

# 심전도 반응 기반 경쟁, 협동 게임 참여자의 몰입 판단 알고리즘 개발

이정년\*, 황민철\*\*, 박상인\*\*\*, 황성택\*

상명대학교 감성공학과\*, 상명대학교 휴먼지능정보공학과\*\*, 상명대학교 서울산학협력단\*\*\*  
blueleen2@naver.com, whang@smu.ac.kr, ini0630@naver.com, columstyle@naver.com

Engagement classification algorithm based on ECG(electrocardiogram) response in competition and cooperation games

Jung-Nyun Lee\*, Min-Cheol Whang\*\*, Sang-In Park\*\*\*, Sung-Teac Hwang\*  
Dept. of Emotion Engineering, Sangmyung University\*, Dept. of Intelligent Engineering Informatics for Human, Sangmyung University\*\*, Industry-Academy Cooperation Team, Sangmyung University\*\*\*

## 요약

최근 청소년들의 인터넷 및 스마트폰 과도한 사용이 사회적 이슈가 되어왔다. 작업에 대한 몰입 수준은 좋은 결과물을 만들 수 있는 긍정적 효과와 과 몰입 같은 부정적 효과를 모두 가지고 있다. 본 연구는 심혈관 반응 기반의 몰입 상태를 판단하는 알고리즘을 개발하고자 하였다. 피험자들은 무 자극 상태, 그리고 몰입을 유발하기 위한 패턴 맞추기 게임을 수행하였고, 몰입 수준을 제공하기 위해 협력과 경쟁 태스크로 나누어 실험 디자인 하였다. 각 태스크에 따라 심박과 진폭의 상관성을 분석하고 다항식 회귀 분석을 통해 회귀식 및 정확도를 확인하였다. 결과는 게임 태스크일 때, 심박과 진폭은 양의 상관성을 보였으며 무자극일 때 음의 상관성을 보였다. 개발된 다차항 회귀식으로 게임 태스크와 무 자극을 구분하는 정확도는 평균 89%의 정확도를 보였다. 태스크간의 차이는 76.5% 정확도를 확인하였다. 본 연구는 실시간으로 몰입 수준을 정량적으로 평가하는데 사용될 수 있을 것으로 기대된다.

## ABSTRACT

Excessive use of the internet and smart phones have become a social issue. The level of engagement has both positive and negative effects such as good performance or indulgence phenomenon, respectively. This study was to develop an algorithm to determine the engagement state based on cardiovascular response. The participants were asked to play a pattern matching game and the experimental design was divided into cooperation and competition task to provide the level of engagement. The correlation between heart rate and amplitude was analyzed according to each task. The regression equation and accuracy were verified by polynomial regression analysis. The results showed that heart rate and amplitude were positively correlated when the task was a game, and negatively correlated when there was a reference task. The accuracy of classifying between game and reference task was 89%. The accuracy between tasks was confirmed to be 76.5%. This study is expected to be used to quantitatively evaluate the level of engagement in real time.

**Keywords** : Cardiovascular response(심혈관 반응), Engagement(몰입), Correlation analysis(상관분석), Polynomial Regression Analysis (다항식 회귀분석)

Received: Mar. 13. 2017

Revised: Apr. 14. 2017

Accepted: Apr. 20. 2017

Corresponding Author: Min-Cheol Whang(Sangmyung University)

E-mail: whang@smu.ac.kr

© The Korea Game Society. All rights reserved. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ISSN: 1598-4540 / eISSN: 2287-8211

## 1. 서론

인터넷 게임 및 스마트폰에 과도한 사용이 사회적 이슈가 되고 있으며 특히 10 대 청소년의 경우 99.9가 인터넷 이용에 노출되고 있다. 이러한 과도한 사용자들을 인터넷 중독, 스마트폰 과몰입 등으로 분류하고 있고 문제를 해결하기 위해 치료 센터 및 R&D 연구들이 진행되고 있다. 칙센미하이(Csikszentmihalyi) 심리학자는 창의적인 화가들을 관찰하면서 피로도 잊은 채 휴식도 취하지 않으면 작업에 몰두하는 행동 관찰을 통해 ‘몰입(Flow)’이라는 개념을 정의하였다[1]. 이러한 몰입이 중요한 이유는 몰입 정도에 따라 사람들에 수행 결과에 영향을 미치기 때문이다. 초기 행동심리 연구 분야에서는 동물 실험을 통해 수행능력은 스트레스와 연관이 되어 있다는 것을 정의하였다[2]. 이후 사람의 성과 능력과 각성, 몰입등과의 관계를 확인하는 연구들로 발전되었다[3,4,5,6]. Donald Hebb는 ‘No Arousal No Learning’으로 효율적인 학습을 위해 각성 수준이 필요가 있다는 것을 말하였다. Inverted U 곡선을 “Windowing”을 가지고 해석하면 Arousal 수준이 구간에 의해 수행 능력에 패턴이 상승, 유지 하강으로 해석할 수 있다. 기존의 이를 정량적인 심박 신호를 통해 접근 하고자 하는 연구들도 있었다. Azarbarzin 연구자는 각성 수준 기준은 American Academy of Sleep Medicine criteria 기준을 사용하여 만들고, EEG (뇌파) 신호를 시간에 따른 주파수를 이용하여 분류하였다. 이때 Arousal Scale이 커질수록 심박 변화율이 높아지는 결과를 확인하였다[7]. 다른 연구에서는 경쟁 유무에 따른 심혈관 반응을 확인하였으며, 실험에 사용된 게임은 레이싱을 이용하였다[8]. 경쟁 태스크에서 심박수와 혈압이 증가하는 결과를 보였다. 중독과 관련된 연구에서는 중독성을 가진 MMORPG 게이머는 (N = 16) 심혈관 반응이 기준에 비해 게임을 하는 동안 심장 혈관 활동이 상당한 감소한 패턴을 보였으며 오히려 게임 후에 증가하는 패턴을 보였다. 비 중독 게이머들은

장르에 상관없이 게임 중간 그리고 게임 플레이 이후 혈압이 증가하는 것을 확인 하였다[9].

사용자들에 행동에서 몰입에 수준을 정량적으로 해석하는 것이 모호하며 심혈관 변수인 심박수와 진폭들의 관계가 심리적 현상에 따라 상호작용을 하지만 두 변수간의 상호작용이 간과되어 왔다. 그러므로 본 연구는 심혈관 반응의 심박수와 진폭의 상호작용의 룰을 분석하여 몰입정도를 정량적으로 해석하는 것을 목적으로 하였다.

## 2. 본론

### 2.1 피험자

피험자는 대학생 40명(평균연령: 28.2세, SD:±5.54)으로, 모두 대학생들이었으며 실험 전 자율신경계 신호에 영향을 줄 수 있는 음주, 과도한 카페인 등에 주의사항을 미리 공지하고 하루 전 통제하였다. 실험장비는 BIOPAC사의 ECG 100c amplifier 및 ECG sensor(EL501 등), National Instrument A/D Converter를 사용하여 측정하였다. NI사의 Labview 2014를 사용하여 신호측정 및 데이터 분석을 진행하였다. 측정 샘플링은 500Hz로 하였다.

#### 2.1.1 독립 변수

독립 변수는 Reference 상태 및 Competition, Cooperation 2가지의 게임 태스크를 수행하였다.

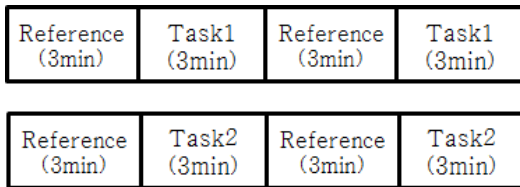
#### 2.1.2 종속 변수

종속 변수는 ECG(Electrocardiogram) 신호의 변수들로 총 6개의 변수들을 분석하였다. 심장 반응의 분석 변수는 BPM(Beat Per Minute), Amplitude, SDNN(Standard Deviation of all the normal RR intervals), VLF(Very Low Frequency), LF(Low Frequency) 그리고

HF(High Frequency)의 퍼센트(Percent)를 사용하였다. VLF의 주파수 영역은 0.0033hz~0.04hz, LF는 0.04hz~0.15hz, 그리고 HF는 0.15hz~0.4hz 영역을 분석하였다.

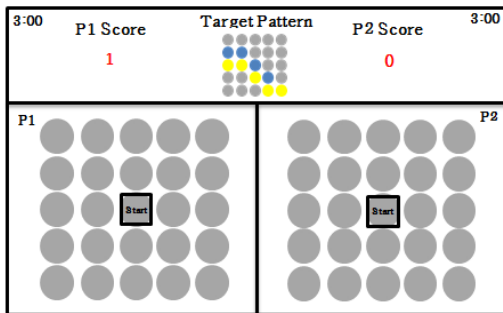
## 2.2 실험 절차

피험자는 랜덤으로 competition과 cooperation를 두 번씩 수행하였다. 게임을 하기 전 reference 구간을 두어 ECG 신호를 측정하였으며, 동일하게 Task 구간에서도 ECG 신호를 측정하였다.



[Fig. 1] Experimental procedure(Task 1: Competition, Task 2: Cooperation)

게임은 키보드를 이용하여 하는 방식으로 목표 패턴과 동일하게 만들면 되는 게임으로 5x5 패널에서 해당 위치에 가서 패널을 뒤집고 색을 칠하면 되는 작업을 수행 하였다.



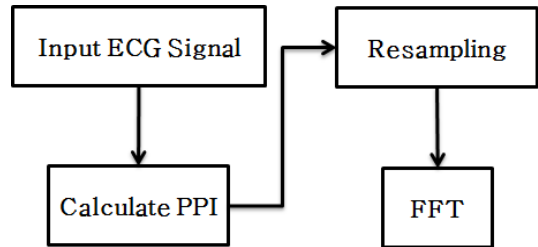
[Fig. 2] Game screen of tasks

3분 동안 가장 많이 목표 패턴을 성공하면 게임을 이기는 것으로 한 명이 패턴을 먼저 완성하면 이긴 플레이어를 알려주고 동시에 목표패턴이 바뀌어 다음게임을 진행하였다. cooperation 태스크에

서는 두 플레이어가 함께 패턴을 만드는 작업을 수행했으며, 상대방으로는 컴퓨터가 수행하였다. 컴퓨터의 패턴 완성 속도는 사전테스트를 통해 패턴 별 평균적으로 완성했던 시간으로 설정 하였다.

## 2.3 신호 전처리

피험자 별로 3분 데이터 모두 사용하였으며, ECG 신호로부터 VLF(%), LF(%), HF(%), BPM, SDNN, 그리고 Amplitude 총 6개 변수를 추출하였다. 이때 HRV 변수들은 추출하기 위하여 [Fig. 3]과 같은 신호처리 프로세스를 수행하였다[10].



[Fig. 3] Signal processing for extracting HRV(Heart rate variability) parameters

입력된 ECG 신호는 peak detection 알고리즘을 통해 peak(정점) 간의 간격인 PPI(peak-to-peak intervals)를 계산하였다. 계산된 PPI 값은 2Hz로 리샘플링하였다. 리샘플링된 데이터는 FFT 분석을 통해 주파수 도메인으로 변경하였다. 신호 처리 후, 다음과 같은 수식을 이용하여 변수들을 추출하였다.

$$VLF(\%) = \frac{VLFpower}{VLFpower + LFpower + HFpower} \quad (eq.1)$$

$$LF(\%) = \frac{LFpower}{VLFpower + LFpower + HFpower} \quad (eq.2)$$

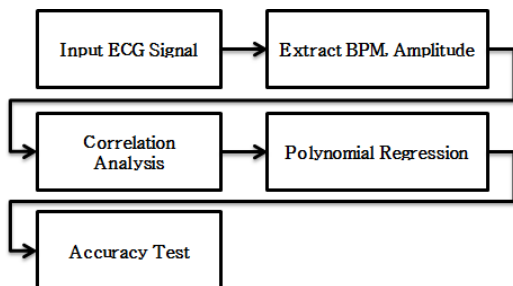
$$HF(\%) = \frac{HFpower}{VLFpower + LFpower + HFpower} \quad (eq.3)$$

$$SDNN = \sqrt{\frac{\sum(x-m)^2}{n}} \quad (eq. 4)$$

통계 프로그램은 IBM SPSS Statistics 21을 사용하였다. 정규성 검증 결과 데이터가 정규분포를 따르지 않으므로 비모수 검정을 실시하였다. Kruskal-Wallis H 검정을 사용하여 Task 별로 심혈관 변수들 간의 통계적 차이를 확인하였으며 Mann-Whitney U 검정을 통해 사후검증을 수행하였다.

## 2.4 다차항 회귀식 분석

맥박 및 진폭의 상관성 및 다차항 회귀식 분석을 위하여 [Fig. 4]와 같은 프로세스를 수행하였다. 피험자 별 입력된 ECG 신호에서 윈도우 사이즈 5 초, 윈도우 1초 간격으로 BPM과 amplitude 값을 추출하였다. 이때 BPM 해상도를 1bpm 단위로 평균 처리하였다. 모든 피험자의 데이터를 사용하여 심박과 진폭간의 상관 분석을 실시하였다. 그리고 task 별로 다차항 회귀식 분석을 통해 최적화 계수를 추출하였다. 적합도가 높은 회귀모델을 만들기 위하여, SSE(Sum of Square Error), R-Square, RMSE(Root Mean Square Error)를 확인하였다. 이때, SSE와 RMSE는 0에 가까우면 좋은 모델이며, R-square는 1에 가까우면 좋은 모델을 나타낸다. 마지막으로는 잔차를 통해 알고리즘 정확도 테스트를 수행하였다.

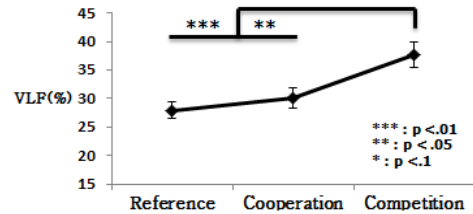


[Fig. 4] A flow chart for analyzing polynomial regression based on amplitude and BPM of ECG signal

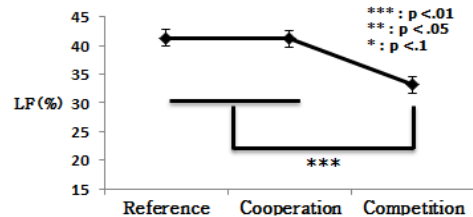
## 3. 연구 결과

### 3.1.1 심혈관 반응 결과

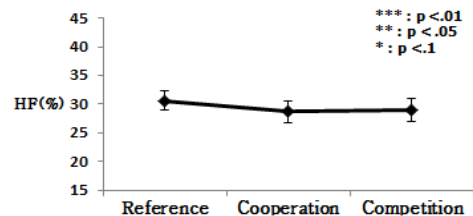
모든 피험자의 데이터를 분석한 결과, HRV의 변수들에서는 [Fig. 5,6]과 같이 VLF(%), LF(%)에서 유의한 차이를 확인하였다( $p < .01$ ;  $p = .00$ ). 사후 검증 결과 Competition은 모든 태스크와 차이를 보였다.



[Fig. 5] A comparison of three tasks in VLF(%)



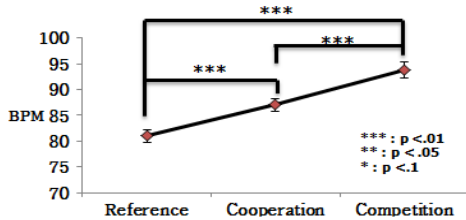
[Fig. 6] A comparison of three tasks in LF(%)



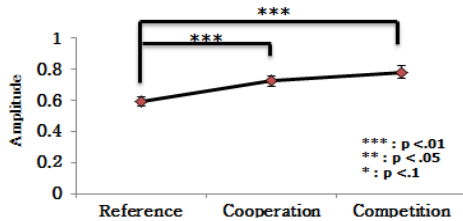
[Fig. 7] A comparison of three tasks in HF(%)

나머지 변수인 BPM, amplitude, 그리고 SDNN에서 또한 통계적으로 유의한 차이를 확인하였다 ( $p = .00$ ). 사후 검증 결과 BPM은 모든 태스크간의 차이를 보였으며, amplitude는 레퍼런스 와 태스크

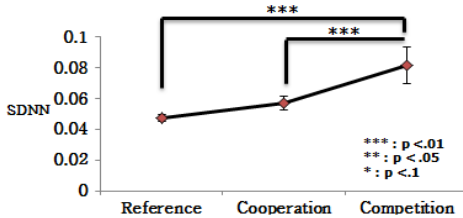
들 간의 유의한 차이를 보였다. SDNN 또한 레퍼런스와 테스트들 간의 유의한 차이를 확인할 수 있었다.



[Fig. 8] A comparison of three tasks in BPM



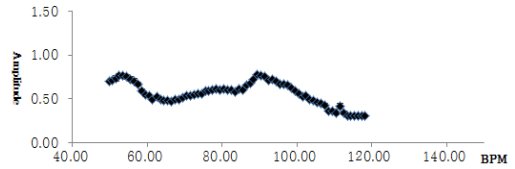
[Fig. 9] A comparison of three tasks in amplitude



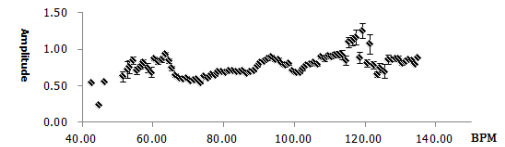
[Fig. 10] A comparison of three tasks in SDNN

### 3.1.2 맥박 및 진폭의 상관분석

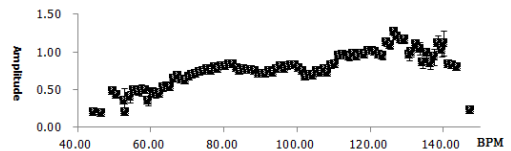
전체적인 피험자들의 심박수와 진폭의 데이터를 이용하여 심박빠르기에 따른 진폭 결과를 확인하였으며, [Fig. 11,12,13]과 같은 패턴을 확인할 수 있었다.



[Fig. 11] Correlation analysis of BPM and amplitude in reference task



[Fig. 12] Correlation analysis of BPM and amplitude in cooperation task



[Fig. 13] Correlation analysis of BPM and amplitude in competition task

Reference의 상관 분석을 실시한 결과  $R=-.568$ ,  $p=.00$ 으로 유의하며 음의 상관성을 보였으며, Cooperation의 상관 분석을 실시한 결과  $R=.561$ ,  $p=.00$ 으로 유의하며 양의 상관성을 보였다. Competition의 상관 분석을 실시한 결과  $R=.776$ ,  $p=.00$ 으로 유의하며 양의 상관성을 확인할 수 있었다.

### 3.1.3 Task 별 다항식 회귀식 분석

적합도가 높은 회귀모델을 만들기 위해, SSE, R-square, 그리고 RMSE 값을 확인하여 가장 좋은 모델을 선정하였다. 이때 R-square 값이 1에 가까우면 좋은 모델이며, SSE와 RMSE는 0에 가까우면 좋은 모델을 나타낸다.

결과적으로 [Table 11,23]을 확인해보면 모든 테스트는 다차항 계수가 5차 항일 때 가장 적합도가 높은 모델을 보여주었다.

[Table 1] Goodness-of-fit test in reference task

Reference			
Polynomial -order	SSE	RMSE	R-Square
1	0.85922	0.112408	0.309475
2	0.722538	0.10308	0.419321
3	0.297683	0.066164	0.760762
4	0.234816	0.058764	0.811287
<b>5</b>	<b>0.10132</b>	<b>0.0386</b>	<b>0.91858</b>
6	0.137248	0.044926	0.889699
7	372.165	2.33945	-298.096

[Table 2] Goodness-of-fit test in cooperation task

Cooperation			
Polynomial -order	SSE	RMSE	R-Square
1	1.36323	0.125903	0.289465
2	1.35079	0.125327	0.295948
3	1.43668	0.12925	0.251184
4	1.0425	0.1101	0.456635
<b>5</b>	<b>0.91208</b>	<b>0.10298</b>	<b>0.52461</b>
6	0.988079	0.107188	0.485
7	176.939	1.43438	-91.2231

[Table 3] Goodness-of-fit test in competition task

Competition			
Polynomial -order	SSE	RMSE	R-Square
1	2.09923	0.148651	0.586868
2	1.6222	0.130674	0.680748
3	1.71713	0.134443	0.662065
4	0.993195	0.102248	0.804537
<b>5</b>	<b>0.60242</b>	<b>0.07963</b>	<b>0.88144</b>
6	0.614114	0.080401	0.879141
7	993.168	3.23333	-194.457

각 태스크별로 회귀식 모델의 수식은 5, 6, 그리고 7와 같이 계산되었다. 수식 5는 레퍼런스의 회귀식 모델이며, 수식 6은 cooperation의 회귀식 모델이며, 그리고 수식 7은 competition의 도출된 회귀식 모델 보여주었다.

$$y = 1.66E-08x^5 - 6.6E-06x^4 + 0.001015x^3 - 0.07493x^2 + 2.64916x - 35.0965 \quad (\text{eq. 5})$$

$$y = 4.505E-09x^5 - 2.145E-06x^4 + 0.000395x^3 - 0.03516x^2 + 1.5048x - 24.1143 \quad (\text{eq. 6})$$

$$y = -4.34E-09x^5 + 1.9E-06x^4 - 0.000319x^3 + 0.02536x^2 - 0.9381x + 13.127 \quad (\text{eq. 7})$$

x는 BPM 값이며, y는 회귀식 모델을 통해 예측되어지는 진폭 값이다.

### 3.1.4 알고리즘 정확도

각 태스크별 회귀모델을 통해 심박 빠르기에 따른 진폭의 예측 값을 계산한 뒤 실제 진폭 값과 예측 진폭 값이 가장 작은 차이를 보이는 모델을 선정하도록 하였다. 즉 잔차가 가장 작은 모델을 선정하는 과정을 수행하였다. 그때 태스크간의 정확도를 확인하였다[11]. 테이블 4는 cooperation 태스크와 reference 데이터를 구분하는 정확도 결과표이며 평균 88.6%의 정확도를 확인할 수 있었다.

[Table 4] Confusion matrix of cooperation and reference

		Predicted condition	
		Predicted cooperation	Predicted reference
True condition	Cooperation	77	11
	Reference	7	63

[Table 5]는 competition 태스크와 reference 데이터를 구분하는 정확도 결과표이며 평균 90.5%의 정확도를 확인할 수 있었다.

[Table 5] Confusion matrix of competition and reference

		Predicted condition	
		Predicted competition	Predicted reference
True condition	Competition	90	9
	Reference	7	63

[Table 6]은 competition 태스크와 cooperation 태스크 데이터를 구분하는 정확도 결과표이며 평균 76.5%의 정확도를 보였다.

[Table 6] Confusion matrix of competition and cooperation

		Predicted condition	
		Predicted competition	Predicted cooperation
True condition	Competition	76	23
	Cooperation	21	67

#### 4. 결 론

본 연구는 몰입을 심박 신호를 사용하여 정량적으로 해석하고 알고리즘을 만드는데 목적을 가졌다. 실험결과, Reference에 비해 VLF(%), BPM, amplitude 등 전반적으로 게임 태스크에 의해 증가하는 것을 확인할 수 있었으며, 이는 교감신경이 활성화가 일어나는 것을 확인할 수 있었다[12,13]. 이때 Competition Task구간에서 Cooperation Task보다 교감신경 활성화가 더 크게 일어나는 것을 확인할 수 있었다. 심혈관 반응 변수의 관계를 이용하여 몰입 수준에 차이를 보기 위해, 유의한 차이가 있는 변수를 선택하였다. 또한 실시간에 적용하기 좋은 변수 즉, 시간 해상도가 높은 변수들을 선정하였다. 사후 검정 결과 Reference 구간하고 확실한 유의한 차이를 보인 심박수와 진폭 변수를 선정할 수 있었다. 전체적인 심박 빠르기에 따른 진폭변화를 확인해본 결과 몰입 수준에 따른 진폭 패턴이 달라지는 것을 확인할 수 있었다. Reference에서는 심박이 빨라질수록 진폭이 작아지는 결과는 보였으며, 게임을 하는 태스크 구간에서는 심박이 빨라질수록 진폭이 상승하는 결과를 보였다. 사람의 심박출량은 심박수와 1회 심박출량으로 평균적인 심박출량을 조절한다. Reference 그

래프를 보면 서맥 범위에서는 심박 빠르기가 느리므로 1회 심박출량이 커야하며, 본 연구 데이터에서도 진폭이 커지는 패턴을 확인할 수 있었다[14]. 정상 범위에서는 일정 구간 동안 심박 빠르기가 빨라지면서 진폭이 커지는 현상을 보였다. 단 일정 심박 빠르기 이후, 평균 심박출량을 맞추기 위한 1회 심박출량을 조절하는데 본 연구데이터에서도 진폭이 작아지는 경향을 보였다[14]. 게임 태스크에서는 심박수가 빨라지면서 진폭이 상승하는 기울기 폭이 Reference에 비해 높았으며, competition 데이터는 빈맥 범위에서 심박빠르기가 빨라지나 진폭이 작아지는 경향을 보였다. 이는 교감신경 항진으로 인한 신경성 조기수축에 영향을 받은 패턴을 보여주고 있다[15].

다차항 회귀식을 통해 몰입 수준에 따라 심박과 진폭의 관계 데이터를 통해 구분할 수 있는 결과를 보여주었으나 각 태스크 수준을 구분하는 정확도는 reference를 구분하는 정확도 보다 떨어지는 결과를 보였다. 임상적 의미를 고려하여 몰입 수준에 따라 심박수와 진폭의 관계 변화를 반영하는 변수 추출을 통해 몰입수준 차이를 구분하는 정확도를 높일 수 있는 접근 방법이 필요할 것으로 생각된다. 또한 몰입을 유발하기 위한 다양한 방법 및 과몰입을 유발할 수 있는 태스크를 통해 추가적으로 심박과 진폭의 관계를 보는 추후 연구가 필요할 것으로 사료된다.

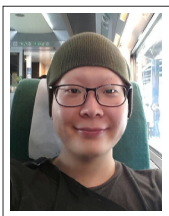
#### ACKNOWLEDGMENTS

This work was supported by the National Research Foundation of Korea(NRF) Grant funded by the Korean Government(MSIP) (No. 2011-0030079) and this work was supported by the Global Frontier R&D Program on <Human-centered Interaction for Coexistence> funded by the National Research Foundation of Korea grant funded by the Korean Government(MSIP) (2016-0029756)

## REFERENCES

- [1] Csikszentmihalyi, M. "Flow", The Psychology of Optimal Experience, New York (HarperPerennial), 1990.
- [2] Yerkes, Robert M., and John D. Dodson, "The relation of strength of stimulus to rapidity of habit formation.", Journal of comparative neurology and psychology 18.5, 459-482, 1908.
- [3] Freeman, Graydon L, "The relationship between performance level and bodily activity level", Journal of Experimental Psychology 26.6, 602, 1940.
- [4] Freeman, Graydon Laverne, "The energetics of human behavior." 1948.
- [5] Eysenck, H. J, "A dynamic theory of anxiety and hysteria.", Journal of Mental Science, 1995.
- [6] Hebb, Donald Olding, "Drives and the CNS (conceptual nervous system).", Psychological review 62.4, 243, 1955.
- [7] Azarbarzin, A., Ostrowski, M., Hanly, P., & Younes, M, "Relationship between arousal intensity and heart rate response to arousal", Sleep, 37(4), 645-653, 2014.
- [8] Harrison, Lesley K., et al, "The effects of competition and competitiveness on cardiovascular activity.", Psychophysiology 38.4, 601-606, 2001.
- [9] Metcalf, Olivia, and Kristen Pammer, "Physiological arousal deficits in addicted gamers differ based on preferred game genre.", European addiction research 20(1), 23-32, 2013.
- [10] Saykrs, B. M, "Analysis of heart rate variability. Ergonomics", 16(1), 17-32, 1973.
- [11] Stehman, S. V, "Selecting and interpreting measures of thematic classification accuracy", Remote [14]Sensing of Environment, 62(1), 77-89, 1997.
- [12] Billman, G. E, "The LF/HF ratio does not accurately measure cardiac sympatho-vagal balance", Heart Rate Variability: Clinical Applications and Interaction between HRV and Heart Rate, 54, 2007.
- [13] Porges, S. W, "The polyvagal theory: New insights into adaptive reactions of the autonomic nervous system", Cleveland Clinic Journal of Medicine, 76 Suppl 2, S86-90, 2009.
- [14] Cattermole, G. N., Leung, P. Y., Mak, P. S., Chan, S. S., Graham, C. A., & Rainer, T. H, "The normal ranges of cardiovascular parameters in children measured using the ultrasonic cardiac output monitor", Critical Care Medicine, 38(9), 1875-1881, 2010.
- [15] Rosenkranz, S, "Pulmonary hypertension: Current diagnosis and treatment", Clinical Research in Cardiology, 96(8), 527-541, 2007.





이 정 년(Lee, Jung Nyun)

약 력 :

2014- 상명대학교 감성공학과 박사과정  
2012-2013 North Carolina State University, Brain  
Computer Interface(BCI) Lab 교환연구원  
2012 상명대학교 감성공학과 공학석사  
2010 상명대학교 디지털미디어 학부 졸업

관심분야 : Social Emotion, BCI (Brain Computer  
Interface), Signal Processing, UX Design

---



황성택(Hwang, Sung Teac)

약 력 :

2014- 상명대학교 감성공학과 박사과정  
2014 상명대학교 감성공학과 공학석사

관심분야 : 감성공학, 영상처리, 생체신호

---



황 민 철(Whang, Min Cheol)

약 력 :

1998-현재 상명대학교 휴먼지능정보공학과 교수  
1994-1997 한국표준과학연구원 인간공학실 선임연구원  
1994 Ph.D. in Georgia Institute of Technolgy,  
Biomedical Engineering

관심분야 : Human Computer Interaction, Emotion  
Engineering, 3D Human Factors, Bioengineering

---



박 상 인(Park, Sang In)

약 력 :

2016- 서울산학협력단 특임교수  
2016 상명대학교 감성공학과 공학박사  
2013 상명대학교 감성공학과 공학석사  
2011 중부대학교(이학사) 졸업

관심분야 : HCI, 감성공학, 인간공학, 생체공학

---

