

RSSI 핑거프린팅 기반 실내 위치 측정 시스템 설계 및 구현

신기훈, 임재봉, 김태구, 조용훈, 이상화, 김동현, 전동근, 최진우, 백윤주*

부산대학교

(skh2929209, jaebonglim, tbg8577, kchoyh95, lsanghwa, ehdgus1715, happyjdk, jwchoi9965)@pusan.ac.kr, *yunju@pusan.ac.kr

Design and Implementation of RSSI Fingerprinting based Indoor Positioning System

Shin Ki Hun, Lim Jae Bong, Kim Tae Gu, Cho Yong Hun, Lee Sang Hwa, Kim Dong

Hyun, Jeon Dong Keun, Choi Jin Woo, Baek Yun Ju*

Pusan National Univ.

요약

사용자 위치 서비스 제공을 위한 실내 위치 측정 시스템의 정확성을 높은 수준을 보여주고 있다. 하지만 실내 위치 측정 시스템을 그대로 실내에 적용하기엔 여러 제약 사항이 따른다. 특히 주차장 및 지하철과 같은 특정 환경에선 관리자를 통한 유지보수가 원활하지 못해 시스템이 장기간 방치되어 정상적으로 동작하지 않는 문제가 발생한다. 본 논문은 Zigbee 통신을 이용하여 측정된 RSSI 기반 핑거프린팅 실내 위치 측정 시스템을 제안한다. 이 후 CWT를 통해 시간적 연속성을 잃지 않으면서 특징이 추출된 2D 이미지를 생성하고 sliding windowing과 jittering을 적용한다. 전처리된 데이터를 이용하여 CNN 기반 모델을 학습하고 성능 차이를 비교한다. Sliding windowing의 정확도는 82.07%, jittering의 경우 84.53%의 정확도를 달성하였다.

I. 서론

사용자 위치 기반 서비스는 개발 목적이나 적용할 어플리케이션에 따라 여러 형태로 분류된다. 초기 위치 기반 서비스는 GPS(global positioning system), QZSS(quasi-zenith satellite system)와 같이 위성항법시스템 이용한 실외에서의 위치 측정 기술을 제공하였다. 위와 같은 위성항법서비스는 최소 3개 이상의 위성 신호를 이용하여 삼각측량법을 통해 위치를 측정한다. 이는 높은 수준의 정확도를 보이지만 위성 신호의 경우 신호의 사각지대, 다중경로 페이딩 등 실내 환경요인에 의해 위치 인식이 불안정할 수 있다는 제약 사항이 존재한다[1]. 하지만 오늘날 시장에선 실내 위치 측정 시스템의 필요성이 증가하고 있다[1]. 이에 따라 정확도 면에서도 실외만큼 높은 수준을 요구하고 있다. 구글은 공항에서의 사용자 위치를 구하는 것이 중요하다고 발표할 정도이다[2].

실내 환경에서 위치 측정은 실내에 설치된 다수의 센서 간 통신을 통해 이루어진다. 다수의 센서가 설치되어야 하므로 시스템 구축에 필요한 초기 비용 문제가 발생할 수 있다. 또한 센서의 관리를 위해 관리자의 유지보수가 필수적이다. 하지만 사람의 접근이 어려운 주차장이나 지하철과 같은 특정 환경에서는 초기 설치 이후 장시간 관리 없이 동작이 가능한 강건한 시스템이 요구된다.

실내 위치 측정 기술에는 크게 삼각측량법, 핑거프린팅, proximity 등의 기법이 존재한다[3]. 삼각측량법의 경우 GPS에서도 사용되는 보편적인 기술이다. 신호의 영향을 많이 받아 정확한 측정이 어렵다는 한계가 있다. 핑거프린팅은 사전의 실내 환경 정보를 수집하여 오차를 낮춰 정확도를 증가시키는 장점이 있다. 핑거프린팅 방식은 두 가지 단계를 가진다. 먼저 오프라인 단계에선 위치를 측정할 실내 환경을 정하고 곳곳에 센서를 두어 여러 AP(access point)와 통신을 통해 신호의 세기 RSSI(received signal strength indicator)를 측정한다. 이후 서버에 측정된 데이터를 저장한 이후 온라인 단계로 넘어간다. 온라인 단계에선 수집된 RSSI 데이터를 기반으로 실제 사용자의 위치를 측정한다. 이때 사용자 위치 측정을 위해 기계학습 알고리즘을 통해 위치를 측정한다.

본 논문은 저전력 Zigbee RSSI 데이터를 기반으로 학습한 딥러닝 모델로 실내 위치 측정을 수행한다. 실험을 통해 데이터를 생성하고, 데이터 전처리를 통해 이미지 데이터를 생성하고, 핑거프린팅 딥러닝 모델을 구축하여 이를 검증하려고 한다.

II. 본론

1. 데이터 수집

핑거프린팅 기반 딥러닝 모델을 생성하기 위해 학습과 테스트에 사용될 데이터 셋을 수집했다. 부산대학교 자연대연구실험동 404호에서 실험을 진행하였으며, 가로 9m, 세로 7m, 높이 3.5m 직사각형 형태의 방에서 12개의 센서 노드와 3개의 AP 노드를 설치했다. 각 센서 노드 사이의 길이는 가로 3m, 세로 3.5m로 두어 3x4 배열로 두었다. AP 노드의 경우 센서 노드와 같은 방안에 2개의 노드를 대각으로 설치하고 한 개의 노드는 문 밖에 설치하여 차별성을 두었다. 모든 노드의 높이는 176cm 성인 남자 기준 골반 높이의 책상에 두어 실험을 진행하였다. 각 센서 노드와 AP 노드 간 통신을 통해 RSSI를 측정하였으며 측정 주기는 10Hz이다. 수집된 데이터는 3600프레임 이상의 데이터를 수집하였다. 측정 장비는 아두이노 나노, XBee-S2C를 이용했다. 그림 1. (b)에서 노드의 위치를 확인할 수 있으며 주황색은 센서 노드, 검은색은 AP 노드를 의미한다.

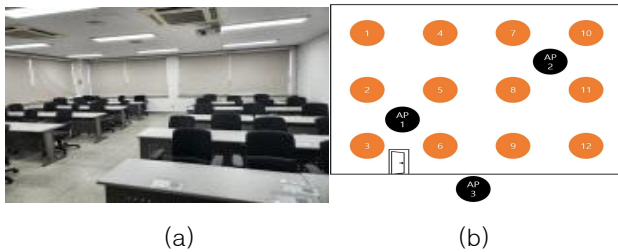


그림 1. (a) 데이터 측정 장소 (b) 센서 및 AP 구상도

2. 데이터 전처리

본 논문에서는 raw RSSI 신호를 CWT(continuous wavelet transform)를 통해 전처리하여 학습에 사용한다. Time-frequency joint domain은 데이터의 시간 연속성을 잃지 않으면서 신호의 특성 또한 유지할 수 있다. Time domain의 RSSI를 scale 별 CWT mother function을 적용해 10초의 데이터를 windowing하여 100x100 이미지를 생성한다. 총 3개의 AP에 대하여 이미지 변환이 수행되므로 입력 데이터는 (100, 100, 3)이 된다. 또한 데이터 세트의 증강 기법을 다르게 적용하여 서로 다른 2개의 데이터 세트를 구성하였다. Sliding windowing과 jittering을 이용하였다. Train, validation, test를 진행하기 위해 각 데이터의 비율을 6 : 2 : 2로 두었다.

3. 딥러닝 모델 설계

CWT를 통해 생성된 2D 이미지 핑거프린팅 딥러닝 모델을 설계하기 위해 CNN 모델을 사용한다. 데이터 전처리 과정에서 생성된 입력 이미지를 입력으로 두 쌍의 conv2d, maxpooling layer를 통해 이미지의 feature가 추출된다. 활성화 함수는 relu이며 학습된 모델의 과적합을 방지하기 위한 dropout layer를 추가했다. 마지막 layer는 분류를 위해 softmax 함수를 적용하여, 총 12개의 노드에 대한 위치 확률이 나타나게 된다. Sliding windowing, jittering이 적용된 서로 다른 2개의 데이터 셋을 위한 모델을 생성하고 이후 실험에서 이용하였다. 모델의 구조는 그림 2.에서 확인 가능하다.

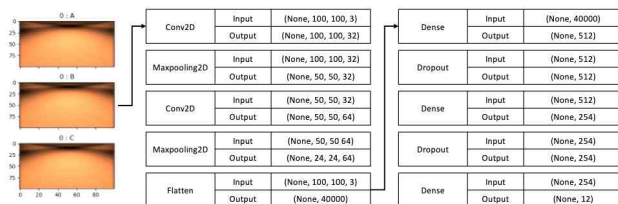


그림 2. CWT 입력 이미지와 딥러닝 모델 구조

III. 실험 및 성능 평가

서로 다른 증강 기법의 비교를 위해 두 개의 모델을 생성하여 학습을 진행하였다. 먼저 sliding windowing을 적용한 데이터의 경우 검증 정확도는 85.31%를 보여준다. 또한 테스트 데이터의 정확도는 82.07%이다. 그림 3. 처럼 9번 위치에 대한 정확도가 다른 위치에 비해 떨어지는 것을 확인하였다. 이는 AP 사이 측정된 RSSI 사이의 차이가 불분명하기 때문으로 보인다.

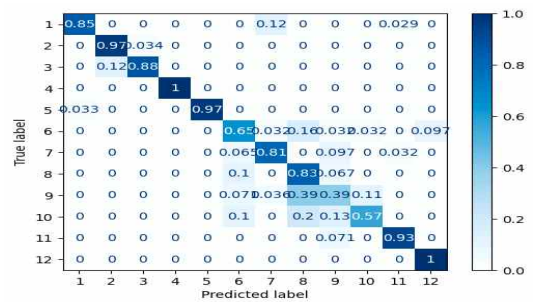


그림 3. Sliding windowing 테스트 confusion matrix

다음은 jittering을 적용한 모델에 대한 성능 평가다. 검증 데이터 정확도는 91.72%, 테스트 데이터 정확도는 84.53%로 나타났다. 그림 4.처럼 sliding windowing 대비 상대적으로 강한 증강 성능을 보여주는 것을 확인하였다.

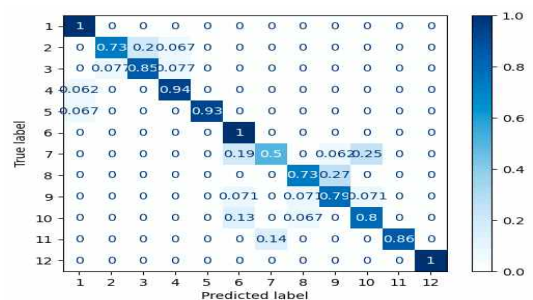


그림 4. Jittering 테스트 confusion matrix

IV. 결론

본 논문은 실내 위치 측정을 위한 RSSI 기반 핑거프린팅 시스템을 구현하였다. 저전력의 zigbee 통신을 통해 RSSI 데이터를 구축하는 실험을 진행하고 time-frequency joint domain 중 하나인 CWT를 통해 시간 연속성을 잃지 않으면서 신호의 특성을 나타내주는 2D 이미지를 생성했다. 두 가지 증강 기법 sliding windowing과 jittering에 대해 서로 다른 모델을 학습하고 성능을 비교하였다. 전자의 경우 테스트 데이터 정확도 82.07%, 후자의 경우 테스트 데이터 정확도 84.54%를 달성하였다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2022년도 과학기술정보통신부 포용성장전문인력양성사업의 지원을 받아 수행된 논문임 [2022T1A1A1017597]

참고 문헌

- [1] Im, Jeong-Min, and Tae-Gyeong Seong. "스마트폰 기반 실내 측위 기술 동향." Information and Communications Magazine 32.8(2015): 16~23.
- [2] "Now Google Maps Can Help You Find The Airport Check-In Desk." TIME.com, Nov, 26, 2013.
- [3] Sadowski, Sebastian, Petros Spachos, and Konstantinos N. Plataniotis. "Memoryless techniques and wireless technologies for indoor localization with the internet of things." IEEE Internet of Things Journal 7.11 (2020): 10996-11005.