

# 개인용 컴퓨터를 사용한 실시간 심박변화율 분석시스템 개발

윤용현, 고한우, 김동윤\*, 양희경  
한국표준과학연구원, 연세대학교\*

## Development of Real-Time HRV Analysis System based on Personal Computer

Yong Hyeon Yun, Han Wo Ko, Dong Youn Kim\*, Heui Kyung Yang  
Korea Research Institute of Standards and Science, Yonsei Univ.\*

### Abstract

감성평가 실험시 피험자가 받는 작업부하의 영향을 실시간으로 평가하기 위하여 측정된 심전도 신호로부터 R-peak를 자동적으로 검출하여 심전도 관련 파라미터를 분석하는 시스템을 개발하였다.

이 시스템은 심전도 증폭기, A/D변환기, PC로 구성되었으며 National Instrument사의 LabVIEW를 사용하여 소프트웨어를 개발하였다. 시스템 동작환경은 Microsoft사의 Window OS를 기반으로하여 시스템 이용자들에게 보다 친숙한 실험환경을 제시할 수 있다. 구현된 시스템은 실시간으로 HRV, Lorentz plot, LF/HF, HRV power spectrum의 3차원 선도를 디스플레이할 수 있다.

Keywords: Real-time HRV, Cardiovascular system, LF/HF, Lorentz plot, LabView,

### 1. 서 론

생리신호를 사용한 인간의 감성평가지 사용되는 지표는 뇌파, 심전도, 피부 온도, 피부 저항, 혈압 등이 사용되고 있다. 이들중 심전도 신호로부터 얻어진 심박변화율은 정신작업 부하, 피로나 각성도를 평가하는 지표로서 많이 사용되고 있으며, 지금까지는 주로 off-line 으로 분석이 이루어져왔다.

감성 실험시 인간의 감성은 시간에 따라 변하므로 감성 평가시 측정된 생리신호와 인간의

감성을 비교하여 지표를 추출하기 위해서는 실험장면의 영상녹화는 물론 실험시 발생된 여러 가지 정보들을 기록해야 정확한 감성을 추출할 수 있다. 따라서 off-line 분석은 감성 생리 지표와 실험시의 상황을 다시금 비교 분석해야 하는 불편함이 있다.

본 연구에서는 생리지표로서 주로 사용되고 있는 심박변화율을 실시간으로 측정하여 분석하는 시스템을 구현하여 감성 평가시 생리신호의 경시적인 변화를 파악하여 보다 정확한 감성평가를 할 수 있도록 하고자 한다. 또한 심박

변화율의 off-line 분석시 필요한 전처리과정을 실시간으로 처리함으로써, HRV는 물론, Lorentz plot, CSI, CVI 파라미터도 동시에 추출하여 생리 지표간의 비교 평가와, 자극에 대한 상관관계가 높은 지표를 보다 용이하게 추출할 수 있도록 하였다.

## 2. 실시간 심박변화율 분석 시스템

### 2.1 하드웨어 구성

그림 1은 구현된 실시간 심박변화율 분석시스템의 구성도를 나타낸다. ECG 증폭기에서 검출된 심전도 신호를 12bit의 데이터 획득 시스템(National Instrument 사의 AT-MIO-16E-10)를 사용하여 data를 획득한 후 PC에서 지표분석에 필요한 디지털 신호처리를 할 수 있도록 하였다.

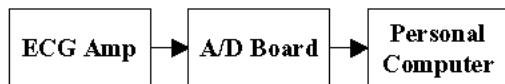


그림 1. 실시간 심박변화율 분석시스템의 구성도

### 2.2 심전도 관련 측정 파라미터의 추출

개인용 컴퓨터에 탑재된 소프트웨어는 National Instrument사의 LabView 5.2를 사용하여 개발 하였다. 구현된 소프트웨어는 ECG 신호로부터 R-peak를 자동적으로 검출한 후 이를 이용하여 심박변화율을 추출하여 분석하는 부분과, Lorentz plot을 이용하여 분석하는 부분으로 구성되어있다.

#### 2.2.1 심박변화율 신호의 추출

그림 2는 심박변화율을 구하기 위한 전처리 과정을 나타낸다. ECG 신호로부터 QRS complex를 검출하여야 심박변화율을 구할 수 있으므로 A/D 변환된 ECG 신호를 60Hz notch 필터를 통과시켜 SNR을 높이고 5-20Hz의 대역

통과필터(band pass filter:BPF)를 통과시켜 QRS complex가 주된 주파수 성분인 신호를 추출하였다. 이와같이 QRS complex가 강조된 신호로부터 R-peak를 자동적으로 검출하여 R-R 간격을 구한 후 주파수 영역 분석을 위하여 spline 보간한 후 4 Hz로 re-sample하여 심박 변화율 신호를 구하였다.

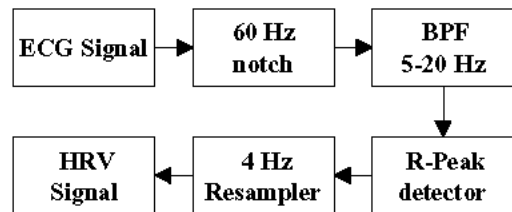


그림 2 심박변화율 추출을 위한 전처리 과정

#### 2.2.2 HRV의 파워스펙트럼분석

심박변화율의 파워스펙트럼분석은 교감신경계와 부교감 신경계의 활동을 파악하는데 유용하다. 본 연구에서는 심박 변화율의 파워스펙트럼을 구하는데 매 2분간의 심박변화율의 신호에 short-time Fourier transform(STFT)을 적용하여 전력스펙트럼을 구하여 3차원으로 표시하였다. 이렇게 구한 스펙트럼성분은 교감신경계의 활동을 반영하는 LF(0.04-0.15Hz)성분과 부교감신경계의 활동을 반영하는 HF(0.15-0.5Hz) 성분으로 나눌 수 있다. 또한 LF/HF비를 구하여 화면에 2분 간격으로 화면에 나타냄으로서 자율신경계의 활동변화를 ECG신호의 획득과 동시에 관찰할 수 있었다.

#### 2.2.3 Lorentz 선도

Lorentz선도는 연속적인 시계열 데이터간의 시간의 따른 변화의 상관관계가 불안정한 주기적 궤도를 나타내는지에 대해 평가하는 방법이다. 본 시스템에서는 R-Peak 검출기에서 검출된 R-R 간격 수열  $R(n)$ 과  $R(n+1)$ 을 2차원 공간에 재구성하였다.

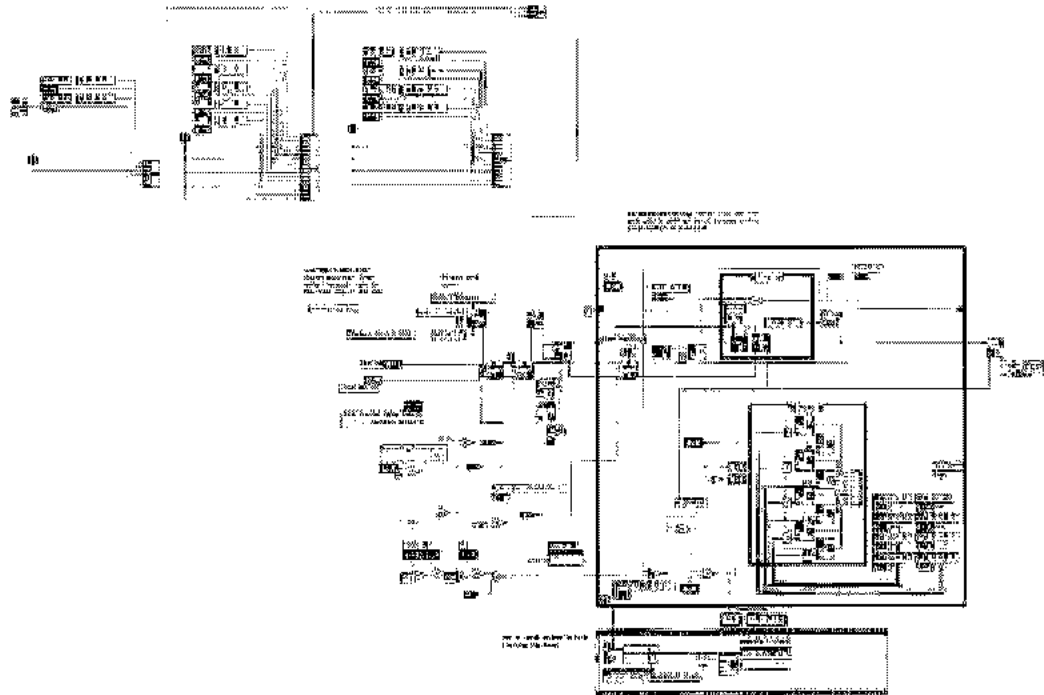


그림 3. Block diagram of real-time HRV analysis system in LabVIEW.

### 3. 구현된 시스템의 평가 및 고찰

그림 4는 구현된 시스템의 분석화면이다.

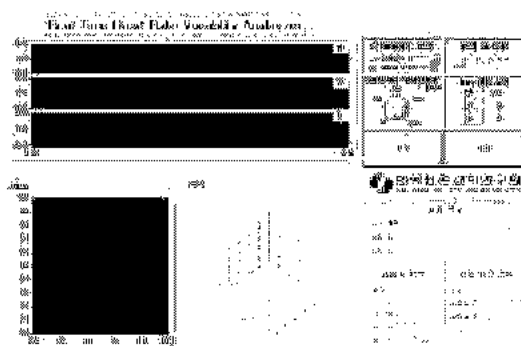


그림 4. 구현된 실시간 심박변화를 분석 시스템의 분석화면

구현된 시스템이 심전도 신호의 R-peak를 정확히 검출하고, HRV와 HRV의 전력 스펙트럼 추정의 정확도, Lorentz 선도의 정확도 등에 대한 평가를 위하여 simulation 신호를 발생

시켜서 평가를 한 결과 R-peak의 검출 및 주파수 스펙트럼의 추정, Lorentz 선도의 표시 결과는 정확하였다.

또한 실제 피험자의 심전도 신호를 실시간으로 측정하면서 평가하였다. R-peak 검출시 잡음 등으로 인한 오검출을 방지하기 위하여 검출된 현재의 R-R 간격이 직전 간격의 20%를 초과하는 경우에는 직전의 두 값에 대한 평균 값을 현재의 값으로 치환하였다. 이러한 기준에 대한 보다 자세한 분석결과는 추후 보다 많은 피험자데이터에 대한 통계 분석 결과를 반영하여 보고할 예정이다.

본 연구에서는 감성 측정/평가지 정신작업 부하를 반영하는 생리지표 중 하나인 심장의 교감 및 부교감 활동을 실시간으로 분석할 수 있는 시스템을 개발하였다. 이 시스템은 사용자와의 친숙한 인터페이스환경을 고려하여 Microsoft사의 Window를 기반으로 하는 Personal 컴퓨터와 일반 상용 A/D board를 사

용하여 구현되었다. 소프트웨어 개발 tool로는 LabView v5.2를 사용하였으며 Unix, Linux, MacOS 기반의 다른 시스템으로도 이식이 가능하다. 후후 여러 가지 분석알고리즘에 대한 적용을 검토하고 다른 감성생리지표에 대한 실시간 분석부분을 추가할 예정이다.

감성 실험시 본 연구에서 개발된 실시간 심박변화율 분석시스템을 사용하여 실시간 지표와 off-line 분석시 추출된 지표와 비교 검토한다면 인간의 감성을 연구하는데 크게 도움이 되리라 판단된다.

※본 연구는 G-7 감성공학 기반기술개발사업에 의해 지원되었음(2000-J-ES-02-A-01)

## 참고문헌

- [1] Lorenzo Basano, Fabio Canepa, Pasquale ottonello(1998), "Real-time spectral analysis of HRV signals: an interactive and user-friendly PC system". Computer methodes and Programs in Biomedicine, 55, 69-76.
- [2] Antti Ruha(1997), "A Real-Time Microprocessor QRS Detector System with a 1-ms Timing Accuracy for the measurement of Ambulatory HRV" IEEE Transactions On Biomedical Engineering, Vol. 44, NO. 3, 159-167.
- [3] Saeid Reza Seydnejad(1997), "Real-Time Heart Rate Variability Extraction Using ther Kaiser Window", IEEE Tansactions on Biomedical Engineering, Vol. 44, NO.10, 990-1005.
- [4] Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology (1996), "Heart rate variability. Standartds of measurement, physiological interpretation, and clinical use", Circulation, Vol 93, 1043-1065.