

시각적 편안함에 대한 양안식 3D 영상의 양안 시차 영향

손호식, 정용주, 이성일, 노용만

한국과학기술원 영상 및 비디오 시스템 연구실

sohnhosik@kaist.ac.kr, yj.jung@kaist.ac.kr, vitallsi@kaist.ac.kr, ymro@ee.kaist.ac.kr

Influence of disparity on subjective visual comfort in stereoscopic 3D image

Hosik Sohn, Yong Ju Jung, Seong-il Lee, Yong Man Ro

Image and video systems lab., KAIST

요 약

양안식 3D 영상 시청 안정성에 대해 제기되고 있는 지속적인 이슈는 3D 영상 시장 활성화를 위해 반드시 선결 되어야 하는 과제이다. 최근, 이를 위해 양안식 3D 영상이 유발하는 시각적 불편함을 측정하고 이를 예측하는 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 논문에서는 양안식 3D 영상에서 시각적 불편함을 야기하는 문제 영역의 양안 시차 변화에 따른 주관적 시각적 불편함을 측정한다. 이를 통하여 양안식 3D 영상에서 시각적 불편함을 주는 문제 영역의 영상 특성이 시청자가 인지하는 시각 피로에 지배적인 영향을 미칠 수 있음을 실험적으로 증명한다.

1. 서론

인간의 양안은 수평 방향으로 서로 떨어져 있기 때문에 각 안구에 투영된 망막상 (retina image)은 양안 시차 (binocular disparity)를 갖게 된다. 인간의 뇌는 망막상을 융합하여 영상의 상대적인 깊이감을 지각하게 된다. 양안식 3D 디스플레이 기술은 이러한 시각 인지 특성을 모방하여 시청자의 양안에 각각 서로 다른 시점의 영상을 디스플레이하는 방식으로 시청자에게 입체감을 제공한다 [1].

양안식 3D 디스플레이 기술은 실제 상황에서 물체를 보는 경우와 다르게, 눈의 수렴-조절 불일치를 일으키며 양안 시차가 과도한 경우 시각적 불편함을 유발하는 것으로 잘 알려져 있다 [1]. 또한 시각적 불편함은 3D 콘텐츠의 다양한 특성에 의하여 발생할 수 있다 [1]. 3D 시청으로 인한 시청자의 시각적 불편함을 방지하기 위하여 시청 및 제작에 대한 가이드라인의 필요성이 제기되고 있으며, 이를 위하여 최근 양안식 3D 영상을 자동으로 분석하여 시각적 불편함을 평가하는 메트릭 연구가 활발히 진행되고 있다.

3D 시각적 불편함 평가 메트릭은 3D 영상에서 추출된 영상의 특징 값들과 주관적 불편함의 상관 관계를 모델한 측정 함수로서, 영상 전체의 통계적 특성을 이용한 방법 [2, 3]과 인간의 시각 주의 (visual attention) 특성에 기반한 관심 영역의 통계적 특성을 이용한 방법들이 제안되어 왔다 [4, 5]. 시각적 주의 특성에 기반한 시각 불편함 평가 메트릭은 불편함을 유발하는 자극에 대해 승자독점 (winner takes all) 개념을 차용하여, 양안식 3D 영상에서 시각적 주의를 끄는

영역이나 시각적 불편함을 주는 영역의 영상 특성이 인지된 시각적 불편함에 지배적인 영향을 준다는 것을 가정한다 [4, 5, 6]. 이러한 가정은 영상 전체의 통계적 특성을 이용한 기존 메트릭과 비교하여 높은 시각 피로 예측 성능을 내는 것으로 알려져 있다 [4, 5].

본 논문에서는 양안식 3D 영상에서 시각적 불편함을 야기하는 문제 영역의 양안 시차 변화에 따른 주관적 시각적 불편함을 측정한다. 이를 통하여 시각적 불편함을 주는 영역의 영상 특성이 인지된 시각 피로에 지배적인 영향을 준다는 시각 주의 특성 기반 메트릭의 가설을 실험적으로 검증한다.

2. 실험 환경

양안식 3D 영상의 시각적 불편함 측정을 위해 ITU-R BT. 500-11 [7]의 권고를 따라 구축된 시청 환경에서 주관적 시각 불편함 평가를 수행하였다. 1920×1080 해상도의 반투명 거울 (half mirror)로 구성된 편광방식 40" 3D 모니터 (Redrover SDM-400[®])가 3D 디스플레이에 사용되었으며, 피험자는 3D 모니터로부터 1.5m 거리에서 양안식 3D 영상을 시청하였다. 총 31 명이 본 실험에 참여하였다.

본 실험을 위하여 컴퓨터 그래픽 툴 (3Ds Max)를 이용하여 시각적 불편함을 유발하는 25 장의 양안식 3D 영상을 생성하였다. 주어진 환경에서 양안식 3D 영상의 최대 양안 시차 크기는 3.9 ± 1.1 도 (평균 \pm 표준 편차), 최소 양안 시차의 크기는 -0.7 ± 1.8 도이다 (양수는 교차 양안 시차,

음수는 비교차 양안 시차를 의미함). 양안시차의 전역적 변화와 지역적 변화에 따른 주관적 시각 불편함 변화를 측정하기 위하여 두 가지 방법으로 양안식 3D 영상의 양안 시차를 조절하였다.

첫 번째 테스트 영상 set 의 경우 선형 스케일 (linear scale)을 이용하여 양안식 3D 영상의 양안 시차 범위를 전역적으로 감소시켜 생성하였다. 두 번째 테스트 영상 set 의 경우 전역적으로 감소된 첫 번째 테스트 영상 set 에서 시각적 불편함을 가장 많이 유발하는 문제 영역의 양안 시차의 감소가 최대가 되도록 시각적 불편함의 정도에 따라 적응적으로 양안시차를 감소시켜 생성하였다. 양안식 3D 영상에서 지역적인 문제를 유발시키는 요소로 물체가 갖는 양안시차의 상대적 크기 [8]와 물체의 두께 (thickness) 특징 [6]을 사용하였다. 양안 시차의 상대적 크기와 두께 특징은 모두 주어진 양안 시차에 대해서 추가적인 시각적 불편함을 야기하는 것으로 알려져 있다.

위의 두 가지 테스트 영상 set 에 대하여 원본 영상 대비 시각적 불편함의 변화를 측정하기 위해 DSCQS (Double Stimulus Continuous Quality Scale) 방법 [7]을 사용하였다. 이 방법은 원본 영상과 양안 시차가 조절된 테스트 영상을 시청자에게 각각 10 초간 디스플레이한 후 피험자가 느끼는 주관적 불편함을 10 초의 휴식시간 동안 0~100 점 (0: 매우 불편함, 100: 매우 편함) 사이의 점수를 매기는 방식으로, 결과 해석은 각 실험 조건에 대하여 원본 영상과 테스트 영상으로부터 얻은 두 점수의 차분 값을 이용한다. 여러 명의 피험자로부터 얻은 차분 값의 평균을 DMOS (Differential Mean Opinion Score)라 하며, DMOS 값이 클수록 원본 영상에 비하여 테스트 영상이 시각적으로 더 편함을 의미한다.

3. 실험 결과

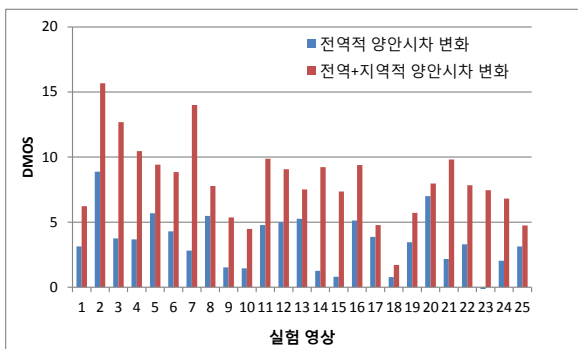


그림 1. 양안식 3D 영상의 전역적/지역적 양안시차 변화에 따른 주관적 시각 불편함 측정 결과

그림 1 은 양안식 3D 영상의 전역적/지역적 양안시차 변화에 따른 주관적 시각피로 평가 결과를 나타낸다. 그림에서 가로축은 실험에 사용된 양안식 3D 영상의 인덱스를 나타내고 세로축은 DMOS 값을 나타낸다. 위 그림의 두 결과를 통하여 양안식 3D 영상에서 시각적 불편함을 야기하는 지역적 양안시차 조절을 통하여 시각적 불편함이 감소한 것을 확인할 수 있다. 전역적 양안 시차 조절을 한 첫 번째 영상 set 의 DMOS 값 평균은 3.5 표준 오차는 0.4 이며, 추가적인 지역적 양안시차 조절을 한 두 번째 영상 set 의 DMOS 값 평균은 8.2

표준 오차는 0.6 이다. T-test 결과 두 영상 set 의 DMOS 값 차이가 유의함을 확인하였다 ($p < 0.01$).

4. 결론

본 논문에서는 시각적 불편함을 유발하는 양안식 3D 영상의 전역적/지역적 양안 시차 변화에 따른 시각적 불편함을 측정하였다. 실험 결과를 통하여, 시각적 불편함을 유발하는 문제 영역의 지역적 양안시차 조절을 통해서도 시각적 불편함이 감소할 수 있다는 것을 확인할 수 있었다. 이를 통하여, 시각 주의 특성 기반 메트릭의 시각 불편함 정량화를 위한 승점독점 (winner-takes-all) 가설이 양안식 3D 영상의 시각적 불편함 정량화뿐만 아니라 시각적 불편함 저감을 위해서도 효과적으로 적용될 수 있음을 시사한다.

Acknowledgment

이 논문은 2012 년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원을 받아 수행된 것임(2012R1A1A200777).

참고문헌

- [1] M. Lambooi, W. IJsselsteijn, M. Fortuin, and I. Heynderickx, "Visual discomfort and visual fatigue of stereoscopic displays: A review," *Journal of Imaging Science and Technology*, vol. 53, no. 3, pp.1-14, May, 2009.
- [2] M. Lambooi, M. F. Fortuin, W. A. IJsselsteijn, and I. Heynderickx, "Visual comfort associated with 3D displays," *Proceedings of the Fifth International Workshop on Video Processing and Quality Metrics (VPQM) for Consumer Electronics*, Jan. 2010.
- [3] J. Choi, D. Kim, B. Ham, S. Choi, and K. Sohn, "Visual fatigue evaluation and enhancement for 2D-plus-depth video," In *Proceedings of the IEEE International Conference on Image Processing*, pp. 2981-2984, 2010.
- [4] Y.J. Jung, S. Lee, H. Sohn, H.W. Park, and Y.M. Ro, "Visual comfort assessment metric based on salient object motion information in stereoscopic video," *Journal of Electronic Imaging*, vol. 21, no. 1, 2012.
- [5] H. Sohn, Y. J. Jung, S. Lee, H. W. Park, and Y. M. Ro, "Attention model-based visual comfort assessment for stereoscopic depth perception," In *Proceedings of International Conference on Digital Signal Processing*, pp. 1-6, July 2011.
- [6] H. Sohn, Y.J. Jung, S. Lee, H.W. Park, and Y.M. Ro, "Investigation of Object Thickness for Visual Discomfort Prediction in Stereoscopic Images," In *Proceedings of SPIE, Stereoscopic Displays and Applications XXIII*, vol 8288, 2012.
- [7] ITU-R BT-500.11, "Methodology for the subjective assessment of the quality of television pictures," 2002.
- [8] P. Burt and B. Julesz, "A disparity gradient limit for binocular fusion," *Science*, vol. 208, no. 444, pp. 615-617, May 1980.