RGB 색상 모델에 따른 PPG R-R Interval 분석을 통한 스트레스 추정에 대한 연구

이민형, 윤서진, 정승민, 김경호 단국대

A Study on the Estimation of Stress through PPG RR interval Analysis by RGB Color Model

Min-Hyung Lee, Seo-Jin Yoon, Seung-min Jeong, Kyung-Ho Kim Dankook University

Abstract - 현대인들은 누구나 스트레스를 경험하며 살아간다. 스트레스는 자율신경계가 직접적으로 관여한다. 우리 몸은 자율신경계 (Autonomic nervous system, ANS)에 의해 몸의 항상성을 유지하며 이는스트레스에 의한 반응이나 정서 행동에 의한 몸 상태를 조절하여 유지한다. 심박변이도(Heart rate variability, HRV)는 자율신경계의 변화로 심박동과 박동 사이의 간격(R-R Interval)이 변화하는 것을 말한다. 본 연구에서는 반사형 PPG를 사용하여 손가락에서 PPG 신호를 측정하고, HRV의시간 범위 분석을 통해 조명색상(RGB)에 따른 사람의 심리적 관계를 연구한다. 실험은 암실에서 진행했으며 초록색 조명 환경에서 SDNN 지수가증가하고 RMSSD 지수가 증가하는 것을 알 수 있다.

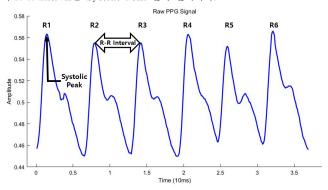
1. 서 론

자율신경계는 우리의 뇌에서 위급한 상황을 파악하면 인체의 내분비 기관에 명령을 내리며, 이때 내분비 기관에서 동원되는 호르몬들이 심장과 혈관에 작용한다. 그러면 심장을 더 강하고 빠르게 작동하며 혈관은 더욱 많은 혈액을 공급한다. 심박출량이 증가하면 혈관에서의 혈류저항이 증가하여 혈압이 상승한다. 문제는 우리의 자율 신경계는 공격, 방어 등의 위급상황과 분노 등의 스트레스 상황을 구별하지 않고 비슷하게 반응한다는 것이다. [1] HRV의 감소는 심박동의 역동적 변화의 복잡성이 감소되었고이는 끊임없이 변화하는 환경에 대한 체내 적응 능력의 감소를 말한다. 우리는 박동간의 미세한 변화로부터 자율신경계의 체내 항상성 조절 메커니즘을 추정할 수 있다. HRV분석의 시간 범위 분석을 통하여 색이 심리적요인에 어떤 영향을 미치고 인간이 감각기관을 통해 어떻게 반응하는지 알아보고자 한다. 본 연구는 LED 조명 색에 따른 HRV 변화를 PPG센서로 측정하고 이를 분석한다.

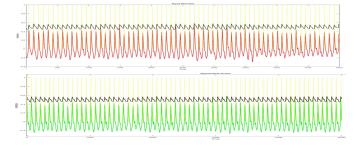
2. 본 론

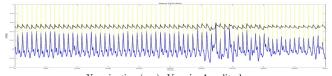
2.1 PPG Pulse Wave

반사형 PPG는 동맥혈관에서 심장이 수축, 이완할 때의 혈관 차이를 분석하여 심박수를 검출해낸다. 발광부와 수광부가 피부 위에 입사된 빛 중에 반사된 빛을 감지하므로 비투과성 조직에 영향을 받지 않는 특징이 있다.[2] PPG Pulse Wave는 0.1~10Hz의 낮은 주파수 대역에 분포하고 있으며 R-R interval은 Systolic Peak 간의 간격이다.



〈그림 1〉 Raw PPG Signal



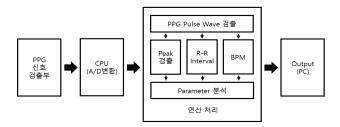


X axis time(ms), Y axis Amplitude 검은색 데이터는 Raw data이며 색깔 데이터는 디지털 필터를 거친 데이터 값이다.

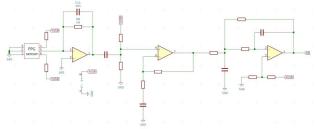
〈그림 2〉 RGB 조명 환경에 따른 PPG Pulse

2.1.1 Hardware

손가락에서 PPG 신호를 측정하는 아날로그 회로를 STM 임베디드 개 발환경을 이용하여 자동화하였으며 값을 출력하였다. 시스템은 아날로그 회로로부터 취득한 PPG 신호를 디지털로 변환하고, 취득한 신호에서 Peak, R-R Interval, BPM을 연산 처리한다. 그 후 GUI를 통해 화면에 데 이터를 표시한다.



〈그림 3〉 System Configuration



〈그림 4〉 PPG Analog circuit

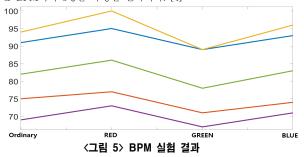
2.2 HRV (Heart Rate Variability) 분석

HRV분석 방법에는 주로 시간 범위(Time domain) 분석과 주파수 범위 (Frequency domain) 분석이 이용된다. 본 연구에서는 시간 범위 분석을 다룬다. 시간 범위 분석은 심박의 R-R간격을 통계적으로 처리하는 기법으로 지정된 시간 동안의 자료를 분석한다. 연속적인 파형(PPG)을 통해 RR 간격이 결정되며 이는 주로 부교감 신경계의 영향을 반영한다. 시간 범위 분석 방법은 대표적으로 3가지가 있으며 Mean HRV, SDNN, RMS-SD 방법이다. 본 연구는 HRV의 시간 범위 분석을 통해 RGB 색상 조명에 따라 우리 몸이 어떻게 반응하는지 알아보고자 한다. [3] 실험은 암실에서 RGB 색상별 조명에 노출되어있는 상태로 일정 시간 동안 PPG 개발 하드웨어로 측정하였다. 20대 20명을 측정하였으며, 그 중 1명에 대한 값을 분석한다.

2.2.1 Mean HRV

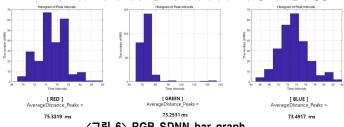
Mean HRV는 일반적인 BPM(Beats Per Minute)을 뜻한다. 본 연구의 Mean HRV는 선행 연구(RGB 색상 모델에 따른 PPG BPM 변화에 대한 연구)의 결광값을 첨부하였다. 피험자는 모두 초록색 조명의 환경에서 BPM이 낮아지는 경향이 있으며, 초록색의 결과는 호흡, 혈압, 온도의 변화가 심장의 동방결절에 분포한 부교감 신경에 반영되어 심박이 낮아진 것으로 추정된다. 부교감 신경계는 몸과 마음이 편안한 상태가 되면 작용되어 맥박을 낮추고, 혈압을 낮추는데 초록색은 이를 바탕으로 심리적 변화까지 유도한 것으로 보여진다. 반대로 빨간색과 파란색에서 맥박수가 상

승하는 것은 교감신경계가 작용했을 확률이 높을 것으로 추정된다. y축은 BPM이며 5명을 측정한 결과이다. [4]



2.2.2 SDNN (Standard Deviation of NN interval)

SDNN은 심박변이도에 기여하는 모든 주기 요소를 반영하는 전체 R-R간격의 표준편차이다. 색 별로 기록시간을 동일하게 측정하였으며 SDNN이 크다는 것은 심박 변동 신호가 불규칙하다는 것을 의미한다. [5]



<그림 6> RGB SDNN bar graph

색별 표준편차는 빨간색과 파란색이 약 2.5ms, 초록색 조명에서 6.600165ms로 초록색 조명에서 표준편차가 약 4.1ms 큰 것을 볼 수 있고 다른 색과 비교해봤을 때, 심장이 보다 불규칙하게 뛰며, 이는 스트레스에 대한 몸의 대처 능력이 증가함을 확인할 수 있다.

2.2.3 RMS-SD (Root Mean Square standard deviation)

RMS-SD는 인접한 RR 간격의 차이를 제곱한 값의 평균의 제곱근으로 이는 심박수에 대한 단기 변이를 반영한다. 부교감 신경의 활동성을 평가 하며 심장에 대한 부교감 신경의 고주파 성분을 평가하는 지표이다. 부교 감 신경은 위급한 상황에 대비하여 미리 에너지를 비축하는 신경으로 스 트레스가 없는 편안한 상황에 활동하며, 신체의 에너지 이용을 최소화하여 에너지를 보존한다. [6]

초록색 조명에서 빨강 조명보다 39.4% RMS-SD가 활성화 되며 파란 조 명에 비해서도 57.61% 상승한 것을 볼 수 있다. 이는 초록색 조명에서 부 교감 신경이 활발하게 활동했고, 가장 편안한 상황임을 추론할 수 있다.

색상 모델에 따른 RMS-SD				
RED	GREEN	BLUE		
2.995778 ms	4.943323 ms	2.095425 ms		

〈표1〉 RGB 조명색에 따른 RMS-SD

3. 결 론

	BPM	SDNN (ms)	RMS-SD (ms)
Red	85	75.3319	2.995778
Green	80	73.2531	4.943323
Blue	83	73.4917	2.095425

〈표2〉 HRV 실험 결과

본 연구는 결과를 통해 조명색이 심박 변이에 영향을 주었고, 심박 변이 도가 심장의 생리뿐만이 아닌 일반적인 자율신경계를 반영할 수 있다는 관점으로 확산된다. [7] SDNN은 전체 자율신경계의 활성화 정도를 나타 내며 높을수록 스트레스 저항력이 증가됨을 의미하고 RMSSD는 부교감 신경계의 활성도를 나타내며 높을수록 부교감 신경계의 활성화로 심장활 동의 안정도를 반영한다. 두 지표는 내.외부 자극에 대한 반응으로 심장박 동의 간격의 변화가 클수록 시간영역 분석 지표들의 값이 크게 나타난다. SDNN과 RMS-SD를 계산했을 때 초록색 조명에서 다른 조명에 비해 SDNN, RMS-SD도 증가하는 것을 실험 결과를 통해 볼 수 있는데, 시간 영역 분석값은 심리적 스트레스에 대한 저항력이 증가되었다고 추론할 수

있다. [9] 추후 심화된 연구 개발을 통해 다양한 색깔에 대해 신체에 일어 나는 변화를 정립하고 심박변이도(HRV) 신호의 파라미터들은 개별적으로 사용될 때보다 다채널 차원으로 사용될 때 정확하기 때문에 주파수 분석 방법도 이용하면 더 정확한 정보를 정립할 수 있을 것이라 예상된다.

감사의 글

본 연구는 한국전력공사의 2019년 선정 기초연구개발 과제연구비에 의해 지원되었음 (과제번호: R19XO01-09)

[참 고 문 헌]

[1] 정기삼. "HRV 의 개요." 가정의학회지 25.11: 528-532. (2004) [2] 이민형, 이재원, 안상목, 김경호. "RGB 색상 모델에 따른 PPG BPM 변화에 대한 연구", 대한전기학회 학술대회 논문집, 1972-1973. (2020) [3] 정기삼. "HRV 의 개요." 가정의학회지 25.11 : 528-532. (2004) [4] 이민형, 이재원, 안상목, 김경호. "RGB 색상 모델에 따른 PPG BPM 변화에 대한 연구", 대한전기학회 학술대회 논문집, 1972-1973. (2020) [5] 박기종, 정희정 "심박변이에 대한 평가방법" 16(2) 49-54 (2014) [6] 김아영, 장은혜, 유한영. "스트레스에 대한 심리 반응 유형과 심박변이 도의 관련성". 감성과학, vol. 21, pp.71-82, (2018) [7] 백승우, 김규호. "손가락 영상의 맥파 신호를 이용한 집중도 분석 방법 에 관한 연구." 한국통신학회 학술대회논문집 521-522. (2020) [8] 황승현, "심박변이도를 활용한 불안과 운동수행력간의 관계검증" (2017)