

스마트폰 사용자의 실내 위치 추적을 통한 응급 상황 대피로 안내에 대한 연구

전 옥* · 장 정 환* · 장 청 윤* · 조 용 철** · 이 창 호*
*인하대학교 산업경영공학과
**한국항만연수원 인천연수원

A Study on the Guide to Emergency Exit by Tracking Location of Smartphone Users

Yu Quan* · Jung-Hwan Jang* · Jing-Lun Jang* · Yong-chul Jho** · Chang-Ho Lee*
*Department of Industrial Engineering, INHA University
**Korea Port Training Institute Incheon

Abstract

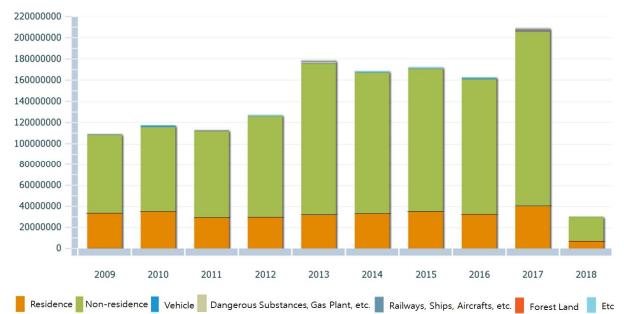
The rate of fire in buildings is gradually increasing in these days and the damage of property are severely increasing. This study suggests a methodology that provides information of the emergency exits based on indoor location services. The methodology uses determination technology and the latest update of indoor map generation via the built-in sensors of smartphone. This paper enhances the accuracy of indoor localization, and also it is to study how to provide exact indoor layout for rescuing the workers in emergency, such as fires and natural disasters.

Key words : Emergency Guide, Smartphone User, Sensor Data

1. 서론

최근 건물 화재 사고 발생률은 점차적으로 높아지고 있으며 이에 따른 인명 피해, 재산 손실 등 막대한 피해가 발생하고 있다.

[Figure 1]과 같이 최근 10년 동안 화재 발생률은 점점 높아져 가고 있으며 그 중에서도 주거와 비주거에서 발생하는 화재는 가장 심각하다. 2018년도 2월까지의 화재 발생 건수는 30,343,420건에 달하며[1], 2018년 1월 26일 발생한 경상남도 밀양시 세종병원 화재에는 49명이 사망하고 143명이 부상당하는 사고도 발생하였다[2].



[Figure 1] Real estate status of fire accident per year

따라서 본 연구에서는 실내 위치 기반 서비스 제공을 위하여 필요한 측위기술과 사용자의 스마트폰에 내장된 센서를 융합함으로써 최신 실내 지도 생성 업체

†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

Received Febuary 28, 2018; Revision Received March 24, 2018; Accepted March 27, 2018.

이트를 통하여 다양한 장소에서의 실내 위치 추정 정확도를 높이는 방안에 대하여 제시하며, 화재나 자연재난 등 긴급 상황에서 구조대원들에게 정확한 실내 위치를 제공하는 방안에 대하여 연구하고자 한다.

세부적으로는 PDR(Pedestrian Dead Reckoning, 보행자 추측 항법)에 동적인 오차 보정 기준을 적용하여 실내 위치 측정의 정확도를 향상시킬 수 있는 방안과 이를 통한 실내 측위 정확도를 향상시켜 사용자의 이동 경로를 정확히 추적하고, 실내의 장애물과 구조물의 배치 그리고 실내 평면 정보의 변화를 파악할 수 있는 방안에 대하여 제시하고자 한다.

2. 이론적 배경

2.1 PDR

PDR은 각종 센서를 이용하여 사용자의 움직임을 분석하여 이전의 알려진 위치로부터 현재의 위치를 추정하는 위치 인식 기술이다[3]. PDR의 주요 요소는 걸음 수, 보폭, 방향이며 스마트폰의 가속도 센서, 자이로스코프 센서 및 자기장 센서를 이용하여 적분 과정을 통해 보행 거리 및 방향 위치를 추정하는 기법이다[4]. PDR 기법은 걸음 수 측정(step counting), 보폭 추정(stride length estimation), 방향 추정(heading estimation) 등 세 가지를 결합하여 사용자의 위치를 추정한다. 그중에 가속도계의 값은 스마트폰을 소지하고 있는 위치(손, 주머니, 바지 주머니)에 따라 출력 값은 다르며 식(1)에 따라 유클리디안을 사용하여 걸음 수 검출 및 보폭 길이 추정을 한다[5].

$$A_{avec}(t) = \sqrt{a_x(t)^2 + a_y(t)^2 + a_z(t)^2} \quad (1)$$

식(1)에서 $A_{avec}(t)$ 는 Euclidean Norm이고 $a_x(t)$, $a_y(t)$, $a_z(t)$ 는 3축에서 측정된 가속도이며 사용자의 신체 움직임 주파수는 1~4Hz 범위이다[6].

2.2 INS

INS(Inertial Navigation System, 관성 항법 시스템)는 가속도계, 자이로스코프 및 자력계에서 제공하는 센서에 의하여 시작점, 방향 및 속도에 근거한 상대적인 객체의 위치 및 방향을 추적하는 데 사용되는 탐색 기법을 기반으로 한다. 자이로스코프는 운동량의 보존 원리에 기초하여 방향을 측정하거나 유지하는 장치이

며 신체에 대한 각속도는 코리올리 효과(Coriolis effect)를 이용하며 각속도 ω 로 회전하는 기준 좌표계에서 속도 ν 로 움직이는 질량 m 의 힘을 식(2)와 같이 표현할 수 있다. 또한 가속도계, 자이로스코프 및 자력계에는 에러가 존재하며, 가속도계와 자이로스코프는 시간의 흐름에 따라 에러가 증가하므로 누적 오류는 각각 식(3)과 식(4)를 이용하여 에러를 줄일 수 있다. 여기서 ε 는 편차 에러이고 t 는 통합 시간이다[7]. 자력계는 센서의 자성, 주파수 및 철 함유 물질의 측정 오류이며 측정 시에 센서가 회전하면 추가 오류가 발생한다.

$$F_C = -2m(\omega \times \nu) \quad (2)$$

$$S(t) = \varepsilon * \frac{t^2}{2} \quad (3)$$

$$\theta(t) = \varepsilon * t \quad (4)$$

2.3 Fingerprint

실내 위치 추정에 관한 연구는 주로 사용자의 스마트폰 센서를 기반으로 수집한 데이터와 WiFi 신호를 기반으로 사용자가 위치하고 있는 공간을 예측하는 연구가 주를 이루고 있으며[8], RFID 또는 Bluetooth와 같은 장치를 혼합하여 연구를 진행하기도 한다. WiFi를 이용한 실내 위치 추정 기술은 Fingerprint 기법, Cell-ID, 삼각 측량법 등 다양한 기법이 존재한다.

Fingerprint 기법은 임의로 여러 개의 위치를 선정하고 선정된 위치에서 수집한 신호의 세기를 이용하여 사용자의 위치를 추정하는 방법이다[9]. 여러 개의 AP(Access Point)로부터 RSSI(Received Signal Strength Indicator)를 측정 후 평균값을 DB(Data Base)에 저장하여 기록된 값과 비교하며 위치를 추정한다[10]. 그러나 Fingerprint 기법은 RSSI의 오류를 완전히 배제하지 못하는 문제점이 있기도 하다[11]. 삼각 측량법은 이미 알려진 세 개 혹은 그 이상의 좌표 기준점과 스마트폰 사이의 거리를 계산하여 스마트폰의 위치를 추정하는 방법이다[12].

3. 본론

3.1 위치 추정

위치 추정은 <Table 1>에서와 같이 크게 두 가지로 나뉘게 되는데 하나는 실외이고 다른 하나는 실내이다.

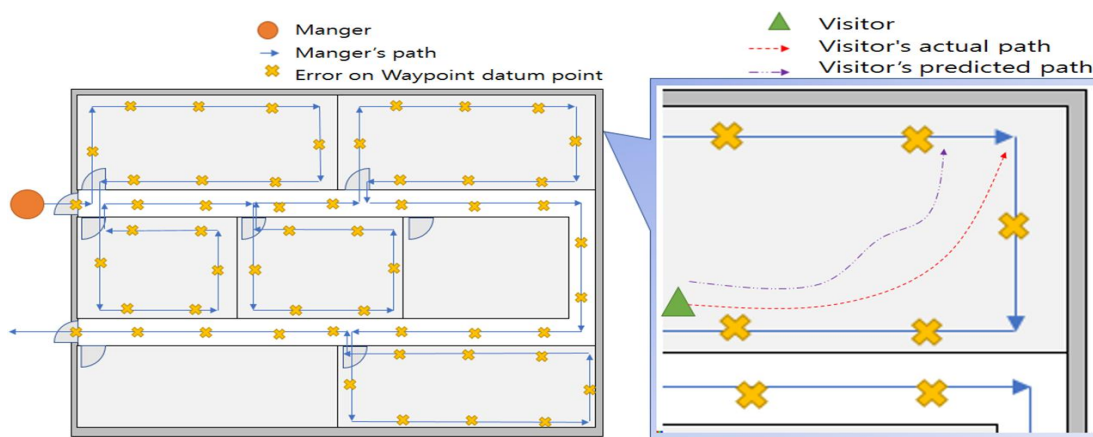
<Table 1> Location determination technology

		Technology	Advantage	Disadvantage	
Location Estimation	Indoor/Outdoor	PDR	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	
		WiFi	Fingerprint	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		

본 연구에서는 실내 측위 정확도를 향상시켜 사용자의 이동 경로를 정확히 추적하고, 실내의 장애물과 구조물의 배치 그리고 실내 평면 정보의 변화를 파악할 수 있는 방안에 대하여 연구한다. 실외에 대한 측위는 포함하지 않는다. 실내 측위는 별도의 센서 모듈이 아닌 INS를 활용하여 데이터를 수집하고 가속도 센서와 자이로 센서 그리고 지자기 센서 등 스마트폰에 탑재하고 있는 측위에 사용할 수 있는 센서를 활용하고자 한다.

3.2 사용자 행동 패턴 분석

본 연구에서 제안하는 오차 보정 방법은 [Figure 2]와 같이 사용자를 관리자, 입주자, 방문자로 분류하여 사용 주체가 상호 보완적으로 오차 보정 기준점을 개선하는 방법을 적용한다.



[Figure 2] Schematic diagram of error correction by user distinctions and creation of error correction reference point

연구가 수행되는 장소를 학교 내의 건물로 한정하고

실내에서 이루어지는 업무에 따라 사용자들을 분류하여 행동 패턴을 분석하였다.

관리자는 보안 요원, 청소부 등 실내에서 일정 시간 간격으로 매번 유사한 이동 경로를 거치고 넓은 범위를 이동하며 업무를 수행하는 주체로 정의하였고, 스마트폰을 소지하고 있다고 가정하여 분석한 결과 실제 인터뷰와 관찰을 통하여 청소부와 같은 경우에는 예상보다 이동 경로가 불규칙하였기 때문에 본 연구에서 제외하였다. 또한 보안 요원은 특정 시간에 일정한 경로로 이동하는 것으로 파악되었고, 방 안쪽에서의 이동은 거의 없었으며, 복도에서 각각의 방문을 확인하는 행동 패턴을 보였다.

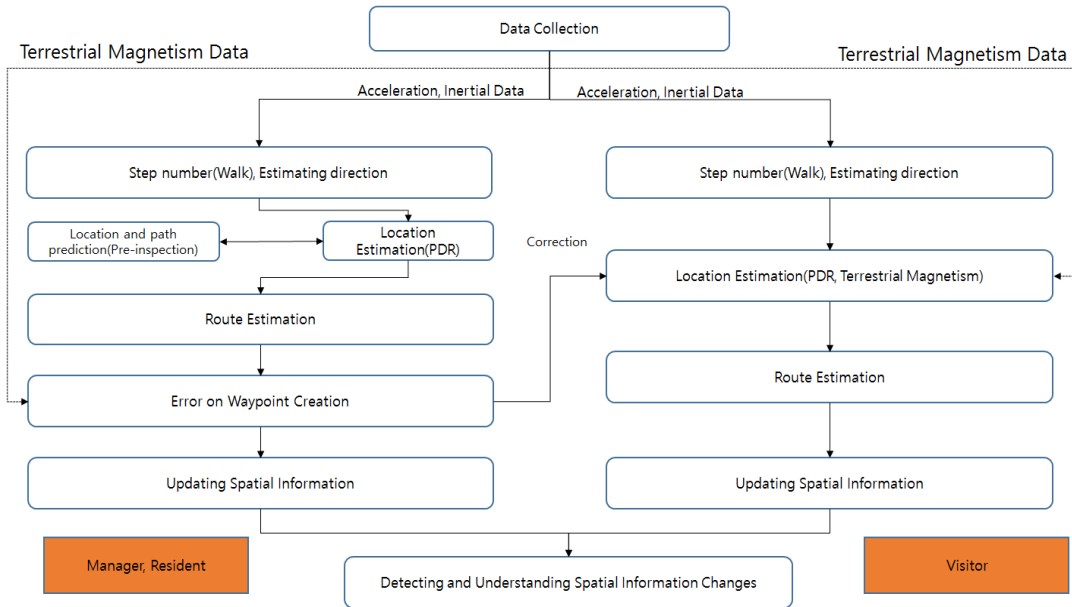
입주자는 대학생, 연구원 등 실내 특정 위치에서 오랫동안 머물고, 적은 범위를 이동하며 업무를 수행하는 주체로, 관리자와 마찬가지로 스마트폰을 소지하고 있다고 가정하고 분석한 결과 대부분의 시간에 자신의

책상, 손 또는 주머니에 스마트폰을 소지하고 있었으며 특히 책상에 오랫동안 머무는 특성이 있었다.

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.

3.3 측위 방법론 알고리즘

본 연구에서 사용하게 될 가속도와 방향 및 PDR 알고리즘은 선행연구와 논문을 바탕으로 조사 연구를 진행하였으며, [Figure 3]에서와 같이 측위에 필요한 데이터를 수집하고, 수집된 데이터로 걸음 수와 이동 방향을 계산하고자 한다.

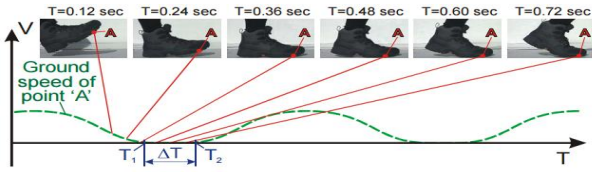


[Figure 3] Research methodology

또한 수집된 데이터 중 지자기 데이터는 관리자와 입주자의 위치 추정치와 매칭하여 오차 보정점을 생성하는 데 사용하여 모든 주체들의 추정된 이동 경로는 실내 공간 정보를 구성하는 데 활용되며, 최종 단계에서는 주체별 이동 경로의 분포를 분석하여 실내 공간 정보를 확정하고자 한다.

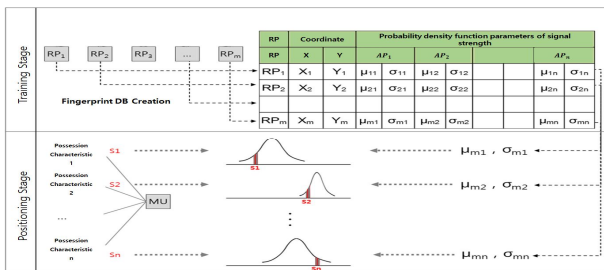
연구 방법에 따라 다르지만 대체적인 PDR 기법은 주로 가속도 센서 및 각속도 센서를 이용하는데 적분 과정을 통하여 보행 거리 및 방향을 구할 수 있다. 하지만 장시간 사용할 경우 센서의 잡음 및 편류가 포함

된 적분 누적 오차로 인하여 정확한 계산이 어렵다는 문제점이 있으므로 [Figure 4]과 같이 가속도 센서 값을 통하여 보행자가 멈추었다고 볼 수 있는 시점에서 속도 값을 0으로 보정하는 Zero Velocity Update 기법을 사용하여 사용자의 이동 방향과 이동 거리를 계산한다[13] [14].



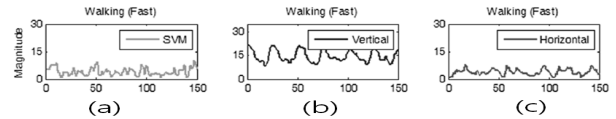
[Figure 4] How to estimate the user's direction and moving distance using zero velocity update

오차 보정 기준점은 [Figure 5]와 같이 Fingerprint 기법을 응용하여 관리자와 입주자의 이동 경로를 따라 지자기 센서의 데이터를 수집하여 지자기 데이터 맵을 구축하며 수집된 지자기 센서의 데이터와의 매칭은 기본적으로 NN, KNN, KWNN 기법을 적용하며, 측위에 사용되는 파라미터는 지자기 맵에서 사용자가 수집한 지자기 데이터가 관측될 확률이나 확률 값을 Log-Scale로 변환하여 사용하는 Rice-Gaussian 기법을 사용한다.



[Figure 5] Application of fingerprint technique using magnetic field values

또한 INS를 이용한 문제와 센서의 성능 부족으로 발생하는 불확실성으로 인하여 오일러 회전과 쿼터니언 회전 변환 그리고 x, y, z축 벡터 값을 각각 분해하는 방법이 대표적으로 사용된다. 오일러 회전과 쿼터니언 회전 변환은 스마트폰의 소지 방법에 따라 각기 다른 로컬 좌표계를 공통된 글로벌 좌표계로 변환할 수 있으며 x, y, z축 벡터 값을 각각 분해하는 방법은 각 축의 중력 가속도를 상쇄하여 축 방향에 상관없이 일정한 패턴 정보를 수집할 수 있다. [Figure 6]은 보행 시 스마트폰의 자력계에서 수집된 값과 이를 수직, 수평축 값으로 분해하였을 때의 차이를 보여 준다.

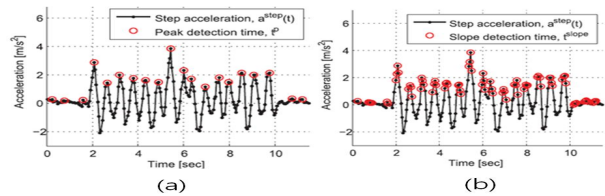


[Figure 6] (a) SVM and (b) Verticality (c) Magnetometer's output sorted by horizontal axis values

3.3.1 보행 검출 단계

보행 검출 단계에서는 사용자의 보행을 인식하는 단계로 기계 학습으로 센서 값의 패턴을 인식하는 방법과 센서 값의 크기를 검출하는 방법이 사용된다. 보행 검출의 정확성을 높이기 위하여 식(4)에서와 같이 x, y, z축 벡터 값을 스칼라로 변환하여 하나의 패턴으로 만드는 방법을 사용하고 [Figure 7]에서와 같이 제로 크로싱 기법으로 한 걸음씩 검출하거나 패턴 매칭을 통하여 걸음을 검출하며 센서의 최대값과 최소값, 양과 음의 기울기 값 등 다양한 기준을 적용하여 보행을 검출한다[15].

$$E = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} \quad (4)$$



[Figure 7] Walking detection method using zero-crossing technique and peak value (a) Peak detection time, (b) Slope detection time

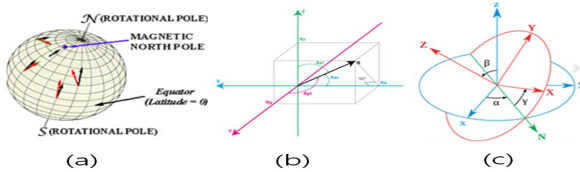
3.3.2 방향 추정 단계

방향 추정 단계에서 식(5)와 식(6)은 각각 오일러 회전 변환 행렬과 쿼터니언 변환 행렬이며 방향의 변화 값을 추정한다.

$$R_t = R_{\psi,t} R_{\theta,t} R_{\phi,t} = \begin{bmatrix} c\psi c\phi - s\psi s\theta s\phi, & -s\psi c\theta, & c\psi s\phi + s\psi s\theta c\phi \\ -s\psi c\phi - c\psi s\theta s\phi, & -c\psi c\theta, & -s\psi s\phi + c\psi s\theta c\phi \\ -c\theta s\phi, & s\theta, & c\theta c\phi \end{bmatrix} \quad (5)$$

$$\begin{bmatrix} \mathbf{x}_k \\ \mathbf{v}_k \\ \mathbf{q}_k \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{x}_{k-1} + \mathbf{v}_{k-1} dt_k \\ \mathbf{v}_{k-1} + (\mathbf{q}_{k-1} \mathbf{f}_k \mathbf{q}_{k-1}^{-1} - \mathbf{g}) dt_k \\ \Omega(\omega_k dt_k) \mathbf{q}_{k-1} \end{bmatrix} \quad (6)$$

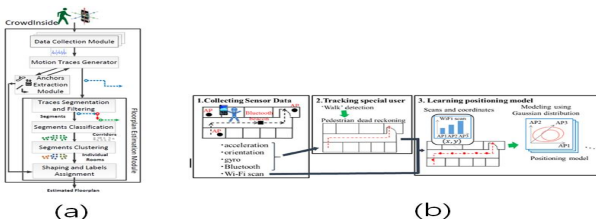
또한 [Figure 8]과 같이 센서 출력 값과 삼각 함수를 이용하여 θ 값을 계산하는 방법을 일반적으로 사용하며, 자이로스코프를 이용할 경우 각속도 값을 미분하고 가속도 센서를 이용할 경우에는 오일러각을 이용하며 경우에 따라 이상의 방법들을 조합하여 정확도를 높이고, 오일러각, 삼각 함수 등 기존의 방법을 보강하며 사용한다.



[Figure 8] Concepts of (a) deviation correction principle, (b) trigonometric function, and (c) Eulerian transformation

3.3.3 위치 추정 단계

위치 추정 단계에서는 보행 감지와 방향 추정 그리고 앞 단계에서 추정된 보행 길이와 위치 확인을 통하여 [Figure 9]에서와 같이 사용자의 초기 위치에서부터 현재 시점까지의 위치를 추정한다[16].



[Figure 9] About PDR algorithm (a) Crowdinside system architecture and (b) Tracking special user and Learning positioning model methodology

이 단계에서는 사용자의 초기 위치를 추정하기 위하여 앵커 포인트를 만들어 사용하여, 앵커 포인트는 사용자가 잠시라도 멈출 수밖에 없는 문 앞, 엘리베이터 등으로 설정하고 기존에 구축된 실내 지도와 매칭하거나 초기 위치를 지정하여 위치를 추정한다. 또한 사용자의 이동에 따른 위치 변화를 추정하기 위한 방법의 정확성을 높이기 위하여 기존에 구축된 실내 지도를 통하여 물리적으로 불가능한 사용자의 위치 변화 값을 보정하거나 비콘 또는 Bluetooth의 RSSI를 이용하여 사용자의 위치를 보정하거나 초기화하는 방법이 사용되기도 한다.

3.4 오차 보정 결과 및 안전 방안 제시

스마트폰을 통하여 수집된 데이터를 K-NN(k-nearest neighbors), ATA(adaptive threshold algorithm), SVM(signal vector magnitude), HA(heuristic algorithms) 등 여러 기법을 실제 상황에 맞게 적용하며 하나 또는 여러 개의 알고리즘을 사용하면 [Figure 10]과 같이 스마트폰 소지의 환경에 의하여 진행 방향의 편차 또는 에러에 따른 오차를 줄일 수 있을 것으로 예상된다.



[Figure 10] Accumulated error in the PDR technique (a) and calibration results (b)

또한 PDR 기법에서의 오차 보정 결과를 바탕으로 대형 백화점, 병원, 창고 등 장소의 위급 상황 발생 시 안전 구조 요원에게 정확한 최신 실내 노선을 제공할 수 있으며, 사용하지 않는 안전 통로와 비상구 때문에 인명 구조 시간을 허비하는 문제가 발생하는 것을 예방할 수 있을 것이다.

4. 결론 및 향후 연구 과제

본 연구에서는 실내 위치 기반 서비스 제공에 대한 문헌과 자료 분석을 통하여 현재 많이 발생하는 화재와 자연재해로 인한 위험 요소를 줄일 수 있는 방안에 대하여 방법론을 제시하였다. 사용자를 역할별로 나누어 관찰하고 행동 패턴에 따라 관리자, 입주자, 방문자로 분류하였다. 또한 해당 역할에 따른 스마트폰 소지 환경과 그 환경에 적합한 알고리즘을 사용하여 보다 더 정확한 위치 추적에 관한 방법과 분석을 진행한 결과 건물구조나 핸드폰 센서의 정확도 등으로 인한 오류가 발생할것으로 예상할수 있다. 이러한 오류는 화재 발생 등 위급상황 시 의사결정의 오류를 유발할 수 있으므로, 오류를 최소화 하는 것이 필요하다. 또한 스마트폰 위치추정 기술은 향후 스마트폰의 발전에 따라 호환성 검토, 수정 및 보완이 필요할 것이다.

향후 연구에서는 본 연구에서 제시하는 방법에 따라 역할별로 실제 상황에 맞는 알고리즘을 테스트로 진행

할 것이며 스마트폰 센서에서 발생하는 오류를 줄여 더욱 정확한 위치 추적에 관한 방법에 대하여 제시할 것이다.

5. 참고문헌

- [1] National Fire Agency Fire Data System , “10-Year Fire Statistics” , http://www.nfds.go.kr/fr_date_0601.jsf
- [2] Yonhapnews, “Patient over 90s has died at Sejong Hospital in Miryang, Updated with a death toll of 49” , <http://www.yonhapnews.co.kr/bulletin/2018/02/14/0200000000AKR20180214089500052.HTM?input=1195m>
- [3] Daisuke Taniuchi, Takuya Maekawa(2015), “Automatic Update of Indoor Location Fingerprints with Pedestrian Dead Reckoning” , ACM Transactions on Embedded Computing Systems, Vol. 14, No.2.
- [4] Do Yun Kim, 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
- [5] Joakim Skytte(2017), “Feasibility Study of Indoor Positioning in a Hospital Environment using Smartphone Sensors” , Master’s Thesis, Department of Electrical Engineering, Linköping University
- [6] Eric Andersson(2012), “Motion Classification and Step Length Estimation for GPS/INS Pedestrian Navigation” , Master’s Thesis, Royal Institute of Technology.
- [7] Ubejd Shala, Angel Rodriguez, Fredrik Frisk (2011), “Indoor Positioning using Sensor-fusion in Android Devices” , Master’s Thesis, Kristianstad University School of Health and Society Department Computer Science.
- [8] Daye Ahn, Rhan HA(2014), “Indoor Localization Methodology Based on Smart Phone in Home Environment” , The Journal of Korea Information and Communications Society, Vol.39C, No.04.
- [9] Sanghyun Son, Youngjoon Park, Beomjun Kim, Yunju Baek(2013), “WiFi Fingerprint Location Estimation System Based on Reliability” , The Korean Institute of Communications and Information Sciences, Vol. 38C, No.06.
- [10] Hyunsu Kim, Jimin Bae, Jihoon Choi(2013), “Wireless LAN Based Indoor Positioning Using Received Signal Fingerprint and Propagation Prediction Mode” , The Korean Institute of Communications and Information Sciences, Vol. 38A, No.12.
- [11] 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.
- [12] Jung-Hwan Jang(2012), “A Study on Error Reduction of Indoor Location Determination using Triangulation Method and Least Square Method” , Master's Thesis, Industrial Engineering of Inha University.
- [13] Hamaza Benzerrouk, Alexander Nebylov, Hassen Salhi, Pau Closas(2014), “MEMS IMU/ZUPT Based Cubature Kalman Filter Applied to Pedestrian Navigation System” , Conference Proceedings Paoer – Sensors and Applications.
- [14] Jooyoung Kim, Sooyong lee,(2012), “Sensor Information Filter for Enhancing the Indoor Pedestrian Localization Accuracy” , Korea Robotics Society.
- [15] Wonho Kang, Youngnam Han, (2015), “SmartPDR: Smartphone-Based Pedestrian Dead Reckoning for Indoor Localization” , IEEE Sensors Journal, VOL. 15, No.5.
- [16] Moustafa Alzantot, Moustafa Youssef(2012), “CrowdInside: Automatic Construction of Indoor Floorplans” , 20th ACM SIGSPATIAL International Conference on Advances in Geographic Information Systems.

저자 소개

전 옥



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

관심분야 : 물류, SCM, ERP 등

주 소 : 인천광역시 남구 용현동 253, 인하대학교 산업공학과

조 용 철



인하대학교 산업공학과 공학사, 공학석사 취득. 동 대학원에서 공학박사 취득. 현재 한국항공만연수원 인천연수원 교수로 재직 중.

관심분야 : ERP, SCM, 항만물류,

RFID, EPCglobal Network

주 소 : 인천광역시 중구 항동 7가 1-31 한국항공만연수원 인천연수원

장 정 환



한라대학교 산업경영공학과 공학사 취득. 인하대학교 산업공학과 석사 및 박사 취득.

관심분야 : RFID 관련 물류 관리 시스템 개발, 항공물류 RFID 시스템 개발 등

주 소 : 인천광역시 남구 용현동 253, 인하대학교 산업공학과

이 창 호



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

관심분야 : 물류, RFID, SCM 등

주 소 : 인천광역시 남구 용현동 253, 인하대학교 산업공학과

장 청 윤



남서울대학교 산업경영공학과 공학사 취득. 인하대학교 산업공학과 석사 및 박사 취득.

관심분야 : SCM, ERP, RFID 관련 물류관리 시스템 개발 등

주 소 : 인천광역시 남구 용현동 253, 인하대학교 산업공학과