

색상 보정을 통한 3DTV의 입체영상 화질 개선 방법

정길수 강민성 김동현 손광훈

연세대학교 전기전자공학과

khsohn@yonsei.ac.kr

3D Quality Improvement Method for 3DTV using Color Compensation

Jung, Kilsoo Kang, Minsung Kim, Donghyun Sohn, Kwanghoon

School of Electrical and Electronic Engineering, Yonsei University

요약

최근 연이은 3D 영화의 성공에 힘입어 영화 산업을 중심으로 3D 콘텐츠 생성이 늘고 있으며, 이를 가정 내에서도 즐길 수 있도록 다양한 3DTV가 출시되고 있다. 그러나 3DTV의 특성 상 3D 재생 시 밝기 저하에 따른 색 재현 문제로 인하여 입체감과 공간감을 느끼는 대신 2D에서의 화려한 색감을 만끽할 수 없게 되었다.

이에 본 논문은 3D 시청 시에도 2D에서와 같은 색감을 최대한 제공하기 위한 방법에 대해 연구하였다. 이를 위하여 3DTV를 활용하여 입력 RGB 영상에 대하여 2D와 3D 재생 시 재현되는 RGB intensity를 측정 후 입출력에 따른 관계 모델링을 실시하였고, 모델링에 근거하여 3D 재생 시 2D 대비 보정되어야 할 색상 요소에 대한 매핑 테이블(mapping table)을 생성하였다. 생성된 매핑 테이블은 기존 3DTV 시스템의 출력부에 3D 색상 보정 모듈로써 추가하도록 하여 일반 2D 재생 시에는 입력 영상이 바이패스(bypass)되도록 하고, 3D 재생 시에는 본 논문에 의한 3D 색상 보정용 매핑 테이블을 통해 색상 보정 과정을 수행하도록 하여 3D 재생 시에도 2D에서 느낄 수 있는 색감을 재현할 수 있도록 하였다.

1. 서론

‘아바타’의 엄청난 성공을 통해 헐리우드(Hollywood) 뿐 아니라 영화 산업계 전체가 3D 콘텐츠 생성을 주도하고 있으며, 이를 기반으로 국내외 디지털 가전 업체들은 다양한 3D 기술을 앞세워 3DTV 시장에서 경쟁우위를 차지하기 위하여 몰두하고 있다.

3D 기술에 대한 역사는 이미 1800년도에 시작되었을 정도로 오래 되었으나, 3D 콘텐츠 생성 기술 부족 및 자본 부족, 3D 시청 시 피로감 유발 등의 문제로 인하여 가전 업계에서 크게 주목 받지 못했다. 그러나 최근 3D 영화의 경우 2시간 이상 시청하더라도 거의 피로감을 느끼지 못할 정도로 정교한 촬영 및 다양한 후처리 기술을 적용할 수 있게 되었다.[1] 그 결과 ‘아바타’는 기존의 3D 입체영화들과는 달리 피로감 없이 생생한 공간감을 전해 준다. 화면 가득 울창한 밀림과 역동적으로 하늘을 날거나 달리는 등의 움직임을 느낄 수 있게 되었다. 또한 폭발 장면에서는 객석을 향해 파편이 튀는 장면 등을 자연스럽게 과도하지 않게 편집하여 눈의 적응도 편하게 하였다.[2]

그러나 이와 같이 영상 혁명파도 같은 입체 영상에 열광하면서도 간과하고 있는 것이 바로 색상이다. 3D 상용 입체영화는 현재까지의 기술적 한계로 인하여 안경 타입을 사용하고 있는데, 현재 3DTV에서 전반적으로 사용하고 있는 액티브 셔터 안경(Active Shutter Glasses)의 경우 디스플레이 패널 자체에서 3D 모드로 동작할 때 밝기가 떨어지게 되고,[3] 또한 액티브 셔터 안경은 입력 값 대비 최대 투과율이 40%밖에 되지 않기 때문에 사용자가 느끼는 밝기 및 색상은 2D 모드 영화 대비 많이 떨어질 수밖에 없게 된다.[4] 그 결과 3D 모드에서는 2D에서와 같은 빛과 색상을 100% 만끽하기 어렵다. 판도라 행성의 신

비로운 분위기는 전반적으로 절제되어, 나비족 특유의 파란색 피부나 다양한 날짐승들의 화려한 색상 역시 2D에 비해서 약한 편이다.[2]

따라서 본 논문은 3DTV에서 3D 색상 보정용 매핑 테이블을 이용하여 3D 시청 시에도 최대한 2D에서와 같은 색감을 제공하기 위한 방법을 제안하고자 한다. 이를 위하여 2장에서는 기존 디지털 TV 시스템에서 적용하고 있는 화질 개선 방법에 대해 설명하고, 3장에서는 3DTV를 활용한 실험으로 2D 재생모드와 3D 재생모드 각각에 있어서 입력된 RGB 색상에 대한 출력 RGB 색상 결과를 측정, 분석 및 모델링하였다. 4장에서는 모델링된 색상 결과를 바탕으로 3D 색상 보정용 매핑 테이블을 도출하였고, 5장에서는 결론에 대해 논하였다.

2. 디지털 TV에서의 화질 개선 방법

일반적으로 디스플레이 장치에서 사용되는 색신호(YCbCr)는 색 공간에서 색상을 재현할 수 있는 범위, 즉 색역(Color-gamut)이 제한되어 있다. 구체적으로 휘도신호(Y)의 경우에는 $16 \sim 235$ 범위로 재현 가능한 색역이 제한되고, 색차신호(CbCr)의 경우에는 $16 \sim 240$ 범위로 제한된다. 이러한 색역의 제한으로 인해 최근에는 확장된 색역(Extend-gamut)을 지원하는 디스플레이 장치가 등장하였다. 확장된 색역을 지원하는 디스플레이 장치에서는 xvYCC 신호를 디스플레이 할 수 있는데, xvYCC 신호는 $0 \sim 255$ 까지의 색역 중 $0 \sim 2^{n-8} - 1$ 과 $254 \cdot 2^{n-8} + 1 \sim 2^{n-1}$ 을 제외한 전체 범위의 재현이 가능하다. xvYCC는 2004년 10월 서울에서 열린 IEC 총회에서 통과된 표준으로써 디스플레이 장치의 백라이트를 더 밝게 하여 색역을 넓히는 것이 아니고, 디지털 비디오 인코딩에서 잘 사용되지 않던 여분의 코드

를 활용하여 더 많은 색을 표현하는 것이다.[5]

그림 1은 디스플레이 장치로써 디지털 TV 장치의 구성을 나타낸 블록도이다. 포맷변환부는 입력되는 영상의 포맷을 RGB 포맷으로 변환한다. 즉, 입력되는 영상이 확장된 xvYCC 색역, sYCC(standard YCC) 색역 혹은 YCbCr 포맷을 갖는 경우, RGB 포맷의 영상으로 변환하여 출력한다. 감마보정부는 포맷변환부에서 RGB 포맷으로 변환된 비선형의 RGB 데이터에 대한 감마(gamma) 보정을 수행하여 비선형의 RGB 데이터를 선형의 RGB 데이터로 출력한다. 매핑부는 감마보정부에서 감마 보정된 영상의 재생 시 최적의 색채가 재현되도록 영상에 대한 색역을 매핑(mapping)하여 출력한다. 즉, 매핑부는 감마보정부에서 감마 보정된 선형 RGB 데이터를 화면표시부에서 재생 시 최적의 색상이 재현되도록 색역을 매핑하여 출력한다.[5]



그림 1 디지털 TV 구성 블록도

3. 3DTV를 통한 RGB 색상 측정 및 분석 결과

장치 의존적인 색 공간은 미리 정해진 색역 내에서 색을 재생산하는 어떤 장치에 의해서 결정된다. TV 화면을 통해 보여 지는 영상과 이를 인쇄해서 보면 완전히 다를 것이다. 이것은 장치 의존적인 색이 지닌 보편적인 문제이다. 이 문제를 해결하기 위해 디스플레이 장치 중 DTV 시스템은 색을 조절하는 모듈을 출력부에 추가하여 색감을 개선하고, PC 출력을 위해 사용하는 모니터의 경우 색 분석표(color profile)를 사용한다.[6] 그러나 DTV 시스템에서 색을 조절하기 위해 사용하는 모듈 내 매핑 테이블(mapping table)은 제조사 별로 다를 뿐 아니라 그 정보를 알 수 없다.

따라서 본 장에서는 그림 1의 화면표시부를 통해 2D 모드에서 재생되는 출력 RGB 색상 값을 측정 분석한 후 모델링하여 기존 DTV 시스템의 매핑부에서 적용하고 있는 색상 보정 방법을 유추하였고, 이를 3D 모드에서도 동일하게 실시하여 3D 재생 시 열화되는 색상 요소에 대해 분석하였다. 이를 위해 암실에서 다음과 같은 조건으로 2D 및 3D 모드에서 재생되는 RGB 출력 값의 촬영을 실시하였다.

- 3DTV: SAMSUNG PDP 3D-ready 50"
- 카메라: Canon EOS 5D(ISO: 100, Shutter speed: 1/6, 조리개: 5.6, 렌즈: Canon EF 24mm-70mm F2.8L)
- 입력영상: Gray, Red, Green, 및 Blue color bar(그림 2 참조)

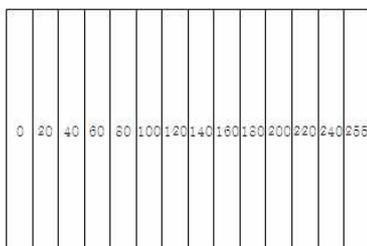


그림 2 입력 color bar의 intensity 값

그림 3은 입력 영상으로 Gray color bar를 사용하였을 경우에 대한 색상 측정 결과를 나타낸다. 그림 3(a)는 Gray color bar 입력 영상 중, 광도 성분에 대한 2D 모드와 3D 모드에서의 측정값을 도시한 그래프로써 이를 통해 3D 모드에서 광도 성분은 2D에 비해 최대 50까지 낮은 intensity로 표시됨을 알 수 있다. 이는 그림 3(b), 3(c), 및 3(d)를 통해 추가 검토한 결과 Green 성분 intensity의 현격한 저하에 따른 것으로 분석된다.

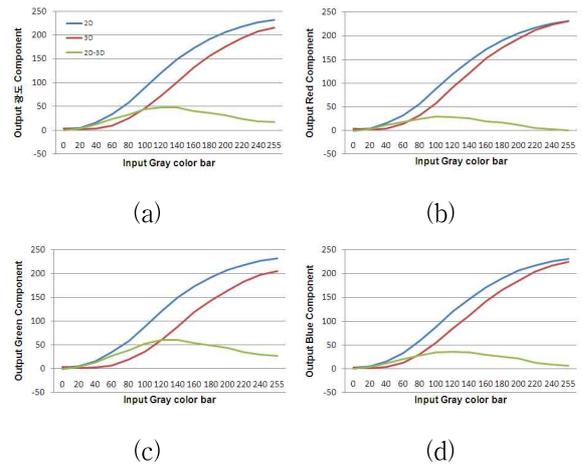
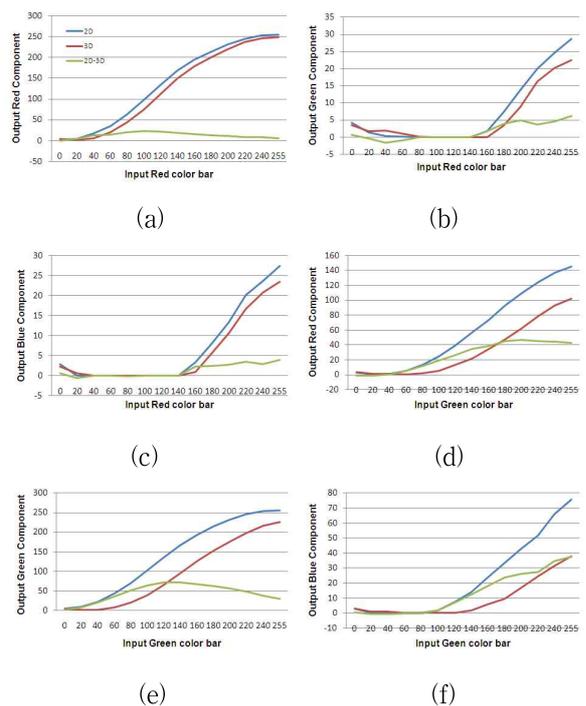


그림 3 Gray color bar 입력 영상에 따른 2D 및 3D 모드에서 intensity 측정 결과: (a)광도 성분 I/O curve, (b)Red 성분 I/O curve, (c)Green 성분 I/O curve, (d)Blue 성분 I/O curve

그림 4는 입력 영상으로 Red, Green, 및 Blue color bar를 사용하였을 경우에 대한 추가 측정 결과이다. 그림 4(d), 4(e) 및 4(f)를 살펴보면 그림 3에서 분석한 바와 같이 Green color bar에서 2D 모드 대비 3D 모드에서의 RGB 성분의 intensity 저하가 크게 발생함을 알 수 있다.



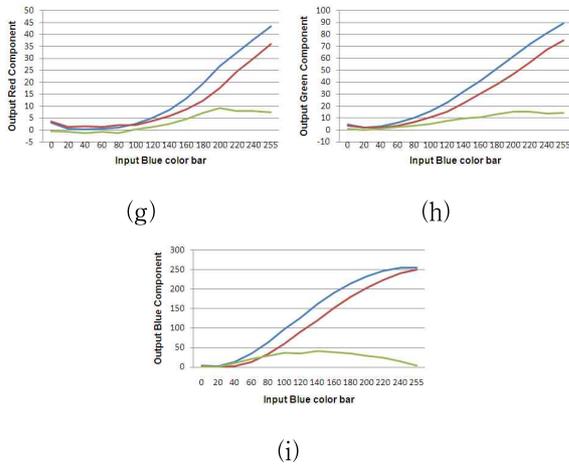


그림 4 Red, Green, 및 Blue color bar 입력 영상에 따른 2D 및 3D 모드에서 intensity 측정 결과: (a)Red color bar에서 Red 성분 I/O curve, (b)Red color bar에서 Green 성분 I/O curve, (c)Red color bar에서 Blue 성분 I/O curve, (d)Green color bar에서 Red 성분 I/O curve, (e)Green color bar에서 Green 성분 I/O curve, (f)Green color bar에서 Blue 성분 I/O curve, (g)Blue color bar에서 Red 성분 I/O curve, (h)Blue color bar에서 Green 성분 I/O curve, (i)Blue color bar에서 Blue 성분 I/O curve

그림 3과 그림 4를 분석한 결과, 2D 모드에서의 색감과 최대한 유사한 3D 모드에서의 색감을 구현하기 위해서는 RGB 색상 중 Green 색상에 대한 보정이 필요함을 알 수 있다. 이를 위하여 Green의 색감을 최적으로 표시하기 위해 매핑되었던 RGB 성분 각각에 대해 세부 보정이 필요함을 알 수 있다. 그러나 사람의 눈은 Red, Green, 및 Blue 추상체의 비율에 의하여 Blue의 경우 실제로 보이는 만큼 충분히 인지하지 못한다.[6]

따라서 본 논문에서는 3D 화질 개선을 위한 Green 색상 보정 방법으로 Red와 Green 성분의 3D 색상 보정용 매핑 테이블을 새롭게 정의하기로 하고 이를 위해 두 색상 요소의 입출력 관계 모델링을 실시하였다.

그림 4(d) 및 4(e)의 측정값을 분석한 결과, 실험에 사용한 3DTV 시스템은 2D 모드에서 영상의 멧멧함을 제거하기 위하여 contrast를 신장시키고자 S-shaped curve를 적용한 색상 변형을 실시하였음을 알 수 있고, 3D 모드에서는 S-shaped curve의 intensity 값이 감소되었음을 알 수 있다. 2D 및 3D 모드에서 각각 측정된 I/O curve 모델링의 복잡도를 감소시키기 위해서 S-shaped curve의 변곡점을 기준으로 입력 값의 영역을 $0 < x \leq 120$ 과 $120 < x \leq 255$ 로 나누었으며, 나누어진 구간에서는 식 (1)과 같이 modified power-law form을 사용하여 Red 및 Green 성분에 대한 I/O curve를 모델링하였다.[7]

$$y = (ax + b)^\gamma \quad (1)$$

표 1은 2D 모드에서 I/O curve를 모델링하기 위해 도출된 gain값 a와 offset값 b, 그리고 gamma level γ 를 보여주고 있으며, 표 2는 3D 모드에 대해 도출된 파라미터 값들을 보여준다.

입력 값 범위	성분	Gain	Offset	Gamma level
$0 < x \leq 120$	R	0.0658	-1.572	1.989
	G	0.1723	-0.0755	1.6246
$120 < x \leq 255$	R	1.9581	-160.3146	0.8577
	G	61.5178	-1780.9	0.5847

표 1 2D 모드 색상 모델링을 위한 도출 파라미터들

입력 값 범위	성분	Gain	Offset	Gamma level
$0 < x \leq 120$	R	0.0473	-2.5393	2.1594
	G	0.0771	-2.0803	2.1119
$120 < x \leq 255$	R	0.313	-30.3362	1.1899
	G	3.5562	-256.83	0.841

표 2 3D 모드 색상 모델링을 위한 도출 파라미터들

그림 5를 참조하면 도출된 파라미터를 이용하여 모델링한 Red 성분 및 Green 성분의 I/O curve가 실험을 통해 측정된 그림 4(d)와 4(e)의 Green color bar에서 Red 성분 및 Green 성분의 I/O curve를 잘 반영하고 있음을 알 수 있다.

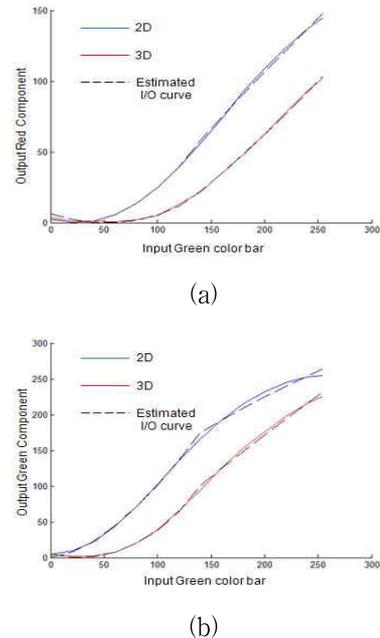


그림 5 모델링된 I/O curve: (a)Red 성분 (b)Green 성분

4. 3D 화질 개선을 위한 색상 보정용 매핑 테이블 생성

3D 시청 시에도 2D에서와 같은 색감을 최대한 제공하기 위한 3D 색상 보정용 매핑 테이블을 생성하기 위하여 3장에서 모델링한 Red 성분과 Green 성분의 modified power-law form 파라미터들을 식 (2)에 적용하였다.

$$(a_{2D}x_{input} + b_{2D})^{T_{2D}} = (a_{3D}x_{compensated} + b_{3D})^{T_{3D}} \quad (2)$$

이를 통해 3D 모드에서 2D 모드와 동일한 intensity의 색감을 얻

기 위하여 그림 1의 매핑부를 통해 출력되는 Red 성분과 Green 성분을 보정하기 위한 매핑 테이블을 그래프화 하여 그림 6에 나타내었다.

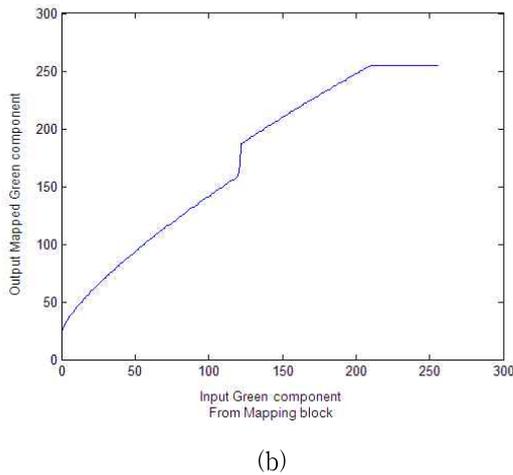
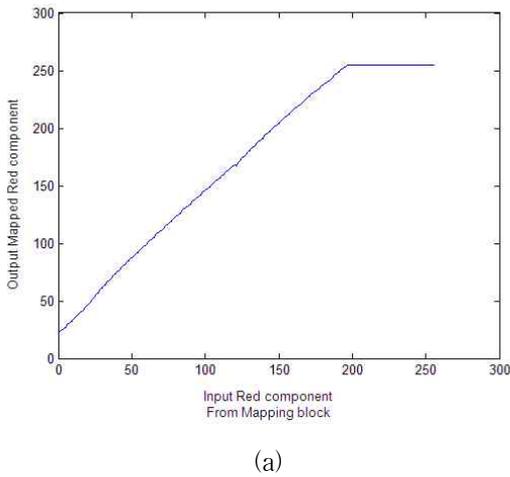


그림 6 3D 화질 개선을 위한 Mapping Table 그래프화: (a)Red component Mapping Graph, (b)Green component Mapping Graph

그림 7은 본 논문에서 3D 시청 시에도 2D에서와 같은 색감을 최대한 제공하기 위해 생성한 3D 색상 보정 매핑 테이블을 기존 3DTV 시스템의 출력부에 추가한 3D 화질 개선용 3DTV의 구성 블록도이다. 제안된 3DTV 시스템을 통해 2D 영상을 재생하는 경우에는 기존의 DTV 시스템과 동일하게 3D 색상 보정 모듈을 거치지 않고 화면표시부를 통해 영상을 표시하도록 하며, 3D 입체영상을 재생하는 경우에는 3D 색상 보정 모듈을 통해 Red 성분과 Green 성분의 intensity를 생성된 3D 색상 보정용 매핑 테이블에 따라 매핑함으로써 3D 모드에서도 2D에서와 같은 색감을 표시할 수 있도록 하는 것이 가능하다.

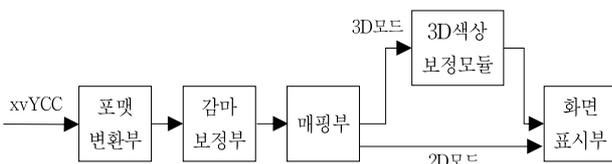


그림 7 3D 색상 보정 모듈을 구비한 3DTV 구성 블록도

5. 결론

3D 콘텐츠의 활성화에 따라 3DTV의 대중화가 시작되고 있다. 그러나 3DTV 패널의 특성 상 3D 모드에서 2D 모드 대비 밝기가 감소하면서 2D에서 제공하던 화려한 색감이 약해지는 색 재현 문제가 발생하고 있다. 본 논문은 이와 같은 3D에서의 색 재현 문제를 해결하기 위해 3DTV를 활용하여 입력 RGB 영상에 대하여 2D와 3D 재생 시 재현되는 RGB intensity를 측정 후 입출력에 따른 관계 모델링을 실시하였고, 도출된 모델링에 근거하여 3D 재생 시 2D 대비 보정되어야 할 색상 요소에 대한 매핑 테이블(mapping table)을 생성하였다. 이를 통하여 3D 모드에서도 2D에서와 유사한 색감을 제공받을 수 있는 가능성을 제공하였다.

향후 모든 3DTV 시스템에서 3D 색상 보정 모듈을 적용하여 3D에서의 색 재현 문제를 해결하기 위해서는 해당 3DTV별로 2D 모드와 3D 모드에서의 RGB I/O curve 분석 및 모델링을 통해 기기별로 적합한 3D 색상 보정용 매핑 테이블을 도출해야 할 것이다. 또한 보다 정확한 3D 색상 보정용 매핑 테이블을 도출하기 위하여 Green 색상 뿐 아니라 Red와 Blue 색상의 모든 RGB 성분에 대해서도 상관관계를 고려하여 최적의 3D 색상 보정용 매핑 테이블 도출해야 할 것이다.

참고문헌

- [1] 정재창, “고화질 3DTV 실험방송의 추진”, 방송공학회지, 제15권 제1호, pp8-10, 2010
- [2] <http://movie.gomtv.com/>
- [3] 전자신문인터넷, “3DTV 화질 ‘밝기·명암비’ 쟁겨라”, May. 17. 2010
- [4] Steering Team 4-3D Displays 3D@Home consortium, “3D Active Shutter Glasses Database”, Sept. 24. 2009
- [5] 이상훈, 유영준, “디스플레이 장치 및 그의 화질 개선방법”, 공개특허 10-2009-0041994, Oct. 25. 2007
- [6] Steve Hullfish, Jaime Fowler, “Color Correction for Digital Video”, 2007
- [7] Minsung Kang, Bongjoe Kim, Kwanghoon Sohn, “CIECAM02-based tone mapping technique for color image contrast enhancement”, Optical engineering 48(8), 087001, Aug. 2009