

AI 스피커를 이용한 생활소음 감소

이종재*, 송연주*, 원채영*, 김민지*, 김정민**

*한국산업기술대학교 전자공학부, **KT

jjlee0968@kpu.ac.kr, svj4700@kpu.ac.kr, ocy0731@kpu.ac.kr, gkrrysms7@kpu.ac.kr, cocowin@naver.com

A Study on AI active noise cancellation for daily noise reduction

Jong-Jae Lee*, Youn-Joo Song*, Chae-Young Won*, Min-ji Kim*, Jeong-Min Kim**

*Dept. of Electronic Engineering, Korea Polytechnic University. **KT

요 약

소음은 난청, 스트레스 등의 원인이 된다. 본 연구에서는 ANC(Active Noise Cancellation)을 바탕으로, 기술적인 방법을 통해 소음을 저감 시키는 스피커를 구현하였다. ANC 란 소음 주파수의 위상을 180° 변환하여 주파수와 레벨이 동일한 역 소음을 발생시켜 주변 소음을 저감, 차단하는 기술이다. 현재 시중 제품들에 적용되는 일반적인 ANC의 경우, 피드백(Feedback) 방식이라는 점과 시간 지연(Time gap)이 발생한다는 한계가 있다. 이를 보완하기 위해 AI 학습으로 소음을 미리 예측하여 시간 지연을 줄이는 방법을 고안했다. 순환 신경망(RNN)의 장기 의존성 문제를 해결하는 시계열 예측 딥러닝 알고리즘인 LSTM(Long Short-Term Memory Network) 모델을 사용하였다. 또한, AI 학습 효율을 향상시킬 수 있는 하드웨어 장비들을 활용하였다.

1. 서론

평소 ANC(Active Noise Cancellation, ANC) 기능이 탑재된 이어폰을 보고 ANC를 스피커에 탑재하면 외부 소음도 감소시키는 동시에 추가로 장시간 사용 시 귀에 통증이 발생하는 것을 없앨 수 있을 듯 하여 제작하게 되었다. 소음 관련 일로 스트레스를 받은 경험이 있던 사람들이 ANC 기술을 지닌 인공지능 스피커를 사용함으로써 일상생활에 방해되는 소음을 줄이고 스트레스를 줄일 수 있도록 하는 것을 목적에 두고 있다. 소음제거를 통해 이용자로 하여금 심리적인 안정감을 추구하게 할 수 있다. 심리적 안정감을 필두로 집중력 향상과 신체에 미치는 악영향을 제거한다.

현재 이어폰에 탑재되어 있는 방식은 소음을 듣고 바로 역위상을 출력하도록 되어있는데, 이를 스피커에 그대로 적용하면 소음감소가 제대로 이루어지지 않는 문제점이 있다. 이를 해결하기 위해 AI를 활용하여 소음을 미리 예측하고, 이것의 역위상을 출력하는 방법으로 문제를 해결해보고자 한다. 소음을 미리 예측하기 위해 LSTM 모델을 이용한다.

ANC 기술과 관련해서는 능동 소음제거 기술을 고속도로 방음벽에 적용하였을 때 기대할 수 있는 효과

에 대하여 분석한 연구[1]와, 노이즈 캔슬링 기능이 없는 일반 헤드폰을 활용하여 안드로이드 기기의 리소스를 이용하여 노이즈 캔슬링 기능을 구현하는 연구[2] 등이 있다. 또한, 선택적 노이즈 캔슬링을 위한 딥러닝 기반의 환경 인지 기술을 제안하는 연구[3]도 존재한다.

2. 본론

2.1 ANC 란

액티브 노이즈 캔슬링(Active Noise Cancellation, ANC)은 저감해야 하는 소음 주파수의 위상을 180° 변환하여 주파수와 레벨이 동일한 역 소음을 발생시켜 기술적인 방법으로 주변 소음을 저감, 차단하여 집중해야 할 소리에 간섭을 줄일 수 있는 기술이다. 현재 다양한 음향 기기와 차량의 내부에 적용 중이나, 일반적으로 저주파수 대역의 소음 저감을 위해 사용되어, 적용 분야의 확장이 필요한 기술이다. 능동형 소음 저감 기술의 대표적인 성공사례는 일상에서 가장 많이 사용되는 휴대용 헤드폰이며, 일반 헤드폰에 비하여 가격은 고가이지만, 외부에서 유입되는 소음을 97.5% 저감 시켰으며, 현재 넓은 시장권을 형성하고 있다. [4]

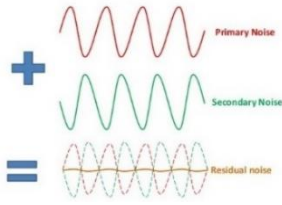


그림 1. ANC (Active Noise Cancellation)
(출처: <https://theinformationminister.com/how-active-noise-cancellation-works/>)

2.2 시스템 구성

기존의 ANC 기술을 활용한 대표적인 제품으로는 Apple 의 AirPods Pro, SAMSUNG 의 Galaxy Buds Live, SONY 의 WF-1000XM3 등이 있다. 이러한 제품들은 모두 귀에 바로 장착해서 사용자 본인에게만 들리는 소음을 제거하는 피드백(Feedback) 방식이다. 피드백 방식은 오랜 착용으로 인한 불편함이 발생한다. 또한, 다음 소리를 예측하는데 발생하는 프로세스 지연 시간인 Time Gap 이 발생한다. 이러한 시간 지연을 줄이기 위한 조기 예측 기법(ESP, Early Start Prediction)이 존재한다. 이를 활용하면 300ms 까지 줄일 수 있지만, 음성 처리를 하는 데 있어서는 0.1ms 의 차이 조차도 상쇄 간섭에 영향을 줄 수 있다[5]. 따라서 본 연구에서는 시간 지연을 최소화 하기 위해 딥러닝을 활용하고 그 중에서도 시계열을 예측하는 알고리즘인 LSTM 알고리즘을 활용한다.

2.3 데이터셋 구성

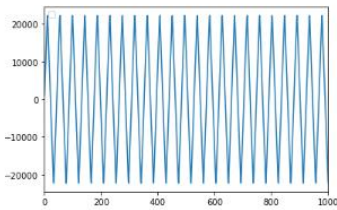


그림 2. 테스트 소음의 파형

```
shape of X_train : (25339, 50, 1)
shape of y_train : (25339, 1)
shape of X_test : (228050, 50, 1)
shape of y_test : (228050, 1)
```

그림 3. 데이터셋의 shape

위와 같은 5.75s 의 테스트음을 학습시켰다. 현재를 기준으로 최근 50 개 데이터를 시험에 사용하고 그 외의 이전 데이터들은 학습에 사용하도록 하였다.

2.4 소음 예측과 LSTM 알고리즘

딥러닝에 사용되는 알고리즘에는 대표적으로 합성곱 신경망(Convolution Neural Network, CNN)과 순환 신경망(Recurrent Neural Network, RNN)이 있다.

	합성곱 신경망(CNN)	순환 신경망(RNN)
특징	합성곱 계층 (Convolution layer)과 풀링 계층(pooling layer)이라는 신경망을 사용한 알고리즘	데이터의 길이가 가변적인 값을 취급하는 신경망
장점	이미지 인식에 높은 성능 보임	자연어(문장)이나 음성 데이터를 취급하는데 높은 성능 보임

표 1. 인공 신경망 비교[5]

RNN 은 자연어 처리나 음성 인식, 날씨, 주가처럼 시간의 흐름에 따라 변화하는 순서가 있는 데이터를 처리하는 데 적합한 딥러닝 기법으로 (Karpathy, Johnson and Fei-Fei 2015), 데이터 일부가 아닌 전체를 이해하는 방식으로 처리된다. 단순한 형태의 RNN 은 짧은 시퀀스 데이터에선 효과를 보이나, 시퀀스가 길어질수록 이전 데이터와의 연관성이 떨어져 정확한 예측이 어려워지는 장기의존성 문제를 가진다(Bengio, Simard and Frasconi 1994).

이러한 장기의존성 문제를 해결하기 위해 단기기억인 이전 레이어의 출력(ht)과 함께 학습보다 정보 기억에 중점을 두며 입출력 사이에 공유되는 장기기억 셀 상태(ct)를 추가해 정보를 기억하는 형태인 LSTM 모델이 등장하였다(Hochreiter and Schmidhuber 1997) (그림 4 참조). [6]

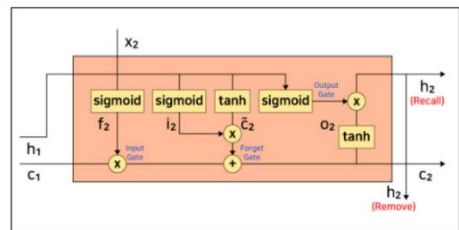


그림 4. LSTM Network

소음 예측을 위해 본 프로젝트에서는 다음과 같이 RNN 모델의 변형인 LSTM 알고리즘을 사용하였다.

다양한 모델 튜닝을 해본 결과, 최종적으로 2 개의 LSTM 계층과 1 개의 완전연결 계층(dense layer)을 사용하였으며, epoch 은 5, batch size 는 10 으로 설정하여 loss 값을 최소화 하였다.

```
Build LSTM RNN model ...
Model: "sequential"
-----
Layer (type)                Output Shape          Param #
-----
lstm (LSTM)                  (None, 50, 50)       10400
lstm_1 (LSTM)                (None, 64)           29440
dense (Dense)                (None, 1)             65
-----
Total params: 39,905
Trainable params: 39,905
Non-trainable params: 0
-----
```

그림 5. LSTM 모델 생성



그림 9. 입력 소음의 크기

학습에 사용한 입력 소음의 크기는 약 73.1dB 이다.

2.5 모델 학습 결과

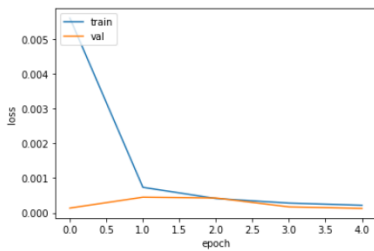


그림 6. train loss 와 val loss

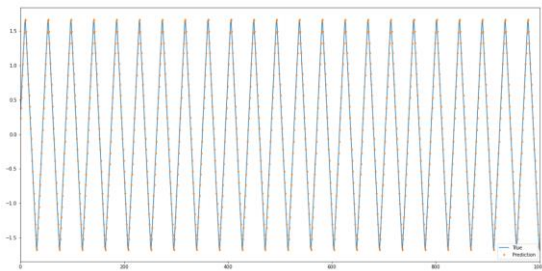


그림 7. 예측 파형 그래프

학습된 모델로 만든 예측 그래프이다. 파란색 실선은 실제 소음의 파형이고, 주황색 점은 예측된 값이다.

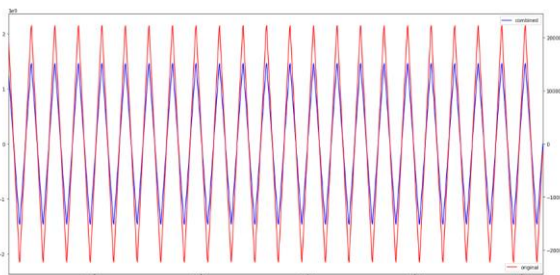


그림 8. 예측한 파형의 역 위상 결합

붉은색 그래프는 입력된 소음이고, 파란색 그래프는 입력된 소음과 예측된 역위상을 합친 위상이다. 소음의 크기가 줄어든 것을 확인할 수 있었다.



그림 10. 예측한 소음의 역위상을 출력했을 때 소음의 크기

AI 를 활용해 예측한 소음의 역위상을 출력했을 때, 보강간섭이 발생하는 부분은 77.5dB 까지 커지는 문제점이 발생했다. 하지만, 소음의 뒤로 갈수록 소음의 크기가 72.6dB 까지 감소하는 것을 확인할 수 있었다.

2.6 하드웨어 구성

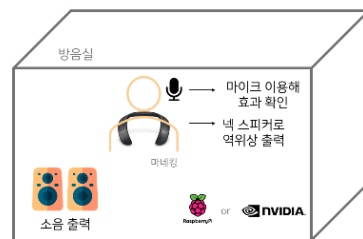


그림 11. 기존의 하드웨어 구성



그림 12. 성능 향상을 위해 Latte Panda Alpha 를 추가한 하드웨어 구성

기존의 하드웨어 구성은 그림 9 와 같다. 아크릴판으로 구성된 방음실 안에 넥 스피커를 걸친 마네킹을 설치한다. 스피커를 통해 가상 소음을 생성하고, 라즈베리 파이를 통해 AI 로 예측한 해당 소음의 역위상을 넥 스피커로 출력한다.

기존 장비들만 사용했을 때, AI 학습 속도가 느려 학습 시간이 수 시간 가량 소요되는 문제점이 있었다. 따라서 본 프로젝트에서는 성능 향상을 위한 하드웨어 장비로 Latte Panda Alpha 와 SSD(Solid-State Drive)를 사용한다.

음성신호 처리를 위한 AI 학습 속도를 향상시키기 위해 Latte Panda Alpha 에 SSD 를 부착함으로써 더 효율적이고 다양한 AI 학습 모델을 실행시킬 수 있다.

Latte Panda Alpha 를 사용하였을 때와, 그 위에 SSD 를 부착하고 사용하였을 때의 성능 테스트 결과는 다음 표와 같다. 여기서 eMMC(Embedded Multi Media Card)란, 임베디드 기기를 위한 플래시 메모리에 컨트롤러를 포함한 칩으로, 주로 스마트폰 및 태블릿과 저가용 노트북에 많이 장착된다. eMMC 테스트를 통해 읽기와 쓰기 속도를 측정할 수 있다.

	eMMC 테스트		YouTube 1080p 재생 테스트	
	읽기	쓰기	CPU	RAM
Latte Panda Alpha	175MB/s	150MB/s	85%	45%
Latte Panda Alpha + SSD	1750MB/s	1654MB/s	47%	50%

표 2. Latte Panda Alpha 와 SSD 의 성능테스트[7]

3. 결론

ANC 를 이용한 생활소음 감소는 스피커 관련 사업에서 유용하게 활용이 될 것으로 기대가 된다. 집, 차량, 사무실, 공부하는 공간 등에 스피커를 설치하여 쾌적한 환경을 조성하고, 학습 및 연구 환경에서의 능률과 생산성 향상을 기대할 수 있다. 또한 시험장에서 스피커를 활용해 듣기시험의 민원을 줄일 수 있다. 이 외에도 공항 인근 혹은 총격 훈련 시설 등에 설치하여 소음을 감소시키고 고막 파손에 대비할 수 있다.

본 프로젝트에서는 다음과 같은 한계점이 존재했다. 첫째로, 테스트 음성 파일을 학습 시킬 때, 실시간으로 예측하여 역 위상을 내보내기에 긴 시간이 소요되었다. 이를 보완하기 위해 Latte Panda Alpha 를 구매하였고, 이에 SSD 를 부착함으로써 프로젝트를 마무리하기까지 성능을 크게 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다.

둘째로, 예측한 역위상을 출력하는 과정에서 시간 지연이 발생하여 특정 구간에서 소음의 크기가 오히려 커지는 보강간섭 현상이 발생하였다. 이를 해결하기 위해 하드웨어나 소프트웨어적으로 딜레이 시간을 매우 짧은 시간까지 줄이는 보완 연구가 필요할 것으로 예상된다.

- 본 논문은 과학기술정보통신부 정보통신창의인재양성사업의 지원을 통해 수행한 ICT 멘토링 프로젝트 결과물입니다 -

참고문헌

- [1] 김철환, 김득성, 장태순, 신은우."ANC 방음벽의 고속도로 소음대책 기대효과 분석."한국소음진동공학회 학술대회논문집.(2011):111-112.
- [2] 홍의준."노이즈 캔슬링 기능이 없는 헤드폰을 활용한 안드로이드 기기 노이즈 캔슬링 기법에 관한 연구."정보 및 제어 논문집.(2020):299-300.
- [3] 최현국, 김상민, 한석현, 신성현, 박호중. 선택적 노이즈 캔슬링을 위한 딥 러닝 기반의 환경 인지 기술. 한국방송미디어공학회 학술발표대회 논문집, (2020) 252-254.
- [4] 문학룡, 임유진, 강원평."일반 소음과 ANC 적용 시 소음에 대한 거리별 소음 감쇄효과 분석."대한전기학회 학술대회 논문집.(2015):1046-1047.
- [5] 강지호, 문성호, 이종수, 김정민 (2020). AI_ANC 에 관한 연구. 2020 온라인 추계학술발표대회 논문집 제 27 권 제 2 호 (2020. 11)
- [6] 이우섭, 김형규.LSTM 과 GRU 를 활용한 도시공간 특성 기반의 평균기온 예측 모델: 강원도 원주시를 대상으로. 국토연구, (2021) 89-104.
- [7] ICbanQ. (2021). "SSD 장착한 라떼판다 알파 성능테스트.". <https://blog.naver.com/icbanq/222219349311>