Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society
Vol. 16, No. 6 pp. 4291-4297, 2015

http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2015.16.6.4291
ISSN 1975-4701 / eISSN 2288-4688

청각 및 후각자극에 의한 뇌파(EEG)와 진동이미지기술의 상관성 분석에 관한 연구

김정민[1], 김명호[1*]
[1]가천대학교 건축설비공학과

A Study on the Correlation Analysis of EEG and Vibraimage due to Auditory and Olfactory Stimulation

Jung-Min Kim[1], Myung-Ho Kim[1*]
[1]**Department of Building Equipment & Engineering, Gachon University**

요 약 실내공간에서 인간의 쾌적감 및 불쾌적감 등의 감성을 측정하기 위하여 뇌파(EEG)측정을 많이 사용하고 있으나, 뇌파(EEG)측정은 접촉식으로써 실험에 제한적이다. 그러나 진동이미지기술은 웹캠 카메라를 이용하여 인간의 감성을 측정할 수 있는 비접촉식 방법으로써 실내공간에 적용하기에 적합하다고 판단된다. 따라서 인간의 감성을 측정할 수 있는 접촉식인 뇌파(EEG)와 비접촉식인 진동이미지기술의 상관변수를 도출하고자 한다.
본 연구에서는 소리크기 60[dB] 및 90[dB]과 로즈마리 및 쟈스민 향기에 대한 피험자의 뇌파(EEG)와 진동이미지기술의 상관분석을 하였다. 피험자는 건강상태를 점검하여 대학생 남자 3명으로 선별하여 10회 반복 실험하였고, 실험기간은 약 한 달간 진행되었으며, 측정실의 조건은 온도 25[℃], 상대습도 50[%], 조도 1.000[lux] 및 기류속도 0.02[m/sec]로 하였다. 뇌파(EEG) 23가지 지표(절대θ, 상대θ, 절대$S\alpha$, 상대$S\alpha$, 절대α, 상대α, 절대β, 상대β, 절대γ, 상대γ, 절대$F\alpha$, 상대$F\alpha$, 절대SMR, 상대SMR, SMR/θ, $SMR+M\beta/\theta$, 절대$H\beta$, 상대$H\beta$, $H\beta/\alpha$, 절대$M\beta$, 상대$M\beta$, $SEF50$, $ASEF50$)와 진동이미지기술 10가지 지표(긴장/불안, 억제, 신경과민증, 밸런스, 매력, 자신감, 의심, 스트레스, 공격성, 에너지)를 상관 분석한 결과 뇌파(EEG)의 상대γ파와 진동이미지기술의 신경과민증 지표가 (±).414와 (±).424로 높은 정적상관관계로 분석되었다.

Abstract EEG has been used to measure the emotion of amenity and discomfort in the interior space. EEG is limited to the experiment, because it is a equipment of contact type. However, Vibraimage can measure the emotion with a web camera. Because Vibraimage is a equipment of non-contact type, it is more suitable for the interior space than EEG. Therefor, it tries to find a correlation variable between EEG and Vibraimage to measure the human emotions. In this study, it were analyzed correlation of EEG and vibraimage due to variation of loudness 60[dB], 90[dB] and rosemary, jasmine scents. Check the health status of subjects who were selected 3 male students, and the period of this experiment was about months. The condition of the environmental test room was in temperature 25[℃], relative humidity 50[RH%], air current speed 0.02[m/s] and illuminance 1000[lux]. It were analyzed correlation of twenty-three index of EEG(absolute θ, relative θ, absolute $S\alpha$, relative $S\alpha$, absolute α, relative α, absolute β, relative β, absolute γ, relative γ, absolute $F\alpha$, relative $F\alpha$, absolute SMR, relative SMR, SMR/θ, $SMR+M\beta/\theta$, absolute $H\beta$, relative $H\beta$, $H\beta/\alpha$, absolute $M\beta$, relative $M\beta$, $SEF50$, $ASEF50$) and ten index of Vibraimage(Aggression, Stress, Tension/Anxiety, Suspect, Balance, Charm, Energy, Self regulation, Inhibition, Neuroticism). As a result, I was found that relative γ index of EEG and neuroticism index of Vibraimage have a high correlation as (±).414 and (±).424.

Key Words : Correlation, EEG, Vibra image

본 연구는 산업통상자원부 산업융합원천기술개발사업으로 지원된 연구결과임.
(10044828, 서비스 효과 증강을 위한 다감각 서비스 공통기술개발)
*Corresponding Author : Myung-Ho Kim(Gachon Univ.)
Tel: +82-31-750-5882 email: ibs@gachon.ac.kr
Received February 9, 2015 Revised April 17, 2015
Accepted June 11, 2015 Published June 30, 2015

1. 서론

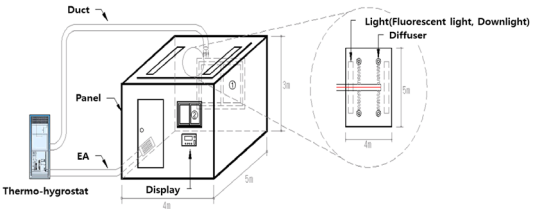
현재 실내공간에서 인간의 쾌적감 및 불쾌적감 등의 감정을 측정하는 감성 연구에서는 뇌파(Electroencephalogram, EEG)가 가장 많이 이용되고 있다[1]. 뇌파를 이용한 인간의 감정 측정은 센서와 전극을 이용하여 인간의 생체매개변수 변화를 측정한다. 하지만 이러한 방법은 접촉식이기 때문에 피험자의 머리에 전극을 접착해야 하므로 실험에 제한적이다[2].

진동이미지기술은 V.A.Minkin에 의해 개발된 비접촉식 원거리 시스템으로써 생체신호를 측정하여 자율신경계, 호흡 및 심혈관계 등과 같은 연구에 사용되고 있으며, 전정계의 전정기관은 미세한 진동의 감정반사(Vestibular Emotional Reflex, VER)를 표현한다. 이와 같이 전정기관의 미세진동을 측정하여 인간의 감정이나 정서 상태를 측정하는 진동이미지(Vibra image)기술은 뇌파(EEG)와 기능적으로 유사하다. 그러나 뇌파(EEG) 신호 주파수는 0~30Hz 영역대의 제한되어 있으나, 1,000Hz 이하의 프레임 주파수를 갖는 카메라를 이용하여 진동이미지 매개변수를 연구한 결과, 12~15Hz 보다 높은 입력속도에서 인간의 진동이미지를 측정한 결과와 큰 차이가 없었다[3]. 진동이미지기술은 비접촉식으로 인간의 감정 상태를 파악 할 수 있는 유일한 방법이며, 그에 따른 응용가능성이 매우 높다고 판단되어 뇌파(EEG)와 진동이미지 기술의상관성을 알아보고자 한다. 따라서 본 연구에서는 청각자극을 위한 소리크기 60dB, 90dB과 후각자극을 위한 로즈마리, 쟈스민 향기 변화에 대한 뇌파(EEG) 23개 지표(절대θ, 상대θ, 절대$S\alpha$, 상대$S\alpha$, 절대α, 상대α, 절대β, 상대β, 절대γ, 상대γ, 절대$F\alpha$, 상대$F\alpha$, 절대SMR, 상대SMR, SMR/θ, $SMR+M\beta/\theta$, 절대$H\beta$, 상대$H\beta$, $H\beta/\alpha$, 절대$M\beta$, 상대$M\beta$, $SEF50$, $ASEF50$)와 진동이미지 10가지 지표(긴장/불안, 억제, 신경과민증, 밸런스, 매력, 자신감, 의심, 스트레스, 공격성, 에너지)의 Raw Data를 상관성 분석하여 뇌파(EEG)와 진동이미지기술의 상관변수를 도출하고자 한다.

2. 실험방법

2.1 측정실의 조건

본 연구에서 사용한 측정실인 인공기후실의 구조는 Fig. 1의 (a)와 같이 4×5×3[m]이고, 내부 모습은 Fig. 1의 (b)와 같으며, 인공기후실의 제원은 Table 1과 같다.



(a)

(b)

Fig. 1. Structure of Environmental Test Room
(a)schematic diagram (b)Interior Photograph

Table 1. Specification of Environmental Test Room

classification	Environmental Test Room condition
Measuring Condition	Range of Adjustment and Error
Temperature	-10~40[℃] ± 0.5[℃]
Humidity	20~90[RH%] ± 3[RH%]
Illuminance	0~2000[lux] ± 3[lux]

2.2 피험자 조건

피험자 집단은 건강 상태를 점검하여 대학생 남자3명으로 선정하였으며, 피험자들의 신체 조건은 Table 2와 같다. 피험자의 활동량은 열적으로 쾌적한 상태에서 의자에 앉아 안정을 취하고 있을 때의 활동량으로서 1met(metabolic rate:1met=58.2W/m^2)로 하였으며, 착의량 상태는 약 0.7clo(긴 양말 0.10, 팬티 0.05, 와이셔츠 0.25, 하절기용 긴 바지 0.28)로 통일하였다[4].

Table 2. Physique Condition of Subject

Subject		Physique Condition
Gender	Male	3
body condition	Age	21~25
	Height[cm]	165~180
	weight[kg]	68~80

2.3 청각 및 후각자극 선정조건

2.3.1 소리크기 선정 조건 및 실험방법

우리나라의 생활소음 규제기준은 60[dB]로써 60[dB]의 소리크기는 인체의 편안함을 유발하며[5], 90[dB]의 소리크기는 인체의 교감 및 부교감신경을 자극하여 심장박동수, 뇌 혈류 및 스트레스 호르몬 분비 등에 유해한 영향을 미친다[6]. 따라서 본 연구에서는 인체의 편안함을 유발하는 소리크기 60[dB]과 인체에 유해한 영향을 미치는 소리크기 90[dB]을 선정하였으며. 음원은 계곡에서 물이 흐르는 자연의 소리를 이용하여 실험을 진행하였다.

2.3.2 향기 선정 조건 및 실험방법

로즈마리는 운동신경을 자극하여 기억력 향상과 맑은 정신상태 및 각성상태를 유도하여 우울증에 효과적이며[7]. 쟈스민은 뇌의 베타파를 활성화시켜 맑은 정신상태를 유도하여 스트레스 및 우울증 완화에 효과적이다[8]. 따라서 본 연구에서는 인체에 긍정적인 영향을 미치는 로즈마리 및 쟈스민 향기를 선정하였으며, 정량적인 측정을 위하여 뜨거운 물에 에센셜 오일을 떨어뜨려 수증기와 함께 흡입함으로써 호흡기와 순환기계를 촉진시켜주고 단시간에 강력하게 흡입되는 증기흡입법(Steam inhalation)을 이용하여 실험을 진행하였다[9].

2.4 생체반응측정 및 분석

2.4.1 생체반응측정

생체반응측정은 피험자 1명당 눈을 감은 상태에서 기초율동의 뇌파(EEG), 진동이미지를 각각 5분간 동시에 측정하였고, 약 한 달 동안 3회 반복실험을 진행하였다.

인공기후실의 조건은 미국 공기조화 냉동공학회의 쾌적 범위[10]를 만족하는 온도 25[℃], 상대습도 50[RH%], 조도 1,000[lux] 및 기류속도 0.02[m/sec]의 동일한 조건에서 소리크기 30dB, 60dB과 향기의 로즈마리, 쟈스민 변화에 따른 인체의 뇌파(EEG)와 진동이미지 측정을 통하여 뇌파(EEG)와 진동이미지기술에 대한 상관성분석을 실시하였다.

2.4.2 뇌파측정

뇌파(EEG)측정은 PolyG-I(LAXTHA Inc.)를 활용하여 측정하였고, 국제 전극 배치법인 International 10-20 System(Fig. 4)에 의해 전전두엽(Fp1, Fp2), 전두엽(F3, F4), 측두엽(T3, T4), 두정엽(P3, P4)에 뇌파 측정 전극을 부착하였다. 오른쪽 귓불 뒤에 기준전극을 부착하였고, 왼쪽 귓불 뒤에 접지전극을 부착하였다[11][12].

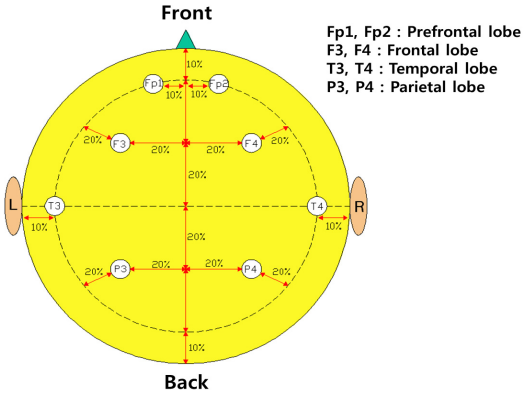


Fig. 2. International 10-20 System

뇌파신호획득은 아날로그필터(0.6~46[Hz])를 통과한 아날로그신호를 표본화주파수 256[Hz], 분해능 16Bit로 디지털 변환하여 이루어졌다. 신호획득과정에서의 장비의 제어와 획득후의 데이터분석은 본 실험실에서 자체 기획하여 프로그래밍언어 C++로 제작한 소프트웨어(Neurometric HMI)를 이용하여 수행하였다.

2.4.3 진동이미지 측정

자율신경계, 호흡 및 심혈관계 등의 조절에 영향을 미치는 전정계의 전정기관은 감정반사(Vestibular Emotional Reflex)의 미세한 진동을 표현하는데, 진동이미지(Vibraimage)는 초당 12~15프레임의 입력 주파수를 가진 카메라로 Fig. 5와 같이 이러한 전정기관의 미세한 진동으로부터 비롯되는 사람의 머리와 목의 미세 움직임을 측정하여 주파수와 진폭의 주기적인 진동움직임에 따라 공격성 (Aggression), 스트레스(Stress), 긴장/불안(Tension/Anxiety), 의심(Suspect), 밸런스(Balance), 매력(Charm), 에너지(Energy), 자신감(Self regulation), 억제(Inhibition), 신경과민증 (Neuroticism)의 10가지 파라미터를 Vibraimage7 S/W로 분석하는 프로그램이다[13].

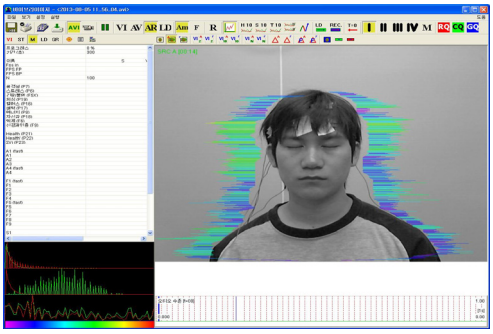


Fig. 3. Vibra image measurement monitor

2.4.4 상관성분석방법

뇌파(EEG)의 Raw Data를 30초 단위로 변환 하였고, 진동이미지에서 도출되는 진폭 데이터와 주파수 데이터 또한 30초 단위로 변환하여 상관성 프로그램 SPSS(Ver.17.0)로 분석 하였다. 상관성 분석에 대한 판단은 $0.7 \leq |r| < 1.0$ 매우 높은 상관성, $0.4 \leq |r| < 0.7$ 높은 상관성, $0.2 \leq |r| < 0.4$ 낮은 상관성, $0 \leq |r| < 0.2$ 상관성 없음으로 판단하였다[14]. 또한, 본 연구에서는 피험자 3명을 대상을 10회씩 반복실험을 하여 통계적 유의성을 확인하였다.

3. 실험결과

청각(60[dB], 90[dB]) 및 후각(로즈마리, 쟈스민) 자극 변화에 따른 EEG 지표 23개와 진동이미지 지표 10가지를 상관성 분석한 결과 전반적으로 낮은 상관을 보였으나, EEG의 상대γ파 지표와 진동이미지의 신경과민증 지표가 정적상관관계로써 높은 상관성을 나타내는 것을 알 수 있었다.

3.1 소리크기 60[dB]에 대한 EEG의 상대γ파와 진동이미지의 신경과민증 지표의 상관분석

Fig.4와 같이 소리크기 60[dB]에 노출되었을 경우, 뇌파의 상대γ파와 진동이미지기술의 신경과민증 Raw data를 비교분석을 한 결과 피험자 3명의 Raw data 경향이 같은 것을 알 수 있으며, 뇌파의 상대γ파와 진동이미지의 신경과민증의 상관성 분석 결과는 Table 3과 같이 피험자1은 (±).388, 피험자2는 (±).358, 피험자3은 (±).396으로써 평균 (±).381의 낮은 정적상관관계를 나타내는 것을 알 수 있다.

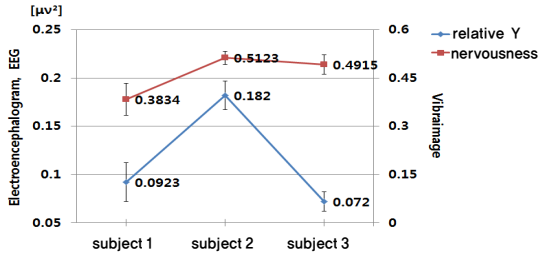


Fig. 4. EEG relative γ and vibraimage Neuroticism Raw data comparative analysis

Table 3. Correlation Analysis of EEG and vibraimage

60dB	subject1	subject1	subject1	average
Correlation	.388*	.358*	.396*	.381*
p-value	.000	.000	.000	.000
N	300	300	300	300

3.2 소리크기 90[dB]에 대한 EEG의 상대γ파와 진동이미지의 신경과민증 지표의 상관분석

Fig.5와 같이 소리크기 90[dB]에 노출되었을 경우, 뇌파의 상대γ파와 진동이미지기술의 신경과민증 Raw data를 비교분석을 한 결과 피험자 3명의 Raw data 경향이 같은 것을 알 수 있으며, 뇌파의 상대γ파와 진동이미지의 신경과민증의 상관성 분석 결과는 Table 4와 같이 피험자1은 (±).265, 피험자2는 (±).724, 피험자3은 (±).353으로써 평균 (±).447의 높은 정적상관관계를 나타내는 것을 알 수 있다.

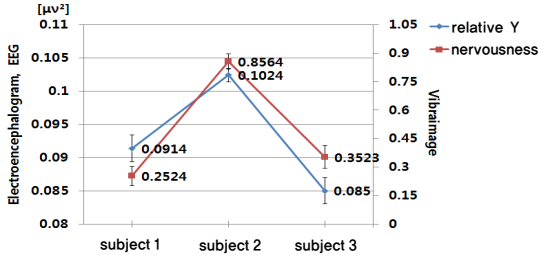


Fig. 5. EEG relative γ and vibraimage Neuroticism Raw data comparative analysis

Table 4. Correlation Analysis of EEG and vibraimage

90dB	subject1	subject1	subject1	average
Correlation	.265*	.724*	.353*	.447*
p-value	.002	.000	.000	.000
N	300	300	300	300

3.3 소리크기에 대한 뇌파의 상대γ파와 진동이미지기술의 신경과민증 상관분석

소리크기 60[dB]과 90[dB] 자극 변화에 따른 EEG 지표 23가지와 진동이미지 지표 10가지를 상관분석한 결과 Table 5와 같이 소리크기 60[dB] 자극 시 피험자 3명은 평균 (±).381의 낮은 정적상관관계를 보였고, 소리크기 90[dB] 자극 시 피험자 3명은 평균 (±).447의 높은 정적상관관계를 보였으며. 소리크기 60[dB]과 90[dB] 자극 시 전체 평균 (±).414로 높은 정적상관관계를 나타내는 것을 알 수 있다.

Table 5. Correlation Analysis of EEG and vibraimage

Loudness				
Correlation	.381*	.447*	average	.414*
p-value	.000	.000		.000
N	300	300		300

3.4 로즈마리 향기에 대한 EEG의 상대γ와 진동이미지기의 신경과민증 지표의 상관분석

Fig.6과 같이 로즈마리 향기에 노출되었을 경우, 뇌파의 상대γ파와 진동이미지기술의 신경과민증 Raw data를 비교분석을 한 결과 피험자 3명의 Raw data 경향이 같은 것을 알 수 있으며, 뇌파의 상대γ파와 진동이미지의 신경과민증의 상관성 분석 결과는 Table 6과 같이 피험자1은 (±).682, 피험자2는 (±).324, 피험자3은 (±).546으로써 평균 (±).517의 높은 정적상관관계를 나타내는 것을 알 수 있다.

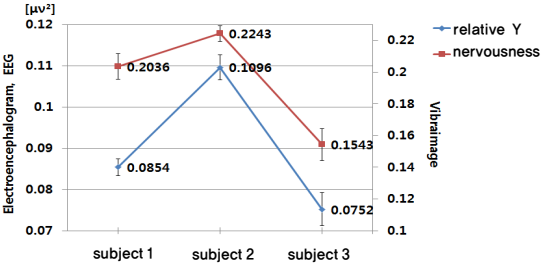


Fig. 6. EEG relative γ and vibraimage Neuroticism Raw data comparative analysis

Table 6. Correlation Analysis of EEG and vibraimage

Rosemary	subject1	subject2	subject3	average
Correlation	.682*	.324*	.546*	.517*
p-value	.002	.020	.000	.006
N	300	300	300	300

3.5 쟈스민 향기에 대한 EEG의 상대γ와 진동이미지기의 신경과민증 지표의 상관분석

Fig.7과 같이 쟈스민 향기에 노출되었을 경우, 뇌파의 상대γ파와 진동이미지기술의 신경과민증 Raw data를 비교분석을 한 결과 피험자 3명의 Raw data 경향이 같은 것을 알 수 있으며, 뇌파의 상대γ파와 진동이미지의 신경과민증의 상관성 분석 결과는 Table 7과 같이 피험자1은 (±).314, 피험자2는 (±).376, 피험자3은 (±).302로써 평균 (±).331의 낮은 정적상관관계를 나타내는 것을 알 수 있다.

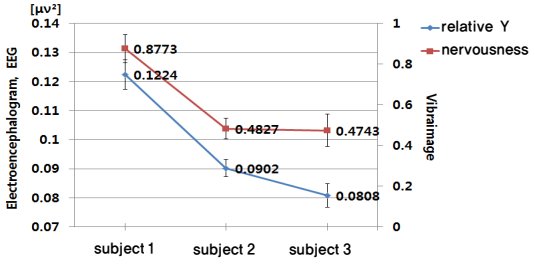


Fig. 7. EEG relative γ and vibraimage Neuroticism Raw data comparative analysis

Table 7. Correlation Analysis of EEG and vibraimage

Jasmine	subject1	subject2	subject3	average
Correlation	.314*	.376*	.302*	.331*
p-value	.000	.000	.001	.000
N	300	300	300	300

3.6 향기에 대한 뇌파의 상대γ파와 진동이미지기술의 신경과민증 상관분석

로즈마리와 쟈스민 향기 자극 변화에 따른 EEG 지표 23가지와 진동이미지 지표 10가지를 상관분석한 결과 Table 8과 같이 로즈마리 향기 자극 시 피험자 3명은 평균 (±).517의 높은 정적상관관계를 보였고, 쟈스민 향기 자극 시 피험자 3명은 평균 (±).331의 낮은 정적상관관계를 보였으며. 로즈마리와 쟈스민 향기 자극 시 전체 평

균 (±).424로 높은 정적상관관계를 나타내는 것을 알 수 있다.

Table 8. Correlation Analysis of EEG and vibraimage

Scent				
Correlation	0.517*	0.331*	average	.424*
p-value	.006	.000		.003
N	300	300		300

4. 결론

온도 25[℃], 상대습도 50 [RH%], 조도 1000[lux] 및 기류속도 0.02[m/sec]의 실내조건인 인공기후실에서 소리크기 60[dB] 및 90[dB] 과 로즈마리 및 쟈스민 향기 변화에 따른 뇌파(EEG) 지표 23가지와 진동이미지 지표 10가지에 대한 상관성 분석을 하였다.

연구 결과 소리크기 60[dB]과 90[dB] 자극에 대한 전체 평균 상관분석 결과 (±).414로 높은 정적상관관계를 나타내는 것을 알 수 있었고, 로즈마리와 쟈스민 향기 자극에 대한 전체 평균 상관분석 결과 약 (±).424 높은 정적상관관계를 나타내는 것을 알 수 있었다. 따라서 정서적으로 초조한 상태이거나 추리 및 판단 등 고도의 인지작용 시 활성화 되는 뇌파의 상대γ파와 진동이미지의 신경과민증 지표가 상관변수인 것을 알 수 있었다[15].

본 연구에서는 피험자를 20대 남성 3명으로 선정하고, 청각 및 후각자극 조건을 각각 2가지로 국한 시킨 점 등을 미루어 향후 다양한 연령대 및 자극조건을 선정하여 뇌파(EEG)와 진동이미지의 상관성 분석을 진행한다면 높은 정적상관관계를 갖는 다양한 상관변수 도출이 가능할 것이라 판단된다. 이와 같은 연구를 통하여 재실자의 쾌적성, 생산성 및 작업능률 등의 감성을 영상을 통하여 추출함으로써, 향후 에너지절약 뿐만 아니라 재실자의 감성을 고려하여 서비스 중심의 건축물 설계 및 시공이 이루어질 수 있을 것이라 기대한다.

References

[1] J.Y.Hwang "Effect of Fruit Fragrances on Electroencephalography" The Graduate School of Soongsil University, pp.12-17, 2011.

[2] V.A.Minkin "psycho-physiological state detection and non-contact long distance scanning system build“, Elsys research report, pp.14-20, 2006.

[3] S.T.Hwang, S.I.Park, S.M.Ahn, J.K.Choi, M.C.Hwang "Extraction of Significant Vibraimage Parameter for Evaluating Drowsiness" HCI Korea, Vol.2013, No.1 pp.82-85, 2013.

[4] J.W.Choi, H.H.Lee, "The Relation between weight of single Garments and Thermal Insulation with a Thermal Manikin". The Korean Society of Clothing and Textiles, Vol.33, No2, pp.173-186, 2009.
DOI: http://dx.doi.org/10.5850/JKSCT.2009.33.2.173

[5] J.H.You, “A study of Timber distinction responses to Auditory Stimulation in Infants”, Graduate School of Sookmyung Women’s University, pp.6, 2004.

[6] K,Y,Hyun, "Physiological Effects of a Transient Exposure to Noise "Graduate School of Health Sciences, Catholic University of Pusan, Busan, Korea. pp.57, 2005

[7] Y.N.Kim, “The study on effect of anti-stress managed by aroma essence oil therapy through old factory”, Gradate School of alternative medicine Kyongi University pp.19,32, 2011.

[8] A.R.HA “Effects of Aromatherapy on Health Promotion by Using Electroencephalogram Spectra and the User's Behavior”, Gradate School of Kosin University, pp.9, 2006.

[9] S.W.Choi,, H.K.Hong, “Essential aromatherapy”, International Aromatherapy Clinical Center, pp.57-63, 2009.

[10] ASHRAE Handbook Fundamentals, SI Edition. pp.8,12-8,20, 2001

[11] M.H.KIM, "The Study about Variation of Physiology Signal based on EEG due to Variation of Illumination", The Korean Institute of Electrical Engineering, Vol.61p, No.1, pp.55-58, 2012.
DOI: http://dx.doi.org/10.5370/KIEEP.2012.61.1.055

[12] S.K.Park, G.S.Jang, K.Chan, et al,. "The Auditory and Visual Information Impacts on the Traffic Noise Perception by the using Electroencephalogram", The Korea Society for Noise and Vibration Engineer-ing, No.2, pp.41-47, 2006.

[13] V. A. Minkin, N. N. Nikolaenko, “Application of Vibraimage Technology and System for Analysis of Motor Activity and Study of Functional State of the Human Body”, Vol.42, No.4, Biomedical Engineering, pp.196-200, 2008.
DOI: http://dx.doi.org/10.1007/s10527-008-9045-9

[14] S.K.Kim "An Analysis of Relation between the

schoolwork achienment and compuer usage pattern of the students using Association Rules and Correlations", Gradate School of Education Chonnam National University, pp.7-9, 2008.

[15] Y.J.Kim, N.G.Jang "A Study on the Use of the Prefrontal Brain Waves for the Assessment of Brain Hemisphericity" biology education, Vol.29, No.1, pp 87-97, 2001.

김 정 민(Jung-Min Kim) **[준회원]**

- 2014년 2월 : 가천대학교 대학원 건축설비공학과 (공학석사)
- 2014년 3월 ~ 현재 : 가천대학교 대학원 건축설비공학과 (박사과정)

<관심분야>
건축설비, 뇌파 기반 생체신호

김 명 호(Myung-Ho Kim) **[정회원]**

- 1995년 2월 : 광운대 대학원 전기공학과 (공학박사)
- 1996년 2월 : 동경공업대학 전자물리학과 Post Doctor
- 2008년 2월 : CarnegieMellon 대학 건축과 Visiting Scholar
- 2009년 3월 ~ 현재 : 가천대학교 건축설비공학과 정교수

<관심분야>
뇌파 기반 생체신호