

Wireless Data Transmission Algorithm Using Cyclic Redundancy Check and High Frequency of Audible Range

Myoungbeom Chung[†]

ABSTRACT

In this paper, we proposed an algorithm which could transmit reliable data between smart devices by using inaudible high frequency of audible frequency range and cyclic redundancy check method. The proposed method uses 18 kHz~22 kHz as high frequency which inner speaker of smart device can make a sound in audible frequency range (20 Hz~22 kHz). To increase transmission quantity of data, we send mixed various frequencies at high frequency range 1 (18.0 kHz~21.2 kHz). At the same time, to increase accuracy of transmission data, we send some mixed frequencies at high frequency range 2 (21.2 kHz~22.0 kHz) as checksum. We did experiments about data transmission between smart devices by using the proposed method to confirm data transmission speed and accuracy of the proposed method. From the experiments, we showed that the proposed method could transmit 32 bits data in 235 ms, the transmission success rate was 99.47%, and error detection by using cyclic redundancy check was 0.53%. Therefore, the proposed method will be a useful for wireless transmission technology between smart devices.

Keywords : Audible Frequency, Cyclic Redundancy Check, Data Transmission, Signal Processing

가청 주파수 영역의 고주파와 순환 중복 검사를 이용한 무선 데이터 전송 알고리즘

정 명 범[†]

요 약

본 논문에서는 가청 주파수 영역 중 사람들에게 거의 들리지 않는 고주파와 순환 중복 검사 기법을 이용하여 스마트 기기 간의 신뢰성 있는 데이터를 무선으로 전송하는 알고리즘을 제안한다. 제안 알고리즘은 스마트 기기의 내장 스피커에서 출력할 수 있는 가청 주파수 영역(20 Hz~22 kHz) 중 고주파 영역인 18 kHz~22 kHz를 사용한다. 이때 데이터의 전송량을 높이기 위해 고주파 영역 1(18.0 kHz~21.2 kHz)에서 여러 개의 주파수를 혼합하여 전달하며, 이와 동시에 전송 데이터의 정확성을 높이기 위해 고주파 영역 2(21.2 kHz~22.0 kHz)에서 순환 중복 검사를 위한 체크섬을 전달한다. 제안 방법의 데이터 전송 속도와 정확성을 확인하기 위해 스마트 북과 스마트 기기 간에 데이터 전달 실험을 하였다. 그 결과 평균 235 ms에 32 bits 데이터를 전송할 수 있었으며, 전송 성공률은 99.47%, 그리고 순환 중복 검사에 의한 에러 검출률은 0.53%인 것을 확인하였다. 따라서 제안 방법은 스마트 기기 간에 무선으로 데이터를 전송할 수 있는 유용한 기술이 될 것이다.

키워드 : 가청 주파수, 순환 중복 검사, 데이터 전송, 신호 처리

1. 서 론

최근 스마트 기기와 무선 통신 기술의 급격한 발달로 미디어 콘텐츠 및 다양한 정보들이 스마트 기기 사용자들에게 서비스되고 있다. 특히 스마트 폰, 스마트패드, 스마트 북(노트북 PC) 등과 같이 휴대가 편리한 스마트 기기들은 Wireless fidelity(WiFi), Near Field Communication(NFC), Bluetooth 등과 같은 추가적인 센서를 내장하고 있기 때문에 스마트 기기들 간에 원거리 및 근거리 통신을 할 수 있

다[1-3]. 원거리 통신 기술은 대부분 WiFi와 데이터 전송 서버를 이용한 것으로, 대표적인 데이터 공유 서비스로는 KakaoTalk, Whatsapp, Viber 등이 있다[4-6]. 즉, 스마트 기기 사용자는 위와 같은 특정 서비스 앱을 다운로드 받아 친구들과 데이터를 공유할 수 있다. 근거리 통신 기술로써 NFC를 이용한 서비스는 결제 시스템, 광고를 위한 멀티미디어 주소 전송 등이 있으며[7-8], Bluetooth를 이용한 서비스는 스마트 폰과 스마트 패드를 연결하여 제어하는 게임, 근거리 채팅 등이 있다[9-10]. 또한, 무선 랜을 이용한 근거리 서비스로는 Apple 사의 Airdrop과 WiFi direct 등이 있어 특정 앱 없이 스마트 기기 간에 직접 데이터를 통신할 수 있기 때문에, 이와 같은 근거리 통신 기술은 스마트 기기 간에 사진, 데이터, 동영상 등과 같은 멀티미디어 데이터

[†] 종신회원 : 성결대학교 컴퓨터학부 조교수
Manuscript Received : August 3, 2015
First Revision : September 2, 2015
Accepted : September 2, 2015

* Corresponding Author : Myoungbeom Chung(nzin@ssu.ac.kr)

를 공유하는 데 주로 사용된다.

그러나 기존의 근거리 통신 기술들은 단점들이 존재한다. NFC는 NFC를 읽는 모듈이 내장된 스마트 기기에서만 사용이 가능하기 때문에 Apple 사의 iPhone, iPad 등과 같은 기기와 스마트 북에서는 사용할 수 없는 문제점이 있다. Bluetooth와 WiFi direct의 경우에도 스마트 기기의 운영체제(OS: Operating system)가 동일한 경우에만 통신이 가능하며, Airdrop의 경우에도 iOS 운영체제에서만 사용 가능한 단점이 있다. 이러한 문제점을 극복하고자 원거리 통신에서 사용되는 서비스들을 근거리 통신에 사용할 수도 있다. 그러나 원거리 통신에 사용되는 서비스들은 특정 서비스 앱을 다운로드 받은 후, 회원 가입 및 통신을 위해 각자의 아이디를 친구로 추가해야 하는 불편함이 있다.

따라서 본 논문에서는 스마트 기기에 내장되어있는 스피커와 마이크를 이용하여 가청 주파수 영역의 고주파와 순환 중복 검사를 통한 근거리 무선 데이터 전송 알고리즘을 제안한다. 제안 알고리즘은 스마트 기기의 내장 스피커에서 출력할 수 있는 가청 주파수 영역(20 Hz~22 kHz) 중 사람들이 거의 들을 수 없는 고주파 영역인 18 kHz~22 kHz를 전송 신호로 사용한다. 그리고 시간 대비 데이터 전송량과 전송 데이터의 정확도를 높이기 위해 고주파 영역 1(18.0 kHz~21.2 kHz)과 고주파 영역 2(21.2 kHz~22.0 kHz) 두 부분으로 나눈 뒤, 고주파 영역 1은 여러 개의 주파수를 혼합하여 실제 전송할 데이터 값을 전달하며, 고주파 영역 2는 순환 중복 검사(CRC, Cyclic Redundancy Check)를 위한 체크섬(Checksum)을 전달한다[11]. 이때 고주파 영역 1의 데이터 값과 고주파 영역 2의 체크섬 값은 근거리 무선 데이터 전송 프로토콜을 정의하여 사용하여 데이터를 전송하는 스마트 기기에서는 정의된 프로토콜에 따라 인코딩을 실행 후 전송하며, 데이터를 수신하는 스마트 기기에서는 프로토콜에 따른 디코딩을 실행하여 수신한 데이터를 확인하게 된다. 우리는 제안 방법의 정확성과 효율성을 확인하기 위해 스마트 북과 스마트 기기 간에 데이터 전달 실험을 진행하였으며, 그 결과 235 ms에 32 bits 데이터를 전송할 수 있었으며, 전송 성공률은 99.47%, 순환 중복 검사에 의한 에러 검출률은 0.53%인 것을 확인하였다. 즉, 제안 방법은 근거리 위치한 스마트 기기 간에 별도의 모듈, 스마트 기기의 OS에 무관하게 무선으로 데이터를 전송할 수 있는 유용한 기술이 될 것이다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2절에서는 가청주파수 영역에서 고주파를 이용한 기존 통신 연구들을 설명하며, 3절에서는 제안 기법의 무선 데이터 전송 프로토콜과 고주파를 이용한 전송 알고리즘 및 데이터 전송 흐름과 절차를 설명한다. 4절에서는 제안 방법의 정확성과 효율성을 확인하기 위한 실험 및 그 결과를 보이며, 5절에서는 결론과 향후 연구 방향을 제시한다.

2. 관련 연구

본 절에서는 스마트 기기 간의 무선 데이터 전송 방법 중

가청 주파수 범위에서 고주파를 사용한 기존 연구들을 소개한다. 가청 주파수 범위의 고주파는 Ultra sonic, Ultrasound라 불리며 가청 주파수라 정의되어있는 범위에 있음에도 일반 사람들에게 들리지 않는 18 kHz~22 kHz를 의미한다. 초창기 고주파를 이용한 연구는 V. Filonenko, L. Patrick 등이 스마트 기기의 내장 GPS가 동작하기 어려운 실내에서 스마트 기기의 위치를 찾아내는 연구에서 시작되었다[12-13]. 이때 고주파를 발생하는 기기로는 대부분 스마트 기기의 내장 스피커를 사용하였으며, 실내에 설치된 3~4개의 마이크를 사용하여 고주파를 분석한 후 스마트 기기의 위치를 예측하였다.

그리고 여기서 사용되었던 고주파는 점차 근거리에서 스마트 기기에 특정 신호를 보내는 방법, 스마트 기기와 PC 간의 인증 방법 등 다양한 연구에 활용되었다. Bihler는 고주파를 사용하여 스마트 기기 사용자에게 정보를 전송할 수 있는 트리거 신호(Trigger signal)를 제안하였으며, WiFi와 함께 사용하여 박물관에서 스마트 가이드(SmartGuide)를 제공하는 시스템을 개발하였다[14]. 이 시스템은 안드로이드 기기에서 동작하며, 박물관의 각 전시물 위치에 스피커가 설치되어 스피커로부터 발생하는 트리거 신호를 스마트 기기가 인식하여 그에 맞는 정보를 웹 서버로부터 전송받는 구조이다. Bihler가 트리거 신호로 사용한 고주파는 20 kHz와 22 kHz이며, 이 두 주파수를 이용하여 signaling bits로 Frequency Shift Keying(FSK) 기술을 제안하였다. 이 방법은 1 bit에 26 ms를 사용하며, 208 ms 동안 총 8 bits의 데이터를 보낼 수 있다. 그리고 데이터 전송 시 전송 에러를 방지하고자 총 8 bits 안에 해밍 코드를 적용하였다. 그러나 Bihler의 트리거 신호는 짧은 시간 동안 고주파를 빠르게 변환하기 때문에 스피커에서 발생하는 잡음이 심하여 주변 사람들에게 트리거 신호가 들리는 문제점이 있으며, 2m 이상 거리가 멀어질수록 데이터의 전송 정확도가 급격히 낮아지는 단점이 있다.

Kim이 제안한 고주파를 이용한 스마트 기기와 PC 간의 인증 방법은 PC 사용을 위한 스마트 폰 인증 방법과 스마트 폰 사용을 위한 PC 인증 방법 두 가지를 제안하였다 [15]. 이때 PC와 스마트 폰 간의 통신 방법에 고주파를 이용하였으며, 여기에 사용된 고주파는 15.8 kHz~20.0 kHz 영역에서 두 개의 주파수를 선택하여 2채널 방식의 비트 신호를 구성하였다. 여기서 사용된 신호는 1초 간격을 두고 4번의 비프음을 발생시키며, 8초 동안 인증 아이디(토큰: Token)에 해당하는 2 byte의 데이터를 보낼 수 있다. 그러나 이 방법은 데이터 통신을 위한 시간에 비해 전달되는 데이터가 적은 문제점이 있으며, 전송한 데이터에 대한 오류를 판단할 수 없기 때문에 근거리 무선 통신에는 적합하지 않다.

다음으로 Chung은 Bihler가 제안한 고주파 신호 전송 방식을 응용하여 원격으로 스마트 기기를 제어할 수 있는 방법을 제안하였 [16]. 이 방법은 19 kHz와 22 kHz 고주파를 기본 신호로 하였으며, 제어를 위한 고주파를 19.6 kHz~21.4 kHz 범위 내에서 설정하여 세 개의 주파수를 발생하는 방식이다. 이 방법은 Bihler의 방법에 비해 단위 시간당 고주파 발생 시간이 길며, Kim의 방법에 비해 고주파 발생 시간이 짧아 간단한 제어 신호를 보내는 데에는 유용하다. 그리

고 3개의 고주파를 일정 시간 동안 발생시키고 있어 주변 환경의 소음에 의해 노이즈가 간섭하더라도 제어 신호를 보내는 데 큰 영향을 받지 않는 장점이 있다. 그러나 이 방법은 스마트 기기 간의 제어에 중점을 두고 있어, 다량의 데이터를 보내기 어렵기 때문에, 짧은 시간 안에 무선 통신을 하기에는 적합하지 않다.

3. 고주파와 순환 중복 검사를 통한 근거리 무선 데이터 전송 알고리즘

본 절에서는 스마트 기기에 내장되어있는 스피커와 마이크를 이용하여 가정 주파수 영역의 고주파와 순환 중복 검사를 통한 근거리 무선 데이터 전송 알고리즘을 설명하며, 제안 알고리즘의 무선 데이터 전송 흐름 및 절차에 대하여 설명한다. 먼저 제안 알고리즘의 무선 데이터 전송 흐름은 Fig. 1과 같다.

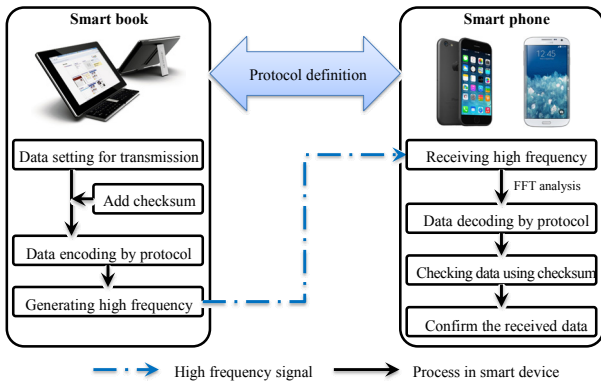


Fig. 1. Wireless Data Transmission Flow of the Proposed Algorithm

Fig. 1에서 무선 데이터 전송을 위해 각각의 스마트 기기는 먼저 통신을 위한 프로토콜을 정의한다. 본 논문에서는 고주파 영역 중 18.0 kHz~21.2 kHz를 실제 데이터를 갖는 고주파 영역 1로 설정하며, 21.2 kHz~22.0 kHz 범위는 체크섬으로 사용할 고주파 영역 2로 프로토콜을 설정한다. 무선 데이터 전송을 위한 프로토콜이 정의되면, 데이터를 전송할 스마트 기기에서는 전송하고자 하는 데이터를 설정하며, 데이터 전송 시 정확도 향상을 위한 체크섬을 데이터에 추가한다. 체크섬이 추가된 데이터는 정의된 프로토콜에 따라 고주파 영역 1에 맞추어 인코딩되며, 인코딩 된 데이터는 스마트 기기의 스피커를 통해 일정 시간 동안 해당 고주파를 생성하여 무선 데이터를 전송하게 된다. 데이터를 수신하는 스마트 기기는 내장 마이크를 통해 주변의 소리들을 수신하며, 이때 수신한 소리들은 Fast Fourier Transform (FFT) 분석을 통해 의미 있는 고주파를 분류한다. 고주파들이 분류되면, 고주파들은 프로토콜에 따라 디코딩 되고, 체크섬을 통해 수신한 데이터의 정확성을 판단한 후, 전달받은 데이터를 확인한다.

Table 1. A Matching Example of Data According to Protocol Setting

Bit	1	0	0	1	1	1	0	0
High freq. (kHz)	18.05	18.15	18.25	18.35	18.45	18.55	18.65	18.75
Bit	1	0	1	1	0	1	0	0
High freq. (kHz)	18.85	18.95	19.05	19.15	19.25	19.35	19.45	19.55
Bit	0	1	1	0	0	1	1	1
High freq. (kHz)	19.65	19.75	19.85	19.95	20.05	20.15	20.25	20.35
Bit	0	1	1	0	0	0	1	1
High freq. (kHz)	20.45	20.55	20.65	20.75	20.85	20.95	21.05	21.15

이때, 프로토콜로 정의된 고주파 영역 1과 고주파 영역 2는 32 bits 전송 데이터와 8 bits 체크섬을 설정하기 위해 100 Hz 간격으로 각각 하나의 bit를 표현한다. 예를 들어, 10011100 10110100 01100111 01100011이라는 32 bits 데이터는 고주파 영역 1에 대해 Table 1과 같이 각각의 고주파에 대응하여 인코딩 한다.

Table 1에서와 같이 10011100 10110100 01100111 01100011 데이터는 정의된 프로토콜에 따라 Table 1의 Bit에 1이 표시된 부분인 18.05 kHz, 18.35 kHz, 18.45 kHz, 18.55 kHz, ..., 20.05 kHz, 20.15 kHz 고주파에 해당되며, 이 값을 전달하기 위해 스마트 기기에서는 해당 고주파를 동시에 내장 스피커를 통해 발생하게 된다. 다음으로 체크섬은 32 bits 데이터 이후에 추가되는 데이터 확인을 위한 값으로 8 bits 데이터를 사용하며, Table 1과 동일한 형태로 고주파 영역 2에 해당 고주파가 적용된다. 앞선 예시의 10011100 10110100 01100111 01100011 데이터에 해당되는 체크섬은 00001101이므로, 고주파 영역 2의 범위에서 Table 2와 같이 매칭 하여 인코딩 한다.

즉, Table 1에서의 32 bits 전송 데이터와 Table 2에서의 8 bits 체크섬이 합쳐져 스마트 기기의 스피커는 Fig. 2와 같은 형태의 고주파를 지닌 소리로 다른 스마트 기기에 데이터를 전송하게 된다.

Table 2. A Matching Example of Checksum According to Protocol

Bit	0	0	0	0	1	1	0	1
High freq. (kHz)	21.25	21.35	21.45	21.55	21.65	21.75	21.85	21.95

Fig. 2에서 x축은 고주파 영역 1과 고주파 영역 2의 주파수 값을 나타내며, y축은 스마트 기기의 스피커를 통해 발생하는 소리를 FFT로 분석하여 나타낸 주파수들의 Bin 값을 나타낸다. 이때 1 bit로 표현되는 18.05 kHz, 18.35 kHz, 18.45 kHz, ..., 21.65 kHz, 21.75 kHz, 21.95 kHz 등이 동일한 값을 가지지 못하는 이유는 스피커에서 동시에 다양한 주파수를 합하여 나타내기 때문이다.

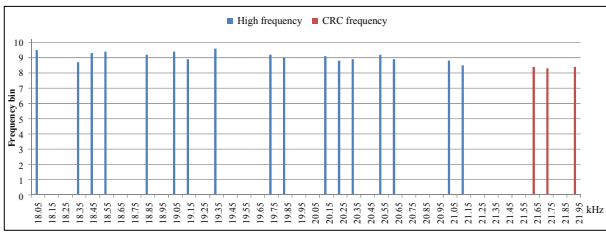


Fig. 2. An Example of High Frequency Sound which Include Transmission Data and Checksum

무선 데이터를 수신하는 스마트 기기는 마이크를 통해 고주파 신호를 받아 데이터로 디코딩 한다. 이때 데이터의 수신 시간은 수신하는 스마트 기기가 소리 샘플을 얼마나 많이 사용하여 FFT 분석을 하는지에 따라 인식을 및 정확도가 달라질 수 있다. 스마트 디바이스는 녹음 시 초당 소리 샘플의 수를 조절할 수 있는데, 이 값을 샘플링 레이트 (Sampling rate)라 한다. 일반적으로 초당 샘플링 레이트를 48,000으로 사용하며, 이 값을 나이퀴스트-샤넌 이론에 따라 $48000/2=24$ kHz까지의 주파수를 인식할 수 있다[17]. 따라서 본 논문에서도 이와 같이 샘플링 레이트를 48,000을 사용한다. 그리고 수신받은 고주파에서 데이터를 추출하기 위해 일정 개수 이상의 소리 샘플이 필요한데, 이를 샘플 사이즈 (Simple size)라 한다. 이때 샘플 사이즈의 크기에 따라 FFT 분석 시 정확한 주파수와 진폭을 추정하는 정확도가 달라지며, 이 크기와 샘플링 레이트에 따라 Equation (1)과 같이 무선 데이터 전송 시간에 영향을 미친다.

$$T = \frac{SS}{SR} \quad (1)$$

Equation (1)에서 T 는 무선 데이터 추출에 필요한 소리 샘플 인식에 요구되는 시간이며, SS 는 샘플 사이즈, SR 은 샘플링 레이트를 의미한다. 즉, 샘플 사이즈가 커질수록 정확한 주파수와 진폭을 추정할 수 있으나, 요구되는 시간이 늘어날 수 있으며, 반대로 샘플 사이즈가 작아질수록 데이터 전송 시간이 짧아질 수 있으나, 데이터 전송 오류 발생이 증가할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 기존 연구들에서 주로 사용하는 비교적 정확한 주파수와 진폭을 추정할 수 있는 8192개(8 K: 1024×8)를 사용한다[18-19].

다음으로 FFT 변환을 마친 데이터를 수신한 스마트 기기는 비트 데이터 추출을 위해 정의한 프로토콜에 따른 디코딩을 수행한다. 디코딩은 On-off keying 기법을 변형하여 사용하며[20], 앞서 언급한 Table 1과 Table 2에 따라 해당 고주파가 포함되어있는 경우 그 비트 값을 1로, 포함되지 않은 경우 그 비트 값을 0으로 설정한다. 예를 들어, Fig. 3은 Fig. 2에 고주파를 수신한 소리를 FFT 분석한 결과 예시 그래프이다. Fig. 3에서 유효한 Frequency bin을 갖는 위치는 18.05 kHz, 18.35 kHz, 18.45 kHz, 18.55 kHz, 18.85 kHz, 19.05 kHz, 19.15 kHz, 19.35 kHz, 19.75 kHz, 19.85 kHz, 20.15 kHz, 20.25 kHz, 20.35 kHz, 20.55 kHz, 20.65 kHz, 21.05 kHz, 21.15 kHz, 21.65 kHz, 21.75 kHz, 21.95

kHz임을 확인할 수 있다. 따라서 정의된 프로토콜에 의해 디코딩 된 전송 데이터 값은 10011100 10110100 01100111 01100011이며, 체크섬 값은 00001101으로 데이터가 제대로 전송된 경우임을 확인할 수 있다.

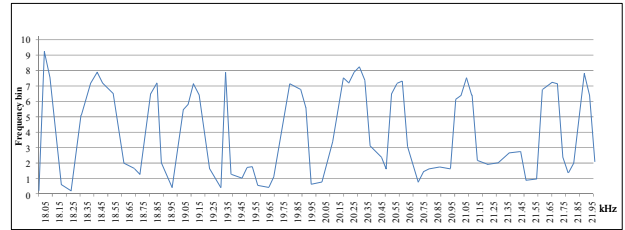


Fig. 3. An Example of FFT Analysis Result at the Smart Device which is Received High Frequency Data

4. 고주파와 순환 중복 검사를 이용한 무선 데이터 전송 알고리즘의 실험 및 평가

본 절에서는 가청 주파수 영역의 고주파와 순환 중복 검사를 이용한 무선 데이터 전송 알고리즘의 정확성과 효율성을 확인하기 위해 개발한 애플리케이션을 소개하며, 이를 이용한 실험 및 결과를 분석한다. 먼저 무선 데이터 전송을 위한 스마트 기기는 스마트 북을 사용하였으며, 전송 데이터 및 체크섬을 인코딩 하여 혼합 고주파 소리를 출력하기 위한 자바스크립트 기반 웹 페이지를 제작하였다. Fig. 4는 무선 데이터 전송 실험을 위해 제작한 웹 페이지의 화면 예시이다.

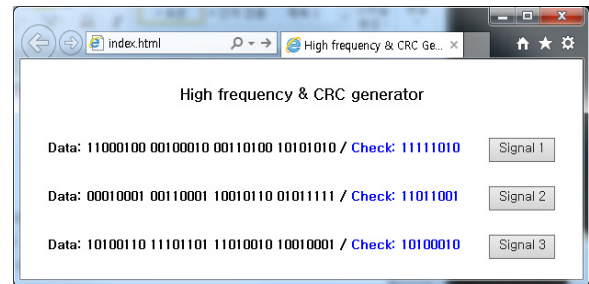


Fig. 4. Web Site for Wireless Data Transmission Using High Frequency

Fig. 4에서와 같이 3가지 데이터와 그에 해당하는 체크섬을 만들었으며, 오른쪽에 있는 “Signal 1”, “Signal 2”, “Signal 3” 버튼을 클릭하면, 해당 고주파를 스마트 북에서 발생시키게 된다. 각 고주파에 대한 16진수 값은 0x42234AFA, 0x42234AFA, 0xA6EDD291A2이며, 각 고주파 신호는 한번 클릭에 0.5초 동안 혼합 고주파 소리를 출력한다.

다음으로 무선 데이터를 수신하는 스마트 기기는 iPhone 5s를 사용하였으며, 이에 해당하는 애플리케이션을 개발하였다. FFT 분석을 위한 알고리즘은 48,000 샘플링 레이트를 사용하였으며, Baoshe Zhang이 구현한 FFT library를 이용하였다[21]. 즉, Fig. 5는 무선 데이터를 수신하는 스마트 기기에서

개발한 애플리케이션을 실행하여 무선 데이터를 전송받아 제안 알고리즘을 실행하여 수신 데이터를 보여주는 화면이다.



Fig. 5. Screen Shot of the Application which Receives Wireless Data

Fig. 5에서와 같이 “Start Data Share” 버튼을 터치하면 애플리케이션은 무선 데이터를 수신하기 시작하며, 주변 소리를 지속적으로 수집하면서 데이터 처리가 가능한 고주파가 있는지를 파악한다. 그리고 입력받은 데이터 값과 체크섬을 통해 올바른 데이터를 인식하는 경우 전송받은 데이터 값, 체크섬 값, 그리고 그 데이터를 인식하고 디코딩 하는데 사용된 시간을 결과로 보여준다. 즉, Fig. 5에서 수신한 데이터는 11000100 00100010 00110100 10101010이며, 체크섬은 11111010, 그리고 데이터를 인식하고 디코딩 하는 데 사용된 시간은 242 ms임을 알 수 있다.

이제 앞서 제작한 데이터 전송 웹 페이지와 개발한 애플리케이션을 이용하여, 데이터의 전송 정확도와 전송 속도에 관한 실험을 하였다. 실험 환경은 일상생활에서 조용한 수준이라 할 수 있는 50 dB 소음이 존재하는 연구실이며, 스마트북에서 무선 데이터 전송을 위해 발생하는 소리가 데이터를 수신하는 스마트 기기에 도달하게 하기 위한 소리의 크기는 70 dB로 하였다. 무선 전송에 사용한 데이터는 “Signal 1”, “Signal 2”, “Signal 3” 모두 각각 1,000회씩 전송하였으며, 스마트 기기에서 수신한 데이터별 결과는 Table 3과 같다.

Table 3. The Result of Wireless Data Transmission Experiment at the Smart Device Using the Proposed Method

	Receive success	Receive fail	Error detection	Average time
Signal 1	995	0	5	243 ms
Signal 2	994	0	6	228 ms
Signal 3	995	0	5	235 ms
Total	994.66	0	5.33	235.33 ms

Table 3에서와 같이 각각의 신호에 대하여 수신 성공 횟수는 995 회, 994회, 995회이며, 수신 실패 데이터는 없다. 그리고 수신 성공이 되지 않은 각 신호에 대한 5회, 6회, 5회는 체크섬을 이용한 순환 중복 검사에 의해 오류로 검출된 것을 확인할 수 있다. 즉 전체 3개의 신호에 대한 데이터 전송 성공률은 99.47%임을 볼 수 있으며, 수신 실패 데이터는 0%이다. 그리고 순환 중복 검사에 의한 오류 검출률

은 0.53%이며, 전체 실험에 대해 무선 데이터 전송을 위한 시간은 235 ms가 사용된 것을 확인할 수 있다. 그리고 본 실험에서 나타난 오류 검출률 0.53%는 무선 데이터 전송 시간을 단축하기 위해 샘플 사이즈를 8,192로 하였기 때문에 예상된다. 즉, 수신 성공률을 높이고, 오류 검출률을 낮추기 위해서는 제안 방법에 사용한 샘플 사이즈를 8,192에서 두 배, 또는 네 배로 늘일 경우 보다 정확한 주파수와 진폭을 추정할 수 있으므로 수신 성공률을 높일 수 있을 것이다.

마지막으로 제안 방법과 기존 방법의 성능 비교를 위해, Bihler가 제안한 Smart Guide 시스템에서 구현한 신호와 동일한 데이터를 이용하여 성능평가를 실시하였다[14]. Bihler의 제안 시스템은 208 ms 동안 총 8 bits의 데이터를 보낼 수 있기 때문에, 아래 Table 4와 같이 Bihler의 제안 시스템에서 사용할 해밍 코드를 포함한 8 bits 데이터 3개를 만들어 각 신호별 1,000회를 전송하게 하였다.

Table 4. 8 bits Data for Performance Evaluation of the Proposed System of Bihler

	8 bits data Including Hamming Code	Real 4 bits Data which is Sending
Signal 1	10011001	0100
Signal 2	10101010	1101
Signal 3	00101101	1110

그리고 이 8 bits 데이터를 수신하는 애플리케이션은 위에 개발한 것과 같이 동일하게 Baoshe Zhang이 구현한 FFT library를 이용하여 순환 중복 검사 방법이 아닌, 해밍 코드를 이용한 오류 처리를 하는 애플리케이션으로 개발하여 실험을 진행하였다. Fig. 6은 Bihler의 제안 무선 전송을 이용하여 애플리케이션에서 데이터를 수신한 결과이다.



Fig. 6. The Result of Wireless Data Transmission Experiment Using Bihler’s Signal Method

Fig. 6에서와 같이 Bihler의 방법 각각의 신호 전송 성공률은 30.8%, 29.7%, 28.6%이며, 전송 실패율은 29.3%, 26.8%, 31.2%임을 알 수 있다. 그리고 해밍 코드에 의한 전송 오류 검출은 각각 39.9%, 43.5%, 40.2%이다. 따라서 Bihler의 방법은 전체 전송 성공률은 29.7%, 전송 실패율은

29.1%, 전송 오류 검출률은 41.2%이다. 즉, Bihler의 방법에 비해 제안한 방법이 전송 성공률과 전송 오류 검출률에서 보다 높으며, 전송 실패율이 없으므로 무선 데이터 전송에 보다 효과적임을 볼 수 있다.

5. 결 론

본 논문에서는 가칭 주파수 영역의 고주파와 순환 중복 검사를 이용하여 근거리에서 위치한 스마트 기기 간에 무선 데이터를 전송하는 새로운 알고리즘을 제안하였다. 그리고 제안한 방법은 기존 고주파를 이용한 연구들에 비해 빠른 시간 안에 높은 전송 정확도를 유지하는, 효과적인 근거리 무선 데이터 전송 방법임을 실험을 통해 확인하였다. 즉, 이 방법은 기존 스마트 기기들이 내장한 모듈에 관계없이, 그리고 스마트 기기의 OS에 관여치 않고 내장 스피커와 마이크를 통해 무선 데이터를 전송할 수 있는 효과적인 방법이 될 것이며, 이 방법을 통해 가칭 주파수 영역의 고주파를 활용한 무선 통신은 다양한 분야에서 활용 가능할 것이다.

추후로는 빠른 시간 안에 전송 성공률을 높이면서, 오류 검출률을 줄일 수 있는 보다 효과적인 알고리즘을 연구할 것이며, 본 논문에서 사용되는 무선 전송 알고리즘의 지속적인 데이터 전송 방법을 개발할 것이다. 즉, 단 한 번의 신호가 아닌 지속적으로 전송되는 신호들에 대하여 전송 성공률이 높은 근거리 무선 데이터 전송 알고리즘을 개발함으로써 고주파를 활용한 무선 통신 기술 발전에 기여할 것이다.

References

- [1] C. Y. Leong, K. C. Ong, K. K. Tan, and O. P. Gan, "Near field communication and bluetooth bridge system for mobile commerce," in *Proceedings of the 2006 IEEE International Conference on Industrial Informatics*, Singapore, pp.50-55, 2006.
- [2] S. Jung, U. Lee, A. Chang, D. K. Cho, and M. Gerla, "Bluetorrent: Cooperative content sharing for bluetooth users," *Pervasive and Mobile Computing*, Vol.3, No.6, pp.609-634, 2007.
- [3] H. Yoon and J. W. Kim, "Collaborative streaming-based media content sharing in WiFi-enabled home networks," *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, Vol.56, No.4, pp.2193-2200, 2010.
- [4] C. Eunjeong, "Kakaotalk, a mobile social platform pioneer," *SERI Quarterly*, Vol.6, No.1, pp.63-69, 2013.
- [5] 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*, Munich, Germany, pp.352-361, 2013.
- [6] J. D. Rachid, "Global communication apps," *Network Journal*, Vol.21, No.1, pp.61, 2014.
- [7] V. Coskun, B. Ozdenizci, and K. Ok, "A survey on near field communication (NFC) technology," *Wireless personal communications*, Vol.71, No.3, pp.2259-2294, 2013.
- [8] A. Kumar, A. Arora, and C. J. Islam, "Near field communication (NFC): an expertise primer," *Discovery*, Vol.2, No.4, pp.20-25, 2012.
- [9] R. Ballagas, J. Borchers, M. Rohs, and J. G. Sheridan, "The smart phone: a ubiquitous input device," *Pervasive Computing*, IEEE, Vol.5, No.1, pp.70-77, 2006.
- [10] M. Gang, "Bluetooth Chat System Based on Android Platform," *Information Security and Technology*, Vol.6, pp.28, 2012.
- [11] T. Weiss, J. Hillenbrand, A. Krohn, and F. K. Jondral, "Efficient signaling of spectral resources in spectrum pooling systems," in *Proceeding of the 10th Symposium on Communications and Vehicular Technology*, Benelux, 2003.
- [12] 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.
- [13] B. Thiel, K. Kloch, and P. Lukowicz, "Sound-based proximity detection with mobile phones," in *Proceedings of the Third International Workshop on Sensing Applications on Mobile Phones*, Toronto, Canada, pp.4, 2012.
- [14] 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.
- [15] 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.
- [16] 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.
- [17] R. J. I. Marks, "Advanced topics in Shannon sampling and interpolation theory," Springer Science & Business Media, 2012.
- [18] E. Bidet, D. Castelain, C. Joanblanc, 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.
- [19] 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.
- [20] J. S. Chitode, "Digital Communication," Technical Publications, 2009.
- [21] L. Xue, "Efficient Mapping of Fast Fourier Transform on the Cyclops-64 Multithreaded Architecture," ProQuest, 2007.



정 명 범

e-mail : nzin@ssu.ac.kr

2004년 숭실대학교 미디어학부(학사)

2006년 숭실대학교 미디어학과(석사)

2010년 숭실대학교 미디어학과(박사)

2010년~2012년 숭실대학교 BK21 전임연구원

2012년~2015년 성균관대학교 연구교수

2015년~현 재 성결대학교 컴퓨터학부

조교수

관심분야: 저작권 보호 기술, 모바일 컴퓨팅, 신호 처리, 추천 시스템