

인공지능과 레이더를 활용한 걸음 분류 보안 시스템 개발

곽대원*, 김다윤*, 김지훈*, 박찬열*, 이준희*, 김형훈**, 심현민*

*동서울대학교 전자공학과

**삼성전자

kdw1181@gmail.com, day7329@gmail.com, country0000@gmail.com,
pcy971017@gmail.com, wns4950@gmail.com, pastelom@gmail.com, hmshim@du.ac.kr

Development of step classification security system using artificial intelligence and radar

DaeWon Kwack*, DaYun Kim*, JiHoon Kim*, ChanYeol Park*, JunHee Lee*,
Hyung Hoon Kim**, Hyeon-min Shim*

*Dept. of Electronic Engineering, Dong Seoul University

**Samsung Electronics

요 약

본 논문은 사람의 걸음걸이를 분석을 하여 사람을 인식하는 시스템을 개발한다. mmWave 레이더 센서를 사용하여 사람의 걸음걸이를 인식하고 인식한 데이터를 바탕으로 어떤 사용자인지 분석한다. 데이터를 분석하여 등록된 사용자가 왔을 경우 개방하는 방식으로 출입을 통제하는 폐쇄 시스템을 사용하고 통신을 사용하여 스마트폰과 통신하여 문이 열리면 실시간으로 사용자가 볼 수 있게 한다.

1. 서론

보안이 중요해진 시대에 다양한 생체 인식 기술들이 상용화되었다.

기존의 생체 인식 기술은 다양한 해킹 사례가 보고 되고 있고 포스트 코로나 시대에 접촉 인증 방식은 감염의 위험성을 높일 수 있다.

이러한 상황을 방지하기 위해 비접촉 인증 방식의 새로운 인증 방식이 필요하다.

최근 걸음걸이 인식의 연구가 활발히 이뤄지고 있다.

사람의 신체구조, 습관에 따라 걸음걸이가 달라지는데 걸음 구조는 모방 모사가 불가능하다.

이러한 점에 착안하여 걸음걸이를 이용한 걸음 분류 보안 시스템을 제시한다.

2. 걸음걸이 인식 기술

걸음걸이 인식 방법은 비전을 이용한 방식과 압력 센서, 가속도 센서를 이용한 인식 방법이 대표적이다. 최근에는 레이더를 이용한 모션인식 연구가 활발히 진행되고 있다. 레이더를 이용한 인식 방법은

비가시적인 상황에도 인식이 가능하고 레이더의 투과성을 이용하여 무자각 인증이 가능하다.

본 논문에서는 레이더 기술 중 mmWave 레이더 센서를 사용한다. mmWave 레이더 센서는 단파장을 사용하여 1mm 미만 범위의 정확도를 제공하며

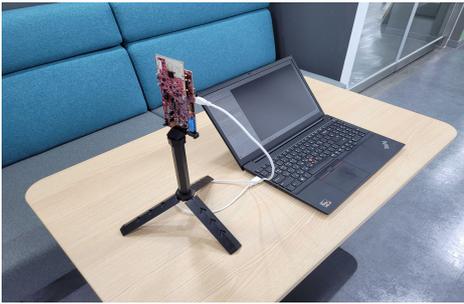
벽과 의류를 통과하여 걸음걸이 인식에 적합하다.

이러한 특성으로 높은 정확도와 은닉을 통한 보안 강화가 가능하다. 다른 레이더 시스템에 비해 시스템 구성 요소가 작고 분해능이 높다는 이점을 가지고 있다.[2]

3. 걸음걸이 데이터 수집 환경

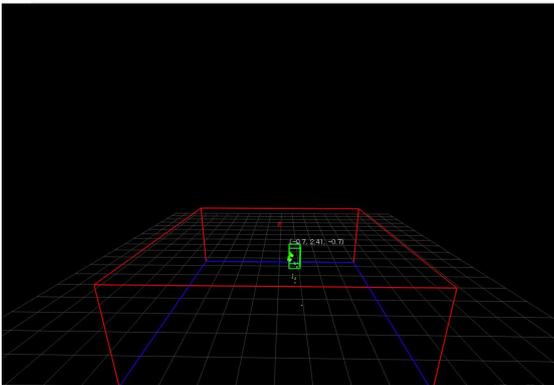
본 연구는 걸음걸이 분석을 위해 객체의 크기 와 도플러 값을 측정할 수 있는 Isk6843-ods를 그림[1]와 같이 사용한다.

[그림1]

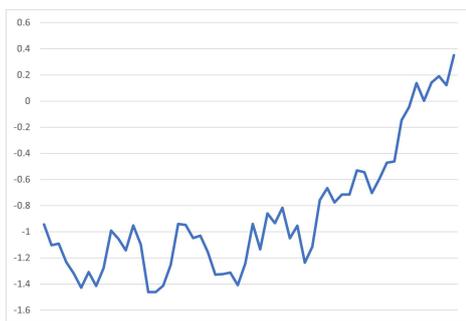


이 레이더는 60-64ghz의 주파수에서 작동하고 Azimuth Fov와 Elevation Fov +/- 60(deg)내에서 측정이 가능하다.[2]

사람의 크기와 걸음으로 발생하는 도플러 신호를 수집하기 위하여 레이더의 최대 감지 거리(6m) 내에서 자연스러운 걸음을 측정하였다. 그림[2]



그림[3]은 상기 시스템으로 성인 남성의 걸음걸이 도플러 값을 측정하는 것이다.



x 값은 걸음걸이 측정 도플러 값, y 프레임은 신호의 프레임 수를 나타낸다.

데이터의 정확도를 높이기 위해 정해진 길이(6m)에서 동일한 시간 동안 측정하여 데이터를 수집하였다.

어떠한 전처리 과정을 가지지 않은 데이터로 일상적인 상황에서 발생하는 노이즈가 포함된 걸음걸이 도플러 값이다.

4.시스템 설계

mmWave 레이더 센서를 통해 사용자의 데이터를 수집하여 연동된 라즈베리파이에 새로운 데이터를 전송한다. 전송된 데이터는 등록 여부를 식별하고 결과를 개폐 시스템, 어플리케이션으로 각각 전송한다. 개폐 시스템에서는 등록자를 인식하여 문과 LED를 제어한다. 동시에 어플리케이션에도 식별 결과를 전송하여 출입 기록을 확인할 수 있는 시스템으로 구성했다.

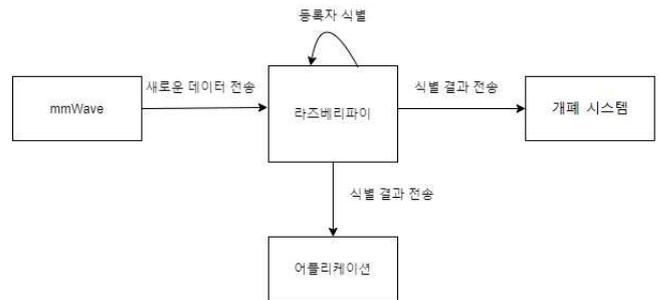


그림 6 시스템 구성도

4. 머신러닝

레이더에서 얻은 걸음걸이 패턴 분석 데이터를 바탕으로 머신러닝 모델을 만들었다.

텐서플로우를 사용하여 머신러닝 모델 중 이미지 인식에 성능이 좋은 CNN(Convolutional Neural Network) 모델을 사용하여 만들었다.

CNN은 Convolutional layer, Pooling layer, Fully connected layer 으로 구성되어있다.

Convolutional layer에서 특징을 추출하는 층으로 필터를 사용하여 Convolution을 계산한다.

Pooling layer에서는 Convolutional layer사이에 데이터 사이즈를 줄여준다.

Fully connected layer에서는 두 개의 층에서 나온 특징들을 모두 이용하여 분류한다.[7]

이러한 연산을 통해 데이터 획득, 모델 학습, 예측을 쉽게 해주는 머신러닝 오픈소스 라이브러리가 텐서플로우다.

텐서플로우가 데이터 흐름 그래프를 만들면 그래프 속 여러 노드와 엣지를 통해 수치 연산을 한다.

CNN을 구현하기 위해선 그래프 속 연산하는 함수를 바꿔줘야 하는데 Convolution 연산을 하는 함수 tf.layers.conv2d 와 Pooling 연산을 하는 함수 tf.layers.max_pooling2d 를 계속 반복적으로 적용하

여 원하는 결과로 유도한다면 CNN이 완성된다.

텐서플로우에서는 수년간 발전해온 CNN구조를 오픈소스로 제공하고 고성능 연산이 가능하기 때문에 개발 접근성이 좋다.

5. 머신러닝을 위한 엣지 컴퓨팅

레이다가 수집한 데이터를 UART(Universal Asynchronous Receiver Transmitter) 통신을 이용하여 라즈베리파이로 전송해준다.

레이다에서 새로운 데이터 값을 받아와서 머신러닝 모델이 값을 등록자와 동일한 값인지 판별한다.

판별해주는 연산 기기는 구글의 Coral USB Accelerator로 와트당 2TOPS를 사용하여 초당 4조 개의 연산(테라 연산)을 수행할 수 있는 기기로서 USB 연결만으로 고속 연산이 가능하다.[8]

엣지 컴퓨팅용 프로세서 성능에 빠른 발전이 이루어지면서 구글의 TPU로 독립적인 수행이 가능해지면서 센서는 물론, 영상, 음성까지 클라우드의 도움 없이도 데이터 수집과 판단이 가능하다.[9]

6. 개폐 시스템 제어

문과 LED로 구성된 개폐 시스템을 라즈베리파이와 연결시켜 식별 결과에 따라 등록자일 때는 문이 열리면서 LED는 초록불이 들어오고, 미등록자일 때는 문이 닫히면서 LED에 빨간불이 들어오도록 제어를 한다.

리눅스 기반인 라즈베리파이 OS에서 GPIO를 제어하기 위해 파이썬 언어로 개발하였다.

7. 어플리케이션

라즈베리파이와 Firebase를 통신하여 로그인하면 사용자의 출입 기록을 실시간으로 볼 수 있는 어플리케이션을 개발하였다.

안드로이드 스튜디오 기술을 활용해 자바 언어로 리스트뷰를 개발하였다.

개발한 프로젝트를 Firebase, 구글 클라우드 플랫폼과 연동하여 사용자의 정보를 관리할 수 있다. 사용자의 정보란 사용자가 어플리케이션을 처음 사용할 때 사용자가 기입한 Id, Password, userName이다.

8. 성능평가

본 장에서는 걸음걸이 시스템의 정상적인 작동 여부를 평가한다. Isk6843-ods mmWave의

성능 평가를 위해 통제된 환경(레이다 센서의 위치, 높이, 각도)에서 객체의 도플러 값을 측정하였다. 레이다 센서는 객체를 인식하여 도플러 값, 객체의 크기(x, y, z) 데이터를 통신이 된 장치에 보내주었다. 다음으로 걸음걸이 인식 후 차단기의 문이 열었을 때 어플리케이션의 팝업 메시지 [그림 4]를 통해 시스템의 상태를 확인할 수 있다.

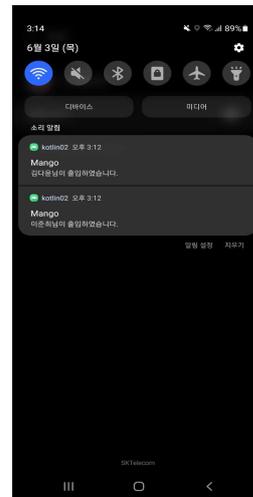
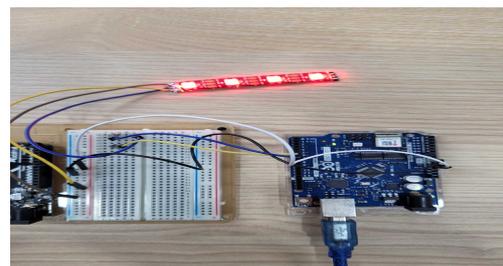


그림 4 알림 시스템

마지막으로 데이터를 식별 후 차단기의 모터의 on, off 와 led bar의 녹색, 적색 빛이 발광하는 것을 확인하였다.[그림 5]



9. 결론

본 논문은 레이다와 인공지능을 활용한 걸음 분류 보안 시스템을 제안하였다.

mmwave 레이다 기술은 저전력, 높은 분해능의 강점을 가져 활용 가능성이 높다.

다만 논문에서 사용한 레이다는 걸음걸이 분석에는 분해능이 떨어져 정확도가 높지 않다.

레이더의 특성상 1.5m 이상의 높이에서 더 높은 정

확도를 보이는데 개폐시스템에 설치에 의해 왜곡이 발생하여 정확도가 떨어지는 문제가 발생하여 추가적인 연구가 필요하다.
 향후 걸음걸이 분석 특화 알고리즘, 높은 데이터 신뢰성을 통하여 걸음걸이 분류 시스템의 신뢰성을 높일 수 있다.
 대표적인 비접촉 생체 인증 방식인 안면인식에 비해 모방, 및 해킹이 어렵다. 또한 무자각 인증 방식으로 별도의 행위가 없어 걸음걸이의 인식 기술은 높은 잠재력을 가지고 있다.

사사문구

본 논문은 과학기술정보통신부 정보통신창의인재양성사업의 지원을 통해 수행한 ICT멘토링 프로젝트 결과물입니다.

참고문헌

- [1]홍성준, 이수형, 이희성, 심층 신경회로망 앙상블을 이용한 걸음걸이 인식에 대한 연구, 전기학회논문지, vol.69, no.7, 2020.7, 1126
- [2]<https://www.ti.com/sensors/mmwave-radar/overview.html>
- [3]유민재, 정소이, 김중현, mmWave 레이더와 CNN 기반 자율주행 차량 운전자 센싱, 한국통신학회, 2021.06, 266
- [4]최석연, 김중희, 김창익, 걸음걸이 인식 기술의 소개, 전자공학회지, 2019, 46(8), 47-60
- [5]이진섭, 윤정원, IR-UWB 레이더를 이용한 모션 인식, THE JOURNAL OF KOREAN INSTITUTE OF ELECTROMAGNETIC ENGINEERING AND SCIENCE. 2019 Mar.; 30(3), 236~242.
- [6]권지훈, 하성재, 광노준, 사람 걸음 탐지 및 배경 잡음 분류 처리를 위한 도플러 레이더용 딥뉴럴네트워크, 29(7),550~559,2018 jul
- [7]김지혜, 고정환, 권철희, 영상 처리와 CNN을 이용한 애완동물 영상 세부 분류 비교. 방송공학회논문지, 26(2),175-183. 2021.03
- [8]<https://www.coral.ai/products/accelerator#performs-high-speed-ml-inferencing>
- [9]박현문, 황태호, "옛지컴퓨팅기술의 변화와 동향.", 한국통신학회지(정보와통신), 제36권, 2호, 41-47, 2019.1