

심박변동신호의 추정 - Kaiser Windowin 기법

* 최규섭*, 이준영*, 서현우*, 윤성원*, 이명호*
*연세대학교 전기·컴퓨터공학과

Estimation of HRV - the Kaiser Window

* K.S.Choi*, J.Y.Lee*, H.W.Seo*, S.W.Yoon*, M.H.Lee*

*Dept. of Electrical & Computer Eng. Yonsei University

Abstract - A new method for HRV(heart rate variability) detection from the R-wave signal, based on the IPFM(integral pulse frequency modulation) model and its similarity to pulse position modulation, is presented. The proposed method exert lowpass filtering with a Kaiser window. In this paper, The proposed method presents a powerful, but simple, tool for investigation of HRV. It also guarantees real-time behavior, simplicity in design, and phase linearity. Even without the basic assumption of IPFM model, the new algorithm can still be used on-line and with higher performance. It is thoroughly proved that lowpass filtering is an ideal method for PSD(Power Spectrum Density) analysis of HRV.

1. 서 론

자율신경계(autonomic nervous system ; ANS)를 검사하는 방법은 매우 다양하다. 그러나 기존의 방법들은 검사의 용이성, 재현성 및 신뢰성이 없어 매우 한정된 분야에만 실험적으로 적용되어 왔다. 혈중에서 자율신경계 신경전달 물질에 대한 분석법은 이론적으로 가장 정확한 자율신경 평가 방법이지만 자율 신경계 신경 전달 물질에 대한 분석법은 이론적으로 가장 정확한 자율신경 평가 방법이지만 자율 신경 전달물질의 대사 시간이 매우 짧고 침습적인 방법이므로 검사에 어려움이 따른다. 또한 자율신경에 대한 전기 생리학적 검사는 신경의 절단과 같은 외과적인 수술에 의해 이루어지므로 인체에 적용하기 어려운 한계가 있다. 이와 반면에, 심혈관계는 생명유지에 가장 중요한 순환계로서 자율신경의 활동을 잘 반영한다. 또한 심혈관계의 활동을 측정하는 방법은 다른 방법에 비하여 매우 용이하고 잘 알려져 있기 때문에 심혈관계 신호로부터 자율신경의 활동에 관한 정보를 추출하는 것은 매우 의미 있는 연구가 되리라고 생각된다.

최근 20년동안 각기 다른 생체 신호들간의 관계를 규명하기 위하여 심박변동신호(HRV: Heart Rate Variability)의 Power Spectrum 분석이 주로 연구되어 왔다. 그러나, 심장 박동의 간격 변화(R-R Interval)로부터 HRV 신호를 정확히 검출하거나 Power Spectrum Density를 분석하는데는 여러 가지 문제점이 남아있다.

이 논문에서 우리는 이러한 문제점을 개선하고 심전도 신호에서의 HRV 검출과 PSD 분석을 위한 실시간 방법으로 Kaiser window를 이용한 모델을 제안하고자 한다. 심박 변동의 자발적인 분출은 자율신경계의 연속적인 운동에 의해서 주로 일어난다. 이러한 운동은 심전도의 연속적인 R과 사이의 간격 변화들에 영향을 받은 자율신경계에 의해서 조절된다. HRV 검출을 위하여 일반적으로 두 가지 방법이 제시된다. 첫번째 방법은 beat-by-

beat basis에 R 파 신호를 찾아내고 직접적으로 간격의 변화로부터 숨은 정보를 추출하는 방법이다. [1]~[4]

두 번째 방법은 R파 신호의 발생을 생리학적인 모델로 추정하고 HRV 신호 검출을 위한 이 모델의 특성들을 이용하는 방법이 사용된다.[5][6]

표 1. 심박변동의 주기성분과 신경계와의 관계

심박변동의 주기성분	주파수 대역	관계되는 신경계
VHF 성분	0.002~0.05Hz	교감신경, 부교감신경, 온도조절, 혈관 운동, 레닌-엔지오펀신 조절계
LF 성분	0.05~0.15Hz	압력수용기 반사, 혈압조절계
HF 성분	0.15~0.5Hz	미주신경(부교감신경)

이 두 가지 방법 중, 두 번째 방법이 더 나은 것으로 생각되어지며, IPFM(Integral Pulse Frequency Modulation) 모델은 자율신경계의 기능적인 표현과 HRV 신호의 유도 검출을 위한 생리학적인 기본 모델로서 이용되고 있다.[5]~[8] 이러한 영역과 HRV 신호 추출 알고리즘은 공통적인 관계를 가지고 있다. 두 주제는 일반적인 point processes analysis의 영역 하에서 나온다[10]. Balyly는 single sinusoidal excitation의 경우에서 출력 신호의 표현을 유도했으며[9], 이러한 조건에서, 그는 excitation 신호의 추출은 lowpass filtering에 의해서 가능해질 수 있음을 보여주었다.

signal의 변환을 위해 제안된 lowpass filtering 방법은 FFT알고리즘을 통한 PSD 평가를 위한 것이며, IPFM과는 별개이다[11]. 많은 연구원들이 R파 신호로부터 코드화된 정보의 추출을 위해서 새로운 방법을 과거부터 현재까지 시도중이다. 자체의 특성들을 무시한 제시된 방법의 확정을 위해서 그들은 IPFM 모델로 사용하고 있다.

따라서 우리는 IPFM 모델과 코딩 특성에 의한 실제 데이터를 사용하여 얻은 결과를 통하여 제안된 방법이 HRV의 PSD 분석을 위하여 설계된 lowpass filtering을 처리하는 최적의 방법임을 보이려한다.

2. 본 론

2.1. IPFM(Integral Pulse Frequency Modulation)

IPFM Model의 심박동수는 단위 시간당 심박발생의 수로 정의되고 이것은 보통 beats per minute(BPM)으로 표현된다. 심박동은 심전도(ECG : Elctrocardiogram)로부터 얻어질 수 있으며, 심박동은 혈압, 호흡과 같은 여러 가지 인자들과의 상호 연속관계 속에 있으며, 대개 자율신경계에 의해서 제어된다. 연속적으로 변화하는 심박동의 변화는 FFT와 같은 주파수 분석을 통해서 자율신경계의 동력학적 변화를 알 수 있다.