

# 엣지 컴퓨팅과 비콘을 활용한 기존 실내 화재 알림 시스템 개선 방안 연구

이태규, 최경서, 신연순  
동국대학교 컴퓨터공학과

2019112073@dgu.ac.kr, [rudtj9099@dgu.ac.kr](mailto:rudtj9099@dgu.ac.kr), [ysshin@dongguk.edu](mailto:ysshin@dongguk.edu)

## A Study on the Improvement of Existing Indoor Fire Notification System Using Edge Computing and Beacon

TaeGyu Lee, KyeongSeo Choi, Younsoon Shin

Department of Computer Science and Engineering, Dongguk University

### 요 약

본 논문에서는 기술의 빠른 발전에도 불구하고 줄어들지 않는 화재 사고, 그 중에서도 많은 인명피해를 내는 실내 화재 사고에 대하여 기존 실내 화재 알림 시스템의 한계점인 알림의 양치기 소년화로 인한 안전 불감증 증가와 알림의 사각지대 문제를 해결하고자 새로운 대안 시스템을 설계 및 구현하고, 실험 검증을 진행하였다. 위 두 가지 문제점을 해결하기 위해, 본 연구에서는 스마트폰이 매우 대중적으로 보급되어 있다는 점을 기반으로 IoT, 엣지 컴퓨팅, 비콘 등을 응용한다. 비콘 신호를 broadcasting 하는 엣지 노드의 신호 범위 내에 진입하면 사용자 정보를 수집하여 대상 건물에 출입한 대상을 특정한다. 말단 센서 노드와 엣지 노드 간의 무선 RF 통신으로 화재를 모니터링하며 화재가 발생했을 시 특정된 대상들에게만 스마트폰 어플의 푸시 알림으로 화재 발생 상황을 전송하는 시스템을 설계 및 구현하였다. 시스템 성능 평가를 위해 동국대학교 건물 내에서 수평, 수직으로 이동하며 실험을 진행하였고, 그 결과를 통해 대안 시스템의 성능과 한계를 분석하여 이를 실내 공간에 적용하기 위한 적합성을 평가하였다.

## 1. 서론

### 1.1. 연구의 동기와 필요성

실내 재난의 경우, 건물 내 모든 인원에게 신속, 정확하게 재난을 알리는 것이 중요하다. 최근까지도 실내 화재로 인한 인명피해가 꾸준히 발생하고 있다. [그림 1]은 한국화재보험협회가 조사한 2010년부터 10년간 발생한 특수건물 화재 발생 인명피해의 사상자와 사망자의 수를 보여준다. 지난 10년간 실내 화재로 인한 인명피해는 줄어들지 않고 있음을 알 수 있다. 또한, 2019년도 특수건물 화재로 인한 인명피해 발생 빈도는 국내 총 화재 피해의 2.14배로, 건물 내 화재에서 인명피해가 더 자주 발생한다는 것을 알 수 있다.[1] 이에 기존에 발표된 재난 상황을 알리는 방법들을 살펴보고 기존 방법들이 갖는 문제점과 이를 해결하는 방안을 연구하여, 개선된 시스템을 제시하고자 한다.

### 1.2. 연구의 범위

본 연구는 다양한 재난 유형 중에 꾸준히 피해를



[그림 1] 2010년부터 10년간 특수건물 화재 발생 인명피해 사상자와 사망자 동향

발생시키는 화재 사고 중에서도 인명피해 비율이 높은 ‘실내 화재’에 대한 알림 시스템을 개선하고자 한다.

재난의 인식 후 이를 효과적으로 알리는 것에 목적을 두고 있으므로 화재를 인식하는 프로세스의 구현은 최소한으로 간소화하고, 개선된 알림 프로세스 구현에 중점을 둔다. 제안하는 재난 상황 알림 시스템 성능 평가도 화재 알림이 성공적으로 전송되는지를 평가한다.

2. 본론

2.1. 기존 재난 알림 기술

기존 재난 알림 서비스는 일반적으로 속보형과 예보형의 두 가지 유형으로 나누어 볼 수 있다. 실내 화재 상황에 사용되는 기존 속보형 화재 알림 중에는 음향 장치나 시각 경보기는 별도의 화재 감지 센서가 존재하여 센서가 화재를 감지하면 경보기가 작동한다. 스마트 알람 시스템은 화재 발생 시 사전에 등록된 스마트폰, 각 세대에 설치된 기기로 알림을 전송하기도 한다.

2.2. 기존 재난 알림 기술의 문제점

상기한 기존 속보형 재난 알림 기술의 문제점을 크게 두 가지를 들 수 있다. 첫 번째는 알림의 양치기 소년화 문제이다. 시스템의 오작동으로 수차례 잘못된 화재 알림을 경험한 시민들의 화재 알림에 대한 신뢰도가 하락하였고, 안전 불감증 또한 심화되었다.

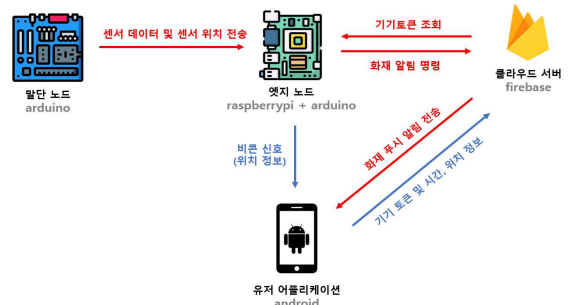
두 번째는 사각지대 문제이다. 실내 경보기나 안내 방송으로 화재 상황을 알릴 경우 경보의 가청범위 제한으로 소리가 닿지 않는 구역이 존재할 수 있다. 스마트폰 알람 시스템 또한 사전에 등록된 사용자 외에는 알림이 전송되지 않기 때문에, 알림의 사각지대로 인해 재난을 인식하지 못함으로써 인명피해가 발생할 수 있다.

2.3. 대안 시스템 설계 및 구현

2.3.1 시스템 설계

상기한 기존 시스템의 문제점인 재난 알림의 양치기 소년화 문제점 해결을 위해 재난 알림 전송 대상을 기존보다 현재 발생한 재난 상황에 물리적으로 영향을 많이 받는 대상으로 특징하는 것이 필요하다. 따라서 대안 시스템은 시스템이 적용되어 있는 특정 건물에 최근 출입했거나 상주하고 있는 대상들을 특징하고 화재 발생 여부를 판단하여 알림을 전송할 수 있도록 해당 장소에 컴퓨팅, 통신, 비콘[2] 기능을 갖춘 엣지노드[3]를 설치하는 방식으로 설계하였다. 엣지노드에서 송출되는 비콘 신호를 스마트 디바이스에서 수신할 시, 기기 토큰을 포함한 정보를 서버 DB에 실시간으로 추가하는 것은 사용자 어플리케이션을 이용한다. 서버는 실시간으로 알림 대상자의 정보를 DB에 추가 및 수정하며, 동시에 다수의 대상자들에게 화재 알림을 푸시 형태로 전송할 수 있도록 설계하여 두 번째 문제점이었던 알림의

사각지대 문제를 해결하도록 하였다. 그리고 마지막으로 실내의 각 구역의 화재 감지를 위하여 엣지노드를 여러 대 설치하기보다 효율성을 위해 센서를 부착한 말단센서 노드들이 실내의 각 위치에서 환경 데이터를 수집하여 엣지 노드로 전송하도록 하였다. 이때 통신 방식은 n개의 말단센서 노드가 신호 범위 내 1개의 엣지노드와 통신하도록 무선 RF 방식으로 설계하였다.



[그림 2] 대안 시스템 구성도

2.4. 시스템 구성 요소

2.4.1. 엣지 노드

라즈베리파이3 model B에 NRF24L01 모듈이 부착된 아두이노 우노 R3 보드가 USB 케이블로 연결된다. 라즈베리파이는 비콘화하여 비콘 신호를 broadcasting 하도록 하였다. NRF24L01 모듈이 부착된 허브 아두이노는 n개의 말단 노드로부터 RF 통신 방식으로 데이터를 수신하고, 시리얼 통신으로 데이터를 라즈베리파이로 전송한다. 전송된 데이터를 통해 라즈베리파이에서 화재 여부 판단 및 화재 푸시 알림 전송 명령이 이루어진다.

<표 1> Raspberrypi 3 model B 사양

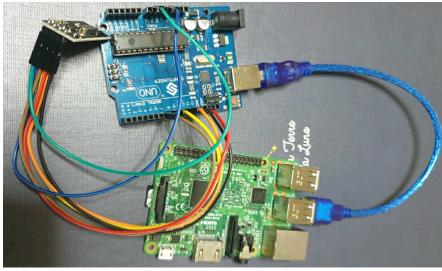
CPU	Broadcom BCM2387 chipset, 1.2GHz Quad-Core ARM Cortex-A53
Memory	1GB LPDDR2
LAN	802.11 b/g/n Wireless LAN (built in)
Bluetooth	Bluetooth 4.1 (Classic & LE) (built in)
Power	Micro-usb power source (5V/2.5A)

<표 2> Arduino Uno R3 보드 사양

Microcontroller	ATmega328
Operating Voltage	5V
Clock Speed	116MHz
Flash Memory	32KB (0.5KB used by bootloader)

<표 3> nRF24L01 모듈 사양

Operating Voltage	1.9 ~ 3.6V
IO port working Voltage	+7dB
Transmission range	250m in open area



[그림 3] 엣지 노드 구성 사진

### 2.4.3 사용자 어플리케이션

안드로이드 어플리케이션으로 사용자 스마트기기에서 엣지 노드에서 broadcasting 되는 비콘 신호를 구분하여 수신하고 서버의 DB에 기기 토큰과 현재 시각, 신호를 수신한 엣지노드의 정보를 추가한다.

<표 5> 사용자 어플리케이션 개발환경

OS	Window 10
사용 언어	Java
제작 툴	Android Studio
구동 기기 사양	Bluetooth 4.0 이상 지원, Wifi 지원

### 2.4.4 서버

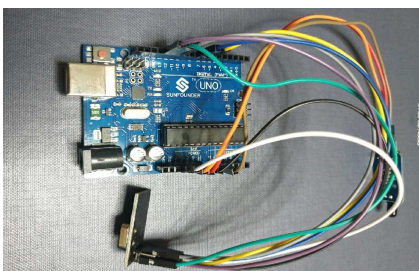
구글 Firebase에 사용자 어플리케이션을 등록하여 어플리케이션에서 서버와 연결, 기기토큰을 포함한 정보를 데이터베이스에 추가할 수 있다. 또한 Firebase Cloud Messaging 서비스를 제공하므로 알림 대상이 되는 다수의 사용자 스마트기기에 푸시 알림을 전송할 수 있다.

### 2.4.2. 말단 노드

아두이노 우노 R3 보드에 NRF24L01 모듈과 불꽃 감지 센서가 부착되었다. 불꽃 감지 센서를 통해 수집된 데이터는 사전 지정된 포트번호를 바탕으로 엣지노드에 부착된 허브 아두이노로 전송된다.

<표 4> 불꽃 감지 센서 사양

Power supply	3.3V ~ 5.3V
Spectrum range	760nm ~ 1100nm
Angle	0° ~ 60°
Operating temperature	-25°C ~ 85°C



[그림 4] 말단 노드 구성 사진

## 2.5 시스템 작동 프로세스

- ① n개의 말단노드는 일정한 위치에서 지속적으로 환경 데이터를 지정된 엣지노드로 전송한다.
- ② 엣지노드는 일정한 위치에서 상시 말단노드에게 수신받은 데이터를 모니터링하며 화재 감지 여부를 판단한다.
  - ②-1 그와 동시에 엣지노드는 일정한 위치에서 비콘 신호를 지속적으로 broadcasting한다.
- ③ 사용자 어플리케이션이 설치된 기기가 블루투스가 켜진 상태로 엣지 노드의 비콘 신호범위 내에 진입하면 사용자 어플리케이션에서 고유 기기 토큰 및 시간 정보를 서버 DB에 추가한다.
- ④ 엣지노드가 센서값을 모니터링하던 중 화재 발생을 판단하면 서버 DB에서 일정 시간 범위 내에 추가된 기기 토큰들을 조회한다.
- ⑤ 기기 토큰을 통해 해당 기기로 화재 발생 여부, 발생 위치, 발생 시각을 담은 메시지를 푸시 알림으로 전송한다.

## 2.5 시스템 성능 평가

### 2.5.1 실험 환경

실험은 다음과 같이 두 가지로 나누어 진행하였다. 첫 번째는 말단센서-엣지노드 간 RF통신, 두 번째 실험은 엣지노드-사용자(스마트폰)간 비콘 통신에 있어 각각에 거리와 장애물이 미치는 영향을 알아보았다. 말단 센서의 RF 통신 신호 세기는 최대로 설정하였으며, 비콘의 TxPower는 0xC8로 세팅하여 진행하였다. 실험 장소는 동국대학교 교내 건물로 선정하였다. [그림 5]는 실험을 진행한 건물의 평면도이다. 건물 3층의 9개의 지점을 선정, 건물 내 수평 위치에서 실험하였다. 각 지점은 장애물(벽) 여부에 따라 거리별 측정 결과를 알 수 있도록 선정하였다. E지점에서는 수직 범위를 측정하기 위해 수직으로 위로 이동하여 실험하였다.



[그림 5] 실험 건물 평면도와 각 실험 지점

### 2.5.2 성능 평가

첫 번째 실험은 말단 센서가 불꽃을 감지한 후 스마트폰 푸시 알림 수신 여부를 확인하였으며, 두 번째는 사용자가 스마트폰 앱을 실행한 뒤 서버 DB에 기기 토큰이 해당 기기 토큰이 추가되는 지 여부를 확인하였다. 결과는 아래 표와 같다.

<표 7> 건물 내 시스템 동작 여부 실험 결과

	가	나	거리	장애물 여부	가:말단센서 나:옛지노드	가:옛지노드 나:사용자
수평 거리	B	C	14m	X	O	O
	B	A	3m	O	O	O
	E	D	3m	O	X	O
	D	B	29m	O	X	O
	H	F	43m	X	O	O
	G	B	20m	O	X	O
	I	G	40m	O	X	X
수직 거리	3층	4층	4m	O	O	O
	3층	5층	8m	O	X	X
	3층	6층	12m	O	X	X

첫 번째 실험에서는 두 요소 사이에 장애물이 없을 경우, 거리가 40m 이상 멀어져도 정상적으로 알림을 수신할 수 있었다. 또한 센서가 화재를 감지한 후 1~2초 이내에 사용자가 성공적으로 알림을 수신하는 긍정적인 결과를 보였다. 그러나 장애물이 있는 경우, 3~4m 내에 있을 때는 정상적으로 알림을 수신했으나 그 이상은 수신이 되지 않았다. 추가로 장애물이 엘리베이터인 D-E 지점에선 3~4m인 가까운 거리에서도 수신이 되지 않았다.

두 번째 실험에서는 장애물이 있는 경우에도 최대 유효 거리가 첫 번째 실험보다 더 커진 것을 알 수 있었다. 실내라는 것을 고려했을 때 수평 위치에서 좋은 성능을 보이는 것이라 할 수 있다.

두 실험 모두 수직 거리에서는 동일한 지점에서 수직으로 1층 높이 이상 벗어나거나 수직 지점에서 수평으로 조금 벗어나도 유효 범위를 벗어나는 것을 확인했다.

## 3. 결론

### 3.1 연구 결과에 대한 해석 및 논의

실험을 통해 말단센서-옛지노드 간 통신 유효거리가 장애물로 인해 매우 짧아지는 문제점을 확인하였다. 따라서 벽과 같은 장애물이 없는 탁 트인 실내 공간에서는 하나의 옛지노드에 최대한 많은 말단 센서들이 무선 RF통신으로 연결될 수 있기 때문에 본 논문의 대안 시스템이 가장 효과적으로 작동할 수 있을 것이라 기대되나, 벽으로 구분된 구역이 많은 실내 공간에서는 최악의 경우 옛지노드-말단센서

같은 공간 내에 설치되어 서로 1대1로 연결되어야 하는 비효율적인 상황이 발생하여 부적합하다.

이에 대한 대안으로, 구분된 구역이 많은 곳은 각 구역 간의 거리가 짧아 말단센서들이 가까운 범위에 밀집될 가능성이 높으므로 상대적으로 탁 트인 복도형 공간 등에 옛지노드를 설치한 후 주변 일정 반경 내의 다수의 말단센서들을 옛지노드와 유선 연결한다면 각 옛지노드의 활용도를 높일 수 있을 것이다.

### 3.2 연구의 한계점과 의의

자원의 한계로 구현에 있어서 최적 성능의 모듈, 기능 구현 완성도가 최선을 만족하지 못했고, 실험에 있어서 실제 상황에서 발생 가능한 트래픽 증가, 다양한 실내 형태에서의 실험 등 일반적으로 적용하기 위해 고려해야 할 다양한 변수를 모두 고려하지 못했다는 한계점을 가진다.

실험을 통하여 대안 시스템이 성공적으로 실내 출입자의 정보를 수집하였고, 화재 감지 시, 수집한 정보를 통해 실내 인원에게 신속한 화재 알림을 전송했다는 점에서 앞서 제시했던 기존 시스템의 두 가지 문제점을 효과적으로 해결했다는 의의를 가진다.

실내 장애물로 인한 통신 장애 문제를 해결하거나 기존 시스템과 상호보완적으로 적용, 혹은 실내 측 위기술을 적용하여 발전시킨다면 더 개선된 시스템으로써 작동할 수 있을 것이라 기대된다.

## ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 SW중심대학지원사업의 연구결과로 수행되었음(2016-0-00017)

## 참 고 문 헌

- [1] 한국화재보험협회, 2019년 특수건물 화재통계 안전점검 결과분석
- [2] 김승일, 지선학, 이재우, “저전력 블루투스(BLE) 비콘 보안 취약점 연구”, 정보보호학회지, 제26권, 제3호, pp.50-57, 2016.06.
- [3] 신성식, 민대홍, 안지영, 김성민, “옛지 컴퓨팅 시장 동향 및 산업별 적용 사례”, 전자통신동향분석, 제34권, 제2호, pp.51-59, 2019.04.01.