

# 심전도 차신호를 이용한 기저선 변동의 최소화 방법

주장규\* · 이기영\*\*

## A minimizing method of baseline wandering using a difference signal in ECG

Jangkyu Ju\* · Ki Young Lee\*\*

요 약

본 논문에서는 심전도(ECG)에서 R-파의 추출을 어렵게 하는 기저선 변동의 최소화 방법을 연구하였다. 이 방법에서는 기저선의 변동을 최소화하기 위하여 심전도와 상승 기울기 추적파의 차신호를 이용하였다. 여기서 상승 기울기 추적파는 심전도 신호에서 기울기가 하강할 때는 그대로 심전도 신호를 추적하고 기울기가 상승할 때는 그 시작시간의 심전도 신호를 기준값으로 일정시간 유지시켜 준 후 다시 원신호를 추적하는 과정이다. 구현된 방법의 효용성을 검증하기 위하여 MIT/BIH 데이터 베이스의 심전도에 적용하여 그 실효성을 확인하였다.

ABSTRACT

This paper studies a method to minimize the baseline wandering that make hard to extract R-wave in ECG. This method uses a difference 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. This method has been applied to MIT/BIH database to verify its efficacy and validity in practical applications.

Key words : ECG, baseline wandering, slope tracing waves, hold time

### 1. 서 론

심전도의 기저선 변동은 ECG 신호를 기록하고 모니터링 하는 경우 쉽게 접하는 문제 중 하나이다. 심전도의 모니터 및 해석을 위한 하드웨어 및 소프트웨어가 제안되어 사용되고 있으며 비교적 식별이 쉬운 R-파의 경우 정상적인 형태로 얻어진 심전도에서 여러 가지 방법에 의해 검출된다[1].

그러나 심전도의 기저선 변동은 심전도 신호를 기록하고 모니터할 때 R-파의 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 P-파와 R-파의 간격을 사용하여 기저선 변동을 추출 최소화 하는 방법과 디지털 협대역 선형 위상 필터링을

\* 관동대학교 전자통신공학과 박사과정

\*\* 관동대학교 의료공학과 교수 (kylee@kd.ac.kr)

이용한 방법으로 FIR 필터 및 적응 필터를 사용하여 저주파 성분인 기저선 변동을 최소화하는 것이다. 그러나 이 방법들은 모두 원 신호를 왜곡시키는 문제점을 가지고 있다[3,4].

또한 AHA(American Heart Association)의 권고에 따르면 심전도 하위 차단주파수의 경계를 0.05Hz로 하고 있으며, 그이상의 주파수 성분을 제거하면 R-파 뿐만 아니라 그보다 미세한 P-파 및 T-파 등을 훼손시키는 왜곡을 발생시킨다 [6].

본 연구에서는 심전도의 R-파에서 원신호가 상승 기울기 추적파와의 차이를 월등히 크다는 점을 이용하여 R-파 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 R-파를 검출하였으며 그 실효성을 확인하였다.

## II. 기울기 추적파

심장의 기능은 전기적인 펌프 작용이다. 이 작용은 심방의 탈분극과 심실의 탈분극 및 재분극에 의해 심장 근육을 펴져 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. 다음 그림2와 3에서 직선은 심전도 신호이며 점선은 기울기 추적파를 나타낸다. 그림2의 점선은 하강 기울기 추적파, 그림3의 점선은 상승 기울기 추적파이다.

그림 2의 하강 기울기 추적파는 원 신호의 기울기 변화가 없거나 증가하는 구간에서 원신호 진폭을 추적하지만, 더 이상 진폭이 증가하지 않

는 시점부터는 일정시간  $t_H$  (수~수십 ms) 동안 해당하는 최고의 진폭을 유지한다. 그 후 원 신호의 진폭이 추적파보다 작으면, 원 신호와 하강 기울기 추적파가 만나게 될 때까지 하강 기울기 추적파가 하강하게 된다. 또한 그림 3의 상승 기울기 추적파는 하강 기울기 추적파와 반대 과정을 거쳐 발생시킨다.

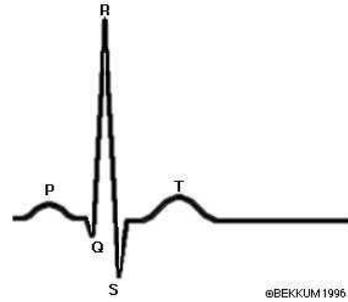


그림 1. 일반 심전도  
Fig. 1 General ECG



그림 2. 하강 기울기 추적파  
Fig. 2 Descending slope tracing waves

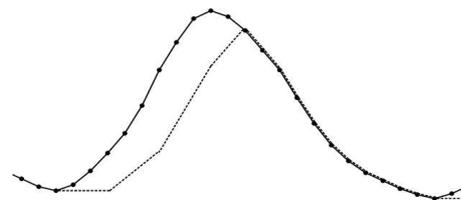


그림 3. 상승 기울기 추적파  
Fig. 3 Ascending slope tracing waves

이상의 두개의 기울기 추적파는 검출하고자하는 파형의 특성 및 검출하고자하는 파라미터에 따라 하나만 선택하여 사용하거나 두 개 또는 그 이상을 동시에 함께 사용할 수 있다[5].

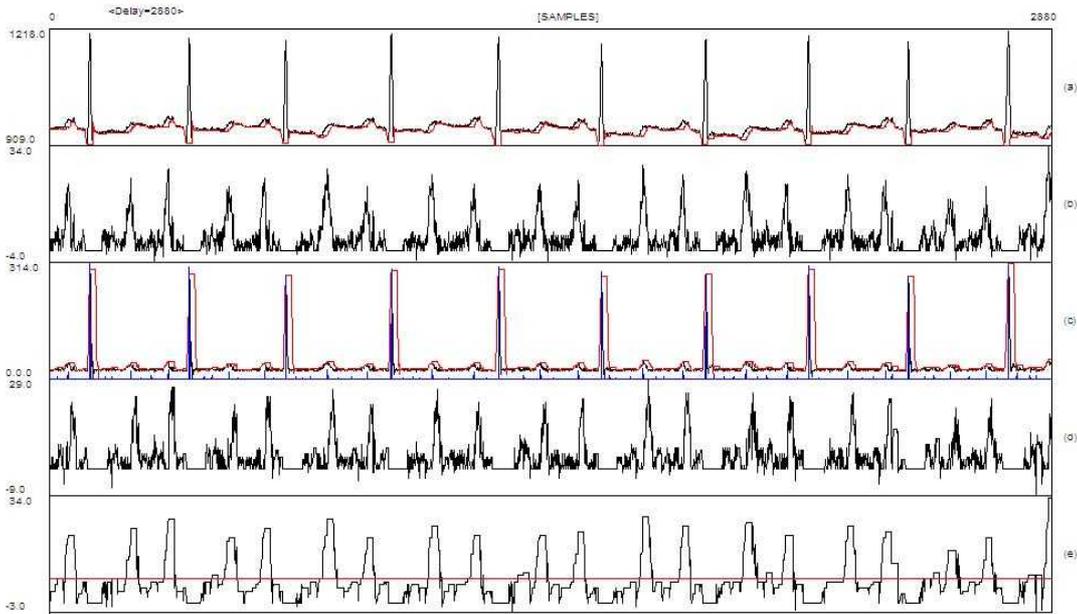


그림 4 일반적인 심전도에서 발생한 상승 및 하강 기울기 추적파  
Fig 4. Ascending and descending slope tracing waves from an ECG signal

그림 4에서 첫 번째 그림은 일반적인 심전도(흑색선)와 그에 상응한 하강 기울기 추적파(적색선)를 보이고 있으며 하강 기울기 추적파는 일정한 유지시간  $t_H$  동안 파형을 유지한다.

그림 4의 세 번째 그림은 첫 번째와 동일한 일반적인 심전도(흑색선) 및 그에 상응한 상승 기울기 추적파(적색선)를 보이고 있으며 상승 기울기 추적파는 일정한 유지시간  $t_H$  동안 파형을 유지한다.

여기서 상승 기울기 추적파는 일정한 유지시간 동안 파형을 유지하기 때문에 심전도와 상승기울기 추적파의 차신호는 특히 심전도에서 월등히 크게 나타나는 R-파를 강조시켜 주고 있다.

### III. 심전도의 차신호

심전도의 기저선 변동을 최소화하기 위하여 상승 기울기 추적파를 발생시키고 그 추적파와 심전도 신호와의 차신호를 이용하였으며 그 차신호에

하강 기울기 추적파를 발생시켜 R-파를 검출하였다.

임의의 시간  $n$ 에서 심전도 신호를  $X[n]$ 이라 하면, 그의 상승 기울기 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 기울기 추적파의 차이이기 때문에 심전도 신호에 혼입된 기저선의 변동을 최소화할 수 있다. 이 차신호로부터 R-파를 검출하기 위해서 하강 기울기 추적파를 발생시킨다.

그림 6은 기저선의 변동이 있는 MIT/BIH 101번 데이터와 그의 상승 기울기 추적에 따른 기저

선 변동의 최소화된 예를 보이고 있다. 첫 번째 그림은 기저선의 변동이 있는 심전도 신호와 그의 상승 기울기 추적파를 보이고 있으며 두 번째 그림은 식(1)에 의해 구해진 심전도 신호와 상승 기울기 추적파의 차신호이고 이로부터 R-파를 검출하기 위한 하강 기울기 추적파를 보이고 있다. 식(1)로 구한 차신호 D\_USTX[n]에서 진폭이 최대치의 35% 이상인 파형을 R-파로 결정한다[5].

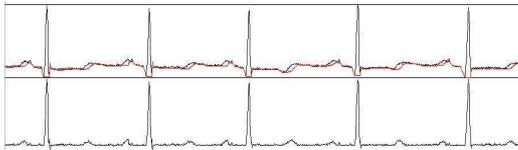


그림 5. 심전도와 상승기울기추적파에 의한 차신호  
Fig. 5 ECG and difference signals using ascending slope tracing waves

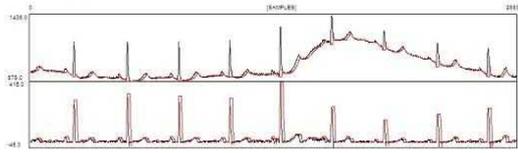


그림 6. 심전도의 기저선 변동 최소화된 예  
Fig. 6 A minimized example of baseline wander of ECG

#### IV. 실험 및 고찰

본 연구에서는 제안한 방법의 효용성을 검증하기 위하여 MIT/BIH 데이터 중 45개의 심전도를 대상으로 적용하였다. 이들 데이터의 샘플링 주파수는 360Hz이며 각 심검자로부터 약 30분 동안 심전도를 측정하였다.

그 중에서 100번, 101번, 103번 등의 3개 심전도의 전구간을 대상으로 제안한 방법에 의해 R-파를 검출하고 주석파일(annotation file)과 비교하였다. 그 검출된 위치는 거의 일치 하였으나 R-파가 아닌 부분을 R-파로 검출하는 삽입이 발생하였다. 다음 표는 주석파일의 R-파 위치와

비교한 표준수와 본 논문의 방법에 의한 R-파 위치의 일치수를 보이고 있으며, 그 외의 일치하지 않는 삽입수를 보이고 있다.

표 1. R-파 검출 비교  
Table 3 Comparison of R-waves

	표준수	일치수	삽입수
100	2239	2239	1
101	1860	1860	6
103	2082	2082	1
합	6,181	6,181	8

그림 7은 심전도 100번 데이터에서 삽입이 1개 발생한 경우를 보이고 있다. (a)는 심전도의 원신호와 상승 기울기 추적파를 보이고 있으며, (b)는 (a)의 원신호로부터 식(1)에 의한 차신호와 하강 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.

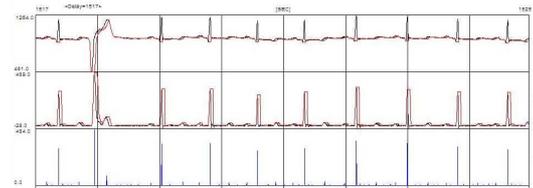


그림 7. PVC에 의해 R-파가 오검출된 예  
Fig. 7 A mis-detected example of R-wave by PVC

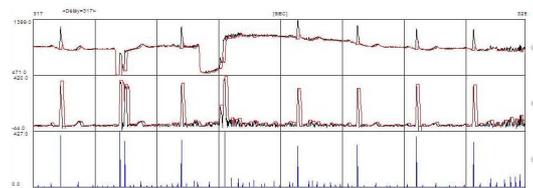


그림 8. PVC에 의해 R-파가 오검출된 예  
Fig. 8 A mis-detected example of R-wave by PVC

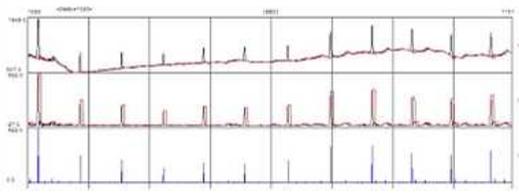


그림 9. 기저선 변동에서 R-파의 검출 예  
Fig. 9 A example of R-wave during baseline wander

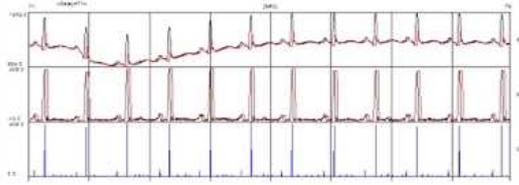


그림 10. 기저선 변동에서 R-파에서 검출 예  
Fig. 10 A detected example of R-wave during baseline wander

그림 8은 그림 6의 100번 데이터에서와 같이 101번의 318~320초 사이에 역방향 전압피크와 같은 PVC가 두 번 발생한 경우이며 삽입이 3개 발생하였다.

그림 9와 10은 심전도 신호에 기저선이 발생하여도 R-파를 정상적으로 검출하는 예들을 보이고 있다. 특히 그림 9에서는 기저선의 변동으로 인해 R-파가 작게 나타나는 경우에서도 R-파를 정상적으로 검출하고 있음을 보이고 있다.

### V. 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 3개의 구간 동안의 R-파를 검출하였으며 전문가에 의한 주석 파일과 비교하였다. 그 결과 기저선 변동이 있어도 주석파일과 같은 위치의 R-파를 검출할 수

있었다. 오검출에 의한 삽입은 심전도에 PVC(prema- ture ventricular contraction : 조기 심실수축)가 발생할 때 발생하였다. 그러나 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 논문에서 연구한 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 Transac- tions 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.
- [6] American Heart Association on Electrocardio- graphy, "Recommendations for standarization on lead and specifications for instruments in ECG/VCG", Circulation, 52, pp. 11-254, 1975

---

저자약력

---



주장규(Jangkyu Ju)

2000년 관동대학교  
전자통신공학과 학사  
2002년 관동대학교  
전자통신공학과 석사  
2006년-현재 관동대학교  
전자통신공학과 박사과정

<관심분야> 디지털 신호처리, 음성 신호처리,  
의용전자 및 신호처리



이기영(Ki Young Lee)

1984년 명지대학교  
전자공학과 학사  
1986년 명지대학교  
전자공학과 석사  
1992년 명지대학교  
전자공학과 박사  
2008년 성균관대학교  
생명공학과 박사수료  
1993년-현재 관동대학교  
의료공학과 교수

<관심분야> 의용전자 및 신호처리, 음성 신호처리,  
디지털 신호처리