

스마트시티에서 활용 가능한 LoRa기반 화재 대피 경로 안내 시스템*

염진호^{†0}, 조성우[†], 양서린[†], 김경백^{††}

전남대학교 전자컴퓨터공학부[†]

전남대학교 인공지능융합학과^{††}

pwlsgdq@naver.com, whtjddn2242@naver.com, ysl5501@gmail.com, kyungbaekkim@jnu.ac.kr

LoRa-Based Fire Escape Route Guidance System Available in Smart Cities

Jinho Yeom^{†0}, Seongwoo Jo[†], Seorin Yang[†], Kyungbaek Kim^{††}

Department of Electronics and Computer Engineering[†],

Chonnam National University

Department of Artificial Intelligence Convergence^{††},

Chonnam National University

요 약

최근 국내에서 스마트시티 조성이 활성화됨에 따라 이에 적합한 LoRa 통신을 중심으로 연구를 진행하였다. 본 논문에서는 현재 사용 중인 수동형 대피체계의 한계를 보완하고자 화재 상황에 따른 방향 지시 서비스를 구현하였다. 저전력 장거리 통신이 가능한 LoRa 모듈을 이용해 통신망을 구축하였다. 화재 발생 시 CSI 카메라 모듈을 이용한 YOLO 객체 탐지와 온도 센서를 통해 건물 내부의 혼잡도와 상황을 파악한다. 이러한 데이터를 바탕으로 총 대피시간을 단축시킬 수 있는 대피알고리즘에 적용해 최적의 대피 경로를 안내하는 화재 대피 경로 안내 시스템 개발을 제안한다.

1. 서 론

최근 4차 산업혁명과 더불어 스마트시티 조성이 활성화됨에 따라 이에 적합한 LoRa 통신과 AI를 중심으로 해당 시스템을 고안하였다.

수동형 대피체계는 화재 발생 시 적절한 대피 경로를 안내하지 못해 피해가 가중되는 경우가 빈번하다. 본 논문에서는 이러한 한계를 보완하고자 화재 대피 경로 안내 시스템 개발을 진행하였다. 건물 도처에 CSI카메라 센서와 온도 센서를 부착하여 화재 발생 여부와 건물 내부 인원수, 사람들의 위치를 파악한다. 이러한 데이터를 알고리즘에 적용하여 건물 내 사람들에게 최적의 대피경로를 안내하는 시스템을 구현하였다.

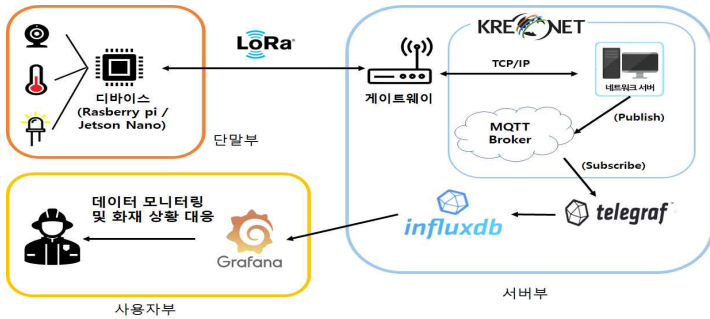
2. 시스템 구성

2.1 스마트 방향지시서비스 시스템 구성

[그림 1]과 같이 화재에 따른 방향지시 서비스를 구현하기 위해 단말 부, 서버 부, 사용자 부로 구분지어 시스템을 구성하였다.

단말 부는 Raspberry Pi와 Jetson Nano 디바이스를 중심으로 건물 내부의 재난 발생 위치와 상황, 건물 내 인원 수, 위치 등을 파악할 수 있는 기능을 제공한다. 서버 부는 게이트웨이를 통과하여 ScienceLora를 통해 단말 부와 통신이 가능하게 하였다. 사용자 부는 MQTT를 통해 받은 topic들을 시간형 데이터베이스인 InfluxDB[1]에 저장한다. 사용자는 대시보드인 Grafana[2]를 이용하여 송수신 데이터들을 실시간으로 모니터링이 가능하다.

* 본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 대학ICT연구센터육성지원사업의 연구결과로 수행되었음(II TP-2021-2016-0-00314)



[그림 1] 스마트 방향지시서비스 아키텍처

2.2 단말 부

단말 부는 YOLO 객체 탐지를 위해 Jetson Nano에 CSI 카메라 센서를 부착하여 건물 내 인원수와 화재 발생 여부를 파악하였다. Raspberry Pi 3 Model B에 온도 센서(DHT-11)를 연결하여 온도를 통해 화재 상황 감지를 보조한다. 또한 LED모듈을 부착하여 서버로부터 제공받은 데이터로 대피 경로를 안내한다. 각 디바이스에 LoRa 통신 모듈 SX1276을 결합하여 서버부와 데이터를 송수신한다.

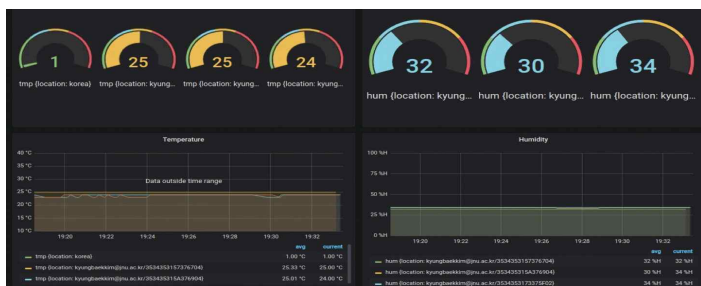
2.3 서버 부

ScienceLoRa*를 사용하여 지정 주파수 대역 (920MHz)으로 단말 부와 통신한다. 서버 부에서는 제공받은 센서 값을 알고리즘을 이용해 가공하여 단말 부에 반환 한다. 단말 부에서는 LED 모듈을 이용해 이를 출력한다.

추가적으로 사용자 부와 통신하기 위해 푸시 기술 기반의 경량 메시지 프로토콜인 MQTT를 이용하여 사용자가 이용할 수 있도록 Topic을 MAC 주소별로 Publish한다. 서버 에이전트인 Telegraf[3]가 이를 subscribe하여 InfluxDB에 저장한다.

2.4 사용자 부

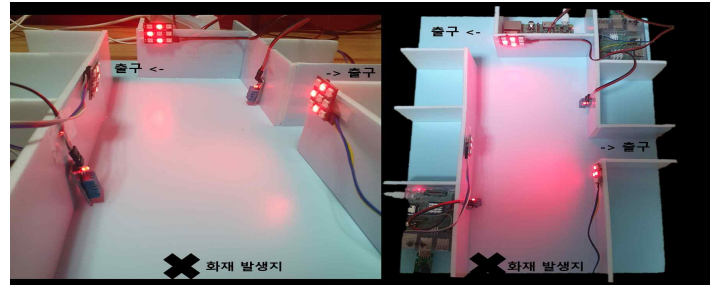
사용자 부에서는 InfluxDB에 저장된 데이터를 실시간으로 모니터링하기 위해 대시보드인 Grafana를 이용해 [그림 2]와 같이 나타낸다.



[그림 2] Grafana 실시간 모니터링

2.5 건물 내부 프로토타입(Prototype)

화재 상황 발생 시 나타날 수 있는 일련의 과정들을 간단한 모형을 통해 나타내었다. [그림 3]에서 보듯 화재 발생 지점으로부터 최적의 대피 경로를 분석하여 가장 빠르고 안전한 경로를 LED 모듈을 이용해 건물 내 인원들에게 안내한다.



[그림 3] 건물 내부 단면도

3. 시스템 핵심 기술

3.1 LoRa(Long Range)

데이터를 전송하는 기술들 중 스마트시티에서 활용하기 적절한 LPWAN**를 채택하였다. 스마트시티는 단말의 숫자가 많아 통신하는 데이터양이 시그널링을 위한 데이터양 보다 적기 때문에 Wi-Fi 및 LTE와 같은 고속 대용량의 통신기술은 적합하지 않다. 또한 각 단말들은 제한된 배터리만으로 기능을 정상적으로 수행해야하기 때문에 배터리 소모 특성에 최적화 되어 있는 LPWAN 기술이 적합하다.[4]

LPWAN 기술 중에서도 LoRa를 이용한 통신은 약 5~10km의 장거리에서도 통신이 가능하고, 저전력 환경에서도 작동이 가능하므로 스마트시티 환경에 적합하기 때문에 이를 이용하여 시스템을 구현하였다.

LoRa는 비면허 주파수 대역인 ISM Band를 사용하는 비표준 기술이다. 국내에서 LoRa는 타 무선기기와의 공동사용을 위해 LBT 기준을 적용하도록 하고 있으나, LBT를 사용할 경우 다양한 SF를 갖는 여러 노드들이 동시에 패킷을 전송할 수 있는 LoRa기술의 장점을 이용할 수 없어 성능이 저하될 수 있다.[8] CLASS 타입은 B를 선택하였다. CLASS B는 CLASS A보다 지연속도가 낮아 더 높은 전송 속도를 지닌다. CLASS C는 지속적으로 단말에 전력을 공급해줘야 하므로 배제하였다.

3.2 인공지능 객체 인식

YOLO란 You Only Look Once의 약자로 최첨단 실시간 물체 감지 시스템이다. 다른 객체인식 시스템이 비해 빠르고 정확한 결과를 도출한 다는 것이 장점이다.[5]

본 논문에서는 건물 내부에 있는 사람들의 위치와 움직임, 화재 발생지를 파악하기 위해 객체 인식 YOLOv3 tiny 알고리즘을 고성능 GPU 기반 NVIDIA Jetson Nano

* 과학기술정보통신부에서 제공하는 LoRa/LoRaWAN 기반의 무선 사물인터넷 네트워크이다.

** 저전력 네트워크로 Low Power Wide Area Network의 약자이다.

에서 구동하였다.

Jetson Nano에 Python과 darknet 프레임워크를 설치한 후 Yolov3를 이용하여 샘플 이미지 파일 분석을 완료하였다. 이를 바탕으로 사람들의 위치와 인원 수 파악을 위해 OpenCV를 사용하여 CSI카메라 모듈의 실시간 동영상을 바운딩 박스 처리한다.

3.3 대피 알고리즘

본 논문에서는 YOLO 객체 탐지를 통해 실내 공간의 재실 인원 분포를 감지 할 수 있음과 동시에 화재 발생 시 짧은 연산시간으로 총 대피시간을 단축시킬 수 있는 ‘탐욕 알고리즘 기반 다중 출구 대피경로 할당 알고리즘’ (이하 ‘대피알고리즘’)[6]을 사용하였다.

대피알고리즘에서 각 출구에 대피인원을 할당하는 방법은 그래프 이론을 기반으로 탐욕 알고리즘 접근 방식을 활용하였다. 위 알고리즘에서는 화재 발생 상황을 고려하지 못하기에 건물의 상태 및 화재 상황에 따라 가중치를 더하는 방식으로 수정하여 진행한다. 가중치는 네 가지 요인 각각 물리적 길이, 물리적 넓이, 화재의 정도, 사람의 밀도를 이용하여 구한다.[7]

4. 결 론

이 논문에서 우리는 4차 산업 혁명의 핵심요소인 IoT 과 AI를 사용하여 스마트시티 환경에 알맞은 화재 대피 경로 안내 시스템 구현하였다. 딥 러닝을 이용해 YOLO 객체 탐지를 이용하여 건물 내부의 정보를 파악할 수 있으며, Lora의 장점인 광역 네트워크를 이용하여 먼 거리의 관제센터에서 전반적인 시스템을 관리할 수 있다.

차후 계획으로는 기존의 SienceLora 플랫폼이 아닌 독자적인 통신망을 구축하고, MQTT 클러스터를 구현하여 안정적인 네트워크를 구축한다. 또한 화재 발생 시 실시간으로 얻은 데이터를 가공한 웹페이지를 제작하여, 소방서 등 공공기관에 협력하는 것을 목표로 하고 있다.

참고 문헌

- [1] <https://www.influxdata.com>
- [2] <https://grafana.com>
- [3] <https://github.com/influxdata/telegraf>
- [4] 마성훈, 김병서 (2019) LoRa 기술 및 각 국가별 LoRa 활용사례 분석 , 한국인터넷방송통신학회 논문지, 19:1, 15-20
- [5] J Redmon, You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection, The IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2016, pp. 779-788
- [6] 이민혁, 남현우, 전철민 (2016). 탐욕 알고리즘 기반 다중 출구 대피경로 할당. 대한공간정보학회지, 24(1), 69-80
- [7] Van-Quyet Nguyen, Huu-Duy Nguyen, Quyet-Thang Huynh, Nalini Venkatasubramanian, Kyungbaek Kim. A Scalable Approach for Dynamic Evacuation Routing in Large Smart Buildings. In Proceedings of 2019 IEEE International Conference on Smart Computing (SMARTCOMP 2019) , June 12-14, 2019, Washington DC, USA
- [8] 김종훈, 박원주, 박진오, 박상현. (2018). 실시간 모니터링을 위한 LoRa LPWAN 기반의 센서네트워크 시스템과 그 제어방법. , 31(6), 359-366.