

노이즈 캔슬링을 활용한 드론 소음 감소 시스템

백수현, 남정욱, 김동호

동국대학교

sky2alfory@naver.com, njo8874@naver.com, dongho.kim@dgu.edu

Drone Noise Reduction System Using Noise Cancelling

Baek Su Hyun, Nam Jung Wook, Dongho Kim
Dongguk University

요약

오늘날 무인비행기(드론)에 대한 사람들의 관심이 증가하고 드론을 활용하는 분야 또한 점점 확대되고 있다. 이에 구조(救助) 활동에 드론을 이용하는 시도와 연구가 활발히 진행되고 있다. 현재 드론을 이용한 구조활동은 시각적(카메라), 청각적(마이크로폰) 정보를 통해 대상의 위치를 탐지하고 있다. 하지만 드론에서 발생하는 자체 비행소음으로 인해 청각적 정보를 이용한 구조활동은 한계점이 존재한다. 본 논문에서는 드론소음과 구조요청이 포함된 원본 사운드에서 사람 목소리의 음역과 드론 소음의 음역을 분석하여 겹치는 부분은 최대한 줄이고, 사람의 구조요청만 남기는 간단한 방식의 소음 제거 방법을 제안한다. 그리고 원본 사운드와 제거 이후 사운드의 비교 그래프를 제시하였으며, 직접 청취한 사운드와 수치를 통해 드론의 소음은 대부분 사라지는 것을 확인하였다.

Keyword: 재난 상황, 구조요청, 드론, 소음, 소음 제거

I. 서론

무인비행기(드론)에 대한 사람들의 관심이 점점 증가하고 이를 활용하는 분야가 확대됨에 따라 구조(救助) 활동에 드론을 이용하는 시도와 연구가 활발히 진행되고 있다. 드론 구조활동은 시각적, 청각적 정보를 통해 대상의 위치를 탐지하고 있다. 하지만 드론에서 발생하는 자체 비행소음으로 인해 청각적 정보를 이용한 구조활동은 한계점이 존재한다.

본 논문에서는 복잡하지 않은 간단한 드론 노이즈 제거 모듈 설계라는 목적을 설정하였고, 드론소음과 구조요청이 포함된 원본 사운드에서 사람 목소리의 음역과 드론 소음의 음역을 분석하여 겹치는 부분은 최대한 줄이고, 사람의 구조요청만 남기는 방식의 소음 제거 방법을 제안한다. 원본 사운드와 제거 이후 사운드의 비교 그래프를 제시하였으며, 직접 청취한 사운드와 수치를 분석하였다.

II. 관련 연구

기지에서 발생하는 노이즈를 줄이기 위한 연구가 여러 분야에서 진행 중이다. 심박 수를 전기적 신호로 해석하는 심전도 측정을 방해하는 노이즈^[1], 이동 중인 자가용 내에서 들리는 엔진 소음^[2], 비행기 엔진음을 제거하기 위한 연구^[3] 등 노이즈 제거 시도는 현재도 활발하다.

소음 제거(Noise Cancellation)에는 수동 방식인 PNC (Passive Noise Cancellation) 와 능동 방식인 ANC (Active Noise Cancellation) 두 가지 방식이 있다. PNC는 물리적으로 소음을 차단하는 방식이며 ANC는 소음의 반대 위상의 소리를 만들어 파동의 상쇄 간섭 원리를 이용하여 소음을 제거하는 방식이다. ANC는 특정 저주파 대역에서 소음을 감소하는데 좋은 성능을 보이며 실시간으로 처리하는 시스템에서 장점이 있다.^[4]

ANC는 주로 반복 적응 필터(Adaptive filter) 방식을 적용한 LMS, NLMS, FxLMS 등의 알고리즘을 사용한다. 이 중 기본이 되는 LMS(Least Mean Square)는 실제 값과 원하는 값의 차이, 즉 오차를 제

곱한 값을 최소화하며 가중치를 반복적으로 찾아가는 방식이다.^[5]

반복 적응 필터는 알고리즘의 입력값으로 step-size와 filter length를 설정한다. step-size는 주로 learning rate라고 표기하는 값으로 반복과정을 1회 수행할 때마다 가중치를 어느 만큼 조정할 것인지 정하는 비율이다. filter length는 사운드 데이터 입력 개수에 상응하는 값이다.

따라서 이 두 개의 값을 잘 설정하는 것이 필요하다. 모델의 복잡도를 낮추기 위해 learning rate를 높게, filter length를 작게 설정하게 되면 노이즈 제거의 효과가 떨어지게 되고 반복 적응 필터를 사용하는 효율성이 사라진다. 반대로 노이즈 제거의 효과를 높이기 위해 learning rate를 낮게, filter length를 크게 설정하게 되면 모델의 복잡도가 너무 커지게 되고, 일반적인 cpu를 가진 컴퓨팅 파워로 매우 부담이 되는 단점이 있다.

III. 본론

1. 방법론 (Methodology)

사람과 드론의 음역이 다를 수 있음에 착안하여 '대역 필터'(Band-pass filter)라는 특정 주파수 사이의 신호만 통과시키는 필터를 사용한 방식을 채택하였다. 대역 필터가 통과시키는 주파수 사이 범위를 통과 대역(pass band)이라고 한다. 특정 주파수 대역의 신호는 통과시키고 그 외의 대역에서는 완벽히 신호를 차단해야 하나 필터가 통과 대역 밖의 신호를 일부 통과시키기 때문에 이상적인 필터는 존재하지 않는다. 통과 대역 밖의 신호가 완전히 차단되진 않지만, 신호가 감쇄되기는 한다. 이러한 현상을 필터 롤 오프(roll-off)라고 한다. 따라서 롤 오프를 최대한 줄여가는 쪽으로 필터를 설계함으로써 이상적인 필터와 가깝게 하는 것이 목적이다.^{[6][7]}

사람의 음역 대역은 대략 300~3000Hz이다. 그러나 드론과 기타 음역과 겹치는 부분을 최대한 줄이기 위해 시행착오를 거쳐 450~750Hz의 음역만 유지하고 나머지 부분은 소거하였다.

2. 데이터 셋 (Data Set)

실험에 사용한 드론 모델은 Hesel Zealot-X Standard이다.

구조상황에서 사용될 수 있는 요청음 “구해주세요”, “도와주세요”, “살려주세요”, “여기요” 에 드론 사운드가 같이 녹음된 음성 음성의 사운드 파일 40개를 데이터 셋으로 활용해 노이즈 제거 효과를 검증하였다.

| 드론 모델 (Type of Drone) | 구조 요청음 (Records) | 사운드 개수 (Sample of Voice) |
|----------------------------|---------------------|-----------------------------|
| Hesel Zealot-X Standard | “구해주세요” | 10 |
| | “도와주세요” | 10 |
| | “살려주세요” | 10 |
| | “여기요” | 10 |
| | 합계(total) | 40 |

표 1 데이터 셋

단일 채널 사운드로 녹음하였고, 샘플링률은 44100Hz, wav 포맷 파일로 진행하였다.

| 채널 타입 (Channel Type) | 샘플링률 (Sampling Rate) | 오디오 포맷 (Audio Format) |
|-------------------------|-------------------------|--------------------------|
| Mono-channel | 44100 Hz | *.wav |

표 2 오디오 스펙

3. 시뮬레이션 및 결과 (Simulation and Results)

녹음된 데이터 셋에 대한 시뮬레이션 결과를 waveform 형태로 된 전/후 비교 그래프와 사운드를 수치로 표현한 데이터로 나타내었다.

① 비교 그래프

위는 노이즈 제거 이전, 아래는 이후의 그래프를 나타낸다. 그래프의 x축은 시간(time), y축은 소리의 강도(magnitude)를 나타낸다.

아래 그림에서 1~2초, 3~4초 사이에 구조 요청음이 2번 출현하였고 그 외의 노이즈는 제거된 것을 확인할 수 있다.

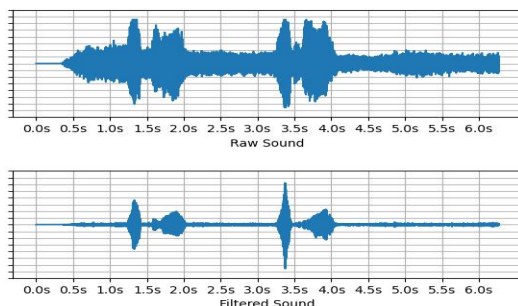


그림 1 “도와주세요”의 노이즈 제거 전후의 waveform

② 수치 데이터

노이즈 제거율을 구하기 위해 사운드에서 보이스가 출현하지 않는 부분을 발췌하여 수치를 비교하였고 이를 백분율로 나타내었다. 예를 들어 위에서 제시한 그림 1에서 보이스가 출현하지 않는 2~3초 사이의 부분만을 발췌하여 수치를 비교하는 식이다. 만약 해당 부분의 노이즈 제거 이전

의 수치가 20, 이후의 수치가 50이라면 제거율은 $(200-150) / 200 * 100 = 75\%$ 가 된다.

이와 같은 방식으로 전체 40개의 사운드 데이터 셋에 대한 노이즈 제거율(%)을 나타내었다.

| 구조음 수치 | “구해주세요” | “도와주세요” | “살려주세요” | “여기요” |
|----------------|---------|---------|---------|--------|
| 평균 | 83 % | 61 % | 77 % | 76 % |
| 표준 편차 | 5.36 % | 8 % | 4 % | 5 % |
| 표준 오차 | 1.69% | 2.57 % | 1.41 % | 1.67 % |
| 전체 평균 | 75 % | | | |
| 전체 표준 편차 | 10 % | | | |

표 3 노이즈 감소율과 분석값

IV. 결론

평균 75%에서 높은 쪽으로 많은 분포수를 가지고 있으며, 상대적으로 낮은 제거율이라 하더라도 충분히 노이즈 감소를 이끌어낸 것을 확인할 수 있다. 특정단어(“구해주세요”)에서 제거율이 떨어지는 부분은 개선해야 할 부분이다. 평균 80 % 이상으로 올려야 현장에서 구조에 도움이 되는 성능을 발휘할 것으로 생각된다.

도로 소음을 감소시키는 방음벽 개발을 위한 연구에서 스마트 방음벽을 통해 소음을 5dBA 정도 감소시켰다는 연구 결과가 있다.^[8] dBA란 소리의 세기의 단위인데, 사람의 귀에서는 6dB가 높아질 때마다 소리가 2배 크게 들린다. 따라서 소음을 5dBA 감소시켰다는 것은 이전보다 약 50% 이하의 감소율을 보였다는 것이다.

드론의 비행이라는 상황과 소음의 상황이 변하는 도로 위라는 환경의 차이가 이러한 감소율의 차이를 만들지만, 드론 소음 제거율은 구조상황을 판별할 정도로 충분한 것으로 간주된다.

참 고 문 헌

- [1] Designing and Implementation of Algorithms on MATLAB for Adaptive Noise Cancellation from ECG Signal, June. 2013.
- [2] A New Method for Active Cancellation of Engine Order Noise in a Passenger Car, August. 2018.
- [3] Active Noise Control in Light Aircraft Cabin Using Multichannel Coherent Method, pp. 1056-1069, December, 2017.
- [4] Simulation for noise cancellation using LMS adaptive filter, June. 2017.
- [5] LMS Adaptive Filters for Noise Cancellation: A Review, pp. 2520~2529, October, 2017.
- [6] Introduction to digital signal processing and filter design, John Wiley and Sons. 2006, p. 120. ISBN 978-0-471-46482-2.
- [7] Watkinson, John (1998). The Art of Sound Reproduction. Focal Press. pp. 268, 479. ISBN 0-240-51512-9. Retrieved March 9, 2010.
- [8] 능동형 방음벽 개발을 위한 H/W 시스템 설계, 차상곤 외 2명, Trans, KIE. Vol.60 No.12, December, 2011