

이차 미분 맥파의 변곡점 분포를 이용한 특징점 추출 알고리즘

김판기, 안창범
광운대학교 전기공학과

Algorithm of the Detection of the Feature points using distributed feature points of the Second Derivative of Photoplethysmogram waveform

Pan-Ki Kim, Chang-Beom Ahn
Dept. Electrical Engineering, Kwangwoon University

Abstract - 본 논문은 이차 미분 맥파(SDPTG, Second Derivation of Photoplethysmogram)를 측정하여 이차 미분 맥파의 5개의 특징점을 검출하는 방법에 대한 내용을 기술한다. 본 논문에서는 측정된 신호의 신호대 잡음비(SNR)을 높이는 방법과 기존의 미분을 이용한 변곡점 추출의 한계적인 부분, 그리고 본 논문에서 제안하는 이차 미분 맥파의 특징점의 분포를 이용한 특징점 추출 알고리즘에 대해서 설명한다.

1. 서 론

혈관의 노화와 동맥 경화의 정도를 판단하는 방법은 동맥의 탄성도와 말초 혈액 순환의 상태를 관찰하는 것이 가장 좋은 방법 중에 하나이다. 이러한 혈액의 순환 상태나 혈관의 노화도의 정도는 맥파를 분석함으로써 진단될 수 있다.

이때의 맥파를 검출하는 방법은 크게 침습적인 방법과 비침습적인 방법이 있다. 침습적인 방법은 직접 혈관내의 압력을 측정하는 방법으로 혈관에 직접 카테터(catheter)를 연결하거나 이용하여 압력을 측정하는 방법으로, 데이터의 신뢰도는 높지만 카테터의 삽입으로 인한 통증이 있다. 비침습적인 방법은 피부에 직접 압력 센서를 부착하여 피부로부터의 압력을 측정하는 방법과 빛을 이용한 광학적인 방법이 있다. 압력 센서를 이용하는 방법은 재현성이나 신뢰성 있는 데이터를 얻기에 힘들다. 반면 광량식 센서를 이용한 방법은 빛이 생체 조직이나 혈액 투과 등의 문제로 개인간의 정량화가 어렵지만 사용의 간편함과 재현성의 우수함으로 맥파 검출에 많이 사용되고 있다.

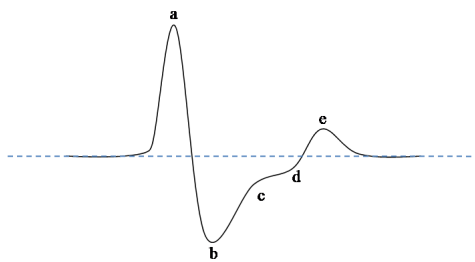
이 광량식 맥파 검출은 세동맥계에 빛을 가하여 산화헤모글로빈(HbO₂)이 적외선 대역의 빛을 흡수하는 특성을 이용하는 방법으로 혈액의 산소포화도(SpO₂)를 측정하여 동맥의 용적변화량을 측정하는 것이다. 이때 측정된 맥파의 크기변화는 심박출량의 변화에 의한 동맥 혈관의 팽창과 수축을 나타내는데, 이것을 용적맥파라고 하고, 이때의 미세한 변화를 위해 2차 미분을 하여 미세한 변화를 보는 것을 이차미분맥파 또는 가속도 맥파라고 한다.

본 연구에서는 혈관의 동맥 경화의 정도를 평가하기 위해 손끝의 혈액 용적 변동의 특징을 관찰하는데, 이를 위해 손 끝에서 용적 맥파를 2차 미분한 이차 미분 맥파를 사용한다. 이차 미분 맥파는 말초 혈액 순환을 평가하는 최적의 지표로 사용되고 있으며, 동맥 경화의 진단에 많이 사용되고 있는 방법이다.

동맥 경화 진단을 위해 사용되는 이차 미분 맥파는 <그림 1>과 같은 모양이며, 5개의 변곡점 a, b, c, d, e는 혈관의 탄성도를 반영하는 특징점들이다.

이차 미분 맥파의 특징점들로부터 혈관의 탄성도를 구하여 동맥 경화의 정도를 진단할 수 있게 된다. 하지만 b, c, d, e의 특징점들은 환자마다 모두 다르기 때문에 특징점 검출은 정확하게 계산되기 어렵다.

본 논문은 이차 미분 파형으로부터 신뢰성 있는 특징점을 검출하는 알고리즘을 제안한다.



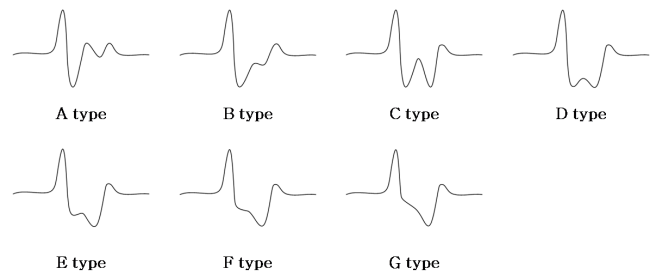
<그림 1> 이차 미분 맥파와 특징점

2. 본 론

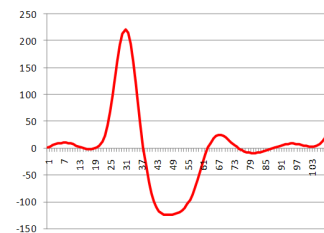
2.1 이차 미분 맥파의 특성

이차 미분 맥파는 <그림 2>에 보인 것처럼 크게 7개의 패턴으로 분류할 수 있다. 이 분류는 5개의 특징점의 크기로부터 분류되고, A 타입에서 G 타입으로 갈수록 동맥경화가 심하다는 것을 나타낸다. 각각의 타입에서의 특징점의 변화를 보면 점진적으로 위치가 변화하는 것을 볼 수 있는데, 어느 순간에는 특징점의 크기가 거의 같아서 <그림 3>과 같이 b, c, d의 특징점을 찾는 것이 어렵게 된다.

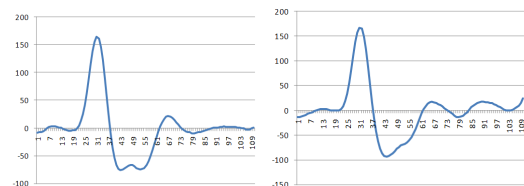
SDPTG의 경우 최소 3~5 분 정도의 측정을 한다. <그림 4>는 <그림 3>의 데이터를 측정하는 동안에 나타나는 다양한 SDPTG의 파형들 중 두 가지를 나타내었다. 여기에서 알 수 있는 것은, 많은 경우 SDPTG는 비슷한 모양의 파형을 보이지만, <그림 4>와 같이 변곡점이 뚜렷한 소수의 SDPTG 파형도 존재한다는 것이다.



<그림 2> SDPTG의 타입



<그림 3> 특징점이 겹쳐진 경우의 SDPTG



<그림 4> 측정 시에 나타나는 SDPTG 파형

2.2 변곡점 분포를 이용한 특징점 검출 방법

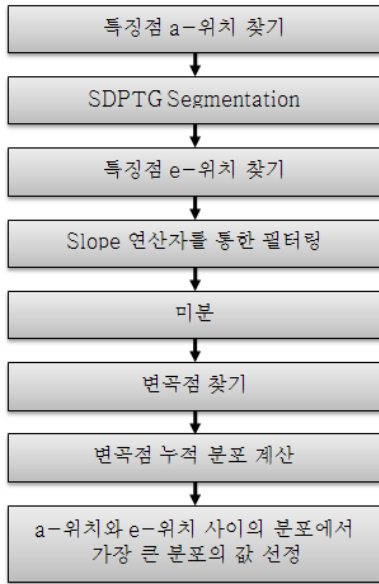
본 논문에서 제안하는 특징점 검출 알고리즘은 앞에서 언급한 것처럼 아무리 변곡점이 없을 것 같은 파형들 중에서도 변곡점이 뚜렷이 나타나는 파형이 존재할 다는 것에 주목한다. <그림 5>는 제안한 알고리즘의 순서도를 나타내었다.

우선, 측정된 이차미분맥파를 찾기가 수월한 a점을 기준으로 한주기의

파형이 되도록 데이터를 적절히 가공한다. 이렇게 측정된 모든 이차미분 맥파에 대해서 적용한다. 그리고 e점을 찾아서 b, c, d점을 찾기 위한 범위를 지정한다. 그 후 변곡점을 강조시키기 위한 필터링을 하고, 미분을 취하여 미분값이 0일 때의 시점에서 1씩 더하여 그 시점에서 변곡점이 몇 번 나타나는가를 센다. 그렇게 하여 a점과 e점 사이의 변곡점 분포 중에서 분포의 값이 가장 큰 세 개의 시점을 통하여 b, c, d의 특징점을 손쉽게 구할 수 있다.

<그림 6>은 제안한 방법으로 구해진 변곡점의 분포이다. 이 그림은 a점을 기준으로 모든 이차 미분 맥파 주기를 더한 것과 변곡점 분포를 같이 보여주고 있다. 여기에서 변곡점의 분포가 현격한 부분에는 특징점이 존재함을 알 수 있다. <그림 6 (a)>는 평균 SDPTG 파형에서 볼 수 있듯이 a, b, c, d, e의 변곡점이 상당히 뚜렷한 파형이다. 이 파형에서 얻어진 변곡점의 분포를 보면 a, b, c, d, e의 위치에서 변곡점이 집중적으로 위치하는 것을 볼 수 있다. 반면에 <그림 6 (b)>와 <그림 6 (c)>의 경우, 평균 SDPTG 파형을 보면 b, c, d 위치의 변곡점을 눈으로 보기에도 찾기 어렵지만, 제안한 알고리즘을 사용하면 b, c, d의 변곡점 분포를 통하여 이 특징점들을 찾을 수 있다.

<그림 6>에서 a점과 e점의 바깥부분에도 큰 변곡점 분포가 보이는데 이는 이차미분맥파를 미분하여 결과값이 0인 경우에 1씩 더하는 과정에서 발생되었다. 하지만 본 방법에서는 a점과 e점 사이의 변곡점 분포만 사용하기 때문에 결과에 영향을 미치지 않는다.



<그림 5> 제안한 방법의 순서도

3. 결 론

이차 미분 맥파는 혈관의 동맥경화 정도를 판단하는 간편하면서도 신뢰성 있는 신호원이다. 이 맥파로부터 얻어지는 5개의 특징점은 혈관의 탄성도를 반영하기 때문에 특징점을 잘 검출하는 것은 결국 동맥경화의 진단에 깊은 관계를 가진다. 하지만 비침습적인 방법에 의한 맥파 측정 방법은 환자의 상태나 움직임에 의한 영향으로 파형에 큰 왜곡을 불러올 수 있다. 특히 2차 미분을 취한 형태인 이차 미분 맥파의 경우 미세한 변화에도 큰 변화를 반영하게 된다. 또한 환자의 상태에 따라 변곡점이 잘 나타나지 않는 경우에는 특징점 검출이 어렵다는 단점이 있다. 이러한 방법을 해결하기 위해 제안한 특징점 검출 알고리즘은 각 이차 미분 맥파의 변곡점의 위치 분포를 통해서 특징점 검출이 어려운 파형에 대해서도 특징점을 찾을 수 있고, 이 결과는 전체적인 측정 데이터로부터 얻어진 결과이므로 환자에 대한 정확한 진단이 이루어 질 수 있을 것이다.

[감사의 글]

본 연구는 중소기업청에서 시행하는 산학협력실사업의 지원을 받았음.

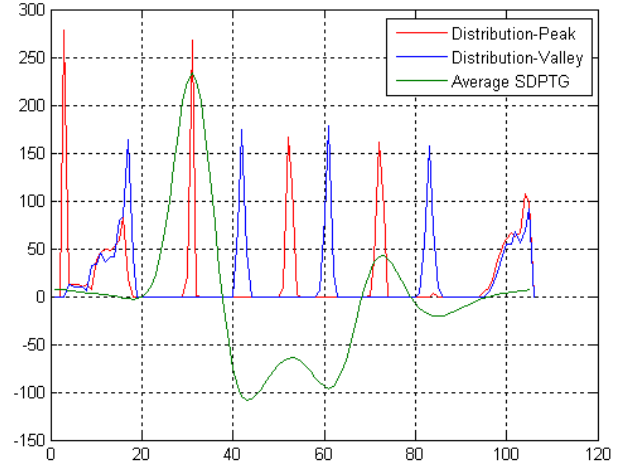
[참 고 문 헌]

[1] 강승원, 김관기, 조상흠 et al., "혈관노화 진단을 위한 광전용적맥파의 2차 미분 패턴 인식 알고리즘," 20회 신호처리 합동학술 대회, vol.20, p11, 2007.
 [2] 박승환, 홍승홍, "새로운 맥파 인식 알고리즘을 적용한 자동

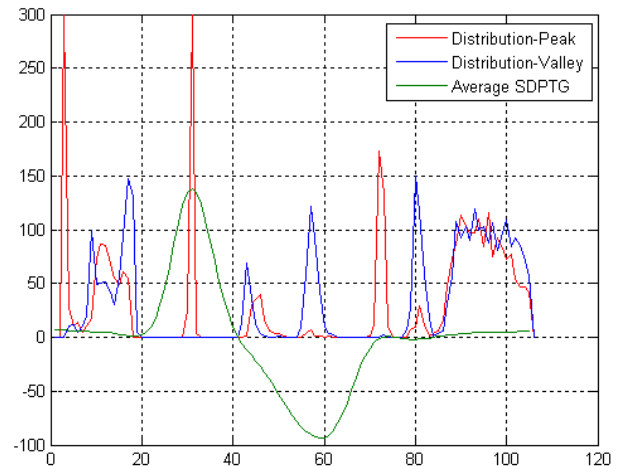
맥파 시스템에 관한 연구," 의공학회지, vol. 17, no. 2, pp. 241-245, 1996.

[3] 한순천, "다채널 용적맥파 시스템과 동맥계의 연령 파라미터 검출," 명지대학교 박사논문, 2002.

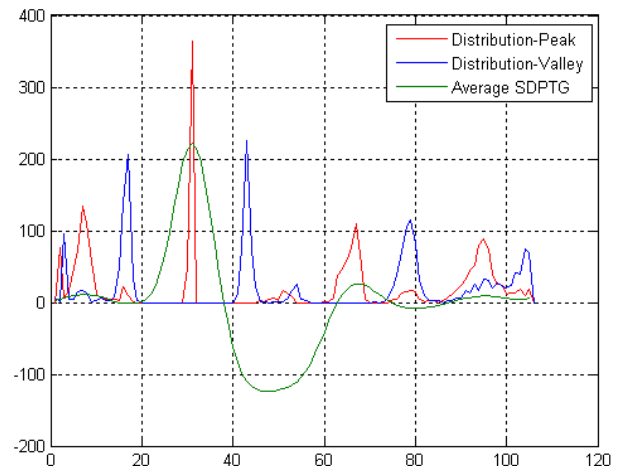
[4] 김관기, 안장범, "광전용적맥파를 이용한 혈관노화도 패턴인식 알고리즘," 21회 신호처리 합동학술 대회, vol.21, p11, 2008.



(a)



(b)



(c)

<그림 6> 변곡점의 분포