

# 교통약자의 철도역 실내 길안내 방안에 관한 연구

## A Study on Indoor Route Guidance at Railway Stations for the Transportation Vulnerable

신재범\* · 김성철\*\*

\* 주저자 : 우송대학교 철도시스템학부 학생

\*\* 교신저자 : 우송대학교 철도시스템학부 교수

Jae-Bum Shin\* · Seong-Cheol Kim\*\*

\* Student, Railroad Electrical System Engineering Dept., Woosong University, Korea

\*\* Professor, Railroad Electrical System Engineering Dept., Woosong University, Korea

† Corresponding author : Jae-bum Shin, ktksin@kr.or.kr

Vol. 22 No.4(2023)  
August, 2023  
pp.167~178

pISSN 1738-0774  
eISSN 2384-1729  
<https://doi.org/10.12815/kits.2023.22.4.167>

Received 13 June 2023  
Revised 18 June 2023  
Accepted 28 June 2023

© 2023. The Korea Institute of  
Intelligent Transport Systems. All  
rights reserved.

### 요약

철도나 지하철 역사의 경우 교통약자가 편리하게 역사 내 시설물을 이용할 수 있도록 주변 환경을 고려한 맞춤형 길 안내 서비스를 필요로 하는데, 현재 철도역에서 열차 승차, 환승 등이 복잡하다. 넓은 실내에서 안내는 대부분 표지판, 전광판 등을 통하거나, 안내데스크에서 직접 문의를 통하여 이루어지는 경우가 많다. 그러나, 장애인, 노약자 등 교통약자는 신체적 불편, 인지력 저하, 언어 소통의 불편함 등으로 역무원 등과 같이 주변 사람들의 직접적인 도움을 통하여 이루어지고 있다. 본 논문에서는 기존에 활용하던 개별 위치 측위 기법이 아닌 여러 형태의 다중 위치 측위 기법을 결합하는 AI 융·복합 측위 기술을 적용하여 교통약자 유형에 따라 최적화된 이동 가능한 경로 제공으로 맞춤형 실내 길안내서비스 제공방안을 연구하였다. 이처럼 철도역사 내에서 환승시설 등 복잡하고 넓은 실내 공간에서 교통약자의 보편적 이동 편의 제공을 위해서 복잡한 철도역 환경에서도 안전하고 편리하게 장애 유형별 맞춤형 길 안내 서비스를 제공할 수 있는 시스템구축 방안을 제시하고자 한다.

핵심어 : 교통약자, 복합측위, 보행경로안내, 비콘, 지구자기장

### ABSTRACT

Our society is rapidly changing, and there is a growing demand for various convenience services in our daily lives. Among these services, railway and subway stations require tailored wayfinding services to accommodate individuals with disabilities. Currently, signage and information desks are the primary means of navigation. However, individuals with disabilities often rely on assistance from others due to physical discomfort or cognitive impairments. In this paper, we propose a customized wayfinding system within railway stations to assist individuals with disabilities. This system aims to ensure safe and convenient mobility in complex indoor environments, including transfer facilities.

Key words : Mobility Handicapped People, Composite Positioning, Walking route guidance, Beacon, Geomagnetic field

## I. 서론

### 1. 연구 배경

서울역 등 KTX가 정차하는 역사는 실내에서 보행자가 이동할 수 있는 공간의 형태는 크게 두 가지로 분류되며, 첫 번째는 넓고 복잡한 광장형 맞이방이 있고, 두 번째는 좁고 복잡한 미로형 복도 형태가 있다. 그동안 GPS 정보를 수신하지 못하는 실내에서 위치측위 및 이를 이용한 보행 안내 기술에 관한 연구는 오래전부터 꾸준히 진행되었으며, 또한 2020년 사회 현안 해결 장애인 길 안내 설문조사에서도 교통약자가 이용하는 교통수단이 철도/지하철 이용이 48%로, 철도역 위치정보 길 안내가 정보 부족이 51.4% 조사되어 철도역 실내에서 목적지까지 안전하고, 정확하게 이동할 수 있는 보행안내 지원 서비스의 필요성이 대두되었다.

### 2. 연구 목적

그동안 진행된 길 안내 서비스의 대표적인 기술이 WiFi를 이용한 삼각측량기법, 핑거프린트기법, Cell-ID 기법 등을 들 수 있다. 그러나 해당 기술이 폭넓게 활용 및 사업화가 되지 못했던 대표적인 이유는 주변 환경 변화에 민감한 전파특성, 일반 사용자의 다양한 보행 동선 및 이동 특성에 따른 거리 오차 증가를 들 수 있다.

이에 본 논문에서는 철도와 지하철역 환경에 적합한 사물인터넷(IoT) 기술, 비콘의 전계 강도를 활용한 측위기술, 실내 지구자기장을 활용한 측위기술, 스마트폰 센서값, AI 기술 등을 융합한 보행경로 안내 기술을 도입하여 GPS 정보가 제공되지 않는 철도역/지하철역 등 넓고 복잡한 실내 환경에서도 장애 유형별 보행 특성과 이동 경로의 차이점 등을 고려한 맞춤형 길안내서비스 제공을 위한 시스템 구축하여 KTX 서울역에서 검증(field operation test)을 완료한 바 있다

## II. 본론

### 1. 관련 이론 연구 및 고찰

Cell-ID 기법 등으로 사용자의 위치를 측위 하거나 실내 지구자기장이나 영상기법을 이용하여 사용자의 위치 측위를 계산하는 방식을 도입하는 등 GPS 정보가 제공되지 않는 실내에서 사용자의 현재 위치를 특정하고 목적지까지 한 가지 측위 기법만으로 길 안내를 제공하기 위한 위치 측위 방식을 연구해왔다.

본문에서는 기존에 활용하던 개별 위치 측위 기법이 아닌 여러 형태의 다중 위치 측위 기법을 결합하는 융복합 측위 기술을 적용하여 철도 역사 내 주변 환경을 고려하여 교통약자 유형에 따라 최적화된 이동 가능한 경로 제공으로 맞춤형 실내 길안내서비스 제공방안을 도출하였다.

#### 1) 교통약자 현황

교통약자 중 장애인(등록기준)은 약 262만 명, 노인 인구는 약 812.5만 명으로 전체 인구의 약 20% 이상을 차지하고 있으며, 등록장애인 중 만 15~64세 경제활동인구는 64.5만 명으로 참여율이 53.6%를 넘어 사회활동에 적극 참여하고 있으며, 장애인이 주로 이용하는 교통수단은 KTX 열차, 지하철을 많이 이용하는 것으로 조사 되었다.(Korea Institute for Health and Social Affairs, 2020)

<Table 1> Presumption of disabled people and current status of registered disabled people (unit: thousand people)

division	2011	2014	2017	2020
presumptive disability	2,683,477	2,726,910	2,668,411	-
registered disabled	2,611,126	2,646,064	2,580,340	2,622,950

Source : Ministry of Health and Welfare - 2020 Survey on the Handicapped

### 2) 교통약자 디지털 정보기기 사용현황

2021년 인터넷 이용실태조사 자료에 따르면, 장애인 스마트폰 보유율은 83.6%로 일반 국민 스마트폰 보유율 93.5%로 9.9%p 낮은 수준이나 장애인의 스마트기기 사용률은 지속해서 증가하고 있는 것으로 나타났다.

시각장애인의 모바일 스마트기기 이용 능력은 비장애인에 비해 다소 떨어지는 경향이 있으나, 기본적인 환경설정, 문서작성, 파일전송, 필요한 앱 설치와 이용 등 모바일 기기 사용 자체가 불가능하거나 어려워하지 않는 것으로 통계 결과가 나타났다.

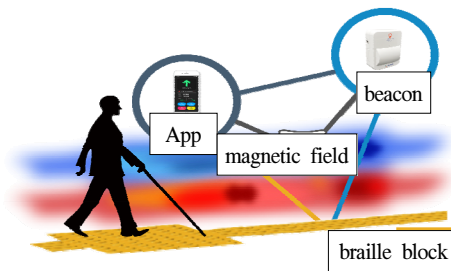
### 3) 철도 역사 실내 환경 분석

KTX 서울역과 같이 넓고 복잡한 광장형 맞이방 형태일 경우 높은 천정과 넓은 공간 내에는 비콘을 설치할 수 없으며 건축물 출입구, 주요 목적지(매표소, 화장실, 개찰구, 안내소) 등의 기둥이나 벽면 등 건축 구조물 등에 <Fig. 5>와 같이 비콘을 제한적으로 설치할 수 있다.

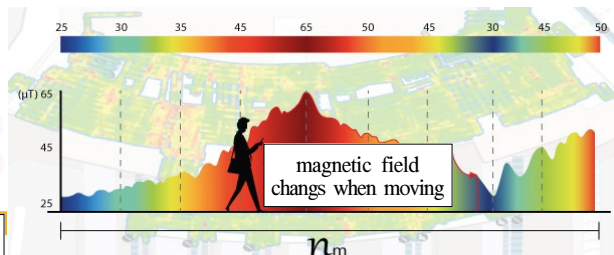
또한 철도 승강장의 경우 승객의 안전이 최우선으로 보장되어야 하는데, KTX 정차역 승강장은 스크린도어 등 안전시설이 미비하여 시각장애인 혼자서 독립 보행하거나 길안내서비스에만 의지하도록 방치하는 것은 철도 승강장에서 추락사고 등 매우 위험한 상황이 발생할 수 있으며, 휠체어를 이용하는 장애인과 유모차를 이용하는 경우 스스로 기차에 탑승할 수 없어 이동식 리프트를 이용해야만 기차에 탑승할 수 있다.

이렇게 안전한 이동에 취약한 이유로 실내 길 안내 서비스는 승강장 진입구까지로 제한하고 열차 승차/하차 시 직접적인 도움 서비스가 필요하다. 기본적으로 여객시설은 건축환경에 따라 아래와 같이 나누어진다.

첫 번째 높은 천정과 넓고 복잡한 광장형 맞이방 형태의 건축구조, 두 번째 낮은 천정과 좁고 복잡한 미로형 환승통로, 복도 형태의 건축구조, 상기와 같은 건축구조에서 발생하는 환경과 함께 KTX 고속철도 등 운행 시 전기철도 특성상 대형 열차의 이동에 의한 지구자기장의 왜곡과 고압 선로에 의한 전자파 왜곡 그리고 실내에 구축된 각종 통신기기와 광고물 및 건축구조에 의하여 발생하는 다양한 전파간섭과 반사파, 자기장 왜곡 등이 있으므로, 건축구조의 변경과 광고물의 변경 등을 고려 하여야만 신뢰성 높은 길 안내 서비스를 제공할 수 있음을 확인하였다.



<Fig. 1> Geomagnetic field patterns of beacons and multilayer structures



<Fig. 2> Pattern change of indoor geomagnetic field

## 2. 복합 측위 기술 적용

### 1) 위치 측위 기술 개요

GPS 정보를 수신하지 못하는 실내에서 위치 측위 및 이를 이용한 보행 안내 기술에 관한 연구는 오래전부터 꾸준히 진행되어왔다. 대표적인 기술이 WiFi를 이용한 삼각측량기법, 핑거프린트기법, Cell-ID 기법 등을 들 수 있다. 이에 본 논문에서는 사물인터넷(IoT)의 대표적인 기술인 BLE(Bluetooth Low Energy)가 적용된 비콘과 현대인의 필수품으로 자리 잡은 스마트폰(앱)을 이용하여 교통약자 특히 시각장애인들에게 실효적인 도움을 줄 수 있는 실내 보행 경로 안내 기술을 중점적으로 연구하였으며, 먼저 본 연구에서는 보행 경로 안내 서비스 제공을 위하여 보행자의 이동 동선을 시각장애인이 이용하는 점자블록으로 한정하였다.

이는 자동차 내비게이션이 도로를 기준으로 안내 정보를 제공하는 것처럼, 철도 역사 등 실내에서 교통약자 보행을 점자블록을 기준으로 제공할 경우, 다양한 이동 동선을 사전에 차단하여 거리 오차를 줄여 위치 정확도를 개선할 수 있고, 통신 모듈 설치 수량을 점자블록을 기준으로 설치함에 따라 구축 비용을 절감할 수 있는 효과가 있다. 또한, 점자블록의 설치 기준이 철도, 지하철의 경우 목적지까지 갈 수 있는 최단 동선임에 따라 보다 효과적일 것으로 판단된다.

교통약자는 자신의 스마트폰을 이용하여 점자블록을 기준으로 이동하고, 이동 동선상의 방향 전환점(분기점), 주요 시설물(개찰구, 엘리베이터, 화장실 등) 그리고 목적지(출입구, 승강장, 화장실)에 설치된 비콘 정보를 기반으로 보행 안내 서비스(문자/음성/이미지)를 받을 수 있다. 교통약자의 더욱 정확한 위치를 확인하기 위하여 본 논문에서는 다음의 3가지 기술을 융합/연계하여 보행안내 서비스를 제공하는 기술을 <Fig. 7>, <Fig. 2>구현하였다.

- 비콘 전계 강도(RSSI, Received Signal Strength Strength Indicator) 값을 이용한 위치 측위
- 평균 보행속도 산출을 통한 이동 거리 측정
- 실내 지구자기장을 이용한 위치 측위 및 AI

### 2) 비콘 전계 강도를 이용한 위치 측위 방식

스마트폰과 주요 보행 경로상에 설치된 비콘은 BLE (Bluetooth Low Energy) 통신 기술을 이용하여 정보를 연계하고, 통신 영역 내에서는 실시간 전계 강도 값을 확인할 수 있다. 전계 강도 값은 스마트폰이 비콘에 근접했을 경우 세기가 강해지며 일정 이상의 전계 강도가 유지되어야 상호 통신이 가능하다. 스마트폰에서 수신되는 전계 강도 값을 이용하여 비콘과의 떨어진 거리를 환산하는 방식은 다음 수식 (1), (2) 와 같다.

$$- RSSI = -10 \times n \times \log(d) + TxPower \dots\dots\dots (1)$$

$$- d = 10^{\frac{TxPower - RSSI}{10 \times n}} \dots\dots\dots (2)$$

TxPower는 1M 떨어진 지점에서 측정되는 RSSI 신호(이상적)의 크기를 나타내고, n은 전파 손실도 로서 장애물이 없는 공간에서는 2가 된다.

전계 강도 값의 경우 비콘이 설치되는 위치(건축물 천장 높이, 벽기둥, 야외 등), 주변 환경(온/습도)에 따라 전파 패턴이 달라지는 특성으로 오차율이 크게 발생하기 때문에 보행 경로 안내 서비스를 제공할 때 서비스 품질에 큰 문제가 발생할 수 있다.

따라서 비콘의 전계 강도는 센서나 지구자기장의 데이터를 받기 전의 위치, RSSI의 평균값을 이용하여 얻

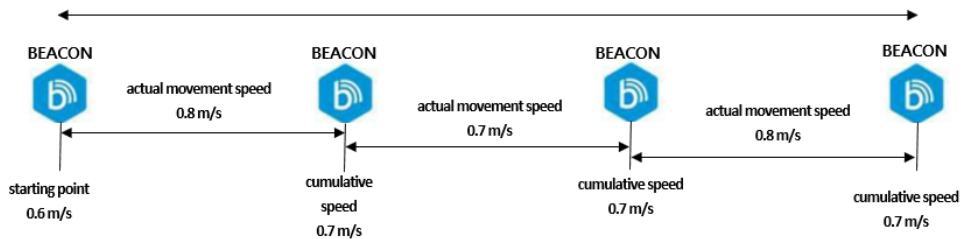
은 좌푯값으로 다음 경로 안내에 대한 정보나 경로 이탈 정보를 얻고, 또한 이 위치를 기반으로 지구자기장을 이용한 위치 측위 데이터를 좀 더 이른 시간 안에 산출해 길 안내 서비스를 제공할 수 있다.

### 3) 평균 보행속도 산출을 통한 이동 거리 측정

스마트폰에 탑재된 센서는 크게 세 가지 <움직임 감지 센서, 환경 센서, 위치 센서>로 분류할 수 있다. 움직임 감지 센서에 포함된 가속도 센서를 이용하여 보행자의 걸음걸이(보폭)를 산출하고 이를 기반으로 이동 거리 및 이동속도를 측정한다. 비콘 구간별 이동속도 산출은 구간 거리(M)와 이동 시간(S)을 이용하여 산출되고, 보행자가 해당 비콘을 통과하는 시점은 비콘의 전계 강도 값이 최대 임계치 이상으로 수신될 때 비콘과 같은 위치로 가정한다.

평균 보행속도 산출방식의 개념은 일반적으로 사람마다 보행속도(느림/보통/빠름)는 서로 다르지만, 한 사람의 보행속도는 일정하다는 점이다. 비콘 간 실제 설치 거리에 대한 정보가 제공된다면 전제하에서, 구간 거리와 이동 시간을 기반으로 <Fig. 3>과 같이 구간속도를 산출하고, 이를 지속해서 누적하여 보행자의 평균 이동속도를 산출하는 방식이다.

보행자의 평균 보행속도가 산출되면 다음 비콘 구간에서 시간 대비 이동 거리에 대한 예측이 가능하므로 위치 정확도를 개선하는데 중요한 요소가 될 수 있다. (최초 시작점에서의 속도는 일반인의 약 70~80% 수준인 0.6m/s로 정의하였다.)



<Fig. 3> Conceptual diagram of average walking speed calculation

지금까지 살펴본 바와 같이 비콘으로부터의 기준치 이상의 유효한 전계 강도 값을 이용한 거리정보와 스마트폰의 가속도 센서를 활용하여 보행자의 이동 거리정보 그리고 비콘 구간을 통과할 때마다 누적된 평균 보행속도를 이용한 이동 거리정보를 전체적으로 평균한 값이 보행자의 진행 중인 보행속도를 감안한 유효한 거릿값(분기점 2~3m 이내)으로 인정될 때 안내 음성을 제공한다면 한 가지 혹은 두 가지 정보를 연계하는 그것보다 정확한 위치 기반 보행경로 정보제공이 가능하다.

### 4) 실내 지구자기장을 이용한 위치 측위 및 AI

지구자기장은 Wi-Fi나 BLE 와 같은 RF 신호와 달리 벽, 가구 등의 실내 구조물로 인한 다중경로 전파, 회절, 산란 등이 발생하지 않아 동일 위치에서 시간에 따라 신호가 안정적으로 측정되어 높은 측위 성능의 기반이 될 수 있다. 실내에서 측정되는 자기장은 지구자기장 하나로 유사한 신호가 같은 실내 공간에서 여럿 존재하는 문제가 있으며, 이는 사용자의 이동에 따라 누적하여 수집되는 자기장 시퀀스가 고유 시퀀스로 수렴한다는 특징을 이용해 보완할 수 있다.

사용자의 이동에 따라 연속적으로 변화하는 자기장 패턴을 기억하는 시스템구축을 위해 인공지능망을 사용하며 다양한 인공지능망 종류 중에서 시계열 데이터 학습에 적합한 RNN (Recurrent Neural Network) 종류

중 하나인 LSTM (Long Short-Term Memory) 모델을 사용한다.

자기장 기반 실내 측위 시스템에 LSTM을 사용하기 위해, 입력으로 3차원 자기장 벡터 시퀀스를 사용하고, 2차원 공간에서의 움직이는 보행자의 좌표 시퀀스를 LSTM의 출력으로 한다. 또한 LSTM 모델을 학습시키기 위해서 좌표 시퀀스와 이에 해당하는 자기장 벡터 시퀀스를 하나의 경로로 하는 많은 수의 경로 데이터를 생성해야 한다. 경로는 미리 수집한 자기장 맵을 기반으로 생성하며, <Fig. 4>는 서울역 2층의 자기장 맵을 보여준다. KTX 서울역 역사 2층 내에서 점자블록 주변의 자기장 맵을 수집하여 학습시킴으로써 1미터 이내의 평균 측위 오차를 보였으며 이는 비컨 및 보행 기반 측위 방안과 연계하여 더욱 정확한 측위 정보제공이 가능할 것으로 연구되었다.

### 3. 위치 정확도 개선방안

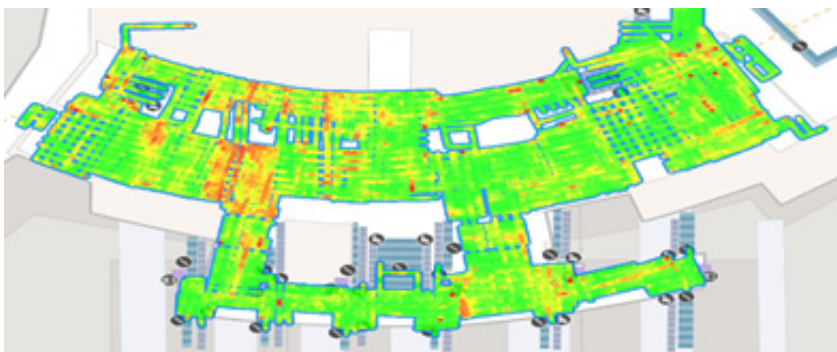
2장에서 설명한 기술 중 어느 한 가지 측위 기술만 선택하여 실내 길 안내에 활용한다면 측위 기법의 독특한 특성에 따라 고유한 오차가 발생할 수 있다. 서로 다른 고유한 특성이 있는 위치 측위 기법을 결합하여 각각의 위치 측위 기법으로 발생할 수 있는 장단점을 상호보완할 수 있도록 AI 기술과 다중 위치측위 기술을 활용한 융/복합 측위기술이 필요하고, 건축환경과 주변 환경에 유연하게 대응할 수 있도록 하여 교통약자의 이동 가능한 보행 경로 안내를 최대한 고려하여야 한다.

#### 1) 스마트폰 센서값, 비컨 전계 강도, 실내 지구자기장을 융합한 복합측위 기법

위치 측위 기술을 모두 결합하여 실내 보행 경로를 안내하는 방법에서 가장 기본이 되는 것은 비컨이다. 비컨의 신호로 얻은 위치정보를 기반으로 하여 경로를 안내하는 동안 스마트폰의 센서나 지구자기장으로 산출한 현재 위치와의 오차가 발생한다.

비컨의 신호를 수신하여 현재 사용자가 위치한 층의 정보와 좌푯값을 신속하게 얻게 되면 지구자기장과 스마트폰의 센서값을 이용한 측위가 시작된다. 스마트폰의 센서값으로 목적지에 도착하기 전까지 사용자의 이동 거리를 모두 분석하고 있으면 지구자기장이 수렴하는 시간 동안 현재 위치를 파악할 수 있다.

관성 센서와 가속도 센스를 이용하는 DR(Dead Reckoning)측위 기법은 보행자의 걸음 정보를 기반으로 초기 위치로부터 진행되는 방향에 따라 이동 거리를 측정하여 현재 위치를 추정하는 추측항법이다.



<Fig. 4> Seoul Station 2nd floor magnetic field map

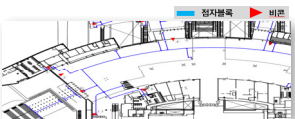

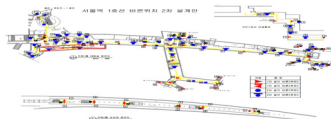



DR 측위 기법은 외적인 인프라 없이 관성 센서를 탑재한 단말기만으로 위치 추정이 가능하여 보행자용

네비게이션 및 응급상황, 공공안전 등 여러 분야에서 활용될 수 있다. DR 측위 기법은 크게 걸음검출(Step Detection), 보폭 추정(Step length estimation), 방향 추정(Azimuth estimation)으로 구성된다.

지구자기장이 정확한 위치로 수렴했을 경우 좀 더 정밀한 위치를 파악할 수 있게 되며, 보행 경로 중의 비콘 신호를 수신하여 얻은 좌표값과 분기점에서 자이로 센서를 이용하여 회전했을 때의 위치로 보정한다. 이에 따라 신뢰성과 정확도를 높이면서 보행 경로를 안내할 수 있다.

2) 비콘 신호 세기 시험측정 결과

철도 역사 등 실내에서 보행 경로 서비스를 제공 받는 사람들이 휴대하는 단말설비(스마트폰 등)는 제조사별, 기기 모델 특성에 따라서 수신율이 다를 수 있으므로, KTX 서울역 2층에서 다수의 비콘을 특정 위치에 고정 설치하고, 다양한 거리에서 스마트폰의 비콘 신호 수신상태 값을 측정하여, 얻어진 수신 값을 근거로 철도 역사와 같은 실내 장소에 비콘이 설치될 경우 사용자의 스마트폰에서 비콘 신호를 수신할 때 신뢰성과 수신 값을 데이터화 하여 실내 내비게이션에 적용 가능성을 확인하였다.

waiting room (Beacon and magnetic field)	transfer passage (Beacon)	platform(Beacon)
		
		
KTX Seoul Station	Subway line 1 Seoul Station	

<Fig. 5> Seoul Station 2nd floor and Subway line 1 Seoul Station

측위 기술을 모두 결합하여 실내 보행 경로를 안내하는 방법에서 가장 기본이 되는 것은 비콘이다. 비콘의 신호로 얻은 위치정보를 기반으로 하여 경로를 안내하는 동안 스마트폰의 센서나 지구자기장으로 산출한 현재 위치와의 오차가 발생한다. 아래 표와 같이 실내 내비게이션으로 사용하는 필요한 특성으로는 신호 세기 8dbm 단계나 신호송출 주기 20ms는 소비전류가 가장 많고 신호주기 간격이 가장 짧지만, 상대적으로 효율이 높지 않은 것으로 분석되었으며, 비콘의 신호 세기는 -6dbm 단계 이하는 수신범위가 너무 짧아 근접 통신 구역으로 분류될 수 있고, 신호 송출 주기 640ms 단계 이상은 너무 긴 신호 송출 주기로 다양한 스마트폰 단말기의 특성에 따른 수신율에 영향을 줄 수 있는 것으로 분석되어 비콘의 설치 위치와 일정 거리를 두고 사용해야 하는 실내 길 안내 내비게이션에 사용하는 것은 무리가 있어 보인다.

<Table 2> Signal century 8dBm(Beacon)

Beacon Strength Measurement(dbm)																		
signal century (dbm)	signal period (ms)	test sample	Beacon ID															
			34:51:AA:06:88:10				34:51:AA:06:87:DE				34:51:AA:06:87:DD				34:51:AA:06:88:D1			
			A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D

Beacon Strength Measurement(dbm)																		
8	20	SamSungS23+	-90	-84	-85	-88	-97	-86	-79	-80	-88	-79	-75	-91	-74	-80	-78	-87
		SamSungA31		-93	-89	-85	-94	-90	-89	-86	-90	-89	-87	91	-77	-83	-89	-90
		AppleIphone8	-96	-95	-93	-86	-90	-92	-83	-88	-88	-86	-85	-92	-86	-82	-89	
		AppleIphone12	-96	-98	-89	-91	-90	-89	-91	-90	-96	-87	-84	-91	-88	-89	-86	-97
	320	SamSungS23+	-86	-84	-78	-80	-88	-83	-81	-80	-81	-85	-76	-89	-78	-77	-82	
		SamSungA31		-90	-82	-78	-87	-90	-82	-86	-90	-90	-88	-91	-87	-90		
		AppleIphone8	-89	-93	-85	-87	-91	-89	-84	-86	-89	-87	-94	-88	-85	-85	-89	-95
		AppleIphone12	-96	-87	-87	-87	-90	-90	-89	-90	-87	-86	-86	-90	-98	-95	-87	-90
	640	SamSungS23+	-88	-86	-77	-76	-93	-82	-84	-80	-83	-82	-77	-86	-80	-75	-84	-91
		SamSungA31	-89	-88	-84	-85		-84	-82	-90		-90	-87			-90	-91	
		AppleIphone8	-90	-94	-86	-90	-92	-88	-86	-89	-86	-85	-84	-87	-88	-85	-82	-96
		AppleIphone12	-95	-85	-87	-80	-91	-85	-86	-90	-83	-82	-82	-85	-81	-80	-91	-90

<Table 3> Measurement of Beacon Strength Reference Values

Beacon Strength Measurement(dbm)						
signal century (dbm)	signal period (ms)	test sample	Beacon ID			
			34:51:AA:06:88:10(A)	34:51:AA:06:87:DE(B)	34:51:AA:06:87:DD(C)	34:51:AA:06:88:D1(D)
-18	20	SamSung S23+	-96	-97	-97	-94
		SamSung A31	-98	-99	-98	-96
		Apple Iphone 8	-94	-90	-92	-95
		Apple Iphone 12	-97	-95	-97	-98
	40	SamSung S23+	-98	-92	-93	-96
		SamSung A31	-98	-97	-97	-98
		Apple Iphone 8	-97	-98	-95	-94
		Apple Iphone 12	-96	-95	-98	-98
	80	SamSung S23+	-94	-96	-93	-96
		SamSung A31	-95	-95	-98	-95
		Apple Iphone 8	-91	-93	-96	-91
		Apple Iphone 12	-98	-95	-99	-92
	160	SamSung S23+	-97	-90	-94	-92
		SamSung A31	-95	-96	-96	-95
		Apple Iphone 8	-91	-97	-95	-97
		Apple Iphone 12	-97	-93	-96	-98
	320	SamSung S23+	-90	-92	-96	-91
		SamSung A31	-97	-90	-95	-91
		Apple Iphone 8	-94	-91	-93	-93
		Apple Iphone 12	-98	-93	-98	-94
640	SamSung S23+	-90	-91	-90	-89	
	SamSung A31	-92	-94	-94	-94	
	Apple Iphone 8	-88	-94	-95	-91	
	Apple Iphone 12	-95	-92	-93	-93	



3) 철도역 실내 보행 경로 서비스 적용성 시험측정 결과

전기철도의 급전 방식에는 직류와 교류급전 방식 있다. 직류급전 방식은 통신유도 전선과 장애가 없으나, 사전 측정에 앞서 철도 역사 내. 외부 환경 조건을 확인하기 위하여 KTX 서울역과 지하철 1호선에 대하여 선행 조사를 시행하였다.

KTX 가 운행하는 서울역 승강장 부근은 교류 AT 급전 방식의 25,000V 고압으로 전기철도 회로를 구성하는 전차선을 통하여 차량에 전류가 공급되며, 차량의 운행조건(상. 하선) 동시 운행, 고속열차의 출발 또는 제동할 때 레일을 통하여 귀로 회로가 구성되므로 레일을 통하여 누설되는 전류 등, 유도전압이 발생함을 확인하기 위하여 서울역 승강장 부근은 유도전압 측정은 국립전파연구원 고시 기준에 따라 선간잡음전압, 선-대지간 잡음전압을 측정하였으며 선간잡음전압(0.25mV), 선-대지간 잡음전압(1,200mV)이 측정되어 KTX 열차가 운행하는 서울역 승강장의 경우 교류방식 전기철도 운행에 의한 영향으로 지구자기장이 왜곡되거나 지구자기가 맵이 안정되지 못한 현상이 발생하여 열차 승강장과 같은 환경 에서는 도입을 신중히 할 필요가 있음을 확인하였으며, 서울역 승강장은 제외하고 서울역 2층 맞이방에 한정하여 시행하였다.

먼저 시험에 사용할 프레임 제작하며, 프레임의 재질은 나무를 선택하여 전파간섭이나 자기장 왜곡 등의 외부 영향이 최소화될 수 있도록 제작하고, 스마트폰이 올려지는 프레임은 가로 20cm x 세로 20cm x 높이 120cm로 제작하여 이동이 쉽고 고정이 간편한 형태로 제작하였다.

실내 지구자기장에 대한 측위 정확도 측정시험은 시험대상 시설과 장소를 먼저 지정하고 지정된 범위 내에서 측정하고자 하는 주요 위치를 표기하여 실측 후 기준값을 먼저 작성한 다음 최종적으로 학습된 실내 지구자기장 맵지도 정보를 기반으로 스마트폰의 지자기계 센서를 통해 검출되는 시험 위치별 실내 지구자기장의 벡터값을 측정하여 측위 오차 정확도를 비교 분석하는 방법으로 아래와 같이 스마트폰을 휴대하고 있는 사용자가 총 11개소 위치에 대하여 지자기 값을 측정하였다.

위치 측정은 사용자가 스마트폰을 들고 있는 높이에 해당하는 프레임을 복도 바닥에 표시한 측정 위치와 일치시킨 뒤 스마트폰을 프레임 위에 올려놓고 기준값과 측정된 지자기 위치값을 기록하고, 위치 측정 때 인접한 좌표를 최소 3개 이상 거쳐 측정 대상 좌표에서의 위치를 측정하며, 한 위치에서 4번씩 반복 측정한다.

최종적으로 학습된 실내 지구자기장 맵지도 정보를 기반으로 스마트폰의 지자기계 센서를 통해 검출되는 시험 위치별 실내 지구자기장의 벡터값을 측정하여 측위 오차 정확도를 비교 분석하는 방법으로 아래와 같이 측정하였으며, 각 위치에서의 측정오차 및 평균 오차는 계산식은 아래와 같다.

$$\text{Measure} = \sqrt{(x_{Truevalue} - x_{Measure})^2 + (y_{Truevalue} - y_{Measure})^2} \dots\dots\dots (3)$$

$$\text{Mean error} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Measurement error}_i}{n} \dots\dots\dots (4)$$

<Table 4> Positioning error measurement status

location	Reference coordinate value		measured coordinates	
	X	Y	X	Y
M 1	218	84	215	78
			220	87
			215	83
			220	87

location	Reference coordinate value		measured coordinates	
	X	Y	X	Y
M 2	264	84	266	78
			266	83
			261	83
			266	83
M 3	241	108	230	107
			230	103
			230	107
			240	112
M 4	264	131	261	120
			256	120
			261	120
			256	128
M 5	214	181	209	178
			209	182
			204	182
			204	178
M 6	163	232	153	232
			153	228
			148	232
			158	232
M 7	112	283	97	286
			107	282
			107	282
			107	282
M 8	86	309	81	298
			81	302
			81	298
			76	307
M 9	268	181	271	186
			271	182
			271	186
			271	182
M 10	319	232	312	228
			317	240
			322	244
			312	236
M 11	320	283	307	278
			312	282
			312	286
			312	286

KTX 서울역 2층 맞이방에서 수집된 실내 지구자기장의 변화패턴을 인공신경망 기술을 적용하여 기억하고 신경망RNN(Recurrent Neural Network)을 사용하여 X, Y, Z, 3D 좌표값을 활용한 위치 측위 기술을 사용한 결과 0.7 ~ 0.9m 이하의 오차로 정밀도를 확인할 수 있었다.

### III. 결 론

지하철/철도, 대형 공공시설 등 복잡하고 넓은 실내 공간에서 현재 위치를 기준으로 목적지까지 정확하게 찾아가는 일은 일반인조차도 가끔은 어려워하는 경우가 많다. 보행의 불편함을 겪는 장애인, 노약자 등 교통약자인 경우라면 더욱더 어려운 것은 자명할 것이다.

이러한 문제를 개선하기 위하여 실내 내비게이션 혹은 위치 기반 안내 서비스와 관련된 많은 연구 및 시범사업이 추진되었지만 높은 구축 비용, 기술적 한계, 위치 정확도, 복잡한 운영방식 등의 이유로 연구단계에서 종료되거나, 사용자에게 외면받는 경우가 많았다.

그러나, 최근 4차 산업혁명을 주도하고 있는 다양한 기술(IoT, AI, Big Data 등)의 발전과 IT 기기의 대중화로 인하여 기존에 제기됐던 문제들을 해결하는 방안이 속속 제안되고 있다.

이에 본 논문에서는 교통약자 특히 가장 어렵다는 시각장애인과 휠체어 이용 장애인에게 실내 보행 경로 안내 서비스를 제공하기 위하여 가장 핵심이 되는 위치 정확도를 개선할 수 있는 기술로 비콘과 지구자기장 등 복합 측위 융합기술을 통하여 전체 표준편차 37cm, 평균 오차 77cm로 확인되었고, 다만 KTX 열차가 운행하는 서울역 승강장의 경우 교류방식 전기철도 운행에 의한 영향으로 지구자기장이 왜곡되거나 안정되지 못한 현상이 발생하여 열차 승강장과 같은 환경에는 도입을 신중하게 검토하여야 함을 확인하였다.

또한 철도 역사 건축구조 환경과 함께 철도와 지하철 여객시설 실내에 구축된 각종 통신기기와 광고물 및 건축구조에 발생하는 다양한 전파간섭과 반사파, 자기장 왜곡 등이 있으며, 역사 시설 내 구조의 변경과 광고물의 설치 등을 신중하게 고려 하여만 교통약자 등 보행자에게 신뢰성 높은 서비스를 제공할 수 있음을 확인하였다.

KTX 서울역을 대상으로 한 연구 결과 AI 기술과 다중 위치측위 기술을 활용하면 GPS 정보가 제공되지 않는 철도역/지하철역 등 넓고 복잡한 환경에서도 장애 유형별 보행 특성과 이동 경로의 차이점 등을 고려한 맞춤형 길안내서비스 제공을 획기적으로 향상할 수 있었다.

### REFERENCES

- Han, C. Y.(2020), “A Study on Improving the Right to Move for the transportation poor : Focusing on the viewpoint of traffic welfare”, *Social Welfare Master’s Thesis*, vol. 12, pp.55-56.
- Jung, J. H., Hwang, Y. M., Hong, S. G., Kim, T. W. and Kim, J. Y.(2016), “Position Error Correction Algorithm for Improvement Positioning Accuracy in BLE Beacon Systems”, *Journal of Satellite, Information and Communications*, vol. 11, no. 4, pp.64-65.
- Korea Institute for Health and Social Affairs(2020), *Fact-finding report on the disabled*, pp.56-63.
- Ministry of Science and ICT(2020), *2020 Digital Information Survey*, pp.33-34.
- National Statistical Office(2020), *Funeral Population Estimate*, p.275.

Shin, J. B., Oh, J. H., Son, B. D., Kim, D. J. and Han, C. Y.(2018), “A Study on Indoor Walking Paths for the Transportation Vulnerable”, *Korean Railroad Society*, vol. 10. pp.5-8.

Sungkyunkwan University Industry-University Cooperation Foundation(2017), *Indoor guidance service method using of beacon device (10-2017-0024637)*, pp.3-7.