



주제 선정 : 음량 균형 보정 콘솔

1. 작품개요

2. 주제 선정 과정

2.1) 문제인식

관련 사례(tvN '뽕뽕 지구오락실')

자문 Q&A (음향 관련 일을 하고 있는 지인)

2.2) 가치

편리한 노이즈 제거 기능

일관된 사운드 레벨

휴대성과 간편한 조절

3. 구현 방법

3.1) 구현개요

하드웨어 구성:

소프트웨어 구현:

3.2) 하드웨어

마이크 입력 장치

ADC(Analog-to-Digital Converter):

MAX98357A 모듈:

<라즈베리 파이와 각 모듈 연결 방법>

3.3) 소프트웨어

3.3.1) 노이즈 제거

실시간 노이즈 제거 알고리즘

<노이즈를 제거한 후에 신호를 증폭하는 것이 좋은가?>

3.3.2) 사운드 레벨 동기화

<RMS 레벨>

[FLOW CHART]

4. 유사제품 비교

1. Behringer의 X32 디지털 믹서:

2. Samsung Sound Assistant:

5. 팀원 간 업무 내용

6. 작품 제작 추진 계획 및 일정표

7. 지원 경비 사용 계획

1. 작품개요

이 작품은 노이즈 제거 기술을 적용하고 사운드 레벨 동기화 기술을 구현하여 입력되는 오디오 신호의 음량을 조정하는 장치를 개발하는 것을 목표로 합니다.

- 노이즈 제거 기술

- 증폭된 소리에 노이즈가 섞일 수 있으므로 노이즈를 제거하는 기능이 필요합니다.
- 이를 위해 디지털 신호 처리 기술을 사용하여 노이즈를 감지하고 제거할 수 있는 알고리즘이 필요합니다. 주로 사용되는 기술로는 주파수 영역에서 노이즈를 제거하는 FFT 기반의 알고리즘인 'noisereduce'가 있습니다.

• 사운드 레벨 동기화 기술

- 주로 사용되는 알고리즘으로는 RMS (Root Mean Square) 분석을 기반으로 한 볼륨 조절 알고리즘이 있습니다.
- 이 알고리즘은 각 소스에서 입력된 오디오의 RMS 값을 측정하여 신호의 강도를 평가하고, 이를 기반으로 볼륨 조절을 수행하여 일관된 음량을 유지합니다.
- 각각의 다른 소리 신호의 볼륨을 조정하여 사용자에게 일관되고 편안한 오디오 청취 경험을 제공하도록 합니다.

2. 주제 선정 과정

2.1) 문제인식

- 공연예술학과 친구와 식사를 하던 중...

무대를 구성할 때, 사람마다 성량이 다르기 때문에 각각의 **성량에 따라 사운드 레벨을 직접 조절**해야 한다고 한다.

현재 학과에서 사용하는 사운드 레벨 조정 방법은 **교수님이 무대 중앙에서** 배우들의 사운드 레벨을 듣고 "몇 번 배우 소리가 너무 크다"와 같은 피드백으로, **감에 의해 조절**하고 있다고 한다.


이로 인한 문제는, 다수의 배우의 사운드 레벨을 균일하게 맞춰야 하기 때문에 이를 조절하는데 **오랜 시간이 필요**하는 것이다. 또한 교수님의 **청력에 따라 판단**되기에 **정확도가 떨어진**다는 문제가 있다.

관련 사례(tvN '뽕뽕 지구오락실')

- tvN '뽕뽕 지구오락실' 시리즈를 맡았던 김선우 오디오 감독이 가수 이영지의 목소리 크기를 언급했습니다.
- 2023년 12월 6일 유튜브 '채널십오야' 채널에 나영석 PD와 김대주 작가, 김선우 오디오 감독이 함께한 라이브 영상의 편집본이 게재되었습니다.
- 나영석 PD가 이영지의 목소리 크기에 대한 질문을 하자 김선우 오디오 감독은 "목소리가 진짜 크다"라고 언급하였습니다.

네 분 중에서 상대적으로 유진 씨가 목소리가 좀 작다. 네 분 중에서는. 그래서 **유진 씨의 목소리에 맞게 음량을 좀 키워 놓으면 옆에서 얘기하는 영지씨 목소리가 엄청 크게 들어간**

다. 그래서 현장이 넓어서 공간이 많으면 4개의 마이크를 운용하는데, 좁은 공간에서는 영지 씨 마이크를 아예 꺼버린다.

'지락실' 오디오 감독, "이영지 목소리 진짜 커...마이크 아예 꺼버리기도" : 네이트 연예
한눈에 보는 오늘 : 연예가 화제 - 뉴스 : [톱스타뉴스 정은영]tvN '뽕뽕 지구오락실' 시리즈를 맡았던 김선우 오디오 감독이 가수 이영지의 목소리 크기를 언급했다. 지난 6일 유튜브 '채널십오야' 채널에는 나영석 PD와 김대주 작가, 김선우 오디오 감독이 함께한 라이브 영상의 편집본이 게재됐
 <https://news.nate.com/view/20231208n08774>



자문 Q&A (음향 관련 일을 하고 있는 지인)

- 공연예술학과 음향감독

? Q1. 보컬의 성량에 따른 음량 차이는 어떻게 조절하나요? 차이가 있을 시 감으로 조절하는 것인지, 기계로 밸런스를 측정해서 조절하는 것인지도 궁금합니다.

A1. 성량에 따른 데시벨이 나오는 기계도 있고, 단순히 두 귀로 듣고 차이가 있으면 콘솔을 사용해서 수동으로 조절합니다.

? Q2. 현재 음향 조절은 어떻게 하고 계시나요?

A2. 저희는 X32라는 콘솔로 음량을 조절하고 있습니다. 이는 자동화가 아닌, 사람이 직접 조작해야 합니다.

? Q3. 무대에서 발생하는 다수의 배우들 간 성량 차이는 어떻게 해결하나요?

A3. 제가 알기로는 마이크 내부에 음량을 조절하는 기능이 탑재되어 있는 것도 있다고 들었는데, 여러 배우의 음량을 맞추는 건 직접 해야 하는 부분입니다.

? Q4. 저희의 구상 방향성이 필요한 기술인지 여쭙보고 싶습니다.

예를 들어, 10명의 사람이 마이크를 쓰고 있을 경우에 10명 각각의 음향을 조절하는 것이 아니라 음향 감독이 음량을 조절하기 전에 시스템 내부적으로 일정한 볼륨으로 설정해주는 것입니다.

즉, 사람 A의 소리가 사람 B의 소리보다 작을 경우 내부적으로 사람 A의 소리를 조금 크게 하고, 사람 B의 소리를 조금 작게 해서 모든 채널의 음량을 동일하게 맞추어 각각의 음량을 따로 조절하지 않아도 되도록 하는 것입니다.

A4. 인간이 듣고 판단하는 것이 아닌 기계가 정확한 데시벨을 측정하여 자동적으로 볼륨을 조절해주는 것은 너무 좋은 것 같습니다.

2.2) 가치

편리한 노이즈 제거 기능

증폭된 소리에 노이즈가 섞이는 문제를 해결하여 사용자들이 더욱 깨끗하고 정확한 오디오 청취를 할 수 있도록 하여 오디오 경험을 향상시킵니다.

일관된 사운드 레벨

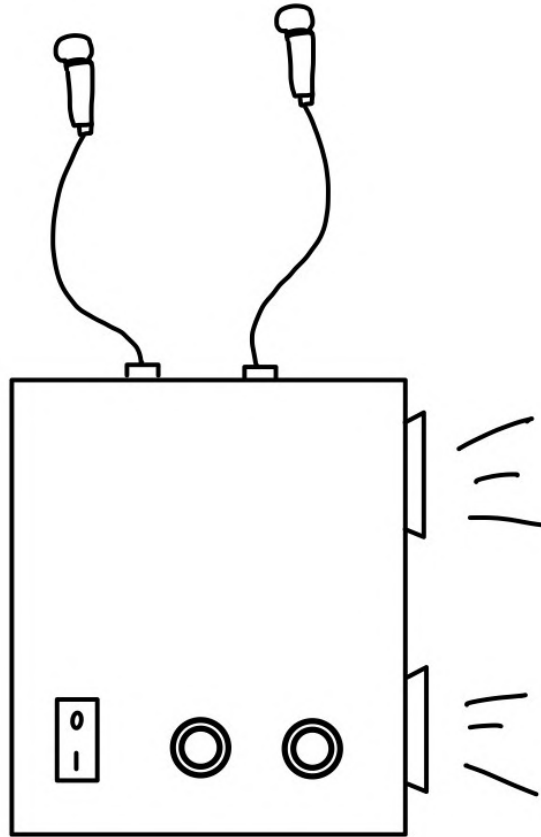
다양한 소스에서 입력되는 오디오 신호의 볼륨을 조정하여 일관된 사운드 레벨을 유지합니다. 이를 통해 사용자는 다른 소스 간의 음량 차이로 인한 불편함 없이 일관된 음향을 들을 수 있습니다.

휴대성과 간편한 조절

휴대용으로 제작된 콘솔은 사용자가 어디에서든지 손쉽게 사용할 수 있습니다. 또한 사용자 친화적인 인터페이스를 통해 노이즈 제거 및 사운드 레벨 조절을 간편하게 수행할 수 있습니다. 이는 이동 중이거나 다양한 장소에서의 오디오 작업을 수행하는 사용자에게 큰 편의를 제공합니다.

3. 구현 방법

3.1) 구현개요



1. 마이크 입력 및 노이즈 제거:

- 마이크로부터 소리의 입력을 받고 ADC를 통해 디지털 소리로 변환 후 노이즈를 제거합니다.

2. 신호 증폭 알고리즘 적용:

- 증폭할 크기를 제어할 파라미터를 설정합니다. 이때 파라미터 값은 사용자 인터페이스를 통해 조정할 수 있습니다. 각각의 마이크로 들어온 소리 신호를 ADC 모듈을 이용해 디지털 신호로 변환 후 각각 증폭합니다. 이때 증폭 정도는 두 소리 신호 크기가 동일해지도록 자동으로 각각 조절됩니다.

3. 앰프 모듈 제어:

- 파라미터 값을 기반으로 실제 하드웨어인 앰프 모듈을 제어합니다.

4. 앰프 모듈로 출력:

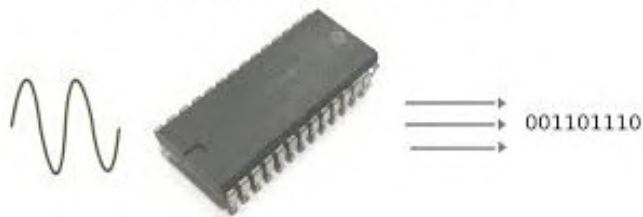
- 앰프 모듈을 통해 증폭된 오디오 신호를 출력 장치로 전달합니다. 이때 DAC 모듈이 내장되어 있는 앰프 모듈을 사용하여 별도 장치 없이 스피커로 출력할 수 있습니다.

하드웨어 구성:

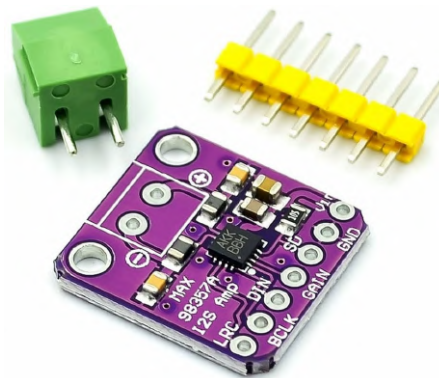


- **마이크** : 아날로그 소리 신호를 입력 받습니다.

Analog to Digital Converters



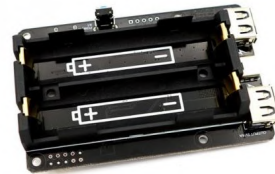
- **ADC** : 마이크를 통해 입력 받은 아날로그 신호를 노이즈 제거 및 앰프에 전달하기 위해 디지털 신호로 변환합니다.



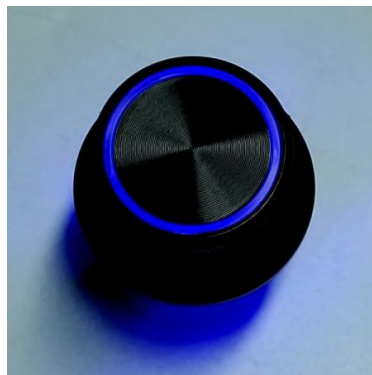
- **DAC가 내장된 앰프 모듈** : 소리 신호 증폭을 제어하고 증폭시킨 디지털 신호를 아날로그 신호로 변화합니다.



- **스피커** : 아날로그 신호로 변환된 소리를 스피커를 통해 출력합니다.



- **전원 스위치 및 충전모듈** : 휴대가 가능하도록 충전 모듈을 달아 따로 전원이 없어도 작동이 가능하도록 합니다. 전원 스위치를 추가하여 배터리가 빨리 방전되는 것을 예방합니다.



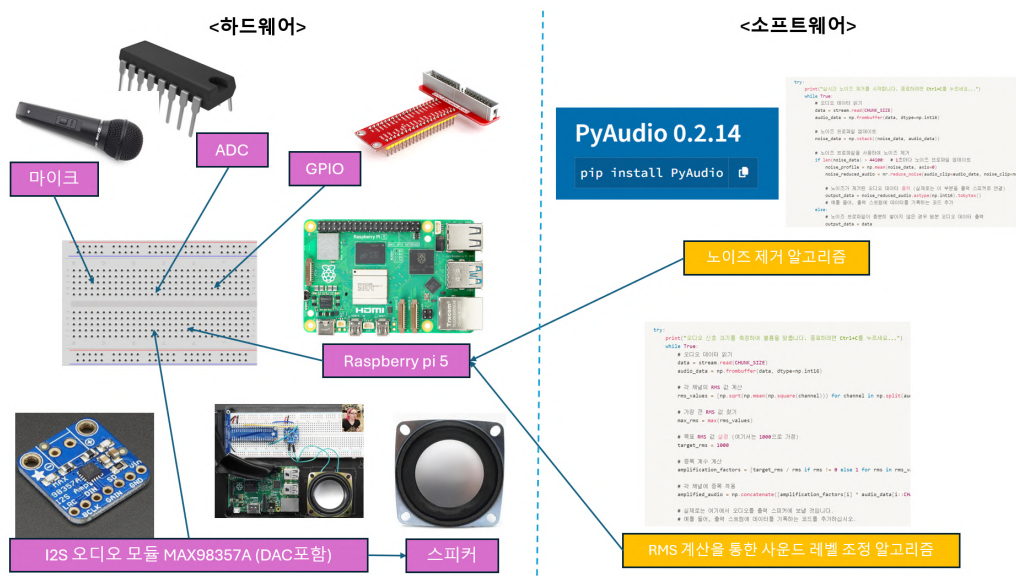
- **다이얼** : 사용자 인터페이스로 다이얼을 사용하여 사용자 지정 노이즈 강도를 지정합니다.

소프트웨어 구현:

- **노이즈 파라미터 값 조정:** 사용자 인터페이스를 통해 전달 받은 사용자가 지정한 노이즈 강도를 통해 파라미터 값을 조절합니다. 해당 파라미터를 가지고 노이즈를 제거합니다. 노이즈를 제거한 각각의 디지털 신호를 각각의 앰프 모듈로 전달합니다.
- **앰프 모듈 제어:** 하드웨어 모듈을 제어하여 각각의 신호를 결과적으로 동일한 크기의 소리로 출력될 수 있게끔 증폭을 수행하는 알고리즘을 작성합니다.

3.2) 하드웨어

<구상도>



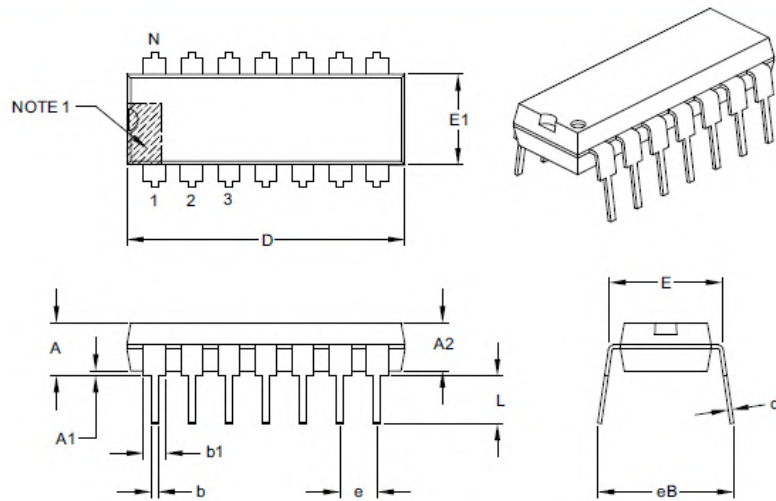
마이크 입력 장치

마이크로폰 또는 다른 오디오 입력 장치를 사용하여 소리를 감지하고 아날로그 신호를 생성합니다.

ADC(Analog-to-Digital Converter):

라즈베리 파이에는 내장된 ADC가 없으므로 외부 ADC 모듈이 필요합니다. MCP3008과 같은 SPI(Serial Peripheral Interface)를 통해 통신하는 ADC 모듈을 선택할 수 있습니다.

Dimensions



Units		INCHES		
Dimension Limits		MIN	NOM	MAX
Number of Pins	N	14		
Pitch	e	.100 BSC		
Top to Seating Plane	A	—	—	.210
Molded Package Thickness	A2	.115	.130	.195
Base to Seating Plane	A1	.015	—	—
Shoulder to Shoulder Width	E	.290	.310	.325
Molded Package Width	E1	.240	.250	.280
Overall Length	D	.735	.750	.775
Tip to Seating Plane	L	.115	.130	.150
Lead Thickness	c	.008	.010	.015
Upper Lead Width	b1	.045	.060	.070
Lower Lead Width	b	.014	.018	.022
Overall Row Spacing §	eB	—	—	.430

Notes:

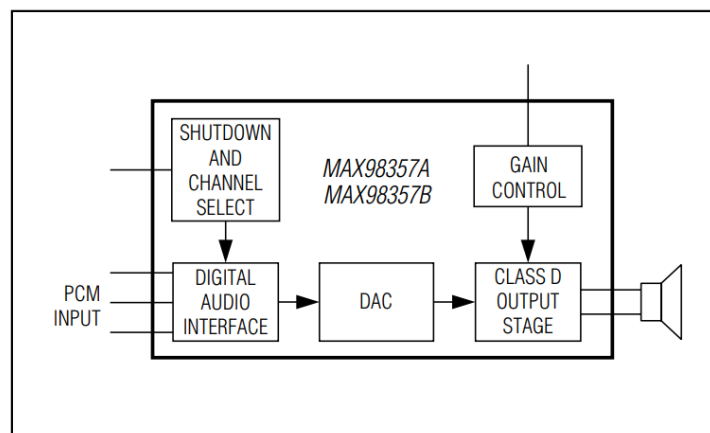
- Pin 1 visual index feature may vary, but must be located with the hatched area.
- § Significant Characteristic.
- Dimensions D and E1 do not include mold flash or protrusions. Mold flash or protrusions shall not exceed .010" per side.
- Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.

BSC: Basic Dimension. Theoretically exact value shown without tolerances.

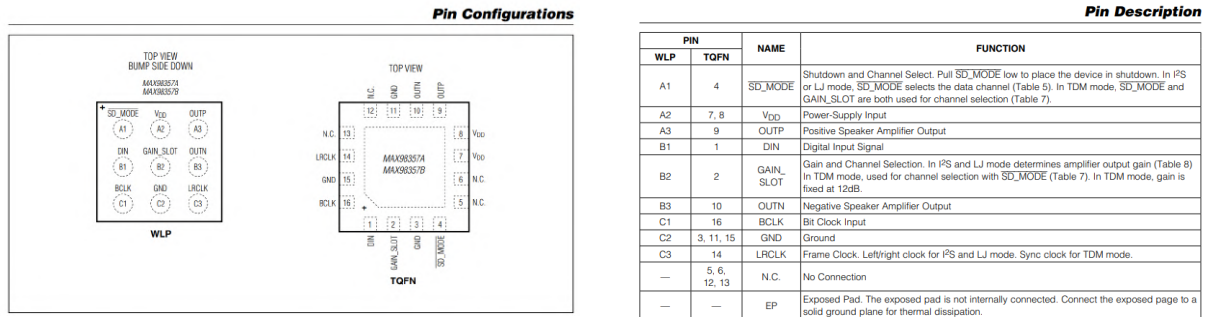
MAX98357A 모듈:

라즈베리 파이의 디지털 GPIO 핀을 사용하여 제어할 수 있습니다. 이 모듈은 DAC와 앰프를 통합하고 있으며, 디지털 입력 신호를 오디오 출력 신호로 증폭합니다.

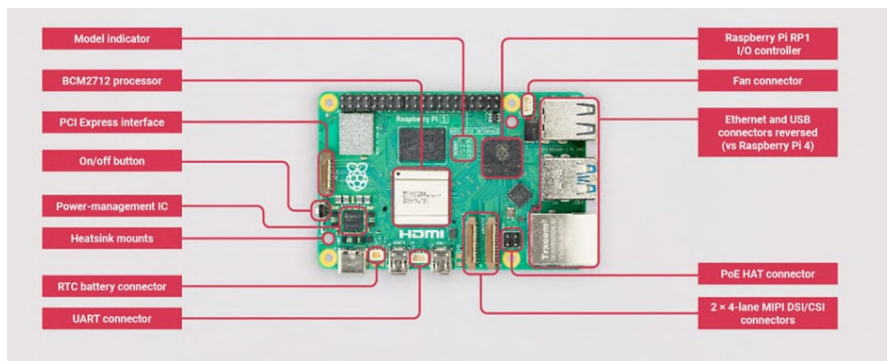
Simplified Block Diagram



<MAX98357A>



<라즈베리 파이와 각 모듈 연결 방법>



- 마이크론을 ADC 모듈의 입력에 연결합니다.
- ADC 모듈을 라즈베리 파이의 SPI 인터페이스에 연결합니다. 이때 SPI 핀은 라즈베리 파이의 GPIO에 연결됩니다.
- MAX98357A 모듈을 라즈베리 파이의 GPIO 핀에 연결합니다. 이때 MAX98357A 모듈의 DIN 핀은 라즈베리 파이의 MOSI(Master Out Slave In) 핀에 연결될 수 있습니다.
- MAX98357A 모듈의 출력을 스피커에 연결합니다.

3.3) 소프트웨어

3.3.1) 노이즈 제거

실시간 노이즈 제거 알고리즘

1. 파이썬과 PyAudio를 사용하여 실시간으로 마이크로부터 오디오를 읽고, 노이즈를 제거하는 알고리즘을 작성합니다.
2. PyAudio를 사용하여 실시간으로 오디오를 읽어들이고, NoiseReduce 라이브러리를 사용하여 노이즈를 제거합니다. 코드를 실행하면 마이크로부터 들어오는 오디오가 노이즈 제거되어 출력됩니다.
3. 사용자 인터페이스를 통해 파라미터를 조정하여 노이즈를 얼마나 제거할 것인지 사용자가 필요에 맞게 조정할 수 있습니다.

4. 노이즈를 제거한 각 신호를 앰프 모듈로 전달합니다.

- **NumPy 라이브러리:** 다차원 배열과 행렬을 처리하기 위한 파이썬 라이브러리입니다. 이 코드에서는 오디오 데이터를 다룰 때 NumPy 배열을 사용합니다.
- **PyAudio 라이브러리:** 오디오 스트림을 처리하기 위한 라이브러리입니다. 이를 통해 오디오 입력을 받아들이고 오디오 출력을 생성할 수 있습니다.

Example: Callback Mode Audio I/O

```
"""PyAudio Example: Play a wave file (callback version)."""

import wave
import time
import sys

import pyaudio

if len(sys.argv) < 2:
    print(f'Plays a wave file. Usage: {sys.argv[0]} filename.wav')
    sys.exit(-1)

with wave.open(sys.argv[1], 'rb') as wf:
    # Define callback for playback (1)
    def callback(in_data, frame_count, time_info, status):
        data = wf.readframes(frame_count)
        # If len(data) is less than requested frame_count, PyAudio automatically
        # assumes the stream is finished, and the stream stops.
        return (data, pyaudio.paContinue)

    # Instantiate PyAudio and initialize PortAudio system resources (2)
    p = pyaudio.PyAudio()

    # Open stream using callback (3)
    stream = p.open(format=p.get_format_from_width(wf.getsampwidth()),
                    channels=wf.getnchannels(),
                    rate=wf.getframerate(),
                    output=True,
                    stream_callback=callback)

    # Wait for stream to finish (4)
    while stream.is_active():
        time.sleep(0.1)


    # Close the stream (5)
    stream.close()

    # Release PortAudio system resources (6)
    p.terminate()
```

참고: PyAudio Documentation

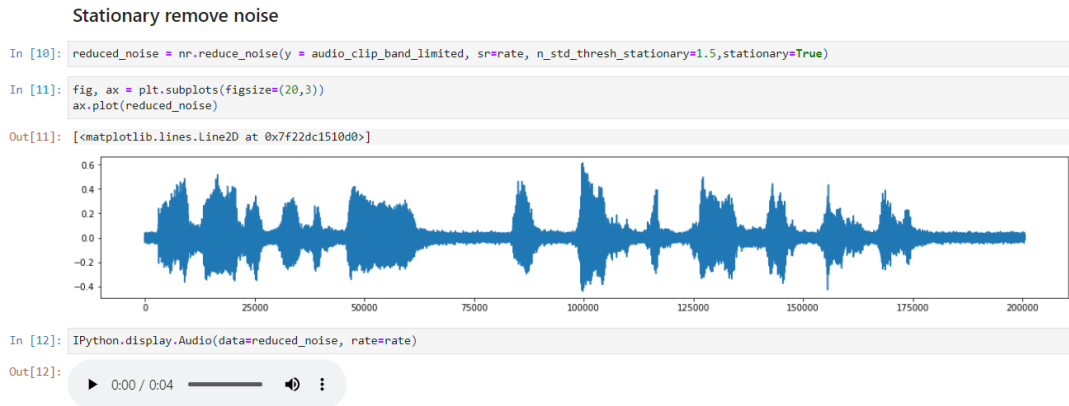
PyAudio

Cross-platform audio I/O with PortAudio

 <https://pypi.org/project/PyAudio/>



- **noisereducer 라이브러리:** 주어진 오디오 클립에서 노이즈를 감소시키는 기능을 제공하는 라이브러리입니다. 이를 사용하여 노이즈가 포함된 오디오 입력에서 노이즈를 제거합니다.

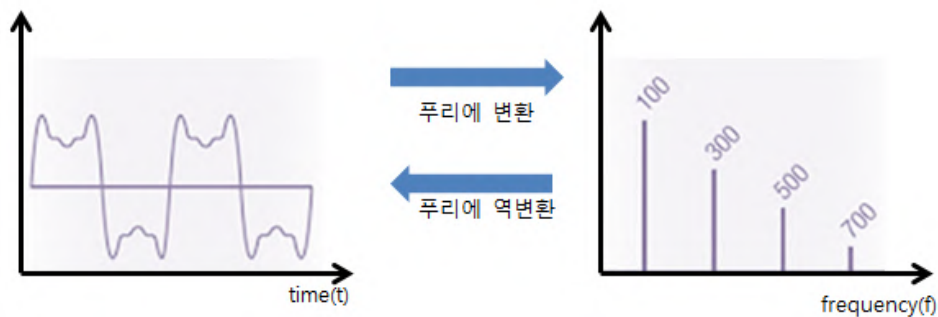


참고: noisereduce Documentation

noisereduce 라이브러리는 주로 **푸리에 변환**을 활용하여 주파수 도메인에서의 노이즈를 감소시키는 기능을 제공합니다.

1. **푸리에 변환(Fourier Transform)**: *noisereduce*는 입력 오디오 신호를 주파수 도메인으로 변환하기 위해 푸리에 변환을 사용합니다. 이를 통해 주파수 영역에서 신호와 노이즈를 분리할 수 있습니다.

$$Y(f) = \int_{-\infty}^{\infty} y(t)e^{-i2\pi ft} dt \quad : \text{푸리에 변환}$$



→ 푸리에 변환을 이용해서, 어떤 신호가 시간에 대한 함수(시간별로 그 파형의 크기가 주어지는)로 주어 졌을 때, 그 신호를 주파수에 대한 함수(각 주파수별 크기를 나타내는)로 표현할 수 있습니다.

2. **노이즈 프로파일 추출(Noise Profile Extraction)**: 푸리에 변환을 통해 얻은 주파수 도메인의 신호를 분석하여 노이즈 프로파일을 추출합니다. 이는 노이즈가 포함된 신호의 주파수 성분을 식별하는 데 사용됩니다.
3. **노이즈 제거(Noise Reduction)**: 추출된 노이즈 프로파일을 사용하여 주파수 도메인에서 노이즈를 감소시킵니다. 이를 통해 노이즈가 제거된 신호를 얻을 수 있습니다.
4. **신호 재구성(Signal Reconstruction)**: 주파수 도메인에서 노이즈가 제거된 신호를 시간 도메인으로 다시 변환하여 최종적인 결과를 얻습니다. 이를 통해 오디오 신호의 품질이 향상됩니다.

noisereducer

Noise reduction using Spectral Gating in Python

<https://pypi.org/project/noisereducer/>



<https://github.com/timsainb/noisereducer>

<노이즈를 제거한 후에 신호를 증폭하는 것이 좋은가?>

1. **노이즈 증폭 방지:** 노이즈가 이미 증폭된 경우, 노이즈는 원래보다 더 크게 증폭될 수 있습니다. 이는 신호 대비 노이즈 비율이 더 높아지고, 노이즈 제거 알고리즘의 성능을 저하시킬 수 있습니다.
2. **신호 왜곡 방지:** 입력 신호를 노이즈 제거하기 전에 증폭하면, 신호와 노이즈가 모두 증폭됩니다. 이는 노이즈 제거 알고리즘이 신호를 왜곡시킬 가능성이 있습니다. 노이즈를 제거한 후에 증폭하면, 신호만 증폭되고 노이즈는 제거됩니다.

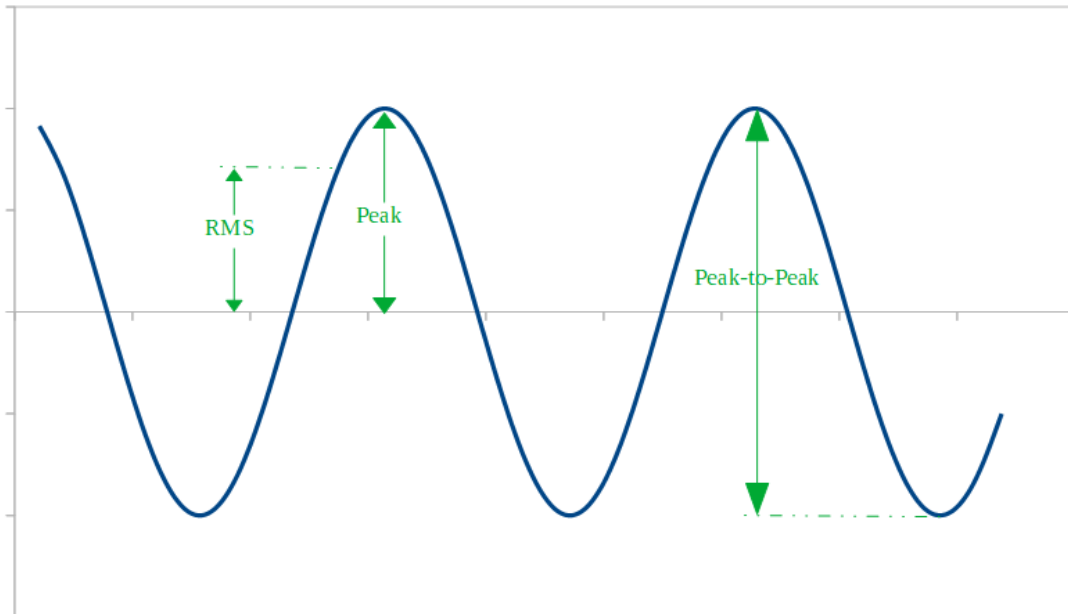
3.3.2) 사운드 레벨 동기화

각각의 서로 다른 크기의 신호를 일정한 볼륨 수준으로 맞추기 위해서는 각 신호의 크기를 측정하고 앰프를 통해 적절한 증폭을 수행해야 합니다.

아래는 이를 구현하기 위한 간단한 절차입니다.

- 약 300ms(일반적으로 RMS는 300ms 동안의 오디오 트랙 평균 음량을 측정) 시간 동안 입력된 각신호의 Root Mean Square (RMS) 값을 계산합니다. 초반 신호가 입력되는 시간동안 계산된 각 신호의 RMS값을 기반으로 평균 크기의 신호를 계산합니다. 이 평균 값을 기준으로 각 신호의 증폭도를 계산하여 적용합니다. (RMS를 계산하는 시간과 고정 기준을 정확하게 정하기 위해서는 직접 코드의 파라미터 변환을 통해 실험하여 가장 정확도가 높은 시간 범위를 찾도록 합니다.)
- 두 신호의 크기가 모두 작은 경우 증폭도를 평균값에 맞추어 증폭시킬 경우 소리의 전반적인 소리가 너무 작아지는 문제가 발생할 수 있습니다. 이를 막기 위해 증폭도를 조절하는 파라미터의 최저 값을 설정합니다.

<RMS 레벨>



Root Mean Square(RMS) 레벨은 음량의 평균적인 값을 보여주는 지표입니다. 음량의 평균적인 값을 보여주기 때문에, 두 노래 간의 실질적인 음압 차이를 가늠할때 사용하기 편리합니다.

1. 오디오 신호의 RMS 값은 다음과 같이 계산됩니다.

$$RMS = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i^2}$$

2. 신호 크기 비교 및 적절한 증폭 계산:

- 각 신호의 RMS 값을 비교하여 보정할 증폭 계수를 계산합니다.
- 예를 들어, 두 개의 마이크로부터 들어오는 신호의 RMS 값이 RMS1과 RMS2일 때, 중간값인 RMSavg를 계산합니다.

$$RMS_{avg} = \frac{RMS_1 + RMS_2}{2}$$

- 각 신호의 증폭 계수를 계산합니다. 보정된 RMS 값이 중간값인 RMSavg와 같아지도록 계수를 조절합니다.
- **pydub 라이브러리:** 오디오 파일의 형식 변환, 볼륨 조절, 오디오 분할 및 결합, 오디오 파일에 대한 페이드 인/아웃 효과 적용 같은 다양한 오디오 처리 작업을 간단하게 수행할 수 있습니다.
 - **audio.rms** 메서드는 오디오 파일의 RMS 레벨을 계산하여 반환합니다. 반환값은 해당 오디오의 RMS 레벨을 나타내는 정수입니다. 큰 값일수록 오디오 신호의 강도가 높다는 의미입니다. 이 값을 출력하면 해당 오디오 파일의 RMS 레벨을 확인할 수 있습니다.

```
from pydub import AudioSegment

# 오디오 파일 로드
audio= AudioSegment.from_file("audio.wav")

# RMS 레벨 계산
rms= audio.rms
```

```
# 결과 출력
print("RMS 레벨:", rms)
```

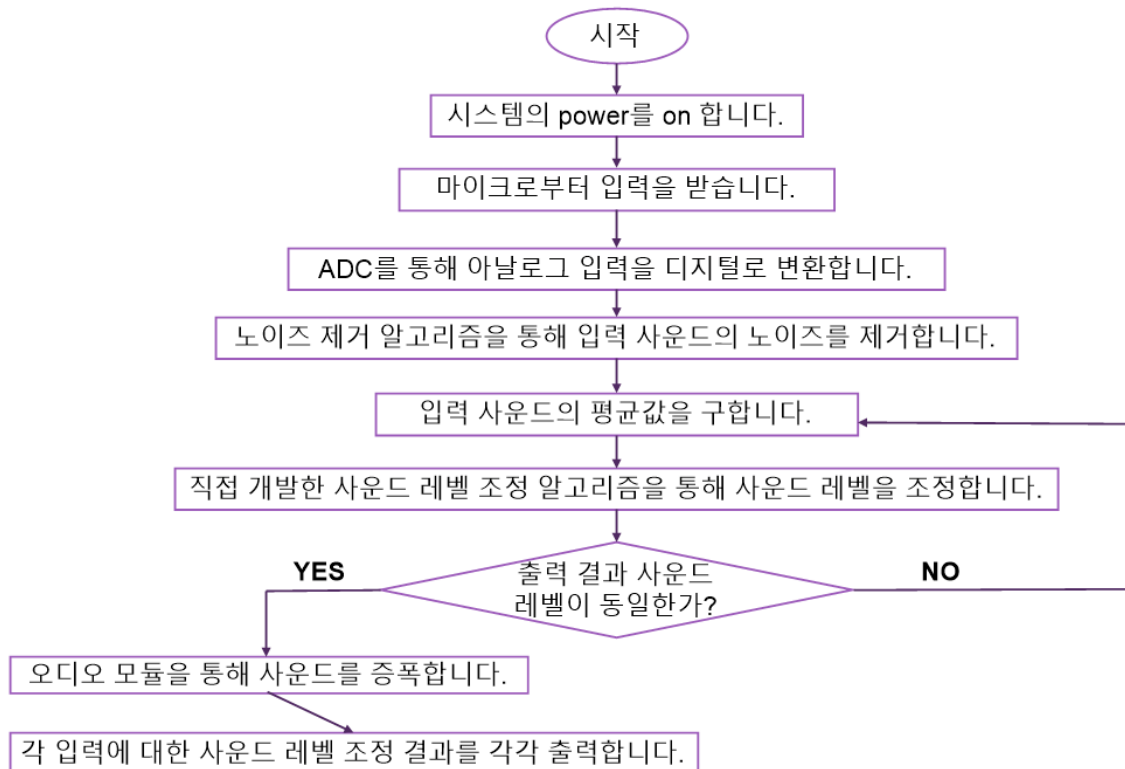
pydub
Manipulate audio with an simple and easy high level interface

 <https://pypi.org/project/pydub/>



<https://github.com/jiaaro/pydub>

[FLOW CHART]



4. 유사제품 비교

1. Behringer의 X32 디지털 믹서:



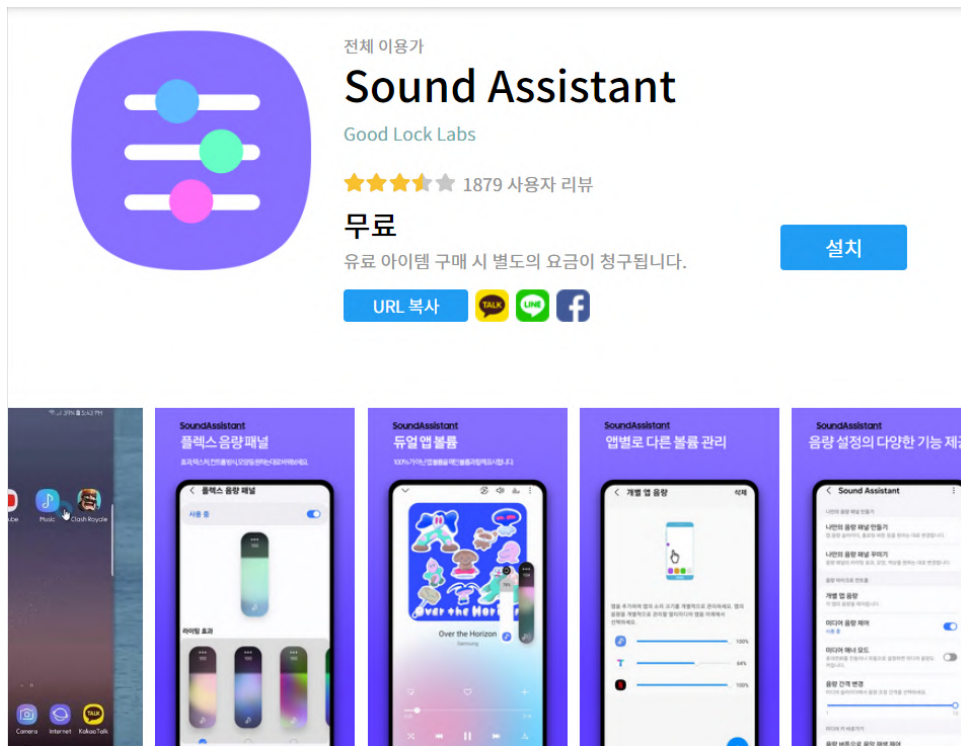
- 유사성:

- Behringer의 X32 디지털 믹서는 프로 품질의 음향 조절에 사용됩니다. 다양한 입력 소스를 조절하고 믹싱하여 최종 출력을 제어할 수 있습니다.

- 차별성:

- Behringer의 X32는 주로 전체 오디오 믹싱과 관련된 기능을 제공하는 반면, 목소리 크기의 균일화와 같은 개별적인 음향 처리에 대한 기능은 강조하지 않습니다.
- 사용자가 수동으로 입력 소스의 볼륨을 조절하고 사운드 이펙트를 조절하는 것이 가능하나, 목소리 크기에 따라 자동으로 조절되지는 않습니다.

2. Samsung Sound Assistant:



- **유사성:**
 - 삼성 사운드 어시스턴트는 다양한 앱이나 시스템을 사용할 때 발생하는 소리 크기의 불균형을 조절하기 위해 만들어진 앱입니다. 사용자가 각 앱의 출력 소리를 직접 조절하고 메인 스피커를 조절할 수 있는 Samsung Sound Assistant와 유사하게, 각 사용자의 목소리를 균일하게 조절하는 시스템은 사용자에게 높은 편의성을 제공할 수 있습니다.
- **차별성:**
 - 자동으로 각각의 앱 및 시스템의 사운드 레벨을 맞춰주는 기능이 없습니다. 사용자가 직접 각각의 앱에서 출력되는 소리 크기를 설정한 후 메인 스피커를 조절하는 방식입니다.
 - 해당 앱은 모바일 폰에서 사용되는 것으로 공연장이나 인터뷰 현장, 회의 같은 오프라인 환경에서의 아날로그 소리 신호를 입력 받을 수 없습니다.

5. 팀원 간 업무 내용

팀원	업무
김지윤(팀장)	<ul style="list-style-type: none"> —하드웨어 조립 —하드웨어 동작 테스트 —라즈베리파이 셋팅 —사운드레벨 동기화 알고리즘 구현 —사운드레벨 동기화 알고리즘 테스트
박수진	<ul style="list-style-type: none"> —하드웨어 조립 —하드웨어 동작 테스트

팀원	업무
	-라즈베리파이 셋팅 -사운드레벨 동기화 알고리즘 구현 -사운드레벨 동기화 알고리즘 테스트
정지원	-외관 모델링 3D 프린팅 -외관 조립 -노이즈 제거 알고리즘 구현 -노이즈 제거 알고리즘 테스트 -노이즈 제거 알고리즘 오류 수정
이다은	-외관 모델링 3D 프린팅 -외관 조립 -노이즈 제거 알고리즘 구현 -노이즈 제거 알고리즘 테스트 -노이즈 제거 알고리즘 오류 수정
공동작업	-사운드레벨 동기화 알고리즘 오류 수정 -소프트웨어 적용 테스트 -소프트웨어 적용 오류 수정

6. 작품 제작 추진 계획 및 일정표

분류	업무내용	3월	4월				5월			
		4	1	2	3	4	1	2	3	4
하드웨어	하드웨어 조립									
	하드웨어 동작 테스트									
	소프트웨어 적용 테스트									
	소프트웨어 적용 오류 수정									
소프트웨어	라즈베리 파이 셋팅									
	노이즈 제거 알고리즘 구현									
	노이즈 제거 알고리즘 테스트									
	노이즈 제거 알고리즘 오류 수정									
	사운드레벨 동기화 알고리즘 구현									
	사운드레벨 동기화 알고리즘 테스트									
	사운드레벨 동기화 알고리즘 오류 수정									
외관 제작	외관 모델링 및 3D프린팅									
	외관 조립									

7. 지원 경비 사용 계획

모델명	단가	수량	총액	링크
라즈베리파이5	148,170	1	148,170	제공되는 보드 사용

모델명	단가	수량	총액	링크
라즈베리파이 40Pin GPIO 확 장 보드 T- Cobbler [SMP0053]	6,000	1	6,000	https://www.devicemart.co.kr/goods/view?no=1327563
[Adafruit] Adafruit I2S 3W Class D Amplifier Breakout - MAX98357A [ada-3006]	11,000	2	22,000	https://www.devicemart.co.kr/goods/view?no=12496231
[Coms] 고감도 유선 다이내믹 마 이크 / Metal / 3.5mm / 케이블 3M [BB070]	14,000	2	24,000	https://www.devicemart.co.kr/goods/view?no=12741240
[Microchip Technology] MCP3008-I/P	4,200	2	4,200	https://www.devicemart.co.kr/goods/view?no=1322885
음량 조절 스피커	0	2	0	음량 조절 가능한 스피커(개인 소유 중)
라즈베리파이5 호 환 Standard PD45W 5V 5A 아답터	15,100	1	15,100	https://www.devicemart.co.kr/goods/view?no=15316634
[52PI] 라즈베리 파이4 18650 5V 4A UPS 충전모 듈 [SZH-RPI01]	38,000	1	38,000	https://www.devicemart.co.kr/goods/view?no=12497514
LED 조그다이얼 타입 포텐서미터/ 엔코더 노브 30mm 블랙	2,000	2	4,000	https://www.devicemart.co.kr/goods/view?no=13538750
			335,270	