

# 적응 디지털 필터 기반의 MRI Cardiac Gating을 위한 심전도 신호의 MR Gradient 잡음 최소화 방법

박호동\*, 장봉렬\*\*, 이경중\*\*\*  
연세대학교 보건과학대학 의공학과

## Minimizing MR Gradient Artefacts on ECG Signals for Cardiac Gating based on an Adaptive Digital Filter

Hodong Park, Bongryeol Jang, Kyoungjoung Lee  
Department of Biomedical Engineering, College of Health Science, Yonsei University  
Center for Emergency Medical Informatics

E-mail : \*hodong@bme.yonsei.ac.kr, \*\*brjang@yonsei.ac.kr, \*\*\*lkj5809@yonsei.ac.kr

### Abstract

In Magnetic Resonance Imaging(MRI), the QRS complex of ECG is used as a trigger signal for MRI scan. But, gradient and RF(radio frequency) artifacts which are caused to static and dynamic field in MRI scanner cause interference in the ECG. Also, the signal shape of these artifacts can be similar to the QRS-complex, causing possible misinterpretation during patient monitoring and false gating of the MRI. In case of using general FIR or IIR band-pass filters for minimizing the artifacts, artifact-reduction-ratio is not excellent. So, an adaptive real-time digital filter is proposed for reduction of noise by gradient and RF(radio frequency) artifacts. The proposed filter for MRI-Gating is based on the noise-canceller with NLMS(Normalized Least Mean Square) algorithm. The reference signals of the adaptive noise canceller are a combination of the noisy three channel ECG signals. In conclusions, the proposed method showed the acceptable quality of ECG signal with sufficient SNR for gating the MRI and possibility of real time implementation.

### I. 서론

Magnetic resonance imaging(MRI)는 신체 내부 장기의 영상을 비침습적인 방법으로 획득할 수 있는 장치이다. 그러나 심장의 움직임이나 동맥, 정맥 등 혈관과 혈류의 움직임이 있는 부위를 촬영시 장기의 움직임에 의해 영상에 아티팩트가 발생하기 때문에 움직이는 장기를 촬영 시 일정한 트리거신호가

필요하게 된다. 양질의 영상을 얻기 위해서는 정확한 게이팅 신호를 얻는 것이 매우 중요하며, MRI 를 사용하여 심장을 영상화 할 때 잡음이 섞이지 않은 심전도신호는 심장 게이팅(ECG-Gating) 장비에 있어서 중요하다. 그러나, 심전도의 QRS 파를 이용한 심전도 게이팅 시 심전도신호에 잡음을 유도하는 전기자기적인 간섭이 존재한다. 이러한 잡음은 심전도신호의 QRS 파형과 형태가 유사하여 부정확한 Gating Pulse 를 발생시킨다. 따라서, 정확한 Gating Pulse 를 얻기 위한 다양한 연구가 진행되고 있다.

본 연구에서는 적응 디지털 필터를 이용하여 MR Gradient 잡음을 감소시키는 방법을 제안하고, LSAF(Least Square Acceleration Filter)를 이용한 심전도 신호의 QRS 검출로부터 정확한 MRI Gating 신호의 생성방법을 제안한다.

### II. 본론

실험은 0.5T MRI system (AI Lab., South Korea)에서 수행되었다. 또한, 심전도 데이터는 아날로그 전처리 필터를 통과 시킨 뒤 1KHz 로 디지털 변환시켰다. 그리고, 잡음의 영향을 최소화시키기 위해 탄소전극(biopac inc., USA)과 탄소 Lead 를 사용하여

측정하였다. 측정 시스템의 블록도를 그림 1에 나타내었다.

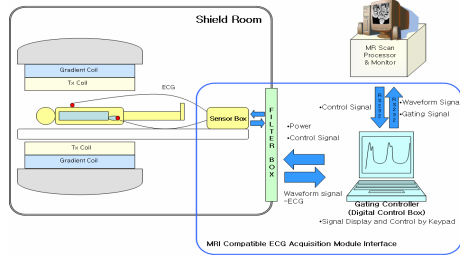


그림 1. 측정 시스템의 블록도

또한, 다양한 영상 획득 시나리오(Spin Echo, Fast Spin Echo, Transition Time)를 사용하여 잡음의 영향을 분석 평가하였다. MR Gradient Artifacts 최소화 방법으로는 심전도의 Lead 들의 조합으로 재구성한 Reference 신호를 이용한 Adaptive Noise Canceller 를 적용하였다. 제안된 방법의 블록도는 그림 2에 나타내었다.

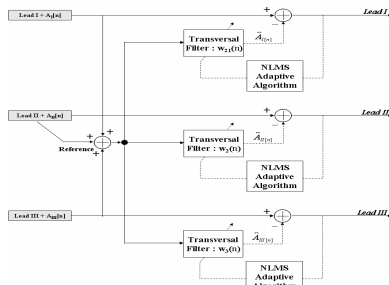


그림 2. 제안된 적응필터의 구조

### III. 결과 및 고찰

MRI Gradient 잡음이 포함된 심전도 신호에서의 MRI Gating 신호의 생성 결과를 그림 3에 나타내었다.

그림 3(a)에서 심전도 신호의 QRS 파와 MR Gradient 잡음의 형태가 유사함을 알 수 있다. 또한, 그림 3(b)는 NLMS(Normalized Least Mean Square) 알고리즘에 기반한 적응필터를 이용하여 잡음을 제거한 그림이다. 그림 3(c)의 정확한 Gating 신호를 검출할 정도의 충분한 해상도(SNR)를 가진다. 잡음이 제거된 심전도 신호에서의 QRS 파 검출을 통한 Gating 신호 생성방법으로는 LSAF(Least Square Acceleration Filter)를 적용하였다.

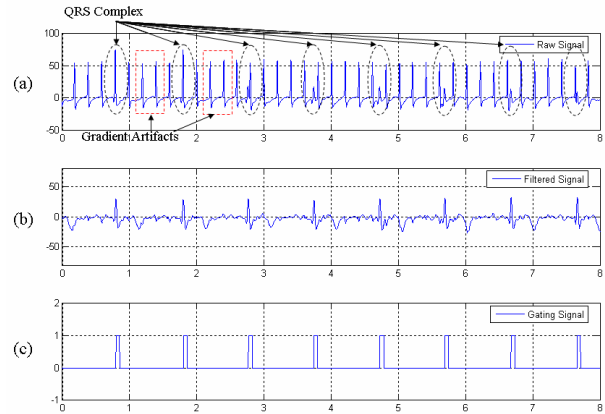


그림 3. 잡음이 섞인 심전도 신호에서의 Gating 신호 생성 결과 - (a)잡음이 섞인 심전도신호, (b) 잡음이 제거된 심전도신호, (c) MRI Gating 신호

### IV. 결론

본 연구에서 제안된 적응필터의 성능은 MRI 잡음이 섞인 심전도에서 Gating 신호를 생성하기에 충분한 해상도를 보여주었다.

### ACKNOWLEDGMENT

This study was supported by a grant of the Korea Health 21 R & D Project, Ministry of Health and Welfare, Republic of Korea. (02-PJ3-PG6-EV08-0001)

### 참고문헌

- [1] Michael K. Laudon, John G. Webster, Richard Frayne, and Thomas M. Grist, Minimizing Interference from Magnetic Resonance Imagers During Electrocardiography, IEEE TRANSACTIONS ON BIOMEDICAL ENGINEERING, VOL. 45, NO. 2, FEBRUARY 1998
- [2] Kerger KS, Giordano CR. Biopotential adaptive filtering in an MR environment. In: Proceedings of the SMRM 12th Annual Meeting, Berlin, p 661, 1992..
- [3] R. Ab'acherli C. Pasquier F. Odille M. Kraemer J.-J. Schmid J. Felblinger, Suppression of MR gradient artifacts on electrophysiological signals based on an adaptive real-time filter with LMS coefficient updates, MAGMA 18: 41-50, 2005