

## 오실로메트릭 측정법을 사용한 심박주기 검출 성능 개선

김동준\*

### Enhancement of Heart Rate Detection using Oscillometric Method

Dong-Jun Kim\*

**요약** 본 연구에서는 혈압측정으로부터 얻어지는 오실레이션(Oscillation) 신호를 이용하여 심박주기를 검출하고, 심박주기의 정확성을 개선하는 알고리즘을 개발하였다. 이를 위한 혈압측정의 방법으로 오실로메트릭(Oscillometric) 측정법을 사용하였으며, 오실레이션 신호의 피크들로부터 전·후 기울기들의 평균이 교차하는 지점을 실제 피크로 인정하고 심박주기를 계산하였다. 제안된 방법은 그래프 상에서 심박주기의 극심한 편차와 오류를 줄이는 성능을 나타냈다.

**ABSTRACT** This study presents a method for heart rate detection using oscillation wave signal and tries to enhance the performance of peak detection. For this objective, the method uses the average slopes around the main peak. The crossing point of the increasing and the decreasing slopes is selected as the peak point of heart rate period. The proposed method showed smoothed heart rate graph and reduced irregularity in heart rate values.

**Key Word** : blood pressure, heart rate detection, average slope, heart rate variability(HRV)

#### 1. 서론

혈압측정은 진찰실에서나 특별한 수술 중에도 자주 시행되고 있는 일반화된 임상 측정의 하나이다. 대표적인 혈압측정 방법인 오실로메트릭 측정법은 커프(cuff)로 상완동맥에 압력을 인가하여 혈관 내의 혈류를 차단한 후, 압력을 서서히 감압하면서 발생하는 커프의 오실레이션 신호를 이용하여 혈압을 측정하는 방법이다[4-5]. 커프를 이용하여 신체에 접촉하는 비침습적(non-invasive)인 측정 방법이기 때문에 고혈압을 가진 사람의 경우에는 일반 가정에서 병원에 가지 않고도 손쉽게 혈압을 측정할 수 있는 휴대용 전자 혈압계에도 널리 이용되고 있다. 또한, 혈압과 더불어 오실레이션 파형을 이용한 심박주기(heart rate) 검출 등 한번의 측정으로 여러 생체 신호를 수집할 수 있는 방법들에 관한

연구에도 활발히 응용되고 있다.

심장의 활동으로부터 얻을 수 있는 중요한 생체신호 정보인 심박주기는 태아, 환자, 노인들의 질병감시 및 측정과 같이 임상에서 뿐만 아니라 감성공학 및 u-health 분야의 응용에서도 중요한 신호로 사용되고 있다[1-3]. 따라서, 심박주기의 검출은 매우 정확하고 신중한 처리 과정이 요구된다.

본 연구에서는 혈압측정으로부터 얻어진 오실레이션 신호를 이용하여 피크와 전·후 기울기의 정보를 통해 심박주기의 정확성을 개선하는 알고리즘을 제안한다. 이를 위해 우선 피크를 검출하고, 피크의 전·후 두 기울기의 교차점을 정확한 피크로 인정하여 그 구간을 세분화함으로써 보다 정확한 피크를 검출하는 방법을 개발하였다.

\* Corresponding Author : Electronic Engineering Professor of Cheongju University(djkim@cju.ac.kr)

Received : January 08, 2014

Revised : January 23, 2014

Accepted : January 29, 2014

## II. 심박 주기 검출

심전도의 R-R 간격은 피크가 높고, 날카로워서 피크의 검출 및 이를 이용한 심박의 계산이 매우 쉬우나, 오실레이션 신호에서는 정확한 심박의 추출이 상대적으로 어려워서 좀 더 세심한 신호처리 기술이 적용되어야 한다. 오실레이션 신호는 최대 진폭 부분에서 비교적 큰 피크를 가지나, 신호의 처음과 끝부분의 경우에는 작은 피크들로 구성되므로 매우 신중한 처리 과정이 요구된다. 따라서 본 연구에서는 완만한 피크 부분으로부터 기준 피크를 결정한 후, 주봉 피크(main peak)를 중심으로 각각 전·후 무 시구간과 기울기 계산 구간을 이용하여 보다 정확한 피크의 위치를 검출할 수 있도록 하였다.

### 2.1. 주봉 피크 검출

본 연구에서는 피크의 평균 높이와 피크를 구성하는 전·후 밸리의 사이의 간격을 파라미터로 이용하여 주기에 해당하는 피크의 검출이 쉽지 않은 경우에도 정확한 주기피크를 검출할 수 있도록 하였다. 그림 1은 측정된 오실레이션 파형과 피크 검출에 사용되는 파라미터를 나타낸다.

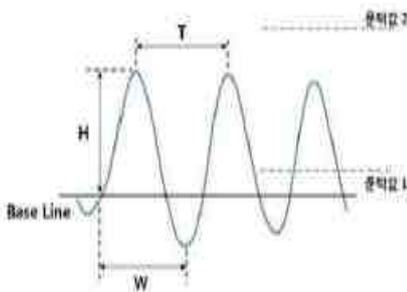


그림1. 주봉 피크 검출에 사용되는 파라미터  
Fig1. Peak parameters used in detecting the main peak

H는 피크의 전·후 밸리 부분으로부터의 평균 높이이고, W는 피크가 나타나는 전·후 밸리 사

이의 간격을 나타낸다. 그리고 구하고자 하는 심박 주기를 T로 나타내었다. 피크 검출은 피검자의 심박 주기를 고려하여 심박 주기가 존재할 것으로 예상되는 구간(0.25~1.5 sec)내에서 기울기가 +에서 -로 바뀌고, PH가 실험적으로 정한 문턱치(문턱값1=0.1, 문턱값2=0.5)의 범위안에 해당하는 지점을 피크들에 대하여 크기 및 위치, 전·후 밸리의 위치를 순차적으로 저장한다. 저장된 피크들 중 전·후 밸리 사이의 간격(W)이 가장 큰 것을 일단 주기로 인정하고 인정된 주기의 피크들을 주봉 피크로 정한다.

### 2.2. 정확한 피크 검출

일반적인 피크 검출 방법은 피크 검색 구간에서 가장 큰 피크만을 검출하는 방식이므로 주변 잡음과 제 2 피크의 영향이 나타날 수도 있는 오실레이션 신호에서는 잘못된 주기 피크를 검출하는 오류가 발생할 수 있다. 또한, 가장 큰 피크에서도 완만한 피크 부분에서 각각 정확한 피크위치에서 앞과 뒤로 치우치게 검출되는 경우, 정확한 심박주기의 결과에 영향을 미칠 수 있을 정도의 차이를 가져올 수 있다. 따라서 본 연구에서는 검출된 주봉 피크로부터 전·후의 기울기를 각각 계산하였고, 각각의 기울기를 갖는 직선을 연장하여 교차하는 지점의 시간 축의 값이 정확한 피크가 존재할 시간이라 가정하였다. 기울기의 계산은 주봉 피크로부터 전·후 3~5 포인트의 무시구간을 두고 무시구간 이전 또는 이후의 5~7 포인트

트의 기울기 계산 구간으로부터 전·후 평균 기울기를 각각 구하였다. 그림 2는 기울기 계산을 위한 파라미터를 나타낸다.

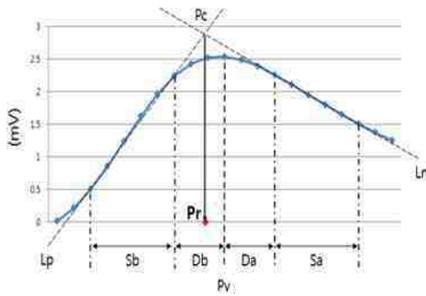


그림2. 기울기 계산을 위한 파라미터  
Fig 2. For calculating the slope of the parameters

Pv는 검출된 주봉 피크이며, Db, Da, Sb, Sa는 각각 피크 전 무시구간, 피크 후 무시 구간, 피크 전 기울기 계산 구간, 피크 후 기울기 계산 구간이다. Lp는 Sb구간에서의 평균 기울기를 갖는 직선이며, Ln은 Sa구간에서의 평균 기울기를 갖는 직선이다. Lp와 Ln의 연장선이 교차하는 지점을 Pc로 나타내었고, Pc를 지나는 직선이 시간 축과 직교하는 지점을 Pr로 정하였으며, 정확한 피크가 존재하는 위치로 가정하였다. Pr의 위치는 샘플링 된 포인트의 위치와 정확히 일치하지 않을 수도 있으므로 샘플링 구간을 10등분하여 가장 근사한 곳에 위치한 값을 취했다.

### 2.3. 심박 주기 결정

두 개의 주기는 주기값 간의 차이의 비교를 통해 실험적으로 설정한 허용오차 ( $\theta=0.05\text{sec}$ ) 이내의 차이를 나타내며, 연산 프레임의 길이가 2초이므로 연산된 한 프레임 내에서 적어도 1개 이상의 주기가 검출될 수 있다. 그러므로, 첫 번째 검출된 주기의 시점에서 0.25초 후부터 프레임의 끝까지 같은 방법으로 주기에 해당하는 피크를 검출한다. 그림 3은 피크 검색 구간을 나타낸다.

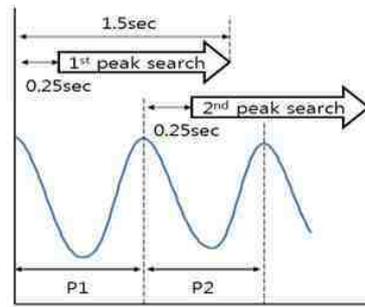


그림3. 피크 검색 구간  
Fig 3. Peak search area

## III. 실험 및 결과

### 3.1. 실험

오실레이션 신호 수집을 위한 측정 모듈은 Omron사의 HEM-1000 혈압계를 사용하였고, 수집된 커프 신호를 100Hz로 샘플링 하여 PC로 전송한 후, 오실레이션 신호를 추출하였다. 오실레이션 신호를 추출하기 위한 전처리 과정으로 0.4Hz~1.7Hz의 통과 대역을 갖는 2차 디지털 필터링과 커프의 감압 구간 추출을 적용하였다.

### 3.2. 결과 고찰

보통의 경우 심박 활동은 한 프레임의 시간 동안 급격히 변하지 않을 것으로 생각할 수 있으므로, 이웃하는 심박주기의 값은 급격히 변하지 않을 것이라 생각할 수 있다. 그림 4는 일반적인 방법으로 검출된 피크를 사용하였을 때의 심박주기와 주봉 피크의 전·후 무시구간과 기울기 계산 구간을 이용하여 검출된 피크를 사용하였을 때의 심박주기를 비교한 그래프이다. 7 포인트와 10 포인트 지점에서 편차가 줄어든 것을 눈으로 확인할 수 있으며, 이는 심박주기의 개선 효과를 나타낸다.

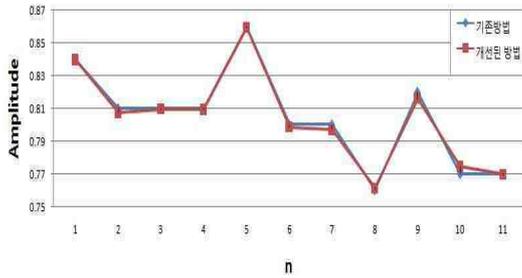


그림4. 주기 검출 방법의 비교  
Fig4. Comparison of the detection period

표 1은 심박주기의 평균과 표준편차를 나타내었다. 기존 방법과 제안된 방법의 비교를 통해 제안된 방법의 표준편차가 감소한 것을 확인할 수 있었고, 이는 4명의 피검자들 모두에게서 공통으로 나타났다.

표1. 심박주기의 평균과 표준편차  
Table 1. The mean and standard deviation of the heartbeat cycle

피검자	피크검출 방법	평균 (s)	표준편차 (ms)
KDJ	기존방법	0.8045	30.12
	개선된 방법	0.8038	29.14
CEJ	기존 방법	0.7533	23.45
	개선된 방법	0.7525	23.01
LJW	기존 방법	0.81	29.33
	개선된 방법	0.8094	28.93
KKA	기존 방법	1.0485	58.14
	개선된 방법	1.0473	57.22

#### IV. 결론

본 연구에서는 혈압측정으로부터 얻어지는 오실레이션 신호를 이용하여 정확한 심박주기를 검출하고자 하였다. 이를 위해 본 연구에서 제안한 평균 기율기 기반 피크 검출 방법을 사용하였으며, 실험을 통하여 얻어진 결론은 다음과 같다.

첫째, 기존 방법과 제안된 방법의 심박주기 결과를 비교하여 볼 때, 그래프 상에서도 눈으로

확인할 수 있을 정도의 개선 효과를 나타냈다. 둘째, 기존 방법과 제안된 방법의 심박주기의 표준편차에 따른 비교를 통해 제안된 방법이 기존 방법보다 편차가 작게 나타남을 알 수 있고, 이러한 결과는 거의 모든 피검자들에게서 공통적으로 나타났다. 셋째, 피크 전·후 무시구간과 기율기 계산 구간이 각각 증가함에 따라 표준편차는 공통적으로 감소하였고, 이러한 결과는 4명의 피검자에게서 공통적으로 나타났다. 이는 주변 잡음과 제 2 피크의 영향 또는 낮은 샘플링으로 인해 완만한 피크 부분에서 잘못된 피크를 검출하였을 경우, 본 연구에서 제안한 피크 검출 방법이 효과적으로 오차를 줄일 수 있다고 볼 수 있으며, 개발된 심박주기 검출 알고리즘의 성능이 우수하다고 볼 수 있다.

#### 감사의 글

이 논문은 2009년 교육과학기술부로부터 지원받아 수행된 연구임(지역거점연구단육성사업/충북BIT연구중심대학육성사업단)

#### Reference

[1] Rollin M., Mike A., William A. Tiler, "The effects of emotions on short-term power spectrum analysis of heart rate variability", The American Journal of Cardiology vol. 76 Nov. 15, pp. 1089-1093, 1995.

[2] Kiyoko Y., Jun-i U., Yasue S., Mikako M., Yasufumi M., Kazuyuki T., "Heart rate indication using musical data", IEEE Transactions on Biomedical Engineering, pp. 729-733, 2002.

[3] Nutan A., Raghavan V., Vikas L., Ashish P., Sreejit P., "Heart rate variability and its clinical application for biofeedback", 17th IEEE Symposium on Computer-based

Medical System, pp. 263-266, 2004.

- [4] TK Kim, YJ Chee, JS Lee, SW Nam, IY Kim, "A new blood pressure measurement using dual-cuffs", Computers in Cardiology vol. 35, pp. 165-168, 2008.
- [5] 노동곤, 이윤선, 지정호, 박성빈, 이계형, 김해관, "가압식 오실로메트릭 방법을 사용한 혈압측정 시스템의 설계", 의공학회지 제24권 제4호, pp. 281-286, 2003.

---

### 저자약력

---

김동준(Dong-Jun Kim)

정회원



1988년 연세대학교  
전기공학과 학사  
1990년 동대학원  
전기공학과 석사  
1994년 동대학원  
전기공학박사  
1995년~현재 청주대학교  
전자정보공학부교수

<관심분야> 생체신호처리, ubiquitous  
healthcare, 디지털신호처리