

RTD 및 피에조 센서를 활용하는 풍향/풍속 측정장치 개발

주재훈 · 김동현 · *공병권 · *이진호 · 최중경

창원대학교 전자공학과, * 해군정비창

The Development of a Wind Direction/Speed Measurement Equipment Using RTD or Piezo Sensors

Jae-Hun Joo · Dong-Hyun Kim · Byung-Gunn Gong · Jin-Ho Lee · Jung-Keyng Choi

Changwon National University

E-mail : cjk@changwon.ac.kr

요 약

본 논문에서는 풍향□풍속 계측모듈 및 DSP 센서인터페이스 회로시스템을 제안한다. 이 DSP 시스템은 풍향 풍속모듈, 대기압센서, 대기 온도 센서의 정보를 받아들이고, 빠르게 처리하여 PC 모니터링 시스템에 전달한다. 특히 풍향□풍속 모듈과 DSP 하드웨어는 직접 설계하여 적용한다.

풍향□풍속 모듈은 바람에 관한 벡터적 정보를 얻기 위해 4개의 박막형 RTD(Resistive Temperature Detectors) 또는 박막형 피에조센서를 원기둥 모양의 지지표면에 벡터적으로 배치하는 구조를 채택한다. 이 구조를 채택한 계측 모듈은 진동, 습기, 부식 등에 강인하면서 정확한 계측을 가능케 한다. 센서 신호처리 회로는 TI 사의 고속 DSP인 TMS320F2812 를 사용한다.

ABSTRACT

In this paper, a wind speed & direction module and the DSP(Digital Signal Processor) sensor interface circuit board are proposed. This DSP system accepts and process the informations from a wind speed & direction module, the atmospheric pressure sensor, the ambient air temperature sensor and transfers it to the PC monitoring system. Especially, a wind speed & direction module and a DSP hardware are directly designed and applied.

A wind speed & direction module have a construction that it have four film type RTD(Resistive Temperature Detectors) or film type Piezo sensors adhered around the circular metal body for obtaining vector informations about wind. By this structure, the module is enabled precise measurement having a robustness about vibration, humidity, corrosion. A sensor signal processing circuit is using TMS320F2812 TI(Texas Instrument) Corporation high speed DSP.

키워드

풍향□풍속 모듈, DSP, RTD, Piezo

1. 서 론

본 연구에서는 압축적이고, 경량, 저가의 시스템으로 이동성이 용이하며, 환경의 엄격함에 잘 대응할 수 있는 풍향□풍속, 주변 기온 및 대기압 측정 모듈과 신호처리를 위한 디지털 전자부 및 전원부 회로시스템을 설계한다. 풍향□풍속 모듈은 원기둥 모양 하우징과 그 둘레에 배치되어 있는 RTD 또는 피에조(Piezo) 센서시스템으로 구성

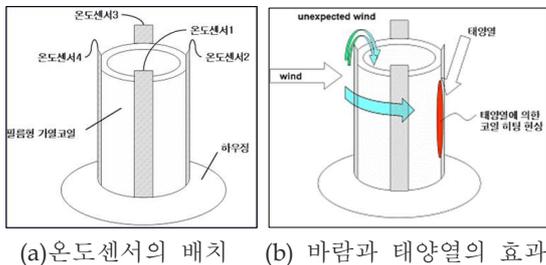
된다. 이 센서시스템은 RTD를 사용하는 경우 원기둥 지지부 표면은 가열(Heating) 코일에 의해 일정온도로 유지되며, 센서계의 표면적 대부분을 차지하는 금속 실린더의 온도는 저항센서(Resistive Sensor)에 의해 측정된다. 바람이 불 때의 센서 측정온도를 일정 값으로 가열된 실린더 온도와 감산하여 얻어진 값은 바람에 의한 냉각효과(cooling effect)에 의존하는 값이 된다. 일정한 가열을 위해 제공된 전력의 관점에서 보면 바

람에 의한 냉각효과는 풍속에 관계하고, 이것은 몇 가지 보완된 정보를 통해 풍속을 결정할 수 있음을 보여준다. 그리고 복수개의 저항센서를 배치하여 금속 실린더 주변의 온도 분포를 계측해 낼 수 있었으며, 이것에 의해 풍향을 결정할 수 있었다. 피에조 센서를 사용하는 경우에는 원기둥 지지부 주위에 90도 간격으로 격벽을 설치한 후 주름이 잡힌 박막형 피에조 센서 4개를 배치하여 원기둥 실린더 주변의 바람의 진동 특성과 바람의 세기를 측정하였다.

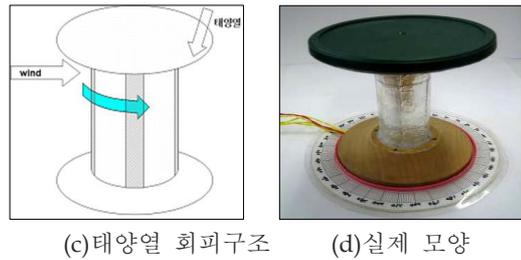
대기압과 주변온도의 측정은 공장출하 시 보정이 완료된 SMD(Surface Mounted Devices) 타입 압저항성(Piezoresistive) 실리콘 마이크로머신 센서를 사용하였다. 이 센서모듈은 내부에 15비트 ADC를 내장하고 있으며, 3선의 외부 연결을 통해 직렬 데이터 통신이 가능하였다. 신호처리부는 TI(Texas Instrument) 사의 제품으로 150MIPs, 32비트 급이며, 내부에 12비트(16채널)의 ADC를 내장하는 고속의 DSP인 TMS320F2812를 주 처리기로 사용하였다.

II. 풍향□풍속 모듈의 설계

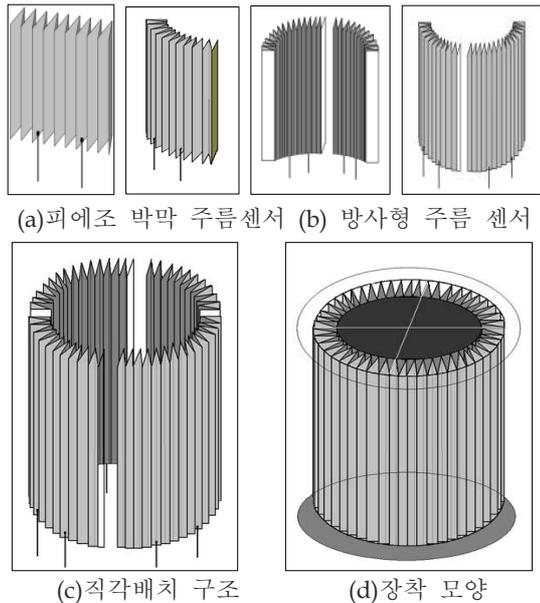
그림 1을 기준으로 보면 RTD를 이용하는 풍향□풍속 계측 모듈은 금속실린더로 이루어져 있는데 이는 속이 빈 실린더로 바깥벽 안쪽에 필름형 가열 코일(그림2)이 배치된다. 이 금속실린더 바깥 표면에는 다수개의 그림2와 같은 박막형 RTD 저항센서가 원기둥 길이 방향으로 배치되며, 전체를 절연 코팅하거나 절연 후 알루미늄 박막으로 둘러싸게 된다. RTD 센서들은 실린더 주위의 원주 상에 따른 온도 분포의 정보를 알려주게 된다[1].



(a) 온도센서의 배치 (b) 바람과 태양열의 효과



(c) 태양열 회피구조 (d) 실제 모양
그림 1. RTD 센서 이용 풍향□풍속 모듈의 구조
Fig 1. Wind speed & direction module using RTD



(a) 피에조 박막 주름센서 (b) 방사형 주름 센서
(c) 직각배치 구조 (d) 장착 모양
그림 2. 피에조 센서 이용 풍향□풍속 모듈의 구조
Fig 2. Wind speed & direction module using Piezo

그림 2에서는 피에조 주름센서를 이용하여 풍향□풍속 계측 모듈을 설계했을 때의 모양을 보인다. 4개의 박막형 피에조 주름센서를 이용하여 360도 방향 바람에 의한 진동을 계측하고, 이를 비교함으로써 바람의 방향과 세기를 계측한다. 이 방법은 RTD 사용에 비해 부가 센서들이 불필요하며, 경제적이다.

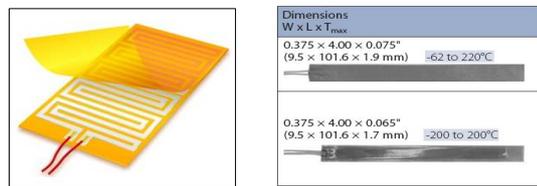


그림 3. 필름형 가열코일과 박막형 RTD 센서
Fig 3. Firm type heating coil & RTD sensors

2.1 RTD 저항센서와 피에조 센서

RTD(저항 온도 감지기; 즉온 저항체)는 금속 재질의 전기저항 변화를 근거로 하는 온도 감지 센서이다. 이런 응용에 가장 보편적으로 사용되는 재질은 플래티늄(Platinum)이란 금속이고, 보통 100Ω의 기준 값을 갖는 PT 100Ω으로 불린다. RTD의 양의 온도 계수는 온도 증가에 따른 도체 내 원자들의 진동성 증가로 인한 전자 진행의 방해성 증가 특성 때문이다. 이 관계는 수식으로 표현되며, 박막형의 플래티늄의 경우 그 계수는 아래와 같다.

$$R = R_0[1 + \alpha_1(T - T_0) + \alpha_2(T - T_0)^2 + \dots + \alpha_n(T - T_0)^n] \quad (1)$$

$$\alpha_1 = 3.912 \times 10^{-3} / \text{K}, \alpha_2 = -6.179 \times 10^{-7} / \text{K}^3 \quad (2)$$

$\alpha_1, \dots, \alpha_n$: 온도계수, T_0 : 기준온도, R_0 : 기준온도에서의 저항 값

RTD의 주된 장점은 열전대(thermocouples)의 10배나 되는 민감도, 높은 반복성, 오랜 기간의 안정성과 플래티늄의 정확도(산업용은 0.1 °C/year, 실험실용 0.0025°C/year) 등이 있다. 그리고 RTD는 기준점점 보상회로가 불필요하며, 비교적 간단한 부가회로로 직선출력을 얻을 수 있는 특징이 있다. 본 응용에서 사용된 PT100 박막형 RTD를 위한 저항 측정회로는 다음 그림과 같이 2차필터와 증폭기, 출력 오프셋 전압인가 기능을 갖는다.

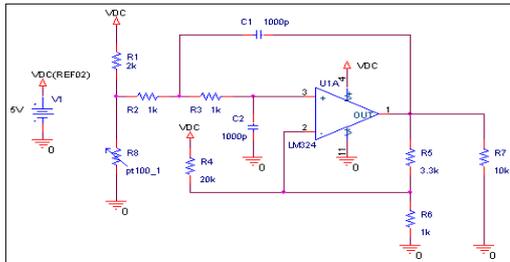
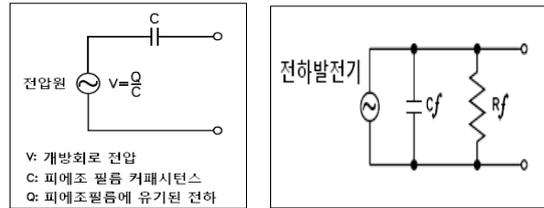


그림 4. RTD 저항센서 인터페이스 회로
Fig 4 RTD resistive sensor interface circuit

피에조필름센서는 다음 그림과 같이 전기회로로 등가 표현될 수 있다. 즉 피에조필름에 가해진 힘에 비례하는 전하가 발생하고, 이 전하는 필름의 표면적, 유전율, 두께에 따라 나타나는 커패시턴스에 비례하게 전압을 발생시킨다. 필름의 커패시턴스가 일정하다면, 외부 힘에 의해 발생한 전하에 따라 센서 출력 전압이 마이크로볼트에서 100볼트까지 발생한다. 그러나 이 전압은 부하저항을 고려한 시상수 동안 만 유지되므로 지속적인 전

압의 발생을 위해서는 외부 인가 힘의 꾸준한 변화가 요구된다.



(a) 단순 등가회로 (b) 축전발전기회로의 등가회로
그림 5 피에조필름의 등가회로

Fig 5 Piezo Film equivalent circuit

다음 그림은 인터페이스회로의 추가로 시상수 $R_i(C_f + C_i)$ 가 조절될 수 있음을 보이고 있고, 이에 따라 출력 전압의 유지 특성을 보여준다.

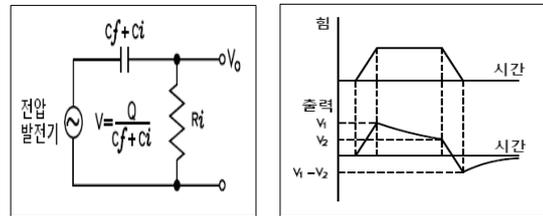


그림 6 부하를 포함하는 등가회로 및 출력전압
Fig 6 Equivalent circuit & Output voltage

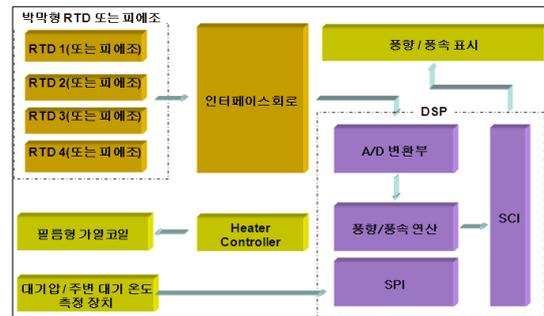


그림 7 박막형 RTD 또는 피에조 센서 인터페이스 및 신호처리 회로 구조

Fig 7 Sensor interface & Signal processing circuit structure

2.2 풍향□풍속의 측정

일정 온도로 가열을 위해 원기둥 금속면에 제공된 에너지의 관점에서 보면 바람에 의한 냉각효과는 주위온도, 대기압, 풍속과 관계가 있으며, 이들의 관계는 다양한 실험 데이터 및 관련 연구 자료를 토대로 얻을 수 있다. 풍향□풍속계의 또 다른 구성에는 센서시스템 주변에 복수개의 저항 센서를 배치하는 것이 있으며, 이를 통해 금속 실

린더 주변의 온도 분포를 예측해 낼 수 있다. 즉 이러한 열적 벡터장(Thermal Vector Field)에 의해 풍속 외에도 풍향을 결정할 수 있는 것이다.

본 연구에서는 4개의 리본모양 RTD 센서를 50도 이상의 온도로 가열되는 금속실린더 주위에 90도 간격으로 배치하여 풍향 및 풍속벡터를 결정한다.

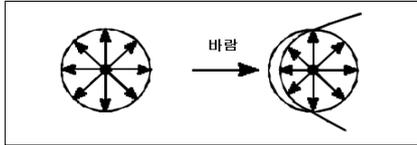
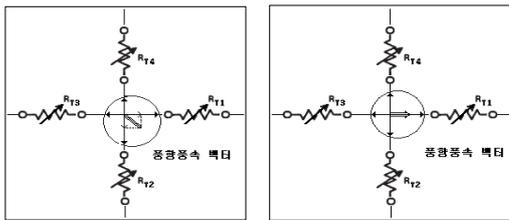


그림 8. RTD 센서 배치 및 바람의 영향
Fig 8. RTD sensor positioning & wind effect

이 합성 벡터로부터 풍향 정보를 얻을 수 있으며, 풍속도 이 벡터 길이와 어느 정도 반비례 할 수 있음을 알 수 있다. 이 벡터의 방향은 4개 센서 신호를 디지털 값으로 변환한 후 2축 직각좌표계의 벡터 값으로 합성하는 DSP 신호처리 프로세서에 의해 계산된다.



(a) 9시(270°)방향 바람 (b) 10시 30분(315°)방향 바람
그림 9. 센서의 2축 직각 좌표계 배열 채용 시 다양한 풍향 벡터의 발생

Fig 9. Various wind direction vectors when adopting 2-axis right angle coordinates

위에서 설명되는 풍향-풍속계는 적어도 하우스징에 의해 태양으로부터 보호되어야 하며, 이로 인해 태양으로부터의 복사에 의한 센서의 잘못된 온도 변화를 피할 수 있게 해야 한다.

실린더 표면은 주변 온도에 비해 높은 50℃의 일정 온도로 제어되도록 가열된다. 바람이 없는 잔잔한 조건에서 실린더의 열 영역 분포는 동일하고, 모든 수직 온도센서는 같은 신호 레벨을 유지한다. 이 열 영역은 가로지르는 공기에 의해 영향을 받으며, 이것에 의해 대칭적이고 포물선 모양의 열 영역 분포를 보이게 된다. 이 수직 센서로부터의 신호는 마이크로프로세서가 포물선 형태와 관계되는 바람의 방향을 결정하는데 이용된다. 그리고 실린더 표면을 주위 온도 이상의 일정 온도로 유지하는데 요구되는 에너지의 총량은 풍속을 결정하게 해준다. 열복사(thermal radiation)와 대류

(convection)는 공기 밀도에 의존하므로 요구되는 균형 에너지는 주위온도(ambient temperature)와 대기압(barometric pressure)과 관계가 있게 된다. 풍속의 결정은 차이 온도제어법(difference temperature control method)을 갖는 공식(4)로부터 유도된 알고리즘에 의해 수행될 수 있다[3].

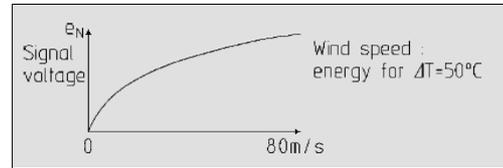


그림 10. 기존의 풍속 및 센서 신호의 관계
Fig 10. Conventional relationship of wind speed & sensor signal

$$U = C_r \sqrt{\frac{T}{P}} (e^2 - e_0^2) \quad (3)$$

e_0 : U=0에서의 센서 기준 전압

e : 센서 전압 [V]

U : 풍속 [m/s]

P : ambient Pressure(주변기압) [hPa]

T : ambient Temperature(주변기온) [K]

C_r : 센서의 특징적인 상수

IV. 결 론

본 연구에서는 RTD 온도센서 또는 피에조센서를 이용하는 풍향-풍속 모듈과 DSP 신호처리 보드를 제안하였다. 다소 거칠지만 저 비용의 센서시스템 설계를 통해 풍향 측정의 간편성을 얻을 수 있었으며, 데이터의 처리 및 분석을 위한 시스템 구성에 큰 성과가 있었다. 앞으로 정교한 센서시스템의 설계와 다양한 풍속 실험 데이터의 확보를 통해 풍속과 센서 출력들 간의 신뢰성 있는 연관성을 확보하기 위해 노력한다.

참고문헌

- [1] United States Patent, 4,905,513 "Wind Speed Measuring Device"
- [2] Ramon Pallas-Areny & John G. Webster, "Sensors and Signal Conditioning" John Wiley & Sons, 2001
- [3] LAMBRECHT company, "Static windsensor Quatro for harsh environmental conditions", Germany