

비접촉식 온도센서 어레이를 활용한 온도 계측시스템 개발

김성대*

The Development of Temperature Measurement System using Non-Contact Temperature Sensor Array

Sung-Dae Kim*

Department of Electrical Engineering, Tongmyong University, Busan 608-711, Korea

요 약

산업이 발전함에 따라 제조업 및 서비스 제품 등 다양한 분야에 열전달 장치 및 열전달 시스템이 활용되고 있다. 열전달 시스템의 자동화 및 모니터링 시스템을 통하여 환경을 관리하기 위해서는 온도 측정이 필요한 대상물의 직접적인 온도 및 측정 대상물의 주위 온도에 대한 계측이 필수요소라 할 수 있다. 특히, 이러한 온도 측정에 관한 두 가지 요소에 대하여 본 논문에서는 비접촉온도센서를 활용하여 온도 계측이 필요한 대상물에 센스를 직접 접촉하지 않고 대상물의 표면 온도를 계측할 수 있는 시스템과 대상물 주위 온도를 계측할 수 있는 모듈을 소형 MCU(microcontroller unit) 기반으로 설계하여 계측된 온도 데이터를 USN(Ubiquitous Sensor Network)기반의 지그비(ZigBee) 통신을 활용하여 온도 모니터링 시스템을 제시하고자 한다. 본 논문에서는 대상물의 온도와 주위 온도에 관한 정보를 계측하기 위하여 비접촉온도센서를 활용하여 대상물의 표면 온도 및 주위 온도를 계측할 수 있는 펌웨어 기반의 시스템을 설계하였다. 또한, 계측된 온도 정보 데이터를 지그비 통신을 기반으로 원격으로 온도 데이터를 모니터링 할 수 있는 시스템을 제시하고자 한다.

ABSTRACT

Recently, use of the heat transferring machine and systems has been increasing in various industrial fields. A key technique for constructing such process is basically to measuring temperature directly to objects established on industrial plants. Particularly, a non-contact temperature measurement is very important to realize advanced heat transferring systems. This paper presents a new measurement methodology for temperature by using USN(ubiquitous sensor networks) technique including the microprocessor unit based ZigBee communication systems. This proposed system is made to be applied in monitoring systems for non-contact temperature measurement. We designed firmware based measurement systems whose main function is to save a series of temperature data sets and send it to main monitoring systems.

키워드 : 비접촉온도센서, 지그비, 모니터링 시스템, 유비쿼터스 센스 네트워크

Key word : Non-Contact Temperature Sensor, ZigBee, Monitoring System, USN

Received 26 August 2015, Revised 28 August 2015, Accepted 07 September 2015

* Corresponding Author Sung-Dae Kim(E-mail:jbksd@tu.ac.kr, Tel:+82-51-629-1315)

Department of Electrical Engineering, Tongmyong University, Busan 608-711, Korea

Open Access <http://dx.doi.org/10.6109/jkiice.2015.19.9.2087>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

I. 서 론

측정 대상물의 주위 온도 및 대상물의 표면 온도를 계측하고 관리해야 할 경우, 주위 온도를 측정하기 위하여 다수의 온도계를 설치하여 온도를 측정하는 것이 일반적이지만 대상물의 표면 온도와 주위 온도를 동시에 측정하진 못하고 있다. 현재 열관리 시스템은 대상물 표면 온도와 주위 온도에 관한 데이터가 중요시 되고 있으며, 산업현장에서는 효율적인 온도 관리를 위하여 시간적으로 변화하는 온도 데이터에 대한 데이터 처리를 요구하고 있다.

온도 관리에 대한 문제는 실제 산업현장과 일반 가정 및 병원 등에서도 많이 발생한다. 이러한 온도 관리에 대한 문제를 해결하기 위하여 열처리 및 온도 관리에 관련된 많은 장치들이 존재하고 있다. 그러나 뜻밖에 발생할 수 있는 고장은 막대한 손실을 가져오게 된다. 그러한 이유는 대부분의 온도 관리시스템은 단순히 주위 환경에 대한 온도 계측을 통하여 관리되고 있으며, 실제 대상물에 대한 표면 온도의 측정이 동시에 이루어지지 못하고 있어 정확한 온도 및 열 관리시스템에 많은 문제를 안고 있는 것이 현실이다.

열관리 시스템을 구현하기 위해서는 열관리 대상물의 표면 온도 분포를 계측하여 특정된 데이터로부터 열 전달 계수를 계산하여 온도 및 열관리 시스템을 설계해야 보다 정확한 관리시스템을 구현할 수 있다. 즉, 보다 정확한 열관리 및 온도관리 시스템을 설계하기 위해서는 대상물의 표면 온도와 대상물의 주위 온도 두 가지 모두를 활용해야 한다는 것이다[1-9]. 또한, 대상물의 표면 온도를 측정하고자 할 때, 측정 대상물이 곡면이거나 온도 측정 대상물이 특정 영역을 정밀하게 집중적으로 계측해야 할 경우에는 다양한 문제가 발생한다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 고가의 열적외선 카메라를 활용하는 것은 매우 비효율적이라 할 수 있다.

본 논문에서는 이러한 비효율적인 문제를 해결하기 위하여 복수개의 작은 크기의 모듈로 만들어진 여러개의 비접촉 방식인 적외선 온도센서 모듈을 활용하여 대상물의 온도를 측정할 수 있는 시스템을 구성하고자 하며, 계측된 온도 데이터를 원격지로 전송하기 위하여 기기들 사이를 네트워크를 형성하여 데이터를 전송할 수 있는 지그비(ZigBee) 기술을 활용하여 온도 데이터를 원격지로 전송할 수 있는 시스템을 제시하고자 한다.

II. 비접촉온도센서 및 ZigBee 통신

2.1. 비접촉온도센서

온도 센서는 크게 접촉형과 비접촉형으로 분류할 수 있다. 접촉형은 측정대상에 직접 접촉하여 데이터를 획득하는 타입이며, 비접촉형은 측정대상과 센서를 일정한 간격으로 분리하여 방사되는 적외선을 계측하여 온도를 측정하는 방식이다.

본 논문의 구현에 사용된 적외선 온도센서 모듈은 표면 온도와 주위 온도를 계측할 수 있는 Diwell 전자의 DTS-L3000-v2를 사용하였으며, 주요한 특성은 비접촉 상태에서 대상물의 표면온도와 주변온도를 500[ms] 이내에 측정할 수 있으며, SPI(Serial Peripheral Interface) 방식으로 대상물의 표면 온도와 주변 온도를 순차적으로 출력한다[10].

본 논문에 사용된 모듈에 대한 SPI 데이터 통신 타이밍 다이어그램(timing diagram)을 아래의 그림 1에 제시하였다. 그림 2는 표면 온도와 주변 온도에 대한 데이터 타이밍 프로토콜을 제시하였다.

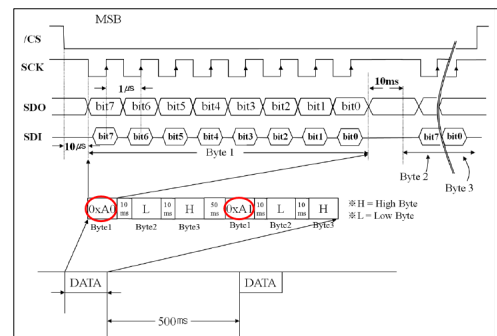


그림 1. DTS-L3000-v2의 데이터 타이밍 다이어그램
Fig. 1 The data timing diagram of DTS-L3000-v2 module

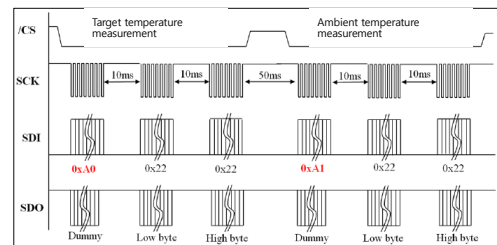


그림 2. 대상물의 온도 계측 및 주변 온도 계측 타이밍
Fig. 2 The measurement timing of target and environment

DTS-L3000-v2의 온도측정 온도 범위는 -30~300[°C]이며, DS ratio = 15:1이다. 표면 온도는 센서 모듈로부터 측정 대상물 표면까지의 DS ratio 내의 전체 면적의 평균값으로 계측된다.

본 논문에서는 이러한 특성을 고려하여 소형의 MCU를 기반으로 표면 온도와 주위 온도를 계측할 수 있는 모듈을 개발하고자 한다.

2.2. ZigBee 통신

ZigBee 통신은 IEEE 802.15.4 표준 기반의 저전력/저가적인 저속 근거리 무선통신의 국제 표준 스펙이다.

ZigBee 통신에 사용되는 주파수는 허가 없이 사용할 수 있는 ISM(Industrial, Scientific, Medical) 대역을 사용하며, 우리나라에서는 2.4[GHz]를 사용하며, 16개 채널을 사용할 수 있다. 무선 전송 속도의 경우 2.4[GHz]~250[kbps]의 속도로 데이터를 전송하며, 전송 거리는 제조업체마다 다르지만 평균 실내 30[m], 실외 100[m]로 알려져 있다.

ZigBee 센서 네트워크의 구조는 데이터를 수집하는 센서노드(sensor node)와 수집된 데이터를 외부로 전달하는 싱크노드(sink node)로 구성된다. 또한, ZigBee 네트워크를 4 Depth까지를 권하고 있으며, 데이터를 송신할 경우, 송신에 대한 결과값(ACK수신)을 확인한 후 다음 데이터를 송신이 가능한 것에 주의하여야 한다.

본 논문에서는 비접촉 온도센서 모듈과 ZigBee 모듈을 결합하여 원격지로 온도 데이터를 전송하도록 하여 원격지 PC 기반으로 온도 데이터를 관리하고 모니터링하도록 시스템을 설계하였다[11-14].

III. 시스템 구성 및 설계

본 논문에서 구현하고자 하는 비접촉온도센서 기반의 온도 관리 시스템 구성도는 그림 3에 제시하였으며, 일반적인 열처리 공정 라인에 있어서 대상물의 표면 온도의 계측이 필요한 분야에 응용할 수 있는 가상의 시스템 구성도이다.

본 시스템의 구성에 사용된 비접촉 방식의 적외선 온도센서 모듈은 Diwell 전자의 DTS-L3000-v2 3개를 사용하였으며, 각각의 센서 모듈을 SPI 통신으로 데이터를 인터페이스 할 수 있는 32bit SN32F707(ARM

Cortex M0 processor)을 통하여 온도 데이터를 획득하도록 하였다. 또한, 온도 데이터 획득용 MCU 모듈과 데이터 전송용 ZigBee 모듈을 제어하는 MCU 모듈은 ATmega128을 활용하여 ZigBee 송신모듈 및 수신모듈을 설계하여 시스템을 구성하였다.

원격지 ZigBee 수신모듈을 통하여 계측된 온도 데이터를 PC에서 데이터를 모니터링 할 수 있도록 비접촉 온도센서 시스템을 구성하였다.

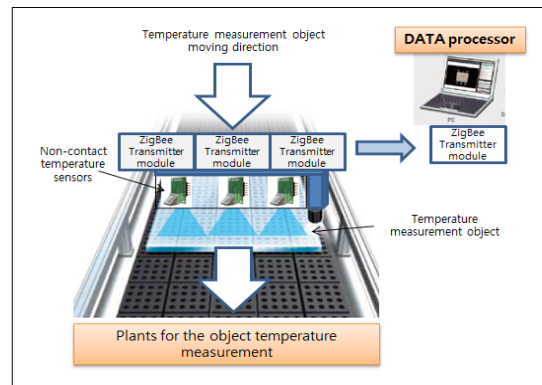


그림 3. 비접촉 온도센서 시스템의 구성도
Fig. 3 Structure of non-contact temperature sensor system

그림 4는 ATmega128 기반으로 개발한 sensor node에 대한 PCB Top 뷰와 Bottom 뷰를 제시하였다.

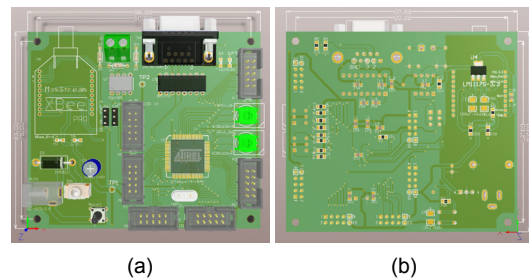


그림 4. (a) ZigBee 센서노드 탑 뷰, (b) ZigBee 센서노드 바닥 뷰
Fig. 4 (a) Top view of ZigBee sensor node, (b) Bottom view of ZigBee sensor node

온도 데이터를 모니터링하고 관리하는 PC로의 데이터 전송은 ZigBee 기반의 싱크노드가 담당하며, 전송 속도는 9600[bps]로 설정하였으며, 싱크노드와 PC와의 통신은 RS-232C 기반으로 데이터를 전송하도록 하였

다. 모니터 프로그램의 구현은 LabView를 기반으로 PC 환경에서 개발하였다.

싱크노드는 센서노드와 같은 PCB 보드를 선정하였으며, ZigBee 모듈의 내부 파라메타를 변경하여 1:3 통신을 수행하도록 설정하며, Master 1개와 Slave 3개로 설정하여 12개의 채널을 구분하여 사용하도록 하였다. 네트워크의 구성은 Master에서 전송된 데이터는 모든 Slave에 전달되고, Slave에서 전송된 데이터는 Master만 수신하도록 ZigBee 네트워크를 구성하였다.

IV. 시스템 구현

시스템의 구현은 그림 5와 같이 3개의 비접촉온도 센서 모듈과 비접촉 온도센서 제어보드 및 ZigBee 기반의 센서노드는 3개를 설치하였다. 비접촉온도 센서와 제어보드와의 인터페이스는 SPI 통신으로 고속 동기식 데이터 전송으로 온도 데이터를 수신한다. SPI 통신의 클럭(clock) 주파수는 1[MHz]로 설정하며, SCK(Serial Clock) 아이디얼 상태는 High로 설정하고, MSB를 먼저 전송하며, SCK 데이터 전달은 상승에지(rising edge) 방식으로 데이터를 전송하도록 한다.

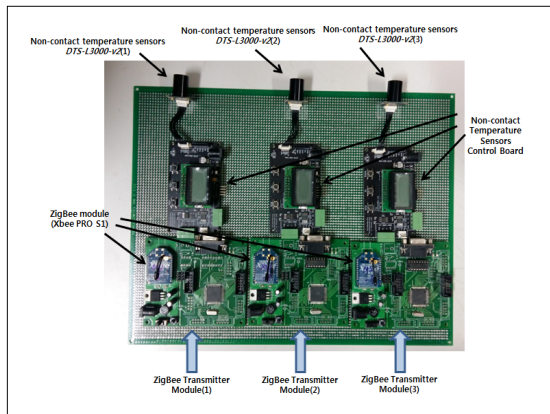


그림 5. 비접촉 온도센서 모듈과 ZigBee 기반의 센서노드 모듈
Fig. 5 The non-contact temperature sensor module and the sensor node module using ZigBee module

그림 6은 LabView기반의 모니터링 프로그램과 ZigBee 기반의 싱크노드와 연결된 부분을 제시하였다.

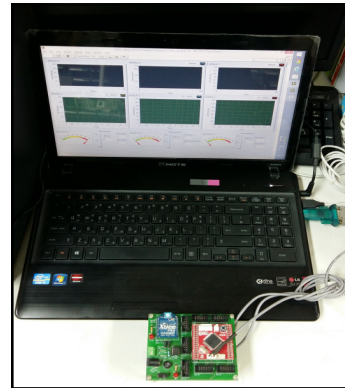


그림 6. LabView 기반의 모니터링 프로그램과 ZigBee 싱크노드

Fig. 6 The monitoring program based on LabView and the sink node of ZigBee

그림 6에서 제시한 바와 같이 3개의 비접촉온도 센서에 대하여 각각의 시작은 start(&)로 시작하여 고유 아이디(ID)를 부여하고 각각의 분리자(.)를 통하여 표면 온도 및 주위 온도를 아스키코드(ASCII code)로 표시한 뒤 end(#)을 붙여 문장의 끝이라는 것을 표시하도록 프로토콜을 정의하였다.

표면 온도 및 주위 온도는 ZigBee 송신모듈 내부에서 데이터를 실제 표면 온도와 주위 온도를 변형하여 아스키 형태의 데이터로 전송하도록 개발하였다.

온도 측정은 1[sec]~10[min] 사이의 시간을 사용자가 자유롭게 설정하여 온도를 측정할 수 있도록 시스템을 설계하여 구성하였다.

또한, 필요에 따라 센서노드를 자유롭게 이동시켜 온도 관리가 필요한 특정된 부분에 설치하여 대상물의 표면 온도와 주위 온도를 집중적으로 계측하고 관리할 수 있도록 시스템을 개발하였다.

ZigBee 모듈의 경우 싱크노드를 통하여 들어오는 데이터 구조는 아래에 정리하였으며, 표 1에 제시하였다.

- ① start (&) : 1byte
- ② ID : 1byte
- ③ 분리자(.) : 1byte
- ④ 표면 온도(xx.xx) : 5byte
- ⑤ 분리자(.) : 1byte
- ⑥ 주위 온도(xx.xx) : 5byte
- ⑦ end(#) : 1byte

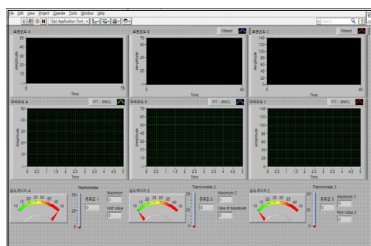
표 1. 데이터 통신 프로토콜
Table. 1 Data communication protocol

start	ID	Separator (.)	Surface temperature (xx.xx)	Separator (.)	Ambient temperature (xx.xx)	end
1	1	1	5	1	5	1
&	0	,	12.34	,	56.78	#

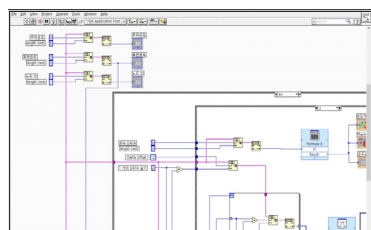
모든 데이터 포맷은 아스키코드 형태로 전송하며, 데이터 메시지는 slave인 센서노드로부터 출발하여 master인 싱크노드를 거쳐 PC의 RS-232C를 통하여 LabView 프로그램으로 메시지 정보가 너머 오게 된다.

전송된 메시지 데이터는 LabView 프로그램의 데이터 파싱(parsing) 알고리즘을 통하여 데이터를 모니터링 하게 된다.

그림 7은 LabView를 기반으로 하여 비접촉온도센서의 노드로부터 수신된 온도 데이터를 처리하는 부분으로 프런트패널(front panel)과 블록 다이어그램(block diagram)을 각각 제시하였다.



(a)



(b)

그림 7. (a) 프런트 패널, (b) 블록 다이어그램
Fig. 7 (a) Front Panel, (b) Block Diagram

V. 결론 및 향후 연구

본 연구를 통하여 구현된 비접촉 온도센스 기반의 온

도 계측시스템 및 ZigBee 기반의 데이터 전송시스템은 열처리 공정 및 온도 관리 시스템에 있어서 실제 대상물의 표면 온도 및 주위 온도를 직접 계측할 수 있어 열처리 공정 개선 및 보다 지능적인 온도 관리 시스템을 구현하는데 많은 도움이 될 것으로 기대 되며, 고가의 열적외선 카메라를 대신할 수 있을 것으로 기대된다.

비접촉 온도센서를 통하여 비접촉 방식의 과열방지 시스템 및 대상물의 주변 온도를 모니터링 할 수 있어 다양한 온도 제어시스템에 활용할 수 있을 것으로 기대된다. 또한, 비접촉 방식으로 사람의 인체온도를 측정할 수 있는 계측시스템을 설계할 수 있을 것으로 기대된다.

최근에는 무선통신 기술이 발전함에 따라 일반 기기들 간의 데이터 통신이 가능한 IoT(Internet of Things) 기반이라는 새로운 환경을 만들어 나가고 있으므로, 향후 연구과제는 여러 개의 어레이 형태로 배치하여 저가의 가격으로 고가의 열화상 카메라를 대신할 표면 온도 계측 시스템을 개발해 나갈 것이다.

뿐만 아니라, ZigBee 통신과 IoT 기술을 접목하여 비접촉 온도센서를 통하여 대상물의 표면 온도와 대상물의 주위 온도를 동시에 계측할 수 있는 시스템을 연구 개발하여 과열방지 시스템, 산업용 온도 계측 시스템, 체온 측정 시스템 및 기타 가전기기에 활용할 수 있는 IoT 기반의 스마트 온도 관리 시스템을 개발하고자 한다.

ACKNOWLEDGMENTS

“This research was supported by the Tongmyong University of Research Grants 2013”

REFERENCES

- [1] H. S. Kim and Y. I. Kim, “Real Time Monitoring of Temperature by Using the Network and Autoprocessing of the Measurement Data”, *JOURNAL OF THE INDUSTRIAL TECHNOLOGY INSTITUTE*, Vol.11, No.-, pp. 1-4, 2003.
- [2] M. S. Kang and S. H. Hong, “Implementation of Temperature Measurement System Using Fuzzy Theory”,

- International Journal of Control Automation and Systems*, Vol.1997, No.7, pp.510-512, 1997.
- [3] J. R. Yang, and J. T. Lue, "A Microcomputer-Based Programmable Temperature Controller", *IEEE Tracs Inst.*, vol.IM-36, no.1, March 1987.
- [4] Y. I. Kim, M. D. Oh and D. Y. Han, "Measurement of Temperature, Humidity and Pressure in Refrigeration and Air - conditioning ", *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, vol.21, No.5, pp.402-417, 1992.
- [5] H. H. Choi, "A Study on the Temperature Measurement Algorithms in Biological Tissue by Ultrasound", *INJE UNIVERSITY*, vol.8, vo.1, pp. 369-379, 1992.
- [6] M. G. Kim and Y. C. Jang, "A 2.5V 0.25 μ m CMOS Temperature Sensor with 4-bit SA ADC ", *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol.17, no.2, pp. 378-384, 2013.
- [7] J. H. Choi, "A Design of Temperature Sensor Circuit Using CMOS Process ", *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol. 13, no. 6, pp. 1117-1122, 2009.
- [8] C. W. Lee, S. J. Lee, K. K. Jung, H. K. Lee and K. H. Eom, "An implementation of Smart RFID Tag using temperature sensor for agri-food distribution management ", *Proceedings of the Korean Institute of Information and Communication Sciences Conference*, pp. 231-234, 2011.
- [9] K. S. Lee and H. D. Kim, "Thermo-optic Effects of Optical Temperature Sensor", *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol. 10, no. 11, pp. 2049-2054, 2006.
- [10] <http://www.diwell.com>
- [11] K. I. Kang and G. H. Kim, "A Study on the Implementation of a Portable Healthcare System using Zigbee", *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol. 11, no. 9, pp. 1793-1798, 2007.
- [12] S. Jung and H. Y. Kim, " A Study on the location tracking system by using Zigbee in wireless sensor network", *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol. 14, no. 9, pp. 2120-2126, 2010.
- [13] H. B. Park and J. H. Seo, "Study for Chronic Diseases Patients Management System using Zigbee of based WPAN", *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol. 15, no. 4, pp. 965-972, 2011.
- [14] K. J. Kim, W. S. Cho and Y. K. Kim, "Design and Implementation of System for Wireless Transmission of Medical Information Using Zigbee", *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol. 9, no. 3, pp. 487-492, 2005.



김성대(Sung-Dae Kim)

1984년 동아대학교 물리학과 졸업(이학사)
 1986년 동아대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
 1996년 동아대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)
 1991년 ~ 현재 동명대학교 전기공학과 부교수
 ※ 관심분야 : 자동제어, 인공지능