

무선 센서 네트워크 기반 지능형 화재 감지/경고 시스템 설계

Design of intelligent fire detectoin / emergency based on wireless sensor network

육익수¹, 김성호²

¹ 군산대학교, 전자정보공학부

E-mail: sixofnum@hanmail.net

² 군산대학교, 전자정보공학부

E-mail: shkim12244@kunsan.ac.kr

요 약

최근 여러 지역에서 발생하는 지하철 참사 및 대형화재 또는 지하철 역사, 대형 지하상가, 백화점, 지하공간, 대형쇼핑센터, 숙박업소, 공공건물등 대형 다중이용시설등에서 발생될 수 있는 예측 불가능한 인재, 천재지변에 안전하게 대피하기 위한 수단으로 비상등 및 여러 감지기들이 소방방법 개정으로 의무설치 하고 있다. 비상등 및 감지기는 비상시 위험 감지 및 경고 전파를 위해 사용되는데 방음벽이나 격벽, 경고 거리의 제한으로 인해 경고 전달의 어려움이 있다. 본 논문에서는 무선 데이터 전송기능 및 경고등, 음성전파 기능을 갖는 무선 지능형 화재 감지/경고시스템을 설계하고자 한다.

Key Words : Wireless communication, fire detection/emergency

1. 서 론

최근 대형 지하상가, 백화점 및 공공건물등과 같은 다중 이용 시설들은 건축비용상의 문제로 점차 고층화, 고밀도화되어 가고 있으며 이로 인해 화재 및 정전 등과 같은 재해가 발생할 경우의 피해는 상상할 수 없을 정도로 크게 된다. 특히 대구 지하철 참사의 경우와 같이 예측불가능한 화재로 인해 발생한 피해는 상상을 초월할 정도이다. 이러한 피해 대부분은 화재발생시 효과적인 초기 진압을 하지 못함과 효과적으로 대피경로를 찾지 못해 발생하는 경우가 대부분이며 이에 2003년 1월에 개정된 소방법은 다중이용시설의 규정된 공간에 휴대용 비상조명등의 설치를 법제화 하였지만 화재발생시의 연기등으로 인해 설치된 휴대용 비상조명등까지의 효율적 접근이 어려워 이의 활용이 힘든 상태이다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 비상조명등에 축광장치, 경광등 및 경고등을 탑재하고 있으나 방음벽이나 격벽등으로 인해 효율적 접근이 힘든 상태이다.

최근 들어 물리적 공간과 전자적 공간을 융합한 유비쿼터스란 개념이 널리 사용되고 있다. 유비쿼터스 공간이란 모든 물리공간에 컴퓨터를 집어넣음으로써 사람과 컴퓨터뿐만 아

니라 사람과 사물, 사물과 사물이 모두 유 무선으로 연결되어 서로 대화하고 알아서 스스로의 행동을 결정할 수 있는 환경을 의미한다. 이러한 유비쿼터스 환경의 구체적 구현예로, 최근 급속히 발전되고 있는 무선통신기술과 반도체 설계 기술을 이용한 저가격, 저 전력의 다양한 센서 노드들에 기반 한 센서 네트워크를 들 수 있다. 센서네트워크는 기본적으로 계측 및 무선통신 기능이 탑재된 다수의 센서노드들로 구성된다. 이러한 센서노드들은 자체적으로 네트워크를 형성하는 것이 가능하며 이로 인해 측정된 정보를 자체적으로 형성된 망을 통해 인터넷과 같은 기간망으로 전달할 수 있어 광범위한 지역의 생태 모니터링, 지진 감시 및 군사용 등에 폭넓게 적용되고 있다.[2-5]

이에 연구에서는 지하철역이나 각종 대형의 공공시설물, 아파트 등에 설치되어 화재로 인한 비상탈출이 필요하거나 실내에 가스가 누출된 경우, 화재발생 또는 가스누출지점(이하 “화재발생 지점” 이라한다)에서 일정거리이상 떨어져 있거나, 가까운 거리에 있더라도 방음벽이나 격벽 등으로 음성전달 장애가 있는 경우, 센서네트워크를 통해 신속하게 화재발생 또는 가스누출을 경고함과 동시에 화재발생 지점근처의 일정한 장소(소화기 또는 옥내소화전

부근)에 설치된 무선지능형 화재대피 휴대용조명등 세트의 위치를 주위 사람들에게 알림으로서 신속한 대피 및 가스제거와 함께 자체 초기 화재진압 활동을 할 수 있게 하는 센서네트워크 기반의 화재감지 휴대조명 시스템을 제안하고 실제 시스템 구성을 통해 제안된 시스템의 유용성을 확인하고자 한다.

2. 센서네트워크 기반 화재감지/경고 시스템

본 연구에서 제안하는 시스템은 크게 두 부분으로 구성된다.

① 아파트 실내에 부착되어 지속적으로 화재의 발생 또는 정전 등을 감지하고 만일 위험상황이 발생하게 되면 무선으로 아파트 실외에 설치된 “장치” 및 주변의 화재 감지 및 경고를 위해 설치된 장치에 위험 데이터를 전송하고 이와 동시에 주변 사람들에게 위험상황의 발생을 음성으로 경고하는 “무선 화재감지/경고 모듈” 과

② 아파트 실외에 설치되어 실내에 설치된 “무선 화재감지/경고 모듈”로부터의 화재발생 정보를 수신받아 이웃한 “무선 화재감지/경고 모듈”들에게 이들 정보를 Broadcast 함과 동시에 자체에 내장된 휴대용 비상조명등(유리커터 및 해머 장착)의 위치를 알리기 위한 경광등 및 경고 장치가 탑재된 “무선 지능형 휴대조명등”으로 구성된다.

본 연구에서 제안된 시스템의 동작 상황을 나타내면 그림 1과 같다. 그림에서 (100)은 아파트 또는 사무실 등에 설치되어 화재발생을 감지하는 “무선 화재감지/경고 모듈”을 의미하며 (200)은 아파트 실외에 설치되어 화재발생을 감지한 임의의 (100)으로부터 전송된 정보를 수신한 후, 주변의 “무선 화재감지/경고 모듈”들에게 화재의 발생을 무선으로 전송함과 동시에 대피자에게 자체내에 포함되어있는 휴대조명등의 위치를 알릴 수 있게 하는 “무선 지능형 휴대조명등”이다.

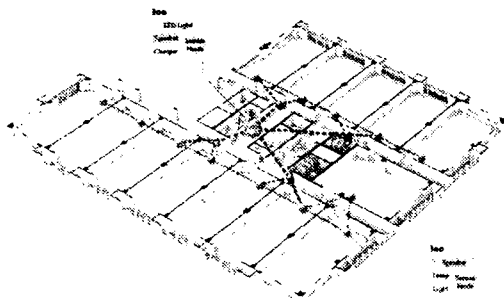


그림 1. 화재발생시의 시스템 구성 및 동작

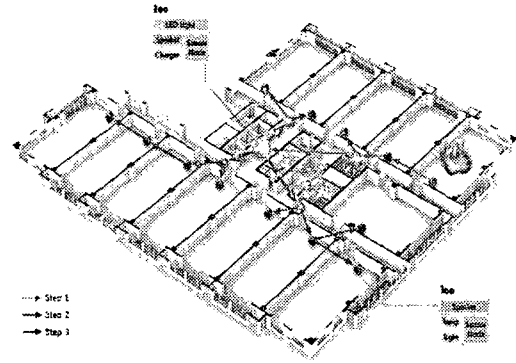


그림 2. 화재발생시의 정보 전달 과정

그림 2에서와 같이 101호에서 화재가 발생되면 실내에 설치된 “무선 화재감지/경고 모듈”이 화재발생을 인지하고 이 정보는 무선 멀티홉(Multi-Hop)통신을 통해 실외에 설치된 “무선 지능형 휴대조명등” 및 실내에 설치된 다수의 “무선 화재감지/경고 모듈”에 전달한다. “무선 지능형 휴대조명등” 정보를 수신한 휴대피자들에게 휴대용 조명등의 위치를 알리기 위한 경광등 및 음성경고를 발생시키고 “무선 화재감지/경고 모듈”은 정보를 수신한 후 대피자들에게 음성경고로 위험을 알리게 된다.

2.1 무선 지능형 휴대조명등의 구조

실내에 설치된 “무선 화재감지/경고 모듈”들로부터의 정보를 받아들여 화재발생 및 경광등/경고음을 발생시키는 “무선 지능형 휴대조명등”의 구성은 다음과 같다.

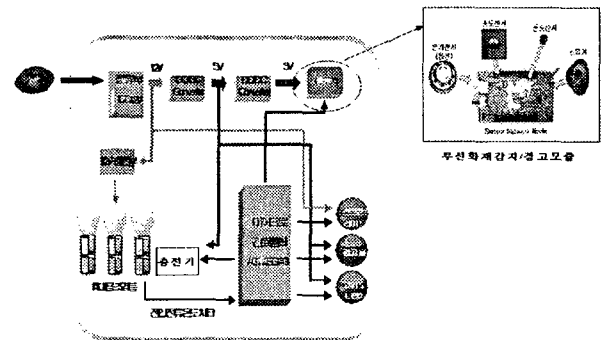


그림 3. 실외에 설치되는 “무선 지능형 휴대조명등”의 구조

상기의 지능형 휴대 휴대조명등에는 휴대용 비상조명등(유리커터 및 해머장착), 조명등에 사용될 리튬충전지(충전기 포함), 경광등, 고휘도 LED 및 스피커가 장착되며 데이터 무선전송을 위한 센서 모듈이 탑재된다.

2.2 무선 화재감지/경고 모듈의 구조

“무선 화재감지/경고 모듈”은 아파트 실내에

설치되는 것으로 기본적으로 화재발생의 감지를 위해 온도 및 조도 센서가 탑재되며 보다 정확한 화재 감지를 위해서는 연기센서도 추가적으로 탑재될 수 있다. “무선 화재감지/경고 모듈”의 전체 구성을 나타내면 그림 4와 같다.

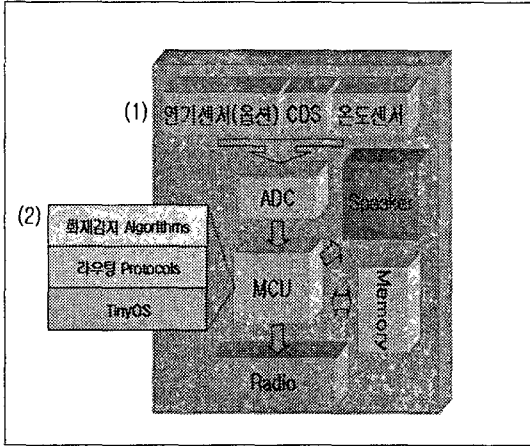


그림 4. 무선 화재감지/경고 모듈

2.3 화재감지 센서 및 음성경고부

그림 4로부터 알 수 있듯이 “무선 화재감지/경고 모듈”에는 다음과 같은 센서들이 탑재된다.

① 조도센서:

빛의 세기를 전압으로 변환해주는 일반적으로 많이 사용하는 센서로서 화재가 발생하였을 경우 조도의 세기를 측정하여 화염을 감지하게 된다.

② 온도센서:

서미스터는 온도가 올라갈수록 저항이 낮아지는 음온도 계수를 가지는, 망간 및 코발트, 구리, 철등의 산화물로 형성된 반도체 소자로서, 온도 모니터링을 통해 실내 온도가 급격하게 상승하는 것을 측정하여 화재가 발생하였음을 감지하게 된다.

③ 연기감지센서:

화재의 발생유무를 가장 확실하게 감지할 수 있는 DAESHIN사의 센서로서 연기의 유무를 판별한다.

④ 음성경고 출력부: 무선 휴대용 조명등은 화재 발생시 비상등을 이용한 알람 뿐만아니라 스피커에 의한 경고음도 출력하게 된다. 경고음은 음성칩에 의한 음성녹음 후 이를 출력으로 내보내게 된다.

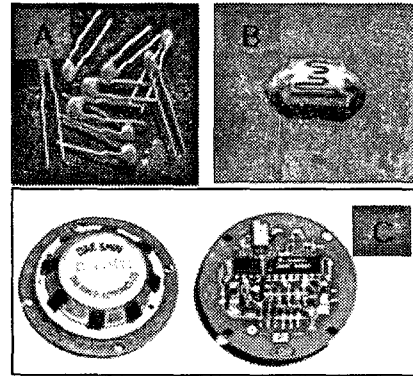


그림 5. 조도센서(A), 온도센서(B) 및 연기센서(C)

2.4 화재발생을 원격의 “지능형 무선 휴대조명등”으로 전송하기 위한 무선 네트워크

각 아파트 실내에 설치되어 화재의 발생을 지속적으로 모니터링하며 만일 화재발생이 감지되었을 경우 이 정보를 원격의 “무선 지능형 휴대조명등” 및 “무선 화재감지/경고 모듈”로 전송하기 위해서는 다음과 같은 기능이 탑재된다.

① H/W 및 Firmware:

센서노드는 그림 6과 같이 한백전자에서 개발된 2.4GHz 대역 통식을 사용하는 ZigbeX를 사용하였다.

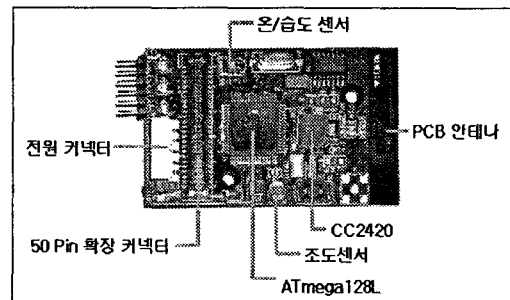


그림 6. Zigbex 메인보드

ZigbeX는 Atmel사의 저전력 IC인 Atmega-128L MCU와 Chipcon사의 CC2420 을 적용한 Sensor Network Module이다. 온/습도 센서와 조도센서를 기본으로 채택하여 주변 환경 정보를 확인할 수 있으며 50Pin 커넥터를 이용하여 외부모듈들을 확장하도록 되어있다. 전원은 AA battery를 이용하거나 기타 외부 전원을 선택적으로 사용하도록 설계되었으며 전원의 효율적인 사용을 위해 Maxim 사의 3.3V Step_up 레귤레이터인 Max1678이 사용되었다. RF Transeiver/ Receiver를 위한 Antenna는 PCB antenna 를 기본으로 사용하도록 되어 있으며 사용자의 선택사항으로 Dipole antenna

를 사용할 수도 있다.

② 화재 발생 정보의 신속한 전송을 위한 지능형 라우팅 프로토콜

화재 발생의 신속한 전송을 위해서는 다음과 같은 조건을 만족시키도록 설계된다.

- 신속한 데이터 forwarding : 각 노드들은 화재가 발생하였을 경우 source로부터 sink까지 데이터를 신속하게 전달하여 화재가 발생하였음을 신속하게(3sec미만) 전파해야 한다.
- 빠른 응답성(response) : 데이터를 신속하게 전달 또는 forwarding하기 위해서는 지연을 최소화하기 위해 응답이 빨라야 한다.
- 멀티홉 : 넓은 지역에 걸쳐 다수의 센서 노드가 있을 경우 모든 센서노드가 sink노드와 직접 통신을 할 수 없다. 따라서 노드와 노드 사이에는 멀티홉을 통해 연결되어야 한다.
- 고장 진단 : 센서노드가 화재나 노후로 정상 동작이 불가능할 경우, 노드 자신이 그것을 인식하여 오동작으로부터 피하여 잘못된 화재경고를 발생시키지 않아야 하고 또한 전체 네트워크에 영향을 주지 않고 네트워크에서 자동적으로 빠질 수 있어야 한다.

위와 같은 조건을 만족시키기 위해 기존에 널리 사용되고 있는 flooding 기법을 사용하고 자 한다. Flooding 기법은 수신 받은 데이터를 다시 포워딩 시키는 단순한 기능만을 가지고 있기 때문에 Rebroadcast에 의한 Implosion, Contention, Collision과 같은 문제들을 가지고 있다. 하지만 구현이 간단하고 신속한 정보전달이 가능하기 때문에 아직까지도 많은 어플리케이션에서 널리 사용되고 있다. 특히 본 연구에서 다루고자 하는 무선통신 기능이 탑재된 무선지능형 화재감지 휴대조명은 상용전원으로부터 전력을 공급 받기 때문에 패킷 전송시 많은 전력을 소모하는 것으로 알려진 Flooding 프로토콜은 큰 무리없이 도입될 수 있으며 특정 목적지 없이 모든 노드에게 브로드캐스팅을 하는 것을 목적으로 하므로 본 시스템의 적용이 적합하다.

상기 시스템의 전체 동작 플로우차트는 다음과 같다.

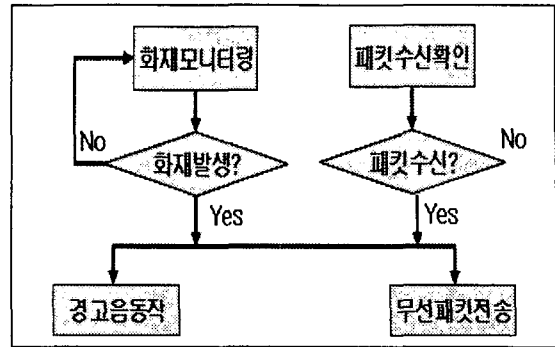


그림 7. “무선 화재감지/경고 모듈”의 동작 플로우차트

3. Tested 상에서의 실험

“무선 지능형 화재 감지/경고시스템 시스템”의 성능을 검토하기 위해 그림 8과 같이 “무선 화재감지/경고 모듈” 4 set과 “무선 지능형 휴대조명등” 1 set 을 제작하였다. 또한 각각의 센서 노드에는 버클리에서 개발한 TinyOS 어플리케이션이 포팅하였다.

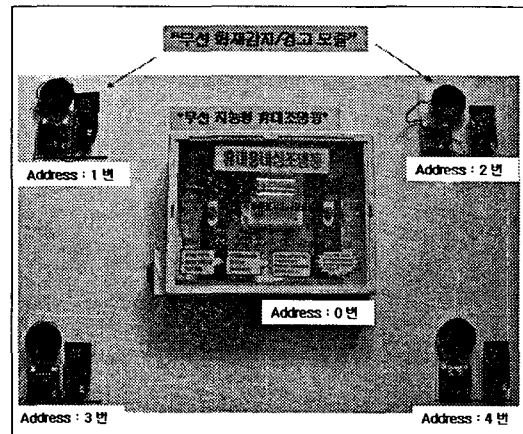


그림 8. 실험을 위해 제작된 무선 지능형 화재 감지/경고 시스템

실험을 위해 “무선 지능형 휴대조명등”에 0번의 Local address를 설정하고 나머지 4개의 “무선 화재감지/경고 모듈”에는 1번부터 4번까지 Local address를 설정한 후 각 장치들을 방마다 배치하였다. 또한 장치들의 정상 동작을 확인하기 위해 Local address 0번을 갖는 “무선 지능형 휴대조명등”을 RS232 통신에 의해 PC에 연결하였다. 그 후 화재상황을 만들기 위해 라이터를 이용하여 2번 “무선 화재감지/경고 모듈”의 온도센서에 온도변화를 주었다. 그림 9는 화재상황 이후 PC의 통신터미널에 출력되는 데이터를 나타낸것이다.

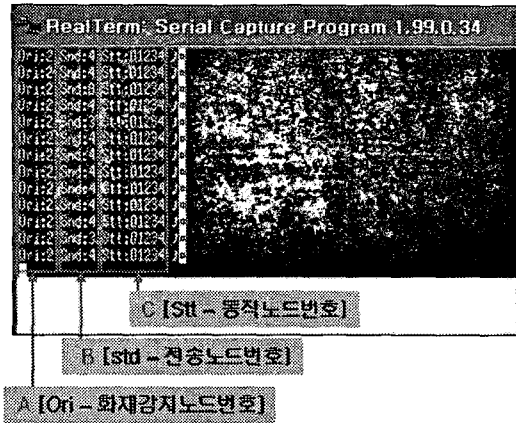


그림 9. flooding에 의한 동작 테스트 화면

그림 9에서 A영역의 Ori는 화재를 감지한 노드ID를 나타내고, B영역의 snd는 0번노드로 전송한 노드ID를 나타내며, C영역의 stt는 무선으로 위험신호를 전달받고 경고음 및 경광등을 동작시킨 노드 ID를 나타낸다. flooding은 경로설정이 없이 broadcasting에 의해 무선 데이터를 전송하는 알고리즘으로 multi-hop을 확인이 힘들기 때문에 위와 같은 출력을 내보내는 디버깅소스를 추가시켜 multi-hop의 동작여부를 확인하여 보았다. 그림 9의 B영역을 확인함으로써 3, 4번 노드가 0번 노드와 가장 인접한 노드임을 알 수 있었으며 C영역인 stt를 확인함으로써 0 ~ 4 번까지의 모든 노드가 2번 노드에서 발송된 위험 데이터를 multi-hop에 의해 전송받아 동작하였음을 짐작할 수 있었다.

4. 결론

본 연구에서는 지하철역이나 각종 대형의 공공시설물, 아파트 등에 설치되어 화재로 인한 비상탈출이 필요하거나 실내에 가스가 누출된 것과 같은 위험 상황이 발생되었을 경우 위험 상황 및 휴대용 조명등의 위치를 대피자에게 신속하게 알릴 수 있는 무선 지능형 화재 감지/경고시스템을 설계하고자 하였으며 실제 제작된 시스템의 정상 동작을 확인함으로써 그 유용성을 확인할 수 있었다.

본 연구는 산업자원부의 지역혁신 인력양성사업의 연구결과로 수행되었음

참 고 문 헌

[1]Jeong-Kyoon Lee ,Ki-young Lee. "A study on Implementation of Fire Alarm System Using Internet". 2002

[2]B.Krishnamachari, D. Estrin and S. Wicker, "Modelling Data-Centric Routing in Wireless Sensor Networks," IEEE INFO-COM'02, June 2002
 [3]Philip Levis, "The TinyScript Language", July, 12, 2004
 [4]Philip Levis, "Ad_Hoc Routing Component Architecture", February, 5, 2003
 [5] F Zhao, LJ Guibas "Wireless Sensor Networks: An Information Processing Approach", Morgan Kaufmann Publishers.
 [6]Http://www.tinyos.net
 [7]Http://www.xbow.com