

전방위 대응 사격 훈련을 위한 입체음향 구현

Realization of stereophonic sound for omnidirectional shooting training

2023-05-31

5분대기조

김동진 김태경 임재황 정효원 현지민
국방디지털융합학과

Contents

1 연구배경 및 동기

2 도전목표 소개

3 도전목표 추진 일정 및 현황

4 소감 및 마무리

연구배경 및 동기

연구배경 및 동기

■ 입체음향(立體音響, Surround Sound)

- 청자 주변 3차원적 공간에 음원을 가상 배치하여 스테레오 장치에 소리를 조작하는 음향 효과를 의미함.

■ 머리전달함수(Head Related Transfer Function, HRTF)

- 같은 소리를 전방위에 발생시켜 방향에 따른 주파수 반응을 측정한 3차원 함수를 의미함.
- 아직까지 한국인에 적합하게 개발된 사례는 전무한 수준임.
- 고비용적인 측면을 가지고, 수식이 매우 복잡함.
- 따라서, 자체 측정을 통해 **단순화, 고효율, 국군 맞춤형**이 필요함.

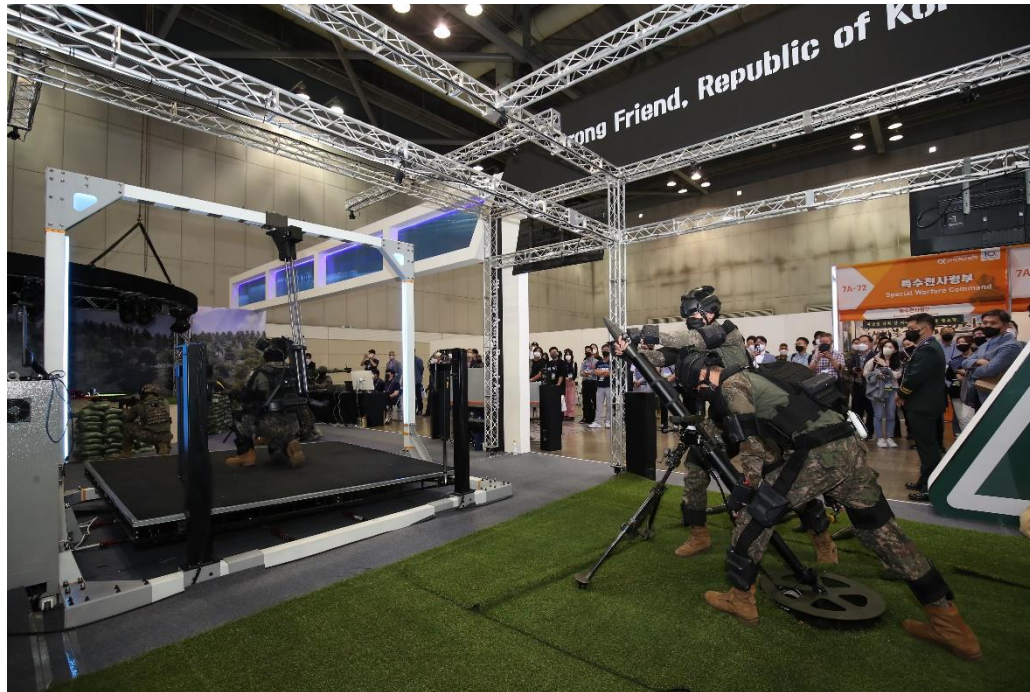
■ 소리의 세기(dB)

- 파동이 얼마나 큰 압력을 갖고 있는지에 따라 계산되며, 음압이라 표현되고 단위는 '데시벨'(dB) 을 사용함.
- 상대적인 값이며, 0dB을 기준으로 **10dB**이 증가할 때마다 음압은 **10의 거듭제곱** 꼴로 커짐.
- 따라서, 일정 기준에 따라 절대적으로 변환할 식이 필요함.

연구배경 및 동기

■ 대한민국 방위산업전

- 육군협회가 주최하고 국방부, 육군본부, 방위사업청, 국방과학연구소 등이 후원하는 지상무기 중심의 **아시아 최대 규모 국제 방산 전시회**.
- 모노 사운드 중심의 훈련시스템에 큰 아쉬움을 느껴 **실감적인 훈련 시스템 도입** 추진하고자 함.



연구배경 및 동기

■ 방위 산업(defense industry)

- 국방력 형성에 중요한 요소가 되는 무기장비의 생산과 개발을 담당하는 산업.
- 최근 산업체들은 훈련에 의한 방위비 소모를 줄이고자 수차례 사용 가능한 VR, AR 훈련 장비 개발 중임.
- 정밀하고 현장감이 있는 시스템을 갖추고자 하는 소요 제기됨.
- 따라서, **입체음향**을 통해 위와 같은 시스템을 갖추고자 함.



연구배경 및 동기

■ 방위 산업(defense industry)

- 국방력 형성에 중요한 요소가 되는 무기장비의 생산과 개발을 담당하는 산업.
- 최근 산업체들은 훈련에 의한 방위비 소모를 줄이고자 수차례 사용 가능한 VR, AR 훈련 장비 개발 중임.
- 정밀하고 현장감이 있는 시스템을 갖추고자 하는 소요 제기됨.
- 따라서, **입체음향**을 통해 위와 같은 시스템을 갖추고자 함.



도전목표 및 과정 소개

언어 학습

■ C언어 및 JAVA에 대한 학습

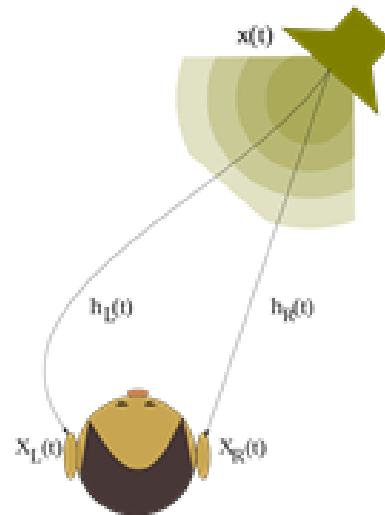
- 본 연구에 필요한 언어를 학습함.
- 특히, 입체음향의 구현을 위해 객체지향 기반의 언어인 JAVA 및 파이썬 필요.

```
import("stdfaust.lib");
musiclibrary("music.lib");
soundmusic.osc(440)*0.1;
posX= nentry("x",0,-100,100,1);
posY= nentry("y",0,-100,100,1);
N=nentry("N[style:menu{'R':0;'L':1}]",0,0,1,1);
left(x,y)=s1
letrec{
};
right(x,y)=sr
letrec{
};
p1=sound <: *_1,_*1;
p2=sound <: *_2.160235,_*6.4729382;
p3=sound <: *_6.4729382,_*2.160235;
p4=sound <: *_0.7389264,_*0.7389264;
process=sound<: *_left,_*right;
```

도전목표

■ 전방위 대응 사격 훈련을 위한 입체음향 구현

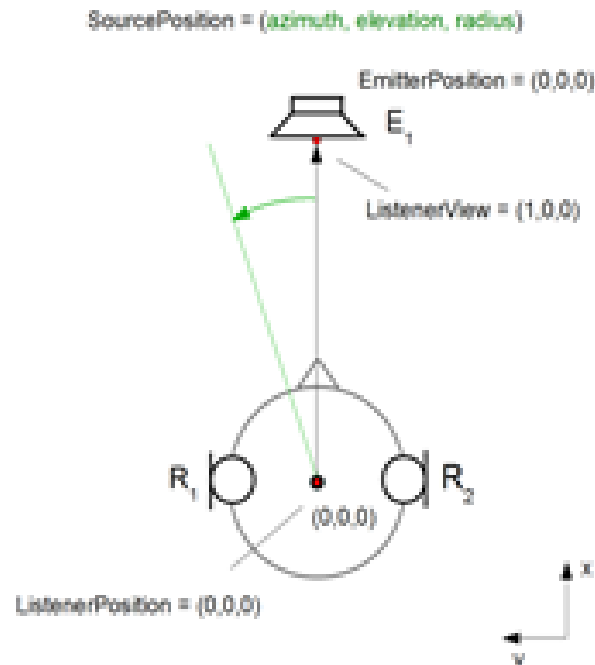
- 언어 학습
- 입체 음향 관련 학습
- 입체음향 수치 측정
- 입체음향 구현
- 훈련 시스템 구현



<HRTF>

입체 음향 관련 학습

- 입체음향 관련 내용을 학습
 - **HRTF**에 대해 학습
 - **가리움 효과**에 대해 학습
 - **스테레오** 음향에 대해 학습



입체음향 수치 측정

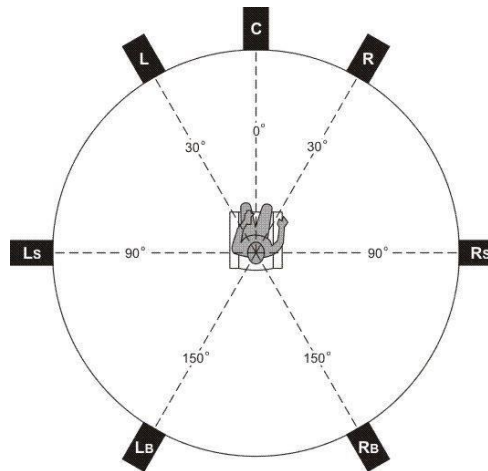
- 입체음향을 구현하기 위한 수치 측정
 - 사람 머리 모양의 마네킹으로 음향 측정 마이크 모델 제작
 - 특정 각도와 거리에서 발생하는 소리 측정
 - 음원 위치에 따른 소리 크기 비교 분석



입체음향 구현

■ 소리 출력 조절 프로그램 제작

- 거리에 따른 소리의 세기 변화 정도 계산
- 청자의 양쪽 귀 소리의 세기를 변환하는 프로그램 제작
 - 측정자료 분석 후 방향, 거리에 따른 양쪽 귀의 소리 세기 변화 정도 분석
 - 음원의 각 위치에 따라 소리 세기를 변환하는 프로그램 제작
 - 모노타입 음원을 스테레وتا입 음원으로 변환
 - 스테레오 타입 음원의 오른쪽, 왼쪽의 소리 크기 세기 변환



훈련 시스템 구현

- 훈련 시나리오를 바탕으로 프로그램 구현 및 실용성 평가
 - 시나리오 작성
 - 프로그램 적용 및 테스트
 - 프로그램 평가 및 개선



도전목표 추진 일정 및 현황

도전과제 추진일정

■ 기존 계획으로 10주차 이전까지 진행

주차	팀 목표 및 활동	투입시간
1	1. 언어 학습	50
2	1. 언어 학습 및 본인 관련 개념 학습	50
3	1. 본인 관련 개념 적용 연습	50
4	1. 관련 내용 탐색 2. 음향 측정 방법 설계	50
5	1. 입체음향 구현 방향 탐색 - 오픈소스 참고 및 방법 설계 2. 음향 측정	50
6	1. 입체음향 구현 방법 설계 2. 측정 음향 정리 및 분석	50
7	1. 측정 결과에 따른 입체음향 프로그램 작성	50

8	1. 입체음향 프로그램 오류 개선 2. 훈련 상황 시나리오 구성	50
9	1. 입체음향 구현 프로그램 작성 - 특정 위치 지정 2. 훈련 상황 시나리오 구성	50
10	1. 입체음향 구현 프로그램 작성 - 랜덤 위치 입력 2. 훈련 상황 시나리오를 프로그램에 적용할 수 있도록 변형	50
11	1. 시나리오에 따른 프로그램 개선 방향 설계 2. 프로그램에 따른 시나리오 변형	50
12	1. 시뮬레이션 시나리오에 맞춰 프로그램 개선	50
13	1. 시뮬레이션 작동	50
14	1. 시뮬레이션 실행 시 오류 개선	50
15	1. 최종 프로젝트 전체 검토 후 발표문 작성	50
16	활동 마무리 및 성과발표회	50

도전과제 추진일정

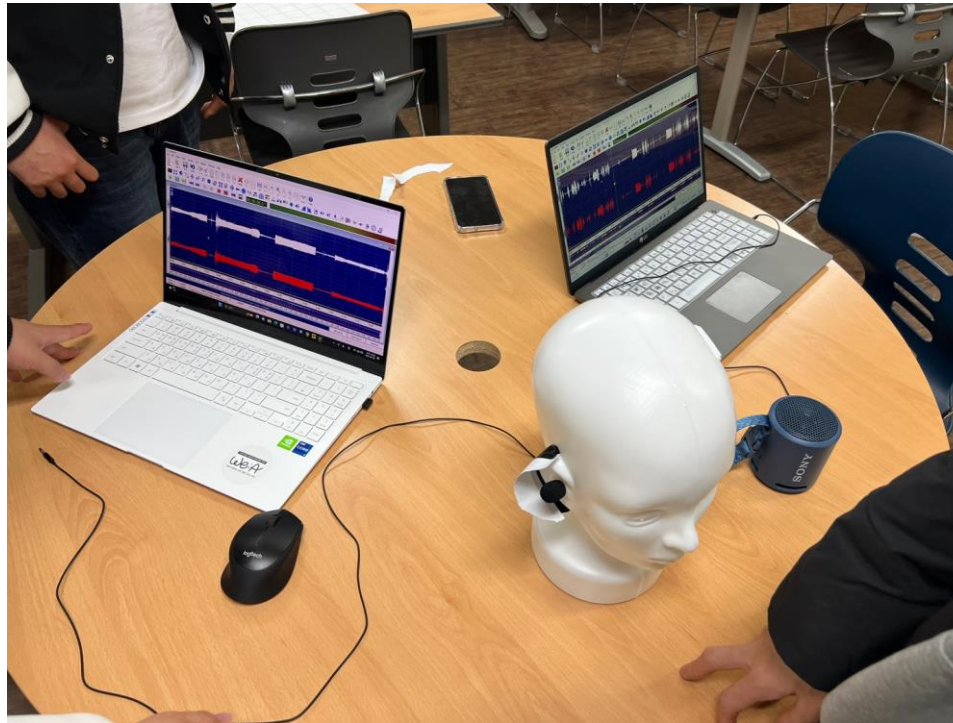
■ 10주차 이후 기존 계획의 문제점으로 계획 수정 후 진행

주차	팀 목표 및 활동	투입시간
1	1. 언어 학습	50
2	1. 언어 학습 및 본인 관련 개념 학습	50
3	1. 본인 관련 개념 적용 연습	50
4	1. 관련 내용 탐색 2. 음향 측정 방법 설계	50
5	1. 입체음향 구현 방향 탐색 - 오픈소스 참고 및 방법 설계 2. 음향 측정	50
6	1. 입체음향 구현 방법 설계 2. 측정 음향 정리 및 분석	50
7	1. 측정 결과에 따른 입체음향 프로그램 작성	50

8	1. 입체음향 프로그램 오류 개선 2. 훈련 상황 시나리오 구성	50
9	1. 입체음향 구현 프로그램 작성 - 특정 위치 지정 2. 훈련 상황 시나리오 구성	50
10	1. 입체음향 구현 프로그램 작성 - 랜덤 위치 입력 2. 기존 계획 일부 수정 및 방향 재설정	50
11	1. 음향 최종 측정 및 분석	50
12	1. 최종 데이터 적용된 입체음향 프로그램 제작	50
13	1. 입체음향 프로그램 개선 2. 음원 샘플 추출	50
14	1. 피드백 및 오류 개선	50
15	1. 최종 프로젝트 전체 검토 후 발표문 작성	50
16	활동 마무리 및 성과발표회	50

도전목표 추진 현황

- 10주차 이후 계획 일부 수정 및 목표 구체화하여 원활히 진행
 - 10주차 이후부터 최초 계획을 일부 수정하여 프로젝트를 진행
 - 도전목표의 구체화로 보다 정확한 방향으로 나아가고자 함



1주차

■ 언어 학습

- 파란학기 첫 모임 및 개인별 언어 학습 진행



2주차

■ 언어 학습 및 본인 관련 개념 학습

- 개인별 언어의 문법을 학습 및 진행 상황 공유 회의

```
1  #define _CRT_SECURE_NO_WARNINGS
2  #include <stdio.h>
3  #include <string.h>
4  #include "phone_book.h"
5
6  int x;
7  Phone* phone_list;
8
9  int main(void) {
10     x = 0;
11     FILE* fp = fopen("PhoneNumber.txt", "r");
12     char Name[30][30], Phone_number[30][30];
13     int i = 0;
14     phone_list = malloc(sizeof(Phone));
15
16     while ((fscanf(fp, "%s ", Name[i])) != EOF) {
17         x++;
18         fscanf(fp, "%s ", Phone_number[i]);
19         getPhoneData(Name[i], Phone_number[i], x - 1);
20         i++;
21     }
22
23     sortPhoneList(phone_list, x);
24
25     for (int j = 0; j < x; j++) {
26         printf("%s %s\n", phone_list[j].name, phone_list[j].phone_number);
27     }
28
29     free(phone_list);
30     fclose(fp);
31     return 0;
32 }
```


3주차

■ 본인 관련 개념 적용 연습

- 스테레오 개념 적용 방안에 대한 토의 및 회의 진행



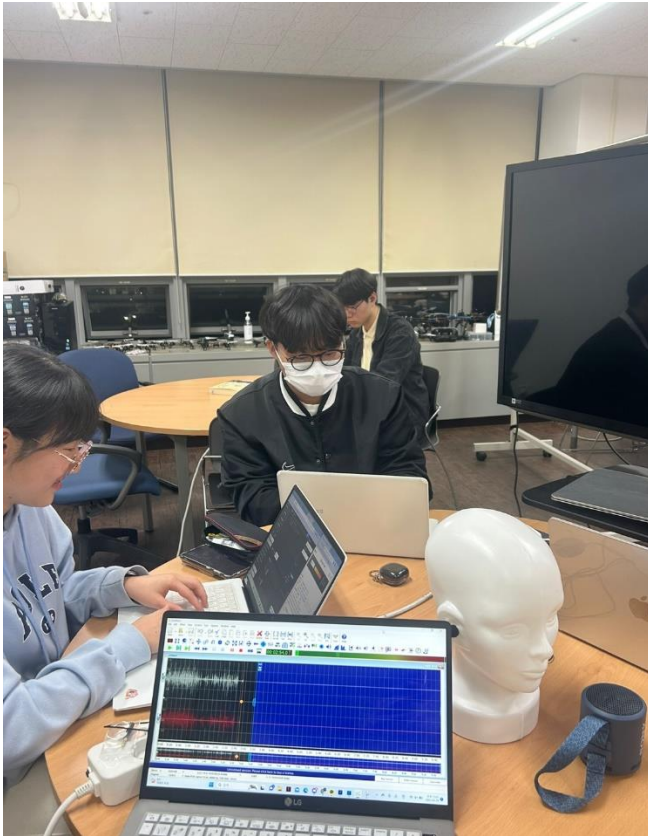
4주차

- 관련 내용 탐색, 음향 측정 방법 설계
 - 음향 측정 관련 제품 구매 및 설계



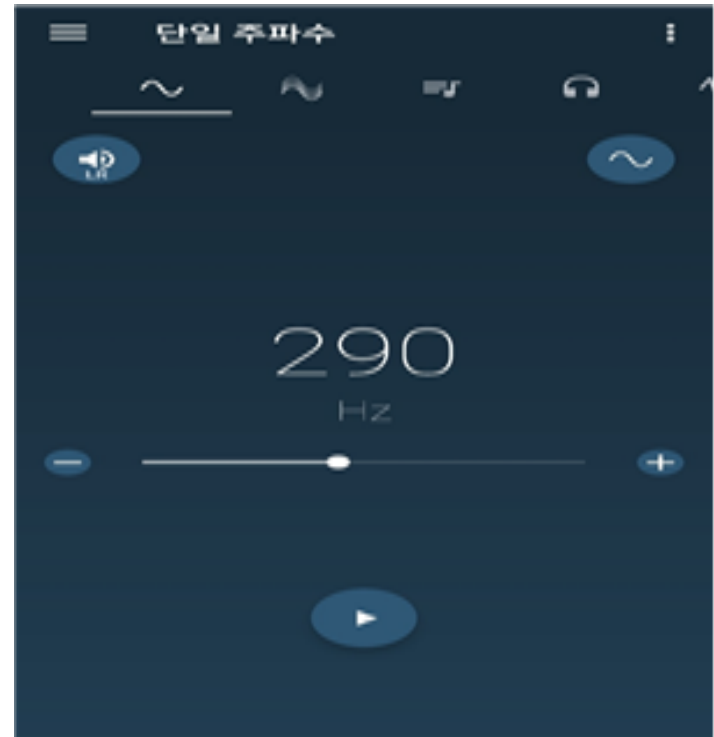
5주차

- 입체음향 구현 방향 탐색, 오픈소스 참고 및 설계, 음향 측정
 - 오픈소스 참고하여 방법 설계, 음향 측정 맛보기



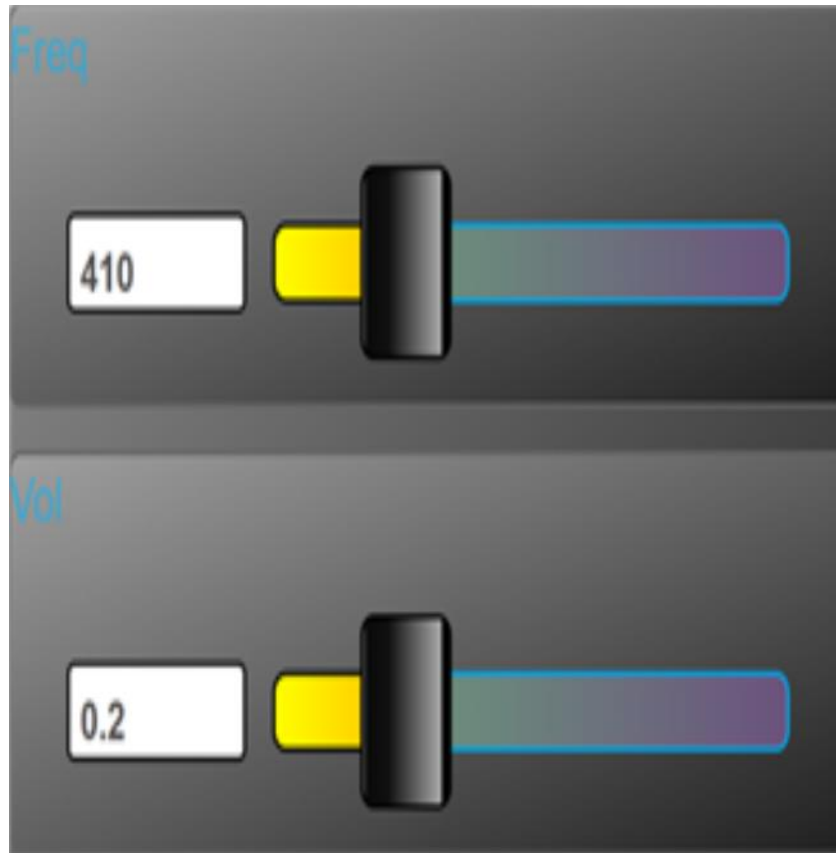
6주차

- 입체음향 구현 방법 설계, 음향 측정 환경 세팅
 - 입체음향 관련 실습 및 설계, 특징에 필요한 마네킹 환경 세팅



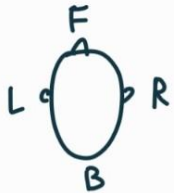
7주차

- 측정 결과에 따른 입체음향 프로그램 작성
 - FAUST 언어 학습 및 음향 출력 프로그램 제작



8주차

- 한국전자통신연구원(ETRI) 국방사업 소개 참관 및 프로그램 개선
 - 프로그램 개선 및 ETRI 주요 국방사업 소개를 통해 프로젝트 적용 방안 모색

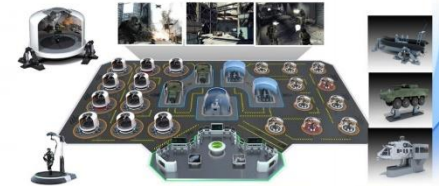


$$\begin{aligned}
 F \text{ 전면} & -17.156 \text{ dB} \Rightarrow 10^{\frac{-17.156}{10}} = 0.0192486 \\
 R \text{ 우측} & -13.811 \text{ dB} \Rightarrow 10^{\frac{-13.811}{10}} = 0.0415815 \\
 B \text{ 후면} & -18.470 \text{ dB} \Rightarrow 10^{\frac{-18.470}{10}} = 0.0142233 \\
 L \text{ 좌측} & -9.045 \text{ dB} \Rightarrow 10^{\frac{-9.045}{10}} = 0.124595
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \left\{ \begin{array}{l} \text{전면} \quad 1 \\ \text{우측} \quad 2.160235 \\ \text{후면} \quad 0.0389264 \\ \text{좌측} \quad 6.4729382 \end{array} \right. \\
 & \text{비율}
 \end{aligned}$$

ETRI 주요 국방사업

- 합성전장 환경의 초실감 통합전투 훈련 플랫폼 (방사청 사업)
 - 목표 : 가상(Virtual) 공간에서 팀 단위에서 대규모로 확대, 전술훈련을 할 수 있는 초실감 가상훈련 시스템 개발 (전투방, 별기, 장갑차, 해상 침투경 등)
 - 기간 : 22~27년



7

Passion Pride Professional

ETRI 주요 국방사업 (계속)

- XR기반 공군 통합교육훈련 시스템 (NIPA 사업)
 - 목표 : 특기별 교육훈련과 분야 통합훈련 지원용 시나리오 / 콘텐츠 5종 제작
 - 기간 : 21~23년



8

Passion Pride Professional

9주차

- 입체음향 구현 프로그램 작성(특정 위치 지정)
 - 전방위 구현에 대한 한계로 8방향으로 계획 수정 검토

```
import java.io.ByteArrayOutputStream;
import java.io.IOException;
import java.io.InputStream;

import javax.sound.sampled.*;

public class SpatialAudioExampleWithHRTF {
    public static void main(String[] args) throws Exception {
        AudioFormat format = new AudioFormat(44100, 16, 2, true, true);
        DataLine.Info info = new DataLine.Info(SourceDataLine.class, format);
        SourceDataLine line = (SourceDataLine) AudioSystem.getLine(info);
        line.open(format);
        line.start();

        int bufferSize = (int) (format.getFrameSize() * format.getFrameRate() * 0.1);
        byte[] buffer = new byte[bufferSize];
        byte[] leftFilter = loadFilter("left.hrtf");
        byte[] rightFilter = loadFilter("right.hrtf");

        for (int i = 0; i < 100000; i++) {
            double theta = i / (format.getFrameRate() / 2.0) * Math.PI;
            double left = Math.sin(theta);
            double right = Math.sin(theta + Math.PI / 4);
            int amplitude = Short.MAX_VALUE;

            // Apply HRTF filters
            left = applyFilter(leftFilter, left, i);
            right = applyFilter(rightFilter, right, i);

            short leftSample = (short) (left * amplitude);
            short rightSample = (short) (right * amplitude);
            buffer[i % bufferSize] = (byte) (leftSample & 0xFF);
            buffer[(i % bufferSize) + 1] = (byte) (leftSample >> 8);
            buffer[(i % bufferSize) + 2] = (byte) (rightSample & 0xFF);
            buffer[(i % bufferSize) + 3] = (byte) (rightSample >> 8);
        }
    }
}
```

```
ALuint source;
ALuint buffer;
ALCdevice *device;
ALCcontext *context;
ALuint effectSlot;
ALuint effect;

int main()
{
    ALsizei size, freq;
    ALsizei channels;
    ALenum format;
    ALvoid *data;

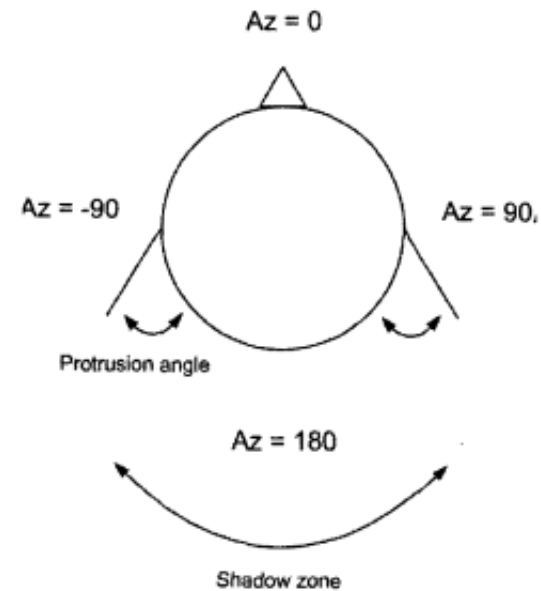
    // OpenAL 디바이스와 컨텍스트 생성
    device = alcOpenDevice(NULL);
    context = alcCreateContext(device, NULL);
    alcMakeContextCurrent(context);

    // 이펙트 확장 라이브러리 초기화
    alcGetInteger(device, ALC_EFX_MAJOR_VERSION, sizeof(ALint), &majorVersion);
    alcGetInteger(device, ALC_EFX_MINOR_VERSION, sizeof(ALint), &minorVersion);
    if (majorVersion > 0 || minorVersion >= 2) {
        alGenEffects(1, &effect);
        alEffecti(effect, AL_EFFECT_TYPE, AL_EFFECT_EAXREVERB);
        alGenEffectSources(1, &effectSlot);
        alEffectSloti(effectSlot, AL_EFFECTSLOT_EFFECT, effect);
    }

    // 사운드 파일 읽기
    FILE* soundFile = fopen("test.wav", "rb");
    if(soundFile == NULL) {
        printf("Error opening sound file!\n");
        return 0;
    }
}
```

10주차

- 입체음향 구현 프로그램 탐색
 - 입체음향 랜덤 위치 입력 방법 탐구, 가리움 효과 분석
- 기존 계획 일부 수정
 - 기존의 계획 진행에 어려움이 있음을 인지하고 일부 수정



11주차

- 입체음향 프로그램 개선
- 음향 데이터 최종 측정
 - 기존 데이터의 오차로 인해 음향 데이터 최종 측정



11주차

- 입체음향 프로그램 개선
- 음향 데이터 최종 측정
 - 기존 데이터의 오차로 인해 음향 데이터 최종 측정

2023.05.11

측정 결과 - Untitled 7



1. -32.258 dB
2. -36.523 dB
3. -34.921 dB
4. -36.347 dB
5. -35.345 dB
6. -32.924 dB
7. -31.439 dB
8. -37.035 dB



F 전면 $-17.156 \text{ dB} \Rightarrow 10^{\frac{-17.156}{10}} = 0.0192486$
R 우측 $-13.811 \text{ dB} \Rightarrow 10^{\frac{-13.811}{10}} = 0.0415815$
B 후면 $-18.470 \text{ dB} \Rightarrow 10^{\frac{-18.470}{10}} = 0.0142233$
L 좌측 $-9.045 \text{ dB} \Rightarrow 10^{\frac{-9.045}{10}} = 0.124595$

비율
전면 1
우측 2.160235
후면 0.1389264
좌측 6.4729382

```
#include <stdio.h>
#include <math.h>

int main()
{
    double x[10] = {};
    double y[10] = {};
    for (int i = 1; i <= 8; i++) {
        printf("%d : ", i);
        scanf("%lf", &x[i]);
    }

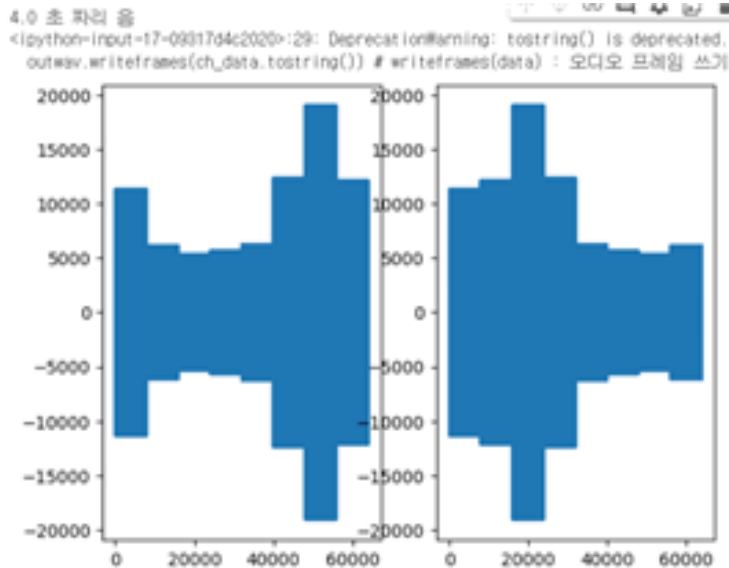
    printf("\n결과\n");
    for (int i = 1; i <= 8; i++) {
        y[i] = pow(10.0, x[i] / 10);
        printf("%d : %lf\n", i, y[i]);
    }

    printf("\n비율\n");
    for (int i = 1; i <= 8; i++) {
        printf("%d : %lf\n", i, y[i] / y[1]);
    }

    return 0;
}
```

12주차

- 최종 데이터를 통해 입체음향 프로그램 개선
 - 11주차에 측정한 데이터를 바탕으로 프로그램 제작



```
# 파일 분리
def save_wav_channel(fn, wav, channel):
    # Read data
    nch = wav.getnchannels() # getnchannels() : 오디오 채널 수 반환 (모
    # 노 : 1, 스테레오 : 2)
    depth = wav.getsampwidth() # getsampwidth() : 샘플 폭을 바이트 단위
    # 로 반환
    wav.setpos(0) # setpos(위치) : 파일 포인터를 지정된 위치로 설정
    sdata = wav.readframes(wav.getnframes()) # readframes(n) : 최대 n개
    # 의 오디오 프레임을 bytes 객체로 읽고 반환

    # Extract channel data (24-bit data not supported)
    typ = { 1: np.uint8, 2: np.uint16, 4: np.uint32 }.get(depth)
    if not typ:
        raise ValueError("sample width {} not supported".format(depth))
    if channel >= nch:
        raise ValueError("cannot extract channel {} out of
    {}".format(channel+1, nch))
    print ("Extracting channel {} out of {} channels, {}-bit
```

13주차


- 음원 샘플 추출
- 입체음향 프로그램 피드백
 - 작동 여부 및 방향 입력 시 해당 방향의 소리 출력 여부 확인




	Left	Right
Peak amplitude:	-15.286 dB	-8.433 dB
Peak amplitude value:	0.172058	0.378754
DC offset:	-0.000314	-0.000611
Possibly clipped:	0	0
Loudness:	-100.00 LUFS	-100.00 LUFS
Loudness range:	0.00 LU	0.00 LU
Peak to loudness ratio:	84.71	91.57

14주차 및 15주차

- 프로그램 오류 개선
- 최종 발표 준비

**AJOU UNIVERSITY**

**AJOU-MDC**
국방디지털융합학과

전방위 대응 사격 훈련을 위한 입체음향 구현


**Realization of stereophonic sound
for omnidirectional shooting training**

2023-05-31

5분대기조

김동진 김태경 임재환 정효원 현지민
국방디지털융합학과

아주대학교 도전학기 프로그램
파란학기제

**5-MINUTE
BATTALION**
STEREO FOR ALL-ROUND SHOOTING TRAINING

도전목표 추진 현황

■ 계획 수정 후 도전목표 달성

- 도전과제 추진일정에서 **10주차** 이후 일부 수정을 거쳐 진행
- 핵심 목표 달성 완료



소감 및 마무리

소감 및 마무리

- 새로운 분야에 대해 공부하고 전공에 **연계**
 - 생소한 음향에 대해 탐구하고, 전공인 **국방** 정보통신 분야에 접목
 - 기존 교육과정에서 벗어나 **융합**에 대한 **도전정신** 발휘
- **팀워크** 발휘
 - 주 1회 이상 회의를 통해 팀원들과 함께 프로젝트를 진행하는 방식을 습득
- **자기주도성** 성장
 - 각자의 주어진 역할에 최선을 다함
- **계획의 구체화**
 - 기존 계획의 문제점을 파악하고, 새로운 방향을 제시하여 목표를 달성



감사합니다