

Multi transmission method of data among near smart devices using inaudible sound and wireless network

Myoungbeom Chung*

Abstract

In this paper, we propose a new method for multi transmission method of data among near smart devices. Existing methods require the use of an extra application service where the operating system differs between smart devices. In contrast, the proposed method makes use of the smart device's inner speaker and microphone to confirm the transmission signal. Then, real sharing data is transmitted via WiFi or LTE. Therefore, the proposed method overcomes operating system issues with existing methods. Besides, BUMP technology works in a similar way to the method we propose, it only supports one-to-one transmission. To evaluate the efficacy of the new method, we tested one-to-many data transmission in an experiment: the results showed a 96% success rate. As a result, we believe that the proposed method is an effective multi transmission method of data among near smart devices.

▶ Keyword : Data transmission, Smart device, High frequencies, Signal processing, Check sum

1. Introduction

최근 스마트 기기는 다양한 모듈이 추가되고, 성능이 향상됨에 따라 단순히 개인 통신 수단 외에 중요한 비즈니스 수단으로 자리 잡았다. 특히 데이터 교환을 위해 회의 자리에서 각자의 노트북을 켜고 E-mail을 주고받거나, 동일 네트워크 AP(Access Point) 접속하여 공유하던 방식은 점차 변화하여, 현재에는 스마트 기기만으로도 효과적으로 데이터를 교환하고 있다.

스마트 기기간의 데이터 교환을 위한 대표적인 기술로는 Bluetooth를 이용한 통신 기술, NFC(Near Field Communication)를 이용한 데이터 공유 기술, WiFi와 특정 서비스를 이용한 공유 기술, 스마트 기기의 운영체제에 따라 각각 제공되는 WiFi direct, Air drop 등이 있다. Bluetooth 기술은 1994년 에릭슨이 최초 개발한 근거리 무선 통신(PANs: Personal Area Networks)을 위해 발명된 산업 표준이며, 1999년 1.0과 1.0B를 시작으로 현재 4.2까지 개발되었으며 최근 서비스 되고 있는 기술은 Bluetooth 4.0이다[1]. Bluetooth

4.0은 2010년 6월 발표된 기술로서 최대 24Mbps 전송 속도를 가질 수 있으며, 대용량 그림, 동영상, 파일 등을 주고 받을 수 있는 특징을 지닌 Bluetooth 3.0 기술에 BLE(Bluetooth Low Energy) 기술을 추가한 것이다[2]. 그러나 현재의 Bluetooth 기술은 스마트 기기들 간의 데이터 통신을 위해서 반드시 페어링(Pairing)이 필요하며, 스마트 기기간의 운영체제(OS:Operating system)가 동일해야만 가능하다는 단점이 있다.

NFC를 이용한 데이터 공유 기술은 스마트 기기에 내장된 NFC 리더기와 데이터를 쓰고 지울 수 있는 NFC Tag(태그)를 이용한 기술로써 두 대의 스마트 기기 간에 데이터를 손쉽게 전달할 수 있다. 이 기술은 RFID (Radio-Frequency Identification) 기반 기술의 한 종류로서 2007년 Nokia 6131에 처음 사용 되었으며, 리더와 태그 간의 거리가 10cm 이내에서 동작한다[3]. 데이터 전송 속도는 최대 424bit/s이며, NFC를 내장한 스마트 기기는 NFC 카드 에뮬레이션(Emulation), NFC 읽기/쓰기, NFC peer-to-peer(P2P mode) 기능을 수행할 수 있다[4]. 그리고 최근에는 NFC를 이용한 안드로이드 빔, S 빔 등의 서비스가 제공되고 있다[5]. 그러나 이 기술은

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

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

• Received: 2015. 10. 20, Revised: 2015. 11. 12, Accepted: 2015. 11. 25.

iPhone, iPad 등과 같이 NFC 없는 기기와의 데이터 공유가 불가능하여, 기존 출시된 모든 기기에서 사용할 수 없는 단점이 있다.

다음으로 WiFi와 특정 서비스를 이용한 데이터 공유 기술로는 Whatsapp, 카카오톡, Viber, AllJoyn 등이 있다[6, 7]. 이 기술들은 스마트 기기에 내장된 WiFi 모듈(Module)을 이용한 기술로써 애플리케이션 사용자들 간의 대화에 중점을 두고 있으며, 부가적인 기능으로 사용자들 간의 데이터 공유 서비스를 제공한다. 즉 사용자들 간의 데이터 공유를 위해 동일한 애플리케이션 서비스에 가입을 해야 하며, 서로 친구가 되어야만 데이터 전송이 가능한 단점이 있다.

위와 같이 기존 기술이 지닌 단점들을 극복하기 위해 2010년 BUMP사는 BUMP 애플리케이션을 서비스하기 시작하였으며, 동시에 다양한 애플리케이션에서도 그 기능을 사용할 수 있도록 BUMP API도 함께 제공하였다[8, 9]. BUMP는 기존 기술들의 단점(페어링, NFC 모듈 유무, 서비스 가입, 다른 운영체제 등)을 대부분 보완 할 수 있는 스마트 기기 간의 1:1 데이터 공유 기술로 큰 인기를 누리기도 하였다. 이 기술은 스마트 기기의 흔들리는 동작을 트리거(Trigger) 신호로 사용하며, 각 스마트 기기의 GPS(Global Positioning System) 정보를 서버로 보내 동일 위치에 스마트 기기가 있다는 것을 서버가 판단하면 그때 서버를 통해 데이터를 공유하는 방식이다. BUMP는 스마트 기기 간의 데이터 공유 뿐 아니라, 스마트 기기와 PC 간의 데이터 공유 기술도 제공하기 시작하였다. 그러나 이 기술은 1:1 상황에서만 데이터 공유가 가능하다는 단점이 있다.

따라서 본 논문에서는 기존 기술의 문제점을 해결하며, BUMP가 제공할 수 없었던 1:N 데이터 전송할 수 있는 새로운 기술을 제안한다. 제안 방법은 BUMP의 스마트 기기를 흔들리는 동작 대신에 스마트 기기의 스피커를 통해 출력되는 고주파 소리를 트리거 신호로 사용하며, 1:1 데이터 전송 동작 방식은 BUMP와 동일한 흐름을 갖는다. 이때 고주파 소리는 기존 오디오 정보 은닉 기술에서 사용하는 위상 기반 오디오 정보 은닉 기술이 아닌, 주파수 기반 신호 처리 기술을 사용한다[10, 11]. 제안 방법에서 사용하는 고주파 소리는 실제 데이터를 전송하기 위한 실제 영역(Real range: 19.0kHz ~ 21.0 kHz)과 전송 데이터의 오류 검출을 위한 확인 영역(Check range: 21.0 kHz ~ 22.0 kHz)로 나뉜다. 이때 실제 데이터는 근거리에서 위치한 스마트 기기에 데이터 공유를 위한 키(Key) 값을 전달하며, 동시에 공유할 기기 수와 자신의 GPS 정보를 함께 서버로 전달한다. 데이터를 전송 받을 스마트 기기들은 마이크를 통해 트리거 신호를 감지한 후, 인식한 키 값과 자신의 GPS 정보를 서버로 전달하여 데이터 전송을 요청한다. 서버는 이 요청에 따라 송신 스마트 기기에 공유 데이터를 전송 받으며, 이 데이터를 각 스마트 기기들에 전송한다. 우리는 제안 방법의 정확성과 효율성을 확인하기 위해 BUMP와 유사한 1:N 데이터 공유를 위한 애플리케이션을 개발하였으며, 이를 이용하여 1:1, 1:N 데이터 공유 실험을 진행하였다. 그 결과 1:1 공유에서는 BUMP

애플리케이션보다 9% 높은 97% 전송 성공률을 보였으며, 1:N 공유에서도 96% 전송 성공률을 보였다. 즉 제안 방법은 근거리에서 위치한 스마트 기기들 간의 데이터를 공유하는 유용한 기술이 될 것이다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 기존 고주파를 이용한 데이터 전송 기술과 BUMP API에 대한 설명을 하며, 3장에서는 제안 방법에서 사용한 고주파 신호 처리 기술과 이를 이용한 1:N 데이터 전송 흐름 및 절차를 설명한다. 4장에서는 제안 방법의 정확성과 효율성을 확인하기 위한 실험 및 그 결과를 보이며, 제 5장에서는 결론과 향후 연구 방향을 제시한다.

II. Related Research

본 장에서는 최근 사용되고 있는 고주파를 이용한 데이터 전송 기술과 스마트 기기 간 데이터 공유 기술로 널리 알려진 BUMP API의 흐름 및 구조에 관해 설명한다. 기존 오디오 정보에 사람의 귀에 들리지 않는 정보를 삽입하고 배포하는 기술로 오디오 워터마킹, 스테가노그래피, 비밀 통신 등이 오디오 정보 은닉 기술로 오래 전부터 연구되어 왔었다[12, 13]. 그리고 오디오를 사용한 정보 전달 기술 외에 스피커의 고주파를 이용한 실내에서의 스마트 기기 위치 추적(Indoor positioning) 기술이 연구 되었다.

최근에는 스마트 기기의 내장 스피커와 마이크를 이용한 고주파 신호 기반 정보 전달 기술이 점차 연구되고 있다. 고주파 신호를 이용한 실내 위치 추적 기술로 Viacheslav는 스마트 폰의 스피커와 마이크 4개를 사용하여 실내 위치 추적 알고리즘을 제안하였다[14]. 정보 전달 기술로 Bihler는 20kHz와 22kHz 2개의 고주파를 이용하여 208ms 동안 8bits 데이터를 전송할 수 있으며, 데이터 전송 시 오류 방지를 위해 해밍(Hamming) 코드를 적용하였다[15]. 이때 Bihler의 제안 방법은 단위 시간에 전송되는 데이터가 적은 양이기 때문에 이 신호를 트리거 신호로만 사용하였으며, 실제 데이터를 전송 받는 것은 트리거 신호에 해당하는 데이터를 서버에 요청하여 전달 받는 방식을 사용하였다. 또 다른 고주파를 이용한 정보 전달 기술로 Lee는 스마트 기기와 PC 간의 정보 인증을 위한 데이터 전송 기술을 제안하였으며, 이 방법은 15.8kHz~20.0kHz 범위에서 2개의 고주파를 조합하여 동시에 신호를 출력하게 함으로써 8초에 2byte 데이터를 전송할 수 있다[16]. 그리고 Chung은 Bihler의 트리거 신호 전달 방법과 Lee의 방법을 응용하여 스마트 기기에 능동적으로 광고할 수 있는 효과적인 근거리 광고 전달 방법을 제안하기도 하였다[17].

다음으로 제안 방법에서 응용할 BUMP API의 구성은 아래 Fig. 1과 같이 스마트 기기 2대와 서버 1대로 이루어진다. Fig. 1과 같이 각 사용자들이 데이터 공유를 위해 스마트 기기를 흔들면, 각 스마트 기기는 자신의 GPS 정보를 서버로 전송하며 (①), 서버는 정해진 시간 이내에 근거리에서 위치한 두 개의 스마트 기기가 있는지 판단 후 그 결과를 각 스마트 기기에 다시

전송한다 (②). 서버로부터의 결과가 일치할 나타내면, 데이터 전송 기기는 공유 데이터를 서버로 보내고 (③), 서버는 받은 데이터를 곧 바로 수신 스마트 기기에 전달한다 (④). 수신 스마트 기기에서는 공유 데이터의 저장이 완료 되면 수신 완료 메시지를 서버로 전송하여 서버에 임시 저장된 데이터를 삭제 하도록 함으로써 BUMP 기술이 완료 된다 (⑤). BUMP 기술의 보급은 스마트 기기 간의 데이터 공유에 큰 기여를 하였다. 그러나 이 방법은 1:1 데이터 공유 시에만 사용 가능하다는 단점이 있다. 다시 말해 BUMP 기술을 이용해 데이터를 공유 할 때 3인 이상이 함께 스마트 기기를 흔들 경우, 어느 기기와 데이터 전송을 해야 할지 판단 할 수 없는 문제가 있다. 그리고 3인 이상 공유를 하기 위해서는 세 사람 중 먼저 두 사람이 데이터를 공유 하고, 그 두 사람 중 한 사람이 남은 한 사람과 공유해야 하는 불편함이 있다.

III. Multi transmission of data among near smart devices

본 장에서는 근거리 위치한 스마트 기기들 간에 1:N 데이터를 전송할 수 있는 새로운 방법과 이 방법에 사용되는 고주파 신호 처리 기술을 설명한다. 2장 관련 연구에서 언급한 것과 같이 고주파 신호 처리 기술은 스마트 기기의 스피커와 마이크를 이용하며, 스피커가 출력할 수 있는 가청주파수 범위(20Hz ~ 22kHz)에서 사람들에게 거의 들리지 않는 소리인 19kHz ~ 22kHz를 사용한다. 이때 키(Key) 값을 전달하기 위한 실제 데이터 영역(Real range)으로 19.0kHz ~ 21.0kHz를 사용하며, 데이터 전송 시 오류 검출을 위한 확인 영역(Check range)으로 21.0kHz ~ 22.0kHz를 사용한다. 고주파를 이용한 데이터 값은 0.1kHz 단위로 나누어 해당 주파수를 출력하면 1, 그 주파수를 출력하지 않으면 0으로 표현되게 하였다. 즉 아래 Fig. 2는 고주파를 이용하여 특정 데이터를 표현한 예시이다.

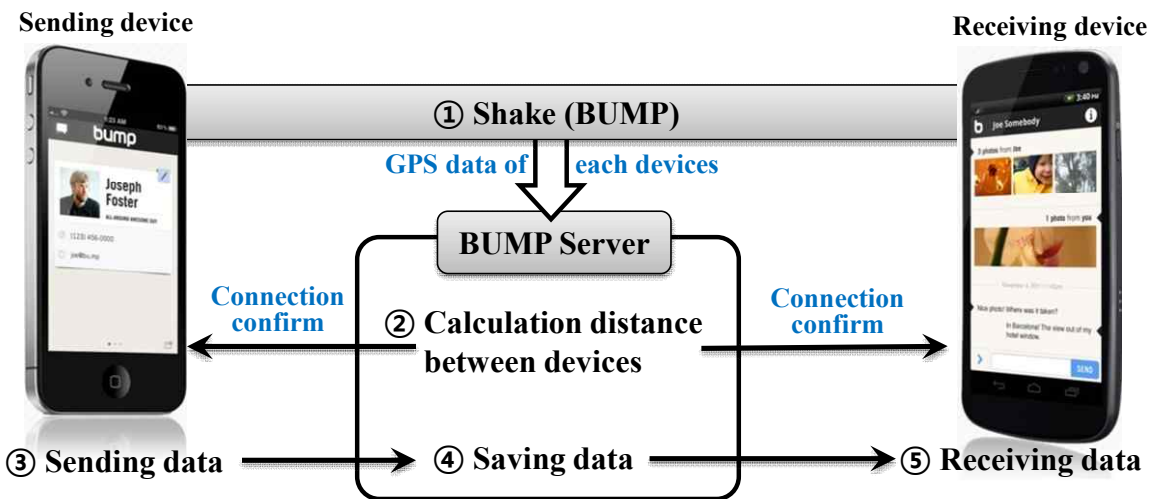


Fig. 1. The work flow of the BUMP API

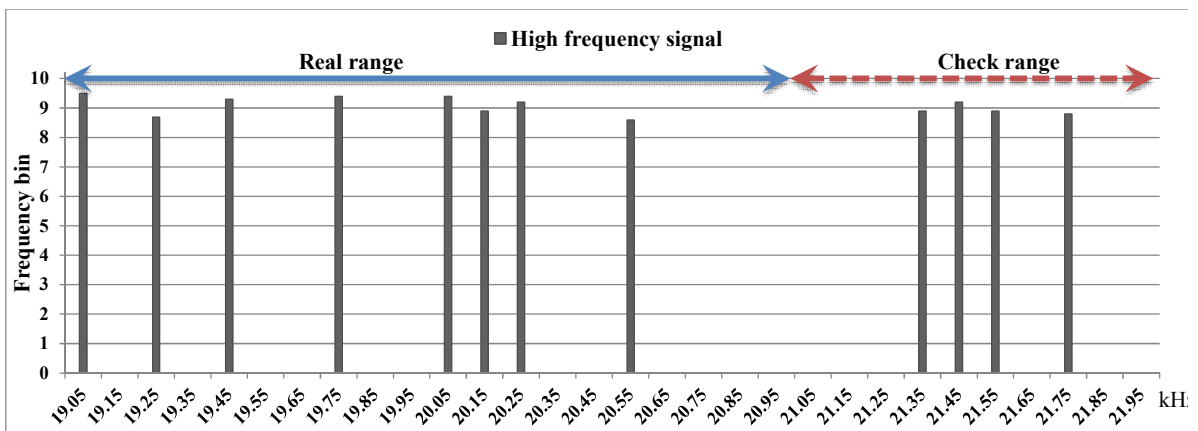


Fig. 2. The example of sending signal expression using high frequencies of the proposed method

Fig. 2와 같이 본 논문에서는 실제 데이터 영역 중 19.0kHz~20.6kHz를 이용하여 16bit 데이터인 10101001 00111001을 나타내며, 21.0kHz~21.9kHz를 이용하여 8bit 체크섬(Check sum)인 00011101을 나타낸 것이다. 그리고 Fig. 2에서 사용한 실제 데이터 영역과 확인 영역은 고정된 것이 아니며, 전달하고자 하는 데이터의 크기에 따라 유동적으로 변경할 수 있다. 예를 들어 데이터 전달을 위한 고주파 사용 범위를 18kHz ~ 22kHz로 넓힌다면, 제안 방법은 데이터 영역과 오류 검출 영역을 합한 경우 최대 40bits 까지 표현할 수 있다.

다음으로 데이터 전송 스마트 기기에서 생성되어 스피커를 통해 출력되는 고주파는 데이터 수신 스마트 기기의 마이크를 통해 수집되며, 수집된 고주파는 FFT(Fast Fourier Transform)를 통해 Fig. 3과 같이 전달 데이터를 표현한다. Fig. 3은 Fig. 2의 고주파를 수신한 스마트 기기가 FFT를 통해 주파수별로 분석한 것으로 임계값 이상의 값을 갖는 주파수를 1로 표현 하면, 10101001 00111001 00011101이며, 데이터 전송 스마트 기기에서 송신한 데이터와 같은 값을 나타냄을 알 수 있다. 이때

해당 bit의 고주파 수신 유무를 확인하는데 사용되는 임계값은 송신 주파수에서 분석된 주파수 빈(Frequency bin)의 최대 값에 50%를 사용하며, On-off keying 기법을 사용하여 고주파가 포함된 경우 해당 비트 값을 1로, 포함되지 않은 경우 0으로 설정한다. 그리고 수신 스마트 기기는 고주파 신호 분석 시, 실제 데이터 16bits와 체크섬 8bits를 통해 수신 데이터의 오류 유무를 확인 할 수 있다.

위의 고주파 신호를 이용하여 제안 방법인 스마트 기기들 간에 1:N 데이터 전송은 아래 Fig. 4와 같은 흐름으로 동작하게 된다. Fig. 4에서 송신 스마트 기기는 고주파 신호를 발생함 ①과 동시에 자신의 GPS 정보와 고주파 신호의 키 값을 함께 서버로 전송한다 ②. 이때 근거리에 위치한 수신 스마트 기기들은 주변의 소리들로부터 고주파를 발견한 경우, 받은 키 값과 자신의 GPS 정보를 서버로 보낸다. 각각의 기기로부터 키 값과 GPS 정보를 받은 서버는 GPS 정보를 이용하여 스마트 기기들이 동일한 장소에 있는지 확인 후 ③, 동일한 키 값을 체크하고 그 결과를 송신 스마트 기기에 알려준다 ④. 서버로부터

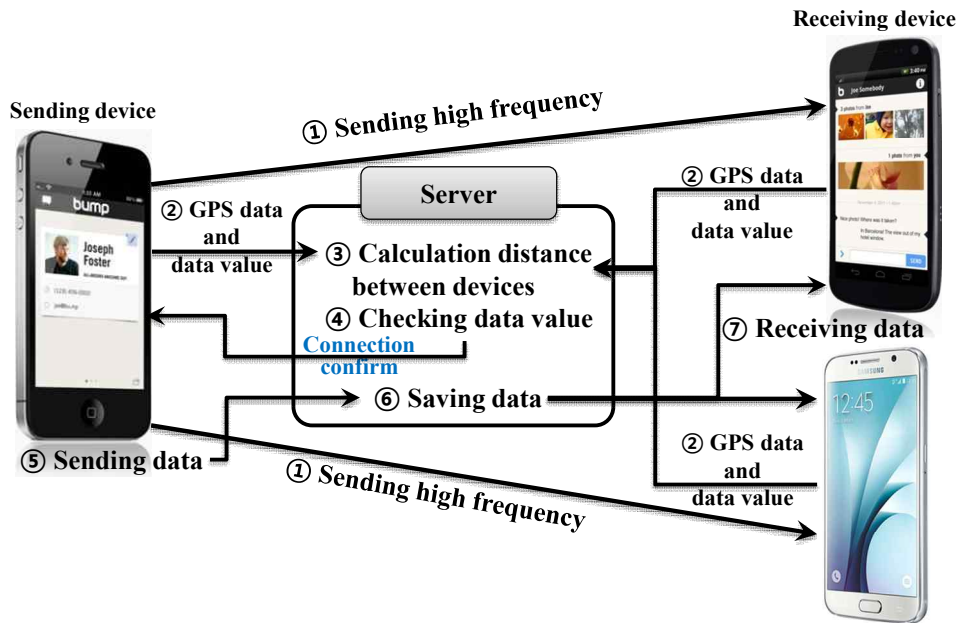


Fig. 3. The work flow for multi transmission method of data among near smart devices

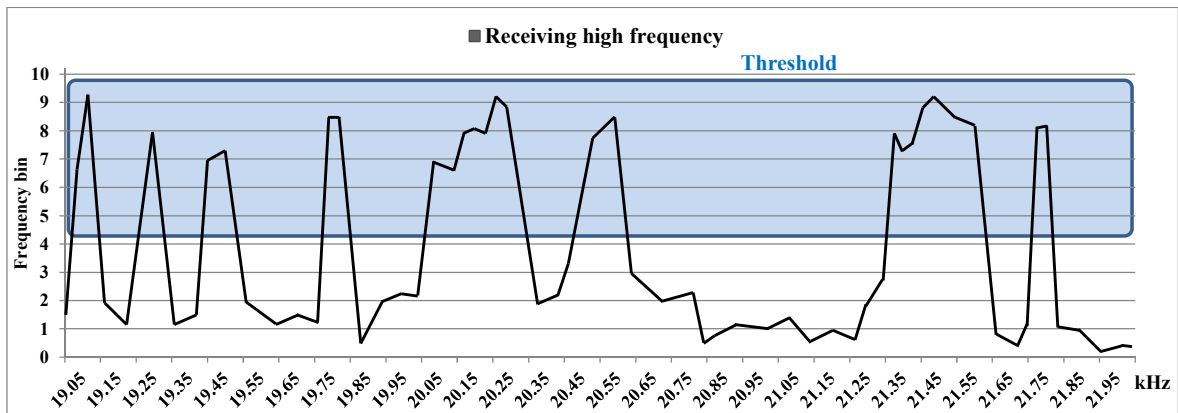


Fig. 4. The Collecting high frequencies value through FFT from the sending signal of the proposed method

접속 확인을 받은 송신 기기는 공유 데이터를 서버로 전송하며 (⑤), 서버는 수신한 데이터를 각각 수신 스마트 기기에 전송한다 (⑥). 이때 데이터 전송을 위한 고주파 신호의 길이는 근 거리에 위치한 수신 스마트 기기들이 모두 인식할 수 있는 k 초를 사용하며, 수신 스마트 기기에서는 FFT 분석을 위해 초당 샘플링 레이트 48,000을 사용한다. 샘플링 레이트는 녹음 시 초당 소리 샘플의 수를 의미하는 것으로 일반적으로 48,000을 많이 사용하며, 이 값은 나이퀴스트-새넨 이론에 따라 $48000/2=24\text{kHz}$ 까지의 주파수를 인식할 수 있기 때문이다[18]. 또한 소리 샘플 인식에 요구되는 샘플 사이즈는 기존 주파수 연구들에서 주로 사용하는 8192개(8K)를 사용한다[19, 20]. 그리고 Fig. 4의 서버에서 일어나는 스마트 기기간의 거리 계산은 Eq. 1과 같이 유클리디안 거리(Euclidean Distance)를 이용하여 계산하며, 설정한 임계값 m 이하가 되는 경우 데이터 전송이 가능한 것으로 결정한다[21].

$$d = \sqrt{\sum_{i=1}^n (p_i - q_i)^2} \quad (\text{Eq. 1})$$

Eq. 1에서 d 는 송신 기기와 수신 기기의 유클리디안 거리 값을 의미하며, p_i 와 q_i 는 각 스마트 기기의 GPS 정보 값이다. 서버는 d 가 임계값 m 이하인 경우 스마트 기기들이 동일 위치에 있는 것으로 판단하며 이후 키 값 체크는 송신 기기에서 전달한 키 값과 수신 기기들로부터의 값과 동일 여부를 확인하여 데이터 전송을 결정한다. 즉 제안 방법은 BUMP에서 사용했던 스마트 기기를 흔드는 동작 대신, 고주파를 이용하여 Fig. 4의 데이터 전달 흐름과 같이 근 거리에 위치한 스마트 기기들 간에 1:N 데이터 전송을 할 수 있다.

IV. Experiment and Result

본 장에서는 제안 방법을 이용하여 스마트 기기간의 1:N 데이터 전송 실험을 위해 개발한 애플리케이션을 간략히 설명하며, 실제 1:N 데이터 전송 실험을 통해 제안 방법의 정확성 및 효율성을 확인한다. 데이터 전송 실험을 위해 개발한 송신 애플리케이션과 수신 애플리케이션은 Fig. 5와 Fig. 6 같이 동일한 화면을 갖고 있으며, iOS와 Android 환경에서 동작할 수 있도록 각각 개발하였다. Fig. 5와 Fig. 6에서 송신 기기는 전송할 데이터를 "Select File" 버튼을 이용하여 선택하며, 데이터를 수신할 스마트 기기의 개수를 "Share no" 버튼으로 설정한다. 그리고 "Start Data Share" 버튼을 터치하여 데이터 공유를 시작하게 된다. 수신 기기는 고주파 신호를 인지한 후, 데이터가 공유 되는 순간 Fig. 7과 같이 변경되어, 데이터 전송 진행 상황을 나타낸다. 그리고 데이터 전송이 완료 되었을 때, 전송 받은 데이터가 이미지인 경우 전송 받은 이미지를 Fig. 5 또는 Fig. 6 화면의 NO IMAGE 위치에 나타낸다.



Fig. 5. Main screen shot of iOS application

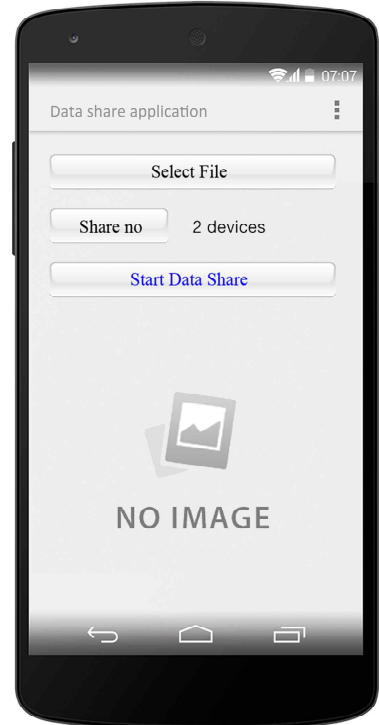


Fig. 6. Main screen shot of Android application

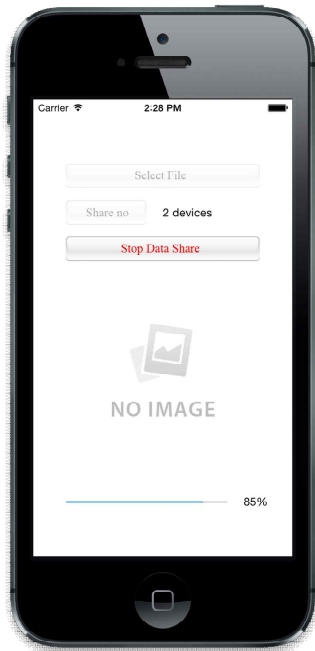


Fig. 7. Screen shot of smart device receiving data

다음으로 위의 개발한 데이터 전송 애플리케이션을 이용하여 1:2, 1:3 데이터 전송 실험을 하였다. 실험에 사용한 스마트 기기로 송신 기기는 iPhone 6 plus를 사용하였으며, 수신 기기는 1:2 실험에서 iPhone 6, Galaxy S5를 사용하였다. 그리고 1:3 실험에서는 Nexus 6를 추가하였다. 데이터 전송 서버 환경은 Intel Core i5-4690 CPU와 8G RAM이며, 서버 OS는 Linux 기반 Apache 1.3.41, PHP 5.2.6 그리고 Mysql 5.0.51을 사용하였다. 이때 송신 애플리케이션에서 사용한 고주파 신호 발생 시간 k 는 0.5초로 하였으며, GPS 근거리 판단 값 m 은 10m로 설정하였다. 그리고 데이터 공유에 사용한 파일은 iPhone 6 plus에서 촬영한 1.7MB 사진을 사용하였으며, 각 실험마다 100회 전송 시도를 하였다. 이때 수신 스마트 기기의 신호 인식 오류를 고려하여, 처음 신호에 인식 실패한 경우 추가 1회 신호 발생을 하도록 하였다. Table 1은 1:2와 1:3 데이터 전송 실험 결과이다.

Table 1. The result of 1:N data transmission experiment using proposed method

Smart device	1st receipt	2nd receipt	Smart device	1st receipt	2nd receipt
iPhone 6	96	4	iPhone 6	95	5
Galaxy S5	94	6	Galaxy S5	96	4
			Nexus 6	97	3

Table 1과 같이 1:2 데이터 전송에서 제안 방법은 처음 신호에서 각각의 스마트 기기에 96회, 94회 성공을 보였으며, 추가 신호를 포함하여 100회 모두 데이터 전송한 것을 볼 수 있다. 즉 1:2 데이터 전송에서는 1차 신호에서 평균 95% 데이터 전송 성공을 보였으며, 2차 신호에서 100% 성공한 것을 확인할 수 있다. 다음으로 1:3 데이터 전송에서도 처음 신호에서 95회, 96회, 97회 성공하였으며, 추가 신호에서 100회 모두 데이터 전송이 이루어졌다. 즉 1차 신호는 96%의 데이터 전송 성공률을 보였으며, 2차 신호에서 100% 성공한 것을 알 수 있다. 1차에서 신호 인식 오류가 발생하는 이유는 고주파 신호 발생 시간 k 에 영향을 받는 것으로 예상된다. 만약 k 를 더 길게 하거나, 고주파 신호를 2회 발생하도록 하면 신호 인식 성공률이 더 올라 갈 수 있을 것이다.

다음으로 기존 BUMP API와 제안 방법의 성능 비교를 위한 실험을 실시하였다. 그러나 2014년 이후 BUMP API는 더 이상 서비스 되지 않기 때문에, 실험에 사용된 서버에 BUMP 서버를 구현하고, BUMP API와 동일한 형태의 애플리케이션을 개발하였다. 그리고 BUMP API는 1:1 데이터 전송만 가능하므로, BUMP와 제안 방법 모두 1:1 전송 실험을 100회 실시하였다. 이때 BUMP와 제안 방법 모두 1차에 신호 인식 오류를 고려하여, 1차 신호 인식 실패 후 추가 1회 신호 발생을 하도록 하였다. Table 2는 실험에 대한 결과이다.

Table 2. The result of comparative experiment with BUMP

Transmission method	1st receipt	2nd receipt
BUMP API	88	10
Proposed method	97	3

Table 2와 같이 BUMP API는 1차 신호에서 88회 성공, 2차 신호에서 추가 10회 성공 하여, 총 98회 성공을 보였다. 반면에 제안 방법은 1차 97회 성공, 2차 추가 3회 성공하여 2차 신호까지 100회 모두 성공한 것을 볼 수 있다. BUMP API가 1차와 2차 신호에서 인식 오류가 생기는 이유는 스마트 기기를 동시에 흔들 때, 흔들림 강도와 신호 인식 시간의 차이에 의해 오류가 발생하는 것으로 예상된다.

V. Conclusions

본 논문에서 제안하는 스마트 기기간의 근거리 데이터 전송 방법은 별도의 사전 동작 없이 1:N 데이터를 전송할 수 있는 유용한 기술이다. 이 기술은 BUMP API와 동일하게 기존 기술들의 단점(페어링, NFC 모듈 유무, 서비스 가입, 다른 운영체제 등)을 대부분 보완 할 수 있는 장점이 있다. 그리고 제안 기술에 사용된 스마트 기기의 스피커와 마이크를 이용한 근거리 신호 전송 기술은 1:N 데이터 공유 이외에 작은 데이터 전송이나, 스마트 기기간의 인증 등과 같이 통신 분야에서 다양한 형태로 유용하게 사용될 가능성이 있다.

차후 연구로는 제안 방법에서 사용되는 고주파 신호의 전송 성공률을 향상하기 위한 신호 길이, 전송 오류에 관한 방법론을 연구할 것이며, 고주파 신호만을 이용한 다량의 데이터 전송 및 정보 전달을 위한 신호 처리 기술을 연구할 것이다. 그리고 N개의 스마트 기기를 이용한 데이터 전송 및 서버를 이용한 신호 오류 보정 기술에 관한 연구를 진행할 것이다.

Reference

- [1] H. Monson, H. "Bluetooth technology and implications," SysOpt, December 1999.
- [2] C. Gomez, J. Oller, and J. Paradells, "Overview and evaluation of bluetooth low energy: An emerging low-power wireless technology," Sensors, Vol. 12, No. 9, pp. 11734-11753, 2012.
- [3] Z. Antoniou and S. Varadan, "Intuitive mobile user interaction in smart spaces via NFC-enhanced devices," In Proceedings of the 3rd International Conference on Wireless and Mobile Communications, IEEE, pp. 86-86, Guadeloupe, March 2007.
- [4] S.C. Alliance, "Proximity mobile payments: Leveraging NFC and the contactless financial payments infrastructure," Smart Card Alliance, September 2007.
- [5] M. Roland, "Software card emulation in NFC-enabled mobile phones: great advantage or security nightmare," In Proceedings of the 4th International Workshop on Security and Privacy in Spontaneous Interaction and Mobile Phone Use, Newcastle, UK, June 2012.
- [6] C. Eunjeong, "Kakaotalk, a mobile social platform pioneer," SERI Quarterly, Vol. 6, No. 1, pp. 63-69, 2013.
- [7] K. Church and R. Oliveira, "What's up with whatsapp?: comparing mobile instant messaging behaviors with traditional SMS," In Proceedings of the 15th International Conference on Human-computer Interaction with Mobile Devices and Services, pp. 352-361, Munich, Germany, August 2013.
- [8] C. Christina, "The team behind Bump aims to crack photo sharing on smart phones," Fast Company, <http://www.fastcodesign.com/1670380/the-team-behind-bump-aims-to-crack-photo-sharing-on-smart-phones>
- [9] Bump-api-ios, <https://github.com/bumptechnology/bump-api-ios>
- [10] H. Matsuoka, Y. Nakashima, and T. Yoshimura, "Acoustic OFDM system and performance analysis," IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences, Vol. 91, No. 7, pp. 1652-1658, 2008.
- [11] N. Cvejic, "Digital audio watermarking techniques and technologies: applications and benchmarks: applications and benchmarks," IGI Global.
- [12] J.S. Noh and K.H. Rhee, "High quality audio watermarking using spread spectrum and psychoacoustic model," The Institute of Electronics of Engineers of Korea Signal Processing, Vol. 43, No. 5, pp. 48-56, 2006.
- [13] Y. Suzuki, R. Nishimura, and H. Tao, "Audio watermark enhanced by LDPC coding for air transmission," In Proceedings of International Conference on Intelligent Information Hiding and Multimedia Signal Processing, pp. 23-26, Pasadena, USA, December 2006.
- [14] V. Filonenko, C. Cullen, and J.D. Carswell, "Indoor positioning for smartphones using asynchronous ultrasound trilateration," ISPRS International Journal of Geo-Information, Vol. 2, No. 3, pp. 598-620, 2013.
- [15] 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.
- [16] J.B. Kim, J.E. Song, and M.K. Lee, "Authentication of a smart phone user using audio frequency analysis," Journal of the Korea Institute of Information Security and Cryptology, Vol. 22, No. 2, pp. 327-336, 2012.
- [17] M.B. Chung and H.S. Choo, "Near wireless-control

- technology between smart devices using inaudible high-frequencies,” *Multimedia Tools and Applications*, Vol. 74, No. 15, pp. 5955–5971, 2015.
- [18] R.J.I. Marks, “Advanced topics in Shannon sampling and interpolation theory,” Springer Science & Business Media, 2012.
- [19] E. Bidet, D. Castelain, C. Joanblanq, and P. Senn, “A fast single-chip implementation of 8192 complex point FFT,” *IEEE Journal of Solid-State Circuits*, Vol. 30, No. 3, pp. 300–305, 1995.
- [20] R.M. Jiang, “An area-efficient FFT architecture for OFDM digital video broadcasting,” *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, Vol. 53, No. 4, pp. 1322–1326, 2007.
- [21] H. Yoon, Y. Zheng, X. Xie, and W. Woo, “Smart itinerary recommendation based on user-generated GPS trajectories,” In *Ubiquitous Intelligence and Computing*, pp. 19–34, Springer Berlin Heidelberg, 2010.

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.