
LCD에서의 시청모드별 피로도 변화에 관한 연구

User's Fatigue Difference between Standard Mode and Theater Mode in LCD

김영주, Youngjoo Kim*, 황민철, Mincheol Whang**, 김종화, Jonghwa Kim*,
박강령, Kangryoung Park**, 고유진, Youjin Ko*, 이의철, Euichul Lee*,
조선희, Sunhee Cho***, 김혜연, Hyeyeon Kim***

요약 본 연구는 LCD 패널에서 시청모드별 사용자의 피로도 차이에 대한 연구이다. LCD 사용에 따른 사용자 피로도에 미치는 영향이 보고되고 있는 것을 감안하여 감성 공학적 방법을 이용하여 시청모드에 따른 사용자 피로도 차이를 분석하였다. 실험은 34명의 대학생을 두 그룹으로 나누어서 같은 동영상 조건에서 각각 영화모드와 표준모드를 60분간 시청하게 하였다. 시청 시의 피로도를 알아보기 위해 생리신호 반응(GSR, PPG, SKT), 눈 움직임(동공의 확대 축소속도, 눈 깜빡임률) 및 주관적 피로도(긴장도, 쾌적도, 피로도)를 측정하였다. 그 결과 주관적인 평가와 생리 반응에서 영화모드가 표준모드보다 더 피로감을 유발시키는 것을 확인 할 수 있었다. 눈 움직임 반응에서는 통계적으로 유의한 결과를 얻지 못하였다.

핵심어: LCD, PDP, Fatigue, PPG, GSR, SKT

1. 서론

최근 디지털 방식으로 방송시스템이 전환되면서 아날로그 방송에서 디지털 방송으로의 이동과 더불어 삶의 질적 향상으로 인한 고급화 영향으로 홈 엔터테인먼트 및 디지털 컨버전스의 활성화가 활발히 이루어지고 있다. 그로 인해 사용자들은 패널의 대형화와 슬림한 디자인에 대한 선호도가 증가되고 있다[1]. 그러나 기존의 브라운관(CRT : Cathode-Ray Tube)화면은 기술적인 문제로 인해 40인치 이상의 대화면 구성이 어렵고 대화면을 제공하기 위해 60cm 이상의 두께를 필요로 하게 된다. 이러한 문제를 해결하는 방안으로 여러 가지 대체 평판 디스플레이 소자에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 이에 대표적인 디스플레이 소자로는 액정을 이용한 액정 표시소자(LCD : Liquid Crystal Display)와 플라즈마 가스의 방전을 이용한 플라즈마 디스플레이 패널(PDP : plasma Display Panel)이 있다[2].

LCD는 2개의 얇은 유리판 사이에 고체와 액체의 중간물질인 액정을 주입해 상하 유리판 위 전극의 전압 차로 액정 분자의 배열을 변화시킴으로써 명암을 발생시켜 숫자나 영상을 표시하는 일종의 광 스위치 현상을 이용한 소자이다. 이에 따라 사용자는 색감이나 응답속도에 따라 화질의 차이

를 느끼게 되며 눈의 피로감 증가에도 영향을 미친다[3]. 이러한 피로도는 시각적 성능을 떨어뜨릴 뿐만 아니라 사용자에게 스트레스를 제공한다[4]. 따라서 본 연구에서는 실험을 통해 LCD에서의 시청 모드별로 다르게 제시되는 백색의 휘도, 명암비, 백색의 색온도 및 색재현 범위에 따른 사용자의 피로도 차이 여부를 주관적인 피로 인지도, 자율신경계 반응(생리반응), 동공의 크기변화로 알아보았다.

생리반응을 측정하기 위해 PPG(photoplethysmogram), SKT(skin temperature), GSR(galvanic skin response)을 이용하였으며, 동공 반응을 측정하기 위하여 적외선 카메라가 부착된 Gazing System인 헬멧을 착용하게 한 다음 눈의 동공을 관찰하였다. 마지막으로, 주관적 피로도를 측정하기 위해 설문으로는 현재 눈의 쾌적도와 긴장도 및 피로도에 대한 주관적인 응답을 7점 척도를 제시하였다.

2. 실험방법 및 분석

2.1 실험방법

본 피실험자들은 시각적으로 장애가 없는 대학생들 남녀 34명으로 구성되었다. 피실험자들은 실험 전에 본 실험에

대한 충분한 설명을 듣게 하고 실험이 진행되는 동안에는 최대한 움직이지 말 것, LCD 화면에 집중하고 잡념을 버릴 것 등의 주의사항을 지키도록 하였다. 피실험자는 조도가 17lux인 방에서 디스플레이 패널로부터 3m정도의 거리에 위치한 소파에 앉아 편안한 자세로 영상을 보도록 하였다. 피실험자에게 제공되는 영상은 총 60분으로 그림 1과 같이 낮 영상 30분과 밤 영상 30분씩으로 구성되었다. 영상에서 초반 10분은 표준영상으로 구성하였으며, 영상의 중반 10분은 정적 영상, 중반 10분은 동적 영상을 피실험자에게 제공하였다. 밤 영상이 시작하기 전에는 낮 영상시 누적되었던 피로를 풀기 위해 편안한 음악 감상을 통한 5분간의 휴식을 취하였다. 이전 실험의 영향을 최소화하고 밤 동영상에 대한 normalize를 위해 다시 한 번의 레퍼런스 체크를 실시하였다.

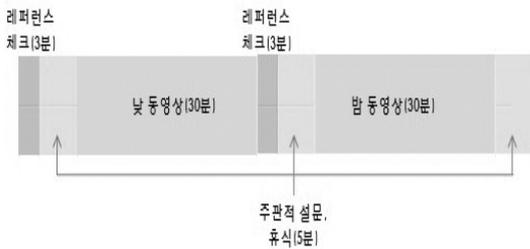


그림 1 실험 절차

생리반응을 측정하기 위해 PPG(photoplethysmogram), SKT(skin temperature), GSR(galvanic skin response)을 이용하였으며, 눈의 반응을 측정하기 위하여 적외선 카메라가 부착된 헬멧을 착용하게 한 다음 눈의 반응을 관찰하였다. 마지막으로, 주관적 피로도를 측정하기 위해 설문으로는 현재 눈의 쾌적도와 긴장도 및 피로도에 대한 주관적인 응답을 기록하였다.

우선 실험전의 피실험자의 피로도 상태를 알아보기 위한 1차 설문을 통해 눈의 피로도 및 쾌적도와 긴장상태에 대한 주관적인 평가를 실시하였다. 동공 반응을 측정하기 위하여 적외선 카메라가 부착된 헬멧장치를 이용하였다. 헬멧은 피실험자가 자신의 머리둘레에 맞도록 직접 착용하게 하여 불편함을 최소화 시켰다. 헬멧장치에 부착된 카메라를 통해 피실험자의 오른쪽 눈의 동공반응을 동영상으로 저장하였다 [5]. 또한, LCD 패널에서 60분간의 영상을 보는 동안 피로도에 따른 생리반응을 알아보고자 GSR(galvanic skin response), PPG(photoplethysmogram), SKT(skin temperature)을 측정하였다. 자극을 위한 영상을 보고 난 뒤에는 2차 주관적인 설문을 시행하였다. 주관적인 설문으로는 현재 눈의 쾌적도와 긴장도 및 피로도에 대한 주관적인 응답을 리퀴드 척도(1점은 아주 그렇다, 7점은 전혀 없다)로 평가하였다.

2.2 실험분석

생리신호의 데이터 수집 및 분석은 National Instrument사의 Labview 8.2를 이용하였다. 측정된 생리변수들은 GSR, PPG의 amplitude 및 SKT의 값으로 실시간으로 분석하기 위해 시간 및 피실험자의 정보와 함께 데이터베이스에 저장하였다. 생리신호는 개인마다 차이가 존재하므로, 실험 초반에 편안한 상태로 측정된 생리변수 값(Reference)과 영상을 볼 때의 생리변수 값의 변화율을 계산하였다.

눈의 반응은 단위시간당 동공의 적응속도(accommodation speed)과 눈 깜빡임률(blinking rate)을 분석하였다. 동공을 원으로 가정할 때, 원형검출방법(circular edge detection)을 사용하여 동공영역을 검출할 수 있다[6]. 피실험자가 눈을 감았는지를 판단하기 위해서는, 동공이 뚫린 구조를 가지고 있어서, 눈의 다른 영역보다 상대적으로 어둡다는 점을 이용하였다. 동공 영역의 크기를 측정하기 위해, 원형검출방법으로 찾아진 위치를 중심으로 일정크기의 사각영역(100픽셀×100픽셀)안에 상대적으로 어두운 픽셀의 개수를 측정하여 판단하였다. 판단을 위한 영상처리 방법으로는 Gonzalez가 제안한 적응적 이진화 방법을 사용하였다.[7,8]. 분석은 동공의 적응속도가 빠를수록[9], 눈의 깜빡임 수가 적을수록[10] 피로감이 적다는 사실에 근거하여 진행하였다.

3. 결과

LCD의 모드별 피로도 차이에 따른 생리반응 및 주관적 평가결과의 유의성을 검증하기 위해 독립표본 T검정을 실시하였다. 평가하고자 한 주관적 감성을 검정변수로, LCD의 모드를 집단변수로 분석한 결과, 그림 2와 같이 주관적인 피로도 측정에서는 표준화면이 영화화면 보다 피로가 더한 것으로 나타났다.

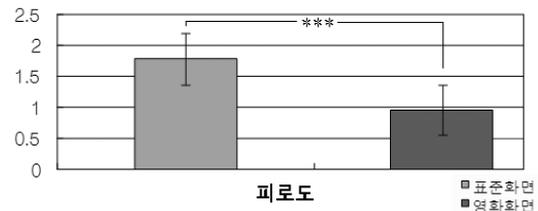


그림 2 주관적 피로도 반응(p<0.001)

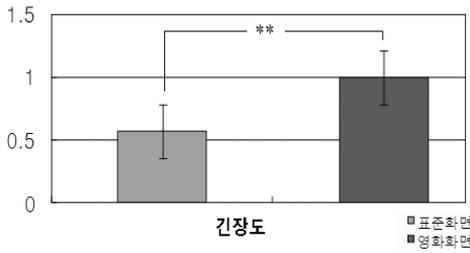


그림 3 주관적 긴장도 반응(p<0.01)

긴장도 평가의 경우는 그림 3과 같이 영화화면이 긴장도가 더 큰 것으로 나타났(p<0.01). 쾌적도에서는 유의한 수준은 아니지만 표준화면이 더 쾌적한 것으로 나타났(그림 4 참조).

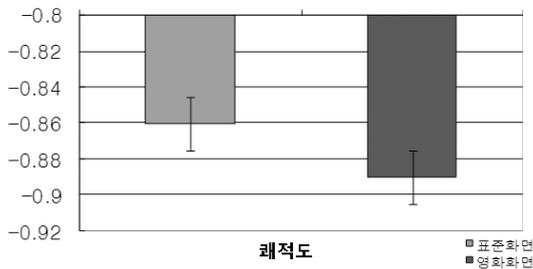


그림 4 주관적 쾌적도 반응

생리신호반응에서는 PPG, GSR, SKT를 검정변수로, 분석한 결과 3가지 생리변수 모두 영화화면이 긴장도를 더 제공하는 것으로 나타났다. GSR과 PPG의 경우는 신뢰수준 95% 범위에서 SKT는 신뢰수준 99%에서 유의함을 보였다. GSR과 SKT 낮을수록 PPG는 높을수록 이완상태를 의미한다.

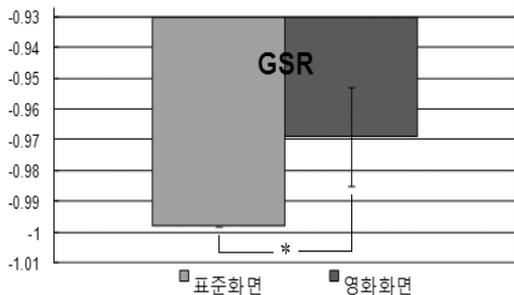


그림 5 화면모드별 GSR(p<0.05)

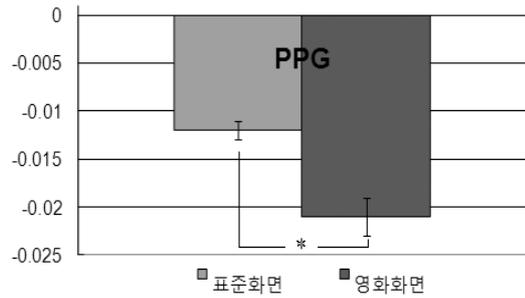


그림 6 화면모드별 PPG(p<0.05)

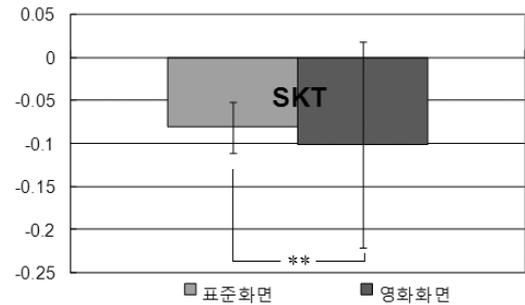


그림 7 화면모드별 SKT(p<0.01)

눈의 반응을 이용한 피로도 측정에서는 단위시간(1초)당 동공의 확대/축소 속도와 눈 깜박임률을 검정변수로 분석하였다. 그 결과 표준화면이 더 피로한 것으로 나타났지만, 통계적으로는 유의하지 않았다(그림 8, 그림 9 참조).

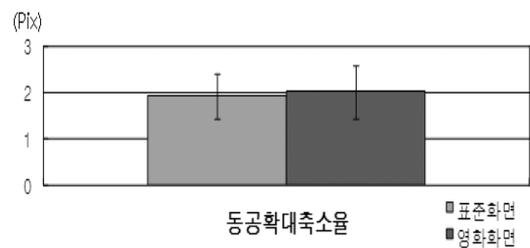


그림 8 화면에 따른 동공확대축소 속도

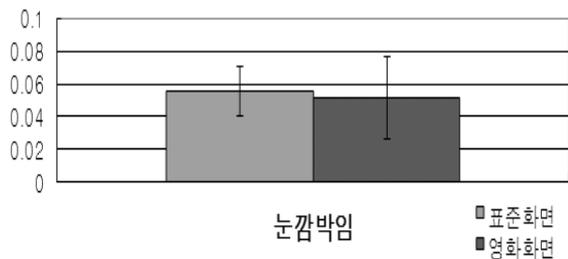


그림 9 화면에 따른 눈 깜박임 횟수

4. 결론 및 토의

LCD의 시청 화면모드별(표준모드, 영화모드)의 피로도를 알아본 결과 주관적 평가와 생리반응 모두 표준화면이 피로감이 덜 한 것으로 나타났다. 또한 통계적으로 유의하지는 않지만, 눈의 반응에서는 생리반응과는 반대로 영화모드가 표준모드보다 더 피로감이 유발되는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 시청 모드별 다르게 제시되는 백색의 휘도, 명암비가 표준모드가 영화모드보다 큰 값을 가지게 되어 눈의 피로감을 유발한 것으로 보인다. 본 연구는 화질에 따른 피로도 측정을 대상으로 한 실험이며, 화질에 따라 유발되는 주관적인 피로도 및 생리반응을 측정할 수 있었다. 차후 연구에서는 화질을 결정짓는 세부요소별로 피로감을 측정함으로써 눈의 피로도와 밀접한 관계요소를 통해 LCD 화질의 효율성을 제시할 수 있을 것이다.

감사의 글

본 연구는 전략산업 혁신 클러스터 육성 지원사업의 차세대 감성형 디지털 정보 디스플레이 혁신 클러스터 구축 사업에서 지원 받은 과제임에 감사한다.

참고문헌

- [1] 최덕원, 프로젝션 TV가 다시 뜬다, LG 주간경제 820호, 2005.
- [2] 최재범, "LCD구동과 PDP구동의 출원인별 분포에 관한 비교", 한국특허정보원, 2003.
- [3] 김영주, 황민철, 박강령, 김종화, 이윤정, 고유진, 이의철, 조선희, 김혜연., "LCD와 PDP 패널에 따른 피로도 연구", 대한인간공학회 추계학술대회, 2007.
- [4] K.K. Shieh, "Effects of reflection and polarity on LCD viewing distance", International Journal of Industrial Ergonomics, Vol.25, 2000.
- [5] You Jin Ko, Eui Chul Lee, Kang Ryoung Park, "A study on Robust eye gaze tracking system allowing the natural facial movements", ACCV'07 Workshop on Multi-dimensional and Multi-view Image Processing, Tokyo, 19 Nov. 2007.
- [6] J. Daugman, "How Iris Recognition Works", IEEE Transaction on Circuits and System for Video Technology, Vol. 14, No. 1., 2004.
- [7] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, "Digital Image Processing Second Edition", Prentice-Hall, Inc., pp. 587~591., 2002.
- [8] Eui Chul Lee, Kang Ryoung Park, Min Cheol Whang, Joa Sang Lim, "Near Infra-red Vision-based Facial and Eye Gaze Estimation

Method for Stereoscopic Display System", 10th International Federation of Automatic Control (IFAC), Ritz-Carlton Hotel, Seoul, Korea, 4-6 Sep., 2007.

- [9] 김양호, 진영우, 채창호, 최용휴, 문영한, "VDT 작업이 안 조절반응과 동공 대광반사에 미치는 영향", 예방의학회지, 30권 3호, pp.599~608, 1997.
- [10] Philipp P. Caffier, Udo Erdmann, Peter Ullsperger, "Experimental evaluation of eye-blink parameters as a drowsiness measure", European Journal of Applied Physiology, Vol. 89, Num. 3-4, pp.319~325, May, 2003.