

웨이블릿 변환과 문턱치를 이용한 R 피크 검출 연구

서 정 익*

대구보건대학교 안경광학과

A study of R peak signal detection using Wavelet and Threshold

seo jung ick

Department of ophthalmic Optics, deagu health college

요 약

심전도는 심장질환의 진단을 위해 많이 사용되고 있다. 정확한 진단을 위해 웨이블릿과 문턱치 방법이 연구되고 있다. 본 연구에서는 기존의 hard 문턱치 방법을 응용하여 hard inverse 문턱치 방법을 연구하였다. Pan-Tomkins 알고리즘에 hard inverse 문턱치 방법을 적용하였고 알고리즘을 간소화 할 수 있었다. mit-bih 103번 ECG 신호를 검출한 결과 신호의 왜곡 발생과 잡음의 영향이 받지 않고 R 피크를 검출할 수 있었다.

Abstract

The electrocardiogram(ECG) is widely used for the diagnosis of heart disease recent. In order to correct diagnosis, wavelet and thresholding is studied. In this study, we study hard inverse thresholding that is apply the existing hard thresholding. It apply to hard inverse thresholding on Pan-Tomkins algorism, that was simplified. The results of mit-bih No. 103 ECG signal is detected R peaks was detected unaffected by signal distortion and noise

▶ Keyword : ECG(eletrocardiogram), 웨이블릿(wavelet), 문턱치 방법(thresholding)

* 제1저자 대구보건대학교 교수

투고일:2013.6.20. 심사일:2013.7.20. 게재확정일:2013.8.30.

I. 서론

고령화가 진행되면서 사회의 평균수명이 늘어나고 있다. 서구화된 식습관으로 인해 성인병 환자도 증가추세에 있다. 이로 인해 심장병과 같은 심혈관계 질환 환자의 수도 같이 증가하고 있다. 이러한 심장병을 진단하는 지표로 가장 많이 측정되는 것이 심전도(electrocardiogram : ECG)이다. 심전도 신호 여러 가지 파로 구성되어 있다. 그 중 R 피크 검출은 심장 질환의 진단에서 중요한 지표로 사용되고 있다. 이러한 R 피크는 Pan과 Tomkins에 의해 검출 알고리즘이 만들어졌다^[1]. Pan-Tomkins이 검출 알고리즘을 발표한 뒤 현재까지 많은 연구가 진행되고 있다. QRS 검출은 다양한 방법으로 개발되어 사용되고 있고, 그 중 R 피크는 신호중에서 가장 명확하게 나타나기 때문에 검출 기준으로 많이 사용되어지고 있다^[2].

심전도는 두 전극에서 심장의 수축과 이완에 따른 전위차를 그래프로 나타낸 것이다^[3]. 측정되는 피크 파는 P, Q, R, S, T파가 있다. 각 피크는 고유의 간격, 크기를 가진 형태를 나타낸다. 이러한 형태적 특징을 기반으로 각 파를 검출한다. P파는 측정할 때 가장 먼저 나타나고 시간은 0.08초 간격, 전위는 0.01~0.20mV이다. QRS 복합파는 측정할 때 가장 강한 피크를 가지고 시간은 0.06~0.01초 간격, 전위는 약 1mV이다. T파는 크고 완만한 곡선으로 나타나며 시간은 0.12~0.16초 간격, 전위는 약 0.10~0.30mV이다. 그림 1은 표준이 되는 ECG 신호를 나타낸 것이다^{[4][5]}.

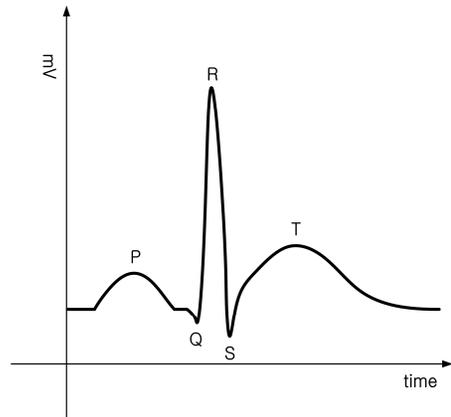


그림 1. ECG 신호

Fig 1. ECG signal

ECG를 측정할 때 많은 잡음이 발생하게 된다. 전원에 의한 전원잡음, 환자의 호흡에 의한 잡음, 근전도 잡음, 접촉 잡음 등 많은 잡음이 있다^[6]. 정확한 진단과 검출 정확도를 높이기 위해서는 잡음을 효과적으로 제거해야 한다.

II. 웨이블릿 변환

웨이블릿 변환의 함수는 sin, cosin, 웨이블릿 모함수를 사용한다. 시간과 주파수의 국부적인 성격을 이용하여 신호를 저역 통과 필터와 고역 통과 필터에 적용하고, Down sampling을 행하여, 다해상도로 분해한 후 불필요한 신호 즉 잡음을 분석 및 제거한다. 다해상도 표현과 연관된 Wavelet 변환의 정의는 식 (1)과 같다^[7].

$$C(a, b) = \int_{-\infty}^{\infty} \psi\left(\frac{t-b}{a}\right) f(t) dt \dots\dots\dots(1)$$

식 (1)에서 $\psi(t)$ 는 모함수이고, b 는 함수의 이동에 관여하는 계수, a 는 함수의 확장에 관여하는 계수이다. 그에 따라 $\psi(t)$ 는 주파수 영역에 따른 다해상도를 가지게 된다. 즉, 지속시간이 짧은 고주파신호에 대해서는 짧은 창함수를 사용하고 지속시간이 긴 저주파 신호에 대해서는 긴 창함수를 사용하여 주파수 영역에 따른 다중해상도를 가지게 된다. 그림2는 다해상도 창함수 형태를 나타낸다. 신호의 주파수 특성에 맞추어 효율적으로 창함수의 계수를 조절할 수 있기 때문에 주파수 및 시간영역에 대한 분해능이 서로 다른 형태를 나타내면서 신호를 다양하게 분석할 수 있는 필터 구조를 가진다.

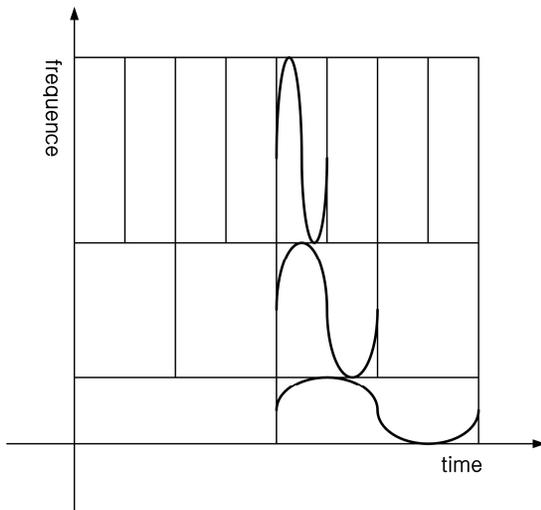
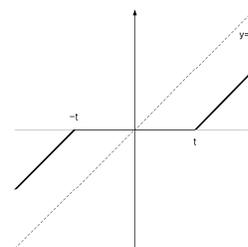


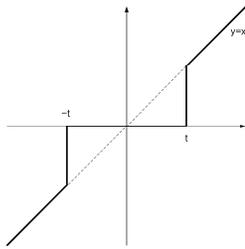
그림 2. 다해상도 웨이블릿 함수
Fig 2. multiresolution wavelet function

III. 문턱치

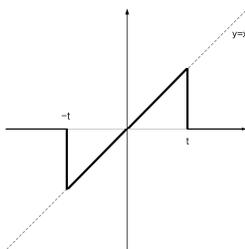
문턱치 방법은 웨이블릿을 이용한 잡음제거 방법에서 가장 많이 사용되는 방법이다. 문턱치 방법은 1995년 Donoho에 의해 soft, hard 방법이 개발된 이후 많이 사용되어지고 있다[8]. soft 문턱치 방법은 기생진동이 많이 발생하지 않는 장점이 있지만, 진폭을 낮게 만드는 단점이 있다. 그에 비해 hard 문턱치 방법은 진폭을 유지하는 장점이 있지만, 급격한 변화로 인해 기생진동이 발생하는 단점이 있다. 일반적으로 hard 문턱치 방법은 문턱치 이하의 값은 0으로 만들고, 문턱치 이상의 값은 그대로 사용하는 방법이다. 본 논문에서는 hard 문턱치 방법을 반대로 사용하는데 문턱치 이하의 값은 그대로, 문턱치 이상의 값은 0으로 만든다. ECG 신호에 있는 R 피크를 효과적으로 제거할 수 있는 방법이다. 그림 3은 soft, hard, hard inverse 문턱치 방법의 특징을 그래프로 나타낸 것이다.



(a) soft 문턱치 방법
(a) soft threshold



(b) hard 문턱치 방법
(b) hard threshold



(c) hard inverse 문턱치 방법
(c) hard inverse threshold

그림 3. 문턱치 방법
Fig 3. threshold

IV. R 피크 검출

본 실험의 신호처리를 위해서 matlab(7.10.0, MathWorks, 미국)을 사용하였다. 실험 데이터는 샘플링 주파수가 360Hz 인 mit-bih의 103번 ECG 신호를 사용하였다.

원신호와 잡음이 섞인 신호 S 를 웨이블릿으로 분해하면 저주파 성분인 cA_1 과 고주파 성분인 cD_1 으로 분해된다. 또 cA_1 을 분해하여 저주파 성분인 cA_2 과 고주파 성분인 cD_2 를 얻게 된다. 이렇게 분해해서 한 단계를 더 거치면 제거해야 R 피크가

속해 있는 영역을 분리해 낼 수 있게 된다.

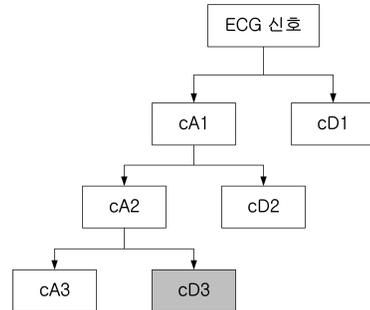


그림 4. wavelet 분해
Fig 4. wavelet decomposition

cD_3 에서 hard inverse 문턱치 방법으로 R 피크 성분을 제거한다. 역순으로 Up sampling을 행하여 신호를 복원한다. 복원된 신호를 이렇게 복원된 신호는 R 피크가 상당히 낮아진 상태가 된다. 원신호 S 와 복원된 신호를 빼게 되면 R 피크만 남게 된다. R 피크가 반대로 측정된 경우도 검출하기 위해 제곱기를 거친다. R 피크가 날카로운 한 개의 피크로 이루어진 경우 이외에도 두 개의 피크를 이루기도 하는데, 이는 moving window를 거치게 되면 하나의 피크로 만들어지게 된다. 그 후 detecting 과정을 통해 R 피크를 검출할 수 있다. 그림 5는 전처리 과정을 알고리즘으로 나타내었다.

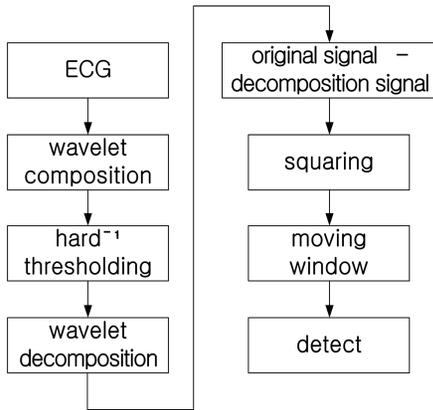


그림 5. 전처리 과정
Fig 5. preprocessing

V. 결과 및 고찰

기존 Pan-Tomkins 알고리즘은 저역 통과 필터와 고역 통과 필터를 사용하여 잡음을 제거한 뒤 미분기를 사용하였다. 미분기를 거친 신호를 제공기, moving window 과정을 통해 전처리 하여 detecting 하였다. 본 연구에서는 저역 통과 필터와 고역 통과 필터 미분기를 사용하지 않고 웨이블릿을 이용하여 ECG 신호에서 R 피크만 남기고 다른 신호를 제거하였다. 그림 6에서 웨이블릿을 이용하여 R 피크만 그래프로 나타내었다.

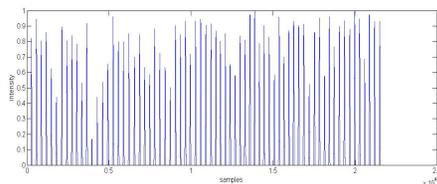


그림 6. R 피크

Fig 6. R peak

그림 7은 ECG 신호에 R 피크를 detecting 한 것이다.

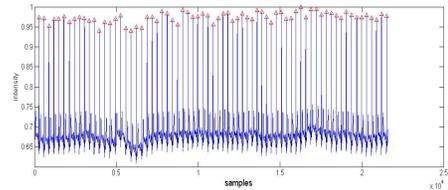


그림 7. R 피크 detection
Fig 7. R peak detection

VI. 결 론

기존의 Pan-Tomkins 검출 알고리즘은 저역 통과 필터와 고역 통과 필터, 미분기를 이용하여 전처리 하였다. 본 연구에서는 이를 이용하지 않고 웨이블릿과 hard inverse 문턱치 방법을 이용하여 R 피크만을 추출하고 이를 이용하여 R 피크를 검출하였다. 이로 인해 전처리 과정을 간소화 할 수 있었다. 필터를 이용할 경우 파의 왜곡이 발생하는 경우도 있고, 잡음 제거율 또한 높지 않다. 웨이블릿을 이용한 경우에는 파의 왜곡을 발생시키지 않고, 잡음에 큰 영향을 받지 않는다. 하지만 R 피크가 작게 측정된 경우 검출이 잘 되지 않는 경우도 발생한다. R 피크 검출이 작게 측정된 경우 검출할 수 있는 추가적인 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

- [1] J, Tomkins, “A real-time QRS detection algorithm”, IEEE Trans. Biomed. Eng., Vol. BME-32, No. 3, p 230-235, 1985
- [2] Patrick S. Hamilton, E. P. Limited, “Open Source ECG Analysis Software Documentation”, 3.2, p 6-7, 2002
- [3] 온영근, “간호사를 위한 ECG”, 대학서원, p 14-15, 2006.
- [4] 김찬우, “ECG 신호의 P, QRS, T, PVC 과 실시간 검출”, 명지대학교 대학원 석사학위논문, p 7-8, 2002.
- [5] 전승철, “컴퓨터를 이용한 심전도 신호의 분석”, 인하대학교 석사학위논문. 1988.
- [6] 김조자, 왕명자, 이영자, 전시자, “심전도’, 현문사”, p 170-173, 1999.
- [7] 이승훈, 윤동한. “알기쉬운 웨이블렛 변환” 2판, 진한도서, p 51-53, 2003.
- [8] Donoho D L, “De-noising by soft-thresholding”, IEEE Transaction Information Theory, p 613-627, 1995.