

# 실내 대피 경로의 최신화를 위한 스마트폰 센서 기반의 사용자 위치 추정에 관한 연구

전 욱\* · 이 창 호\*

\*인하대학교 산업경영공학과

## Study of Users' Location Estimation based on Smartphone Sensors for Updating Indoor Evacuation Routes

Yu Quan\* · Chang-Ho Lee\*

\*Department of Industrial Engineering, INHA University

### Abstract

The Location Based Service is growing rapidly nowadays due to the universalization of the use for smartphone, and therefore the location determination technology has been placed in a very important position. This study suggests an algorithm that can provide the estimate of users' location by using smartphone sensors. And in doing so we will propose a methodology for the creation and update of indoor map through the more accurate position estimation using smartphone sensors such as acceleration sensor, gyroscope sensor, geomagnetic sensor and rotation sensor.

**Key words :** Location Estimation, Smartphone Sensor, Indoor Evacuation Routes

### 1. 서론

최근 사회의 발전 속도와 더불어 스마트폰 사용이 보편화되고 있으며, 통신사별 스마트폰 가입 현황은 18년도 2월을 기준으로 <Table 1>에서와 같이 56,156,771명에 달한다[1]. 이는 2018년 3월 국가통계포털에서 공개한 총 인구수 51,784,669명의 약 110%에 달한다[2].

<Table 1> Subscriber status by telecommunication company

| Classification | 17.09      | 17.10      | 17.11      | 17.12      | 18.01      | 18.02      |
|----------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| SKT            | 24,562,400 | 24,573,945 | 24,577,469 | 24,560,166 | 24,562,537 | 24,604,381 |
| KT             | 13,822,002 | 13,825,864 | 13,828,484 | 13,828,484 | 13,863,117 | 13,883,026 |
| LGU+           | 10,790,556 | 10,806,880 | 10,831,823 | 10,841,436 | 10,849,777 | 10,864,469 |
| MVNO           | 6,672,802  | 6,720,669  | 6,763,300  | 6,764,049  | 6,790,731  | 6,804,469  |
| Total          | 55,847,760 | 55,927,358 | 56,007,414 | 55,994,135 | 56,066,162 | 56,156,771 |

†Corresponding Author : Chang-Ho Lee, Industrial Engineering, INHA UNIVERSITY,  
100, inha-ro, Nam-gu, Incheon, M-P : 010-3761-2995, E-mail: lch5601@inha.ac.kr

Received May 15, 2018; Revision Received Jun 14, 2018; Accepted Jun 18, 2018.

이처럼 스마트폰 사용의 보편화로 인하여 스마트폰 서비스 시장은 빠르게 성장하고 있으며 대형마트, 백화점, 병원 등 다양한 장소에서 LBS(Location Based Service, 위치 기반 서비스) 기술은 매우 주요한 위치에 놓여 있다. 또한 안전사고 발생 시 LBS기술을 통하여 스마트폰 사용자의 정확한 위치 파악과 이동 경로를 추정함으로써 화재나 자연재난 등 긴급 상황 시 재난 구조에 따른 시간을 단축할 수 있다. 대부분의 LBS 기술은 GPS(Global Positioning System, 글로벌 포지셔닝 시스템) 시스템을 사용하는 것이 일반적이지만, 실내에서는 건축물의 환경 구조에 따라 수신이 힘든 단점이 있다.

이와 같은 문제점을 바탕으로, 본 연구에서는 실내 위치 기반 서비스 제공을 위하여 스마트폰에 내장된 센서를 이용한 PDR(Pedestrian Dead Reckoning, 보행자 추측 항법)과 INS(Inertial Navigation System, 관성 항법 시스템)기법을 통한 동적인 오차 보정 기준을 적용하여 스마트폰 사용자의 실내 위치 추정에 관

한 정확도를 향상하는 방안에 대하여 방법을 제시하고자 한다.

## 2. 이론적 배경

### 2.1 위치 추정

위치 추정은 <Table 2>에서와 같이 실외와 실내로 나뉘게 된다. 실내 측위 기술로는 주로 사용자가 위치하고 있는 공간을 예측하는 연구가 주를 이루고 있으며 방법론으로는 앞서 언급한 PDR과 INS기법이 있다[3].

본 연구에서는 스마트폰 센서를 활용한 PDR과 INS를 사용하여 사용자의 실내 위치 추정과 실내 측위 정확도를 향상하며, 이동 경로를 정확히 추정하는 방안에 대하여 연구하고자 한다. 센서는 별도의 센서 모듈이 아닌 스마트폰에 탑재되어 있는 가속도, 자이로스코프, 지자기 센서를 사용하고자 한다.

<Table 2> Location determination technology

|                    | Technology       | Advantage  | Disadvantage  |   |
|--------------------|------------------|--|---|---|
| Indoor/<br>Outdoor | PDR/INS          | location determination of indoor and outdoor is possible and low error | Errors in location determination are accumulated and need to be corrected |   |
| Indoor             | Bluetooth        | Connect multiple devices   | Distance of Signal Communication is short                                 |   |
|                    | RFID             | Provides high accuracy and low distance error                          | High cost to build  |   |
|                    | W<br>i<br>F<br>i | Finger-print   | Multiple locations selected at random                                     | Requires a lot of labor and time and cost |
|                    |                  | Triangulation  | Provides High-position resolution   | High cost to build                        |
|                    | Cell-id          | Estimate based in the nearest AP to Measurement Target                 | Accuracy of location determination is low                                 |   |
| Outdoor            | GPS              | High accuracy  | Not recognized in indoors   |   |

### 2.2 스마트폰 센서

스마트폰에는 여러 종류의 센서가 탑재되어 있으며 그중에서 사용자의 위치 추정에 사용되는 센서로는 <Table 3>에서와 같이, 가속도 센서, 중력 센서, 자이로스코프 센서 그리고 지자기 센서가 있다.

가속도 센서는 x, y, z축에 대한 가속도를 측정할 수

있으며, 중력 센서는 중력 가속도만을 측정하는 센서로서 물체의 기울기를 측정한다. 또한 자이로스코프 센서는 각속도를 측정하는 센서로, 단위 시간 동안 물체가 회전한 정도를 측정하는 역할을 하며, 지자기 센서는 x, y, z축에 가해지는 지구의 자기장을 측정하는 역할로 자북(magnetic north)을 추정하는 기능을 한다 [14].

<Table 3> Smartphone sensor for users' location estimation

| Sensor         | Description   | Purpose of use                   |
|----------------|---|----------------------------------|
| Accelerometer  | Acceleration applied to the x, y and z axes is measured in units of $m/s^2$ including gravity | Motion recognition and detection |
| Gravity        | Gravitational acceleration applied to the x, y and z axes is measured in units of $m/s^2$     |                                  |
| Gyroscope      | Rotation speed(angular velocity) applied to the x, y and z axes is measured                   | Rotation detection               |
| Magnetic Field | Geomagnetism applied to the x, y and z axes is measured in units of $\mu T$                   | Compass                          |

### 2.3 PDR

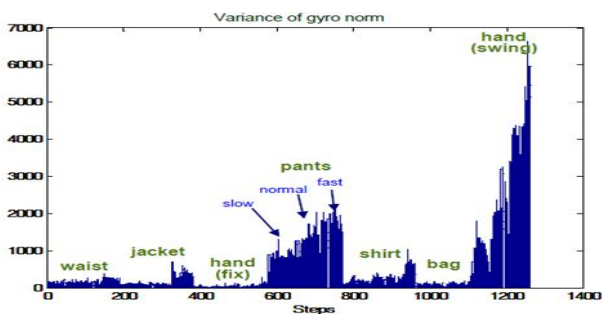
PDR은 스마트폰의 가속도, 자기장, 자이로스코프 센서를 이용하여 사용자의 동적인 움직임을 분석하여 이전의 알려진 위치로부터 현재의 위치를 추정하는 실내 및 실외 위치 인식 기법이다[4]. PDR기법의 예측 변수로는 걸음 수, 보폭, 방향이며 스마트폰의 가속도, 자기장 및 자이로스코프 센서를 이용하여 적분 과정을 통한 보행 거리 및 방향 위치를 추정하는 기법이다[5].

PDR 기법은 걸음 수 측정(step counting), 보폭 추정(stride length estimation), 방향 추정(heading estimation) 등 세 가지를 결합하여 사용자의 위치를 추정하며, 보폭 길이와 이동 거리는 식(1), (2)를 통하여 추정할 수 있다[6].

$$\text{보 폭} = \alpha \cdot f + \beta \cdot \nu + \gamma \quad (1)$$

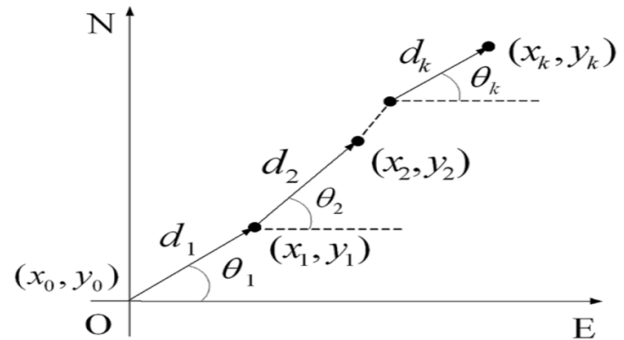
$$\text{이동거리} = \sum_{i=1}^n (\alpha \cdot f_i + \beta \cdot \nu_i + \gamma) \quad (2)$$

식(1), (2)에서  $\alpha$ ,  $\beta$ 는 매개 변수의 가중치이고  $\gamma$ 는 상수,  $f_i$ 는 i번째의 걸음 빈도이며  $\nu_i$ 는 i번째의 가속도 분산이다.



[Figure 1] Variance of 3-axis gyro norm

하지만 PDR기법에서 자이로 값은 [Figure 1]에서와 같이 스마트폰을 소지하고 있는 위치(손, 바지 주머니)에 따라 출력 값이 다르다[6].



[Figure 2] Basic model for PDR algorithm

[Figure 2]는 PDR 알고리즘이며, 본 연구에서는 재귀적 알고리즘을 사용하여 보행자 이동 위치를 추정한다. 보행자의 초기 위치는  $(x_0, y_0)$ 로 설정한다[7].

$$x_k = x_{k-1} + \text{step}_k \cdot \cos(\text{azimuth}_k) \quad (3)$$

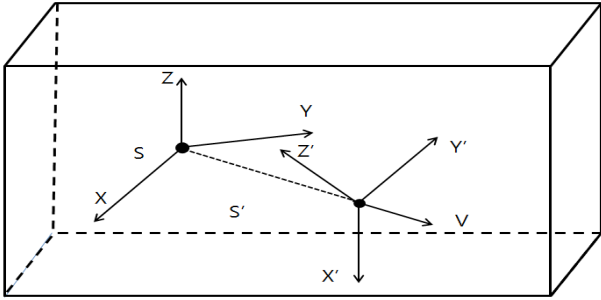
$$y_k = y_{k-1} + \text{step}_k \cdot \sin(\text{azimuth}_k) \quad (4)$$

식(3), (4)를 사용하여 시작점의 위치에서 사용자의 이동 경로에 따른 거리와 방향을 실시간으로 판단할 수 있으며 여기에서 x와 y는 이동 위치를 뜻하고 step은 step length, azimuth는 azimuth of the step이다 [8].

### 2.4 INS

INS(Inertial Navigation System, 관성 항법 시스템)는 외부 데이터 혹은 보조 장치 없이 스마트폰의 가속도 센서와 자이로스코프 센서로 사용자의 위치, 방

향, 속도를 추정하는 자립항법 장치이며 Gimbaled INS와 Strapdown INS로 나뉜다.



[Figure 3] Two reference frames exercising at relative speed

[Figure 3]은 상대 속도로 운동하고 있는 2개의 참조 프레임이며, 프레임 S'는 어느 방향 혹은 공간에서 임의로 운동할 수 있지만 최초 프레임 S에 대한 회전은 고정되어 있다. 관성 프레임은 최초 자이로스코프에 의하여 형성된 프레임이 어떠한 방향으로 위치가 변화되어도 최초 형성된 프레임의 형태는 그대로 유지된다 [9]. 자이로스코프는 운동량 보존 원리에 기초한 것이며, 스마트폰에 대한 각속도는 코리올리 효과(coriolis effect)를 이용하여 각속도  $\omega$ 로 회전하는 기준 좌표계에서 속도  $\nu$ 로 움직이는 질량  $m$ 의 힘을 식(5)와 같이 표현할 수 있다.

$$F_C = -2m(\omega * \nu) \tag{5}$$

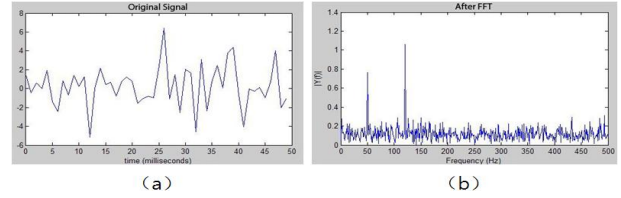
$$\begin{bmatrix} \varepsilon_{gx} \\ \varepsilon_{gy} \\ \varepsilon_{gz} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} k_{gx0} \\ k_{gy0} \\ k_{gz0} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} k_x & \Delta_{sx} & -\Delta_{ox} \\ \Delta_{oy} & k_y & -\Delta_{py} \\ \Delta_{sz} & \Delta_{oz} & k_z \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \omega_{px} \\ \omega_{py} \\ \omega_{pz} \end{bmatrix} \tag{6}$$

또한 자이로스코프는 시간의 흐름에 따라 오류가 증가하게 되는데, 그러한 누적 오류는 식(6)을 사용하여 측정할 수 있다. 식(6)에서  $\varepsilon_{gx}$ ,  $\varepsilon_{gy}$ ,  $\varepsilon_{gz}$ 는 자이로스코프의 측정 오차이며  $k_{gx0}$ ,  $k_{gy0}$ ,  $k_{gz0}$ 은 자이로 편향이고  $k_x$ ,  $k_y$ ,  $k_z$ 는 Gyroscope torque error coefficient이다.  $\Delta_{ox}$ ,  $\Delta_{sx}$ ,  $\Delta_{sy}$ ,  $\Delta_{oy}$ ,  $\Delta_{sz}$ ,  $\Delta_{oz}$ 는 자이로 x, y, z 설치 오류 각도이며  $\omega_{px}$ ,  $\omega_{py}$ ,  $\omega_{pz}$ 는 관성 시스템에 대한 플랫폼의 각속도이다[10].

### 2.5 Data Cleaning Algorithm

스마트폰 센서 데이터에는 잡음이 포함되어 있으며

잡음 처리로서 대표적인 알고리즘으로는 FFT(Fast Fourier Transform), DDTW(Differential Dynamic Time Warping) 등 여러 가지가 있다.



[Figure 4] (a) Signal data before FFT conversion (b) After FFT conversion

FFT는 [Figure 4]에서와 같이 입력된 데이터를 주파수 영역별로 분리함으로써 각 주파수가 가지는 특성을 나타내며 계산 속도가 빠른 특징이 있다[11].

DDTW 알고리즘은 불규칙적이거나 길이가 긴 잡음에 대하여 민감한 반응을 보이며 특이점의 발생 빈도는 식(7)을 사용하여 판단할 수 있다. 식(7)에서  $N$ 은 동적 패턴의 개수이고, length는 경로의 길이이며,  $m_Q$ 와  $m_C$ 는 동적 패턴 Q와 C에서 2개 이상의 대응되는 점의 계수를 나타낸다[12].

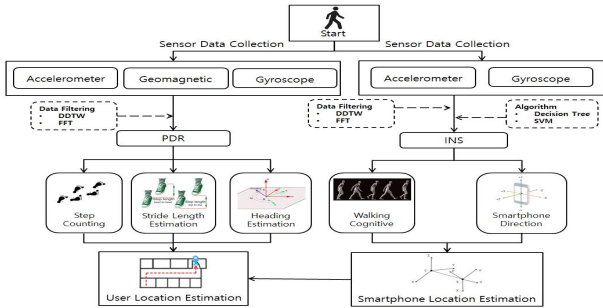
$$S = \frac{1}{N} \times \sum_1^N \frac{(m_Q + m_C)}{length} \tag{7}$$

이러한 데이터 전처리 알고리즘을 사용하여 사용자가 원하는 데이터와 잡음을 분리하여 좀 더 높은 정확도를 가지는 데이터를 얻을 수 있으며 지난 연구에서 제안한 보행 검출 단계의 보행인식 방법을 바탕으로 잡음 처리를 추가함으로써 더욱 정확한 보행 수 검출을 할 수 있다[3].

## 3. 본론

### 3.1 위치 추정 단계

위치 추정 단계에서는 [Figure 5]에서와 같이 PDR 기법 혹은 INS기법을 사용하여 도출된 값을 바탕으로 사용자의 위치를 추정한다.



[Figure 5] Users' location estimation

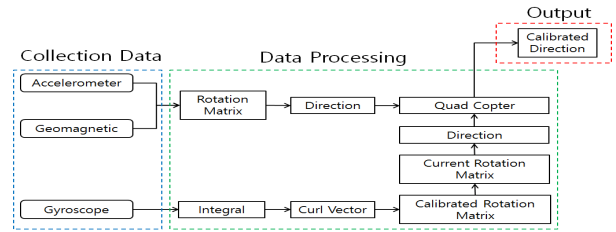
PDR기법은 사용자의 에너지 값을 보폭 수로 도출하고, 보폭의 수에 평균 보폭 거리를 곱하여 사용자의 이동 거리를 추정하고, 자이로스코프 센서 값과 지자기 센서 값을 통하여 사용자의 이동 방향을 추정한다 [13]. INS기법은 가속도 센서와 회전 센서로 사용자의 걷기 인식과 이동 속도, 이동 거리, 이동 방향을 결정할 수 있으며, PDR과 INS기법을 사용하여 스마트폰 사용자의 이동 경로를 추정하고, 이동 경로를 통하여 실내 최신 맵을 구축할 수 있다.

### 3.2 사용자 행동 패턴 분석

본 연구에서는 연구가 수행되는 장소를 학교 내의 건물로 한정하고 사용자들을 분류하여 행동 패턴을 관찰하였다. 관찰 결과 대학원생과 연구원은 실내의 특정 위치에서 머물고 활동 범위가 좁으며 대부분의 시간 자신의 책상에 스마트폰을 놓는 것으로 관찰되었다. 또한 대학생의 경우에는 이동 경로를 파악하기가 어려우며 이동 시 대부분 스마트폰을 손에 들고 다니는 것으로 관찰되었다. 학교 보안 요원의 경우에는 특정 시간 일정한 경로 패턴을 보였으며 스마트폰을 주머니에 소지하는 것으로 관찰되었다.

### 3.3 측위 방법론 알고리즘

본 연구에서는 [Figure 6]에서와 같이 스마트폰에 탑재된 가속도, 지자기 및 자이로스코프 센서를 활용하여 각 데이터를 수집한 후, 이동 거리 값과 방향 값을 측정하여 최종 위치를 예측한다.



[Figure 6] The calculation process of direction value using acceleration sensor, geomagnetic sensor and gyroscope sensor

사용자의 이동 방향 예측에는 식(8)을 사용한 로지스틱 회귀분석을 사용하여 추적할 것이며, 식(8)에서  $y_i$ 는 사용자의 이동 방향 예측 값이고,  $x_j$ 는 입력 변수인 가속도, 지자기, 자이로스코프 센서 데이터이다.  $\alpha_j$ 는 각 입력 변수의 가중치이고,  $\epsilon_i$ 는 예측 오차 값이다.

$$y_i = f(x_j) = \alpha_0 + \alpha_1 x_1 + \alpha_2 x_2 + \dots + \alpha_j x_j + \epsilon_i \quad (8)$$

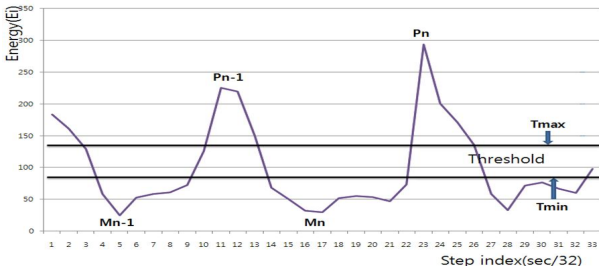
또한 PDR과 INS를 이용함에 있어 생기는 오류 값과 센서의 성능 부족으로 발생하는 오차  $\epsilon_i$ 는 오일러 회전과 쿼터니언 회전 변환 그리고 x, y, z축의 벡터 값을 각각 분해하는 방법이 대표적으로 사용된다. 가속도  $F_A$ 는 정지된 상태와 마찬가지로 3축에 대해  $F_{Gx}$ ,  $F_{Gy}$ ,  $F_{Gz}$  3가지 힘으로 구분할 수 있다.

$$F_A = \begin{bmatrix} F_{Ax} \\ F_{Ay} \\ F_{Az} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \dot{u} \\ \dot{v} \\ \dot{w} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & w & -v \\ -w & 0 & u \\ v & -u & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} F_{Gx} \\ F_{Gy} \\ F_{Gz} \end{bmatrix} + g \begin{bmatrix} \sin\theta \\ -\cos\theta\sin\phi \\ \cos\theta\cos\phi \end{bmatrix} \quad (9)$$

식(9)에서 자이로스코프의 출력 값인 회전 각속도  $F_{Gx}$ ,  $F_{Gy}$ ,  $F_{Gz}$ 와 이동 속도 u, v, w, 이동 가속도  $\dot{u}$ ,  $\dot{v}$ ,  $\dot{w}$ 이다. 추가 변수를 고려하면 움직이는 물체의 전체 가속도는 식(9)와 같이 표현된다. 이동 시 발생하는 가속도는 선형 가속도  $\dot{u}$ ,  $\dot{v}$ ,  $\dot{w}$ 와 중력 가속도  $g\sin\theta$ ,  $-g\cos\theta\sin\phi$ ,  $-g\cos\theta\cos\phi$ 의 합으로 표현되어 사용자의 이동 벡터 값을 분해하여 위치 추정 오류 값을 최소화한다[14].

### 3.4 보행 검출 단계

보행 검출 단계에서는 [Figure 7]에서와 같이 PDR 기법의 걸음 수 측정, 보폭 추정, 방향 추정을 사용하여 사용자의 위치를 추정하는 방법이 사용된다.



[Figure 7] Counting of step using energy value change

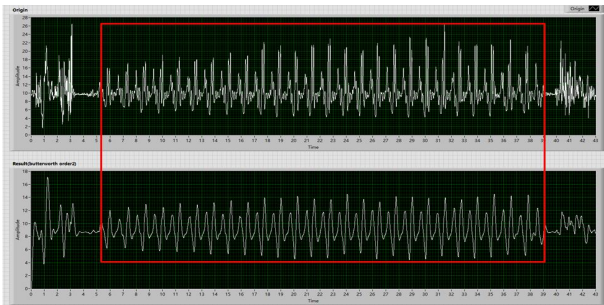
PDR기법의 정확성을 높이기 위하여 식(10)에서와 같이 가속도의 x, y, z축 벡터 값을 에너지 값으로 변환하여 걸음 수를 측정한 다음 패턴을 분석한 후, 에너지 값의 변화를 통하여 센서의 최댓값과 최솟값, 양과 음의 기울기 등으로 다양한 기준을 적용하여 보행을 검출한다[15] [16].

$$E = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} \tag{10}$$

걸음 수 측정은 본 연구에서 관찰한 사용자의 행동 패턴에 따라 스마트폰을 손에 든 상태와 바지 주머니에 넣은 상태로 진행하였으며 그 결과는 각각 [Figure 8]과 [Figure 9]에서와 같이 나타나는 것을 확인할 수 있다.



[Figure 8] Measurement of the number of steps in holding a smartphone with a hand



[Figure 9] Measurement of the number of steps in putting a smartphone in pocket

### 3.5 방향 추정 단계

방향 추정 단계에서는 식(11)의  $\theta$ 와  $\phi$ 각을 식(12)로 정리할 수 있으며, 식(12)는 움직이는 상태에서의 스마트폰의 방향을 나타낸다. 여기에서 이동 속도와 이동 가속도(선형 가속도)를 통하여 움직이는 상태의 형태, 위치를 파악하게 되며 물체가 등속 직선 운동 중이거나 정지 상태에서의 선형 가속도는 모두 0이 되고, 각속도 또한 0이 된다[14].

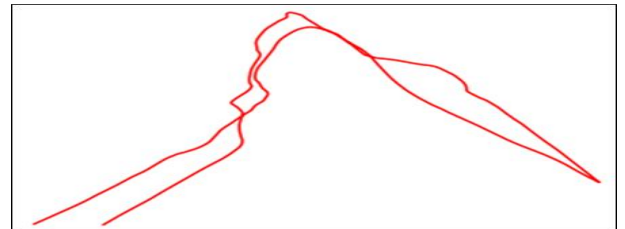
$$\begin{bmatrix} F_{Ax} \\ F_{Ay} \\ F_{Az} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \dot{u} + wF_{Gy} - vF_{Gz} + g \sin\theta \\ \dot{v} - wF_{Gx} - uF_{Gz} - g \cos\theta \sin\phi \\ \dot{w} + wF_{Gz} - uF_{Gy} + g \cos\theta \cos\phi \end{bmatrix} \tag{11}$$

$$\sin\theta = \frac{F_{Ax} - \dot{u} - wF_{Gy} + vF_{Gz}}{g} \tag{12}$$

$$\cos\theta \sin\phi = \frac{-F_{Ay} - \dot{v} - wF_{Gx} + uF_{Gz}}{g}$$

$$\theta = \sin^{-1}\left(\frac{F_{Ax} - \dot{u} - wF_{Gy} + vF_{Gz}}{g}\right)$$

$$\phi = \sin^{-1}\left(\frac{-F_{Ay} - \dot{v} - wF_{Gx} + uF_{Gz}}{g \cos\theta}\right)$$



[Figure 10] Direction estimation of rotation sensor value

또한 식(12)에서와 같이 회전 센서의 출력 값을 이용하여  $\theta$  값과  $\phi$  값을 계산하는 방법을 일반적으로 사용하며, 자이로스코프 각속도 값을 미분하고, 가속도 센서 데이터를 오일러각으로 사용한 후 조합하여 [Figure 10]에서와 같이 스마트폰 사용자의 방향 추정을 할 수 있다.

### 4. 결론 및 향후 연구 과제

본 연구에서는 LBS에 관한 선행연구를 통하여 사용자의 스마트폰 센서를 바탕으로 하는 PDR과 INS기법에 대한 방법론을 제시하였다. 하지만 스마트폰 센서 데이터에는 잡음이 포함되어 있으므로 FFT, DDTW와



같은 기법들을 통하여 잡음을 처리할 수 있을 것으로 예상된다. 또한 잡음을 정제한 후 로지스틱 회귀모형에 적용시킴으로써 스마트폰의 소지 환경에 따라 움직이는 사용자의 진행 방향 및 위치를 추정할 수 있다.

향후 연구에서는 본 연구 방법에서 제시한 실내 위치 추정 기법과 스마트폰 센서 데이터의 잡음 처리에 관한 알고리즘을 사용하여 사용자의 위치 추정 정확도를 제고할 것이며, 이를 바탕으로 실내 지도 구축과 최신화에 대한 방법을 제공함으로써 긴급 상황이나 자연 재해, 화재 발생 시 실내 인명 구조에 따른 대피 경로에 대한 방법을 제시할 것이다.

## 5. 참고문헌

- [1] Ministry of Science and ICT, "Wireless Communication Service Subscriber Line Statistics", [www.msit.go.kr/web/msipContents/contentsView.do?cateId=mssw67&artId=1375991](http://www.msit.go.kr/web/msipContents/contentsView.do?cateId=mssw67&artId=1375991)
- [2] KOSIS National Statistical Portal, "Gender Population by Administrative District", <http://kosis.kr/search/search.do>
- [3] Yu Quan, Jung-Hwan Jang, Jing-Lun Jang, Yong-Chul Jho and Chang-Ho Lee(2018), "A Study on the Guide to Emergency Exit by Tracking Location of Smartphone Users" Vol.20, No.1.
- [4] Daisuke Taniuchi and Takuya Maekawa(2015), "Automatic Update of Indoor Location Fingerprints with Pedestrian Dead Reckoning", *ACM Transactions on Embedded Computing Systems*, Vol.14. No.2.
- [5] Do Yun Kim and Lynn Choi(2017), "Correction Algorithm for PDR Performance Improvement through Smartphone Motion Sensors", *KIISE Transactions on Computing Practices*, Vol. 23. No.3. pp. 148-155
- [6] S. H. Shin, M. S. Lee, C. G. Park and Hyun Su Hong(2010), "Pedestrian Dead Reckoning System with Phone Location Awareness Algorithm", *IEEE Xplore Digital Library*.
- [7] Zengshan Tian, Yuan Zhang, Mu Zhou and Yu Liu(2014), "Pedestrian dead reckoning for MARG navigation using a smartphone" *EURASIP Journal on Advances in SignalProcessing*.
- [8] L'ubica Ilkovič.ova, Pavol KajaneK and Alojz Kopač.ik(2016), "Pedestrian Indoor Positioning and Tracking using Smartphone Sensors, step Detection and Map Matching Algorithm", *GNSS and Indoor Navigation*.
- [9] Ganghee Lee(2014), "Air Navigation", *Flight Institute*, Vol.17, No.174.
- [10] Hae-Seong Kim(2017), "Fingerprint-based Indoor Localization using a Uniformly Positioned Access Point Selection Algorithm in WLAN", *Master's Thesis, Computer Engineering of AJou University*.
- [11] Jeong-Bong Seo(2012), "Handwritten Character Recognition using Gyroscope and DTW", *Master's Thesis, Computer Engineering of Chung-Ang University*.
- [12] Sehoon Kim, Hyung-il Choi, Yang-Won Rhee and Seok-Woo Jang(2011), "Efficient Dynamic Time Warping Using 2nd Derivative Operator", *Korean Society of Computer and Information*, VOL.16, No.2.
- [13] Moustafa Alzantot and Moustafa Youssef(2012), "CrowdInside: Automatic Construction of Indoor Floorplans", *20th ACM SIGSPATIAL International Conference on Advances in Geographic Information Systems*.
- [14] Jun-Won Lee(2014), "Android sensor story", pp.195-197.
- [15] Won-ho Kang and Young-nam Han (2015), "SmartPDR: Smartphone-Based Pedestrian Dead Reckoning for Indoor Localization", *IEEE Sensors Journal*, VOL. 15, No.5.
- [16] Yun-Kyung Kim, Sung-Mok Kim, Hyung-Suk Lho and We-Duke Cho(2011), "Real-Time Step Count Detection Algorithm Using a Tri-Axial Accelerometer", *Korean Society For Internet Information*, VOL.12, No.3

## 6. 저자 소개

전 옥



중국 길림건축공정대학교 공학사 취득. 중국 연변대학교 석사 취득. 현재 인하대학교 산업경영공학과 박사과정.

관심분야 : 물류, SCM, ERP 등

주 소 : 인천광역시 남구 용현동 253, 인하대학교 산업공학과

이창호



인하대학교 산업공학과 학사 취득. 한국과학기술원 산업공학과 석사, 경영과학과 공학박사 취득. 현재 인하대학교 교수로 재직 중.

관심분야 : 물류, LBS, SCM 등

주 소 : 인천광역시 남구 용현동 253, 인하대학교 산업공학과