

<http://dx.doi.org/10.7236/JIIBC.2013.13.4.221>

JIIBC 2013-4-29

블라인더가 설치된 제로에너지 하우스를 위한 복합 USN 센서 개발

Development of Complex USN Sensor for Zero Energy House with Blind System

김기환*

Kee-Hwan Kim

요약 본 논문에서는 제로 에너지 하우스의 에너지 절감을 모니터링하기 위하여 Zigbee 통신을 이용한 온·습도, 연기감지, 조도 및 CO₂의 복합 센서 보드를 개발하고 이를 처리하는 프로토콜 등에 관하여 다루었다. 특히 센서를 장착시키는 실내 공간의 위치에 따라 제어하는 알고리즘이 달라지게 되므로 이를 무선인 Zigbee를 통하여 센서 장착 위치를 자유롭게 변경할 수 있다는 장점이 있으며, 또한 창을 통해 발생하는 에너지 손실을 줄일 수 있고 실내의 조명 제어에도 중요한 역할을 할 수 있는 시스템이다.

Abstract In this paper, zero-energy house in order to monitor the energy savings come with Zigbee communication temperature-humidity, smoke detection, illumination and CO₂ to develop complex sensor board a protocol for handling about it dealt. In particular, indoor space to mount the sensor based on the location of the control algorithm, so it varies through the Zigbee wireless sensor mounting position is free, and the advantage of being able to change. Also, the energy loss that occurs through the window can be reduced to the room lighting can play an important role in the control system.

Key Words : Zero-Energy House, USN, Monitoring, Blind System, Zigbee

1. 서론

지구온난화 규제 및 방지를 위해 국제적인 기후변화 협약이 체결된 1992년 이후 에너지와 환경정책이 매우 중요하게 부각되었다. 이에 건물, 주택분야에 있어 에너지 감축 및 모니터링을 위한 많은 연구들이 진행되고 있다.^[1] 특히 IT 기술과 접목한 100% 에너지 자립이 가능한 제로에너지 하우스(Zero-Energy House)에 대한 연

구가 시작되었다. 제로에너지 하우스란 주택의 연간 에너지 사용 및 그에 따른 탄소배출효과가 0이 되는 100% 에너지 자립형 주택을 말한다.

이를 구현하기 위하여 국내에서는 먼저 단열 등 에너지 이용을 최소화하는 에너지 절감형 주택인 패시브주택(Passive House)을 건설하는 주택시장을 개척해나가고 있으며 정부는 2008년 '향후 60년 새로운 국가비전 녹색기술 및 저탄소 녹색성장' 정책 발표와 함께 2025년

*중신회원, 세명대학교, 전자공학과 (교신저자)

접수일자 : 2013년 7월 22일, 수정완료 : 2013년 8월 12일
게재확정일자 : 2013년 8월 16일

Received: 22 July, 2013 / Revised: 12 August, 2013 /

Accepted: 16 August, 2013

*Corresponding Author: khkim@semyung.ac.kr

Dept. of Electronic Engineering, Semyung University, Korea

까지 제로에너지 건축물 의무화를 공표한바 있다. 이에 따라 최근 국내 대형 건설사들을 중심으로 제로에너지 하우스의 연구 및 건설이 확산되고 있는 추세이며 개인 주택 및 전원주택 등에도 많이 적용하고 있다.

본 논문에서는 이러한 제로에너지 하우스의 에너지 절감을 모니터링하기 위하여 Zigbee 통신을 이용한 온·습도, 연기감지, 조도 및 CO2 측정을 위한 복합 센서 보드를 개발하고 이를 처리하는 프로토콜 등에 관하여 다루었다.

II. 본 론

1. 하드웨어적 시스템 구성

일반적으로 USN 센서들은 온도, 습도, 연기감지, 조도 혹은 CO2와 같은 센서 개개의 것들로 구성되어 있다.^{[2][3]} 이중에는 온도와 습도를 측정할 수 있는 복합 센서도 있지만 제로에너지 하우스의 모니터링을 위한 온·습도, 연기감지, 조도 및 CO2 측정을 위한 여러 가지의 서로 특성이 다른 센서들을 하나의 보드에 집적시켜 무선으로 메인 컨트롤러로 정보를 보내는 센서가 없다. 본 논문에서 이러한 복합 센서 보드와 이를 복합적으로 연동하기 위하여 그림 1과 같은 형태로 시스템을 구성하였다.

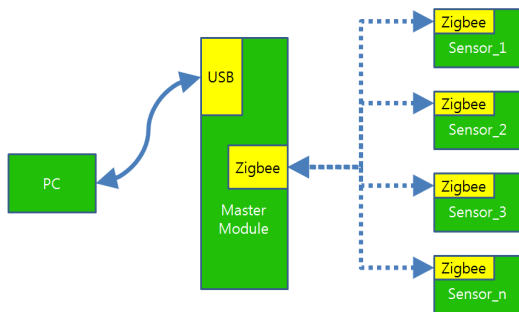


그림 1. 제로에너지 하우스를 위해 제안한 복합 USN 센서 모니터링 시스템
Fig. 1. Proposed complex USN sensor monitoring system for zero energy house

본 모니터링 시스템의 구성은 크게 3부분으로 나눌 수 있다. 첫째 온·습도, CO2, 조도, 연기감지 등의 센서를 내장한 센서부, 그리고 PC에 연결되어 센서부와 Zigbee 통신을 하여 데이터를 취득함과 동시에 Sensor

Network에서의 Coordinator를 담당하고 PC로 취득한 데이터를 송신하게 되는 메인 컨트롤부, 그리고 마지막으로 취득된 데이터를 저장하고 사용자에게 정보를 제공하게 되는 GUI 부분으로 이루어져 있다.^{[1][4]}

- 메인 컨트롤러

센서부의 보드구성은 다음의 그림 2와 같이 이루어져 있다. 그림 2에서 보는바와 같이 보드에 온·습도, 연기감지, 조도 및 CO2 센서와 RTC(Real Time Clock)를 집적시켰으며 이 센서들에 의한 측정된 값을 처리하기 위한 마이크로프로세서를 탑재하였다. 또한 이 마이크로프로세서와 메인 컨트롤러간의 통신을 위한 Zigbee 모듈 역시 탑재하였다.

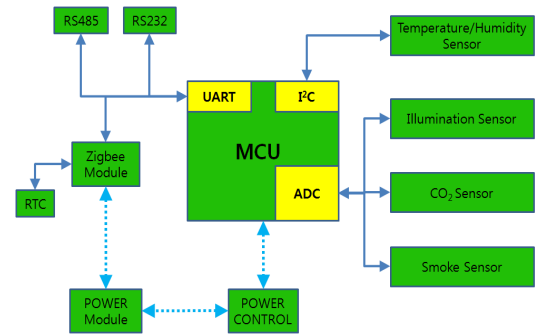


그림 2. 제안한 복합 USN 센서보드
Fig. 2. Proposed complex USN sensor board

시스템의 확장성 및 Zigbee 통신의 음영지역에서의 데이터 취득과 통신을 위하여 직렬통신인 RS485/RS232를 추가 장착하였다.^[3]

Zigbee 모듈은 MCS51코어를 내장하고 있어 저전력으로 구동이 가능하지만 내장된 A/D Converter의 기능이 미약하고 Timer Capture 등 일반 MCU에 비하여 기능이 떨어지는 단점이 있다. 이러한 단점을 보완하기 위하여 ATMEL사의 ATMEGA128 MCU를 추가 장착하여 센서의 데이터를 정확하게 빠르게 처리가 가능하도록 Multi Processor의 개념을 도입하였다.

또한 상용 전원을 공급하기 힘든 지점에 센서부의 설치에 필요한 경우가 많아지는데 이때 배터리로 동작이 가능하도록 설계하였으며 저전력으로 구동이 가능한 Zigbee모듈이 나머지 부분의 전원 공급을 제어가능하도록 설계하였다. Zigbee모듈 스스로도 POWER DOWN MODE를 사용하여 평상시 최대한 전력소모를 줄일 수

있으며 또한 RTC를 내장하여 통신의 동기, POWER DOWN MODE에서의 WAKE-UP이 가능하도록 설계하였다.

- 센서 및 MCU 특성

Ⓐ Zigbee 모듈 : Zigbee 모듈은 Coordinator와의 Zigbee와의 통신과 RTC와의 연동을 통한 Power Control 기능도 담당한다. 이 모듈은 MCS51 Core내장하고 있으며 8KB RAM과 96KB의 Flash 메모리가 있다. 또한 전력소비가 적으며 싱글 칩 2.4GHz의 RF Transceiver를 갖고 있다.

Ⓑ ATMega128 : MCU로는 ATMega128을 사용하여 각 센서부의 데이터 취득과 취득된 값을 연산하는데 사용되며 또한 센서의 값들을 A/D 변환하는 데 사용된다.

Ⓒ 온·습도 센서 및 CO2센서(Temperature/Humidity and CO2 Sensor) :

외부와의 단열 및 차폐가 잘되어있는 관계로 일반 주택에 비하여 내·외부 공기순환이 어려울 수밖에 없다. 또한 외부공기와의 순환은 실내온도를 떨어트리는 중요한 요소가 된다. 본 논문을 위하여 이용한 제로에너지 하우스는 지열을 이용하여 난방을 하므로 지열용 열교환시스템인 쿨튜브를 거쳐 실내의 온도를 최대한 유지하며 환기를 할 수 있는 시스템이 필요하다. 이러한 점에서 공기의 질을 측정하는 기준이 될 수 있는 CO2 농도 측정은 아주 중요한 요소가 될 수밖에 없다. 또한 혹서기 혹은 혹한기의 냉·난방을 위하여 온도센서 역시 하나의 기준이 되어야 한다. 이를 위하여 다음과 같은 사양을 갖는 온·습도 센서를 사용하였으며.

- Humidity Accuracy[%RH] : ±3.0
- Temperature Accuracy[K]@25℃ : ±0.4
- I2C Interface : 12Bit Sensor readout

CO2 센서는 다음과 같은 사양을 만족하는 것을 사용하였다.

- Accuracy : ±2%ppm
- Warm Up Time : 90Sec 이하
- Response Time(0~80%) : 30Sec 이하

Ⓓ 조도센서(Intensity Illumination Sensor):

단열이 잘되어있는 제로에너지하우스라도 창문을 통

해 들어오는 태양빛에 의한 온도상승은 막을 수 없다. 이를 능동적으로 대처하여 실내온도에 따라 태양의 고도, 실내의 광량 등의 실내온도 제어요소에 대하여 블라인드를 설치하여 효과적으로 제어함으로써 쾌적한 주거 환경을 만들 수 있을 것으로 예상된다. 이것은 추후 계획으로 남겨두고 조도센서를 장착하였다.^[5] 그림 3의 (a)는 본 논문에서 사용한 센서의 Relative Response 특성 곡선이며 (b)는 조도에 따라 선형적인 응답특성을 나타낸다.

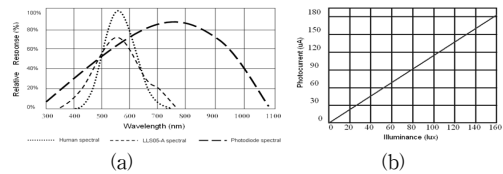


그림 3. 조도 센서 특성
Fig. 3. Characteristics of Intensity Illumination Sensor

Ⓔ Smoke Sensor:

제로에너지 하우스에서도 화재는 막을 수 없는 불행이다. 이것을 화재발생의 요인이 있는 장소에 설치하여 미연에 화재를 방지하고 LPG/LNG 등의 가스 누출 사고로부터 인명과 재산을 보호할 수 있게 하기 위하여 연기를 감지할 수 있는 smoke 센서를 장착하였다. 그림 4는 사용한 smoke 센서의 응답 특성곡선들이다.

- Accuracy : ± 7%
- Detect Gas : Hydrogen, Smoke, LPG/LNG

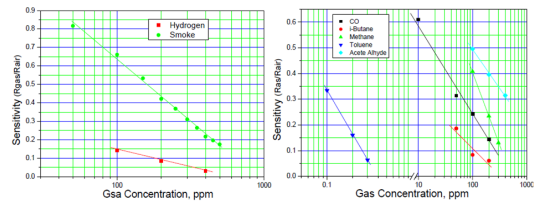


그림 4. Smoke 센서 응답 특성
Fig. 4. Response Characteristics of Smoke Sensor

2. 소프트웨어적 시스템 구성

① 프로토콜 구성

Zigbee 통신에서 사용되는 상세한 프로토콜은 다음의 그림 5에 나타내었다. 또한 추가적인 시스템 확장을 위하여 여분의 Data Field를 남겨두었다.

Data0	Data1	Data2	Data3	Data4	Data5	Data6	Data7
CMD0	CMD1	Temp Value		Humidity Value		Smoke Value	
Data8	Data9	Data10	Data11	Data12	Data13	Data14	Data15
CO2 Value		Illuminate Value		Y1	Y2	Y3	Y4
Data16	Data17	Data18	Data19	Data20	Data21	Data22	Data23
M1	M2	D1	D2	H1	H2	m1	m2
Data24	Data25	Data26	Data27	Data28	Data29	Data30	Data31
S1	S2	RSVD	RSVD	RSVD	RSVD	RSVD	RSVD
Data32	Data33	Data34	Data35	Data36	Data37	Data38	Data39
RSVD	RSVD	RSVD	RSVD	RSVD	RSVD	RSVD	RSVD

그림 5. Zigbee 통신 프로토콜
Fig. 5. Zigbee communication protocol

② 통신 FLOW 및 프로그램 구동

이 시스템은 다음과 같은 순서로 동작되며 이를 순서도의 형태로 아래의 그림 6에 나타내었다.

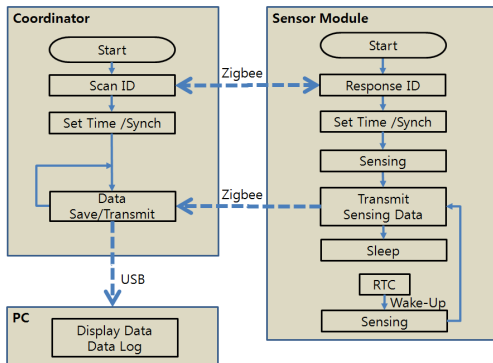


그림 6. 시스템 동작 순서도
Fig. 6. Flow chart for system operating

GUI의 프로그램에 의하여 초기화 명령을 통해 Coordinator는 각 센서보드와 Zigbee통신을 통해 ID Scan을 실행하여 각 센서에 대한 ID Table작성 및 Time Synch 등을 실행하게 된다.^[6]

초기화 과정이 끝나면 각 센서보드는 정해진 시간마다 센서들로부터 데이터를 취득하여 Coordinator로 전송하게 된다. Coordinator는 이렇게 취득된 데이터를 PC로 데이터를 보내어 DB작성을 하게 된다. 데이터를 전송한 후 각 센서보드는 전력소모를 줄이기 위하여 Sleep Mode로 들어가게 되며 다시 통신주기가 되면 RTC에 의한 Wake-Up을 실행하게 되며 데이터를 취득하게 된다.

③ GUI 구성

GUI는 그림 7과 같이 구성하였으며 일몰 후 실측정 화면을 캡처하여 보여준 것이다. GUI화면에서 센서의 위치 및 해당 센서에서의 측정값을 수치로 나타내며 또한 이를 컴퓨터의 하드디스크에 저장한다. 필요에 따라 그래프로 나타내어 전체적인 센서값의 흐름을 도시적으로 확인할 수 있게 하였다.



그림 7. GUI 화면
Fig. 7. GUI screen

III. 실험 및 결과

센서보드와 Zigbee 통신을 통해 취득한 데이터를 PC로 전송하는 Coordinator에도 온·습도 센서가 장착되어 있다. 본 논문에서 제안한 Coordinator의 실제 제작 모습은 아래의 그림 8과 같다.

그림 9에는 개발한 복합 USN 센서보드이다. CO2센서와 Smoke센서는 케이스 내부의 통풍상태보다 조금 더 정확한 외기 접촉을 위하여 케이스의 외부로 도출시켜 데이터 취득을 용이하게 하였다. 또한 온·습도 센서는 내부 PCB발열로부터 온도 오차를 줄이기 위해 센서 주변을 천공하였다.



그림 8. 코디네이터
Fig. 8. Coordinator

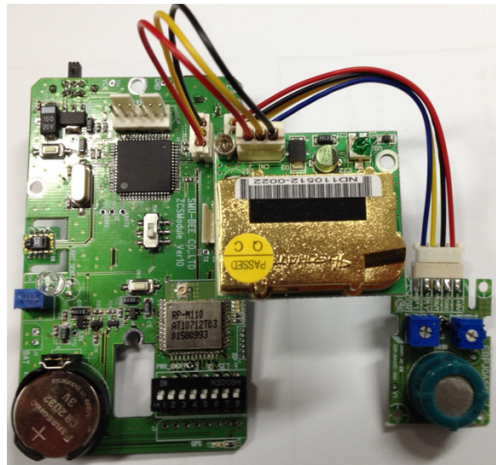


그림 9. 복합 USN 센서 보드
Fig. 9. Complex USN sensor board

실험용 제로에너지 하우스의 전경을 그림 10에 나타내었다. 현재 지붕 녹화 공사 중으로 추후 지붕의 토양 수분까지 측정할 예정이다.

센서보드의 설치는 제로에너지 하우스의 운용 요건에 따라 다음의 그림 11과 같은 장소에 설치하였다. 센서보드의 설치 시 CO₂센서 및 Smoke센서는 고가의 센서이므로 꼭 필요한 부분의 장소에만 설치하였다.

그림 7에서 보듯이 각 방에 따라 조명등의 위치에 따라 조도가 다르게 나타나며 동서남북의 방위에 따라 온도와 습도가 약간씩 차이가 나는 것을 볼 수 있다. 이것은 태양광에 의한 실내의 온도 상승에 기인하여 습도가 낮아져 건조해진 것임을 알 수 있다. 현 실험 장소는 문으로 밀폐되어있는 환경이 아니고 개방된 구조임을 고려해본다면 밀폐된 공간에서는 더욱 많은 차이가 존재

할 것이다. 북쪽방과 동쪽방/주방의 CO₂의 농도차이는 약간의 오차를 보이고 있는데 CO₂센서의 오차범위인 $\pm 2\%$ ppm을 벗어나 주방을 기준으로 보았을 때 8%정도의 차이를 보인다. 이 오차에 대하여 추후 원인 분석이 필요하다.



그림 10. 제로에너지 하우스 전경
Fig. 10. Complete view of zero energy house

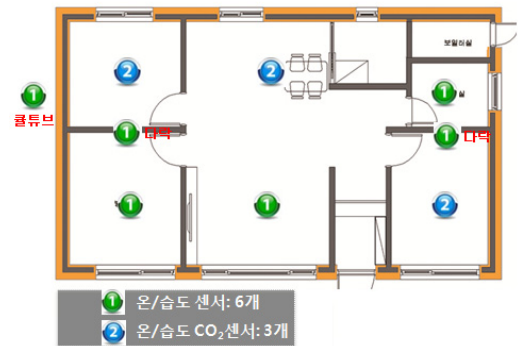


그림 11. 센서보드 설치 위치
Fig. 11. Installed positions of sensor board

아래의 그림 12에 나타난 그래프에 10월 한 달간 제로에너지 하우스의 거실과 외부 온·습도를 측정된 데이터를 기록하고 그래프로 나타내었다. 이 중 그림 13은 하루 동안의 온·습도를 상세히 나타낸다. 외부 일교차가 15℃ 내외의 큰 폭을 보여주고 있으나 반면 실내 온도는 2℃ 내외의 작은 폭을 가짐을 보여줌으로써 제로에너지 하우스의 단열효과를 확연히 알 수 있다. 또한 외부의 습도 기록에서도 전형적인 가을 날씨의 습도변화를 보여준다.

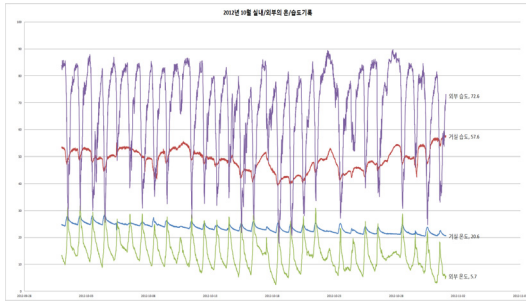


그림 12. 온·습도 실측정 기록
Fig. 12. Measured temperature and humidity data

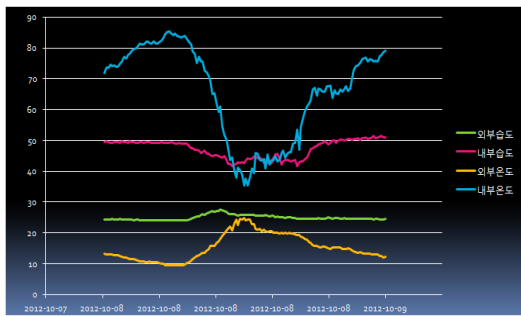


그림 13. 온·습도 상세 기록
Fig. 13. Detailed temperature and humidity data

그림 14는 거실의 이산화탄소 측정 기록을 보여주고 있다. 평균 550ppm 전후의 이산화탄소 농도를 보여주고 있으나 이 중 30여분 동안 900~1070ppm 정도의 이산화탄소 농도를 보여주는데 이는 데이터 오류로 판단된다. 이러한 오류는 차후 원인 파악을 통해 개선할 것이다.



그림 14. 이산화탄소 실측정 기록
Fig. 14. Measured CO2 data

IV. 결론

이 시스템은 블라인더가 설치된 제로에너지 하우스 용 에너지 절감을 위한 복합 센서이다. 특히 센서를 장착시키는 실내 공간의 위치에 따라 제어하는 알고리즘이 달라지게 되므로 이를 무선인 Zigbee를 통하여 센서 장착 위치를 자유롭게 변경할 수 있다는 장점이 있다. 또한 CO₂, RTC, 조도 센서와 온·습도센서들이 창에 설치된 블라인더를 제어함으로써 창을 통해 발생하는 에너지 손실을 줄일 수 있으며 RTC와 조도 센서를 이용하면 실내의 조명 제어에도 중요한 역할을 할 수 있으리라 생각한다. 향후에는 이 센서 모듈을 이용한 창의 블라인드 제어에 대한 연구도 계속할 수 있으리라 생각한다.

References

- [1] K. H. Kim, "Internet Management System for an Intelligent Remote Control System", Journal of IWIT, vol. 10 No. 4, pp. 1-5, 2010.
- [2] S. Y. Nam, "Introduction of USN," Sanghakdang, 2009.
- [3] Hanbaek Electronic Institute of Technology, "Ubiquitous Sensor Network System using ZigbeX," 2007.
- [4] K. H. Kim, "Energy Saving Crosswalk Safety System for Pedestrian", Proceedings of IWIT, 2012.
- [5] H. Y. Ku, Y. J. Park, S. Y. Koo, J. H. Kim, M. S. Yeo, K. W. Kim, "An Experimental Study on the Control Strategy of an Automated Venetian Blind in Summer," Proceedings of Architectural Institute of Korea, vol. 21, No. 1, pp.889-892, 2007
- [6] K. H. Kim, "A Sun Tracking PV System Equipped Greenhouse Control System for Educational Purpose", Proceedings of ICMT 2011

저자 소개

김 기 환(중신회원)



- 1990년 : 독일 지겐대학교 전기전자공학과 Diplom 졸업.
- 1995년 : 지겐대학교 전기전자공학과 박사 졸업.
- 2013년 현재 : 세명대학교 전자공학과 교수.