3D 디스플레이를 위한 휴먼팩터 연구 개발 및 표준화

DOI: 10.3938/PhiT.22.031

문성철·박민철

Research Trends of 3D Human Factors and Standardization Activity

Sungchul MUN and Min-Chul PARK

Generally, three-dimensional images provide viewers with an enhanced sense of reality, leading to increased needs for 3D devices and related services. However, but for considering human factors, technical and economic growths in 3D industry would be obstructed. Recently, more attention has been given to 3D human factors due to image safety issues raised by exposure to undesirable 3D content and environments. This article is concerned with briefly explaining the visual mechanisms for processing external 3D visual information and introduces related studies. The main factors adversely affecting human health and standardization activities for determining optimal viewing factors and establishing human-friendly 3D guidelines are introduced and discussed.

서론

3차원 영상은 높은 몰입감과 실재감을 제공한다는 점에서 아바타 영화 상영 이후 급격히 높은 대중의 관심을 받아왔다.

저자약력

문성철 연구원은 UST(University of Science and Technology) 박사과 정으로서 2012년부터 한국과학기술연구원에 재직하며 3D 휴먼팩터 평가, 뇌-컴퓨터 인터랙션 및 뉴로사이언스 관련 기술개발에 참여하고 있다. (scmun@kist.re.kr)

박민철 박사는 동경대 공학 박사(2000)로서, 2001년부터 한국과학기술연구원에 재직하며 2005년 동경이과대학 겸임교수, 2009년 미국 켈컴 방문연구원을 거쳐 현재 센서시스템 연구센터 책임연구원과 UST 겸임교수로서 3D 휴먼팩터, 이미지 프로세싱, 홀로그램 색 재현 평가, 3D 불량 검사 시스템 등의 기술개발에 참여하고 있다. (minchul@kist.re.kr)

Fig. 1. Panum's fusional area in which two binocular images are naturally combined into a single one.

이러한 3차원 영상이 기술적으로 구현되고 현재 수준으로 발전하기까지 과거 케플러(투영이론), 찰스 휘트스톤(양안시 연구) 등의 학문적 기여가 있었다. 그러나 1800년대에 3차원 영상의 근간이 되는 양안기제는 당시의 시대 상황으로 현재처럼 큰 주목을 받지는 못하였다가 1900년대 중반 벨라 울레즈가 랜덤 도트 스테레오그램에 의한 연구를 최초로 발표해 현재 널리 알려진 입체시 성립 과정에 새로운 길을 개척하였다. 이후 많은 연구자들이 3차원 영상 시기제와 관련된 광학적, 심리학적, 생리학적 접근을 시도해왔다.^[1-4] 이러한 학문적 근거를 토대로 3차원 영상은 기술적 진보를 거듭해 아바타 3D의 상업적 성공 이후 많은 영화들이 3D로 제작되고 있다. 이후 3차원 영상은 다시 부흥의 시기를 맞이하는 듯했으나 생체 안전성에 대

REFERENCES

- [1] M. Emoto, Y. Nojiri and F. Okano, *Displays* **25**, 67 (2004).
- [2] S. Yano, S. Ide, T. Mitsuhashi and H. Thwaites, *Displays* **23**, 191 (2002).
- [3] M. Lambooi, W. A. Ijsselstein, M. F. Fortuin and I. Heynderickx, *Journal of Imaging Science and Technology* **53**, 030201:1-14 (2009).
- [4] R. Blake and H. Wilson, *Vision Research* **51**, 754 (2011).

한 문제가 일각에서 대두되면서 국제 표준화 기구에 3D 생체 안전성 관련 워킹 그룹이 만들어지는 등 국제적인 관심을 받고 있다.

일반적으로 특정 분야의 국제 표준화를 위해서는 해당 분야에 많은 과학적 근거와 검증이 수반되어야 한다. 3D 휴먼팩터 관련 분야에서는 과거 많은 연구자들이 양안에서 특정 물체를 주시했을 때 양안에 대응되는 망막 대응점을 가지며 시방향이 교차하는 점을 연결했을 때 생기는 기하학적 ViethMueller의 호뮤퍼와 그 호뮤퍼 전후에 형성되는 패넌의 융합영역에 근간하여 3D 시각피로 문제를 생리심리학적 관점에서 연구해왔다.^[4-6] 그림 1에서 보는 바와 같이, 패넌의 융합력은 주어진 화면시차(교차와 비교차 시차)를 인간의 시각체계에서 자연적으로 융합할 수 있는 영역을 말하며 개인마다 그 시각기계의 융합력은 상이하다고 알려져 있다.^[3] 이 차이가 일부 3차원 영상에 민감한 사람들에게서 시각피로, 영상멀미 등을 유발한다.

휴먼팩터 관련 표준화 동향

현재 국제 표준화 기구에서 비중 있게 다루어지고 있는 부분이 개인 간 3D 민감성의 차이이다. 그 원인은 아직까지 명확히 규명되어 있지 않으나, 인간의 시각처리기계 내에서의 신경세포의 특수성에 일부 기인하고 있다. 망막과 양극세포를 지난 시각정보는 신경절 세포의 축색으로 전달되고 다시 시신경 교차를 거쳐 정보를 시상의 외측상행(LGN, Lateral Geniculate Nucleus)으로 전달한다. 이 과정에서 일부 정보는 중뇌의 상구 부분으로 가며 일부는 일차 시각피질로 전달된다. 즉, 뇌의 고차원 시각처리 영역에서 정보를 후두부에 있는 1차 시각피질의 저차원적 시각처리 영역으로 전달하는 것이다.^[7] 1차 시각피질에 전달된 시각정보는 외부 시각정보를 대뇌피질이 처리하는 흐름에 따라 정보의 특징을 처리하는 복측 흐름과 대상의 위치정보에 관여하는 배측 흐름으로 구분된다. 인간의 뇌에는 이외에도 복잡한 시각처리기계가 존재하며, 대부분은 세포체와 수용장의 크기에 따라 외부 정보를 처리할 시에 그 역할이 각기 다르다. 이러한 저차원 및 고차원적 시각정보 처리과정에 연관되어 있는 시신경 세포의 수와 외부 정보에 민감하게 반응하는 뉴런의 수가 개인의 시각처리 능력에 차이를 만들어 낸다.^[8,9]

ISO가 2005년 IWA3(International Workshop Agreement)라는 3차원 영상물 관련 7가지 항목의 안전성 기준을 발표하고 많은 과학적 연구를 촉구한 이유도 이러한 일부 3D에 크게 민감한 고위험군들의 안전성을 확보하기 위함이었다. 입체 영상이 유발하는 생체 안전성(시각 피로, 영상 멀미, 광 과민성 발작) 문제는 ISO/IWA3:2005가 발표된 이후, 여러 표준화 기

Fig. 2. Activity in International Organization for Standardization to establish human-friendly 3D.

구에서 구체적으로 논의되어 왔다. 대표적으로 ISO TC 159 SC4 WG12에서 광과민성 발작과 시각피로에 대한 표준화 작업이 현재 이루어지고 있다. 3차원 영상과 관련된 표준화 활동은 3D에 민감하게 반응하는 고위험군들을 적절하게 선별하기 위해 생체에 유해한 영향을 미치는 유발 요인들을 규명하고 최적 시청 매개변수를 도출하여 시청자 친화적 3D를 위한 표준 가이드라인 설립을 그 주요 목적으로 하고 있다. 그림 2에서 보는 바와 같이, 3D 휴먼팩터 관련 표준화는 생체안전성을 확보하기 위한 시청자 친화적 3D 디스플레이 구현과 관련된 요구사항 및 시청환경과 관련된 가이드라인 제정을 위주로 진행되고 있다.

부정적 휴먼팩터 유발 요인 및 연구 활동

ISO, IEC 등의 국제 표준화 기구에서 3D 시청자들의 안전성을 확보하기 위한 가이드라인의 필요성이 대두된 이후 많은 실증적 연구들이 뒤따라 3D 입체피로 유발요인들이 보고되어 왔다. 그림 3에서 보는 바와 같이, 3D 시청 안전성과 관련된 유발 요인들은 시청자 요인, 콘텐츠 요인, 디바이스 요인, 시청

REFERENCES

- [5] R. Patterson, Journal of the Society for Information Display **15**, 861 (2007).
- [6] T. Shibata, J. Kim, D. M. Hoffman and M. S. Banks, Journal of Vision **11**(8):11, 1-29 (2011).
- [7] L. G. Faber, N. M. Maurits and M. M. Lorist, PLOS ONE **7**(10), e48073:1-10 (2012).
- [8] S. D. Halpern, T. J. Andrews and D. Purves, Journal of Cognitive Neuroscience **11**, 521 (1999).
- [9] S. Mun and M. Park, Journal of the Ergonomics Society of Korea **32**, 207 (2013).

Fig. 3. Main factors adversely affecting human visual system.

환경 요인 등으로 크게 분류할 수 있다.

이러한 유발 요인들이 인간의 시각계에 미치는 부정적 영향을 조사하고 허용치를 명확히 규명하기 위해 많은 연구자들이 2D와 3D 환경에서 주관적 및 객관적 시각피로 평가방법을 제안해왔다.^[1,3,10-14] 제안된 피로 평가 방법들은 주로 실험 참가자의 기억에 의존하는 주관적 평가법만을 이용하거나 조절-수렴 불일치 이론에 근거한 시각 기능의 변화를 측정하여 시각 기능의 저하를 평가하는 방법이 주를 이루어 왔다. 일부 연구자들은 교감과 부교감신경의 항상성을 평가하기 위해 자율신경계 기능을 간접적으로 측정하는 생리 신호들을 피로를 측정하는 지표로 제안해왔다.^[13,14] 뇌의 인지 기능을 피로 평가와 연계하여 부적절한 3D 자극을 처리하는데 축적된 인지 로드가 인지 피로로 발현되어 개인의 태스크 퍼포먼스의 저하로 이어진다는 것을 실험적으로 규명한 연구도 존재한다.^[15-17] 기존 학설과 일치하게 문성철^[15-17] 등의 연구에 따르면, 대부분의 사람들은 일반적인 3D 시청에 심한 피로감을 느끼지 않는다. 오히려, 스토리에 대한 몰입 정도에 따라 각성 상태나 감성적 상태가 좋아지기도 한다. 그러나 바람직하지 못한 이중상이나 잔상을 포함한 3D 영상을 장시간 시청하거나 적절치 못한 시역에서 시청할 경우 양안시 기능이 민감한 사람들의 경우 극단적인 피로감을 보고하기도 한다. 이러한 피로감이 시각 체계에 만성적 기능 저하를 초래한다는 증거는 거의 없다. 그러나 반대로 그렇지 않다는 증거 또한 존재하지 않는다.^[3] 현재 국제 표준화 활동은 3D 휴먼팩터 이슈 자체가 장기적인 관점에서 포괄적으로 이루어져야 하는 시간적 딜레마가 존재하기 때문에 전술한

문제들을 제대로 반영하지 못하고 있다. 현재는 과거 주를 이루었던 시각 기능을 평가하는 방법에 근간하여 중요한 요소들에 대한 인간 공학적 접근이 제한적으로 이루어지고 있는 실정이다. 또한, ISO의 3D 휴먼팩터 관련 국제표준화 기구에서는 시청 환경(시청 자세, 시청 거리, 시청 시간 등)과 3D 콘텐츠 제작 시 인간의 시각 기능에 부적절한 영향을 미치지 않는 좌, 우 이미지의 시차 허용치에 대한 객관적 가이드라인 작업이 개략적으로 이루어지고 있다.

현재 우리나라에서 이루어지고 있는 휴먼 팩터 관련

연구들은 안경식 및 무안경식 방식의 3D 디스플레이/단말기의 Crosstalk 평가를 위한 테스트 패턴 개발, 3D 휴먼팩터 주관적, 객관적 평가 방법 수립, 표준 입체시 DB 구축, 저피로 고실감 3D를 구현하기 위한 측정, 제어 시스템 개발, 광학적 측정을 기반으로 한 최적 파라미터 분석 및 평가, 생리적 심리학적 기반의 생체 메커니즘 측정 등이 대표적이다. 그림 4는 최

REFERENCES

- [10] E. C. Lee, K. R. Park, M. Whang and K. Min, International Journal of Industrial Ergonomics **39**, 798 (2009).
- [11] E. C. Lee, H. Heo and K. R. Park, IEEE Transactions on Consumer Electronics **56**, 1677 (2010).
- [12] H.-C. O. Li, Journal of Broadcast Engineering **15**, 607 (2010).
- [13] M. Abe, M. Yoshizawa, N. Sugita, A. Tanaka, S. Chiba, T. Yambe and S. Nitta, A method for evaluating effects of visually-induced motion sickness using ICA for photoplethysmography, *Proceedings of IEEE Engineering in Medicine & Biology Society*, 4591-4954 (2008).
- [14] S. Park, M. Whang, J. Kim, S. Mun and S. Ahn, Korean Journal of the Science of Emotion & Sensibility **14**, 653 (2011).
- [15] S. Mun, M.-C. Park, S. Park and M. Whang, Neuroscience Letters **525**, 89 (2012).
- [16] S. Mun, M.-C. Park and S. Yano, Korea Society Broadcast Engineers Magazine **17**, 92 (2012).
- [17] S. Mun, M.-C. Park, S. Cho and S. Yano, EEG Measurement of 3D Cognitive Fatigue Caused by Viewing Mobile 3D Content, *Proceedings of IDW/AD*, 1885-1888 (2012).

Fig. 4. Interactive system to provide viewers with optimal viewing zones by evaluating crosstalk.^[18]

적 시청 환경을 제안하기 위한 시역별 크로스톡 평가를 통해 시청 영역을 직관적으로 시청자에게 제공해주는 시스템의 개념도를 보여준다.^[18]

토의 및 결론

기존의 2D 디스플레이 산업과는 달리 3D 디스플레이 산업은 보다 많은 휴먼팩터들이 관련되어 있다. 많은 인간공학적 요인들과 유해 요인들이 동시에 상호 연관되어 있기 때문에 3D 휴먼팩터 관련 디스플레이의 표준안 도출을 통한 적합한 가이드라인 제정은 말처럼 간단한 문제가 아니며 오랜 시간이 소요된다. 그럼에도 불구하고, 국제 표준화 전략 수립과 활동은 장기적 관점에서 지속적으로 실시해야 한다. 국제 표준화 회의의 지속적 참여와 표준화 전략이 형식적으로만 이루어진다면 국제 표준화 활동에서 우리나라의 발언권이 점차 제약될 것이며 이는 표준화 관련 규제 대응 및 전략 수립에도 악영향을 미칠 것이다. 3D 휴먼팩터 표준안 도출과 관련된 문제는 바로 사용자의 안전문제와 산업의 활성화와 직결되기 때문에, 적절히 대응하지 못할 경우 제조사는 제품을 개발하고서도 제품의 안전성에 대해 확신을 하지 못할 것이며 이것이 관련 산업의 위축을 초래할 수도 있다. 현재, 휴먼팩터 관련 표준화가 일부 이루어지고 있지만 여러 휴먼팩터들이 혼재되어 있고 서로간의 상관관계가 명확히 규명되어 있지 않아 그 범위는 국

소적이며 다양한 디스플레이의 특성과 그에 따른 평가방식이 저마다 서로 달라 표준화 문제를 한층 더 어렵게 하고 있다.

3D 생체 안전성 문제는 다양한 원인들에 의해 유발되고, 이러한 광범위한 유발요인들을 실증적으로 평가하고 유해요인을 명확히 규명하기 위해서는 장기적으로 많은 과학적 연구들이 포괄적으로 수행되어야 한다. 모든 요인들을 규명하기는 사실상 불가능하기 때문에 국제 표준화 기구에서도 주요 요인들에 대한 디스플레이 및 콘텐츠 요구 사항과 시청 환경에 대한 개략적인 가이드라인 작업이 우선적으로 이루어지고 있는 것이다. 휴먼팩터 관련 국제 표준화 과정을 적극적으로 주도해 나가기 위해서는 디스플레이 패널 특성과 카메라 관련 파라미터를 고려한 인체 안전성 평가 방법에 대한 국내 표준화가 우선적으로 이루어져야 하며, 지속적인 국제 표준안 제안 및 제정 활동을 통하여 장기적 관점에서 국제 표준화 전략을 수립하여야 한다. 또한, 3D 시각피로나 광 과민성 발작에 대한 표준 가이드라인에 대한 논의는 구체적으로 진행되고 있으나 영상 멀미에 대한 부분과 개인 민감성 평가 방식에 대한 논의는 구체적으로 이루어지고 있지 않은 실정이다. 따라서 해당 분야의 국제 표준화 선점 전략 마련과 혼재하고 있는 많은 주관적 평가 방법과 객관적인 휴먼 평가 방법을 최적으로 반영할 수 있는 통합적 평가 방법을 수립하기 위한 보다 많은 실증적 연구들이 뒤따라야 한다. 이와 더불어 고위험군 선별을 위한 시인 지 특성 연구와 다양한 연령대의 시청자를 대상으로 한 3D 휴먼팩터 데이터의 축적이 지속적으로 진행된다면 아직 진행되지 않은 휴먼팩터 관련 국제 표준안 제정을 주도하는 데 우리나라의 역할이 크게 증대될 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 산업통상자원부 및 한국산업기술평가관리원의 산업원천기술개발사업의 일환으로 수행하였음 [10038745, 인체 안전성을 위한 3D 기기/장비 중심의 휴먼팩터 연구].

REFERENCES

- [18] H.-D. Lee and M.-C. Park, The Journal of Korea Information and Communications Society **37A**, 698 (2012).