

각성의 유형이 생리신호에 미치는 영향

황민철*, 임좌상*, 김혜진**, 김세영**, 한문성***

*상명대학교 소프트웨어학부

**이투코퍼레이션 감성공학연구실

***전자통신연구소

Effect on Physiological Signals According to Different Arousals

Min Cheol Whang*, Joa Sang Lim*,

Hye Jin Kim**, Sei Young Kim**, Moon Sung Han***

*Department of Software Science, Sang Myung University

**E2coporation, Emotion Engineering Research Center

***Electronics and Telecommunications Research Institute

초록

인간의 각성은 감성의 한 차원을 차지하여 인간의 작업수행의 효율성에 미치는 영향을 끼치고 있다. 각성의 정확한 측정 및 분석은 인간의 작업에 생산성 극대화를 제시할 수 있다. 그러나 각성은 자극유형에 따라 모드(mode)가 다르게 나타난다. 본 연구는 이러한 각성의 유형에 따른 생리신호의 반응을 측정하여 각성별 정량화 방법을 제시하고자 한다. 20명의 대학생이 각기 다른 각성 자극인 신체적 각성 및 인지적 각성이 유발되었고, 그에 따른 생리신호 반응을 측정, 분석하였다. 결과적으로 각성의 유형은 중추신경계 및 자율신경계 별로 각각 다른 반응을 보였다.

1. 서론

인간의 감성은 2차원으로 분류되어 질 수 있다(Larson & Diener, 1992). 쾌-불쾌(pleasantness-unpleasantness)와 각성-이완(arousal-relax)차원을 의미한다. 2차원으로 이루어진 도메인(domain)은 인간의 감정적 복합체로 정의되어지고 있다. 그러므로 각성은 감정의 종류에 따라 각각 다른 형태를 나타낸다

(Daniela, et al., 2000). 행복함, 즐거움등의 감정은 긍정적인 자극을 통해 유발되며 두려움, 혐오감, 불안등은 부정적인 자극을 통해 유발된다. 실제적으로 긍정적인 자극과 부정적인 자극에 의해 유발되는 각성의 유형 차이가 있으며, 이러한 각성의 유형이 달라짐에 따라 각각의 작업수행도에도 차이가 있음이 밝혀졌다(Amster & Wear, 2000). 각성과 작업수행도의 관계는 일찍이 Yerkes-Dodson(1908)의 역 U이론에 의해 규명된 바 있다. 적정 수준

의 각성이 작업수행의 효과를 최대화 시킬 수 있다. 최근 최적 각성 수준을 어떻게 추출해 낼 것인가 하는 것이 중요한 과제가 되고 있고 이를 위한 각성 정량화가 필요하게 되었다. 각성 수준을 정량화는 주관적 평가 방법을 통해 이루어져 왔으나 주관적 평가의 모호성으로 인한 신뢰도 문제가 대두되었다(Back & Boucsein, 2000). 이를 통해 생리적인 반응을 통해 각성 수준을 평가하는 방법이 제안되어 각성 수준 정량화의 가능성을 높였다.

각성유발원인에 따라 신체적 각성과 인지적 각성으로 나눌 수 있다. 신체적 각성은 외부로부터의 자극(공포, 두려움, 흥분 등)에 의해 신체적으로 각성하여 자율 신경계 반응을 보이는 것을 말하며, 인지적 각성은 내부적 작업수행(연산, 분석, 연상 등)에 의해 중추신경계 반응을 보이며 자율신경계가 동시에 각성하는 것을 의미한다(Wear & Amster, 2000). 신체적, 인지적 각성은 각기 다른 자극을 통한 반응의 차이를 보이고 있다.

본 연구는 다른 자극을 통해 유발된 각성의 차이를 생리적인 반응으로 분석함으로써 각성의 종류가 생리신호에 미치는 영향을 연구하여 각성의 정량화 가능성을 제시하고자 한다.

2. 방법

본 연구는 신체적 각성을 위한 실험은 공포 갤러리 동영상, 인지적 각성을 위한 실험은 산술 연산 작업을 수행하도록 하였다. 21~29세(평균 연령-22세)의 상명대학교 여학생 20명을 대상으로 실험을 실시하였으며 실험의 특성상 시각·청각장애가 없는 건강한 피실험자를 추출하였다. 실험의 정확성을 위하여 실험 전일에는 알코올 섭취를 제한하고, 수면을 충분히 하도록 했다.

실험실은 방음이 되며, 완전히 밀폐된 공간으로서 온도를 24~26℃로 조절하고, 조명은 연산 시에는 보통으로 조절하고, 공포 자극 시에는 어렵게 조절했다. 실험자는 실험실 밖에 위치하여 실험실 안의 digital TV, speaker가 연결되어 있는 PC를 통해 자극을 제시하였다. 실

험실이 밀폐되어 있으므로 camera를 통해 피 실험자의 행동을 관찰하였다. 생리신호 측정장치는 실험실 안에 위치하며, 생리신호는 실험실 밖의 PC로 전송되었다.

실험은 연산 실험, 공포 실험 순으로 실시되었다. 연산 실험 시 자극은 1단계(1자리×1자리), 2단계(2자리×1자리), 3단계(2자리×2자리)의 곱셈 계산으로써 각 단계별로 3문제씩 digital 화면을 통해 제공되었다. 피실험자는 구술로 연산 결과를 답하게 된다. 어려운 수학문제는 아니지만 난이도가 낮은 문제나 높은 문제나 시간은 5초씩 동일하게 제공함으로써 각성을 유도했다. 각 단계 사이에는 연산 준비 단계로써 30초씩 제공했다.

공포 실험 시 자극은 공포 갤러리 동영상(mimovie.kr.miclub.com/miclub/asd.asx)을 digital TV 화면과 3.5W 스테레오 스피커와 10W 우퍼를 사용하여 제공하였다.

연산 실험, 공포 실험 모두 실제적인 자극이 주어지는 시간 전과 후에 기준치 측정을 위해서 1분씩 눈을 감고 편안한 상태를 유지하도록 했다. 그리고 실험 전과 후에는 피실험자의 감성상태 평가를 위해 주관적 평가를 실시했다.

생리신호는 Biopac Tel100 system을 이용하여 EEG(Electroencephalogram), SKT(Skin Temperature), GSR(Galvanic Skin Response), PPG(Photoplethysmography)를 측정했다. EEG센서는 10-20 국제 전극법에 의거하여 F3, F4 지점에 부착, SKT센서는 왼손 중지 지골에 부착, GSR센서는 오른손 검지, 중지 지골에 부착, PPG센서는 왼손 검지 지골에 부착했다.

3. 분석

실험 분석은 Biopac system에서 제공되는 AcqKnowledge Software를 이용하여 실시되었다. EEG는 FFT를 이용해 δ , θ , α , β 파의 출현량을 추출하여 $\frac{\alpha+\beta}{\delta+\theta}$ 수식에 대입함으로써 고주파와 저주파의 출현량을 비교하였다. SKT는 linear-regression을 통해서 신호의

기울기를 추출하였으며, GSR은 분석 범위 안에서의 최대 피크(peak), PPG는 진폭의 평균을 추출하였다.

분석 단계는 연산 실험에서는 자극 전(30초), 1단계(15초), 준비단계(30초), 2단계(15초), 준비단계(30초), 3단계(15초), 실험 종료 전(30초)으로 구분하였다. 공포 실험에서는 자극 전(30초), 공포 시작(30초), 중간(30초), 끝(30초), 실험 종료 전(30초)으로 분석하였다.

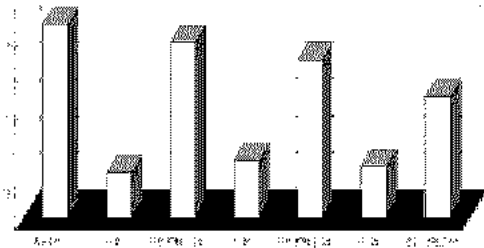
추출된 변수들은 각 생리신호별로 자극 전과 자극 후의 상태를 쌍대(pairwise) t-test를 실시하여 차이가 있는지를 알아보았다.

4. 결 과

인지적 각성을 유도한 연산 실험의 결과에서는 EEG는 자극 전의 상태가 자극 상태보다 알파와 베타의 출현량이 크게 나타났다.

준비단계-1단계	준비단계-2단계	준비단계-3단계
t = 7.488	t = 5.497	t = 6.472
p = 0.0001	p = 0.0001	p = 0.0001

[표 1] 연산 실험 EEG t-test 결과



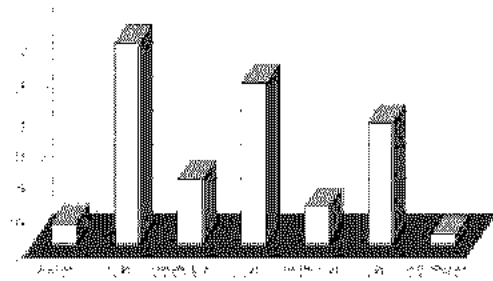
[그림 1] EEG의 단계별 변화량

SKT는 유의한 차이를 보이지 않았다.

GSR은 EEG와는 달리 자극 상태(연산단계)에서 진폭이 크게 증가하였다.

준비단계-1단계	준비단계-2단계	준비단계-3단계
t = -6.758	t = -3.527	t = -3.305
p = 0.0001	p = 0.001	p = 0.01

[표 2] 연산 실험 GSR t-test 결과

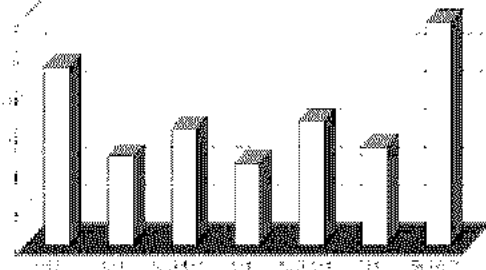


[그림 2] GSR의 단계별 변화량

PPG는 자극 전의 상태보다 자극 상태에서 진폭이 감소하였다.

준비단계-1단계	준비단계-2단계	준비단계-3단계
t = 5.52	t = 2.95	t = 2.117
p = 0.0001	p = 0.01	p = 0.05

[표 3] 연산 실험 PPG t-test 결과



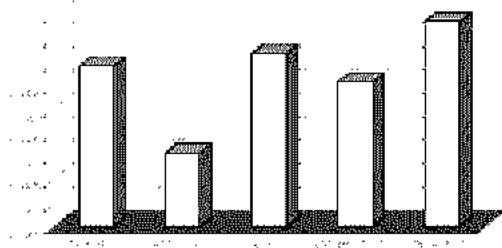
[그림 3] PPG의 단계별 변화량

공포 실험의 결과에서는 연산 실험에서의 EEG 결과와 달리 자극 전과 자극 후에 유의한 차이를 보이지 않았다.

SKT는 자극 상태에서 기울기가 감소했다.

자극 전-공포 시작	자극 전-중간	자극 전-공포 끝
t = 4.154	유의하지않음	유의하지않음
p = 0.001		

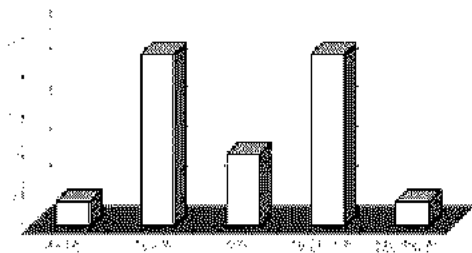
[표 4] 공포 실험 SKT t-test 결과



[그림 4] SKT의 단계별 변화량
GSR은 자극 전 상태보다 자극 상태에서 진폭이 증가했다.

자극 전-공포 시작	자극 전-중간	자극 전-공포 끝
t = -5.006	t = -3.008	t = -4.613
p = 0.0001	p = 0.01	p = 0.0001

[표 5] 공포 실험 GSR t-test 결과

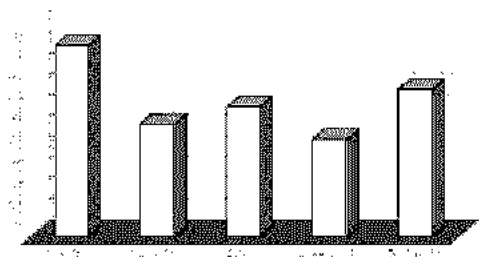


[그림 5] GSR의 단계별 변화량
PPG는 자극 상태에서 진폭의 평균이 감소했다.

5. 결론

자극 전-공포 시작	자극 전-중간	자극 전-공포 끝
t = 5.174	t = 3.27	t = 5.495
p = 0.0001	p = 0.01	p = 0.0001

[표 6] 공포 실험 PPG t-test 결과



[그림 6] PPG의 단계별 변화량
연산 실험과 공포 실험의 결과를 보면 중추신

경계 반응(EEG)과 자율신경계 반응(SKT, GSR, PPG)이 다르게 나타남을 알 수 있다. 연산 실험의 EEG는 연산단계에서보다 연산준비단계에서 고주파영역이 활성화되고 있으며, 공포 실험에서는 t-test 결과 연산단계와 연산계획단계 사이에 유의한 차이를 보이지 않았다. 이러한 중추신경계 반응과는 달리 자율신경계 반응에 있어서는 연산 실험과 공포 실험의 생리적 반응 형태가 일치하는 경향을 보이고 있다.

즉, 연산작업을 통해 유발되는 인지적 각성은 피실험자가 작업을 예상 및 계획하면서 중추신경계가 활성화가 되는 데 이것은 작업시보다 더 활발하다는 것이다.

이와 달리 공포자극을 통한 신체적 각성은 외부로부터의 자극에 예고 없이 노출되게 되고, 그 자극에 조건 반사적으로 반응하게 되는 것이다. 그러므로 중추신경계가 먼저 선행될 것도 없이 중추신경계와 자율신경계 반응이 동시에 나타나게 된다.

또한 자율신경계의 반응은 각성의 종류에 따라 반응차이를 보이지 않음이 흥미롭다. 본 연구 결과는 정성적인 차이를 의미한다. 그러므로 자율신경계의 반응은 각성을 측정하는 데에 각성의 종류에 관계없이 일정한 양상을 유지하므로 각성측정에 좋은 측정변수로 고려할 수 있다. 그러나 각성의 정량적인 평가는 개인차를 고려한 데이터베이스(database)를 이용하여 개인적 각성의 정량화를 시도해야 할 것이다. 이 연구는 계속 과제로 진행되고 있다.

참고 문헌

Amster, H., & Wear, K., "Emotionality of context, physical arousal and memory," 2000, Cognitive Neuroscience, San Francisco

Daniela Palomba, Michela Sarlo, Alessandro Angrilli, Alessio Mini and Luciano Stegagno., 2000. Cardiac responses associated with affective processing of unpleasant film stimuli. International Journal of

Psychophysiology 36, pp. 45-57.

Larsen, R.J., Diener, E., "Promises and problems with the circumplex model of emotion," 1992 In M.S. Clark, (ed), Review of personality and Social Psychology 13: Emotion. Newbury Park, CA: Sage

Richard W. Backs, Wolfram Boucsein, "Engineering Psychophysiology," 2000, Lawrence Erlbaum Associates(LEA), Mahwah, New Jersey.

Wear, K., & Amster, H., "The effects of emotional arousal on memory for verbal material," 2000, Cognitive Neuroscience, San Francisco

Yasutaka Kubota, Wataru Sato, Motomi Toichi, Toshiya Murai, Takashi Okada, Akiko Hayashi and Akira Sengoku, "Frontal midline theta rhythm is correlated with cardiac autonomic activities during the performance of an attention demanding meditation procedure" 2001. Cognitive Brain Research 11, pp. 281-287.