
기상계측 시스템을 위한 풍향·풍속 모듈 및 DSP 센서 인터페이스 시스템 설계

송도호* · 주재훈* · 육기태* · 김상갑** · 최중경*

The Design of a Wind Speed & Direction Module and a DSP Sensor Interface System for
the Meteorological System

Do-ho Song* · Jae-hun Joo* · Gi-tae Ock* · Sang-Gab Kim** · Jung-Keyng Choi*

본 논문은 산업자원부 지방기술혁신사업[RTI04-01-03] 지원으로 수행되었습니다.

요약

본 논문에서는 풍향·풍속 계측모듈 및 DSP 센서인터페이스 회로 보드를 포함하는 기상계측 시스템을 제안한다. 이 DSP 시스템은 풍향풍속모듈, 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) 저항센서를 히팅 코일에 의해 일정하게 가열된 원기둥 모양의 지지표면에 벡터적으로 배치하는 구조를 채택한다. 이 구조를 채택한 계측 모듈은 진동, 습기, 부식 등에 강인하면서 정확한 계측을 가능케 한다. 센서 신호처리 회로는 TI사의 고속 DSP인 TMS320F2812를 사용한다.

적용된 풍향·풍속 모듈을 통해 얻어진 데이터와 DSP 인터페이스 회로보드의 빠른 데이터 처리를 통해 저렴한 기상계측시스템을 구성할 수 있었다.

ABSTRACT

In this paper, a meteorological system including 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) resistive sensor adhered around the circular metal body heated constantly by heating coil 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.

An economical meteorological system could be constructed through the data from wind speed & direction module and by the fast processing of DSP interface circuit board.

키워드

기상계측시스템, 풍향·풍속 모듈, DSP, RTD

* 국립창원대학교
** 해군정비창 기술연구소

접수일자 : 2007. 5. 29

I. 서 론

인간의 감각 및 판단을 대신하는 센서시스템 설계 기술은 모든 전자부품의 경박 단소화의 추세에 부응하여 종래에 비하여 다 기능적이고 복합적이며 소형화된 형태를 지향하고 있으며, 이를 가능하게 해주는 것이 현대의 반도체 제조기술 및 디지털 기술이다.

기상계측시스템은 이러한 센서시스템의 일종으로 대기온도, 대기압, 풍향·풍속을 측정하는 관측시스템이다. 본 연구에서는 압축적이고, 경량, 저가의 시스템으로 이동성이 용이하며, 환경의 엄격함에 잘 대응할 수 있는 대기 환경 측정용 기상계측시스템을 설계한다. 주 구성은 풍향·풍속, 주변 기온 및 대기압 측정 모듈과 신호 처리를 위한 디지털 전자부 및 전원부를 갖는다. 풍향·풍속 모듈은 원기둥 모양 하우징과 그 둘레에 배치되어 있는 RTD 센서시스템으로 구성된다. 이 센서시스템의 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 바람에 의한 냉각효과는 풍속에 관계하고, 이것은 몇 가지 보완된 정보를 통해 풍속을 결정할 수 있음을 보여준다. 그리고 복수개의 저항센서를 배치하여 금속 실린더 주변의 온도분포를 계측해낼 수 있었으며, 이것에 의해 풍향을 결정할 수 있었다.

대기압과 주변온도의 측정은 공장출하 시 보정이 완료된 SMD(Surface Mounted Devices) 타입 압전항성(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, 32비트급이며, 내부에 12비트(16채널)의 ADC를 내장하는 고속의 DSP인 TMS320F2812를 주 처리기로 사용하였다.

II. 풍향·풍속 모듈의 설계

이 센서시스템은 산악지역, 공업지역, 근해지역, 방위

산업 분야의 응용 같은 엄격한 환경 조건에서 사용되어 질 수 있는 매우 세련된 기기의 특징을 갖는다.

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 박막형태 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].

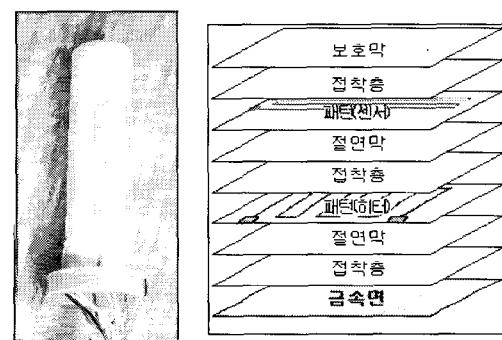


그림 1. RTD 센서 이용 풍향·풍속 모듈의 구조
Fig 1. Wind speed & direction module using RTD

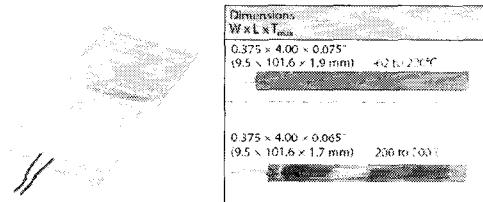


그림 2. 필름형 가열코일과 박막형 RTD 센서
Fig 2. Firm type heating coil & RTD sensors

2.1 RTD 저항센서

RTD(저항 온도 감지기; 측온 저항체)는 금속 재질의 전기 저항 변화를 근거로 하는 온도 감지 센서이다. 이런 응용에 가장 보편적으로 사용되는 재질은 플래티늄(Platinum)이란 금속이다. 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.

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

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

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

PT 100Ω를 사용하는 측정 회로에서 발생할 수 있는 자기발열(self heating)에 의한 오차를 0.1°C 미만으로 유지하기 위한 센서를 통해 흐를 수 있는 최대 전류를 구하면 2.4mA가 된다[2].

$$\Delta T = \frac{P_D}{\delta} = \frac{I^2 R}{\delta} \rightarrow I = \sqrt{\frac{\Delta T \times \delta}{R}} \quad (3)$$

δ : 열소모 팩터(heat dissipation factor), 공기(6mW/K)

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 2차 필터와 증폭기, 출력 오프셋 전압인가 기능을 갖는다.

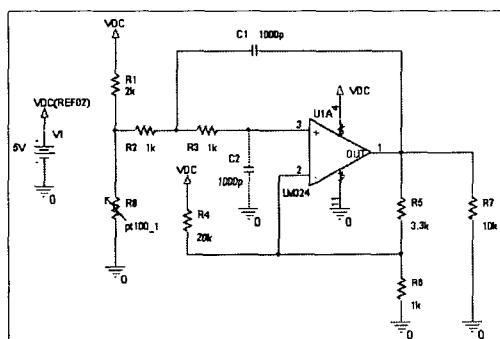


그림 3. RTD 저항센서 인터페이스 회로
Fig. 3. RTD resistive sensor interface circuit

2.2 풍향 · 풍속의 측정

가열 코일에 의해 열을 받는 센서계의 표면적 대부분을 차지하는 금속 실린더의 온도는 저항센서에 의해 측정된다. 이 측정온도는 가열 코일에 의한 가열효과와 바람에 의한 냉각효과 그리고 주위온도에 의존하는 값이 된다. 일정 온도로 가열을 위해 제공된 에너지의 관점에

서 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 저항센서를 배치하는 것이 있으며, 이를 통해 금속 실린더 주변의 온도 분포를 계측해 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 금속 실린더 주위에 90도 간격으로 배치하여 풍향을 결정한다.

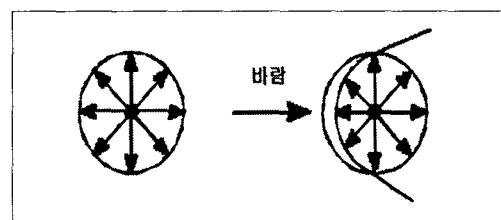
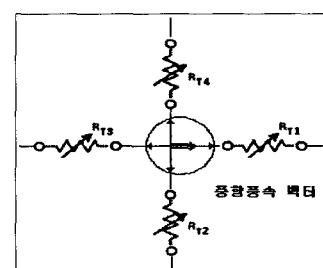
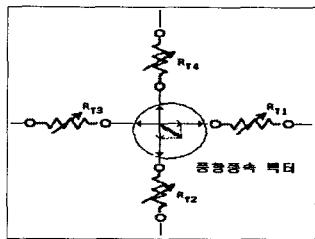


그림 4. RTD 센서 배치 및 바람의 영향
Fig. 4. RTD sensor positioning & wind effect

이 센서들의 수가 짹수로 증가할수록 풍향 결정의 정밀도는 증가될 수 있다. 위의 그림 4에서 8개의 센서들에 의해 결정되는 3시 방향 바람에 의한 온도값들의 모습을 보인다. 그림 5에서는 4개의 센서에 의해 결정되는 온도값들과 이를 이용하여 만들어지는 합성 풍향 벡터를 도시한다. 이 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
(a) 9 o'clock(270°) wind blowing



(b) 10시 30분(315°) 방향 바람
 (b) 10 o'clock 30 minute(315°) wind blowing

그림 5. 센서의 2축 직각 좌표계 배열 채용 시
 다양한 풍향 벡터의 발생

Fig 5. Various wind direction vectors when adopting
 2-axis right angle coordinates

위에서 설명되는 풍향·풍속계는 적어도 하우징에 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°C의 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 주변온도(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].

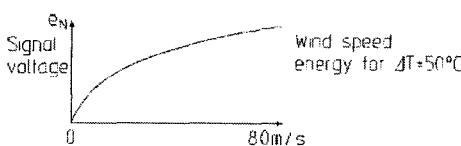


그림 6. 기존의 풍속 및 센서 신호의 관계
 Fig 6. Conventional relationship of wind speed & sensor signal

$$U = C_R \cdot \frac{T}{P} (e^2 - e_0^2)^2 \quad (4)$$

e_0 : $U=0$ 에서의 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

그러나 본 연구에서는 센서 출력 신호인 온도 정보를 근거로 풍속을 측정해내기 위해, 기준 온도 50°C 값에서 각 센서의 온도데이터 값을 뺀, 각 센서에서 체감되는 냉각 효과를 온도차이로 계산해낸 벡터 값을 이용하여 풍속을 계산하여 보았다. 이 4개 벡터들의 값을 일정한 풍속에서 바람 방향을 달리하여 분석하여 본 결과 위 식에서 e (센서 전압)라고 지칭된 값이 다음과 같은 여러 가지 계산법에 의해 표현될 수 있는 가능성을 찾았다.

- i) 4개 방향 절대치의 평균치(e_0 값이 포함)
- ii) 풍향을 결정할 때 사용한 2축 방향으로의 합성 벡터의 길이 데이터(e_0 값이 포함)
- iii) 4개 센서의 온도 데이터 평균치

III. 주변 센서부 및 디지털 신호처리부

신호처리부는 직접 설계한 TMS320F2812 DSP 보드와 온도제어 모듈로 구성된다. 온도제어 모듈은 0.1초 간격으로 필름형 가열코일의 온도를 측정하여 가변저항으로 세팅된 설정 온도 값을 맞추기 위해 주기적으로 온-오프 된다. DSP 보드는 4개의 RTD 온도 센서의 아날로그 전압 신호를 내부 AD 컨버터로 연결해준 후 디지털 값으로 변환하여 준다. 센서 신호를 받아들이는 주기는 10ms로 이 기간 동안 AD 변환 및 스케일링, 온도 환산, 벡터 계산 외에도 대기압 및 주변온도 센서 모듈과 직렬통신으로 주변 기상 데이터 정보를 수신한다. 수집 및 처리된 정보는 다시 PC로 송신되어 실시간으로 그래픽 모니터링이 이루어진다.

그림7의 사진은 실제로 구현된 4개의 RTD를 90° 간격으로 배치한 풍향풍속모듈의 모양이다.



그림 7. 실험에 사용된 풍향·풍속모듈
Fig. 7. Fabricated wind direction & speed module

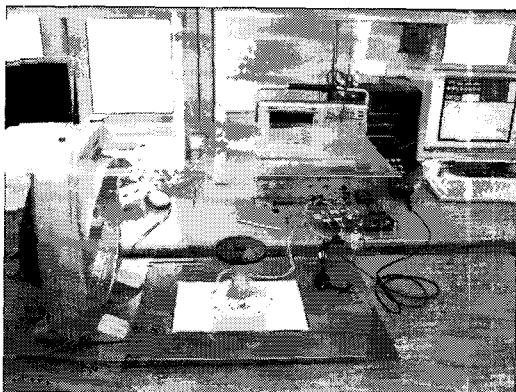
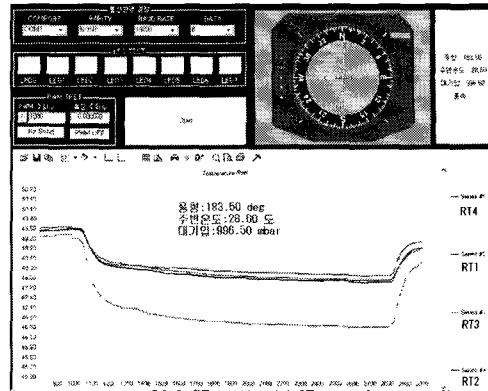


그림 8. 실험 환경 및 신호데이터 처리 전경
Fig. 8. Experimental environment and overview of signal data processing

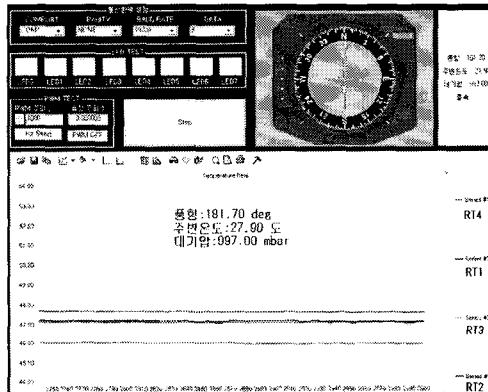
그림8은 실험실에서 풍향·풍속모듈과 DSP 신호처리회로, 컴퓨터모니터링 시스템을 운용하는 모습을 보여준다. 바람의 제공을 위한 다단 선풍기와 아크릴 풍동의 모습이 보인다.

IV. 성능 평가 결과 및 분석

그림9는 6시 방향에서 불어오는 바람에 대해 4개의 RTD 센서에서 얻어지는 온도 강화 정보를 보여준다. (a) 그림은 일정 바람 인가 후 냉각효과에 의한 온도 감소 데이터가 안정화되는 과정을 보여주며, (b) 그림은 지속적인 바람인가에 따라 안정화된 RTD 값과 그 데이터를 근거로 벡터적으로 얻어진 풍향의 정보를 풍향계기판을 통해 보여준다. 이 실험에서는 바람 인가 후 약 1분 정도 시간이 경과한 후에 풍향 정보가 안정적으로 세팅됨을 알 수 있었으며, 6시 방향에서 불어오는 바람에 의해 RT2 센서가 가장 큰 온도 감소를 보이고, RT1과 RT3는 거의 같은 냉각 값을 보임을 알 수 있다.



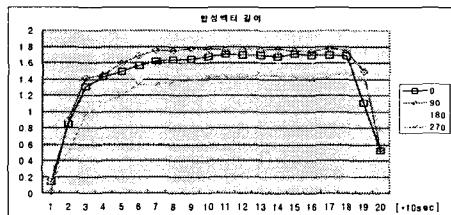
(a) 바람 인가 및 바람 정지 시점이 존재
(a) When exists wind start and stop timming



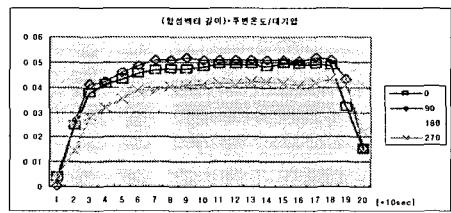
(b) 지속적인 6시 방향(180°) 바람일 경우
(b) Case of continuous 6 o'clock direction wind

그림 9. 6시 방향(180°) 바람을 모니터링한 결과
Fig. 9. Results of monitoring 6 o'clock direction wind

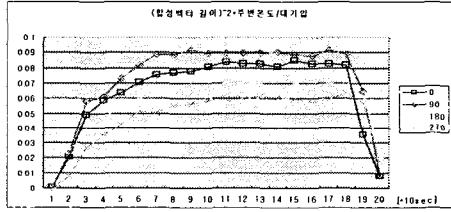
풍향을 얻기 위해서는 마주보는 같은 축 상의 RTD 센서들의 감소된 온도 값의 차이를 구해 그 값을 각 좌표계의 x축, y축 값으로 설정한 후 합성 벡터의 위상으로부터 얻어냈다.



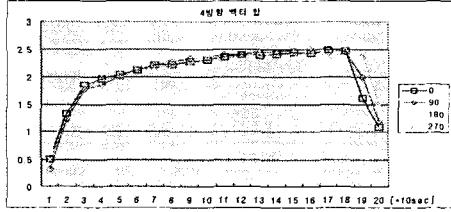
(a) 4개 RTD 센서 냉각 벡터의 합 벡터 크기



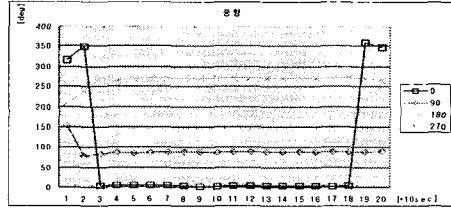
(b) 4개 RTD 냉각 합 벡터 값에 대기압과 주변온도를 보상한 값



(c) 4개 RTD 냉각 합 벡터 값의 제곱에 대기압과 주변온도를 보상한 값



(d) 4 개 RTD의 냉각 온도 산술평균 값



(e) 각 방향 바람에 대한 풍향 계측 결과

그림 10. 각 방향($0^\circ, 90^\circ, 180^\circ, 270^\circ$) 같은 크기 바람에 대한 4개 RTD 센서의 냉각 결과
Fig 10. Results of cooling effect on 4 RTD sensors by the same amount 4 directional wind

그림 10은 $0^\circ, 90^\circ, 180^\circ, 270^\circ$ 의 4개 방향으로 1단 (1.8m/s)의 같은 크기 바람을 인가한 경우이다. 4개 RTD 감지 온도 각각의 값에서 일정 가열 온도인 50°C 값을 뺀 값인 냉각 벡터들에 대한 다양한 수치 처리 결과를 보인다. 여기서 합 벡터라는 표현은 2축 직각 좌표계의 값으로 냉각 벡터를 표현한 후 그 합을 벡터적으로 구한 결과를 의미한다. 각 방향에서 같은 속도의 바람을 인가했을 때 같은 크기의 합 벡터가 얻어지는 것을 예상하였으나 실측 결과((a)그림)는 각 방향에서 편차가 존재하는 것으로 나타난다. 같은 시간 및 같은 주위온도, 대기압 조건이 아니므로 약간의 차이는 존재할 수 있지만 예상외로 큰 차이를 보였다. 그 대신 4개 RTD의 냉각 벡터에 대한 산술 평균치를 구한 것((d)그림)은 각 방향에서 상당한 일치감을 보였다. 즉 이렇게 배치된 센서를 통해 얻어진 각각의 직각 방향 좌표치의 합은 여러 방향의 바람에 대해 같은 에너지 효과를 감지할 수 있음을 알 수 있었다. 그러나 정상상태 도달 시간이 너무 긴 단점이 보인다.

합 벡터들 결과의 차이는 아래 그림11에서 보인 것 같이 4개 RTD 센서의 직각 정렬이 조금 어긋날 경우에도 발생할 수 있다. 그러므로 보다 정확한 실험 결과를 위해서는 센서의 정교한 정렬과 실험에 방해되는 주변 대기의 흐름의 제거, 정확한 풍속 입력 장치 그리고 유연한 풍속 모듈의 설계가 필요함을 알게 되었다. 아래 그림 11에서 앞으로의 실험에 필요한 센서 모듈의 직각 정렬과 바람 안내핀의 배치모습을 제시한다.

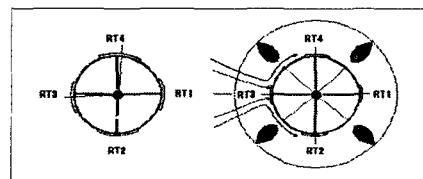
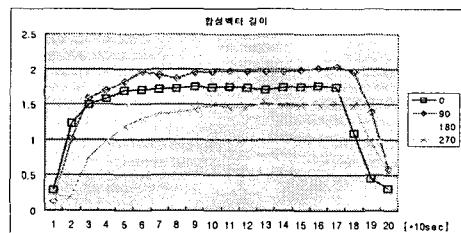
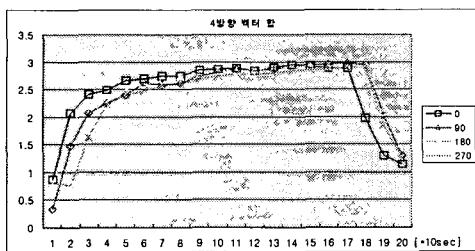


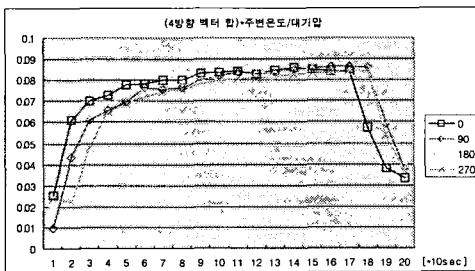
그림 11. RTD 센서의 정렬과 바람 핀의 단면 모습
Fig 11. Right angled arrangement of RTD sensors and cross sectional view of wind guide fin



(a) 4개 RTD 센서 냉각 벡터의 합 벡터 크기



(b) 4 개 RTD의 냉각 온도 산술평균 값



(c) 4 개 RTD의 냉각 온도 평균 값에 대기압과 주변온도를 보상한 값

그림 12. 각 방향(0° , 90° , 180° , 270°) 같은 크기 바람2에 대한 4개 RTD 센서의 냉각 결과

Fig 12. Results of cooling effect on 4 RTD sensors by the same amount 4 directional wind 2

그림 12는 그림 10에서와 같은 방향(0° , 90° , 180° , 270°)으로 바람을 인가하면서 더욱 센 바람(바람2, 2.3m/s)을 인가할 때의 결과들이다. 이 결과들에서도 풍속과 연관이 있는 합성벡터들이 같은 세기 바람이지만 방향을 달리한 경우에 대해 일치된 값을 보여주지 못하고 1단의 바람 때와 거의 같은 차이 관계를 보여주고 있다. 그러나 (b), (c)그림에서 확인된 것은 4방향 벡터 좌표치에 대한 산술평균치를 구하는 4방향 합벡터 방법에서는 서로 어느 정도 일치된 결과를 보여주고 있다.

풍속을 측정하기 위한 방법은 식(4)로 표현되는 풍속과 센서로 부터 측정된 냉각효과와의 관계를 이용한다. 이 수식에서는 센서의 출력뿐 아니라 대기압과 주변온도도 풍속에 영향을 주는 것으로 설정되어 있으며, 이들이 풍속에 미치는 정도를 비례계수로 제시하고 있다. 전반적으로 센서로부터 검출된 온도 차이에 의한 냉각효과에 계측 시점의 대기압과 주변온도를 통해 얻어진 냉각 에너지 전달과정의 차이를 보상해주는 공식이다.

본 연구에서는 4방향 센서로부터 얻어지는 일정 가열

온도와 냉각 온도와의 차이 정보를 어떻게 합성해야 냉각효과에 대한 정확한 정보를 얻을 수 있는지에 대한 연구를 실험적으로 수행하였다. 이 과정을 통해 각 방향에서 일정한 바람의 세기를 가할 때 각 방향 센서의 차이온도 값에 대한 산술 평균을 구한 값이 바람 인가 방향에 관계없이 일정하게 계산됨을 파악했다. 이 결과를 수식(4)의 끝부분 센서 출력의 차이 값으로 대치하고 비례계수를 실험적으로 구한다면 풍속 측정이 가능하리라 여겨진다.

V. 결 론

본 연구에서는 직접 제작한 풍향·풍속 모듈과 DSP 신호처리 보드를 이용하여 다양한 실험을 수행하였다. 그 결과 제작된 센서 모듈의 정교함과 반응도에서 다소 부족함을 얻었다. 민감도가 높은 보다 얇은 두께의 A급 센서의 선택 및 정렬 그리고 가열코일의 부착법, 풍동 실험 환경 준비 등에 세심한 노력이 필요함을 느꼈다. 다소 거칠지만 저비용의 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 Quattro for harsh environmental conditions", Germany

저자소개

송 도 호(Do-Ho Song)



1973. 2. 광운대학교 전기공학과
공학사
2001. 2. 창원대학교 전자공학과
공학석사
2005. 3. 7 창원대학교 전자공학과 공학박사수료
1979년~ 현재 한국기계연구원 표준 실장
※ 관심분야: 디지털회로설계, 센서응용회로.

주 재 훈(Jae-hun Joo)



2004. 2. 창원대학교 전자공학과
공학사
현재 창원대학교 전자공학과 석사과정

※ 관심분야: 서보기기제어, DSP응용

옥 기 태(Gi-tae Ock)



2004. 2. 창원대학교 전자공학과
공학사
2003. 10.~현재 쌍용자동차
생기보전팀

현재 창원대학교 전자공학과 석사과정

※ 관심분야: 마이크로프로세서응용, 센서응용회로

김 상 갑(Sang-Gab Kim)



1994. 2. 경남대학교 전자공학과
공학사
2006. 8. 창원대학교 전자공학과
공학석사

2003년~ 현재 해군정비창 기술연구소 정보통신연구원

※ 관심분야: 센서응용회로, 레이더신호처리

최 중 경(Jung-Keyng Choi)



1986. 2. 고려대학교 전기공학과
공학사
1988. 2. 고려대학교 전기공학과
공학석사
1992. 3. 고려대학교 전기공학과 공학박사
1992년 ~ 현재 창원대학교 전자공학과 정교수
※ 관심분야: 서보기기제어, 자동통조제어, 마이크로
프로세서응용, DSP응용, 영상제어.