

적응 신호 처리를 이용한 멀티콥터 프로펠러 소리 저감 방법

윤소정, 박상일, 엄유미, 유성근
서울과학기술대학교

jamie88y@gmail.com, sangilparkmail@gmail.com, youmi1003@nate.com,
orcogre@gmail.com

Noise Reduction Method with Adaptive Signal Processing for Multicopters

Sojeong Yoon, Sangil Park, Youmie Eom, Sunggen Yoo
Seoul National University of Science and Technology

요 약

본 논문에서는 멀티콥터에서의 음향 취득에 필요한 프로펠러 소음 저감 방법을 제시한다. 멀티콥터의 사용성 증대에 따른 방송 및 다분야에서 응용이 늘어남에 비해 방송 분야에서 멀티콥터의 음향 취득 기술이 미비한 것이 사실이다. 높은 품질의 동영상 촬영 기술이 나날이 발전하고 있는데 비해 멀티콥터에서의 음향 취득에 대한 연구는 진행이 활발하지 않다. 이에 본 논문은 음성 신호 처리 분야에서 소음 저감 기술로 많이 쓰이는 적응 신호처리를 이용하여 프로펠러 소리를 저감하는 방법을 제시한다. 먼저, 적용한 적응 신호 처리 기술에 대한 설명을 통해 본 논문에 이용한 프로펠러 소리 저감 방법을 설명토록 하며, 프로펠러 소리에 대한 분석을 통해 발전 가능한 연구를 논의한다.

1. 서론

최근 드론(drone) 혹은 멀티콥터(multi-copter)로 불리는 작은 무인비행체의 폭발적인 산업 성장이 두드러지고 있다. 그 용도가 군사적 용도에서 벗어나 농업용, 유통업, 연구용은 물론 개인 취미 생활에까지 넓혀지고 세계 각국에서 멀티콥터 특화 연구에 심혈을 기울이는 실정이다[1][2]. 이처럼 멀티콥터의 높은 활용의 일환으로 멀티콥터에 카메라를 설치하여 영상을 취득하는 멀티콥터 캠은 그야말로 멀티콥터 산업 성장에 원동력을 발휘하였다.

멀티콥터의 사용으로 인해 방송산업에서 영상 취득에 커다란 이점을 제공하였다. 사람이 물리적으로 도달할 수 없는 곳에서도 멀티콥터를 이용하여 영상을 찍을 수 있게 된 것이다. 하지만 고품질의 영상 취득에 반하여 음향을 취득하는 것은 여러 어려움이 존재한다. 멀티콥터에서 발생하는 소음은 로터(rotor), 모터, 프로펠러 등에서 발생한 기계적인 소음과 바람소리와 같은 불확실한 환경적인 소음이 존재한다. 로터와 모터 등은 보다 조용한 구조를 개발하여 적용함으로써 소음을 줄이거나 발생하는 소리의 반대 파형을 출력하여 상쇄시키는 능동 소음 제거 기술을 적용할 수도 있다[3]. 하지만 멀티콥터에서 능동 소음 제거 기술 응용 연구는 활발하지 않은 편이다.

그리하여 본 논문에서는 프로펠러에서 발생하는 소리를 취득·분석하여 소리를 적응적으로 저감하는 방안을 제안한다. 본 논문의 구성은 먼저, 적응적 신호처리를 이용한 프로펠러 소리 저감 방법을 제시한다. 마지막으로 실험 환경 설정 및 방법, 결론을 도출하여 이 방법의 활용 방안에 대한 논의를

한다.

3. 적응 신호 처리

먼저, 멀티콥터 카메라에서 취득한 음향에서 프로펠러 소리를 감소시키면서 원하는 음향을 얻기 위해서는 각각의 음향을 취득할 수 있는 마이크로폰이 필요하다. 적응 신호처리에서는 멀티콥터에서 취득한 복합적인 음향으로부터 프로펠러의 음향을 제거하기 위해서 다음과 같은 기본 개념이 필요하다[4].

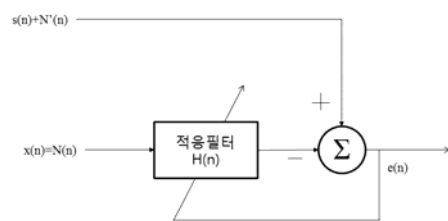


그림 1. 적응적 소음 제거 도식도

적응적 소음 제거 알고리즘에서는 소음과 섞여 있는 원 신호에서 적응 필터를 통해 참조 소음과 유사한(correlated) 소음을 제거한다. 멀티콥터에서 적용해보면, 원하는 음향인 $S(n)$ 은 프로펠러의 시끄러운 소리인 $N(n)$ 과 혼합하여 취득된다. 이에 미리 취득한 프로펠러 소리인 $N(n)$ 을 적응

필터의 입력으로 들어가게 한다. 이 참조 신호가 적응 필터로 들어가게 되면 이는 원 신호와 알고리즘의 출력의 에러(error)를 최소화한다. 가장 많이 사용되는 알고리즘은 LMS(Least Mean Square) 알고리즘, NLMS(Normalized Least Mean Square) 알고리즘 등이 있다.

$$H(n) = H(n-1) + \mu \cdot e(n)N(n)$$

적응 필터 $H(n)$ 은 어떤 시간 n 에 대해 입력 버퍼(buffer)를 통해 들어온 M 개의 샘플 벡터로 이 벡터는 어떤 시간 n 에 대한 적응 필터 계수들을 가지고 있다. 이 때, μ 는 수렴하는 정도를 결정하는 값이다. 이 알고리즘은 필터의 출력인 $e(n)$ 을 최소화하기 위해 적응 필터로 다시 피드백(feedback)하여 이루어진다[5].

4. 실험 환경 및 방법

실험을 진행하기 위한 구성 요소로는 마이크로폰, 믹서, 드론이 있다. 프로펠러 소리와 원 신호를 녹음하기 위해 약 2 평 크기의 녹음실에서 진행하였다. 마이크로폰은 최대 20kHz 의 주파수를 수음할 수 있는 AKG 사의 전지향성(omnidirectional) 콘덴서 마이크로폰을 이용하였고 마이크로폰은 Behringer 사의 8 채널 믹서에 연결하여 녹음하도록 하였다. 프로펠러의 소리 녹음을 위해 Parrot 사의 드론 1.0 을 사용하였다.

실험은 다음과 같은 순서로 진행된다. 먼저, 참조 신호를 만들기 위한 프로펠러 소리를 취득하기 위해 드론의 기체 옆 부분에 마이크로폰을 설치하여 음향을 녹음한다. 그 다음, 프로펠러 소리와 원하는 소리가 섞인 원 신호를 만들기 위해 드론과 사람의 소리를 동시에 녹음하였다. 이 때, 드론은 호버링(hovering)한 상태로 비교적 안정된 상태에서 녹음을 진행하였다. 프로펠러 소리는 주파수 응답 분석을 한 뒤, LMS 알고리즘을 이용한 적응 필터를 통해 처리하게 되면 프로펠러 소리가 저감된 결과값을 얻는다. 또한, 실험은 동일한 조건에서 세 번씩 수행하였다.

필터 파라미터(parameter), 표본주파수 등 자세한 실험 설정 값은 다음 표 1 과 같다.

표 1. 실험 설정

요소	값	
표본 주파수	44,100 Hz	
비트 깊이	16 비트	
LMS 필터 파라미터	탭 길이(tap length)	256
	스텝사이즈(step size)	0.007

5. 실험 결과 및 고찰

위와 같은 절차를 통해 하나의 프로펠러를 고려한 프로펠러 저감 연구의 결과를 얻었다. 먼저, 녹음된 프로펠러 소리를 주파수 응답 분석을 통하여 그림 2 와 같은 결과를 얻을

수 있었다. 프로펠러 소리의 성분은 주로 500Hz 이내의 저주파 대역에 걸쳐있고, 피크(peak)값이 약 120Hz 에 있음을 알 수 있다.

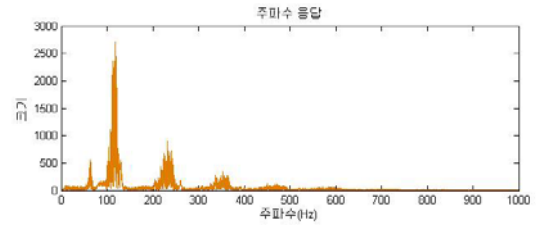


그림 2. 프로펠러 소리의 주파수 응답

LMS 알고리즘을 이용한 결과는 그림 3 에서 볼 수 있다. 그림 3 에서 볼 수 있듯이 음성신호와 프로펠러 신호가 합성되어 있는 신호에서 필터를 거쳐 약 2 초 뒤부터 프로펠러 소리가 점차적으로 감소됨을 볼 수 있다. 여기서 스텝사이즈 값의 영향으로 필터의 결과 값이 수렴함을 볼 수 있다.

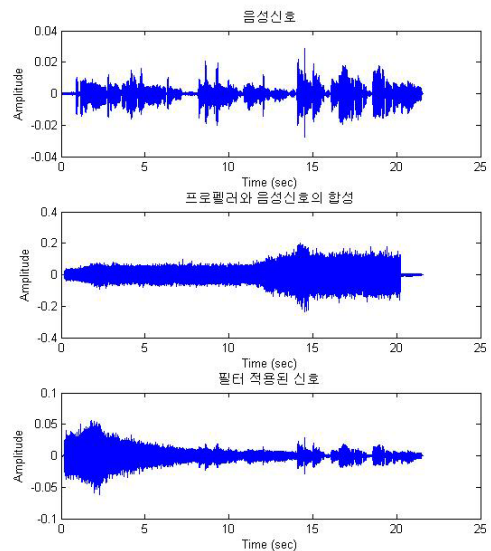


그림 3. LMS 알고리즘을 이용한 결과

이처럼 하나의 프로펠러를 고려한 적응 신호처리 결과는 잘 수행됨을 볼 수 있다. 하지만 실제 멀티콥터가 비행할 때는 여러 개의 프로펠러의 속도가 다르다. 이는 저감시켜야 할 프로펠러 소리가 변하며 동일한 참조 신호를 이용하여 처리하게 되면 원하지 않는 결과값을 얻게 된다. 또한 녹음 시에 주변 소음과의 차단을 통해 원하지 않는 신호가 혼합되지 않도록 해야 한다.

6. 결론

본 논문에서는 적응 신호 처리를 이용하여 프로펠러 소리를 저감하는 방법을 테스트 실험환경에서 실험을 진행하고 결과를 도출하였다. 하나의 프로펠러의 저감 결과는 비교적 잘 수행되었다. 하지만 멀티콥터의 모든 프로펠러를 고려한 방법의

개발도 필연적으로 대두되었다.

또한, 좋은 실험 환경에서의 실험은 방법에 대한 검증은 시도한 것으로 볼 수 있지만 실제 멀티콥터의 사용 환경을 고려한 연구 방향이 다양한 프로펠러 회전수를 고려한 방법이 대두되었다. 이에 피치 쉬프트(pitch shift)를 이용하여 잘 녹음된 프로펠러 소리의 주파수 성분의 피크(peak)값을 조정하여 제거하는 방법을 제시할 수 있다. 위와 같이 제시한 방법과 본 논문의 방법을 수정 및 보완을 통하여 멀티콥터를 이용한 음향 취득 연구에 이용될 것으로 기대한다.

감사의 글

본 연구는 미래창조과학부가 지원한 2015 년 정보통신· 방송 (ICT) 기술개발사업인 [방송중계차량 탑재형 멀티콥터캡 시스템 기술 개발] 연구결과로 수행되었음

참조

- [1]
http://article.joins.com/news/article/article.asp?total_id=17684548&ctg=1601 (2015.4.28)
- [2]
<http://joongang.joins.com/article/489/17842489.html?cloc=joongang%7Cext%7Cgooglenews> (2015.5.20)
- [3] J. Klapel, "Acoustic Measurements with a Quadcopter: Embedded System Implementations for Recording Audio from Above," Norwegian University of Science and Technology, 2014.
- [4] B. Widrow, et al., "Adaptive Noise Cancelling: Principles and Applications," Proc. IEEE, Vol. 63, No. 12, pp.1692-1716, Dec. 1975.
- [5] Jan Vanus, " The Use of the Adaptive Noise Cancellation for Voice Communication with the Control System", International Journal of Computer Science and Applications, Vol.8, No. 1, 2011, pp. 54-70.