

3단계 각성 모드에 따른 자율신경계 반응 변화에 대한 연구

A study on the autonomic nervous system reaction by three arousal modes

김치중*, 황민철**, 김종화***, 우진철*, 김용우*, 김지혜*

*상명대학교 컴퓨터학과, **상명대학교 디지털미디어학부, ***뇌정보통신연구소

ABSTRACT

본 연구는 3 단계 각성 모드에 따른 자율신경계 반응 모델 구현에 대한 연구이다. 정신생리학(Psychophysiology)에서의 각성 시스템 모델은 Boucein(1992, 2006)에 의해 제안되었다. 각성 시스템 1 은 편도체(amygdala)활동과 관계한, 무의식수준에서 주의를 집중시키는 역할을 한다. 각성 시스템 2 는 해마(hippocampus)활동과 관계한, 인지적 각성 단계로서 상황-반응(situation-reaction) 대한 연결을 담당하는 역할을 한다. 각성 시스템 3 은 기저핵(basal ganglia)활동과 관계한, 몸운동(somatomotor)활동과 관계된 뇌 영역의 준비를 활성화 시킨다. 각성 시스템은 상황의 변화나 특정 자극이 일어나면, 그에 해당하는 각성 모드에 의해 자율신경계(automatic nervous system)반응이 발생한다. 따라서, 자율신경계반응의 분석을 통하여 각성 시스템의 단계를 평가할 수 있다. 본 연구는 자율신경계반응 중 GSR(galvanic skin Response)과 SKT(skin temperature)분석을 통하여 3 단계 각성 모드인 직관적, 인지적, 행동적 모드를 평가하는 연구이다.

Keyword: arousal, autonomic nervous system, biosignal, Psychophysiology

1. 서론

정신생리학은 인간의 심리적 과정과 생리적 과정의 상관관계에 대하여 다루고 있다. 이러한 상관관계는 감정적, 인지적, 행동적 요소로 나뉘어 구분된다. 자극에 의한 정서적 변화는 자율신경계 반응을 수반하게 된다. 자율신경계반응은 불수의 반응이란 점에서 정서적 활동과 생리적 활동의 평가에 있어 신뢰성을 부여할 수 있는 좋은 지표가 될 수 있다[1].

자율신경계는 위급한 상황에 대처하기 위한 교감신경계(sympathetic nervous system)와 에너지의 절

약과 보존을 위한 부교감신경계(parasympathetic nervous system)로 구성된다. 두 신경계는 길항작용을 통하여 몸의 항상성을 유지한다. 상황의 변화나 특정 자극이 발생하면 감각자극은 망상체(reticular formation)를 거쳐 대뇌피질(cortical)과 변연계(limbic)로 전달된다. 망상체는 각성·집중·의식 등과 관련된 정보를 전달하는 역할로 RAS(reticular activation system)과 RIS(reticular inhibition system)을 조절하는 기능을 수행한다[2]. 대뇌피질과 변연계로 전달된 자극은 해당 영역을 활성화시킴으로써 자율신경계반응을 일으킨다. 이 작용은 대뇌피질과 변연계에서 고위중추인 시상하

부(hypothalamus)를 통하여 뇌줄기(brainstem)와 척수(spinal cord)의 하위자율신경중추로 신경물질을 전달하게 된다. 전달된 신경전달물질은 교감신경계와 부교감신경계의 신경절(ganglionic)을 통하여 지정된 자율신경계반응을 유발한다. 이러한 자율신경계반응은 크게 심혈관 반응, 피부 한선 반응, 온열 반응으로 나뉜다.

각성은 정신생리학에서 주로 다루지는 주제 중 하나이다. 각성이 일어나는 과정에 대하여 Boucsein(1992, 2006)은 3단계로 나누어 제안하였다. 각각의 단계들은 중추신경계(central nervous system)와 자율신경계(autonomic nervous system)의 흐름에 대하여 다루어 졌다[3].

각성 모델 1은 변연계의 편도체(amygdala)영역 활동과 관계한다. 이는 감정적 기억의 영향을 받아서 직관적 각성이라 불려 진다. 감정적 각성은 무의식 상태에서 일어나는 각성상태로 주의를 집중시키는 역할을 수행하고 자율신경계의 phasic 반응을 유발된다.

각성 모델 2는 변연계의 해마(hippocampus)영역 활동과 관계한, 인지적 각성이다. 인지적 각성은 주의집중을 통하여 의식 단계로 넘어오게 되고, 상황에 맞게 BAS(behavioral activating system)와 BIS(behavioral inhibition system)을 조절하는 기능을 수행한다. 이 단계에서는 자율신경계 반응의 변화가 발생한다.

각성 모델 3은 기저핵(basal ganglia)영역의 활동과 관계한, 행동적 각성이다. 행동적 각성은 somatomotor 활동에 관계되는 뇌 영역의 준비함으로써, 몸을 상황에 맞게 대응할 수 있도록 만들어준다. 기저핵에 자극이 입력되면, 전두엽의 운동영역(motor area)과 운동앞영역(premotor area)를 활성화시킨다. 이 각성 단계에서는 tonic반응이 유발된다. 아래 표 1은 3단계 각성 모델에서 유발되는 생리반응의 변화를 나타낸 것이다.

표 1 각성 모델에 따른 생리반응[4]

각성 모델	생리반응
직관적 각성	<ul style="list-style-type: none"> • phasic EDA 변화 : 주파수 및 진폭 <ul style="list-style-type: none"> - 부정자극 시 증가 • phasic HR 변화 <ul style="list-style-type: none"> - 방어반응 시 증가 - 지향반응 시 감소
인지적 각성	<ul style="list-style-type: none"> • EDA variability 감소 • HRV 감소
행동적 각성	<ul style="list-style-type: none"> • tonic EDA 증가 • tonic HR 증가 • tonic SKT(skin temperature) 감소

직관적 각성은 자율신경계반응 중 phasic 반응이 일어난다. Phasic 반응이란 생리반응의 일시적인 reaction을 의미한다. 직관적 각성에서의 EDA 반응은 EDR(electrodermal response)로 부정적 상태의 감성에서 진폭과 주파수가 증가한다. HR은 자극의 강도가 강하게 인식될 경우 HR이 증가하는 방어반응과 자극의 강도 수준이 낮고 자극에 주의를 기울여 HR이 감소하는 지향반응이 있다. 인지적 각성은 직관적 각성에서 자극에 대한 집중(attention)이 이루어지면서 즉각적 행동을 억제하기 위한 BIS와 관련된 생리신호의 변동이 발생한다. 이러한 변동으로 HRV(heart rate variability)의 감소와 EDA의 variability의 감소 현상이 발생한다. 행동적 각성은 예비 기동을 위한 뇌 영역 활성화와 BAS에 의한 행동 활성화 반응을 발생한다. 이런 반응으로 tonic EDA와 tonic HR의 증가와 tonic SKT의 감소 현상을 측정 할 수 있다.

3단계 각성모델은 자율신경계반응의 변화를 통하여 구분 지을 수 있다. 기존의 연구들은 각성상태에 관하여 각성유무에 대해서만 평가하는 연구가 전부였다. 이에 본 연구는 생리신호 중 HR, EDA, SKT의 자율신경계변화를 분석하여 각성단계를 3단계로 평가해 보고자 한다.

2. 실험방법

실험은 다음과 같이 진행하였다. 피실험자는

25-28세의 정상인 남, 여 4명을 대상으로 하였다. 실험자세는 의자에 편안하게 앉은 상태로 센서가 부착된 팔을 팔걸이에 걸쳐 최대한 움직임이 없게 하여 노이즈를 최소화하였다. 신호측정 이전에 10분간의 휴식 시간을 두어 몸을 안정시키고, 1분간의 테스트신호를 측정하여 생리신호를 안정화 하였다. 본 실험은 무자극 30초, 자극 5초, 그리고 무자극 25초를 1세트로 총 4세트를 반복하여 측정하였다. 자극 5초 이후의 25초 무자극 기간을 배치한 이유는 자극 5초 이후에 5초 동안 발생한 생리신호변화는 자극에 의한 변화로 판단하기 위함과, 자극 이후 회복시간을 고려하기 위함이다[5]. 자극은 시각자극과 청각자극을 제시했다. 두 자극은 피실험자가 아닌 사람을 대상으로 주관적 설문을 통하여 각성단계가 가장 높은 자극을 선정하였다. 시각자극은 17인치 LCD모니터로 회색 바탕에 자극 사진을 1024*768 사이즈로 제시하였고, 청각 자극은 헤드폰(오디오테크니카, 104dB/mW)을 착용시켜 제시하였다.

생리신호 추출에서 EDA는 추출은 GSR(galvanic skin Response)센서를 왼손 중지와 약지에 부착하여 측정하였고, SKT는 왼손 엄지에 센서를 부착하여 측정하였다.

3. 분석 및 결과

3.1 생리신호 분석

생리신호 분석은 그림 1과 같이 진행하였다. GSR신호와 SKT신호는 1초 간격으로 평균을 내어 비교분석 하였다. GSR variability는 초당 평균값을 이용하여 분석하였다.

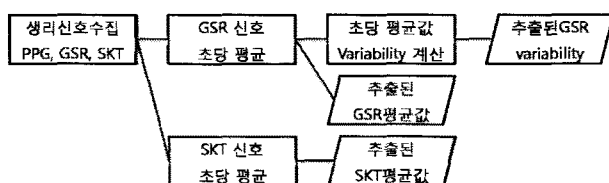


그림 1 생리신호 분석 알고리즘

3.2 3단계 각성 모델 분석 결과

3단계 각성 모델의 분석은 생리신호의 패턴 변화를 통하여 분석하였다. 패턴분석은 생리신호 변화가 가장 뚜렷하게 나타난 피실험자의 생리신호를 가지고 분석을 실시하였다.

직관적 각성의 경우, phasic 반응이 발생하는 지점이 해당한다. 그림 2에서 자극이 발생하고 GSR의 phasic 반응이 발생하는 것을 확인 할 수 있다.

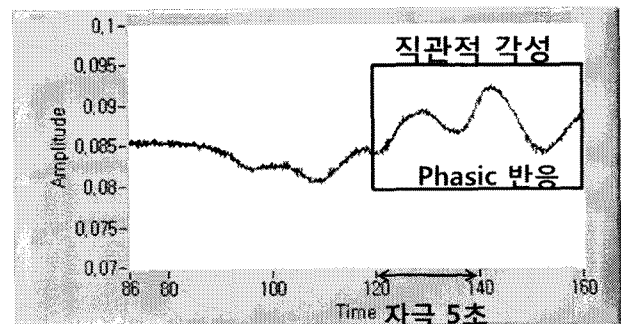


그림 2 직관적 각성단계의 GSR 반응

그림 3은 인지적 각성반응에 대한 그림이다. 인지적 각성은 GSR의 variability가 감소하는 반응을 보인다. 그림 3의 사각형 부분이 인지적각성에 해당한다.

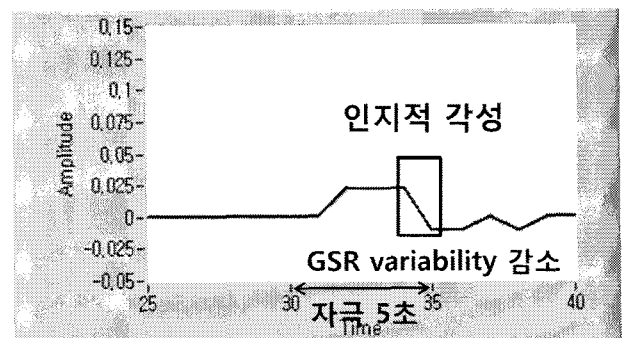


그림 3 인지적 각성단계의 GSR variability

그림 4와 그림 5는 행동적 각성으로 tonic 반응이 발생하는 각성단계이다. 자극 이후에 GSR은 평균값이 증가하는 모습을 나타내고, SKT는 평균값이 무자극 상태보다 감소하는 형태를 나타낸다.

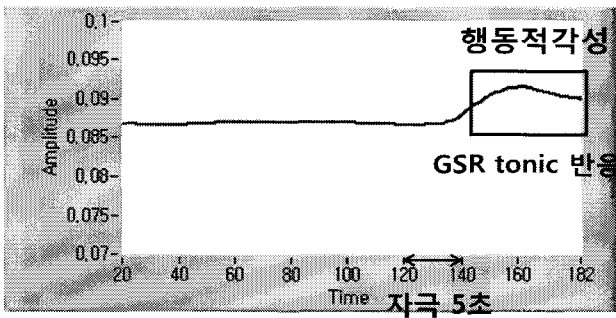


그림 4 행동적 각성단계의 GSR 평균값

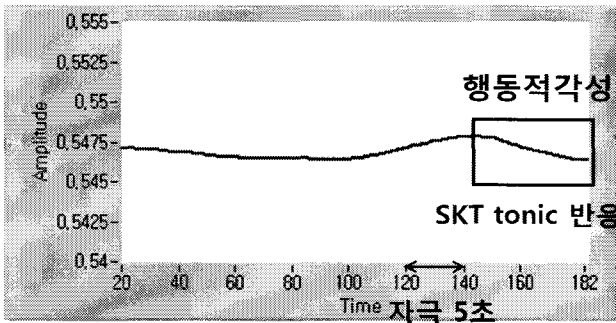


그림 5 행동적 각성단계의 SKT 평균값

4. 결론 및 토의

인간의 뇌와 감성, 생리적 반응에 대한 논의는 과거 James-Lange(1884)부터 제기되어왔다. 이후 Cannon-Bard(1929)에 이어, Papez (1937)로 이어지고, 현재 정신생리학, 인지공학, 그리고 감성공학 등 다양한 학문 분야에서 중요 이슈로 다루어지고 있다. 이중 각성에 관한 연구들이 많이 이루어지고 있는데, Boucein은 각성을 3단계로 나누어 뇌와 자율신경계반응의 상관관계에 대해 다루었다. 본 연구는 Boucein이 제안한 3단계 각성 모델에 대하여 실제 각성상태에서의 자율신경계패턴분석을 실시해 보았다. 시청각 자극에 대해 직관적각성은 phasic 반응이 발생하였고, 행동적각성은 tonic 반응의 변화를 측정할 수 있었다. 이로써 자율신경계반응의 패턴분석을 통한 각성의 3단계 분류를 평가할 수 있게 되었다. 기존 연구들은 각성상태의 유무상태만 평가한 것에 반하여, 본 연구는 각성을 직관, 인지, 행동적 요소로 나누어 평가할 수 있다는 점에서 의의가 있다. 추후 연구에서는 각

성뿐만 아니라 쾌, 불쾌, 그리고 이완과 관련된 보다 세분화된 평가 방법에 대해 다뤄져서 인간의 감성과 관련된 뇌와 생리반응의 상관성에 대해 밝혀졌으면 하는 바람이 있다. 인간의 몸은 환경과 감성에 반응한다. 몸, 환경, 그리고 감성에 대한 새로운 지식이 밝혀지면 서로 공존하고 있는 몸, 환경, 그리고 감성의 새로운 세상이 열릴 것이라 기대된다.

감사의 글

본 연구는 “멀티모달 인터랙션 지원 멀티버스 게임 플랫폼 기술 개발” 과제에서 지원 받았음

참고문헌

1. Sequeira, H, Hot, Pascal, Silvert. L, Delplanque. S, *Electrical autonomic correlates of emotion*. International Journal of Psychophysiology, 2009. 71(1): p. 50-56.
2. 조서선, 차중익, and 박경한, *의학도를 위한 신경해부학*. Vol. 3. 1999: 송학문화사. 269-284.
3. Boucein, W. and R.W. Backs, *Engineering Psychophysiology*. Engineering Psychophysiology. 2000, Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates. 6-7.
4. Duffy, V.G., *Handbook of Digital Human Modeling* The Psychophysiology of Emotion, Arousal and Personality: Methods and Models, ed. R.W.B. Wolfram Boucein. 2008, London, New York: CRC Press. 35-4.
5. Boucein, W., *Electrodermal Activity* 1992.01.01, new york: Kluwer Academic Publishers.