

# 화재 등 재난 환경을 대비한 IoT 용 보행자 탐지 기술

박미룡, 이승식, 강호용, 김상하\*  
한국전자통신연구원, \*충남대학교

{mrpark, rfsslee, hoyong.kang}@etri.re.kr, \*shkim@cnu.ac.kr

## IoT based People Detection for the Fire Disaster Environment

Mi-Ryong Park, Seung-Sik Lee, Ho-Yong Kang, Sang-Ha Kim\*  
ETRI., \*Chungnam National Univ.

### 요 약

본 논문은 화재 등과 같은 재난 환경에 대비하여, 방이나 구역 별 나누어진 영역(Area)에 사람들의 존재 여부를 확인 할 수 있도록 영역 출입구 별로 보행자를 탐지 할 수 있는 EdgeAI 적용 비전-Radar 센서 융합 기술로, 카메라 단독으로 검출 하기 어려운 보행자 이동을 카메라와 레이더를 통해 상호 융합으로 탐지할 수 있도록 하고 이를 통해 영역별 사람들 존재 유무를 파악할 수 있도록 한다. 더불어 IoT 모듈과 연동하며 보행자 이동을 즉각적으로 전송하여 디지털 트윈과 결합 할 수 있도록 하며, 화재 발생시 대피 경로 확보와 영역별 조난자의 수를 파악하는 데 이용할 수 있는 EdgeAI 를 활용한 IoT 적용 보행자 탐지 방법을 제안한다.

### I. 서 론

집단 건물 등에서 화재가 발생할 경우, 일정 영역에 얼마나 많은 사람들이 조난을 당하여 남아 있는지 알기는 어려운 현실이다. 특히 연기가 자욱한 화재 상황에서는 영역별 조난자 구조는 많은 시간이 소요될 수 있으며, 골든 타임을 넘길 경우 생존자의 생명 확보가 어려워 질 수 있는 환경으로, 영역별로 출입구에 보행자 탐지 기술을 접목한 IoT 장치를 장착하여, 통신을 통해 디지털 트윈 시스템에 보행자 이동정보를 전송하여 영역별 사람들 현황을 실시간 파악할 수 있도록 하기 위한 기술로서 EdgeAI 를 적용한 카메라 및 레이더 융합 기술이다.[1]

본 기술과 접목된 IoT 기반의 디지털트윈 시스템에서는 재난 상황 별 대피 알고리즘을 동작하여, 최적의 피난 경로 구축이나 알람 등을 통해 재난 상황에서 신속한 대응을 하도록 EdgeAI 딥러닝 적용 카메라와 레이더 융합 처리를 통한 보행자 탐지 기술을 제공한다.

### II. 본론

화재 등의 재난 상황에 대비하여 단일 센서로는 검출하기 어려운 보행자 탐지를 위하여 적외선 카메라, 초음파, 레이더, RGB 카메라 등 다양한 기술들을 사용할 수 있다. 하지만 적절한 비용 요구를 충족시키기 위하여 mmWave 레이더와 일반 카메라를 활용하고, 이 둘을 융합하여 단일 센서보다는 효과적으로 보행자 인식율을 확보할 수 있도록 하기 위한 EdgeAI 기반 딥러닝 적용 보행자 탐지 기술을 개발하고 있다.

적절한 비용에서 보행자 탐지 인식율을 확보를 위해 단일 센서로 확보할 수 있는 최대 인식률 이상 탐지하기 위하여 하나 이상 센서 융합을 통해 인식율을 향상하기 위한 기술이다. 특히 저렴한 비용을 고려하여 EdgeAI 후처리 하드웨어 플랫폼을 라즈베리파이 등과 같은 HW 플랫폼 환경에서 동작할 수 있도록 하며, 영상의 사이즈는 최대 720p 급 이하의 영상에서 보행자 인식을 할 수 있도록 한다.

화재가 발생하기 전 카메라 기반 보행자 인식은 딥러닝을 통해 충분한 보행자 인식이 가능하지만, 연무, 화재 등의 상황에서는 가시광 확보 부족 등으로 인식율 확보가 어렵다. 하지만 mmWave 레이더의 경우 빛과 연기, 그리고 비가 오는 상황에서도 거리가 제한될 수 있지만 요구하는 인식이 가능하다. 따라서, 화재 시 이 두 센서의 융합을 통해 어느정도 인식율 확보가 가능할 수 있다.



그림 1. IoT 적용 참조 EdgeAI 플랫폼

#### 가. 영상기반 보행자 탐지 기술

영상기반 보행자 탐지를 위하여 머신러닝의 필터 적용보다 보다 높은 인식률을 확보할 수 있는 딥러닝을 적용하기 위하여 라즈베리 파이 단말에 HW 기반 가속을 위한 NPU(Neural Process Unit)를 추가하고, SSD-Mobilenet[2] 기반 목표물 탐지(Inference)를 통해 보행자를 검출하며, 검출 결과 프레임 별 검출될 확률을 구할 수 있다. 프레임별 쓰레쉬드 검출 확률을 적용하여, 저비용 HW 와 NPU 를 포함한 EdgeAI 시스템에서 조차 미검출 프레임이 늘어날 경우 검출율은 요구하는 수준에 미치지 못하고, 충분한 보행자 출입을 검출하기 어려워진다. 이를 향상하기 위하여 프레임별 보행자가 검출된 경우 검출 박스 중심부에 대한 칼만 트래킹을 적용하여 비 검출 프레임에서 추적을 통해 보행자의 행동에 대한 지속 검출을 할 수 있으며, 추적 동선이 영역 InOut 쓰레쉬드를 지날 경우 In 과 Out 카운트를 계산하여 영상 기반의 보행자 탐지를 처리한다. 아래 그림 2 에서 적색 라인은 InOut 쓰레쉬드를 표시하고, 중심점 추적을 통해 보행자 출입을 계산한다.



그림 2. 카메라 딥러닝 적용 결과

#### 나. mmWave 기반 보행자 탐지 기술

mmWave 는 차량의 탐지나 보행자 탐지 등에 많이 활용되던 60~80GHz 대역의 주파수를 활용한 레이더를 사용하며, 상용 79GHz 레이더와 의료 등 산업에 활용할 수 있는 60GHz 레이더를 사용할 수 있다. 79GHz 대역의 레이더는 2 차원 혹은 3 차원 검출을 위해 안테나를 설계할 수 있지만, 보편적으로 저렴하게 사용할 수 있는 2 차원 거리(R)와 각도( $\theta$ )를 제공하는 모델을 사용할 수 있으며, 60GHz 대역에서도 2 차원 혹은 3 차원 R,  $\theta$ ,  $\phi$ 를 제공하는 모델을 활용할 수 있다[3]. 3 차원 모델의 경우 R,  $\theta$ ,  $\phi$ 를 이용하여 X(앞뒤), Y(높이), Z(좌우) 좌표로 변환하여, 출입구 상단에서 X, Z 방향의 이동을 트래킹하면 보행자의 위치를 검출할 수 있고 보행자의 행동 추적을 통해 영역의 InOut 쓰레쉬드에 도달하면 In 카운트와 Out 카운트를 계산하여 IoT 모델로 전송한다. 그림 3 의 오른쪽 검은 마크는 목표물 검출 결과이고, 라인은 InOut 쓰레쉬드를 표시한다.



그림 3. 60GHz mmWave 초소형 레이더

2Cm x 2Cm 크기의 mmWave 는 환경 변화 요인에 강건하며, 거리, 각도, 속도 구분은 잘되는데 반해, 두

목표물이 가까이 붙어있는(Occlusion) 경우 둘의 분해가 어려운 문제점이 있으며, 이들의 분해는 고비용 구조이다.

#### 다. 센서 융합

카메라 센서는 딥러닝 탐지를 통해 목표물 탐지는 적절하게 처리하지만, 화재 등 연기가 많은 경우 가시광 특성상 인식 어려움이 있고, mmWave 레이더의 경우 환경 극복은 뛰어나지만, 가까운 목표물 구분 능력은 떨어지게 된다. EdgeAI 기반 딥러닝 적용 카메라와 레이더를 활용하여 둘간의 탐지 결과를 단순 융합하면 목표물의 인식 정확도를 높여주고, 화재 시에는 레이더 단독 처리로 인해 보행자 분해력은 떨어질 수 있지만 카메라가 처리할 수 없는 환경에서도 90%이상의 보행자 탐지가 가능하여 열악한 환경에서도 목표물 검출 오류를 개선할 수 있다[4].

### III. 결론

본 논문에서는 보행자 탐지를 위해 EdgeAI 기반 딥러닝을 통한 보행자 탐지와 함께, mmWave 레이더를 통해 3 차원 좌표를 구하고, 이를 융합하여 보행자의 위치를 추적하며, 추적 결과 영역 쓰레쉬드에 도달할 경우 In/Out 카운트를 계산하는 보행자 탐지 기술을 개발하고 있다. 더 나아가 보행자 탐지 결과는 IEEE802.15.4e DSME 통신을 통해 PAN Coordinator 에 전달되고, 그 결과 디지털트윈에 적용되어 영역별 보행자 출입 관리할 수 있도록 제공 하였다.

본 논문에서 사용된 센서별 후처리 알고리즘은 빠른 개발을 위해 Python 을 활용하고 있지만, 향후 융합 인식률이 개선될 경우 C 등의 변경을 통해 저렴한 임베디드 EdgeAI 장치기반에서도 상황별 인식률 개선을 지속 연구할 예정이다.

### ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2020년 정부(행정안전부)의 재원으로 수행된 연구임 (2018-MOIS33-003, "Bigdata 활용, 시설물 안전 대피 및 관리기술 개발")

### 참 고 문 헌

- [1] 이재흠,성정식,강호용," 산업용 무선 IoT 레퍼런스 플랫폼 개발에 대한 연구," 한국소프트웨어종합학술대회, pp. 230-232., Dec. 2019.
- [2] M. Sandler, A. Howard, M. Zhu, A. Zhmoginov, L. C. Chen, "MobileNetV2: Inverted Residuals and Linear Bottlenecks," arxiv:1801.04381 (2019)
- [3] Texas Instruments, "Industrial Radar Family technical reference manual", Jun. 2020.
- [4] Shuo Chang, et al., "Spatial Attention Fusion for Obstacle Detection Using mmWave Radar and Vision Sensor", Sensors, Feb. 2020.