

정규논문 (Regular Paper)

방송공학회논문지 제18권 제3호, 2013년 5월 (JBE Vol. 18, No. 3, May 2013)

http://dx.doi.org/10.5909/JBE.2013.18.3.416

ISSN 2287-9137 (Online) ISSN 1226-7953 (Print)

3D 디스플레이 모니터의 주관적 화질 상관도 비교

윤성욱^{a)}, 옥지현^{a)}, 임동현^{a)}, 한태환^{a)}, 이철희^{a)†}

Subjective Video Quality Comparison of 3D Display Monitors

Sungwook Youn^{a)}, Jiheon Ok^{a)}, Donghyun Yim^{a)}, Taehwan Han^{a)}, and Chulhee Lee^{a)†}

요 약

최근 3DTV의 화질 평가와 관련된 국제 표준이 국제전기통신연합과 VQEG 등을 중심으로 진행되고 있다. 기존의 2D 디스플레이와 달리 3D 디스플레이는 영상의 재생 방식과 전달 방법에 따라 편광안경, 셔터안경, 무안경 방식 등 여러 종류가 있으며, 다양한 기술들이 개발되고 있다. 본 논문에서는 여러 방식의 3D 디스플레이 기기를 사용하여 일관된 3D 화질 평가가 가능한지 조사하기 위하여, 상이한 디스플레이를 대상으로 주관적 화질 평가 실험을 수행하였다. 실험 결과 각 디스플레이에서 측정된 화질점수는 영상의 재생 방식이나 디스플레이의 크기에 관계없이 매우 높은 상관관계를 보였으며, 이는 다양한 디스플레이를 사용하여 영화신호의 체감 화질을 측정하는 경우 유사한 결과를 얻을 수 있음을 의미한다.

Abstract

Recently, efforts have been made to develop international standards related to 3DTV quality assessment underway in International Telecommunication Union and Video Quality Experts Group. Unlike conventional 2D displays, there are several types of 3D display monitors: passive glasses, active glasses and auto-stereoscopic. In this paper, we performed subjective video quality tests using various 3D display monitors, in order to examine whether these display monitors can produce consistent perceptual video quality scores for processed video sequences. The experimental results show that the subjective scores of those 3D monitors are highly correlated and it appears that similar subjective scores will be obtained even when different types of 3D displays are used.

Keyword : 3D displays, subjective quality assessment, video quality, passive glasses, active glasses

1. 서론

최근 3D 디스플레이 제작 기술의 발전과 더불어 영화, 애니메이션 및 게임 등 다양한 분야에서 3D 콘텐츠 제작이 활발히 진행되고 있다. 우리나라도 최근 지상파 정규채널에서 3D 시험 방송을 진행하였으며, 3D 디스플레이 기기의 보급 역시 빠르게 확대되고 있다.

a) 연세대학교 전기전자공학과 (School of Electrical & Electronic Engineering at Yonsei University)

† Corresponding Author : 이철희(Chulhee Lee)

E-mail: chulhee@yonsei.ac.kr

Tel: +82-2-2123-2779

* 이 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2011-0029381).

· Manuscript received April 8, 2013 Revised May 29, 2013 Accepted May 29, 2013

사람의 뇌는 좌안과 우안에 맺히는 상의 위치 차이를 이용하여, 각 눈에 맺힌 2차원 영상을 입체감이 있는 3차원 영상으로 재구성하여 인식하며, 3DTV는 이러한 양안 시차 원리를 이용한다. 즉, 일정 간격으로 떨어진 두 대의 카메라로 촬영된 두 영상을 독립적으로 좌안과 우안에 보이도록 하여, 디스플레이에서 재생되는 영상의 입체감을 전달한다. 따라서 3DTV에서 좌안 영상과 우안 영상이 좌안과 우안에 섞이지 않고 전달되는 것이 핵심기술이며, 현재 상용화된 3DTV는 영상의 전달 방식에 따라 양안 입체방식(stereoscopic)인 편광안경 방식과 셔터안경 방식 그리고 무안경 방식(auto-stereoscopic)방식 등으로 나뉜다.

편광안경 방식은 좌안 영상과 우안 영상을 분리하기 위하여, 서로 다른 편광필터를 디스플레이 기기와 안경에 적용하여, 동일한 편광 특성을 가지는 영상만을 각 눈에 전달하도록 하는 방식이다. 편광안경 방식은 셔터 안경 방식에 비해 크로스톡(crosstalk)에 강인하고, 밝기에서도 우수하다. 하지만, 한 화면에 좌안 영상과 우안 영상을 모두 포함하고 있으므로, 각 영상은 수직 해상도가 절반으로 감소하며, 또한 광원과 필터 사이의 거리로 인해 상하 시야각에 따라 좌우 영상이 반대로 전달될 수 있다.

셔터안경 방식은 디스플레이에서 좌우 영상을 번갈아 재생하고, 이와 동기화된 안경의 좌우렌즈를 번갈아 열고 닫아, 현재 재생되는 영상에 해당하는 안경에서만 영상이 전달되도록 하는 방식이다. 셔터안경 방식은 한 화면에서 한 쪽 영상만을 포함하므로 편광안경 방식에서 나타나는 해상도 감소 문제가 없으며, 상하 시야각에 의한 문제가 발생하

지 않는다. 그러나, 셔터안경 방식은 안경의 개폐 과정에서 눈에 전달된 영상의 밝기가 저하되며, 디스플레이의 응답 속도로 인해 크로스톡이 발생할 수 있다.

무안경 방식은 양안 입체방식에 사용되는 안경의 역할을 디스플레이에 직접 장착한 방식이며, 좌안 영상과 우안 영상을 분리하는 방법에 따라 일정한 간격으로 배리어(Barrier)를 장착한 방식인 패럴랙스 배리어(Parallax Barrier)와 불록한 형태의 렌즈로 빛을 굴절시키는 방식인 렌티큘러(Lenticular)로 나뉜다. 무안경 방식은 안경을 사용하지 않으므로 상대적으로 편리하지만, 제작 가격이 높고 수평 시야각과 수직 시야각이 좁다는 문제가 있다.

3D 디스플레이의 화질은 기존의 2D 환경에서 나타나는 여러 가지 열화와 더불어 좌우 영상의 차이와 재생되는 디스플레이의 물리적 특성이 함께 고려되어야 한다. 영상의 열화는 압축과 전송과정에서 정보의 손실로 인해 발생하여, 블러링(blurring), 블로킹(blocking) 등의 공간적 열화와 지연(delay), 떨림(jitter) 등의 시간적 열화의 형태로 나타난다. 또한 3D 영상은 좌우 영상의 차이와 3D 디스플레이의 특성들로 인해 시각피로나 불편함이 발생할 수 있으며, 이는 평가자의 체감 화질에 영향을 준다.

국제전기통신연합(ITU: International Telecommunication Union)과 VQEG(Video Quality Expert Group) 등에서는 3DTV의 화질 평가와 관련된 다수의 국제 표준 제정이 진행 중에 있다^[1,2,3,4,5]. 표1은 3D 화질 평가 관련분야에서 완료되거나 진행 중인 표준을 나타낸다. 디스플레이에서 재생되는 영상의 주관적 화질 평가는 객관적 화질 평가 모델의 개발과정에 있어서 각 모델의 성능을 평가하는 주요한

표 1. 3D 디스플레이 화질 관련 표준
 Table 1. Standards related to 3D display quality

표준번호	표준명	기관	완료년도
Recommendation ITU-R BT.2021	Subjective methods for the assessment of stereoscopic 3DTV systems	ITU-R	2012
P.3D-sam	Subjective assessment methods for 3D video quality	ITU-T	진행중
J.3D-fatigue	Assessment methods of visual fatigue and safety guideline for 3D video	ITU-T	진행중
J.3D-disp-req	Display Requirements for 3D video quality assessment	ITU-T	진행중
3DTV Project	3DTV Project	VQEG	진행중

척도로 사용되고 있다^[6,7,8]. 그러나 개발된 모델이 서로 다른 방식의 디스플레이 기기에 적용될 경우, 앞서 언급한 서로간의 특성 차이로 인해 화질 측정에 문제가 발생할 수 있다. 본 논문에서는 2가지 구동 방식의 3D 디스플레이 기기를 대상으로 주관적 화질 평가를 수행하고 평가 결과의 상관도 분석을 통해, 3D 열화 신호의 체감 품질을 측정하는데 있어 서로 다른 구동 방식과 크기를 갖는 디스플레이를 사용하는 것이 가능한지 조사하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 본 논문의 실험 환경과 절차에 대해 설명한다. III장에서 실험결과를 분석한 후, IV장에서 결론을 맺는다.

II. 실험 환경 및 절차

1. 주관적 화질 평가방법 선정

주관적 화질 평가방법은 실험의 목적에 따라 다양한 방법이 존재하며, ITU-R 권고문 BT.500과 ITU-T 권고문 P.910에 명시된 DSCQS(Double Stimulus Continuous Quality Scale) 평가방법과 ACR(Absolute Category Rating) 평가방법 등이 널리 사용되고 있다^[9,10]. 최근 완료된 ITU-R 권고문 BT.2021에는 양안 입체방식 3DTV의 주관적 화질 평가방법이 명시되어 있으며, 여기에서도 DSCQS 평가방법과 ACR 평가방법을 권장하고 있다^[11].

DSCQS 평가방법은 그림 1과 같이 원본영상(source video)과 처리영상(processed video)의 재생 순서를 무작위로 정하고, 이를 연속해서 두 번 보여준다. 평가자는 두 번 재생된 한 쌍의 영상을 본 후, 각 영상의 화질 점수를 그림 2에 나타난 5단계로 구분된 연속 측정 평가(continuous

grading scale)에 표시한다. 평가표의 가장 아래에 나타난 선은 0점, 가장 위쪽에 표시된 선은 100점으로 환산되며, 평가자의 점수는 표시된 위치에 따라 0점부터 100점 사이의 정수로 환산된다.

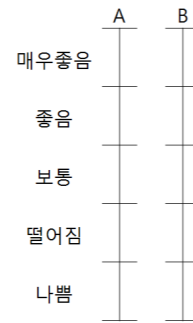


그림 2. DSCQS 연속 측정 평가표
Fig. 2. DSCQS continuous quality scale

ACR 방법은 그림 3과 같이 원본영상과 처리영상을 포함하는 테스트 영상을 무작위로 섞은 후, 각 영상을 1번 재생한다. 평가자는 재생된 영상을 본 후, 각 영상의 화질 점수를 그림 4에 나타난 5단계로 구분된 평가표에 기입한다. 평가표의 가장 아래 칸은 1점, 가장 위의 칸은 5점으로 환산된다.

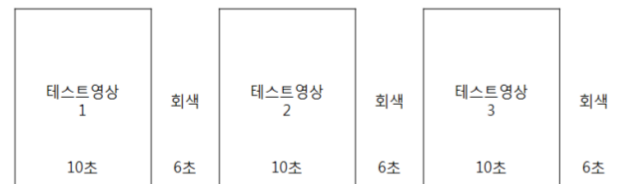


그림 3. ACR 평가방법의 실험 영상 제시 과정
Fig. 3. Presentation of video sequences for the ACR method

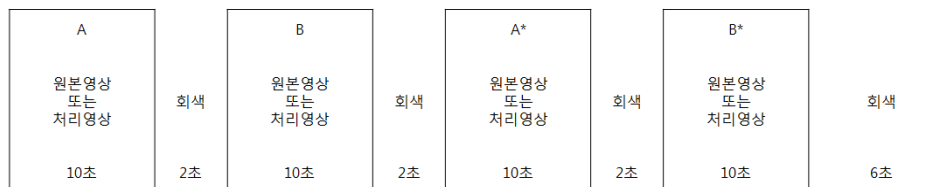


그림 1. DSCQS 평가방법의 실험 영상 제시 과정
Fig. 1. Presentation of video sequences for the DSCQS method

DSCQS 방법은 원본영상에 대한 처리영상의 상대적인 화질을 측정하여 화질 평가의 정확도가 매우 높다. 그러나 원본영상과 처리영상을 각각 2회씩 재생하기 때문에 화질 평가의 소요 시간이 길다. 따라서 DSCQS 방법은 많은 수의 영상을 평가하는 데에 적합하지 않다. 반면 ACR 방법은 각 영상의 절대 화질을 측정하는데 용이하며, 짧은 시간에 많은 영상을 평가할 수 있다. 또한 ACR 방법은 재생된 원본 영상의 화질 점수를 이용하여, DSCQS와 같이 처리영상의 상대적인 화질 측정도 가능하다. 최근 DSCQS 방법의 결과와 ACR 방법의 결과의 비교 실험을 통해, 두 방법이 매우 높은 상관도를 보임을 확인하였으며^[11], 이에 본 논문의 실험에서는 정확한 화질 측정치를 보이면서도 많은 수의 영상을 평가할 수 있는 ACR 방법을 사용하였다.

영상 번호	1	2	3	4	5
매우 좋음					
좋음					
보통					
떨어짐					
나쁨					

그림 4. ACR 평가표
 Fig. 4. Quality score sheet of the ACR method

2. 사용된 디스플레이 기기

실험의 목적은 다양한 디스플레이 사이의 주관적 화질

평가의 상관도를 측정하는 것이므로, 편광안경 방식, 셔터안경 방식의 디스플레이를 고루 사용하였으며, 여러 사용 환경에 적합한 다양한 크기의 디스플레이 기기를 선정하였다. 상용화된 제품 중 4가지를 선택하였으며, 아래의 표 2는 실험에 사용된 각 디스플레이의 사양을 나타낸다.

3. 실험실 설정

ITU-R 권고문 BT.500에는 실험실의 밝기, 시정거리, 화면 밝기 등 실험실 환경에 대한 여러 조건들이 규정되어 있다. 본 실험에서는 다양한 디스플레이를 사용하였으며, 각 디스플레이의 목적에 따라 그림 5와 같이 실험실 환경을 설정하였다. 디스플레이 A와 B는 TV로 분류되며, 그림 5의 (a)와 같이 2명의 평가자가 동시에 실험을 수행하였다. 디스플레이 C와 D는 모니터로, 그림 5의 (b)와 같이 1명의 평가자가 실험을 수행하였다. 각 디스플레이의 후면에 조명벽(lightwall)을 사용하여 실험실의 밝기를 설정하였으며, 평가자는 디스플레이 높이의 세배에 이르는 거리(3H)에서 영상을 시청하도록 하였다.

4. 실험에 사용된 동영상

본 실험에서는 VQEG-3DTV 프로젝트에서 제공한 NAMA3DS1-CoSpaD1(Nantes-Madrid 3D Stereoscopic Sequences Part 1 - Coding and Spatial Degradation 1) 영상을 사용하였다. 실험영상은 다양한 환경에서 제작된 원본영상 10개와 이를 이용한 각 원본영상 별 10개의 처리영상으로 구성되며, 전체 실험영상은 110개로 되어있다. 처리

표 2. 실험에 사용된 디스플레이 기기의 사양
 Table 2. Specifications of display used in the quality assessment

디스플레이	분류	3D 구동방식	대각선길이(인치)	영상 입력방식	공간적 해상도	시간적 해상도	출시년도
A	TV	편광안경	115cm(46)	Side-by-Side	1920x1080	60Hz	2009
B	TV	셔터안경	120cm(47)	Top-Bottom	1920x1080	480Hz	2010
C	모니터	편광안경	69cm(27)	Side-by-Side	1920x1080	60Hz	2011
D	모니터	편광안경	58cm(23)	Side-by-Side	1920x1080	60Hz	2011

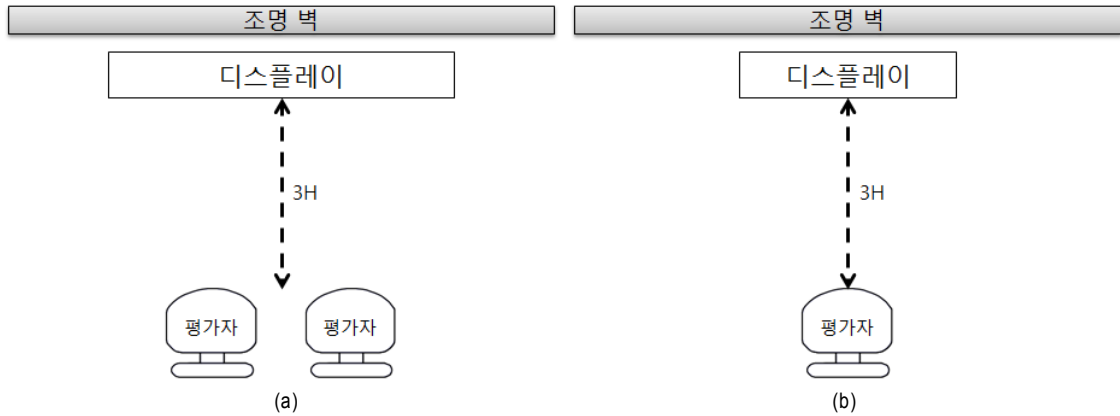


그림 5. 실험실 환경 (a) TV 환경 (b) 모니터 환경
Fig. 5. Test environment

영상은 원본영상에 H.264 부호화기와 JPEG2K 부호화기를 이용한 비트율 변화와 해상도 축소, 그리고 후처리 필터 등을 적용하여, 높은 품질에서 낮은 품질까지 균일하게 분포하도록 제작되었다. 표 3은 각 처리영상의 제작 방식을 나타낸다.

표 3. 처리영상의 구성
Table 3. List of HRC's of Dataset

HRC	Impairments & Degradations	
	타입	파라미터
0	None	-
1	H.264	QP32
2	H.264	QP38
3	H.264	QP44
4	JPEG2k	2 Mb/s
5	JPEG2k	8 Mb/s
6	JPEG2k	16 Mb/s
7	JPEG2k	32 Mb/s
8	Reduction of resolution	↓4 downsampling
9	Image Sharpening	Edge enhancement
10	Downsampling & Sharpening	HRC8 + HRC9

5. 평가자

본 실험은 화질 평가 연구와 직접적인 연관이 없는 비전

문가를 대상으로 화질 평가를 수행하였으며, 각 디스플레이 기기별로 23명에서 28명이 화질 평가 실험을 수행하였다. 표 4는 각 디스플레이 기기의 화질 평가 실험에 참여한 평가자의 수와, 평가자들의 평균 입체시 레벨, 평가자들의 평균 동공간 거리를 나타낸다. 평가자는 교정시력이 양안 모두 1.0 이상이며, 색맹 또는 색약인 색각이상자는 실험에서 제외되었다, 또한 입체시 테스트(Fine Stereopsis)를 통해, 5단계 이상 인식하지 못하는 경우 실험에서 제외되었다.

표 4. 디스플레이 별 주관적 화질 평가에 참여한 인원수 및 정보
Table 4. Information of evaluators for each subjective test

	A	B	C	D	전체
평가자 수	28	23	24	24	99
평균 입체시 (level)	7.57	7.96	8.67	7.00	7.79
평균 동공간 거리 (cm)	58.29	58.96	58.92	59.38	58.86

III. 실험 결과

각 영상의 화질 점수는 MOS(Mean Opinion Score)로 환산된다. MOS는 각 영상에 대해 평가자가 평가한 점수에 평균을 취한 것으로 영상의 절대적인 화질을 나타내는

수치가 되며, 다음과 같이 정의된다.

$$MOS_i = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N Score(i, j)$$

여기서 MOS_i 는 i 영상의 MOS이고, $Score(i, j)$ 는 i 영상에 대한 j 평가자의 화질 점수를 의미한다.

NAMA3DS1-CoSpaD1의 110개 영상에 대하여, 4개의 디스플레이 기기별로 실험이 진행되었으며, 실험을 통해 각 디스플레이에서 110개의 MOS가 계산된다. 디스플레이 간의 주관적 화질 상관도를 비교하기 위해서 상호상관계수 (Pearson Correlation Coefficient)를 구하였다. 상호상관계수는 두 변량 사이의 상관관계의 정도를 수치로 나타내며, 화질 평가에서 평가 척도로 사용된다^[6,7,8]. 두 변량 X, Y 간의 상호상관계수 $\rho_{X,Y}$ 는 다음과 같이 정의된다.

$$\rho_{X,Y} = \frac{cov(X, Y)}{\sigma_X \sigma_Y}$$

여기서 $cov(X, Y)$ 는 변량 X 와 Y 의 공분산 값이고, σ_X 와 σ_Y 는 각각 변량 X 와 Y 의 표준편차이다. 본 실험의 결과에서는 두 디스플레이의 MOS 간의 상호상관계수가 1에 가까울수록 두 디스플레이 기기에서 수행된 주관적 평가 결과가 유사함을 의미하며, 두 디스플레이에서 재생되는 영상들에 대한 사용자의 체감 화질이 유사하다고 할 수 있다. 표 5는 4개의 디스플레이의 MOS에서 총 6쌍에 대해 상호상관계수를 나타내고, 그림 4는 6쌍의 디스플레이 MOS간의 분포도를 나타낸다.

표 5에서 모든 디스플레이 기기들 간의 화질 평가 결과가 매우 높은 상관도를 보이고 있으며, 이는 그림 6에서 모든

표 5. 각 디스플레이 기기간의 상호상관계수

Table 5. Correlation coefficients between each display pairs

	A	B	C	D
A	1	0.961	0.981	0.977
B	0.961	1	0.968	0.952
C	0.981	0.968	1	0.981
D	0.977	0.952	0.981	1

디스플레이 기기들 간의 화질점수가 선형회귀선에 가깝게 분포하는 것으로 확인할 수 있다. 디스플레이간의 상관도의 최소는 셔터안경 방식의 47인치 디스플레이 B와 편광안경 방식의 23 인치 디스플레이 D의 경우에서 0.952로 나타나며, 나머지 다른 경우는 모두 이보다 높은 수치를 갖는다.

표 6은 각각의 디스플레이 기기를 대상으로 모든 동영상의 MOS의 평균을 취한 결과이다. 편광안경 방식의 46인치 디스플레이 A에서 MOS의 평균이 가장 높게 나타나고, 편광방식의 27인치 디스플레이 C에서 MOS의 평균이 가장 낮게 나타나며, 그 차이는 0.109이다. MOS의 범위가 1에서 5임을 감안할 때, 이는 약 2.7%의 변화이며, 각 디스플레이에서 나타나는 화질의 정도가 비슷함을 알 수 있다. 표 7은 디스플레이에서 얻은 MOS 값의 차이의 분석한 결과이며, 각 디스플레이에서 나타나는 MOS의 차이는 매우 작게 나타남을 확인할 수 있다. 이는 열화를 포함하는 영상의 체감 화질을 측정하는 경우, 실험에 사용된 디스플레이

표 6. 각 디스플레이 기기별 모든 영상의 MOS 평균값

Table 6. Mean of MOSs for each display

	A	B	C	D
MOS 평균	3.131	3.036	3.021	3.025

표 7. 각 디스플레이 기기간 MOS 차 통계적 분석

Table 7. Statistical analysis of MOS difference between each display pairs

	A-B	A-C	A-D	B-C	B-D	C-D
MOS 차의 최소	-0.537	-0.506	-0.476	-0.763	-0.964	-0.583
MOS 차의 최대	0.911	0.679	0.661	0.598	0.793	0.708
MOS 차의 평균	0.095	0.109	0.105	0.014	0.010	-0.004
MOS 차의 표준편차	0.302	0.208	0.231	0.270	0.330	0.201

의 3D 구동 방식 내에서는 디스플레이 크기나 특성에 상관 없이 유사한 화질 점수를 얻을 수 있음을 의미한다.

각 디스플레이는 크기와 3D 구동방식이 상이하며, 각각의 방식에 따라 서론에서 언급한 장단점을 가지고 있다. 또한 입력영상의 형식에 따라 디스플레이에서 후처리를 통해

영상을 재생하는 차이가 있다. 그러나 실험 결과를 통해 평가자가 체감하는 화질은 디스플레이의 특성과 무관하게 나타남을 확인할 수 있다. 따라서 앞으로 개발될 객관적 화질 평가 모델이 다른 방식의 3D 디스플레이에 적용될 경우, 유사한 결과를 얻을 수 있다는 것을 의미한다.

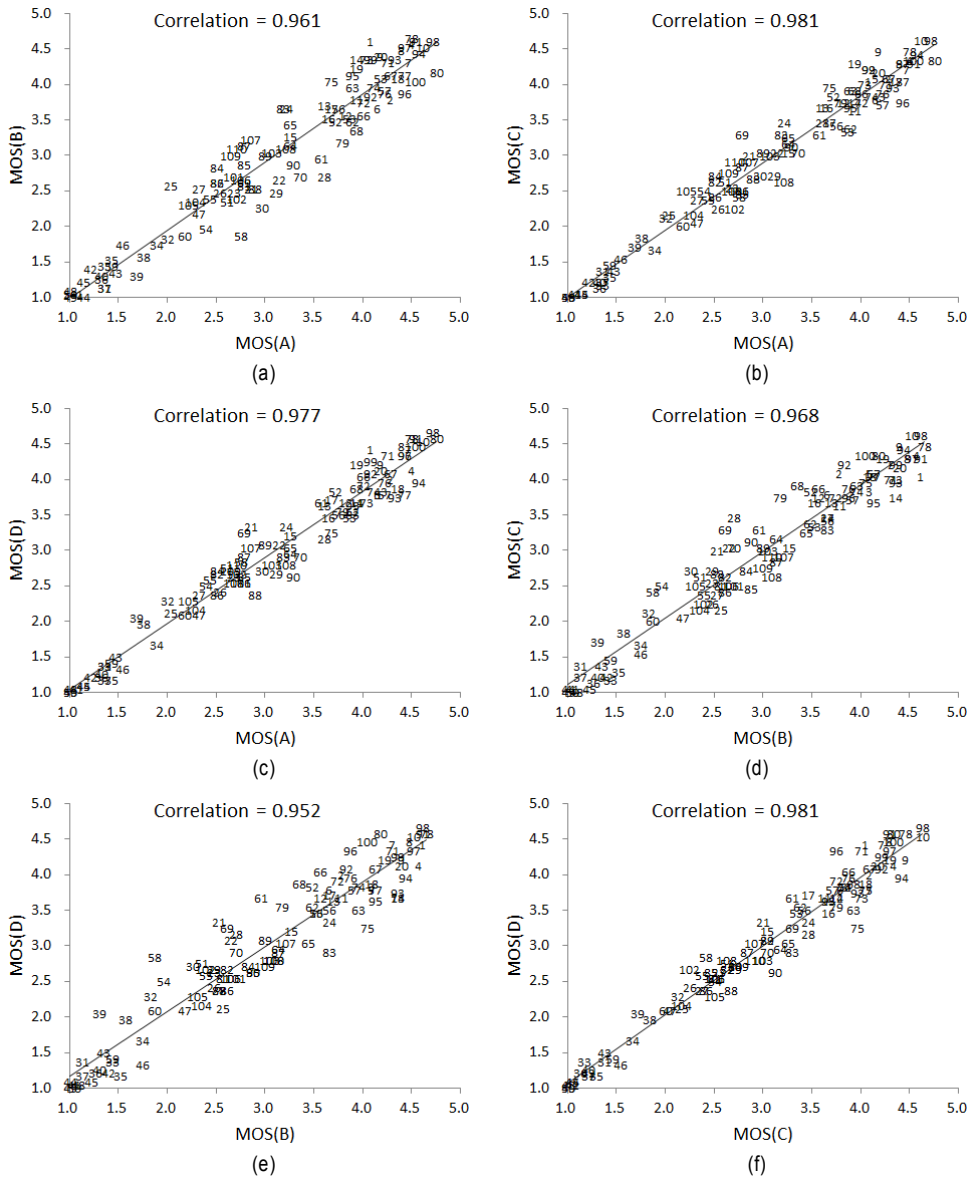


그림 6. 다양한 디스플레이 기기 사이의 MOS 분포 (a) A-B, (b) A-C, (c) A-D, (d) B-C, (e) B-D, (f) C-D
 Fig. 6. Scatter plots between each pair of displays

IV. 결 론

최근 3DTV의 화질 평가와 관련된 국제 표준화가 국제 전기통신연합과 VQEG 등을 중심으로 진행되고 있다. 3D 디스플레이는 구동 방식에 따라 편광안경, 셔터안경 그리고 무안경 방식이 있으며, 앞으로도 새롭고 다양한 기술들이 개발될 예정이다. 본 논문에서는 개발될 객관적 3D 화질 평가 모델이 다양한 방식의 3D 디스플레이 기기에서 적용이 가능한지 검토하기 위해, 여러 디스플레이 기기에서 주관적 화질 평가를 수행한 후, 각 디스플레이의 결과를 비교 분석 하였다. 실험결과 각 디스플레이 기기는 구동 방식과 디스플레이의 크기에 따라 약간의 차이를 나타내었으나, 최소 상관도가 0.952으로 디스플레이간의 화질 점수가 매우 높은 유사도를 나타내었다. 이는 앞으로 개발될 3D영상의 객관적 화질 평가 표준 모델이 다양한 방식의 디스플레이 기기에 적용될 수 있는 가능성을 보여준다. 그러나 본 논문에서 사용한 영상의 내용과 형식, 참여자수 및 디스플레이 종류 등 실험에 사용된 변수에는 한계가 있다. 더 높은 수준의 신뢰도를 갖는 결과를 얻기 위해서는, 더욱 다양한 조건에서 추가적인 실험이 이루어져야 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] ITU-R, "Subjective methods for the assessment of stereoscopic 3DTV systems," Recommendation ITU-R BT.2021, 2012.
- [2] ITU-T, "Subjective assessment methods for 3D Video Quality," ITU-T Draft New Recommendation P.3D-sam, 2012.
- [3] ITU-T, "Assessment methods of visual fatigue and safety guideline for 3D video," ITU-T Draft New Recommendation J.3D-fatigue, 2012.
- [4] ITU-T, "Display requirements for 3D video quality assessment," ITU-T Draft New Recommendation J.3D-disp-req, 2012.
- [5] Video Quality Experts Group, "Test plan for evaluation of video quality models for us with stereoscopic three-dimensional television content," 2012.
- [6] ITU-T, "Perceptual video quality measurement techniques for digital cable television in the presence of a reduced reference," ITU-T Recommendation J.249, 2010.
- [7] ITU-R, "Objective perceptual video quality measurement techniques for broadcasting applications using low definition television in the presence of a full reference signal," ITU-R Recommendation BT.1866, 2010.
- [8] ITU-R, "Objective perceptual video quality measurement techniques for broadcasting applications using low definition television in the presence of a reduced bandwidth reference," ITU-R Recommendation BT.1867, 2010.
- [9] ITU-R, "Methodology for the subjective assessment of the quality of television pictures," ITU-R Recommendation BT.500-11, 2003.
- [10] ITU-T, "Subjective video quality assessment methods for multimedia applications," ITU-T Recommendation P.910rev, 2008.
- [11] Jihwan Choe, Taek Jeong, Hyun Soo Choi, Eunjae Lee, Sang Wook Lee, and Chulhee Lee, "Comparison of subjective video quality assessment methods for multimedia applications," Journal of Broadcast Engineering, Vol. 12, No. 2, pp. 177-184, Mar 2007. (In Korean)

저 자 소 개



윤 성 욱

- 2009년 2월 : 연세대학교 전기전자공학과 졸업 (학사)
- 2009년 ~ 현재 : 연세대학교 전기전자공학과 통합과정
- 주관심분야 : 영상 신호처리, 패턴 인식

저 자 소 개



옥 지 현

- 2009년 2월 : 연세대학교 전기전자공학과 졸업 (학사)
- 2009년 ~ 현재 : 연세대학교 전기전자공학과 통합과정
- 주관심분야 : 영상 신호처리, 패턴인식



임 동 현

- 2011년 8월 : 연세대학교 전기전자공학과 졸업 (학사)
- 2011년 ~ 현재 : 연세대학교 전기전자공학과 석사과정
- 주관심분야 : 영상 신호처리, 패턴인식



한 태 환

- 2011년 2월 : 연세대학교 전기전자공학과 졸업 (학사)
- 2011년 ~ 현재 : 연세대학교 전기전자공학과 석사과정
- 주관심분야 : 영상 신호처리, 패턴인식



이 철 희

- 1984년 2월 : 서울대학교 전자공학과 졸업 (학사)
- 1986년 2월 : 서울대학교 전자공학과 졸업 (석사)
- 1986년 ~ 1987년 : Technical University of Denmark (DTH), Denmark
- 1992년 12월 : Purdue University Electrical Engineering Ph.D
- 1993년 ~ 1996년 : National Institutes of Health(NIH), Maryland USA
- 1996년 ~ 현재 : 연세대학교 전기전자공학과 교수
- 주관심분야 : 영상 신호처리, 비디오 화질평가, 패턴인식 및 Machine Vision