

PIR 센서와 딥러닝을 활용한 이동 방향 인식

우지영*, 윤재석^o

*순천향대학교 빅데이터공학과

^o순천향대학교 사물인터넷학과

e-mail: jywoo@sch.ac.kr*, yun@sch.ac.kr^o

Detection of Moving Direction using PIR Senosrs and Deep Learning Algorithms

Jiyoung Woo*, Jaeseok Yun^o

*Dept. of Bigdata Engineering, Soonchunhyang University

^oDept. of Internet of Things, Soonchunhyang University

● 요약 ●

본 논문에서는 수동 적외선 (PIR: passive infrared) 센서를 탑재한 센싱 시스템과 딥러닝 알고리즘을 활용하여 실내 환경에서 사용자의 이동 방향을 인식하기 위한 방법을 제안한다. PIR 센싱 소자는 사람의 이동 방향에 따라 구별이 가능한 신호를 발생 시키는데, 4개의 PIR 센서를 45°씩 증가하도록 배치한 센싱 시스템을 개발하여 실내 천장에 설치한 뒤 6명의 사용자로부터 인식 범위 내에서 움직이는 동안 PIR 센서 신호를 수집하였다. 수집한 원시 데이터와 특징 데이터를 추출하여 딥러닝 알고리즘을 적용한 인식률을 실험하였으며, 제안한 센싱 시스템과 딥러닝 알고리즘이 사용자의 움직임을 99.2%로 인식할 수 있음을 보였다. 또한 한 개의 센서만을 이용하였을때에도 98.4%의 정확도로 사용자의 움직임 방향을 탐지하였다.

키워드: 수동 적외선 (PIR: passive infrared), 딥러닝 (deep learning), 방향 인식 (direction detection)

I. Introduction

센싱과 무선 네트워크로 대표되는 사물인터넷 (IoT: Internet of Things) 실현 기술은 머신러닝과 딥러닝으로 대표되는 빅데이터 기술과 결합되어 다양한 분야에서 높은 활용 가치를 보이고 있다. 대표적으로 인체로부터 수집한 데이터를 분석하여 실내 환경에서 사용자가 누구인지 파악하거나, 파악한 사용자의 위치와 이동 방향을 추적하여 행위를 유추해 내기 위한 연구는 오랫동안 이루어져 왔다. 본 논문에서는 실내 환경에서 사용자의 이동 방향을 인식하기 위해 수동 적외선 (PIR; passive infrared) 센서를 활용한다. 실내 사용자가 움직이는 동안 PIR 센싱 시스템을 통해 수집한 신호를 딥러닝 알고리즘을 적용하여 사용자의 이동 방향을 인식하기 위한 인식 방법을 제안한다.

II. Preliminaries

일반적으로 PIR 센서는 재질 감지를 위해 사용되었으나 Lee는 이나로그 신호를 활용해 사용자의 이동 방향을 구별할 수 있음을 보였다 [1]. PIR 센서와 기계 학습을 활용해 사용자의 이동 방향을 인식하는 방법이 제안되었고 [2], 이동 방향을 고려하여 다수의 PIR 센서를 배치한 센싱 시스템과 기계 학습 알고리즘을 적용한 발전된 인식 방법이 제안되었다 [3].

III. The Proposed Scheme

1. Sensing system

PIR 센싱 시스템은 기존 연구에서 제안된 모듈을 활용하였다. 아래 Fig. 1-(a)에서 보듯이 4개의 PIR 센서가 45°씩 증가하도록 배치되었으며, PIR 센싱 소자의 아날로그 출력 신호는 해당 방향으로 사용자가 움직일 때 가장 식별이 가능한 (distinguishable) 특징을 갖는다. Fig. 1-(b)는 센싱 시스템을 설치한 공간을 나타내며 센싱 소자의 배치 방향에 일치하는 8개의 움직임 평면 (D_1, \dots, D_8)을 가지게 된다.

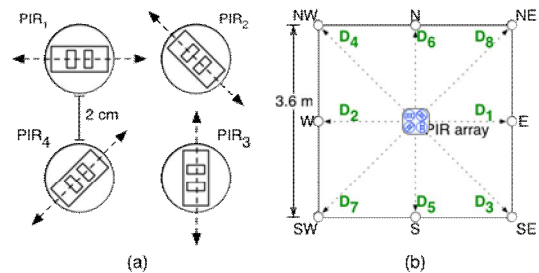


Fig. 1. Array of 4 PIR sensors (a) and the monitored field

2. Data collection

데이터 수집 장치를 통해 6명의 사용자로부터 모니터 공간에서 움직이는 동안 PIR 센서 데이터를 수집하였다. 8개 방향에 대해 10개의 샘플 데이터를 수집하여 총 480 (6명 * 8방향 * 10샘플) 세트의 PIR 센서 (480 * 4 센서) 신호를 인식 실험에 활용하였다.

3. Detecting moving direction

전통적인 머신러닝 기법은 데이터 크기의 증가에 따라 취약함을 보이는 것이 일반적인 분석이다. 따라서 다수 사용자에 적용할 때 상대적으로 높은 인식률을 보이는 딥러닝을 적용한 인식 방법을 제안한다. 딥러닝 알고리즘은 변수로부터 특징을 자동으로 추출하기 때문에 특징 추출이 어려운 경우 장점을 가진다.

기존 연구에서는 센서별/시간별로 변수를 생성하여 (즉, 네개 센서의 시간별 값 10 Hz * 3초)을 변수화하여 총 120개의 변수를 토대로 기계학습 알고리즘을 적용하였다. 본 연구에서는 네개 센서와 30개의 시간별 값을 30 * 4의 행렬로 표현하여 시간별 센서값이 블록 단위로 처리될 수 있도록 하였다. 이미지 처리에 강한 합성곱 인공신경망을 이용하여 여러 구조를 테스트하였다. 합성곱 인공신경망은 은닉 뉴런에서 지역적으로 연결된 여러 데이터만을 고려하여 데이터를 추상화시킨다. 480개의 샘플중 50%-학습데이터, 20-검증데이터, 30%-테스트 데이터로 사용하였고, 난수를 생성하여 데이터 분할 과정을 10번 수행하였다. 딥러닝 학습 반복수를 200으로 하였고, 한 번에 학습에 사용되는 데이터의 개수는 3개로 하였다. 10개의 데이터셋에 대해 반복 실험한 결과의 탐지율 평균을 구하였다. 실험결과 기존 연구에서 네 센서에 SVM 알고리즘을 이용하여 얻은 99.5%보다는 다소 인식율이 떨어지지만, 센서1개만 사용해 얻은 결과보다는 훨씬 높은 성능을 보임을 알 수 있다.

Table 1. Experimental Result

Parameters	Recognition rate (%)	
	딥러닝	머신러닝
PIR1,PIR2, PIR3,PIR4	99.22%	99.5%(SVM with linear kernel)
PIR1	98.36%	89.04%(Instance-based learning)

IV. Conclusions

본 논문에서는 수동 적외선 (PIR) 센서를 장착한 실내형 센싱 시스템을 이용해 사용자의 이동 방향을 인식하기 위한 방법을 제안한다. 수집한 센싱 신호의 이동 방향을 구별하기 위해 딥러닝 알고리즘을 적용하였으며, 실험 결과는 6명의 사용자와 8개의 방향을 고려하였을 때 99.2%의 인식률을 보였다. 전통적인 머신러닝을 적용한 결과와 비교 시 인식률의 큰 변화를 보이지는 않으나, 적은 센서로도 높은 인식률을 보이는 점은 딥러닝의 적용가치는 매우 높다. 소규모 가정이나 다수의 사용자가 존재하는 오피스 환경 등을 고려하였을 때 인식률과 데이터 활용성에서 장점을 가지고 있으며 높은 인식률을 기대할 수 있다.

ACKNOWLEDGEMENT

본 논문은 2017년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(2017R1D1A3B03036050), 본 논문은 2017년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(2017R1D1A3B03032676).

REFERENCES

- [1] W. Lee, "Method and Apparatus for Detecting Direction and Speed using PIR sensor," U.S. Patent No. 5,291,020, March 1994.
- [2] P. Zappi et al, "Tracking Motion Direction and Distance With PIR Sensors," IEEE Sensors Journal, vol. 10, no. 9, pp. 1486--1494, September 2010.
- [3] J. Yun and M.-H. Song, "Detecting Direction of Movement using PIR Sensors," IEEE Sensors Journal, vol. 14, no. 5, pp. 1482--1489, May 2014.
- [4] Abadi, Martín, et al. "Tensorflow: a system for large-scale machine learning." OSDI. Vol. 16. 2016.