

STFT 를 활용한 비가시영역 형상 복원에 관한 실험적 연구

신의현, 장승우, 김광수*
성균관대학교

shineh96@skku.edu, sewo@skku.edu, *kim.kwangsu@skku.edu

Experimental Study on Non-Line-of-Sight Image Reconstruction using STFT

Ui Hyeon Shin, Seungwoo Jang, Kwangsu Kim*
Sungkyunkwan Univ.

요 약

비가시영역(Non-Line-of-Sight) 형상 복원은 사람이 직접 관찰할 수 없는 영역의 사물을 인식하고 시각화하는 기술로 광학(Optics), 무선(Radio frequency), 음향(Acoustic) 장비 등을 사용한다. 기존 음향 장비를 사용한 연구는 소리의 시간과 진폭(Amplitude)을 사용하기 때문에, 노이즈가 있는 환경에서는 신호가 중첩되어 물체로부터 반사된 신호를 구분하기 어렵다. 따라서, 본 논문에서는 가청 주파수(Acoustic frequency)를 시간에 따른 주파수 대역별 신호로 변환하는 STFT(Short-Time Fourier Transform)를 사용하여 노이즈가 있는 환경에서 비가시영역 형상 복원에 필요한 정보를 획득하는 것을 실험을 통해 증명한다.

1. 서론

비가시영역 형상 복원은 벽, 장애물 등에 의해 가려 사람이 직접 관찰할 수 없는 영역의 사물을 인식하고 시각화하는 기술이다. 자율주행, 원격감지 등의 분야에 활용되며, 광학(Optics), 무선(Radio frequency), 음향(Acoustic) 장비 등을 사용한다. 그 중, 음향 장비는 광학, 무선 장비에 비해 저렴하고, 가청 주파수는 넓은 주파수 대역(20Hz - 20,000Hz)을 사용하기 때문에 노이즈에 강건하며, 소리의 회절성으로 한 번에 넓은 범위의 정보를 취득할 수 있어 비가시영역 연구에 적합하다.

가청 주파수(Acoustic frequency)를 활용한 기존 연구[1]는 반사벽을 통해서만 소리가 반사되고 외부 소음으로부터 격리된, 노이즈가 없는 환경에서 신호의 진폭을 측정한다. 직접음, 반사벽에 반사된 1 차 반사음, 물체에 반사되어 돌아온 2 차 반사음을 구분하여, 신호가 물체에 반사된 후 돌아오는데 걸리는 시간을 통해 형상을 복원한다. 노이즈가 없는 환경에서는 <그림 1 (좌)>와 같이 반사음 간의 중첩이 발생하지 않기에 신호의 진폭을 통해 반사음을 구분할 수 있다. 하지만, 모든 벽에서 소리가 반사되어 노이즈가 있는 환경에서 신호의 진폭을 사용하면, <그림 1 (우)>와 같이 여러 반사음과 소음이 중첩되어 직접음과 반사음을 구분할 수 없다.

이를 해결하기 위해, 가청 주파수 신호를 시간, 주파수, 신호강도 3 개의 축으로 변환하는 STFT(Short-Time Fourier Transform)[2]를 사용하면 중첩된 신호를

구분하고 주파수 대역별 정보를 얻을 수 있다. 얻은 정보를 통해서 직접음과 반사음을 구분할 수 있고(그림 3), 잔향을 통해서 비가시영역의 물체를 확인할 수 있다(그림 4). 본 논문에서는 노이즈가 있는 상황에서 STFT 를 활용하여 구분된 직접음, 반사음, 잔향의 정보를 통해서 비가시영역의 물체를 탐지하는 것을 실험적으로 증명한다.

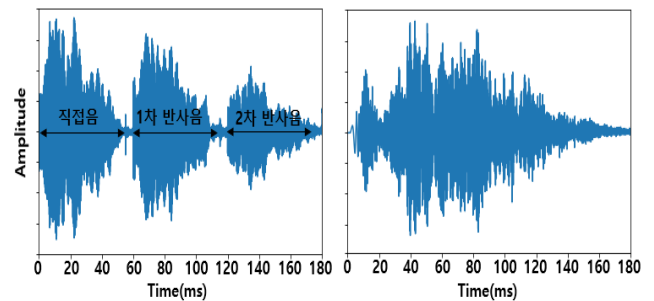


그림 1. 신호의 진폭 사용 시 발생하는 문제점. 노이즈가 없는 환경(좌)에서는 직접음과 반사음이 구분되지만, 노이즈가 있는 환경(우)에서는 신호가 중첩되어 직접음과 반사음을 구분할 수 없다.

2. 본론

2.1 실험 환경

본 논문에서는 노이즈가 있는 비가시 상황을 설정하기 위해 <그림 2>와 같이 실험실을 구성한다. 가로 6.52m,

세로 8.51m 의 공간에 나무 제질의 가림벽으로 공간 내의 물체를 직접 관찰할 수 없도록 하고, 스피커에서 발생한 신호는 반사벽을 거쳐 플라스틱 제질의 마네킹에 도달한 뒤, 다시 반사벽을 거쳐 마이크를 통해 수집된다.

실험환경은 가청 주파수를 활용한 비가시영역 복원 기초 연구[3]와 같이 8 개의 스피커를 사용하여 20Hz~20,000Hz 의 선형 Chirp 신호[4]를 0.1s 동안 발생시키고, 1 개의 측정용 마이크를 사용하여 반사된 신호를 녹음한다. 이때, 직접음과 반사음 이후에 남아있는 잔향까지 녹음하기 위해 0.4s 를 녹음한다.

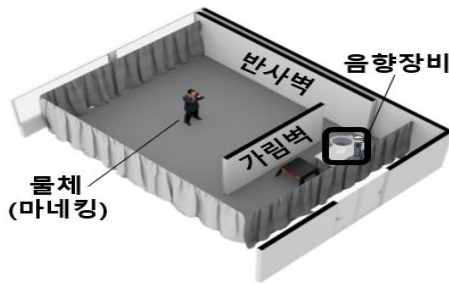


그림 2. 실험실 구조도

2.2 빈 공간과 마네킹이 있는 공간에서의 STFT 실험 결과

신호를 STFT 로 변환하면 신호가 중첩되더라도 주파수 대역별로 나누어 확인 가능하기 때문에 회환 된 신호의 주파수 영역대를 구분하여 소음을 제거할 수 있고, <그림 3>과 <그림 4> 같이 직접음과 반사음을 구분할 수 있다.

또한, 회환 된 신호를 STFT 로 변환하면 잔향을 통해 비가시영역의 물체를 탐지할 수 있다. <그림 3>과 <그림 4>는 각각 빈 공간과 마네킹이 존재하는 공간에서 회환 된 신호의 STFT 값을 보여준다. <그림 3>에서는 잔향에 특정 주파수 값이 관측되지 않지만, <그림 4>에서는 잔향에서 특정 주파수 값이 관측되는 것을 확인할 수 있다. 즉, 마네킹이 존재하는 공간의 잔향에서 선형 Chirp 신호가 더 오래 남아 있다.

이처럼 물체의 존재 여부에 따라 STFT 가 구분 가능한 차이를 보이므로 STFT 를 통해 비가시영역의 형상 복원에 필요한 정보를 획득할 수 있다. STFT 는 신호의 진폭에 비해 더 많은 정보를 포함함으로 추후 딥러닝 모델을 적용하여 비가시영역 형상 복원에 활용 가능성이 크다.

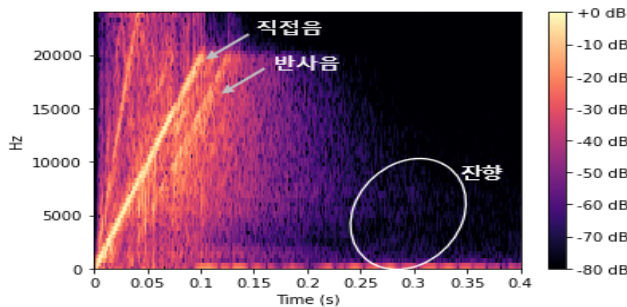


그림 3. 빈 공간에서의 STFT

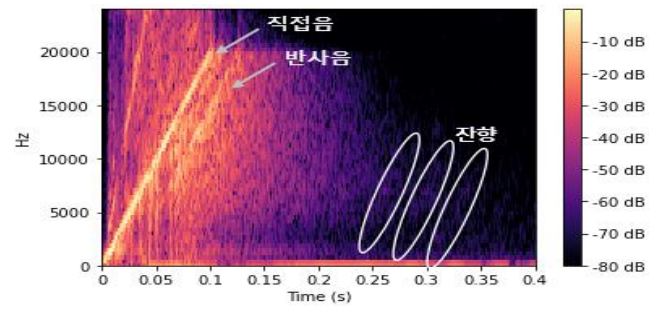


그림 4. 마네킹이 존재하는 공간에서의 STFT

3. 결론

본 논문은 가청 주파수 신호를 STFT 로 변환하여 노이즈가 있는 환경에서 발생 가능한 문제점을 해결해, 비가시영역 형상 복원에 필요한 정보를 획득하는 것을 실험을 통해 증명하였다. STFT 는 진폭만 사용했을 때와 달리 반사음과 소음 등 중첩된 신호를 구분하고, 물체의 존재 여부에 따라 잔향에서 뚜렷한 차이를 보인다. 이를 통해, 추후 이를 딥러닝 모델에 적용하여 비가시영역의 형상 복원에 활용할 수 있을 것으로 기대한다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 지역지능화혁신인재양성(Grand ICT 연구센터) 사업의 연구결과로 수행되었음 (IITP-2021-2015-0-00742)

참 고 문 헌

- [1] Lindell, David B., Gordon Wetzstein, and Vladlen Koltun. "Acoustic non-line-of-sight imaging." Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. 2019.
- [2] Biondi, Biondo. "Migration using short-time Fourier transforms." (1950).
- [3] 장승우, 김광수. "가청 주파수를 활용한 비가시 영역 복원 기초 연구." 한국통신학회 학술대회논문집 (2021): 1088-1089.
- [4] Mann, Steve, and Simon Haykin. "The chirplet transform: A generalization of Gabor's logon transform." Vision interface. Vol. 91. 1991.