

생체신호 분석 기반 감정변화 유추 및 정량화 가능성 파일럿연구

이현영*, 장승완**, 조은혜**, 김영***, 녕설리**, 민세동**, ****

순천향대학교 의용메카트로닉스공학과*, 순천향대학교 소프트웨어융합학과**,
순천향대학교 BK21 FOUR Well-Life 실현을 위한 빅데이터 혁신인재 양성 교육연구단***,
순천향대학교 의료IT공학과****

Quantifying and Estimating Emotional Changes by BioSignal Analysis

Lee Hyun Young*, Seungwan Jang**, Eun Hye Jo**, Young Kim***, Xueli Ning**, Se Dong Min**

Department of Medical and Mechatronics Engineering*, Soonchunhyang University

Department of Software Convergence**, Soonchunhyang University

BK21 FOUR Well-Life Big Data Institute***, Soonchunhyang University

Department of Medical IT Engineering****, Soonchunhyang University

Abstract - 인간의 감정은 환경적(외재적) 요인, 내재적 요인에 의해 영향을 받고, 전기적 생체신호 발생을 통해 신체적 변화를 일으킨다. 본 연구에서는 총 5 명의 피험자(남성 3명, 여성 2명)를 대상으로 세 가지 감정(슬픔, 기쁨, 공포) 감정을 유발하여 심박변이도 지표인 LF/HF ratio, 피부전도도, 체온을 측정하였다. LF/HF ratio 분석 결과, 피부전도도는 기쁨, 슬픔 감정에서는 상승하는 추이를 보였으며 공포 감정에서는 하락하였다. 체온은 감정에 따라 의미 있는 변화는 없는 것으로 나타났다. 본 연구 결과, 감정에 변화를 생체신호로 정량화할 수 있는 가능성을 확인하였다.

1. 서 론

인간의 감정은 날씨나 온도, 특정 사건 등의 환경적(외재적) 요인, 또는 질병이나 호르몬 변화 등의 내재적 요인에 의해 지속적으로 변화한다. 감정의 변화는 전기적 생체신호(electrical bio-signals)를 발생하며 신체적 변화를 일으키는 기계적·전기적 메커니즘을 갖는다[1]. Noh는 인간이 느끼는 부정적, 긍정적 감정 중 기쁨, 평온, 슬픔, 두려움 감정에 대해 신체에서 발생하는 물리적 변화를 센서로 측정 분석하여 감정의 분류가 가능함을 발표하였다[2]. Lee와 Suh의 연구에서는 감정의 변화가 뇌전도뿐 아니라 심박변이도, 피부전도도, 피부 온도, 호흡에도 나타남을 발표하였다[3, 4]. 이것은 간단한 센서 부착으로 일상 속 개인의 감정변화를 정량적으로 측정할 수 있음을 나타낸다. 정신의학과에서 정서와 감정을 진단평가하기 위해 사용하는 설문 형태의 검사도구를 적용하여 감정변화와 연관된 내·외재적 요인을 분석한 연구가 있다[2, 4]. 이러한 자가설문검사를 통한 주관적 평가와 생체신호 변화분석을 통한 객관적 평가를 병행하면 감정 진단 분석의 정확도를 높일 수 있다.

따라서, 본 연구에서는 심전도, 피부전도도, 말단 피부 체온을 측정하여 개인별 감정변화의 차이와, 외재적 요인에 따른 감정의 변화가 생체신호에 미치는 영향을 정량적으로 분석하였다.

2. 본 론

2.1 피험자 모집 및 시청각 자료

우울증이나 정신과 치료, 신경정신과 약물 복용 및 심혈관계 질환 관련 병력이 없는 건강한 대학생 5명(24.2±3세, 남: 2명, 여: 3명)을 대상으로 실험을 진행하였다. 본 실험을 위해 세 가지 감정(슬픔(Sad; S), 기쁨(Joy; J), 공포(Fear; F))를 유발하는 영상을 선정하여 종류별로 3분간 무작위 순으로 시청하도록 하였고 실험 전 아무 자극이 없는 상태의 정서적 중립상태(Neutral; N)를 대조 데이터로 사용하였다. 영상 자료의 선정 기준은 영상물등급위원회와 ‘슬픈 국내 영화’, ‘산책’ 등의 키워드를 사용하였다(그림 1).



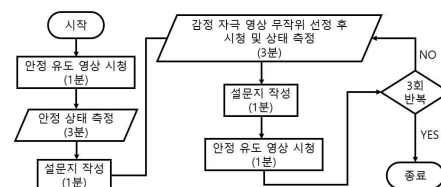
<그림 1> 감정 유도 및 자극에 사용한 시청각 자료

2.2 생체신호 측정 센서 및 부착 위치

실험 중 실시간 생체신호 변화 측정을 위해 AD8232(ANALOG DEVICES, USA) 심전도 필스 측정 센서, 피부전도도(Seed Studio, China, Grove-GSR_Sensor V1.2), MAX30205(Maxim Integrated, USA) 체온 측정 센서를 사용하였다. 심전도 측정에 사용한 센서는 단극사지유도 방법을 사용해 왼손, 오른손의 표재지굴근과 왼쪽발 복숭아뼈 위쪽 2 cm의 비골에 패치를 부착하여 측정하였다. 피부전도도 측정을 위해 사용된 Galvanic Skin Response(GSR) 센서는 왼손의 검지와 중지의 두 번째 마디에 착용하였다. 체온 측정은 경추(C5)로 부터 좌측으로 2-3cm 가측(lateral)에 체온계 센서를 부착하였다[5]. 생체 신호(심전도, GSR, 말단 피부 체온) 데이터는 각 센서와 연결된 Arduino uno와 노트북을 통해 sampling rate 100 Hz로 수집되었다.

2.3 실험 프로토콜

본 실험에 참여하기 전 모든 대상자들은 한국판 역학연구센터 우울척도(Center for Epidemiological Studies-Depression Scale, CES-D)설문지를 작성하였고, 설문 결과 0-20점의 정상 범위를 초과하는 경우 실험에서 제외되었다. 최종적으로 선정된 5명의 피험자들은 모두 Neutral, Sad, Joy, Fear 감정을 유도할 수 있는 영상을 무작위 순으로 시청했고 정서의 안정화를 위해 각 영상물 사이에 1분간의 휴식이 주어졌다. 각 영상물 시청 후 차별적 정서척도(Differential Emotions Scale-IV, DES-IV)설문지를 작성하였다(그림 2).



<그림 2> 실험 프로토콜

2.5 데이터 분석

감정변화 유도에 따른 심전도 주파수 범위 분석 및 피부전도도 분석은 MATLAB R2020B 프로그램을 통해 진행하였다. 심전도 데이터는 고속 푸리에 변환(Fast Fourier Transform; FFT)을 이용하여 주파수 대역 스펙트럼 분석을 진행하였다. 수집된 심전도 주파수 영역 중 0.04-0.15 Hz 사이의 저주파 성분(Low Frequency; LF)과 0.15-0.4 Hz 사이의 고주파 성분(High Frequency; HF)을 추출하였다[6]. 추출된 주파수로 LF/HF ratio를 계산하고 감정변화에 따른 심박변이도(Heart Rate Variability; HRV)를 분석하였다. 심박변이도 분석에서 LF는 교감신경, HF는 부교감신경의 활성도를 나타내는 측정치로 사용되며, 심박변이는 호흡주기와 연관성이 있어 임상적으로 의미가 있는 수치이다. LF/HF ratio에서 0.5 ~ 2.0의 범위를 자율신경계의 균형 상태(정상범위)라 말한다[6]. 말단 피부에서 측정된 체온은 실험 시간 동안의 전체 평균과 표준편차를 계산하여 개체 내 유발 감정 간의 차이를 비교하였다. 측정된 모든 생체신호는 DES-IV 검사의 점수와 비교분석하였다.

3. 결 론

본 연구에서는 안정(resting)상태에서의 무감정(대조군,N)을 기반으로 인간이 느끼는 세 가지 주요 감정인 슬픔(S), 기쁨(J), 공포(F)상태에서의 생체신호(심전도, 피부전도도, 말단피부 체온)의 정량화 가능성을 확인하였다. 분석 결과, 모든 피험자의 체온 변화는 안정 상태를 제외한 세 가지 실험 감정에서 모두 최대 ± 0.05 °C의 오차를 보여 단기간 동안 유발된 감정에 따른 체온의 변화는 유의미하지 않은 것으로 나타났다. 심전도의 FFT 분석을 통해 추출된 LF/HF ratio 지표의 결과는 표 1과 같다.

<표 1> 피험자 별 감정에 따른 LF/HF ratio의 변화

	LF/HF ratio			
	Neutral	Sad	Joy	Fear
Sub1	0.65	0.8	0.64	0.5
Sub2	0.63	0.61	0.5	0.54
Sub3	0.77	0.79	0.65	0.98
Sub4	0.66	0.77	0.59	1.04
Sub5	0.52	0.66	1.04	0.91

LF/HF ratio 분석 결과, 5명 중 4명의 피험자에서 Neutral 상태에서 보다 Sad 상태에서 LF 비율이 높은 것으로 나타났으며, 5명 중 3명의 피험자에서 Sad 보다 Fear 상태에서 LF 비율이 높은 것으로 나타났다. 또한 5명 중 3명의 피험자에서 Joy, Neutral, Sad 순으로 LF가 높아짐을 나타내었다(표2).

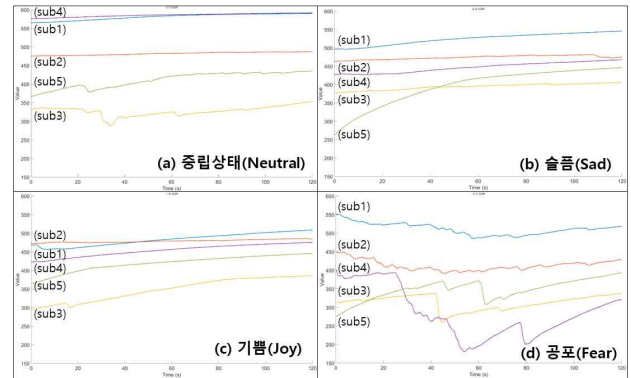
<표 2> 피험자 별 감정에 따른 LF/HF ratio의 순위

Sub1	Fear	<	Joy	<	Neutral	<	Sad
Sub2	Joy	<	Fear	<	Sad	<	Neutral
Sub3	Joy	<	Neutral	<	Sad	<	Fear
Sub4	Joy	<	Neutral	<	Sad	<	Fear
Sub5	Neutral	<	Sad	<	Fear	<	Joy

세 가지 감정에 따른 피부전도도의 변화는 그림 3과 같다. 그림 3(a)는 Neutral 상태로, 4명의 피험자의 피부전도도가 상승 추이를 보였다. 그림 3(b)는 Sad 상태로, 5명의 피험자의 피부전도도가 상승 추이를 보였다. 그림 3(c)는 Joy 상태로, 4명의 피험자의 피부전도도가 상승 추이를 보였다. 그림 3(d)는 Fear 상태로, 5명의 피험자의 피부전도도는 하강하는 추이를 보였다.

Joy의 감정이 나타날때 부교감신경의 활성도가 높아지며 교감신경의 활성도가 낮아져 HF 성분의 비율이 높아진다. 반면 Sad와 Fear에서는 부교감신경의 활성도가 낮아지며 교감신경의 활성도가 높아져 LF 성분의 비율이 높아지는 것을 확인할 수 있었다. 피부전도도 분석 결과, Neutral 상태 및 Sad, Joy 감정에서는 피부전도도가 상승하는 추이를 보였으며 Fear에서는 변동

하며 하강하는 추이를 보였다. 이는 세 가지 감정을 피부전도도를 통해 구별이 가능하다는 것을 확인할 수 있는 결과였다.



<그림 3> 감정별 피부전도도 변화

체온 분석 결과 세 가지 감정에 따른 변화가 미미하였다. LF/HF ratio의 결과 중 sub2의 경우 다른 피험자들과는 전혀 다른 결과를 보였으며, 이는 개인의 성격 차이로 인한 발생한 것으로 보인다. 또한 세 가지 감정을 자극하는 영상의 길이가 충분하지 않았기 때문에 개인의 감정변화를 일으키기까지 소요되는 시간의 차이로 인하여 감정을 충분히 유도 시키지 못한 것으로 사료된다.

향후 연구에서는 감정 유도 영상의 길이를 증가시켜 감정 자극을 위한 충분한 시간을 제공하여 생체신호를 수집하고자 한다. 또한, 본 연구의 결과를 기반으로 생체신호와 감정의 정량화 연구를 수행하고자 한다.

감사의 글

이 논문은 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임 (NRF-2021R111A3059769). 또한, 한국연구재단 4단계 두뇌한국21사업(4단계 BK21사업)의 지원을 받아 작성되었음(과제번호:5199990914048).

[참고 문헌]

- [1] Chon, K. H., Oh, J. Y., Park, S. H., Jeong, Y. M., & Yang, D. I. A Study on Algorithm of Emotion Analysis using EEG and HRV. Journal of the Korea society of computer and information, 15(10), 105-112, 2010.
- [2] Noh, A., Kim, Y., Kim, H. S., & Kim, W. T. Smart Emotion Management System based on multi-biosignal Analysis using Artificial Intelligence. Journal of IKEEE, 21(4), 397-403, 2017.
- [3] Lee, J. E., Kim, B. N., & Yoo, S. K. Neural-network based Computerized Emotion Analysis using Multiple Biological Signals. Science of Emotion and Sensibility, 20(2), 161-170, 2017.
- [4] Suh, J. W., Hwang, E. Y., Chung, S. Y., Whang, W. W., & Kim, J. W. Effect of meditation according to emotional state and meditation subgroup evaluated by HRV (Heart Rate Variability). Journal of Oriental Neuropsychiatry, 20(3), 133-147, 2009.
- [5] Bach, V., Abbiss, C. R., Libert, J. P., & McCabe, S. M. Skin Temperatures of Back or Neck Are Better Than Abdomen for Indication of Average Proximal Skin Temperature During Sleep of School-Aged Children. Frontiers in psychiatry, 985, 2020.
- [6] 장원두. 맥과 신호기반 감정인식을 위한 주파수 특징 분석. 차세대융합기술학회논문지, 6(1), 26-31, 2022.