

논문 2014-09-40

Wi-Fi 신호를 사용하지 않고 보행자 궤적과 건물내 지도 특성만을 이용한 스마트폰 실내 위치 측정 시스템

(Step Trajectory/Indoor Map Feature-based Smartphone Indoor Positioning System without Using Wi-Fi Signals)

라 동 준, 최 권 휴*

(Dong-Jun Na, Kwon-Hue Choi)

Abstract : In this paper, we proposed indoor positioning system with improved accuracy. The proposed indoor location measurement system is based pedestrian location measurement method that use the embedded sensor of smartphone. So, we do not need wireless external resources, such as GPS or WiFi signals. The conventional methods measure indoor location by generating a movement route of pedestrian by step and direction recognition. In this paper, to correct the direction sensor error, we use the common feature of the normal indoor floor map that the indoor path is lattice-structured. And we quantize moving directions depending on the direction of indoor path. In addition, we propose moving direction measuring method using geomagnetic sensor and gyro sensor to improve the accuracy. Also, the proposed step detection method uses angle and accelerometer sensors. The proposed step detection method is not affected by the posture of the smartphone. Direction errors caused by direction sensor error is corrected due to proposed moving direction measuring method. The proposed location error correction method corrects location error caused by step detection error without the need for external wireless signal resources.

Keywords : Indoor, Location, Positioning, Smartphone sensor, Location correctiontitle

1. 서론

최근 현대 사회는 스마트 사회로의 진화에 따라 위치 정보가 중요해지고 있다. 사용자의 주변 환경과 상황을 고려하여 그에 적합한 서비스를 제공하기 위해 필요한 중요한 정보중 하나가 위치 정보이기 때문이다. 최근에는 위치 정보를 이용한 위치 기반 서비스(LBS; Location Based Service)가 폭발적으로 증가하고 있는 추세이다. 따라서 현재 실내 위치 측정에 관한 연구가 활발히 진행 중이다

*Corresponding Author(gonew@yu.ac.kr)

Received: 26 Aug. 2014, Revised: 29 Sep. 2014, Accepted: 21 Oct. 2014.

D.J. Na, K.H. Choi: Yeungnam University

※ 본 논문은 교육부 및 한국연구재단의 BK21 플러스 사업 (ICT기반 스마트기기 창의인재양성 사업팀)의 지원을 받아 수행되었습니다. (22A20130012814)

[1].

실외에서 가장 보편적인 위치 측정 방법은 위성 항법장치(GPS; Global positioning system)를 사용하는 것이다. 하지만 실외에서 위치를 측정하기 위해 사용되는 GPS는 실내에서는 수신율이 약하기 때문에 실내에서 사용 할 수 없다. 따라서 실내에서 위치를 측정하기 위해 와이파이(WiFi) 접속장치(AP; Access Point)를 이용한 WPS(WiFi Positioning System), 또는 UWB(Ultra Wide Band), Zigbee, RFID 등 여러 측위 방식과 알고리즘을 이용한 실내 위치를 측정하는 기술이 개발되어 왔다[1-5]. 하지만 이러한 기법은 무선 신호망이 실내에 형성 되어있어야 하거나, 추가적인 센서나 장비를 필요로 한다. 그리고 사전에 많은 양의 데이터베이스를 구축해 놓아야하고, 무선 신호를 사용하기 때문에 실내 구조의 변화나 AP의 위치 변동과 같은 환경의 변화에 민감하다[2, 3]. 따라서 실

내 환경이 변화하면 그에 따라 데이터베이스를 수정해야하는 번거로움이 있다. 또한 여전히 실제 위치와 3~5m정도의 위치 오차가 존재한다[3-5]. 이러한 문제점을 극복하기 위해 실내 위치기반 서비스를 위해 필요한 데이터베이스의 양이 적으며 구현이 간단하고 정확한 보행자의 위치 측정 방법이 필요하다.

앞에서 말한 무선 신호망을 이용한 위치 측정 기술들의 문제점들을 해결하기 위해 GPS나 Wi-Fi AP, RFID와 같은 외부 무선 신호 자원 대신 스마트폰에 내장된 자이로, 지자기, 가속도 센서 등을 이용하여 실내 위치를 측정하는 PDR(Pedestrian Dead Reckoning) 기법이 제안되었다[6-10]. 스마트폰에 내장된 센서를 이용하는 기법은 보행자의 보폭과 보 검출을 통해 직선 이동거리를 계산하고, 진행 방향을 검출하여 이동 궤적을 생성함으로써 출발지점으로부터 상대위치를 산출하는 기법이다. 이러한 기법은 위치 측정에 필요한 데이터베이스의 양이 적고, 외부 무선 신호 자원을 사용하지 않기 때문에 외부 무선 신호망이 없는 장소에서도 사용 가능하며, 실내 환경에 변화에 거의 영향을 받지 않는다. 하지만 기존에 제안된 방식들은 누적되는 센서 값의 오차로 인해 장거리를 이동하게 되면 위치 측정의 신뢰도가 떨어지거나[8], 누적되는 위치 측정 오차를 보정하기 위해 Wi-Fi AP와 같은 외부 자원이 도움이 필요하다[6, 7].

본 논문에서는 앞에서 말한 스마트폰에 내장된 센서를 이용하는 방법을 토대로 위치 측정의 정확도를 향상시킨 실내 보행자 위치 측정 기법을 제안한다. 제안하는 기법은 정확도를 향상시키기 위해 지도 데이터를 이용한 이동방향의 양자화, 자이로 센서와 지자기 센서의 두 값을 이용한 방향 전환 검출 및 이동방향 측정, 위치에 따른 방향각 센서값 오차 보정을 수행한다. 또한, 본 논문에서 제안하는 걸음 검출 방식은 검출 방식이 간단하고, 스마트폰의 손에 들고 걷는 자세의 차이에 영향을 받지 않으면서 기존의 방식과 비슷한 검출 성능을 보인다. 그리고 본 논문에서는 기존에 제안된 외부 자원을 이용한 위치 오차 보정 방식이 아닌 이동 궤적과 실내 지도의 코너 데이터를 이용하여 자체적으로 위치 오차를 보정하는 방식을 제안한다. 기존에 실내 환경에서 각 위치의 여러 가지 특징을 내장된 센서를 이용해 수집하고, 학습하여 위치를 보정하는 기법과, PDR기법을 이용해 생성한 이동경로와 보행자가 이동 가능한 이동경로 후보의 비교를 통한 위

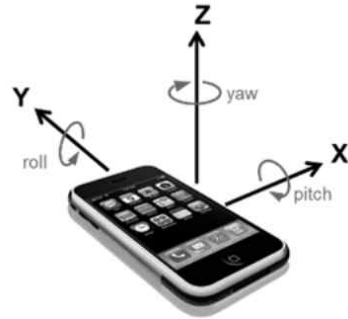


그림 1. 스마트폰의 3축
Fig. 1 3-axis of smartphone

치 보정 방식이 제안되었다[7, 9]. 하지만 여전히 제안하는 방식은 위치 측정 방식은 위치 측정초기에 보정이 잘못 될 확률이 높거나 위치 보정을 위해 여러 가지 센서 값이 필요하고, 보행자가 경로를 따라 어느 정도 이동 및 방향 전환을 해야 위치 보정이 가능한 문제점이 있다. 반면, 본 논문에서 제안하는 위치 보정 방식은 아주 적은 양의 데이터만을 이용하여 위치 측정 초기에도 정확한 위치 보정을 수행하고, 코너를 지날 때 마다 즉각 적으로 위치 보정을 수행하며 장거리를 이동하면서 위치 측정을 수행하여도 오차가 누적되지 않는다.

II. 내장 센서를 이용한 실내 보행자 위치 측정 기법

스마트폰의 내장 센서를 이용하는 보행자 실내 위치 측정 기법은 보행자의 이동에 의한 동작을 내장 센서를 통해 검출하여 동작에 따른 이동 궤적을 생성하여 위치를 측정하는 방식이다. 이동 궤적을 생성하기 위해서는 기본적으로 보행자의 걸음 검출, 이동 방향각 검출이 필요하다. 보행자의 걸음 검출을 통해 이동 거리를 알 수 있고, 보행자의 이동 방향각 검출을 통해 이동 방향을 알 수 있다. 이동 거리와 이동 방향을 구하면 초기 좌표를 기준으로 걸음이 검출된 지점마다 좌표를 생성할 수 있고, 각 좌표들을 연결하면 이동 궤적이 된다. 이렇게 생성한 이동 궤적의 마지막 좌표가 보행자의 현재 위치이다.

1. 걸음 검출 방법

보행자의 걸음 검출은 스마트폰에 내장된 가속도 센서를 이용하여 검출한다[6, 8]. 스마트폰에 내

장된 가속도계(accelerometer)는 x, y, z 축을 가진 3축 가속도계이다. 그림 1은 스마트폰의 3축을 나타낸 것이다. 각 축의 가속도 센서는 그림 1에서 나타낸 각 x, y, z 축 방향의 가속도 값을 출력한다. 일반적으로 보행자가 손에 스마트폰을 들고 화면을 보면서 걸음을 걸을 경우 3축의 값이 모두 영향을 받기 때문에 3축의 값을 모두 사용하는 3축의 유클리디안 놈(Euclidean norm)값을 사용한다.

$$\sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2} \quad (1)$$

식 (1)은 기존에 제안된 방식에서 걸음 검출을 위해 사용하는 3축 가속도계의 대푯값의 계산식이다. a_x, a_y, a_z 는 각각 내장 센서를 통해 얻은 x, y, z 축의 가속도 값을 나타낸다. 기존에 제안된 방식은 3축 가속도계의 대푯값을 이용한 정점 검출방식(Peak detection)을 사용하여 걸음을 검출한다. 걸음이 발생한 경우 최고 정점(Peak)와 최저 정점이 발생하게 된다. 최고 정점과 최저 정점의 차이가 임계값을 초과하면 걸음이 발생하였다고 인식한다.

걸음이 발생할 때, 각 사용자마다 스마트폰을 들고 있는 자세가 다르므로 각 사용자들의 걸음에 의한 3축 가속도 값도 다르다. 그러므로 각 사용자의 스마트폰을 든 자세와 걷는 방식에 맞춰 임계값은 이전의 걸음들의 가속도 값을 이용하여 동적으로 설정하는 방식이 제안되었다[6, 8]. 기존에 제안된 방식은 3축 가속도 센서 값을 모두 사용하기 때문에 걸음을 내딛을 때 발생하는 정점 외에 보행자가 앞으로 나아가는 과정에서의 정점이 발생한다[8]. 따라서 이러한 과정에서의 정점을 걸음으로 인식되지 않게 하기 위해 저역통과필터(Low Pass Filter)나 이동평균필터(Moving average filter)를 이용하여 걸음 외의 상황에서 발생하는 정점을 제거하여 걸음 인식률을 높이는 방식을 제안하였다.

2. 이동 방향각 검출 방법

보행자의 이동 방향각 검출은 스마트폰에 내장된 지자기 센서와 가속도 센서의 값을 사용해 계산한 방향각(Orientation) 값을 이용하여 검출한다. 안드로이드기반 스마트폰에서는 지자기 센서와 가속도 센서, 이 두 가지 센서 값을 이용하여 3가지 값을 출력해 주는데 그 중 방위각(Azimuth)이라는 값이 있다. 방위각 값은 일반적으로 보행자가 스마트폰을 손에 들고 화면을 보면서 걸어 갈 때, 진행하고 있는 방향각 값이다. 따라서 이 값을 이용하여

이동 방향각을 구한다[6]. 하지만, 지구 자기장의 크기는 매우 작아서 주변 환경의 경향으로 인한 자기장 왜곡이 쉽게 발생한다. 따라서 방향각 값을 얻기 위해 사용하는 지자기 센서의 값은 자기장의 영향을 많이 받기 때문에 신뢰도가 높지 않다. 따라서 외부의 영향을 받지 않는 자이로 센서를 이용하는 방법이 제안되었다[8].

$$\sum_{i=1}^j gyro_i^*(t_i - t_{i-1}) \quad (2)$$

식 (2)에서 $gyro_i$ 는 자이로 센서의 값이고, t_i 는 $gyro_i$ 값을 센서로부터 취득한 시간, t_{i-1} 은 t_i 의 바로 전에 자이로 센서 값을 취득한 시간이다. 자이로 센서는 각속도 값을 나타내므로 식 (2)와 같이 시간으로 적분하면 변화된 각도 값을 얻을 수 있다. 하지만, 자이로 센서만 이용하면 절대적인 방향각 값을 구할 수 없다. 따라서 지자기 센서와 자이로 센서를 모두 사용하여 이동 방향각을 알아내는 방법이 필요하다. 본 논문의 3절에서 두 센서 값을 이용한 방향각 검출 기법을 제안한다.

3. 이동 궤적 좌표 생성 방법

걸음 검출 방법을 통해 걸음이 검출 될 때마다 보폭과 이동 방향각을 이용하여 궤적좌표를 생성한다[6]. 보폭은 사용자가 자신의 보폭을 직접 입력하여 설정한다. 또는, 이동할 거리를 입력한 후 입력한 거리를 이동하고, 이때 검출된 걸음 수를 입력한 거리에 나누어 보폭을 측정하는 방법이 있다.

$$\begin{aligned} coord_x(i) &= coord_x(i-1) \\ &\quad + \cos(compass_{degree}) \times step_{size} \\ coord_y(i) &= coord_y(i-1) \\ &\quad + \sin(compass_{degree}) \times step_{size} \end{aligned} \quad (3)$$

식 (3)에서 $coord_x(i-1), coord_y(i-1)$ 는 각각 이전의 x, y 좌표를 나타낸다. $compass_{degree}$ 는 이동 방향각 검출 방법을 이용하여 얻은 이동 방향각 값이다. $step_{size}$ 는 보폭 값이다. 식 (3)과 같이, 걸음이 검출될 때마다 보폭과 이동방향각을 이용하여 이전 좌표를 기준으로 보행자가 이동한 x, y 좌표($coord_x(i), coord_y(i)$)를 생성한다. 각 좌표들을 이으면 보행자의 이동 궤적이 되고, 마지막 좌표는 현재 위치가 된다.

III. 제안하는 실내 보행자 위치 측정 기법

본 절에서는 앞에서 설명한 스마트폰의 내장 센서 기반 실내 보행자 위치 측정 기법을 토대로 정확도를 향상시킨 실내 보행자 위치 측정 기법을 제안한다. 본 논문에서 제안하는 기법은 보행자가 스마트폰을 손에 들고 화면을 보면서 이동하는 자세 즉, 자신의 위치를 실시간으로 확인하면서 이동한다는 조건에서의 위치 측정을 전제로 하고 있다. 제안하는 실내 보행자 위치 측정 기법의 이해를 위해 제안하는 기법을 기반으로 어플리케이션을 구현하였고, 시연 영상은 [11]을 통해 확인할 수 있다.

1. 걸음 검출 방법

본 논문에서는 본 논문에서 제안하는 실내 보행자 위치 측정 기법에서 걸음 검출 방법은 기존의 방식과 같이 스마트폰에 내장된 가속도 센서의 값을 이용하고, 추가적으로 yaw, roll, pitch 세 방향의 방향각 값을 이용한다. 기존의 걸음 검출 방식에서는 3축 가속도계의 값을 그대로 이용하기 때문에 스마트폰의 자세에 따라 보행자가 걸음을 내딛을 때 발생하는 3축의 가속도의 값이 다르다. 따라서 각 사용자마다 걷는 자세가 다르므로 사용자에 따라 센서 값에 차이가 있다. 그러므로 기존에 제안된 방식들은 각 사용자들의 스마트폰을 손에 든 자세와 걷는 방식에 맞춰 걸음을 인식하는 임계값을 동적으로 설정하였다. 반면, 본 논문에서는 스마트폰의 자세에 영향을 받지 않도록 3축의 가속도 센서 값을 절대 좌표계의 값으로 변환시켜 걸음을 검출하는 방식을 제안한다. 스마트폰의 3축 가속도 센서로부터 얻은 각 축의 가속도 값을 $[a_x, a_y, a_z]$ 와 같이 행렬로 나타내고, 스마트폰의 방향각 센서로부터 얻은 yaw, roll, pitch 세 방향의 방향각 값을 이용하여 변환 행렬을 만든 후 가속도 값 행렬과 곱하면, 스마트폰의 절대 좌표계에서의 가속도 값을 구할 수 있다.

그림 2는 보행 시에 측정된 3축의 가속도 값과 스마트폰의 자세에 대한 3방향의 각도를 이용하여 구한 절대 좌표계에서의 z축 가속도 값을 나타낸 것이다. 그림을 보면 걸음이 발생 할 때마다 정점(Peak)이 발생하는 것을 알 수 있다. 이를 이용하여 점점 검출방식을 사용하여 걸음을 검출한다. 걸음이 발생한 경우 z축 가속도 값의 정점과 최저 정점을 비교하여 그 차이가 임계값을 초과하면 걸음으로 인식한다(본 논문에서는 임계값을 1로 설정하였다).

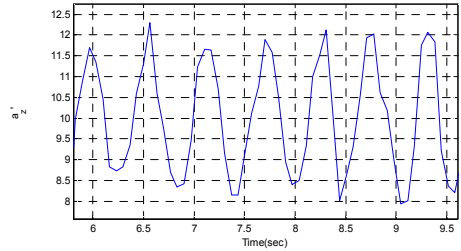


그림 2. 보행 시 절대 좌표계에서의 z축 가속도 값
Fig. 2 z-axis acceleration value in the absolute coordinate system during walking



그림 3. 실내 지도의 예
Fig. 3 Examples of indoor maps

제안하는 방식은 가속도 값을 절대 좌표계상의 값으로 바꾼 만큼 스마트폰의 자세에 대한 영향이 없으므로 사용자들 간의 스마트폰을 드는 방식과 걸음 방식의 차이로 인한 센서 값의 편차가 줄어들어 굳이 매 걸음마다 임계값을 계산하여 동적으로 설정할 필요가 없다. 또한, z축방향의 가속도 값만 사용하기 때문에 걸음을 걸음 검출 방식은 내딛을 때 외에는 정점이 발생하지 않는다. 따라서 본 논문에서 제안하는 걸음 검출 방법은 걸음 이외의 움직임으로 발생하는 정점을 제거하기 위한 별도의 필터링 과정이 필요 없다. 스마트 폰을 들고 있는 손의 떨림과 같이 미세한 움직임에 의해 발생하는 정점들은 임계값을 잘 넘지 않으므로 걸음으로 인식되지 않는다. 따라서 제안하는 기법을 이용하면 보행 시에 스마트폰의 자세에 상관없이 높은 정확도로 걸음을 검출 할 수 있다.

2. 이동 방향각 측정 방법

2.1 초기 이동 방향각 측정 방법

보행자의 초기 이동 방향각 측정은 기존의 방식과 같이 안드로이드 스마트폰에서 제공하여 주는 방

위각 값으로 이동 방향각을 측정 한다. 하지만, 신뢰도가 높지 않은 지자기 센서 값을 이용하기 때문에 측정된 방향각 값과 실제 보행자 방향각 값 사이에는 오차가 존재한다. 따라서 측정된 이동 방향각을 실제 이동 방향각으로 보정해야 한다. 우선, 초기 이동 방향각을 보정하기 위해서 실내 복도는 격자 모양이라고 가정 하고, 이동 방향각은 네 방향만 존재한다고 가정하였다. 예를 들어, 그림 3은 실내 복도가 네 방향으로만 존재하는 건물의 실내 지도이다. 그림 3의 지도의 실제 가로, 세로 길이는 각각 213m, 127m이고, 실내 복도는 정북 방향을 기준으로 3°정도 기울어져있다. 그러므로 이동 방향각은 3°, 93°, 183°, 273°의 4방향이 존재한다. 이 4방향각이 이동 가능한 4개의 대푯값이다. 위치 측정이 시작되면 측정된 방향각 값에 따라 대푯값 중의 하나로 초기 이동 방향각을 설정한다.

2.2 이동 방향각 변화 검출 방법

제안하는 방식에서 이동 방향각 변화 검출은 자이로 센서의 값을 이용한다. 일반적으로 보행자가 스마트폰을 들고 화면을 보면서 걸어 갈 때, 이동 방향을 변경하게 되면 그림 1에서 나타낸 스마트폰의 roll과 yaw 방향의 회전이 일어난다. 따라서 이 두 방향의 자이로 센서 값을 이용하여 이동 방향의 변화를 검출한다.

$$\begin{aligned}
 IGY &= \sum_{i=j-wsize+1}^j g_y(i) \times (t_i - t_{i-1}) \\
 IGZ &= \sum_{i=j-wsize+1}^j g_z(i) \times (t_i - t_{i-1})
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

식 (4)는 일정 수의 roll과 yaw 방향 자이로 센서의 최근 샘플 값을 적분하여 각 방향의 방향각 변화량을 계산하는 수식이다. $g_y(i)$ 와 $g_z(i)$ 는 각각 roll과 yaw 방향의 자이로 센서 값이고, $wsize$ 는 적분할 샘플 수, t_i 는 $g_y(i)$ 와 $g_z(i)$ 값을 센서로부터 취득한 시간, t_{i-1} 은 t_i 의 바로 전에 자이로 센서 값을 취득한 시간이다. 식 (4)를 이용하여 roll과 yaw 방향의 가장 최근 $wsize$ 개의 자이로 센서 샘플 값을 적분하여 그 값을 저장 한다(본 논문에서는 샘플 간의 시간 간격인 $t_i - t_{i-1}$ 값을 0.067초, $wsize$ 를 50으로 설정 하였다).

$$IGZY = \sqrt{IGY^2 + IGZ^2}
 \tag{5}$$

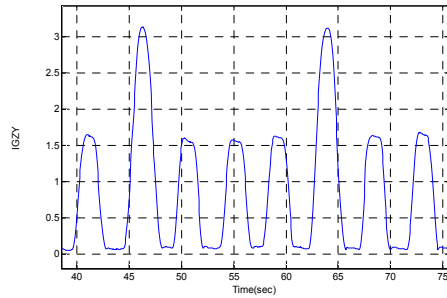


그림 4. 이동 방향 변화 검출을 위한 판별 값
Fig. 4 Determining value for detecting the moving direction change

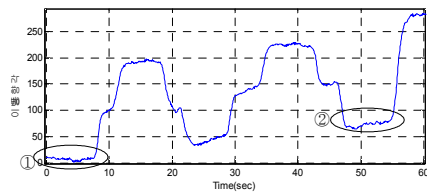


그림 5. 보행 시 방위각 값
Fig. 5 The value of the azimuth during walking

식 (5)는 식 (4)를 통해 구한 IGY 와 IGZ 의 값을 이용하여 이동 방향 변화 검출을 위한 판별 값을 계산하는 수식이다. 식 (5)를 통해 계산한 판별 값이 임계값을 초과하면 이동 방향각이 변화 하였다고 판단한다. 그림 4는 이동 방향 변화 검출을 위한 판별 값의 그래프이다. 회전이 일어나면 그림 4와 같이 판별 값이 증가하였다가 감소하는 것을 볼 수 있다. 그림 4에서 판별 값의 정점이 1.5를 약간 초과 하는 값을 가지는 방향 전환은 90°를 회전 하였을 때 나타나는 값이고, 판별 값의 정점이 3을 초과하는 값을 가지는 방향 전환은 180°를 회전 하였을 때 나타나는 값이다. 판별 값이 임계값을 초과하면 방향 전환이 발생 했다고 판별한다(본 논문에서는 방향 전환 판별의 임계값을 0.7로 설정 하였다).

2.3 기준 각 설정 및 이동 방향각 변화량 측정 방법

그림 5는 실내에서 보행자가 걸어서 이동 할 때, 보행자의 이동 방향각 값으로 쓰이는 스마트폰의 방위각 값의 그래프이다. 보행자의 위치 측정을 시작 하면, 처음의 이동 방향각을 기준 각으로 설정한다. 즉, 그림 5에서 0초일 때의 이동 방향각 값을 기준

각으로 설정한다.

이동 중에 이동 방향의 변화가 검출 되면, 추정 이동 방향각 변화량을 계산한다. 이동 방향의 변화가 검출 되었을 때, 보행자의 방향전환이 완료되지 않았을 경우를 대비해서 이동 방향의 변화가 검출 되었을 때 바로 변화량을 계산하는 것이 아니라 이동 방향 변화가 검출된 후 3걸음이 검출 되면 그때의 방위각 값과 기준 각과의 차를 계산하여 이동 방향각의 변화량을 계산한다.

실내 복도가 네 방향으로 이동 할 수 있는 격자 모양이라고 가정하였기 때문에 계산한 이동 방향각의 변화량 값에 따라 0°, 90°, 180°, 270°의 네 가지의 값으로 이동 방향각의 추정 변화량을 설정할 수 있다. 이동 방향의 변화량을 추정 값으로 설정하는 이유는 앞서서도 말했듯이 방향각 값을 계산하는데 사용하는 지자기 센서의 값이 신뢰도가 높지 않기 때문이다.

$$turn_{degree} = compass_{degree} - Base_{degree} \quad (6)$$

식 (6)은 이동 방향각의 변화량을 계산하는 수식이다. 식 (6)에서 $Base_{degree}$ 는 처음에 저장한 기준 각 값이다. 이동 방향 변화가 검출된 후 3걸음이 검출되면 현재 이동 방향각 값과 기준각의 차를 이용하여 이동 방향각의 변화량을 계산한다. 계산한 이동 방향각의 변화량 값에 따라 이동 방향각의 추정 변화량을 설정한다.

$$move_{degree} = move_Base_{degree} + est_turn_{degree} \quad (7)$$

식 (7)은 보행자의 이동 방향 전환 후의 이동방향각을 계산하는 수식이다. 식 (7)에서 est_turn_{degree} 는 이동 방향각의 추정 변화량이다. 이동 방향각의 추정 변화량을 초기 이동 방향각에 더해줌으로써 이동 방향각을 변경한다.

2.4 기준각 보정 방법

그림 5에서 ①과 ②로 표시된 두 원이 가리키는 부분은 방향각 값이 약 50°정도 차이가 나지만 실제로는 같은 방향으로 이동 중일 때의 방향각 값이다. 이처럼 방향각 센서의 값은 신뢰도가 높지 않다. 따라서 이동 방향각을 계산하기 위해 기준각의 보정이 필요하다.

식 (8)은 기준각 값을 보정하기 위한 수식이다.

$$Base_{degree} = w_p \times Base_{degree} + w_c \times (compass_{degree} - est_turn_{degree}) \quad (8)$$

식 (8)에서 $Base_{degree}$ 는 기준각, w_p 는 과거 기준각의 가중치, w_c 는 현재 추정 기준각의 가중치이다. 현재 추정 기준각은 현재 방향각 센서의 값과 추정 이동 방향각의 변화량의 차를 통해 구할 수 있다. 본 논문에서는 걸음이 걸출 될 때마다 기준각 보정을 수행 하였다(본 논문에서는 $w_p=0.3$, $w_c=0.7$ 로 설정 하였다).

3. 실내 지도를 이용한 위치 오차 보정 방법

3.1 현재 위치를 실내 지도에 표시하는 방법

본 논문에서 보행자의 위치는 지도 이미지의 좌측 상단을 원점으로 하는 x 축과 y 축 도면의 한 좌표로 표현 하였다. 지도 이미지의 좌측 상단과 현재위치 사이의 실제 가로, 세로 방향의 거리를 각각 x , y 좌표로 설정하였다. 좌표는 m단위로 저장되며 걸음이 검출될 때마다 기준에 제안된 이동 궤적좌표 생성 방식과 같이 각 걸음이 검출된 지점의 좌표를 계산하여 저장한다. 초기 위치는 외부 무선 자원의 신호를 사용할 수 없는 지역에 들어선 순간의 좌표를 사용하거나 사용자가 입력한 위치의 좌표를 사용한다. 현재 위치를 나타내는 가장 마지막에 생성된 좌표를 지도 이미지의 픽셀(Pixel) 좌표로 변환하여 지도상에 현재 위치를 표시한다.

$$\begin{aligned} map_x &= (x/dist_h) \times pixel_h \\ map_y &= (y/dist_v) \times pixel_v \end{aligned} \quad (9)$$

식 (9)는 현재 위치 좌표를 지도 이미지의 픽셀 좌표로 변환하는 수식이다. 식 (9)에서 map_x , map_y 는 각각 현재 위치의 지도 이미지상의 x , y 축 픽셀 좌표이고, x , y 는 측정된 현재위치의 x , y 축 좌표이고, $dist_h$, $dist_v$ 는 각각 전체 지도의 실제 가로 세로 거리를 나타낸다. 그리고 $pixel_h$, $pixel_v$ 는 전체 지도 이미지의 가로, 세로 방향의 픽셀 수를 나타낸다. 식 (9)를 이용하여 현재 좌표를 지도 이미지 상의 픽셀 좌표로 변환한다. 그 다음, 그림 6과 같이 스마트폰의 화면에 변환한 픽셀 좌표가 화면에 중심에 위치하도록 지도 이미지를 출력함으로써 현재 위치를 나타낸다.

그림 6은 본 논문에서 제안하는 기법을 토대로 구현한 어플리케이션의 동작 화면이다. *201, *202, ..., *227은 각 호실 번호를 나타낸 것이고, 지도 하

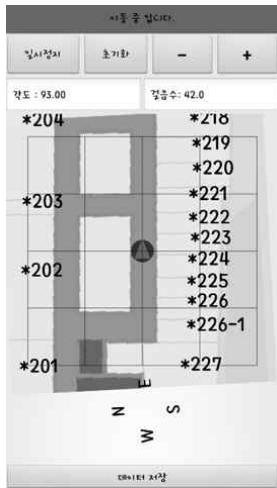


그림 6. 어플리케이션 동작 화면

Fig. 6 Operation screen of the application

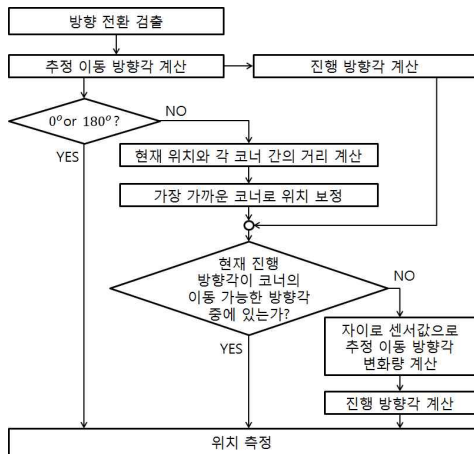


그림 7. 위치보정 알고리즘

Fig. 7 Location correction algorithm

단에는 동서남북의 방위를 표시하였다. 상단에는 몇 가지 기능 버튼이 위치하고 있다.

3.2 실내 지도 데이터를 이용한 위치 오차 및 이동 방향각 보정 방법

낮은 신뢰도를 가지는 자이로 센서 값을 이용하는 방향각 센서 값의 오차는 본 논문에서 제안하는 이동 방향각 측정 방법에 의해 보정된다. 하지만 여전히 걸음 수 검출의 오차, 일정하지 않은 보폭에 의한 오차 등으로 인해 측정된 직선 이동 거리와 실제 직선 이동 거리 사이에 오차가 존재한다. 이러한 오

차는 위치 측정을 수행하는 시간이 지날수록 누적되어 측정된 위치의 오차가 점점 커지게 만든다. 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 지도 데이터를 이용하는 오차를 보정 방식을 제안한다.

제안하는 기법에서 필요한 실내 지도의 데이터는 각 실내 복도의 코너, 교차점 좌표와 복도의 코너, 교차점에서 이동 가능한 방향각 값이다. 미리 구축해 놓은 각 코너나 교차점의 좌표와 해당 코너나 교차점에서 이동 가능한 방향각 값을 데이터베이스로 저장하고 위치 보정을 할 때 사용한다. 이하 논문에서 코너나 교차점을 통합하여 코너라 칭한다.

그림 7은 제안하는 위치 오차 보정 알고리즘이다. 제안하는 위치 오차 보정 방식은 보행자의 이동 방향 전환이 검출되면 수행된다. 이동 방향 전환이 검출되었을 때, 추정 이동 방향 변화량이 0° 이거나 180°이면 코너에서의 방향 전환이 아니므로 위치 측정을 계속 수행하고, 추정 이동 방향 변화량이 90° 이거나 270°이면 코너에서 방향 전환이 발생한 것으로 판단하여 현재 위치와 가장 가까운 코너로 위치를 보정한다. 가장 가까운 코너를 찾는 방법은 현재 위치와 각 코너 간의 유클리디안(Euclidean) 거리를 구하여 가장 가까운 코너를 찾는다. 가장 가까운 코너로 위치를 보정한 후 계산한 현재 진행 방향각이 보정한 코너의 이동 가능한 방향각 중에 있다면 계속해서 위치 측정을 수행하고, 현재 진행 방향각이 보정한 코너의 이동 가능한 방향각 중에 없으면 자이로 센서값으로 추정 이동 방향각의 변화량을 계산하여 위치 측정을 계속한다.

코너에서 방향 전환을 하는 경우, 방향각 센서 값의 오차로 인해 측정된 추정 이동 방향각 변화량이 틀리는 경우가 발생한다. 이는 실내 지도의 데이터 중 가장 가까운 위치의 코너의 이동 가능한 방향각 데이터와 방향 전환 후 측정된 진행 방향각을 비교하여 검출할 수 있다. 방향 전환 후 이동 방향각이 가장 가까운 코너의 이동 가능한 방향각 중에 없는 경우, 자이로 센서 값을 이용해 이동 방향각 변화량을 계산한다. 앞서서도 설명 했지만 식 (4)와 (5)를 이용해 구한 이동 방향각 변화 판별값 그래프인 그림 4를 보면, 보행자가 방향 전환할 때 90° 회전 했을 때와 180° 회전 했을 때의 정점 값이 확연히 차이가 남을 알 수 있다. 정점 값이 0.7에서 2.5사이의 값이면 90° 방향전환을 했다고 판단하고, 정점 값이 2.5 이상의 값이면 180°회전 하였다고 판단한다. 방향을 전환한 방향은 식 (4)를 통해 계산한 *IGY*나 *IGZ*의 부호로 알 수 있다. 따라서 마지막으로 *IGY*나 *IGZ*의 부호로 시계방향으로 90°를 방향전환 하였는지, 반

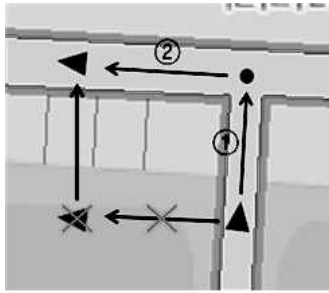


그림 8. 위치 오차 보정의 예

Fig. 8 Examples of the location error correction

시계방향으로 90°를 회전하였는지를 판단하여 추정 이동 방향각 변화량 측정 오차를 보정 할 수 있다. 반시계방향으로 90° 회전은 추정 이동 방향각 변화량이 270°인 것과 같다.

그림 8은 보행자가 코너에 도달하여 방향을 전환 하였지만 위치 측정 오차로 인해 측정한 위치는 코너에 도달하지 못하고 방향 전환을 했을 때의 예이다. 측정한 위치가 코너에 도달하지 못하거나 지나치는 경우 그림 7의 ①로 표시한 것과 같이 보행자의 위치를 코너로 보정한 후, ②로 표시한 것과 같이 계속해서 위치 측정을 수행한다.

제안하는 위치 오차 보정 방식의 장점은 위치 오차 보정에 필요한 데이터의 양이 많지 않다는 점이다. 그림 5의 실내 지도로 예를 들면, 코너의 수는 24개이므로 그에 대한 좌표와 이동 가능한 방향각 값만 있으면 위치 오차 및 이동 방향각 보정이 가능하다. 또한 방향 전환을 할 때 미리 구축한 실내지도 데이터를 이용하여 위치를 보정함으로써 외부 자원의 도움 없이 오차가 누적되지 않는 장점이 있다. 반면, 제안하는 위치 오차 보정 방식은 측정한 직선 이동 거리의 오차가 크면 실제 보행자가 방향 전환한 코너가 아닌 다른 코너로 위치 오차 보정을 수행하는 문제점이 있다. 하지만 제안하는 걸음 검출 방식과 기존에 제안된 걸음 검출 방식은 걸음 인식률이 높기 때문에 측정한 직선 이동 거리의 오차는 크지 않다. 따라서 보폭만 정확히 입력한다면 측정한 직선 이동 거리의 오차는 크지 않기 때문에 방향 전환한 코너가 아닌 다른 코너로 위치를 보정하는 경우는 아주 드물다. 그리고 실내 길안내 등의 서비스에 필요한 실내 지도 데이터를 구축할 때 모든 코너를 데이터로 구축할 필요가 없다. 따라서 이동 거리 측정 오차 범위를 고려하여 일정 간격 이상의 코너만을 데이터로 구축하여 이용하면 위치 오차보정이 잘못 되는 경우를 방지할 수 있다.

표 1. 걸음 검출 실험 결과

Table 1. result of Step detection experiments

사용자	1회차	2회차	3회차	4회차	5회차	평균 오차율
사용자1 (남)	105	101	100	100	106	2.4%
사용자2 (남)	101	102	102	100	99	1.2%
사용자3 (여)	102	99	98	97	99	1.8%
사용자4 (남)	100	96	97	101	97	2.2%
사용자5 (남)	102	100	102	98	100	1.2%

IV. 실험 결과

1. 걸음 검출 성능

표 1은 본 논문에서 제안하는 걸음 검출 방식을 이용하여 서로 다른 5명의 사람이 5번씩 각각 100 걸음을 걸었을 때, 실제 걸음 수와 검출된 걸음 수 사이의 오차율을 나타낸 것이다. 걸음 검출 실험은 보행자가 스마트폰을 손에 들고 화면을 보면서 걷는 자세로 수행하였다. 실험 결과 최대 6%, 최소 0%의 오차율을 보였고, 5명의 평균 오차율은 각각 2.4%, 1.2%, 1.8%, 2.2%, 1.2%이고, 전체 평균 오차율은 1.76%이다. 사람에 따라 스마트폰을 손에 드는 자세와 걷는 자세가 다르지만 5명 모두 오차율이 기존에 제안된 사용자 자세에 따른 동적 임계값 설정 및 이동평균필터를 이용한 필터링을 수행하는 방식의 오차율(최대 4%, 최소 0.5%)과 비교하였을 때 비슷한 수준임을 알 수 있다[8].

2. 방향 전환 검출 및 이동 방향각 변화량 검출 성능

본 논문에서는 방향 전환 검출 및 이동 방향각 변화량 검출 성능을 알아보기 위해 실내 환경에서 복도를 따라 무작위로 이동하면서 방향 전환이 발생할 때마다 기능이 정상적으로 작동하는지의 여부를 기록하였다. 방향 전환은 복도를 따라 이동하면서 수시로 수행하였고, 방향 전환을 수행하면서 0°, 90°, 180°, 270° 중에서 무작위로 방향각의 변화를 주었다. 코너가 아닌 곳에서는 방향전환은 90°와 270°를 회전하여 이동할 수 없으므로 0°와 180°로 방향각 변화를 주었고, 코너에서는 0°, 90°, 180°, 270° 중에서 무작위로 방향각의 변화를 주었다.

표 2는 본 논문에서 제안하는 이동 방향 전환 검출 방식을 이용하여 이동 방향 전환이 발생했을

표 2. 방향 전환 검출 성능

Table 2. Result of experiments in moving direction change detection

회전 반경	실험 횟수	검출 횟수	인식률
3걸음 이내	500	500	100%
5~6걸음	100	100	100%

표 3. 이동 방향각 변화량 검출 성능

Table 3. result of experiments in detection of amount of change of moving direction

회전 반경	실험 횟수	올바른 변화량 검출 횟수	이동 방향각 검출 성능
3걸음 이내	500	498	99.6%
5~6걸음	100	89	89%

때, 이동 방향 전환 검출 횟수와 인식률을 나타낸 것이다. 회전 반경이 3걸음 이내인 방향 전환은 보행자가 방향전환을 3걸음 이내로 완료하는 방향 전환을 뜻하고, 회전 반경이 5~6걸음인 방향 전환은 회전 반경이 커서 5~6걸음 만에 방향전환이 완료되는 방향 전환을 뜻한다. 실험 결과, 두 가지 방향 전환 모두 방향 전환이 100% 검출 되는 것을 알 수 있다.

표 3은 본 논문에서 제안하는 이동 방향각 변화량 검출 방식의 성능을 나타낸다. 3걸음 이내에 완료되는 방향 전환은 99.6%의 검출 성능을 보이고, 5~6걸음 만에 완료되는 방향 전환의 경우에는 89%의 검출 성능을 보인다. 이동 방향각 변화가 검출된 후 3걸음이 검출되면 이동 방향각 변화량을 계산하기 때문에 회전 반경이 3걸음을 초과하면 변화량 검출 성능이 떨어지는 것을 볼 수 있다. 하지만 일반적으로 격자 모양의 복도에서 보행자가 방향을 전환 할 때 3걸음 정도 내에 방향 전환이 완료되고, 회전 반경이 3걸음 이내인 경우에는 제안하는 방식이 높은 검출 성능을 보인다.

3. 이동 방향각 오차 및 위치 오차 보정 성능

본 논문에서 제안하는 위치 측정 방식의 위치 보정 성능을 알아보기 위해, 임의로 경로를 정하고 경로를 따라 이동하여 위치 측정 실험을 수행하였다. 그림 9, 10, 11은 오차 측정을 위해 임의로 설정한 경로이다. 각 경로를 따라 10번씩 위치 측정 실험을 수행하여 이동 방향각 오차 및 위치 오차

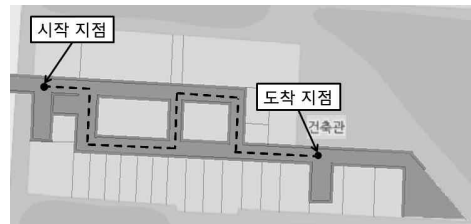


그림 9. 위치 측정 경로 1(104m)

Fig. 9 location measurement path 1(104m)



그림 10. 위치 측정 경로 2(160m)

Fig. 10 location measurement path 2(160m)

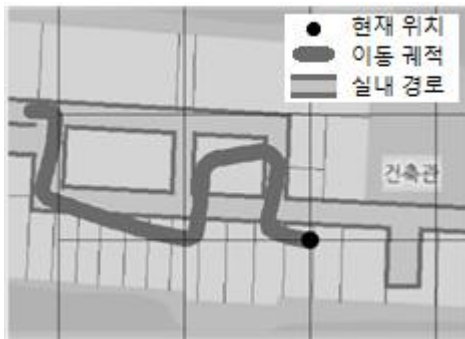


그림 11. 위치 측정 경로 3(362m)

Fig. 11 location measurement path 3(362m)

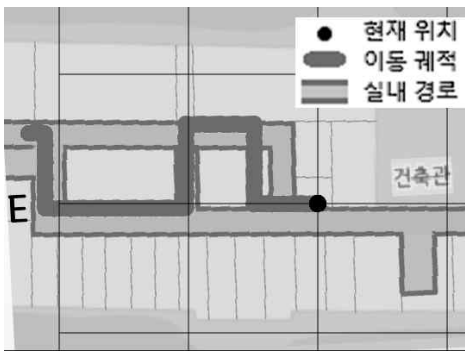
보정 성능을 측정하였다. 스마트폰을 손에 들고 그림 6과 같이 실시간으로 현재 위치를 나타내어 주는 화면을 보면서 이동하였고, 각 코너에서 방향전환을 할 때 회전 반경은 3걸음 이내로 제한하였다.

그림 12는 제안하는 위치 측정 방식을 이용하여 구현한 어플리케이션으로 그림 9에 나타난 경로를 따라 이동 할 때 스마트폰의 화면을 캡처한 것이다.



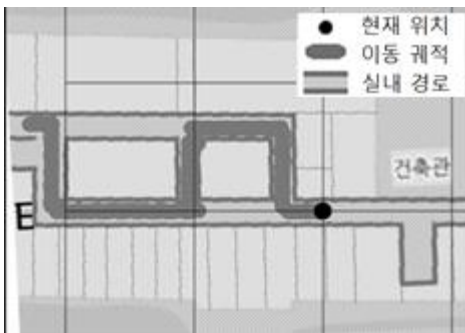
(a) 방향각 및 위치 오차 보정을 적용하지 않은 경우

(a) The measured movement route without the direction and location error correction



(b) 방향각 보정만 적용한 경우

(b) The measured movement route with the direction error correction



(c) 방향각 및 위치 오차 보정을 적용한 경우

(c) The measured movement route with the direction and location error correction

그림 12. 위치 측정 경로 1에서 측정된 보행자의 이동 궤적

Fig. 12 The measured movement route of a pedestrian at location measurement path 1

검은색 점이 현재 위치이고, 검은색 점과 이어진 선이 보행자가 이동한 궤적을 측정된 결과이다. 그림 12를 보면, 방향각 및 위치 오차 보정을 적용하지 않았을 때 측정된 보행자의 이동 궤적은 방위각 값의 오차와 직선 이동거리 계산 오차의 영향으로 실제 위치가 아닌 경로 밖의 위치로 현재 위치가 측정된 것을 볼 수 있다. 이는 위치 측정이 지속될수록 오차가 누적되어 점점 더 오차가 커지는 원인이 된다. 그리고 방향각 보정만 적용한 경우도 측정된 보행자의 이동 궤적이 실내 경로의 방향과 일치하지만 여전히 경로에서 벗어난 것을 볼 수 있다. 반면, 이동 방향각 및 위치 오차를 보정한 경우에는 측정된 보행자의 이동 궤적이 이동 경로와 일치하는 것을 확인할 수 있다. 그림 9, 10, 11의 경로를 따라 각각 10번씩 위치 측정 실험을 수행하였을 때, 제안하는 이동 방향각 오차 보정 방법은 모든 실험에서 제대로 보정하여 이동 궤적이 경로를 이탈하는 경우가 발생하지 않도록 하였다. 그리고 동시에 제안하는 위치 오차 보정 방법의 성능을 알아보기 위한 실험을 수행하였다. 그림 9에 나타난 경로는 코너 수가 6개이므로 10번 실험하는 동안 60회의 위치 보정을 수행하였다. 마찬가지로 그림 10의 경로에서는 30회, 그림 11의 경로에서는 80회의 위치 보정을 수행하였다. 따라서 총 170회의 위치 보정을 수행하였고, 모든 위치 보정은 보행자가 지나고 있는 코너의 위치로 모두 보정되어 코너를 지날 때마다 위치 오차는 0에 가까워지는 것을 확인할 수 있었다. 이는 코너를 지날 때마다 누적 오차가 0이 됨을 뜻한다.

4. 목적지 도착 후 위치 오차

본 논문에서 제안하는 위치 측정 방식의 측정된 위치와 실제 위치 간의 오차를 알아보기 위해, 임의로 경로를 정하고 목적지에 도착한 후 측정된 위치와 실제 위치 간의 오차를 측정해 보았다. 그림 9, 10, 11의 경로를 따라 10번씩 위치 측정 실험을 수행하여 목적지 도착 후 측정된 위치와 실제 위치 간의 오차를 측정하였다. 오차 측정 방법은 목적지에 도착한 시점에 측정된 보행자의 마지막 좌표와 도착 지점 간의 유클리디안 거리를 계산하여 측정하였다.

표 4는 그림 9, 10, 11에서 나타난 경로의 이동 거리와 경로를 따라 이동한 후 보행자가 도착 지점에 도착한 시점에 측정된 위치 오차의 평균값을 나타낸 것이다. 그림 9의 경로를 따라 이동하여 도착 지점에서 위치 오차를 측정된 결과 최소 0.11m, 최

표 4. 목적지 도착 후 평균 위치 오차
Table 4. The Average position error after arrival

이동 경로	이동 거리(m)	실험 횟수	평균 위치 오차(m)
그림 9의 경로	104	10	0.67
그림 10의 경로	160	10	0.88
그림 11의 경로	362	10	0.83

대 1.77m의 오차가 측정되었고, 평균 0.67m의 오차를 보였다. 그림 10의 경로를 따라 이동하여 도착 지점에서 위치 오차를 측정된 결과 최소 0.17m, 최대 2.02m의 오차가 측정되었고, 평균 0.88m의 오차를 보였다. 마지막으로 그림 11의 경로를 따라 이동하여 도착 지점에서 위치 오차를 측정된 결과 최소 0.08m, 최대 1.90m의 오차가 측정되었고, 평균 0.83m의 오차를 보였다. 기존에 제안된 방식은 평균 위치 오차가 수m에 이르는데 반해 제안하는 방식은 기존에 제안된 방식에 비해 오차가 확연히 작음을 확인 할 수 있다.

표 4의 결과를 보면 그림 10의 경로는 총 거리가 160m이고, 그림 11의 경로는 총 거리가 362m이지만 그림 10의 경로로 실험을 하였을 때 오차가 더 큰 것을 알 수 있다. 이를 통해 제안하는 방식이 위치 측정을 수행하는 거리가 길어져도 오차가 누적되지 않는다는 것을 알 수 있다. 제안하는 방식의 위치 오차의 원인은 코너를 지난 후 직선 구간에서의 직선거리 계산의 오차에 있으므로 마지막 코너를 지난 후 직선거리가 42m로 가장 긴 그림 10의 경로가 가장 평균 오차가 크고, 마지막 코너를 지난 후 직선거리가 20m로 가장 짧은 그림 9의 경로가 평균 오차가 가장 작았다.

V. 결 론

본 논문에서는 스마트폰에 내장된 센서를 이용한 보행자 위치 측정 기법을 토대로 위치 측정의 정확도를 향상시킨 실내 보행자 위치 측정 기법을 제안하였다. 제안하는 기법의 걸음 검출 기법은 스마트폰의 자세에 영향을 받지 않기 때문에 동적 임계값 설정 과정이 없고, 스마트폰의 z축 방향 가속도 값만을 사용하기 때문에 별도의 필터링 과정을 거치지 않아도 기존 방식과 유사한 걸음 검출 성능을 보였다. 그리고 제안하는 이동 방향각 측정 기법

은 스마트폰의 방향각 센서 오차로 인한 경로 이탈 문제가 발생하지 않고, 기준각 보정 기법을 통해 위치에 따른 센서 값의 오차가 발생하여도 높은 이동 방향각 변화 및 변화량 검출 성능을 보인다. 제안하는 기법의 위치 오차 보정 방법은 외부자원이 도움 없이 제대로 위치 오차 보정을 수행함으로써 누적되는 위치 측정 오차를 제거 할 수 있었고, 그로 인해 목적지에 도착한 후 실제 위치와 측정된 위치의 오차는 기존 방식에 비해 현저히 줄어들었음을 알 수 있다.

제안하는 위치 측정 방식은 이동 경로의 이동 방향이 4방향으로 제한되어 있지만, 이후에 정확도가 높은 지자기 센서를 이용하면 이동 방향각을 8방향, 16방향으로 나누어 격자 모양이 아닌 여러 방향의 경로를 가지는 실내 환경에서도 위치 측정이 가능할 것으로 기대된다. 그리고 회전 반경의 크기에 관계없이 이동 방향 변화 검출 및 변화량 계산을 정확히 할 수 있는 기법을 개발하여 적용하면 보다 다양한 형태의 이동 경로에도 제안하는 기법을 적용 할 수 있을 것으로 기대된다.

References

- [1] J.J. Yoo, Y.S. Cho, "Trends in Technical Development and Standardization of Indoor Location Based Service," Electronics and Telecommunications Trends, Vol. 29, No. 5, pp.51-61, 2014 (in Korean).
- [2] S.H. Jeong, H.S. Shin, "The Trend of WPS(WiFi Positioning System & Service)," The Journal of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences, Vol. 6, No. 3, pp. 100-105, 2011 (in Korean).
- [3] J.W. Song, S.J Hur, Y.W. Park, K.Y. Yoo, "Database Investigation Algorithm for High-Accuracy based Indoor Positioning," Institute of Embedded Engineering of Korea, Vol. 7, No. 2, pp. 85-93, 2012 (in Korean).
- [4] J. Suk, H.Y. Kim, "A Study on the location tracking system by using Zigbee in wireless sensor network," The Journal of the Korea Institute of Maritime Information & Communication Sciences, Vol. 14, No. 9, pp. 2120-2126, 2010 (in Korean).
- [5] S. Lee, B. Kim, H. Kim, R. Ha, H. Cha,

"Inertial Sensor-Based Indoor Pedestrian Localization with Minimum 802.15.4a Configuration," IEEE Transactions on Industrial Informatics, Vol. 7, No. 3, pp. 455-466, 2011.

- [6] M.G. Gang, "Indoor Localization System Using Smartphone Sensor Information and WiFi RSSI," Master Thesis, Korea Aerospace University, 2013 (in Korean).
- [7] H. Wang, S. Sen, A. Elgohary, M. Farid, M. Youssef, R.R. Choudhury, "No Need to War-Drive:Unsupervised Indoor Localization," Proceedings of International Conference on Mobile Systems, Applications, and Services, pp. 197-210, 2012.
- [8] G.M. Jang, D.S. Han, "Step Detection and Heading Estimation Using Smart phone Sensor," The Korea Institute of Intelligent Transport Systems, Vol. 2013, No. 2, pp. 108-112, 2013 (in Korean).
- [9] H.J. Cha, H.J. Shin, G.H. Park, "Method and Apparatus for Tracking User," Korean Patent, 10-1140045, 2012.
- [10] Y. Xuan, R. Sengupta, Y. Fallah, "Making Indoor Maps with Portable Accelerometer and Magnetometer," Proceedings of Conference on Ubiquitous Positioning, Indoor Navigation, and Location-Based Service, pp. 1-7, 2010.
- [11] <http://youtu.be/8JhrfOnMJ8w>

저 자 소 개

라 동 준



2014년 영남대학교 정보통신공학과 졸업.

현재, 영남대학교 모바일정보통신공학과 석사과정.

관심분야: 무선통신, 안드로이드 응용개발

Email: nadj2964@ynu.ac.kr

최 권 류



1994년 포항공과대학교 전자전기공학과 졸업.

1996년 포항공과대학교 전자전기공학과 석사.

2000년 포항공과대학교 전자전기공학과 박사.

2000년 4월-2003년 2월 ETRI 광대역무선전송연구부 광대역무선전송연구팀 선임연구원.

현재, 영남대학교 모바일정보통신공학과 교수.

관심분야: 무선통신, 이동통신, 안드로이드 응용개발

Email: gonew@ynu.ac.kr