

보행항법 기반 측위를 위한 걸음인식 기법 연구

이정표*, 박경은*, 김영억*

*광운대학교 전자공학과

e-mail:kimyongok@kw.ac.kr

A Step Detection Scheme for Positioning Technology based on Pedestrian Dead Reckoning

Jeongpyo Lee*, Kyung-Eun Park*, Youngok Kim*

*Electronic Engineering Dept., Kwangwoon University

요약

본 논문에서는 무선신호 기반 측위 시스템과는 달리 인프라를 필요로 하지 않는 측위 기술 중 하나인 Pedestrian Dead Reckoning 이라는 보행항법 기술에서의 걸음인식 기법에 대한 연구 결과를 소개하고자 한다. 보행자의 이동거리를 추정하기 위해서는 걸음수를 정확하게 추정해야하는데, 기존 방식에서는 3축 가속도 센서로부터 수집된 데이터에서 중력방향인 z축 데이터의 피크 점을 찾는 방식을 사용하였다. 그러나 걷는 동작에서 발생하는 지면과의 충격에 의한 것이 아닌 피크들을 문턱값을 정하여 제거하는 것이 어렵고, 또한 걷는 속도에 따라 피크 값의 차이가 크다는 점이 정밀한 걸음인식을 어렵게 하는 원인으로 알려져 있다. 본 논문에서는 걷는 동작에서 발생하는 가속도 변화 형상을 필터로 활용하여 속도 변화에도 보다 정확하게 걸음을 인식할 수 있음을 제안하고 실험 결과를 통해 입증하고자 하였다.

1. 서론

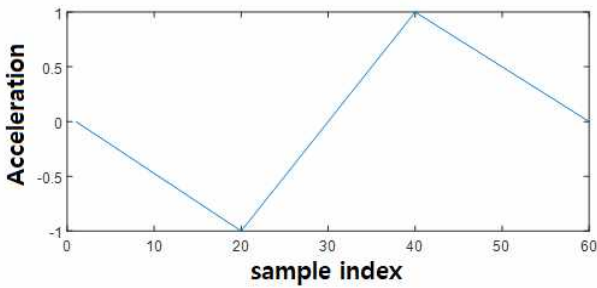
최근 자율적 상황인지를 통한 인간과 로봇이 협업하는 지능형 스마트팩토리, 높은 안전성, 보안성 및 효율성을 기대할 수 있는 스마트빌딩, COVID19 같은 신종 감염병 대응, 위치 기반 혼합현실(Mixed Reality; MR), 사이버물리시스템(Cyber Physical Systems; CPS) 등과 관련하여 위치 추적기술에 대한 필요성이 갈수록 증가하고 있다 [1], [2]. 대부분의 실내 위치 추적기술은 Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee, RFID 등과 같은 무선신호를 활용하고 있어 위치 추적을 하고자 하는 실내 공간에 인프라 구축이 전제되어야 하는 한계가 있다. 반면 인프라를 필요로 하지 않는 Pedestrian Dead Reckoning (PDR) 기법은 동작인식센서 기반 실내측위 기법으로 스마트폰 등에 탑재된 가속도센서, 지자기센서 및 자이로센서 등으로 구성된 동작인식센서를 사용하여 위치를 파악하는 기술이다 [3], [4]. 최근 MEMS기술의 발달로 센서의 소형화가 이루어졌으며, 가속도, 자이로 센서 이외에 지자기 센서까지 포함한 9축 모션 센서가 하나의 칩으로 출시되어 사용되고 있다. 대부분의 웨어러블 디바이스에는 동작 감지를 위한 다양한 센서들이 내장되어 있어서, 동작 감지 여부를 파악할 수 있으며, 최근에는 기압 센서도 활용하여 건물 내에 타겟이 위치한 층수를 추정하는 3차원 측위에 대한 연구개발도 활발히 진행되고 있다.

2. PDR 기반 위치 추정 기법

PDR 기법은 보행자의 이동거리와 방향을 결합하여 위치를 추정하는 방식이다. 이동거리는 보행자의 걸음(Step) 수와 보폭을 이용하여 구하고, 이동 방향은 걸음(Step) 순간의 보행자의 방향을 센서 데이터로부터 추출하여 보행자의 이동 방향을 결정하게 된다. 이러한 방식을 dead reckoning 기법이라 하며, 과거의 위치로부터 현재의 위치를 추정하는 기법이다 [5]. 보행자의 이동거리를 추정하기 위해 가장 기본이 되는 것은 걸음수를 정확하게 추정해야하는데, 기존 방식에서는 3축 가속도 센서로부터 수집된 데이터에서 중력방향인 z축 데이터의 깊은 골을 탐지하여 걸음을 추정하였다 [6]. 보다 구체적으로는 기존의 걸음인식은 가속도 센서의 출력을 스무딩 한 후 피크점을 찾는 방식을 사용하였는데 걸음이 아닌 피크들을 스무딩을 통해서 완전히 걸러내기 어렵고 문턱값을 정하여 제거하는 것도 걷는 속도에 따라 차이가 크다는 점이 정밀한 걸음인식을 어렵게 하는 원인으로 알려져 있다. 또한 사람마다 걸음걸이가 다르고, 바닥의 재질과 신발의 종류에 따라 센서의 출력이 달라지며, 결과 또한 지연되어 측정되기 때문에 정확한 걸음인식을 더욱 어렵게 만드는 요인으로 알려져 있다.

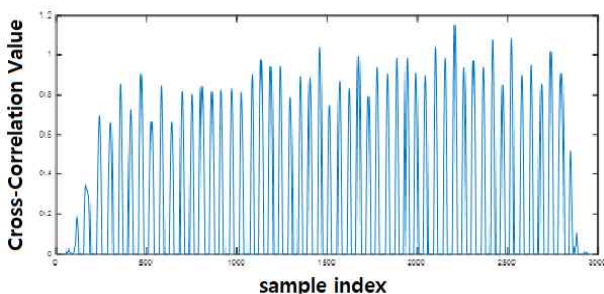
3. 제안된 걸음인식 추정 기법

보행자가 걸음을 걸을 때는 한쪽 발이 지면에 붙어있는 상태로 다른 쪽 발을 움직여 앞쪽의 땅을 내딛게 된다. 이때 전체적인 체고가 약간 낮아지게 되고 발을 바닥에 딛게 되면 다시 체고가 올라오게 된다. 이렇게 걷는 동작에서 상하의 움직임이 손에 들고 있는 스마트 기기에 내장된 센서에 감지되게 되는데 체고가 아래위로 흔들리게 되므로 중력방향인 z축에 가장 큰 가속도가 발생한다. 체고는 먼저 아래로 떨어졌다가 위로 올라오게 되므로 발생하는 가속도의 형상이 그림 1과 같다고 가정하였다.



[그림 1] 한 걸음 동작 시의 가속도 변화

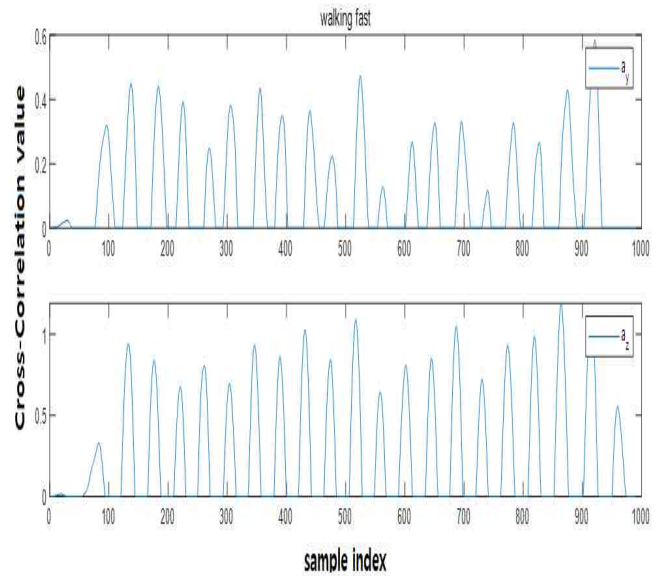
그림 1과 같은 형태를 가지는 여러 길이의 필터를 정의하고 실제 실험을 통해 수집된 가속도 데이터와의 교차-상관을 수행하여 실제 걸음을 감지할 수 있는지 테스트 하였고, 그 중에 그림 1과 같이 샘플 길이 60의 필터 f1을 도출하여 사용하였다. 아래 그림 2는 키 170cm의 성인 남자가 실내에서 50 걸음을 직진하여 이동하며 수집된 데이터에 회전 변환을 통해 z축 방향 가속도 데이터를 구하고, 그림 1의 f1 필터를 교차-상관을 적용하고 0보다 작은 값은 모두 0으로 처리한 결과를 나타내고 있다. 그림에서 보여진 바와 같이 0.1 이상의 피크 값들은 51개로 실제 걸음수 50과 거의 유사하게 추정할 수 있음을 알 수 있다.



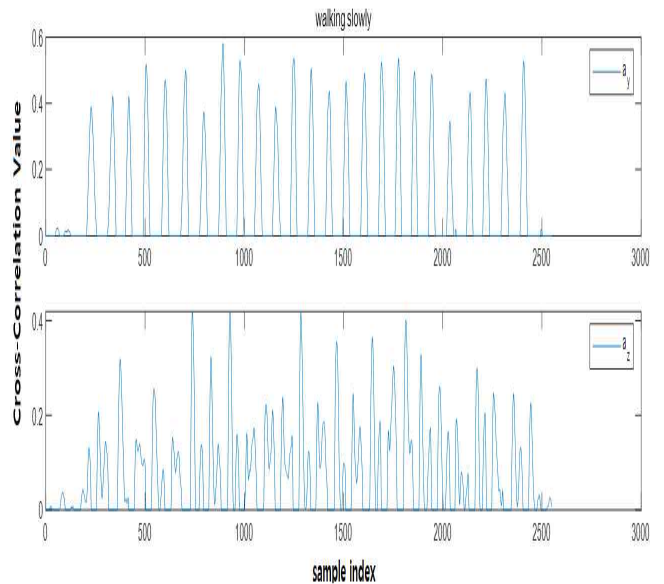
[그림 2] 50 걸음 동작 시의 교차-상관 값

걷는 속도에 따라서 걸음인식의 차이를 확인하고자 상대적으로 빠르게 걷는 경우와 느리게 걷는 경우를 구분하여 실험을 진행하였다. 이번에는 이동 방향으로 인한 y축 가속도 변

화를 함께 고려하여 y축과 z데이터를 모두 사용하여 걸음을 인식하고자 하였다. 다음 그림 3과 4는 각각 빠르게 걷는 걸음과 느리게 걷는 걸음에 대한 y축 및 z축 데이터와의 교차-상관 값을 나타내고 있다.



[그림 3] 빠른 걸음 동작 시의 교차-상관 값



[그림 4] 느린 걸음 동작 시의 교차-상관 값

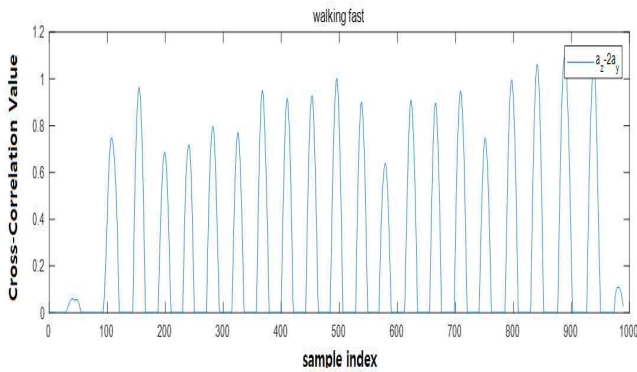
그림들에서 보여진 바와 같이 빠르게 걷는 경우는 z축과의 교차-상관 결과가 더 분명하게 걸음을 인식하는 것으로 나타났으며, 느리게 걷는 경우는 y축과의 교차-상관 결과가 걸음을 더 분명하게 인식할 수 있었다. 이런 결과가 나온 이유는 빨리 걸을 때는 지면과의 충격에 의한 z축 방향 반력이 큰 반면 느리게 걸으면 발걸음을 내딛을 때 지면과의 반력이 상대적으로 작아지게 되었기 때문이라고 추정되었다.

걷는 속도 차이에 따른 걸음인식의 차이를 줄이고자 다음 식 (1)을 이용하여 데이터를 처리하고 그림 1의 f1 필터를 적

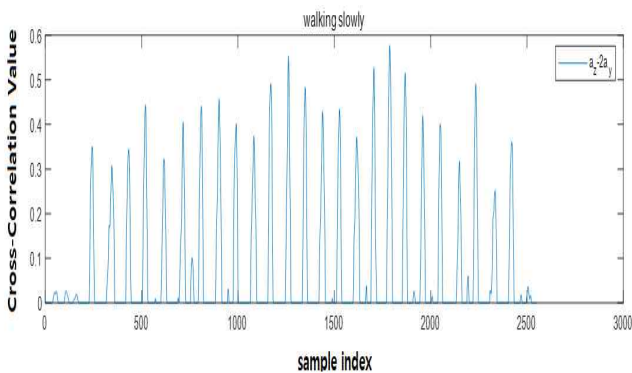
용하여 교차-상관 값을 구하였다.

$$\tilde{a}_z = a_z - 2a_y \quad (1)$$

여기서 a_z , a_y 는 각각 z축과 y축 가속도 데이터를 나타낸다. 그림 5와 6은 각각 빠르게 걷는 걸음과 느리게 걷는 걸음에 대한 \tilde{a}_z 데이터와의 교차-상관 값을 나타내고 있다. 그림들에서 보여진 바와 같이 빠른 걸음과 느린 걸음 모두 분명하게 걸음인식이 이루어지고 있음을 알 수 있다.



[그림 5] 빠른 걸음 동작 시의 교차-상관 값



[그림 6] 느린 걸음 동작 시의 교차-상관 값

4. 결론

본 논문에서는 PDR 보행항법 기술에서의 걸음인식 기법에 대한 연구 결과를 소개하고자 하였다. 보행자의 이동거리는 걸음수와 보폭을 곱하여 추정하게 되는데, 걸음수를 정확하게 추정하기 위해서는 걸음인식이 정확하게 이루어져야 한다. 본 논문에서는 중력방향인 z축 데이터의 피크점을 찾는 기존 방식과는 달리 걷는 동작에서 발생하는 가속도 변화 형상을 필터로 활용하여 교차-상관을 통해 걸음인식의 정확도를 높이하고자 하였다. 실제 실험을 통해 상대적으로 빠른 속도로 걷는 경우와 느리게 걷는 경우에 있어서 걸음인식의 정확

도가 달라지는 것을 관찰하고 이를 개선하기 위한 방안도 제시하였다. 제안된 기법은 속도 변화에도 보다 정확하게 걸음을 인식할 수 있음을 실험 결과를 통해 입증하고자 하였다.

향후 제안된 기법을 더욱 개선하여 다양한 속도 변화와 사용자들에 대해서도 정확한 걸음수를 추정하고 방향 추정과 결합하여 위치 추정 정확도를 개선하는 연구를 수행하고자 한다.

참고문헌

- [1] S. Kuutti et al., "A survey of the state-of-the-art localization techniques and their potentials for autonomous vehicle applications," IEEE Internet Things J., vol. 5, no. 2, pp. 829 - 846, 2018.
- [2] V. Villania, F. Pini, F. Leali, and C. Secchi, "Survey on human - robot collaboration in industrial settings: Safety, intuitive interfaces and applications," Mechatronics, vol. 55, pp. 248-266, 2018.
- [3] R. Harle, "A survey of indoor inertial positioning systems for pedestrians," IEEE Communications Survey & Tutorials, vol. 15, no. 3, pp. 1281-1293, 2013.
- [4] C. Fischer and H. Gellersen, "Location and Navigation Support for Emergency Responders: A Survey," Pervasive Computing, IEEE, vol. 9, no. 1, pp. 1536-1268, Dec. 2009.
- [5] S. Beauregard and H. Haas, "Pedestrian dead reckoning: a basis for personal positioning," Proc. of the 3rd Workshop on Positioning, Navigation and Communication (WPNC '06), pp. 27-35, Hannover, Germany, Mar. 2006.
- [6] N. Kim, Q. Zeng and Y. Kim, "A Hybrid Heading Estimation Scheme Exploiting Smart-phone Inertial Sensors for PDR based Indoor Navigation," Advances in Digital Technologies, vol. 275, pp. 150-157, Netherlands, 2015.

감사의 글

이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. NRF-2019R1F1A1049677).