

심전도 기저선 변동의 최소화방법에 관한 연구

A Study on a Minimizing Method of Baseline Wandering in ECG

*주 장 규, **김 민 규, ***이 기 영, ****김 정 국

Min Kyu Kim, Jangkyu Kim, Ki Young Lee, Jungkuk Kim

Abstract -In this paper, we propose a method to minimize the baseline wandering that make hard to detect R wave in ECG. This method uses a different signal between ECG and ascending slope tracing waves to minimize the baseline wandering. When the slope of ECG signal maintains the value or falls, the ascending slope tracing wave follows ECG signal directly, and this wave holds that value of ECG signal when the slope begins to rises in a certain time(=hold time). After this hold time, this wave traces ECG signal again.

To evaluate this minimizing method for baseline wandering, the experiments are carried out with 5 ECG data in the database of MIT/BIH. R waves in the proposed different signal are detected by using descending slope trace waves and compared with the annotation file. The results show that the proposed method is sure to minimize the baseline wandering in ECG.

Key Words : 심전도, ECG, R-파, 상승 기울기 추적파, ascending slope tracing wave

1. 서 론

심전도의 모니터 및 해석을 위한 하드웨어 및 소프트웨어가 제안되어 사용되고 있으며 비교적 식별이 쉬운 R파의 경우 정상적인 형태로 얻어진 심전도에서 여러 가지 방법에 의해 쉽게 검출된다[1].

그러나 심전도의 기저선 변동은 심전도 신호를 기록하고 모니터할 때 R파의 검출을 어렵게 하는 문제를 발생시킨다. 기저선 변동은 인체의 특정 부위에 전극을 붙여 심전도를 측정하는 동안 전극의 이동에 의한 잡음의 혼입 또는 피부와 전극 사이에 존재하는 임피던스가 원하지 않는 방향으로 변할 때 0-2 Hz 범위의 주파수 성분이 혼입되어 발생한다[2]. 기존에 심전도 기저선의 변동을 최소화하거나 감소시키기 위해 제안된 대표적인 방법으로 다항식 보간법을 사용하여 기존에 알려진 P파와 R파의 간격을 사용하여 기저선 변동을 추출 최소화하는 방법과 디지털 협대역 선형 위상 필터링을 이용한 방법으로 FIR 필터 및 적응 필터를 사용하여 저주파 성분인 기저선 변동을 최소화하는 것이다. 그러나 이 방법들

은 모두 원 신호를 왜곡 시키는 문제점을 가지고 있다[3,4].

본 연구에서는 심전도의 R파에서 원신호가 상승 기울기 추적파와의 차이를 월등히 크다는 점을 이용하여 R파 검출을 위한 심전도의 기저선 변동(baseline wandering)을 최소화하는 방법에 관하여 연구하였다. 구현된 방법의 효용성을 검증하기 위하여 MIT/BIH 심전도 데이터에서 기저선의 변동이 없는 것과 있는 것에 제안 방법을 적용하여 R파를 검출하였으며 그 실효성을 확인하였다.

2. 심전도와 기울기 추적파

심장의 기능은 전기적인 펄프 작용이다. 이 작용은 심방의 탈분극과 심실의 탈분극 및 재분극에 의해 심장 근육을 퍼져 나가는 생체 전기적 임펄스에 기인한다. 다음 그림은 생체 전기적 전위를 심장 부근의 측정에 의한 심전도이다. 이 심전도의 각 간격에 따른 일반적인 지속시간은 P-R 간격이 0.12~0.20초, Q-T간격이 0.35~0.44초, S-T간격이 0.05~0.15초, P파의 간격이 0.11초, QRS 간격이 0.09초이다.

저자 소개

- * 관동대학교 전자통신공학과
- ** 명지대학교 대학원 전자공학과
- *** 관동대학교 정보통신공학부
- **** 명지대학교 전자공학과, 교수

통신저자: 이 기 영, 관동대학교 정보통신공학부

kylee@kd.ac.kr

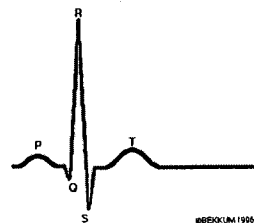


그림 1. 일반 심전도

다음 그림2와 3에서 직선은 심전도 신호이며 점선은 기율기 추적파를 나타낸다. 그림2의 점선은 하강 기율기 추적파, 그림3의 점선은 상승 기율기 추적파이다.

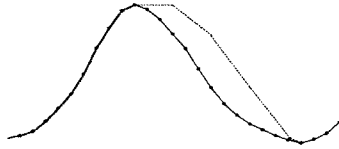


그림 2. 하강 기율기 추적파

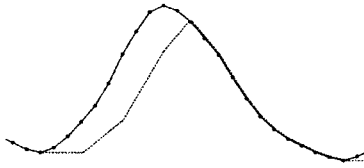


그림 3. 상승 기율기 추적파

이상의 두개의 기율기 추적파는 검출하고자하는 파형의 특성 및 검출하고자하는 파라미터에 따라 하나만 선택하여 사용하거나 두 개 또는 그 이상을 동시에 함께 사용할 수 있다 [5]. 그림 4에서 첫 번째 그림은 일반적인 심전도(흑색선)와 그에 상응한 상승 기율기 추적파(적색선)를 보이고 있다. 여기서 상승 기율기 추적파는 일정한 유지시간 동안 파형을 유지하기 때문에 심전도와 상승기율기 추적파의 차신호는 특히 심전도에서 월등히 크게 나타나는 R-파를 강조시켜 주고 있다.

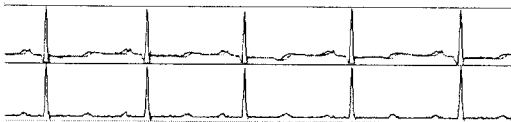


그림 4 심전도와 상승 기율기 추적파에 의한 차신호

3. 기저선 변동 최소화와 R파의 검출

심전도의 기저선 변동을 최소화하기 위하여 상승 기율기 추적파를 발생시키고 그 추적파와 심전도 신호와의 차신호를 이용하였으며 그 차신호에 하강 기율기 추적파를 발생시켜 R-파를 검출하였다.

임의의 시간 n 에서 심전도 신호를 $X[n]$ 이라 하면, 그의 상승 기율기 추적파 $UST[n]$ 은 2절에 서술한 방법으로 발생되며, $X[n]$ 과의 차신호 $D_USTX[n]$ 을 구하면 다음과 같다.

$$D_USTX[n] = X[n] - UST[n] \quad (1)$$

그림 5의 첫 번째 그림은 원 신호 $X[n]$ (흑색선)과 $UST[n]$ (적색선)이며 세 번째 그림은 차신호 $D_USTX[n]$ (흑색선)이다. 여기서 차신호 $D_USTX[n]$ 는 심전도 신호와 상승 기율기 추적파의 차이이기 때문에 심전도 신호에 혼합된 기저선의 변동을 최소화할 수 있다.

이 차신호로부터 R-파를 검출하기 위하여 하강 기율기 추적파를 발생시킨다. 그림 5는 기저선의 변동이 있는 MIT/BIH 101번 데이터와 그의 상승 기율기 추적에 따른 기저선 변동의 최소화된 예를 보이고 있다. 첫 번째 그림은 기저선의 변동이 있는 심전도 신호와 그의 상승 기율기 추적파를 보이고 있으며 두 번째 그림은 식(1)에 의해 구해진 심전도 신호와 상승 기율기 추적파의 차신호이고 이로부터 R-파를 검출하기 위한 하강 기율기 추적파를 보이고 있다. 식(1)로 구한 차신호 $D_USTX[n]$ 에서 진폭이 최대치의 35% 이상인 파형을 R-파로 결정 한다[5].

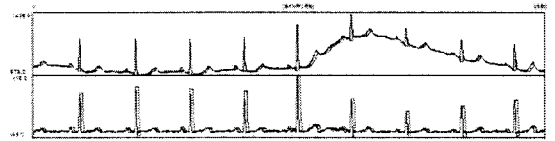


그림 5 MIT/BIH 101번 데이터 기저선 변동이 최소화된 예

4. 실험 및 고찰

본 연구에서는 제안한 방법의 효용성을 검증하기 위하여 MIT/BIH 데이터 중 45개의 심전도를 대상으로 적용하였다. 이들 데이터의 샘플링주파수는 360Hz이며 각 심검자로부터 약 30분 동안 심전도를 측정된 것이다. 그 중에서 100번, 101번, 103번, 122번, 123번등의 5개 심전도의 전구간을 대상으로 제안한 방법에 의해 R-파를 검출하고 주석파일(annotation file)과 비교하였다. 그 검출율은 모두 100% 일치 하였다. 그러나 다음 표와 같이 삽입의 오차가 있었다.

표 3 R파 검출과 비교

	표준수	일치수	삽입수
100	2239	2239	1
101	1860	1860	6
103	2082	2082	1
122	2476	2476	0
123	1515	1515	0
합	10,172	10,172	8

그림 6은 심전도 100번 데이터에서 삽입이 1개 발생한 경우를 보이고 있다. (a)는 심전도의 원신호와 상승 기율기 추적파를 보이고 있으며, (b)는 (a)의 원신호로부터 식(1)에 의

한 차신호와 하승 기울기 추적파를 보이고 있다. (c)는 (b)의 차신호의 하강 기울기 추적파에 일정한 유지시간이 있을 때의 피크 값을 보이고 있다. R-파는 (c)에서 얻어진 피크값들의 최대치에서 35%이상인 것들을 검출하여 얻는다. 여기서 (a)의 1518초 부근에 PVC가 발생한 것을 볼 수 있으며 이에 따라 (b)에서의 차신호는 크게 나타나고 (c)에서는 최대치로 나타남으로써 R-파가 발생하지 않았는데도 R-파로 오검출하여 정상 R-파 외의 삽입된 R-파로 검출된다.

그림 7은 그림 6의 100번 데이터에서와 같이 101번의 318~320초 사이에 PVC가 두 번 발생한 경우이며 삽입이 3개 발생하였다. 그림 8과 9는 심전도 신호에 기저선이 발생하여도 R-파를 정상적으로 검출하는 예들을 보이고 있다. 특히 그림 8에서는 기저선의 변동으로 인해 R-파가 작게 나타나는 경우에서도 R-파를 정상적으로 검출하고 있음을 보이고 있다.

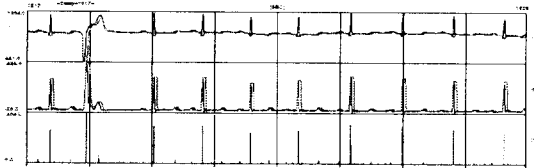


그림 6 100번 데이터에서 PVC에 의해 R-파가 삽입 검출된 예

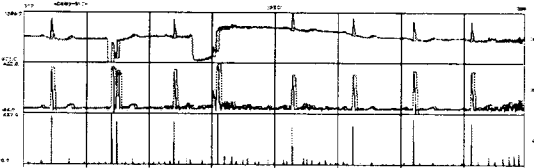


그림 7 101번 데이터에서 PVC에 의해 R-파가 삽입 검출된 예

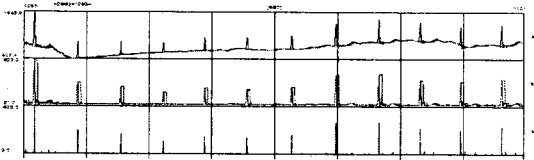


그림 8 103번 기저선 변동으로 인한 작은 R-파에서 검출 예

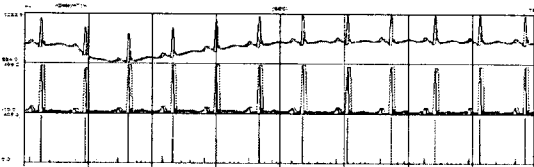


그림 9 122번 기저선 변동에서 R-파에서 검출 예

5. 결론

본 연구에서는 심전도의 기저선 변동을 최소화하기 위하여 상승 기울기 추적파를 이용하며 R-파를 검출하기 위해 하강 기울기 추적파를 이용하는 방법을 제안하였다.

이 방법의 효용성을 확인하기 위하여 제안한 방법으로 MIT/BIH 데이터에서 5개의 전구간 동안의 R-파를 검출하였으며 전문가에 의한 주석파일과 비교하였다. 그 결과 기저선 변동이 있어도 100%의 검출율을 얻을 수 있었다. 그리고 심전도에 PVC가 발생할 때 삽입 검출이 발생하였다. 이 방법은 차신호를 이용한 방법이기 때문에 심전도 자체 신호가 많이 훼손되는 문제가 발생하여 R-파 외의 특징을 구하는 데는 어려움이 있을 것으로 예상된다.

따라서 본 연구에서 제안한 방법은 기저선의 변동이 존재하는 심전도 신호로부터 R-파를 검출하는 방법으로 적절함을 확인하였다.

* 참고문헌

- [1] D. E. Mohrman, Lois J. Heller, Cardiovascular Physiology(4th Ed.), McGraw-Hill, 1981
- [2] Oguz, S. H. "A morphology based algorithm for baseline wander elimination in ECG records", Biomedical Engineering Days, 1992. pp : 157 - 160
- [3] Jane, R., Laguna, P., Thakor, N.V., Caminal, P., "Adaptive baseline wander removal in the ECG: Comparative analysis with cubic spline technique", Computers in Cardiology 1992, pp : 143 - 146
- [4] J. A. Van Alst, T. S. Schilder. "Removal of base-line wander and power-line interference from the ECG by an efficient FIR filter with a reduced number of taps", IEEE Transactions on biomedical engineering. 1985-12-00.
- [5] 이기영, 김민규, 김정국, "기울기 추적파를 이용한 심전도의 P파 및 T파 검출 알고리즘", 대한 전자 공학회, 정보 및 제어 학술대회 논문집, 2005. 10.