

# MRI 소음 저감을 위한 병렬구조의 다중주파수 능동 소음제어 알고리즘

## Multiple-frequency Active Noise Control Algorithm Parallel Form for Reducing MRI Noise

이록행† · 박영진\*

Nokhaeng Lee, Youngjin Park

### 1. 서 론

MRI(Magnetic Resonance Imaging) 기기는 현대의 중요한 의료기기로써 질병의 정밀 진단 및 생체 의학적 연구로 많이 활용되고 있다. 하지만, 이러한 MRI 기기는 작동 시에 큰 소음을 발생한다. 이는 환자에게 반 폐쇄공간으로 인한 불안감과 함께 불편함을 주며, 심각할 경우 청각손실을 유발할 수 있기 때문에 큰 문제가 되고 있다. 최근, 이러한 소음을 줄이기 위한 능동 소음제어(ANC: Active Noise Control) 연구들이 진행되고 있다. 이전 연구를 통해, 개 루프 및 적응 능동 소음제어 알고리즘이 효과적임을 확인하였다.<sup>(1)</sup> 본 논문에서는 기존 알고리즘의 한계점을 확인하고, 이를 대체하기 위한 병렬 구조의 다중 주파수 ANC 알고리즘의 업데이트 방법에 따른 성능을 분석하고자 한다.

### 2. ANC 알고리즘

#### 2.1 개 루프 알고리즘의 한계

이전 연구에서 제시한 개 루프 및 적응 ANC 알고리즘에서 개 루프 제어 부분은 다음과 같다. 사진에 목표점에 도달하는 소음을 여러 번 측정하여 샘플 평균신호를 준비하고 이에 제어스피커로부터 목표점까지의 전달함수를 역으로 보상하여 재생하는 것이다. 하지만, 촬영 모드, 촬영 부위, 촬영 시간 등에 따라 입력되는 전기신호가 달라지며, 사용자의 체형 및 자세, 위치에 따라 그 전달함수 또한 달라

진다. 다시 말해, 목표점에 도달하는 소음신호의 종류는 무수히 존재할 것이며, 모든 경우에 대해 사전에 준비하는 것은 불가능에 가깝다. 반면, 적응 제어 부분에서 필요한 MRI 소음의 주된 주파수 정보는 촬영조건으로부터 추정이 가능하며, MRI 기기에 입력되는 전기신호로부터도 얻어낼 수 있다. 따라서, 본 논문에서는 실제적인 관점에서 적용 가능한 적응 ANC 알고리즘 부분에 초점을 맞추었다.

#### 2.2 병렬구조의 다중주파수 ANC 알고리즘

##### (1) 시간 영역 업데이트 알고리즘

이전 연구에서 사용한 적응 ANC 알고리즘은 MRI 소음 신호가 주기적임을 이용하여, 주파수 별 사인, 코사인의 참조신호와 오차신호로부터 각각 FXLMS(Filtered-X Least Mean Square) 방식으로 업데이트하는 알고리즘이다. 적응 필터는 시간 영역에서 매 샘플마다 업데이트 된다. 그 성능은 사용하는 수렴요소에 따라 달라진다. 큰 수렴 요소의 경우, 수렴속도는 빠르지만 정상상태 저감성능이 떨어진 다. 이는 초과 평균제곱오차(Excess mean-square error)현상이 발생하여 최적 필터 값으로부터 크게 변동하기 때문이며, 줄이고자 하는 주파수 피크들 외의 주파수 영역에 영향을 미치게 된다. 이와 같이 수렴 요소에 따라 수렴속도와 정상상태 저감성능 사이에는 상반관계가 존재 함을 알 수가 있다.

##### (2) 주파수 영역 업데이트 알고리즘

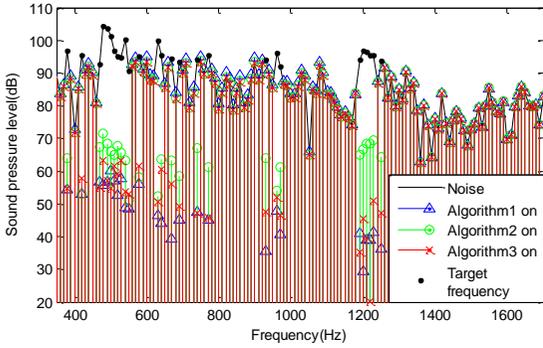
한편, 매 샘플이 아닌 일정 시간 오차 신호를 수집하고 일정한 주기마다 이를 일괄 처리하게 되면 주파수 영역에서의 최적 값을 바로 얻을 수 있다. 이를 위해, 고속 푸리에 변환(FFT: Fast Fourier Transform)을 사용하는 것이 가능하다. 시간 영역 알고리즘과 달리 일정한 주기 후 바로 최적 값에 수렴하게 된다.

† 교신저자; 한국과학기술원 기계공학과

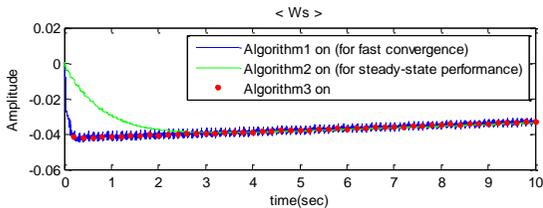
E-mail : norukang@kaist.ac.kr

Tel : (042)350-5036 , Fax : (042)350-8220

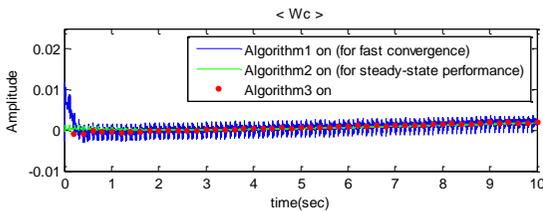
\* 한국과학기술원



**Fig 1. Performance of ANC algorithms (Frequency domain)**



**Fig 2. Adaptive filter for 480Hz sine signal**



**Fig 3. Adaptive filter for 480Hz cosine signal**

**Table 1 Steady-state reduction performance of algorithms**

	ANC off	Algorithm1 on	Algorithm2 on	Algorithm3 on
150-3000Hz	113.4 dB	109.2 dB	108.3 dB	108.2 dB
0-24000Hz	116.6 dB	112.7 dB	111.9 dB	111.9 dB

### 3. 모의 실험

#### 3.1 컴퓨터 모의 실험 조건

SE(Spin Echo) 펄스파형에 의한 소음신호를 사용하고 에너지 상위 27개의 목표 주파수를 대상으로 시간 영역, 주파수 영역의 두 알고리즘의 성능을 확인하였다. 알고리즘1은 큰 수렴요소의 시간 영역 알고리즘, 알고리즘2는 작은 수렴요소의 시간 영역 알고리즘, 알고리즘3은 주파수 영역 알고리즘이다. 주파수 영역 알고리즘의 업데이트 주기는 소음신호의 기본주기와 같은 0.1초이다.

### 3.2 결과 분석

Fig 1은 주파수영역에서의 그래프로 목표 주파수 피크에서의 저감성능은 알고리즘1이 좋지만, 목표 외 주파수 피크에서는 소음의 크기 보다 더 큰 값을 갖는 경우를 확인할 수가 있다. 이는 앞서 언급한 초과 평균제곱오차로 인해 발생한 것으로 판단되며, 주파수 대역에 따른 저감성능은 Table 1에 나타내었다. 한편, 최대 피크인 480Hz에 대한 사인, 코사인 적응필터 값의 변화는 Fig 2-3와 같다. 알고리즘1은 알고리즘2에 비해 빠르게 수렴하지만, 수렴 후 비교적 크게 변동하는 것을 확인할 수가 있다. 반면, 알고리즘2는 비교적 늦게 수렴하지만, 수렴 후 변동이 크지 않음을 확인할 수가 있다. 알고리즘3의 경우에는 업데이트 주기마다 최적 값으로 업데이트하며 조금씩 변해가는 것을 확인할 수가 있다.

### 4. 결론

본 논문에서는 MRI 소음을 줄이기 위한 병렬 구조의 다중주파수 ANC 알고리즘을 업데이트 방법에 따라 두 가지 경우로 나누어 그 성능을 비교 분석하였다. 시간 영역에서 매 샘플마다 업데이트할 경우 수렴요소의 설정에 따라 수렴속도와 정상상태 저감성능 사이에 상반관계가 존재하지만, 주파수 영역에서 일정한 주기마다 업데이트할 경우 상반관계 없이 수렴속도와 정상상태 저감성능을 높일 수 있었다. 하지만, 고속 푸리에 변환을 사용하여 최적 값을 구하는 순간의 계산 량이 크기 때문에 실제 하드웨어로 구현할 때 문제가 발생할 것으로 예상되며 이를 보완하기 위한 연구가 필요할 것이다.

### 후 기

이 논문은 정부(지식경제부)의 재원으로 산업융합 기반구축사업의 지원(No. 10037244) 및 2014년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2010-0028680).

### 참고 문헌

[1] 이록행; 박영진; 박윤식. MRI 소음의 특성을 이용한 공동 내부 목표점의 능동소음 제어. 한국소음진동공학회논문집, 2014 24.1: 62-68.