

# 지자기데이터를 이용한 응급대피용 핑거프린트 위치 추정에 관한 연구

진혜명\*·장정환\*\*·장청윤\*\*·조용철\*\*\*·이창호\*

\*인하대학교 산업경영공학과·\*\*아이비시스템즈·\*\*\*한국항만연수원 인천연수원

## A Study on the Fingerprint Location Determination using Smartphone Geomagnetic Data For Emergency Evacuation

Hye-Myeong Jin\*·Jung-Hwan Jang\*\*·Jing-Lun Jang\*\*·Yong-chul Jho\*\*\*·Chang-Ho Lee\*

\*Department of industrial Engineering Inha University

\*\*I-biz Systems·\*\*\*Korea Port Training Institute Incheon

### Abstract

The Location Based Service is growing rapidly nowadays due to the universalization of the use for smartphone, therefore the location determination technology has been placed in an important position. This study suggests a method that can provide the estimate of users' location by using PDR method and smartphone geomagnetic sensor data. This method assists the measure of enhancing the accuracy of indoor localization. Moreover, it is to study ways to provide the exact indoor layout for evacuating the workers in emergency such as fires and natural disasters.

**Keywords : Emergency Evacuation, Smartphone Sensor, Geomagnetic Sensor Data**

### 1. 서론

토지의 효율성의 향상을 위해 지하 공간 및 건물의 심층화, 복잡화가 이루어지고 있다. 그러나 이와 같은 도시의 밀집도와 복잡성은 실내 공간에서 지진, 화재, 폭발과 같은 재난 상황 발생 시 사람들의 적절한 안내 및 대피를 어렵게 만들어 큰 인명 피해를 초래할 수 있다. 재난 발생 시 군중심리에 의한 패닉 현상을 줄이고 능동적인 대피 활동이 이루어질 수 있도록 대피자에게 제공되는 피난 대피 안내 기술 및 시스템 개발이 필요하다.

국내 실내 대피경로 관련 연구는 단순 시뮬레이션 위주의 연구, 시스템 기초 설계에 대한 연구만 진행되고 있다. 그러나 대피자의 위치를 중심으로 대피경로를 진행해야 하는 상황에서 실내 위치인식 기술의 부재로 인한 실내 피난유도 시스템 연구 및 개발의 한계점이 있다[12].

실내 측위기술은 GPS 사용이 불가능한 한계로 인해

Wi-Fi, 블루투스과 같은 전파를 이용한 방법이나 사용자가 소지한 관성, 회전, 가속도, 지자기 센서 등을 이용한 방법을 주로 사용한다.

전파를 이용하는 방법에는 주로 전파의 세기를 측정하거나 전파맵을 구축하여 측위하고 사용자 센서를 이용하는 방법에는 주로 PDR이나 관성항법 측위를 사용하고 있다. 전파를 이용한 방법은 실내에 신호를 발생시키는 단말기가 충분해야하고 전파맵을 미리 구축해야하는 한계가 있으며 사용자 센서를 이용하는 방법은 센서의 신뢰성과 오차가 누적되는 한계가 존재한다.

따라서 본 논문에서는 실내 측위의 정확도를 높여 사용자의 실시간 위치와 이동경로를 정확히 파악하기 위해 사용자 센서 기반의 PDR 기법과 지자기맵을 활용한 방법을 연구하였다.

<sup>†</sup>이 논문 또는 저서는 2019년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (NRF-2017R1D1A1B03028853)

<sup>†</sup>Corresponding Author : Chang-Ho Lee, Industrial Engineering, Inha University, 100, inha-ro, Nam-gu, Incheon, MP: 010-3761-2995, E-mail: lch5601@inha.ac.kr

## 2. 이론적 배경

### 2.1 지자기 측위

지자기 센서는 일반적인 음향, 진동, 가속도 센서 등과 달리 에너지원으로부터 발생된 신호를 감지하는 것이 아닌 차량, 금속물질, 자석 등에 의한 지구 자기장의 변화를 감지한다. 지자기 센서의 출력은 최대 3차원으로 나타나며 x, y, z의 3축으로 나타낼 수 있다. 각 축은 물체의 진행방향, 센서의 방향에 따라 서로 직교하는 출력을 나타낸다. 지자기 센서의 출력을 사용하는 방법은 크게 2가지로 나눈다. 각 축의 출력 패턴을 그대로 이용하여 사용하는 경우와 전체 크기(Magnitude)를 활용하는 방법이 있다[8].

Shervin Shahidi, Shahrokh Valaee는 지자기 센서를 활용하여 Viterbi 알고리즘을 이용하여 스마트폰에 내장된 센서(가속도계, 회전, 지자기)를 통해 지자기 실내 위치를 측정하는 시스템인 GIPSY를 제안하였다. 이는 PDR 모듈을 사용하여 사용자의 실제 위치 정보를 수집하였다. 저비용으로 추가적인 인프라가 없이 지자기 센서를 사용할 수 있고, 빠른 데이터를 수집할 수 있고, 임의로 장치의 방향 설정이 가능하다는 장점이 있다. 그러나 스마트폰에서 지자기 센서만 사용할 경우 실내 위치 인식을 할 때 실시간으로 높은 정확도를 보장하지는 않는다는 한계점이 있다[10].

### 2.2 핑거프린트 기법

핑거프린트 방법은 AP가 설치된 환경에서 AP와 통신이 가능한 단말기를 가진 사용자가 진입하여 AP의 신호세기를 확인하고 이를 토대로 데이터베이스에 미리 저장되어 있는 참조 지점인 RP(Reference Point)의 좌표와 RP에서 나오는 신호세기와 비교하여 가장 유사한 값을 가지는 RP를 사용자의 위치를 추정하는 방법이다. 핑거프린트는 미리 설정한 구역에서 신호를 파악하여 데이터베이스에 저장하는 학습(Training) 단계와 학습 단계에서 구축한 DB를 토대로 객체의 위치를 결정하는 위치결정(Positioning) 단계로 구성되어 있다. 실험 분석에는 결정론적 알고리즘을 적용한다. 결정론적 알고리즘은 다수의 AP에서 나오는 신호 세기를 설정해놓은 RP에서 측정하여 측정값들을 DB에 저장한 후 사용자가 수집한 신호 세기 정보와 유클리드 거리를 비교하여 가장 작은 값을 가지는 RP의 좌표를 사용자의 위치로 추정하는 방법이다[3]. 이 알고리즘에는 NN(Nearest Neighborhood), KNN(K-Nearest Neighborhood), KWNN(K-Weighted Nearest Neighborhood) 방법이 있다. NN 알고리즘은

데이터베이스에 저장된 신호세기 벡터 $[s_1, s_2, \dots, s_n]$ 와 설정해 놓은 MU(Mobile User)에서 측정한 신호세기 벡터 $[S_1, S_2, \dots, S_n]$ 의 차이를 계산하고, 유클리드 거리가 가장 작은 값을 가지는, 즉 가장 인접하는 단일의 RP를 사용자의 위치로 추정하는 방법이다. 이를 계산하는 방법은 식(1)과 같다[9].

$$L_q = \left( \sum_{i=1}^n |s_i - S_i|^q \right)^{\frac{1}{q}} \tag{1}$$

KNN 알고리즘은 DB에 저장된 RP와 MU 사이의 신호세기 벡터 값의 유클리드 거리가 작은 순서대로 k개의 RP를 선택하여 동일한 가중치인  $\frac{1}{k}$ 로 k개 좌표 $(\hat{x}, \hat{y})$ 의 산술 평균을 구하여 사용자의 위치를 추정하는 방법이다. 계산 방법은 식(2)와 같다[11].

$$(\hat{x}, \hat{y}) = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k (\hat{x}_j, \hat{y}_j) \tag{2}$$

KWNN 알고리즘은 KNN과 동일한 방법으로 k개의 후보 RP를 선정하고, 우선순위가 높은, 즉 유클리드 거리( $d_j$ )가 작은 RP에 더 큰 가중치( $w_j$ )를 부여하고 계산한다. k개의 후보 RP를 결정할 때 식(4)와 같이 유클리드 거리가 작은 값을 가지는 후보 RP의 좌표에 해당 RP의 유클리드 거리의 역수만큼의 가중치를 부여한다[1].

$$w_j = \frac{1}{d_j + \epsilon} \tag{3}$$

$$(\hat{x}, \hat{y}) = \frac{\sum_{j=1}^k \frac{1}{d_j + \epsilon}}{\sum_{j=1}^k \frac{1}{d_j} + \epsilon} \tag{4}$$

### 2.3 PDR 기법 중 오차 보정 연구

Ke hu는 다중 센서 융합을 이용한 위치 결정 방법에 따라 속도 추적을 이용하고, WiFi 보정 방법과 PDR 알고리즘을 결합하여 위치 결정 정확도를 높이는 방법을 연구하였다. 연구 결과를 통해 WiFi 및 PDR 단일의 방법에 비해 위치 결정 정확도가 향상되었음을 확인하였다. 보폭 계산 시 실시간으로 보폭을 정확히 계산함으로써 포지셔닝 과정에서 발생하는 누적 오류를 감소시킬 수 있다. 또한 신호 강도가 감소할 수 있는 길고 좁은 복도에서는 RSSI 거리 측정 방법을 선택하여 포지셔닝 정확도를 높이

고 복잡한 계산 과정을 줄일 수 있다. KNN 알고리즘을 사용하여 실시간으로 측정된 RSSI 값을 위치 핑거프린트 데이터와 일치시켜 일치도가 가장 높은 지점을 Wi-Fi 앵커포인트로 간주한다. PDR에 의해 얻은 앵커포인트의 가중 평균을 계산하는 방법과 앵커포인트 보정을 위해 Wi-Fi 위치 지정 방법으로 계산된 앵커포인트를 채택하고, 두 앵커포인트의 절대 거리에 따라 비례계수를 결정하여 계산하였다[4].

Laura Giarre는 앵커 기반의 UWB(Ultra Wide Band) 포지셔닝을 통해 PDR을 기반으로 하는 위치 인식 시스템의 보정에 관한 연구를 하였다. UWB 앵커 기반의 위치 인식 기술은 PDR 위치 인식을 보정하는데 사용된다. 앵커는 Wi-Fi 모듈이 포함되어 있다. 이 시스템은 IMU, UWB 시스템의 데이터를 병합하여 센서 융합 방식을 기반으로 하고, 위치 인식 및 보정 시 PDR, UWB 데이터를 모두 활용하여 전체 시스템을 향상시키고자 한다. 포지셔닝 구성에서 내비게이션 객체는 신호를 기준점으로 무선 신호로 전송하며 객체로부터의 거리를 정의하고 위치 결정 알고리즘이 객체의 위치를 결정하여 고정 앵커는 결과를 전송한다. 연구의 결과는 유망하지만 추후에 IMU, UWB 센서의 센서 퓨전 접근법을 확장하여 긴밀하게 결합할 수 있도록 하고, UWB에 의해 수집된 데이터는 PDR 파라미터를 추정하는데 사용될 것임을 언급하였다[5].

### 3. 본론

#### 3.1 PDR 기법의 한계

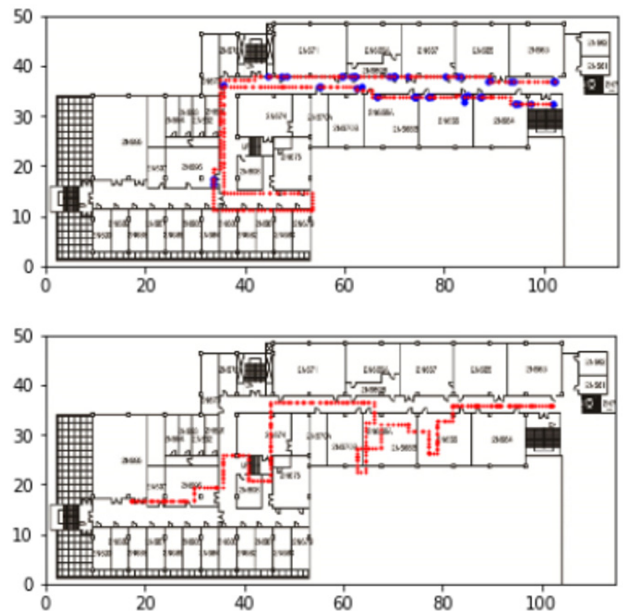
PDR 기법은 측위를 위한 인프라가 전혀 필요하지 않고, 스마트폰의 보급 확대와 스마트폰에 탑재된 센서의 정확도가 증가하고 있어 실내측위에 주 또는 보조 기술로 활용되고 있다[2]. PDR 기법의 단점으로는 [Figure 1]과 같이 사용자의 이동경로가 길어질수록 오차가 누적된다는 것인데, 이러한 단점을 해결하기 위해 보정 방법이 활용된다.



[Figure 1] Accumulated Errors in the PDR Technique (a) and Calibration Results (b)

매 걸음마다 오차를 초기화 하는 Zero Velocity Update 방법의 경우 스마트폰을 소지한 사용자의 신체조건, 사용 습관에 따라 여전히 오차가 발생하기 때문에 실내에 비콘이나 이동 패턴에 변화가 생기는 문, 엘리베이터 등과 같은 오차 기준점을 설정하여 누적된 오차를 초기화하는 방법을 사용한다[6].

선행 연구를 통해서 확인한 결과 PDR 기법에서 보여주는 오차 누적 문제를 확인하였으며, 특히 사용자의 방향 전환이 오차 발생에 영향을 주는 가장 큰 요소인 것을 확인하였다. [Figure 2]에서와 같이 방향전환이 발생하는 이동경로 중반 이후 오차 발생을 보여주고 방향 전환이 많을 경우 전혀 다른 경로를 표시하는 결과를 보여준다[13].

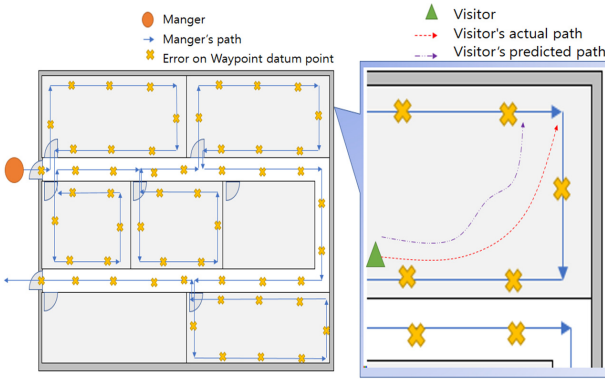


[Figure 2] Error of PDR method in user's movement path

따라서 이러한 오차를 보정하기 위해 블루투스나 NFC, Wi-Fi 등을 활용한 디바이스로 오차를 초기화하는 보정점을 만들어 오차를 초기화하는 방법을 활용한다. 오차를 초기화하는 기준점의 경우 접근 빈도에 따라 오차보정에 제한이 생기고, 기준점을 늘리는데도 제한이 있기 때문에 좀 더 정확한 실내 측위를 위해서는 제한이 적은 오차 보정 방법이 필요하다.

#### 3.2 핑거프린트를 활용한 PDR 오차 보정 방법

본 논문에서 제안하는 오차 보정 방법은 [Figure 3]과 같이 사용자를 관리자, 입주자, 방문자로 분류하여 사용자 주체가 상호보완적으로 오차 보정 기준점을 개선하는 방법을 적용한다.



[Figure 3] Schematic Diagram of Errors Correction by User Distinction and Creation of Errors Correction Reference Point

이를 위해 연구가 수행되는 장소를 학교 내의 건물로 한정하고 실내에서 이루어지는 업무에 따라 사용자들을 관리자와 방문자로 분류하여 행동 패턴을 분석하였다.

관리자는 보안 요원으로 특정하고 실내에서 일정 시간 간격으로 매번 유사한 이동 경로를 거치고 넓은 범위를 이동하며 업무를 수행하는 주체로 정의하였다. 스마트폰을 소지하고 있다고 가정하여 분석한 결과 실제 인터뷰와 관찰을 통하여 특정 시간에 일정한 경로로 이동하는 것을 파악하였고, 방 안쪽에서의 이동은 거의 없었으며, 복도에서 각각의 방문을 확인하는 행동 패턴을 보였다.

방문자는 대학생, 배달원 등으로 정하고 관찰한 결과 대부분의 경우 스마트폰을 손에 들고 있고 이동 경로는 예측하기 힘들며 이동 범위가 한정되어 있지 않는 등 특정 장소에 머무르는 시간도 예측하기 어려운 특성이 있었다.

이러한 특성에 따라 핑거프린트 방법을 통해 관리자의 트레이닝 데이터를 수집할 위치의 좌표와 해당 위치에서 데이터를 수집할 충분한 시간이 있다. 따라서 관리자는 핑거프린트 방법에서 RP를 생성하고 해당 RP 고유의 데이터를 수집하는 트레이닝 단계를 진행하여 지자기 핑거프린트 맵을 구축할 수 있다. 사용자는 구축된 지자기 핑거프린트 맵과 현재 사용자 위치의 지자기 데이터를 비교하여 위치를 확인할 수 있다.

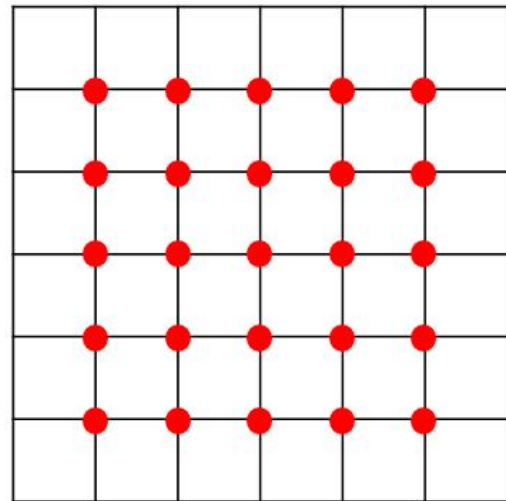
그러나 지자기 핑거프린트의 정확도가 높아야 PDR로 측정된 위치 보정이 가능하기 때문에 테스트를 통해 지자기 핑거프린트 방법의 정확도를 확인하였다.

### 3.3 지자기 핑거프린트 특성 테스트

지자기 데이터는 이론적으로는 특정 위치만의 고유한 값을 가진다. 그러나 주변 환경의 영향을 받는 특성이 있다. 본 논문에서도 여러 테스트를 통해 유동인구, 금속물체, 전력을 사용하는 장비나 가전제품 등에 영향을 받는 것을 확인하였다. 따라서 주변 환경의 영향을 받아도 특정

위치의 지자기 데이터라고 명확히 구분될 수 있는 조건을 테스트 하였다.

1차 테스트에서는 [Figure 4]와 같이 한 개의 RP를 정사각형 바닥 타일 50cm × 50cm 간격으로 설정하여 가로로 5개, 세로로 5개 배열하여 총 25개의 RP를 구성하여 지자기 핑거프린트 테스트를 진행하였다. 스마트폰 SM-A530N으로 Sensor Kinetics Pro를 이용하여 손에 들고 각 RP의 셀 중앙에서 지자기 센서 값을 수집하였다. 트레이닝 데이터는 5초 간 수집하였고, 포지셔닝 데이터는 3초간 수집하였다.



[Figure 4] Positioning points of RP1-RP25 in the Test 1

테스트는 총 3번 하였고, 각기 다른 날짜에 트레이닝 데이터와 포지셔닝 데이터를 수집하여 분석하였다.

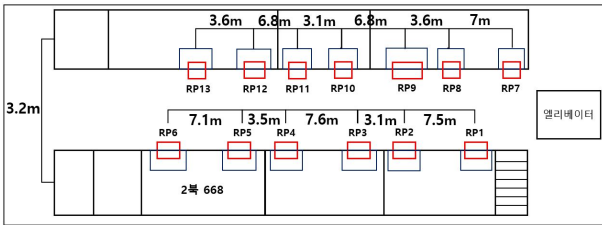
1차 테스트에서 지자기 핑거프린트 방법의 정확도는 <Table 1>과 같다. 측위 정확도는 동일한 날짜에 비슷한 시간에 트레이닝 데이터와 포지셔닝 데이터를 수집하였을 때만 정확도가 96%로 높게 나왔고 데이터 수집 날짜가 다를 경우에는 0~4% 정확도를 보였으며 평균적으로 2.4m의 오차를 보였다.

<Table 1> Test 1 Result

|                                     | Location Recognition Accuracy |           |            |
|-------------------------------------|-------------------------------|-----------|------------|
|                                     | NN                            | KNN (k=3) | KWNN (k=3) |
| DAY 2 Training<br>DAY 3 Positioning | 4%                            | 4%        | 4%         |
| DAY 1 Training<br>DAY 2 Positioning | 4%                            | 0%        | 0%         |
| DAY 1 Training<br>DAY 1 Positioning | 96%                           | 4%        | 4%         |

1차 테스트를 통해 RP 간의 사이가 가까울 경우 지자기 데이터로는 구분하기 어려운 것을 확인하였고 주변 환경의 영향 또한 큰 것을 확인하였다.

2차 테스트는 [Figure 5]와 같이 RP간의 사이를 멀리 떨어뜨리고 관리자가 복도에서 각방의 문 앞에서 정지하였을 때 트레이닝 데이터를 수집한다는 시나리오를 설정하여 진행하였다.



[Figure 5] Positioning Points of RP1-RP13 in the Test 2

복도에서 강의실 및 연구실 문 앞 중앙 지점을 RP1~13으로 총 13개의 RP를 설정하고 RP 간의 간격을 약 3m~7m로 설정하여 지자기 데이터를 수집하였다. 이를 동안 실험을 진행하였으며, 주변 환경의 영향을 좀 더 명확히 파악하기 위해 다양한 조건으로 테스트 하였다. 테스트 조건은 테스트 날짜와 사람이 스마트폰을 소지하였을 경우와 삼각대에 부착할 경우, 스마트폰의 센서를 모두 켜 경우와 지자기 센서만 켜 경우와 같은 조건을 조합하여 8가지의 조건으로 나누어 테스트 하였다. 8가지의 테스트 조건은 <Table 2>와 같다.

<Table 2> 8 Test Environments

|  |
|--|
| (1) 1Day, Tripod○, All Sensors             |
| (2) 1Day, Tripod○, Geomagnetic Sensor only |
| (3) 1Day, Tripod×, All Sensors             |
| (4) 1Day, Tripod×, Geomagnetic Sensor only |
| (5) 2Day, Tripod○, All Sensors             |
| (6) 2Day, Tripod○, Geomagnetic Sensor only |
| (7) 2Day, Tripod×, All Sensors             |
| (8) 2Day, Tripod×, Geomagnetic Sensor only |

결과를 분석할 때 RP간의 간격이 3~7m이기 때문에 사용자의 위치 후보군 k 간의 간격이 최대 수집m까지 벌어질 수 있기 때문에 핑거프린트 기법 중 NN 방법만을 활용하였다.

2차 지자기 핑거프린트 방법의 정확도는 <Table 3>과 같다. 측위 정확도는 1차 테스트에 비해 매우 높은 정확도의 결과를 보여 주었다. 8가지 조건에서의 결과를 보면 스마트폰의 고정방법이나 타 센서의 영향이 있어 보이지만 RP 간의 간격이 충분히 떨어져 있다면 큰 영향은 없는 것

으로 판단하였다.

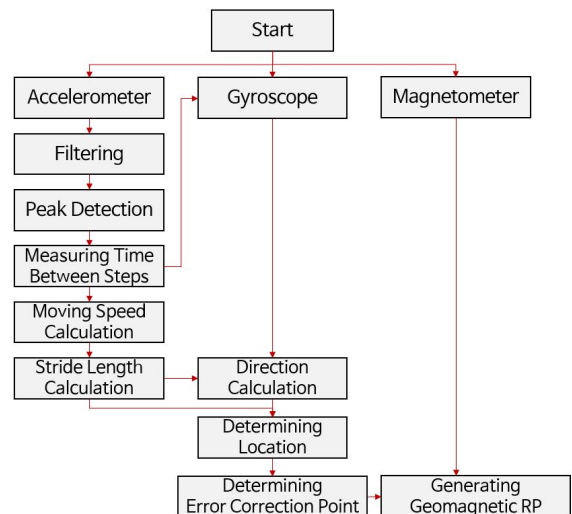
<Table 3> Position Recognition Accuracy Results for Each Test Environment of Test 2 NN Method

| Experiment Environment | Location Recognition Accuracy |
|------------------------|-------------------------------|
| (1) Random Positioning | 85%                           |
| (2) Random Positioning | 100%                          |
| (3) Random Positioning | 100%                          |
| (4) Random Positioning | 100%                          |
| (5) Random Positioning | 92%                           |
| (6) Random Positioning | 100%                          |
| (7) Random Positioning | 92%                           |
| (8) Random Positioning | 92%                           |

### 3.4 측위 알고리즘

관리자가 구축한 지자기 핑거프린트 맵으로 측위가 가능하고 정확도 또한 100%에 가까울 정도로 높기 때문에 PDR 방법으로 측정된 위치를 보정하는 것이 가능한 것을 확인하였다. 따라서 지자기 핑거프린트를 활용한 PDR 방법의 오차 보정 알고리즘을 관리자와 방문자로 구분하여 구성하였다.

[Figure 6]은 관리자의 알고리즘을 나타낸다. 알고리즘에서 가속도 센서와 회전센서를 활용한 PDR 기법은 선행 연구를 바탕으로 진행한 부분이다. PDR 기법으로 관리자의 이동 경로에서 점검을 위해 잠시 정지하는 지점의 좌표를 계산할 수 있고 그 지점을 오차 보정점으로 결정한다. 다음 해당 위치에서 지자기 데이터를 수집한다. 계산된 좌표와 수집된 지자기 데이터로 RP를 생성하는 것이 관리자 알고리즘의 목적이다.

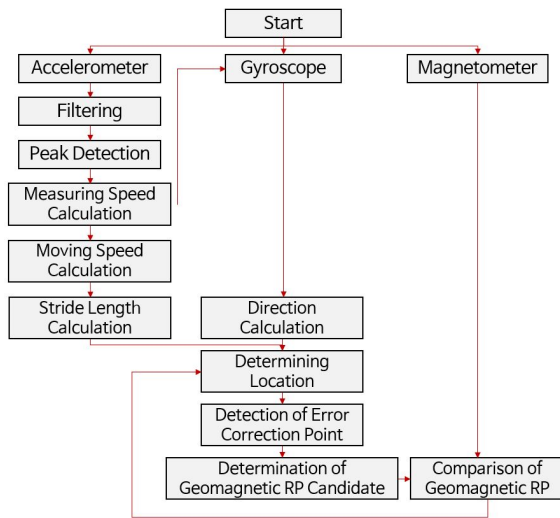


[Figure 6] Algorithm of an Administrator



관리자 위치 추정을 할 때는 PDR 방법으로 이동 경로를 계산한다. 그러나 방향전환이 일어나며 오차가 발생하는데, 이러한 오차는 관리자가 구축한 지자기 핑거프린트 맵과 사용자의 위치에서 수집되는 지자기 데이터와 비교하여 최종 위치를 보정한다.

[Figure 7]은 방문자의 알고리즘을 나타낸다. PDR 방법으로 이동 경로를 계산하는 것은 관리자와 동일하다. 그러나 관리자 알고리즘과 다른 점은 주기적으로 PDR로 계산된 방문자 위치와 가까운 지자기 RP를 탐색하여 지자기 RP 후보군을 결정하는 것이다. 지자기 RP 후보군을 선정하면 방문자의 지자기 데이터와 RP 후보군의 지자기 데이터와 비교하여 일치할 경우 일치하는 RP 후보군의 좌표를 방문자의 최종 위치로 결정한다. 이러한 위치 보정은 일정 시간 간격으로 반복적으로 수행한다.



[Figure 7] Algorithm of a Visitor

#### 4. 결론 및 향후 연구 과제

국내 실내 대피경로 관련 연구에서 대피자의 위치를 중심으로 대피경로에 대한 연구가 필요한 상황에서 실내 위치인식 기술의 부재로 인한 실내 피난 유도 시스템 연구 및 개발의 한계점을 확인하였다.

따라서 본 논문에서는 실내 측위의 정확도를 높여 사용자의 실시간 위치와 이동경로를 정확히 파악하기 위해 사용자 센서 기반의 PDR 기법과 지자기맵을 활용한 방법을 연구하였다.

PDR 기법의 문제점인 오차 누적 문제를 해결하기 위해 사용자를 관리자, 입주자, 방문자로 분류하여 사용 주체가 상호보완적으로 오차 보정 기준점을 개선하는 방법을 적용하였다. 관리자는 핑거프린트 방법에서 RP를 생성하고

해당 RP 고유의 데이터를 수집하는 트레이닝 단계를 진행하여 지자기 핑거프린트 맵을 구축하였다. 사용자는 구축된 지자기 핑거프린트 맵과 현재 사용자 위치의 지자기 데이터를 비교하여 위치를 확인할 수 있다. 지자기맵을 구축하기 전에 측위 정확도가 높은 RP 구성을 위한 테스트를 실시하여 RP 사이의 거리가 가까우면 정확도가 낮게 나타나는 것을 확인하였다. 이후 RP 간격을 넓혀 테스트한 결과 약 90%로 높은 정확도를 보이는 것을 확인하였다. 따라서 본 논문에서 제안하는 PDR 기법의 오차 보정 방안으로 활용이 가능하다고 판단하여 PDR 기법과 지자기 핑거프린트 기법을 적용한 알고리즘을 제안한다.

향후 연구로 본 논문에서 제시하는 알고리즘을 반영한 테스트를 진행할 예정이다.

#### 5. References

- [1] B. Li, Y. Wang, H. K. Lee, A. Dempster, C. Rizos(2005), "Method for yielding a database of location Fingerprints in WLAN." IEE Proceedings Communications, 152(5):580-586.
- [2] H. Benzerrouk, A. Nebylov, H. Salhi, P. Closas (2014), "MEMS IMU/ZUPT Based Cubature Kalman Filter applied to Pedestrian Navigation System." Conference Proceedings Paper - Sensors and Applications.
- [3] H. Lemelson, T. King, W. Effelsberg(2008), "Pre-processing of Fingerprints to Improve the Positioning Accuracy of 802.11-based Positioning Systems." MELT '08 Proceedings of the first ACM international workshop on Mobile entity localization and tracking in GPS-less environments.
- [4] K. Hu, X. Y. Liao, M. Yu(2015), "Research on Indoor Localization Method Based on PDR and WiFi." 10th International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing (WiCOM 2014), 2015.06
- [5] L. Giarre, F. Pascucci, et al(2018), "Improved PDR Localization via UWB-anchor based on-line calibration." 2018 IEEE 4th International Forum on Research and Technology for Society and Industry (RTSI).
- [6] L. Ojeda, J. Borenstein(2007), "Non-GPS Navigation for Security Personnel and First Responders." Journal of Navigation, 60(3):391-407.

- [7] N. Swangmuang, P. Krishnamurthy(2008), "Location Fingerprint Analyses Toward Efficient Indoor Positioning." 2008 Sixth Annual IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications (PerCom).
- [8] S. B. Chun, S. Lim, M. S. Lee, M. B. Heo(2013), "Indoor Location Tracking for First Responders using Data Network." The Journal of Advanced Navigation Technology, 17(6):810-815.
- [9] S. C. Spinella, A. Iera, A. Molinaro(2010), "On Potentials and Limitations of a Hybrid WLAN-RFID Indoor Positioning Technique." International Journal of Navigation and Observation, 2010:397467.
- [10] S. Shahidi, S. Valaee(2015), "GIPSY: Geomagnetic indoor positioning system for smartphones." 2015 International Conference on Indoor Positioning and Indoor Navigation (IPIN).
- [11] T. Lin, P. Lin(2005), "Performance Comparison of Indoor Positioning Techniques based on Location Fingerprinting in Wireless Networks." 2005 International Conference on Wireless Networks, Communications and Mobile Computing.
- [12] Y. Yun, N. Kim, J. H. Choi, J. H. Park, D. H. An, Y. Kim(2016), "Study on Trend Analysis of Indoor Evacuation Path Guidance System for Disaster Situation." Journal of the Korea Society of Disaster Information, 12(2):130-135
- [13] Q. Yu(2019), "A Study on the Indoor Location Determination using Smartphone Sensor Data For Emergency Evacuation." Journal of Korea Safety Management & Science, 21.

## 저자 소개



### 진혜명

인하대학교 산업경영공학과 공학사 취득.  
인하대학교 산업경영공학과 석사 재학중.  
관심분야: 물류, SCM, LBS  
주소: 인천광역시 남구 용현동 253,  
인하대학교 산업공학과



### 장정환

한라대학교 산업경영공학과 공학사 취득.  
인하대학교 산업공학과 석사 및 박사 취득,  
현재 아이비즈시스템즈 대표이사로 재직중.  
관심분야: 원가시스템 개발, LBS 개발  
주소: 인천광역시 남구 소성로 164,  
아이비즈시스템즈



### 장청윤

남서울대학교 산업경영공학과 공학사 취득.  
인하대학교 산업공학과 석사 및 박사 취득,  
현재 아이비즈시스템즈 전문위원으로 재직중.  
관심분야: SCM, ERP, RFID 관련 물류관리  
시스템 개발 등  
주소: 인천광역시 남구 소성로 164,  
아이비즈시스템즈



### 조용철

인하대학교 산업공학과 공학사, 공학석사 취  
득. 동 대학원에서 공학박사 취득. 현재 한국항  
만연수원 인천연수원 교수로 재직 중.  
관심분야: ERP, SCM, 항만물류, RFID,  
EPCglobal Network, LBS  
주소: 인천광역시 중구 향동 7가 1-31  
한국항만연수원 인천연수원



### 이창호

인하대학교 산업공학과 학사 취득. 한국과학기술원  
산업공학과 석사, 경영학과 공학박사 취  
득. 현재 인하대학교 교수로 재직 중.  
관심분야: 물류, LBS, SCM 등  
주소: 인천광역시 남구 용현동 253,  
인하대학교 산업공학과