 등가 모델로 생각 할 수 있다.

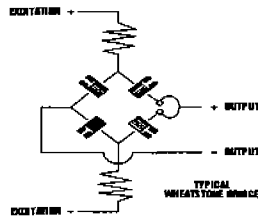


그림 3. 로더셀 등가 모델

로더셀에서 +output과 -output사이에서의 차동 출력을 디지털로 변환한 값을 중량으로 계산한다. 로더셀의 문제점은 차동 출력의 값이 아주 작은 값 즉, 단락 회로와 같은 응답을 할 때와 아무 응답도 하지 않는 상태 즉, 개방 회로와 같은 응답을 할 때에는 그 문제는 아주 쉽게 고장 여부를 판단할 수 있다. 하지만 로더셀의 출력이 진동을 포함하여 아주 불규칙한 응답을 할 경우 이상 여부를 식별하기는 어렵다. 이런 진동 응답을 조사함으로써 로더셀의 고장 여부에 대해 검사한다.

II-2. 인디케이터(Indicator)

인디케이터는 디스플레이 모듈, AD변환 모듈, 시리얼 통신 모듈로 구성되며, 일반적으로 내장된 마이크로 프로세스가 이것들을 제어한다. 시리얼 통신은 컴퓨터와의 통신을 위해서 구성되어 있으며, 디스플레이 모듈은 측정된 무게를 표시한다. 그리고, AD변환 모듈은 시리얼 AD변환기를 사용하여 로더셀에서 오는 전기 신호를 디지털로 변환한다. 로더셀의 특성 파라미터중의 하나인 비선형성(Non Linearity)은 그림4(a)는 무 하중 시와 정격하중 출력사이를 직선으로 한 것으로부터 교정곡선의 최대편차를 말한다. 디지털로 변환된 신호는 이 비선형성으로 인해 인디케이터는 로더셀로부터 나오

는 출력 전압에 대한 처리 과정에서 로더셀 값의 계산 과정을 거치게 된다. 인디케이터에서 로더셀의 신호와 연동된 로더셀의 비선형성에 대한 인디케이터의 응답을 비교하여 그 출력 오차를 간단히 구할 수 있다.

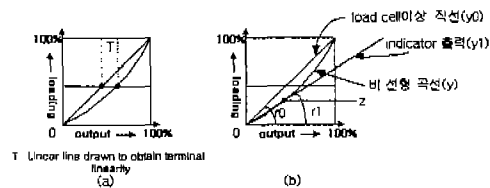


그림 4. 비선형성

그림4(b)에서 로더셀의 비 선형 곡선(y)을 인디케이터에서 일반적으로 표준 분동을 사용해서 측정할 무게에 대해 출력 기울기를 가진 직선(y1)을 결정하는 설정 과정을 거치게 된다. 계산식은 간단히 식①과 같이 계산되어 진다.

이상 직선 출력 :  $y_0 = a_0 * output$

인디케이터 출력 :  $y_1 = a_1 * output$  .....①

II-3. 정션 박스(Junction box)

정션 박스는 로더셀로부터 멀리 떨어진 인디케이터까지 신호를 연결하는 역할과 각 로더셀의 신호를 하나로 모으는 역할을 한다. 또, 정션 박스는 인디케이터가 공급하는 전원을 각 로더셀로 보내는 역할을 수행한다. 이 과정에서 최초 설치시 각 로더셀의 출력이 같은 값으로 응답하도록 하기 위해 저항을 통해 공급 전압을 조절한다. 현재의 정션 박스는 각 로더셀의 신호가 병렬 형태로 신호가 모아지고 있다. 따라서 하나의 로더셀이 고장 응답을 할 경우에도 다른 로더셀의 신호와 섞여 인디케이터로 들어가기 때문에 첫째, 로더셀이 고장인지의 여부를 판단하기 어렵고, 둘째, 만일 고장 났다는 것을 알았다고 하더라도 어떤 로더셀이 고장인지 알 수가 없다.

III. 지능형 모니터링 네트워크 시스템

III-1. 지능형 모델의 입력 변수

정선박스를 현재의 패러럴 형태에서 시리얼 형태로 변형한 후, 로더셀의 출력값을 시스템의 입력으로 한다.

III-1.1 평균값과 개별 로더셀의 출력값 비교

로더셀의 출력을 평균한 값에 대한 개별 로더셀들의 응답 값의 차이를 사용해서 시스템 전체에 설치된 로더셀에 대한 개별 로더셀의 이상 유무를 판단한다. 식②와 같이 계산한다.

평균값 = (cell<sub>1</sub> + cell<sub>2</sub> + cell<sub>3</sub> + cell<sub>4</sub>) / 4

개별 로더셀 값 = 1(평균값-cell<sub>1</sub>).....②

식②의 계산 값을 A/D컨버터의 해상도로 나누어 정규화 하여 지능 알고리즘의 x1 입력 변수로 한다.

III-1.2 로더셀의 출력시 발생하는 진동수

각 로더셀의 진동을 출력 중 값의 부호 변화를 식③과 같이 계산한다.

진동수=(y<sub>t0</sub>-y<sub>t1</sub>)의 값이 음수의 개수.....③

t0, t1은 측정 시간을 나타내고 부호를 검출하여 x2 입력 변수로 한다.

III-2. 퍼지 알고리즘에 의한 모니터링 네트워크

III-2.1 퍼지화기

퍼지에 적용할 입력 변수는 평균값과 개별 로더셀의 출력값과의 비교를 입력 변수 x1으로, 그 소속 함수 형태는 그림5와 같고, 언어 변수는 " Negative ", " Not Negative ", " Zero ", " Not Positive ", " Positive "로 정의한다.

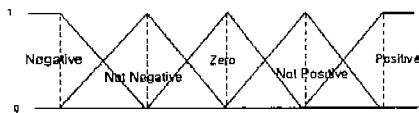


그림 5. x1의 소속 함수 형태

표1은 x1의 언어 변수의 분포를 나타낸다.

표1. x1의 언어 변수

	Negative	Not Negative	Zero	Not Positive	Positive
x1	-3	-1	0	1	3

다른 하나의 입력 변수는 로더셀 응답의 진동 출력값을 x2로 하며, 그 소속 함수 형태는 그림5와 같고, 언어 변수는 "None", "No Few", "Few", "No Many", "Many"로 정의한다.

표2는 x2의 언어 변수의 분포를 나타낸다.

표2. x2의 언어변수

	None	No Few	Few	No Many	Many
x2	50	100	200	300	500

후건부 변수는 장치의 신뢰도를 나타내며, 소속 함수 형태는 그림6과 같고, 언어 변수는 "Bad", "Not Bad", "Good", "Not Good", "Best"로 정의한다.

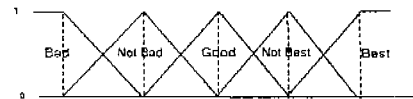


그림 6. 후건부 소속함수 형태

표3은 후건부의 언어 변수의 분포를 나타낸다.

표3. 후건부 언어 변수

	Bad	Not Bad	Good	Not Best	Best
출력(y%)	10	30	50	70	90

III-2.2 퍼지 룰 베이스

퍼지 룰 베이스는 If ~ Then 룰에 따라 표4와 같이 정의한다.

표4. 퍼지 룰 베이스

x1 \ x2	None	Not Few	Few	No Many	Many
Negative	Not Best	Good	Not Bad	Not Bad	Bad
Not Negative	Best	Not Best	Good	Not Bad	Bad
Zero	Best	Best	Not Best	Good	Not Bad
Not Positive	Best	Not Best	Good	Not Bad	Bad
Positive	Not Best	Good	Not Bad	Not Bad	Bad

III-2.3 추론

추론은 Max-Min법을 사용한다. 따라서 식 ④에 의해 추론이 진행된다.

$$\mu_y(y) = \text{Max}_x \left\{ \text{Max}_{x \in X} (\text{Min}[\mu_{x1}(x1), \mu_{x2}(x2), y]) \right\} \dots \dots \dots ④$$

### III-2.4 비퍼지화

비퍼지화 방법은 면적 중심법을 사용한다. 따라서 식⑤에 의해 그 비퍼지화 과정이 수행된다.

$$\mu_0 = \frac{\sum_{j=1}^n y_j(y) \times y_j}{\sum_{j=1}^n y_j(y)} \quad , n \text{은 양자화 개수} \dots \dots \dots ⑤$$

## IV. 컴퓨터 실험

로더셀 제조회사에서 출력을 파라미터를 제공하는데 여기서 사용한 로더셀의 경우 2 mV/V의 출력률을 갖는다. 따라서 전원 공급이 10V일 때(실제 시스템에서의 공급 전압) 최대 출력이 20mV이다. 증폭기의 증폭률을 250으로 할 경우 0에서 5V사이의 값을 디지털 값으로 입력을 받게 된다. 이 시스템 구성에 사용된 A/D 변환기는 8bit의 해상도와 10us대의 sample time을 갖는 소자를 사용하고 있으며 입력 양자화 값은  $5 \div 256 \approx 0.0195mV$ 이다. 따라서 출력을 파라미터에서 제시하는 허용오차  $\pm 0.1\%$

( $20mV \times 0.1 \div 100 = 0.02mV$ )의 오차를 포함하는 값을 첫 번째 언어 변수로 입력받기 때문에 시스템에 부착된 로드셀들의 평균값과 개별 로더셀의 출력값의 비교 입력(x1)의 경우 입력의 범위가 -3에서 3정도의 범위 값으로 고장 여부를 판별할 수 있다는 계산 결과가 나온다. 또 로더셀의 출력중의 진동수에 대한 입력 값은 모니터링에 사용한 A/D변환기의 샘플링 시간 0.1ms이고 중량 측정 시스템의 인디케이터에 내장되어 있는 A/D변환기의 샘플링 시간은 초당 4회를 측정한다. 인디케이터의 샘플링 시간을 기준으로 하여 측정시간을 계산하면(4개의 로더셀이 설치되어 있는 중량 측정 시스템을 기준으로)  $0.25s / (0.1ms \times 4) \approx 625$ 회가 나오며 부호 변화값으로 한다. 따라서 진동수의 경우 50회에서 최대 500회까지를 그 변화값의 범위로 결정된다. 따라서

다음 표5와 표6과 같은 입력 데이터를 실험을 통해 얻었다. 그림 7과 그림 8은 입력 데이터의 분포 정도를 보여 준다.

표5. 평균값과의 비교 데이터(V)

	1회	2회	3회	4회	5회	6회	7회	8회	9회
CELL1	5	13	51	89	100	123	160	210	252
CELL2	6	14	51	90	100	122	165	211	253
CELL3	5	15	52	91	100	121	166	212	254
CELL4	6	16	53	88	100	120	168	210	255

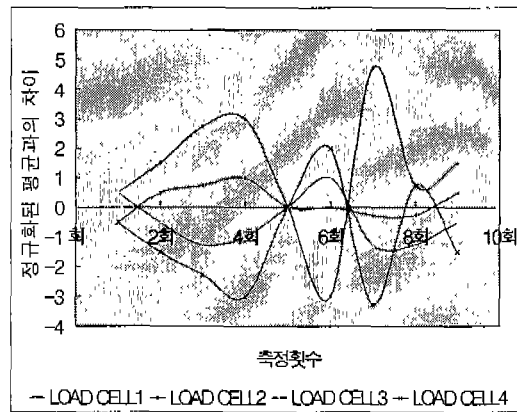


그림7. 평균값과의 비교 입력 값 분포

표6. 진동수 입력 데이터(회)

	1회	2회	3회	4회	5회	6회	7회	8회	9회
CELL1	30	30	80	100	50	600	20	300	400
CELL2	30	80	100	500	150	250	600	300	300
CELL3	30	130	100	300	300	500	300	300	200
CELL4	30	180	150	200	400	100	200	300	100

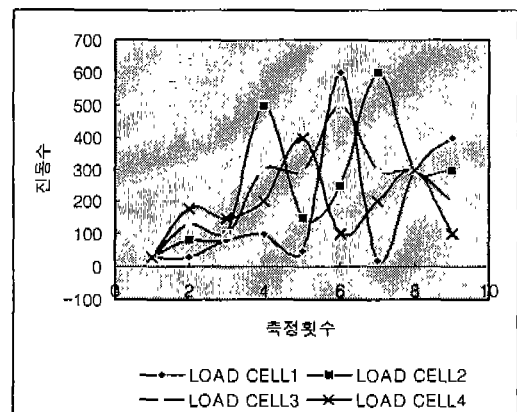


그림8. 진동수 입력 값 분포

표7. 신뢰도 추론 결과(%)

	1회	2회	3회	4회	5회	6회	7회	8회	9회
CELL 1	85.01	87.49	81.23	50	90	10	50	70	50
CELL 2	85.01	84	70	20	70	70	30	70	70
CELL 3	85.01	70	70	50	70	20	50	50	70
CELL 4	85.01	70	70	50	70	70	50	70	70

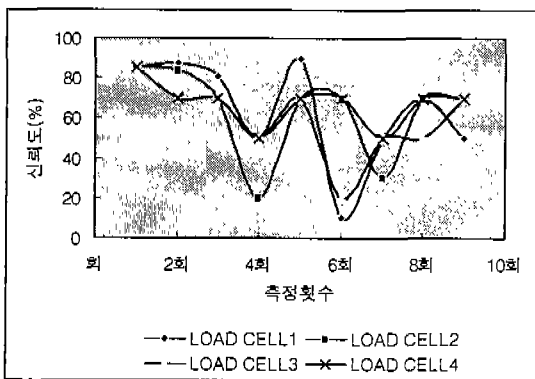


그림9. 신뢰도 추론 결과 분포

표5와 표6에서 실험 값으로 얻어진 입력 변수  $x_1$ 과  $x_2$ 의 값을 보여준다. 평균값에 대한 분포의 정도가  $\pm 3$ 사이의 값에 대부분 존재한다. 진동수의 경우 진동 허용 값이 A/D변환기의 해상도에 들게 되어(0.019mV) 로더셀의 고유 진동에 관한 정보는 제거되어 있다. 진동의 경우에는 로더셀의 이상의 유무에서 나오는 진동뿐 아니라 측정 시 발생하는 진동 값도 추론에 포함된다. 표7은 표5와 표6의 입력 데이터로 추론한 결과를 보여주며, 그림9는 신뢰도의 분포를 보여준다. 로더셀1의 경우 6회 부근에서 평균값과의 차이가 크게 나고 진동수도 큰 값이 들어가 결과에서 신뢰도가 10%정도의 응답을 보여준다. 로더셀2 같은 경우 4회 부근에서 평균값과의 차이가 가장 크고 진동수가 크게 입력이 입력되었고, 따라서 추론 결과도 20%정도의 결과를 출력한다. 로더셀3의 경우에도 6회 부근에서 20%의 출력 응답을 보여 주고 있다. 로더셀4의 경우 평균값과의 차이가 약간 큰 편

차가 입력되었으나 그때의 진동수가 비교적 안정적인 입력을 가지므로 추론 응답에서도 50% 정도의 특성을 보여 준다. 비교적 출력 특성이 로더셀의 상태에 따른 바른 응답으로 출력이 이루어지고 있다.

## V. 결론

Truck scale balance system의 지능형 모니터링 시스템을 구현하고 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 그 신뢰도의 효용성을 입증하였다. 실제로 대규모 계측 시스템의 신뢰도 평가 문제는 산업 현장에서 절실하게 요구되고 있는 실정으로 현재 연구중인 하드웨어 시스템과 본 논문에서 제안한 퍼지 이론에 의한 지능형 알고리즘이 결합된다면 보다 정확한 신뢰도를 갖는 모니터링 시스템을 구현할 수 있을 것으로 판단된다.

## 참고문헌

- [1] 성영권 외 “센서공학” 한동 1998.02
- [2] 尾關方隆 외 “센서 인터페이스 No.3:메카트로닉스 센서 활용편 PART-II” 기전연구사 1986.09
- [3] George J. Klir, Bo Yuan, “FUZZYSETS AND FUZZY LOGIC Theory and Application” prentice hall
- [4] Abraham Kandel “Fuzzy Mathematical Techniques with Applications” ADDISON-WESLEY PUBLISHING COMPANY
- [5] H.-J. Zimmermann “Fuzzy Set Theory and Its Applications” Kluwer-Nijhoff Publishing
- [6] Lotfi Zadeh and Janusz kacprzyk “Fuzzy Logic For The Management of Uncertainty” John Wiley & Sons, Inc
- [7] Chin-Teng Lin, C.S George Lee “Neural Fuzzy Systems” Prentice hall P.T.R