

문턱치값 최적화 연구

서정익*, 박은규**

대구보건대학교 안경광학과

A Study of the Threshold value Optimization

Jung-Ick Seo*, Eun-kyoo Park**

Department of ophthalmic Optics, deagu health college

요 약

정확한 신호의 검출을 위해서 많은 필터들이 만들어지고 있다. 필터의 성능은 잡음을 효과적으로 제거하는 것으로 평가한다. 필터의 정확한 평가를 위해서 문턱치 값을 효과적으로 결정할 필요가 있다. 본 연구에서는 문턱치 값의 최적화에 대해 연구하였다. 신호는 삼각파와 전원잡음을 이용하였다. 샘플 개수에 따른 SNR 변화를 연구하였다. 샘플 개수가 증가함에 따라 SNR도 안정화가 되었다.

Abstract

Many filters are made in order to detect the accurate signal. The performance of the filter is evaluated as to remove the noise effectively. It is necessary to determine the threshold value for the accurate evaluation of the filter effectively. In this study, we investigated the optimization of the threshold value. It was used for the triangular wave signal and the power supply noise. SNR change according to the number of samples was studied. As the number of samples increases, SNR saw also stabilize.

▶ Keyword : 웨이블릿(wavelet), 문턱치(threshold)

*제1저자 : 대구보건대학교 교수 **교신저자 : 대구보건대학교 교수
• 투고일 : 2014. 10. 30, 심사일 : 2014. 11. 30, 게재확정일 : 2014. 12. 30.

I. 서론

의학의 발달은 인간의 기대수명을 늘려 사회는 현재 고령화 사회를 넘어 초고령화 사회로 이르게 하고 있다. 식습관도 과거에 비해 서구화가 많이 진행되었으며, 이로 인해 심혈관계 질환 등 성인병도 증가 추세에 있다. 이러한 성인병은 생체신호의 측정으로 진단하고 있다. 생체신호에는 심전도(electrocardiogram : ECG)가 가장 대표적이다.

심전도 신호는 P파, QRS 복합파, T파로 구성된 생체신호이다. 이 중 심장 질환 진단의 중요한 지표로 사용되는 것은 R피크이다. R피크는 ECG 신호에서 가장 뚜렷하게 나타나는 신호로 QRS 복합파의 검출 방법에서 기준으로 많이 사용되고 있다^[1]. R피크는 Pan과 Tomkins가 검출 알고리즘을 만들었고^[2], 현재 계속적인 연구가 되고 있다.

심전도 신호는 인간의 생체신호를 측정하는 아날로그 신호이다. 아날로그 신호는 측정시 잡음이 발생하게 되고, ECG 신호도 측정시 여러 가지 잡음이 발생하여 신호에 포함되어 있다^[3]. 이러한 잡음은 정확한 신호 검출에 방해가 되므로 필터를 이용하여 잡음 제거하는 기술은 계속 연구 중에 있다. 심전도 측정 중에 발생하는 잡음의 종류 중 대표적인 것은 근전도 잡음과, 전원 잡음이 있다. 근전도 잡음은 측정 중 발생하는 호흡, 몸의 움직임, 전극의 움직임에 의한 경우가 많다. 근전도 잡음은 50~150Hz에 해당되는 잡음으로 그 크기는 0~10Vp-p 이다^[4]. 전원 잡음은 나라별로 약간씩 차이가 생기는데 대표적으로는 50Hz, 60Hz 잡음이 있다. 한국의 경우는

220V, 60Hz를 사용하므로 전원잡음의 경우 60Hz가 발생하게 된다. 전원 잡음은 ECG 신호 측정할 때 QRS 복합파 간격에 영향을 미쳐 QT간격의 측정에 오류를 발생시키는 경우가 발생하게 된다^[5].

그림 1은 ECG 신호의 표준이 되는 형태를 나타낸 것이다^[6]. ECG 신호는 그림 1에서 보는 바와 같은 형태를 띄고 있다. ECG 신호를 단순화 할 때는 점선과 같은 삼각파를 이용한 형태로 만들어 사용하기도 한다. 실제 ECG 신호를 사용하는 경우는 실제 R피크 검출의 성능을 평가할 때 사용하고, 잡음 제거의 성능을 평가할 때 실제 ECG 신호를 사용하기도 하지만 만들어진 ECG 신호를 사용되기도 한다. 이는 실험 목적에 따라서 달라지게 된다

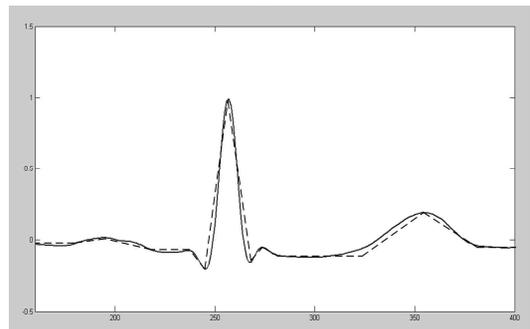


Fig 1. ECG signal

II. 웨이블릿 변환

웨이블릿변환은 함수를 사용하여 신호를 분해하는데, 이 때 사용하는 함수는 sin, cos, 웨이블릿 모함수가 있다. 신호의 형태에 따라 선택해야 한다. 시간과 주파수를 Lowpass 필터와 Highpass 필터를 통과시키고, 다운샘플링하여 다해상도로 분해한다. 이렇게 분해해서 잡음을 분석하여 제거

한다. 다해상도 표현과 연관된 Wavelet 변환의 정의는 식 (1)과 같다^[7].

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

식 (1)에서 $\psi(t)$ 는 웨이블릿 모함수이고 α 는 함수의 확장 계수, β 는 함수의 이동 계수이다. 웨이블릿에 의해 신호를 분해하게 되면 $\psi(t)$ 는 주파수에 따른 다해상도 영역을 각각 가지게 된다. 짧은 창함수는 고주파신호를, 긴 창함수는 저주파 신호를 가진 다해상도를 가지게 된다.

그림 2는 다해상도에 의해 생긴 창함수와 그에 따른 주파수 분해를 나타낸 것이다. 신호의 주파수에 따라 창함수의 계수를 조절하기 때문에 주파수와 시간영역에 대한 분해능이 서로 다르게 나타나는 필터구조를 가지게 된다.

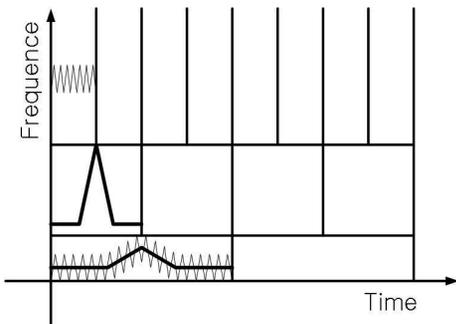


Fig 2. multiresolution wavelet function

III. 문턱치

웨이블릿에 의해 분해된 신호에서 잡음을 제거하는 방법 중 가장 많이 사용되는 방법이 문턱치 방법이다. 문턱치 방법은

Donoho에 의해 soft, hard방법이 1995년에 개발된 후 잡음제거에 많이 사용되고 있다^[8]. 이런 soft, hard 방법을 사용하기 위해서는 문턱치값을 결정해야 한다. 이 문턱치값은 샘플 개수와 크기에 영향을 받게 된다. 식 2는 문턱치값을 결정하는 식이다. 식 3은 임계값을 결정하는 식이다. 식에서 thr 은 문턱치값, N 은 샘플 개수, σ 는 임계값을 나타낸다.

$$thr = \sigma \sqrt{2 \log(\text{length}(N))} \dots \dots \dots (2)$$

$$\sigma = \text{median}(\text{abs}(\text{data}))/0.6745 \dots \dots \dots (3)$$

IV. 실험방법

본 논문에서 사용한 시험장비는 matlab(version 7.10.0, MathWorks, 미국)이다. 실험데이터는 원신호는 신호당 500개 점으로 이루어진 단일 삼각파를 사용하였다. 이는 서로 다른 실제 ECG 데이터를 사용하게 되면 필터의 성능 평가 자료인 SNR비가 ECG 데이터에 영향을 받아 정확한 평가가 어렵기 때문에, ECG 데이터와 유사한 형태의 연속적으로 똑같은 데이터를 가진 삼각파를 사용하였다. 전원잡음은 60Hz를 발생시켜, 삼각파에 합쳤다. 이는 ECG 신호와 노이즈 신호를 고정 인자로 두고, 샘플링 개수만 변화시켜 샘플링 개수가 필터 성능에 영향을 미치는 정도를 파악하기 위해서이다. 웨이블릿을 이용하여 잡음이 포함된 삼각파 신호를 4단계까지 분해하였다. 4단계의 detail을 문턱치를 이용하여 잡음을 제거하였다. 그림3은 웨이블릿을 이용하여 분해되는 과정과 각 단계의 주파수를 표시하였다.

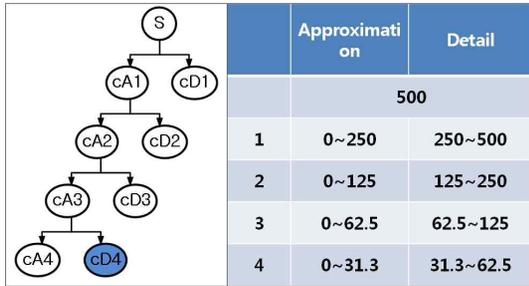


Fig 3. wavelet frequency decomposition

노이즈 제거의 성능을 평가하기 위해서 SNR(Signal to Noise Ratio)를 구하여 비교하였다. 식 4는 SNR을 계산하기 위한 식이고 s' 는 잡음이 제거된 신호이고, s 는 원신호이다^[9].

$$SNR = \log_{10} \left(\frac{\sum_{i=1}^N (s')^2}{\sum_{i=1}^N (s - s')^2} \right) \dots\dots\dots (4)$$

V. 결과 및 고찰

원신호와 60Hz의 전원잡음을 섞은 신호를 웨이블릿을 통해 분해하여 문턱치를 사용하여 전원잡음을 제거하였다. 샘플링 개수가 3000개 일 때의 그래프는 그림 4와 같이 나타났다. 위의 그림은 원신호를 나타낸 것이다. 두 번째 그림은 원신호에 전원잡음을 합친 상태의 그림이고 세 번째 그림은 필터링된 상태의 그림을 나타낸 것이다. 샘플 개수가 3000개 일때 SNR값은 23.8392로 나타났다.

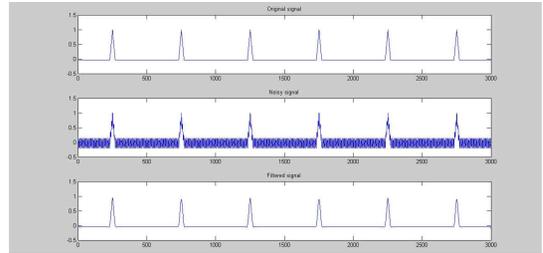


Fig 4. De-noising signal(sample 3000)

그림 5는 샘플 개수가 31200개 일 때의 그래프를 나타낸 것이다. 이 때의 SNR값은 24.3476으로 나타났다. 샘플 개수가 많아짐에 따라 파형을 알아보기 힘들기 때문에 각 그래프의 오른쪽에 한 개의 파형을 따로 나타내었다.

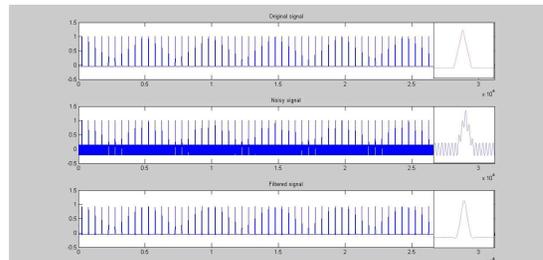


Fig 5. De-noising signal(sample 31200)

표1은 샘플 개수를 3000개에서부터 600개씩 늘리면서 실험한 결과이다. 결과 1800에서 SNR 값이 낮게 그리고 샘플 3000개 단위로 SNR 값이 상승한 후 다시 낮아지는 결과가 나타났다.

Table 1. SNR according to the number of samples

sample	SNR	sample	SNR
3000	23.8392	18000	24.2786
3600	24.1939	18600	24.3303
4200	23.8455	19200	24.3326

4800	24.0649	19800	24.2384
5400	24.0975	20400	24.2885
6000	24.2556	21000	24.2918
6600	24.2675	21600	24.3361
7200	24.0407	22200	24.3379
7800	24.1721	22800	24.2558
8400	24.1872	23400	24.2991
9000	24.2917	24000	24.3017
9600	24.2981	24600	24.3404
10200	24.1301	25200	24.3419
10800	24.2238	25800	24.2691
11400	24.2326	26400	24.3073
12000	24.2326	27000	24.3094
12600	24.3107	27600	24.3438
13200	24.3148	28200	24.3451
13800	24.1817	28800	24.2797
14400	24.2543	29400	24.3138
15000	24.2601	30000	24.3156
15600	24.3224	30600	24.3456
16200	24.3253	31200	24.3476
16800	24.2150	31800	24.2883
17400	24.2743		

VI. 결 론

샘플 개수의 영향을 알아보기 위해 ECG 신호와 비슷한 삼각파를 사용하여 전원잡음인 60Hz를 더한 파형을 만들었다. 그 결과 SNR 값이 샘플 개수 3000개 단위로 상승과 하강을 반복하는 패턴을 나타냈다. 필터링에 의한 잡음제거의 결과 일반적인 부분에서는 큰 변화가 없지만, 원신호가 극격하게 변하는 부분인 삼각파 부분에서 잡음제거가 완벽하게 되지 않기 때문에 생기는 것이다. 그리고 점점 및 극격하게 변하는 부분과 잡음의 기저가 만나게 된다면 좋은 결과를 그렇지 않으면 SNR 값이 좋지 않은 결과가 나타나게 된다. 샘플 개수가 늘어남에 따라 SNR 값의 변화 폭이 줄어든다.

가장 이상적인 경우의 데이터를 사용하였기 때문에 실제 적용과 다른 결과가 생길수도 있겠지만, 샘플 개수가 많아지고 원신호와 잡음의 주파수를 고려한다면 좀 더 좋은 결과를 유출할 수 있겠다.

표1을 그래프로 나타내면 그림 6에서 보는 것처럼 샘플 개수 3000단위로 SNR값의 상승과 하강을 반복하는 패턴이 나타난다. 샘플 개수가 늘어남에 따라 전체적으로 SNR값이 안정화 되는 패턴이 나타나고 있다.

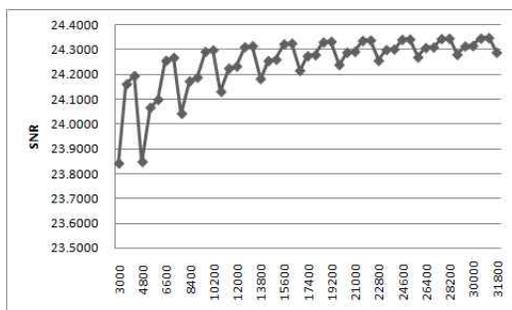


Fig 6. SNR according to the number of samples

참 고 문 헌

- [1] Patrick S. Hamilton, E. P. Limited, 'Open Source ECG Analysis Software Documentation', 3.2, pp. 6-7, 2002
- [2] J. Tomkins, 'A real-time QRS detection algorithm', IEEE Trans. Biomed. Eng., Vol. BME-32, No. 3, pp. 230-235, 1985
- [3] S. H. Oguz, "A Morphology Based Algorithm for Baseline Wander Elimination in ECG Records," *Biomedical Engineering Days*, pp. 157-160, 1992.
- [4] 김조자, 왕명자, 이영자, 전시자, '심전도', 현문사, pp. 170-173, 1999
- [5] C. Saritha, V. Sukanya, Y. Narasimha Murthy. ECG Signal Analysis Using Wavelet Transforms. *Bulg. J. Phys.* 2008;35:68-77.
- [6] 김찬우, 'ECG 신호의 P, QRS, T, PVC 파 실시간 검출', 명지대학교 대학원 석사 학위논문. pp.7-8, 2002
- [7] 이승훈, 윤동환. '알기쉬운 웨이블렛 변환' 2판, 진한도서, pp. 51-53, 2003
- [8] Donoho D L, 'De-noising by soft-thresholding', IEEE Transaction Information Theory, 1995, pp 613-627.
- [9] K. D. Chichkhede, Govind Sharan Yadav, S. R. Hirekhan, D. R. Solanke. On the Implementation of FIR Filter with Various Windows for Enhancement of ECG signal. *International Journal of Engineering Science and Technology*. 2011;3(3):2035-2039.