

u-방재시스템 기반의 시설물 실시간 화재 모니터링

u-Disaster Prevention System based Real-Time Fire Monitoring in a Building Facility

문 성 우*
Moon, Sung-Woo,

성 현 진**
Seong, Hyun-Jin

요 약

산업과 경제발전에 따라서 대중이 이용하는 공공 시설물은 대형화·복합화 되어가고 있으며, 재난시 시설물 사용자의 안전을 지키기 위한 방재 시스템의 역할이 더욱 중요해 지고 있다. 방재 시스템은 시설물관리에 있어서 재난극복을 위한 중요한 수단으로써 화재발생시 시설물 사용자를 안전하고, 신속하게 대피시킬 수 있는 기능을 가져야 한다. 본 논문에서는 화재 발생시 온도와 연기를 측정하여 현장상황에 대한 정보를 제공하는 Ubiquitous Sensor Network (USN) 기술 기반의 u-방재시스템을 제공한다. u-방재시스템은 화재발생시 유비쿼터스 환경에서 온도와 연기를 측정하여 현장상황에 대한 정보를 제공하는 등 독립적인 데이터 송수신 기능을 가지며, 시공간을 극복하여 현장상황을 실시간으로 모니터링 할 수 있다. 시설물 사용자는 방재시스템의 LED 전광판이 안내하는 상황별 최적의 대피경로를 따라서 화재로부터 탈출할 수 있게 된다. 현장 적용성을 테스트하기 위해서 화재와 온도센서, 그리고 LED 전광판 등으로 구성되는 프로토타입을 개발했다. 빌딩 시설물을 대상으로 화재시 u-방재시스템의 기능을 검증했으며, 테스트 결과 USN 기반의 u-방재시스템은 화재발생 등 극한상황에서 화재대피에 필요한 데이터를 중단없이 송수신하여 시설물 사용자가 효과적으로 대피할 수 있도록 지원하는 것으로 나타났다.

키워드 : 방재관리, 유비쿼터스, USN, 실시간 모니터링, 화재탈출

1. 서론

1.1 문제점 및 필요성

건설기술의 발전과 경제적·사회적 요구에 따라서 초고층 빌딩, 쇼핑몰, 전시장 등 대형 복합 시설물이 급격하게 증가하고 있다. 시설물이 고층화·대형화·복합화됨과 동시에 대형 화재 발생의 위험성은 매우 커지고 있다. 화재발생시 시설물의 구조를 잘 알지 못하는 시설물 이용자는 화재발생 시 순간적으로 대피경로를 판단하여야 하지만 연기와 고온으로 인하여 판단을 위한 정보를 얻기가 어렵다. 또한 정전으로 인하여 시야가 확보되지 할 경우 공간적 고립과 심리적 불안정에 노출되고 이 경우 침착하고 냉정한 판단을 하기가 힘들게 된다.

현재 기존 시설물은 대통령이 지정한 소방시설 설치유지 및 안전관리에 관한 법률 (대통령령 제 22151호)에 의거하여 자동 화재탐지설비를 갖추고, 화재경보기를 이용하여 시설물 상주하는 이용자에게 화재상황을 전달하고 있다. 이 중 가장 중요한 대피경로정보는 유도등 및 비상조명등을 이용하여 지정된 화재대피출구 (Fire Exit)의 위치를 알 수 있게 하고 있다 (국가법령정보센터 2010). 이와 같이 기존 방재 시스템은 일반적으로 화재 발생시 화재발생 상황만 전달하도록 구성되어 있다. 그러나 대형 시설물에서 화재가 발생할 경우 효과적으로 대피경로를 이용자에게 제시하지 못하면 대형 인명피해로 이어질 가능성이 높아진다. 따라서 유도인구가 많고 불특정한 다수의 사람들이 이용하는 복합적인 시설물은 화재발생 시 신속하고 정확한 대피경로를 제시하여 대형 인명사고로 이어질 가능성을 줄여야 한다.

* 중신회원, 부산대학교 사회환경시스템공학부 부교수, 공학박사, sngmoon@pusan.ac.kr

** 일반회원, 부산대학교 사회환경시스템공학과 토목공학전공 석사과정, saioov@pusan.ac.kr

본 논문에서는 유비쿼터스 기반의 방재시스템인 u-방재시스템을 개발하여 시설물에서 화재가 발생할 경우 시설물 이용자가 신속히 대피할 수 있는 최적의 대피경로를 제공하고자 한다. u-방재시스템은 시설물에서 발생하는 화재를 Ubiquitous Sensor Network (USN) 기술을 이용하여 실시간으로 모니터링하며, 시설물의 구조와 특성을 고려하여 시설물을 이용하는 사람들에게 최적의 대피경로 정보를 LED 전광판을 통하여 전달한다. 유비쿼터스 기술을 접목한 지능적 방재시스템은 화재발생시 논리적으로 최적의 탈출경로를 제시하여 시설물 사용자의 생존확률을 높일 수 있을 것이다.

1.2 연구의 목적과 접근방법

본 연구에서는 이용자가 거주하는 시설물에서 화재발생시 거주자가 신속하고 안전하게 대피할 수 있도록 유도하는 실시간 u-방재시스템을 개발하는데 그 목적이 있다. u-방재시스템은 독립적으로 운영되는 기능의 특성상 전력차단과 같은 극한상황에 영향을 받지 않고 화재 및 온도 센서 데이터를 사용하여 화재 상황을 파악한다. 시설물에서 화재가 발생하게 되면 전력단절과 같은 극한상황이 발생하지만 u-방재시스템은 온도센서와 연기센서를 이용하여 화재를 감지하고 센서에서 측정된 데이터를 USN을 통해서 서버에 전송한다. u-방재시스템은 파악된 화재 정보를 분석하여 논리적으로 신속하게 최적의 대피경로를 분석함으로써 거주자의 생존확률을 높인다. 논리적으로 분석된 대피경로는 LED 전광판에 표시되며, 대피자는 이를 이용하여 지시되는 방향정보에 따라서 피난하게 된다.

본 논문에서는 u-방재시스템의 현장 적용성을 높이기 위해서 첫째, 현재 대형 복합 시설물의 현행 방재관리체계와 화재발생시 요구되는 절차사항을 분석했다. 둘째, 과거 국내외 화재사례를 바탕으로 기존 방재 프로세스의 문제점을 유비쿼터스 기술과 융합하여 개선할 수 있는 방안을 수립했다. 셋째, 수립한 방안을 바탕으로 최적의 대피경로를 제시할 수 있는 u-방재시스템을 개발했다. 넷째, 화재발생 시 실험현장에서 발생 가능한 시나리오를 작성했다. 마지막으로, u-방재시스템 프로토타입의 성능을 검증하기 위해서 가상적인 상황을 설정한 후 빌딩 시설물에 시범적으로 적용하여 시스템 성능을 평가했다.

2. 관련연구

2.1 해외사례

해외에서 진행중인 방재관리 연구사례를 살펴보면 Zigbee를

이용한 무선센서네트워크 방재관리의 연구가 활발하게 이뤄지고 있는 것을 알 수 있다. HU ji 외 (2008)는 저전력 무선센서의 네트워크 기반으로 시설물 화재를 모니터링 체계를 연구했다. 이 연구에서는 온도센서, 가스센서, 습도센서를 이용하여 시설물 화재발생 상황을 모니터링 하고, Ad-Hoc기반의 무선 네트워크를 소방시설에 설치하여 다양한 상황을 가정한 현장실험을 실시했다. 특히 저전력 마이크로 컨트롤러를 사용하여 전력소모를 최소화했다.

그 외에도 Liu Baifen 외 (2007)는 Digital Signal Processor (DSP) 기반의 지능형 멀티센서를 이용하여 시설물에서 발생하는 화재사고를 실시간으로 모니터링 했으며, 예상치 못한 화재 상황에서 시설물 이용자를 당황하지 않고 효과적으로 제어하는 연구를 수행했다.

2.2 국내사례

국내에서도 유비쿼터스 관련 기술을 방재관리에 적용하고자 하는 노력을 하고 있으며, 위치기반의 재난구조 시스템, 이동로봇을 이용한 방재 시스템, USN 기반의 방재시스템, 네트워크 기반 지능형 방재 시스템, 무선 센서 네트워크 기반의 화재 대피 유도 연구 등 다양한 분야에서 연구가 진행 중이다. 이준재 (2007)는 기존의 연기감지센서에 카메라의 시각기능을 부여하여 연구를 진행했다. 이 연구에서는 연기감지 센서에서 연기신호를 감지하면 카메라에 내장된 포트로 감지된 정보를 전달하고, 이를 TCP/IP 모듈을 통해서서 제어하도록 시스템 기능이 개발됐다. 강원선 (2001)은 광센서 감지기의 온도계측 시스템 (Distributed Temperature Sensor)을 이용하여 시설물에서 발생하는 화재를 감지하는 시스템을 연구했다. 이 시스템은 경보 온도를 단계별로 나눠서 설정된 경보레벨을 기준으로 화재신호를 전달하며, 연동 프로그램에 의하여 관련설비를 작동할 수 있도록 구성됐다.

또한 김선경과 원준연 (2003)은 서울시 도시방재관리를 정보 기술시스템 측면에서 국한하여 현재의 문제점을 살펴보고, 그 대안으로 유비쿼터스 정보기술을 기반으로 하는 유비쿼터스 방재 정보시스템의 활용가능성을 연구했다. 김진택 (2008)은 화재감지용 USN 단말기를 제작하여 네트워크를 구축하고 웹 기반의 화재 예방 모니터링시스템을 개발했다. 웹을 통하여 USN 단말기의 동작상태를 파악하고 전원차단과 같은 고장관리와 장치를 추가적으로 배치하는 것과 조정하는 등 화재 센서 네트워크 관리를 용이하게 했으며 SMS 긴급문자 발송으로 화재를 보다 신속하게 전달할 수 있도록 했다. 그 밖에 김우영 외 (2008)는 관

리자가 설정한 규칙에 따라서 무선 센서 네트워크의 상태를 감시하여 상황을 인식하고 이에 따른 비상등의 방향을 제시하는 연구를 진행했다.

본 논문에서는 기존의 이론과 분석에 그친 관련연구에 비해 유비쿼터스 기술을 융합한 u-방재시스템을 이용하여 현장실험을 진행하였으며 시설물 이용자에게 최적의 대피경로정보를 제공함으로써 화재대피에 대한 실질적인 대안을 제시하였다.

3. 시설물 방재관리

3.1 시설물 방재관리의 역할

시설물 방재관리란 시설물에서 발생하는 화재사고에 대비하여 이용자의 안전을 확보하기 위한 수단이다. 방재관리는 최근 시설물의 규모가 대형화·고층화·복합화됨에 따라서 그 중요성이 점차 강조되고 있다. 시설물 방재관리는 설치유지법 제 20 조, 공공기관의 방화관리에 관한 규정에 근거하여 공공기관의 건축물·공작물 및 물품 등에 대하여 기관장의 책임하에 방화관리 업무수행을 통한 화재 등 재난으로부터 인명 및 재산을 보호하는 역할을 수행한다. 또한 시설물 기관장은 소방설비기사 또는 소방시설관리사 등과 같은 자격자를 방화관리자로 선임하여 시설물 소방계획, 자위소방대 조직, 피난시설 및 방화시설 유지관리 등의 책무를 수행한다.

3.2 시설물 화재발생 시 대피절차

국내에서 시행되고 있는 공공 시설물의 화재발생 시 대응규정(대통령령 제 21410호)을 보면 1단계에서 교내 인접기관과 관할 소방서에 화재의 장소 및 시간, 건물명, 현재상황 등을 신속하게 신고하고, 전파해야 하며; 2단계에서는 각 기관별 자체 민방위 대원 및 전 직원이 소집하여 건물내에 있는 소화방비를 이용하여 인접기관 및 소방차가 도착할 때 까지 초기진압을 신속히 실시한 다음; 3단계에서는 화재 확산을 방지하기 위해서 전 소화장비를 이용하여 초등진압을 하고 건물내 인명구조와 구조된 인명을 응급처치를 마친 후 마지막으로 화재가 발생한 장소의 안전진단과 화재발생 후 보고 및 조치내용을 6하 원칙으로 기술하여 해당기관 및 본부를 통해서 관할소방서에 전달하도록 규정하고 있다(그림 1)(국가법령정보센터 2010).

공공 시설물에서 화재가 발생했을 경우 시설물 이용자의 대응절차는 다음과 같다. 먼저 화재를 발견한 이용자는 화재경보기를 누르고 큰소리로 주변 시설물 이용자에게 화재 발생의 사실을 알려야 한다. 화재의 크기에 따라서 초기소화 여부를 판단하

여 초기소화가 가능할 경우 주위에 배치되어 있는 소화기를 이용하여 화재를 진압하고, 초기소화가 불가능할 경우 신속히 소방서에 신고한 다음 화재현장에서 대피해야 한다. 화재현장에서 대피할 경우 시설물의 구조와 상황을 자세히 알고 있는 시설물 관리자와 직원의 안내에 따라서 신속하게 안전한 장소로 대피하고 침착함을 유지해야 한다.

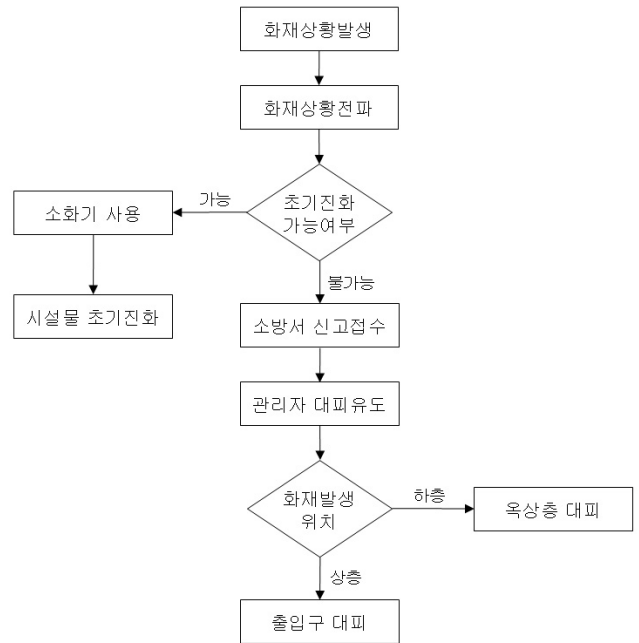


그림 1. 화재발생 시 대응절차

4. u-방재시스템 프로토타이핑

4.1 u-방재시스템 구성

u-방재시스템에서 데이터 모니터링은 온도센서모듈, 연기감지모듈, LED 전광판으로 구성되어 있으며, 위험한계치를 시설물의 특성에 맞게 설정하여 실시간으로 시설물을 모니터링할 수 있다(그림 2). 센서모듈을 구성하고 있는 온도센서모듈과 연기감지모듈에서 측정되는 데이터는 MICAz 보드를 통해서 데이터 모니터링 시스템으로 전송된다. u-방재시스템은 온도센서와 연기센서, MICAz 보드를 포함하여 시설물에서 발생하는 화재에 대비하여 시설물을 실시간 모니터링하고 MICAz 보드의 송수신 기능을 이용하여 데이터를 서버에 무선으로 전송한다. 전송된 데이터는 데이터베이스에 저장되며, 시설물 방재관리자는 데이터베이스에 저장된 정보를 바탕으로 시설물을 유지관리한다.

u-방재시스템은 시설물에서 화재가 발생할 경우 최초 화재발생지점을 시설물 관리자에게 전달한다. 본 시스템은 센서모듈의

데이터를 데이터 그래프로 출력할 수 있고, 시설물 화재발생시 서버의 데이터베이스에 축적된 정보를 이용하여 최적의 대피경로를 결정한다. 즉, 최초 화재발생 지점을 기준으로 시설물 이용자가 시설물에서 신속하고 안전하게 대피할 수 있는 최적의 대피경로를 분석한다. 또한 반복적으로 습득한 데이터를 이용하여 시설물에서 발생한 화재흐름을 예측하고 실시간으로 최적의 대피경로를 업데이트함으로써 시설물 이용자가 최적의 대피경로를 따라서 대피한다. 결정된 최적의 대피경로는 시설물 각 지점에 설치되어 있는 LED 전광판에 블루투스 모듈을 통하여 대피 경로정보를 무선으로 전송하게 된다. 시설물 이용자는 LED 전광판에 전송된 대피경로 정보에 따라서 화재현장에서 안전하게 대피할 수 있도록 시스템이 구성되어 있다.

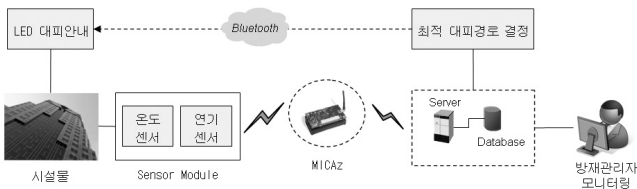


그림 2. u-방재시스템 구성

4.2 실험장치 구성

u-방재시스템의 프로토타입은 1) 온도센서 5개, 2) 연기감지 모듈 5개, 3) USN 보드 5개, 4) USN 게이트웨이 보드 1개, 그리고 5) LED 전광판 4개로 구성했다. 여기서, 첫째, 온도센서는 화재발생시 온도변화를 측정한다. 둘째, 연기감지모듈은 화재발생시 연기를 감지한다. 셋째, USN 보드는 온도센서와 연기감지센서모듈에서 측정된 값을 디지털 데이터로 변환하여 USN 게이트웨이 보드로 전송한다. 넷째, USN 게이트웨이 보드는 USN 보드에서 측정된 데이터를 수신하여 PC로 전달한다. 다섯째, LED 전광판은 시설물이용자가 대피해야 할 방향을 지시한다. 또한 추가적으로 LED 전광판에 대피경로정보를 실시간으로 입력하기 위해서 블루투스 모듈이 사용됐다. u-방재시스템의 시스템 기술구조는 ASP.NET 환경을 기반으로 한다. 웹 응용 프로그램은 웹 개발 플랫폼인 ASP.NET을 사용하여 개발됐으며, u-방재시스템 프로토타입을 위하여 안정적인 시스템 환경을 제공했다.

4.3 데이터 모니터링

u-방재시스템의 데이터 모니터링 시스템 화면 구성은 Communication, Sensor Data, Sensor Setting 항목으로 구성

된다(그림 4). Communication 항목의 Base Station에서는 USN 보드와 시스템을 연결하고 Display에서는 각각의 LED 전광판을 연결한다. Sensor Data 항목에서는 각 센서모듈의 ID와의 연결 상태, 시간, 온도와 연기의 데이터수치 등 실시간으로 표시하여 시설물정보를 알려준다.

Sensor ID에는 각 센서의 번호가 표시되고, Connection으로 센서의 연결상태를 확인할 수 있다. 각 센서의 데이터는 센서수치를 나타내며 State는 0일 경우 수치가 한계수치보다 낮은 상태이며 1일 경우에는 Thres 수치보다 높은 상태이다. 각 센서 중에서 상태가 한 개라도 1이 되면 u-방재시스템이 최적의 대피경로를 결정하여 각각의 LED 전광판을 통해서 이동방향이 표시된다. 마지막으로 Setting 항목은 각 센서의 작동과 LED 전광판의 문구, 센서모듈의 작동시간 등을 사용자가 임의로 설정하여 시설물의 환경에 따라 모니터링을 할 수 있도록 했다(그림3).

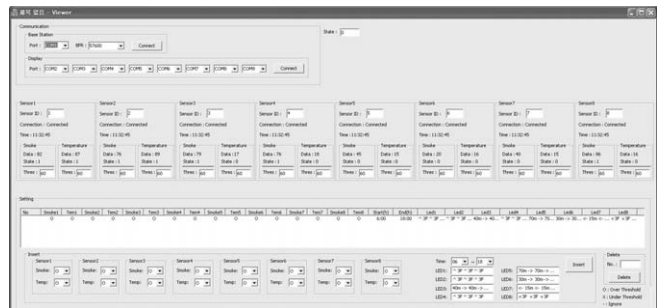


그림 3. 데이터 모니터링 시스템 화면

5. u-방재시스템 수행 프로세스

기존 방재관리에 의하면 화재발생시 시설물 이용자는 시설물관리자의 지시에 따라서 안전한 장소로 대피하도록 되어 있다. 그러나 기존 화재에 대응하기 위해서 기존에 설비되는 장비는 화재탐지와 경보에 중점이 주어진다. 따라서 시설물 화재 관리자가 시설물의 구조를 상세히 알고 있다고 하여도 시설물 이용자가 신속하게 대피할 수 있는 경로를 파악하기는 쉽지 않다. 공공 시설물의 화재발생 시 대응규정에 따르면 ‘시설물 화재가 발생한 층을 기준으로 상층에 시설물 이용자가 거주할 경우 옥상으로 대피하거나 밖으로 통하는 창문이 있는 방으로 들어가서 소방관의 구조를 기다리며, 하층에 거주할 경우 시설물 지상 1층의 출입구를 통하여 옥외로 대피한다.’라고 되어 있으나 화재발생의 위치와 장소에 따라서 여러 가지 경우의 수가 발생하므로 시설물 이용자는 순간적으로 혼란이 발생하게 된다.

반면 u-방재시스템은 실시간 발생하는 화재감지 정보를 활용

하여 최적의 경로를 제공함으로써 시설물 이용자가 신속하게 안전한 장소로 대피하고 침착함을 유지할 수 있도록 돕는다 (그림 4). 시설물에 화재가 발생하게 되면 설치된 센서모듈을 통해 화재 시 발생한 온도와 연기를 감지하여 데이터베이스로 축적된 데이터를 전송한다. 화재를 감지한 u-방재시스템은 관리자에게 화재상황을 실시간으로 전파하고 전송된 데이터를 이용하여 최초 발화지점의 위치와 화염의 진행경로를 파악하고 이를 바탕으로 시설물 이용자가 가장 안전하고 신속하게 대피할 수 있는 최적의 대피경로를 산정하여 LED 전광판으로 전송한다.

시나리오 기반의 화재대피경로 분석모듈은 화재진행정보를 사용하여 화재상황을 판단하고 시설물 이용자의 대피를 위한 최적경로를 제공한다. 또한 산정된 의사결정 결과는 u-방재시스템의 LED 전광판을 이용해서 시설물 이용자에게 가장 안전하고 신속하게 대피할 수 있는 경로정보를 제공한다. 시설물 이용자는 시설물에 설치되어 있는 LED 전광판의 지시내용에 따라서 대피경로를 알 수 있으며, 습득한 대피경로정보를 이용하여 안전하게 시설물에서 대피할 수 있다.

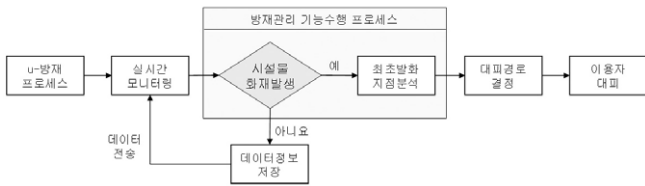



그림 4. u-방재시스템 수행 프로세스

6. u-방재시스템 현장적용

6.1 대상현장 개요

본 연구에서는 u-방재시스템의 적용성을 검증하기 위해서 화재상황을 가정한 시나리오를 설정했으며, 빌딩 시설물을 대상으로 현장실험을 실시했다 (표 1). 대상현장의 규모는 지상 4층으로써, 층고는 각 4.2m에 총 높이는 16.8m이다. 전체면적 5,065㎡으로 연구실 38개, 강의실 41개로 구성되어 있다. 출입구는 지상 1층에 3개가 있고, 지상 3층에 이웃 건물인 전기관으로 통하는 1개가 있다. 오전 6시부터 오후 6시까지는 모든 출입구가 개방되고 오후 6시부터 오후 12시까지는 지상 1층 좌측 출입구와 지상 3층 출입을 제외한 출입구가 개방된다. 오후 12시부터 오전 6시까지는 지상 1층 후문 출입구만 개방이 되는 형태이며, 각 층별 계단은 좌측과 우측에 각각 배치되어 있다.

표 1. 대상현장 시설물 현황정보

대상현장		세부내용	
	규모	지상 4층	
	높이	16.8m	
	구성	연구실 38개, 강의실 41개	
면적	1층	1621.02㎡	
	2층	1369.03㎡	
	3층	1369.01㎡	
	4층	706.04㎡	

6.2 대상현장 장비 배치도

그림 5는 현장실험에 사용된 대상 빌딩 시설물의 구조와 각 층별로 구성된 u-방재시스템의 장비배치 현황을 나타낸다. 센서모듈과 LED 전광판의 배치현황을 살펴보면 LED 전광판과 센서모듈을 지상 1, 2, 3, 4층에는 각각 2개, 2개, 3개, 1개씩 배치했다. 센서모듈은 연기와 온도를 효과적으로 감지하기 위해서 창문측 상단에 설치했고 화재발화지점을 정확하게 파악하기 위해서 복도의 양쪽 끝과 복도의 중앙에 일정한 간격으로 배치했다. LED 전광판은 시설물 이용자가 화재발생 시 발생하는 연기와 이동경로를 감안하여 복도벽면에 설치했다. 복도의 양쪽 끝의 LED 전광판은 계단을 이용하여 대피하는 시설물 이용자를 위해서 1층, 2층 계단이 시작되는 벽면에 설치하여 대피경로 정보를 보다 신속하고 쉽게 전달 받을 수 있도록 배치했다.

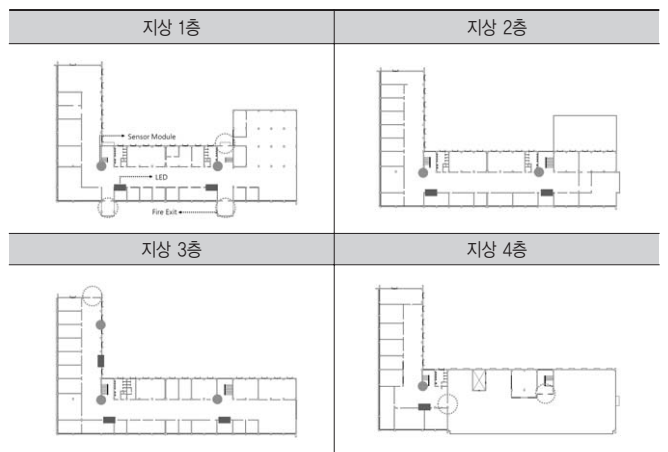


그림 5. u-방재시스템 현장실험 배치도

6.3 실험 시나리오 작성

현장실험을 위해서 화재발생 상황을 가정했으며, 가정상황에 따라서 작성된 시나리오는 다음과 같다.

- 현재 시설물 이용자는 시설물의 지상 4층에 위치.
- 화재발생 시간은 오후 6시에서 오후 12시 사이.
- 지상 1층 좌측 출입구가 폐쇄되어 있음.

- 지상 1층 우측에 화재가 발생한 상황으로 1층의 출입구를 이용하여 대피 불가능
- 시설물 이용자가 지상 3층으로 대피해야 함.
- 화재발생 시 생성된 연기로 인하여 호흡과 시야확보가 어려움.
- 시설물 이용자는 시설물의 구조를 정확히 알고 있지 않음.

6.4 실험결과

현장실험시 화재발생 상황을 가정하기 위해서 센서모듈을 인위적으로 자극했으며, 연기의 퍼짐을 시뮬레이션 하기 위해서 드라이아이스를 사용했다 (그림 6-1). 가상적인 시설물 이용자는 총 8명이었으며, 시설물 이용자 모두 대피경로 등 대상 빌딩 시설물 구조에 대하여 정확한 지식을 가지고 있지 않았다. 시설물 지상 1층 우측지역에 화재가 발생한 것으로 가정하였으며 화재발생 시간이 오후 6시에서 오후 12시 사이로 가정, 시설물 좌측 출입구가 폐쇄되어 지상 1층으로의 대피는 불가능하도록 시나리오를 작성했다. 화재가 발생했을 때 이용자는 모두 지상 4층에 있었으며, LED 전광판의 지시에 따라서 대피하도록 했다 (그림 6-2). 현장실험은 첫째, 일반적 화재대피 프로세스와 둘째, u-방재시스템 프로세스 2개의 경우에 따라서 진행했으며, 대피이동거리와 대피소요시간을 각각 비교하여 u-방재시스템의 효과를 검증했다.

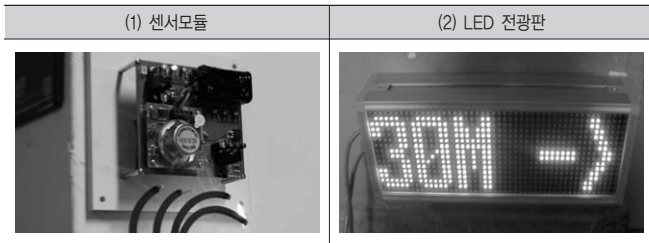


그림 6. 센서모듈과 LED전광판

첫째, 일반적인 화재대피 프로세스를 적용했을 경우에는 지상 4층에서 활동 중인 시설물 이용자는 지상 1층 우측에 발생한 화재정보를 알지 못했다 (그림 7-4). 귀소본능에 따라서 출입시 이용한 이동경로를 찾아서 지상 1층까지 되돌아 갔다 (그림 7-1). 시설물 이용자는 폐쇄된 출입구로 인하여 지상 1층으로 대피가 어려워지자 지상 2층으로 이동했다. (그림 7-2). 그러나 호흡과 시야가 확보되지 않은 상황에서 지상 2층에서 출입구를 찾지 못하고 계단을 이용하여 지상 3층으로 올라갔다 (그림 7-3). 지상 3층으로 올라온 시설물 이용자는 좌우를 살피다가 우연히 전기관으로 통하는 출입구를 발견하여 화재상황에서 대피했다.

u-방재시스템 프로세스를 적용했을 경우에는 지상 4층에서 활동 중인 시설물 이용자는 귀소본능에 따라서 출입시 이용한 계단으로 이동했으며 (그림 8-4), 벽에 설치된 LED 전광판에서 습득한 정보를 바탕으로 지상 3층으로 이동했다 (그림 8-3). 지상 3층에 도착한 시설물 이용자는 벽에 설치된 LED 전광판에 표시된 방향을 보고 이웃 건물관 연결된 전기관 출입구로 향했다. 또한 이동 중 LED 전광판이 제공하는 대피경로 정보를 습득하여 심리적으로 안전하게 대피했다.

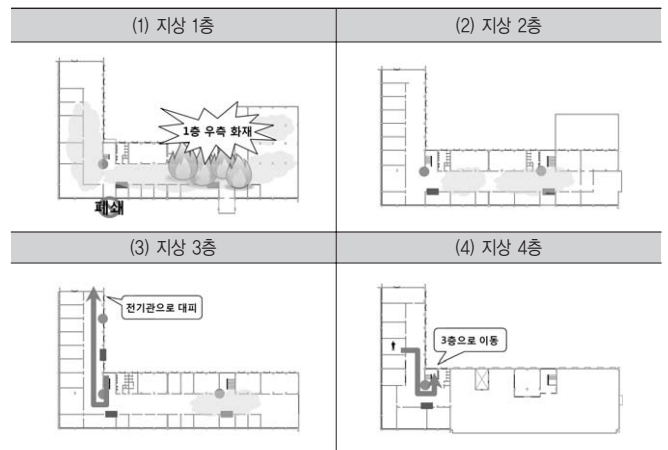


그림 8. u-방재시스템 프로세스를 이용한 화재 대피경로

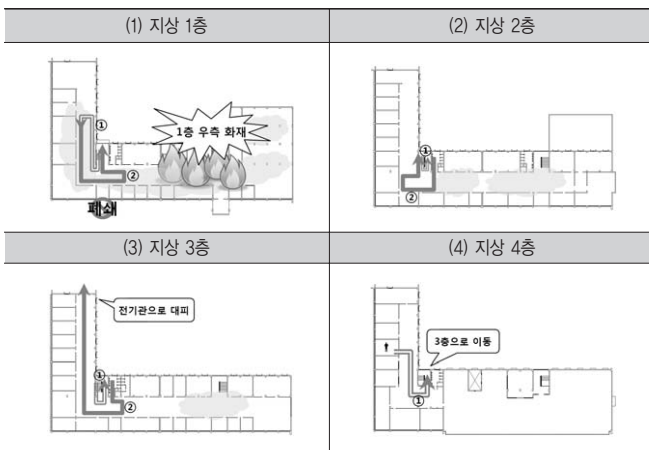


그림 7. 일반적인 프로세스를 이용한 화재 대피경로

실험결과, 일반적 화재대피 프로세스와 u-방재시스템 프로세스를 적용한 경우의 대피이동거리와 대피소요시간을 비교해 보면 일반적 화재대피 프로세스의 경우 대피이동거리는 약 125m이며, 대피소요시간을 3분 42초로 마지막 대피자의 대피소요시간은 약 8분 이상이었다. 반면 u-방재시스템 화재대피 프로세스를 적용한 경우 대피이동거리는 약 42m이고 대피소요시간은 55초로 총 인원 8명이 빠짐없이 전원 대피했다 (표 2).

표 2. 대피이동거리와 대피소요시간 비교

구분	대피이동거리	대피소요시간
일반적 화재대피 프로세스	125m	3분 42초
u-방재시스템 화재대피 프로세스	42m	55초

7. 결론

복합 시설물은 유동인구가 많으며 불특정다수가 이용하는 시설물로서 화재의 위협에 항상 노출되어 있다. 이러한 공공 시설물을 출입하는 이용자의 대부분이 시설물의 구조를 자세히 알지 못하며, 화재와 같은 극한상황이 발생하면 심리적으로 큰 혼란에 빠지게 된다. 기존 화재방지시스템의 문제점을 극복하기 위해서 본 연구에서는 유비쿼터스 환경에서 처리되는 u-방재시스템을 제시했다. u-방재시스템은 온도와 연기센서를 포함하여 USN 기술을 기반으로 구성됐으며, 유비쿼터스 기반의 화재대피 프로세스를 수립하여 실시간 상황에서 시스템의 적용성과 활용방안을 제시했다.

u-방재시스템은 무선네트워크에서 센서 데이터를 독립적으로 송수신하여 화재발생으로 인하여 전력이 차단되어도 최적 대피경로를 제공하여 인명피해를 예방할 수 있다. 또한 대피경로 정보를 전달하기 위한 수단으로 시설물 복도벽면의 LED 전광판을 사용했으며, 시설물 이용자는 LED 전광판 정보를 통해서 화재대피시 심리적 안정과 함께 안전하게 탈출할 수 있도록 돕는다. u-방재시스템 연구는 예측하기 힘든 화재의 특성상 특정위치에 화재가 발생했다는 가정을 하고, 발생가능한 시나리오를 작성하여 제한된 환경에서 현장실험을 수행했다. 현장실험 결과 대피이동거리와 대피소요시간에서 모두 u-방재시스템 화재대피 프로세스가 일반적 화재대피 프로세스에 비하여 효과적인 것으로 나타났다.

본 연구에서 제시된 u-방재시스템은 유비쿼터스 환경에서 방재관리를 위한 시도이지만 프로토타입의 한계점을 극복하기 위해서 지속적인 노력이 필요하다. 빌딩 시설물에 대한 현장실험에서 기능구현 관점에서 성과를 얻었지만 대규모 복합 시설물에 대한 적용성을 검증하기 위해서는 프로토타입의 기술구성을 다양화해야 할 것이며, 화재로 인하여 발생하는 풍속 등 여러 가지 상황에 대응할 수 있어야 한다. 또한 화재발생시 최적 대피경로 산정을 위해서는 전문가 시스템 (Expert System)의 도입 등 최적화 기법이 적용되어야 한다. 이러한 한계점에도 불구하고 u-방재시스템은 방재관리에 유비쿼터스 기술접목의 가능성을 보여주고 있으며, 점차 고층화·대형화·복합화되는 시설물의 유지관리를 보다 효율적이고 안전하게 하는 선도적인 역할을 할 것이다.

감사의 글

이 논문은 부산대학교 자유과제 학술연구비(2년)에 의하여 연구 되었음.

참고문헌

- 강원선 (2001). “광 케이블을 이용한 화재 감지 시스템”, 한국화재·소방학회, Vol. 2, No. 3, pp. 1-8
- 국가법령정보센터 (2010). 소방시설 설치유지 및 안전관리에 관한 법률(대통령령 제 22151호), <<http://law.go.kr/>>
- 김선경, 원준연(2003). “방재분야의 유비쿼터스 정보기술 활용방안에 관한 연구”, 한국지역개발학회지, Vol. 15, No. 4, pp. 97-118
- 김용우, 김도현, 광호영, 박희동 (2008). “무선 센서 네트워크 기반의 화재 대피 유도 연구”, 한국멀티미디어학회지, Vol. 11, No.11, November 2008, pp. 1547-1554
- 김진택 (2008). “USN 기반 화재예방관리시스템 구축”, KALI·지역정보화, Vol. 48, January 2008, pp. 22-28
- 소방방재청 (2010). 소방방재 주요통계 및 자료, pp. 99-188
- 소방방재청 (2007). 화재 국민행동요령 매뉴얼, pp. 1-8
- 이준재 (2007). “네트워크 카메라 기반의 화재 감지 시스템”, 한국화상학회지, Volume 13, Number 4, pp. 233-242
- HU ji, Qin bui-bin, ZHENG liang (2008). The research of low power wireless sensor network architecture based on fire monitoring, 11th IEEE International Conference on 10-12 Nov. 2008, pp. 126 - 128
- Liu Baifen, Zhang yongxian, Gan Fangcheng, Wang Donghai (2007). Design Intelligent Multi-sensor Fire Monitoring Based on DSP, The Eighth International Conference on Electronic Measurement and Instruments, pp. 799-804

논문제출일: 2010.11.04

논문심사일: 2010.11.05

심사완료일: 2010.12.10

Abstract

The building infrastructures such as high-rise buildings, shopping malls, exhibition centers, etc. are becoming larger in magnitude and more complex in complexity. Considering a large number of tenants and visitors are staying in these facilities, it is upper most important to keep those in safe from fire outbreak. In this paper, a u-Disaster Prevention System has been presented to provide effective fire evacuation when fire breaks out in building infrastructures. The ubiquitous sensor network (USN) technology was applied to detect heat and smoke from fire outbreak. The information then is transmitted wirelessly to a host computer. The tenants and visitors residing in the facility can evacuate following the instruction that is displayed in LED sign boards of the u-Disaster Prevention System. A case study shows that the ubiquitous environment can help people evacuate faster in time, shorter in distance with the assistance of the u-Disaster Prevention System.

Keywords : *Disaster Prevention Management, Ubiquitous, USN, Real-Time Monitoring, Fire Preparation*
