

가청 주파수를 활용한 비가시 영역 복원 기초 연구

장승우, 김광수
성균관대학교

sewo@skku.edu, kim.kwangsu@skku.edu

A Preliminary Study on Non-Line-of-Sight image Reconstruction using Acoustic Frequency

Jang Seung Woo, Kim Kwang Su
SungKyunKwan Univ.

요 약

대부분의 비가시 영역(Non-Line-of-Sight) 이미지 복원 연구는 광학장비를 중심으로 연구되고 있다. 하지만 광학장비는 외부 노이즈에 쉽게 영향을 받고, 데이터 수집하는데 오랜 시간이 걸린다. 따라서 본 논문은 가청 주파수(Acoustic Frequency)의 전대역을 사용해서 외부 노이즈에 강건하고 회절성으로 한번에 스캔할 수 있는 소리를 사용해서 비가시 영역 이미지를 복원할 수 있는지에 대한 가능성을 실험하고 딥 러닝 모델을 사용한 비가시 영역 이미지 복원 방법을 제안한다.

I. 서 론

비가시 영역 이미지 복원 기술은 카메라 또는 사람의 시야에서 관측할 수 없는 영역에 있는 물체를 복원하는 기술로 로봇 비전, 의료 이미지, 자율주행 자동차 등 다양한 분야에 응용할 수 있다.

비가시 영역 이미지 복원 분야에서 대부분의 연구는 광학장비를 사용한 물리적 모델과 딥 러닝 모델을 중심으로 연구가 진행 중이다. 물리적 모델은 펄스 레이저(Pulsed laser)와 단일광자검출기(Single Photon Avalanche Diode) 장비를 사용해서 물체에서 반사되어 오는 광자의 양을 시간의 흐름에 따라 측정 후 ToF(Time of Flight)를 계산해서 이미지를 복구하는 방법이고, 딥 러닝 모델은 레이저와 일반적인 카메라를 사용해서 물체에서 반사된 빛의 강도(Intensity)를 주변의 벽으로부터 관찰하여서 학습하는 방법이다.

하지만 광학장비의 경우 외부 광원에 영향을 받을 경우 낮은 신호대잡음비(SNR:Signal to Noise Ratio)을 보이며 레이저 장비의 직진성으로 한번에 하나의 포인트를 스캔할 수 있기 때문에 하나의 데이터를 얻는데 오랜 시간이 걸린다.

가청 주파수를 사용하는 방법은 외부 노이즈를 감수하더라도 전체 가청 주파수(20Hz-20KHz) 대역을 사용하기 때문에 강건(robustness)하고 소리의 회절성으로 한 번에 많은 포인트를 스캔할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 가청 주파수를 활용하여 비가시 영역에서 이미지 복원에 사용할 수 있을 만큼 특징(Feature)를 가지고 있는지를 확인하는 실험을 진행하고, 향후 연구 방향에 대해 제시한다.

II. 본 문

비가시영역에서 이미지를 복원하는데 있어서 가청주파수가 얼마나 유효한 특징을 가지고 있고 거리에 따른 신호 감쇠의 영향이 얼마나 있는지를 실험하기 위해 본 논문에서는 두 가지 실험을 진행했다. 1) 주파수 영역에서 모양의 차이를 보기 위해 빈 공간과 물체의

모양을 비교하는 실험을 통하여 서로 구분할 만한 차이가 있는지를 확인하고자 하였고, 2) 동일한 물체에 대하여 거리에 따른 차이를 두어서 얼마만큼 떨어져 있는지를 인식할 수 있는지를 실험했다.

2.1 실험 환경

실험실 공간은 가로 6.52m, 세로 8.51m 크기이며, 반사되는 벽 이외에는 커튼을 설치해서 외부 소음의 영향을 줄였다. 스피커는 2 개의 사운드 스트립 LX. 402 를 사용하여 20Hz - 20KHz 의 선형 Chirp 신호를 3ms 동안 발생시킨다. 측정용 마이크는 2 개의 데이턴오디오 EMM-6 이며 일반적인 마이크와 달리 수신 받는 신호의 강조나 감쇠없이 평탄하게 받아들인다. 녹음 시간은 비가시 영역 대각선 길이가 5M 이기 때문에 소리의 속도를 340m/s 로 가정하였을 때 가장 먼 거리에 있는 물체에서 반사되는 신호가 돌아오는 시간인 40ms 를 녹음했다. 마이크에 녹음된 신호는 파형(Waveform) 형태의 샘플링 데이터로 시간 영역으로 구성되어 있기 때문에 고속 푸리에 변환(Fast Fourier transform)을 사용해서 주파수 영역으로 변환했다.



그림 1 - 실험 환경 배치도

2.2 실험 결과

아래의 <그림 2>는 물체의 모양에 따른 차이를 실험한 결과로 동일한 거리에서 아무것도 없는 빈 공간일 때, 의자가 있을 때, 사람이 있을 때를 실험이다. 그림에서 가로축은 주파수, 세로축은 진폭을 나타낸다. 실험 결과, 빈 공간일 때와 물체가 있을 때 구분할 만한 차이를 보이고 있으며 모양과 크기가 서로 다른 의자와 사람을 비교해도 충분한 차이를 보이고 있다. 본 실험으로 비가시 영역에서 주파수를 사용하는 방법이 충분히 구분할 수 있는 특징을 가지고 있는 것으로 보인다. <그림 3>은 동일한 물체에 대하여 거리를 다르게 적용한 실험이다. 이 실험에서는 0.5M, 1M, 1.5M의 거리차이를 두고 실험을 진행하였는데 여기서 거리는 소리가 벽에 부딪히고 물체에 도달하였을 때의 거리를 측정한 것이다. 실험결과 거리에 따라서 조금씩 차이를 보이고 있다. 두 개의 실험을 통하여 비가시 영역에서 가청 주파수를 사용하는 방법이 물체의 모양과 거리에 따른 차이를 충분히 구분할 수 있을 만한 특징을 가지고 있는 것을 확인했다.

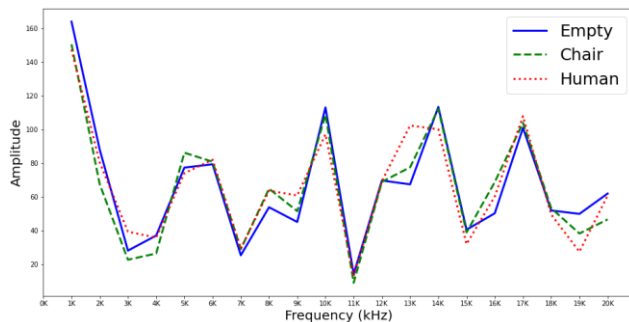


그림 2 - 모양에 따른 주파수 비교

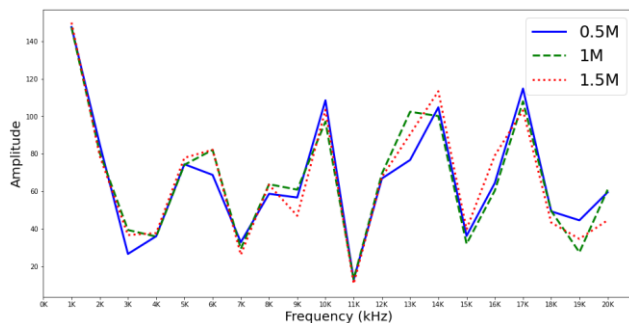


그림 3 - 거리에 따른 주파수 비교

III. 향후 연구

주파수 영역에서 거리에 따른 차이를 확인하였을 때 충분한 데이터가 확보된다면 ToF를 모델이 학습할 수 있다고 생각되었기 때문에 고속 푸리에 변환보다 단시간 푸리에 변환(Short-Time Fourier Transform)을 사용하여서 시간에 따른 주파수 형태로 변형한다. 그 후 인코더를 사용하여서 변형된 주파수 이미지에서 인코더를 통하여 특징을 추출하고 나서 추출된 특징들을 통하여 생성 모델이 비가시 영역의 이미지를 복원한다. 그 후, 복원된 이미지는 판별기가 실제 이미지와 비교해서 만들어진 이미지를 판별한다.

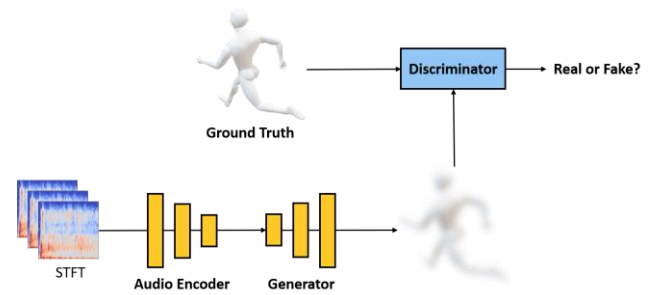


그림 4 - 딥 러닝 모델 구조

IV. 결론

본 논문에서 비가시 영역에서 가청 주파수의 가능성을 확인하는 실험을 진행했다. 실험결과, 비가시영역에서 가청 주파수를 활용하여 물체의 모양이나 거리를 구분 가능하다. 추후 연구를 통해 비가시 영역 이미지를 복원하는 딥 러닝 모델을 만들 수 있을 것으로 기대한다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2021년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원(No.2020-0-00973, VR·AR 콘텐츠 비가시 영역 영상 복원 기술 개발, 90)과 2021년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임(IITP-2021-2015-0-00742, 지역지능화혁신인재양성, 10)

참 고 문 헌

- [1] Matthew O'Toole, et al. "Confocal Non-Line-of-Sight Imaging Based on the Light-Cone Transform". Nature. 2018.
- [2] Wenzheng Chen, et al. "Steady-state Non-Line-of-Sight Imaging". IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. 2019.