

# A near control technology using high frequencies in audible frequency between smart devices

Myoungbeom Chung\*

## Abstract

The existing methods for control between smart devices in near used Bluetooth, WiFi-Direct, or socket communication using Wi-Fi. However, those have a problem that can not use when operating system of each smart devices is different or when socket server is not working. In this paper, we proposed a new near control technology using High frequencies in audible frequency between smart devices to supplement the problem of existing methods. High frequencies use micro-phone and speaker of smart device and are a control signals that is combined high frequencies within 18kHz ~ 22kHz among audible frequency range. The proposed technology using High frequencies do not need any extra communication modules or socket servers and can use the most smart devices without operating system of devices. To evaluate the performance of the proposed technology, we developed a music play and music control application applied the proposed technology and tested a control experiment using the developed applications. The control success rate was 97% and recognition rate of surrounding people about using high frequencies was under 5%. Therefore, the proposed technology will be the useful technology to control between smart devices in near.

▶ Keyword : Wireless communication, High frequencies, Inaudible frequency, Control signal, Smart device

## I. Introduction

최근 스마트 기기에 다양한 모듈이 추가됨에 따라 스마트 기기의 성능이 향상되었고, 스마트 기기를 이용하여 게임, 음악 감상, 영화 감상 등 여러 가지 작업을 할 수 있다. 그리고 스마트 기기 하나만을 사용하던 사람들은 점차 서로의 스마트 기기를 이용하여 데이터를 공유하였으며, 1인 1 기기 시대를 넘어서 한 명이 2개 이상의 스마트 기기를 쓰는 추세로 변화하였다. 예를 들어 아이폰 6을 쓰는 사람이 보다 넓은 화면, 빠른 데이터 처리를 위해 아이패드 에어를 함께 가지고 다니기도 하며, 아이패드 에어를 쓰는 사람이 안드로이드 운영체제를 쓰는 갤럭시 S5를 함께 사용하기도 한다. 이때 데이터를 공유하기 위한 방법으로 초기에는 Wi-Fi를 이용한 소켓 통신

과 서버를 통해 데이터를 공유하였으며[1, 2], 스마트 기기에 Bluetooth 모듈, Wi-Fi Direct 기능 등이 추가되면서 서버 없이 근거리 통신하는 기술이 발달되었다[3-5]. Bluetooth를 이용한 데이터 공유는 동일 운영체제에서 사용 가능한 기술로 iOS의 경우 BluetoothManager 프레임워크를 사용하여 Bluetooth 페어링(Pairing) 후 스마트 기기 간에 데이터 공유를 할 수 있으며[6], Android 또한 Bluetooth API를 사용하여 스마트 기기 간에 데이터를 공유할 수 있다[7]. 그리고 Bluetooth 사용 시 페어링의 불편함을 해소하기 위해 iOS는 동일 운영체제 간에 데이터 공유를 할 수 있는 Wi-Fi 기반 Airdrop 기술을 선보였으며, Android는 Wi-Fi direct를 서비스하기 시작하였다. 또한 2011년 BUMP 사는 서로 다른 운영체제 환경에서도 스마트 기기 간에 데이터를 공유할 수 있는 BUMP 애플리케이션을 개발 배포하였으며[8], BUMP

\*First Author: Myoungbeom Chung, Corresponding Author: Myoungbeom Chung

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

\*Received: 2015. 03. 27, Revised: 2015. 05. 27, Accepted: 2015. 08. 04.

API와 BUMP 서버를 무료로 제공하여 많은 개발자들이 이를 활용 할 수 있게 하였다.

스마트 기기 간에 데이터 공유를 위해 사용되던 통신 기술 들은 제어를 위한 기술로 사용되기 시작했다. 예를 들어 Jeon 과 Moon은 TCP/IP 소켓 통신을 이용하여 로봇을 컨트롤 하며, 로봇의 카메라 입력 영상을 스마트 기기에서 볼 수 있는 애플리케이션을 개발하였다[9, 10]. Chang은 Bluetooth를 이용하여 카메라를 지닌 RC car를 조정하는 애플리케이션을 개발하였으며[11], Ching은 두 개의 스마트 기기가 함께 리듬 을 연주하고, 학습할 수 있는 게임을 연구하였다[12]. 게다가, Majic Jungle의 Chopper 2와 SMHK Funlab의 PadRacer는 아이패드와 게임 화면이 되고, 아이폰이 캐릭터를 조정할 수 있는 제어기가 되는 Wi-Fi 통신 기술을 이용한 게임을 개발 및 상용화 하였다[13, 14].

그러나 스마트 기기간의 제어에 사용되는 Wi-Fi 소켓 통신 기술은 통신을 위한 소켓 서버가 반드시 있어야 하며, 항상 서버를 통해야만 제어가 가능하다는 단점이 있다. Bluetooth 통신의 경우 서버가 필요하지 않은 장점이 있으나, 페어링이라는 통신을 위한 사전 작업이 필요하며, 동일 운영체제 환경에서만 가능하다는 단점이 있다. 그리고 Wi-Fi direct, Airdrop 등의 기술들 또한 Bluetooth 통신과 동일한 단점을 지니고 있어, 최근에는 운영체제가 다르더라도 사전 작업 없이 즉시 사용 가능한 새로운 통신 및 제어 기술이 요구되고 있다.

따라서 본 논문에서는 스마트 기기의 마이크와 스피커를 이용하여 고주파 기반 근거리 스마트 기기 제어 기술을 제안 한다. 고주파는 가청주파수 범위 20hz ~ 22,000Hz에서 실제 사람들이 거의 들을 수 없는 범위인 18kHz ~ 22kHz의 주파수들을 조합하여 제어 신호로 사용하는 것이다. 고주파를 사용하는 초기 연구는 박쥐가 초음파를 이용하여 거리 및 장애물을 찾는 것을 응용한 것으로, 실내에서 사용자의 위치를 예측하는데 사용되었다[15, 16]. 그리고 Bihler는 이 고주파를 Ultrasound라 칭하며, 스마트 기기에 데이터를 전송하기 위한 트리거 신호(Trigger signal)로 사용하기도 하였다[17]. 즉, 본 논문에서는 초기 연구와 Bihler이 사용하였던 고주파를 개선하여 두 대의 스마트 기기 간에 근거리에서 제어를 위한 신호로 활용한다. 고주파 사용 시 기존 방법들을 그대로 쓰는 경우 주변 소음에 의해 다양한 오류가 발생할 수 있으므로, 우리는 2개의 고주파를 순차적으로 발생시켜 오류를 방지한다. 2개의 고주파는 실제 제어를 위한 1개의 First 고주파를 발생 시킨 후, 이어서 다른 주파수인 1개의 Second 고주파를 종료 신호로 발생 시킨다. 제어를 위한 First 고주파는 여러 가지 제어 신호를 보낼 수 있게 18kHz ~ 22kHz 범위에서 선택적으로 사용하며, 신호 종료를 위한 Second 고주파는 18kHz ~ 22kHz 내의 고정된 하나의 값을 사용한다.

제안 방법이 스마트 기기간의 제어에 효과적인지 확인하기 위해 제안 방법의 고주파 제어 신호를 적용한 음악 제어 리모

콘(제어 발신)과 음악 재생(제어 수신) 애플리케이션을 개발하였으며, 스마트 기기 사이의 거리에 따른 제어 실험을 하였다. 그 결과 제어 성공률은 5m 이내의 거리까지 약 97%였다. 그리고 제어 신호 사용 시 주변에 사람들이 제어 신호를 인지하는 것에 대한 실험 결과 5% 미만의 인지율을 나타냈다. 따라서 고주파를 이용한 제어 방법은 근거리에 위치한 스마트 기기간의 제어에 유용한 기술이 될 것이다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 2장에서는 제안 방법에 사용된 고주파를 사용한 기존 연구를 설명한다. 3장에서는 제안 방법에 사용된 고주파와 각각의 스마트 기기에서 고주파를 처리하는 알고리즘을 설명한다. 4장에서는 제안 방법을 적용하여 개발된 음악 제어 리모콘과 음악 재생 애플리케이션을 간략히 설명하고 성능 판단을 위한 실험 및 결과를 보인다. 그리고 5장에서는 결론을 맺는다.

## II. Related work

고주파를 이용한 연구는 가청 주파수 범위인 20Hz ~ 22kHz에서 대부분의 사람들이 들을 수 없는 18kHz ~ 22kHz 범위를 사용한다. 초기에는 GPS 신호가 잘 수신되지 않는 실내 사용자의 위치를 찾아내기 위한 기술로 많은 연구가 이루어졌으며, 이는 점차 스마트 기기에 간단한 정보를 보내기 위한 연구로 발전하기 시작하였다. 그리고 보안 분야에서 또한 사용자 인증을 위한 수단으로 연구되기 시작하였다.

간단한 정보를 보내기 위한 연구로 1장에서 언급한 것과 같이 Bihler는 20kHz와 22kHz 두 개의 고주파를 이용한 Frequency Shift Keying(FSK) 기술을 제안하였다. 두 개의 신호는 동시에 발생하지 않으며, 22kHz가 있는 경우 1, 20kHz가 있는 경우 0으로 표현되는 1bit 신호를 26ms 시간 동안 전달한다. 즉, Bihler는 8 bit의 신호를 전달하기 위해 8-bit 3.2 MHz Freescale microcontroller와 Simple piezo speaker를 사용하여 208ms의 시간 동안 신호를 발생시켰으며, 8bit의 정보를 지속적으로 보내기 위해 20ms ~ 5.25s의 랜덤(Random) 간격을 두어 동일한 신호를 반복적으로 발생시켰다. 그리고 Bihler는 두 개의 고주파 신호가 짧은 간격으로 발생하기 때문에 두 고주파가 동시에 전달되는 오류를 방지하기 위한 방법으로 Hamming code schema를 사용하였다. 이 방법은 고주파를 이용하여 특정 정보를 전달하고, 트리거 신호로서의 역할을 하는 연구에 큰 도움이 되었다. 그러나 Bihler의 제안 방법은 미술품과 같이 조용한 실내 공간에서만 사용이 가능하다는 한계가 있으며, Hamming code schema를 사용하더라도 데이터의 전달 성공률이 낮은 단점이 있다. 게다가, 짧은 시간에 고주파를 반복적으로 변화함에 따라 데시벨(dB)이 클 경우 사람들이 인식할 수 있는 잡음이 발생하는 문제점이 있다.

Lee는 보안 분야에서 사용자 인증을 위한 수단으로 고주파 사용을 제안하였다[18]. Lee는 스마트 기기가 출력 할 수 있

는 주파수를 20Hz ~ 20kHz로 측정하였으며, 2채널 방식을 이용하여 1채널당 하나의 주파수를 발생시켜 동시에 4 bit 신호를 전달한다. 이때 동시에 2채널의 주파수를 발생시키기 때문에 주파수 간의 간섭을 고려하여 2 채널의 주파수 간격은 600Hz 이상으로 설정하였다. Lee는 인증 신호를 전달하기 위해 15,800Hz부터 18,800Hz 사이의 주파수들 중 600Hz 간격으로 6개의 주파수를 선택하여 4 bit로 구성된 비프를 4번 발생시키는 방법을 사용하였으며, 1비프(Beep)당 1초씩 1초 간격을 두고 발생시켰다. 인증을 위한 고주파는 사용자 인증을 하기 위한 컴퓨터의 스피커에서 신호를 발생 시키며, 스마트 기기는 고주파를 전달받아 신호에 대한 응답 값을 전송함으로써 인증이 완료된다. 그러나 이 방법은 2바이트 신호를 보내기 위해 8초라는 긴 시간이 요구되며, 17kHz 이하의 주파수들을 사용할 경우 사람들에게 자주 인식될 수 있는 문제점이 있다.

그리고 고주파를 이용한 서비스로는 Bihler이 제안한 실내 공간에서 미술관 가이드 신호로 사용되는 것 뿐 아니라, 송훈은 “고주파를 이용한 쿠폰 적립시스템 및 적립방법”을 특허로 제안하였으며 [19], 스타벅스의 “Siren order” 등이 단일 고주파를 활용하여 실제 서비스에 사용되고 있다 [20].

### III. High frequencies for control and control method between smart devices

본 장에서는 제어를 위해 우리가 제안하는 고주파에 관하여 소개하며, 고주파를 이용한 스마트 기기간의 제어 방법을 설명한다. 우리가 제안하는 고주파는 18kHz ~ 22kHz 범위에서 2개의 고주파를 순차적으로 발생시키는 것이다. 2개의 고주파는 실제 제어 정보를 갖는 First 고주파와 제어 신호 종료 의미를 갖는 Second 고주파로 구성된다. First 고주파는 사용자가 특정 동작을 제어하는 신호로서  $m$  초 동안 발생하며, 이후 Second 고주파가  $n$  초 동안 발생하여 제어 신호 종료를 알려주게 되는 것이다. 이와 같이 2개의 고주파를 순차적으로 사용하는 이유는 주변의 예상치 못한 소음에 오류를 방지하기 위해서이다. 그림 1은 제안 방법의 제어 신호를 표

현한 것으로, First 고주파는 19kHz와 20kHz를 사용하고, Second 고주파는 18kHz를 사용한 예이다. 이 예시에서는  $m$ 과  $n$ 을 각각 0.2초로 사용하였으며, 처음 신호의 시작은 0.1초에 발생한 것이다. 1에서 First 고주파인 19kHz를 0.2초간 보내고, 이어서 Second 고주파를 0.2초간 보냈을 때 이 신호를 수신하는 스마트 기기는 0.4초의 시간이 흐른 0.5초 위치에서 제어 신호를 완료하여 해당 동작을 수행하게 된다(①).

그리고 두 번째 제어 신호로 0.6초에 First 고주파로 20kHz를 0.2초간 보낸 후, Second 고주파를 0.2초간 보냈을 때 이 신호를 수신하는 스마트 기기는 0.6초 시간으로부터 0.4초 시간이 흐른 1초 위치에서 제어 신호를 완료하여 해당 동작을 수행하게 된다(②). 이때 0.4에서 0.5초 구간에 노이즈가 발생하고, 0.8초에서 0.9초 구간에 노이즈가 발생하는 경우에도 제안 방법은 잘 작동하는 것을 확인할 수 있다.

다음으로 제안 고주파를 이용한 스마트 기기 간의 제어 방법은 그림 2와 같다. 그림 2에서 Control device의 Sending application이 First 고주파를 전달하면, Receipt device의 Receiving application은 Fast Fourier Transform(FFT) frequency 분석을 통해 현재 자신의 주변에 고주파가 있는지 판단한다. 고주파가 있는 경우 그 고주파가 지속적으로 있는지 반복적으로 판단하고,  $m$  초 동안 First 고주파가 유지되는 경우, First 고주파 체크(check)를 마치고, 제어 신호 종료 의미를 갖는 Second 고주파를 기다리게 된다. 이후 Control device에서 Second 고주파를 전달하면, Receipt device에서는 Second 고주파를  $n$  초 동안 인식하고, 해당 제어 동작을 수행하게 된다. 이때, 제어 신호를 입력 받는 Receipt device의 신호처리는 FFT를 사용하며, First 고주파와 Second 고주파 판별은 그림 3의 슈도 코드(Pseudo code)를 따른다. 그림 3의 슈도 코드에 따라, Receipt device의 애플리케이션이 실행되면, 제어 신호 입력을 판단하기 위해 First 고주파와 Second 고주파의 주파수 값을 입력받기 위한 변수  $i$ 와  $j$ 를 초기화하고, 입력 횟수를 세기 위한 변수  $k$ ,  $l$ 을 초기화 한다. 그리고 애플리케이션은 Receipt device의 마이크로 입력되는 주변 소리를 지속적으로 Fast Fourier Transform(FFT) 분석하며, FFT로 분석된 값( $F$ )들 중 18kHz ~ 22kHz 영역에 주파수가 있는 지를 확인한다. 또한, 애플리케이션은 18kHz ~

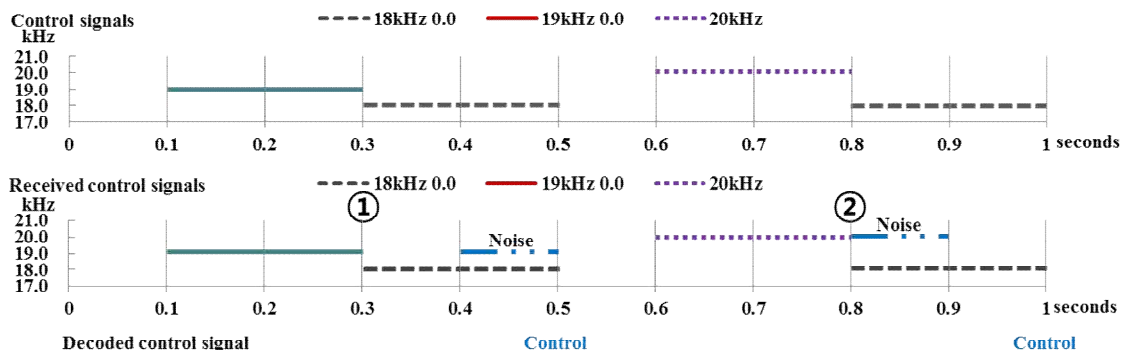


Fig.1. The example of proposed High frequencies for control between smart devices

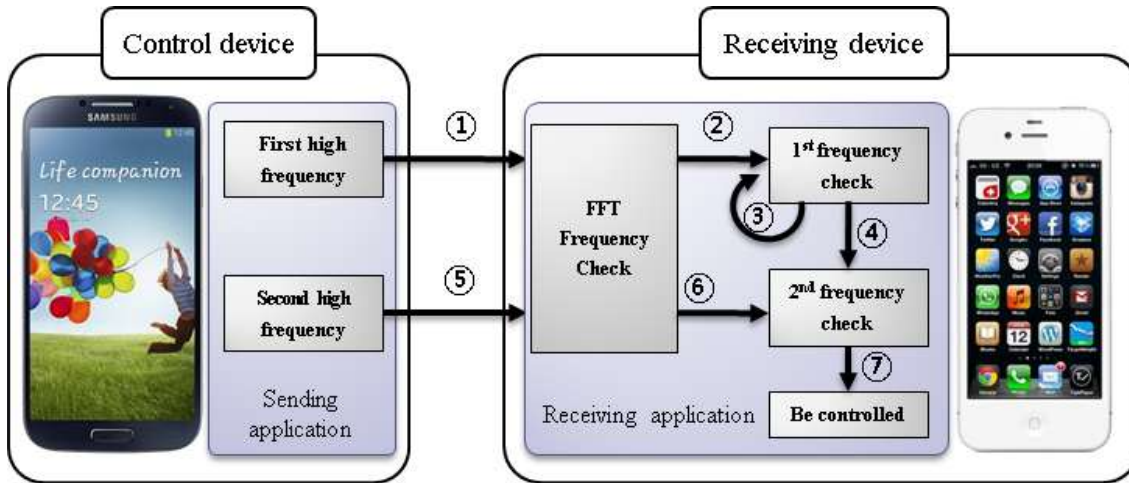


Fig. 2 The work flow of proposed methods using high frequencies

22kHz 영역에 속하는 주파수가 있을 때, First 고주파( $f$ )로 판단하고 임계값( $\alpha$ )  $m$  초 동안 신호가 계속 들어오는지 확인한다.

```

i ← 0; j ← 0; k ← 0; l ← 0;
First check ← No;
While(receive S) Do
    Ft ← FFT(St);
    If (Ft has 18kHz over and 22kHz below)Then
        If(First check is No) Then
            If(i is not equal of one high frequency of Ft) Then
                i ← value of one high frequency of Ft ;
                k ← 1;
            Else
                k ← k + 1;
            End IF
        End IF
        End IF
        If (k is more than threshold α) Then
            First check ← Yes;
            If (i is not equal of one high frequency of Ft)Then
                If(j is not equal of one high frequency of Ft) Then
                    j ← value of one high frequency of Ft ;
                    l ← 1;
                Else
                    l ← l + 1;
                End IF
                If (l is more than threshold β) Then
                    i ← 0; j ← 0; k ← 0; l ← 0;
                    First check ← No;
                    Request function execute;
                    Break;
                END IF
            End IF
        End IF
    ELSE
        i ← 0; j ← 0; k ← 0; l ← 0;
        First check ← No;
    END IF
END WHILE
    
```

Fig. 3. The pseudo code for control signal detection of Receipt device

First 고주파가 지속적으로 들어와 임계값을 넘는 경우 다음 Second 고주파가 들어오는 것을 확인하며, Second 고주파가 들어왔을 때 또 다시 임계값( $\beta$ )  $n$  초 동안 신호가 계속 들어오는 지 확인하여 제어 신호에 따른 특정 동작을 실행한다.

#### IV. Experiments and results of the proposed method using high frequencies

본 장에서는 제안 제어 신호를 적용한 음악 제어 애플리케이션과 음악 Player 애플리케이션을 간략히 설명하며, 제어 신호의 성능 판단을 위한 실험 및 결과를 설명한다. 개발한 애플리케이션들은 Xcode 5 기반, iOS 7에 맞게 개발하였으며, 실험에 사용한 스마트 기기는 iPhone 6를 사용하였다. 음악 제어 리모콘은 3장에서 설명했던 Control device에 사용되는 애플리케이션으로, 그림 4와 같이 음악을 Play, Stop할 수 있는 토글 기능 버튼과 다음 노래로 넘기는 Next 버튼으로 구성된다.

그림 3의 Play와 Stop을 할 수 있는 토글 버튼(1)은 First 고주파로 19kHz를 사용하며, Second 고주파로 18kHz를 사용하였다. 그리고 Next 버튼(2)은 First 고주파로 20kHz, Second 고주파로 18kHz를 사용하였다. 이때, First 고주파의  $m$  은 0.2 second로 하였으며, Second 고주파의  $n$  은 0.2second로 설정하였다.

다음으로 음악 player 애플리케이션은 그림 5.a와 같이 처음 실행 시 “Music Stop”을 표시하고 있다가, 음악 제어 애플리케이션에 의해 “Play” 신호가 전달되면, 그림 5.b와 같이 현재의 음악 정보를 보여주며, 음악을 연주하게 된다.



Fig. 4. Screen of control application used in the proposed technology

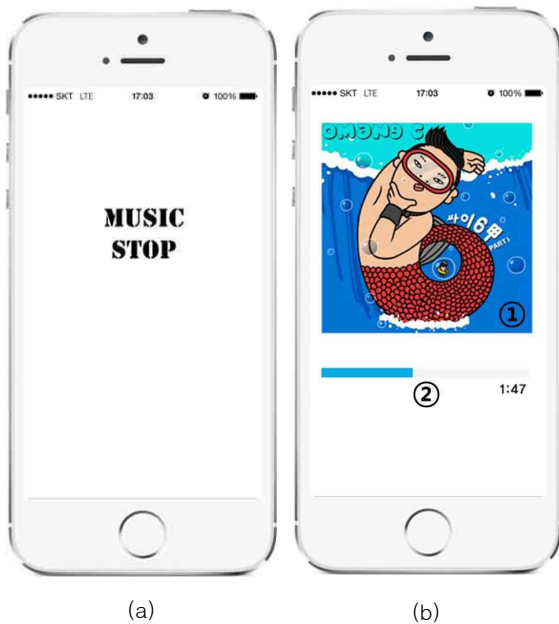


Fig. 5. Screen of music player application used in the proposed technology (a) when a song stops (b) when a song is playing

그림 5.b의 ①은 현재 Play 되고 있는 음악 정보를 보여주며, 그 아래에 ②는 음악의 진행 위치를 표시하는 것이다.

다음으로 제안 방법을 적용한 어플리케이션의 성능 실험에 앞서 2장에서 설명했던 Bihler의 방법을 개선한 것에 대한 비교 실험을 위해 Bihler가 제안한 방법을 사용하여 Hamming Code schema가 적용된 신호 발생 어플리케이션과 이를 수신하는 어플리케이션을 만들었다. 실험 환경은 동일 공간에

소음도가 40dB 이하로 유지되는 실험자 연구실로 하였으며, 신호 전달에 대한 정확성 측정을 위해 1 ~ 3m 거리에서 각각 100회 실시하였다. 이때 제안 방법은 Play에 해당하는 신호만을 사용하였으며, 표 1은 실험에 대한 결과이다.

Table 1. The experiment result according to distance using Bilher's method and the proposed method

Distance	1m	2m	3m
Bilher's method	91 %	87 %	52 %
Proposed method	99 %	99 %	97 %

표 1에서와 같이 Bilher's의 방법은 3m 이내에서 평균 77% 성공률을 나타내는 반면, 제안 방법은 98%의 성공률을 보였다. Bilher's 방법의 경우 3m에서 성공률이 급격히 떨어진 것을 볼 수 있는데 이는 전달 신호가 빠른 시간 안에 자주 변화하기 때문에 신호의 도달 거리가 짧아지는 이유로 예상된다.

이어서, 제안 방법을 적용한 음악 제어 어플리케이션과 음악 Player 어플리케이션을 이용하여 거리에 따른 제어 신호 정확도를 실험하였다. 제어 거리는 1m부터 5m까지로 하였으며, 거리마다 Play, Stop, Next 제어를 각각 100회 실행하였다. 이때, 실험 공간은 소음도가 40dB 이하로 유지되는 조용한 환경의 실험자 연구실에서 실시하였다. 그림 6은 제어 동작에 대한 거리별 결과이다. 3m 이내에서는 모든 제어 신호가 95% 이상의 정확도를 나타냈으며, 5m 이내에서 평균 96.8% 정확도를 보였다. 그리고 음악이 연주되던 중에 Stop과 Next 제어 신호를 보냈을 때에도 5m이내에서 평균 97% 정확도를 보였다. 이는 음악이 연주될 때 발생하는 가청 주파수와 제안 방법에서 사용하는 고주파의 주파수 범위가 다르기 때문에 서로 영향을 받지 않는다는 것을 확인할 수 있다.

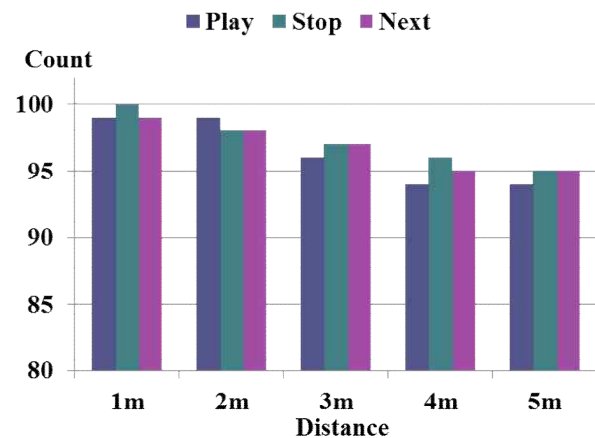


Fig. 6. Results of control operations using High frequencies by distance between smart devices

그리고 제안 방법에서 사용되는 고주파가 일상 공간에서도 유용한지를 확인하기 위해 소음도가 40dB 이상인 카페 공간에서 실험을 실시하였다. 실험 시간은 일상 대화와 같은 소음들이 발생할 수 있는 오후 2시부터 4시까지 진행하였으며, 제어 거리는 1m부터 3m까지 거리마다 Play, Stop, Next 제어를 각각 10회 실시하였다. 그림 7은 제어 동작에 대한 거리별 실험 결과이다. 그림 7에서와 같이 40dB 이상의 소음도를 유지하는 공간에서도 3m 이내에서 모든 제어 신호가 95% 이상의 정확도를 나타냈으며, 전체적으로 평균 97.6% 성공률을 보임을 알 수 있다. 즉, 제안 방법에서 사용하는 고주파는 일상 공간에서 발생하는 주파수 범위와 구별되는 주파수 영역을 사용하기 때문에 제어 신호에 영향을 받지 않는 것으로 예상된다.

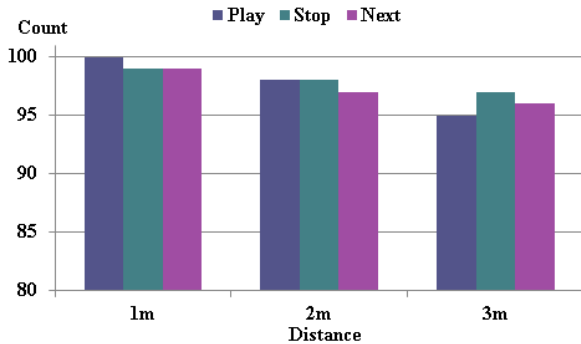


Fig. 7. Results of control operations using High frequencies at space of everyday

마지막으로, 제어 신호 사용 시 주변 사람이 인식하는 정도를 측정하기 위한 실험을 실시하였다. 모든 제어 신호가 95% 이상의 정확도를 유지하는 3m 이내의 거리에서 Play, Stop, Next 제어를 각각 10회 실시하고, 실험 참가자는 20대 대학생 10명이 같은 공간에서 고주파의 인지 횟수를 측정하였다. 인지 실험은 제어 신호가 발생했을 때, 실험 참가자가 그 제어 신호를 인식한 경우를 카운트 하는 것으로, 표 2는 인지 실험에 대한 결과이다.

Table 2. The recognition result of participant about High frequencies for control

Control Participant	Play	Stop	Next
P1	0	0	0
P2	0	0	0
P3	0	0	0
P4	6	2	1
P5	0	0	0
P6	0	0	0
P7	0	0	0
P8	0	0	0
P9	2	1	2
P10	0	0	0

표 2에서와 같이 조용한 상태에서 10회의 Play 제어 신호를 인식한 사람은 2명으로 각각 6회, 2회 제어 신호를 인지하였다. 그 밖에 8명은 제어 신호를 인지하지 못하였다. 그리고 음악이 연주되고 있을 때 Stop 제어 신호를 인식한 사람 역시 2명으로 각각 2회, 1회 신호를 인지하였다. 그러나 이 경우 Play 제어 신호와 동일한 주파수를 사용 함에도 인지한 횟수가 적은 이유는 음악 소리에 의해 제어 신호가 실험자들에게 거의 들리지 않게 된 것으로 예상된다. Next 제어 신호는 Play, Stop 과는 다른 고주파를 사용함에도, 2명이 제어 신호를 인지하였다. 이 경우 또한 음악이 연주되는 중에 제어 신호가 발생한 것으로 인지 회수가 각각 1회, 2회인 것을 볼 수 있다. 실험 이후 모든 제어 신호를 한 번이라도 인식한 2명의 실험 참가자를 대상으로 별도의 청력 검사를 한 결과 2명 모두 18kHz 소리를 들을 수 있는 것으로 확인했다. 그러나 3가지 제어 신호를 10회씩 10명에게 인지 실험을 한 결과 총 300회의 제어 신호(Play 100회, Stop 100회, Next 100회)에서 14회 제어 신호를 인식하였으므로 주변 사람에 대한 제어 신호 인지율은 4.6%이다. 즉, 제어 신호의 인지율은 평균 5% 이하로 많은 사람들에게 영향을 미치지 않는 것을 확인하였다.

## V. Conclusions

본 논문에서 제안하는 고주파를 이용한 스마트 기기간의 제어 방법은 별도의 사전 동작, 혹은 통신 서버 없이 근거리에서 스마트 기기 간에 효과적인 제어를 할 수 있는 유용한 기술이다. 게다가 스마트 기기의 운영체제가 다른 경우에도 즉시 사용 가능하다는 장점이 있다. 따라서 제안 기술은 4장 실험에서 개발하였던 음악 제어 애플리케이션과 음악 Play 애플리케이션 외에 제어 신호를 이용한 근거리 데이터 통신, 정보 전달 등과 같이 다양한 분야에서 유용하게 사용이 가능할 것이다.

차후 연구로는 제안 방법에 사용되는 고주파를 이용하여 스마트 TV에서 효과적으로 광고 전송을 하는 기술을 연구할 것이며, 고주파만을 이용한 데이터 전송 및 정보 전달을 위한 신호 처리 기술을 연구할 것이다. 그리고 거리가 멀어지더라도 제어 신호의 전달 정확도가 향상될 수 있는 연구를 진행할 것이다. 또한 본 논문에서 고려하지 않았던 제어 신호를 송출하는 디바이스가 가청주파수 대에서 어플리케이션이 동작하고 있는 경우, 즉 사용자가 이미 스피커를 음악을 듣는 용도나, 영화를 보는 용도로 사용하고 있을 때 제어 신호 송출이 중첩되어 문제가 발생할 가능성이 있다. 따라서 이를 해결하기 위한 제어 신호 송출 중첩 문제를 해결하기 위한 연구를 진행할 것이다.

## REFERENCES

- [1] F. Sandu, M. Romanca, A. Nedelcu, P. Borza, and R. Dimova, "Remote and mobile control in domotics," In: Proceedings of 11th International Conference on Optimization of Electrical and Electronic Equipment, 2008 IEEE, pp. 225-228, Brasov, Romania, May 2008.
- [2] C. C. Huang-Fu, Y. B. Lin, and H. Rao, "IP2P: a peer-to-peer system for mobile devices," *Wireless Communications IEEE*, Vol. 16, No. 2, pp. 30-36, April 2009.
- [3] M. Loh and A. Tam, "Wireless smart card and integrated personal area network, near field communication and contactless payment system," *U.S. Patent Application* 12/234,499.
- [4] J. Chen and G. Kung, "File sharing method and file sharing system utilizing the same," *U.S. Patent Application* 13/305,732.
- [5] Wi-Fi Direct, [http://en.wikipedia.org/wiki/Wi-Fi\\_Direct](http://en.wikipedia.org/wiki/Wi-Fi_Direct)
- [6] About Core Bluetooth, [https://developer.apple.com/library/ios/documentation/NetworkingInternetWeb/Conceptual/CoreBluetooth\\_concepts/AboutCoreBluetooth/Introduction.html](https://developer.apple.com/library/ios/documentation/NetworkingInternetWeb/Conceptual/CoreBluetooth_concepts/AboutCoreBluetooth/Introduction.html)
- [7] Bluetooth, <http://developer.android.com/guide/topics/connectivity/bluetooth.html>
- [8] BUMP, [http://en.wikipedia.org/wiki/Bump\\_\(application\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Bump_(application))
- [9] Y. H. Jeon and H. Ahn, "Smart-phone based interface for mobile robot control," In: Proceedings of Electronics Engineers of Korea 2010 Spring Conference, Vol. 33, No. 1, pp. 1951-1953, Jeju, Korea, June 2010.
- [10] S. W. Moon, Y. J. Kim, H. J. Myeong, C. S. Kim, N. J. Cha, and D. H. Kim, "Implementation of smartphone environment remote control and monitoring system for Android operating system-based robot platform," In: Proceedings of 8th International Conference on Ubiquitous Robots and Ambient Intelligence(URAI) IEEE, pp. 211-214, Incheon, Korea, November 2011.
- [11] C. J. Ryu, "The design of remote control car using smartphone for intrusion detection," In *Computer Science and its Applications*, pp. 525-533, 2012.
- [12] C. Y. Wang and A. F. Lai, "Development of a mobile rhythm learning system based on digital game-based learning companion," In: Proceedings of 6th International Conference on E-learning and Games, Edutainment 2011, pp. 92-100, Taipei, Taiwan, September 2011.
- [13] Chopper 2, [http://majicjungle.com/chopper2\\_iphone.html](http://majicjungle.com/chopper2_iphone.html)
- [14] PadRacer, <http://padracer.com/>
- [15] Y. Gu, A. Lo, and I. Niemegeers, "A survey of indoor positioning systems for wireless personal networks," *Communications Surveys & Tutorials, IEEE*, Vol. 11, No. 1, pp. 13-32, March 2009.
- [16] S. P. Tarzia, P. A. Dinda, R. P. Dick, and G. Memik, "Indoor localization without infrastructure using the acoustic background spectrum," In *Proceedings of the 9th International Conference on Mobile Systems, Applications, and Services, ACM*, pp. 155-168, Bethesda, Maryland, USA, June 2011.
- [17] P. Bihler, P. Imhoff, and A. B. Cremers, "SmartGuide - A smartphone museum guide with ultrasound control," *Procedia Computer Science*, Vol. 5, pp.586-592, August 2011.
- [18] 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.
- [19] Perples Inc., "System and method for accumulating coupons by using high frequency," PCT, 2013.
- [20] Starbucks Korea lets customers place orders with their mobile phone, more countries to follow, <http://www.nfcworld.com/2014/06/04/329509/starbucks-korea-lets-customers-place-orders-mobile-phone-countries-follow>

## 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.