ISSN : 1226-7244 (Print)
ISSN : 2288-243X (Online)
논문번호 20-02-02

j.inst.Korean.electr.electron.eng.Vol.24,No.2,378~384,june 2020
http://dx.doi.org/10.7471/ikeee.2020.24.2.378

지하 철도역사에서 위치확인을 위한 스마트 점자블럭의 RF 특성 분석

RF Characteristics Analysis of Smart Braille Block for Location Identification in Subway Station

황 종 규*★, 김 경 희*, 안 태 기*

Jong-Gyu Hwng*★, Kyung-Hee Kim*, Tae-Ki An*

Abstract

The location information of the people or mover is essential for supporting various smart mobility services in railway stations which are mostly underground. For this purpose, a smart braille block is proposed to identify the location of the mover of the people. In this paper, the frequency characteristics of each material of the upper and lower parts of the braille block are analyzed to examine the appropriate materials for railway history. In addition, the guidelines for actual manufacturing were derived by analyzing the separation distance between two RF sensors in the smart braille block. As a result of analysis through the characteristic analysis in this paper, after selecting the material suitable for the construction site when the smart braille block is applied, the performance change of the RF system, especially the antenna that greatly influences the RF performance, must be reviewed in advance. It seems to have to be applied after checking through.

요 약

철도역사는 최근 들어 환승 등으로 더욱 복잡해지면서 철도역사 내부에서 이동자는 본인의 가고자 하는 목적지를 찾는데 어려움을 호소하고 있으며, 특히 교통약자들의 경우는 더욱 많은 어려움을 호소하고 있다. 특히 교통약자들은 철도역사 바닥에 설치된 점자 블록을 기반으로 역사 내에서 위치를 찾고 있으나 현실적으로는 어려움이 많아 역사이용 만족도가 매우 낮게 나오고 있다. 이에 따라 본 논문에서는 철도역사에서의 다양한 스마트모빌리티 서비스 지원을 위해서는 역사 이용자의 실시간 위치확인을 위한 스마트 점자 블록을 제안하고, 이 스마트 점자 블록의 재질별 RF 특성해석을 통해 철도역사 적합한 스마트 점자 블록의 재질, 그리고 스마트 점자 블록 내부의 RF 센서 간 이격거리 가이드라인을 제시하고자 한다. 특성해석을 통해 분석한 결과 결국 스마트 점자 블록의 적용 시 소재 변화에 공사 현장에 맞는 소재를 선정한 뒤 적용 예정인 RF 시스템 특히 RF 성능을 크게 좌우하는 안테나에 대한 성능변화를 반드시 사전 검토 과정을 통해 확인한 후 적용해야 할 것으로 보인다.

Key words : The Mobility Handicapped, Smart Braille Block, Smart Mobility, BLE, RFID

* New Transportation Innovation Research Center, Korea Railroad Research Institute
★ Corresponding author
E-mail : jghwang@krri.re.kr, Tel : +82-31-460-5438
※ Acknowledgment
This work was supported by a grant from R&D program of the Korea Railroad Research Institute.
Manuscript received Feb. 11, 2020; revised Apr. 9, 2020; accepted Apr. 23, 2020.
This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Ⅰ. 서론

국내의 철도역사는 대부분 지화역사화나 복합환승센터로 구축되고 있어 현재 역사 내에 설치된 이정표만으로는 역사 내에서 원하는 목적지나 방향을 찾는 데 어려움이 있다. 특히 교통약자들은 일반인보다 더욱 현재의 이정표 등 안내시설만으로는 철도역사 내에서 원하는 방향이나 시설, 목적지 등을 찾는데 어려움을 호소하고 있다.

우리나라에서는 교통약자 이동편의 증진법[1]에 따라 해마다 교통약자 이동편의실태조사 보고서를 제시하고 있는데, 정부에서 발간하는 이 보고서에 따르면 철도역사의 경우 교통약자 이동편의시설의 설치율은 매우 높지만 이들 시설의 이용만족도는 매우 낮게 나타나고 있다[2]. 교통약자들은 인지판단 능력이나 시각장애 등 신체조건 등의 요인으로 현재의 역사 안내시설만으로는 역사이용에 어려움이 크다. 더군다나 역사 대부분은 계단, 엘리베이터, 에스컬레터 등 층간 이동 경로를 포함하고 있어 교통약자들의 철도역사 이용만족도가 일반인보다 매우 낮게 나오고 있으며[2], 화재 등 비상상황 발생 시 ICT 기술 기반의 다양한 형태의 비상 대피 안내정보 정보를 인지하여 안전히 대피 또는 탈출하기에는 일반인과 비교 시 많은 어려움이 있어 교통약자들은 복잡해지고 있는 철도역사 이용에 두려움을 가지고 있어 역사이용 자체를 꺼리고 있다[2]-[6].

이러한 문제점 해결을 위해 현재 설치된 교통약자 이동편의시설 이외의 최근 ICT 기술을 활용한 소프트웨어적인 방법에 따른 새로운 교통약자를 위한 안내시스템들이 제안되고 있다[3]-[6]. 이러한 ICT 기술을 이용한 소프트웨어적인 새로운 안내시스템을 위해서는 철도역사 내에서의 위치확인이 중요하다. 시각장애인을 위한 점자 블록이 철도역사 내의 주요 지점 및 이동 경로에 대부분 설치되어 있다. 이에 따라 시각장애인들은 철도역사 내에서 점자 블록 기반으로 이동하게 된다. 이러한 점에 착안하여 점자 블록 기반의 위치확인을 위한 방법이 연구되고 있다[4]-[8]. 그림 1은 스마트 점자 블록을 이용한 철도역사 내에서의 위치확인 및 이를 이용한 다양한 서비스 구성의 예를 나타낸 것이다. 그림에서와 같이 스마트 점자 블록을 통해 철도역사 내에서 교통약자나 다양한 위치정보가 필요한 장치들이 위치확인을 화게 되며, 이러한 위치확인을 바탕으로 경로 안내 모바일 서비스 등 교통약자를 이한 다양한 모빌리티 서비스 지원이 가능하게 된다. 이러한 서비스들을 통해 교통약자의 철도역사 내에서 이동 편의성이 향상되고 이용만족도도 향상되게 된다.

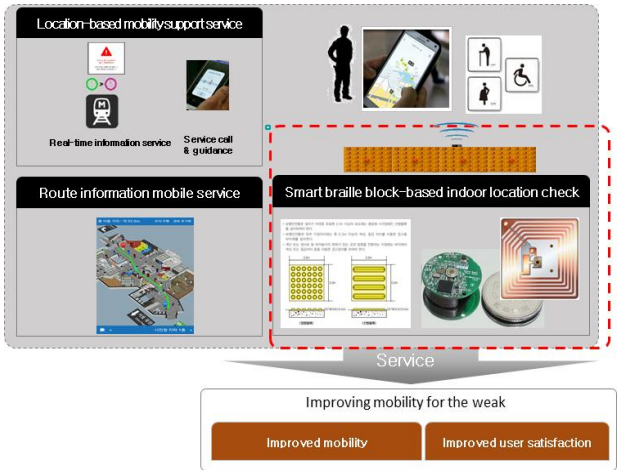


Fig. 1 Overview of Positioning System in Railway Station based on Smart Braille Block.
그림 1. 스마트 점자 블록 기반 철도역사의 위치확인 시스템 개요

즉, RFID와 BLE 센서가 내장된 스마트 점자 블록을 통해 해당 스마트 점자 블록 주위에 있는 스마트폰이나 다양한 경로 안내장치들이 이들 센서의 신호를 수신함으로써 위치를 확인하는 방법이다. 이들 스마트 점자 블록 내부의 센서들이 설치된 위치정보, 식별코드, 장애인 우대권 발급기 등 PoI(Point of Interest) 정보들이 RF로 전송되게 된다. 스마트 점자 블록에는 RFID와 BLE 센서처럼 두 개의 RF 센서가 동시에 내장되어 있고, 또한 점자 블록은 KS F 4561 표준에 따라 상부 및 하부의 다양한 재질들로 구성될 수 있어 이들 각각의 재질에 따른 RF 특성분석이 필요하다. 본 논문에서는 이러한 스마트 점자 블록을 위해 KS 표준에서 제시하고 있는 재질별, 그리고 두 RF 기반 센서들의 이격거리별 주파수 특성 해석을 통해 철도역사 내에서의 위치확인을 위한 스마트 점자 블록에 적합한 상부 및 하부 재질, 그리고 센서들 사이의 적합한 이격거리 등을 도출하였다. 본 논문에서는 Micro Studio 사의 CST(Computer Simulation Technology) 툴[9]-[11]을 통해 RF 특성 분석을 수행하였다.

II. 본론

1. 스마트 점자 블록의 구성

설치장소 등에 따라 적합한 점자 블록이 설치될 수 있도록 그림 2와 같이 상부 및 하부 구조물들이 각기 다른 재질로 조합될 수 있으며, 상부 및 하부 재질들은 다양하게 관련 표준에서 적용할 수 있도록 하고 있다. 그림 3은 표준에서 제시하고 있는 상부 및 하부 재질들로서 이중 현재 많이 적용되고 있는 상부 및 하부 조합들을 나타낸 것이다. 실제 도시철도역사에 적용을 위해서는 이러한 일반적인 점자 블록의 외형은 그대로 유지하여야 한다.

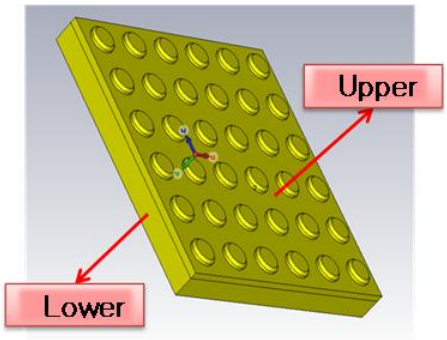


Fig. 2. Structure of braille block.
그림 2. 점자 블록 구조

따라서 철도역사에서 위치확인을 위한 스마트 점자 블록은 이러한 일반 점자 블록의 내부에 위치확인을 위한 RFID 및 BLE 센서를 내장하여야 하는데, 이때 표준에서 제시한 각 상부 및 하부 재질에 따라 RF 특성을 분석하여 스마트 점자 블록에 적용 가능한 재질을 제시한다. RF 특성해석은 CST라는 도구를 이용한 시뮬레이션을 통해 각 센서에 1W의 전원을 인가할 경우 점자 블록 각 재질에 의해 반사되는 정도(S_{11})와 Isolation 정도(S_{21})를 확인한 것이다. 본 논문에서 제안한 스마트 점자 블록은 그림 4와 같이 표준 점자 블록 내부에 900MHz대의 RFID와 2.4GHz대의 BLE 센서를 나란히 위치시킨 구조이다.

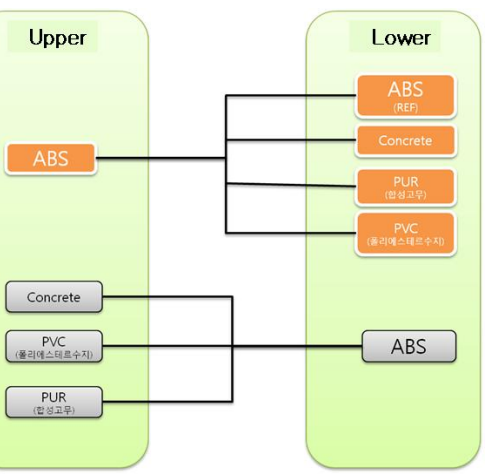


Fig. 3. Composition of Upper and Lower Materials.
그림 3. 점자 블록의 상부 및 하부 소재

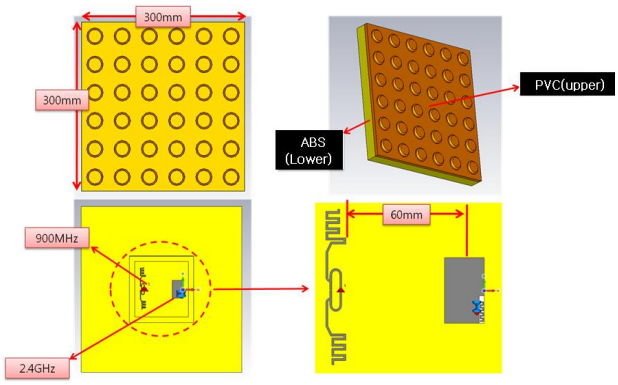
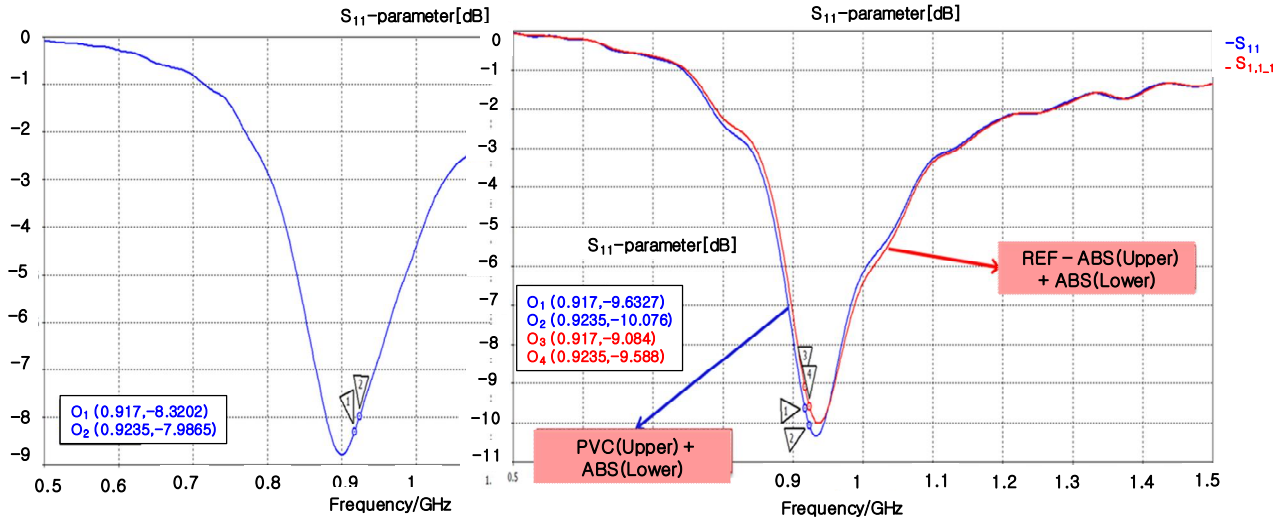


Fig. 4. PVC(Upper)-ABS(Lower) braille block with RFID & BLE.
그림 4. RFID와 BLE를 내장한 PVC(상부)-ABS(하부)

가. PVC(상부)-ABS(하부), 이격거리 0.5λ(60mm)

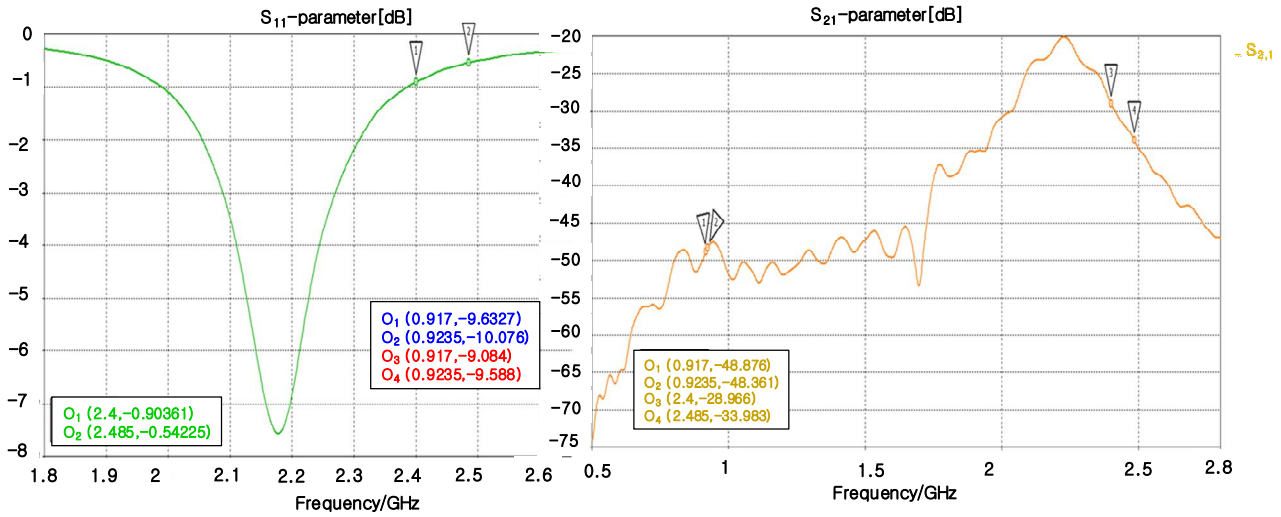
앞에서 설명한 바와 같이 본 논문에서 제안한 스마트 점자 블록은 BLE와 RFID 태그를 내장한 것으로서, 우선 그림 5의 (b)와 같이 상부가 PVC/ABS, 하부가 ABS 구조이고 BLE이 RFID 태그로부터 60mm 정도(0.5 λ) 이격거리를 유지한 상태로 장착되는 경우로 가정한 조건에서 특성해석을 수행하였다. 그림 5의 (a)는 PVC(상부)-ABS(하부) 재질로 구성된 스마트 점자 블록에서 900MHz 대역의 RFID의 임피던스 특성을 분석한 결과로써 RFID만 내장된 경우[6]와 비교 시 차이가 거의 없는 것이 확인되었다. 하지만 같은 조건에서 2.4GHz 대역에서 동작하는 BLE의 임피던스 특성(S 파라미터의 S_{11})은 그림 6 (a)에서와 같이 상당히 많은 변화가 있음을 확인할 수 있다.

이는 RFID 태그는 상부 구조의 소재변경에 따른 임피던스 특성변화가 심하지 않았던 결과 정반대로 BLE의 경우 동작 주파수 대역이 RFID 900MHz 대역보다 높은 주파수 대역임으로 이러한 변화는 동작 주파수에 상대적인 소재 변화가 좀 더 크게 영향을 미치는 것으로 확인되었다.



(a) RFID센서의 경우 (b) RFID/BLE 센서의 경우

Fig. 5. Comparison results of PVC(upper) and ABS(lower).
그림 5. PVC(상부)-ABS(하부) 구조의 경우 임피던스 특성분석 결과



(a) BLE 임피던스 특성 결과 (b) RF Isolation 특성 결과

Fig. 6. BLE Impedance and RF Isolation Characteristics in PVC-ABS.
그림 6. PVC-ABS인 경우 BLE 임피던스 및 RF Isolation 특성분석 결과

그림 6 (b)는 두 센서 사이의 독립성을 살펴보는 항목으로 S 파라미터 중 Isolation(S_{21})을 분석하였다. 장착되는 RF 시스템의 동작 주파수 대역이 900MHz 대역과 2.4GHz 대역으로 상당히 떨어져 있어서 기본적인 Isolation 특성은 좋을 그것으로 예상하지만, 스마트 점자 블록의 제작을 위해서는 상부 및 하부 소재별 Isolation을 분석이 필요하다.

나. PVC(상부)-ABS(하부), 이격거리 조정할 경우

스마트 점자 블록의 상부 및 하부 재질을 앞에서와 같이하고, RFID와 BLE 센서사이의 이격거리를 변경할 경우, 그리고 동일 이격거리에서 BLE 센서의 위치를 180도 반대 방향으로 설치하는 경우 등

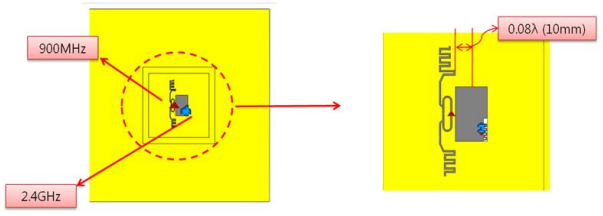


Fig. 7. Internal shape diagram of smart braille block with 0.08 λ separation.
그림 7. 이격거리 0.08 λ인 경우의 스마트 점자블럭 내부 형상

에 대해 주파수 해석을 수행하였다. 그림 7은 두 센서사이의 이격거리가 0.08 λ인 경우의 스마트 점자블럭 내부 구조를 나타낸 것으로 이 이격거리를 가변시켜가면서 주파수 특성 분석을 수행하였의 그 결과가 표 2와 같다.

Table 1. RF characteristic Analysis Result by PVC(upper) and ABS(lower).

표 1. PVC(상부)-ABS(하부)인 경우의 RF 특성해석 결과

Freq [GHz]	PVC-ABS 0.5λ separation opposite sensor direction		PVC-ABS 0.08λ separation		PVC-ABS 0.29λ separation	
	S_{11} [dB]	S_{21} [dB]	S_{11} [dB]	S_{21} [dB]	S_{11} [dB]	S_{21} [dB]
0.917	-8.3345	-45.531	-9.243	-43.104	-8.8011	-45.969
0.9235	-8.0206	-45.307	-9.3205	-42.982	-8.5714	-45.701
2.4	-9.0916	-25.27	-9.1778	-14.354	-8.6184	-21.223
2.485	-6.9486	-28.244	-8.9374	-17.294	-7.5153	-24.708

먼저 이격거리가 0.5 λ이고 BLE 센서를 180 반대 방향으로 설치하는 경우 임피던스 특성도 약간의 변화는 있으나 Resonant Frequency 이동은 발생하지 않았으나 Isolation 특성의 경우 3dB 정도 성능 저하는 확인할 수 있었으나 저하된 성능도 두 안테나를 인접 배치하면서 문제가 되는 level이 아님을 확인하였다. 이는 센서의 설치 방향은 큰 영향은 아니나 전파환경이 좋지 못한 극한 상황이 발생하면 이 역시 향후 고려되어야 하는 부분으로 보인다.

이격거리가 0.08 λ(10mm)로 줄인 경우 인피던스 특성은 두 센서 모두 크게 변화가 없음이 확인되었고, 두 센서 사이의 Isolation을 분석한 결과는 이격거리 0.5 λ대비 S_{21}은 6~8dB 성능 저하가 있음을 확인할 수 있다. 결국, 전파환경이 좋은 곳에서는 큰 문제는 없어 보이나 전파환경이 안 좋은 곳에서는 이격거리를 최소화하는 방향으로 RF 모듈을 장착하는 방법은 지향하는 것이 적절하다는 결론을 얻을 수 있다.

이격거리리를 앞의 두 조건의 중간 정도 이격거리인 0.29 λ로 조정할 경우 임피던스 특성이 거의 변화가 없음이 확인되었다. 또한, 이번 경우는 앞의 특성해석 결과와 비교 시 Isolation 특성이 이격거리 확보 정도에 따라 같은 비율로 개선됨을 확인할 수 있다.

다. ABS(상부)-Concrete(하부), 이격 거리 0.5 λ (60mm)

지금까지는 소재 조건을 PVC(상부)-ABS(하부)로 유지하고 이격거리 변화에 따른 주파수 특성 분석을 수행하였다. 이번에는 이격거리는 같이 하고 상부 및 하부의 재질이 변경된 경우 RF 성능변화를 분석하였으며, 이를 위해 ABS(상부)-Concrete(하부)로 소재가 변경된 경우 주파수 특성 해석을 먼저 수행하였다.

Table 2. RF characteristic Analysis Result by ABS(upper) and Concrete(lower).

표 2. PVC(상부)-ABS(하부)인 경우의 RF 특성해석 결과

Freq [GHz]	ABS-Concrete 0.5λ separation		ABS-Concrete 0.29λ separation	
	S_{11} [dB]	S_{21} [dB]	S_{11} [dB]	S_{21} [dB]
0.917	-7.1617	-44.9	-8.2899	-42.977
0.9235	-6.9003	-44.692	-8.2173	-42.891
2.4	-0.48915	-35.332	-11.275	-21.96
2.485	-0.34156	-38.062	-10.244	-24.01

먼저 RFID와 BLE 센서의 이격거리가 0.5 λ인 경우의 주파수 특성 분석결과 RFID의 임피던스 특성은 큰 변화는 없었으나 BLE의 경우 Resonant Frequency 이동이 급격히 발생하고 있음을 확인할 수 있었다. 이에 따라 이러한 상부-하부 조합은 그대로 스마트 점자 블록에 적용하기에는 적절하지 않음을 알 수 있다. 또한, BLE 의 임피던스 변화가 RFID 대역을 벗어날 정도의 변화량으로 인해 방사성능 자체가 10dB 이상의 성능 감소가 확인되었으므로 이는 결국 이격거리에 의한 RF 성능변화보다는 먼저 소재 변화에 따른 RF 성능변화가 크게 나타남을 알 수 있다. 이처럼 스마트 점자블럭을 위해서는 두 센서 간 이격거리도 RF 특성에 주요한 영향을 미치지만, 이보다도 상부-하부 재질이 더욱 큰 영향을 미침을 알 수 있으며, 이는 상부-하부의 소재 변화에 따른 상용 제품의 사전 분석은 필요하며 소재 변화에 따른 RF의 손실을 고려한 시스템 신호 세기도 반드시 사전 검토가 되어야 함을 나타낸다고 볼 수 있다. 두 센서 사이의 이격거리가 0.5 λ가 아닌 0.29 λ인 10mm 이격거리로 조정할 경우 주파수 특성 분석 결과 실제 철도역사에 적용하는데 문제가 없을 정도의 결과가 도출되었다.

라. 기타 다양한 조건변경에 다른 주파수 특성 분석

위에서 제시한 특성 분석 이외에 보다 다양하게 스마트 점자 블록의 상부 및 하부 구조의 소재를 변경하면서 800MHz 대역의 RFID와 2.4GHz 대역의 BLE 센서 각각의 RF 성능 비교, 이 둘 센서 사이의 이격거리별 Isolation 특성을 분석하였다. 표 4와 5는 상부 및 하부 주조의 재질별 RF 특성해석을 수행한 결과로 센서 간 이격거리가 0.5 λ이고 상부 구조 ABS로 고정한 경우, 하부 구조가 ABS인 경우의 해석결과를 요약한 것이다. 이 표를 보면 ABS-ABS 구조와 ABS-PUR 구조의 경우 2.4GHz 대역의 BLE 센서의 임피던스 특성변화가 가장 큼을 알 수 있다. 이는 이 소재의 경우 스마트 점자블럭으로 바로 적용은 어렵고 RF 센서들의 Tuning 작업이 요구되는 것을 알 수 있다.

그리고 RF 성능변화가 가장 심한 동시에 실제 철도역사에서 많은 시공 조건이라 판단되는 상부(ABS)-하부(Concrete) 소재 조건에서의 RF 센서 간의 이격거리 변화에 따른 특성변화에 대해서는 표 6과 같다. 이 표에서와 같이 두 RF 센서 간의 이격거리는 900MHz, 2.4GHz 대역일 경우 최소한 0.5 λ 수준의 이격거리는 확보하고 적용하는 것이 RF 성능변화가 적고 시스템별 편차를 줄이는데 기준이 될 것이다.

Table 3. RF characteristic analysis result by ABS(upper) and changing lower material.

표 3. 상부(ABS)와 하부 재질 변경될 겨우 RF특성 분석 결과

Freq. [GHz]	ABS(upper) + ABS(lower)		ABS(upper) + Concrete(lower)		ABS(upper) + PVC(lower)		ABS(upper) + PUR(lower)	
	S_{11} [dB]	S_{21} [dB]	S_{11} [dB]	S_{21} [dB]	S_{11} [dB]	S_{21} [dB]	S_{11} [dB]	S_{21} [dB]
0.917	-8.464	-49.231	-7.162	-44.900	-4.859	-48.627	-6.171	-42.782
0.9235	-8.248	-48.721	-6.900	-44.692	-4.518	-48.260	-6.252	-42.539
2.4	-0.955	-29.802	-0.489	-35.332	-0.729	-37.441	-0.401	-28.967
2.485	-0.568	-34.826	-0.342	-38.062	-0.463	-42.139	-0.288	-32.199

Table 4. RF characteristic analysis result by ABS(lower) and changing upper material.

표 4. 하부(ABS)-상부 변경일 경우 RF 특성해석 결과

Freq. [GHz]	Concrete(upper) + ABS(lower)		PVC(upper) + ABS(lower)		PUR(upper) + ABS(lower)	
	S_{11} [dB]	S_{21} [dB]	S_{11} [dB]	S_{21} [dB]	S_{11} [dB]	S_{21} [dB]
0.917	-8.101	-47.925	-8.302	-48.876	-7.731	-47.320
0.9235	-7.670	-47.482	-7.987	-48.361	-7.276	-46.880
2.4	-0.892	-28.158	-0.904	-28.966	-0.917	-27.824
2.485	-0.610	-32.365	-0.542	-33.983	-0.649	-31.816

III. 결론

대부분 지하 공간으로 되어있는 철도역사 내부에서 다양한 스마트모빌리티 서비스 지원을 위해서는 이동자의 위치정보가 필수적이다. 이를 위해 위한 기반이 되는 이동자의 위치확인을 위한 스마트 점자 블록을 제안하였으며, 본 논문에서는 이러한 점자 블록의 상부 및 하부 재질별 주파수 특성해석을 수행하여 철도역사에 적절한 재질들을 분석하였다. 또한, 스마트 점자 블록의 두 센서 사이의 이격거리와 주파수 특성들간의 상관관계 분석을 통해 실제 스마트 점자 블럭 제작시 활용할 수 기준을 도출하였다. 본 논문을 통해 분석된 결과를 바탕으로 실제 스마트 점자 블록을 제작하여 실제 도시철도 한 역사 바닥에 테드트베드 구축 및 이를 이용한 앱을 통한 적용성 시험 중에 있다. 향후 이 스마트 점자블럭을 이용해서 철도역사 내에서 다양한 위치기반 서비스들을 이용될 수 있을 것으로 기대된다.

Table 5. RF characteristics analysis according to separation distance.

표 5. 이격거리 변경에 따른 RF 특성분석 결과

Freq [GHz]	ABS-Concrete 0.08 λ separation		ABS-Concrete 0.08λ separation + Beacon 180° rotation		ABS-Concrete 0.29 λ separation		ABS-Concrete 0.29 λ 이격 + Beacon 180° rotation		ABS-Concrete 0.5 λ separation		ABS-Concrete 0.5 λ separation+ Beacon 180° rotation	
	S_{11} [dB]	S_{21} [dB]	S_{11} [dB]	S_{21} [dB]	S_{11} [dB]	S_{21} [dB]	S_{11} [dB]	S_{21} [dB]	S_{11} [dB]	S_{21} [dB]	S_{11} [dB]	S_{21} [dB]
0.917	-7.7865	-40.98	-7.802	-32.622	-8.2899	-42.977	-8.3006	-38.594	-8.2183	-45.66	-8.2367	-42.445
0.9235	-7.8053	-40.96	-7.7711	-32.809	-8.2173	-42.891	-8.2307	-38.533	-8.2153	-45.327	-8.2373	-42.28
2.4	-9.7989	-22.098	-11.991	-13.927	-11.275	-21.96	-12.849	-27.319	-11.951	-24.042	-12.126	-31.832
2.485	-9.4156	-22.073	-8.3727	-14.544	-10.244	-24.01	-9.2598	-30.405	-9.8975	-25.304	-9.2472	-37.311

References

[1] Korean Act, “Mobility Enhancement for the Mobility Handicapped Act,” 2014.
[2] Ministry of Land, Infrastructure and Transport, “In year 2017, A Study on the Actual Condition of Movement of the Traffic Handicapped,” Service Report, 2018.
[3] E. Y. Cho, S. Y Lee and et al. “Requirements of Navigation Service for the Mobility Impaired Person,” No.6, pp.812-813, *The conference proceeding of KICS,* 2017.
[4] J. G. Hwang, K. H. Kim, T. K. Ahn and T. H. Lee, “Design of Supporting System to Improve the Mobility Handicapped Satisfaction in Railway Station,” *The Trans. on KIEE*, Vol.68, No.1, pp.17-24, 2019. DOI: 10.5370/KIEEP.2019.68.1.017
[5] J. G. Hwang, T. H. Lee, K. H. Kim and T. K. Ahn, “Characteristic Analysis of Geomagnetic Field for In-door Positioning in Railway Station,” *The Trans. on KIEE*, Vol.68P, No.2, pp.76-82, 2019. DOI: 10.5370/KIEE.2019.68.2.076
[6] KRRI Research Report, “Development in Interactive Route Guidance and Supporting System Technology for the Mobility Handicapped in Railway Station,” KRRI, 2019.
[7] Kyeong-shin Ryu, Sang-Hee Lee, Sang-Ho Choim, “The basic study for the mobility enhance-ment of mobility handicapped in metro,” *Proceeding of KSR spring conference,* 2015.
[8] Tengqingqing Ge, “Indoor Positioning System based on BLE for Blind or Visually Impaired Users,” *Master’s Thesis, KTH Royal Institute of Technology*, 2015
[9] STudio, C. M., “CST Studio Suite 2011,” Computer Simulation Technology AG, 2011.
[10] Munteanu, I., & Hänninen, I., “Recent advances in CST STUDIO SUITE for antenna simulation,” *6th European Conference on Antennas and Propagation (EUCAP),* pp.1301-1305, 2013.
[11] Finkenzeller, K., “RFID handbook: fundamentals and applications in contactless smart cards,” Radio frequency identification and near-field communication, John Wiley & Sons, 2013.

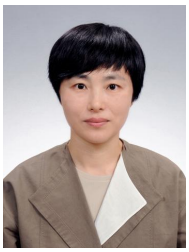
BIOGRAPHY

Jong-Gyu Hwang (Member)

1994 : BS degree in Electrical Engineering, Konkuk Univ.
1996 : MS degree in Electrical Engineering, Konkuk Univ.
2005 : PhD degree in Electronic and Computer Engineering, Hanyang Univ.

1995~present : Chief Researcher, Korea Railroad Research Institute,
Professional Engineer on Railway Signaling

Kyung-Hee Kim (Member)



1996 : BS degree in Industrial Engineering, Chonbuk National Univ.
1999 : MS degree in Industrial Engineering, Chonbuk National Univ.
2006 : PhD degree in Industrial Engineering, Chonbuk National Univ.

2007~present : Principal Researcher, Korea Railroad Research Institute

Tae-Ki An (Member)

1993 : BS degree in Electronic Engineering, Kyungpook National University.
1996 : MS degree in Electronic Engineering, Kyungpook National University.

2011 : PhD degree in Electrical and Computer Engineering, Sungkyunkwan University.
1995~present : Principal Researcher, Korea Railroad Research Institute