

# 지그비 통신을 이용한 원격 온도제어 시스템

박양재  
가천대학교 컴퓨터공학과

## Remote Temperature Control System using a Zigbee Communication

Yang-Jae Park

Dept. of Computer Engineering, Gachon University

**요약** 본 논문은 지그비 통신 기술을 이용하여 원격지의 냉장고 온도를 실시간으로 모니터링 및 제어 할 수 있는 원격온도 제어 시스템을 개발하였다. 개발된 시스템은 냉장고의 기능(온도 유지 등)을 24시간 감시하며, 원격지에서 모니터링 데이터를 확인이 가능하며 필요시 온도의 설정 값을 변경도 가능하다. 설정된 온도 값을 벗어나면 관리 서버에 경고 발생과 미리 설정된 관리자에게 위급상황을 SMS를 전송하여 관리자가 문제점을 확인하고 필요한 조치를 취할 수 있도록 설계하였다. 개발된 시스템을 상업용 및 의료용, 실험용 재료보관용 냉장고에 적용하여 한 대의 MZM(Master Zigbee Module)로 최대 16대의 SZM(Slave Zigbee Module)로 냉장고들의 현재온도와 고장 등 상태를 실시간으로 관리할 수 있다.

**주제어** : 지그비, 온도제어, 원격온도제어, 실시간 모니터링, 지그비 통신

**Abstract** In this paper, a remote control system capable of monitoring and controlling the temperature of a refrigerator in real time using the ZigBee communication technology is developed. The developed system provides 24-hour surveillance function including temperature maintenance and it is able to determine monitored data from a remote location and to change the setting of the temperature value. In case the value is out of the setting, it is designed for administrators to verify the problem and take action, sending alarms to management server and the emergency to a preset administrator via SMS. Applying this system to refrigerators storing commercial, medical, and experimental material, the real time status such as temperature and malfunction of refrigerator can be managed up to 16 SZM(Slave Zigbee Module) by only one MZM(Master Zigbee Module).

**Key Words** : Zigbee, Temperature Control, Real-time Monitoring, Zigbee Communication

### 1. 서론

오늘날 음식물, 농축산물, 의료용 비품 등의 저장규모가 대형화되면서 이들의 대규모 저장을 위해 사용되는 냉동·냉장고 등의 상태를 실시간 모니터링 하여, 적정온

도를 유지하도록 제어하여 안전하게 보관하기 위한 시스템 구축에 대한 요구가 커지고 있는 추세이다. 냉동·냉장고의 고장 발생 시 즉각적인 대처가 이루어지지 않으면 제품의 변질 등으로 인하여 큰 손실을 초래하거나 인체에 치명적인 손상을 야기하는 원인이 될 수도 있다. 제대

Received 2 March 2016, Revised 30 March 2016  
Accepted 20 April 2016, Published 28 April 2016  
Corresponding Author: Yang-Jae Park(Gachon University)  
Email: parkyj@gachon.ac.kr

© The Society of Digital Policy & Management. All rights reserved. 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.

ISSN: 1738-1916

혈을 보관하는 냉동고의 온도표시장치의 고장으로 인하여 많은 제대혈이 변질되어 사용할 수 없는 문제가 발생한 사고와 혈액원의 냉동고에서 보관 중이던 혈액 샘플 약 52만개가 제어판의 온도표시장치의 고장으로 상온에 약 10일간 노출되는 사고가 발생하여 폐기하는 사고가 발생하기도 하였다. 이와 같이 온도이상 시 알려주는 알람정보 시스템 기능이 갖추어져 있으면 초기에 대응하여 문제를 예방하는 원격온도제어 시스템을 설계하고 구현하였다.

원격 온도제어 시스템의 통신으로 센서 네트워크 분야에서 가장 많이 사용되는 지그비(Zigbee)통신기술을 적용하였다. 지그비는 초소형, 저전력, 저가격 측면에서 우수한 특징을 가지고 있으므로 무선 임베디드 기반 산업과 컨트롤러 시스템을 효율적으로 지원할 수 있는 무선 통신 기술이다. 지그비를 이용하여 무선통신을 설계하고 구현하였으며 센싱 온도를 읽고 AD변환하여 무선을 통하여 디지털로 전송한다. 반경 30m 이내에서 250Kbps의 속도로 데이터를 전송하며 메시 네트워크 구조를 이용하여 하나의 무선 네트워크에 약 255대의 기기를 연결할 수 있는 확장성이 매우 우수한 기술이다[16].

산업용 및 의료용 냉장고·냉동고 시장에서의 알람 기능을 갖춘 시스템 도입 필요성이 증대와 강화된 HACCP(한국 식품 안전 관리 인증원)에 적합한 냉장고·냉동고의 안전관리 항목에 대한 지속적인 관리가 필요하고 문제 발생 시 신속한 조치를 취하기 위하여 실시간 온도 모니터링 기능이 필수적으로 요구되고 있으며, 대외적인 범규를 만족 시키는 안전관리 데이터 기록 및 유지가 필요하게 되었다. 또한 사용 조건 변동 시 즉시 대응이 가능하게 원격지에서 설정 값의 변경이 가능하면 어느 곳에서도 대응이 가능하여 편리하게 이용할 수 있으며, 원격지에서 냉동고가 정상적으로 제어 되는지 설정 값을 변경하여 테스트도 가능하도록 설계하였다.

## 2. 관련연구

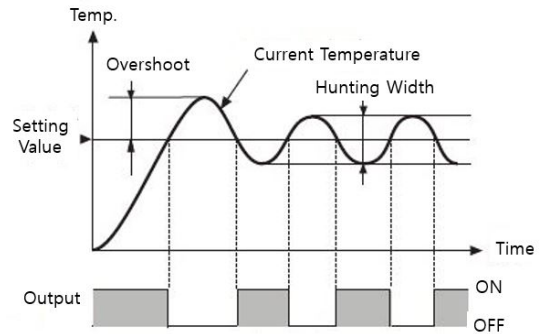
### 2.1 온도제어의 종류와 특성

온도제어에서 최적제어를 하기 위해서는 온도조절기나 온도센서를 선택하기 전에 제어 대상이 열적특성에는 열용량, 즉 가열의 용이함을 나타내며, 제어대상(전기로,

항온조)의 크기에 관계하며, 정특성은 가열의 능력으로 히터의 용량의 대·소로 결정 된다. 동특성은 가열초기의 급상승 특성(과도응답)을 나타내며, 외란은 온도를 변화시키는 원인을 말하며, 항온조 문의 개폐, 내용물의 입출고, 주변온도의 변화이다[17].

#### 2.2.1 ON/OFF 제어

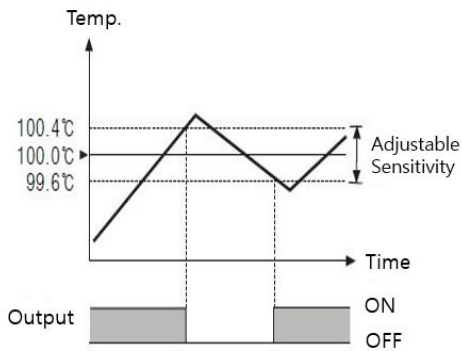
현재 온도(PV)가 설정 값(SV)보다 낮을 때는 출력이 ON되어 히터에 전원이 공급되며, 설정 값보다 높을 때는 출력을 OFF하여 히터의 전원을 끄는 방식이다[1]. 이와 같이 현재온도와 설정값을 비교하여 전원을 ON, OFF하여 온도를 제어하는 방식으로 [Fig. 1]과 같다.



[Fig. 1] ON/OFF Control

#### 2.2.2 조절감도 제어

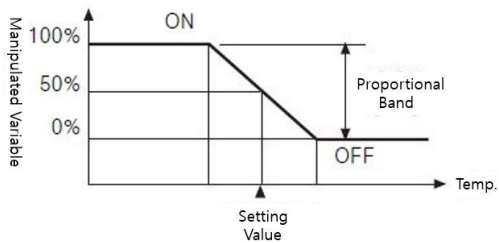
ON/OFF 제어에서 설정 값에서만 ON, OFF 동작을 하면 출력이 발진하거나 노이즈의 영향을 받기 쉽다. 그러므로 [Fig.2]와 같이 ON, OFF 구간을 설정하여 이 간격 안에서 ON, OFF동작을 수행하는데 이 구간을 조절감도(Hysteresis)하고 한다. 냉동기의 경우 ON, OFF 동작이 자주 일어나면 컴프레서에 무리가 발생되므로 조절감도를 크게 하여야 한다. 최근 미세 분야의 전자, 기계 시스템의 개발이 활발히 진행됨에 따라 미세구동 시스템에 적합한 마이크로 구동원의 요구가 증가 되고 있다. 미세구동기는 마이크론이나 나노미터 수준의 아주 세밀한 작동을 위해 사용되며 레이저 간섭계내의 구리거울의 미소한 위치결정을 하는 초정밀 위치결정 시스템, 방진시스템 등에 적용되는 방식이다[2].



[Fig. 2] Hysteresis Control

### 2.2.3 비례제어

설정값에 대하여 비례대를 가지며, 비례대 내에서 설정값과 현재 온도의 편차에 비례하는 조작량을 출력하는 제어이로 입력전압에 비례한 압력과 유량의 선형구간을 활용한 개회로 제어용으로 많이 사용되고 있다[3]. 현재 온도가 A지점에 도달 할 때까지는 조작량은 100%가 되어 출력은 ON되고, A지점(비례대 하한선)을 넘으면 비례주기를 갖게 되고 각 주기 내에서 제어출력이 ON, OFF하는 동작을 하는 제어로 [Fig. 3]와 같다.

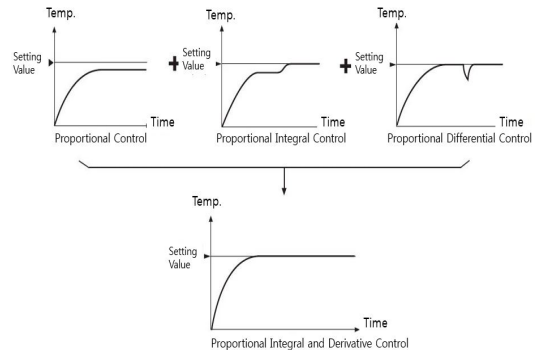


[Fig. 3] Proportional Control

### 2.2.4 PID 제어

PID제어는 비례제어, 적분제어, 미분제어를 합한 제어 방법으로 지연시간을 가진 제어 대상에도 뛰어난 제어 결과를 나타낸다. 특히 제어기의 매개변수가 시스템의 특성에 맞게 동조 되었어도 외란인가 시에는 설정값에서 크게 벗어나게 된다. 외란인가 시의 영향을 최소화하는 방법으로 적분회환, 전향 제어기 등의 연구되고 있으나 외란 및 시스템의 정보가 정확하게 알려져야 제어기 설계가 가능하다[4, 5]. 비례제어(P)에서의 오버슈트나 현

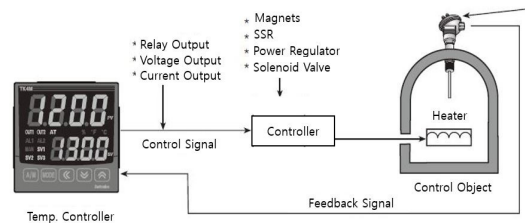
탕이 없는 부드러운 제어를 행하고, 적분동작(I)으로 오프셋(Offset)을 자동적으로 수정하고, 미분동작(D)으로 외란에 대한 응답을 빠르게 할 수 있으므로 PID제어를 이용하면 이상적인 온도제어가 가능하며 [Fig. 4]에 나타내었다.



[Fig. 4] Proportional Derivative Control

## 2.2 온도제어시스템의 구성

온도를 제어하기 위한 시스템은 [Fig.5]와 같이 구성된다.



[Fig. 5] The configuration of the temperature control system

온도조절기에서는 온도 센서의 전기적인 신호를 받아 설정온도와 비교하여 조작기에 조절신호인 릴레이 출력, 전압, 전류)를 보내는 기능을 하며, 조작기에서는 전기로 등을 가열하거나 냉각하는 조작기로써 히터에 공급하는 전류를 개폐하는 전자개폐기, 연료를 공급하는 솔레노이드 밸브 등으로 구성된다. 온도 센서에서는 온도를 전기적인 신호로 변환시키는 소자를 파이프관으로 보호한 구조로 되어 있으며, 이 소자를 일정한 온도로 유지시키고자 하는 부분(검출부)에 설치하여 사용한다[2].

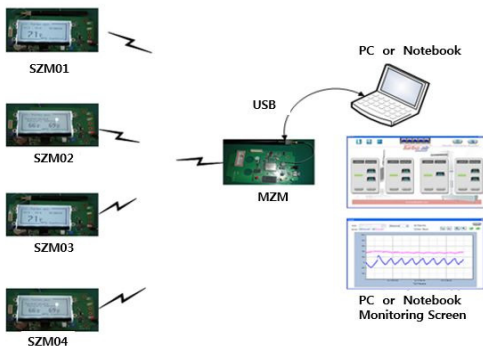
### 2.3 지그비(Zigbee)기술

지그비는 간소화된 프로토콜과 제한적인 기능으로 소량의 데이터 전송을 위한 저비용의 차세대 무선 네트워크에 적합한 저전력 무선통신기술이며 국제 표준 프로토콜이다[15]. 지그비는 868MHz, 915MHz, 2.4GHz 주파수 대역에 해당하는 단거리 무선통신 기술 표준으로 IEEE 802.15.4에 의해 정의된 물리계층과 MAC계층을 사용한다[12]. 지그비는 저전력을 소모하므로 배터리 하나로 수년을 사용할 수 있으며, 시스템 구조가 간결하여 8비트 마이크로컨트롤러로 구현이 가능하다. 설치와 유지비용이 많이 드는 백본이나 인프라가 필요 없으므로 설치나 유지보수가 쉽다. 지그비는 여러 기능을 가진 블루투스와는 대조적으로 오직 원격 감지, 감시, 제어, 모니터링의 응용에 초점을 맞추어 가격을 최대한 낮추고, 전력소모를 최소화하는 방향으로 설계되었다[13,14]. 이 기술이 제공하는 저가격, 효율적인 저전력 무선통신 방식은 산업 및 가정 모니터링, 제어 및 의료 진단 등의 다양한 분야에 적용이 가능하다. 현재 시장에서 가장 주도적인 분야는 산업용, 상업용, 가정용 시스템으로 많이 적용되어 사용하고 있다[6].

## 3. 시스템의 구성

### 3.1 원격온도 제어시스템

냉동고·냉장고의 온도를 원격으로 제어하기 위한 시스템은 [Fig. 6]과 같이 SZM(Slave Zigbee Module)과 MZM(Master Zigbee Module), 그리고 온도제어 소프트웨어로 구성된다.

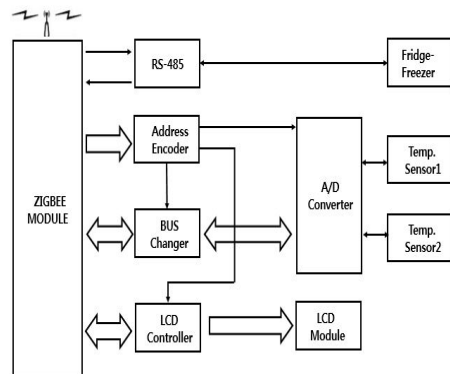


[Fig. 6] Configuration of the system

냉동고·냉장고의 온도 유지 기능을 24시간 실시간 모니터링하기 위하여 원격지에서 모니터링 데이터를 확인이 가능하고 필요 시 온도 설정 값의 변경을 임의로 할 수 있다. 규정된 온도의 상·하한 값을 벗어 날 경우 미리 설정된 관리자에게 SMS를 전송하여 담당자가 문제점을 확인하고 필요한 조치를 취할 수 있도록 설계 하였다.

### 3.2 마스터 지그비 모듈의 설계

마스터 지그비 모듈은 슬레이브 지그비 모듈과 지그비 통신을 통하여 수신된 데이터를 PC와 USB 케이블을 이용하여 PC에 전달되고 관리 된다. 저장용량은 1GB 플래쉬 메모리를 내장하면 매 30초 마다 취득된 데이터를 저장하는데 약 3년간 저장이 가능하다. 마스터 지그비 모듈은 [Fig. 7]과 같이 설계하였고 <Table 1> 마스터 지그비 모듈의 사양이다.



[Fig. 7] Master Zigbee Module

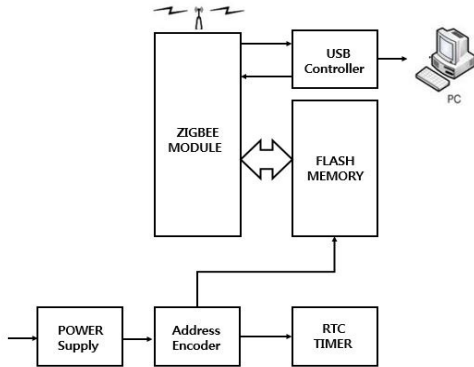
<Table 1> Specification of Mlave Zigbee Module

ITEM	Specification
Storage Memory	Above 1GB
PC Connection	Above USB2.0
Transfer Rate	115200,n,8,1
Protocol	CRC16 check application Protocol
Zigbee Module	Radio Pulse M220
Wireless Comm. Spec.	IEEE 802.15.4, 16 Channel
Network Config.	RP-NET
Operating Voltage	AC120V±10%, DC5V, 2A Adaptor
	AC220V±10%, DC5V, 2A Adaptor

### 3.3 슬레이브 지그비 모듈의 설계

냉동고·냉장고의 컨트롤러와 RS-485 통신으로 연결

이 가능 할 경우 통신을 통해 데이터를 취득하고, 통신이 불가능할 경우에는 온도 센서를 슬레이브 지그비 모듈에 직접 연결하여 데이터를 취득하여 LCD 화면에 온도 표시를 하고 마스터 지그비 모듈에 데이터를 전송하도록 [Fig. 8]과 같이 설계하였으며 사양은 <Table 2>와 같다.



[Fig. 8] Slave Zigbee Module

3.3.1 슬레이브 지그비 모듈과 RS-485 통신

RS-485 통신방식은 일반적인 컴퓨터 시리얼 통신 방식인 RS-232와는 달리 차동 입출력 전기적 특성을 갖는 송·수신단으로 구성되는 Blanced Line 전송과 Differential Voltage 전송 방법을 사용함으로써 노이즈와 간섭에 강하면서 고속의 디지털 데이터를 최대 1.2km까지 전송할 수 있다[7,8].

<Table 2> Specification of Slave Zigbee Module

ITEM	Specification
ID Management	Rotary S/W 0~9
ADC Selection S/W	
ADC Port	10bit, 4port
LCD Display	GLCD 128*64
Wireless Com.Spec	IEEE 802.145, 16 Channel
Zigbee Module	RP-NET
Operating Voltage	AC120V±10%, DC5V, 2A Adaptor AC220V±10%, DC5V, 2A Adaptor

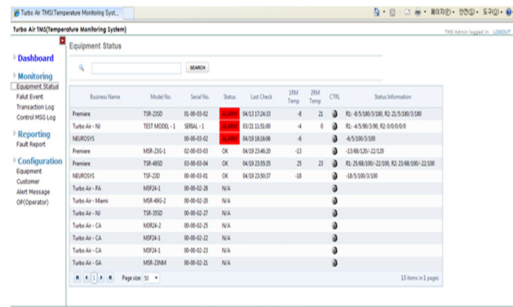
슬레이브 지그비 모듈의 컨트롤러와 RS-485 통신이 연결된 경우는 LCD 화면에 표시되는 정보로 P:3은 Panel Type, S:4는 0(전원 off)로 1단계에서 9 단계의 제어상태를 표시한다. B:0010은 동작 상태를 나타내며, 0001-Door On, 0010-FAN On, 0100은 Defrost 상태를 나타내며 온도의 단위는 °F(화씨)로 표시하도록 설계하였다.

3.3.2 슬레이브 지그비 모듈과 온도 센서 연결

스레이브 지그비 모듈과 2개의 온도 센서가 연결된 경우 센서1, 센서2를 통하여 온도를 측정할 경우 주로 브리지 회로나 분압기를 이용하여 저항값을 측정해야 하는데, 그 저항이 온도에 따라 비선형적으로 변하므로 여러 가지 선형화 방법이 연구 되었다[9, 10]. 충분히 많은 비트수를 갖는 ADC(Analog-to-Digital Converter)를 사용하면 원하는 해상도를 얻을 수 있으나, ADC 비트수가 많을수록 측정 장치의 가격이 높아지고 반응속도가 늦어지므로 본 연구에서는 냉장고의 온도에 적용하기에 알맞은 10bit ADC를 적용하였다[11]. ADC를 통하여 값을 취하며, 10bit의 값은 온도변환 테이블에 따라 표시 된다.

3.4 모니터링

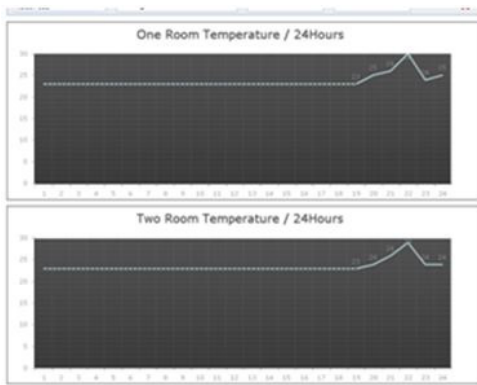
유선 인터넷망을 통하여 관리서버에 접속하여 온도의 상·하한 값의 설정과 슬레이브 지그비 모듈(SZM)에 연결된 냉동고·냉장고의 현재 온도를 화면에 표시하고 관리 할 수 있도록 설계하였다. [Fig. 9]는 인터넷을 통하여 서버에 접속된 상태를 나타내고 있으며 각각의 슬레이브 지그비 모듈(SZM)에 설정된 시리얼 번호로 개별적으로 관리가 가능하다.



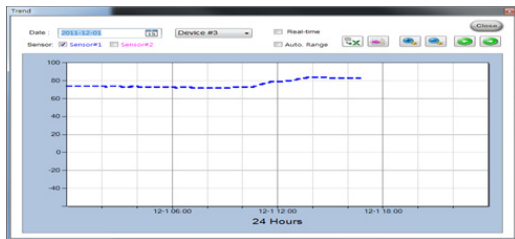
[Fig. 9] The connected to the server status

서버에서 각 슬레이브 지그비 모듈별 실시간 온도 그래프는 [Fig. 10]과 같이 표시하였다.

마스터 지그비 모듈에서 실시간 온도를 관리하기 위하여 보관되는 온도 데이터를 24시간/12시간/6시간/1시간 단위로 볼 수 있어서 모니터링 된 데이터 분석이 가능하며, 온도 변동 상황을 보고 문제가 있는 냉동고를 판단할 수 있는 화면은 [Fig. 11]와 같이 표시된다.



[Fig. 10] SZM by real-time temperature graph



[Fig. 11] Showing the accumulated temperature value screen

#### 4. 결론

본 연구에서 개발한 원격온도 제어 시스템은 원거리 에 떨어져 있는 냉장고에 통신 프로토콜을 통합시켜 쉽게 장착이 가능하므로 와인 숙성실, 약품 저장고, 육류 저장고 등에 적용하여 온도를 24시간 원격으로 제어가 가능하게 되었고, 설정된 냉동고의 온도를 실시간으로 관리하여 문제 발생 시 즉각 대응이 필요한 분야인 생화학 물질을 취급하는 분야, 바이오, 메디컬 분야, 식품 및 위생 등 분야에서 안전하고 신뢰성 있는 재료의 보관에 활용이 기대된다.

#### REFERENCES

[1] B Li, AG Alleyne, "Optimal on-off control of an air conditioning and refrigeration system", American Control Conference, 2010.

[2] Xu WL, Han L, "Piezoelectric actuator based active error compensation of precision machining", Meas Sci Technol, Vol. 10, pp.106-111, 1999.

[3] W. Enderson, "Controlling Electrohydraulic Systems", Marcel Dekker, Inc., 1988.

[4] C.A. Smith and A.B. Corripio, principles and practice of Automatics process control, Wiley-Interscience, 1985.

[5] R.Scattolini, "A multivariable self-tuning controller with integral action",Automatica, Vpl.22, pp.619-627, 1986.

[6] Seon-Ki Hwang, Sang-Gu Lee, Implementation of an Intruder Detection System using Image Transmission on Zigbee, Journal of Security Engineering, Vol.6. No.4, pp.241-242, 2009.

[7] RS-422 and RS-485 Application Note, B&B Electronics Nfg. Co. Inc., 1997.

[8] Paul Horowitz and Winfield Hill, The Art of Electronics, 2nd edition, KALA corp.

[9] A.A.Khan, "An improved linear temperature/voltage converter using thermistor in logarithmic network", IEEE T. Instrum. Meas., Vol. IM-34, pp. 635-638, 1985.

[10] Z.Z. Nenova and T.G. Nenov "Linearization Circuit of the Thermistor Connection", IEEE T. Instrum. Meas., Vol. 58, pp. 441-449, 1985.

[11] H.-G. Schweiger, M. Multerer, and H.J. Gores, "Fast multichannel precision thermometer", IEEE T. Instrum. Meas., Vol. 56, pp. 2002-2009, 2007.

[12] Sensor network and local area wireless communication seminar(II), Industrial Training Institute, 2009

[13] Joong-Spp Lim, "Design of Fusion Multiabling System Controlled by Wi-Fi Signals", Journal of the Korea Convergence Society, VOL. 6, No. 1, pp.1-5, 2015.

[14] Keun-Ho Lee, "A Study of Security Requirement in Wireless Charging", Journal of the Korea Convergence Society, Vol. 5, No. 3, pp. 23-27, 2014.

[15] Zigbee Alliance, <http://www.zigbee.org>

[16] Jae Chang Sim, Ding Ik Kim, Application and practice of zigbee technology, Hongreung science publishers, 2007.

- [17] Temperature control technology cookbook  
[https://autonics.co.kr/usr/data\\_upload/620\\_DATA.pdf](https://autonics.co.kr/usr/data_upload/620_DATA.pdf)

**박 양 재(Park, Yang Jae)**



- 1990년 8월 : 인하대학교 정보공학과 (공학석사)
  - 2003년 8월 : 인하대학교 전자계산공학과 (공학박사)
  - 2001년 2월 ~ 2002년 12월 : 주이메 디피아 원격 의료 연구소 연구소장
  - 1993년 2월 ~ 현재 : 가천대학교 컴퓨터공학과 교수
- 관심분야 : HCI, 영상처리, 모바일 네트워크, 비전시스템, 조명시스템.
- E-Mail : parkyj@gachon.ac.kr