ISSN:1226-7244 (Print)
ISSN:2288-243X (Online)
논문번호 17-04-08
j.inst.Korean.electr.electron.eng.Vol.21,No.4,381~387,December 2017
http://dx.doi.org/10.7471/ikeee.2017.21.4.381
51

공포영상 및 소음자극에 의한 스트레스의 전기피부반응, 심박변이도 및 뇌파 해석

GSR, HRV and EEG Analysis of Stress caused by Horror Image and Noise Stimulation

김 민 수*, 조 영 창*★

Min Soo Kim*, Young Chang Cho*★

Abstract

Stress at work has become a serious problem affecting many people of different professions, life situations, and age groups. Stress management should start far before the stress start causing illnesses. In this study, studies were conducted to evaluate stress by measuring the Galvanic skin Response(GRS), Electrocardiograph(ECG), and Electroencephalogram(EEG) generated during images and noise stimuli. The GRS amplitude showed that the stress situation was 27.9 % higher than the baseline. And after the stimulus period, the response time of baseline was longer than 71.6 % than the stress situation. The stress response characteristics of the HRV showed that the rate of change in RMSSD was 16.4 %, and the rate of change of the HF Power was 29.7 %. EEG showed that the frequency band was gradually changed to the Θ wave band during stress stimulation. We will be able to utilize image stimuli and noise stimuli as an objective indicator of stress and correlation.

요 약

직장에서의 스트레스는 많은 직업, 생활환경 및 연령대의 사람들에게 영향을 끼치는 심각한 문제가 되었다. 스트레스 관리는 스트레스가 질병을 일으키기 시작하기 훨씬 전에 시작해야 한다. 본 연구에서는 영상 및 소음 자극 시 발생하는 전기피부반응도, 심전도 및 뇌파를 측정하여 스트레스를 평가하는 연구를 수행하였다. GRS 진폭은 스트레스 상황이 안정 상태(baseline)보다 27.9% 높게 나타났다. 그리고 자극 후 baseline의 응답시간은 스트레스 상황보다 71.6% 이상 시간이 더 길었다. 심박변이도에서 스트레스 응답 특성은 RMSSD의 변화율이 16.4% 차이가 났으며, HF power의 변화율은 29.7% 차이를 보였다. 뇌파는 스트레스 자극 시 주파수 대역이 Θ파 대역으로 점점 변함을 알 수 있었다. 우리는 영상자극 및 소음자극이 스트레스와 상관관계를 파악함으로써 객관적지표로 활용 가능할 것이다.

Key words : Horror Image, EEG, ECG, GSR, HRV

* Dept. of Aviation Information & Communication Engineering, Kyungwoon University
★ Corresponding author
E-mail: yccho@ikw.ac.kr, Tel:+82-54-479-1313
※ Acknowledgment
Manuscript received Nov. 23, 2017; revised Dec. 20, 2017 ; accepted Dec. 21, 2017
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.

Ⅰ. 서론

최근 급속한 사회변화는 만성적인 스트레스증가의 주된 원인이 되고 있으며, 직장생활 속에서 겪는 다양한 형태의 스트레스를 해소하지 못할 경우 스트레스가 각종 질병을 일으키는 주요 원인으로 작용하거나 일상생활 활동에 장해를 주는 주된 요인이 된다는 사실들이 의학적으로 증명되면서 스트레스 예방법과 측정하는 방법에 관심이 높아지고 있다.[1]

스트레스를 평가하는 방법은 주로 설문지를 이용하여 평가하는 방법을 이용한다. 하지만 이 방법은 객관성이 결여되어 평가에 한계가 존재한다. 생리적 스트레스반응은 스트레스인자에 대한 여러 가지 생체신호 변화를 측정하여 스트레스의 척도로 사용한다. 이런 생체적 측정치를 얻기 위해서는 특정한 측정센서가 필요하고 측정센서를 신체에 부착하고 측정함으로써 행동에 제약은 있지만 비교적 일관적이고 신뢰성이 있는 방법으로 생체신호변화를 실시간 비 침습적 방법으로 측정 가능한 장점을 가지고 있다 [2][3]. 이 측정방법들로는 전기피부반응(Galvanic Skin Response :GSR)[4]-[6], 맥박(Photoplethysmogram :PPG[7]), 심전도(Electrocardiogram :ECG)[8]-[10], 뇌파(Electroencephalogram :EEG) [11]-[13], 피부온도(Skin temperature)[14]등의 계측방법이 연구되고 있다.

심전도, 전기피부반응들의 측정법은 정신 부하작업의 정도에 따라 스트레스의 증가함에 의해 심박수와 피부전도의 주파수 값이 증가되는 현상을 밝히는 연구가 수행되었다[15]. 또한 뇌파를 이용하여 작업부하 시 뇌파에 대한 활성도 연구에서 정신적 작업부하가 증가함에 따라 전두엽부근에서 Θ파가 증가하고 α파는 감소하는 뇌파 특성이 연구되었다[16].

종래 스트레스에 대한 정신생리학적 반응(psychophysiological response)을 연구하는데 적용된 자극들은 크게 물리적 자극과 심리적 자극으로 나눌 수 있다. 심리적 자극은 인지적 자극과 정서적 자극으로 구분할 수 있다. 스트레스에 대한 정신생리학적 연구에서는 다양한 자극을 짧은 시간동안(약 5분)제시하여 생리적 반응을 구분하는 연구는 많이 시행되지 않았다.

본 연구는 단기적 스트레스/공포영상 자극의 측정지표로서 GSR, HRV 및 EEG의 유용 가능성을 확인하기 위해서 공포 영상자극 및 소음자극 스트레스에 의한 생체신호를 측정을 통해서 객관적인 자료 수집을 확립하기 위해서 다양한 생체신호의 특성을 분석하였으며 공포영상과 노이즈자극이 스트레스의 상관관계를 분석하는 것을 목적으로 하고 있다.

Ⅱ. 방법 및 재료

1. 실험장치

본 실험은 스트레스를 평가하기 위해서 비 침습적인 방법으로 LabView 기반의 NI에서 제작된 Data Acquisition System(NI cDAQ-9178)으로 데이터 획득 및 분석을 수행하였다. Biopac에서 제작한 측정 모듈 인 심전도 증폭기(ECG, 100C), 전기피부반응 증폭기(GSR, TSD 203) 및 뇌파 증폭기(EEG, 100C)를 이용하여 측정을 수행하였다. 심전도(ECG)는 심장운동으로 발생하는 전기신호로서 스트레스로 인해 교감신경이 자극되면 심박수가 증가되거나 심박변이도(Heart Rate Variability :HRV)가 증가된다. 심전도 분석을 통해 자율신경계의 작용 정도를 판단할 수 있으며, 통합적인 스트레스 척도로 가장 널리 활용되고 있다. 전기피부반응(GSR)의 전기전도율은 생리학상의 활동에 따른 피부의 전기임피던스와 그 변화를 말하는 것으로 보통 손가락의 한선(Sweat Gland)의 활동이 정신적인 자극이나 주변의 상황에 민감하다는 것을 이용하여 두 전극사이의 저항을 측정함으로써 대상의 정신적 상태를 알아낼 수 있게 된다. 또 신경의 각성 수준에 따라 교감신경계와 부교감신경의 작용에 의하여 피부 부위에 따라 작용하는 EDA(Electro-dermal activity)이며, 인지적 측면의 스트레스 평가척도로서 사용가능하다. 따라서 인지적 성격이 뚜렷한 직무 스트레스 평가에 활용가능하다.

2. 연구방법

본 실험은 2017년 3월 15일에서 2017년 5월 15일까지 실시하였으며 실험대상자는 구미의 K대학의 남녀 15명(23-26세)을 선발하여 진행하였고, 연구대상자 모두에게 연구의 목적과 연구 절차를 설명하고 연구 참여에 동의를 얻었다. 본 실험에 참여한 실험자 중에서 현재 스트레스로 인한 약물 복용자, 정신과 치료를 받았거나 받고 있는 자 및

청각에 문제가 있는 자는 실험에 제외시켰다. 연구에서 사용된 스트레스 유도자극법은 무서운 영상, 소음, 평온한 음악이 나오는 영상을 피 실험자에게 반복적으로 시청하게 하여 스트레스영향을 주도록 한 다음 평가하였다.

그림 1은 GSR 측정단계에서 발생하는 스트레스의 과정 4가지 상황을 정상상태(nomal), 자극을 받는 시기(arousal), 스트레스를 받는 시기(stressed), 긴장해소단계(relaxing)를 그림으로 나타내었다. 피 실험자는 컴퓨터에서 제시한 공포영상과 소음을 시각과 청각을 통해서 직접적으로 영향을 받을 수 있도록 하는 실험과 시스템 구성은 그림 2에서 나타내고 있다. 그림 3은 피 실험자에게 제시된 공포 영상 및 소음 및 평온한 상태의 동영상을 나타내고 있다. GRS는 검지와 중지사이의 손가락에서 측정센서를 부착하여 피부반응 전도도를 측정하였다. ECG는 측정의 안정성을 위하여 표준 사지유도법으로 손목과 발목에 전극을 부착하여 실험을 실시하였다. EEG는 전두엽에 F1, F2 부위에 전극을 부착하여 뇌파의 활성도를 파악하기 위해서 측정 실험을 실시하였다.

본 연구는 HRV 분석 및 데이터 검출을 위해서 본 연구실의 자체 기술로 개발된 R peak 검출용 알고리즘을 사용하였으며, 5분간의 단기 분석을 위해서 시간 영역분석을 RMSSD와 주파수영역인 HF power를 분석하였다. 이 두 가지 요소는 부교감신경의 활동과 연관이 있어서 스트레스의 지표로 교감신경의 활동과 길항 작용을 할 때는 RMSSD와 HF power가 높게 나타나는 것은 스트레스 수치가 높다는 것을 의미한다. 이러한 이론적 배경을 바탕으로 공포영상자극 및 소음이 스트레스와의 직접적인 상관관계 분석을 위해 실험을 실시하였다.

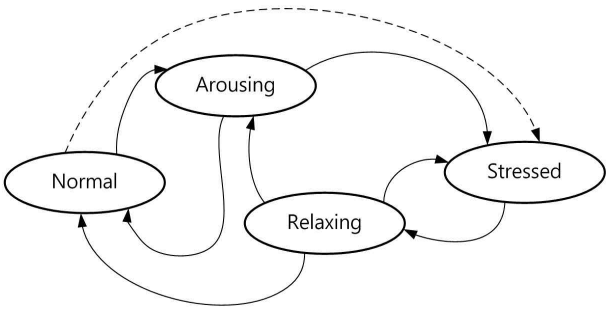


Fig. 1. The inner process of stress
그림 1. 스트레스의 내부 과정

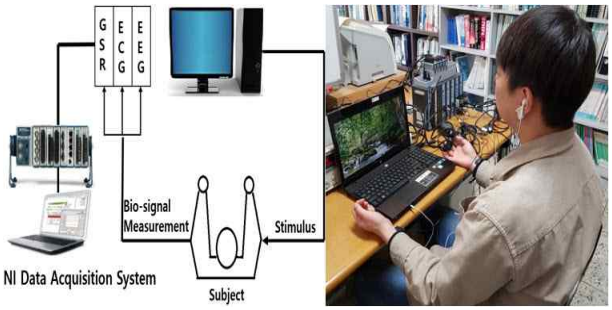


Fig. 2. System configuration and subject experiment scene
그림 2. 시스템 구성 및 피 실험자 실험장면

Fig. 3. Images used in experiments
그림 3. 실험에서 사용한 동영상

III. 연구결과

GSR의 스트레스과정은 4가지로 정상상태, 자극을 받는 시기, 스트레스를 받는 시기, 긴장해소단계로 해석될 수 있다. 그림 4의 Baseline 상태는 평온한 영상음악을 듣는 것으로 스트레스를 받지 않는 시기로, 정상상태와 긴장해소단계가 연속적으로 오랜 시간 진행됨을 실험 결과를 통해서 확인할 수 있었다. 그림 5는 소음과 공포영상 자극이 지속되는 조건의 실험결과로 자극 및 스트레스를 받는 시기가 연속되고, 반면 정상상태와 긴장해소단계는 짧게 나타나거나 나타나지 않음을 확인할 수 있었다.

표 1은 GRS의 Baseline 실험과 스트레스 자극을 받았을 때의 진폭의 평균치와 표준편차를 비교하였으며 스트레스 받았을 때가 Baseline보다 27.9% 더 높은 진폭을 나타내었다. 또한 정상상태에서 자극을 받아 스트레스를 받는 시기까지 걸리는 응답시간(Response Time)을 비교한 결과 baseline이 스트레스 받았을 때 보다 평균 71.6% 보다 늦게 응답함을 나타내었다. 두 상태사이의 변화는 갑자기 일어나는 시기이며 자극을 받는

시기는 보다 빠르고 긴장해소 시기 보다는 긴 파형이 지속된다.

그림 6 (a)-(b) 그래프 결과에서 평온한 상태(baseline)에서의 R-R interval은 비교적 변동의 폭이 작은 반면에 스트레스를 받는 동안은 R-R interval의 변동폭은 다소 변화가 있는 것을 확인되었다. 그림 7(a)-(b)는 평온한 상태(Baseline)와 공포영상자극을 받는 동안 데이터를 각각 획득하여 FFT 스펙트럼을 분석을 수행하였다. 표 2에서는 피 실험자를 통해 시간영역과 주파수영역을 비교한 결과 시간영역의 RMSSD는 Baseline 보다는 스트레스 받을 때가 수치가 낮게 나타났으며, 변화율은 평균 16.4% 차이가 났다. 주파수 영역의 HF power도 스트레스를 받을 때가 낮게 나타났으며, 변화율은 평균 29.7% 차이가 남을 확인하였다. 그림 8(a)와 (b)는 baseline과 공포영상자극 시 EEG 측정실험 결과를 나타내었다. 그림 9(a)는 Baseline에서 뇌파를 측정해본 결과 α파(8-13 Hz)대역의 주파수가 지배적으로 측정되었고, 그림 9(b)는 스트레스 자극을 받았을 때 Θ파(4-7 Hz) 주파수 대역이 α파 대역보다 지배적으로 많이 측정됨을 확인하였다. 따라서 본 연구에서는 사람의 정상상태 및 공포영상으로 인한 스트레스를 받았을 때 주파수가 저주파로 점점 변함으로써 뇌파를 이용하게 스트레스의 정도를 간단하게 예측할 수 있다.

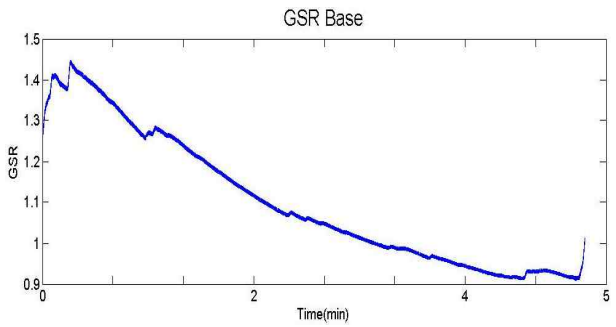


Fig. 4. Baseline status measurement
그림 4. Baseline 상태 측정

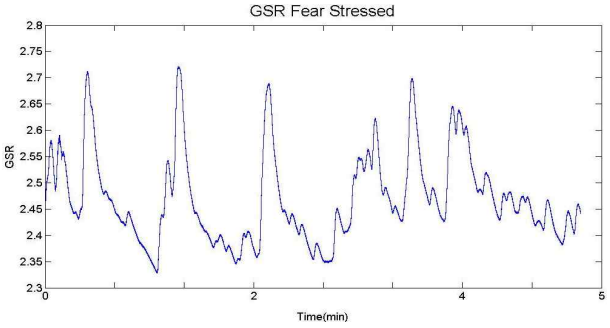
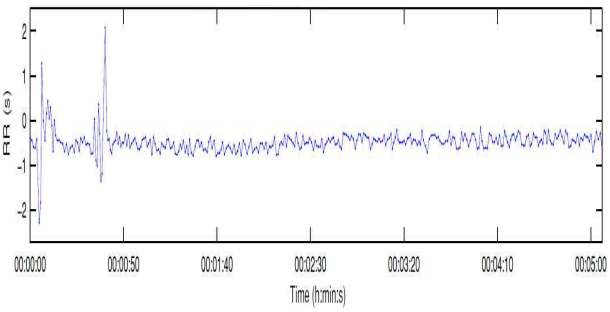


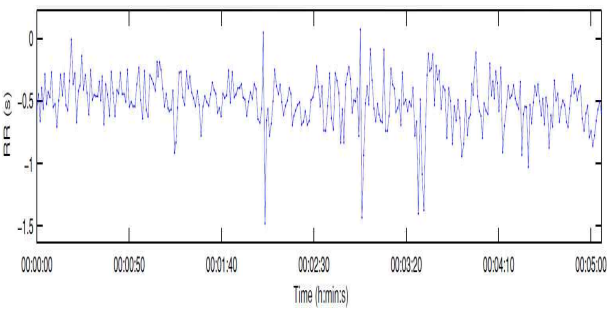
Fig. 5. Measurement of stress situation
그림 5. 스트레스상황의 측정

Table 1. Comparison of the amplitude and response times of baseline and stress measurements
표 1. Baseline과 스트레스 측정의 Amplitude와 RT 비교

GRS	Baseline (Ave±St.Dev.)	Stress (Ave±St.Dev.)
Amplitude(mS)	1.636(±0.558)	2.093(±0.697)
RT(sec)	28.5±5.55	16.6±4.35

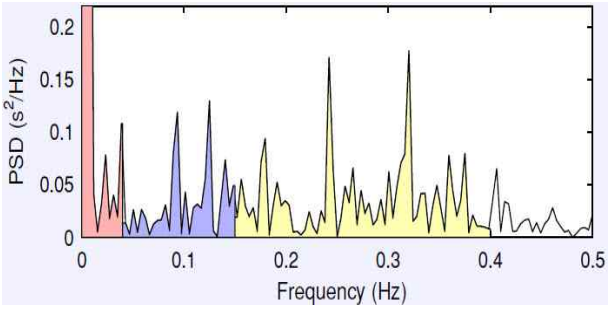


(a) Baseline

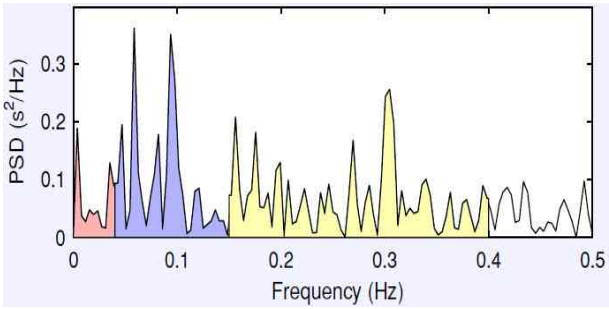


(b) Stress

Fig. 6. Comparison of R-R interval between stress and baseline
그림 6. 스트레스 및 baseline R-R interval 비교



(a) baseline



(b) Stress

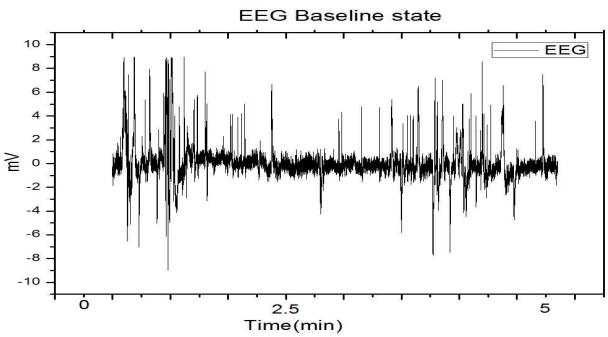
Fig. 7. Comparison of the FET spectrum between Baseline and Stress

그림 7. Baseline 및 스트레스 부여의 FET 스펙트럼 비교

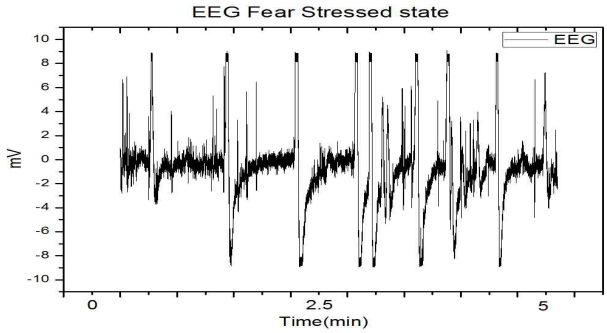
Table 2. The rate of change between the RMSSD and the HP power of Baseline and the stress

표 2. Baseline과 스트레스의 RMSSD와 HF power의 변화율

HRV	Baseline (Ave±St.Dev.)	Stress (Ave±St.Dev.)	Rate Change (% Ave)
RMSSD (ms)	390±146.01	326.9±128.3	16.4%
HF Power (ms^2)	20,463±4103	14,383±8463	29.7%



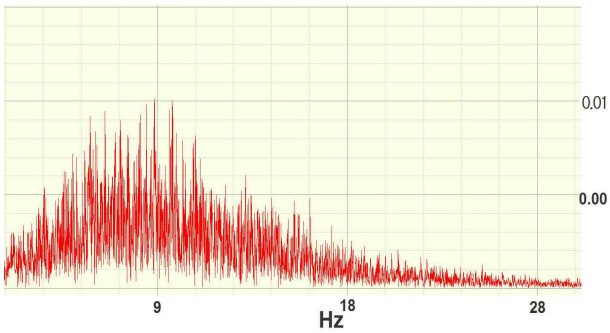
(a) EEG of baseline



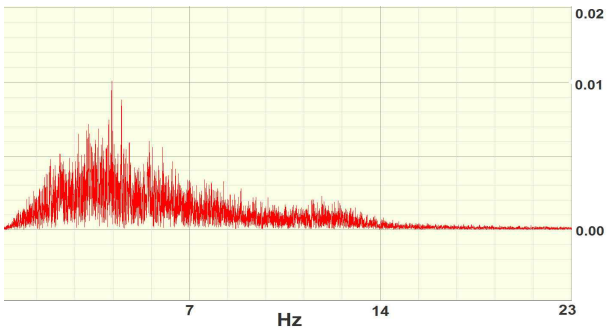
(b) EEG of Stress stimulation

Fig. 8. Baseline and stress stimulation EEG

그림 8. Baseline과 스트레스 자극 EEG



(a) EEG of baseline



(b) EEG of fear statue

Fig. 9. Compare the FFT spectrum of the Baseline and stress EEG

그림 9. Baseline과 Stressed 뇌파의 FFT 스펙트럼 비교

Ⅳ. 결론

본 연구는 Labview를 기반으로 GSR, HRV 및 EEG 생체신호를 획득 및 분석을 통해서 공포영상 및 소음 자극이 스트레스와의 상관관계를 알아내기 위한 해석모델을 개발하였다. GRS는 스트레스를 받을 경우 정상상태(normal) 및 긴장해소 시기(relaxing)는 짧았고, 자극을 받는 시기(arousal) 및 스트레스를 받는 시기(stressed)가 자주 발생하였고, 출력파형의 진폭도(amplitude) 는 높게 나타남을 확인 하였다. HRV의 스트레스 특징의 경우,

스트레스가 받을 경우 RMSSD와 HF power는 baseline 보다 각각 낮은 수치로 분석되었다. EEG는 Baseline 시 α파 대역이 지배적으로 측정되었으며, 공포영상 및 소음으로 인한 스트레스 자극 시 α 대역에서 Θ파 대역의 주파수가 많이 나타남으로 스트레스가 받음으로써 점점 저주파 대역이 변함을 알 수 있었다.

GSR, HRV 및 EEG 분석법은 비 침습적으로 자율신경계 기능 등을 분석할 수 있는 분석법으로 스트레스영향을 받았을 때 측정하는 도구로 유용하게 사용가능 하였다. 이 같은 방법으로 공포영상 및 소음자극과 스트레스간의 상호 관계를 파악함으로써 단기간에도 직접적으로 영향을 미침을 확인하였고 객관적인 지표로 활용 가능할 것으로 판단되며 앞으로 스트레스의 정확한 메카니즘을 밝히고 이해하는데 도움을 줄 것이라고 판단된다.

References

[1] S. Selye, *History and Present Status of the Stress Concept: In Goldberger L Editor. Handbook of Stress*, Fress Press, pp. 7-17, 1982.

[2] C. Setz, B. Arnrich, J. Schumm, "Discriminating stress from cognitive load using a wearable EDA device," *IEEE Trans. Inf. Technol. Biomed.*, vol. 14, no2, pp. 410-417, 2010.
DOI: 10.1109/TITB.2009.2036164

[3] F. Seoane et al.,"Wearable Biomedical Measurement System for Assessment of Mental Stress of Combatants in Real Time," *Sensor*, vol. 14, pp. 7120-7141, 2014.
DOI:10.3390/s140407120

[4] M. Villarejo, B. Zapirain, A. Zorrilla,"A stress sensor based on Galvanic Skin Response controlled by ZigBee," *Sensor*, vol. 12, no.5, pp. 6075-6101, Jan. 2012.

[5] E. Labbe, et al.,"Coping with stress: the effectiveness of different types of music," *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, vol. 32, no.3-4, pp.163-168, Dec. 2007.
DOI:10.3390/s120506075

[6] J. Healey, R. Picard,"Detecting stress during real world driving tasks using physiological sensor," *IEEE Tran. on Intell. Trans. System*, vol. 6, no.2, pp. 156-166, Jun. 2005.
DOI: 10.1109/TITS.2005.848368

[7] G. Clifford,"Signal processing methods for heart rate variability, Doctor of Philosophy, Engineering science, University of Oxford, 2002.

[8] U. Rajendra Acharya, et al," HRV: a review, *Medical and Biological Engineering and Computing*, vol.44, pp. 1031-1051, 2006.
DOI:10.1007/s11517-006-0119-0

[9] A. Saidatul, M. Paulraj, S. Yaacob, N. Mohamad,"Automated system for stress evaluation on based on EEG signal: A prospective review. *In proceedings of IEEE 7th International Colloquium on signal processing and Its Applications*, Penang, Malaysia, pp. 167-171. 2011.
DOI: 10.1109/CSPA.2011.5759866

[10] R. K. Dishman, Y. Nakamura, M. E. Garcia, R.W. Thompson, A.L. Dunn, S.N. Blair," Heart rate variability, trait anziety, and perceived stress among physically fit men and women," *International Journal of Psychophysiology*, vol. 37, no.2, pp. 121-133, Aug, 2000.
DOI:10.1016/S0167-8760(00)00085-4

[11] S. Reisman,"Measurement of Physiological stress," *in Bioengineering Conference,* 1997.
DOI: 10.1109/NEBC.1997.594939

[12] H. Anand,"Effect of meditation on alpha EEG and galvanic skin response: Measurement of an altered state of consciousness," *Indian Journal of Positive Psychology*, Vol. 5, no. 3, pp. 255-259, Sep. 2014.

[13] Y.S Kim, H.K Min,"Design and Implementation of the Driving Habit Management System Using Brainwave Sensing for Safe Driving," *j.inst.Korean.electr.electron.eng,* vol.18,no.3, pp.368-375, Sep. 2014.
DOI : 10.7471/ikeee.2014.18.3.368

[14] Y.C Cho, M.S. Kim,"Characteristics in HRV, GSR and Skin Temperature for Stress estimate," *Journal of the Korea Industrial Info. Syst. Res*, vol.

20, no.3, pp. 11-18, 2015.
DOI : 10.9723/jksiis.2015.20.3.011
[15] O. Kohlish and F. Schaefer,"Physilogical changes during computer task: responses to mental load or to motor demands," *Ergonomics*, vol. 39, no.2, pp.213-224, 1996.
DOI:10.1080/00140139608964452
[16] A. Gevins, et al.,"Monitoring working memory load during computer based tasks with EEG pattern recognition methods," *Human Factors*, vol. 40, no.2, pp.79-91, Mar. 1998.

BIOGRAPHY

Min Soo Kim (Member)

1996: MS degree in Electrical Engineering Yeungnam University
2004: Ph. D: degree Electronic Engineering Yeungnam University
2014 ~current: Professor, Dept. of Aviation Information & Communication Engineering, Kyungwoon University

Young Chang Cho (Member)

1996: MS degree in Electronic Engineering Yeungnam University
2001: Ph. D in degree Electronic Engineering Yeungnam University
1999: current: Professor, Dept. of Aviation Information & Communication Engineering, Kyungwoon University