

논문 2014-51-2-17

# 셔터 글래스 방식 3D 영상에서의 PDP-TV 화질 보상

## (Picture Quality Compensation for PDP-TV in Shutter-Glass type 3D Image)

최 석 권\*, 이 인 수\*\*, 김 광 태\*\*\*

(Seog-Gweon Choi, In-Soo Lee, and Kwang-Tae Kim<sup>©</sup>)

### 요 약

최근 3D 디스플레이에 대한 개발이 활발히 이루어지고 있고, 그 중 셔터 글래스나 편광 글래스 이용한 3D 영상 기술이 주류를 이루고 있다. 그 중에서 셔터 글래스 방식의 경우 3D 안경의 영향으로 3D 시청 시 인지하는 휘도, 컬러 선명도(colorfulness) 그리고 선예도(sharpness)가 현저히 줄어들게 된다. 본 논문에서는 3D 시청 시 인지하는 채도를 CIECAM02 model을 이용하여 3D안경으로 인한 화질의 열화 정도를 평가하고 분석하였다. 이러한 과정을 통하여 셔터 글래스 방식의 3D PDP-TV를 3D 모드에서 시청시, 컬러 선명도와 선예도에 대한 손실에 대하여 결과를 도출하고, 이 결과를 토대로 3D 모드에서의 최적화된 화질 구현을 위한 컬러 선명도와 선예도를 보상하는 방안을 제안하고 실험을 진행하였다.

### Abstract

3D stereoscopic display is becoming increasingly common. Most stereoscopic displays still require the viewers to wear 3D glasses to watch 3D contents. As it is widely known, especially in shutter glass method, 3D glasses normally cause to reduce the perceived colorfulness and sharpness considerably as well as brightness. In this paper, we have estimated and analyzed the degradation of perceptual brightness in 3D images viewed through the shutter glasses by using CIECAM02 model. This study focuses on loss of colorfulness and sharpness when PDP-TV is watched at 3D mode in shutter-glass type 3D-TV. We analyze perceptual colorfulness and sharpness of 3D display with glasses and propose a method to compensate 3D colorfulness and sharpness for the best 3D experience.

**Keywords :** 3D display, colorfulness, 3D glasses, color appearance model

### I. 서 론

3D TV가 상용화됨에 따라 자연스럽게 2D 영상에서 요구되던 화질이 이슈가 되고 있다. 그 동안 3D 영상의

디스플레이 방식이나 3D 신호의 포맷 등 규격에 대한 많은 연구가 진행되었으며, 3D 영화나 콘텐츠는 물론, 케이블이나 지상파에서 3D 방송까지 상용화됨에 따라 손쉽게 3D 시청을 접할 수 있게 되고, 따라서 화질에 대한 요구도 높아지고 있다.

3D 시청이 가능하기 위해서는 양쪽 눈에 각기 다른 좌우 영상을 인가해야 한다. 이를 위해 현재 가장 널리 사용되고 있는 방식이 3D 안경을 이용하여 좌우 영상을 분할하는 방식이다. 3D 안경은 크게 편광 방식과 셔터 글래스 방식으로 나눌 수 있다. 편광 글래스(Polarized glass) 방식은 TV화면의 주사선을 각각 홀수 선과 짝수 선으로 나눈 뒤 각각의 주사선에서 왼쪽과 오른쪽 눈에 해당하는 영상 신호를 동시에 출력

\* 정회원, LG전자 상무  
(LG Electronics Inc.)

\*\* 정회원, 경북대학교 산업전자공학과  
(Department of Electronic Engineering, Kyungpook National University)

\*\*\* 정회원, 경북대학교 산업전자공학과  
(Department of Electronic Engineering, Kyungpook National University)

© Corresponding Author(E-mail: ktk@knu.ac.kr)

※ 이 논문은 2012학년도 경북대학교 학술연구비에 의하여 연구되었음

접수일자: 2013년12월6일, 수정완료일: 2014년1월29일

다. 이때의 안경은 편광 안경을 이용하여 좌, 우 두 가지 영상 신호 중, 좌우 안경에서 각각 홀, 짝수 중 한쪽 라인만 통과시킴으로써 좌우 영상을 양쪽 눈에 분리하여 시청하도록 한다. 셔터 글래스(shutter glass) 방식은 TV화면의 주사선을 공간적으로 나누지 않고 왼쪽과 오른쪽 눈에 해당하는 영상을 시간적으로 빠른 속도로 번갈아 출력하는 방식이다. 이때의 안경은 셔터 글래스에서 TV와의 통신을 주고받으면서 양쪽 렌즈의 셔터가 번갈아 열고 닫혀 각각의 눈에 해당하는 영상을 보여 주게 된다.<sup>[1]</sup>

PDP-TV에서는 편광방식을 사용 시 상하 시야각의 제한이 있어 일반적으로 셔터 글래스 방식을 사용한다. 이 때, 안경에 사용되는 액정 고유의 투과율 (약 30%)로 인해 2D 영상과 비교 시 휘도, 채도 그리고 색상 등의 화질이 저하된다.

본 연구에서는 셔터 글래스 방식의 3D TV에서 셔터 글래스를 통한 화면 밝기의 저하와, 그로 인한 컬러 선명도(colorfulness) 저하의 관계를 CIECAM02를 사용하여 예측하였다. 그리고 셔터 글래스를 통한 화면과 시청 환경의 밝기 저하로 인한 채도를 보상하여 2D 모드에서의 채도에 근접할 수 있는 방안을 제시하였다. 또한 채도 보정과 별도로 휘도 저하로 인해 변화하는 선예도(sharpness) 인지 특성을 TV에서 보상하여 화질을 개선하는 실험을 진행하였다.

## II. 제안한 3D 화질 보상 방안 및 성능 평가

### 2.1 CIECAM02를 이용한 2D 및 3D의 컬러 선명도 차이 예측

CIECAM02 컬러 어피어런스 모델(color appearance model)은 상대적인 피사체의 광학 3 자극치  $XYZ$ 와 상대적인 백색의 광학 3 자극치  $X_W Y_W Z_W$ , 그리고 인간 시각 순응 정도를 고려하는 변수  $L_A$ 를 시청 자극의 입력 변수로 사용한다. 또한, 시청 환경에 대한 정보를 고려하는 변수로 시청 환경의 영향으로 인한 시각의 비선형계수  $c$ , 색도 유도 인자  $N_c$ , 그리고 인접 시 환경 순응 정도를 나타내는 변수  $F$ 를 이용한다. 시청 환경은 average, dim, 그리고 dark surround의 세 가지로 분류되며 각 시청 환경에 따라 표 1에서 보는 바와 같이 시청 환경 변수가 정의된다. CIECAM02는 이런 시청 자극에 영향을 주는 변수들을 고려하여 색상, 명도, 밝기, 채도 및 포화도(색농도, Saturation)를 예측할 수 있다.

<sup>[2~3]</sup> 본 논문에서는 포화도와 컬러 선명도에 대한 정량화를 통하여 2D와 3D 모드에서의 색 표현을 평가하도록 한다. 포화도 값  $s$ 는 컬러 선명도( $M$ )와 밝기( $Q$ )의 비로 나타내는데,

$$s = 100 \sqrt{M/Q} \quad (1)$$

와 같이 계산된다.

또, 채도(Chroma) 값  $C$ 는

$$C = t^{0.9} \sqrt{J/100} (1.64 - 0.29^n)^{0.73} \quad (2)$$

$$t = \frac{(50000/13)N_c N_{cb} e_t \sqrt{a^2 + b^2}}{R'_a + G'_a + (21/20)B'_a} \quad (3)$$

$$e_t = (1/4)[\cos(h\pi/180 + 2) + 3.8] \quad (4)$$

로 계산된다.

여기서,  $t$ ,  $J$ ,  $n$ 은 각각 감응인자들과 연관된 일시적인 변량(temporary quantity), 명도 성분(lightness), 배경 감응 인자(background induction factor)를 나타내고,  $N_{cb}$ ,  $e_t$ 는 색밝기 감응 인자(chromatic brightness induction factor)와 이심률(eccentricity)을, 그리고,  $R'_a$ ,  $G'_a$ ,  $B'_a$ 은 순응 후 Cone세포 반응값을, 또한,  $h$ ,  $a$ ,  $b$ 는 각각 색상각(hue angle), 적녹 성분, 황청 성분을 나타낸다.

CIECAM02는 이전 모델인 CIECAM97<sup>[3~4]</sup>과 비교시, 보다 간단해진 색 순응 변환을 통하여 조명 환경에 대한 대응 자극치를 계산할 수 있고, 예측 성능 또한 우수한 결과를 나타낸다.<sup>[2,5]</sup>

2D 시청 조건과 달리 3D 시청 시에는 3D 시청 전용 안경을 사용해야 한다. 일반적으로 3D 안경의 투과율은 약 30% 정도이며, 이 안경의 영향으로 3D TV 시청 화면은 물론 주위 시청 환경까지 어두워진다. 이를 고려하여 본 논문에서는 2D 시청 조건을 average surround, 3D 시청 조건을 dim surround라고 가정하였다.<sup>[6]</sup>

표 1. CIECAM02 모델의 시 환경에 따른 변수 값  
Table 1. The value of the variable for CIECAM02 model according to the viewing condition.

Viewing condition	$c$	$N_c$	$F$
Average surround	0.690	1.0	1.0
Dim surround	0.590	0.9	0.9
Dark surround	0.525	0.8	0.8

표 2. 색온도 6500K에서의 2D와 3D의 컬러 선명도 비교

Table 2. Comparison with 2D and 3D colorfulness in the 6500K.

Macbeth color checker	Colorfulness M		Reducing rate
	2D	3D	
1	14.2	9.7	31.7%
2	10.0	5.6	44.0%
3	38.5	34.9	9.5%
4	24.9	26.5	-6.5%
5	36.7	34.0	7.4%
6	41.0	40.0	2.4%
7	47.6	38.3	19.5%
8	51.2	44.9	12.4%
9	41.5	31.2	24.8%
10	34.7	28.8	17.0%
11	55.2	50.3	8.9%
12	49.5	41.2	16.8%
13	54.8	47.7	12.9%
14	50.0	47.2	5.5%
15	53.6	42.5	20.6%
16	62.6	54.7	12.6%
17	45.9	37.6	18.2%
18	49.4	45.3	8.4%
Total	42.3	36.7	13.3%

2D와 3D 모드의 시청 시 인지 시각 특성이 변하는지를 알아보기 위해 동일한 시청 자극에 대하여 채도 차이를 CIECAM02를 이용하여 예측하였다. TV의 색온도는 6500K로 설정하였으며 여러 화질 관련 설정은 끄고 실험을 진행했다. 표 2는 실험에 사용된 PDP TV에 대한 2D와 3D 시청 시의 맥베스 컬러에 대한 CIECAM02 예측 결과를 보여준다. 예측 결과 2D 시청 시와 비교하여 3D 시청 시 약 13% 정도 채도가 떨어짐을 알 수 있다. 이는 2D와 3D의 TV 광학 특성이 동일하다고 가정할 때, 2D 시청 시와 비교하여 3D 시청 시 색이 옅다고 느끼게 되는 것을 의미한다. 따라서 3D 시청 시 2D와 동일한 색감으로 인지하기 위해서는 3D 모드 시에 물리적 색농도를 높여야 한다.<sup>[7]</sup>

### 2.2 3D TV 색농도 보상

본 논문에서 3D 모드에서의 채도를 보정하는 실험을

다음과 같이 진행하였다. 실험 조건은 TV의 색온도는 6500K로 설정하고 기타 화질 설정은 끈 상태로 설정했으며 실험실 조명 또한 6500K 조명하에서 진행하였다. 먼저 맥베스 컬러 차트를 TV 화면에 디스플레이 한 후, 2D 모드에서 18개 맥베스 컬러에 대한 XYZ 값을 측정하여 CIECAM02의 입력으로 넣고 컬러 선명도(colorfulness) 및 채도(chroma)를 계산한다. 그리고 같은 방법으로 3D 모드에서 서터 글래스 안경을 통하여 전달되는 XYZ 값을 측정하고 컬러 선명도 및 채도를 계산한다. 이 두 결과를 이용하여 2D 모드의 컬러 선명도와 3D 모드의 컬러 선명도가 동일한 수준이 되도록 3D 모드의 채도를 보정하였다.<sup>[6]</sup>

본 논문에서의 채도 보상을 검증하기 그림 1과 같이 위해 2D와 3D의 주관적 컬러 선명도 비교 실험을 실시하였다. 총 14명의 피실험자를 통해서 실제 3D안경을

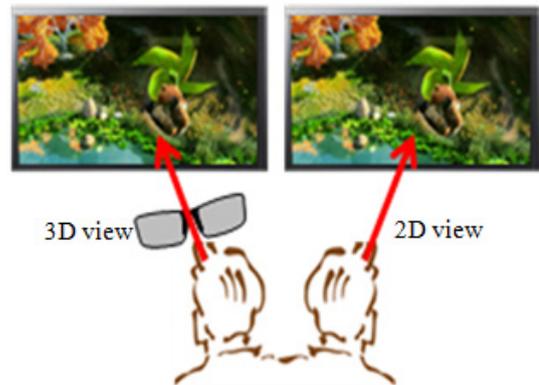


그림 1. 2D와 3D의 컬러 선명도 비교를 위한 주관적 실험

Fig. 1. Experiment for comparison between 2D and 3D colorfulness.

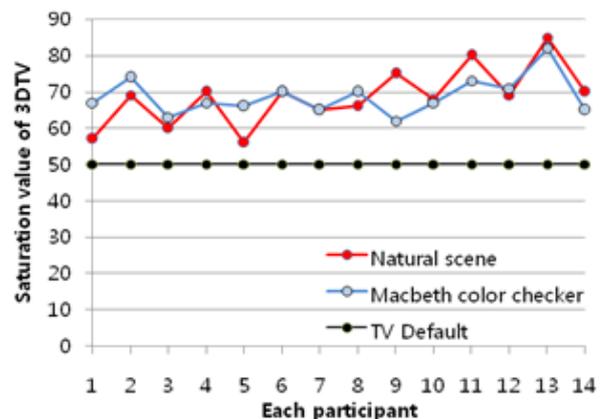


그림 2. 3D 시청시 컬러 선명도 보상을 위한 각 피실험자별 채도 UI 조정값

Fig. 2. UI control value of saturation of each participant for compensation for 3D colorfulness.

표 3. 맥베스 컬러 차트와 일반 영상에서의 조정된 채도 변경 평균 UI값

Table 3. Average UI control value of saturation for Macbeth color chart and normal image.

영상 type	기본값	일반영상	Macbeth 칼라차트
채도 평균 UI값	50	68.6	68.7

통해 본 3D영상과 3D안경 없이 2D영상을 시청했을 때의 컬러 선명도가 동일하게 인지되도록 3D 디스플레이의 채도값을 변경할 수 있도록 하였을 때, 맥베스 컬러 차트와 일반 영상에 대한 각 피실험자들의 채도 변경값은 그림 2와 같다. 표 3은 맥베스 컬러 차트와 일반 영상에서의 조정된 채도 변경 UI값의 평균을 나타내고 있고, 조정된 채도에서의 Macbeth 18개 컬러 샘플에 대한 CIECAM02 컬러 선명도 값은 46으로 계산되었다.

본 실험에서는 각 맥베스 컬러 별로 2D 모드의 채도와 가장 근접하도록 PDP TV의 색농도 UI를 조정하였다. 실험에 사용된 TV의 색농도 UI는 0에서 무채색을 나타냈으며, 50이 색 신호 포화가 되지 않는 최대 색농도이며, 51이상에서 색농도가 포화가 되는 특성을 보였다. 2D모드에서의 컬러 선명도 값을 목표치로 설정하고 3D모드에서 색농도 UI를 조정하여 각 18개 맥베스 컬러에 대해서 목표치와 가장 근접한 컬러 선명도가 되는 색농도 UI(User Interface) 메뉴 값을 찾아보았다. 그림 3은 실험을 통해 얻은 각 맥베스 컬러에 대한 최적 색농도 UI 값을 보여준다. 이것은 각 맥베스 컬러에 대하여 실험에 사용한 PDP TV에서의 2D와 동일한 색농도로 인지하기 위한 색농도 UI 값을 의미한다. 위 결과를 보면 각 맥베스 컬러에 대하여 2D와 동일한 채도로 인지하기 위한 색농도 UI 값이 차이가 나는 것을 알 수 있다. 또한 실험에 사용된 PDP TV를 비롯한 여러 상용 TV에는 모든 색을 독립적으로 조정할 수 있는 기능이 없다. 이는 모든 색에 대하여 동일한 채도로 조정할 수 없음을 의미하며 전체 색상에 대한 평균적인 채도가 되도록 비슷해지도록 조정해야 함을 의미한다.

일반적인 TV 컬러 신호 빈도 분포 높은 채도의 색보다 낮은 채도의 색상이 많이 분포한다. TV에서의 컬러 신호 빈도 분포는 Fujine 등이 제안한 논문<sup>[8]</sup>과 Yoshiyama 등이 제안한 논문<sup>[9]</sup>에서 보고된 데이터를 바탕으로 계산되었다. 이들 논문에서 사용된 TV 컬러 신호는 2007년 6~7월 일본에서 방송된 TV 프로그램들의 신호를 분석한 결과로 194시간, 116,240 프레임에 대

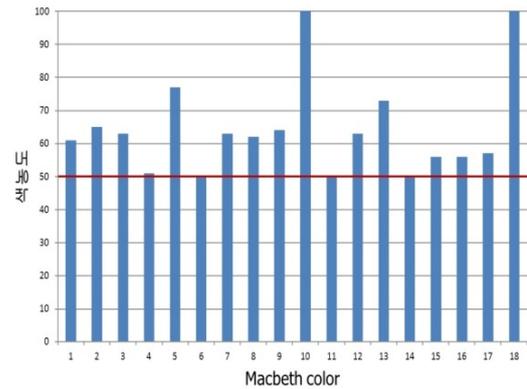


그림 3. 맥베스 컬러 차트의 각 패치에 대한 색농도 개별 UI 조정 값(6500K)

Fig. 3. UI control value about saturation for each patch of Macbeth color chart (6500K).

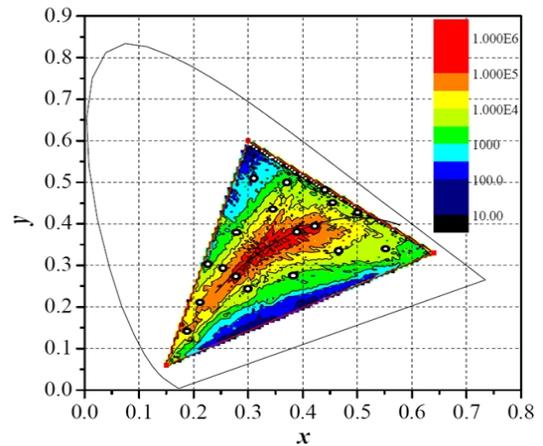


그림 4. TV 컬러 신호 중 맥베스 컬러 차트 패치의 빈도 분포(6500K)

Fig. 4. Color distribution of Macbeth color chart in color TV signal (6500K).

한 빈도 분포를 log 스케일 그래프로 나타내었다. 이는 시청자들이 낮은 채도의 색을 더 자주 보게 되는 것을 의미하는 것으로 이를 인지 색농도를 결정하는 변수로 사용하는 것은 의미가 있다.

앞의 실험에서 구해진 각 패치에 대한 색농도 UI 값과 그림 4에 표시된 패치들의 빈도수를 곱하여 TV 신호에 상대적으로 많이 나타나는 색은 가중치를 높이고 적게 나타나는 색은 가중치를 낮출 수 있도록 하였다.

본 실험을 통해 색농도 UI 개별 조정 값과 TV 신호에서 컬러 패치의 빈도수를 곱한 결과로 구해진 최적 색농도 UI 값은 67 (설정범위 0~100)로 계산되었다. 이 결과가 3D 모드에서의 채도를 제대로 반영한 것임을 확인하기 위하여 맥베스 컬러의 측정 및 계산을 통하여 TV에 재생되는 화면을 시뮬레이션을 통하여 재현해 보

표 4. 6500K 일 때 Macbeth color에 대한 2D 모드 및 3D 모드의 광학 측정 결과

Table 4. Results of measurement of 2D and 3D for Macbeth color in the 6500K.

	2D 측정			3D 측정 (보정 전)		
	x	y	Y	x	y	Y
1	0.409	0.353	12.6	0.419	0.391	1.86
2	0.391	0.364	53.6	0.387	0.382	7.26
3	0.245	0.260	24.8	0.251	0.290	3.60
4	0.343	0.425	17.5	0.343	0.435	2.25
5	0.259	0.241	32.8	0.268	0.275	4.58
6	0.266	0.356	63.9	0.266	0.378	8.23
7	0.509	0.398	44.2	0.498	0.422	5.99
8	0.206	0.181	14.9	0.211	0.210	2.25
9	0.469	0.317	27.5	0.465	0.337	3.70
10	0.288	0.222	8.42	0.296	0.243	1.16
11	0.385	0.481	66.2	0.372	0.503	8.08
12	0.493	0.428	67.5	0.452	0.454	7.79
13	0.178	0.134	7.89	0.172	0.144	1.05
14	0.316	0.508	29.5	0.308	0.508	4.57
15	0.542	0.321	17.5	0.549	0.335	2.33
16	0.448	0.466	97.0	0.436	0.480	10.4
17	0.376	0.249	27.0	0.382	0.272	3.55
18	0.204	0.263	26.6	0.212	0.302	4.03

표 5. 6500K 일 때 2D와 동일한 컬러 선명도가 되는 3D 측정 결과 및 맥베스 컬러에 대한 개별 색 농도 UI 조정 시 측정 결과

Table 5. Results of measurement for 3D which is the same 2D saturation and results of measurement for UI control about saturation for each patch of Macbeth color chart in the 6500K.

	3D에 2D 채도 적용			색농도 UI 개별 조정		
	x	y	Y	x	y	Y
1	0.432	0.397	1.85	0.43	0.385	1.98
2	0.403	0.392	7.23	0.402	0.385	7.50
3	0.230	0.274	3.65	0.234	0.269	3.99
4	0.345	0.442	2.25	0.342	0.451	2.30
5	0.239	0.237	4.64	0.249	0.238	5.11
6	0.265	0.379	8.24	0.262	0.372	8.58
7	0.528	0.425	5.93	0.526	0.423	6.29
8	0.187	0.174	2.30	0.193	0.174	2.58
9	0.516	0.334	3.60	0.502	0.332	4.20
10	0.285	0.206	1.14	0.312	0.219	1.15
11	0.374	0.509	8.09	0.377	0.505	9.52
12	0.490	0.471	7.74	0.484	0.464	9.85
13	0.159	0.115	1.08	0.164	0.122	1.22
14	0.305	0.528	4.60	0.315	0.529	5.14
15	0.589	0.328	2.28	0.588	0.34	2.57
16	0.453	0.494	10.4	0.450	0.488	12.4
17	0.407	0.250	3.43	0.441	0.281	4.10
18	0.190	0.294	4.11	0.211	0.327	5.57

표 6. 6500K 일 때 색농도 UI 67 설정 시 광학 측정 결과

Table 6. Results of measurement of setting for UI 67 in the 6500K.

	2D 측정		
	x	y	Y
1	0.409	0.353	12.6
2	0.391	0.364	53.6
3	0.245	0.260	24.8
4	0.343	0.425	17.5
5	0.259	0.241	32.8
6	0.266	0.356	63.9
7	0.509	0.398	44.2
8	0.206	0.181	14.9
9	0.469	0.317	27.5
10	0.288	0.222	8.42
11	0.385	0.481	66.2
12	0.493	0.428	67.5
13	0.178	0.134	7.89
14	0.316	0.508	29.5
15	0.542	0.321	17.5
16	0.448	0.466	97.0
17	0.376	0.249	27.0
18	0.204	0.263	26.6

았다. 실험은 크게 5가지 단계로 나누어 측정 및 계산을 통한 색재현을 수행하였다. 첫 번째는 2D 모드에서의 측정 및 이를 재현하였고, 두 번째는 3D 모드에서의 측정 및 재현, 세 번째는 본 과제에서 목표치로 설정하게 될 CIECAM02를 이용하여 3D 모드에서 2D 모드 수준의 채도를 갖는 채도 값을 적용한 후 시뮬레이션 한 결과를 재현하였으며, 네 번째는 맥베스 컬러 차트의 각 패치에 대하여 목표치에 가장 근접한 채도를 가지도록 TV의 색농도 UI값을 조정한 후 측정 및 재현한 결과를 나타내었고, 마지막으로 TV 색농도 개별 UI 조정 한 값에 TV 신호에서의 컬러 분포를 고려한 가중치를 곱하여 구해진 최적 색농도 UI 값을 적용하여 맥베스 컬러 차트를 측정하고 색을 재현하였다. 표 4는 첫 번째와 두 번째의 조건에 대한 CIE<sub>x</sub>yY(cd/m<sup>2</sup>) 광학 측정 결과이며, 표 5는 세 번째와 네 번째 조건에 대한 광학 측정 결과이다. 그리고 표 6은 최종 실험의 결과로써, 색농도 UI를 67로 설정 시의 3D 광학 측정 결과이다.

맥베스 컬러에 대한 3D 색농도 설정에 따른 측정 결과로 목표 색좌표와의 차이가 보정 전의 평균 색차 ( $\Delta u'v'$ ) 0.0207 보다 보정 후의 평균 색차 ( $\Delta u'v'$ ) 0.0143로 줄어드는 것으로 계산되었다. 이 결과를 바탕으로 실험에서 설정한 색농도 UI 67의 설정이 3D 시청시의 채도

를 보정하는 것에 유효하다는 것을 알 수 있다.

2.3 3D TV에서의 선예도(sharpness) 평가

3D 모드로 TV를 시청할 때 셔터 글래스로 인한 밝기의 감소로 인해서 발생하는 화질의 저하는 휘도와 채도뿐만 아니라 선명도의 저하도 초래한다. 그림 5에서와 같이 인간 시각의 공간 주파수 특성은 약 5~10 cycles/degree 시야에서 화상의 밝기가 10배 줄어들면 콘트라스트 감도가 약 2배 정도 감소한다.<sup>[7]</sup>

본 실험에서 사용된 PDP-TV는 3D 모드에서 전체 백색 화면을 띄운 후 그 휘도를 측정했을 때 약 36 cd/m<sup>2</sup>가 나왔고, 3D 안경을 통과한 휘도는 약 4.2 cd/m<sup>2</sup>로 측정되었다. 이 결과를 인간 시각의 콘트라스트 감도에 비추어 본다면 3D 모드에서 셔터 글래스로 인해 어두워지는 만큼의 선명도를 보상하기 위해서는 이론적으로 4~6 dB만큼의 감도 증가가 필요하다. 선명도는 영상 내에서 명암 경계 부분의 명료한 정도를 나타낸 것으로서, 실험에서는 흑백 패턴 사이의 경계 부분에서의 기울기를 비디오 카메라로 촬영하여 선명도의 변화를 관측하고 3D 안경 통과 전후의 기울기를 비교하였다.

3D 안경으로 인해 감소된 선명도를 보상하기 위하여 3D 안경 통과 후의 선명도 기울기가 안경 통과 전의 기울기와 동일해지도록 선명도 UI의 값을 증가시키며 비교하는 실험을 진행하였다. 3D 안경 통과 전의 TV 선명도 UI 값 0, 15, 30 및 50에 대하여 경계부 기울기의 파형을 측정하고, 이 선명도의 기울기에 맞게 3D 안경

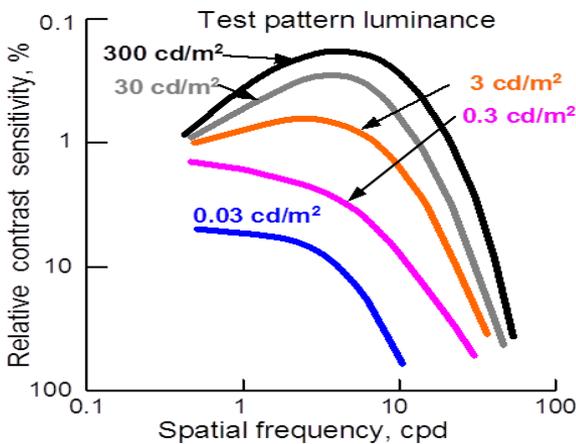


그림 5. 휘도와 공간주파수에 대한 인간 시각의 콘트라스트 감도 함수  
Fig. 5. Contrast sensitivity function of human visual system (HVS) fir luminance and spatial frequency.

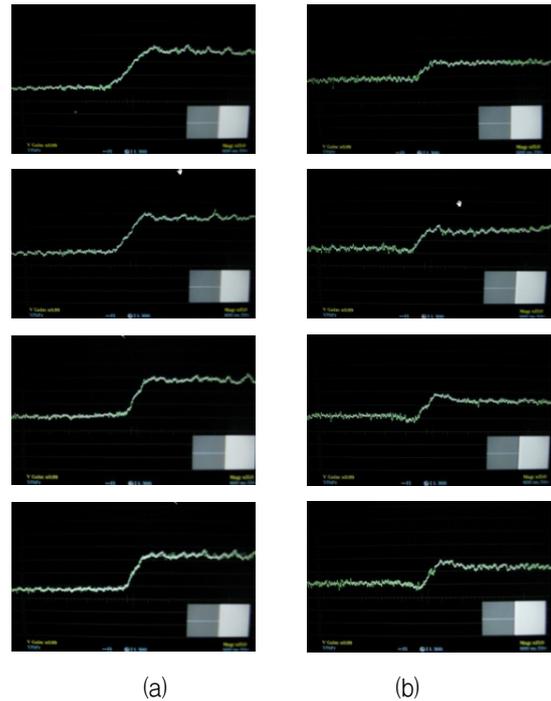


그림 6. 3D 안경 통과 전후의 선예도(sharpness) 기울기 비교; (a) 3D 안경 통과 전 (위쪽에서부터 선명도: 0, 15, 30, 50), (b) 3D 안경 통과 후 (위쪽에서부터 선명도: 0, 15, 30, 50)  
Fig. 6. Comparison with the sharpness slope before and after passing the 3D glasses; (a) before passing the 3D glasses, and (b) after passing the 3D glasses (from the upper side: 0, 15, 30, 50).

통과 후의 기울기를 조정하여 파형을 측정하고 비교한 실험의 결과를 그림 6에 나타내었다. 그림 6 (a)는 3D 안경 통과 전, 그림 6 (b)는 3D 안경 통과 후의 선명도 기울기 파형이다. 3D 안경 통과 전의 선명도 UI 값 0과 15에 대해서 선명도 기울기가 동일해지는 3D 안경 통과 후의 선명도 UI값은 각각 65와 85로 나타났다. 그리고, 3D 안경 통과 전의 선명도 UI 값 30과 50에 대해서 선명도 기울기가 동일해지는 3D 안경 통과 후의 선명도 UI값을 찾으려 했으나 설정할 수 있는 최대값인 100까지 증가시켜도 기울기가 약간 부족한 것을 알 수 있었다.

III. 결 론

PDP-TV의 3D 모드에서는 셔터 글래스의 사용은 화면이 어두워지는 단점과 더불어 여러 가지 화질이 저하되므로 3D 모드에서 휘도를 상승시키는 방법이 가장 최적의 방법이나, PDP-TV는 APL(average picture level)에 따른 최대 휘도에는 제한이 있다. 본 논문에서

는 CIECAM02를 이용한 3D 모드의 컬러 선명도와 선예도를 보정하는 방안을 제안하였다.

PDP-TV에서 맥베스 컬러 차트를 측정된 데이터를 바탕으로 CIECAM02를 이용한 시뮬레이션을 통하여 2D 수준의 컬러 선명도를 가지도록 3D 모드의 채도를 보정하였다. 실제 TV에는 CIECAM02의 채도 보정 방법을 정확하게 적용할 만한 기능이 없으므로 현재 구현되어 있는 기능 중 색농도 UI를 조정함으로써 채도를 보상해 주는 방법을 모색하였다. CIECAM02를 이용한 채도 보정값에 최대한 근접한 컬러 선명도 값을 가지도록 맥베스 컬러 차트의 각 패치에 대한 색농도 UI 값을 구하고, 여기에 일반적인 TV 신호에서의 컬러 신호 빈도수를 곱한 가중치를 적용하여 최적 색농도 UI값을 도출해 내었다. 최적 색농도 UI값을 이용하여 맥베스 컬러 차트를 재현해 본 결과, CIECAM02의 이론적인 시뮬레이션 결과로 얻어진 맥베스 컬러의 XYZ 자극치와 큰 차이를 보이지 않았으며, 이것으로 본 논문에서의 채도 보정 방법이 효과가 있음을 알 수 있다. 본 실험을 통하여 도출된 색농도 UI 설정 방법을 통한 컬러 선명도 경향을 참고하여 PDP-TV 개발 시에 3D 영상 화질 개선에 이용할 수 있을 것이다.

또한, 본 논문에서는 선명도의 정량적 평가를 위하여 PDP TV의 선명도 UI 값을 변경하며 테스트 영상의 선명도 기울기를 비디오카메라로 촬영하고 파형 모니터로 그 파형을 비교 관측하고, 3D 안경 통과 전후의 TV 영상의 에지 부분의 기울기가 동일하게 되도록 선명도 UI 값을 조정하였다.

## REFERENCES

- [1] Y. S. Ho, S. Y. Kim, 3DTV Three Dimensional Stereo Imagery Data Processing, Duyang Sa, 2010.
- [2] N. Moroney, M. D. Fairchild, R. W. G. Hunt, C. J. Li, M. R. Luo, and T. Newman, "The CIECAM02 color appearance model" IS&T/SID 10th Color Imaging Conf., pp.23-27, Scottsdale, 2002.
- [3] CIE TC1-34 Final Report, The CIE 1997 Interim Colour Appearance Model (Simple Version), CIECAM97s, 1998.
- [4] M. R. Luo and R. W. G. Hunt, "The structure of the CIE 1997 colour appearance model (CIECAM97s)," Color Res. Appl., Vol. 23, pp.138-146, 1998.
- [5] M. D. Fairchild, Color Appearance Model, 2nd Ed, S. D. Cho, J. M. Kim, J. H. Park Translation, Sigma Press, 2007.
- [6] M. Y. Lee, S. G. Choi, J. W. Lee, K. J. Kang, "Perceptual colorfulness evaluation of stereoscopic 3D displays", IMID2012, 2012.
- [7] N. Ohta, Color Engineering, S. J. Choi Translation, 2003.
- [8] T. Ujine, T. Kanda, Y. Yoshida, M. Sugino, M. Eragawa, Y. Yamamoto, N. Ohta, "Theoretical limit of object colors and real object colors", In SID DIGEST, pp. 1324-1327, 2008.
- [9] K. Yoshiyama, M. Teragawa, A. Yoshida, K. Tomizawa, K. Nakamura, Y. Yoshida, Y. Yamamoto, N. Ohta, "Power-saving: A new advantage of multi-primary color displays derived by numerical analysis", In SID DIGEST, pp. 416-419, 2010.

저 자 소 개



최 석 권(정회원)  
 1986년 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사)  
 2013년 경북대학교 과학기술대학원 전자전기공학전공 졸업(공학석사)  
 1986년 금성사 TV연구소 입사  
 1986년~2007년 LG전자TV연구소  
 2008년~2011년 LG전자 PDP연구소 (연구실장/연구소장)  
 <주관심분야 : 영상처리 공학, 회로 설계 >



김 광 태(정회원)  
 1985년 경북대학교 전자공학과 졸업 (공학사)  
 1987년 경북대학교 전자공학과 졸업(공학석사)  
 1989년 경북대학교 전자공학과 졸업 (공학박사)  
 1989년~1993년 국방과학연구소 연구원  
 1994년~현재 경북대학교 과학기술대학 산업전자공학과 정교수  
 <주관심분야 : 회로설계, 신호처리>



이 인 수(정회원)  
 1986년 경북대학교 전자공학과 (공학사)  
 1989년 동대학원 졸업(공학석사)  
 1997년 동대학원 졸업(공학박사)  
 2005년 8월~2007년 1월 샌디에고 주립대학교 Research scholar  
 1997년~2008년 2월 상주대학교 전자전기공학부 교수  
 2008년 3월~현재 경북대학교 과학기술대학 산업전자공학과 교수  
 <주관심분야 : 시스템의 고장진단 및 고장허용 제어, 지능제어 및 응용, 지능형센서시스템, 공장자동화>