

## 무선 환경의 위치 정보 오차 개선을 위한 스마트폰 센서 기반 실내 위치 추적 시스템

# Smart Phone Sensor-Based Indoor Location Tracking System for Improving the Location Error of the Radio Environment

이 대 영<sup>1\*</sup> · 강 영 흥<sup>2</sup>

<sup>1</sup>국립군산대학교 전자정보공학부

<sup>2</sup>국립군산대학교 정보통신공학과

Dae-young Lee<sup>1\*</sup> · Young-heung Kang<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Electronics & Information Engineering, Kunsan National University, Jeollabuk-do 573-701, Korea

<sup>2</sup>Department of Information Telecommunication, Kunsan National University, Jeollabuk-do 573-701, Korea

### [요 약]

본 논문에서는 실내 위치 추적의 오차를 개선하기 위해 AP (access point)의 RSSI (received signal strength indication)가 미약한 지점에서 위치 정보의 정확성을 높일 수 있도록 스마트폰 센서를 이용하여 사용자의 보행정보를 검출하여 실내 위치 추적 오차를 개선할 수 있는 실내 위치 추적 시스템을 제안한다. 가속도 센서는 사용자의 보행 중 활동을 감지하고 이를 이용하여 보폭과 이동 거리를 검출할 수 있고, 방향 센서는 디지털 나침반으로써 활용되어 사용자의 이동 방향을 검출한다. 실험을 통해 센서를 이용한 보행 정보 검출 결과 걸음 수와 이동방향 검출에 대해 정확도를 높였다. 따라서 추가적인 장비와 비용 없이 센서와 RSSI를 활용하여 사용자의 이동 방향과 거리를 추정하고 기존 실내 위치 추적 시스템에서 오차를 보정할 수 있는 가능성을 확인하였다.

### [Abstract]

In this paper, in order to improve the error is utilized to location tracking the smart sensor detects a walking information user, RSSI is to provide an indoor position tracking system that is capable of correcting an error in terms weak. The acceleration sensor is able to detect the activity in the user walking and detects the number of step and the moving distance using the same. The Direction sensor is utilized as a digital compass, to detect the moving direction of the user. As a result of detecting the walking information using the sensor, it can be showed that this proposed indoor positioning system has a high degree of accuracy for the number of steps and the movement direction. Therefore, this paper shows that the proposed technique can correct the error of the location information to be problem in the conventional indoor location system which uses the only Wi-Fi APs by estimating the user's movement direction and distance using the sensors in smartphone without an additional equipment and cost.

**Key word** : Accelerometer, Direction sensor, Indoor location, Location-based service, Triangulation.

<http://dx.doi.org/10.12673/jant.2015.19.1.74>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Received 28 January 2015; Revised 2 February 2015

Accepted (Publication) 17 February 2015 (28 February 2015)

\*Corresponding Author; Dae-Young Lee

Tel: +82-10-7170-6981

E-mail: dylee@kunsan.ac.kr

## I. 서 론

최근 스마트폰은 일반 컴퓨터의 성능 못지않게 대용량 및 고성능을 갖춘 것은 물론이고 빠른 속도의 인터넷으로 사용자들에게 다양한 서비스와 정보를 제공하고 있다. 즉, 스마트폰 하나로 무선통신 환경에서 다양한 콘텐츠를 제공하고 수요를 창출해내고 있으며 이와 관련된 연구 및 개발들이 이루어지고 있다.

위치기반서비스의 대표적인 기술 중 하나이며 이전의 서비스에서 흔히 사용되는 기술로는 위성항법장치 (GPS; global positioning system)를 사용한 내비게이션 등의 실외 환경에서의 위치 서비스를 생각할 수 있다. GPS는 실외에서 수 m 이내의 오차 범위에서 위치 서비스를 제공하지만 위성을 이용하여 위치정보를 수신하기 때문에 실내 환경이나 우거진 숲속, 터널 등의 환경에서는 GPS 신호를 수신할 수 없거나 미약하므로 실내 위치 정보를 제공하는 수단으로 사용하기에는 부적합하다. 따라서 최근 국내의 기업들은 실내 위치 관련 기술 확보 및 서비스 기술로 WPS (Wi-Fi based positioning system) 방식을 활용하는데 특히 AP (access point)의 신호 세기 (RSSI; received signal strength indicator)를 이용한 삼각측량법(Triangulation)이나 Fingerprinting 기법을 사용하고 있다. 그러나 이 방법은 AP 수와 RSSI에 따라 사용자 위치를 대략적으로 파악하기 때문에 이런 변수에 따른 오차 범위가 매우 심하게 나타날 수 있다.

스마트폰에는 가속도, 자이로스코프, 방향, 중력, 조도, 근접 센서 등이 내장되어 있다. 3 축 가속도 센서나 자이로스코프 센서는 축 방향 값을 추출하여 계산하면 스마트폰 사용자의 걸음 수, 이동거리, 속도 등의 보행 정보를 얻을 수 있고 방향 센서를 통해 보행 방향을 추측할 수 있기 때문에 스마트폰에 내장된 센서를 활용한 추측방법과 위치 추적이 가능하다[1].

본 논문에서는 실내 위치 측위 환경을 구축하는데 많은 시간과 비용을 사용함이 없고 추가적인 모듈의 사용도 필요하지 않는 위치 추적 시스템을 제안한다. 특히 Wi-Fi의 RSSI를 이용한 위치 추적의 문제점을 개선하기 위해서 스마트폰 사용자의 보행 정보 검출 알고리즘을 Wi-Fi의 RSSI가 약하거나 불규칙한 실내에서 위치를 보정할 수 있는 시스템을 제안한다.

## II. 제안하는 실내 위치 추적 시스템

그림 1의 알고리즘은 기존 Wi-Fi를 이용한 실내 위치 추적 방식에서 스마트폰이 서버에 등록된 AP를 통해 RSSI를 측정하는데 신호가 불안정하거나 측정이 불가능한 범위부터 스마트폰 센서를 통해 사용자의 보행정보를 검출하고 위치를 보정할 수 있도록 하는 스위칭 기법이다. 실내 지도 정보를 확보하고 있는 상태에서 실내 각 위치를 좌표화하여 고정된 3 개 이상의 AP와 MAC 정보를 스마트폰에서 감지하고 DB와 일치하는 AP들의 RSSI들을 측정하고 각 신호들이 실내 위치 추적에 적합한

신호인지를 검사하고 안정적인 신호라면 삼각측량법을 이용하여 사용자의 위치를 실내 지도 좌표 위에 위치시키도록 하고 불안정 신호라면 스마트폰 센서를 통하여 사용자 보행정보를 획득하고 위치 추적 오차를 보완하도록 스위칭 시스템으로 구성한다.

### 2-1 스마트폰 센서를 이용한 실내 위치 추적

실내 위치 추적을 위해서는 걸음 수, 이동거리, 방향 등의 보행 정보가 필수적이기 때문에 스마트폰의 가속도 센서로 걸음 수 및 이동거리 검출, 지자기 센서를 디지털 나침반으로 활용할 수 있다. 스마트폰 사용자가 보행 시 스마트폰 센서 값의 특징을 분석하기 위해서 스마트폰 사용자가 평지에서 보행할 경우의 데이터를 측정하였다. 그림 2는 초당 3축 가속도 센서 값을 나타내고 있는데 보행 중 한 걸음마다 일정하지 않지만 대략 최고점과 최저점의 차이(peak-to-peak)를 나타내고 있고, 특히 제자리에서 대기 중 센서 값을 보면 완전한 0 값이 아닌 것을 확인할 수 있다. 이는 손의 떨림이나 기타 잡음을 포함하고 있기 때문이다. 이러한 잡음들은 사용자의 보행 정보를 검출하는데 큰 오차를 가져온다. 따라서 잡음들만을 제거하고 부드러운 완전한 데이터로 변환시키기 위해 저역통과필터(LPF; low pass filter)나 KF(Kalman filter)를 이용하도록 하였다[2].

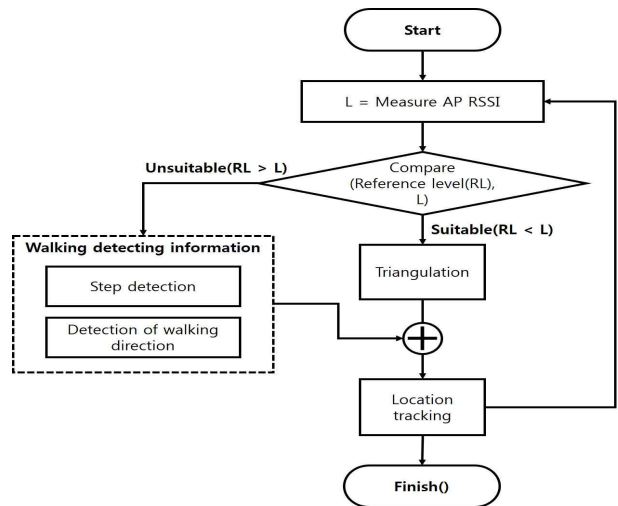


그림 1. 제안하는 실내 위치 추적 시스템 알고리즘  
Fig. 1. The proposed algorithm of the indoor positioning system.

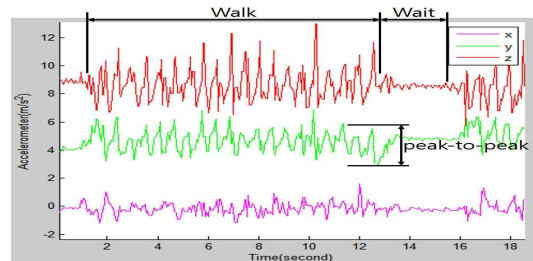


그림 2. 보행 중 측정된 3축 가속도 센서 값  
Fig. 2. The 3-axis acceleration sensor value during walking.

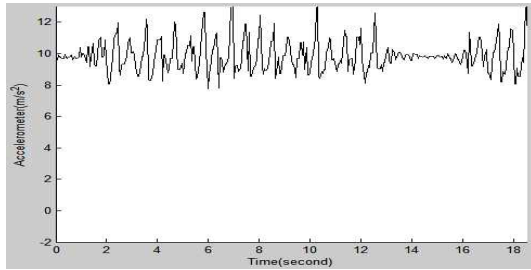
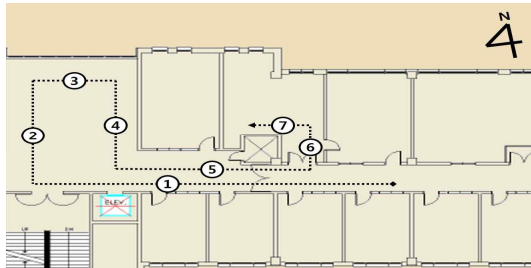
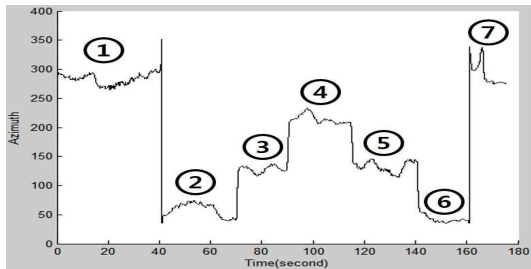


그림 3. 3축 가속도 센서의 합산 값  
Fig. 3. 3-axis acceleration sensor sum.



(a) The direction of movement of the pedestrian



(b) Orientation sensor measurements per section

그림 4. 보행자의 이동 방향과 센서 값  
Fig. 4. Actual movement direction and sensor values.

가속도 센서의 각 축의 높낮이는 스마트폰의 각 축이 바라보는 방향에 따라 값이 바뀐다. 따라서 보행 정보를 검출하기 위해서는 센서의 세 값을 식 1을 활용하여 하나의 값으로 합산이 이루어져야 한다.

$$E_i = \sqrt{x_i^2 + y_i^2 + z_i^2}, (i = 1, 2, 3, \dots) \quad (1)$$

방향 센서의 3축 값에서 실질적으로 방향을 나타내는 축은 x 축이다. 스마트폰의 x 축은 방향은 방위각을 0~359°로 표현하며 보행자의 이동방향과 스마트폰의 x 축의 방향을 일치시켜 그림 4(a)와 같이 각 구간별 방향 센서를 측정된 결과 그림 3(b)와 같이 방위각 값을 얻을 수 있다.

그림 4(b)의 그래프 값의 각 구간에서 스마트폰의 방향 전환에 따라 방위각 크기의 변화가 나타나지만 직립보행 중에는 주변 환경에 따라 잡음과 간섭이 포함된 센서 값이 측정되었다. 특히 그림 5에서 ①에서 ②로, ②에서 ③으로 방향을 전환할 때 센서 값의 큰 잡음이 발생하고 보행 방향이 측정되는 것을 알

수 있다. 실제 방위각과 스마트폰을 통해 검출된 방위각을 비교하여 분석한 결과 최대 오차 범위 각이 적게는 10°에서 크게는 30°까지 나타나는데 이는 스마트폰의 방향 센서가 주변 건물 벽이나 전자기기 등에 대하여 자기장의 영향으로 인하여 실제 방위각과 다르게 측정되었다. 즉 각 건물마다 고유의 자기장이 있으며 이에 대한 고유의 센서 값을 통해 해당 건물의 방향 검출이 다시 이루어져야 한다[3].

### 2-2 Wi-Fi RSSI를 이용한 실내 위치 추적

Wi-Fi의 RSSI를 이용한 실내 위치 추적 시스템의 시스템 환경은 그림 5와 같다. 세 개의 고정된 AP의 범위 안에 있는 스마트폰은 각 AP로부터 나오는 좌표 정보와 RSSI를 전달받고 이를 이용하여 거리를 측정하고 사용자의 위치에 해당하는 좌표를 계산하고 추정하도록 한다.

RSSI는 거리에 따라 일정한 관계를 수학적으로 변환하여 사용한다. RSSI에 따라 송·수신기 사이의 거리를 구하는 함수는 여러 모델로 소개되고 있다[4]. 이론적으로 송·수신기가 가까울수록 무선 환경이 좋고 멀어질수록 불량하다고 할 수 있지만 송·수신기 사이에 아무런 장애물이 없다 해도 신호의 전파 특성은 다양한 요인에 따라서 영향을 받는다. 그러나 무선 랜과 같은 짧은 거리에서는 경로 손실(path loss)이나 감쇠를 무시할 수 있다. path loss를 계산하는 공식은 다음과 같다[5].

자유공간에서의 경로 손실(FSPL; free space path Loss)의 단위는 dB로 표현할 수 있으며 식 2를 통해 거리 단위가 m이고 주파수 단위가 Hz인 경우의 FSPL의 관계는 Friis의 공식을 아래 식 3과 같이 유도할 수 있다.

$$Pathloss = \left(\frac{4\pi d}{\lambda}\right)^2 = \left(\frac{4\pi df}{c}\right)^2 \quad (2)$$

$$FSPL[dB] = 10\log_{10}\left(\frac{4\pi df}{c}\right)^2 = 10 \times 2\log_{10}\left(\frac{4\pi df}{c}\right) \quad (3)$$

$$= 20\log_{10}(d) + 20\log_{10}(f) + 20\log_{10}\left(\frac{4\pi}{c}\right)$$

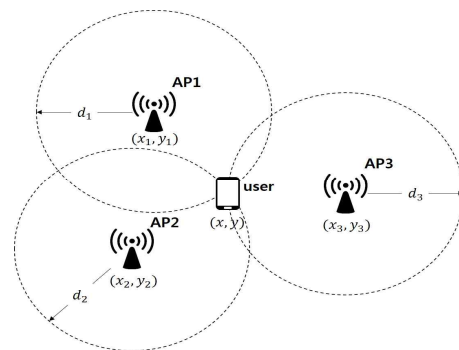


그림 5. RSSI를 이용한 위치 추적 시스템 환경  
Fig. 5. Position tracking system environment using the RSSI.

표 1.  $d$ 와  $f$  값에 따른 상수 값

Table 1. Constant value according to the  $d$  and  $f$ .

$d$	$f$	상수
meter	Hz	-147.55
meter	KHz	-87.55
meter	MHz	-27.55
kilometer	MHz	32.45

식 3에서 마지막 상수 값은 표 1과 같이  $d$ 와  $f$  값에 대하여 각각 다르다. 이 식을 통해 AP에서 수신된 RSSI 값을 거리  $d$ 로 환산할 수 있다. 그 식은 다음 식 4와 같다.

$$d = \frac{\lambda}{4\pi} \times 10^{\frac{RSSI}{20}} = \frac{c}{4\pi f} \times 10^{\frac{RSSI}{20}} \quad (4)$$

고정된 각 AP의 위치 좌표  $(x_1, y_1), (x_2, y_2), (x_3, y_3)$ 와 각 AP와 스마트폰과의 RSSI를 이용해 계산한 거리( $d_1, d_2, d_3$ )는 삼각측량 계산법인 식 5를 활용할 수 있다[6].

$$\begin{aligned} d_1^2 &= \sqrt{(x-x_1)^2 + (y-y_1)^2} \\ d_2^2 &= \sqrt{(x-x_2)^2 + (y-y_2)^2} \\ d_3^2 &= \sqrt{(x-x_3)^2 + (y-y_3)^2} \end{aligned} \quad (5)$$

### 2-3 실험 방법

스마트폰 센서를 이용하여 보행 정보를 검출하기 위한 실험 방법은 사용자가 실내 내비게이션을 실행하여 화면을 보며 보행한다는 것을 가정하여 사용자 특성에 대한 다양한 변수들은 제외한 평균적·일반적인 환경에서 센서 데이터를 측정하였다.

사용자가 스마트폰을 들고 화면을 보고 있는 상태에서 느린 걸음, 보통 걸음, 빠른 걸음 세 가지 방법으로 일직선상으로 보행하도록 하여 이에 대한 센서 데이터를 저장하고 이 값들을 통해 사용자의 보행 패턴을 분석하여 걸음 수를 검출하도록 한다.

위치 추적을 위해 그림 6과 같은 실내 지도와 임의의 가상 좌표를 매칭시켜 AP의 실제 위치를 각각  $(x_1, y_1), (x_2, y_2), (x_3, y_3)$ 로 좌표에 저장한다. AP의 MAC 주소와 좌표를 DB에 확보하도록 하여 이동 시 실제 이동 루트와 위치 추적 루트를 비교한다.

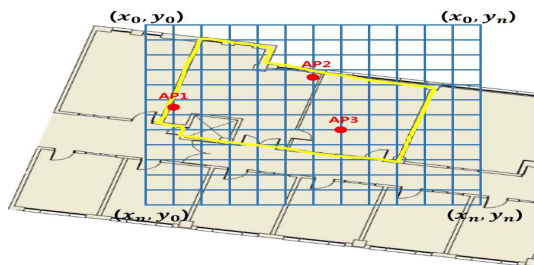


그림 6. 실내 위치 지도 및 AP 위치 표시  
Fig. 6. View indoor maps and AP location.

### 2-4 실험 결과

측정한 센서 값은 LPF와 KF 과정을 거쳐 잡음을 제거하고 부드럽고 완만한 값으로 보정되었다. 사용자의 현재 상태가 보행 중인지 대기 중인지 판단하기 위해서는 가속도 센서 값을 peak-to-peak의 판단 기준점, 즉 peak 임계값을 설정한다. peak 임계의 범위는 그림 7과 같다. 센서 값이 임계값 사이일 때 잡음과 비 보행 상태로 판단하고 그 이상 값일 때 보행 상태로 판단하여 걸음 수를 검출한다. 임계값에 대해 보행 상태가 유효하면 임계값의 최댓값으로 정렬하고 그렇지 않으면 대기 상태로 강제 다운시킨다. 따라서 걸음 수 검출 결과는 그림 8과 같이 표현되며 사용자의 보행 정보 검출 시 파형의 한주기가 사용자의 한 걸음을 나타내고 있다. 표 2는 피실험자의 실제 걸음 수와 검출 결과 비교한 표이로 스마트폰의 고정된 파지 법으로 직립 보행에 대한 결과 값이며 실험 결과 장거리일수록 오차 누적이 발생하였다. 특히 실제 걸음 수와 센서를 이용한 검출 걸음 수를 비교 하였을 때 미 검출 수보다 과 검출 수에 대한 오차가 더 높게 나타났다. 이는 가속도 센서 값 중 필터링을 통해서도 제거되지 않은 잡음이 보행 정보로 인식되어 검출되었기 때문이다. 따라서 이에 대해 걸음 수와 잡음의 정확한 필터링이 요구된다.

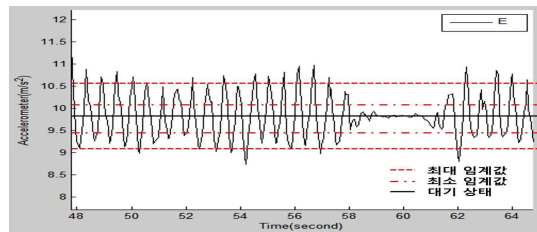


그림 7. 센서 값의 임계값 범위  
Fig. 7. Threshold range of sensor values.

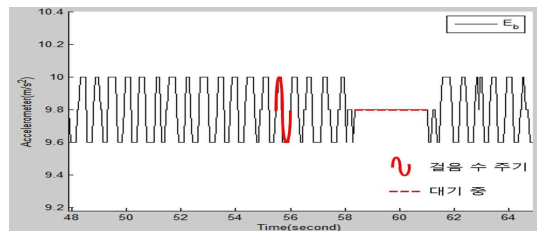


그림 8. 사용자의 보행 정보 검출 결과  
Fig. 8. Walking information detection result.

표 2. 실제 걸음 수와 검출 걸음 수 비교표

Table 2. The actual step count and detection step count comparison.

걸음 속도	피실험자	실제 걸음 수	검출 걸음 수	미검출수	과검출수	정확도
느린 걸음	A	100	97	·	3	97 %
	B	85	85	·	·	100 %
	C	12	112	·	8	93 %
보통 걸음	A	95	96	1	·	99 %
	B	87	84	·	3	97 %
	C	105	105	·	·	100 %
빠른 걸음	A	99	95	·	4	95 %
	B	90	92	2	·	98 %
	C	107	103	·	4	96 %



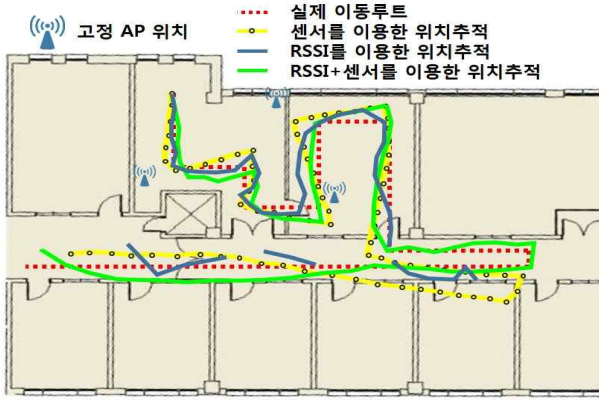


그림 9. 위치 결정 방법에 따라 위치 추적의 결과  
 Fig. 9. Result of the position tracking along the positioning method.

표 3. 성능 측정하기 위한 실험적 조건  
 Table 3. Experimental conditions for performance measurement.

시험 환경	2-3. 실험 방법과 동일	
AP 환경	주요사양	11AC / 2.4, 5 GHz Dual band / 2Tx-2Rx 867 Mbps WiFi 4LAN 포트 유무선공유기 / 5 dbi, 4ANT
	Wireless Interface	802.11 a/b/g/n/ac

### III. 성능 평가

제안하는 위치 추적 시스템의 성능 평가 방법 표 3의 조건에 따라 기존 Wi-Fi의 RSSI를 이용한 삼각측량 기법의 위치 추적 방법과 스마트폰 센서를 이용한 보행 정보 검출을 통한 위치 추적 방법의 성능을 비교 분석하고 기존의 위치 추적 방식에서 RSSI가 미약한 범위에서 스마트폰 센서로 검출된 보행 정보로 위치 추적을 보완하여 갱신하였을 때 각각 실제 이동 경로와 스마트폰에서 제안한 기법의 검출된 경로와 비교 분석한다.

#### 3-1 Wi-Fi RSSI를 이용한 삼각측량 기법

현재 보편적으로 사용되고 있는 기존의 Wi-Fi RSSI를 이용한 삼각측량 방식의 위치 추적의 성능 평가는 다음과 같다. 그림 9와 같이 스마트폰이 등록된 3 개의 AP에서 RSSI가 안정적으로 잡히는 실험실 내에서 이동을 시작하여 RSSI가 점차 약해지고 측정이 불가능한 복도까지 이동하면서 각 이동 지점에서 삼각측량 방식으로 위치를 추적하고 추적한 위치의 경로를 각각 좌표화하여 실제 이동 경로와 비교하였다. AP의 RSSI가 안정적인 실험실 내에서는 위치 추적의 정확도가 비교적 높게 나타났다지만 RSSI가 약한 실험실 입구 부분에서는 정확도가 떨어졌으며 복도 복근과 같이 3 개의 AP 중 하나의 신호 범위가 벗어난 위치에선 위치 추적 자체가 불가능하였다.

#### 3-2 센서를 이용한 보행 정보 검출 기법

스마트폰 센서 기반의 보행 정보 검출 기법은 사용자가 이동 시 스마트폰의 가속도 센서와 방향 센서를 이용하여 사용자의 걸음 수와 이동 방향을 각각 검출한다. 지정된 경로를 따라 이동 시 사용자의 한 걸음마다 센서 기반의 보행 정보에 따른 현재 위치를 좌표로 기록한 결과이다. 무선 환경의 위치 추적을 배제한 센서만을 이용한 위치 추적 성능을 확인하기 위해 사용자의 초기 위치는 직접 설정 한 후 실험을 진행하였다. 그림 9에서 실제 이동 경로와 센서 기반의 위치 추적 검출 결과를 비교 하면 이동거리의 정확도가 높게 나타났다. 그러나 방향 센서에 의한 이동방향은 최초 오차 발생 시 오차가 누적되는 현상이 나타났다. 방향 센서의 최초 오차는 사용자가 방향 전환 직후의 방향 값에 대해서 발생하였다. 따라서 사용자의 보행 상태에 따른 정확한 센서의 데이터 전달과 분석에 따른 보행 정보 검출 필요하다.

#### 3-3 센서와 RSSI를 이용한 위치 추적 시스템

본 논문에서 제안하는 위치 추적 시스템은 AP의 RSSI를 이용하여 스마트폰의 위치 추적을 시작하고 RSSI의 범위에서 이탈 시 센서가 이어서 사용자의 보행 정보를 검출하여 위치 추적을 시작하도록 설정하였다. Wi-Fi의 RSSI가 안정적인 실험실 내에서는 삼각측량 방식으로 사용자의 위치를 추적하였고 RSSI가 불안정하거나 신호 측정이 불가능한 복도 복근에서부터는 센서 기반의 보행 정보에 의해 사용자의 위치를 보정한 결과이다. 센서 기반의 보행 정보 검출 기법에 의한 사용자 위치 추적 중에도 스마트폰은 계속적으로 Wi-Fi의 RSSI가 위치 추적이 가능한지 검사하고 스마트폰과 AP 간에 RSSI에 따라 두 방식이 융합될 수 있도록 한다. 따라서 스마트폰이 AP의 신호 범위에서 벗어나 위치 추적이 불가능한 구역에서 제안하는 센서를 이용한 보행 정보 검출 기법으로 현재 위치를 보정할 수 있다.

### IV. 결론

본 논문에서는 기존의 RSSI를 이용한 스마트폰 위치 추적 방식에서 나타나는 위치 추적 오차 문제를 해결하기 위해서 스마트폰 센서를 기반으로 사용자를 추적하고 오차를 보정할 수 있는 시스템을 제안하였다. 제안하는 스마트폰 센서 기반의 위치 추적 시스템은 사용자가 스마트폰을 들고 보행 시 가속도 센서를 이용해서 걸음 수의 계산 및 이동거리를 추정하고 방향 센서와 방향 센서를 이용하여 사용자의 이동 방향을 추정한다. 이 기법을 통해 검출된 사용자의 보행 정보는 Wi-Fi의 RSSI가 미약하거나 측정이 불가능한 실내 서비스 범위에서 나타나는 위치 추적 오차를 보정할 수 있다.

측위가 가능한 최소의 AP가 설치된 실내 환경에서 본 논문

에서 제안한 위치 추적 시스템의 성능을 평가 및 분석하였다. 실험 분석 결과 기존의 Wi-Fi 기반 삼각측량 방식의 위치 추적 기법은 스마트폰과 AP 간에 RSSI가 모두 안정적일 때 위치 추적의 정확성은 높았으나 RSSI가 미약하거나 스마트폰이 AP들 중 하나의 신호 범위에 벗어나 RSSI 측정이 불가능한 구역에서는 오차가 많이 발생하거나 위치 추적이 불가능함을 확인하였다. 그러나 논문에서 제안한 스마트폰 센서 기반의 보행 정보 검출 기법은 가속도 센서에 의한 걸음 수와 이동거리 검출에서 실제 이동 경로와 정확성이 높게 나타났지만 방향 센서에 의한 이동방향 검출에서는 최초 오차가 발생 후 오차 누적 현상이 발생하였다. 이 오차는 사용자가 이동방향을 전환한 후에 방향을 검출할 때 나타나는 것을 확인하였고, 이 오차를 줄이기 위해서는 방향 전환 시의 센서 값의 보정이 필요함을 알 수 있었다. 실험을 통해서 기존의 Wi-Fi 기반 삼각측량 방식의 위치 추적 기법에서 RSSI의 위치 추적이 부정확한 서비스 구역에서 센서 정보에 의한 사용자의 보행 정보를 활용하여 위치정보를 보정이 가능한 것으로 확인하였다. 따라서 스마트폰 센서 기반의 보행 정보 검출 기법은 Wi-Fi 기반 삼각측량 방식뿐만 아니라 기존의 무선 환경의 위치 추적 방식에서 무선 신호가 불안정한 범위에서 위치 추적이 어려울 때 위치 추적에 활용할 수 있다.

향후 스마트폰 사용자의 신체적 특성과 다양한 변수에 따른 정확도 개선을 위해 자이로 센서를 활용하여 사용자의 다양한 활동과 자세 등을 감지하고 이를 위치정보에 적용시킬 수 있는 추가적인 연구가 필요하다. 또한 무선 환경에서의 위치 추적 방식에서 스마트폰과 AP 간의 RSSI의 간섭 및 감쇠 문제를 개선할 수 있다면 실내에서의 위치 추적 정확도를 더 개선할 수 있다.

[1] M. H. Park, H. M. Sim, E. H. Lee and S. H. Hong, "Design and implementation of personal navigation system by using inertial sensor for old and weak," *The Institute of Electronics and Information Engineers Summer General Conference*, Hoseo University: Korea, Vol. 27, No. 1, pp. 1493-1496, Jun. 2004.

[2] J. Y. Kim and S. Y. Lee, "Sensor information filter for enhancing the indoor pedestrian localization accuracy," *Journal of Korea Robotics Society*, Vol. 7, No. 4, pp. 276-283, Dec. 2012.

[3] W. K. Kang, J. P. Ko, Y. H. Kim, T. S. jin and J. M. Lee, "Robust design of an electronic compass system for external magnetic interference field," *Joint Conference Papers Conference on the Korean Institute of Communications and Information Sciences, The Institute of Electronics and Information Engineers Busan, Gyeongnam branch*, Pusan University: Korea, Vol. 9, No. 2, pp. 47-53, Jun. 2003.

[4] C. G. Lim, O. S. Kang, C. Y. Lee and K. C. Kim, "Design and implementation of RSSI-based intelligent location estimation system," *Society for internet information journal*, Vol. 14, No. 6, pp. 9-18, Dec. 2013.

[5] Wikipedia Free space path loss, [Internet]. Available: [http://en.wikipedia.org/wiki/Free-space\\_path\\_loss](http://en.wikipedia.org/wiki/Free-space_path_loss)

[6] S. U. Choi, H. S. Park, S. H. Lee, M. H. Son, Y. H. Koo, K. S. Park and T. S. Kim, "An indoor location recognition scheme combining the triangulation method and fingerprinting," *Proceedings of the Fall Conference on Institute of Information Scientists and Engineers*, Seoul University: Korea, Vol. 38, No. 2, pp. 112-114, Nov. 2011.

**참고 문헌**



**이 대 영 (Dae-Young Lee)**

2013년 2월 : 군산대학교 정보통신공학과 (공학사)  
 2013년 2월 ~ 현재 : 군산대학교 전자정보공학과 석사과정  
 ※ 관심분야 : 모바일프로그래밍, 컴퓨터프로그래밍, 위성통신공학, 이동통신공학



**강 영 흥 (Young-Heung Kang)**

1984년 2월 : 한국항공대학교 통신공학과(공학사)      1986년 2월 : 한국항공대학교 대학원 전자공학과(공학석사)  
 1993년 2월 : 한국항공대학교 대학원 전자공학과(공학박사)      1988년 3월 ~ 1990년 2월 : 한국항공대 통신공학과 조교  
 1995년 8월 ~ 1996년 8월 : 일본 오사카대학 개원교수      2003년 8월 ~ 2005년 2월 : 영국 York대학 방문교수  
 1990년 4월 ~ 현재 : 군산대학교 전자정보공학부 교수  
 ※ 관심분야 : 위성통신공학, 통신공학, 이동통신공학, 정보통신 표준화, USN