

## 생리신호에 의한 시선 집중도 추출에 대한 연구

### A research on attentive gaze by physiological signal

김종화\*, 황민철\*\*, 박강령\*\*\*, 이의철\*\*\*\*, 우진철\*\*\*\*,  
김치중\*\*\*\*, 김용우\*\*\*\*, 김지혜\*\*\*\*

\*상명대학교 뇌정보통신연구소, \*\*상명대학교 디지털미디어학부,  
\*\*\*동국대학교 공과대학 전자공학과, \*\*\*\*상명대학교 컴퓨터 과학과

#### ABSTRACT

본 연구는 생리신호에 의한 집중된 시선과 집중하지 않는 시선을 분류하고자 한다. 이를 검증하기 위해 시각적으로 높은 집중과 낮은 집중을 요구하는 두가지 과제를 피실험자에게 제시하고 PPG(Photoplethysmogram), GSR(Galvanic Skin Response) 그리고 SKT(Skin Temperature)센서를 사용한 자율신경계 반응과 시선 움직임을 측정하였다. 과제는 3x3 으로 화면 구역을 나누고 각 구역에 문자를 제시하고 역방향 문자를 찾으려 하였다. 실험에는 20 명의 대학생이 참여하였으며, 1 번의 실험에 12 종류의 다른 문자배열을 제시 받았으며 1 번의 연습을 포함하여 총 5 회 실시후 데이터를 분석하였다. 높은 집중일 경우와 낮은 집중일 경우를 T-test 분석 결과, 자율신경계에서는 높은 집중일 경우 PPG 주파수가 증가하고 GSR 과 SKT 는 감소한 결과를 보였다. 따라서 시선의 집중도에 따라 다른 자율신경계 반응과 시선반응을 보이는 것을 확인하였다.

*Keyword: PPG, GSR, SKT, 시선 집중도*

#### 1. 서론

감성컴퓨터의 HCI(Human Computer Interaction)에 있어서 사용자의 집중력은 매우 중요한 변수이다. 예를 들어, 사용자가 동일한 인터랙션을 집중하여 한 경우와 집중하여 하지 않은 경우에 따라서 실제 작업의 효율은 다른 결과를 보이기 때문이다[1]. 특히 시선을 이용한 인터랙션의 경우 특정 작업을 수행하기 위해 집중한 시선으로 인터랙션을 하는 경우와 집중하지 않은 시선으로 인터랙션을 하는 경우의 작업 효율은 큰 차이를 나타낼 것이다[2]. 시선과 인터랙션의 작업효율에 따른 연구에 따르면 사용자의 관심분야나 작업의 종류에

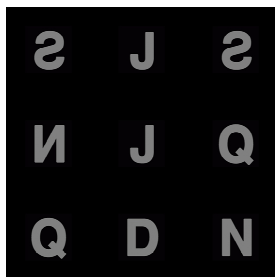
따라서 시선의 정확도가 다른 결과를 보였다[3]. 사용자는 관심분야나 작업의 종류에 따라 서로 다른 집중력을 보이기 때문에 결론적으로 집중력에 따라 시선의 정확도가 다르게 나타났다고 볼 수 있다. 따라서 동일한 인터랙션도 서로 다른 의도를 가지고 있고, 그에 따른 결과도 다를 것이다. 그러므로 감성컴퓨터의 HCI 에서도 집중력에 따라 집중된 시선 인터랙션과 집중하지 않은 시선 인터랙션을 고려해야 할 것이다. 본 연구에서는 이를 위해 생리신호를 사용하여 집중된 시선과 집중하지 않은 시선을 분류하고자 하였다.

## 2. 방법

집중된 시선과 집중하지 않은 시선을 분류하기 위해서 실험을 통해 데이터를 수집하고, 이를 분석하였다. 실험은 시선을 사용한 집중 과제를 피실험자에게 제시하고, 이전연구들에서 집중상태를 측정하기 위해 사용되었던 시선위치, 자율신경계 반응, 그리고 주관적 응답을 측정하였다[4,5].

### 2.1. 시선을 사용한 집중 과제

실험을 위해서 시선을 이용한 작업을 수행하는 과제를 프로그램으로 개발하였다. 해당 과제는 Stress 상태에 따른 작업효율에 관한 연구에서 집중을 요하는 작업으로 사용되었던 과제를 변형하여 제작하였다[6]. 프로그램은 그림 1 과 같은 9 개의 문자이미지(180 픽셀)로 구성된 화면에 문자를 무작위로 보여주고, 제한시간(5 초) 동안 역방향으로 표시된 문자를 마우스로 클릭할 수 있도록 제작되었다. 지시문자의 개수는 집중의 난이도를 다르게 하기 위해 1 개 또는 3 개가 나오도록 하였다. 지시문자의 개수에 따른 난이도는 사전실험을 통해 검증하였다.

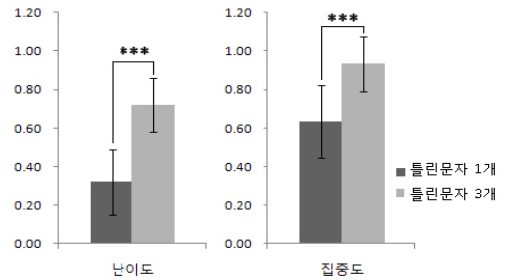


[그림 1] 9개의 문자그림 배치

### 2.2. 사전실험

틀린 방향의 문자를 찾는 과제에서 지시문자의 개수에 따른 난이도를 확인하기 위한 사전실험을 실시하였다. 실험은 10 명을 대상으로 어려운 문제 5 개 쉬운 문제 5 개씩 수행하게 하였다. 그리고 피실험자들에게 문제를 풀기 위해 집중한 정도와 난이도를 1~7 점 척도로 응답하게 하였다.

응답결과를 T-test 한 결과 그림 2 와 같이 1 개의 문자를 찾는 과제보다 3 개의 문자를 찾는 과제의 난이도와 집중도가 높은 것을 확인하였다. 이를 통해 3 개의 문자를 찾는 과제가 더 어렵고 집중이 필요한 것을 알 수 있었다.



[그림 2] 과제에 대한 사전실험결과(\*\*\*:p<0.01)

### 2.3. 독립변수와 종속변수

실험의 독립변수는 집중해서 탐색과제를 수행하거나 또는 휴식을 취하는 것으로 하였다. 또한 탐색과제의 난이도를 찾아야 되는 문자의 수로 조절하였다. 이를 통해 집중하는 정도에 따라 시선에 따른 집중 정도를 확인하고자 하였다.

이에 따른 종속변수는 두 가지를 측정하였다. 먼저 자율신경계 반응으로 GSR(Galvanic Skin Response, 피부전기반응), PPG (Photo-plethysmogram, 맥파), 그리고 SKT(Skin Temperature, 피부온도)를 측정하였다. 그리고 동공반응에서 시선의 위치를 측정하였다.

### 2.4. 피실험자

피실험자는 평균 25.1(23 세~26 세)세의 남자 10 명과 여자 10 명이 참여하였다. 피실험자들은 시각과 양손의 사용에 문제가 없는 대학생들로 선별하였다. 또한 자율신경계 반응의 정확한 측정을 위해서 사전에 충분한 수면을 취하게 하였으며, 실험 전 음식물 섭취를 제한하였다.

### 2.5. 실험환경 및 실험순서

실험은 19" Wide LCD 모니터를 사용하였으며 머리에 착용하는 형태의 동공반응 측정장치와

원손에 부착하는 자율신경계 측정센서를 사용하였다. 동공반응과 자율신경계 측정시스템은 이전의 여러 연구에서 검증된 것을 사용하였다[5; 7]. 피실험자는 LCD 모니터에서 60cm 떨어진 곳에 팔걸이가 있는 의자에 앉아서 실험 진행하였다.

실험 순서는 그림 3 과 같이 1 세트 3 분 실험을 수행하였다. 이때 1 세트에는 쉬운 문제 또는 어려운 문제만으로 구성된 도형이 12 번 나오도록 하였다. 그리고 1 세트의 수행 후 2 분 동안 휴식하게 하였으며, 쉬운 문제 3 세트 어려운 문제 2 세트를 무작위로 제시하였다. 이때 처음에는 반드시 쉬운문제 1 세트를 실시하였는데, 처음 실시한 실험은 실험과정을 숙지하게 하기 위한 실험으로 분석에서는 제외하였다.

문제 1	휴식	문제 2	휴식	.....	문제 12	휴식
5초	10초	5초	10초	.....	5초	10초

[그림 3] 실험 세트 구성

### 3. 분석

자율신경계 측정 데이터를 문제를 푸는 동안과 휴식기간으로 나누어서 분석하였다. PPG 는 진폭과 주파수로, GSR 과 SKT 는 평균값으로 변환하였다. 변환 결과는 개인차를 제거하기 위해 식 1 을 사용하여 Z-Normalization 을 하였다.

$$Z\text{-Normalization} = \frac{\text{평균값} - \text{현재값}}{\text{표준편차}} \quad \text{식 1}$$

시선의 위치 측정 결과는 평균 탐색 시간으로 분석하였다. 평균 탐색 시간은 과제 문자가 제시된 9 개의 화면구역과 그 이외의 영역으로 구분하고, 각 영역에 시선이 고정되어 있던 평균 시간으로 측정하였다.

자율신경계 분석 값과 시선의 평균 탐색 시간 값은 SPSS 17 을 사용하여 작업상태(집중 또는 휴식)별로 어려운 문제와 쉬운 문제에 대해 Independent T-test 를 실시하였다.

### 4. 결과

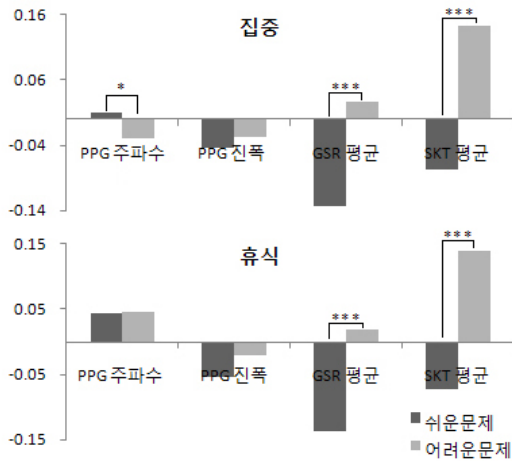
자율신경계의 Independent T-test 결과는 표 1 과 2 와 같이 나타났다. 집중했을 때의 쉬운 문제와 어려운 문제(표 1)는 PPG 주파수, GSR, 그리고 SKT 에서 유의한 차이가 그림 4 와 같이 나타났다. 그림 4 에 나타난 바와 같이 어려운 문제일수록 각성상태(PPG 주파수 감소, GSR 증가, SKT 증가)가 큰 것을 확인할 수 있었다. 휴식일 경우(표 2)에는 GSR 와 SKT 에서 유의한 차이를 그림 4 와 같이 나타났다.

[표 1] 집중할 때의 쉬운 문제와 어려운 문제 차이

자율 신경계	난이도	N	평균	표준 편차	유의 수준
PPG 주파수	쉬움	5,134	.009	.999	.076
	어려움	5,596	-.030	1.009	
PPG 진폭	쉬움	5,134	-.043	1.071	.512
	어려움	5,596	-.027	1.022	
GSR 평균	쉬움	5,134	-.133	1.148	.000
	어려움	5,596	.026	.874	
SKT 평균	쉬움	5,134	.076	.909	.000
	어려움	5,596	.143	.938	

[표 2] 휴식할 때의 쉬운 문제와 어려운 문제 차이

자율 신경계	난이도	N	평균	표준 편차	유의 수준
PPG 주파수	쉬움	2,382	.043	.981	.945
	어려움	2,537	.045	1.00	
PPG 진폭	쉬움	2,382	-0.053	1.041	.384
	어려움	2,537	-0.021	1.007	
GSR 평균	쉬움	2,382	-.136	1.100	.000
	어려움	2,537	.019	.880	
SKT 평균	쉬움	2,382	-.073	.916	.000
	어려움	2,537	.138	.943	



[그림 4] 집중 또는 휴식일 때의 자율신경계 차이 (\*:p<0.1, \*\*\*:p<0.01)

시선에서 측정된 평균 탐색 시간의 Independent T-test 결과는 표 3 과 같다. 쉬운 문제일 경우에는 집중의 정도가 낮아 틀린 문자를 찾기 위한 탐색시간이 길었으며, 어려운 문제의 경우에는 집중의 정도가 높아 탐색시간이 쉬운 문제에 비해 약 1.3 배 가량 단축된 것을 확인할 수 있었다.

[표 3] 난이도에 따른 시선의 평균 탐색 시간

난이도	N	문자탐색시간	표준편차	유의수준
쉬움	919	1.135	0.057	0.002
어려움	514	0.875	0.042	

### 5. 결론

자율신경계에서는 난이도에 따른 차이를 GSR 과 SKT 에서 확인할 수 있었으며, 특히 집중했을 때에는 PPG 주파수에서도 차이를 확인할 수 있다. 또한 시선을 사용한 집중에서도 자율신경계에서 각성상태를 확인할 수 있는 것을 알 수 있었다. 시선에서 측정된 평균 머문 시간에서는 난이도에 따라 평균탐색시간이 차이가 나는 것을 확인할 수 있었다. 특히 어려운 문제일 경우 집중도가 높아져 평균 탐색시간이 짧아지는 것을 알 수 있었다. 이를 바탕으로 향후 생리신호를 이용한 집중과 작업효율간의 상관관계에 대해 연구를 진행하고자 한다.

### 감사의 글

본 논문은 지식경제부 및 한국산업평가관리원의 산업원천기술개발사업의 일환으로 수행한 연구로부터 도출된 것이다 [과제관리번호: 2009-S-014-01, 센싱기반 감성서비스 모바일 단말 기술개발]

### 참고문헌

- [1]R.J. Itier, C. Villate, and J.D. Ryan(2007), Eyes always attract attention but gaze orienting is task-dependent: Evidence from eye movement monitoring. *Neuropsychologia* 45 1019-1028.
- [2]J.K. Hietanen, J.M. Leppänen, L. Nummenmaa, and P. Astikainen(2008), Visuospatial attention shifts by gaze and arrow cues: An ERP study. *Brain Research* 1215 123-136.
- [3]D. Bruneau, M.A. Sasse, and J. McCarthy(2002), The Eyes Never Lie: The Use of Eye Tracking Data in HCI. *The Physiological Computing Workshop*
- [4]K.J. Bär, S. Schulz, M. Koschke, C. Harzendorf, S. Gayde, W. Berg, A. Voss, V.K. Yeragani, and M.K. Boettger(2009), Correlations between the autonomic modulation of heart rate, blood pressure and the pupillary light reflex in healthy subjects. *Journal of the Neurological Sciences* 279 9-13.
- [5]E.C. Lee, K.R. Park, M. Whang, and K. Min(2009), Measuring the degree of eyestrain caused by watching LCD and PDP devices. *International Journal of Industrial Ergonomics* 39 798-806.
- [6]W.S. Helton, G. Matthews, and J.S. Warm(2009), Stress state mediation between environmental variables and performance: The case of noise and vigilance. *Acta Psychologica* 130 204-213.
- [7]김중화, 황민철, 우진철, 김중서, 최원민, 윤중삼, and 황병철(2008), White Noise 를 혼합한 음향의 이완효과에 관한 연구, 2008 추계 통합 감성 국제학술대회,