

# 양발에 부착된 IMU모듈을 활용한 보행자 추측 항법 알고리즘 연구

강민혁, 김재윤, 조찬웅, 이채우  
 아주대학교 전자공학과  
 e-mail: ezipt21@naver.com, kkjy9371@naver.com,  
 zx01zx@ajou.ac.kr, cwlee@ajou.ac.kr

## Study on Pedestrian Dead-Reckoning Algorithm Using Dual-foot Mounted Inertial Measurement Unit Modules

Min-Hyeok Kang, Jae-Yun Kim, Chan-woong Jo, Chae-woo Lee  
 Electronic Engineering, Ajou University

### 요 약

본 논문은 보행자의 각 발에 부착된 2개의 IMU(Inertial Measurement Unit) 정보를 융합하여 위치 추적 성능을 향상시키는 보행자 추측 항법 알고리즘을 제안하였다. 센서내의 방향드리프트로 인해 IMU기반 보행자 위치추적은 시간이 지남에 따라 성능이 크게 저하된다. 제안하는 알고리즘은 방향 드리프트로 인해 각 발의 이동경로가 발산하는 점에 착안하여, 보폭이 일정 값을 초과할 시 이를 보정하고 사용자의 위치를 계산한다. 실험을 통해 제안하는 알고리즘이 방향 드리프트를 효과적으로 감소시키는 것을 확인하였다.

### I. 서론

최근 실내 위치 인식 시스템의 중요성이 증가하고 있다. 대표적으로 쓰이는 실내 위치추적 시스템에는 GSM(Global System for Mobile communications), WiFi, Bluetooth 등의 무선기술이 주로 활용되었다. 하지만, 이러한 시스템들은 위치추적을 위한 인프라 및 장비가 공간적 제한을 받는다는 단점을 가지고 있다[1]. 이러한 단점을 보완하기 위해 적은 비용, 공간적 제한 그리고 인프라 구축이 필요 없는 센서기반 보행자 추측 항법(PDR, Pedestrian Dead Reckoning) 시스템이 활발히 연구 되고 있다[1, 2].

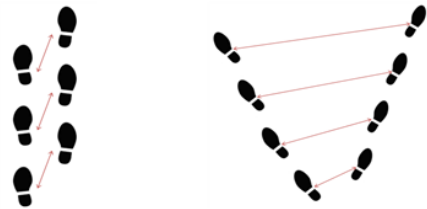
대부분의 PDR시스템은 IMU(Inertial Measurement Unit)를 통해 얻어진 가속도 및 각속도 데이터를 이용하여, 보행자의 이동거리 및 방향을 추정하는 방법이다. 보행자의 위치를 적분연산을 통해 얻는 과정에서 드리프트가 발생한다. 대부분의 연구에서 이러한 현상을 보정하기 위해 ZUPT(Zero velocity UPdaTe) 및 칼만필터 등의 방법을 사용한다[2, 3]. 하지만, 이러한 센서 내부적 해결방법을 통한 성능 향상에는 한계가 있다.

따라서, 단일 IMU정보 외에 외부정보 사용하여 성능을 향상시키는 연구가 진행되고 있다[4]. 본 논문에서는 보행자의 각 발에 부착된 2개의 IMU 정보를 융합하여 방향 드리프트를 최소화 하는 알고리즘을 제안하고자 한다.

### II. 본론

본 절에서는 2개의 IMU정보를 융합하여 방향 드리프트를

감소시키는 알고리즘을 제안하고자 한다. 각 발의 방향 드리프트로 인해, 계산된 양 발간 거리는 실제 보폭 보다 크게 벌어질 수 있다(그림1). 그림1의 적색 선은 보폭을 나타내며, 추정된 보폭은 방향드리프트로 인해 점점 늘어나는 것을 볼 수 있다.



(a)실제 보폭 (b)추정된 보폭  
 (그림1) 각 경우의 보폭

제안하는 알고리즘은 보폭이 임계값을 벗어난 경우 보정하여 드리프트의 영향을 감소시킨다. 임계값은 성인의 평균적인 보폭을 나타낸다. 보정 시, 각발의 드리프트량은 동일하다고 가정한다. 따라서 각발의 위치는 양 발을 잇는 직선상에서 동일한 거리만큼 이동한다. 각 발이 이동하는 거리는 보정 전 양 발의 거리에서 임계값을 뺀 값의 절반이다. 보정된 각발의 위치의 성분을 다음 식(1), (2)으로 나타낼 수 있다.

$$M_t^{(R)} = \frac{1}{2} \left[ \frac{(s_t + \alpha)M_t^{(R)} + (s_t - \alpha)M_t^{(L)}}{s_t} \right] \quad (1)$$

$$M_t^{(L)} = \frac{1}{2} \left[ \frac{(s_t - \alpha)M_t^{(R)} + (s_t + \alpha)M_t^{(L)}}{s_t} \right] \quad (2)$$

$\alpha$ 은 임계값,  $t$ 는 임의의 시간,  $R, L$ 은 각각 오른발과 왼발을 나타낸다.  $A \in \{L, R\}$  일 때,  $M_t^{(A)} = [X'_A \ Y'_A]^T$ 는 보정 전 각발의 위치좌표,  $M_t^{(A)}$ 는 보정 후에 각발의 위치를 나타낸다.  $s_t$ 는  $t$ 에서 양발간 거리를 나타내며, 식(3)을 통해 계산할 수 있다.

$$s_t = \sqrt{(X'_L - X'_R)^2 + (Y'_L - Y'_R)^2} \quad (3)$$

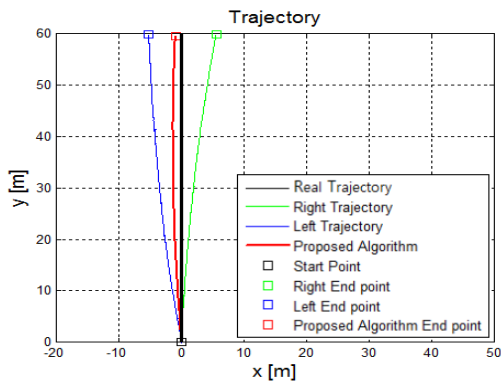
보정된 각발의 위치  $M_t^{(A)}, M_t^{(A)}$ 를 이용 하여 사용자의 위치  $P$ 를 식 (4)를 통해 계산한다.

$$P = \frac{M_t^{(L)} + M_t^{(R)}}{2} \quad (4)$$

### III. 실험환경 및 결과분석

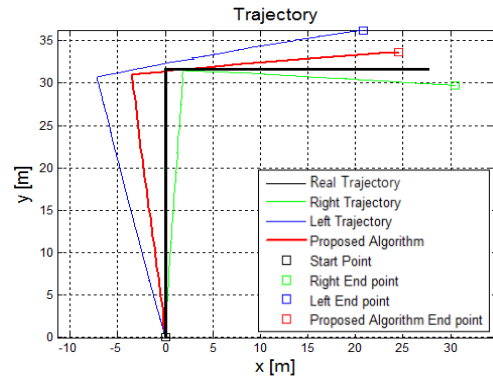
IMU는 mpu-9150이며, 보행자의 양 발등에 부착하여 100Hz로 가속도 및 각속도를 측정하였다. 실험은 아주대학교 원관관 3층에서 진행하였다. 이동경로는 'ㄱ'자 코스와 직선코스 로 각각 약 60m이며, 두 경로를 약 1.2m/s를 유지하며 보행했다. 걸음보폭의 임계값은 1m로 설정 하였다. 실제 이동경로와 센서 추정경로의 도착점 사이의 거리를 오차라고 정의한다.

그림2는 직선경로, 그림3은 'ㄱ'자 경로에서 실험한 결과이다. 각 그림의 선들은 실제 경로(흑색), 각 발에 부착된 모듈의 추정경로(녹색, 청색), 그리고 제안하는 알고리즘을 적용한 경로(적색)를 나타낸다.



(그림2) 직선코스 이동경로

각각의 경로를 이동한 결과, 양발에 부착된 IMU센서의 추정경로가 출발점부터 방향 드리프트로 인한 영향이 누적되어 오차가 점점 크게 나타난다. 또한, 센서의 추정경로가 실제 이동거리를 기준으로 서로 대칭성을 가지며 발산한다. 센서의 추정경로에 제안하는 알고리즘을 적용한 결과, 방향 드리프트로 인해 발산하는 경향성을 상쇄시켜 실제



(그림3) 'ㄱ'자 코스' 이동경로

이동거리에 근사한 경로로 보정이 된다.

<표 1> 각 경우의 오차

경로 \ 오차	오른발(m)	왼발(m)	양발 평균(m)	제안하는 알고리즘(m)
직선	5.57	5.2	5.55	1.12
'ㄱ'자	4.11	7.89	6	3.48

표1은 각 코스에서의 오차를 나타낸다. 각 발의 오차의 평균은 각 코스에 대해서 각각 5.55m, 6m이다. 보정 알고리즘을 적용 후에는 오차 가 각각 1.12m, 3.48m으로 보정 전에 비해 4.43m, 2.52m 감소하였다. 직선 코스와 'ㄱ'자 코스 에서 모두 보정 전 각 발의 오차 및 양발의 평균의 오차보다 보정 후 오차가 더 작아졌음을 확인하였다.

### IV. 결론

본 논문에서는 2개의 IMU 정보를 융합하여 방향 드리프트를 감소시키는 알고리즘을 제안하였다. 제안하는 알고리즘은 계산된 양 발간 거리가 방향 드리프트로 인해 일반적인 보폭보다 커질 경우 보정하여 보행자의 위치를 계산한다. 실험결과, 제안하는 알고리즘은 인프라의 도움 없이 방향 드리프트를 효과적으로 감소시키는 것을 확인하였다.

### 참고문헌

[1]Harle, R. (2013). A survey of indoor inertial positioning systems for pedestrians. IEEE Communications Surveys &Tutorials, 15(3), 1281-1293.  
 [2]Fischer, C., Sukumar, P. T., &Hazas, M. implementing a Pedestrian Tracker Using inertial Sensors.  
 [3]박명훈, 심현민, 이용혁, &홍승홍. (2004). 관성센서를 이용한 노약자의 개인항법시스템의 설계 및 구현. 대한전자공학회 2004 년 하계종합학술대회, 1493-1496.  
 [4]김상식, 이연규, &박찬식. (2013). 신발에 IMU 를 장착한 PNS 에서 방위각 편차의 영향 분석. 제어로봇시스템학회 논문지, 19(11), 1053-1059.