

## 센서 네트워크를 이용한 대피경로 안내시스템

권정일\*, 노영섭\*\*

### The shelter course guidance system using a sensor network

Jungil Kwon \*, Young-Sup Roh \*\*

#### 요 약

대규모 시설물이나 복잡한 시설물에 화재가 발생하였을 때 대피해야 할 사람들에게 화재의 발생 위치와 비상구의 위치에 따른 적절한 대피 안내가 이루어지지 못한다면 대규모의 인명피해를 입을 수 있다. 따라서 화재 방재 시스템의 적용 및 인명 피해를 최소화 할 수 있도록 최적의 대피경로를 안내하여 줄 수 있는 대피경로 안내시스템이 필요하다. 본 논문에서는 화재 발생에 따른 인명피해를 줄이기 위한 방법으로 센서 네트워크와 결합한 최적의 대피경로 안내시스템을 제안하였다. 본 연구의 실험 결과에 따르면 제안된 대피경로 안내시스템은 최적의 대피경로를 구조물 안의 대피인원들에게 화재 상황에 따라 적절하게 실시간으로 안내하여 줌으로써 대피에 소요되는 시간을 줄일 수 있음을 확인 할 수 있었다.

#### Abstract

When a fire occurs in a large-scale or complicated facility, there is a possibility of large-scale loss of life if there is no information on the location of fire and the location of emergency exits for people to take shelter. Consequently, the fire or disaster prevention system and the shelter course guidance system that optimally guides the shelter course are necessary to reduce the loss of life. This paper proposes a shelter course guidance system using a sensor network to reduce the loss of life in a building where a fire occurs. The experimental result of this research shows that the shelter course guidance system provides the optimum shelter course to people in infrastructure when a fire occurs.

▶ Key words : shelter course, disaster system, emergency exit, sensor network

• 제1저자 : 권정일 교신저자 : 노영섭

• 접수일 : 2008. 6. 11, 심사일 : 2008. 7. 5, 심사완료일 : 2008. 9. 25.

\* 호서대학교 컴퓨터공학부 \*\* 서울벤처정보대학원대학교 임베디드시스템학과

## 1. 서론

최근 고도화된 산업 사회의 발달과 함께 산업 사회의 근간을 이루는 시설물의 안전 문제에 대한 관심이 증가되고 있다. 산업 사회를 위협하는 많은 재해 중에서도 화재에 의한 피해는 인명 손실뿐 만 아니라 엄청난 경제적 손실과 사회적 혼란을 가져오고 있다. 특히 폐쇄된 공간에서 화재사고가 발생하면 대규모의 인명 손실과 막대한 재산 피해로 이어지기 때문에 화재를 조기에 감지하고 제어 할 수 있는 제어 시스템의 빠른 가동이 무엇보다도 중요한 문제이다[1].

본 논문에서는 복잡한 시설물 내부에서의 화재 발생에 따른 위험성을 인식하고 인명 피해를 줄일 수 있는 방법을 제시하고 그 방법에 대하여 실험하였다. 2004년도의 대구 지하철 참사를 바탕으로 연구한 결과 화재에서 가장 도움이 되는 요소가 빛으로 나타났으나[2] 빛을 이용한 피난구 유도등은 항상 동일한 방향만을 지시하고 있다는 단점에 착안하여 실시간으로 최적의 대피경로를 제시할 수 있도록 센서 네트워크를 결합시켰다.

본 연구의 구성은 [그림 2]와 같이 크게 3부분으로 나누어진다. 첫 번째는 센서노드(sensor node) 부분으로 주변의 온도와 일산화탄소(CO)의 농도를 측정하여 무선으로 측정 값을 전송하고, 유도등의 방향을 제어한다. 두 번째는 센서 네트워크의 싱크노드(sink node)로 서버(server)와 연결되어 무선의 데이터를 변환해 주는 브릿지(bridge) 역할을 한다. 세 번째는 서버 컴퓨터의 관리자 프로그램으로 화재 발생에 따른 최적의 대피경로 탐색, 현재 상태의 출력, 그리고 유도 등 제어가 가능하다.

이와 같이 연구 및 설계된 대피경로 안내 시스템은 설계 목적에 맞게 화재 상황을 수집 분석하여 표시장치인 유도등을 통해 대피자에게 가장 안전한 대피경로를 실시간으로 제공해 줄 수 있는 것을 확인 할 수 있었다.

따라서 본 논문의 연구와 실험 결과를 적용하여 실용화할 경우 화재 현장에 있는 다수의 인명을 화재로부터 신속하고 안전하게 대피 시킬 수 있어 인명 손실을 줄일 수 있다.

## II. 관련 연구

### 1.1 무선 센서 네트워크

무선 센서 네트워크(wireless sensor network)란 인식

정보를 제공하는 RFID(Radio Frequency Identification)에 감지(sensing) 기능이 추가되고 이들 간에 네트워크가 형성된 것으로 USN(Ubiquitous Sensor Network)이라 칭하기도 한다. 센서가 달려 있어 주변 환경에 대한 측정이 가능하고 수집된 정보를 가공할 수 있는 프로세서가 달려 있으며 이를 전송할 수 있는 무선 송수신기를 갖춘 소형장치, 즉, 센서노드로 구성된 네트워크를 의미한다. 기존의 네트워크와 다르게 의사 소통의 수단이 아니라 환경에 대한 정보를 수집하는 것을 그 목적으로 한다. 이런 무선 센서 네트워크는 저가의 초소형, 저 전력 장치들의 기술 개발과 더불어 무선통신 기술의 발달에 의해서 실현 가능하게 되었고, 여러 가지 사회적 요구에 의해서 무선 센서 네트워크의 개발 및 연구가 활발히 진행되고 있는 상황이다. 무선 센서 네트워크는 자동화된 원격 정보 수집을 기본 목적으로 하며, 사물의 이력 정보뿐만 아니라 사물을 둘러싸고 변화하는 물리 환경계의 다양한 정보를 획득하여 생산성, 안전성 및 인간 생활수준의 고도화를 실현한다는 목적으로 과학적, 의학적, 군사적, 상업적 용도 등 다양한 응용에 폭넓게 활용될 수 있다[3][4].

### 2.2 피난 및 구조 활동 분석

복잡한 건물 및 지하철 내부에서의 화재에 따른 인명 피해를 줄이기 위하여 소방 법규에 따라 설치되는 피난설비로는 유도등 및 유도 표시, 비상 조명등, 휴대용 비상 조명등이 있다. 그리고 2004년에 있었던 대구 지하철 화재를 재구성하여 실험한 결과 [그림 1]에 나타난 바와 같이 피난에 방해가 되는 요소로 정전과 연기로 인한 어둠이 27%로 가장 많았다. 반면에 도움이 되는 요소로는 어둠으로부터 위치를 파악할 수 있게 하는 구조대원의 전등장치와 불빛이 23%로 가장 높은 비율로 나타났으며, 소리가 9%로 나타났다. 따라서 적절한 유도 설비의 개발과 설치뿐만 아니라 시각 이외의 청각, 촉각 등을 활용하여 비상 상황에서 대피할 수 있는 피난 설비 개발이 절실함을 나타낸다[5].

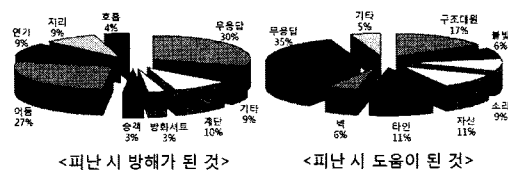


그림 1. 피난에 대한 조사(2)  
Fig. 1. Survey of fire escape

또한 지하철 화재 발생에 따른 사람들의 대피경로를 분석

한 결과 피난 인원 대부분이 지하철을 자주 이용하는 사람으로 통행로에 대해서 잘 인지하고 있었으며, 화재 발생시 60% 이상의 생존자들이 예상 대피경로를 알고 있었던 것으로 조사되었다. 하지만 생존자들이 피난과정에서 초기에 본인이 생각한 예상 피난 경로와 본인이 이동한 피난 경로가 동일한 생존자는 17%에 불과하였고 이중에서도 최단의 대피경로를 예상했던 생존자는 12%에 불과하였다.

예상 경로를 갖고 있던 피난 인원들은 대중에 의해 떠밀리거나 화재로 인한 연기로 시야 확보가 되지 않아 피난 도중 1번 이상의 피난 장애를 겪었으며, 그로 인해 예상 경로가 변경됐으리라 판단된다. 예상 경로 또한 최적의 대피경로가 아니었음을 알 수 있으며, 현재의 위치에서 최적의 대피경로를 확인할 수 있는 방법이 없었고, 현재의 비상구 유도등 시스템이 대피를 돕는데 제한적이었음을 확인 할 수 있었다[2].

### III. 설계 및 구현

근래에 지하철이나 복잡한 건물 내부에서 화재 발생으로 인한 인명 피해를 줄이기 위해 철도 화재 조기 탐지 및 자동 소화 장치 등의 통합적인 화재 방제 시스템과 비상구 유도등의 설치 방법에 관한 연구들이 이루어지고 있다[1][5]. 본 논문에서는 여기에 추가 될 수 있는 요소로 최적의 대피경로를 실시간으로 안내해 피난인원들의 대피 시간을 줄일 수 있는 방법을 제시하고 구현하였다.

[그림 1]에서 알 수 있듯이 대피에 가장 도움이 됐다는 빛과 적절한 대피경로를 확인할 수 없었다는 점을 착안하여 기존의 유용성이 떨어지는 비상구 유도등 시스템을 개량하였다. 화재가 발생한 곳의 당황한 대피인원들에게 최적의 대피 정보를 실시간으로 전달할 해 줄 수 있도록 하기 위해 유도등에 무선 센서 네트워크를 결합시켰다.

#### 3.1. 시스템 전체 구성도

종전의 화살표가 있는 비상구의 유도등은 언제나 동일한 방향만 지시하고 있다. 이는 어디서 발생할지 모르는 화재에 대해 언제나 최적의 대피경로를 제시하지 못한다는 단점을 갖고 있다. 이런 단점을 보완하고자 [그림 2]와 같이 유도등을 각각의 방향을 제어 할 수 있도록 무선 센서노드와 결합시켰다.

[그림 2]에서 각각의 노드들은 TinyOS[6]로 구현되고 무선 네트워크(wireless network)를 통하여 데이터를 교환한다. 이 중에서 센서노드들은 비상구 유도등과 연결되어 싱크노드로부터 받은 정보를 바탕으로 유도등을 제어하며, 주변의 환경 정

보인 온도와 일산화탄소(CO)의 농도 등을 측정하여 싱크노드로 전송한다. 싱크노드는 서버 컴퓨터와 센서노드들을 위하여 서버컴퓨터와 연결된 UART (Universal Asynchronous Receiver and Transmitter)와 센서노드들과 연결된 무선 네트워크 사이에서 신호 변환을 담당한다. 서버컴퓨터는 관리자 프로그램이 실행되며 센서노드들로부터 수집된 환경정보를 바탕으로 관리자에게 현재의 상태를 출력하고 유도등을 제어하기 위하여 최적의 대피경로를 탐색하여 그 결과를 싱크노드를 통하여 센서노드에 전송한다.

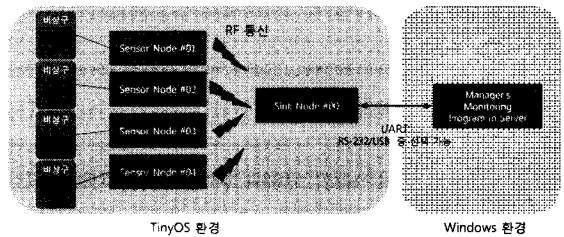


그림 2. 시스템 구성도  
Fig. 2. System block diagram

#### 3.2. 데이터 흐름

구현된 대피경로 안내 시스템의 데이터 흐름은 [그림 3]과 [그림 4]와 같다. 각 유도등에 연결된 센서노드는 자신이 위치한 주변 지역의 환경 정보인 일산화탄소, 온도 및 내부의 기준 전압을 측정하게 되고 이 정보는 무선 네트워크를 통하여 서버에 연결된 싱크노드로 전송한다. 싱크노드는 이 데이터를 서버 프로그램에 전달하고 반대로 서버 컴퓨터로부터 수신한 데이터를 해당하는 센서노드에 무선으로 전송하는 역할을 한다.

이 과정에서 사용된 무선 네트워크의 구성은 센서노드들 사이에 자동적으로 자신의 위치를 인식하고 동적으로 라우팅 경로를 구성할 수 있는 메쉬(Mesh) 네트워크로 구성이 되어야 한다. 메쉬 네트워크를 사용할 경우 넓은 지역에 사용이 가능하고, 센서노드의 파괴에 따른 데이터의 전송 실패를 방지할 수 있을 것이다[7][8][9]. 하지만 본 연구에서는 다수의 센서노드들과 싱크노드 사이의 통신은 적절히 잘 이루어지고 있다고 가정하고 모의실험에서는 인프라스트럭처(Infrastructure) 모드를 사용하였다.

서버에서 실행되고 있는 관리 프로그램은 현장의 정보를 수집하고 수신된 데이터를 분석하여 이상이 감지되면 유도등의 위치 별로 최적의 대피경로를 검색하여 싱크노드를 통해 각각의 센서노드에 전달한다. 센서노드는 유도등의 지시등을 제어함으로써 유도등은 최적의 대피경로를 표시할 수 있게 된다.

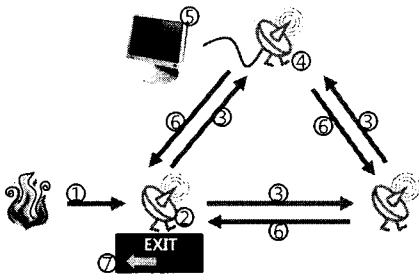


그림 3. 구현된 대피경로 안내 시스템의 개념도  
Fig. 3. Concept of the shelter course guidance system

[그림 3]은 대피경로 안내 시스템의 개념도이며 각 부분별 동작은 다음과 같다.

- ① 센서에 의한 환경정보 수집(온도, CO)
- ② 감지된 데이터 종합하여 데이터 프레임 생성
- ③ 무선으로 싱크노드에 데이터 전송
- ④ 직렬로 서버에 데이터 전송
- ⑤ 수집된 데이터 처리(화재판단, 대피경로 검색)
- ⑥ 대피경로데이터 각 노드에 전송
- ⑦ 서버로부터 받은 경로를 유도등에 표시

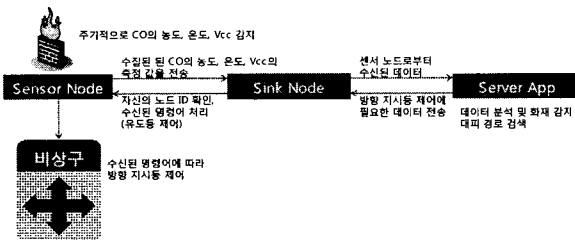


그림 4. 데이터의 흐름도  
Fig. 4. Flowchart of Data

### 3.3. 프레임 구조

센서노드와 싱크노드 사이에서 데이터의 전송에 사용될 신호의 프레임과 싱크노드와 서버의 모니터 프로그램 사이의 직렬(serial) 데이터 프레임의 설계는 무선 네트워크의 전송량(traffic)을 최소화하기 위해 [그림 5]와 같이 꼭 필요한 정보만을 전송하도록 설계하였다[10].

[그림 5]의 '(2). 싱크노드 -> 모니터링 프로그램'과 '(3). 모니터링 -> 싱크노드'는 데이터 전송이 UART를 통하여 이루어지므로 각각의 프레임을 구분하기 위하여 프레임 시작바이트 '0x08'과 프레임 종료바이트 '0xFF'를 프레임의 처음과

끝에 추가하여 구성하였다.

참고로 [그림 5]의 '(4). 싱크노드 -> 센서노드' 프레임(frame)에서 CMD 명령어의 1~4번 비트는 비상구 유도등의 지시 방향을 나타내며, 8번 비트는 화재발생을 알리기 위하여 지시 방향을 점멸하기 위해 사용한다.

[그림 5]의 데이터 프레임의 구조에 대한 정의는 다음과 같다.

#### (1). 센서노드 -> 싱크노드

- NODE ID - 전송하는 센서노드의 고유 ID
- Temperature - 센서노드에서 측정된 주변의 온도
- CO - 센서노드에서 측정된 CO의 농도
- VCC - 센서노드에서 측정된 기준전압

#### (2). 싱크노드 -> 모니터 프로그램

- Start - 전송 프레임의 시작바이트
- Data Length - 프레임의 길이
- 센서노드 Data - 모니터 프로그램에 전달해야 하는 센서노드에서 받은 정보
- End - 전송 프레임의 종료바이트

#### (3). 모니터 프로그램 -> 싱크노드

- Start - 전송 프레임의 시작 바이트
- 수신 NODE ID - CMD 명령어가 전달되어야 하는 센서노드의 고유 ID
- CMD 명령어 - 센서노드에 전달하고자 하는 명령어
- END - 전송 프레임의 종료바이트

#### (4). 싱크노드 -> 센서노드

- 목적지 NODE ID - CMD 명령어가 전달되어야 하는 센서노드의 ID
- CMD 명령어 - 센서노드에 전달하고자 하는 명령어
- Blink - 전등의 점멸을 지시함
- Down, Left, Top, Right - 각 방향의 전등을 제어하기 위한 비트(bit)

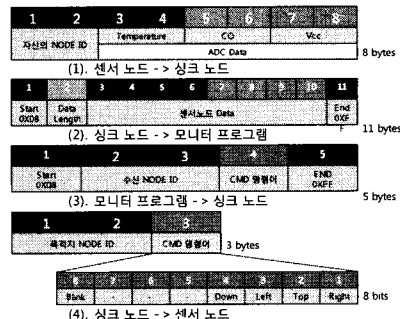


그림 5. 데이터 프레임의 구조  
Fig. 5. Structure of data frame

### 3.4. H/W 구성

TinyOS[11]가 구동되는 센서노드는 MAXFOR (<http://www.maxfor.co.kr/>)에서 제공하는 USN (Ubiquitous Sensor Network) 보드를 이용하였다.

[그림 6]은 실험에 사용된 센서들의 사진이다. 센서노드는 센서 모듈을 결합하여 외부의 온도와 CO의 농도를 측정하도록 하고, 싱크노드는 USB인터페이스 보드(USB to Serial)를 사용하여 서버 컴퓨터와 직렬 통신을 하도록 하였다.

	명칭	수량	기능	특징
센서노드	TIP7100M	4	USN 노드	IEEE 801.15.4 Zigbee
	TIP710SM-b	4	센서모듈	온도,CO센서
싱크노드	TIP7100M	1	USN 노드	IEEE 801.15.4 Zigbee
	TIP710GM-a	1	인터페이스 보드	USB to Serial

그림 6. 센서노드와 싱크노드의 사진  
Fig. 6. Photograph of sensor node and sink node

비상구 유도등의 각 방향을 제어하기 위하여 센서노드에 있는 마이크로프로세서(microprocessor)의 I/O (Input/Output) 핀을 이용한다. 신호의 연결은 [그림 7]에 나타나 있으며, I/O핀 각각을 출력으로 설정하여, 갈림길의 방향에 따라 오른쪽 방향, 왼쪽 방향, 아래쪽 방향, 위쪽 방향의 유도등을 제어하기 위해 사용된다. 각각은 유도등에 대응되는 제어 라인에 연결하고 핀의 출력을 제어함으로써 비상구 유도등의 점등과 소등을 제어할 수 있게 된다.

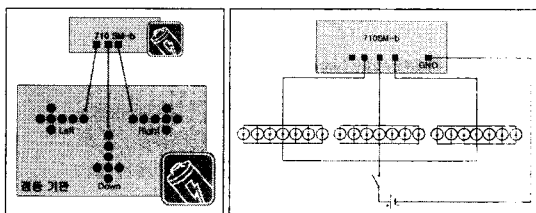


그림 7. 비상구 유도등  
Fig. 7. Electric light of emergency exit

### 3.5. 시스템 설계

구현하고자 하는 시스템은 [그림 8]과 같이 3부분으로 구분된다. 첫째는 센서노드 부분으로 주위의 환경 정보를 측정하여 무선으로 전송해주고, 대피 인원에게 대피경로를 표시해 준다. 두 번째는 싱크노드로 센서노드와 서버 컴퓨터간의 데이터를 무선 신호와 직렬 신호로 변환해 준다. 마지막으로는 수집된 데이터를 받아서 화재 상황을 인지하고 센서 위치별 대피경로를 검색해 관리자와 각각의 센서노드에게 알려주는 관리자 프로그램이 있다[12][13].

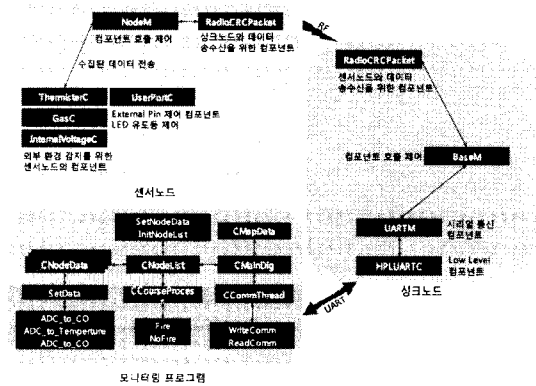


그림 8. 전체 시스템의 구조  
Fig. 8. Structure of Entire system

#### 3.5.1. 센서노드 설계

무선 센서노드들의 프로그램은 모두 TinyOS 기반에서 작성된다. TinyOS에서 정의되는 컴포넌트와 컴포넌트는 인터페이스에 의해서 연결되고, 컴포넌트의 호출은 인터페이스를 통한 명령 또는 이벤트 신호의 전달에 의해서만 이루어진다 [6]. [그림 9]는 센서노드의 구조를 컴포넌트의 연결에 의해 나타내고 있다.

센서노드에서 사용되는 주요 컴포넌트 다음과 같다.

NodeM - 센서노드의 중심 컴포넌트로 하위 컴포넌트들을 호출하여 동작을 제어한다. 센서노드에서는 타이머 (Timer)의 주기마다 온도, 가스, 내부의 기준 전압을 측정하게 되고, 이 데이터를 [그림 5]와 같은 프레임의 구조를 사용하여 싱크노드로 송신한다. 또한 싱크노드로부터 수신한 데이터는 노드 ID(identification) 식별의 검증 과정을 거쳐 I/O 핀을 제어한다.

TimerC - 환경 정보 감지를 위한 시간 간격과 유도등 점멸의 시간 간격을 지정하고 시간 만료에 대한 응답을 이벤트

로 받는다.

LedsC - 센서노드의 LED(Light Emitting Diode)를 제어하며 디버깅 용도로 사용한다.

RadioCRCPacket - 무선 네트워크를 통하여 데이터의 송수신을 담당한다.

UserPortC - 센서노드의 외부 I/O핀을 제어한다. I/O핀의 출력은 유도등의 각 방향을 점등할 수 있는 신호로 사용한다.

ThermisterC - ADC(Analog to Digital Converter)를 통하여 외부 온도를 측정한다.

GasC - ADC를 통하여 주변의 일산화탄소(CO) 농도를 측정한다.

InternalVoltageC - 내부의 기준 전압을 측정한다. 외부 환경 데이터를 표준 단위로 변환하기 위한 참조 값으로 사용한다.

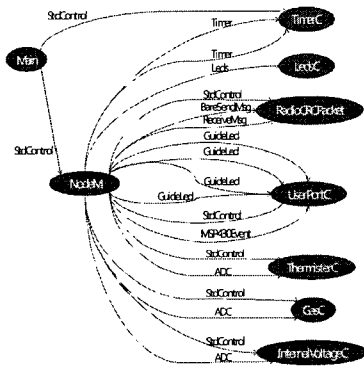


그림 9. 센서노드의 구조  
Fig. 9. Structure of sensor node

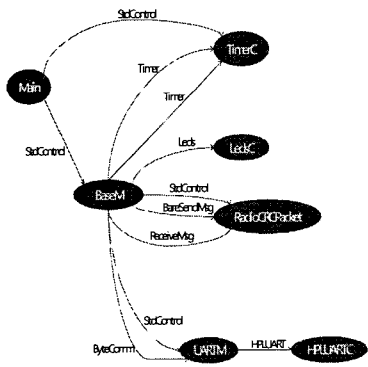


그림 10. 싱크노드의 구조  
Fig. 10. Structure of sink node

### 3.5.2. 싱크노드 설계

(그림 10)은 싱크노드의 구조를 컴포넌트의 연결에 의해

나타내고 있다.

싱크노드에서 사용되는 주요 컴포넌트 다음과 같다.

BaseM - 싱크노드의 중심 컴포넌트로 하위 컴포넌트들을 호출하여 동작을 제어한다. 싱크노드는 센서노드와 서버 사이에서 신호 변환을 위해 사용된다. 무선으로 수신한 프레임 데이터를 직렬(serial) 신호로 변환하여 송신하고, 직렬 포트로부터 수신한 프레임 데이터를 송신한다.

UARTM - 직렬 데이터의 송수신을 담당한다.

### 3.5.3. 모니터 프로그램 설계

모니터 프로그램은 화재감시를 총괄하며 서버에서 동작하는 프로그램으로, 수신된 데이터를 분석하고 화재를 판단하며 최적의 대피경로를 검색하여 관리자 프로그램과 유도등에 그 내용을 반영한다. Windows의 MFC로 구현되었고 [그림 11]에서 모니터 프로그램의 중요 클래스와 메소드 구조를 보여 주고 있다.

[그림 11]에서 중요 클래스의 기능은 다음과 같다.

CMainDlg - 프로그램의 기본이 되는 클래스로 화면의 출력과 제어의 흐름을 담당한다.

CMapData - 화면에 출력되는 맵(map) 정보를 관리한다.

CCommThread - 직렬 포트의 송수신을 관리하는 클래스(class)로 스레드(thread)로 동작된다.

CNodeList - 전체 센서노드에 대한 정보를 관리하며 화재 발생에 따른 처리를 담당한다.

CNodeData - 한 개의 센서노드에 대한 정보를 관리한다. 센서노드로부터 수신된 ADC의 데이터를 °C, ppm, volt의 기본단위로 변환한다.

CCourseProcess - 맵 데이터와 유도등의 위치 데이터를 기준으로 화재가 감지된 유도등으로부터 최적의 대피경로를 탐색한다.

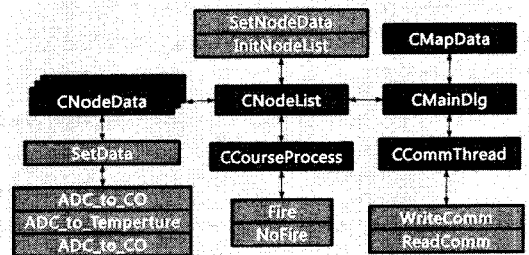


그림 11. 모니터 프로그램의 구조  
Fig. 11. Structure of monitor program

### 3.5.4. 모니터 프로그램 GUI설계

[그림 12]는 서버 컴퓨터에서 동작되는 모니터 프로그램으로 좌측은 맵에 대한 이미지로 비상구 유도등의 상태를 확인할 수 있으며, 우측은 센서노드로부터 수신된 데이터의 내용을 출력하고 연결된 센서노드의 리스트와 관리자 제어 버튼이 위치한다.



그림 12. 모니터 프로그램의 인터페이스  
Fig. 12. Interface of monitor program

### 3.5.5. 대피경로 탐색 알고리즘

대피경로를 검색하는 알고리즘은 시스템이 최적의 대피경로를 검색하기 위해 작성한다. 단층 구조 건물에서 화재가 발생한 곳을 피해 최적의 대피경로가 표시되도록 비상구 유도등의 방향을 결정한다. 대피경로 탐색 알고리즘에 사용될 맵 데이터(map data)는 [그림 13]과 같으며, 대피경로를 검색하는 알고리즘은 다음과 같다.

- (1) M \* N의 맵을 2차원 배열로 지정하고 경로와 비상구 유도등의 위치를 결정한다.
- (2) 첫 번째 화재가 발생할 경우 화재가 발생한 위치를 기준으로 모든 비상구까지의 경로를 검색하고 각각의 유도등 방향을 경로에 따라 지정하게 된다.
- (3) 화재가 전파되거나 다른 위치에서 화재가 추가로 감지되는 경우 새로운 화재 위치로부터 모든 비상구까지의 경로를 검색한다. 그리고 이전의 경로와 비교하여 반대되는 방향의 유도등 방향을 제거하게 된다.
- (4) 만약 한 개 이상의 노드에서 화재가 진화된 것을 감지하면 (2)부터 반복한다.

앞에서 소개한 알고리즘은 시야가 확보되지 않는 건물 내부에서 화재가 발생한 곳을 피해 대피할 수 있는 경로를 안내해 줄 수 있다. [그림 13]의 경우는 구조물이 단층인 경우만 고려하였다. 따라서 대피경로 탐색에 사용될 알고리즘과 맵 데이터는 복합적인 공학적 사고와 예외상황을 고려하여 결정되어야 하며, 건물의 형태에 따라 가장 짧은 시간에 다수의 인명을 분산 대피시킬 수 있는 알고리즘이 선택되어야만 한다[14].

00	01	02	03	04	05	06	07	08	09
10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
40	41	42	43	44	45	46	47	48	49
50	51	52	53	54	55	56	57	58	59
60	61	62	63	64	65	66	67	68	69
70	71	72	73	74	75	76	77	78	79
80	81	82	83	84	85	86	87	88	89
90	91	92	93	94	95	96	97	98	99

건물 외벽  
 복도  
 유도등 위치

그림 13. 모의실험에 사용될 맵 데이터의 배열  
Fig. 13. Arrangement of the map data which will be used in simulation

### 3.5. 모의실험

대피경로 탐색 알고리즘은 대피경로 탐색의 동작을 보이기 위한 프로그램으로 센서노드의 연결 없이 화재 발생에 따른 대피경로를 모의실험 할 수 있도록 하는 별도의 프로그램이다. 유도등의 위치를 지정하고 화재 발생 버튼을 선택하여 화재 발생과 화재 진화를 가정할 수 있다. [그림 14]는 맵의 중앙 부근의 T자형 통로 유도등에서 화재가 감지된 경우를 나타내며 유도등별 진한 색의 방향등이 대피경로를 나타내고 있다. [그림 15]는 중앙의 화재가 좌측으로 확산되고 우측 하단의 노드에서도 새로운 화재가 감지되었을 때의 상황을 나타내고 있다. 결과에서 보듯이 각각의 비상구 유도등은 자신이 위치한 곳으로부터 화재를 피해 대피할 수 있는 적절한 경로를 가리키고 있음을 볼 수 있다.

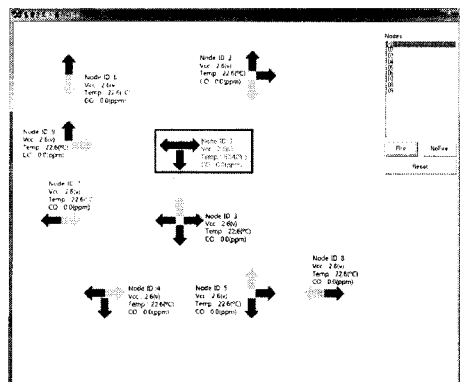


그림 14. 대피경로의 모의실험 - 중앙부근에 화재발생  
Fig. 14. Simulation of taking shelter course - fire occurrence at the center

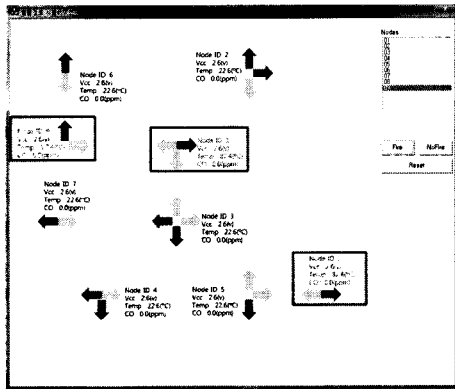


그림 15. 대피경로의 모의실험 - 주위로 화재확산  
 Fig. 15. Simulation of taking shelter course - fire occurrence at another places

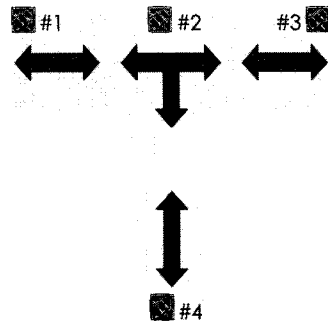


그림 16. 실험에 사용될 맵과 유도등의 위치  
 Fig. 16. Location of the map which will be used in experiment and the guidance electric light

### IV. 실험 및 시스템 고찰

#### 4.1 실험 절차

실험 환경은 가용할 수 있는 센서노드의 개수 제약으로 인하여 T자형 통로로 결정했다. 각 통로의 끝 쪽에 대피 할 수 있는 비상구가 위치해 있다고 가정하고 있으며, 센서노드의 위치는 통로가 교차되는 중간 지점에 한 개와 이로부터 각 비상구 방향까지의 중간 위치에 센서노드가 설치되어 총 4개의 센서노드가 존재하게 된다. 각 센서노드의 ID는 왼쪽에서 오른쪽 방향, 위쪽에서 아래쪽 방향의 순서로 1번부터 4번까지 지정했다.

또한 각 센서노드에 연결된 유도등의 화살표 방향은 모든 진행 방향을 가리키고 있어야 하기 때문에 T자 통로의 중간 교차점에 있는 노드의 경우 3가지 방향을 가리키도록 했으며 나머지 노드는 좌우 또는 상하로 2가지 방향을 가리키도록 하였다.

결정된 실험 환경은 건물 모형으로 제작하였으며, 관리자 프로그램의 GUI를 통하여 동일하게 보일 수 있도록 [그림 13]의 배열에서 [그림 16]과 같은 T자형 맵 데이터 배열로 변경하였고, 대피경로 검색을 위한 센서노드의 위치를 수정하였다.

각 센서에 의해 수집된 환경 데이터에서 온도의 값이 50°C 이상이 되면 화재가 발생한 것으로 인식하도록 설정하여 대피 경로를 검색하도록 하였고, 50°C보다 낮아지게 되면 화재가 진화된 것으로 인식하고 대피경로를 재검색 하도록 하였다. 그리고 모형에 설치된 센서노드에서 측정하는 온도의 값을 높여 화재로 인식하게 하기 위하여 히트건(heat gun)을 사용하였다.

#### 4.2 구동 실험

[그림 17]은 화재가 감지되지 않았을 때의 모니터 프로그램과 실험 모형에서의 상태를 나타내고 있다. 모니터 프로그램을 통해 현재 측정된 온도와 일산화탄소의 농도를 실시간으로 확인할 수 있으며, 모든 대피경로를 유도등을 통해 나타내고 있다.

[그림 18]은 4번 노드에 화재가 감지됐을 때의 모니터 프로그램과 실험 모형에서의 상태를 나타내고 있다. 4번 노드 근처에서 화재가 발생했다고 보기 때문에 4번 노드가 위치하고 있는 방향을 회피하여 유도등을 통해 최적의 대피경로를 안내하고 있다.

[그림 19]는 4번 노드에 화재가 감지된 이후 추가로 3번 노드에 화재가 감지됐을 때의 모니터 프로그램과 실험 모형에서의 상태를 나타내고 있다. 동시에 여러 곳에서 화재가 감지됐었을 경우 유도등을 통하여 적절한 대피경로를 안내하고 있음을 볼 수 있다.

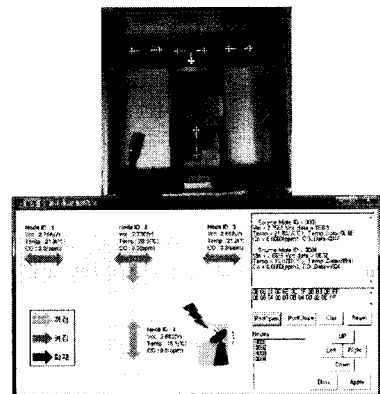


그림 17. 화재가 발생하지 않았을 때의 모니터 프로그램  
 Fig. 17. Monitor program when there is no fire



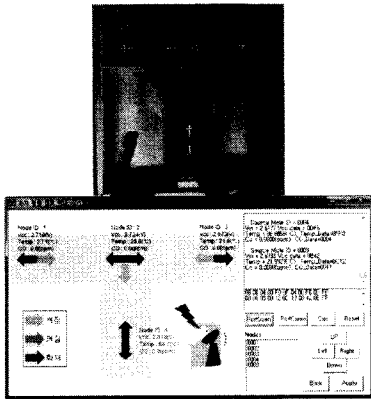


그림 18. 4번 노드에 화재가 발생하였을 때의 모니터 프로그램  
 Fig. 18. Monitor program when fire occurrence at node 4

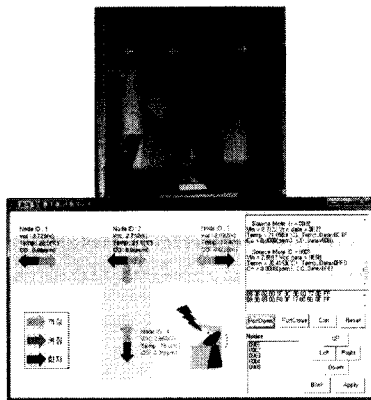


그림 19. 3번 노드에 다른 화재 발생하였을 때의 모니터 프로그램  
 Fig. 19. Monitor program when another fire occurrence at node 3

### 4.3 고찰

본 연구에서 구현된 대피경로 안내 시스템은 화재가 감지된 노드를 회피하여 안전한 지역으로 대피경로를 제시해 주고 있음을 확인 할 수 있다. 또한 관리자 프로그램을 통하여 실시간으로 확인되는 센서노드의 주변 정보는 화재 진압과 인명 구조에 있어 가장 효율적으로 대처할 수 있도록 귀중한 판단 정보를 제공한다. 그리고 개별적으로 제어가 가능하도록 구성된 센서노드의 유도등은 임의설정 기능을 이용하여 재난상황에 맞게 효율적인 화재 진압과 인명 구조를 능동적으로 진행할 수도 있다.

또한 센서노드와 결합된 비상구 유도등과 더불어 화재경보 알람(alarm)을 결합 시킬 수 있다. 대피과정에서 불빛 다음으로 많은 도움을 주었던 소리로 근처에 있는 비상구 유도등의 위치를 파악하는데 도움을 줄 수 있어 더욱 효과적인 대피 안내 시스템이 완성될 것이다.

그리고 센서노드 주변의 실시간 환경 정보는 건물의 냉·난방 및 통풍 시스템과 통합하여 사용할 수도 있다.

## V. 결론

센서 네트워크와 유도등의 결합을 통하여 위험 상황에서 빠른 상황 전파와 상황에 따른 대피경로 안내 시스템을 제안하였고 그 타당성을 검증해 보았다. 본 연구의 실험 결과는 화재 현장에서 어려움에 처한 사람들에게 가장 효율적인 대피 경로를 신속하게 실시간으로 안내함으로써 인명 피해를 최소화 할 수 있는 가능성을 열어 주었다.

본 연구는 유비쿼터스 시대에 화재로 인한 인명과 재산의 피해를 줄이기 위해 반드시 고려되어야 할 능동적 재난 관리 시스템이라 판단되며, 배선 공사 등 구조 변경의 높은 비용을 부담하지 않고도 지하철이나 복잡한 건물 내부의 화재 감시 및 대피 시스템으로 적용 가능한 재난에 대한 최적의 안내 시스템이라고 생각된다. 그리고 본 연구의 무선 네트워크를 재난방지 시스템에 적용할 경우 화재발생 등 통신을 위한 배선 등의 제반시설이 화재나 열로 소실되어 통신 불능상태에 빠지는 상황을 막을 수 있어 극한 상황에서 그 동작을 보장받을 수 있다. 또한 센서의 종류를 재난 상황에 맞게 재구성 한다면 화재 뿐만 아니라 여러 가지 다른 종류의 재난에도 적용할 수 있다.

## 참고문헌

- [1] 김동현 "철도화재 조기탐지·자동소화 장치개발," 철도 웹진, 48호, <http://www.irail.net/webzine/index.html>, 2004년
- [2] 홍원화, 김태현, 전규업, "비상시 지하공간의 초기 피난 및 구조 활동 분석에 관한 연구 - 대구지하철화재사고를 중심으로," 대한건축학회논문집 - 계획계, 제22권, 제3호, pp. 263-270, 2006.3
- [3] 채동현, 한규호, 임경수, 안순신, "센서 네트워크의 개요 및 기술동향," 정보과학회지, 제22권, 제12호, pp. 5-12, 2004. 12
- [4] 김선진, 김내수, "RFID/USN 산업동향 및 발전전망,"

ETRI 전자통신동향분석, 제20권, 제3호, pp. 43-55, 2005. 6

[5] 나옥정, 전규엽, 홍원화, "지하공간 비상 유도등의 성능 평가 및 피난유도 향상에 관한 연구," 대한건축학회 논문집 - 계획계, 제22권, 제10호, pp. 295-302, 2006. 10

[6] TinyOS Tutorial, <http://www.tinyos.net/tinyos-1.x/doc/>, September 2003

[7] I. F. Akyildiz, X. Wang, and W. Wang. "Wireless Mesh Networks: A Survey," Computer Networks Journal (Elsevier), Volume 47, Issue 4, pp. 445-487, March 2005

[8] R. Bruno, M. Conti, and E. Gregori. "Mesh Networks: Commodity Multihop Ad Hoc Networks," IEEE Communications Magazine, Volume 43, Issue 3, pp. 123-131, March 2005

[9] 김민, 김화성, "IEEE 802.16 기반의 무선 메쉬 네트워크를 위한 QoS 메쉬 라우팅 프로토콜," 한국통신학회논문지, 제32권, 제12호(무선통신), pp. 1226-1237, 2007. 12

[10] 김영성, 김영환, 석정봉, "TinyOS 메시지 길이에 따른 에너지 절약 연구," 한국정보과학회 학술발표논문집, Vol. 33, No.1, pp. 343-345, 2006. 6

[11] P. Levis, S. Madden, D. Gay, J. Polastre, R. Szewczyk, A. Woo, E. Brewer, and D. Culler, "The emergence of networking abstractions and techniques in tinyos," In Proceedings of the First USENIX/ACM Symposium on Networked Systems Design and Implementation, April 2004

[12] 백상현, 윤승진, 김응식, 김홍, "대피 시뮬레이션 프로그램들에 대한 고찰," 한국산업안전학회 99 춘계학술논문발표회 논문집, Vol. 5, no.5, pp.33-38, 1999. 6

[13] Peter Thompson, "Modelling Evacuation in Multi-story Buildings with Simulex," Fire Engineering journal, Vol. 56, no. 185, pp. 6-11, Nov. 1996

[14] 권순섭, 이종선, 이관호, 권우성, "터널 화재발생시 시뮬레이션 프로그램을 통한 승객대피계획," 한국철도학회 학술발표대회논문집, pp. 19-22, 2007. 5

## 저자 소개



### 권정일

- 2008년 2월 : 호서대학교 컴퓨터 공학과 (공학사)
  - 2008년 3월 ~ 현재 : 한양대학교 전자컴퓨터통신공학과 (공학석사)
- 관심분야 : 컴퓨터구조, 임베디드시스템, 실시간 시스템



### 노영섭

- 1988년 2월 : 인하대학교 전자공학과(공학사)
  - 1996년 8월 : 한국과학기술원 정보및통신공학과(공학석사)
  - 2005년 2월 : 고려대학교 전기,전자, 전파공학과(공학박사)
  - 1987년 11월 ~ 1998년 2월 : LG전자 미디어통신연구소 선임연구원
  - 1998년 3월 ~ 2001년 2월 : 청강문화산업대학교 이동통신과 교수
  - 2001년 3월 ~ 2005년 2월 : 주식회사 싸이버뱅크 연구개발부문 상무이사
  - 2005년 3월 ~ 현재 : 서울벤처정보대학원대학교 임베디드시스템학과 교수
- 관심분야 : 임베디드시스템, 모바일 컴퓨팅, 이동통신, 유비쿼터스 네트워크