DOI: http://dx.doi.org/10.13161/kibim.2016.6.3.015

실내공간정보를 활용한 비콘기반 화재위험감지와 재실자 피난지원 서비스에 관한 연구

A Study on Fire Evacuation Guidance System using Indoor Spatial Information from Beacon

이선민[1], 김태경[2], 홍성문[3], 김주형[4], 김재준[5]
Lee, Sun Min[1] • Kim, Tae-Kyung[2] • Hong, Sung-Moon[3] • Kim, Ju-hyung[4] • Kim, Jae-Jun[5]

Received August 26, 2016; Received September 17, 2016 / Accepted September 19, 2016

ABSTRACT: The purpose of this study is to present the possibility of adopting beacons to implement the fire evacuation guidance system in order to reduce the evacuation time for a fire in complex buildings. A beacon-based evacuation system can quickly detect a fire's origin, optimal path of evacuation involved with the exits and the location of evacuees using information collected by the proposed system. The assessment is conducted by integrating different scenario models including fire simulation. Based on the research result, beacon is an effective tool to warn potential hazards or to provide early detection and a safe escape.

KEYWORDS: Evacuation Guidance System, Beacon, Spatial Information

키워드: 피난유도지원시스템, 비콘, 공간정보

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

건설기술 발전과 시설물에 대한 요구의 복잡화로 인해 초고층 및 지하연계 복합건축물에 대한 수요는 점차 증가하고 있다. 그러나 다양한 공간으로 구성되어 있는 복합건축물은 각 방호공간에서 발생할 수 있는 잠재 화재 위험요소가 일반 건물에 비해 폭 넓게 산재되어 있다(Woo et al., 2013).

우리나라는 지난 2003년 192명의 사망자가 발생한 대구지하철 화재참사 이후 지하역사를 비롯하여 다양한 건축물에서의 화재 위험성에 대한 인식이 확산되었으나, 안전성 확보를 뒷받침하는 기술적 장치가 부족하다(Kim, 2012). 기존 연기감지기와 불꽃감지기는 화재 발생시 주변 환경의 영향에 의해 감지성능이 크게 제한되어 감지기 내부로 열, 연기가 유입 또는 흡입되었을 때만 기능을 할 수 있다(Koo, 2013). 즉, 실내 체적이 큰 대공간, 높은 천정 및 기류가 형성되는 공간은 감지 시간의 지연요소로 작용되어 성능 발휘에 불리하며 비화재보의 원인이 될 수 있다. 현재 피난을 유도하는 소방시설에는 피난설비로서 피난유도선, 유도등 및 유도표지, 비상조명등 및 휴대용 비상조명등이 있다(Jun, 2013). 그러나 기존의 유도등 및 유도표지는 화재시 발생하는 연기로 인해 적정 시야 확보가 불확실할 경우 피난 유도 기능을 제대로 발휘하지 못한다(Baek et al., 2010). 이에 공간 내 잠재되어 있는 화재위험감지와 재실자 피난을 지원하여 피난 성능을 향상하기 위한 연구가 필요하다(Choi, 2013).

그러나 대부분의 연구는 방재 시뮬레이션 및 경로찾기에 관한 정보를 제공하는 연구가 대부분으로 화재 상황에 직면한 피난자에게 피난 정보를 전달하는 방법에 관한 연구는 미비하다(Jung et al., 2012; Do et al., 2014; Bae et al., 2014; Lee, 2011). 이에 본 연구에서는 최근 각광받고 있는 무선통신기술인 블루투스 기반 비콘을 활용하여 실시간 실내공간정보를 수집하고, 화

[1]학생회원, 한양대학교 건축공학과 석사과정 (hyussun@naver.com)
[2]정회원, (주)한화건설 (kimtk8905@naver.com)
[3]학생회원, 한양대학교 건축공학과 석사과정 (sm.hong@gmail.com)
[4]정회원, 한양대학교 건축공학과 교수, 공학박사 (kcr97jhk@hanyang.ac.kr) (교신저자)
[5]정회원, 한양대학교 건축공학과 교수, 공학박사 (jjkim@hanyang.ac.kr)

재발생시 송신된 정보를 기반으로 화재상황을 감지하여 재실자들에게 스마트폰을 통해 피난경로를 안내하는 방법을 제안하고자 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 피난자의 안전과 직결된 연기의 거동에 대해 분석하고 블루투스 저에너지(Bluetooth Low Energy) 신호와 연동해 GPS 정보 등 다양한 정보를 송수신하는 비콘을 활용한 화재위험 감지방법을 제안한다. 이를 토대로 재실자의 안전한 피난을 지원하는 피난유도시스템을 제시하고, 3가지 시나리오를 바탕으로 시스템 구현방법을 모사하여 화재 발생시 비콘의 활용 가능성을 검증하고자 한다.

화재와 관련된 변수는 매우 다양하나, 본 연구는 비콘을 도입한 화재위험감지 및 재실자 피난지원 서비스를 제안하고, 활용 가능성을 입증하는 연구로, 제한된 수의 변수를 사용한다. 또한, 계획된 시나리오는 연기의 확산 및 하강을 중점적으로 다룸에 따라 다양한 변수를 갖는 상황과 차이가 있을 수 있다.

본 연구는 다음의 절차로 수행된다.

(1) 기존 방재시스템 및 피난시간에 관한 고찰
(2) 연기의 확산 및 하강에 관한 고찰
(3) 시스템구현을 위한 비콘 설치 방법
(4) 시나리오를 통한 비콘의 성능평가

2. 이론고찰

2.1 기존 방재시스템 고찰 및 기술수준 분석

2.1.1 화재감지 시스템

국내에서 연간 사용되는 화재감지기 중 400만개(약 65%)에 이르는 차동식 스포트형 감지기와 100만 여개(17%)의 연기감지기는 일정한 조건이 만족될 경우 작동하여 비화재보의 우려가 높다. 건물 관리자는 비화재보를 줄이기 위하여 수신기의 전원을 차단하는 등 적정한 유지관리가 이루어지지 않아 화재시 재실자의 안전 확보가 어려운 실정이다(Choi, 2010).

무차별적인 차동식 스포트형 감지기의 대중화 이외에도 내구연한의 부재, 감도조정의 불법화, 특수 감지기에 대한 제도권 도입 미흡, 감지기와 수신기의 상호연동 규정 부재 등이 화재감지분야 기술발전의 저해요소로 지적된다(Baek, 2014). 현 감지기는 화재가 발생했다 하더라도 일정 시간이 경과되어 불길이 꽉 찼을 때 화재를 감지하므로 초기대응이 어렵다. 또한 감지기에 명시된 감도시험기준을 인증할 장치가 부재하여 감지기가 올바른 기능을 다하지 못할 수 있다(Kang, 2014).

이와 관련된 화재 조기대응과 비화재보에 관한 문제점은 아날로그 감지기를 통해 일정부분 해소할 수 있다. Figure 1과 같

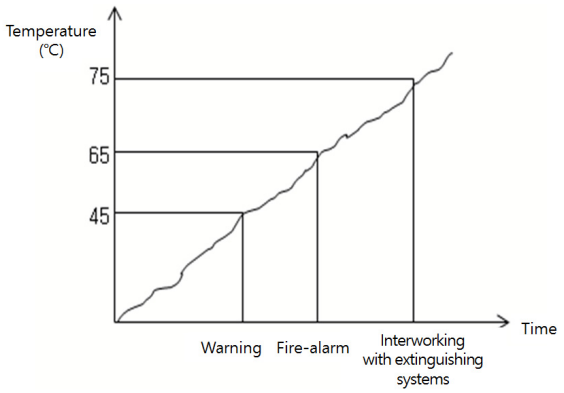

Figure 1. Alarm phases of an analog detector (Park, 2013)

이 아날로그 감지기는 설정 온도에 따라 예비경보, 화재경보, 소화설비 연동을 수행할 수 있다(Park, 2013). 이에 화재 조기경보가 가능하며 소화설비에 의한 손실방지를 할 수 있다. 그러나 감지기의 작동여부를 파악하고 현재 온도와 연기 농도값 등의 화재정보를 방화관리자나 점검업체가 가공하여 사용하기 위해서는 수신기에서 화재감지기를 직접 읽을 수 있는 방법이 필요하다.

2.1.2 피난유도지원 시스템

피난 개시 과정은 화재 징후 발견, 인지 그리고 피난 개시로 나뉠 수 있다. 화재 징후는 화재의 연소 과정에서 알 수 있으며, 연기 냄새 같은 후각적 징후와 옅은 연기부터 짙은 연기까지 눈에 보이는 연기와 섬광 및 화염과 같은 시각적 징후가 있다. 다른 잠재적 징후로는 가연물의 연소음이나 피부를 통한 열로 그 징후를 발견할 수 있다. 한편 재실자는 연기 냄새를 맡거나 경보 벨 소리 등 화재 징후를 발견해도 이를 화재상황으로 인지하지 않으며 시각적 징후나 피난방송 등의 추가적인 정보에 의해 화재 상황을 인지하게 된다. 화재 인지 후의 행동은 피난준비 행동이라고 하며, 화재를 인지한 직후부터 피난을 개시하기 전까지의 단계를 의미한다. 일반적으로 재실자의 10%는 화재 인지 직후 즉시 피난하지만 그 외의 재실자는 다른 정보나 지시를 기다리거나 외부와 연락을 취하는 등 적극적인 피난활동을 미룬다(Park, 2012). 실제로 대구 지하철 참사에서 구조된 승객 절반 이상은 화재 상황을 인지 후 기다리거나 외부와 연락을 취하는 행동을 하였고 약 25%만이 즉시 피난 행동을 취했다. 또한 피난자들은 다른 재실자의 눈치를 보며 기다리는 등 군중심리에 의해서도 피난 활동이 피동적으로 이루어진다(Kim et al., 2005). 따라서 소극적인 피난 자세를 보이는 피난자에게 자동으로 피난안내를 하여 적극적인 피난을 유도할 필요가 있다.

피난자에게 최적의 피난경로를 지원하기 위한 연구는 다음과 같다. Jung et al.(2012)은 스마트폰 Wifi 신호를 활용해 피난자

의 위치를 파악하고 피난 경로를 생성하기 위한 Dijkstra algorithm 응용방법을 구현해 피난 동선 정보를 제공하는 애플리케이션을 개발하였다. Do et al.(2014)은 긴급 상황 발생 시 지도좌표를 이용하여 비상구까지 최단거리경로 탐색을 통해 탈출을 지원해주는 탐색 알고리즘을 제안하였으며, Lee(2011)은 피난상황에서 건물 내 이동부하를 고려하여 거리상으로는 가깝더라도 피난경로의 혼잡을 예상해 우회로를 안내하는 알고리즘을 다루었다. 그러나 대부분의 연구는 방재 시뮬레이션 및 경로찾기를 주제로 하여 화재 상황에 직면한 피난자에게 피난 정보를 전달하여 능동적인 피난을 유도하는 지원도구에 대한 연구는 미비하다.

2.2 피난시간 및 지체요인

화재가 발생한 후 피난을 개시하기까지는 화재 발생, 화재 징후 인지, 화재 확인, 피난행동의 준비 등의 과정을 거쳐 피난을 개시하게 된다. 따라서 피난개시 시간은 화재의 발생에서 화재를 인지하기까지 시간과 화재인지 후 피난행동을 준비하기까지 시간으로 규정할 수 있다. 화재의 발생에서 피난을 개시까지 과정에서 시간손실을 줄이는 것은 인명안전을 위해서 무엇보다 중요하다(Park, 2012).

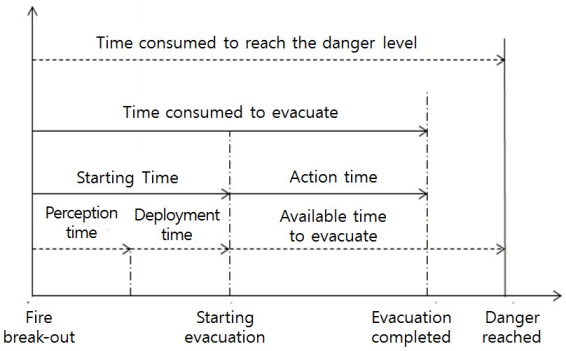

Figure 2. Times related to evacuation behavior (Seo et al, 2009)

피난개시 후에도 여러 변수로 인해 피난완료시간이 지체될 수 있다. 건물의 구조, 출구 넓이, 복도 넓이, 계단 등은 피난시 분산되어 있는 재실자들을 단일공간에 집중시킬 수 있는 요인으로 피난을 지체시킬 수 있는 변수이다(Kim, 2003). 이 외에도 다음과 같은 피난자의 특성 및 심리가 피난 소요시간에 영향을 줄 수 있다(Kim, 2003; 한국화재소방학회, 2006).

- 귀소성분: 처음에 들어온 빌딩 등에서 내부 상황을 모를 경우, 들어왔던 경로를 더듬어 도망가려는 경향
- 일상도선 지향성: 일상적으로 사용하고 있는 경로를 더듬어 도망가려는 경향
- 향광성: 시계(視界)가 차단된 경우 습관적으로 밝은 방향으로 향하여 도망가려는 경향
- 위험회피성: 연기와 불꽃 등이 있는 경우 연기와 불꽃 등이 보이지 않는 방향으로 향하여 도망가려는 경향
- 추종성: 스스로 판단하지 못하고 피난 선두자에 이끌리려는 경향
- 향개방성: 향광성과 유사한 경향이지만, 열린 느낌이 드는 방향으로 도망가려는 경향
- 역시(易視)경로 선택제: 최초로 눈에 들어온 경로 혹은 눈에 띄기 쉬운 경로를 선택하는 경향
- 지근거리 선택제: 가까운 계단 등을 선택하거나 책상을 뛰어넘는 등 지름길로 가려는 경향
- 직진성: 똑바로 계단과 통로를 선택하거나 부딪칠 때까지 직진하는 경향
- 이성적 안전 지향성: 안전하다고 생각하고, 안전하다고 생각되는 경로로 향하는 경향

그러므로 피난자의 비이성적인 심리 상태로 인해 예상치 못한 피난 결과를 초래할 수 있으므로, 피난지원 서비스는 피난자를 안전하게 대피시킬 수 있는 직관적이고 명확한 피난 안내를 제공할 필요가 있다.

2.3 연기의 확산 및 하강

최근 발생한 고양종합터미널 화재는 지하 1층에서 발생한 화재가 지상 2층까지 확산됨에 따라 8명의 생명을 앗았다. 사망자 전원은 연기에 의한 질식사로 생명을 잃었으며, 장성요양병원에서 사망자 21명 전원도 질식사 추정되고 있다. 이렇듯 건물에서 화재 발생시 화염에 의한 사망보다 연기에 의한 사망률이 더 높다. 조사에 따르면 사망원인의 80%정도가 유독가스 및 연기에 의한 질식으로 목숨을 잃게 된다고 한다. 그렇기 때문에 화재시 연기의 거동에 대한 연구가 필요하다.

건물에서 화재가 발생해 연기가 발생하게 되면 실 전체에 얕은 연기층을 형성되어 수평으로 확산한다. 이러한 연기 선단의 확산이 다 이루어지면 연기층이 두꺼워지는 연기의 하강이 시작된다.

이러한 연기는 피난자의 생명을 위협할 정도로 큰 영향을 미치기 때문에 피난도중 피난자의 흡입한 연기량은 매우 중요한 고려사항이라 할 수 있다.

김홍(2003)은 건물내 연기가 피난자의 호흡위치까지 도달하였을 시각과 피난자의 호흡량을 근거로 피난자에게 미치는 연기의 영향을 산정하였다. 따라서 피난자의 연기 영향평가는 식(1)과 같이 연기가 피난자의 호흡위치에 도달 하였을 때의 건물 위치에서부터 최종 출구까지 이르는 시간을 산출해 재실자의

연기 흡입량을 구할 수 있다

연기흡입량 = 재실자의 시간당 흡입량 X 흡입시간 (1)
(재실자의 흡입량 = 0.5L/sec)

화재가 발생해 연기선단이 확산되고 선단의 확산이 종료되면 연기하강은 한 공간에서 거의 동시에 이루어지기 때문에 기본적으로 피난자는 연기하강이 시작되어 피난자를 위험에 빠뜨리는 위험도달시간 전에 피난안전을 확보해야 한다.

일본은 피난안전검증법에 관한 국토교통성 고시 제 1441호 및 제 1442호에서 연기하강시간 계산식을 식 (3)으로 규정지었다(서동구 외 3인, 2009). 식 (2)을 통해 계산된 연기하강시간과 실제 피난 완료 시간과 비교를 하여 피난 안전에 대한 검토가 가능하다.

$$T_{smog} = \frac{A_{room} \times (H_{room} - H_{\lim})}{\max(V_s - V_e, 0.01)} \quad (2)$$

T_{smoke} = 연기하강시간(분)
A_{room} = 해당실의 바닥면적(m^2)
H_{room} = 해당실의 천정높이(m)
H_{lim} = 한계 연기층의 높이(m)
V_s = 연기의 발생량(m^3/분)
V_e = 유효배연량(m^3/분)

3. 비콘을 활용한 피난유도지원시스템

3.1 피난유도지원시스템의 개념

최근 무선통신 기술의 확대로 다양한 환경에서 공간정보 수집 및 가공이 가능하게 되었다. 센서들의 크기가 소형화되면서 노드의 개수도 많아짐에 따라 이웃노드와의 채널간섭 및 에너지 소모 등의 문제가 대두되었으나(Kim et al., 2008), 비콘이 소형화되고 배터리로 장기간 운용이 가능해지면서 실내 공간의 다양한 위치에 부착할 수 있다.

비콘은 블루투스 저에너지(BLE) 통신규약에 근거하여 BLE 신호와 연동해 GPS 정보 등 다양한 정보를 송수신하는 무선통신기술 및 위치 기반 서비스이다. 근거리 무선통신(Near Field Communication)과 비교하여 장거리 무선 통신(최대 50m)을 할 수 있어 사용자의 위치 정보를 완전히 새로운 수준으로 제공하며, 근거리 접촉이 필요 없어 재실자에게 특정 행동을 요구하지 않는다(Kim, 2015). 최근에는 CO_2센서, 온도센서, 습도센서, 가속도 센서 등을 비콘에 탑재해 실내공간의 온도, 습도, CO_2 측정이 가능하다.

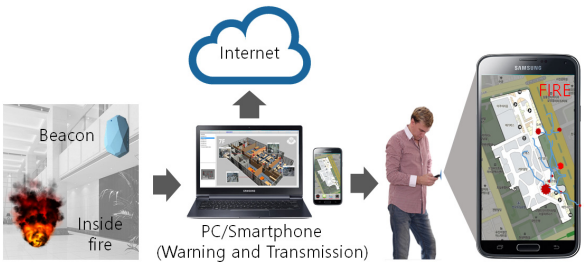

Figure 3. Conceptual diagram of evacuation guidance systems

본 연구에서는 Figure 3과 같이 비콘을 통해 각 온도 및 CO_2 측정값을 이용하여 화재위험감지를 수행한다. 이 때 비콘은 실시간으로 정보를 전송하기 때문에 관리자와 재실자가 수신기를 통해 실시간으로 측정값을 읽을 수 있어 기존 아날로그 감지기의 취약점을 보완할 수 있다. 온도 또는 CO_2농도값이 비정상적인 수치를 기록할 경우, 비콘이 블루투스 통신을 이용하여 반경 범위내 스마트폰과 PC를 통해 주변 사람들에게 이를 알릴 수 있다. 이 때 이상상황이라 판단되는 수치는 기존의 감지기가 판단하는 값보다 더 낮은 값으로, 사이렌이나 소방시설이 작동하기 이전에 실내의 이상상황을 관리자와 재실자가 확인할 수 있게 한다. 화재 발생시 스마트폰을 통해 비상상황알림이 전파 받고 비콘에서 수집된 온도 및 CO_2농도값을 기반으로 실내지도에 화재발생장소가 표기되어 재실자의 안전한 피난을 유도한다.

3.2 비콘을 통한 화재상황 판단 및 예측

삼각측량법에 의해 재실자의 위치추적을 할 수 있도록 비콘을 3개 이상의 신호가 겹치도록 배치하고 같은 개수의 비콘을 설치하여 최대한 넓은 범위의 위치추적을 하기 위해 Figure 4와 같이 배치한다(Lim et al., 2008).

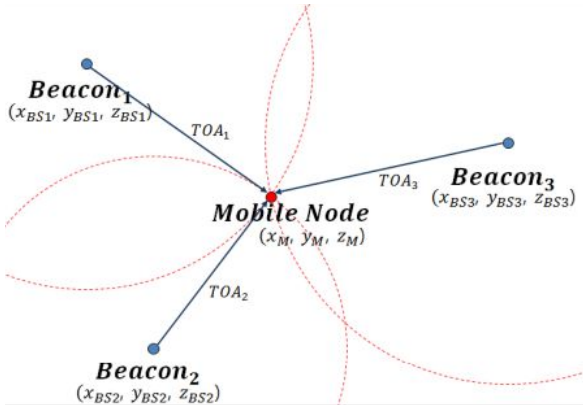

Figure 4. Selecting installation places of beacons using triangulation (Kang et al., 2012)

Figure 5. Installation places of beacons

건물내 비콘에서 수집된 온도 및 CO_2농도값을 기반으로 화재상황을 판단하고 화재성상을 예측하기 위해 Figure 5와 같이 단일공간의 천장과, 천장에서 Hb(한계높이보다 높은 위치)만큼 떨어진 위치에 비콘을 각 한 개씩 설치한다.

본 논문은 진행할 시나리오는 창이 없는 닫힌 건물을 대상으로 하므로 유효배연량(V_e)은 0이 된다. 일반적으로 화재에 의해 발생되는 연기량은 시간과 비례하나 다양한 변수가 증가되는 속도 및 양에 영향을 미친다. 이에 본 연구에서는 연기의 발생량(V_s)을 0.01보다 큰 일정한 값으로 가정하였다.

Figure 5의 공간에서 화재가 발생할 경우, 천장에 설치된 비콘이 먼저 연기를 감지하고 난 후 벽에 위치한 비콘이 연기를 감지하게 된다. 두 비콘의 연기감지시간차를 T_b라고 하면 연기의 발생량(V_s)는 식 (3)와 같이 구할 수 있다.

$$V_s = A_{room} \times \frac{H_b}{T_b} (m^3/\min) \quad (3)$$

2.3절에서 언급된 연기하강시간 계산식, 식 (2)에 식 (3)를 대입하여 구한 연기의 하강속도 계산식은 식 (4)와 같다.

$$T_{smog} = \frac{(H_{room} - H_{\lim})}{H_b} \times T_b (\min) \quad (4)$$

이와 같이 연기의 하강속도는 실 안에 비콘 두 개를 적절히 배치함으로써 예측할 수 있다.

3.3 화재상황을 반영한 피난안내 프로세스

첫째, 비콘의 적절한 배치를 통해 비콘 센서로 부터 화재조건들을 받아들이고 그러한 조건들을 토대로 하나의 실 안에서 연기가 한계 연기층에 도달하는 시간을 예측한다.

둘째, 비콘의 실시간 위치추적을 통해 재실자의 평균 이동속도를 구한다.

셋째, 재실자의 실시간 평균 이동속도를 고려해 피난자가 임의의 시간 후에 도착하는 실, 복도의 안전성을 평가한다.

넷째, 안전성 평가 후 안전하지 않은 경로는 경로안내에서 제외하고 모든 경로가 연기확산이 되어있다고 한다면 화재상황을 판단한 후 최적의 경로로 안내한다.

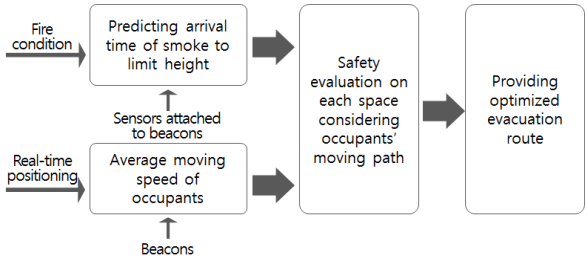

Figure 6. Flowchart of developing evacuation guidance systems

4. 시나리오

모든 시나리오는 Figure 7과 같이 H_{room}=2.4m, H_{lim}=1.5m의 조건을 갖는 건물에서 화재가 일어난다고 가정한다. 또한 벽에 설치하는 비콘은 천장에서 0.3m 떨어진 거리에 설치한다.

① 시나리오1(단방향형 출구)

시나리오 1은 Figure 7의 A실에 재실자가 위치하였을 때 발생한 화재를 가정으로 하며 다음의 조건을 갖는다.

- A실 두 비콘의 화재감지 시간 차이(T_b)=3(min)
- A실 화재감지 후 10분 뒤 복도 감지
- 피난자 이동속도 0.7m/s
- 피난거리 20m

시나리오 1에서 비콘은 천장 B_c와 천장에서 B_h만큼 떨어진 벽체 B_w에 설치된다.

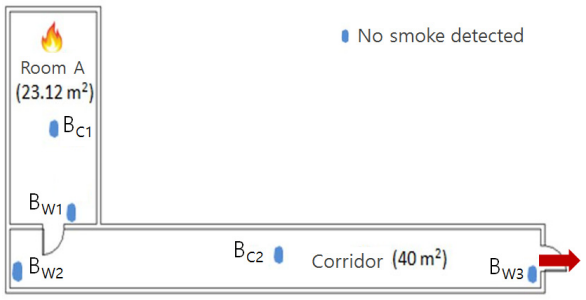

Figure 7. Scenario model 2

각각의 비콘에서 얻어낸 감지정보는 Table 1과 같다. 감지정보를 통해 화재를 분석해보면 B_{c1}에서 가장 먼저 감지가 되었으므로 A실에서 화재가 발생했다는 것을 판단할 수 있다. 그 후 B_{w1}에서 3분 후에 연기가 감지되었다고 가정하면 식 (2)를 통해 연기하강시간(T_{smoke})은 연기가 처음 감지된 후 9분이 경과된 시

Table 1. Detection information of beacon in scenario 1

	Bc1	Bw1	Bc2	Bw2	Bw3
Detection order	1	2	3	4	5
Time gap	0	3 (assumed)	10 (assumed)	a	15.2

Table 2. Smoke arrival time to the limit height

	Room A	Corridor
Hroom	2.4m	
Hlim	1.5m	
Hb	0.3m	
Tb	3min	5.2min
smoke arrival time	9min	25.6min

각임을 알 수 있다.

복도에서의 상황을 판단하기 위해서는 식 (3)를 통해 매분 연기의 발생량(V_s)를 구하면 2.312m^3/min임을 알 수 있다. 이 값을 토대로 연기의 수평 확산 시간은 고려하지 않는다고 할 때 복도에서의 두 비콘의 감지시간 차는 식 (3)을 이용하여 계산했을 때, 5.2분이 된다. 그러므로 B_{w3}에서 15.2분 후에 감지가 이루어진다고 가정하였다(Table 1).

식 (3)을 이용하여 복도에서의 연기하강시간(T_{smoke})를 계산하면 연기가 A실에서 처음 감지된 후 25.6분 후에 연기가 복도의 한계 높이에 도달함을 알 수 있다. 재실자의 이동속도를 고려한다면, A실의 화재가 감지된 후 9분 내에 A실을 빠져 나가야 하며, 피난거리 20m를 고려할 경우, 한계높이 도달시간인 25.6분의 29초 이전에 피난을 시작해야 한다(Table 2).

② 시나리오 2(양방향형 출구)

시나리오 2는 피난자가 B실에 위치한다고 가정한다. 각각 배치된 비콘의 감지여부와 감지를 한 후 마지막 신호전송 시간은 Table 3과 같다. A실에 위치한 두 비콘 B_{c1}과 B_{w1}는 마지막으로 신호를 보내온 시간은 각각 3분전, 30초 전이다. 비콘은 10초에 최소 2번 신호를 주기 때문에 B_{c1}과 B_{w1}은 정상 작동을 하지 않음을 알 수 있다. 이 때 마지막으로 감지된 온도가 높은 값일 경우, 두 비콘은 화염에 의해 전소되었음을 판단할 수 있다. 따라서 B실 재실자에게 A실이 화염에 가득 차 있음을 알릴 수 있다(Table 3).

반면에 복도에 설치된 세 비콘의 경우, 정상적인 작동을 한다는 것을 알 수 있다. 세 비콘 중 천정에 있는 B_{c2}에서 연기가 감지되었으며 벽에 붙은 B_{w2}와 B_{w3}을 통해 복도에도 연기층이 형성되었다고 판단할 수 있다. 연기의 하강은 같은 실에서 거의 동시에 이루어지지만 시나리오 2와 같이 동일한 복도라도 B_{w2}가 먼저 감지한 경우를 생각해 볼 수 있다. 이 때 재실자는 두 공간

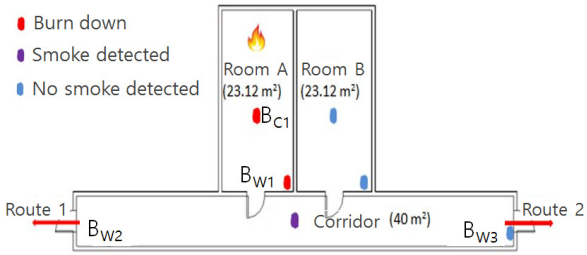

Figure 8. Scenario model 2

Table 3. Judgement of fire situations based on beacons in scenario 2

	B_{c1}	B_{w1}	B_{c2}	B_{w2}	B_{w3}
Detection	O	O	O	O	X
Last detection time	3min ago	30sec ago	4sec ago	3sec ago	4sec ago
Situation judgement	burn down	burn down	smoke detected	smoke detected	no smoke detected

중 한 곳으로 피난해야 하므로 상대적으로 연기하강이 덜 이루어진 경로 2를 통해 피난유도를 해야 한다.

③ 시나리오3(복합형 출구)

실제 건물에서는 화재시 방화벽, 방화셔터 등의 작용으로 인해 방화구역이 존재하게 된다. 하지만 평소에는 열려 있기도 한 방화벽, 방화셔터로 인해 방화구역의 존재를 의식하지 못하게 된다. 그로 인해 안전한 방화구역으로 피난하지 못하는 경우도 생길 수 있다.

시나리오 3은 시나리오 1과 2를 실제 기숙사 평면에 확대 적용한 것이다. 실제 Figure 9의 평면도를 갖는 기숙사는 복도 1과 복도 2 사이에 방화문이 설치되어 있으며 평소에는 문이 열려있다. 또한 복도 2는 복도 1과 유사한 길이를 갖는다.

Table 4와 같이 비콘을 통해 화재상황을 판단해보면 전소된 비콘을 통해 계단실 앞에서 화재가 발생했다는 것을 알 수 있으며 복도 1의 비콘을 통해 복도 1에 얇은 연기층이 형성되어 있음을 알 수 있다. 이 때, A실에 위치한 피난자가 복도 1로 이동할 경우, 계단실로 피난하기 쉽다. 또한 복도 1로 피난할 경우, 복도 2가 복도 1과 같이 연기층이 형성되어 있을 거라 추측하여 복도 2를 피난경로로 선택하기 어렵다. 그러나 Figure 9에 표현되어 있듯이 복도 2에는 방화벽이 작동하여 아직 연기층이 형성되지 않았음을 알 수 있다. 이 경우, 재실자가 A실에서 나와 복도 1의 방화구역을 벗어날 경우, 복도 1로 피난하는 것보다 더 빠르게 피난할 수 있으므로 방화구획 쪽으로 피난안내를 하는 것이 안전하다.

본 시나리오는 여러 가정을 두고 소형 모델에서 계획되었으

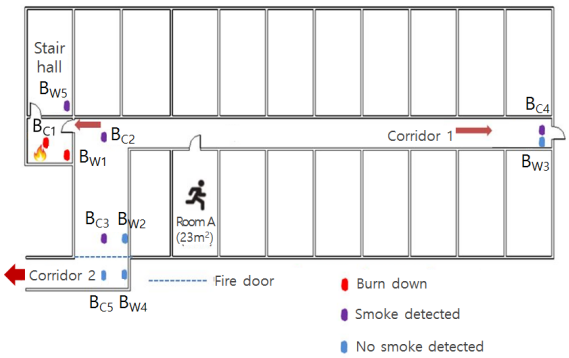

Figure 9. Scenario model 3

Table 4. Judgement of fire situations based on beacons in scenario 3

	stair hall	the front of stair hall		corridor 1				corridor 2	
	Bc1	Bw1	Bc2	Bc3	Bc4	Bw2	Bw3	Bc5	Bw4
Detection	O	O	O	O	O	O	O	X	X
Situation judgement	burn down	burn down	smoke detected	smoke detected	smoke detected	smoke detected	smoke detected	no smoke detected	no smoke detected

나, 대형 건물 또한 화재시에는 넓은 공간이 방화문과 방화셔터로 인해 방화구획이 형성되기 때문에 위의 시나리오를 적용할 수 있을 것이다.

시나리오 1,2,3을 기반으로 시스템이 구현될 경우 Figure 10과 같이 재실자가 소지하고 있는 스마트폰을 통해 화재정보와 연기의 확산을 고려한 안전한 피난경로가 지원될 수 있다. 중앙관제센터와의 연계가 이루어질 경우, 구조자가 태블릿 PC등을 이용하여 본 연구에서 제시한 시스템에서 제공하는 재실자의 위치 및 화재상황을 토대로 정보에 입각한 효율적인 구조 또한 가능할 것이다.

5. 결론

5.1 연구결과 및 요약

현재 쓰이고 있는 화재감지기로 인해 대형 건물에서의 화재를 조기에 발견하지 못하거나 화재상황을 고려하지 않는 피난안내가 이루어진다면 참사로 이어질 수 있다.

Moon, Sung(2011)이 실시간 감지를 통해 화재발생 사전 예방 감시시스템의 도입이 필요하다고 말했듯이 본 연구에서는 실시간 감지의 필요성에 대한 해결방안으로 비콘을 이용한 피난유도 지원시스템을 제안하였다. 이러한 시스템을 사용한다면 비콘을 이용해 실시간 감지를 하고 이상징후 발생시 재실자나 건물 관리자에게 스마트폰을 통해 화재경보를 할 수 있기 때문에 화재감지

Figure 10. Forecasting simulation of fire inter-working with evacuation guidance system

및 경보 측면에서는 다음과 같은 것들이 가능할 것이다.

- 비콘의 실시간 감지를 통해 감지기의 작동 여부 판단
- 방재시스템 작동 전 이상징후 사전파악으로 비화재보 방지
- 블루투스 및 인터넷 서버를 이용해 스마트폰을 통한 경보
- 쉽게 탈부착 할 수 있어 손쉽게 시스템 변경가능

또한 연기의 확산실험(Kim et al., 2003)과 일본에서 연기하강에 관하여 제시한 식(Seo et al., 2009)을 통해 연기의 확산 및 하강을 고려한 피난유도시스템을 제안하였다. 이 시스템은 블루투스 기반 비콘을 사용해 실내 네비게이션을 구현할 수 있으며 실시간 화재상황을 판단할 수 있기 때문에 화재상황 및 연기확산을 고려한 피난 안내 가 가능하다. 또한, 개인이 소지한 스마트폰을 이용해 경로를 안내하기 때문에 전력이 차단되거나 어두운 상황에서도 피난안내가 가능하다.

본 연구는 이를 시나리오기반 비콘의 성능구현 평가실험을 통해 증명했다. 비콘이 전송한 신호 또는 먼저 전소된 비콘은 화재 발생지역 판단을 도우며, 양방향에 설치된 비콘 중, 먼저 연기를 감지한 비콘의 신호로 인해 연기하강이 덜 이루어진 경로로 피난이 가능하다.

이에 본 연구는 IT를 접목한 유비쿼터스 방재관리의 실현 가능성을 보여주는 연구로 고층화, 대형화, 복잡화 되는 건물에서 체계적인 재난대응이 가능함을 보여준다.

5.2 연구의 한계 및 향후 연구방향

본 연구는 현장실험이 아닌 시나리오별 서비스 구현 방법을 제시하여 실제상황이 갖는 모든 변수를 반영했다 보기 어렵다. 예를 들어, 실제 건물 내 화재 상황은 창에 의한 배연량, 시간의 흐름에 따른 연기 발생량 등이 변화될 수 있다. 또한, 본 연구는 소규모 건물에서의 시나리오를 계획하였으나, 대형 건물 및 복잡한 평면에서는 연기 확산을 예측하는 데 어려움이 있다.

제시하는 시스템이 모든 재실자들에게 동일한 최적의 피난경

로를 안내할 경우 같은 대피로로 피난자의 밀도가 집중될 수 있다. 이 경우, 피난시간이 지연되는 병목현상으로 위험한 상황이 발생할 우려가 있다. 그러나 향후 연구에서 피난자들의 다양한 심리적 변수를 바탕으로 시뮬레이션을 적용하고, 건물의 용도, 특성에 따른 전문적인 피난 시뮬레이션 연구를 진행할 경우 보완이 가능할 것이다. 또한 화재성상 예측시뮬레이션과 함께 연동한다면 실시간 화재모니터링이 가능 할 뿐 아니라 보다 신뢰성 있는 피난유도지원 시스템을 구축할 수 있을 것이다.

References

Bae, S-Y., Kim, J-Y., Shin, H-J., Ryou, H-S. (2014). A Study of Effect of the Radiative Heat Flux on the Evacuation of Agents, Korean Institute of Fire Science & Engineering. Vol. 28, No. 1, pp. 31-36.

Baek, D-H. (2014). A Forum on Development Plan of Fire Detection Technology. Korea Institute of Fire Science & Engineering, Korea Fire Industry.

Baek, E-S., Baek, G-J., Shin, H., S, M-J., Kook, C., Kim, S-W. (2010). A Study on the Awareness of Fire Safety and Evacuation Guide System. Korean Institute of Fire Science & Engineering, Vol. 24, No. 6, pp. 45-53.

Choi, J-W. (2013). A Study of the Intelligent Evacuee Guidance of Pictogram. Master Thesis, The University of Seoul.

Choi, W-C. (2010). A Seminar on Introduction of the Latest Detection Technology and Creation of Residential Space. Seoul Metropolitan Fire Academy, The University of Seoul.

Do, D-M., Hyun, M-H., Hwang, J-S., Lee, J-H., Choi, Y-B. (2013). Route Exploration Algorithm for Emergency Rescue Support. The Korean Institute of Communications and Information Sciences, Vol. 2013, No. 11, pp. 459-460.

Kim, J-H. (2015). Preliminary Research on Implementation and Test-bed of Services Using Indoor Spatial and Location Information. Hanyang University Industrial-Academic Cooperation Group, Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Korea Agency for Infrastructure Technology Advancement.

Hwang, Y-J., Koo, W-Y., Hwang, E-G., Yoon, H-J. (2011). A Development of Fire Evacuation Simulation System Based 3D Modeling. Korean Institute of Fire Science & Engineering, Vol. 25, No. 6, pp. 156-167.

Jun, N-S. (2013). NFS303. Ministry of Public Safety and Security.

Jung, Y-H., Lee, S-H., Hong, W-H. (2012). A Study on the Design of the Indoor Evacuation Information Application based on Smart Phone. KIFSE Proceeding of 2012 Fall Annual Conference, Vol. 2012, No. 11, pp. 50-53.

Kang, W-S. (2014). A Forum on Development Plan of Fire Detection Technology. Korea Institute of Fire Science & Engineering, Korea Fire Industry.

Kim, H. (2003). Compound Semiconductor Epitaxy and Real-time Control. Ministry of Science and Technology.

Kim, J-S. (2012). A Study on Deducing Reasonable Evacuation Distance in the Underground Linked Complex Building. Master Thesis, The Kyonggi University.

Kim, S-I., Kim, T-H., Jun, K-Y., Hong, W-H. (2005). The Analyzing Survivors' Exiting Patterns and Rescuers' Activity on an Emergency in Underground Space (Daegu city subway arson). Korean Institute of Fire Science & Engineering, Vol. 2005, No. 5, pp. 112-118.

Kim, Y-D., Kang, W-S., An, J-U., Lee, D-H., Yu, J-H. (2008). Design and Implementation of Beacon based Wireless Sensor Network for Realtime Safety Monitoring in Subway Stations. Journal of the Korean Society for Railway, Vol. 11, No. 4. pp. 364-370.

Koo, J-H. (2013). A Study on Characteristics Analysis for Detection Performance of a Video-based Automated Fire Detection System. Journal of the Korean Society of Hazard Mitigation, Vol. 13, No. 5, pp. 239-245.

Korean Institute of Fire Science & Engineering (2006). High-rise Building Fire Prevention and Suppression Measures Study. Korean Institute of Fire Science & Engineering.

Lee, H-J. (2011). An Indoor Evacuation Routing Algorithm Considering Spatial Structure and Moving Load. Master Thesis, The University of Seoul.

Lim, Y-J., Park, J-S., Ahn, S-H. (2008). A Geometric Approach for the Indoor Localization System. Journal of the institute of electronics engineers of Korea, Vol. 45, No. 12, pp. 97-104.

Moon, S-W., Sung, H-J. (2011). u-Disaster Prevention System based Real-Time Fire Monitoring in a Building Facility. Korea Journal of Construction Engineering and Man agement, Vol. 12, No. 1, pp. 107-114.

Park, H-J. (2013). A Study on Network Improvement Method of Total Fire Protection System. Master Thesis, Gachon University.

Park, J-S. (2012). A Study on the Main Characteristics and Factors of the Process of Beginning Egress during the Fire at the Buildings – Focus on Overseas Fire Cases including the Japanese. Korean Institute of Fire Science & Engineering, Vol. 26, No. 2, pp. 59-68.

Seo, D-G., Kim, D-E., Gwon, Y-J. (2009). A Comparative Study on the Velocity of Smoke Drops for Buildings Fire. Korean Institute of Fire & Engineering, vol. 2009, No. 4, pp. 303-308.

Su, M-E. (2016). Propagation of Disaster using Beacons Positioning Technology and Administration Address system. Master Thesis, The Hannam University.

Woo, S-C., Chae, J. (2013). A Study on the Effective Fire Fighting Plan of the High-rise Building. Journal of safety and crisis management, Vol. 9, No. 1, pp. 1-23.