

An Ultrasonic Wave Encoder and Decoder for Indoor Positioning of Mobile Marketing System

Young-Mo Kim*, Se-Young Jang*, Byeong-Chan Park*, Kyung-Sik Bang**, Seok-Yoon Kim*

Abstract

In this paper, we propose an intelligent marketing service system that can provide custom advertisements and events to both businesses and customers by identifying the location and contents using the ultrasonic signals and feature information in voice signals. We also develop the encoding and decoding algorithm of ultrasonic signals for this system and analyze the performance evaluation results. With the development of the hyper-connected society, the on-line marketing has been activated and is growing in size. Existing store marketing applications have disadvantages that customers have to find out events or promotional materials that the headquarters or stores through using the corresponding applications whenever they visit them. To solve these problems, there are attempts to create intelligent marketing tools using GPS technology and voice recognition technology. However, this approach has difficulties in technology development due to accuracy of location and speed of comparison and retrieval of voice recognition technology, and marketing services for customer relation are also much simplified.

▶ Keyword: Ultrasonic encoding, Voice signal feature, Ultrasonic decoding, Mobile marketing, Intelligent Marketing

I. Introduction

IDC의 연구 보고서에 의하면 전 세계 인지 및 인공지능 시스템 시장이 2016년부터 2020년까지 5년간 연평균 55.1% 성장으로 2016년 80억 달러에서 2020년 470억 달러까지 성장할 것으로 예측하였다[1]. 특히, 인공지능을 이용한 마케팅 자동화로 인해 각 서비스 업체는 고객 맞춤형 서비스가 가능해졌다. 국내·외 서비스 업체들은 빅데이터와 인공지능 기반의 챗봇을 이용하여 사용자 패턴을 파악하고, 고객 맞춤형 서비스를 제공하고 있다[2][3]. 이에 따라 고객이 직접 애플리케이션이나 홈페이지를 통해 각 프랜차이즈의 이벤트 정보를 확인할 필요 없이 해당 매장에 방문할 때 광고 음악을 통하여 고객이 필요로 하는 맞춤형 정보를 실시간

으로 제공할 수 있는 서비스와 고객의 서비스 이용 패턴을 분석하고 이를 데이터베이스화하여 고객에게 맞춤형 서비스를 제공할 수 있는 매장용 큐레이션 기술이 요구된다[5][6]. 기존의 매장용 마케팅 어플리케이션은 고객이 매장을 방문할 때 마다 해당하는 어플리케이션을 통해 본사나 매장에서 제공하는 이벤트나 홍보물 등을 하나하나 찾아야 하는 단점을 가지고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 최근 GPS 기술과 음성인식기술을 이용하여 지능형 마케팅 도구를 만들려고 하나, 위치에 대한 정확도 문제와 음성 인식 기술에 대한 비교·검색속도에 문제로 인하여 기술개발에 대한 어려움이 있고, 고객 맞춤 서비스를 위한 마케팅 서비스 또한

• First Author: Young-Mo Kim, Corresponding Author: Seok-Yoon Kim

*Young-Mo Kim (ymkin828@ssu.ac.kr), Dept. of Computer Science and Engineering, Soongsil University

*Se-Young Jang (seyjang216@soongsil.ac.kr), Dept. of Computer Science and Engineering, Soongsil University

*Byeong-Chan Park (pbc866@ssu.ac.kr), Dept. of Computer Science and Engineering, Soongsil University

**Kyung-Sik Bang (ks.bang@ilv.co.kr), itbab

*Seok-Yoon Kim (ksy@ssu.ac.kr), Dept. of Computer Science and Engineering, Soongsil University

• Received: 2019. 05. 08, Revised: 2019. 06. 10, Accepted: 2019. 06. 10.

• This research project was supported by Ministry of SMEs and Startups(MSS) and Korea Technology and Information Promotion Agency for SMEs (TIPA) in 2019(S2635933).

단순화 되어 지능형 고객 맞춤 서비스라고 하기엔 다소 무리가 있다[7][8].

본 논문은 지능형 마케팅 서비스를 위해 초음파 신호와 콘텐츠의 음성신호에서 콘텐츠가 가지는 고유 정보를 이용하여 특정 장소와 광고 등의 콘텐츠를 식별하여 업주와 고객에 맞춤형 광고 및 이벤트를 지능형으로 서비스할 수 있는 시스템을 개발하기 위하여 필요한 초음파 신호 생성 및 복호기를 제안한다.

본 논문에 구성으로 2장에서는 초음파 생성, 복호 알고리즘과 초음파를 이용한 정보 전송 기술, 이를 통해 모바일 단말기에서 마케팅 정보를 전송하기 위한 초음파 신호 요구상을 분석한다. 3장에서는 본 논문에서 제안하는 모바일 마케팅에서 활용할 수 있는 초음파 신호 생성기 및 복호기에 대하여 기술하고, 4장에서는 이에 대한 실험 및 평가를 하고자 한다. 마지막으로 5장에서는 결론으로 논문을 마친다.

II. Analysis of Related Research and Requirements Analysis

1. Ultrasonic Characteristics

Fig. 1은 소리의 주파수 대역별 구분을 나타낸다. 초음파는 소리의 파동 중에서 사람이 들을 수 있는 소리인 가청 주파수 (16 Hz ~ 20,000 Hz)를 넘는 진동수 2만 Hz 이상의 음파를 초음파라고 한다[3].

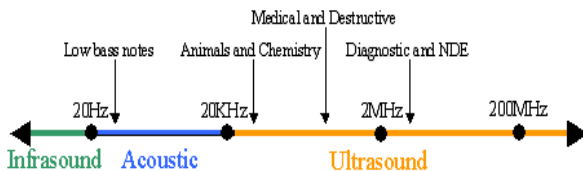


Fig. 1. Classification by Frequency Band of Sound

초음파의 4가지 특성을 가지고 있다. 첫째 파장이 짧다. 주파수와 파장은 반비례 관계를 가지고 있는데 가청 영역의 음파에 비해서 초음파는 높은 주파수 영역에 해당되며 파장은 짧아지게 된다. 둘째 지향성이 강하다. 지향성이란 소리가 어느 한 방향으로 전파되는 현상을 말하며, 소리의 강도가 방향에 따라 크게 달라지며 보통의 음파가 넓게 퍼지는 정도가 작아 수신 감도가 좋다. 셋째 먼 거리 수신이 가능하다. 비교적 먼 거리에서 신호를 수신 가능하다. 넷째 온도 변화에 따른 속도가 일정하다. 초음파는 온도 변화에 따른 파장의 진행속도가 비교적 일정하다. 보통 액체 레벨 측정, 투명 물체 감지, 자동차용 후방 센서, 자동차용 오일 점도 모니터링, 비파괴 검사 등에 다양하게 쓰이고 있다[4].

2. Ultrasonic Information Transmission Technology

본 논문에서는 초음파를 이용하여 정보를 전송하려고 한다. 관련 기술로서 초음파 정보 전송 기술을 살펴보도록 한다. Fig. 2는 초음파를 이용한 정보 전송 과정의 개념도로서, 특정 정보 (ID)를 비가청영역의 오디오 신호로 변환하여 재생하고 이를 단말기에서 수신하여 초음파 성분을 ID로 복호하는 과정으로 구성된다[9].

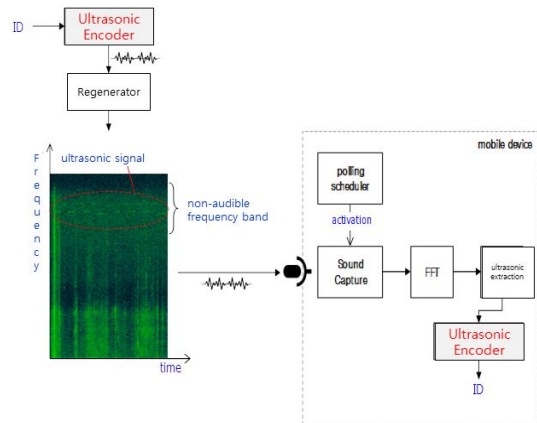


Fig. 2. Ultrasonic Signal Generation and Recovery System Configuration Diagram

Fig. 3은 초음파를 통한 정보 전송의 일반적인 인코딩 방식을 나타낸다[10]. 비가청 영역 내에 일정한 길이의 음을 시간축의 시퀀스로 재생하여 패킷을 구성한다. 수신부에서 패킷의 시간축 상의 정렬을 위하여 특정 밴드에 alignment 마크 신호가 예약된다. 정보 전송 capacity는 밴드 수 x 코드 수가 되며 최소 수신음 길이는 패킷 길이와 동일하게 된다.

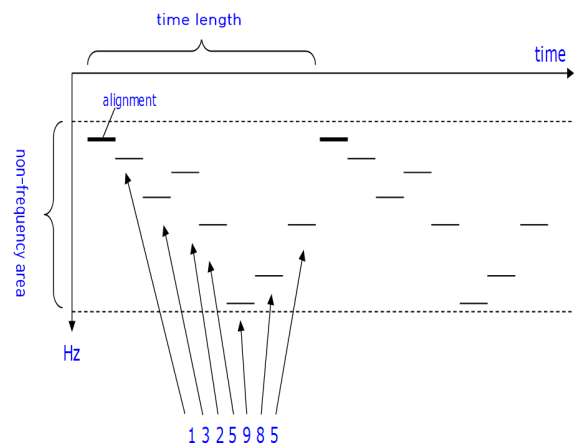


Fig. 3. General Ultrasonic Encoding Conceptual Plot

밴드 구성은 Table. 1과 같이 초음파 오디오의 밴드를 싱크 밴드 2개와 데이터 밴드 8개를 비가청주파수와 마이크 감도 허용치를 기준으로 18k ~ 20kHz 내에서 구성하였다. 패킷의 형식은 Fig. 4과 같이 시작 싱크음(sync0)으로 시작하여 데이터 코드 6개의 시퀀스와 종료 싱크음(sync1)로 구성된다. 전송할 수 있는 데

이터 수는 $8^6 = 262,144$ 가지가 된다. 하나의 코드는 300ms로 한 패킷의 길이는 2.4초가 된다. 즉, 패킷을 디코딩 하기 위한 최소 마이크 캡처 길이는 2.4초로 반응 딜레이는 2.4초 이상 된다. 코드는 같은 밴드에서 연속되는 경우를 고려하여 300ms 중 앞뒤 50ms씩 무음을 삽입한다. FFT 간격을 1K로 할 경우 한 코드는 총 12개의 파워 스펙트럼으로 변환된다.

Table. 1. Band Configuration

Freq.	Code
18000	sync0
18200	code0
18400	code1
18600	code2
18800	code3
19000	code4
19200	code5
19400	code6
19600	code7
19800	sync1

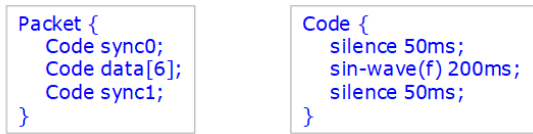


Fig. 4. Packet Format (For 6 datacodes)

3. Ultrasonic Signal Requirements for Transmitting Marketing Information from Mobile Terminals

모바일 단말기에서 마케팅 정보를 전송하기 위한 초음파 신호는 그 특성상 일반적인 초음파 신호와 달라야 한다. Table. 2는 이러한 특성을 반영한 모바일 단말기에서 마케팅 정보를 전송하기 위한 초음파 신호에 대한 요구 사항이다.

Table. 2. Requirements for Generating and Restoring Ultrasonic Signals

Requirements	Explanation
Inaudibility	Encoded ultrasound shall not be heard in human hearing (HAS)
Accuracy	The original information must be accurately recovered.
Robustness	It should be detected robustly even when mixed with noise (environmental noise, noise of other ultrasonic range).
Responsiveness	After decoding, the delay time should be short until the original information is restored.
Efficiency	Decoding should be possible while consuming less resources on mobile devices.

첫 번째 요구 사항은 사람이 인지하지 못해야 하며 이를 위해 18kHz 이상이어야 한다.

두 번째 요구 사항은 원정보가 정확하게 복구되어야 한다는 것이다. 일반적인 모바일 장치의 마이크 감도를 고려할 때 초음파는 20kHz 이하여야 한다. 즉 18kHz에서 20kHz 사이의 밴드 그 폭에서 입력 정보를 인코딩해야 모바일에서 측정이 가능한 초음파가 만들어진다.

세 번째 요구 사항은 강인성에 관한 것으로 소음과 섞이더라도 초음파가 검출되어야 한다. 초음파의 특성상 초음파 밴드 (18kHz ~ 20kHz) 내의 샘플링이 촘촘할수록 많은 정보를 인코딩할 수 있으며 오디오 단위의 길이가 짧아지므로 복호 반응성이 좋아지지만 간섭으로 인하여 검출 정확도가 떨어질 수 있다. 초음파의 신호 세기(음량)을 강하게 할수록 실제 환경에서의 소음으로 인한 왜곡에 대하여 강한 검출이 가능하지만, 음량이 강해질수록 반향 등의 다양한 사이드 이펙트로 인하여 비가천성이 저하되는 문제점이 발생한다.

네 번째는 디코딩 후 원정보가 복구될 때까지 지연시간이 짧아야 한다. 일반적으로 웹사이트는 응답속도를 3초 이내로 하고 있다. 따라서 마케팅 정보를 전송하고 이에 대한 내용을 전달하기 위해서는 디코딩 후 원정보가 복구될 때까지 지연시간이 느리면 안 되고, 최소 3초 이내여야 한다.

다섯 번째는 모바일 단말기에서 자원을 적게 소모하면서 디코딩이 가능해야 한다. 이는 다른 앱 및 솔루션도 포함되는 내용이다.

III. Ultrasonic Signal Generator and Recuperator for Mobile Marketing

1. Ultrasonic Wave Generation and Recovery Method in Mobile Environment

모바일 마케팅 활용을 위한 초음파 신호 생성기 및 복호기를 만들기 위해서는 2장에서 도출한 요구 사항을 기반으로 설계한다. Fig. 5는 안드로이드 환경에서의 초음파 수신 및 복호기에 대한 구조도로서, FFT, 스펙트로그램 및 디코딩 과정을 나다 낸다.

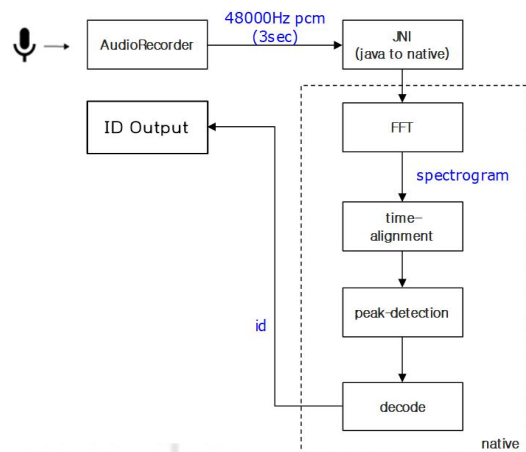


Fig. 5. Android Ultrasonic Retrofit Schematic

2. Robustness and Packet Format for Noise

강인성을 위하여 구현 후 실험 환경은 소음이 심한 카페 환경에서 임의의 ID를 입력하여 초음파 재생, 오디오 재생 음량은 -80db ~ -20db 단말기에서 출력 결과를 확인하여 검출률, 응답률 측정을 진행하였다. 각 db 당 50회 측정을 진행하였으며 Table. 3과 같은 결과를 얻었다. 특히 30db 이상의 초음파 음량이 비교적 큰 경우에도 검출 실패율이 높은 것을 나타냈다. 소음으로 인하여 초음파 성분의 소실이 주요 원인으로 Fig. 6은 검출 실패 예로서 code 4와 code5의 초음파 성분이 소실되어 피크가 매우 희미함을 나타낸다.

실험 시 소음에 대한 강인성 저하 문제가 심각하였고 초음파 영역에 다른 초음파 신호가 발생할 경우 오검출 위험이 높았다. 또한 3초 길이의 패킷 디코딩을 주기적으로 할 경우 전력소비가 매우 심했으며 코드 병렬화에 어려움이 있었다. Smoothing을 통하여 해결하였지만 데이터 신호의 길이를 축소시키므로 검출률이 저하되었다.

Table. 3. Results of Accuracy Measurement in the Cafe Environment

db	Detection Rate	Error Rate
-80	0.12	0.18
-70	0.32	0.09
-60	0.64	0.02
-50	0.71	0.04
-40	0.75	0.03
-30	0.84	0.02
-20	0.91	0



Fig. 6. Detection Failure Example

위의 문제점을 해결하기 위하여 특정 밴드에 싱크 신호를 할당하여 전체 패킷을 녹음 및 디코딩하기 전에 짧은 길이의 녹음을 통하여 싱크 신호의 존재 여부를 확인함으로써 자원 소비량 감소시켰다. 잡음 문제의 원인은 초음파 오디오의 음량이 시간 축 상에서 일정치 않고 심한 변화가 발생하는 지점이 존재하기 때문이다[10][11][12]. 이러한 문제는 코드의 에너지가 시간축 상에서 일정하도록(즉, 끊김 부분이 없도록) 인코딩하여 해결을 하였다.

싱크 밴드 할당 형식은 Fig. 7과 같은 형식으로 싱크 밴드를 할당하였고 싱크 밴드 내의 peak 검출(짧은 길이의 녹음 및 디코딩을 통하여 가능)을 통하여 전체 패킷의 디코딩 결정하여 자원 소비량을 현저히 감소시켰으며 패킷 시작/ 끝에 chirp 형태의 싱크음 변화를 주어서 패킷 디코딩의 alignment 기능까지 포함시켰다.

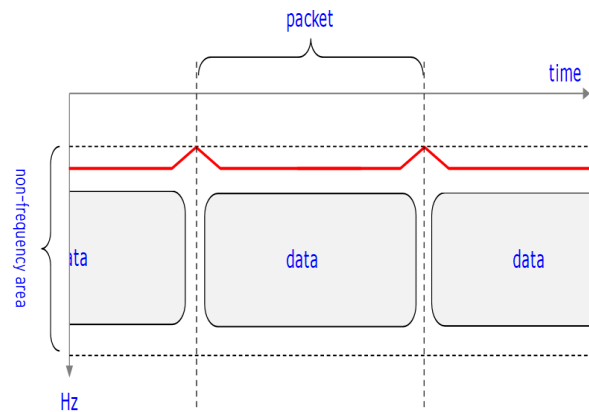


Fig. 7. Sinkband Allocation Format

3. Ultrasonic generator/recovery device optimized for mobile environments

모바일 환경에서 활용할 수 있는 최적화된 초음파 생성기와 복호기를 구현하기 위해서는 데이터 밴드 형식을 Fig. 12와 같이 다중화된 연결된 chirp 형태의 오디오로 인코딩해야 한다. Fig. 8의 예에서, data 수는 4, data band 수는 2 data band 내의 sub band 수가 4인 경우 $[0, 5^{2*4})$ 개수만큼의 정보를 인코딩 하는 것이 가능하다.

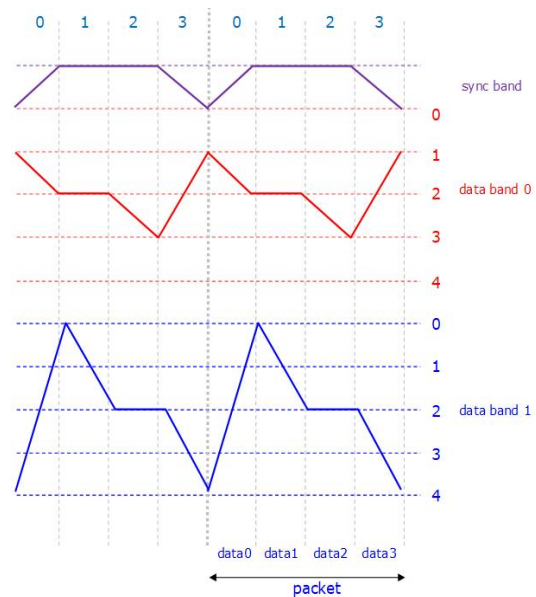


Fig. 8. New Encoding Format

Fig. 9는 소음에 강하고 전력소비를 줄이기 위해 제안한 인코딩 방식의 효과를 나타낸 것으로 amplitude가 일정하여 잡음이 없고, linear chirp sound를 통하여 다른 신호와 중첩이 가능하도록 하였고, 부분 소실 시 Recovery가 가능하게 하였다. 또한, 병렬 신호 전송을 위해 data capacity를 높였고, 모바일 기기의 자원을 절약하기 위하여 녹음 길이를 최소화했다.

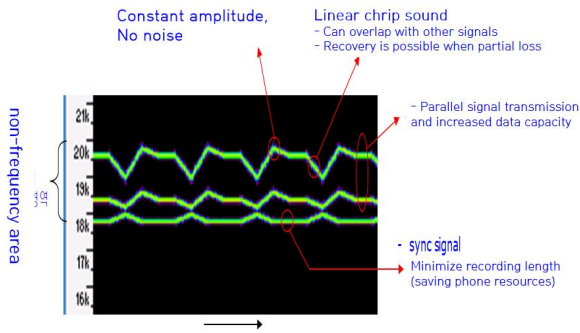


Fig. 9. Effects of Ultrasonic Encoding

기존의 초음파 신호와 새로운 방식의 초음파 신호를 동시에 재생하여 디코딩 하면 Fig. 10과 같은 결과가 나오며 앞서 설명한 바와 같이 직선 간의 연결성을 이용하여 오검출하지 않고 정확하게 디코딩 할 수 있다.

또한, peak 소실 시에 대한 대응 방안으로 두 직선이 소실되지 않도록 설계하였고, Fig. 11은 peak 소실 시 연속적인 두 직선이 소실되지만 않는다면 복구가 가능한 점을 설명하고 있으며, Fig. 12는 강한 소음으로 인하여 일시적으로 peak 소실이 강하게 발생하더라도 디코딩에 성공한 경우의 예시를 나타낸다.

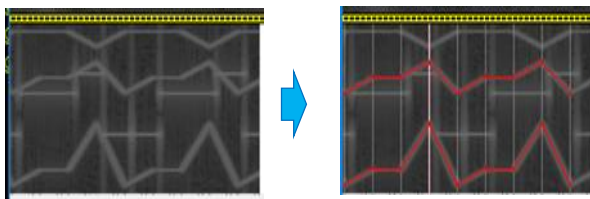


Fig. 10. Decodable Structure if Overlaps with other Signals in the Ultrasound Area

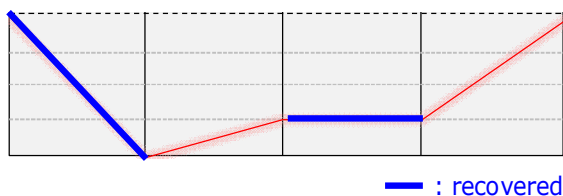


Fig. 11. Recovered Ultrasonic Signal

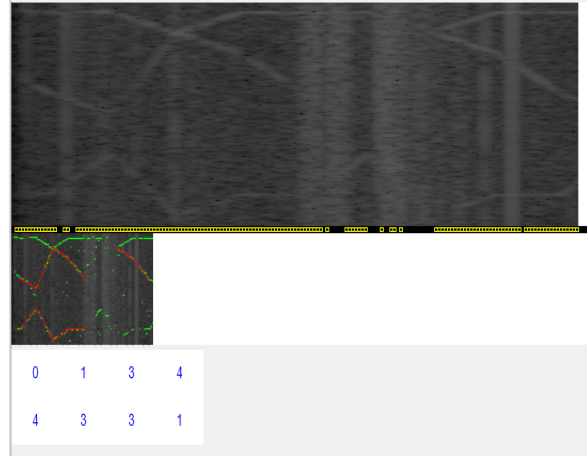


Fig. 12. Example of Partial Loss Recovery

초음파 인코더는 $IDIN[0, 5^{2*4}]$ 를 본 논문에서 설명한 인코딩 방식으로 wave 데이터로 변환한다. Fig. 13은 시작주파수 f_0 부터 종료주파수 f_1 까지의 chirp음을 생성하는 c코드이다.

Fig. 14과 Fig. 15는 각각 싱크오디오와 data오디오를 생성하는 c코드를 나타낸다. Fig. 16은 이러한 과정을 통하여 생성된 초음파 오디오를 실제 마이크를 통하여 수신한 오디오의 스펙트로그램의 예시이다.

```
void make_chirp_audio(short* p, int f0, int f1) {
    double g = ((double) (f1-f0)*0.5)/code_sn;
    for (int i=0; i<code_sn; i++) {
        double f = i*g + f0;
        float d = 0.7*32768*sin(2*PI*f*i/srate);
        *p++ = d;
    }
}
```

Fig. 13. Chirp Signal Generation C Code

```
short buf3[pkt_sn];
p=buf3;
make_chirp_audio(p, 18200, 18000); p+=code_sn;
make_chirp_audio(p, 18000, 18000); p+=code_sn;
make_chirp_audio(p, 18000, 18000); p+=code_sn;
make_chirp_audio(p, 18000, 18200); p+=code_sn;
```

Fig. 14. Sink Sound Generation C Code (M=4)

```
short buf[pkt_sn];
short* p=buf;
for (int i=0; i<codeN; i++) {
    int f0 = freq_at(id[i*2]);
    int f1 = i==codeN-1 ? freq_at(id[0]) : freq_at(id[i*2+2]);
    make_chirp_audio(p, f0, f1); p+=code_sn;
}
```

Fig. 15. Data Generation C Code (M=4)

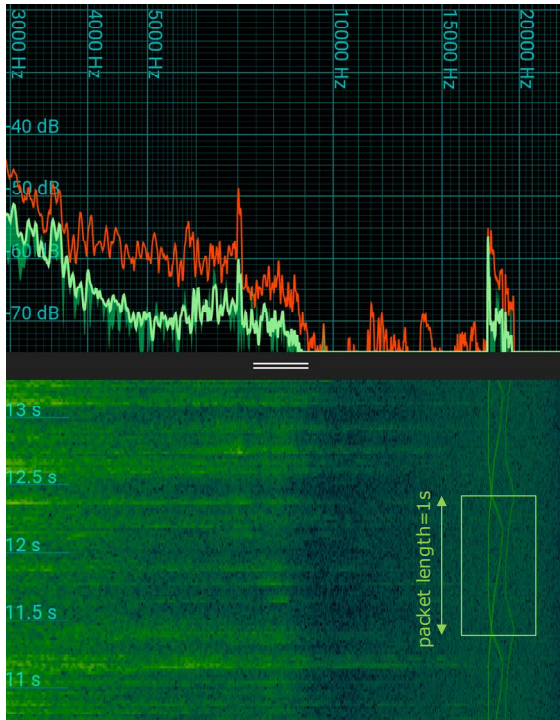


Fig. 16. Spectrogram of Ultrasonic Waves Received through the Microphone

디코더는 싱크음 검사 과정과 패킷 디코딩 과정으로 구성되고 싱크음 검사는 0.085초(4k sample) 길이의 오디오를 캡처하여 FFT 연산을 거쳐 width가 1px인 스펙트로그램 이미지를 생성하고 싱크 밴드 영역에 peak가 존재하는지를 체크한다. 이러한 짧은 길이의 싱크음 검사를 통하여 주기적인 패킷 디코딩 시 전력 소비량을 크게 감소시키는 것이 가능하다.

4. Experiments and Results

본 연구에 대한 실험을 하기 위하여 소음이 심한 카페 환경에서 초음파 재생기와 오디오 재생기, 그리고 스마트폰 단말기를 구비하여 실험하였다.

- 초음파 재생기 : LG gram Windows 10
- 오디오 재생기 : LG gram Window 10
- 스마트폰 : Samsung Galaxy S8 Android 8.0.0 (Oreo)

소음이 심한 카페 환경에서 임의의 ID를 입력하면 초음파 재생, 오디오 재생 음량은 -80db ~ -20db로 ID가 정확히 검출되는지에 대한 실험을 하였고 Fig. 17은 id가 정확히 검출되는 것을 나타낸다.

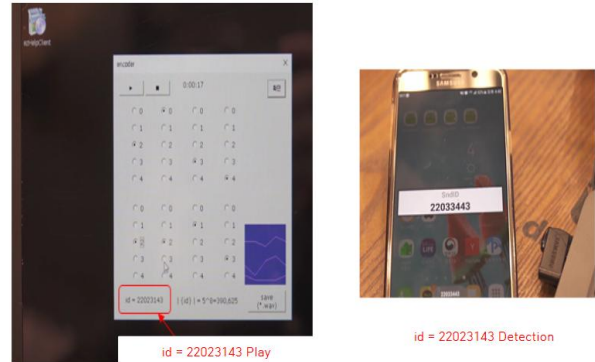


Fig. 17. Ultrasonic Regeneration and Rehabilitation Device Implementation

동일한 방법으로 임의의 ID를 입력하여 초음파 재생, 오디오 재생 음량은 -80db ~ -20db로 하여 각 db 당 50회 진행하여 출력 결과를 확인하였다. Table. 4는 출력 결과를 나타낸 것으로 검출률이 -80에서 검출률이 0.42, -70에서 0.73으로 낮은 수준이며 오답률도 0.01, 0.01수준을 보이는 것을 볼 수 있다. 하지만 -60에서부터는 검출률이 0.9 이상이고, 오답률도 0인 것을 확인 할 수 있었다. 따라서 -60에서부터 가장 최적화된 결과가 나오는 것을 확인할 수 있었다.

Table. 4. Results of Experiments in the Environment of the Cafe

DB	Detection Rate	Error Rate
80	0.42	0.01
-70	0.73	0.01
-60	0.9	0
-50	0.94	0
-40	0.98	0
-30	1	0
-20	1	0

IV. Conclusions

본 논문에서는 지능형 마케팅을 위해 마케팅 어플리케이션에서 이용할 모바일 마케팅시스템에서 마케팅 정보를 초음파를 통해 전송하기 위한 초음파 생성기 및 복호기를 제안하였고 실험을 통하여 성능 평가한 결과를 제시하였다. 또한, 강인성을 확보하기 위하여 연결된 chirp 형태의 초음파 인코딩 방식과 새로운 인코딩 포맷을 제안하였다. 이를 통하여 cafe와 같이 소음이 강한 환경에서는 약 -60db 정도로 음량을 높일 경우 90%의 검출률과 오답률이 0인 것을 확인하였다. 본 연구를 통해 사용자는 매장의 정보에 대해서 매장 이벤트 등을 따로 찾아볼

필요 없이 지능형 마케팅을 활용하여 더욱 편리하게 매장을 이용 가능 할 수 있다. 본 논문에서 제안한 연결된 chirp 형태의 초음파 인코딩 방식은 기존 인코딩 방식의 주요한 제한점들인 잡음 발생 문제, 소음이 심한 환경에서의 검출률 저하 문제, 오검출 발생 문제를 모두 큰 폭으로 개선한 효과가 있다. 하지만, 시간축 상에서 일시적으로 소음이 강하게 발생할 경우 초음파 성분 소실 문제가 발생하였으며, 3초 이상의 길이를 가진 패킷 디코딩을 주기적으로 사용할 경우 전력소비가 여전히 높았다. 향후 이러한 문제를 개선하기 위한 연구가 필요하다.

REFERENCES

- [1] D. Schubmehl, "IDC Innovators: Machine Learning-Based Text Analytics, 2016," IDC Innovators, Doc # US41312116, 2016. 05.
- [2] S.G. Kim, M.C. Shin and J.Y. Kang, "Introduction and Case Analysis of Chatbot Technology," The Korean Institute of Communications and Information Sciences, Information and Communication Open Class Vol. 35, No. 2 (Appendix No. 8), pp.21-28, 2018. 11.
- [3] M.J. Kang, "A Study of Chatbot Personality based on the Purposes of Chatbot,"The Korea Contents Association, journal of the Korean Content Society Vol. 18, No. 5, pp.319-329, 2018. 05.
- [4] S.G. Lin, J.O. Kim "Transmission and Reception Characteristics of Ultrasound According to Dimensions of a Horn Guide Combined with an Ultrasonic Sensor,"
- [5] W.J. Kwak and Y.H Noh, "A Study on the Development of Curation Services of Specialized Library," Korean Biblia Society for Library and Information Science, Journal of the Korean Biblia Vol. 30, No. 1, pp.53-75, 2019. 03.
- [6] J.W. Lee, B.W. Min and Y.S. Oh, "Design of Moa Contents Curation Service System Based on Incremental Learning Technology," The Korea Contents Association Conference, pp.401-402, 2018. 05.
- [7] H.N. Choi, S.W. Byun and S.P. Lee, "Discriminative Feature Vector Selection for Emotion Classification Based on Speech," The Transactions of the Korean Institute of Electrical Engineers Vol. 64, No. 9, pp. 1363-1368, 2015.
- [8] J.W. Ryu and S.B. Y, "Hot spot DBC : Location based information diffusion for marketing strategy in mobile social networks," Journal of Intelligence and Information Systems Society, Vol. 23, No. 2, pp.89-105, 2017
- [9] B.G. Lim and M.H Kang, "HW/SW Co-design For an Ultrasonic Signal Processing System Using Zynq SoC," The Institute of Electronics and Information Engineers, Journal of Electronic Engineering Society, Vol. 51, No. 8, pp.148-155, 2014. 08.
- [10] E.S. Shin, D.H. Lee, S.M. Kim, Y.C. Choi, Y.K. Lim and H.L. Ko, "MATLAB Simulator Design for Acoustic-Based Underwater Image Communication Systems,"The Korean Institute of Communications and Information Sciences, Journal of Academic Conference, pp.535-538, 2002. 11.
- [11] J.S. Cho, "Noise Suppression Model in Frequency Domain for Implementation of Noise Robust Speech Recognition System," The Korean Institute of Information Technology, Proceedings of KIIT Conference, pp.377-378, 2018. 06.
- [12] K.W. Yang and H.K Lee, "The research on the MEMS device improvement which is necessary for the noise environment in the speech recognition rate improvement," Korea Institute of Information and Communication Engineering, Journal of the Korean Society of Information and Communication, Vol. 22, No. 12, pp.1659-1666, 2018. 12.

Authors



Young-Mo Kim received his Ph.D degree in Computer Engineering from Deajeon University, Daejeon Korea in 2011. He is currently adjunct professor in Soongsil University. He is also working on several standardization and national project.

His research interests are security, computer forensics, DRM(Digital Right Management), fingerprint.



Se-Young Jang received the B.S. degree in computer science and Engineering from Soongsil University, Korean, in 2018. He is currently a M.S student in the Department of computer Science and Engineering, Soongsil University. He is interested

include Deep Learning, and object Manipulation



Byeong-Chan Park received the B.S., M.S., degree in Computer Science and Engineering from Soongsil University, Korea, in 2015 and 2018, respectively. He is Currently a Ph.D Student in the Department of Coumputer Science and

Engineering, Soongsil University. He is interested include DRM(Digital Right Management), Deep Learning, and Object Manipulation.



Kyung-Sik Bang graduated from Hongik University in 2002 with a BA in Business Administration. In 2018, he graduated from Soongsil University with Ph.D. in Business Administration. His research interests include music copyright, big data,

e-business, and IT policy management.



Seok-Yoon Kim received the B.S degree in electrical engineering from Seoul University in 1980. He received the M.S and Ph.D degree in ECE from University of Texas at Austin, in 1990 and 1993, respectively. He is currently a Professor in the Department

of Computer Science and Engineering, Soongsil University. He is interested in Computer Systems(Embedded System), VLSI/SoC, Design Automation and Copyright Protection Technology