

ZigBee 통신 및 다중센서를 이용한 방범・방재 시스템 개발 (The devepoement of a raid and fire preventable system using the Zigbee communication and multi-sensor)

한영오(Young-Oh Han)¹⁾

요 약

본 논문에서는 IEEE 802.15.4 무선통신 표준으로 개발된 ZigBee 모듈과 다중센서를 이용하여 방범・방재 상황을 무선으로 Display하는 시스템을 구현하였다. 방범 시스템은 초음파, 적외선 센서를 이용하여 감지 시스템을 구현하였고, 메인칩으로는 PIC16F73을 사용하였다. 전등을 연결, 자동 전등 ON/OFF를 구현하였다. 방재 시스템은 온도센서를 이용하여 구현하였다. ATmega64를 사용한 무선통신모듈인 ZigBee 시스템과 다중센서를 연동하여 방범, 방재 시스템을 구현하여 감지된 데이터를 EndDevice에서 Coordinator로 전송하여 Coordinator에서 전송 받은 데이터를 PC에 Display 할 수 있도록 구현하였다.

Abstract

In this paper, the raid and fire preventable system using Zibee module with IEEE 802.15.4 wireless communiacion standard and multi-sensor was developed displaying raid and firing condition with wireless network. The raid preventable system is designed using a ultrasonhe waves sensor and infrared sensor. The fire preventable system is designed using a thermistor. The datas for raid and firing condition are communicated from enddevice to coordinator with wireless network and are displayed on PC monitor.

논문접수 : 2009. 12. 01.
심사완료 : 2009. 12. 22.

1) 정희원 : 남서울대학교 전자공학과

1. 서론

한국전력에 따르면 교육용 전기 판매량은 2001년 26억3968만 KW/h에서 2005년 43억 874만 KW/h로 63%증가하고 있다. 전기사용량의 증가는 회사나 학원의 재정의 많은 부분을 차지하고 있어, 회사 및 학원의 운영에 어려움을 주고 있다. 또한, 학원 폭력이나 방화 범죄 등 학교 내의 범죄 및 안전사고의 발생이 높아지고 있는 실정이다. 이에 학원 폭력, 방화 범죄 등 안전에 대한 관리와 교실이나 사무실의 전기 관리의 자동화가 필요하다. 이를 위해서는 건물 설계 시 방범 및 방재 시스템을 설계해야 하는 단점이 있어 간단히 네트워크를 구성할 수 있는 기기가 필요하다. 현재 국내의 학교나 건물 등의 방범 및 방재 시스템은 건물의 설계당시에 시스템을 내제 설계되어 유선 선로를 사용하여 정보를 전송하여 유인 관리실이나 방범업체를 통하여 관리되고 있는 것이 현실이다. 이에 따라 학교나 사무실과 같은 다수의 공간이 복합 편재 된 공동시설에서 무선 네트워크 시스템을 구축하여 손쉽게 침입 및 화재사고를 방지하고, 자동으로 전등을 ON/OFF 함으로서 낭비되는 전력소비를 막아주어야 하며, 다수의 시스템을 손쉽게 제작·설치하도록 하여 건축설계 비용 및 시스템 설치비용을 절약할 수 있는 시스템이 필요한 실정이다. 본 논문에서는 이와 같은 필요에 의하여 ZigBee통신 및 다중센서를 이용한 방범·방재 시스템을 제작하였다. 본 논문의 시스템은 1:7의 노드까지만 확장이 가능한 Bluetooth(IEEE 802.15.1)와는 다르게 최대 6만 5천 노드까지 늘릴 수 있는 확장성을 가지는 편리한 네트워크 시스템인 Zigbee(IEEE 802.15.4)를 사용하여 다수의 공간을 가지는 건물에서의 방범·방재시스템의 설치가 용이하다. Bluetooth는 10Mbps의 빠른 전송속도를

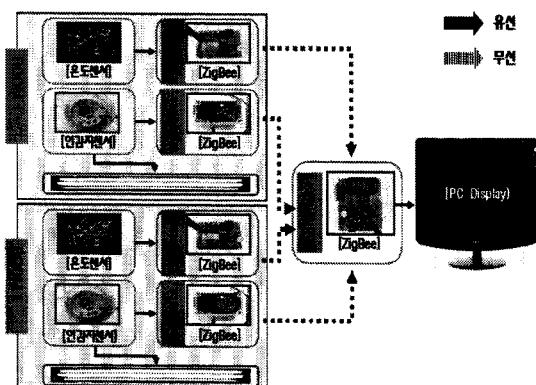
가지지만 통신가능 거리가 1~10m정도의 짧은 거리와 장애물을 통과하지 못하는 단점을 가지므로 학교나 건물과 같은 광범위 무선통신에는 적합하지 않다. 반면, ZigBee는 신호를 1sec당 리플하는 방식을 사용하여 전송 에러 시 신속한 복구 기능을 가지고 있어 단순 오류정보에 대한 대처 능력이 뛰어나고 설계구조도 간단하여 소형의 시스템 계발이 가능하고 계발비용이 저렴하며, 초기 건축 설계 시 내선을 통한 시스템 구축을 하거나 기존 건물의 재설계가 필요 없이 시스템 설치가 용이하여 설계비용 및 설치비용을 절감 할 수 있다[4][5]. AA알카라인 배터리 2개만으로도 수년을 쓸 수 있을 정도로 전력소모가 적은 것 또한 이 시스템의 큰 장점이다. 기존 방범·방재 시스템이 가지는 불필요한 전력소비를 획기적으로 줄일 수 있다[6]. 이에 적외선센서와 초음파센서를 이용하여 미세한 움직임도 감지하여 침입을 통보하고 인감지시 자동으로 전등을 ON/OFF하여 비어있는 교실이나 사무실과 같은 공간의 낭비되는 전력손실을 막아주어 다량의 전력소비 절약과 전등제어와 건물 경비로 인한 인력 낭비를 줄일 수 있는 다양한 장점을 가지는 PC 기반 에너지 절약형 방범·방재 시스템을 제작하였다.

2. 시스템 구성

2.1 전체구성도

[그림 1]은 시스템의 전체 구성도이다. 각각의 구성은 Enddevice, Coordinator, 중앙관제부로 나뉘게 된다. Enddevice에 부착되어있는 적외선 센서(LHI 1128), 초음파 센서(T32-16CN)는 PIC16F73에 의해 제어되고 온도센서(Thermistor)는 ATmega64에 의해 제어된다. 여기서 나오는 데이터는 데이터는 유선으로 Zigbee-Enddevice로 보내진다. Zigbee는

ATmega64에 의해 제어되며 1개의 Coordinator와 4개의 Enddevice로 구성이 된다. Enddevice에서 Coordinator로 데이터를 전송하게 되며 Coordinator에서 받은 데이터는 중앙관제부로 보내게 된다. 중앙관제부인 PC를 사용하여 Coordinator에서 Serial Port로 보내는 데이터를 C#을 이용하여 Display할 수 있도록 한다[1][2].

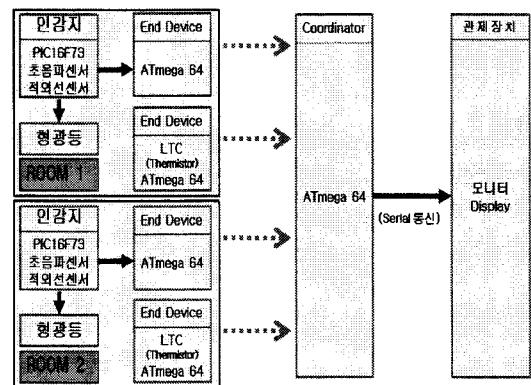


[그림 1] Zigbee와 다중센서의 시스템 구성도

2.2 시스템 동작 순서

[그림 2]는 전체적인 시스템 블록도이다. 각 두 개의 Room에는 적외선 센서(LHI 1128)와 초음파 센서(T32-16CN), 온도센서(Thermistor), 그리고 두 개의 Zigbee-Enddevice가 배치된다. 인감지 부분인 적외선 센서(LHI 1128)와 초음파센서(T32-16CN)는 MICOM인 PIC16F73에 의해 제어되며 인체가 감지의 유무에 따라 PIC16F73에서는 전등을 ON/OFF 시키게 되며 유선으로 Zigbee-Enddevice로 데이터를 보내게 된다. 온도센서(Thermistor)에서는 실시간으로 온도를 측정하여 ATmega64에서 Zigbee-Enddevice로 데이터를 보내게 되고 지정되어 있는 온도 이상으로 온도가 상승 했을 때 화재 발생을 알려준다. 이렇게 Room에서

측정된 데이터는 각 Room에 설치 되어있는 두 개의 Zigbee Enddevice에 의해서 무선 통신으로 ZigBee의 Coordinator로 데이터를 보내게 되며 LCD창에 상태가 표시된다. Coordinator가 받은 데이터는 Serial Port로 중앙 제어 장치인 PC로 데이터를 보내게 되며 PC에서는 각각의 Room과 센서들의 상태를 확인 할 수 있게 된다.



[그림 2] Zigbee와 다중센서의 시스템 블록도

3. Zigbee Enddevice

ZigBee 저전력 무선 근거리 표준 통신 기술을 의미한다. 전송속도 2.4GHz 대역의 최대 전송 속도 250Kbps인 칩의 가격은 1달러 정도로 가격이 저렴하고, 일반적인 배터리로도 1년 이상을 사용할 수 있어 전력소모가 매우 적고, 크기와 프로그램이 간단하다. 근거리에서 속도가 크게 빠르지 않고, 네트워크 사용 빈도가 드문 경우 가장 적합하다. 주파수 대역은 일본은 2.4GHz 미국은 915MHz 유럽은 868MHz를 사용한다. 전송거리는 2.4MHz 하드웨어의 경우 실내에서는 30m내외 실외에서는 100m까지 통신 가능하며 보통 10~70m까지의 전송이 가능하다. 배터리는 100~1000일 이상의 수명을 유지 가능하여 원격침입 및 출입제어, 전등

제어 등 저속 통신으로 근거리에 사용할 수 있는 시스템에 적합하다. 우리는 4개의 Enddevice를 사용 하였으며 방범 시스템과 방재 시스템으로 나누어진다. 4개의 Enddevice 중 1번과 3번 Enddevice는 방범시스템이 장착되어 있고 2번 4번 Enddevice에는 방재 시스템이 장착되어 있다. 각각의 Room에 방범 시스템, 방재 시스템 1개씩 들어가게 된다.

3.1 Zigbee Enddevice(방범 시스템)

방범 시스템의 구성은 MICOM인 PIC16F73과 적외선 센서(LHI 1128), 초음파 센서(T32-16CN)를 사용하여 인체를 감지하는 인감지 부분과 여기서 감지한 데이터를 유선으로 ZigBee-EndDevice로 전송 하며 ZigBee의 MICOM은 ATmega64를 이용한다. [그림 3]은 MICOM인 PIC16F73이다. 초음파센서와 적외선센서 그리고 전등을 제어하는 MICOM은 PIC16F73을 사용하였다[1].

적외선 센서(LHI 1128)는 발광부와 수광부로 나누어진다. 발광부에서 나온 적외선이 물체에 반사 되어 수광부에 얼마나 많은 양이 들어오느냐에 따라서 수광부에 들어오는 전압의 양이 변화하게 된다. 그래서 우리는 그 값을 이용해 실험을 하였다. 적외선 센서의 이용 방법은 두 가지다. 비교기를 사용하여 수광부에 들어오는 빛에 따른 출력 전압이 기준 전압 보다 높은 것은 HIGH로 낮은 것은 LOW로 사용하는 방법과 수광부에 들어오는 빛에 따른 출력 전압을 마이크로컨트롤러의 ADC를 통해서 아날로그 값을 디지털 값으로 변환시키는 방법이다. 본 논문에서는 비교기를 사용한 적외선 센서이다. 또한 초음파 센서는 T32-16CN을 사용하여 구현하였다.

3.2 Zigbee Enddevice(방재 시스템)

방재 시스템의 구성은 MICOM인

ATmega64와 온도센서(Thermistor)를 사용하여 온도를 측정하고 측정된 데이터는 Zigbee Enddevice로 전송하며 Zigbee의 MICOM은 ATmega64를 이용한다[3]. 사용한 온도센서 온도가 상승되면 저항 값이 감소하는 특성을 갖는 NTC 타입의 서미스터로써 온도 측정 범위는 $-50^{\circ}\text{C} \sim 500^{\circ}\text{C}$ 까지 다양 하지만 실제로는 실온 부근의 온도 측정에 가장 많이 사용 된다.

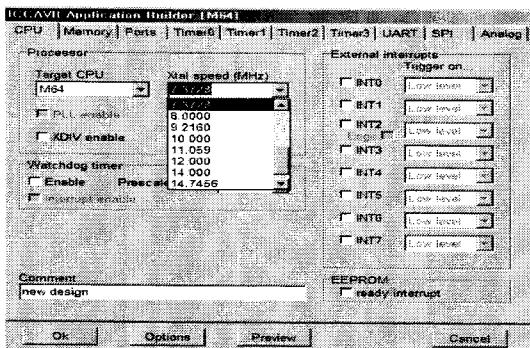
4. Zigbee Coordinator

Coordinator 구성은 MICOM인 ATmega64를 사용한다. Coordinator는 Enddevice에서 무선으로 보내주는 데이터를 받아 LCD에 표시해주며 PC의 Serial Port와 유선통신을 하게 된다. PC로 들어간 데이터는 C#을 이용하여 화면에 Display 한다.

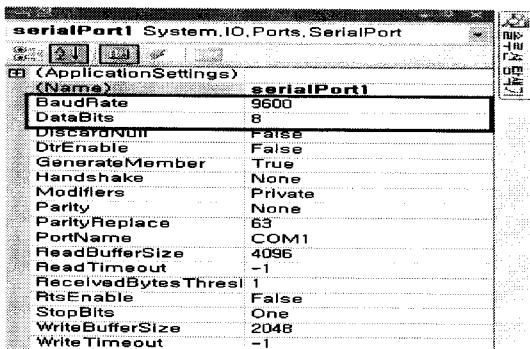
4.1 ZigBee Coordinator와 PC통신

Coordinator와 PC간의シリ얼통신은 마이컴 프로그램과 PC 프로그램에서 발진주파수 값 및 Baudrate를 설정하였다. 발진주파수는 ATmega64에서 지원되는 Speed Grade 값이 0에서 8MHz인데, 본 시스템은 4MHz정도를 사용하여도 시스템작동엔 문제가 없었으나 오차율을 줄이기 위해 7.3728MHz로 설정하였다.

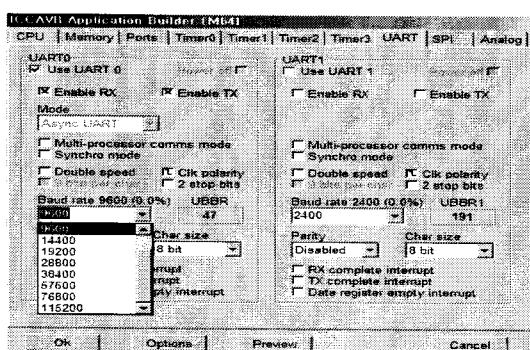
[그림 3]은 마이컴 프로그램인 ICCAVR에서 발진주파수 값을 설정하는 부분이다. Baudrate는 초당 변조가 되는 횟수를 나타내는데 마이컴 프로그램과 PC 프로그램을 9600bps로 동일하게 하였다. [그림 4]는 PC 프로그램인 C#에서 Baudrate를 설정하는 부분이다. [그림 5]는 마이컴 프로그램인 ICCAVR에서 Baudrate를 설정하는 부분이다.



[그림 3] ICCAVR - 발진주파수 값 설정



[그림 4] C# - Baudrate 설정

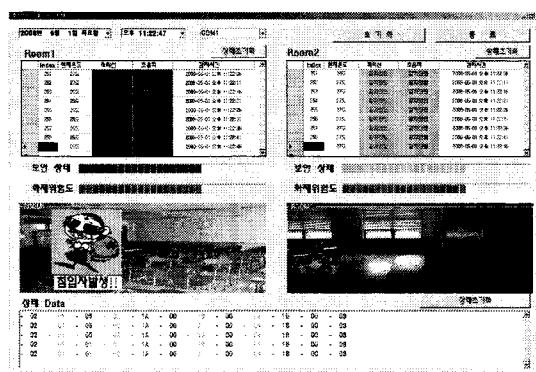


[그림 5] ICCAVR - Baudrate 설정

4.2 Display

PC에 표시 되는 화면이다. C#으로 작성 했

으며 Room1, Room2 각각의 상태와 현재 날짜, 시간과 Coordinator에서 들어오는 데이터들을 확인 할 수 있다. 초기화 버튼을 이용하여 초기화가 가능하며 종료 버튼을 이용해 종료가 가능하다. 각각의 Room에는 현재온도, 적외선 센서, 초음파센서의 데이터가 실시간으로 표시되고 감지 시간이 표시된다. 그리고 각 방의 상태를 상태 바가 표시해준다. 침입이나 화재 발생 시 현재 상황에 대해서 사진과 ‘침입자 발생’, ‘화재 발생’으로 표시가 되며 아래에는 Coordinator에서 들어오는 데이터가 실시간으로 표기 된다[2]. [그림 6]은 PC 모니터상에 표시되는 표시창을 보여준다.



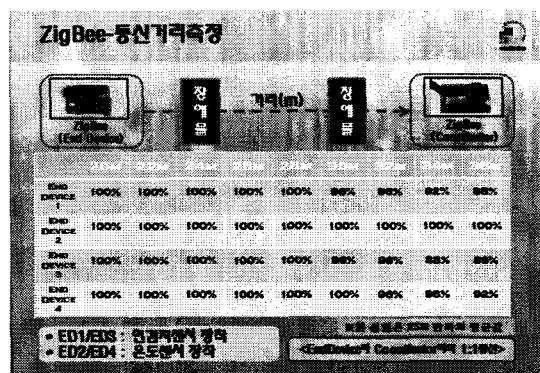
[그림 6] Display 화면

5. 실험 및 고찰

5.1 ZigBee의 통신 가능 거리(장애물)

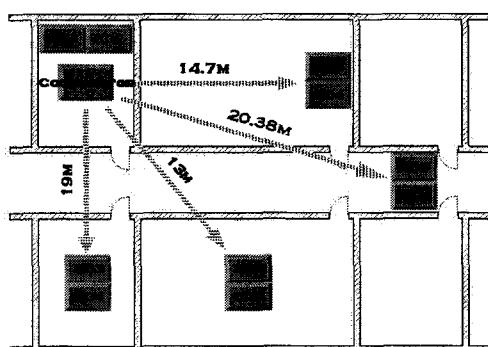
[그림 7]은 장애물 사이에서의 Zigbee 통신 성공 확률을 나타낸 그림이다. 최대 통신 가능 거리는 41m~43m 까지 가능한 것으로 측정되었다. 각각의 Enddevice를 [그림 7]에 표시된 거리에서 25번씩 Coordinator와 통신을 시도한 결과 [그림 7]과 같은 통신 성공 확률을 측정 할 수 있었다. 직선거리에서 Zigbee는 200m이상까지 통신이 가능 했지만 본 실험 결

과를 통해서 Zigbee는 장애물에 대해 영향을 많이 받는다는 것을 알 수 있었다.



[그림 7] Zigbee 통신 성공 확률(장애물 존재)

5.2 ZigBee 실제 설치 가능거리(장애물)



[그림 8] Zigbee 실제 설치 가능 거리 (장애물)

[표 1]은 장애물 존재 시 Zigbee 실제 설치 가능 거리를 나타낸다. Coordinator를 설치 후 각각의 방에 EndDevice를 설치하여 ZigBee 실제 설치 가능 거리를 측정하였다. Coordinator와 직각방향으로 2군데, 대각 방향으로 1군데, 여각 방향으로 1군데 설치하였으며 아래 그림은 각각의 위치에서의 최대 통신 거리를 나타낸 것이다. 최대 설치 가능 거리는 13m정도로 측정 되었다. 그리고 각각의 방문의 Open/Close

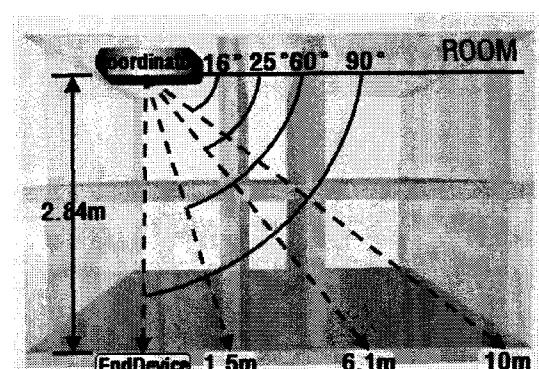
에 따라 통신 거리가 길어지고 감소하는 것도 알 수 있었다.

[표 1] Zigbee 실제 설치 가능 거리 (장애물)

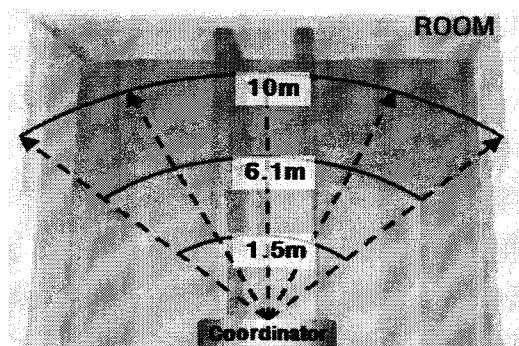
거리(m)	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Adjoining Room (직각)	100%	100%	100%	100%	100%	95%	80%	72%	72%	60%	48%
Opposite Room (직각)	100%	100%	100%	100%	100%	97%	84%	80%	74%	70%	62%
Diagonal Room (대각)	100%	100%	100%	100%	100%	96%	72%	64%	60%	56%	12%
Corridor (여러)	100%	100%	100%	100%	100%	98%	88%	80%	72%	72%	

5.3 Zigbee 충간 감지 거리(장애물)

[그림 9]와 [그림 10]은 각 충간의 Zigbee 통신 가능 여부를 알아보기 위한 실험 결과이다. 충간 전체 거리는 2.84m이며 16°, 25°, 60°, 90° 4방향으로 측정을 하였다. 90° 방향에서는 평균 87% 정도의 통신 성공률이 나왔으며 각도가 커질수록 통신 성공률이 떨어지는 것을 알 수 있었다. 60° 일 때에는 약 73%정도로 나왔으며 25°일 때에는 약 53%, 16°일 때에는 약 17% 정도로 측정 되었다.



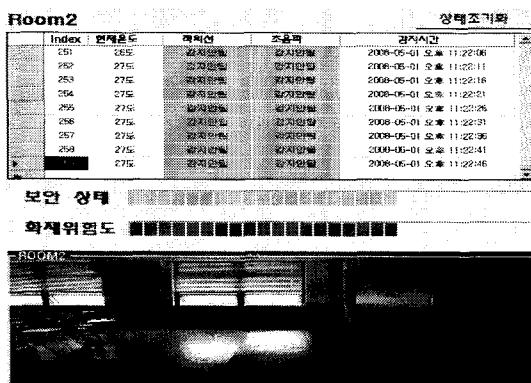
[그림 9] 충간 통신거리(측면 구성도)



[그림 10] 중간 통신거리(수직 방향)

5.4 PC Display

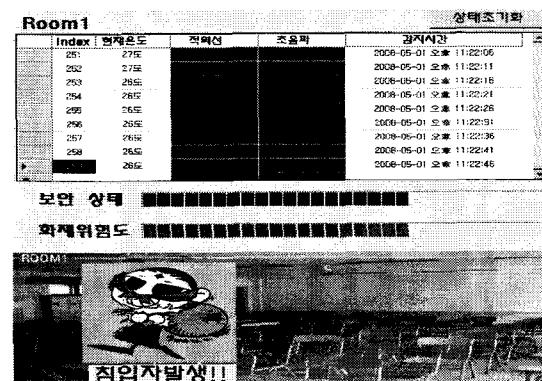
[그림 11]은 평상시에는 아무 이상이 없는 경우 흰색 화면에 각각의 데이터(온도, 적외선, 초음파, 감지시간)들이 표시된다. 온도는 평상시 실내온도가 표시되며 초음파와 적외선 부분은 ‘감지 안됨’이라는 문구와 함께 초록색으로 안전하다는 표시를 알려준다. 아래 있는 상태 바는 각각 Room의 상태를 실시간으로 표시 해준다. 보안상태가 초록색이면 안전한 상태이고 화재 위험도가 파랑색이면 안전한 상태이다.



[그림 11]. 평상시 화면

인체가 감지되면 초음파와 적외선 센서에서

데이터를 받아 무선으로 관제실 PC 옆에 있는 Coordinator로 보내게 되는데 PC에서는 인체가 감지되었다는 데이터를 받게 되면 초음파와 적외선 부분에 ‘감지’라는 문구가 표시 되면서 초록색 바탕이 빨강색으로 표시 되며 아래 보안 상태 바도 빨강색으로 변하게 된다. 그리고 아래 Room사진에 ‘침입자 발생!!’이라는 문구, 그림이 표시된다.



[그림 12] 인체 감지시 화면

한편, 온도가 설정된 값 이상으로 상승하면 화재 발생 상태가 된다. 본 실험을 위하여 설정해놓은 온도는 Enddevice 2는 29°C 이상으로 해 놓았으며 Enddevice 3은 33°C 이상으로 온도가 올라가게 되면 인체 감지 시와 마찬가지로 온도 부분이 빨강색으로 표시 된다. 아래 화재 위험도라는 상태 바도 파랑색에서 빨강색으로 변하게 된다. 그리고 아래 Room사진에 ‘화재 발생!!’이라는 문구와 그림이 나타나게 된다. [그림 13]은 화재 발생 시 화면을 보여준다.



[그림 13] 화재 발생시 화면

6. 결 론

본 논문에서는 저전력·저비용의 방범·방재 시스템을 제작하였다. 본 논문에서 시스템 제작 및 실험을 통하여 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

Zigbee 통신은 장애물이 없는 직선거리 와 달리 장애물이 존재하는 경우에는 많은 통신 장애를 받는다. 직선거리에서의 통신 가능 거리는 이론과 같이 200m이상의 거리에서도 통신이 가능한 것을 확인 하였지만 Device간에 장애물이 있을 경우 Zigbee의 통신 가능거리는 10m 정도로 감소하는 것을 확인하였다. 건물이나 교실의 실내에서의 통신 시 다수의 장애물로 인하여 1개의 Enddevice로는 장거리 통신이 미약하였고, 이에 대한 방안으로 Mesh 네트워크 방식으로 여러 개의 Enddevice를 설치한다면 장애물이 존재하는 경우에도 어느 정도 통신 장애를 해결할 수 있을 것으로 보여진다. 또한 층간 통신의 경우 1층의 중앙 관제실까지 통신하기 위하여 중간에 Router를 사용하면 층간 통신장애를 해결할 수 있을 것으로 판단된다. 본 시스템은 학교나 건물 등의 다수의 공간이 복합 편재된 구조에서 방범·방재 시스템의 설치 시 적합하다. 실제 현장에 설치

시, 각 층당 Coordinator를 두고 각각의 Enddevice를 Mesh형 구조로 설치하고, 각 층의 Coordinator를 라우터로 통해 중앙 관제실로 연결하여 모니터링 하도록 구현함이 바람직 할 것으로 판단된다.

참고 문헌

- [1] 진달복, “PIC16C74와 그 응용”, pp.36-49, 북두, 2001.
- [2] 박상현, “C# 2.0 프로그래밍”, pp.16-32, 흥릉과학, 2004.
- [3] 송봉길, “AVR ATmega128 마이크로컨트롤러”, pp.45-58, 대영, 2002.
- [4] 이우석, 박석철, 홍승호, “빌딩/홈 조명 제어 시스템의 Zigbee 기반 에너지 절약 방안 연구”, 인텔리전트 빌딩 논문지, Vol.1, No.1, pp.29-37, 2008.
- [5] 조재희, “빌딩자동제어의 실내상황 감지를 위한 USN 활용기술”, IBS Journal, Vol.6, No.4, 2008.
- [6] 장형준, 박귀태, “무선 센서네트워크를 이용한 건축물 모니터링 시스템 구현”, 인텔리전트 빌딩 논문지, Vol.1, No.3, pp.17-22, 2008.

한영오

1998년 8월 연세대학교 대학원 전기공학과(공학박사)

1996년 3월 ~ 현재 남서울대학교 전자공학과 부교수

주관심 분야 : 디지털 신호처리 및 응용, 홈 네트워크 시스템, U-health 시스템