

보행자 위치인식을 위한 3D SLAM 기반 전파신호 핑거프린트 구축 방법

이유철, 정승욱
한국전자통신연구원 인공지능연구소
{ycclee, swjung}@etri.re.kr

A Method to Build Radio Fingerprint Based on 3D SLAM for Pedestrian Localization

Lee Yu-Cheol, Jung Seungwoog
ETRI AI Research Lab.

요 약

본 논문은 3 차원 지도작성 및 위치인식 기술을 이용하여 보행자 위치인식에 필요한 전파신호 핑거프린트 정보를 구축하는 방법에 관한 것이다. 이는 크게 데이터 획득, 공간지도 작성, 전파지도 작성으로 세 단계로 나뉘어진다. 첫번째, 데이터 획득 단계는 3 차원 라이더 스캔 정보와 스마트폰 전파신호 정보를 동기화하여 저장한다. 두번째 공간지도 작성 단계는 SLAM 기술을 활용하여 6 자유도의 위치를 추정해가며 주변 사물의 위치를 지도형태로 작성한다. 마지막 전파신호 작성단계는 공간지도와 좌표계가 연동된 전파신호 정보를 핑거프린트 형태로 추출한다. 제안한 방법을 검증하기 위하여 3 차원 라이더와 스마트폰이 연동된 이동형 수집 장비를 사용하여 오피스 환경에서 실제 핑거프린트 정보를 구축하는 실험을 수행하였으며, 그 결과를 통해 실제 유용성을 검증할 수 있었다.

I. 서 론

최근 건물이 대형화되는 추세에 따라 보행자 실내 내비게이션의 활용범위가 확대되고 있다. 대형 공간으로 잘 알려진 공항, 지하철역, 쇼핑몰, 박물관을 대상으로 하는 실내 내비게이션 기술은 벽면의 안내판부터 전용 장치까지 폭 넓은 형태로 제공되고 있다. 특히 스마트폰의 보급으로 인하여 실내 내비게이션 기술은 실생활 속에서 다양한 응용분야와 서비스로 확대되는 추세이다.

보행자 내비게이션 기술의 가장 핵심은 지도작성과 위치인식 기술이다. 실제 보행자가 목적지에 찾아가기 위해서는 지도 상에 현재의 위치와 목적지를 확인이 반드시 필요하다. 따라서 보행자 내비게이션을 위한 지도작성 및 위치인식 기술은 다양한 형태로 개발되어 왔다.

그 중에서도 스마트폰을 사용한 실내 내비게이션의 위치인식 기술은 무선랜, 블루투스의 전파신호를 공간의 지점별로 수집된 데이터를 핑거프린트 형태로 저장하고 공유하여 위치인식에 사용한다[1]. 스마트폰 이외의 추가의 장치가 필요 없고, 내비게이션 시스템 관리가 수월하기 때문에 최근 민간분야에서도 활발히 사용되는 방식이다.

하지만, 사전에 전파신호에 대한 핑거프린트 정보를 구축하는데 많은 시간과 비용을 필요로 한다. 전파신호의 경우 유동인구, 구조물의 변경 등 외부 환경변화에 큰 영향을 받고, 이것은 작성되는 핑거프린트 정보와 위치인식 정확도에 부정적 효과를 미친다. 이를 극복하기 위하여 실내 내비게이션 기술 운영자가 사전에 현장에 자주 방문하여 수작업으로 전파신호 핑거프린트 정보를 수집하여 갱신해 왔다. 이는 보행자 위치인식 시스템을 유지하기 위한 추가 비용으로써 실제 실내 내비게이션을 제공할 수 있는 장소의 확대를 위해서는 반드시 해결하여야 한다.

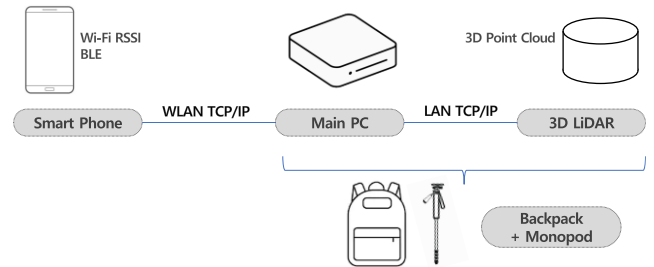


그림 1. 3 차원 SLAM 기반 보행자 위치인식 용 전파 핑거프린트 구축 시스템

본 논문은 3 차원 지도작성 및 위치인식 기술을 사용하여 저비용으로 정확한 전파신호 핑거프린트 정보를 구축하는 방법을 제안하고자 한다. 그리고 실제 오피스 환경에 적용 실험을 수행하고, 그 결과를 통해 제안한 방법의 효과를 입증하고자 한다.

II. 3D SLAM 기반 핑거프린트 구축

3 차원 SLAM 기술을 사용하여 지도작성 및 위치인식을 수행하기 위해서는 3 차원 공간인지 센서가 필요하다. 또한 전파신호 핑거프린트를 구축을 위한 주변 무선랜, 블루투스 신호를 수신하기 위한 장치가 필요하다. 그림 1 은 3 차원 지도작성과 위치인식을 수행하며 동시에 보행자 위치인식을 위한 전파신호를 수집하기 위한 이동형 시스템을 보여준다. 시스템은 전파신호를 수집하기 위한 스마트폰과 공간인지를 위한 3 차원 라이더가 각각 무선랜과 유선랜으로 연결되어 TCP/IP 소켓으로 메인 컴퓨터에 측정된 정보를 전송한다. 메인 컴퓨터와 3 차원 라이더는 백팩과 모노포드로 구성된 이동형 장치에 장착되며, 스마트폰을 든 사용자는 주변 환경을 이동하며 3 차원 점 군 P_i , 전파신호 Z_i , 수집된 위치 X_i 를 하나의 노드 N_i 로 저장한다.

$$\mathbf{N}_i = \{\mathbf{X}_i, \mathbf{P}_i, \mathbf{Z}_i\}; \mathbf{X}_i = (x_i, y_i, z_i, \theta_i, \omega_i, \varphi_i),$$

$$\mathbf{P}_i = \{(x_i^p, y_i^p, z_i^p) | i=1, \dots, P\}, \mathbf{Z}_i = \{(m_j^z, r_j^z) | j=1, \dots, Z\}.$$

여기서 \mathbf{X}_i 는 3차원 직교 좌표계 위치 (x_i, y_i, z_i) 와 3차원 구면 좌표계 각도 $(\theta_i, \omega_i, \varphi_i)$ 로 정의되며 초기 수집시에는 0으로 할당된다. 그리고 \mathbf{P}_i 은 \mathbf{X}_i 를 기준으로 한 P 개의 3차원 점 (x_i^p, y_i^p, z_i^p) 으로 정의되며, \mathbf{Z}_i 는 Z 개의 맥주소 m_j^z 와 신호강도 r_j^z 로 구성된다.

3차원 SLAM 기술은 6자유도의 전역위치 \mathbf{X}_i^w 와 3차원 점 군의 전역위치 \mathbf{P}_i^w 를 구축하는데 사용된다 [2]. 또한, 3차원 점 군의 전역위치 정보를 시간 t 까지 축적한 것이 공간지도 \mathbf{M}_t 이다.

$$\{\mathbf{X}_i^w, \mathbf{P}_i^w\} \leftarrow \text{SLAM}(\mathbf{X}_i, \mathbf{P}_i), \mathbf{M}_t = \mathbf{P}_{1:t}^w$$

전파지도 \mathbf{M}_t^R 는 M 개의 핑거프린트로 구성되며, 각 핑거프린트는 수집된 전역위치 \mathbf{X}_k^w 와 그 위치에서의 전파신호 정보 \mathbf{Z}_k 로 구성되어 작성된다.

$$\mathbf{M}_t^R = \{(\mathbf{X}_k^w, \mathbf{Z}_k) | k=1, \dots, M\}$$

III. 실험분석

본 논문에서 제안한 방법의 유효성을 검증하여 위하여 그림 2와 같은 백팩 이동형 수집장치를 구현하였다. 3차원 라이다로는 Velodyne VLP16, 스마트폰으로는 Samsung Galaxy Note 10+, 메인 컴퓨터로는 Intel NUC i7을 사용하였다. 손에는 스마트폰을 들고, 이동형 백팩을 매고 공간을 이동하며 측정 데이터를 수집하였다.

실험 공간으로는 무선랜과 블루투스가 비교적 많이 설치된 사무실 환경을 선택하였다. 이동형 수집장치로 총 2,585개의 노드 정보를 저장하였다. 3차원 점 군 정보가 대용량이고, 전파신호 자체의 오차가 큰 점을 고려하여 517개의 노드만이 지도작성에 사용되었다.

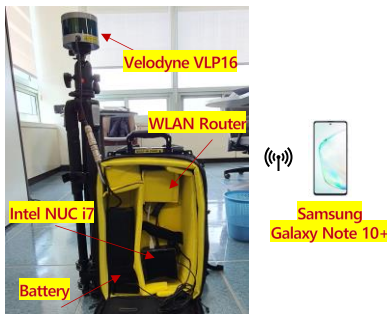


그림 2. 백팩 이동형 수집장치

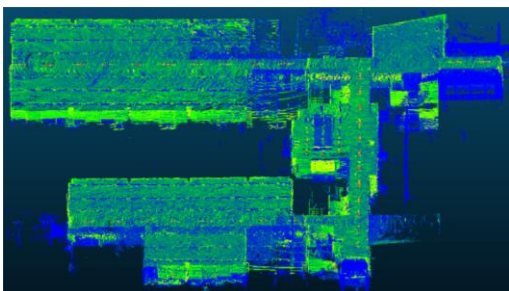


그림 3. 3차원 점 군으로 구성된 공간지도 구축 결과

수집 X 위치	수집 Y 위치	신호개수	맥주소	신호강도
0.117357	-0.00360333	40	c4ad340f1423	-36
0.0779246	-0.0637125	27	c4ad340f1423	-38
0.0696768	0.116707	27	c4ad340f1423	-38
0.16495	0.118923	27	c4ad340f1423	-38
0.16996	0.0929567	23	c4ad340f1423	-36
0.232394	0.148114	23	c4ad340f1423	-36
0.46663	0.370315	23	c4ad340f1423	-36
0.92686	0.635467	23	c4ad340f1423	-36
3.94584	-0.0156699	23	c4ad340f1423	-36
7.09389	-0.18598	23	c4ad340f1423	-36
10.0156	0.339251	23	c4ad340f1423	-36
13.4253	-0.249479	23	c4ad340f1423	-36
16.9354	-0.405345	23	c4ad340f1423	-36

그림 4. 전파신호 핑거프린트 구축 결과; (왼)

핑거프린트의 전역위치를 흰색으로 도시, (오) 수집된 핑거프린트의 ASCII 데이터

3차원 SLAM 기술을 통해 노드의 전역위치를 추정하였으며 작성된 3차원 점 군에 대한 지도정보는 그림 3과 같다. 이때 공간지도의 크기는 대략 가로 72m와 세로 56m이다.

또한 노드의 전역위치 정보와 측정된 전파신호 정보를 이용하여 그림 4와 같이 핑거프린트 데이터를 제작할 수 있다. 그림 4의 왼쪽은 3차원 점 군을 이용하여 제작된 래스터(픽셀) 규격의 2차원 격자지도 상에 수집된 핑거프린트의 위치를 흰색으로 도시한 것이다. 그리고 그림 4의 오른쪽은 핑거프린트의 ASCII 데이터로써 수집된 위치, 전파신호 개수, 맥주소, 신호강도 정보가 수록되어 있다. 데이터 수집에서부터 지도작성에까지 대부분이 자동으로 이루어지며, 최종적으로 전파신호 핑거프린트를 구축하는데 까지 10분 내외가 소요되어, 수작업 대비 효율적으로 지도를 작성할 수 있음을 확인할 수 있었다.

IV. 결론 및 향후계획

본 논문에서는 3차원 지도작성 및 위치인식 기술인 SLAM를 활용하여 전파신호 핑거프린트 정보를 효과적으로 구축하는 방법을 제안하였다. 실제 3차원 라이다와 스마트폰을 사용하여 제안한 방법을 하나의 시스템으로 구현하고, 사무실 환경을 대상으로 실험을 수행하였다. 그 결과 공간지도와 함께 전파신호 핑거프린트를 적은 시간에 구축할 수 있음을 확인할 수 있었다. 이를 통해 수작업으로 이루어지던 전파신호 핑거프린트 구축과 관리 작업을 제안한 기술로 대체함으로써 저비용 보행자 위치인식 구현의 새로운 가능성을 제시할 수 있었다.

차후, 제작된 전파신호 핑거프린트 정보를 스마트폰 기반의 보행자 위치인식 솔루션에 적용해 봄으로써 실제 활용 가능성과 그 정확도를 검증해 볼 예정이다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 산업통상자원부의 재원으로 한국산업기술진흥원의 지원을 받아 수행된 국제공동기술개발사업 연구임 [N0002455, 쾌적한 실내환경을 위한 지능형 종합 공기질 관리 솔루션 개발].

참 고 문 헌

- [1] Guan R. and Harle R. "Signal Fingerprint Anomaly Detection for Probabilistic Indoor Positioning," Proc. IEEE IPIN, pp.1-8, Sept. 2018.
- [2] Zhang J. and Singh S. "Low-drift and Real-time LiDAR Odometry and Mapping," Autonomous Robots, vol. 41, no. 2, pp. 401-416, 2017.