

# 산업용 무선온도측정 시스템 개발<sup>†</sup>

(Development of industrial wireless temperature System)

류정탁\*, 차부상\*\*, 김연보\*\*\*, 문병현\*\*\*

(Jeong-Tak Ryu, Bu-Sang Cha, Yeon-Bo Kim, Byung-Hyun Moon)

**요 약** 본 연구에서는 산업현장에서 직접적으로 활용할 수 있는 시스템에 중심을 둔다. 따라서 본 논문은 산업 실내 환경에 적합한 무선 기반의 원격 측정 시스템 설계에 관한 기초 연구로서 비교적 간단한 실내 온도 측정 시스템을 설계하고 제작하였다. 또한 실내 환경에서의 응용 가능성을 검토하기 위해 측정 거리에 따른 특성 분석과 안테나 변경에 따른 성능 차이에 대해 논한다.

**핵심주제어** : 무선센서, 산업환경, 온도센서, 실시간측정

**Abstract** In this paper, we give attention to a wireless temperature measurement system using in industrial site. Therefore, we developed and designed the remote measurement system for an industrial environment. To examine an application possibility of a industrial environment, we analyzed a temperature characteristic of wireless temperature system according to a measurement distance, and discussed about a performance difference according to an antenna change.

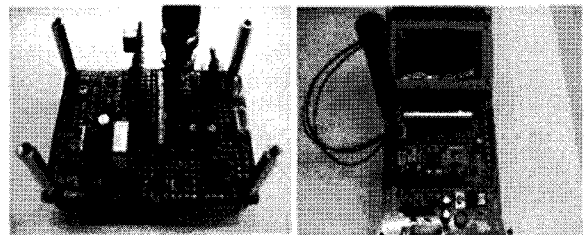
**Key Words** : Wireless sensor, industrial environment, temperature sensor, real-time processing

## 1. 서 론

정보사회의 발전으로 사회의 활동 영역과 구조가 변화되고 동시에 산업현장에서도 큰 변화를 가져오고 있다. 보다 쾌적한 환경에서의 작업에 의한 산업 능력의 향상은 산업 활성화에 있어 매우 중요시되고 있다. 실제적으로 산업현장의 환경은 산업 생산성에 큰 영향을 주고 있다[1].

일반적으로 산업의 현장에 따라 온도, 습도, 조도, 공기의 상태가 매우 다르게 나타난다. 또한 산업의 종류에 따라 이들 데이터 값들은 정밀하게 제어해

야할 필요성도 대두되고 있다. 반도체 공정과 같은 산업의 경우 매우 청정한 공기 상태를 유지하여 이물질에 대한 문제점들이 전혀 없어야 하는 반면에 단순히 제품에는 영향이 없으나 생산자의 생산 활동에 영향을 주지 않는 범위의 산업 환경을 유지해야하는 경우도 있다.



(a) 온도데이터처리 및 송신부 (b) 온도데이터 수신부  
(그림 1) 본 연구에서 개발한 산업용 무선온도센서 시스템의 송신부와 수신부

<sup>†</sup> 본 논문은 2007학년도 대구대학교 학술연구지원에 의한 논문임.  
\* 대구대학교 전자공학부 부교수 (교신저자 : jryu@daegu.ac.kr)  
\*\* 대구대학교 대학원 전자공학전공 석사과정 (현)오사카대학교 전자공학전공 박사과정  
\*\*\* 대구대학교 정보통신대학 교수

현재 무선센서환경 모니터링에 관련된 기술로 가장 관심이 되고 있는 것이 유비쿼터스 기술이라 할 수 있다[2~5]. 이 기술은 센서노드라고 하는 작은 시스템을 건물 전체의 필요한 공간에 배치하여 각 위치의 관련 정보를 중심 시스템으로 전송하여 필요한 정보를 분석하고 필요한 조치를 행하게 한다. 이 기술은 대형 건물이나 대형 생산현장에서는 매우 유용한 이용성을 보일 수 있다. 그러나 소형 및 중형의 산업현장에서는 보다 간편하고 필요한 정보만을 수집하여 산업 환경을 개선하고자 하는 것이 현실이라 할 수 있다. 이러한 이유로 최근 간편한 무선센서를 사용하여 각종 정보 수집에 활용하고 있는 경향이 있다[6~7]. 어떤 의미로서는 시스템의 성능 차이가 있을 뿐 모두가 같은 의미의 센서네트워크 환경 구축이라 할 수 있다.

본 연구에서는 'AD590' 상용 온도센서를 사용하여 산업환경의 데이터를 수집하고 433MHz 대역의 RF\_module을 사용하여 현장 테스트를 실시하였다. 산업 실내 환경에서의 응용 가능성을 검토하기 위해 측정 거리에 따른 특성 분석과 안테나의 종류에 따른 성능 분석을 실시하였다.

## 2. 개발 내용

### 2.1 시스템 구성 및 설계

시스템의 전체 구성은 크게 임의의 온도구간 변화에 따라 온도 값을 측정하는 센서부, 획득된 센서 값을 처리하기 위한 제어부(MCU:Micro Controller Unit)[8], 처리된 데이터를 무선으로 전송하기 위한 송신부와 수신부로 나누어져 있다. 본 실험에서 사용한 온도센서는 전류 구동형 전압 출력 센서로서 상용의 'AD590' 온도 센서를 사용하였으며 측정 가능 최대 범위는  $-55^{\circ}\text{C} \sim 150^{\circ}\text{C}$ 까지 이다[9]. MCU로부터 처리된 온도 데이터는 최종적으로 측정 시스템으로 전송하기 위해 433MHz 동작 주파수를 가지는 상용의 단 방향 RF\_module[10]이 사용되었다. 그림1은 본 연구에서 개발한 산업용 무선온도센서 시스템의 송신부와 수신부를 나타내고 있다.

### 2.2 시스템 동작과정

시스템의 처리 과정은 'AD590' 온도 센서로부터 온도 변화에 대한 변화량을 전압 값의 변화량으로 획득하게 된다. 획득된 센서 신호는 AD 변환기의 입력 전압범위인 0~5V에 맞추기 위해 상용의 OP-Amp를 사용하여 증폭과정을 거치게 된다. 적절히 증폭된 온도 신호는 송신부의 MCU로부터 전송하기 위한 데이터 포맷으로 변환되게 된다. 송신 준비가 완료된 온도 신호는 RF\_module을 통해 시스템의 최종 수신부로 전송되게 된다.

온도 센서 자체의 Offset 전압은 실온을 기준으로 약 1.25V가 출력되도록 조정하여  $0^{\circ}\text{C}$ 에 0V를 출력하고  $100^{\circ}\text{C}$ 에 5V가 출력되도록 동작 범위를 설정하였다. 이렇게 사용하기 위하여 온도 센서로부터 출력 되는 온도 데이터를  $1^{\circ}\text{C}$  증가할 때 마다 출력 전압이 약 50mV가 증가하도록 증폭기를 이용하여 회로를 재구성하였다.

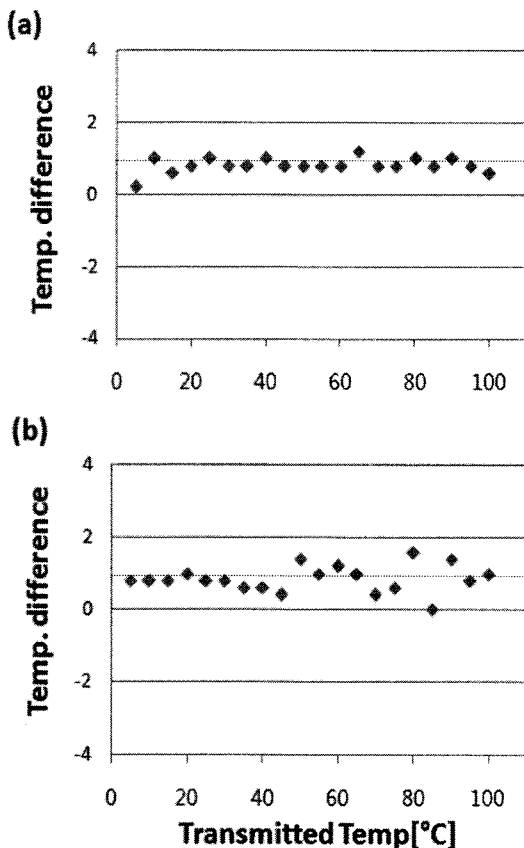
12bit의 분해능을 가진 AD 변환기를 이용하여 센서로부터 획득한 온도 데이터는 온도변화에 따른 12bit의 디지털 값으로 변환된다[11]. 이렇게 측정된 온도 데이터는 송신부의 MCU에 의해 임시 공간에 저장하게 되고, 최종 수신부로 데이터를 전송하기 위한 준비단계를 마치게 된다. 전송되는 데이터 형식은 RS-232C 포맷을 따르며 12 bit AD 결과 값을 8 bit 씩 나누어서 전송하게 된다. 이렇게 두 번에 걸쳐 8 bit 씩 전송하는 이유는 사용된 PIC one-chip microprocessor module에서는 한번에 8 bit 이상의 데이터를 전송할 수 없기 때문이다. 하지만 이렇게 2회에 걸쳐 데이터가 전송됨에 따라 약간의 시간 지연이 발생하더라도 실시간으로 데이터를 송수신하는데 있어 큰 문제가 발생되지 않았다.

온도 데이터의 무선 전송을 위해 사용된 RF\_module은 433MHz 주파수를 가지는 단 방향 RF\_module이다. 온도 데이터가 센서로부터 읽혀지고 전송되는 과정의 시간 간격은 약 0.5ms이며, 온도 데이터를 최종적으로 수신부에 전송되기까지의 시간은 약 1초 정도가 소요된다. 우선 송신부로부터 데이터를 전송하기 전에 데이터의 시작을 알리는 인식 명령 데이터를 우선 전송하게 되고 그 다음 온도 데이터를 연속적으로 송신하게

된다. 이렇게 전송되는 데이터는 RF\_수신기를 통해 차례대로 수신과정을 거치게 되고 수신부의 MCU에서 10진수의 온도 값으로 변환되어 최종 출력 화면으로 데이터를 보여주게 된다.

### 3. 실험결과

본 논문에서는 설계한 실내 온도 측정 시스템의 성능 및 특성을 실험하기 위해 10 meter 내외의 실내공간과 장애물이 있는 환경에서 실험이 수행되었다. 본 실험에서 적용된 측정 범위는 0°C~100°C까지이며 임의의 온도 변화를 주기 위해 온도 조정이 가능한 특수한 온도 Chamber를 사용하였다. 온도 조정이 가능한 Chamber 안에서 5°C 간격으로 온도 변화를 주고 그때 온도센서로부터 출력되는 전압 값을 측정하여 무선으로 전송하여 온

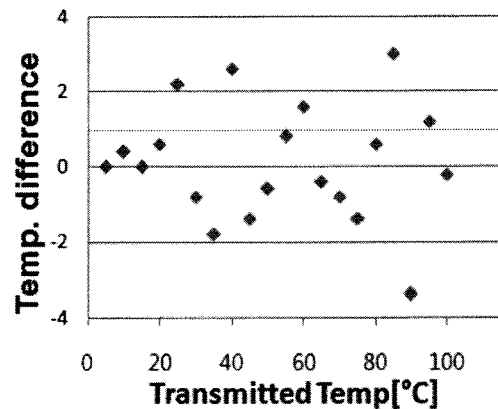


(그림 2) 무선온도센서의 거리에 따른 온도 측정 결과((a)3m (b)5m)

도 변화에 대한 데이터를 획득하였다. 그림 2는 거리 3m 및 5m에서 측정된 온도 값을 무선센서를 통해 송신하여 수신부에서 기록한 값을 나타내고 있다. y축의 값은 전후 두 온도 값의 차를 구한 다음 x축의 간격인 5로 나눈 값이 된다. 따라서 이상적인 값은 기울기 1에 접근하게 된다. 그림 2(a)의 3m에서 온도를 전송한 경우 그 값들은 '1'의 값에 접근하고 있음을 알 수 있다. 한편 그림 2(b)의 5m에서 온도를 전송한 경우 저온에서는 송신 온도와 수신 온도의 차이가 거의 없으나 고온이 될수록 약간의 편차가 있음을 알 수 있다. 따라서 실험 결과 5 meter 이내의 거리에서는 측정된 온도 데이터를 송신 및 수신하는 과정에서 데이터의 손실률이 그리 크지 않음을 알 수 있다.

이와 반대로 그림 3과 같이 거리가 10 meter 이상으로 증가하고 중간에 장애물이 존재할 경우에는 상대적으로 데이터의 손실률이 높아졌다. 그림 2(a) 및 2(b)에 비하여 데이터 값이 '1'의 값에서 매우 넓게 분포되어 있음을 알 수 있다.

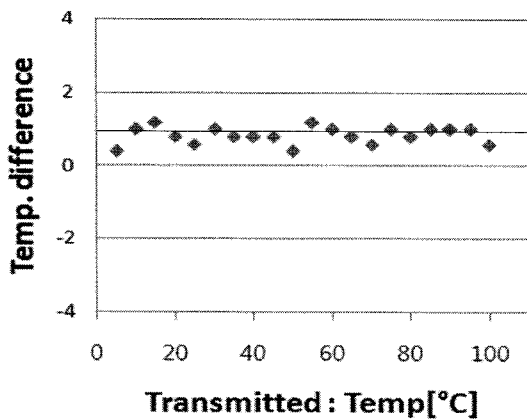
그림 3에서와 같이 거리 차이가 10 meter 이상일 경우 데이터의 손실률이 증가하는 요인으로는 우선 온도 데이터를 전송하는 과정에 있어서 무선 전용보드 설계의 정밀성과 안테나의 효율 문제를 예상 할 수 있다. 거리가 증가하고 중간에 장애물이 존재함에 따라 설계된 무선 측정 시스템의 출력 데이터가 도달 할 수 있는 거리가 제한을 받게 됨을 의미한다.



(그림 3) 무선온도센서의 거리 10m에 따른 온도 측정 결과

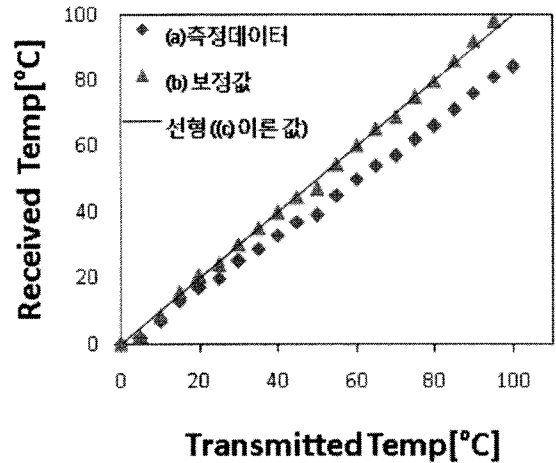
따라서 본 실험에서는 추가적인 실험으로 안테나 교체를 통한 무선 측정 보드의 성능을 향상시킴으로써 그 결과를 비교 분석해 보았다. 기존의 와이어 선을 이용한 Whip 안테나 대신 433MHz 주파수에 맞게 설계된 Helical 안테나를 사용하여 송수신 결과를 그림 4에 나타내었다.

그림 4에 나타난 결과를 살펴보면, 데이터의 편차가 많이 감소하고 있음을 알 수 있다. 즉 온도 변화에 따른 데이터의 무선 송수신시 Whip 안테나를 사용했던 것보다는 433MHz 대역의 주파수에 맞게 설계된 Helical 안테나를 사용했을 때의 결과값이 데이터를 송수신하는데 있어 보다 안정적이고 선형적인 결과를 나타냄을 알 수 있었다.



(그림 4) Helical 안테나에 의한 데이터 전송 결과

그러나 모든 거리에서 전송된 데이터들은 송신된 값과 수신된 값이 일치하지 않았다. 거리 10 M에서 전송하여 수신한 값 그림5(a)와 이상적 값인 (c)를 비교해 볼 때 저온에서는 송신 온도와 수신 온도가 거의 일치하고 있으나 고온이 될수록 그 차이는 매우 크게 나타났다. 이 결과는 10 M 뿐만 아니라 3M 및 5M의 데이터에서 같은 결과를 보였다. 이것은 온도센서의 성능적 문제로 설계된 시스템과의 간단한 보정이 필요함을 의미한다. 따라서 본 연구에서는 시스템의 알고리즘 변화를 통해 보정과정을 수행하였다. 간단한 보정식에 의해 그림5(b) 및 (c)와 같이 매우 정밀하게 데이터 값을 보정되었음을 확인할 수 있다.



(그림 5) 거리 10M에서 측정한 데이터 값과 이론값의 비교

#### 4. 결론

연구 결과 5 M 이내의 짧은 거리에서는 데이터의 송수신 결과가 비교적 안정적인 특성을 보였으나 10 M 이상의 거리에서는 데이터의 오차 범위가 크게 나타나는 문제점이 발생하였다. 하지만 이러한 문제는 안테나의 출력 특성을 개선시킴으로 인해 어느 정도 해소 시킬 수 있었다. 따라서 본 논문에서 제안하고 설계한 무선 실내 온도 측정 시스템은 10 meter 내외의 실내 공간에서 온도를 측정하고 결과를 실시간으로 송수신 하는데 있어 기존의 복잡한 측정 시스템과 비교하여 효율적인 특성 결과를 얻을 수 있었다.

#### 참고 문헌

- [1] 양정훈(역), “실내환경의 개선에 의한 생산성 향상에 관한 조사연구”, 대한설비공학회(해외 문헌소개) vol 34, No.4, pp 62~72.
- [2] 이승철, 정상중, 이영동, 정완영, “실내환경 모니터링시스템을 위한 무선 센서네트워크에서의 플러딩 방식의 질의모델 설계 및 구현”, J. of the Korean Sensors Society, Vol 17, No.3, pp 168-176 (2008)
- [3] 이차근, 박재화, “차세대 가스안전관리를 위한

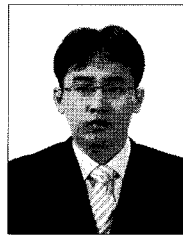
RFID/USN 이벤트 모니터링 시스템이 설계”,  
J. of the KOSOS, Vo. 23, No.5, pp.  
35-42(2008).

- [4] O. Postolache, M. Pereira, and P. Girao,  
"Smart sensor network for air quality  
monitoring application", IMTC 2005, Ottawa,  
Canada, pp. 537-542, (2005).
- [5] 나호준, 정창훈, 이동호, 이완규, 류대현, 남승  
훈, "USN 기반의 방재시스템 개발", 한국멀티  
미디어학회지 Vol.12, No.1, pp1-17 (2008).
- [6] Duk-Dong Lee, "Ubiquitous Network and  
Sensor Technology", Telecommunications  
Review, Vol 13. No 1, pp. 91-104, February  
2003.
- [7] Takayuki Fujita, Kazusuke Maenaka,  
"Intergrated multi-environmental sensing -  
system for the intelligent data carrier",  
Sensors and Actuators:A Physical, Vol.  
97-98, pp527-534, (2002)
- [8] Comfile Technology Company, "PICBASIC"  
User Manual, April 2003.
- [9] Analog Devices, "Two-Terminal IC  
Temperature Transducer", User Manual,  
2003.
- [10] Radiometrix Ltd, "UHF FM Data  
Transmitter and Receiver Modules TX2 &  
RX2" Data sheet, February 2002.
- [11] Microchip Technology Inc. "2.7V Dual  
Channel 12-Bit A/D Converter with SPI  
Serial Interface\_MCP3202" Data Sheet, 1999.



류 정 탁 (Jeong-Tak Ryu)

- 정회원
- 1992년 2월 : 영남대학교 전자공  
학과 (공학사)
- 1996년 : (일)오사카대학교 전자  
공학과 (공학석사)
- 1999년 : (일)오사카대학교 전자공학과 (공학박사)
- 2000년~현재 : 대구대학교 전자공학부 부교수
- 관심분야 : 센서시스템공학



차 부 상 (Bu-Sang Cha)

- 회원
- 2005년 2월 : 대구대학교 정보통  
신공학과(공학석사)
- 2006년 9월 ~ 현재 : (일)오사카  
대학교 공과대학 박사과정
- 관심분야 : 임베디드 시스템



김 연 보 (Yeon-Bo Kim)

- 정회원
- 1996년 영남대학교 전자공학과  
(공학박사)
- 1983년~현재 : 대구대학교 전  
자공학부 교수
- 관심분야 : 센서소자공학



문 병 현 (Byung-Hyun Moon)

- 정회원
- 1985년 6월 : Southern Illinois  
University 전자공학과(공학사)
- 1987년 6월 : University of  
Illinois(Urbana Champaign) 전  
자 공학과(공학석사)
- 1990년 12월 : Southern Methodist  
University 전자공학과(공학박사)
- 1991년 9월 ~ 현재 : 대구대학교 정보통신공학부  
교수
- 관심분야 : 디지털통신, 부호이론

논문접수일 : 2009년 1월 27일

논문수정일 : 2009년 3월 9일

게제확정일 : 2009년 3월 18일