

GPS 수신불가 지역에서의 보행자 위치정보시스템의 설계 및 구현

곽휘권¹, 박상훈^{1*}, 이춘우¹
¹삼성탈레스 미래전투그룹

Design and Implementation of Pedestrian Position Information System in GPS-disabled Area

Hwy-Kuen Kwak¹, Sang-Hoon Park^{1*} and Choon-Woo Lee¹

¹Future Combat Group, Samsung Thales

요 약 본 논문에서는 GPS 수신 불가지역에서 저가형 관성센서를 활용한 보행자용 위치정보시스템을 제안한다. 제안 기법은 보행자의 자세/방향각, 걸음검출 및 보폭 크기를 추정하고, 보조센서 등을 활용하여 위치오차를 줄인다. 제안 시스템은 보행자가 휴대할 수 있는 소형/경량화/저전력 설계된 H/W 모듈 형태로 구현을 하였으며, 건물 내에서의 보행자 이동 실험을 통해 제안 시스템의 성능을 검증하였다. 실험결과를 통해 보행자가 약 160m 이동시 약 2.4%의 위치오차율을 갖는 결과를 얻었다.

Abstract In this paper, we propose a Pedestrian Position Information System(PPIS) using low-cost inertial sensors in GPS-disabled area. The proposed scheme estimates the attitude/heading angle and step detection of pedestrian. Additionally, the estimation error due to the inertial sensors is mitigated by using additional sensors. We implement a portable hardware module to evaluate performance of the proposed system. Through the experiments in indoor building, the estimation error of position information was measured as 2.4% approximately.

Key Words : IMU, GPS, Position information, sensor fusion, Kalman filter

1. 서론

위치정보는 이동체에 대한 중요한 정보 중 하나이다. 따라서 이동체에 대한 위치정보를 인식 또는 추정하는 기술은 정보시스템에서 핵심기술로서 인식되고 있으며 적용분야 또한 매우 광범위하다. 기존에 위치정보시스템이 적용되어온 분야는 주로 항공기 및 자동차와 같은 분야이다. 최근에는 보행자의 위치를 인식하는 기술의 중요성이 대두되고 있으며 연구가 활발히 진행되어지고 있다. 보행자 위치인식시스템은 소방, 경찰, 보병(군) 등 활용분야가 무궁무진한 분야이다. 예를 들어 경찰용으로는 미아 및 분실물 찾기, 범죄자 및 특정인의 위치추적 등에 활용되어질 수 있다.

GPS(Global Positioning System)는 기존에 이동체의 위치인식 분야에서 가장 널리 사용된 기술로서, 보행자용 위치인식시스템에도 적용될 수 있다. 기본적으로 GPS는 위성을 이용하여 이동체의 절대적인 위치를 제공한다. 그러나 보행자가 건물내부와 같은 위성신호 수신이 불가능한 지역으로 진입 시 위치인식이 단절되는 단점이 있다.

최근에는 상기한 GPS 방식의 단점을 해결하기 위해 WLAN(Wireless Local Area Network), UWB(Ultra WideBand), CSS(Chirp Spread Spectrum) 등과 같은 무선통신 기술을 활용한 통신항법 기반의 실내 위치인식 기술이 활발히 연구되고 있다[1-3]. 이러한 통신항법을 이용한 위치인식기술은 무선통신을 위한 인프라가(예: access point) 기존에 구축되어 있어야 한다. 따라서 인프라

본 논문은 삼성탈레스 연구과제로 수행되었음.

*Corresponding Author : Sang-Hoon Park

Tel: +82-31-601-5184 email: sh75.park@samsung.com

접수일 12년 06월 28일

수정일 12년 07월 25일

게재확정일 12년 09월 06일

라 구성이 어려운 특수환경(예: 건물화재진압, 군작전)에서는 적용하기가 어렵다. 또한 가시조건이(LOS: Line-of-Sight) 아닌 통신 환경에서는 전파의 회절, 반사 등으로 인한 오차가 발생하는 단점이 있다.

본 논문에서는 무선통신 인프라 구성이 어려운 환경에서의 보행자용 위치정보시스템을 제안한다. 제안 기법은 관성센서를 활용하는 추측항법(Dead Reckoning)을 기반으로 한다. 추측항법 기법은 상기한 통신항법 기반 기법과 달리 별도의 인프라나 통신환경에 제약을 받지 않는 장점을 갖는다[4-9]. 그러나 관성센서로부터 누적오차가 발생하기 때문에 이를 줄이는 것이 중요하다[10-12]. 일반적으로 추측항법 기술이 적용되는 분야는 항공기나 차량과 같은 분야로서 추정오차를 줄이기 위해 고가의 관성센서를 적용한다. 그러나 보행자용 위치정보시스템에서는 고가의 관성센서를 적용하기가 어렵기 때문에 비교적 저가형 관성센서를 활용하고 추정오차를 줄이기 위한 보정 알고리즘을 제안한다.

관성센서를 이용한 기존의 연구로는 움직임이 제한적인 신체 일부에 센서를 고정하여 관성센서를 측정하여 움직임을 검출한다. 특히 [13]은 진행방향 보행 가속도 신호의 침투치가 보행자의 뒷꿈치의 접지기와 일치함을 보였으며, [14]는 상하방향 보행가속도가 접지기와 연관성을 보였다.

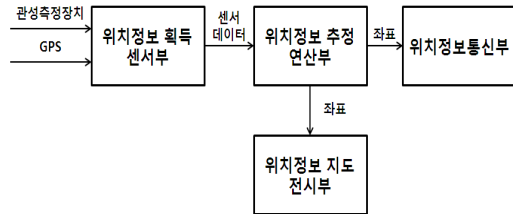
이동거리 연산을 위해서는 걸음 수 검출 이후 고정된 보폭을 적용하거나 반복적으로 수행되는 보행 단계에서 검출 가능한 특징점들이 이용된다[15-18]. 그러나 이와 같은 기존의 연구들은 넓은 범위의 보폭 변화를 고려하지 못할 뿐만 아니라 센서 비정렬 오차를 고려하기 위해 신체에 고정하는 별도의 측정센서를 적용하기 때문에 일반적인 보행자에 적용하기에 한계가 존재한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2절에서는 제안하는 위치정보 획득 및 추정 기법에 대해 설명하고 3절에서는 구현 시스템에 대해 소개한다. 4절에서는 건물내 실험결과를 설명하고 5절에서 결론을 맺는다.

2. 위치정보 획득 및 추정 기법

그림 1은 위치정보를 획득하고 공유하는 제안된 기법의 프로세스를 나타낸다. 제안 시스템은 보행자의 실내외 환경에서 끊임없는 위치정보를 제공하기 위해 관성센서를 이용하는 관성측정장치와 GPS 시스템으로 구성된다. 위치정보 획득 센서부로부터 획득된 센서데이터를 이용하여 위치정보 추정 연산부는 위치정보를 계산한다. 그리고 좌표변환을 통하여 휴대용 전시기와 같은 위치정보

지도 전시부를 통하여 사용자에게 지도상에 자신의 위치를 확인할 수 있도록 한다. 또한 위치정보통신부를 구성하여 다자간에 위치를 공유할 수 있는 시스템을 구현하였다.



[그림 1] 위치정보 획득 및 공유 프로세스
[Fig. 1] Position information acquisition and sharing process

2.1 위치정보획득 센서부

관성측정장치의 자이로 센서와 가속도 센서를 이용하여 보행자의 자세(A)를 추정할 수 있다. x 는 다음과 같이 식 (1)과 같이 정의된다.

$$A = [\phi \ \theta \ \psi]^T \quad (1)$$

여기서 ϕ 는 롤(roll), θ 는 피치(pitch), ψ 는 요(yaw)를 의미한다. A 는 각속도 \dot{A} 를 통해 구할 수 있으며, \dot{A} 는 다음과 같이 식 (2)와 같이 정의된다.

$$\dot{A} = C^{-1}\omega \quad (2)$$

여기서 C^{-1} 은 자세변환 행렬, ω 는 자이로 센서에서 측정된 각속도를 의미하며 다음과 같이 정의된다.

$$\omega = [\omega_x \ \omega_y \ \omega_z]^T$$

$$C^{-1} = \begin{bmatrix} 1 & \sin\phi \tan\theta & \cos\phi \tan\theta \\ 0 & \cos\phi & -\sin\phi \\ 0 & \sin\phi \sec\theta & \cos\phi \sec\theta \end{bmatrix} \quad (3)$$

본 연구는 관성센서 이외의 센서를 이용하여 보행자의 위치를 추정하였다. 가장 일반적인 항법 센서로는 엔코더, 속도계, 틸트센서 등이 있으며 본 연구는 2.2절의 위치정보추정 연산부에서 지자기센서와 고도센서를 이용하여 관성측정장치의 적분오차를 보정한다.

2.2 위치정보추정 연산부

2.2.1 센서 융합

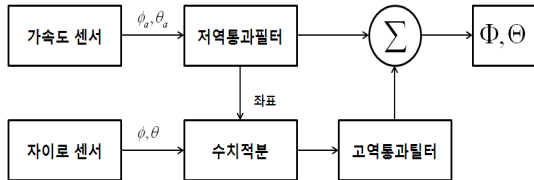
방향각 추정

보행자의 방향각을 측정하기 위하여 롤과 피치는 가속도 센서와 자이로 센서를, 요 방향각은 자이로 센서와 듀얼 지자기 센서를 이용하여 측정하였다. 그림 2는 상보필터를 이용하여 가속도 센서와 자이로 센서의 융합을 통한 롤과 피치 자세 측정 과정을 나타낸다[19]. 업데이트는 쿼터니언(quaternion) 방식을 이용하여 수치적 계산을 최소화하고 안정화하였으며, 가속도 센서에 저역통과필터(low pass filter), 자이로 센서에 고역통과필터(high pass filter)를 사용하여 융합하여 잡음 오차를 최소화하였다. 식 (4)와 같이 가속도 센서를 통하여 측정된 롤과 피치 값을 앞 절에서 구한 자이로 센서를 이용하여 구한 자세출력 값과 융합하여 누적 오차를 최소화하였다.

$$\phi_a = \tan^{-1}\left(\frac{a_y}{a_z}\right)$$

$$\theta_a = \sin^{-1}\left(-\frac{a_x}{\sqrt{a_y^2 + a_z^2}}\right) \quad (4)$$

여기서, ϕ_a 와 θ_a 는 가속도 센서에서 측정된 롤과 피치 값이다.



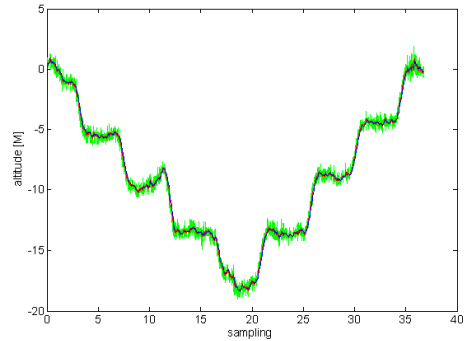
[그림 2] 상보필터를 이용한 센서 융합
[Fig. 2] Sensor fusion using complementary filter

2.2.2절에서는 방향각인 요 방향의 자세 계산은 한 개의 자이로와 두 개의 지자기 센서를 융합하여 계산하였다.

높이 측정

보행자의 높이측정은 관성측정장치와 고도센서를 이용하여 추정한다. 관성측정장치에서 측정된 자세에서 수직 방향의 가속도가 검출되었을 시 이의 적분을 통하여 높이를 측정할 수 있으며 이에 대한 적분오차를 저역통과필터와 온도 보정된 고도 센서를 이용하여 최소화한다. 그림 3에서 나타낸바와 같이 높이 변화가 설정된 임계값을 나타내는 경우에 보행자가 층간 이동한 것으로 추정할 수 있으며, 그래프는 지하 1층에서 4층까지 각 층의 높이변화가 3.92m 인 것을 알 수 있다.

본 연구에서 사용하는 BOSCH 사의 BMP085 고도센서는 보정을 위해 MEMS형 압력센서 안에 탑재한 EEPROM 내부에 보정 계수 값이 저장되어 있으며 이 보정 계수 값과 온도, 기압 값을 계산하여 보정된 기압 값을 얻게 된다.



[그림 3] 가속도 센서 및 고도 센서를 이용한 높이 추정
[Fig. 3] Height estimation using accelerometer and altitude sensor

출력된 기압 값의 단위는 헥토파스칼(hPa)의 단위를 가진다. 고도로 표현하기 위해서는 단위 환산을 통하여 미터(M)단위 표현해주며 단위환산 된 값은 식 (5)와 같다.

$$h_{baro} = 44330 \times \left(1 - \left(\frac{P}{P_0}\right)^{1/5.255}\right) \quad (5)$$

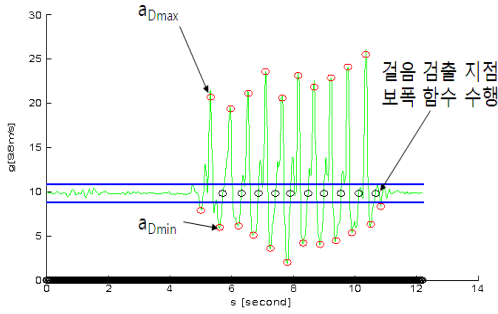
여기서 h_{baro} 는 고도값을 나타내며, P 는 고도센서에서 출력된 기압, P_0 는 해면기압이다.

걸음걸이 검출 및 보폭 추정

관성측정장치의 가속도를 분석하여 피크값 검출기법과 영교차점 검출 기법을 결합하여 얻는 식 (6)의 a_{3D} 를 이용하여 걸음걸이를 검출하였다.

$$a_{3D} = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2} \quad (6)$$

자세 변화값에 따른 3축의 중력의 변화 정규치(norm) a_{3D} 의 피크치와 영교차점을 그림 4와 같이 임계값(threshold)을 교차하며 동시에 최대/최소 피크값을 검출하였을 때 걸음걸이를 검출하였다.



[그림 4] 가속도 정규치의 걸음걸이 검출
[Fig. 4] Gait detection of acceleration norm

걸음걸이를 검출한 후 걸음걸이의 보폭을 추정하였다. 걸음걸이의 보폭 크기는 걸음을 걸을 때 앞발 뒤축에서 뒷발 뒤축까지의 거리이다. 본 연구에서는 보폭 추정을 위하여 식 (7)과 같이 걸음걸이의 비선형 모델을 적용하였다.

$$s_l = K \cdot \sqrt[4]{a_{3Dmax} - a_{3Dmin}} \quad (7)$$

여기서 s_l 은 보폭, K 는 보폭 결정 상수로서 경험적으로 구할 수 있으며, 4장에서 수행한 실험을 통하여 구할 수 있다. a_{3Dmax} 는 그림 4에서 보이듯이 한 걸음에서 발생하는 최대 가속도 값, a_{3Dmin} 은 최소 가속도 값이다.

2.2.2 디지털 필터 설계

위치획득의 오차를 최소화하기 위하여 이산 칼만 필터를 설계하고 구현하였다.

system propagation

$$x_{k+1} = F_k x_k + w_k \quad (8)$$

measurement update

$$z_k = H_k x_k + v_k \quad (9)$$

$$x_{k=0} \sim N(\hat{x}_0; \hat{P})$$

$$w_k \sim N(0; Q_k)$$

$$v_k \sim N(0; R_k)$$

시스템 방정식은 이산화 된 식 (8)로서 나타낼 수 있으며 x_k 는 상태변수이며, F_k 는 상태전이행렬, w 는 공정 잡음이다. 측정방정식은 식 (5) ~ (7)과 같이 보조센서로부터 측정된 값으로 식 (9)와 같이 나타낼 수 있으며, H_k 는

측정관계행렬, v 는 측정 잡음이다.

보행자 위치의 이동을 계산하기 위한 상태 변수는 항법좌표계에서 3축 위치 (X, Y, Z), 가속도 센서부터 구해진 k 번째 보폭 s , 식 (1)에서 계산된 A 로부터 구해진 자이로 센서의 k 번째 방향각 λ_g , 방향각 바이어스 b_λ 이며 식 (10)으로 나타낸다.

$$x_k = [X \ Y \ Z \ s \ \lambda_g \ b_\lambda]^T \quad (10)$$

센서로부터 측정된 측정 방정식 z_k 는 고도센서 (barometer)로 측정되는 높이 h_{baro} 의 k 번째 값 h , 식 (4)에서 계산된 보폭 s_l 의 k 번째 값 s_a , 지자기센서로부터 계산된 k 번째 방향각 λ_m 으로서 식 (11)로 나타낸다.

$$z_k = [h \ s_a \ \lambda_m]^T \quad (11)$$

각각의 6개의 상태변수를 비교하여 정리하면 식 (12)와 같다.

$$\begin{aligned} x_{(1)k} &= x_{(1)k-1} + x_{(4)k-1} * \cos(x_{(5)k-1}) \\ x_{(2)k} &= x_{(2)k-1} + x_{(4)k-1} * \sin(x_{(5)k-1}) \\ x_{(3)k} &= x_{(3)k-1} \\ x_{(4)k} &= x_{(4)k-1} \\ x_{(5)k} &= x_{(5)k-1} - x_{(6)k-1} \\ x_{(6)k} &= x_{(6)k-1} \end{aligned} \quad (12)$$

식 (12)로부터 상태전이행렬 F_k 는 다음 식 (13)과 같이 나타낸다.

$$F_k = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & \cos(x_{(5)k-1}) & -x_{(4)k-1} \times \sin(x_{(5)k-1}) & 0 \\ 0 & 1 & 0 & \sin(x_{(5)k-1}) & x_{(4)k-1} \times \cos(x_{(5)k-1}) & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (13)$$

측정방정식에서 측정관계 행렬 H_k 는 식 (14)와 같이 나타낸다.

$$H_k = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad (14)$$

예측된 추정 공분산 P 는 식(15)와 같다.

$$P_{k-} = F_k P_{k-1} F_k^T + Q_k \quad (15)$$

업데이트 되는 칼만 이득 K , 상태 추정치 x_k , 추정 공분산 P_k 는 다음과 같이 식 (16)~(18)으로 계산된다.

$$K_k = P_{k-1} H_k^T [R_k + H_k P_{k-1} H_k^T]^{-1} \quad (16)$$

$$x_k = x_{k-1} + K_k (z_k - H_k x_{k-1}) \quad (17)$$

$$P_k = P_{k-1} - K_k H_k P_{k-1} \quad (18)$$

3. 시스템 구현

위치정보 획득 및 공유 시스템은 그림 5와 같이 위치 정보를 획득하는 센서처리부와 획득된 센서신호로부터 위치를 추정하는 위치추정부를 통합하여 구현하였고 위치정보를 지도에 표시하는 전시부와 공유하는 통신부를 통합하여 구현하였다. 시스템 1과 시스템 2는 각각의 위치를 추정하고 이를 전시기를 통하여 자신의 위치를 확인할 수 있으며 통신부를 통하여 서로의 위치를 공유할 수 있다.



[그림 5] 위치정보 획득 및 공유 시스템 구성도
[Fig. 5] System configuration of position information acquisition and sharing

위치정보 획득센서 및 추정 연산부 모듈의 핵심 부품인 관성측정장치의 센서 사양은 표 1과 같으며 휴대성을 고려하여 소형/경량/저전력으로 설계 및 구현하였다.

[표 1] 관성측정장치 센서 주요사양

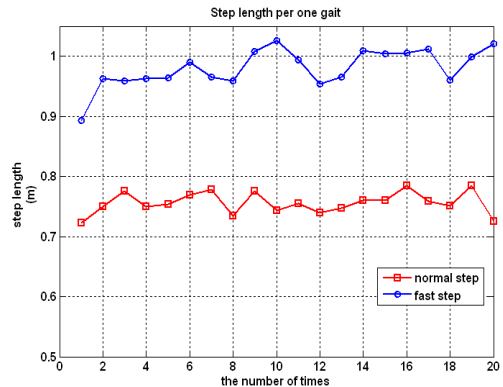
[Table 1] Specifications of IMU

Accelerometer - ADXL345(Analog Device)	
Range	±16g(max.)
Sensitivity	4 mg/LSB
RMS noise	< 1.0 LSB
Gyroscope - ITG3200(InvenSense)	
Range	±2000 deg/sec
Sensitivity	14.375LSB/(deg/sec)
RMS noise	0.38 deg/sec
Barometer-BMP085(BOSCH)	
Absolute accuracy pressure	300~1100 hPa
Resolution	Pressure = 0.01hPa Temperature = 0.1℃

4. 실험 결과

제안 기법의 성능을 검증하기 위해 실제 보행자가 구현된 하드웨어 모듈을 허리에 장착한 후 GPS 통신이 불가능한 실내를 이동하여 위치를 추정한 결과를 지도에 표시하여 보행자가 직접 확인하는 실험을 실시하였다. 또한 보행자와 건물 밖의 타 보행자간에 무선통신을 통해 획득된 위치정보시스템을 공유하는 실험을 실시하였다.

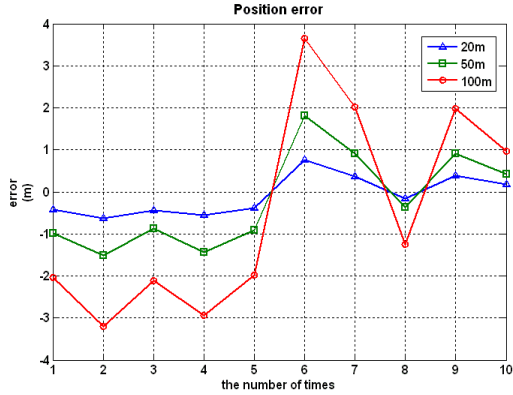
우선 걸음검출 성능과 보폭 추정 정확도를 측정하기 위하여 사전에 동일 구간에서의 보행자 이동 실험을 10회 반복하여 사전 학습된 보폭값을 구하였다. 보행자의 걸음의 종류는 일반적인 정상 보행(normal step) 형태와 빠른 보행(fast step) 형태로 구분하였다. 그림 6은 동일 구간에서의 보행자 이동 실험을 20회 반복하여 측정된 보행자 보폭의 평균값으로서 정상 보행에서는 약 0.76m, 빠른 보행에서는 0.98m의 보폭값 결과를 얻었다.



[그림 6] 걸음 검출 및 보폭 추정 결과

[Fig. 6] Experimental result of gait detection and stride estimation

그림 7은 사전 학습된 보폭 추정 결과를 활용하여 최대 이동거리를 변화시키면서 측정된 위치오차 결과를 보여준다.



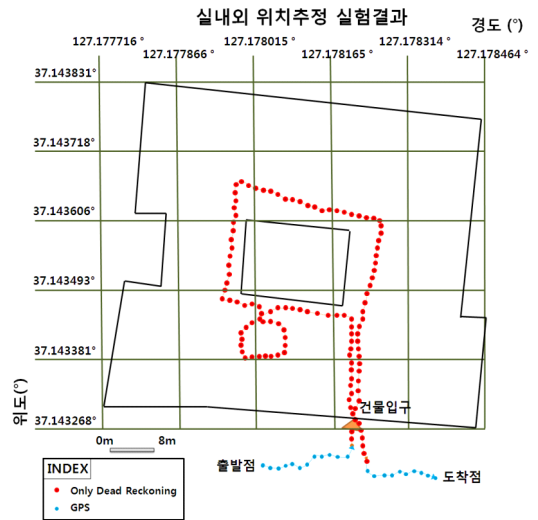
[그림 7] 이동거리에 따른 위치오차
[Fig. 7] Position error per moving distance

각 측정결과는 동일 구간에서의 실험을 10회 반복한 결과의 평균값이다. 보행자의 이동거리가 20m에서 100m로 증가함에 따라 위치오차는 증폭되는 결과를 보여준다. 표 2는 그림 7의 결과를 바탕으로 이동거리에 따른 위치오차율을 나타내며, 이에 따른 위치오차율은 최대 3% 이하의 결과를 얻었다.

[표 2] 이동거리 당 걸음 검출 수 및 위치오차
[Table 2] Step number and position error per moving distance

이동거리	걸음 걸이 수	걸음 검출 수	평균 보폭 (m)	위치 추정치 (m)	위치 오차 (m)	위치 오차 (%)
20m	26	26	0.76	20.31	0.31	0.51
50m	50	50	0.98	49.08	0.92	1.87
100m	123	122	0.82	97.38	2.62	2.62

그림 8은 건물밖의 보행자의 전시기에 전시된 건물내 보행자 1의 이동경로로서 위치정보는 보행자간의 무선통신을 통해 공유된다. 실험결과 보행자 1의 건물내에서 총 160m의 거리를 이동시 제안기법을 통해 추정된 최대 위치오차 거리는 3.81m로 측정되었으며, 이에 따른 위치오차율은 약 2.4%의 결과를 얻었다.



[그림 8] 실내외 위치추정 및 공유 실험결과
[Fig. 8] Experimental result of position estimation and sharing for indoor and outdoor

5. 결론

본 논문에서는 GPS 수신불가 지역에서 관성센서를 활용한 추측항법 기반의 보행자용 위치정보 시스템을 제안하였다. 제안 시스템은 관성측정장치를 통해 보행자의 자세/방향각 및 걸음검출, 보폭 크기를 추정하고, GPS, 관성측정장치, 보조센서를 융합하여 위치오차를 줄인다. 건물내에서의 보행자 이동 실험을 통해 선회, 빠른 걸음, 보통 걸음 등 비선형적인 보행자의 이동에 상관없이 이동거리당 위치오차는 약 3% 미만의 결과를 얻었다.

References

- [1] S. H. Fang and T. N. Lin, "Principal Component Localization in Indoor WLAN Environments," IEEE Trans. on Mobile Computing, vol.11, no.1, pp.100-110, January, 2012.
- [2] Y. Zhou, C. L. Law, Y. L. Guan and F. Chin, "Indoor Elliptical Localization Based on Asynchronous UWB Range Measurement," IEEE Trans. on Instrumentation and Measurement, vol.60, no.1, pp.248-257, January, 2011.
- [3] J. Park and J. Lee, "A Beacon Color Code Scheduling for the Localization of Multiple Robots," IEEE Trans. on Industrial Informatics, vol.7, no.3, pp.467-475,

- August, 2011.
- [4] C. Huang, Z. Liao and L. Zhao, "Synergism of INS and PDR in Self-Contained Pedestrian Tracking with a Miniature Sensor Module," IEEE Sensors Journal, vol.10, no.8, pp.1349-1359, August, 2010.
- [5] J. Borenstein, L. Ojeda and S. Kwanmuang, "Heuristic Reduction of Gyro Drift For Personnel Tracking Systems," The Journal of Navigation, vol.62, no.1, pp.41-58, January 2009.
- [6] S. H. Shin, C. G. Park and S. Choi, "New Map-Matching Algorithm Using Virtual Track for Pedestrian Dead Reckoning," ETRI Journal, vol.32, no.6, pp.891-900, December 2010
- [7] I. Skog, P. Handel, J. O. Nilsson and J. Rantakokko, "Zero-Velocity Detection—An Algorithm Evaluation," IEEE Trans. On Biomedical Engineering, vol.57, no.11, pp.2657-2666, November, 2010.
- [8] D. Alvarez, R. C. Gonzalez, A. Lopez and J. C. Alvarez, "Comparison of Step Length Estimators from Wearable Accelerometer Devices," Proc. of the 28th IEEE EMBS Annual International Conference, pp.5964-5967, August, 2006.
- [9] W. Chen, "An Effective Pedestrian Dead Reckoning Algorithm Using a Unified Heading Error Model," Position Location and Navigation Symposium, pp.340-347, May, 2010.
- [10] W. Zijlstra and A. L. Hof, "Displacement of the pelvis during human walking: experimental data and model predictions," Gait & Posture, vol. 6, no. 3, p. 249, 1997.
- [11] H. Weinberg, "Using the adxl202 in pedometer and personal navigation applications," Application Notes, American Devices, 2002.
- [12] S. Cho and C. Park, "MEMS Based Pedestrian Navigation System," The Journal of Navigation, vol.59, pp.135-153, 2006.
- [13] D. Villanueva, A. Trujillo, E. Fermon, E. Cardiel, and P. Hedz, "Method for Monitoring Acceration of the Trunk During Gait," In Proc. of the Second Joint EMBS/BMES Conf., vol.2, pp.1758-1759, Oct. 2002.
- [14] B. Auvinet, D. Chaleil and E. Barrey, "Accelerometric gait analysis for use in hospital outpatients," Rev. Rhum. Engl. Ed. vol.66, pp.389-397, Jul. 1999.
- [15] L. Ojeda and J. Borenstein, "Personal Dead-Reckoning System for Gps-Denied Environments," IEEE International Workshop on Safety, Security and Rescue Robotics, pp. 1-6, Sep. 2007.
- [16] C. D. Cliff Randell and H. L. Muller, "Personal Position Measurement Using Dead Reckoning," In Proc. of the Seventh International Symposium on Wearable Computers, pp.166-173, Oct. 2003.
- [17] S. Beauregard and H. Haas, "Pedestrian Dead Reckoning: A Basis for Personal Positioning," In Proc. of the 3rd Workshop on Positioning, Navigation and Communication, pp.27-36, 2006.
- [18] S. W. Lee and K. Mase, "Activity and Location Recognition Using Wearable Sensors," IEEE Pervasive Computing, vol. 1, no. 3, pp. 24-32, 2002.
- [19] S. P. Tseng, W. L. Li, C. Y. Sheng, J. W. Hsu and C. S. Chen, "Motion and attitude estimation using inertial measurements with complementary filter," Proc. of 2011 8th Asian Control Conference(ASCC), May, 2011.

곽 휘 권(Hwy-Huen Kwak)

[정회원]



- 2005년 2월 : 충남대학교 전자공학과 (전자공학학사)
- 2007년 2월 : 충남대학교 대학원 전자공학과 (전자공학석사)
- 2011년 2월 : 충남대학교 대학원 전자공학과 (전자공학박사)
- 2012년 3월 ~ 현재 : 삼성탈레스 전문연구원

<관심분야>
항법시스템, 로봇공학

박 상 훈(Sang-Hoon Park)

[정회원]



- 2001년 2월 : 강원대학교 정보통신공학과 학사
- 2003년 2월 : 강원대학교 컴퓨터 정보통신공학과 석사
- 2008년 2월 : 광주과학기술원 정보통신공학과 박사
- 2008년 4월 ~ 현재 : 삼성탈레스 전문연구원
- 2006년 12월 ~ 2007년 6월 : 노스캐롤라이나 주립대학교 컴퓨터과학과 방문연구원

<관심분야>
멀티미디어 스트리밍, 웨어러블 컴퓨팅

이 춘 우(Choon-Woo Lee)

[정회원]



- 1990년 2월 : 경북대학교 전자공학
학과 (전자공학학사)
- 1992 2월 : 경북대학교 대학원
전자공학과 (전자공학석사)
- 2000년 2월 ~ 현재 : 삼성탈레스
수석연구원

<관심분야>

항법시스템, 무인화시스템, 로봇공학