

실내 측위에서 스마트폰 지자기 센서를 이용한 k -NN 기반 초기 위치 추정

김진우^o, 이재승, 신요안*

승실대학교 전자정보공학부

{jwkim1016; jslee9603}@soongsil.ac.kr; *yashin@ssu.ac.kr

(*교신저자)

k -NN-Based Initial Position Estimation Using Smartphone Geomagnetic Sensors for Indoor Localization

Jin-Woo Kim^o, Jae-Seung Lee, and Yoan Shin*

School of Electronic Engineering, Soongsil University

(*Corresponding author)

요약

본 논문은 스마트폰 내부의 관성 측정 센서와 k -NN (Nearest Neighbor) 알고리즘을 활용하여 실내 사용자의 초기 위치를 추정하는 방법을 제안한다. 스마트폰 내부 지자기 센서의 변동성과 k -NN 알고리즘의 동작 과정을 고려하여 자기장 데이터 시퀀스를 보정하고, k -NN 알고리즘을 통해 초기 위치를 추정하여 보행자 관성 항법에서 겪는 초기 위치 불확실성 문제를 해결한다. 최적의 측위 결과를 도출하기 위해 k -NN 알고리즘의 k 값 변화에 따른 측위 정확성을 분석하여 최적의 k 값을 도출하고, 실험을 통해 실제 실내 측위 정확성을 검증하였다.

I. 서론

최근 스마트폰을 이용한 실내 측위 (Indoor Localization) 연구에서는 외부 자원을 활용하지 않고 스마트폰 내부의 관성 측정 장치 (Inertial Measurement Unit; IMU) 센서만을 사용하는 보행자 관성 항법 (Pedestrian Dead Reckoning; PDR) 기술이 활발히 연구되고 있다[1]. 실내 측위에서 초기 위치의 정확한 설정은 시스템의 전체적인 측위 정확도에 결정적인 영향을 미친다. Wi-Fi, 블루투스 등 외부 자원을 활용한 실내 측위에서는 사용자의 초기 위치를 직접 지정하거나, 무선통신 신호를 사용하여 초기 위치를 추정한다[2]. 그러나 PDR과 같은 상대적 측위 기법은 초기 위치의 불확실성 문제를 안고 있으며, 부정확한 초기 위치는 측위 정확도에 큰 오차를 발생시킬 수 있다. 따라서, 스마트폰을 이용한 실내 측위에서는 사용자의 초기 위치를 정확하게 설정하는 방법이 요구된다.

본 논문에서는 실내 측위 시 초기 위치를 추정하기 위해, 좁은 복도 형태의 건물에서 스마트폰 내부 지자기 센서값을 수집하여 자기장 맵을 구축하고, 이에 기반하여 k -NN (k -Nearest Neighbor) 알고리즘을 사용해 외부 자원을 사용하지 않는 실내 초기 위치 추정 방법을 제안한다.

II. 데이터 전처리

본 연구에서는 PDR의 초기 위치 불확실성 문제를 해결하기 위해 k -NN 알고리즘을 사용한다. 이 알고리즘은 기존의 데이터 포인트들로부터 새로운 데이터 포인트의 유클리디안 거리 (Euclidean Distance)를 기반으로 가장 가까운 k 개 데이터 포인트를 찾아, 이들의 타겟 값 평균으로 값을 예측하는 지도 학습 방식이다[3]. 스마트폰 지자기 센서는 3축 정보를 제공하므로, 우리가 다루는 데이터 포인트는 실내 여러 곳에서 측정된 3차원 벡터로 표현되는 지자기 센서값이다.

스마트폰의 지자기 센서는 외부 요인에 의해 쉽게 영향을 받을 수 있어 동일 경로에서 반복 측정 시 일관된 값이 보장되지 않으며, 이러한 변동성

은 k -NN 알고리즘의 정확성에 직접적인 영향을 미친다[4]. 그림 1에서는 지자기 센서의 민감성으로 인해 평균값이 다르게 측정되는 문제를 해결하기 위한 자기장 시퀀스 보정 결과를 도시하였다. 데이터 포인트 간의 유사성을 기반으로 동작하는 k -NN 알고리즘에서 보정하기 전의 테스트 데이터를 사용한다면 초기 위치 추정의 정확성에 높은 오차가 발생할 수 있다. 따라서, 본 연구는 그림 1에서와 같이 자기장 맵 시퀀스와 테스트 데이터 자기장 시퀀스 간의 평균 차이를 계산하고, 테스트 데이터 자기장 시퀀스에 차이를 더해 평균값을 일치시키는 방법을 사용하여 위 문제를 해결하였다.

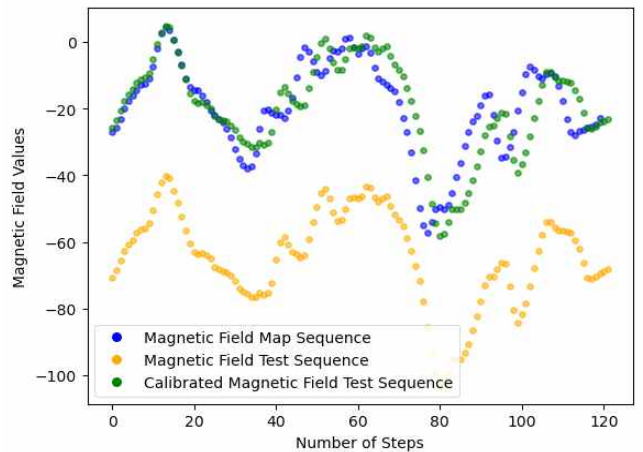


그림 1. 제안된 방법에 따른 자기장 시퀀스 보정 결과

III. 실험 결과 및 결론

본 논문에서의 실험은 전형적인 대형 사무형 건물인 승실대학교 형남공학관 7층에서 진행되었으며, 스마트폰을 하늘을 향하게 들고 걸으면서 복도 전체의 지자기 센서값을 수집하였다. 수집한 x, y, z 축 지자기 센서 데

이터를 각 위치에 대한 3차원 벡터 형태로 저장하여 자기장 맵을 구축한 후, x, y, z 축 테스트 데이터 시퀀스의 첫 번째 데이터와 자기장 맵의 상의 다른 데이터 포인트들 간의 유클리디안 거리를 계산하였다. 이러한 거리 계산을 기반으로 가장 근접한 k 개 데이터 포인트를 선정하고, 이들의 타겟값 평균을 구하여 초기 위치를 추정하였다. 초기 위치가 추정된 후에는 스마트폰 내부 IMU 센서 (자이로스코프 센서, 지자기 센서, 가속도 센서)를 활용한 PDR 기법을 적용하여 사용자의 다음 위치를 추적한다. 그러나, k -NN 알고리즘은 k 값이 증가함에 따라 다른 위치의 유사한 데이터 포인트들을 고려하여 예측값이 정확하지 않을 수 있다. 따라서, 본 연구에서는 k 값의 변화에 따른 예측 결과의 정확성을 확인하기 위해 $k = 3, 5, 7, 10$ 으로 다양하게 설정하여 실험을 진행하였다. 그림 2에서는 k 값의 변화에 따른 측위 결과를 도시하며, k 값이 증가함에 따라 예측값의 정확성이 감소하는 것을 확인하였다. 실험 결과에 따라 본 연구에서는 최적의 결과를 도출하기 위해 k 값을 3으로 설정하여 실험을 진행하였다. 본 논문은 PDR 기법의 초기 위치 불확실성 문제를 해결하고자 스마트폰 내부 지자기 센서 데이터와 k -NN 알고리즘을 활용하여 스마트폰 사용자의 초기 위치를 추정하는 방법을 제시하였으며, k -NN 알고리즘의 k 값 변화에 따른 측위 정확성을 검증하였다.

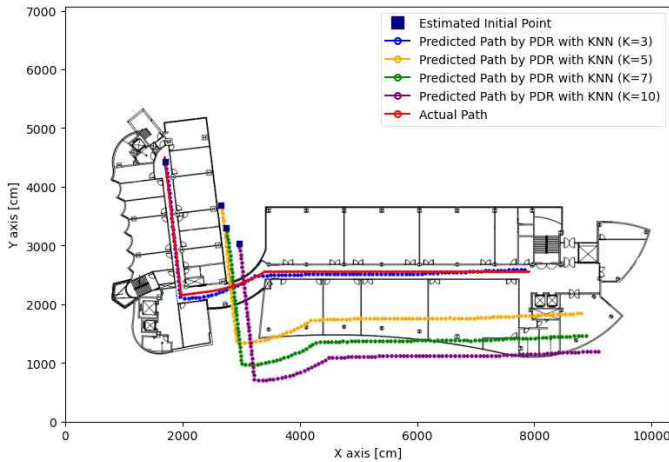


그림 2. k 값에 따른 PDR 기반 실내 측위 결과

ACKNOWLEDGMENT

본 논문은 정부 (과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (RS-2023-00251595)

참고 문헌

- [1] C. Lin and Y. Shin, "Multi-floor indoor localization scheme using a Seq2Seq-based floor detection and particle filter with clustering," *IEEE Access*, vol. 11, pp. 66094-66112, July 2023.
- [2] T. D. Vy, T. L. N. Nguyen, and Y. Shin, "Pedestrian indoor localization and tracking using hybrid Wi-Fi/PDR for iPhones," *Proc. IEEE VTC-Spring*, pp. 1-7, Helsinki, Finland, Apr. 2021.
- [3] F. Farahnakian, T. Pahikkala, P. Liljeberg, and J. Plosila, "Energy aware consolidation algorithm based on k-nearest neighbor regression for cloud data centers," *Proc. IEEE/ACM UCC 2013*, pp. 256-259, Dresden, Germany, Dec. 2013.
- [4] J. W. Lee, *Android Sensor Story*, Chs. 4-6, Freelec, 2014.