

MRI 소음 신호의 반복 특성을 이용한 소음 절감

MRI Noise Reduction using the Repeatability

이록행† · 박영진* · 박윤식**

Nokhaeng Lee, Youngjin Park and Youn-Sik Park

1. 서 론

MRI 기기는 현재 의료 정밀 진단 및 의학적 연구와 관련하여 활발히 사용되고 있다. 하지만, 최근 많이 사용되는 3T MRI 기기의 경우 작동 시에 130 dB에 달하는 정도로 심각한 소음이 발생한다. 이러한 소음은 앞으로 더 나은 성능을 위해 더욱 커질 것으로 예상이 되고 있으며, 사용자와 환자 간의 의사소통을 방해하며 나아가 청각손실까지 유발할 수 있기에 안전상에 큰 문제가 되고 있다⁽¹⁾.

실사용에 있어 귀마개 등을 사용하여 수동 소음 제어를 하지만 저주파 소음을 막기에는 역부족하다. 그에 따라 최근에는 이를 제어하기 위한 능동 소음 제어방법이 연구되고 있다. 기존의 연구로 피드백 적응 제어 알고리즘을 이용한 헤드셋 시스템이 있다⁽²⁾. 이 경우, 협대역의 소음들에 한정되고, 외란에 따라 시스템이 발산 할 수 있는 문제점이 있다.

본 논문에서는 이러한 MRI소음의 반복되는 특성을 확인하고, 이를 사용하여 소음을 줄이는 개 루프 제어 시스템을 새로운 방법으로 제안하며 그 가능성을 보고자한다.

2. MRI 소음의 개 루프 제어

2.1 MRI 소음의 반복성

MRI 소음이 발생하는 경로는 다음과 같다. 사용자가 선택한 모드, 측정부위, 측정시간 등에 맞게 x, y, z축에 해당하는 코일에 입력되는 각각의 전기신호와 강한 자기장에 의해 로렌츠 힘이 발생한다. 그에

의해, 코일은 그들 둘러싼 구조와 함께 진동을 하게 되며 소음이 발생하는 것이다. 이러한 소음신호에는 시스템의 복잡한 구조와 음향학적 외란 등에 의해 생기는 잡음이 존재한다. 하지만, 입력되는 전기 신호는 선택에 따라 정해져 변하지 않는다. 이에 의해 소음신호에는 측정 시 마다 동일한 패턴을 가지는 반복되는 부분이 있다 가정 하였다. 이를 이하 반복성이라 언급하겠으며, 나머지 잡음의 평균이 '0'의 값을 갖는다는 가정 하에 반복되는 부분은 Ensemble average로 보겠다.

이러한 반복성을 확인하기 위하여 실제 측정된 MRI 신호를 분석하였다. 정해진 입력 신호에 따라 같은 시간 동안 여러 번 측정된 Ensemble set이 필요 하지만, 이에 앞서 신호에 Ergodicity가 존재한다는 가정 하에 약 5초간의 소음신호를 사용하였다. GRE(Gradient Echo)모드에 의한 소음을 공동외부에서 측정한 신호이다. 이 신호에는 약 25ms 마다 반복되는 패턴이 확인 되어 그 주기씩 측정된 Ensemble set을 구성하였다. Ensemble간의 평균과 최댓값과 최솟값의 경향을 Fig. 1에 도시하였다. 그리고 보다 자세히 확인이 가능하도록 일부분의 평균과 표준편차를 Fig. 2에 도시하였다. 최대 피크가 포함된 앞의 약 4.5ms 부분의 샘플로서 각 부분의 표준편차를 오차 막대의 형태로 나타내었다. 이 때, 그림에서 보듯이 피 반복되는 부분에 비하여 변동되는 부분이 적음을 알 수 있는데 이것으로 MRI 소음신호에서 반복되는 부분이 차지하는 에너지가 상당한 것을 확인할 수가 있다.

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

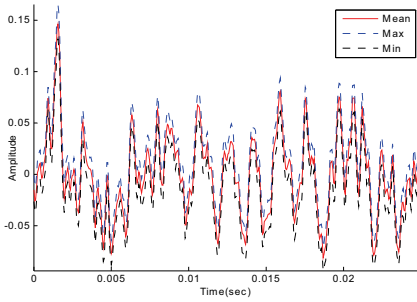


Fig. 1 Mean, maximum and minimum of MRI noise 25ms-samples

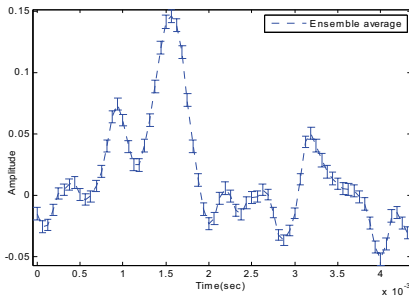


Fig. 2 Mean and standard deviation of MRI noise 25ms-samples

2.2 개 루프 제어 시스템의 가능성

2.1절에서의 분석 결과를 보면 MRI 신호에서 Ensemble average만 제어 해주더라도 상당한 소음을 저감할 수 있을 것으로 보인다. 내부에서의 소음도 이와 같은 경향을 보인다면, 이를 이용한 제어가 가능하다. 다시 말해, 입력된 모드에 따라 나오는 소음을 사람의 양 귀 위치에서 여러 번 측정을 하여 구하는 Ensemble average가 사전에 준비된다면, 이를 실제 소음과의 시간오차, 그리고 스피커의 동적특성 및 음향학적 경로 등을 고려하여 제어 스피커를 통해 소음을 저감 시키는 개 루프 제어 시스템이 가능하다.

2.3 이상적인 성능

2.1절에서 구한 Ensemble average가 반복되는 신호를 소음신호와 반대 위상으로 더하였으며, 그 결과를 Fig.3과 Fig.4에 도시하였다. 제어 후 그 나머지 신호의 파워는 소음신호에 비해 많이 줄어든 것을 확인 할 수가 있다.

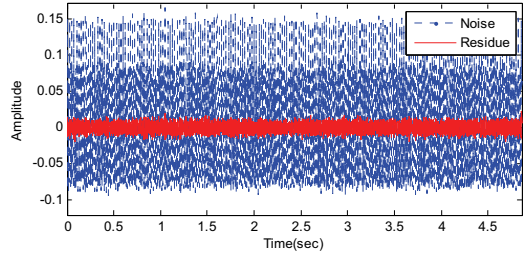


Fig. 3 Noise signal and the residue signal

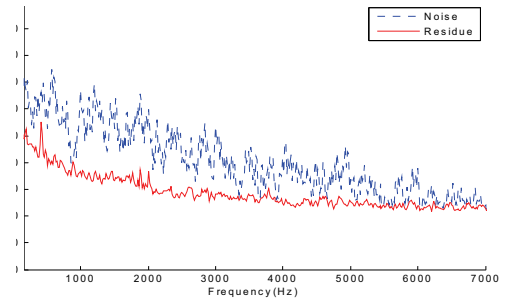


Fig. 4 Power spectrum of MRI noise and residue

3. 결론

본 논문에서는 MRI 소음의 반복성을 이용한 개 루프 제어 알고리즘의 가능성을 확인 하였다. GRE 모드의 MRI 소음에는 반복되는 부분의 에너지가 변동되는 부분에 비해 상당히 크다. 사전 측정을 통해 Ensemble average가 준비된다면, 이를 이용해 소음을 저감 시키는 개 루프 제어 방법이 유용하며, MRI 소음으로부터 그 Ensemble average를 제거 한 이상적인 성능을 파워 스펙트럼을 통해 확인함으로써 이러한 방법의 가능성을 확인하였다.

참고문헌

- (1) Thomas Peuvrel, "Noise in MRI scanners"
- (2) Masafumi KUMAMOTO, "Active Noise Control System for Reducing MR Noise," IEICE Trans. fundamentals, vol.E94-A, no.7, July. 2011