

다중 리드 심전도 신호에서의 P파 검출

김동석, 전대근, 길문중, 윤형로
연세대학교 보건과학대학 의용전자공학과

Detection of the P Wave in Multilead ECGs

D.S. Kim, D.G. Jun, M.J. Khil, H.R. Yoon

Department of Biomedical Engineering, College of Health Science, Yonsei University.

ABSTRACT

The automated ECG diagnostic systems that are used in hospitals have low performance of P wave detection when faced with some diseases such as conduction block. So, the aim of this study is the improvement of detection performance in conduction block which is low in P wave detection.

Median QRS-T segments were subtracted from the raw data and residual in the QRS-T regions was zeroed. After band pass filtering, we applied approximated length transformation to detect P wave.

서론

현재까지 발표된 P파 검출에 관한 연구들은 대부분이 QRS complex 앞의 일정 영역에서만 검출을 실시하므로 결합성 P파의 경우에는 좋은 결과를 얻을 수 있었으나 심방성 부정맥의 경우에는 적합하지 않는 방법이다.[1][2] 또한 기존의 검출 방법에서는 P파의 신호 대 잡음비(SNR)가 다른 신호에 비해 매우 작고, 주파수 스펙트럼이 T파나 동잡음과 겹쳐있음에도 불구하고 단일 리드 심전도 신호에서만 검출을 실시한다는 단점이 있다.

본 연구에서는 다중 리드 심전도 신호에서 P파에 대한 신호 대 잡음비를 계산한 후 검출에 필요한 리드를 선택하였으며, QRS-T complex 소거 방법을 적용하여 심방성 부정맥에서도 향상된 결과를 얻을 수 있도록 하였다.

본론

본 연구에 사용된 심전도는 CSE 데이터베이스의 Set 3 심전도 데이터를 사용하였다. 이 데이터는 500 samples/sec로 10초간 측정 되어있고 해상도는 5 μ V/bit이다. 데이터는 15 채널의 리드가 포함되어 있으나 실제 실험에서는 8개의 리드만 사용하였다.

그림 1은 P파 검출에 관한 전체적인 흐름도이다.

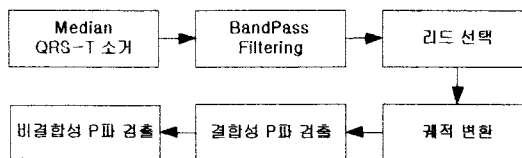


그림 1. P파 검출 흐름도.

Median QRS-T 소거 과정은 미리 설정된 기준점 (fiducial point)을 중심으로 수행되며 PVC와 같은 새로운 형태의 QRS complex가 발견되었을 경우에는 이 과정을 수행하지 않고 QRS의 시작점과 끝점을 등전위로 만들어 주었다.

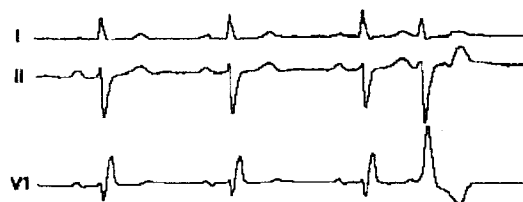


그림 2. Median QRS-T 소거 이전.

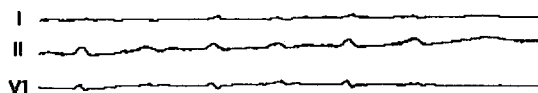


그림 3. Median QRS-T 소거 이후.

그림 4와 같이 QRS-T 속에 숨어있는 P파는 소거 과정을 통하여 약간의 왜곡은 있지만 원래의 형태로 나타날 수 있게 된다.

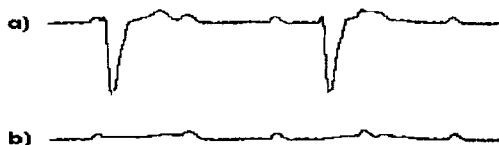


그림 4. 3rd AV Block. a) Median QRS-T 소거 이전. b) Median QRS-T 소거 이후.

대역 통과 필터(band pass filter)는 기저선 변동의 제거와 P파의 신호 대 잡음비를 크게 하기 위하여 사용하였으며 주파수 응답은 그림 5와 같다.

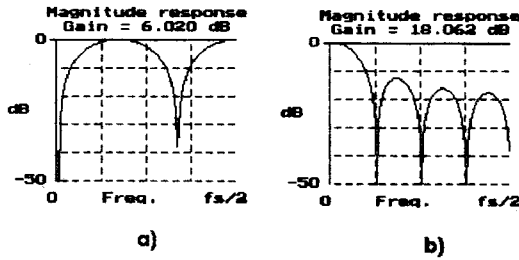


그림 5. a) 고대역 통과 필터. b) 저대역 통과 필터.

P파는 리드 I, II, V1에서 가장 잘 나타나므로[3] 각각의 리드에 대한 신호 대 잡음비를 계산한 후 가장 큰 값을 갖는 리드 한 개를 선택하여 제적 변환과정에 들어간다. 제적 변환은 연산 속도를 최소화하기 위하여 근사 제적 변환법을 사용하였다. 두 점의 거리 근사식을 이용한 제적 변화량은 다음과 같다.[4]

$$L_i = L(1, a, i) = \sum_{k=i}^{i+4} d(p_k, p_{k+1})$$

$$d(p_i, p_j) = |x_i - x_j| + |y_i - y_j| + 2 \frac{\max(|x_i - x_j|, |y_i - y_j|)}{3}$$

결합성 P파 검출에서는 평균 피크의 25%를 문턱값으로 설정하여 일정 검색 구간 영역에서만 검출을 실시 하였고 비 결합성 P파 검출에서는 가장 가까운 피크의 70%를 문턱값으로 설정하여 검색 구간 영역 이외의 구간에서 검출을 실시하였다. Median QRS-T 소거 과정에서 기준점 설정이 잘못 되었을 경우는 P파와 비슷한 피크성 잡음이 발생하며 이러한 문제점을 해결하기 위하여 비 결합성 P파가 검출되었을 경우는 Median QRS-T와 상관계수를 구하여 일정값 이상일 경우에만 P파로 인정하였다.

실험 결과

CSE 데이터베이스의 Set 3에서 atrial fibrillation, atrial flutter, pacemaker 신호가 포함된 경우를 제외한 112개의 심전도 신호를 적용하였다.

그림 6, 7, 8은 대표적인 심방성 질환에서의 P파 검출을 보여주고 있다. 특히, 그림 7에서는 T파 내에 존재하는 P파를 Median QRS-T 소거 방법을 통하여 검출한 예를 나타내고 있다.

표 1에 전체 심전도 신호에 대한 검출률을 표시하였다. AV Block에서 발생한 대부분의 오류는 그림 9와 같이 Median QRS-T속에 크기가 작은 P파가 존재하기 때문에 발생하였고 이러한 검출 오류를 방지하기 위해서는 Median QRS-T 속에 P파가 존재하는가를 소거 이전 단계에서 판단해야 한다. QRS complex 분류 과정은 8개의 리드 모두를 사용하였으며 VPC인 경우에는 QRS complex

형태를 잘못 분류하는 오류가 발생하여 False Positive가 발생하였다.

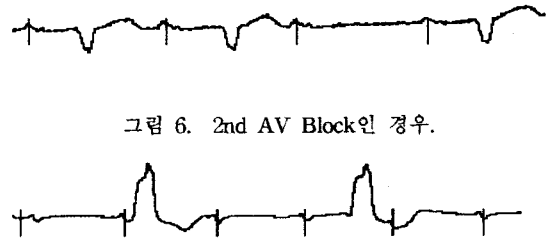


그림 6. 2nd AV Block인 경우.

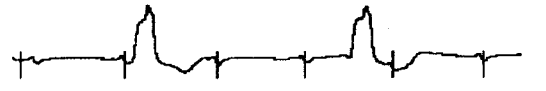


그림 7. 3rd AV Block의 경우.



그림 8. APC인 경우.

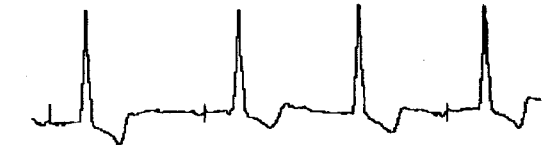


그림 9. 2nd AV Block의 잘못 된 경우.

	개수	CP	FN	FP
정상	1081	98.8%	1.2%	2.1%
APC	23	100%	0%	0%
VPC	26	100%	0%	3.8%
AV Block	48	72.9%	27.1%	0%
전체	1178	97.8%	2.2%	2.0%

표 1. P파 검출률. CP: Correct Point, FN:False Negative, FP:False Positive 단, 2nd AV Block이상

참고 문헌

[1] Hengeveld SJ, van Bemmel JH. "Computer detection of P waves.", *Comput. Biomed. Res.* 1976, vol. 9 pp. 125~132.
 [2] B.R. Shankara Reddy, Paul E. Elko, Dave W. Christenson, Ian Rowlandson. "Detection of P Waves in Resting ECG: A Preliminary Study", *Computers in Cardiology*, 1992 pp. 87~90.
 [3] Galen S. Wagner, "Practical Electrocardiography". Williams & Wikins. 9th edition. 1994.
 [4] 전대근, 김동석, 김문중, 윤형로, "근사 제적 변환법을 이용한 P와 T파 검출", 대한의용생체공학회 춘계학술대회, vol 20, no. 1, 1998, pp167~168.