

# A Disembarking Notification Application Based on Smart Device using High Frequencies from Built-in Speaker of Public Transportation

Myoungbeom Chung\*

## Abstract

Recently, many people enjoy movies and music content through their smart devices for using public transportation like as bus or subway. However, because their concentration is aimed at content on their smart devices, passengers sometimes forget to disembark and miss their destination stations. Therefore, in this paper, we propose a destination notification system for disembarking public transport using high frequencies based on the smart devices. We tested 1,000 times real-time destination notification to performance evaluate of the proposed application and service system. According to the test results, the proposed system showed 99.4% and 99.6% accuracy and we confirmed that it could be very useful. As such, the proposed system could be a useful technology for notifying smart device users when to get off public transport, capable of global commercialization.

▶ Keyword: Built-in speaker of public transportation, Disembarking notification, Inaudible frequencies, High frequencies communication

## 1. Introduction

최근 스마트 기기가 전 연령에 걸쳐 사용되고 있으며, 이러한 보급과 네트워크 속도의 발달에 의해 사람들은 장소를 방문하고 스마트 기기를 이용해 다양한 콘텐츠를 즐기고 있다. 그리고 출퇴근, 등하교 등 사람들이 대중교통을 이용하여 이동하는 동안에도 많은 사람들이 스마트 기기를 이용하여 동영상 시청하거나, 이어폰을 끼고 음악을 듣는 모습들을 종종 볼 수 있다. 그러나 사람들이 대중교통 이용 중 스마트 기기의 콘텐츠를 즐기는 것에 집중할 경우 자신이 하차하여야 할 정류장을 지나가는 상황이 종종 발생하게 된다. 이에 따라 지하철, 버스 등에서 자신이 하차할 정류장을 알려주는 서비스가 점차 요구되기 시작하였으며, 이러한 요구에 맞추어 다양한 기술을 이용한 스마트 기기 기반 애플리케이션과 서비스 시스템들이 제공되었다.

하차할 정류장을 알려주는 서비스 기술로는 스마트 기기의 GPS만을 이용한 기술[1], Wi-Fi AP(Access Points)를 기반으로 한 Wi-Fi Fingerprint를 이용한 기술[2], 대중교통의 이동 정보 및

GPS 정보를 서버로부터 데이터를 전달 받아 제공하는 기술 등이 있다. 그러나 GPS만을 이용한 기술의 경우 지하철에서는 GPS 신호가 약하기 때문에 정확한 위치를 파악할 수 없어 서비스가 불가능한 단점이 있다. Wi-Fi Fingerprint를 이용한 기술 또한 사용자의 스마트 기기가 Wi-Fi 신호를 인식한 후 해당 정보를 제공 받기 위해 정보 제공 서버와의 통신이 필요하며, Wi-Fi AP 주변에 다양한 시설물이나 장치가 설치되거나 없어지는 경우 새로 Wi-Fi Fingerprint를 수집해야 하는 불편함이 있다. 대중교통 이동 정보 및 GPS 정보를 서버로부터 전달받아 제공하는 기술은 버스 회사에서 운영하는 각 버스의 이동 정보인 GPS 위치 데이터를 하나의 서버에서 통합 후, 그 데이터를 기반으로 하여 사용자의 스마트 기기에 현재 위치를 알려줄 수 있다. 그러나 이 기술은 사용자가 현재의 위치 정보를 필요로 할 경우 알려 줄 수 있을 뿐, 사용자가 원하는 위치에 도달했을 경우 알림이 오기 위해서는 서버와의 지속적인 통신이 필요한 단점이 있다.

• First Author: Myoungbeom Chung, Corresponding Author: Myoungbeom Chung

\*Myoungbeom Chung (nzin@sungkyul.ac.kr), Division of Computer Engineering, Sungkyul University

• Received: 2019. 03. 28, Revised: 2019. 04. 10, Accepted: 2019. 04. 10.

• This research project was supported in part by the Ministry of Education under Basic Science Research Program (NRF-2016R1C1B2007930), respectively.

따라서 본 논문에서는 스마트 기기와 버스, 지하철에 설치된 스피커에서 출력할 수 있는 고주파를 이용한 새로운 방식의 대중교통 하차 알림 서비스 시스템을 제안한다. 스마트 기기에 내장된 마이크는 사람들이 일반적으로 들을 수 있는 가청주파수 범위인 20Hz ~ 22kHz 소리 신호를 인식할 수 있으며, 애플리케이션을 이용해 수신된 소리를 분석하여 사람들에게 들리지 않는 18kHz ~ 22kHz 범위의 특정 고주파 신호를 검출할 수 있다[3]. 이때 특정 신호는 버스, 지하철과 같은 대중교통에 설치되어 있는 스피커를 사용하여 신호를 보내며, 기존 스마트 안내 애플리케이션, 데이터 통신 연구 등에 사용되었던 18kHz ~ 22kHz 범위의 두 개의 고주파를 사용하여 신호가 발생하는 공간에 있는 사람들로 하여금 그 소리를 인식하지 않도록 한다. 다음으로 대중교통을 이용하는 사용자의 스마트 기기들은 수신된 소리를 분석하여 지정된 신호가 검출된 경우 사용자가 설정한 위치와 일치하면 하차 알림을 사용자에게 제공한다. 이때 사용자의 스마트 기기가 Wi-Fi 나 LTE를 이용한 서버와의 데이터 통신이 가능하다면, 하차 알림의 정확성을 높이기 위해 기존 대중교통 이동 정보 및 GPS 정보 제공 기술을 함께 사용할 수 있다. 우리는 제안 시스템의 성능을 확인하기 위해 스마트 기기 기반 대중교통 하차 알림 서비스 애플리케이션을 개발하였으며, 특정 버스의 GPS를 이용한 이동 정보와 지하철 운행 정보를 제공하는 서버를 구축하여 총 5대의 스마트 기기를 이용하여 1,000회 하차 알림 실험을 진행하였다. 그리고 실험 결과 서버로부터 대중교통의 이동, 위치 정보가 제공되지 않을 경우 평균 99.4%의 정확도를, 위치 정보를 제공 받는 경우 100%의 정확도를 나타냄으로 제안 방법이 대중교통 하차 알림에 효과적인 것을 확인 하였다. 즉, 제안 시스템은 사람들에게 들리지 않는 고주파 영역과 스마트 기기의 마이크를 이용하여 대중교통 이용객들에게 지정된 위치에서 정확히 하차 알림을 할 수 있는 기술로써, 버스와 지하철 등의 대중교통을 이용하는 승객들에게 유용한 기술이 될 것이며, 스피커로 다음 도착지를 안내하는 전 세계 다양한 대중교통 서비스에 상용화 할 수 있는 뛰어난 기술이 될 것이다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제2장에서는 대중교통 하차 알림 서비스 기술에 적용된 기존 연구와 가청주파수 영역에서의 고주파를 이용한 기존 연구들을 설명하며, 제3장에서는 제안 애플리케이션과 서버를 이용한 대중교통 하차 알림 서비스에 사용되는 고주파 신호 처리 기술과 서비스 시스템의 흐름을 설명한다. 제4장에서는 제안 애플리케이션을 이용한 대중교통 하차 알림 서비스의 성능 확인을 위한 실험과 기존 제공되고 있는 애플리케이션과의 비교 실험 및 그 결과를 보이며, 제5장에서는 결론과 향후 연구 방향을 제시한다.

## II. Related Work

본 장에서는 기존 서비스 되고 있는 대중교통 하차 알림 서비스에 사용된 기존 연구에 관하여 설명하며, 본 연구에서 이용되는 가청주

파수 영역에서의 고주파를 이용한 기존 연구들을 설명한다. 초기 대중교통 관련 서비스는 지하철, 버스 등의 서비스 운영 시간 계획에 맞추어 해당 시간 정해진 장소에 버스, 또는 지하철이 지나갈 것이라는 예측 정보를 제공하는데 그쳤다. 그리고 스마트 기기가 급속도로 보급되고 1인 1 스마트 기기 이상을 사용하기 시작하면서부터, 스마트 기기 기반 대중교통 서비스 애플리케이션들은 오스트리아의 SCOTTY[4], NEXTSTOP[5], 미국의 TransitTimes+ [6] 등과 같이 운행 정보만을 제공할 뿐 아니라, 사용자가 설정해 놓은 지점에 근접할 때 사용자에게 알람을 제공하는 능동적인 서비스로 변화되기 시작하였다. 말레이시아에서는 사용자 스마트 기기의 GPS 정보와 Geo-Fence를 이용한 버스 알림[7], RFID를 이용한 실시간 버스 위치 추적 애플리케이션[8] 등이 제안 되었으며, 국내에서도 대중교통 하차 알림 서비스로 2012년 운행 시간 정보와 버스의 GPS 정보를 기반으로 한 서울 전역 버스, 지하철 하차 알림 애플리케이션이 개발되어 제공 되었고, 그 밖에도 최근에는 TMap, 카카오 맵, 서울버스 정보, Smart Subway 등이 GPS 정보, Wi-Fi Fingerprint 정보를 서버에 수집하고 그 정보를 스마트 기기에 전달하는 방식으로 대중교통 하차 알림 서비스를 제공하고 있다. TMap, 카카오 맵, 서울버스 정보 앱은 모두 실시간 대중교통 운행정보를 바탕으로 이동 관련 정보를 제공하고 그 정보로부터 하차 알림을 하는 방식을 사용하고 있다. 그리고 Smart Subway의 경우 Wi-Fi Fingerprint 정보를 이용한 방법으로 주변의 시설물이 변화되거나, 설치된 Wi-Fi들의 고장, 수리 등으로 데이터 값이 변화하는 경우가 종종 발생하기 때문에 지속적인 정보 업데이트를 실시하고 있다. 그러나 이와 같은 서비스들은 대부분은 사용자의 스마트 기기가 LTE, Wi-Fi 등과 같은 통신을 이용하여 서버로부터 버스, 지하철의 운행정보를 가져오거나, GPS 정보, Wi-Fi Fingerprint 정보 등이 정확해야만 서비스가 가능한 한계가 있다. 즉, LTE, Wi-Fi를 통해 운행 정보를 받아오지 못하거나, 지하철 등에서의 GPS 정보가 부정확한 경우, Wi-Fi Fingerprint 정보가 달라지는 경우 알림 서비스가 오작동 하는 경우가 빈번히 발생할 수 있다. 이러한 기존 서비스의 오작동 등 문제점은 제공되는 애플리케이션의 후기, 사용 리뷰 등에서와 같이 LTE, Wi-Fi 등과 같은 통신이 되지 않을 때 제대로 알림이 작동하지 않는다는 의견을 주로 확인 할 수 있다. 또한 Wi-Fi Fingerprint를 사용하는 알림 서비스의 경우 기존 Wi-Fi AP의 수리, 지하철 내 역 공사 등으로 인해 Fingerprint 정보가 바뀌고 그 정보를 다시 수집하지 않았던 특정 몇 개의 역에서 동작하지 않는다는 후기를 종종 볼 수 있다.

가청주파수 영역에서의 고주파를 이용한 기존 연구들은 다음과 같다. 최근 가청 주파수 범위인 20Hz ~ 22kHz 주파수 범위에서 사람들에게 거의 들리지 않는 고주파 대역인 18kHz ~ 22kHz 주파수를 사용하여 스마트 기기의 스피커, 마이크를 이용해 특정 신호를 전달하거나, 제어하는 연구들이 활발히 이루어졌다. Bihler는 20kHz와 22kHz 두 개의 고주파를 이용하여 Frequency Shift Keying(FSK) 기술과 해밍 코드를 적용한 방법으로 Trigger 신호를 만들어 박물관에서 스마트 가이드를 제공하는 시스템을 제안하였다[9]. 또한 Chung은 Bihler의 Trigger 신호를 보다 강하게 하였으

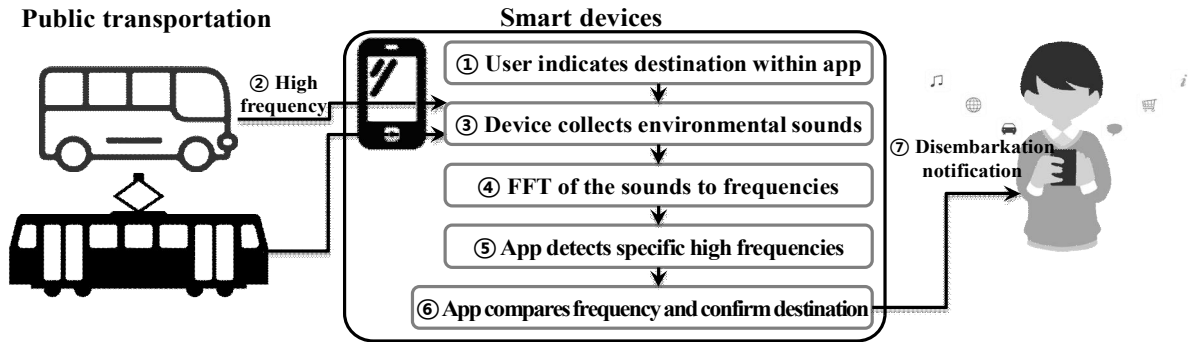


Fig. 1. The flow of the proposed application and server system

며, 고주파 신호와 WiFi를 이용하여 근거리 위치한 스마트 기기들 간에 데이터를 공유하는 방법을 제안하였으며[10], TV 등을 시청하고 있는 사용자에게 고주파 신호를 전달받아 특정 상품의 광고를 제공할 수 있는 애플리케이션을 제안하였다[11]. 이 방법은 데이터 전송을 위한 신호 값으로 3개의 고주파를 이용하는데, 2개의 변하지 않는 기반 신호와 1개의 변경 되는 Low-latency를 사용한 것으로 고주파를 이용해 많은 데이터를 보내는 목적보다 스마트 기기에 특정 신호를 보내는 것에 목적을 두었다. 즉, 고주파를 이용한 기존 방법들은 대부분 스마트 기기에서 현재 위치에 있으면서 고주파와 같은 특정 신호를 받는 순간 그 신호를 분석하고, 전달된 정보를 이용하여 사용자에게 알림, 정보 전달과 같은 서비스를 수행하는 기술들이 점차 제안되었다.

### III. A Disembarking Notification Application using High Frequencies

본 장에서는 스마트 기기와 고주파를 이용한 대중교통 하차 알림을 위한 애플리케이션과 그 서비스 시스템에 관하여 설명한다. 제안 시스템의 전체적인 흐름은 Fig. 1과 같다. Fig. 1에서 사용자는 대중교통을 타기 전 또는 타고 난 후 제안 애플리케이션을 이용하여 자신이 내릴 목적지를 설정한다(①). 대중교통은 스피커를 통해 각 정류장 안내를 하면서, 동시에 각 정류장 안내에 설정되어 있는 특정 고주파 신호를 함께 송출한다(②). 그리고 스마트 기기는 사용자가 콘텐츠를 즐기는 동안에도 주변에 발생하는 소리들을 내장 마이크를 통해 수집한다(③). 이때 수집한 소리들은 실시간 FFT(fast Fourier Transform) 변환 처리를 진행하며(④), 18kHz 이상의 한 쌍 고주파가 검출되는 경우(⑤) 스마트 기기는 수집한 고주파 한 쌍의 값과 사용자가 설정해 놓은 목적지 값을 비교하고(⑥), 일치하는 경우 사용자에게 내릴 목적지에 다가가는 것을 알린다(⑦). 이때 대중교통 스피커에서 발생하는 18kHz 이상의 특정 고주파 한 쌍은 18kHz ~ 22kHz 범위에서 100 Hz 단위로 총 41개 중 2개를 선별하여 송출한다. 단, 한 쌍의 고주파 선별 시 근접 고주파를 선택한 경우 각 주파수 간의 간섭에 의한 오류가 발생 할 수 있기 때문에 두 주파수는 최소 600Hz

이상 차이를 둔다[12]. 즉, 한 쌍의 고주파는 18.0kHz와 18.7kHz, 18.0kHz와 18.8kHz, ... , 21.3kHz와 22.0kHz 등과 같이 총 595 가지 쌍을 구성할 수 있다. Table 1은 할당 주파수를 이용하여 정류장 정보를 전달하기 위한 신호 구성 예이다. Table 1에서 18.0 kHz와 18.7 kHz로 구성된 한 쌍의 고주파 데이터는 00 값으로 인식하며, 18.0 kHz와 20.2 kHz로 구성된 데이터는 16진수 0F 값으로 인식하게 된다.

Table 1. The value of high frequencies for each bit data

Bit data	High frequencies	Bit data	High frequencies
00	18.0, 18.7 kHz	08	18.0, 19.5 kHz
01	18.0, 18.8 kHz	09	18.0, 19.6 kHz
02	18.0, 18.9 kHz	0A	18.0, 19.7 kHz
03	18.0, 19.0 kHz	0B	18.0, 19.8 kHz
04	18.0, 19.1 kHz	0C	18.0, 19.9 kHz
05	18.0, 19.2 kHz	0D	18.0, 20.0 kHz
06	18.0, 19.3 kHz	0E	18.0, 20.1 kHz
07	18.0, 19.4 kHz	0F	18.0, 20.2 kHz

이렇게 구성된 고주파 한 쌍은 신호 전달을 위해 정류장 안내 방송이 나올 때 1초 간격으로 1초간 2회 전체 3초 시간 동안 발생하게 한다. 이는 Chung의 실험에서와 같이 2.8초 이상의 고주파를 발생시킬 경우 스마트 기기에서 고주파를 검출하는 정확도가 높기 때문이다. 아래 Fig 2는 정류장 안내 방송이 나올 때 송출되는 형태를 시간과 주파수 값으로 나타낸 것이다.

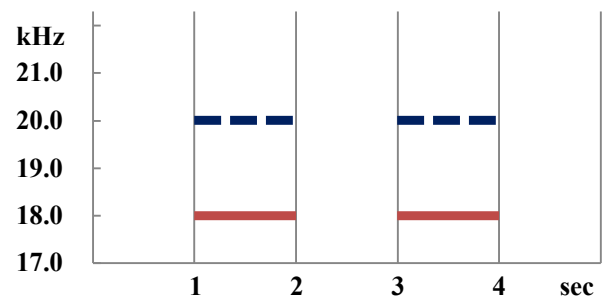


Fig. 2. An example of proposed high frequencies for disembarking notification

Fig. 2에서 송출된 고주파 값은 18.0 kHz와 20.0 kHz 이며 이 값(0D)은 각각 1초에 1초 동안 송출된 후, 1초 간 고주파 송

출을 멈추고 다시 한 번 1초간 동일 고주파를 송출한다. 이 한 쌍의 고주파가 안내 방송과 함께 스피커를 통해 송출이 이루어지면, 대중교통 내에 위치한 스마트 기기는 내장 마이크를 통해 18.0 kHz 이상의 고주파가 주변에 존재하는지 지속적으로 분석하고, 고주파가 검출되는 경우 1회 반복 검증을 수행하여 초기 검출한 고주파 쌍과 동일 한 값을 나타내는지 확인한다. 아래의 Fig. 3의 Pseudo code는 스마트 기기에서 한 쌍의 고주파를 검출하기 위한 수행 동작을 표현한 것이다.

```

While(receive  $A_t$ ) Do
   $a \leftarrow 0$ ;
   $b \leftarrow 0$ ;
   $F_t \leftarrow \text{FFT}(A_t)$ ;
  sortByBin( $F_t$ );
  If (first HF value of  $F_t$  is over 18.0 kHz
    and second HF value of  $F_t$  is over 18.0 kHz) Then
     $a \leftarrow$  first HF value of  $F_t$ ;
     $b \leftarrow$  second HF value of  $F_t$ ;
    sleep( $m$ )
    receive  $A_{t+1}$ 
     $F_{t+1} \leftarrow \text{FFT}(A_{t+1})$ ;
    sortByBin( $F_{t+1}$ );
    If (first HF value of  $F_{t+1}$  is over 18.0 kHz
      and second HF value of  $F_{t+1}$  is over 18.0 kHz) Then
      If ( $a =$  first HF value of  $F_{t+1}$  and
         $b =$  second HF value of  $F_{t+1}$ ) Then
        theDisembarkingLocalNotification;
      END If
    END If
  END If
END WHILE
    
```

Fig. 3. The pseudo code for high frequencies detection to notify disembarking

Fig. 3에서  $A_t$ 는  $t$ 시간에 스마트 기기의 내장 마이크로부터 수집한 오디오 값이며,  $F_t$ 는  $A_t$ 를 FFT 변환하여 얻는 각 주파수별 bin 값이다. 이때  $a$ 와  $b$ 는 수집한 고주파들 중 가장 높은 주파수

빈과 두 번째로 높은 주파수 빈을 갖는 고주파수 값을 저장할 변수이며, 각각 0으로 초기화를 시킨다. 그리고 수집한 고주파들을 높은 bin 값을 갖는 순서대로 내림차순(Descending sort) 정렬을 시키고 (sortByBin), 그 값들 중 가장 많은 Bin을 갖는 첫 번째 고주파와 두 번째로 많은 bin을 갖는 두 번째 고주파가 모두 18.0 kHz를 넘는 경우 각각  $a$ 와  $b$  변수에 입력하고, 일정 시간( $m$ 초) 동안 검출 동작을 대기 한다. 대기 후 다시 스마트 기기는 주변 오디오 값을 수집( $A_{t+1}$ )하고 FFT 변환을 통해  $F_{t+1}$  값을 계산하여 정렬을 시킨 후 첫 번째 고주파와 두 번째 고주파가 모두 18.0 kHz를 넘을 때 기존  $a$  주파수 값과 첫 번째 고주파 값을, 기존  $b$  주파수 값과 두 번째 고주파 값을 비교하여 모두 일치 하면 스마트 기기는  $a$ ,  $b$  두 값을 이용하여 정류장 정보를 가져온 후 사용자에게 하차 알림을 수행한다.

즉, 본 제안 애플리케이션과 하차 알림 신호로 사용할 한 쌍의 고주파를 실제 서비스에 적용하기 위해서 기존 안내 방송 파일에 추가적으로 고주파를 삽입할 필요가 있다. 그러나 이러한 작업은 단 한 번만 전체 안내 방송 파일에 추가하기만 하면 되는 것으로 추후 작업이 필요하지 않은 장점이 있다.

#### IV. Experiments and Evaluation

본 장에서는 스마트 기기 기반 고주파를 이용한 대중교통 하차 알림 애플리케이션을 소개하며, 제안 애플리케이션을 이용하여 사용자 하차 알림 실험 및 그 결과를 분석한다. 사용자에게 하차 알림을 주기 위한 제안 애플리케이션의 화면 구성은 다음 Fig. 4와 같다. Fig. 4에서 왼쪽에 위치한 그래프는 스마트 기기가 인식한 고주파 영역(17.5 kHz ~ 22.5 kHz)의 각 주파수에 해당하는 bin 값을 나타내는 것이며, 현재 19.5 kHz와 20.3 kHz 두 개의 고주파가 가장 두드러지게 나타나는 것을 확인할 수 있다. 오른쪽

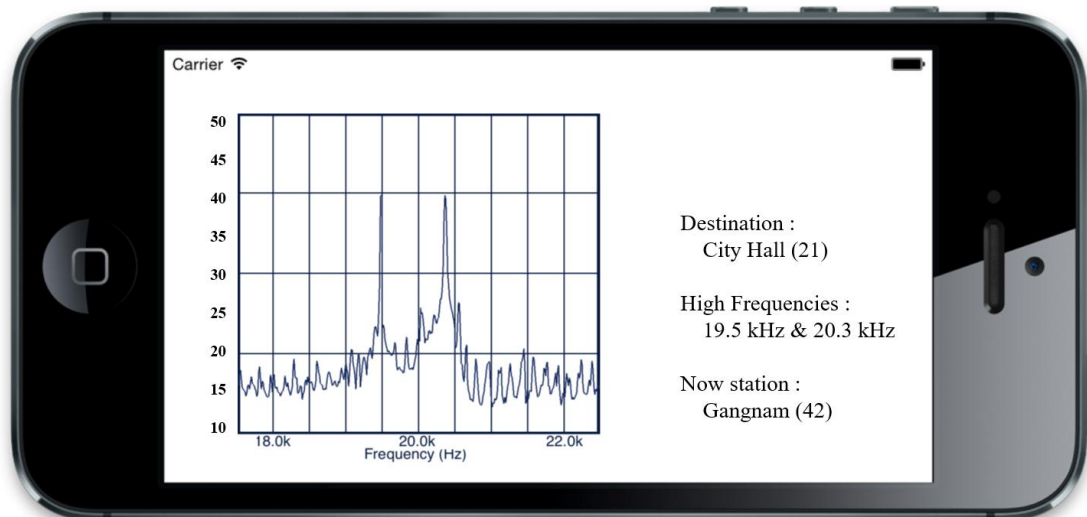


Fig. 4. Screen composition of the proposed application for disembarking notification



Fig. 5. The disembarkation notification of the proposed application when subway is approaching the destination

에 위치한 텍스트들은 사용자가 지정한 목적지 City Hall(21), Fig. 3의 Pseudo code로 추출한 한 쌍의 고주파 값, 그리고 그 한 쌍의 고주파 값에 해당하는 현재 역 이름인 Gangnam(42)을 나타낼 수 있다. 목적지와 현재 역 이름 옆에 나타나는 21, 42는 각 해당 역의 값을 의미하며 Fig. 4에서는 19.5 kHz와 20.3 kHz의 값이 42임을 확인할 수 있다. 제안 애플리케이션은 사용자가 다른 콘텐츠를 사용하고 있던 중이더라도, 배경 모드 (Background mode)에서 지속적으로 고주파 수집을 진행하고, 사용자가 지정한 목적지 값과 현재 도착 할 역의 값이 동일한 때 목적지 도착을 로컬 알림(Local notification)으로 알려주게 된다. 사용자는 그 알림을 눌러 다시 제안 애플리케이션을 실행할 수 있으며, 로컬 알림으로 실행 된 제안 애플리케이션은 Fig. 5와 같이 사용자에게 목적지에 도착 예정임을 알려주게 된다. Fig. 5에서 왼쪽 이미지는 지하철에서 곧 내려야 한다는 것을 보여주기 위한 그림과 글을 나타낸 것이며, 오른쪽에 City Hall (21) 글씨가 이번엔 도착하는 역을 크게 표시한 것이다. 그리고 사용자가 아래의 Confirm 버튼을 누르면 애플리케이션은 다시 Fig. 4로 돌아가며 사용자가 다음 차차 알림을 설정할 수 있도록 한다.

제안 애플리케이션의 정확성 검증을 위해 본 논문에서는 국내 서울 지하철 노선 중 2호선 중 순환 노선에 포함된 43개의 지하철역들을 1번(서초) ~ 43번(교대) 값으로 설정하여 애플리케이션 내에 각 값과 지하철 역 이름을 매칭하고 저장했다. Fig. 6은 서울 지하철 2호선을 1번~ 43번 값으로 각 매칭 하여 설정한 값을 표현한 것으로, 실험과 애플리케이션 동작을 위해 각 매칭 한 한 쌍의 고주파 값은 Table 2와 같다. 즉, Fig. 6에서 “서초”역은 1번 값을 가지며, 이는 Table 2에서 18.0 kHz와 18.7 kHz 한 쌍의 고주파 값을 인식하는 경우 제안 애플리케이션은 “서초”역으로 인식하게 된다. 그리고 본 논문의 실험에서는 2호선 순환을 하면서 지속적으로 측정을 해야 하기 때문에 순환에 포함되지 않는 좌측의 “까치산”, “신정네거리”, “양천구청”, “도림천”역과 오른쪽 위의 “용답”, “신답”, “용두”, “신설동”역에 대해서는 고주파 값들을 매칭하지 않았다.

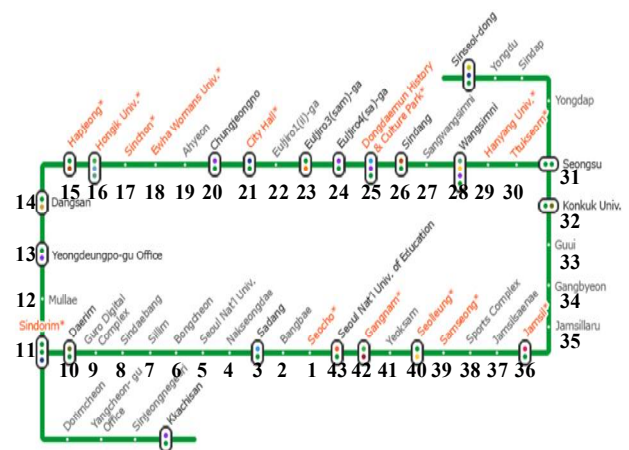


Fig. 6. Seoul subway line 2 map and the high frequencies value for each subway station

Table 2. The value of a pair high frequencies for each subway station

Bit data	High frequencies	Bit data	High frequencies
1	18.0,18.7 kHz	...	... ..
2	18.0,18.8 kHz	34	18.0, 22.0 kHz
3	18.0,18.9 kHz	35	18.1, 18.8 kHz
4	18.0,19.0 kHz	36	18.1, 18.9 kHz
5	18.0,19.1 kHz	37	18.1, 19.0 kHz
6	18.0,19.2 kHz	38	18.1, 19.1 kHz
7	18.0,19.3 kHz	39	18.1, 19.2 kHz
8	18.0,19.4 kHz	40	18.1, 19.3 kHz
9	18.0,19.5 kHz	41	18.1, 19.4 kHz
10	18.0,19.6 kHz	42	18.1, 19.5 kHz
...	... ..	43	18.1, 19.6 kHz

다음으로 실험을 위해 참가자 10명을 모집하였으며, 각 참가자는 각각 자신의 스마트 기기에 제안 애플리케이션을 설치하였다. 이때 실험에 사용된 스마트 기기는 iPhone 6, iPhone



6s, iPhone 7, Galaxy S7, Galaxy S8로 각각 2대씩 총 10대를 사용하였으며, 지하철 안내 방송이 나올 때 고주파 신호를 발생할 스피커와 프로그램은 노트북 스피커와 JavaScript 프로그램 기반 Web 애플리케이션을 개발하여 사용했다. 실제 실험에서는 2호선 지하철 한 칸에 실험 참가자 모두가 위치하게 하였으며, 참가자의 스마트 기기와 노트북 간의 거리는 최대 5m 이내를 유지하도록 하였다. 이는 서울 지하철 대부분의 차체 길이가 19.95m 보다 짧으며, 각 차체 내에 양 측에 4개의 문(총 8개)을 가지고 있고, 지하철을 탑승하는 양 측 문 중앙에 스피커가 위치하고 있기 때문에 대부분의 사용자들은 스피커로부터 최소 5m 거리 이내에 위치할 수 있기 때문이다. 그리고 각각의 실험 참가자는 목적지 설정 시 출발 지하철역에서 최소 3 정거장 이후를 설정하도록 하였으며, 실험 참가자가 지정한 목적지에 도착 전에 로컬 알림이 잘 동작하는지를 확인했다. 목적지 도착 알림 실험은 총 100회를 실시하였으며, Fig. 7은 실험 스마트폰 기기로부터 지정한 고주파를 인식하여 사용자에게 로컬 알림을 정확히 수행한 결과 그래프이다.

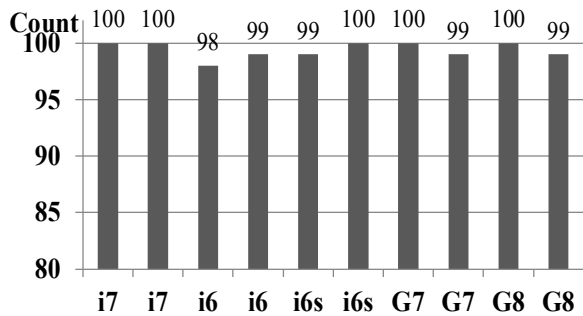


Fig. 7. The disembarkation notification result of the pair high frequencies from each smart device

Fig. 7에서 i7은 iPhone 7, i6은 iPhone 6, i6s는 iPhone 6s, G7은 Galaxy S7, G8은 Galaxy S8을 의미하며, 각 기기의 그래프에 표시된 수치는 사용자가 지정한 목적지와 도착하는 목적지의 값이 일치하여 사용자에게 하차 알림을 정확히 수행한 횟수를 나타낸 것이다. Fig. 7에서 5대의 스마트 기기가 100회 즉, 100% 정확히 하차 알림을 한 것을 확인할 수 있으며, 4대의 스마트 기기가 99%, 세 번째 위치한 iPhone 6만이 98% 정확성을 나타낸 것을 볼 수 있다. 이 iPhone 6가 다른 기기에 비해 정확도가 낮은 이유는 실험 중 실험 참가자가 다른 참가자에 비해 노트북으로부터 가장 멀리 위치했던 참가자이며, 가끔 노트북에서 5m 이상 떨어져서 지정한 고주파를 인식하지 못한 것이라 예상된다. 따라서 본 실험에서 제안 애플리케이션은 99.4%의 하차 알림 정확성을 나타내었다.

또 다른 실험으로 동일한 실험 참가자와 동일한 기기를 이용하여 5명씩 두 팀으로 나누어 지하철의 서로 다른 두 개의 칸에서 같은 방법으로 실험을 진행하였으며, 그 결과는 Fig. 8과 같다.

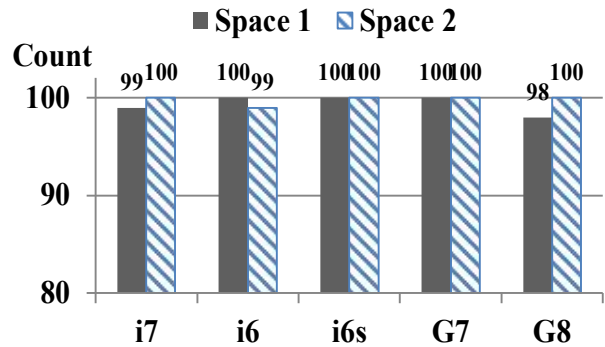


Fig. 8. The disembarkation notification result at two distinguish space of the subway

Fig. 8에서 첫 번째 지하철 칸(Space 1)은 99, 100, 100, 100, 98으로 99.4%의 정확도를 나타냈으며, 두 번째 지하철 칸(Space 2)은 100, 99, 100, 100, 100으로 99.8%의 정확도를 나타냈다. 즉, 2번째의 실험에서는 전체 99.6%의 하차 알림 정확도를 나타낸 것을 확인 할 수 있다. 그리고 첫 번째 지하철 칸이 두 번째 지하철 칸에 비해 정확도가 떨어진 원인은 두 공간 모두 동일하게 노트북과 스마트 기기 간의 거리를 5m 이내로 유지하려 하였으나, 첫 번째 공간이 사람들이 더 많았고, 지하철 안내 방송과 고주파 신호 발생 시 하차를 위해 승객들 일부가 이동하면서 스마트 기기에 고주파 인식을 방해하였기 때문이라 예상된다. 따라서 본 논문에서 제안한 고주파 신호와 이를 인식하여 하차 알림을 전달하는 애플리케이션은 지하철과 같이 대중교통을 이용하는 사용자들에게 다른 콘텐츠를 즐기고 있더라도 목적지를 놓치지 않고 내릴 수 있게 안내하는 유용한 기술이 될 것이다.

### V. Conclusions

본 논문에서는 스마트 기기의 내장 마이크와 지하철에 설치된 스피커를 이용하여 별도의 통신, 서버 연동 없이 새로운 방법으로 사용자에게 하차 알림을 제공하는 서비스 시스템을 제안하였다. 그리고 실험을 통해 제안 애플리케이션이 지하철 내에서 도착역 알림 방송과 함께 발생하는 고주파 신호로부터 현재 도착할 역의 값을 배경 모드에서 판단하며, 사용자가 설정한 목적지에 도달할 경우 로컬 알림을 통해 정확히 하차 알림을 수행 하는 것을 확인하였다. 즉, 제안 서비스 시스템은 지하철, 버스 등과 같은 대중교통을 이용하는 승객들에게 다른 콘텐츠를 집중해서 즐기고 있더라도 사용자가 목적지만 설정해 놓으면, 정확히 하차 알림을 제공하는 유용한 서비스가 될 것이며, 스피커로 다음 도착지를 안내하는 전 세계 다양한 대중교통 서비스에 상용화 할 수 있는 뛰어난 기술이 될 수 있을 것이다. 또한, 한 쌍의 고주파를 이용한 신호 전송 및 알림 기술은 미술관, 박물관 등과 같이 사용자가 이동하는 위치에 해당 정보를

전달하는 알림으로 사용할 수 있을 것이며, 기존 iBeacon 등과 같은 비콘 기술들과 융합하여 사용자 위치 측위 및 다양한 정보 전달 기술로도 활용 가능할 것이다.

추후 연구로는 제안 애플리케이션과 지하철 공사에서 제공하는 실시간 운행 정보를 이용하여 하차 알림 성공률을 100%까지 달성 할 수 있도록 할 것이며, 지하철 외에도 버스에서의 제안 애플리케이션 성능 검증을 위한 실험을 진행할 것이다. 또한, 기존 실시간 운행 정보만을 이용한 하차 알림 애플리케이션, 버스 GPS 정보만을 이용한 버스 하차 알림 애플리케이션들과의 비교 실험을 진행하고, 두 애플리케이션의 장점들을 본 제안 애플리케이션에 적용하여 지하철과 버스에서 보다 정확도 높은 성능을 보이는 하차 알림 서비스로 활용될 수 있도록 할 것이다.

## REFERENCES

- [1] H. Kasahara, M. Mori, M. Mukunoki, and M. Minoh, "Transportation Mode Annotation of Tourist GPS Trajectories under Environmental Constraints," In Information and Communication Technologies in Tourism 2015, pp. 523-535, 2015.
- [2] Smarter Subway, loplax, <https://loplat.com/cases>
- [3] M.B. Chung, "Detection System of Robust High Frequency Range via Noise Collection and Analysis," Korean Society of Computer Information, Vol. 22, No. 1, pp. 71-76, January 2017.
- [4] OEBB, Scotty, [http://www.oebb.at/de/Reiseplanung/Fahrplanauskunft/Mobile\\_Dienste/SCOTTY\\_mobil/index.jsp](http://www.oebb.at/de/Reiseplanung/Fahrplanauskunft/Mobile_Dienste/SCOTTY_mobil/index.jsp)
- [5] Fahrplanauskunft und Routenplaner - nextstop.at, Mobile City, <http://www.nextstop.at>
- [6] Zervaas Enterprises, TransitTimes+ Trip Planner, <http://transittimesapp.com/>
- [7] M.A. Ayob, M.N.F. Saaid, K.M. Dimyati, and K.A. Maarof, "Destination Alarm Notification for Public Transportation Passenger using Geo-Fence in Mobile App.," In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Vol. 169, No. 1, pp. 012087, June 2018.
- [8] B.Y. Low, S.H. Dahlan, and M.H.A. Wahab, "Real-time Bus Location and Arrival Information System," In 2016 IEEE Conference on Wireless Sensors (ICWiSE), pp. 50-53, October 2016.
- [9] P. Bihler, P. Imhoff, and A.B. Cremers, "SmartGuide-A Smartphone Museum Guide with Ultrasound Control," Procedia Computer Science, Vol. 5, pp. 586-592, 2011.
- [10] M.B. Chung, and I.J. Ko, "Data-sharing Method for Multi-smart Devices at Close Range," Mobile Information Systems, 2015.
- [11] M.B. Chung, "Effective near Advertisement Transmission Method for Smart-devices using Inaudible High-frequencies," Multimedia Tools and Applications, Vol. 75, No. 10, pp. 5871-5886, 2016.
- [12] J.B. Kim, J.E. Song, and M.K. Lee, "Authentication of a Smart Phone User using Audio Frequency Analysis," Journal of Korea Institute of Information Security and Cryptology, Vol. 22, No. 2, pp. 327-336, April 2012.

## Authors



Myoungbeom Chung received the B.S., M.S. and Ph.D. degrees in Dept. of Digital Media from Soongsil University, Korea, in 2004, 2006 and 2010, respectively. Dr. Chung worked on BK21 project as a post-doctoral fellow at the Soongsil University at Seoul,

in 2010 and 2011. From 2012 to 2014, he was with the School of Information and Communication Engineering, Sungkyunkwan University (Korea). Since 2015, he is now an assistant professor of Division of Computer Engineering, Sungkyul University (Korea). His research interests include copyright protection technique, mobile computing, mobile software development, audio signal processing, and recommendation system.