

# 비가청주파수 기반 근거리 통신 메커니즘

장인수\*, 정명범\*\*, 염상길\*, 추현승\*

\*성균관대학교 정보통신대학

\*\*성결대학교 컴퓨터공학부

e-mail : [bluewave@skku.edu](mailto:bluewave@skku.edu), [nzin@ssu.ac.kr](mailto:nzin@ssu.ac.kr), [sanggil12@skku.edu](mailto:sanggil12@skku.edu), [choo@skku.edu](mailto:choo@skku.edu)

## Near Field Data Communication Mechanism based on Inaudible Sound

Insu Jang\*, Myoungbeom Chung\*\*, Sanggil Yeom\*, and Hyunseung Choo\*

\*College of Information and Communication Engineering, Sungkyunkwan University

\*\*Division of Computer Engineering, Sungkyul University

### 요 약

본 논문에서는 비가청주파수 소리신호를 사용하는 데이터 전송 기법을 제안한다. 제안하는 방법은 각 비트에 매핑된 특정 주파수를 혼합하여 신호를 전송함으로써 동시에 여러 비트를 전송할 수 있다. 그리고 인접한 주파수 신호의 간섭으로 인한 데이터 에러를 검출하기 위해 순환 중복 검사 기법을 사용함으로써 데이터 전송 정확도를 높인다. 이 기법은 기존 전송 속도의 한계로 제한된 분야에서만 사용했던 비가청주파수 무선 통신 기법을 더 다양한 분야에 활용할 수 있을 것이다.

### 1. 서론

최근 5 년간 모바일 기기와 무선 통신은 급격하게 발달해 왔다. 스마트폰과 태블릿 PC 에 장착된 Near Field Communication (NFC), 블루투스 등의 무선 통신 기술은 근거리 디바이스 통신을 도움으로써 결제 시스템, 근거리 파일 전송 등 새로운 영역에 모바일 디바이스를 활용할 수 있도록 하였다.

하지만 이들은 별도의 모듈을 필요로 해 모듈이 장착되지 않은 기기와는 통신할 수 없으며, 통신 전 기기를 수동으로 연결하는 페어링 과정이 필요했다. 또한, 블루투스 기술의 경우 iOS 스마트폰과 안드로이드 스마트폰 간 데이터 통신이 되지 않는 OS 종속적인 문제점도 있다. 이러한 단점을 극복하고자 18 kHz 이상의 고주파수 음파를 근거리 통신에 활용하는 연구가 제시되었으나, 데이터 전송량이 적어 많은 곳에 사용되지 못했다 [1, 2].

본 논문에서는 보다 많은 데이터를 전송할 수 있는 새로운 비가청주파수 통신 기법을 제안한다. 데이터 송신 디바이스는 데이터의 비트를 고유하게 매핑된 주파수로 설정하며, 각각의 설정된 주파수를 혼합함으로써 데이터를 신호로 변환하여 전송한다. 데이터 수신 디바이스는 신호에 포함된 비가청주파수를 확인하고 해당 주파수에 매핑된 비트값을 디코딩함으로써 데이터를 추출할 수 있다. 그리고 이 과정에서 발생할 수 있는 에러를 검출하기 위해 데이터 통신에서 에러 검출 시 사용하는 기법인 순환 중복 검사 기법(CRC: Cyclic Redundancy Check)을 사용한다.

이 논문은 다음과 같이 구성된다. 2 장에서는 비가청주파수를 활용한 기존 연구들을 설명한다. 3 장에서

는 시스템 구성과 실험 및 성능에 대해 설명한다. 마지막으로 4 장에서는 결론과 추후 연구 방향에 대해 기술한다.

### 2. 관련 연구

이 장에서는 기존 연구에서 비가청주파수를 데이터 통신에 어떻게 사용하였는지를 서술한다.

#### 2.1. 비가청주파수를 사용한 스마트폰 사용자 인증

김진복은 비가청주파수를 사용한 스마트폰 사용자 인증 방법을 제안하였다 [1]. 스테레오 채널을 사용하여 각 채널에 주파수 하나를 발생시키며, 두 주파수의 조합에 맞는 비트를 4 번 인식할 경우 이를 하나의 챌린지로 인식한다. 이 방법은 2 바이트 챌린지를 한 번 인식하는데 총 8 초의 시간이 소요된다. 기존 인증 방식들의 단점을 보완해 스마트폰을 하드웨어 토큰으로 사용함으로써 불편함을 최소화했지만 전송 속도가 느려 데이터 통신에 사용하기엔 부적합하다.

#### 2.2. 비가청주파수를 사용한 박물관 정보 전송 시스템

Bihler 는 비가청주파수를 사용해 박물관에서 스마트폰 사용자에게 정보를 전송하는 시스템을 제안하였다 [2]. 이 시스템은 박물관에 설치된 스피커에서 발생하는 비가청주파수를 인식하고 그에 맞는 정보를 웹서버로부터 전송받는다. 이 방법은 20 kHz, 22 kHz 주파수를 통신에 사용하였다. 한 비트를 전송하는 데 26ms 동안 하나의 주파수를 발생시켜 208ms 동안 총 8 비트 데이터를 보내며, 데이터 오류를 방지하기 위해 해밍 코드를 함께 사용했다 [3]. 그러나 잘못된 데이터가 전송되는 경우가 존재했고, 짧은 시간에 주파수를 빠르게 변환해 잡음이 발생하는 단점이 있다.

### 3. 제안 방법

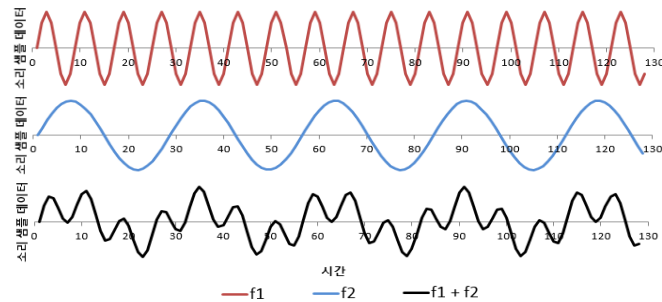
이 장에서는 비트 데이터를 음성 신호로 변환하는 인코딩과 음성 신호를 비트 데이터로 변환하는 디코딩에 대해 설명하고, 이를 기반으로 구현한 애플리케이션의 실험 및 성능에 대해 설명한다.

#### 3.1. 비트 데이터를 음성 신호로 인코딩

데이터를 구성하는 비트는 서로 다른 특정한 주파수에 매핑되고, 비트간의 간섭을 피하기 위해 매핑된 주파수 양 옆에 50Hz의 가드 밴드를 갖는다. 따라서 100 Hz로 하나의 비트를 표현할 수 있으며, 18 kHz ~ 22 kHz 구간을 사용하면 한 번에 40 비트의 데이터를 전송할 수 있다. 각 비트와 매핑되는 주파수는 아래 식과 같은 규칙을 지닌다.

$$f = 18050 + 100n \quad (n=0, 1, \dots, 39) \text{ (Hz)}$$

데이터 인코딩은 데이터 비트 값이 1 인 비트에 매핑된 주파수만을 혼합하여 복합 주파수 신호를 생성한다. 그림 1은 단일 주파수 신호 2 개를 합쳐 복합 주파수 신호를 생성하는 과정을 나타낸 것이다.

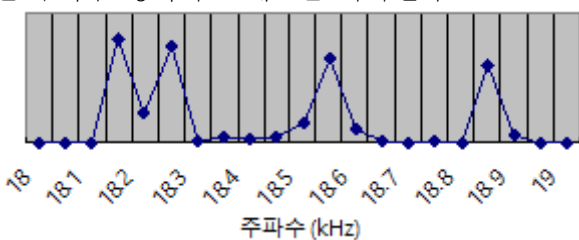


(그림 1) 단일 주파수 2 개를 혼합해 생성된 복합 주파수 신호

#### 3.2. 음성 신호를 비트 데이터로 디코딩

수신부는 마이크를 통해 신호를 받아 디코딩한다. 데이터를 한 번 수신하는데 소요되는 시간은 디코딩에 사용하는 소리 샘플의 개수로 정해진다. 초당 48,000 개의 샘플을 인식할 수 있으므로, 8,192 개의 샘플을 사용한다면 소요되는 시간은 약 0.17 초이다 [4].

그 후, 인식한 소리 샘플에서 푸리에 변환을 통해 신호에 포함된 주파수를 추출한다 [5]. 어떤 비트에 매핑된 주파수가 신호에 포함되어 있으면 해당 비트 값은 1이며, 주파수가 포함되어 있지 않으면 해당 비트 값은 0이다 [6]. 그림 2는 40 비트 데이터 중 18 kHz ~ 19 kHz 영역의 10 비트 데이터 0110001010를 인코딩한 복합 주파수 신호에서 푸리에 변환을 통해 생성된 주파수 영역의 그래프를 나타낸다.



(그림 2) 푸리에 변환을 통해 추출된 주파수

푸리에 변환 결과에서 유효한 주파수 구역은 18100 ~ 18200 Hz, 18200 ~ 18300 Hz, 18600 ~ 18700 Hz, 18800 ~ 18900 Hz 이므로, 각 주파수 구역의 가운데 값인 18150 Hz, 18250 Hz, 18650 Hz, 18850 Hz 가 신호에 포함되어 있었다고 추측할 수 있다. 이를 비트 데이터로 디코딩하면 0110001010 과 같다.

그리고 통신 환경에 따라 데이터가 잘못 인식될 경우도 존재한다. 이러한 오류를 검출하기 위해 오류 검출 알고리즘이 필요한데, 40 비트 데이터 중 8 비트를 순환 중복 검사에 사용하여 오류를 검출할 수 있다 [7]. 디코딩된 비트 데이터에서 순환 중복 검사를 통하여 오류가 발생하였으면 인식한 데이터를 버리고, 오류가 없으면 해당 데이터를 사용한다.

#### 3.3. 제안 방법의 실험 및 성능 측정

5 개의 임의의 40 비트 데이터를 생성해 동일한 환경에서 각각 1,000 회씩 전송하였다. 그 결과 99.6%의 전송 성공률을 나타내었으며, 0.4%의 CRC 에러에 의한 오류를 검출하였다. 평균 데이터 전송시간은 인식 시간과 디코딩 시간을 포함하여 177ms 이었다.

### 4. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 여러 단일 주파수 신호를 혼합한 복합 주파수 신호를 통신에 사용하는 새로운 방법을 제안하였다. 실험 결과, 177ms에 40 비트 데이터를 전송하여 기존 방법보다 빠르게 데이터를 전송할 수 있다. 뿐만 아니라, 빠른 주파수 변환이 없어 잡음이 발생하지 않고 데이터 인식이 실패하더라도 다시 인식이 가능하다. 이 기법을 통해 비가청주파수를 활용한 무선 통신은 지금보다 더 다양한 분야에서 활용될 수 있을 것이다. 향후 연구로 이 방법을 이용해 더 많은 데이터를 전송할 메커니즘을 고안할 것이다.

### ACKNOWLEDGEMENT

본 논문은 이공학술연구조성 (NRF-2010-0020210), 한국과학창의재단(학부생 연구프로그램 지원사업)의 지원을 받아 수행된 연구임.

### 참고문헌

- [1] 김진복 외, “음향 주파수 분석을 이용한 스마트폰 사용자 인증”, 한국정보보호학회논문지, 2012
- [2] Pascal Bihler 외, “SmartGuide – A Smartphone Museum Guide with Ultrasound Control”, MobiWIS, 2011
- [3] 주언경, “정보이론과 부호화”, 경북대학교출판부, 2011
- [4] “Media codecs google audio”, [http://android.google.com/platform/frameworks/av/+master/media/libstagefright/data/media\\_codecs\\_google\\_audio.xml](http://android.google.com/platform/frameworks/av/+master/media/libstagefright/data/media_codecs_google_audio.xml), 2014
- [5] K. R. Rao 외, “Fast Fourier Transform – Algorithms and Applications”, Springer, 2011
- [6] 차재복, “온-오프 키잉, 2 진 ASK”, [http://www.ktworld.co.kr/abbr\\_view.php?m\\_temp1=4527](http://www.ktworld.co.kr/abbr_view.php?m_temp1=4527), 2011
- [7] Behrouze A. Forouzan 외, “Data communications and networking, 4<sup>th</sup> edition”, McGraw-Hill, 2006