

## 모바일 융합형 3DTV의 비대칭 양안식 영상에 대한 주관적 화질평가

\*이주영 김성훈 정세윤 최진수 김진웅

한국전자통신연구원 실감미디어연구부

\*leejy1003@etri.re.kr

## A Subjective Quality Assessment on the Asymmetric Stereoscopic Video of Mobile-hybrid 3DTV

\*Jooyoung Lee Sung-Hoon Kim Seyoon Jeong Jin Soo Choi Jinwoong Kim

Realistic Broadcast Media Research Laboratory, ETRI, Daejeon, Rep. of Korea

### 요약

양안식 3DTV 비디오의 효율적인 압축을 위해 다양한 기술들이 연구되었으며, 그 중 좌우영상으로 상이한 해상도의 영상을 사용하는 비대칭 양안식 영상은 인간의 시각 시스템이 상이한 해상도의 양안식 영상을 높은 쪽 영상의 품질에 가깝게 인지하는 특성을 이용한 대표적인 비트레이트를 절감 방식이다. 이에 다양한 연구에서 좌우해상도 차이에 따른 화질 저하 정도를 측정하려는 시도가 이루어졌으나, 기존 연구에서는 적정 시청거리를 고려하지 않고 단순 좌우 영상의 크기만을 고려하여 실험하였으며 따라서 각 연구별로 상이한 실험 결과가 도출되었다. 본 연구에서는 인간의 시각 시스템을 고려하여 적정 시청거리를 계산하고, 이에 따라 좌우영상 비율 별 화질평가를 수행하였다. 특히 본 연구에서는 좌영상을 HD급 방송콘텐츠로 가정하고, 우영상을 모바일 방송콘텐츠로 가정함으로써, 실험 결과의 방송 서비스 활용가능성을 높였다.

### 1. 서론

최근 디지털 기술의 발전에 따라 3D 콘텐츠 제작과 3D 디스플레이 기술의 완성도가 높아지고 사실감과 현장감을 제공하는 실감미디어에 대한 소비자의 요구가 증가하면서, 양안식 3DTV 비디오의 효율적인 저장 및 압축을 위한 다양한 기술들이 연구되고 있다. 대표적으로 HEVC와 같은 고효율 압축 코덱을 이용하여 압축 성능을 높이고자 하는 연구가 진행되었으며[1], 좌우 영상 간의 상관관계를 이용한 MVC (Multiview Video Coding)와 같은 표준 기술도 개발되었다[2]. 또한 깊이영상을 활용한 3D 영상의 효율적인 전송 방식도 연구되었다[3].

비디오 코딩을 통한 3D 영상 압축과는 별도로 상이한 해상도의 영상을 사용하는 비대칭 양안식 영상을 이용하여 비트레이트를 절감하려는 연구도 함께 진행되고 있다. 인간의 시각 시스템은 양안 시차억제(Binocular Rivalry Suppression)라 불리는 상이한 해상도의 양안식 영상을 높은 쪽 영상의 품질에 가깝게 인지하는 특성이 있다[4]. 이에 한쪽 영상으로 고화질 영상을 사용하고, 다른 영상을 일정 정도의 저화질 영상을 이용할 경우, 시청자는 두 영상으로 이루어진 양안식 3D 영상을 고화질 영상에 가깝게 인지하므로, 두 개의 고화질 영상으로 이루어진 양안식 3D 영상에 비해 일정량의 비트레이트를 절감할 수 있다. 그러나 좌우영상의 해상도 차이가 일정 비율이 이하일 경우에는 고화질 영상이 전체 화질을 결정하는 주 요인이거나, 좌우영상 해상도 차이가 커질 경우 점차 저화질 영상이 전체 화질에 영향을 미치게 된

다[5]. 따라서 다양한 연구에서 좌우해상도 차이에 따른 화질 저하 정도를 측정하려는 시도가 이루어졌으나[5,6,7], 기존 연구에서는 적정 시청거리를 고려하지 않고 단순 좌우 영상의 크기만을 고려하여 실험하였으며 따라서 각 연구별로 상이한 실험 결과가 도출되었다. 본 연구에서는 인간의 시각 시스템을 고려하여 적정 시청거리를 계산하고, 이에 따라 좌우영상 비율 별 화질평가를 수행하였다. 특히 본 연구에서는 좌영상을 HD급 방송콘텐츠로 가정하고, 우영상을 모바일 방송콘텐츠로 가정함으로써, 모바일 융합형 3DTV 방송 시스템[8]에서의 실험 결과 활용가능성을 높였다.

### 2. 주관적 화질평가

비대칭 좌우영상의 주관적 화질평가를 위해 다음과 같은 방식으로 시청 거리를 계산하고, 이에 따라 HD 영상 사이즈의 좌영상과 모바일 방송 영상 사이즈의 우영상으로 구성된 양안식 3D 영상에 대한 주관적 화질평가를 수행하였다.

#### 가. 적정 시청거리 계산

영상의 주관적 화질평가에 널리 사용되는 ITU-R BT.500 [9] 또는 ITU-T P.910 [10]의 경우, 시청 거리에 대한 엄격한 기준이 없다. 따라서 비대칭 영상의 화질평가에 대해 연구한 [5,6,7]에서는 실험 디스플레이의 세로 길이를 기준으로 각각 2.1-2.4H, 4H, 3.3H의 시청거리에서 실험을 진행하였으며, 해당 실험은 먼 시청거리를 사용한 연구일수록 좋은 평가 결과를 얻는 상이한 결과를 보였다. 이는 시청 거리

본 연구는 산업통상자원부 및 한국산업기술진흥원의 국제공동기술개발사업의 일환으로 수행하였음 [N011500052 DVR-T2 기반 고정/이동TV 융합형 고화질 3DTV 다중화 및 수신시스템 기술개발]

표 1. 디스플레이 사이즈 및 영상 해상도에 따른 적정 시청거리 예

디스플레이 대각 사이즈 (inch - Cm)	디스플레이 가로 사이즈 (Cm)	영상 가로 사이즈 (pixels)	적정 시청거리 (Cm)
32 - 81.28	81.28	1280	190.2622
		1920	126.8415
		3840	59.45695
42 - 106.68	106.68	1280	249.7192
		1920	166.4795
		3840	78.03725
55 - 139.7	139.7	1280	327.0132
		1920	218.0088
		3840	102.1916
60 - 152.4	152.4	1280	356.7417
		1920	237.8278
		3840	111.4818
70 - 177.8	177.8	1280	416.1987
		1920	277.4658
		3840	130.0621
80 - 203.2	203.2	1280	475.6556
		1920	317.1037
		3840	148.6424
100 - 254	254	1280	594.5695
		1920	396.3797
		3840	185.803
120 - 304.8	304.8	1280	713.4834
		1920	475.6556
		3840	222.9636

가 길어질수록 영상의 디테일을 감지하기 힘들어지기 때문이며, 이에 따라 좌우영상의 사이즈 차이가 주관적 화질에 미치는 영향도 줄어들기 때문이다. 시청거리가 화질평가 결과에 미치는 영향을 줄이기 위해 본 연구에서는 식(1)과 같이 인간의 시각 인지 능력을 고려하여 비대칭 영상의 적정 시청거리를 계산하였다. 식 (1)에서 시청거리는 정상적인 시력을 가진 사람이 구별할 수 있는 최소 시야각을 기반으로 계산된다. 여기서 최소 시야각은 1 분각(arcminute)을 의미하며[11], 정상적인 시력이란 1.0의 시력(20/20 또는 6/6 시력과 동일)을 의미한다 [12][13]. 즉 영상 내 픽셀 간의 거리가 1분각의 시야에 매칭되는 거리를 화질평가를 위한 적정 시청거리로 정의하였다. 식(1)에서 최소값을 사용한 것은 영상의 상하 바(bar) 등이 시청거리에 미치는 영향을 최소화하기 위함이다. 표 1 은 디스플레이 사이즈 및 영상 해상도에 따른 적정 시청거리 예를 보인다.

$$VD = \min \left[ \frac{DHS}{PW \times \tan \frac{1}{60}}, \frac{DVS}{PH \times \tan \frac{1}{60}} \right] \quad (1)$$

VD: Viewing Distance  
 DHS: Display Horizontal Size (in length)  
 DVS: Display Vertical Size (in length)  
 PW: Picture Width (in pixels)  
 PH: Picture Height (in pixels)

표 2. 테스트 시퀀스 정보

시퀀스	사이즈	길이	프레임 레이트	SI (Spatial perceptual Info.)	TI (Temporal perceptual Info.)
Band	1920 x1080	10s	29.97	52.0512	22.7111
BMX	1920 x1080	8s	29.97	54.9013	38.202
Musicians	1920 x1080	8s	29.97	106.2738	28.6297
Poker	1920 x1080	8s	29.97	75.9937	15.2199

나. 실험 환경

실험을 위해 표 2와 같은 네 개의 테스트 시퀀스(Band, BMX, Musicians, Poker)를 활용하였다. 시퀀스는 1920x1080 사이즈로 구성되었으며, 10초 짜리 영상 하나와 8초짜리 영상 셋으로 구성되었다. 각 시퀀스의 프레임레이트는 29.97이였으며, 영상의 특성을 확인하기 위해 ITU-T P.910 권고안[10]에 따라 영상의 공간 특성(SI: Spatial perceptual information)과 시간 특성(TI: Temporal perceptual information) 값을 계산하였으며, 권고안에 따라 다양한 공간 및 시간 복잡도의 영상을 사용하였다. 화질 평가에서 네 시퀀스는 1920x1080 해상도의 좌영상을 사용하였으며, 우영상으로 830x480, 640x368, 416x240 세 가지 해상도 (이하 480p, 360p, 240p)로 다운스케일링된 영상을 사용하였다. 세 가지 우영상 해상도는 ATSC A/153 모바일 방송 규격을 사용하는 북미 모바일 방송사업자들이 주로 사용하는 영상 포맷이다. 네 개의 테스트 시퀀스에 대해 각각 레퍼런스 클립 영상을 포함한 네 개의 테스트 클립을 생성하고 이를 테스트하였다. 즉, 총 16개의 테스트 클립에 대한 실험을 수행하였다. 실험 디스플레이는 55인치 LG 3D 디스플레이(55LM9600)를 사용하였으며, 시청거리는 식(1)의 계산에 따라 218cm(3.18H)로 설정하였다. 실험은 DSIS (Double Stimulus Impairment Scaling)[9] 방식에 따라 진행하였으며, 일관된 실험 결과를 얻기 위해 테스트 영상의 재생 이전에 훈련 영상을 재생하였다. DSIS에서는 좌우 원영상으로 구성된 레퍼런스 클립과 테스트 대상 클립을 번갈아가며 한번 씩 평가자에게 보여준 후, 테스트 영상의 화질열화 정도를 다섯 등급으로 평가하도록 하였다. 실험에는 전체 23명의 평가자가 참여하였으며, 평가자의 평균 만 나이는 34.6세였다. 19명의 평가자는 좌우시력이 동일하다고 응답하였으며, 3명은 좌안 시력이, 1명은 우안 시력이 우수하다고 응답하였다. 평가자의 평균 시력은 0.94로 앞서 언급한 정상적인 시력인 1.0 시력에 매우 근접하였다.

다. 실험 결과

그림 1은 비대칭 영상의 주관적 화질평가 결과인 MOS 평균값과 95% 신뢰구간을 나타낸다. 그림 1에서 모든 시퀀스에 대해 레퍼런스 클립과 480p 우영상을 사용한 클립은 동등한 결과를 보였다. 즉 480p

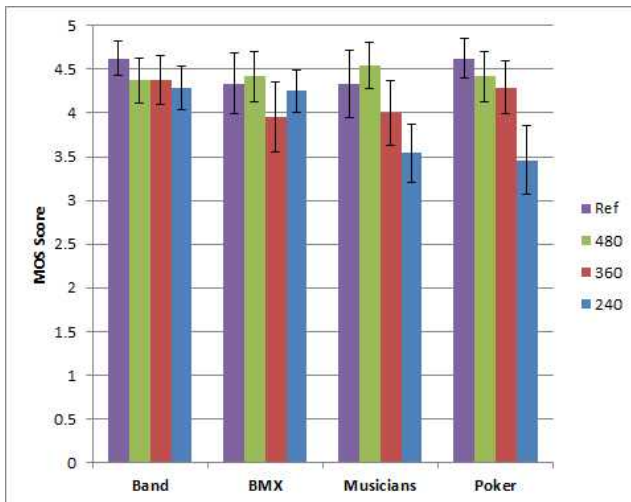


그림 1 비대칭 영상의 화질평가 결과

우영상을 사용한 클립의 경우 양안 시차 억제 현상에 의해 평가자가 좌우 해상도 차이에 따른 화질 저하를 느끼지 못하는 것을 확인하였다. 반면 360p 우영상을 사용한 클립의 경우 레퍼런스 영상 클립에 비해 약간 낮은 평가 결과를 얻었다. 이는 360p 우영상 사용에 따른 좌우 화질 차이를 평가자들이 어느 정도 인지하는 것을 의미한다. 그러나 360p 우영상을 사용한 테스트 영상의 클립도 대부분 MOS 4.0 또는 그 이상의 평가 결과를 얻었다. 240p 우영상을 사용한 테스트 클립의 경우 테스트 시퀀스 종류에 따라 평가가 큰 평가 결과를 얻었다. 특히 높은 SI 값을 갖는 Musicians와 Poker의 경우 확연히 낮은 평가를 받았으며, 반면 높은 TI 값을 갖는 BMS의 경우 대부분 레퍼런스 영상과 비슷한 평가 결과를 보였다. 이는 영상의 모션 때문에 평가자가 좌우 화질 차이를 느끼기 힘든 것으로 분석된다. 상기 실험 결과를 종합하면 HD 영상과 480p 영상을 양안식 3D 영상의 좌우 영상으로 사용하는 경우 두 개의 HD 영상을 사용한 양안식 3D 영상 대비 주관적 화질 저하가 없으므로 방송 서비스에 적합하다. 반면, HD와 240p 영상을 사용한 경우 테스트 시퀀스에 따라 화질 저하가 명확하며 방송 서비스에 적합하지 않다.

### 3. 결론

본 연구에서는 인간의 시각 시스템을 고려하여 적정 시청거리를 계산하고, 이에 따라 좌우영상 비율 별 화질평가를 수행하였다. 특히 본 연구에서는 좌영상을 HD급 방송콘텐츠로 가정하고, 우영상을 모바일 방송콘텐츠로 가정함으로써, 실험 결과가 향후 모바일 융합형 3DTV 서비스에 활용될 수 있도록 하였다. 실험 결과 HD급의 영상과 480p 영상을 양안식 영상의 좌우영상으로 이용하는 것은 매우 우수한 주관적 화질평가 결과를 얻었으며, 240P 우영상의 경우 화질 차이가 주관적 화질에 영향을 미치는 것을 확인하였다. 특히 움직임이 적은 정적인 영상에서 좌우 영상 크기의 비대칭이 주관적 화질에 더 큰 영향을 미치는 것을 확인하였다. 본 연구 결과는 향후 모바일 융합형 3DTV 방송을 제공하는 데에 있어 서비스 조합을 결정하는 데에 중요한 척도로 활용될 수 있을 것이다.

### 참고 문헌

- [1] 조숙희, 정세운, 이용돈, 최진수, 김진웅, "HEVC 기반 고화질 지상파 양안식 3DTV 방송 시스템 기술", Telecommunications Review, 제21권 4호, pp.554~570, 2011
- [2] A. Vetro, T. Wiegand and G. J. Sullivan "Overview of the stereo and multiview video coding extensions of the H.264/MPEG-4 AVC standard", Proc. IEEE, vol. 99, pp.626-642 2011
- [3] L. Zhang and W. Tam "Stereoscopic image generation based on depth images for 3D TV", IEEE Trans. Broadcasting, vol. 51, no. 2, pp.191-199 2005
- [4] H. Asher, "Suppression theory of binocular vision," Brit. J. Ophthalmology, vol. 37, pp. 37-49, 1953.
- [5] P. Aflaki, M. Hannuksela, M. Gabbouj, "Subjective quality assessment of asymmetric stereoscopic 3D video," Signal, Image and Video Processing, DOI: 10.1007/s11760-013-0439-0, Mar. 2013.
- [6] L. Stelmach, W. J. Tam, D. Meegan and A. Vincent "Stereo image quality: Effects of mixed spatiotemporal resolution," IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol., vol. 10, no. 2, pp.188-193 2000.
- [7] B. Kim et al., "A study on feasibility of dual-channel 3DTV service via ATSC-M/H," ETRI Journal, vol. 34, no. 1, pp. 17-23, Feb. 2012.
- [8] J. Lee, S. Kim, S. Jeong, J. Choi, J. Kim, "Bandwidth-efficient stereoscopic 3D broadcasting system utilizing mobile broadcast network", ICT Convergence 2013 Conf., Jeju, to be published.
- [9] Methodology for the subjective assessment of the quality of television pictures, ITU-R Recommendation BT.500-13, 2012.
- [10] Subjective video quality assessment methods for multimedia applications, ITU-T Recommendation P.910, 2008.
- [11] H. Kolb, E. Fernandez, and R. Nelson, Webvision: the organization of the retina and visual system, [Online]. Available: <http://webvision.med.utah.edu/>, 2001.
- [12] EyeCare Associates of East Texas, What does 20/20 vision mean?, [Online]. Available: <http://www.eyecaretyler.com/2020.htm>
- [13] Wikipedia, Snellen chart, [Online]. Available: [http://en.wikipedia.org/wiki/Snellen\\_chart](http://en.wikipedia.org/wiki/Snellen_chart)