한국소음진동공학회 2013년 추계학술대회논문집, pp. 717~719

MRI 소음의 특성을 이용한 공동 내부 목표점의 능동 소음제어

Active Noise Control for Target Point Inside Bore Using Property of MRI Noise

이록행† · 박영진* · 박윤식**

Nokhaeng Lee, Youngjin Park and Youn-Sik Park

1. 서 론

MRI기기는 현대의 중요한 의료기기로서 CT나 X-ray에 비해 방사능에 해가 없어 질병의 정밀 진단 및 의학적 연구로 많이 사용되고 있다. 하지만, 이는 사용 시에 큰 소음을 발생하는데, 최근 기기인 3T MRI 기기의 경우 130dB에 육박하는 소음을 발생한다. 앞으로 더 높은 해상도의 영상을 얻기 위해 사용되는 자기장의 세기가 더 커진다면 이러한 소음은 더 커질 것으로 예상이 되고 있으며 문제 시 되고 있다.(1) 이를 줄이기 위해 귀마개, 귀보호대 등을 사용하여 수동적으로 소음을 제어 하지만 저주파 소음을 막기에는 역부족하다. 이전 연구를 통해 이러한 저주파 소음을 줄이기 위한 능동소음제어 방법의 가능성을 확인하였다.(2),(3) 본 논문에서는 알고리즘의 안정성 및 수렴성에 대해 분석하며, 추가적인 모의실험과 예비실험으로 개 루프 및 적응 능동 소음제어 알고리즘의 성능을 검증하고자 한다.

2. 알고리즘 분석

2.1 안정성 및 수렴성

개 루프 및 적응 능동 소음제어 알고리즘의 안정성 및 수렴성을 분석한다. 알고리즘의 업데이트가 천천히 진행된다는 가정 하에 적응필터와 부가경로 전달함수의 순서는 대체될 수 있고, 기대 값을 취해 그 수렴성을 확인할 수가 있다. 적응필터가 최적의 값으로부터 벗어난 만큼을 오차 벡터라 정의 하면, 오차 벡터는 각 주파수 별 업데이트를 위해 사용되는 필터링 된 참조신호의 크기의 제곱에 따라 그 수렴성이 결정된다. 이에 따라 각 주파수 별 안정성 및 수렴성에 차이가 생기며, 필터링 된 참조신호가 가장 큰 크기를 가지는 주파수에서의 값에 따라 수렴요소(Convergence factor)의 안정성 범위가 결정되게 된다. 각 주파수 별로 일정한 크기의 참조신호를 사용할 때, 필터링 된 참조신호는 부가경로 전달함수에 따라 그 크기에 차이가 생기게 된다. 이를 보상하기 위해서 주파수 별로 각각 정규화 된 수렴요소를 사용하면 안정성 및 수렴성을 높일 수 있으며, l번째 주파수에 해당하는 수렴요소는 다음과 같다.

$$\mu_l = \alpha / a_l^2$$

μ는 수렴요소, α는 정규화 된 수렴요소, a는 필터링된 참조신호의 크기이다.

3. 모의실험

3.1 컴퓨터 모의실험 조건

실제 환경에서는 부가경로전달함수에 제어 스피커로부터 오차마이크로폰까지 음향학적 경로를 포함하는 시간 지연이 존재하기 때문에 그에 따라 알고리즘의 성능이 달라진다. 따라서 본 논문에서는 부가경로전달함수가 순수 시간지연만 가지는 경우에서부터 실험환경에서 실제로 측정된 전달 함수를 이용하는 경우까지를 모의실험 하였다. 이 외 실험 조건은 이전의 연구와 동일하게 설정하였다.(3)

3.2 컴퓨터 모의실험 결과

Table 1 에서 부가경로전달함수가 달라짐에 따른 제어 성능을 확인할 수가 있다. 제어스피커의 출력이 오차마이크로폰에 바로 전달되는 경우에 비해,

† 교신저자; 한국과학기술원 기계공학과
E-mail : norukang@kaist.ac.kr
Tel : (042)350-3060 , Fax : (042)350-8220
* 한국과학기술원
** 한국과학기술원

부가경로전달함수에 시간지연이 존재할 경우에는 그 성능이 저하되는 것을 알 수가 있다. 이는 알고리즘의 출력이 목표점까지 전파되는 시간에 따른 지연이 반영된 것으로 저감 정도는 줄어들지만 안정되게 따라가는 것을 확인할 수가 있다.

Distance (spk to mic)	ANC on	ANC off	Reduction	Frequency band
Direct	79.8	46.9	32.9	150 ~ 2500 Hz
0.5m	79.8	47.8	31.9	
1m	79.8	47.8	31.9	
1.5m (measured)	79.8	48.2	31.6	
	dB			

Table 1. Performance of ANC algorithm

4. 예비 실험

4.1 예비 실험 조건

실제 실험실 환경에서는 알고리즘을 수행하기 위한 DSP(Digital Signal Processor) 등의 하드웨어에 의해 그 성능이 달라질 수 있기 때문에 이를 검증하기 위해 예비 실험을 진행하였다. 실험 환경은 다음과 같다. 소음 원을 재생하는 스피커와 제어신호를 재생하는 스피커를 오차마이크로폰으로부터 약 1.5m 거리에 설치하였고, 두 스피커 사이의 각은 약 20도 정도 벌어지게 하였다.

컴퓨터 모의실험과는 달리, 실험 환경에서의 예비 실험에서는 하드웨어의 한계에 의한 문제점이 많이 발생한다. 첫째로, 알고리즘을 구현하기 위해서는 사용하는 DSP 장비가 샘플링 주기 안에 모든 계산을 완료해야 한다. 알고리즘의 계산 량이 이를 초과하지 않도록 알고리즘을 개선하였다. 먼저, 시간표(Time table)를 활용하여 사인신호와 코사인 신호를 발생하도록 하였다. 또한, 각 주파수 별로 업데이트를 위해 사용되는 필터링 된 참조신호를 사전에 구하여 적용하였다. 마지막으로 적응제어의 목표 주파수 대역들은 주로 에너지를 가지는 상위 17개의 피크를 대상으로 하였다.

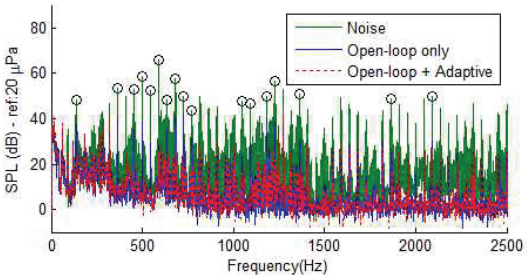

Fig 1. Power spectrum of MRI noise with/without ANC (o : target frequency band)

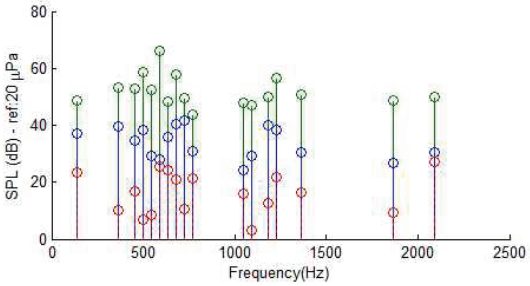

Fig 2. Reduction of noise in target frequency bands

4.2 예비 실험 결과

Fig 1에서 그 결과를 확인할 수 있다. 제어를 한 경우에 관심 주파수 대역에서 전반적으로 저감하는 것을 확인할 수가 있었고, **Fig 2**를 통해 목표 주파수대역에서는 피크 최대 저감 정도가 더 큰 것을 확인할 수가 있었다. 모의실험에 비해 저하된 성능은 부가경로전달함수 모델의 오차, 줄어든 목표 주파수의 개수 등의 원인 때문이라 분석되었다.

5. 결 론

본 논문에서는 개 루프 및 적응 능동소음제어 알고리즘을 개선하고 컴퓨터 모의실험과 실험실 환경에서의 예비실험을 통해 그 성능을 검증하였다. 실험 결과로 관심 주파수대역에서 전반적으로 저감하는 것을 확인하였으며, 목표 주파수 대역에서는 더 큰 저감 결과를 얻을 수 있었다.

후 기

이 논문은 정부(지식경제부)의 재원으로 산업융합기반구축사업의 지원(No. 10037244) 및 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No.2012-0000975).

참고 문헌

[1] Peuvrel, Thomas. *NOISE IN MRI SCANNERS*. Diss. UNIVERSITY OF SOUTHAMPTON.

[2] 이록행, 박영진, 박윤식, “MRI 소음 신호의 반복 특성을 이용한 소음 절감”, 한국소음진동공학회 2013년 춘계학술대회, 2007.

[3] Nokhaeng Lee and Youngjin Park, “A method of using open-loop and adaptive control for reducing MRI noise”, International Conference on Control, Automation and Systems, Korea, 2013.