

# 실시간 IoT 정보 활용 피난시스템의 피난성능 연구

이철규<sup>†</sup>, 문상호<sup>\*\*</sup>, 이상규<sup>\*\*\*</sup>, 이계은<sup>\*\*\*\*</sup>

## A Study on the Evacuation Performance of Evacuation System using Real-time IoT Information

Chul Gyoo Lee<sup>†</sup>, Sang Ho Moon<sup>\*\*</sup>, Sang Kyu Lee<sup>\*\*\*</sup>, Gye Eun Lee<sup>\*\*\*\*</sup>

### ABSTRACT

In order to reflect complex and diverse building types, resident characteristics and disaster factors, it is necessary to introduce a flexible situation-based response system based on real-time information. Intelligent CCTV, hybrid sensor, location scanner, and customized broadcasting device were examined to introduce for the real-time response intelligent response system and its feasibility was verified through field test. In addition, based on the real-time information, the evacuation simulation was executed by assuming the dormitory building and the resident of the school, and the safety of the evacuation and the shortening of the pinnacle time were confirmed. The feasibility of real time information based evacuation comparing with the existing evacuation system were verified in the case of evacuation.

**Key words:** Evacuation System, Hybrid Sensor, Customized Evacuation, Intelligent Response System, Internet of Things

### 1. 서 론

첨단 기술의 발전에 따라 재난에 대응하는 다양한 기술들이 개발되고 있다. 현재 재난대응체계는 재난 대응 매뉴얼을 기반으로 이루어지고 있다. 각각의 상황에 따라 행동지침이 정해지고 그에 따른 피난과 구조 활동을 벌인다. 하지만 재난상황에서는 예측하지 못한 다양한 변수들이 발생할 수 있고 이에 대처하는 탄력적이고 융통성 있는 대응방법은 아직 체계화되지 못하고 있다. 또한 초고층건물, 대형다중이용시설, 공항, 지하철과 같은 시설물일 경우 재난유형

에 따라 건물특성과 거주자 특성에 따른 대응체계가 수립되어야 하고 기후변화, 테러, 방화 등 날로 다양화하는 재난발생 원인에 따른 대응도 필요하다. 또한 노약자, 장애인, 외국인 등 다양한 사람들의 행동양태에 따른 대응방법도 달라져야 하는데 지금 사용하고 있는 고정된 매뉴얼로는 대응에 한계가 있다. 따라서 이런 복잡하고 다양한 건물형태와 거주자 특성 및 재난요인을 반영하기 위해서는 실시간 정보를 바탕으로 탄력적이고 융통성 있는 상황별 대응체계의 도입이 필요하다.

화재 등과 같은 재난 대응과 관련하여 다양한 연

※ Corresponding Author: Sang Ho Moon, Address: (46234) Geumsaem-ro 485beon-gil, Geumjeong-gu, Busan, Korea, TEL: +82-51-509-6225, FAX: +82-51-509-6260, E-mail: shmoon87@bufs.ac.kr

Receipt date: Jan. 11, 2019, Revision date: Feb. 1, 2019  
Approval date: Feb. 7, 2019

<sup>†</sup> Public Risk Management Center, Busan University of Foreign Studies  
(E-mail: chulgyoo@hanmail.net)

<sup>\*\*</sup> Div. of Computer Software, Busan University of Foreign Studies

<sup>\*\*\*</sup> Consilience Knowledge Institute  
(E-mail: interneeds@naver.com)

<sup>\*\*\*\*</sup> (C) Kwang International  
(E-mail: 4silver70@gmail.com)

※ This research was supported by the Field-oriented Support of Fire Fighting Technology Research and Development Program funded by the Ministry of Public Safety and Security ("MPSS-Fire Safety-2016-85").

구들이 국내외적으로 수행되어 왔다. 초고층 건물 화재의 특성과 위험성을 분석하고 단순성과 확장성을 제공하는 효율적인 메쉬 라우팅을 이용한 피난유도 알고리즘을 제안한 연구도 있었고[1], 긴급 재해 발생 시 피난 지원을 목적으로 하는 긴급피난지원시스템을 구축하기 위하여 실내에서 화재, 테러 등의 재해 발생 시 탈출 경로 탐색 알고리즘을 구현한 연구도 있다[2]. 그리고 [3]에서는 지하공간에서 실시간으로 화재 및 피난자의 위치를 파악하고 가변식 유도장치를 이용하여 신속하고 효율적인 피난을 가능하게 하는 실시간피난유도시스템을 설계 및 구현하였다. [4]에서는 기존 대피 시뮬레이터들의 문제점을 해결하기 위하여 실제 재난 상황에서 활용 가능한 결과데이터를 산출하는 대피시뮬레이션 시스템을 제안하였다. 국외에서는 대표적으로 미국기술표준원이 세계무역센터 테러사고 조사를 바탕으로 수행한 연구가 있다[5]. 스마트폰을 기반으로 재난 현장의 정보를 수집 및 검색과 관련된 연구들도 있는데, [13]에서는 스마트 폰 기반의 애플리케이션을 통하여 재난현장의 정보를 체계적으로 수집 및 관리할 수 있는 프로토타입 시스템의 설계를 제시하였으며, [14]에서는 재난정보수집 및 제공이 상호 연계적으로 가능한 체계 구성과 사용자의 요구에 따라 정보를 검색할 수 있는 애플리케이션 기능을 구현하였다. [9]에서는 전층 동시피난과 화재층 중심 5개층 순차 피난의 두 가지 경우를 비교한 시나리오별 시뮬레이션과 재난 상황시 위치식별기술을 활용한 피난유도를 위한 모의실험을 수행하였다. 세부적으로 이 연구 내용은 본 논문을 위한 기초 단계에서 전층 및 화재층 중심 대피 시나리오를 기반으로 한 피난 유도 시뮬레이션을 수행하였다.

최근에 산업화로 인한 도시의 인구가 급격하게 증가함에 따라 빌딩들이 점점 고층화 및 대형화되고 있으며, 이러한 초고층이나 대형화된 건축물들이 증가할수록 화재 등과 같은 재난이 발생할 경우에 대규모의 인명 피해가 예상된다[6,7,8]. 따라서 이를 선제적으로 대응하기 위하여 최근 발전하고 있는 IoT 기술은 실시간 정보를 수집하고 이를 기반으로 실시간 대응 지능형 대응체계를 수립하는데 있어서 요소기술로 활용할 수 있다. 본 논문에서는 재난시 요소기술로 활용하기 위한 지능형 CCTV, 복합센서, 위치추적스캐너, 지능형 재난안전방송시스템의 성능을

실험하고 활용기준을 제시하였다. 또한 요소기술을 활용하여 실시간 정보를 수집하고 이 정보를 기반으로 피난시뮬레이션을 실행하여 피난의 안전성 확보와 피난시간을 단축하는 효과를 확인하였다.

본 논문에서는 실시간 IoT 정보를 기반으로 다양한 피난 시나리오들에 따른 피난 성능을 비교하는 것이 주된 내용이다. 이를 통하여 실제 재난 시 피난 분야에서 실시간 정보 기반 지능화 피난시스템 도입의 타당성을 입증하는 것이다. 요소기술 성능실험은 부산시와 함께 부산여상과 재송중학교에서 안전체험콘서트를 통해서 진행하였으며, 요소기술 활용 피난시뮬레이션은 부산외국어대학교 기숙사 건물의 실제도면과 거주 학생을 적용하여 시뮬레이션을 실행하였다.

## 2. 실시간 정보 활용을 위한 IoT 요소기술

실시간 정보를 활용하기 위해 네 가지 요소기술을 도출하였다. 재난 대응에 있어서 가장 우선순위에 두는 것은 인명구조이다. 현재 소방 활동에서 인명구조를 위해서 미피난자의 수색을 하는데 미피난자 정보가 없기 때문에 가장 위험한 구역부터 수색을 한다. 여기서 수색의 우선순위를 잘못하게 되면 인명피해로 이어지게 된다. 최근 제천화재참사의 경우가 2층 여성사우나실에 위급한 상황에 있는 미피난자가 다수 있었음에도 수색과 구조가 늦어져서 다수의 인명피해가 발생하였다. 따라서 건물내 거주자 인원수와 위치를 파악하는 위치식별기술과 지능형 CCTV를 요소기술로 도입하였다. 또한 연기전파와 화재전파를 확인하여 위험구역을 확인하여 대응할 수 있는 온도와 연기농도 프로파일을 실시간 감지하는 복합센서를 활용하여 온도와 연기농도 변화에 따라 피난 경로를 변경할 수 있다.

특히 방화문이 열려 있어서 연기가 계단으로 전파되는 사례가 많이 발생하는데 이때 거주자가 계단으로 연기가 전파되는 상황을 모르고 피난하다가 질식하는 경우가 발생한다. 복합센서 정보를 통하여 연기농도의 변화를 확인하여 거주자에게 연기전파 상황을 알리고 피난경로를 변경하는 정보를 알려줄 수 있게 된다. 이때 각층별로 맞춤형 방송이 필요하게 된다. 화재가 발생한 층이 가장 위험하므로 가장 먼저 화재층에 화재발생 및 피난경로를 방송하여 우선 피난하게 할 수 있는 것이다. 화재발생시 피난이 전

층에 동시에 이루어 질 때 계단에 병목현상 등이 발생하여 화재발생층과 위험구역에 있는 거주자가 우선 피난하지 못하게 되는 경우가 발생하게 된다. 이를 방지하기 위해 맞춤형 층별 방송과 표식 안내 기능이 필요한 것이다. 구조 활동에 있어서 위치정보는 거주자뿐만 아니라 소방관의 위치도 확인할 수 있어서 지휘권자의 상황판단에 도움을 줄 수 있고 소방관에게 위험구역과 미피난자 정보를 전달하여 소방관의 안전과 구조 활동에 도움을 주게 된다.

2.1 소요기술 정보의 활용 프로세스

실시간 정보 활용에 필요한 소요기술은 통합방재 운영시스템에서 구현되는데, 소요기술 장치로부터 수집된 정보는 지능형 피난알고리즘을 통해 상황변동에 따른 피난경로를 변경하고 미피난자 위치정보를 통한 구조작업을 수행하게 된다[9]. 또한 복합센서로부터 온도와 연기농도 정보를 수집하여 위험구역을 판정할 수 있고[10] 이런 정보를 소방관 진입경로를 확인하는데 활용하고, 현장지휘권자에게는 실시간 상황정보를 제공하여 의사결정을 지원하고 상황을 전파하는 프로세스로 활용된다. Fig. 1은 재난방지를 위하여 필요한 소요 기술들이 활용되는 개략적인 흐름을 보여준다.

2.2 소요기술 기능 및 성능

실시간 정보를 활용하기 위해서는 성능테스트와 성능 기준을 설정할 필요가 있다. 다양한 환경에서

변수를 많이 가지고 있는 위치식별기술에 대한 성능테스트를 위해 부산여상과 재송중학교 학생을 대상으로 실험을 진행하였으며 현장 실험에 대한 개요는 다음과 같다. 세부적으로 부산시와 부산외국어대학교 공공위험관리센터가 공동으로 2018년 5월 및 7월에 부산여상과 재송중학교에서 문화공연과 안전훈련을 접목한 안전 high콘서트를 진행하여 건물 내의 인원 분포와 밀집도를 스마트폰 등과 같은 모바일 기기로 실시간 모니터링 및 성능테스트를 진행하였다.

<p><b>■ 부산여자상업고등학교</b> <b>(제1회 안전 High 콘서트 2018.05.19.)</b></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 대상 인원: 재학생 및 교사 750명</li> <li>- 장 소 : 부산여자상업고등학교 체육관(5층)</li> <li>- 실험 내용: 특정 다수 추적 현장 실험</li> <li>- 소요 기술: 앱설치 + 비콘설치</li> </ul>
<p><b>■ 재송중학교</b> <b>(제2회 안전 High 콘서트)</b></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 대상 인원: 재학생 및 교사 480명</li> <li>- 장 소 : 재송중학교 체육관(2층)</li> <li>- 실험 내용: 특정/불특정다수 추적 현장 실험</li> <li>- 소요 기술: 앱 미설치 + 신호스캐너 설치</li> </ul>

위치식별을 위해 스마트폰에 앱을 설치한 경우와 설치하지 않은 경우로 구분하여 실험을 진행하였다. 이때 앱에서는 스마트폰을 비콘 신호 수신기로 이용하는 것으로 앱 주변의 비콘들 중에서 가장 수신 신호의 강도가 센 비콘 근처에 있는 것으로 위치를 판

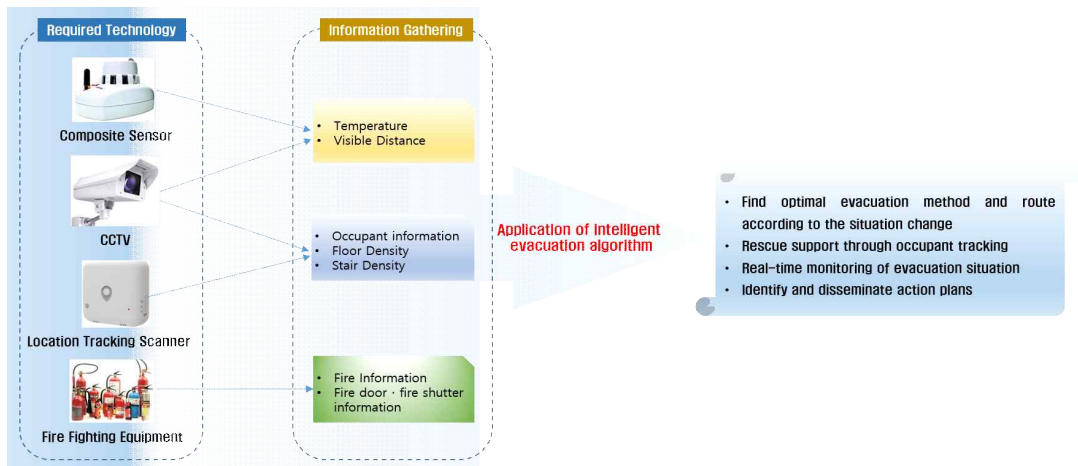
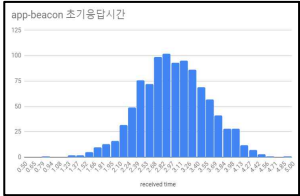
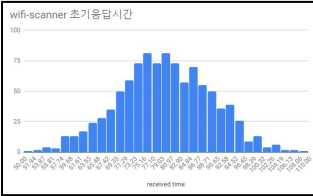
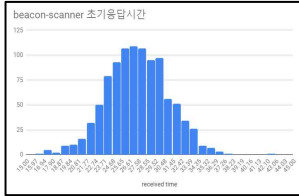


Fig. 1. Utilization process of required technology for disaster evacuation.

Table 1. Performance comparison based on location identification method.

	Beacon-based location for smartphone signal scanning	Detecting the location of the smartphone's WIFI radiation signal by signal scanner	Detecting beacon signals by signal scanner
Strong point	<p>Adjusting the signal cycle of the beacon can provide a somewhat reliable positional information in 2 to 3 seconds</p> <p>Detectable target tracking If the beacon signal detects more than 3 signals using triangulation with an error rate of 1m or less.</p>	<p>Location information can be obtained without installing the application</p> <p>WIFI is a very popular internet connection technology, and the scope of this technology is broad with the standard functions of most recent smart phones.</p> <p>It is highly applicable in applications that need to identify movement of floating population in buildings.</p>	<p>Pre-registered beacon devices are distributed to users, and users can carry it easily.</p> <p>Detection accuracy is high by detecting registered beacon signal</p> <p>Group the beacons registered in advance and register them.</p>
Weak point	<p>Application installation is essential.</p> <p>Location reporting is not working properly when data communication is not smooth. (For example, if you are connected to an unattended WIFI AP)</p>	<p>It is necessary to set a detailed monitoring time value for how long the WIFI signal will occur in each smartphone and how long the received WIFI signal will be included in the counting.</p> <p>Depending on the usage environment, it takes a considerable amount of time and human resources to set the reference value to filter the WIFI signal strength</p>	<p>It will not work if the beacon is lost or the battery is discharged and evacuation occurs.</p> <p>Usually device management is required. If you put it in the bag or in the pocket of thick clothes, the strength of the signal may be weak and it may cause difficulties in detection.</p>
Response time	<p>2~3 sec</p> 	<p>40~120 sec</p> 	<p>20~30 sec</p> 
Accuracy	90%	80% Detection condition (2min below, -52dbm below)	100% Detection condition (27 sec below)

단하였다. 앱을 설치하지 않고 신호 스캐너를 이용하는 방법으로는 WIFI를 이용하여 불특정 다수를 파악하고, BLE를 이용한 특정 다수를 파악하는 방법을 사용하였다.

위치식별 정보는 정확도에 따라 활용도를 달리 할 수 있다. 예를 들어 100% 정확도를 가지는 위치식별 방법인 경우에는 비콘 신호 발생장치를 출입중에 삼

입하거나 소방관과 방재요원에게 밴드형태로 나누어 주어 정확한 정보를 수집할 수 있게 된다. 그런데 불특정다수가 출입하는 다중이용시설의 경우에는 사전에 이런 장치를 배포하는데 어려움이 따르기 때문에 WIFI 신호를 감지하는 방식으로 위치식별을 해야 하는데 이 경우 정확도가 80% 정도이기 때문에 지능형 CCTV 등 다른 정보를 결합하여 밀집도나

미피난자 정보를 보정해야 한다. 밀집도 산정에 있어서는 80%의 정확도를 활용이 가능하나, 미피난자 정보의 경우에는 현장상황에 따라 크로스체크를 함으로써 정보검증의 단계를 거칠 필요가 있다.








2.3 기타 소요기술의 수집정보 및 활용

위치식별기술 이외 소요기술 장비의 기능과 성능은 연구실 테스트를 통해 활용 기준을 정하여 시스템에 적용하였다. 각각의 소요기술로부터 수집된 정보는 기존 방재시스템과 연동하여 정보를 취합하고 분석하여 실시간 상황판단을 위한 자료로 활용된다.

2.4 실시간 정보 활용을 위한 시스템 구성도

실시간 정보 활용을 위해서는 기존 화재수신반, 건물관리시스템과 정보통신시스템과의 유기적인 결합이 이루어져야 한다. 화재예방, 대비, 대응, 복구에 해당하는 소방전주기에 걸쳐 시스템이 유기적으로 연계되어 상황별 정보와 대응을 할 수 있도록 시스템을 구성하고 운영프로그램이 구동되어야 하는 것이다. 그림에서 보여 주는 시스템은 실시간 정보와 기존 시스템과의 연계 구성을 통하여 화재 발생시 화재 상황 모니터링과, 대응 계획을 동시에 표시하고 각 소요기술들과 ICT 기술을 이용한 유기적인 결합을 통하여 종합적인 상황 판단을 효과적으로 수행하여

Table 2. Resource and utilization of required equipments

Required equipment	Resource	Utilization
 Hybrid sensor	 Temperature / Smoke	Real-time temperature profile (hazardous zone setting if more than 50 degree) Smoke density (ADC value: 800->0%, 950->15%, 2000->100% ) Setting the danger zone to 15m when the density is more than 15%
 Intelligent CCTV	 People Counting	When installed at the upper part of the entrance, the entrance and exit counting accuracy of IN and OUT is 99%
IDSS (Intelligent Disaster Safety Station)	 Display of Exit, Customized Broadcast, Text	Sound output : 3W/80hm Speaker 2Channel Interface : TCP/IP Provide customized evacuation information for each floor, Emergency exit direction indication by situation with Disaster information presentation within 3 seconds
 WIFI, BLE Scanner		CPU: MIPS 360mhz RAM: 32MB Scan: WIFI Connect, BLE Flash Rom: 8MB WIFI: 802.11 b/g/n, 64mbps Ethernet: 10/100mbps Input Volt: 5v Input A: 700mA

재산과 인명을 구할 수 있도록 하는 시스템이다[11].

### 2.5 실시간 정보 활용 시나리오별 운영

현재 재난대응은 다양한 재난유형과 건물특성 및 거주자 특성을 반영한 매뉴얼에 따라 진행된다. 그러나 이런 특성들은 실시간 정보를 반영하지 못하고 있으며, 특히 피난에 있어서 밀집상황과 연기나 화재 전파에 따른 피난경로 변경의 조치가 작동될 수 없으며 위험구역에 있는 미피난자를 실시간 확인하여 구조할 수 없다. 따라서 인명구조와 피난에 있어서 핵심정보인 밀집정보와 화재전파 정보를 수집한다면 그에 따른 상황별 대응 시나리오와 행동절차(SOP: Standard Operation Procedure)를 수행할 수 있게 된다. 즉, 위치식별 기술을 이용한 밀집상황에 따른 피난경로 변경과 미피난자를 구조하는 행동절차를 구현하고 복합센서로부터 수집한 화재전파 상황에 따른 우선피난층을 확인하고 피난유도를 하는 시나리오가 작동하게 된다.

세부적으로 통합방재운영시스템의 상황판에 위치식별 장치로부터 밀집정보가 표시된다. 그리고 그 정보에 따라 밀집된 계단을 이용하지 않도록 밀집계단 상층부에 밀집되지 않은 계단으로 피난을 유도하는 행동절차(SOP)가 상황판에 표출된다. 이후에 CCTV 확인과 층별 맞춤형 방송을 하게 된다. 또한,

화재나 연기전파 상황은 복합센서로부터 온도 및 연기농도 변화에 따른 위험구역정보가 상황판에 표시되고 그에 따라 위험구역에 우선피난을 위한 행동절차(SOP)가 진행되어 해당구역의 미피난자 위치정보 수집, CCTV 확인을 수행하면서 실시간 정보를 활용한 상황별 행동절차를 수행하게 된다.

## 3. 피난절차 및 피난성능 개선효과 비교

### 3.1 실시간 정보 활용 피난절차

실시간 정보를 구현하는 소요기술이 결합된 통합 운영시스템을 통하여 실시간 정보를 수집하고 이를 기반으로 피난경로를 변경하고 미피난자에 대한 구조를 실행하게 된다. 이때 실시간 정보 활용 피난시스템의 작동은 위치식별기술, CCTV, 복합센서 정보를 수집하여 위험구역정보를 산출하고 이에 따라 피난경로를 변경하고 피난경로변경 정보를 맞춤형 방송시스템과 거주자 모바일로 전파를 하게 된다.

### 3.2 피난성능 비교를 위한 시뮬레이션

시뮬레이션 대상 건물은 부산외국어대학교 기숙사 건물이며, 실제 거주자인원을 산정하여 실시간 정보를 활용했을 때와 그렇지 않았을 때의 피난성능을 비교하였다. 실제 시뮬레이션을 위해 패스파인더라

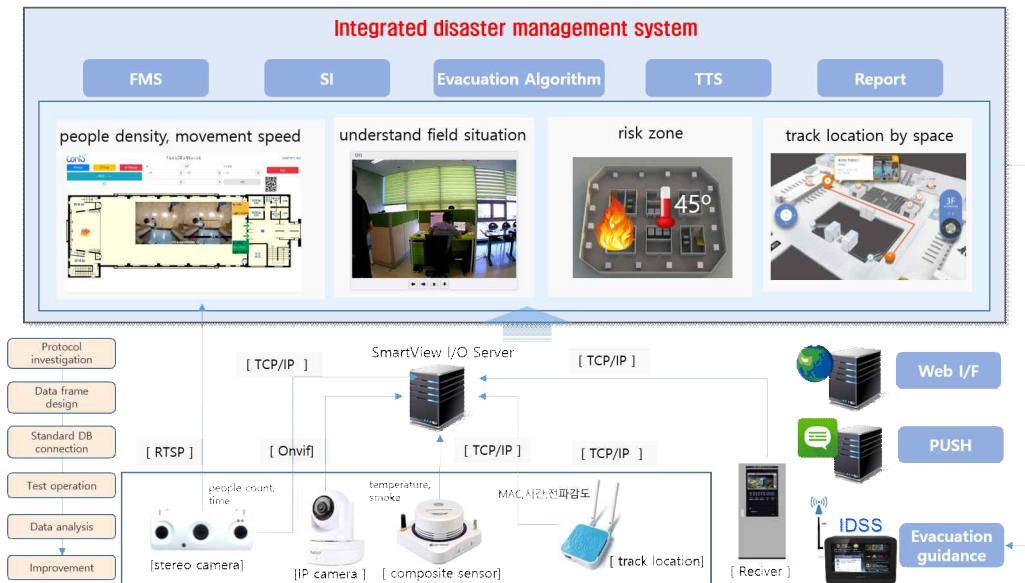


Fig. 2. Integrated disaster management system based on real-time information.



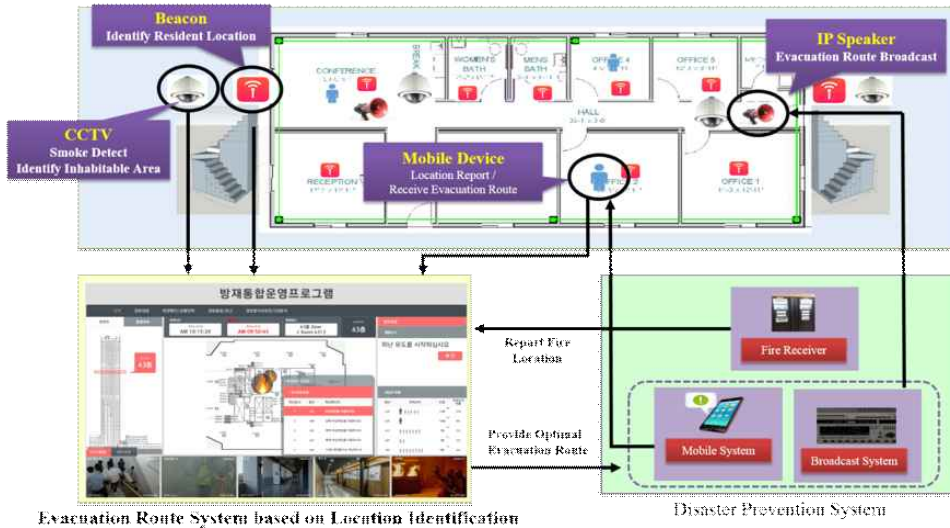


Fig. 3. Evacuation process using location identification and IoT information.

Table 3. Simulation factors and values

Simulation factors		Values
Simulator	name version	Pathfinder 2018.2.0417 x64
Building Information	input height	CAD file 1floor height: 4.5M, 2~10floor height : 3.4M
Residents Information	# of people speed	1,440 1.19 m/s
Rescuer Information	# of people speed rescue place	5 3 m/s C1 5th floor
Evacuation condition	fire place evacuation place E/V Stair Method	5th floor C1 1st floor outside not used 3 escape staircase full-layer evacuation, fire layer evacuation, use of sequential evacuation method

는 시뮬레이터[12]를 사용하였으며, 시뮬레이션을 위하여 설정한 값들은 다음과 같다.

피난성능을 비교하기 위해서는 본 논문에서는 3 단계 절차를 수행한다. 첫 번째는 건물 특성과 거주자 특성에 맞는 피난경로를 다양한 시나리오로 가정하는 단계이다. 두 번째는 첫 번째 단계에서 가정된 시나리오를 피난시뮬레이션을 통해 안전하고 피난시간이 단축되는 시나리오를 선택하여 최초 피난방법을 선정하는 단계이다. 마지막 세 번째는 실시간

정보를 활용하는 단계로, 피난을 하는 과정에서 밀집된 상황과 연기전과 상황을 가정하여 실시간 정보를 수집하여 대응하는 경우와 그렇지 않았을 때 피난시간과 구조시간에 대한 시뮬레이션을 통해 피난성능을 비교하는 단계이다. 즉 최초 피난방법을 유지하는 경우와 실시간 정보를 활용했을 경우에 대한 피난성능을 비교하는 것이다.

세 번째 단계인 밀집된 상황은 8층 계단과 9층 계단에 혼잡한 상황 정보가 수집되어 혼잡을 피한 피난

경로를 제공하는 것으로 설정하였고, 연기전파 상황은 화재 발생층이 아닌 3층에 연기가 전파된 것으로 가정하여 우선피난을 실행하는 것으로 가정하였다.

피난성능 비교를 위한 시뮬레이션은 5층에 화재가 발생한 것으로 가정하였고 첫째 단계인 건물특성과 거주자 특성을 감안한 시나리오는 피난상황을 4개 시나리오로 구성하여 시뮬레이션 실시하였다. 시나리오 1은 일괄전층피난, 시나리오 2는 화재층 피난 후 순차피난, 시나리오3은 3개 비상계단 중 2개 비상계단은 피난용으로 사용하고 나머지 1개 비상계단은 소방관 진입용으로 사용, 시나리오4는 화재층인 경우에는 3개 비상계단을 사용하여 피난을 하고 나머지 층에서는 2개 비상계단을 이용하여 피난하고 나머지 1개 비상계단은 소방관용으로 사용하는 시나리오를 구성하였다.

두 번째 단계인 최초 피난방법 선정은 화재층 피난을 우선으로 한 안전성과 구조시간 단축에서 가장 효과적인 시나리오4에 따른 피난으로 최초 피난방법으로 선정하였다.

세 번째 단계에서는 실시간 정보를 IoT 장비로부터 수집하여 피난경로를 변경하고 구조활동을 가정한다. 위치식별장치로부터 8층과 9층 C1계단에서 밀집 상황 정보를 수집하여 피난시간 단축을 위해 피난경로를 변경하여 전체 피난시간을 확인하였다. 최초 피난방법을 유지할 경우는 계단 밀집 상황을 파악할 수 없어서 8층, 9층, 10층 거주민은 혼잡한 상황에서 대피를 하게 되어 전체 피난시간이 906.3초 소요되었다. 그러나 위치식별장치로부터 8층, 9층 C1계단의 밀집된 상황을 수집하여 10층 거주민에게 C3 계단을

이용하도록 피난경로를 변경하였고 이때 전체 피난시간은 840.3초로 최초피난방법을 유지했을 때보다 66초 피난시간을 단축할 수 있었다.

두 번째 상황으로 5층 화재로 인하여 3층에 연기가 전파되는 상황을 가정하였다. 최초피난방법을 유지할 경우 기존 시스템에서는 연기전파에 따른 위험성 정도를 확인하기 어려워 3층 거주민에 대한 우선대피가 어렵다. 그러나 복합센서로부터 연기농도에 대한 프로파일을 실시간 수집하여 위험기준에 도달할 시 자동으로 시스템에서 경보가 발생하여 3층 거주민에 상황전파와 우선 피난을 유도할 수 있는 것이다. 최초피난방법을 유지할 경우 3층 거주자는 C1, C3만 이용하게 되지만 복합센서로부터 위험구역 정보를 확인하는 경우 3층 거주자를 C2계단(중앙계단)으로만 피난을 유도할 수 있게 되어 피난시간을 최초 피난방법보다 84.3초 단축할 수 있었고, 3층 거주민에게 우선대피를 실행함으로써 안전성 확보할 수 있었다. 세 번째 상황은 3층 위험구역에 미피난자가 있을 경우이다. 이때 미피난자에 대한 정보가 없을 경우 미피난자를 검색하는데 시간이 소요되며, 전체 피난이 완료되어 계수 작업 후에 미피난자를 확인하게 된다. 그러나 위치식별장치로부터 위험구역에 미피난자 정보를 수집할 수 있으며 이 때 소방관이 미피난자 위치와 인원수 정보를 전달받아 즉각 구조가 가능하게 되어 전체피난완료시간인 905초 이전에 미피난자를 구조할 수 있게 되는 것이다. 실시간 정보를 활용한 피난시뮬레이션의 비교 결과는 다음과 같다.

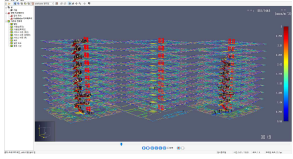
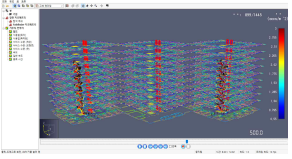
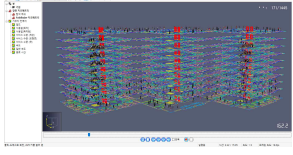
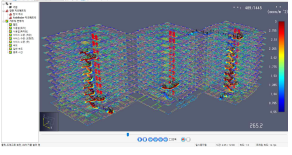
실시간 정보를 수집하여 이를 기반으로 피난경로와 인명구조 상황정보를 제공하여 피난을 실행한 경

Table 4. Comparing evacuation scenarios in fire situation

	Scenario1	Scenario2	Scenario3	Scenario4
	full-layer evacuation	fire layer evacuation, use of sequential evacuation method	full-layer evacuation using 2 stairs	fire layer evacuation using 3 stairs and sequential evacuation using 2 stairs
Evacuation method	1st floor~10th floor Simultaneous evacuation using C1, C2, C3 stair	Fire layer evacuation(5th floor) sequential evacuation method(4,6,7,8,9 floor) using C1, C2, C3 stair	Full-layer evacuation using 2 stairs	fire layer using 3 stairs 4,6,7,8,9 floor sequential evacuation using 2 stairs
Total evacuation time	593.3 sec	662.5 sec	1001 sec	905.3 sec
Rescue time	Average 349.2 sec	Average 258.8 sec	Average 54 sec	Average 73.6 sec



Table 5. Comparison of original evacuation method and real-time based evacuation method

Conditions	Original evacuation method		Real-time based evacuation method	
	total evacuation time	evacuation method	total evacuation time	evacuation method
Density (8,9 stairs)	905.3 sec 	using 2 stairs and sequential evacuation	840.3 sec 	10th floor residents using C3 stair
3rd floor smoke spread (risk zone)	905.3 sec 	using 2 stairs and sequential evacuation	756 sec 	3rd floor residents using C2 stair

우 전체피난시간을 단축하는 효과와 위험구역 거주민에 우선피난을 실행할 수 있어 안전성이 높은 피난방법이라는 것을 확인하였다.

#### 4. 결 론

본 논문에서는 실시간 정보를 수집을 위하여 지능형 CCTV, 위치식별장치, 복합센서와 맞춤형방송장치를 사용하였다. 실제 피난성능을 개선하기 위해 필요한 기능과 성능을 현장테스트와 피난시물레이션을 통하여 실증하였다. 그 결과 IoT 기술을 활용한 실시간 정보를 기반으로 피난경로와 인명구조 상황 정보를 제공하여 피난을 실행한 경우 전체피난시간을 단축하는 효과와 위험구역 거주민에 우선피난을 실행할 수 있어 안전성이 높은 피난방법이라는 것을 확인하였다.

이처럼 IoT 기술을 재난안전 분야에 적용하여 실시간 정보 활용한 피난시스템을 도입할 필요가 있으며, 이는 피난성능을 개선하고 인명구조에 기여할 것이다. 앞으로 재난안전 분야에 멀티미디어 소요기술 도입하기 위해서는 기존 방재시스템과의 연계와 실시간 정보를 활용한 지능형 시물레이터 개발이 필요하며, 지능형 시물레이터를 활용하여 다양한 상황에 대한 시물레이션 자료를 토대로 지능화 단계로 발전할 수 있을 것이다.

#### REFERENCE

[ 1 ] Y. Choi and I. Joe, "Design of Fire Evacuation Guidance System Using USN Mesh Routing in High-rise Buildings," *Journal of Korean Institute of Fire Science and Engineering*, Vol. 22, No. 3, pp. 278-286, 2008.

[ 2 ] J. Hwang and Y. Choi, "Route Exploration Algorithm for Emergency Rescue Support on Urgent Disaster," *Journal of the Korea Contents Association*, Vol. 16, No. 9, pp. 12-20, 2016.

[ 3 ] M. Yoon, C. Song, T. Kim, Y. Choi, and Y. Choi, "Real-time Fire Evacuation Guidance System Employing Ubiquitous Techniques: Efficient Exiting System Using RFID," *Journal of Korean Institute of Fire Science and Engineering*, Vol. 21, No. 4, pp. 115-122, 2007.

[ 4 ] H. Nam, S. Kwak, and C. Jun, "A Prototype for Real-time Indoor Evacuation Simulation System Using Indoor IR Sensor Information," *Journal of Korea Spatial Information Society*, Vol. 20, No. 2, pp. 155-164, 2012.

[ 5 ] National Institute of Standards and Technology, *Final Report on the Collapse of the World Trade Center Towers*, United States

Department of Commerce, 2005.

- [6] J. Lee and G. Lee, "Research of the Fire to Minimization Damage Plan on High-rise Buildings," *Journal of Korean Institute of Fire Science*, Vol. 23, No. 4, pp. 91-97, 2009.
- [7] B. Kim, C. Yim, and Y. Park, "The Influence of Wind Conditions on the Performance of Smoke Ventilation in High-rise Building Fires," *Journal of Korean Institute of Fire Science*, Vol. 30, No. 1, pp. 63-73, 2016.
- [8] D. Kim and S. Park, "A Basic Study on Required Performance and Development Direction of Fire Resistance Wall on High-rise Building," *Journal of Korean Institute of Fire Science*, Vol. 25, No. 4, pp. 1-7, 2011.
- [9] S. Moon, Y. Yu, and C. Lee, "A Study on Evacuation Guidance Using Location Identification Technology for Disaster," *Asia-pacific Journal of Multimedia Services Convergent with Art, Humanities, and Sociology*, Vol. 7, No. 12, pp. 937-946, 2017.
- [10] Y. Yu, S. Moon, S. Park, and C. Lee, "A Study on the Visibility Measurement of CCTV Video for Fire Evacuation Guidance," *Asia-pacific Journal of Multimedia Services Convergent with Art, Humanities, and Sociology*, Vol. 7, No. 12, pp. 947-954, 2017.
- [11] Public Risk Management Center, *Annual Report on Development of Intelligent Fire Protection System for Super High-rise Buildings*, Busan University of Foreign Studies, 2017.
- [12] Pathfinder, <https://www.thunderheadeng.com/pathfinder/> (accessed Aug., 24, 2018).
- [13] J. Lee, I. Bae, and C. Kim, "A Design of Prototype System for Information Collection and Management based on Disaster Site," *Journal of Korea Multimedia Society*, Vol. 15, No. 1, pp. 101-107, 2012.
- [14] J. Lee and C. Kim, "An Implementation for Disaster Information Service and Search Function based on Smartphone Application," *Journal of Korea Multimedia Society*, Vol. 15, No. 2, pp. 273-280, 2012.



**이 철 규**

2000년 연세대학교 국제대학학  
원 석사  
2005년~2007년 국제과학비즈니스  
스벨트포럼 사무국장  
2013년~2014년 경북대학교 복지  
행정학과 겸임교수  
2015년~2016년 원전안전 주민연

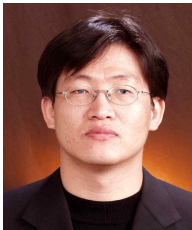
구단 연구위원  
2010년~현재 대통령소속 자치분권위원회 전문위원  
2016년~2018년 부산외국어대학교 공공위험관리센터  
교수  
관심분야: 공공위험관리, 안전기술융합, 자치안전제도,  
원전안전제도



**이 상 규**

1999년 부산외국어대학교 (주)미안  
마어 (부)무역학 학사  
1999년~2012년 엘립스사무용품  
(문구제조) 실장  
2012년~2013년 인터니즈(웹서비  
스, VR제작) 대표

2013년~2014년 윈프로(정치컨설팅) 대표  
2014년~2017년 부산외국어대학교 동남아창의인재사업  
단(CK-I 교육사업) 직원  
2018년~현재 사단법인 지식융합원 사무국장  
관심분야: 웹디자인, 웹코딩, VR Panorama, 피난시물레  
이션



**문 상 호**

1991년, 1994년, 1998년 부산대학  
교 컴퓨터공학과 공학사,  
공학석사, 공학박사  
1991년~1992년 한국기계연구원  
기술정보지원부 연구원  
1998년~2002년 위덕대학교 컴퓨  
터공학과 교수

2012년~2013년 University of Central Oklahoma Visiting  
Professor  
2002년~현재 부산외국어대학교 컴퓨터공학과 교수  
관심분야: 데이터베이스, GIS, 디지털인문학, 정보시스  
템감리



**이 계 은**

1998년 부경대학교 제에계측공  
학과 공학사  
2011년~2014년 (주)포비스 BI 개  
발 팀장  
2014년~2017년 (주)월드버택 전략  
사업본부장

2018년~현재 (주)광인터내셔널 개발 팀장  
관심분야: IoT, AI, BI, S/W 품질