

보행자의 실내 위치 추정 정확도 향상을 위한 다양한 센서 정보 필터

Sensor Information Filter for Enhancing the Indoor Pedestrian Localization Accuracy

김 주 영¹, 이 수 용[†]

Jooyoung Kim¹, Sooyong Lee[†]

Abstract Due to the low localization accuracy and the requirement of special infrastructure, current LBS(Localization Based Service) is limited to show P.O.I.(Point of Interest) nearby. Improvement of IMU(Inertial Measurement Unit) based deadreckoning is presented in this paper. Additional sensors such as the magnetic compass and magnetic flux sensors are used as well as the accelerometer and the gyro for getting more information of movement. Based on the pedestrian movement, appropriate sensor information is selected and the complementary filter is used in order to enhance the accuracy of the localization.

Keywords: Pedestrian Localization, Inertial Measurement Unit, Dead-reckoning, Complementary Filter

1. 서 론

최근 각종 센서들이 내장되고 높은 CPU 처리 능력을 가진 스마트폰의 보급이 증가함에 따라 사용자의 위치정보를 사용하는 위치 기반 서비스(LBS, Location Based Service)에 대한 기술이 각광받고 있다^[1]. 이 중 GPS, WIFI 등을 널리 사용하고 있으나 가장 오차가 적은 GPS의 경우 실내에서는 신호를 받지 못하는 제약이 있다. 이에 실내에서 사용할 수 있는 WIFI, 휴대폰 통신망 등의 신호를 이용한 측위 기술이나, RFID, 비전, 랜드마크 등을 사용하여 좌표를 구하는 방법이 사용되고 있다^[2-4]. 이는 일정 구간 마다 AP(Access Point) 및 랜드마크를 감지하여 이와 보행자 간의 거리를 계산하며 이러한 방법들은 위치를 추정하는데 있어서는 매우 효과적이다. 그러나 높은 정확도가 필요하거

나 사용 하고자 하는 공간이 넓을 경우 랜드마크, AP 등을 많이 설치해야 하는 번거로움이 있다. 다른 방법으로 [5]에서는 지자기 센서 정보를 미리 저장해 두었다가 보행자가 특정 센서값을 읽었을 때 그 값에 해당하는 위치를 찾으려 지도를 작성하였다. 철근 구조물에 의해 각 위치마다 지자기 센서값이 다르게 나오는 점을 이용하여 측정 대상의 모든 구간의 센서값 정보를 지도로 작성 한 후 이를 활용하였다. 또한 프로젝터 기능이 있는 스마트폰을 이용하여 원하는 위치를 향하는 안내를 제공하는 기능도 포함되어 있다^[6]. 이 방법은 수신기 등의 설치 문제 없이 매우 정확한 위치를 알아 낼 수 있어 효과적인 해결책이 되지만 이용하고자 하는 실내가 매우 클 경우 자료가 방대해지는 단점이 있다.

한편, 위와 같이 보행자의 위치를 추정하는 과정에서 발생하는 한계점을 보완하기 위해 가속도, 각속도 센서 등의 관성 항법 장치를 이용하여 사용자의 보행 정보를 파악하여 위치를 계산하는 보행자 추측 항법(PDR, Pedestrian Dead Reckoning)이 병행되고 있다^[7]. 이 방법은 보행자가 장착한 여러 센서들을 활용하여

Received : Aug. 8. 2012; Reviewed : Oct. 6. 2012; Accepted : Nov. 7. 2012

※ This work was supported by a National Research Foundation of Korea grant funded by the Korean Government [No. 2010-0007794].

[†] Corresponding author: Mechanical and System Design Engineering, Hongik University, Sangsu-Dong, Mapo-Gu, Seoul, Korea (sooyong@hongik.ac.kr)

¹ Mechanical Engineering, Hongik University (maliloo33@gmail.com)

현재 위치를 추정하므로 앞서 언급한 방법들에 비해 제약이 적은 장점이 있다. 주로 가속도 센서 및 각속도 센서를 이용하는데 적분 과정을 통하여 보행 거리 및 방향을 구할 수 있으나, 장시간 사용할 경우 센서의 잡음 및 편류가 포함된 적분 누적 오차로 인하여 정확한 계산이 어렵다는 문제점이 있다. [8]은 가속도 센서 값을 적분하여 보행자의 위치를 구하는 대신 센서 값의 peak 점과 주파수의 분산을 계산하여 보폭과 걸음 주기를 파악하여 보행거리를 구하였다. 이러한 방법은 가속도 센서를 사용하면서도 적분 오차가 발생할 우려가 없다는 장점이 있다. 그러나 허리 등 보행자의 몸에 붙어 있을 경우에는 비교적 정확하게 계산할 수 있어도 보행자의 보행속도나 부착위치에 따라 정확도가 크게 달라지는 단점이 있다. [9]에서는 관성 항법 장치를 신발에 부착하여 보행정보를 계산하는 방법을 제시하였으나, 이는 비교적 정확한 정보를 얻을 수 있는 대신 따로 센서를 부착해야 하는 번거로움이 있다.

주행로봇의 위치 추정 과정에서도 관성 항법 장치를 사용하고 있는데, 위에서 언급한 측정과정에서 발생하는 오차를 줄이는 방법에 대한 연구가 진행되고 있다. [10]은 이동 평균 필터를 사용하여 각속도 센서의 측정 과정에서 발생하는 잡음을 제거하였다. [11]은 각속도 센서 값과 주행로봇에 장착 되어 있는 encoder 센서 값을 상보 필터를 통해 융합하였다. 이와 같이 두 데이터를 융합 할 경우 하나의 센서만을 사용하였을 때에 비해 위치 추정 데이터의 오차 확률 분포를 줄일 수 있다는 장점이 있다. 보행자의 위치 추정 과정에서도 이와 비슷한 사례가 있는데, [12]는 오차 정보를 알고 있는 걸음 정보 데이터를 이용하여 칼만 필터를 통해 관성 항법 장치의 측정값의 오차를 추측하였다.

본 논문에서는 가속도 센서를 사용하여 보행 거리를 판별하며, 축 변환 등으로 인한 편류 오차와 주행 주파수가 다른 점을 고려하여 저역 통과 필터 및 고역 통과 필터를 적용해 보았다. 최근 보급된 스마트폰 등에서 지자기 센서 값을 쉽게 이용할 수 있다는 점을 고려하여 보행자의 움직임을 구별 하는 목적으로 사용하였다. 보행정보를 판단한 후 [13,14] 등에서도 제시되었듯이 가속도 센서를 이용한 보행자 위치 추정에 흔히 사용되는 Zero Velocity Update를 사용하여 가속도 센서를 통하여 얻은 속도 정보를 수정하는 방법을

소개하였다. 보행 방향을 구하는 과정에서는 각속도 센서와 디지털 컴파스를 사용하였으며 이 때 지자기 센서를 통해 얻은 자세 정보로 적절한 센서를 선택하도록 하였다. 센서 값의 잡음 제거를 위해 칼만 필터를 사용하였고 각각의 센서 및 연산 결과 등을 융합하여 추정 값의 정밀도를 높이기 위해 상보필터를 사용하였다. 또한 제시한 방법들의 성능을 실험을 통하여 검증하였다.

2. 사용자의 위치 추정 센서 구성 및 실험

보행자의 보행거리를 구하기 위해서 가속도 센서(ST 社, LIS3LV02DQ) 를 두 번 적분한 값을 사용하였고, 방향각을 구하는 목적으로 각속도 센서(Analog Digital 社, ADIS16100)의 측정값이 쓰였다. 이 때 적분으로 인한 누적오차의 영향을 줄이기 위하여 지자기 센서(Aichi steel 社, AMI306)와 디지털 컴파스(Honeywell 社, HMC6352) 를 사용하여 보완하였다. 마이크로 컨트롤러(Atmel 社, ATmega 128)가 각 센서들의 출력 값을 취합하여 PC로 보내며, PC에서 저장 및 위치 추정 연산을 수행하였다. 실험 중 실시간 검증 및 정보 저장을 위하여 PC가 사용되었으며, 최종 결과물은 PC없이 마이크로 컨트롤러에서 모든 연산이 이루어진다. 센서 모듈은 허리 중앙에 부착할 수 있도록 제작하였으며, 측정값 주기는 0.05초로 지정하였다. 보행자 위치를 파악하기 위한 축 설정은 그림 2와 같다.

실내에서의 사용 환경을 고려하여 실험 환경의 제한요소를 결정하였다. 보행자는 일반적인 보행속도인 최대 1m/s 내외를 유지하며, 방 안이나 계단을 이용하면서 방향 전환을 할 때를 제외한 그 이외의 경우에는 회전각의 변위는 크지 않다고 설정하였다. 표 1은 보행자 5명의 평균 보행 속도 및 평균 보폭을 구한 결과

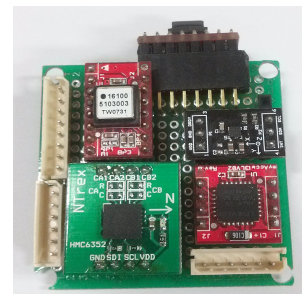


Fig. 1. Sensor Module

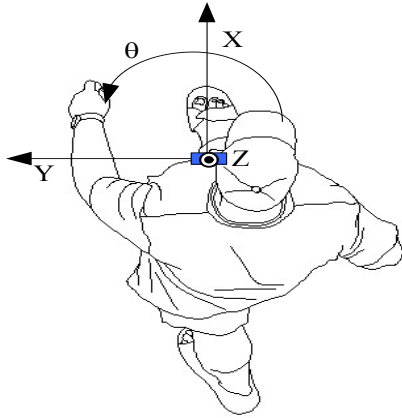


Fig. 2. Sensor location and Coordinates

Table 1. Experimental Results of Walking Parameters

Pedestrian	Velocity		Stride	
	Mean (m/s)	Standard Deviation	Mean (m)	Standard Deviation
1	1.36	0.12	0.74	0.05
2	1.18	0.17	0.64	0.04
3	0.93	0.23	0.63	0.02
4	1.02	0.09	0.67	0.01
5	1.43	0.13	0.73	0.05

이며, 측정 결과 보행자 마다 평균 속도 및 보폭이 달랐기 때문에 실험 시에는 약 0.94m/s 의 보행속도로 걷는 보행자 3의 측정 값을 기준으로 사용하였다. 제자리 걸음은 하지 않았고 또한 짧은 시간 내 90°s 이상 빠른 전환은 하지 않는다고 가정하였다. 또한 보행자는 횡 방향 이동을 하지 않는다고 가정하였다.

3. 보행 거리 추정

가속도 센서는 3축의 가속도 측정값을 구할 수 있다. 측정 초기 일정 시간 동안 보행자가 정지해 있을 때, 바닥에 수직인 축으로 중력 가속도만 작용하므로 축 정렬이 가능하다. 중력 방향 가속도를 Z축이라 보면 나머지 X, Y축 센서 값을 두 번 적분 함으로서 보행자의 변위를 구할 수 있다. 그러나 센서 자체의 잡음이나, 보행 중 센서의 축의 위치가 달라지면서 다른 축에 중력 가속도가 포함되면서 발생하는 중력 잔류 편차가 적분 과정에서 누적되어 실제 변위와 다른 큰 오차가 발생하게 된다. 중력 잔류 편차의 원인은 보행자의 자세 변화나 보행 중 센서 부착 위치가 서서히 달라지는 등에 있다. 이러한 센서 위치의 변화 등으로

인하여 발생하는 편류 현상은 낮은 주파수로 발생하기 때문에, 고역 통과 필터를 사용하여 어느 정도 완화시킬 수는 있으나, 성능 향상을 위해 필터 차수를 높일 경우 실제 거동보다 매우 지연되는 단점이 있다. 이에 따라 본문에서는 필터를 쓰는 것 이외에 가속도 센서 값을 통해 보행자가 멈추었다고 볼 수 있는 시점에 속도 값을 0으로 보정하는 Zero Velocity Update 방법을 사용하였다. 일반적으로 보행 여부 판단을 위해 중력 방향 축 가속도 값을 이용한다. 중력 방향 가속도의 표준편차가 일정 값 보다 작으면 보행자가 일정 시간 동안 정지해 있다고 판단 할 수 있으며, 가속도 값이 피크 점 직후 0이 되는 동안 접지 순간이라 볼 수 있으므로 이 시간 동안에도 상대 속도 관점에서 멈추었다고 볼 수 있다.

그림 3은 이러한 방법을 통하여 중력 가속도 잔류 편차를 재설정하고 속도를 0으로 바꾸어 주었을 때의 결과를 나타낸 그래프이다.

이외에도 중력 방향 가속도 값을 이용하여 보행자의 보행 순간을 파악할 수 있으므로, 보행자의 평균 보폭을 알고 있다면 접지 시 보행거리에 평균 보폭을 더하여 구하는 방법을 생각해 볼 수 있다. 이 방법은 보행자의 평균 보폭을 알고 있어야 하고, 진행방향 가속도를 사용하지 않으므로 정확도가 떨어지지만 연산 과정이 매우 간단하지만, 비교적 실제 움직인 거리와 유사한 결과를 얻을 수 있다. 이와 같이 가속도 센서 값을 통해 보행 정보를 파악하여 보행 거리를 구할 수 있으나 사용자의 자세가 변하거나 센서의 위치가 조금만 바뀌어도 잘못된 보행 정보로 판단하거나, 초기 측정결과와 다른 축에 중력 가속도가 포함되어 큰 오차를 발생시킬 수 있다. 이를 보완하기 위하여 더 정확한

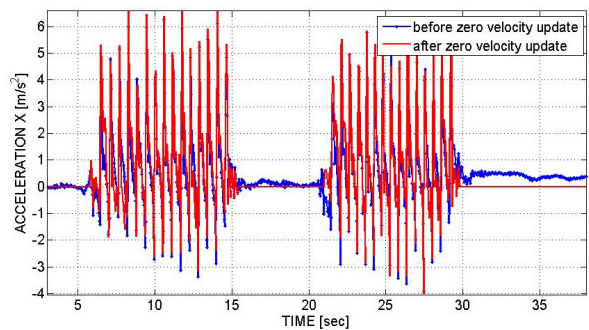


Fig. 3. X-directional Acceleration Values before/after Applying Zero Velocity Update

보행 여부를 판단하는 수단이 필요하다. 이러한 방법으로 지자기 센서를 사용하였다. 지자기 센서는 지구 자기장을 측정하는 센서로, 주변의 철근 구조물 및 전자 기기 등에 의해 센서 값이 영향을 받는다. 따라서 실외에서는 전자식 나침반 등으로 사용이 가능하나 실내에서는 이러한 기능을 충분히 사용하지 못한다. 그러나 센서 값에 영향을 주는 전자 제품이나 철근 구조물 등이 움직이지 않는다고 가정하면 실내에서 지자기 센서 값의 변화는 센서의 위치 변화에 의해서만 반응하므로 보행자의 정보를 파악하는 방법으로 충분히 사용 가능하다. 본 논문에서 사용한 지자기 센서 AMI306은 X, Y, Z 세 축의 지자기 값을 gauss 단위로 측정한다. 지자기 센서 값은 센서가 정지하여 있을 때는 거의 변하지 않으며 X, Y, Z 축의 지자기 값이 각각 확연히 다르기 때문에 특정 축에 대해 회전을 하였을 때 센서 값의 변화가 가장 크다. 또한 주변 철근 구조물 등의 영향을 받아 한 축 방향으로 움직이면서 센서 값이 변하게 된다. 따라서 보행 정보를 판단 하기 위해 일정 측정 시간 동안 지자기 센서의 표준편차를 확인해 보았다. 본 논문에서는 측정 시점을 포함한 이전 12개 데이터를 저장하여 표준편차를 구하였으며, 그 식은 아래와 같다.

$$\sigma_n = \sqrt{\frac{1}{12} \sum_{i=n-11}^n (x_i - \bar{x}_n)^2 + \frac{1}{12} \sum_{i=n-11}^n (y_i - \bar{y}_n)^2}$$

$$\bar{x}_n = \frac{1}{12} \sum_{i=n-11}^n x_i$$

$$\bar{y}_n = \frac{1}{12} \sum_{i=n-11}^n y_i$$
(1)

그림 4는 사용자가 보행을 하는 동안 측정한 지자기 센서 값의 표준편차를 구한 결과이다. 그림과 같이 표준편차 0.01을 기준으로 이보다 클 때에는 보행 중이며, 이보다 작을 때에는 제자리에 멈춰 있었다. 따라서 Zero velocity update시 보행 여부를 판단하는 기준으로 앞의 Z 축 가속도의 표준 편차 값을 이용하는 대신 지자기 센서의 표준편차를 이용하여 구하고 그 결과를 비교해 보았다.

앞에서 언급한 보행 거리를 추정하는 방법들을 비교해 본 결과가 그림 5와 같다. 파란색 실선이 중력방향 가속도 센서 값만을 이용하여 보행 정보를 판단하

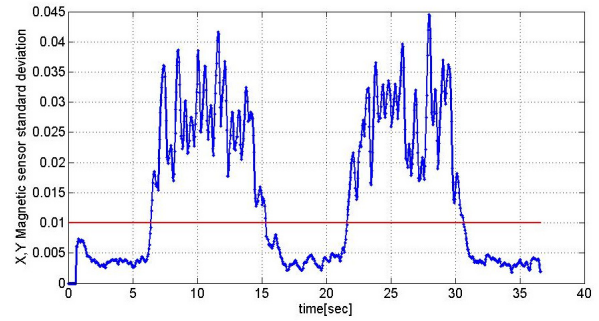


Fig. 4. Standard Deviation of Last 12 Measurements when the Pedestrian Repeats Walking and Standing

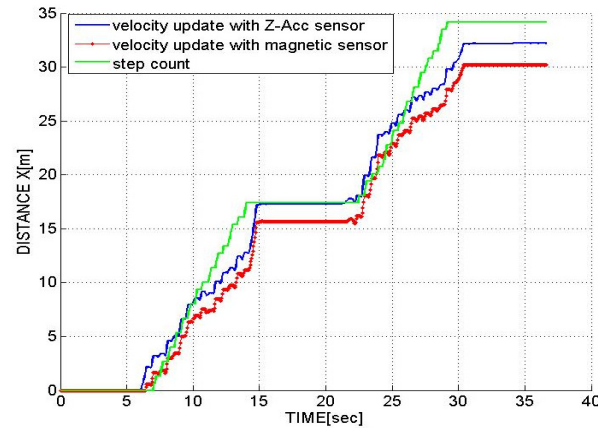


Fig. 5. Comparison and Compensation Effects of Zero Velocity Updates

여 Zero Velocity Update를 한 것, 붉은 파선은 지자기 센서를 이용하여 보행 정보 판단을 한 결과이다. 이들 과 비교 하기 위해 한 걸음 걸었을 때마다 보폭 거리를 더하여 구한 방법도 녹색 점선으로 표시하였다. 보행자는 실제로 15m 직진 후 정지, 이후 출발 점으로부터 30m 되는 지점에서 정지 하였으므로 지자기 센서를 이용하여 보행정보를 판단하는 방법이 가장 오차가 적었다. 그러나 평균 보폭을 구하여 보행 거리를 구하는 방법도 실제와 약 1m 정도 오차만 발생하였으므로, 높은 정확도 대신 적은 연산 과정을 필요로 하는 경우 효과적으로 사용할 수 있다.

위와 같은 방법들은 가속도 센서를 통하여 보행 거리를 구할 시 발생하는 적분 누적 오차에 대한 효과적인 해결책이 된다. 그러나 초기에 설정한 축 정렬과 달라져 진행 방향 가속도 측정 값에 중력 가속도가 일부 포함되며 발생하는 편류 문제를 해결하는 데에는 한계가 있다. 따라서 보행자가 정지할 경우, 혹은 보행

중 센서의 위치가 달라질 경우를 감지하고, 이때의 측정렬을 갱신하여 센서 값을 수정하였다.

그림 6은 각속도 센서 값을 통하여 측정 센서 축의 위치가 달라졌다고 감지 하였을 경우, 축 정렬을 수정하였을 때의 결과 그래프이며, 그림 7은 축 정렬을 하지 않고 Zero Velocity Update를 적용한 경우와 축 정렬 후 적용한 경우를 비교한 그래프이다. 그림 7의 검은색 실선이 실제 보행자가 정지 하였을 때의 위치이며, 파란색 파선인 축 정렬 수정 전 결과와 비교해 볼 때, 수정을 하지 않고 위치 추정을 할 경우 적분 누적 오차가 없어도 중력 가속도가 측정값에 포함되어 실제 값과 많은 차이를 보여준다.

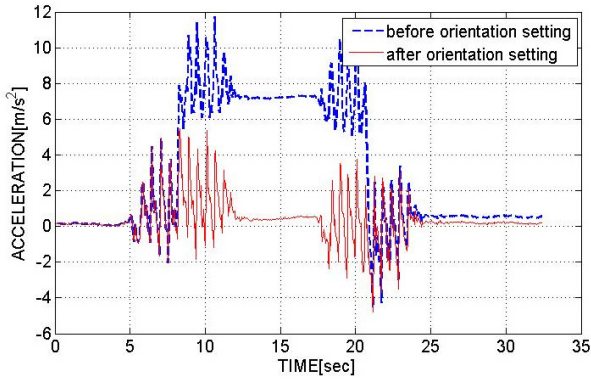


Fig. 6. The Effects of Acceleration Axis Orientation Setting: Acceleration Value

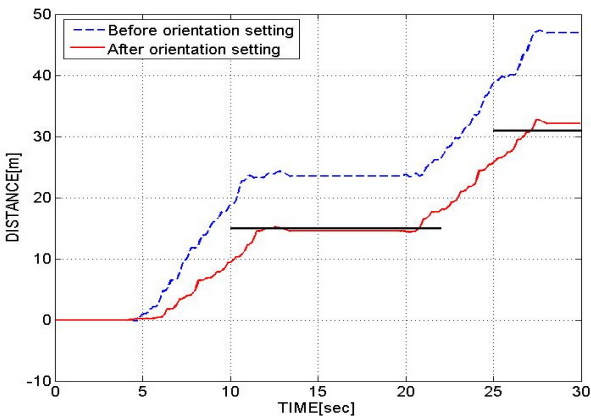


Fig. 7. The Effects of Acceleration Axis Orientation Setting: Estimated Travel Distance

4. 방향각 추정

보행자의 방향각은 중력 방향 가속도를 제외한 나

머지 두 축의 가속도 센서 값을 통하여 구할 수 있다. 진행 방향 축을 X, 그에 수직하는 축을 Y라 하고, 이를 두 번 적분하여 구한 거리 $DisX, DisY$ 를 통하여

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{DisY}{DisX}\right) \quad (2)$$

와 같은 방법으로 얻을 수 있다. 그러나 두 축 모두 센서 값을 두 번 적분하여 추정 값을 얻기 때문에 많은 누적오차가 발생한다. 그러나 중력 방향 축을 기준으로 회전 각속도를 측정하는 센서를 한 번 적분하여 보행 방향을 구하게 되면 다른 센서를 하나 더 써야 한다는 번거로움이 있어도 누적 오차를 크게 줄일 수 있다는 장점이 있다. 하지만 각속도 센서 역시 적분과정으로 인한 누적오차가 발생하므로, 이를 보정하는 방법이 필요하다. 본 논문에서는 전자식 컴파스를 사용하였다. 전자식 컴파스는 보행자의 절대 방향각을 측정한다. 그러나 잡음이 많고 빠른 회전시에는 정확하게 감지하지 못하여 측정값이 실제 움직인 각을 정확하게 따라갈 수 없다는 단점이 있다. 반면 각속도 센서는 이러한 단점이 없는 대신 적분 누적 오차로 인한 편류 발생 문제가 있다. 각 센서가 유리한 경우가 다르므로, 어떠한 경우엔 특정 센서 값만을 사용하고 그렇지 않은 경우엔 다른 센서 값만을 사용하는 방법을 생각해 볼 수 있다. 그러나 그 센서 값만을 믿는 것이 항상 옳은 판단이라 볼 수 없고 정밀도를 높일 수 없는 한계가 있다. 즉 빠른 방향 전환에 대해서는 각속도 센서 값의 가중치를 높게 부여하고, 정지 혹은 느린 방향 전환에 대해서는 전자식 컴퍼스 값에 가중치를 크게 주면 좀 더 높은 정밀도의 방향 추정 값을 얻을 수 있을 것이다. 본 논문에서는 두 센서를 융합하는 방법으로 상보 필터를 사용하였다.

상보 필터는 특정 주파수를 기준으로 그 주파수보다 높은 주파수에 유리한 센서에 대해서 고역 통과 필터를 적용하고, 반대로 그보다 낮은 주파수에 유리한 센서에 대해서는 저역 통과 필터를 적용한다.

각속도 값을 적분하여 구한 방향각을 θ_s , 디지털 컴파스의 측정값을 θ_c 라 할 때, 상보 필터를 적용하여 구한 방향각 θ_m 은 다음과 같다.

$$\theta_m = [1 - G(s)]\theta_s + G(s)\theta_c \quad (3)$$

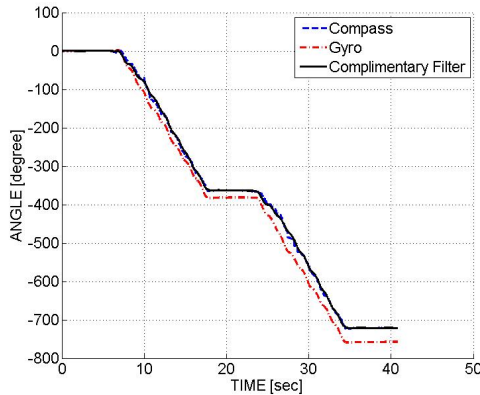
이때, 각속도 센서값에는 고역 통과 필터를, 디지털 컴파스 측정값에는 저역 통과 필터를 적용해야 하므로 $[1-G(s)]$ 는 고역 통과 필터, $G(s)$ 는 저역 통과 필터로 설계한다. 따라서 $G(s)$ 와 $[1-G(s)]$ 는

$$G(s) = \frac{sK_p + K_I}{s^2 + sK_p + K_I} \quad (4)$$

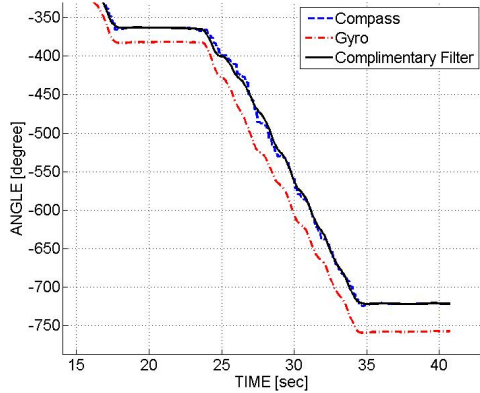
$$1-G(s) = \frac{s^2}{s^2 + sK_p + K_I} \quad (5)$$

와 같다. 위 시스템에서 K_I 는 차단 주파수의 제곱이며, 실험을 통하여 각속도 센서의 적분 편류 오차 발생 주기인 0.6rad/s , 전자식 컴파스의 측정 한계인 1.4rad/s 를 구하였다. 따라서 차단 주파수는 1rad/s 로 설계하였고, 이에 따라 $K_I=1, K_p = \sqrt{2} \times 1$ 로 설정 하였다.

그림 8은 전자식 컴파스 센서 값과 각속도 센서 값



(a)



(b)

Fig. 8. (a) Effects of Complementary Filter (b) Magnified View of the Second Data Set

을 상보 필터에 적용하여 시간에 따른 보행자의 방향각을 추정한 결과이다. 파란색 점선이 전자식 컴파스이며, 붉은 쇠선이 각속도 센서 값을 적분하여 구한 것, 검은 실선이 상보필터를 적용하여 두 센서를 융합한 결과이다. 보행자는 지름 3m의 원을 두 바퀴 돌았으며, 한 바퀴 돌 때마다 일정시간 정지하였다. 그림 8(a)는 전체 보행 시 추정 결과이며, 이 중 (b)는 두 번째 한 바퀴 주행 추정 결과를 확대한 것이다. 그림에서와 같이 시간이 지남에 따라 각속도 센서 값만을 사용하였을 때 적분 누적 오차가 발생 하는 것과, 전자식 컴파스의 많은 잡음을 확인 할 수 있다. 또한 상보 필터를 적용하였을 때 낮은 주파수의 각도 변화는 전자식 컴파스 값을 따르면서, 각속도 센서와 같이 잡음이 적어 지므로 좀 더 실제와 비슷한 방향각을 구할 수 있음을 확인할 수 있다.

5. 최종 보행 경로 추정

사용자의 보행 정보에 대해 추정하는 과정을 정리하면 그림 9와 같다. 가속도 센서를 통해 얻은 측정값을 중력 가속도와 각속도 센서를 통하여 변화된 측정값을 수정하고, 지자기 센서의 표준 편차를 사용하여 얻은 보행 정보를 토대로 Zero Velocity Update를 수행하여 보행 속도를 구한다. 또한 각속도 센서와 전자식 컴파스 간의 상보 필터를 사용하여 보행자의 이동 방향을 구한다.

위 그림에서 설명한 추정기의 출력인 보행속도(ΔX)와 이동 방향(θ) 정보를 사용하여 전역 좌표계를 기준으로 기술한 보행자의 최종 위치를 계산한다.

앞서 소개한 보행 거리 및 방향각을 추정하여 실제 보행자의 실내 위치 추정 성능 실험은 다음과 같이 수

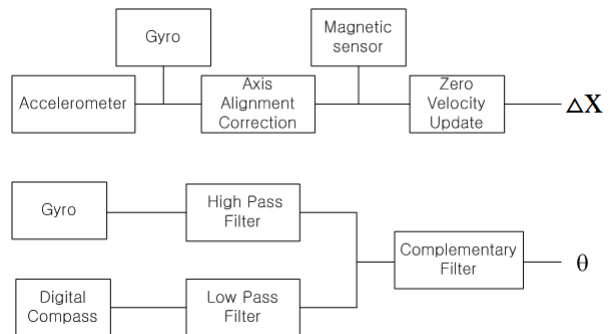


Fig. 9. Pedestrian Localization Estimator

행하였다. 보행자는 길이 46m의 복도를 걸었으며 직진 도중 임의로 약 5초간 멈추었다. 복도의 끝 지점에서 지름 3.1m의 원형 트랙을 돌았고, 왔던 길을 그대로 돌아와 처음 출발 지점에서 24m 떨어진 지점에서 멈추었다.

그림 10의 파란 파선은 실제 보행 경로이며, 검은 색 화살표는 경로 추정 결과를 나타낸다. 최종 도착 지점은 붉은 실선으로 표시하였다. 도착 위치로 볼 때, 실제 움직인 경로와 추정 결과는 X 축으로 약 0.5m, Y축으로 약 0.5m의 오차가 있었다.

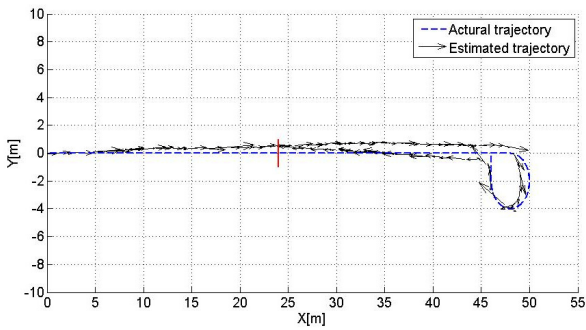


Fig. 10. Pedestrian Localization: Experimental Results

5. 결론

본 논문에서는 가속도 센서 값을 사용하여 사용자의 위치를 추정하고 각속도 및 디지털 컴파스를 사용하여 방향각을 측정하였다. 이 과정에서 지자기 센서 값을 사용하여 보행정보를 파악하고 축 정렬을 수정함으로써 편류 오차 및 적분 누적 오차를 제거하였다. 또한 각속도와 디지털 컴파스의 주파수 특성을 파악하여 두 센서를 보상 필터를 사용하여 융합하고 이로 인해 발생하는 방향각 추정 시 발생하는 누적오차를 줄일 수 있도록 제안하였다. 이를 실제 실내 보행 시 측정 실험을 통하여 그 성능을 확인하였다.

참고문헌

[1] G. Chung, et al. "Technical Trend of the Location based Service for the Smartphone", The Journal of Telecommunications Technology Association Vol.130, pp.75-81, July, 2010
 [2] Lashkari, A.H., "WIFI-Based Indoor Positioning

System", Computer and Network Technology (ICCNT), 2010 Second International Conference on, pp.76-78, April, 2010
 [3] Ni, L.M., Yunhao Liu, Yiu Cho Lau, Patil, A.P., "LANDMARC: indoor location sensing using active RFID", Pervasive Computing and Communications, 2003, pp.407-415, March, 2003
 [4] HuisungKim, Sooyong Lee, "Pedestrian Localization using Artificial Landmarks", The Journal of Korean Institute of Next Generation Computing, Vol.6, No.1, pp.42-48, February, 2010
 [5] Jaewoo Chung, Matt Donahoe, Chris Schmandt, Ig-Jae Kim, "Indoor Location Sensing Using Geo-Magnetism", Proceedings of the 9th international conference on Mobile systems, applications (MobiSys, 2011), and services, pp.141-154, July, 2011
 [6] Chung, J., Kim, I., Schmandt, C., "Guiding Light: Navigation Assistance System Using Projection Based Augmented Reality", In Proceeding of 2011 IEEE International Conference on Consumer Electronics
 [7] Stephane Beauregard, Harald Haas, "Pedestrian Dead Reckoning: A Basis for Personal Positioning", proceedings of the 3rd workshop on positioning, navigation and communication (WPNC'06), pp.27-36, March, 2006
 [8] S. H. Shin, M. S. Lee and C. G. Park," Pedestrian Dead Reckoning System with Phone Location Awareness Algorithm", Position Location and Navigation Symposium (PLANS, IEEE/ION 2010), pp.97-101, May, 2010
 [9] S. Shin, et al. "Step Length Estimation Algorithms Using the Sensor Module Equipped on the Shoe", The 12th GNSS Workshop, December, 2005
 [10] S. K. Hong, S. Moon, Y. Ryuh, "Angle measurements for mobile robots with filtering of short-term noise in inertial sensors," Transactions of the Institute of Measurement and Control, vol.33, pp.650-664, February, 2010
 [11] J. Han, et al. "Complementary Filtering for the Self-Localization of Indoor Autonomous Mobile

Robots”, The Journal of Institute of Control, Robotics and Systems, Vol.16, pp.1110-1116, November, 2011

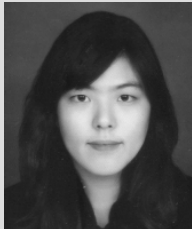
- [12] K.Abdulrahim, C.Hide, T.Moore, C.Hill, “Aiding MEMS IMU with Building Heading for Indoor Pedestrian Navigation”, Ubiquitous Positioning Indoor Navigation and Location Based Service (UPINLBS, IEEE 2010), pp.1-6, October, 2010
- [13] Suh, Y. S., Park, S., “Pedestrian Inertial Navigation with Gait Phase Detection Assisted Zero Velocity Updating”, Proceedings of the 4th International Conference on Autonomous Robots and Agents, pp.336-341, 2009
- [14] Lauro Ojeda, Johann Borenstein, “Non-GPS Navigation for Security Personnel and First Responders”, Journal of Navigation, Vol. 60 No. 3, pp.391-407, September, 200



이수용

1989 서울대학교 기계공학과 (공학사)
 1991 서울대학교 기계설계학과(공학석사)
 1996 MIT 기계공학과(공학박사)

1996~1999 한국과학기술연구원 선임연구원
 2000~2003 Texas A&M대학 기계공학과 조교수
 2003~현재 홍익대학교 기계시스템디자인공학과 교수
 관심분야: Robotics



김주영

2012 홍익대학교 기계시스템 디자인공학과 졸업
 현재 홍익대학교 대학원 기계공학과 석사과정 재학중.
 관심분야: Robotics