3D Motion Blur와 입체 피로 현상

DOI: 10.3938/PhiT.22.034

최 희 진

Effect of 3D Motion Blur on 3D Nausea

Hee-Jin CHOI

Three-dimensional(3D) nausea is an uncomfortable feeling caused by watching 3D images. One of its major causes is the conflict between the physiological cues of 3D perception. In this article, the effect of 3D motion blur on 3D nausea is introduced. Three-dimensional motion blur is a degradation of the quality of moving 3D images and, according to current expectations, may be relieved by causing the accommodation response to become nearer to the point of convergence.

최근 들어 일반 소비자들도 3차원(3D) 디스플레이를 큰 어려움 없이 접할 수 있게 되면서 입체 피로 현상에 대한 관심이 높아지고 있다. 입체 피로 현상이란 3D 디스플레이를 장시간 감상할 경우 발생하는 어지러움이나 두통 등의 불편한 현상을 통칭하는 것으로, 현재까지 상용화된 3D 디스플레이 기술이 아직 완전하게 3차원 물체와 동일한 영상을 재현해내지 못하는 것이 주요한 원인으로 여겨지고 있다.

일반적으로 인간의 시각계는 주변 환경으로부터 그림 1과 같은 네 가지의 입체 인지 요소를 획득할 수 있는 것으로 알려져 있다.^[1] 이들 중 가장 주요한 입체 인지 요소는 양안시차(binocular disparity)와 수렴(convergence)으로서 이들을 제공하는 것만으로도 관찰자에게 충분한 입체감을 느끼도록 할 수

저자약력

최희진 교수는 서울대학교에서 2008년에 박사학위를 취득하였으며 삼성전자에서 3차원 TV 기술 개발 연구원을 거쳐 현재 세종대학교 물리학과에서 조교수로 재직 중이다. 평판 디스플레이의 여러 화질 특성이 3D 디스플레이의 성능에 미치는 영향에 관한 분석 연구와 이를 바탕으로 입체 피로 현상을 최소화시킨 3D 디스플레이 기술을 연구하고 있다.
(hjchoi@sejong.ac.kr)

Fig. 1. Physiological cues of 3D perception.

있다. 양안시차와 수렴은 두 개의 눈을 가지고 있는 인간의 신체적 구조에서 기인하는 것으로, 양 눈에 보이는 물체의 상이 약간 달라지는 것(양안시차)과, 물체를 바라볼 때 두 눈의 시선이 모이는 각도가 물체와의 거리에 따라 달라지는 현상(수렴)을 의미한다. 이러한 두 가지 인지 요소는 현존하는 평판디스플레이 기술과 특수 안경의 도움을 이용하여 어렵지 않게 구현할 수 있기 때문에, 현재는 저렴한 가격과 우수한 성능을 갖춘 3D 디스플레이 제품들을 손쉽게 만나볼 수 있다.

그러나 위와 같은 두 가지 인지 요소만을 이용하는 3차원 디스플레이는 결국 입체 피로 현상에서 자유로울 수가 없다. 그 이유는 다른 두 가지 인지 요소인 운동시차(motion parallax)와 초점조절(accommodation) 정보가 제대로 뇌에 전달되지

REFERENCES

- [1] S. Nagata, "How to reinforce perception of depth in single two-dimensional pictures," in *Pictorial Communication in Virtual and Real Environments*, edited by S. R. Ellis (Tyler & Francis, 1991).

Fig. 2. Experimental images (a) without motion blur and (b) with motion blur.

못하여, 각 인지 정보들간의 충돌(conflict)이 발생하기 때문이다. 즉 입체 피로 현상을 줄이기 위해서는 이러한 입체 인지 정보들간의 모순을 줄여야 한다. 특히 현재의 3D 디스플레이는 관찰자의 초점 조절 위치가 디스플레이 장치의 위치로 고정되기 때문에, 양안시차와 수렴에 의한 입체감의 크기가 커질수록 정보들간의 모순이 커져 결국 입체 피로 현상이 증가하게 된다. 따라서 3차원 디스플레이가 높은 입체 피로 현상을 유발한다면 관찰자가 느낄 수 있는 입체감의 크기 역시 제한을 받게 된다. 이를 이용하여 관찰자가 느낄 수 있는 최대 입체감의 크기로부터 입체 피로 현상의 크기를 간접적으로 측정할 수 있다.

본고에서는 입체 피로 현상에 영향을 끼치는 여러 화질 요소들 중 3D motion blur에 대하여 다루어 보고자 한다. Motion blur는 움직이는 물체를 표현하는 영상(동화상)에서 물체의 영상이 또렷하지 못하고 흐리게 번져 보이는 현상으로(그림 2(b)), 디스플레이 장치에 사용되는 재료의 물성과 소자의 동작 특성 등에 의하여 나타난다. 이러한 motion blur 현상은 액정디스플레이장치(Liquid Crystal Display: LCD)에서 심하게 나타나는 것으로 알려져 있으며, motion blur에 의해 동화상에서 화질이 번져 보이는 문제를 개선하기 위하여 여러 기술들이 개발되었으나 아직 완전히 해결하지는 못하고 있다.^[2]

현재 출시된 대부분의 3D 디스플레이들은 LCD를 기본 디스플레이로 이용하고 있기 때문에, 위에서 언급한 motion blur 문제는 3D 영상에서도 나타날 수 있다. 특히 3D 영상의 움직임은 디스플레이 화면 위(평면)에서만 움직이는 2차원 영상과 달리, 3차원 공간에서 움직이는 것으로 인식되기 때문에 motion blur의 형태와 크기가 많이 달라지게 된다.^[3] 이러한 3D motion blur는 근본적으로 영상을 흐릿하게 보이게 하여 화질을 저하시키는 요소라는 점에서는 2차원 디스플레이에서 발생하는 motion blur와 동일하다. 그러나 3D motion blur는 이러한 부작용 외에 관찰자의 초점 조절 작용을 방해

Fig. 3. The structure of a haploscope (plan view).

하여 입체 피로 현상에 영향을 끼칠 수 있는 가능성이 최근 제안되었다.^[4] 이를 위하여 3D motion blur가 있는 영상(그림 2(b))과 없는 영상(그림 2(a))을 이용하여 관찰자에게 3D 영상을 보여주고 이때, 관찰자가 어느 정도의 입체감을 느낄 수 있는지를 시험하여 보았다. 다만, 현재 출시된 3D 디스플레이 제품들은 대부분 양 눈에 보이는 영상이 약간씩 섞이는 3D crosstalk 현상을 가지고 있기 때문에 3D motion blur의 영향만을 실험하기에 부적절하므로, 그림 3과 같이 두 대의 디스플레이 장치와 90도로 구부러진 거울을 이용하는 haploscope라는 장비를 구성하여 이러한 문제를 해결하였다. Haploscope는 거울의 반사를 이용하여 관찰자의 왼쪽 눈과 오른쪽 눈이 각각 서로 다른 디스플레이 장치에 표시된 영상을 보도록 하는 장치로서, 이때 관찰자에게는 디스플레이 장치들의 허상(virtual image)이 생기는 위치에 각 디스플레이 장치들에 표시된 영상이 겹쳐 보이게 된다. 따라서 각 디스플레이 장치에서 서로 다른 영상을 표시하여 양안시차를 구현하면 관찰자가 입체감을 느끼도록 할 수 있다. 이러한 장치의 장점은 왼쪽 눈과 오른쪽 눈이 광학적으로 완전히 분리된 영상을 보기 때문에 3D crosstalk 현상이 발생하지 않으며, 안경 없이도 입체 영상을 볼 수 있는 방식이므로 안경에 의한 화질 변화가 없다는

REFERENCES

- [2] S. S. Kim, *et al.*, "World's First 240 Hz TFT-LCD Technology for Full-HD LCD-TV and Its Application to 3D Display," Society for Information Display 2009 International Symposium (SID 2009) Digest of Technical Papers, 424-427 (2009).
- [3] H.-J. Choi, *et al.*, Journal of the Optical Society of Korea **14**, 383 (2010).
- [4] H.-J. Choi, *et al.*, "The effect of the 3D motion artifact on the accommodation/convergence mismatch," Proceedings of the 12th International Meeting on Information Display (IMID 2012), 660-661 (2012).

Image	Point of Convergence (Diopter)							
	Subject 1		Subject 2		Subject 3		Subject 4
1	3.20	1	4.03	1	3.82	1	3.41
	2	3.20	2	4.03	2	3.82	2	3.20
	3	3.20	3	3.87	3	3.82	3	3.20
Average	3.20		3.98		3.82		3.27
1	3.61	1	4.34	1	4.80	1	4.23
	2	3.46	2	4.23	2	4.85	2	3.92
	3	3.61	3	4.03	3	4.85	3	3.61
Average	3.56 (+0.36D)		4.20 (+0.22D)		4.84 (+0.98D)		3.92 (+0.75D)	

Fig. 4. Experimental results - Point of convergence.

것이다. 또한 각 디스플레이 장치에 표시되는 영상을 조절함으로써 양안시차의 크기를 자유롭게 조절할 수 있고, 이로부터 입체감의 크기를 조절할 수 있다.

실제 실험에서는 왼쪽 눈과 오른쪽 눈에 동일한 영상(그림 1)을 보여주되, 각 눈에 보이는 영상의 위치를 달리 함으로서, 입체감을 형성하였다. 이 경우 입체감의 크기가 달라지더라도 관찰자의 눈의 초점 조절 위치는 각 디스플레이의 허상 위치에 고정되므로, 입체감의 크기를 조절하여 양안시차와 초점조절간 발생하는 모순의 크기를 조절 가능하다. 실험에서는 그림 1의 motion blur가 있는 영상과 없는 영상을 각각 이용하여

관찰자가 느낄 수 있는 최대 입체감의 크기를 측정하였으며 그 결과는 그림 4와 같다.

옆의 그림에서 point of convergence는 관찰자의 시선이 모이는 위치(입체 영상의 위치)로서, 눈으로부터 거리의 역수인 diopter로 측정하였기 때문에 측정 값이 클수록 눈에서부터 거리가 작다는(가깝다는) 뜻이 된다. 즉, 더욱 더 튀어나와 보이는 영상을 보았다는 의미이다. 위 실험 결과에서, 3D motion blur가 있는 영상을 볼 때 4명의 관찰자 모두가 더욱 큰 입체감을 갖는 영상을 볼 수 있었음을 알 수 있다. 즉, 3D motion blur가 관찰자로 하여금 입체 피로 현상을 덜 느끼도록 하여 보다 큰 입체감을 갖는 영상도 관찰할 수 있도록 하였다는 추측이 가능하다. 이러한 결과의 원인은, 3D motion blur로 인하여 관찰자의 초점 조절 위치가 정확히 디스플레이 장치의 위치에 생기질 않고 어느 정도는 양안시차에 의한 입체감을 따라 형성되기 때문으로 추정되고 있다. 따라서 motion blur가 동화상의 화질을 떨어뜨리는 부작용이 있기는 하지만, 3D 영상의 motion blur는 입체 피로 현상을 어느 정도 줄이는 순기능도 갖고 있음을 예측할 수 있다.

위와 같은 연구를 통하여 알 수 있듯이 3D motion blur는 일반적인 2차원 영상에서 발생하는 motion blur와는 다른 특성들을 갖고 있으며, 위와 같은 장점은 살리고 단점은 개선하기 위하여 지속적인 연구가 필요하다. 또한 입체 피로 현상은 장시간 3D 영상을 관찰할 때 문제가 될 수 있는 현상이므로 3D motion blur 외에도 여러 요인들을 고려한 저피로 3D 디스플레이 기술의 개발이 반드시 필요하다.