

전문가의 추론방법을 이용한 P파 검출 알고리즘

°이 지 연, *황 성 오, 윤 영 로, 윤 형 로
연세대학교 보건과학대학 의용전자공학과
*원주 연세대학교 의과대학 응급의학교실

P wave Detection Algorithm using Cardiologist's Estimation Method

°Gee Yeon Lee, *Sung Oh Hwang, Young Ro Yoon, Hyung Ro Yoon
Dept. of Biomedical Eng. Yonsei Univ.
*Dept. of Emergency Medicine Won-Ju College of Medicine

-Abstract-

This paper performed P wave detection algorithm for diagnosis in according to method of cardiologist's P wave detection. We used correlation pattern matching for prominent P waves and P-P interval estimation for ambiguous P waves. Results of this study indicate that this algorithm has potential for improving P wave detection performance.

1. 서 론

심전도(electrocardiogram : ECG)는 심장의 전기적 상태를 나타내는 것으로, P, QRS, T파의 주기적 반복으로 이루어져 있으며 심장의 기능적인 상태를 진단하는 데에 있어 중요한 정보를 제공한다[1].

이중 P파는 심장 질환 환자의 급사를 수반할 수도 있는 심방성 질환, 또는 전도 장애 등을 진단할 수 있으므로 그 중요성이 부각되고 있다[1]. 그러나 P파는 크기가 작은 저주파 성분이며, 한 환자에 있어서 그 모양과 크기가 달라질 수 있을 뿐만 아니라 각 환자마다의 모양과 크기도 모두 다를 수 있기 때문에 검출하기 매우 어렵다[2].

이제까지 P파의 검출을 위해 사용되어진 방법에서는 Curvature[3], 미분 파형의 zero-crossing searching[4][5], 주파수 분석[6], length transform [7], multi-channel histogram[8]등을 이용해 왔으나 이러한 방법들은 정상 리듬이나, 심방 세동 (Atrial fibrillation), VPC (Ventricular premature beats)와 같은 반복성 이상 리듬의 경우에는 정확한 진단을 내리기에 부족함이 없으나, 심방성 부정맥의 경우에는 우수한 검출 성능을 입증하지 못하고 있다[9]. 이는 이제까지의 방법들이 주로 QRS

파가 나타나기 전을 P파가 나타날 위치로 고정시켜 찾기 때문이다.

이에 본 논문에서는 심장전문의의 P파 검출방법에 따라 검출 가능한 P파, 추정 가능한 P파, 그리고 추정 불가능한 P파의 세 그룹으로 나누어 추정 검출해 본다. 또한 이렇게 추정 검출하는 알고리즘은 심장전문의의 P파 검출 순서에 따른 Tree search방식을 취한다[10].

2. 심장전문의의 P파 추론 알고리즘

가. 심장 전문의의 P파 추론 방법

심장전문의들이 심전도를 판독할 때, 경험적으로 얻은 각 파의 template로 파의 존재를 확인 후 환자의 병을 진단하게 된다. 일반적으로 P파는 R파의 이전에 나타나는 것이 정상이나, R파의 이후에 나타날 때도 있다. 만일 P파가 R파 이전에 존재한다면 P파의 개수가 확인되고, R파 이후에 존재한다면 ST segment나 T파에 감추어져 있는 P파를 찾게 된다. P파가 ST segment나 T파에 감추어진 경우 ST-T파의 형태에 변이가 생기므로, P-P 간격의 규칙성에 따라 P파가 있을 위치를 추정할 수 있다. 그러나 ST-T파의 변이가 없을 경우, P파의 존재 자체를 추정할 수 없으므로 추정

불가능한 파형으로 간주한다.

나. 연구실험대상 분류

본 연구의 실험대상으로 MIT/BIH Data의 106번 정상 파형[그림 1]과 AV dissociation이 있는 107번 비정상 파형[그림 2]을 사용한다. 사용한 심전도는 총 66개이며 각 파형의 임상 전문의에 의한 분류는 다음과 같다.

표 1. 심장전문의의 파형 분류

	정상 파형	비정상 파형
검출가능P(P_P)	33개	19개
추정가능P(T_P)	0개	6개
추정불가능P(N_P)	0개	8개
합계	33개	33개

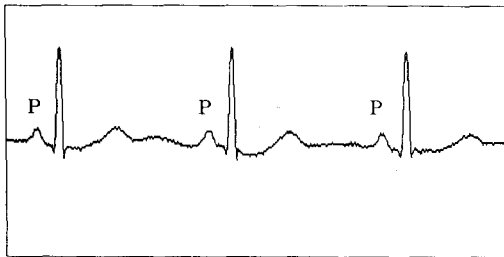


그림 1. MIT/BIH 106번의 정상파형

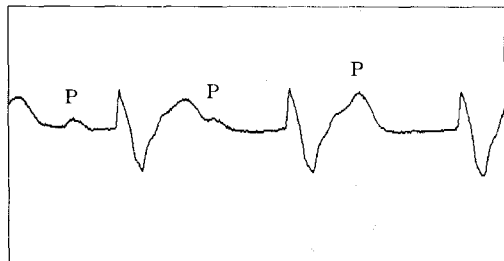


그림 2. MIT/BIH 107번의 비정상파형

다. 알고리즘의 적용

우선 심장전문의의 의견에 따라 모든 심장질환에서의 P파 형태와 그 성질 등을 고려한 심장전문의들의 P파 검출 방법을 조사한다. 조사된 전문의의 검출 순서와 방법을 적용하여 프로그램 가능한 알고리즘을 구성한다[그림 3].

구성된 알고리즘의 순서를 보면 다음과 같다.

A. 검출에 사용될 심전도 파형은 저대역 필터 과정을 거친 후, 미분하여 zero-crossing point를 찾는 Pablo Laguna의 알고리즘으로 R파와 T파의 end point를 찾는다[11].

B. 심장전문의의 견해에 준해, P파의 template를 [그림 4]와 같이 정한다. P파 template의 데이터 크기는 P파 폭의 평균치인 100msec로 한다.

C. tree구조의 순서에 따라 각 심전도의 R파 이전 220msec에서 200msec 넓이의 window를 template와 correlation한다.

D. R파 이전 220msec에서 140msec 넓이의 window 내에서 correlation 결과의 최대값을 찾아 이미 정해두었던 threshold보다 그 값이 크면 P파로 가정한다.

E. R파의 이전에 P파가 여러개 존재할 경우를 위해 window를 이전 beat의 T end point까지 옮겨 correlation을 수행, 그 최대값들을 P파로 가정한다.

F. R파 이후에 P파가 존재할 경우를 위해, 전문의의 P파 추정 방법대로 이전 beat의 R파 이후의 파형을 현재 beat의 R파 이후와 비교하여 그 변이가 정한 범위보다 클 경우 P파로 가정한다.

G. 첫 beat의 검출 가능한 P파부터 P-P 간격씩 이동하면서 P파가 있어야될 위치의 전후 50msec 내에서 그 위치와 가장 가까운 P파를 최종적인 P파로 확정한다.

3. P파의 추정 및 검출 결과

정상 파형의 경우, 33개의 P파 중 33개 모두 검출할 수 있었다. 비정상 파형의 경우는 R파 이전에 존재하는 P파는 19개 중 19개를, 추정 가능한 P파는 6개 중 2개를, 추정 불가능한 P파는 8개 중 5개를 검출했다. 정상 파형의 경우 검출률은 100%, 비정상 파형의 경우 검출률은 78.8%이다.

각 파형의 검출 결과를 살펴보면 아래와 같다.

표 2. 정상 파형에서의 추정검출 결과

	N	CD	WD
P_P	33	33	0
T_P	0	0	0
N_P	0	0	0

표 3. 비정상 파형에서의 추정검출 결과

	N	CD	WD
P_P	19	19	0
T_P	6	2	4
N_P	8	5	3

위의 표에서 N은 분류된 P파의 개수, CD는 검출된 P파의 개수, WD는 검출되지 않은 P파의 개수이다.

4. 결 론

위의 결과는 진단 시스템의 각종 질환에 따른 P파 검출성능의 개선 가능성을 시사하고 있다. 전도된 P파와 전도되지 않은 P파가 정확히 검출되

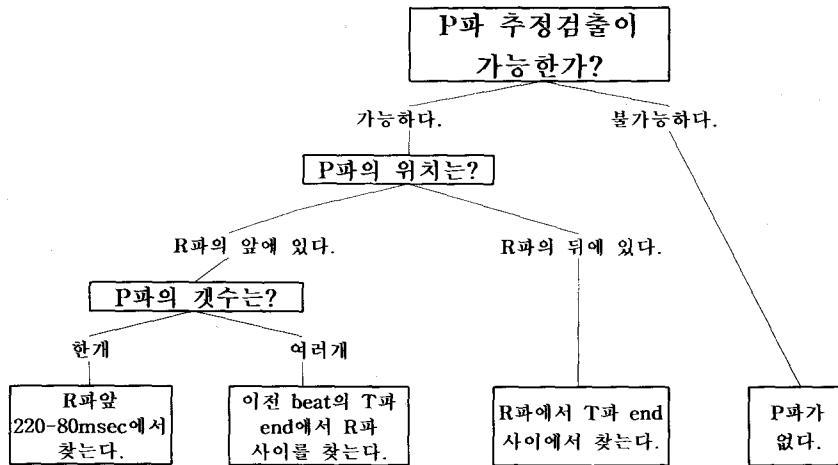


그림 3. 심장전문의의 P파 추정검출 방법

었다. 위의 결과에서 심장전문의도 추정할 수 없는 P파의 검출을 배제하면, 비정상 파형에 있어서 P파의 검출률은 84%가 된다. 단, 본 알고리즘은 R파의 peak를 검출하는데 있어 Holter와 같은 긴 시간 관찰에 사용되는 알고리즘을 사용하여 R파 검출의 성능이 진단용 알고리즘의 정확도를 만족시키지 못하고 있다. 그러므로, 심전도 진단분석에 적합한 특징점 검출 알고리즘의 개발이 필요하다. 더 나아가 객관적인 알고리즘의 평가를 위해 더 많은 데이터를 통한 평가, 여러 명의 심장전문의에 의한 데이터 분류, 다른 알고리즘과의 비교평가도 필요할 것이다.

5. 참고 문헌

[1] Galen S. Wagner, MARRIOTT'S PRACTICAL ELECTROCARDIOGRAPHY, Ninth edition
 [2] B.R. Shankara Reddy, Paul E. Elko, Dave W. Christenson, and G. Ian Rowlandson, "Detection of P Waves in Resting ECG : A Preliminary Study" in Computers in Cardiology IEEE, pp. 87-90, 1992
 [3] Ho Soo Lee, Quin-Lan Cheng, and Nitish V. Thakor, "ECG Waveform Analysis by Significant Point Extraction" Computers and Biomedical Research, vol. 20, pp. 410-427, 1987
 [4] Pablo Laguna, Raimon Jane, and Pere Caminal, "Automatic Detection of Wave Boundaries in Multilead ECG Signals : Validation with the CSE Database", Computers and Biomedical Research, vol. 27, pp. 45-60, 1994
 [5] 황선철, 정희교, 김용만, 이명호, "심방성 부정맥 진단 알고리즘에 관한 연구", 의공학회지, 제

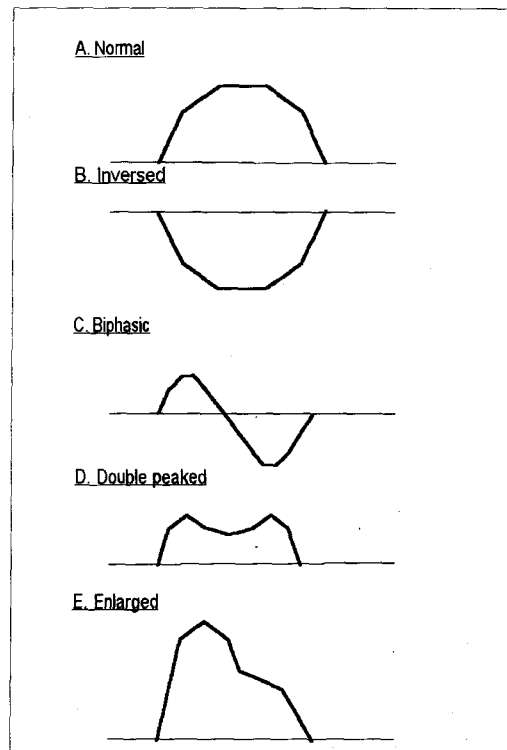


그림 4. P파의 template

10권, 제1호, pp. 17-23, 1989
 [6] O. Fokapu, J. p. Girard, "A New Approach For P wave Detection Using Analytic Signal" in Computers in Cardiology IEEE, pp. 400-401, 1993
 [7] F. Gritzali, G. Frangakis, and G. Papakonstantinou, "Detection of the P and T Waves in an ECG", Computers and Biomedical Research, vol. 22, pp. 83-91, 1989

- [8] C. Caroubalos, C. Perche, C. Metaxaki-Kossionides, E. Sangriotis and D. Maroulis, "Method for an automatic analysis of the ECG", 1988
- [9] Masuo Shirataka, PhD, Hideo Miyahara, MD, PhD, Noriaki Ikeda, PhD, Akira Domae, MD, PhD, and Toshiro Sato, MD, PhD, "Evaluation of Five Computer Programs in the Diagnosis of Second-degree AV Block", Journal of Electrocardiology, vol. 25, No. 3, July 1992
- [10] Avron Barr, Paul R. Cohen and Edward A. Feigenbaum, THE HANDBOOK OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE, vol. I, Addison-wesley, 1989
- [11] P. Laguna, N. V. Thakor, P. Caminal, R. Jane, Hyung-Ro Yoon, "New algorithm for QT interval analysis in 24-hour Holter ECG : performance and applications", Medical & Biological Engineering & Computing, vol. 28 pp. 67-73, 1990
- [12] Paul M. Embree, Bruce Kimble, C LANGUAGE ALGORITHMS FOR DIGITAL SIGNAL PROCESSING, Prentice-Hall International Editions