특집논문-10-15-6-06

색상 보정을 통한 3차원 TV의 입체영상 화질 개선

정길수^{a,b)}, 강민성^{a)}, 김동현^{a)}, 손광훈^{a)†}

3D Video Quality Improvement for 3D TV using Color Compensation

Kilsoo Jung^{a,b)}, Minsung Kang^{a)}, Donghyun Kim^{a)}, and Kwanghoon Sohn^{a)†}

요약

본 논문은 3차원 TV 시청에 있어서, 2차원에서와 같은 색감을 최대한 제공하기 위한 방법을 연구하였다. 이를 위하여 입력 RGB 색상 막대(color bar) 영상을 기준으로 2차원과 3차원 재생시 재현되는 RGB 강도의 입출력 관계를 모델링하였으며, 이를 근거로 2차원 대비 보정되어야 할 3차원 색상 사상표(mapping table)를 생성하였다. 생성된 사상표를 기존 3차원 TV 시스템의 출력부에 추가하여, 일반 2차원 재생시에는 입력 영상을 우회(bypass)하도록 하고, 3차원 재생시 색상 보정 과정을 수행하도록 하여 3차원 재생시에도 2차원에서 느낄 수 있는 색감을 재현할 수 있도록 하였다.

Abstract

In this paper, we have studied the color compensation method for 3D that enables 3D color presentation similar to 2D. The color compensation method uses the difference of color presentation in 2D and 3D mode. First, the RGB I/O relationship curve was derived in 2D and 3D mode based on the input RGB color bar images. The relationship was modeled in modified power-law forms. Based on the modeling information, we generated color mapping tables, which can be used for compensating the difference of colors. The proposed color mapping block can be added at the output block of a 3DTV system, where the 2D content can be bypassed but the 3D content RGB data can be processed using the color mapping table. The experimental results show that the proposed method improves color presentation of a 3DTV system using a proper color compensation based on 2D presentation.

Keyword : 3D Quality, Color Compensation, Mapping Table, 3DTV System

1. 서론

‘아바타’의 성공으로 헐리우드(Hollywood) 뿐 아니라 영화 산업계 전체가 3차원 콘텐츠 생성에 큰 관심을 보이고

있으며, 이를 기반으로 국내외 디지털 가전 업체들은 다양한 기술을 앞세워 3차원 TV 시장에서 경쟁우위를 차지하기 위해 몰두하고 있다. 3차원 기술의 역사는 이미 1800년에 시작되었으며, 3차원 TV에 대한 기본 기술 역시 1920년대 John Logie Baird에 의해 시연되었을 정도로 오래되었다^[1]. 그러나 3차원 콘텐츠 생성 기술 부족 및 자본 부족, 3차원 시청 시 피로감 유발 등의 문제로 가전 업계에서 크게 주목 받지 못하다가, 최근 정교한 촬영 및 다양한 후처리 기술의 개발로 2시간 이상 3차원 영화를 시청하더라도 거의 피로감을 느끼지 못하게 되었다^[2]. 그 결과 ‘아바타’는

a) 연세대학교 전기전자공학과
School of Electrical and Electronic Engineering, Yonsei University
b) 삼성전자 DMC연구소

DMC R&D Center, Samsung Electronics

† 교신저자 : 손광훈 (khsohn@yonsei.ac.kr)

※ 이 논문은 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2010-0013842).

· 접수일(2010년8월26일), 수정일(2010년10월4일), 게재확정일(2010년11월23일)

기존의 3차원 입체 영화들과 달리 피로감 없는 생생한 공간감을 전해 주며, 화면 가득 울창한 밀림과 역동적으로 하늘을 나는 등의 움직임을 느낄 수 있게 되었다. 또한 폭발 장면에서 객석을 향해 파편이 튀는 장면 등을 과도하지 않고 자연스럽게 편집하여 눈의 적응도 편하게 하였다.

그러나 이와 같이 입체 영상에만 치중한 나머지 간과하고 있는 것이 바로 색상이다. 현재 가정용으로 시판되고 있는 3차원 TV의 경우 입체 영상을 표시하기 위하여 좌안 및 우안 영상을 순차 재생하는 3차원 주사(3D scanning) 방식을 적용하고 있는데, 화면표시 액정판의 특성에 따라 정도의 차이는 있으나 이들 영상이 제대로 분리되지 않고 겹쳐서 표시되는 누화 현상(cross-talk)이 발생한다. 이와 같은 누화 현상은 입체 영상의 구현을 어렵게 할 뿐 아니라 눈의 피로감을 증가시키기 때문에, 배경 조명의 밝기를 제어하는 조광(dimming) 기술을 적용하여 이를 저감한다. 조광 기술을 사용하여 2차원 재생 방식 대비 발광시간을 줄임으로써 누화 현상을 완화시키는 방법으로는 크게 두 가지가 있는데, 첫 번째로 배경 조명을 복수의 발광 영역으로 분할하여 영상의 수평 주사 주파수에 해당하는 영역만 발광하도록 동기 화합으로써 영상 간 번짐 현상을 최소화하는 방법이 있고, 두 번째로 좌안 및 우안 영상의 순차 재생 주파수를 2배로 올린 후 이들 영상 사이에 배경 조명의 전체 밝기를 “0”으로 하는 검은색 영상을 삽입함으로써 영상 간 겹침 현상을 제거하는 방법이 있다^[3]. 하지만 이와 같은 조광기술을 이용한 누화 현상 완화는 2차원과 3차원 재생시에 배경 조명의 밝기가 각각 다르게 적용되어, Bezold-Brücke 색상 이동에 대한 전형적인 실험 결과(Purdy, 1931)와 같이, 밝기가 떨어질수록 색상은 일정하지 않고 변하게 된다^[4]. 즉, 영상 내 고정된 색 좌표를 갖는 특정 색상이 다른 밝기의 광원에서 2차원과 3차원으로 재생됨에 따라 사용자가 인지하는 색상은 서로 다르게 된다. 그 결과 3차원 재생 방식에서는 2차원 재생 방식과 같은 밝기 및 색감을 100% 만끽할 수 없는 문제점이 발생한다. 또한 3차원 시청을 위해 사용자가 착용하는 능동형 개폐 안경(active shutter glasses)의 경우 입력 값 대비 최대 투과율이 40%밖에 되지 않기 때문에^[5] 3차원 시청 시 발생하는 색상의 열화는 동일한 영화를 2차원 재생 방식으로 시청할 때 보다 더욱 커지게 된다. 물론 상용화된

고 있는 3차원 TV들은 발광 시간 감소에 따른 밝기 저하를 해결하기 위하여 배경 조명의 최대 밝기 값을 증가시키는 방법을 사용하고 있으나, 줄어든 발광 시간을 보완할 정도의 최대 밝기 값에는 못 미칠 뿐 아니라 최대 밝기 값으로 장시간 배경 조명을 사용할 경우 수명 단축 및 발열문제와 같은 추가적인 문제점이 발생하게 된다. 따라서 3차원 TV 관련 업계에서는 이와 같은 문제점을 해결하기 위하여 배경 조명 및 개폐 안경의 투과율 개선을 위한 신소재 개발 위주로 연구를 진행하고 있다. 그러나 소재 관련 연구 분야의 특성 상 단시간 내 개발 및 기존 출시 제품에 대한 적용이 힘들기 때문에 다른 방법의 해결책이 요구되고 있다.

따라서 본 논문은 3차원 TV 시청 시 최대한 2차원에서와 같은 색감을 제공하기 위한 효과적인 방법으로써 영상처리를 통한 보상 방법을 사용하고자 하며, 기존 3차원 TV 시스템에서 사용하는 색상 보정용 사상표를 이용한 방법을 제안하고자 한다. 단, 명도 향상 방법은 누화 현상을 악화시킬 수 있으므로 본 연구의 범위에서 배제하였다. 이를 위하여 2장에서는 색상 항상성(Color Constancy)을 구현하기 위한 방법으로 가장 널리 알려진 Gray-world와 max-RGB 방법 및 기존 디지털 TV 시스템에서 적용하고 있는 화질 개선 방법에 대해 설명하고, 3장에서는 동일한 입력 RGB 색상에 대하여 2차원 대비 3차원 재생 방식에서의 출력 RGB 색상 결과를 측정, 분석 및 모델링하였다. 여기에서 2차원 재생 방식의 출력 RGB 색상은 기준(목표) 색상으로 사용하며, 3차원 재생 방식에서의 출력 RGB 색상은 개선해야 할 대상으로서 색상 보정법을 적용하고자 한다. 4장에서는 모델링된 색상 결과를 바탕으로 기준 색상을 재현하기 위하여 3차원 색상 보정용 사상표를 도출하였고, 이를 검증용 영상들에 적용하여 본 논문에서 제안하는 방법이 종래 3차원 재생시 재현되는 색상 대비 개선된 정도를 평가하였다. 5장에서는 결론에 대해 논하였다.

II. 연구 및 기술 동향

색상 항상성은 물체의 색상이 조도 변화에 따라 변하지 않고 일관성을 유지하는 것으로 정의할 수 있다. 그러나 인

간의 색 순응(Chromatic Adaption) 습성에서 알 수 있듯이 인간에게는 색상 항상성이 존재하지 않는다. 단지 생활 속에서 체득된 색상을 기억하고 그 기억된 색상에 대한 항상성을 유지하는 경향이 있기 때문에, 최근 색상 항상성에 대한 연구는 어떻게 인간이 기억하고 선호하는 색상을 재현해 내는가에 초점을 맞추고 있다^[4].

1. Gray-World

사용자가 인지하는 특정 대상의 색상은 촬영 당시 조도와 원본이 지니고 있는 고유 색상에 의해 결정되기 때문에 조도가 달라지는 경우 동일한 대상이라 할지라도 색상이 변한 것으로 인지하게 된다. 따라서 촬영에 사용된 조명 환경을 정확히 측정하여 조도 변화로 인한 대상 색상의 변화를 최소화하는 방법을 사용하게 되는데, 그 중 가장 널리 이용하는 방법이 Gray-World 추정으로서, 영상 내 R, G, B 채널의 밝기 평균이 각각 18% 무채색이 된다고 가정하는 방법이다^[6]. 이는 임의의 영상을 표준 광원(RGB 값이 동일한 백색 광원) 하에서 촬영된 영상으로 만들기 위해서는, 각 채널 별 광원 정보 벡터 e_r , e_g 및 e_b 값이 동일해야 하며, 그 값이 다를 경우 식 (1)과 같이 변환 비율 수식을 사용해야 한다는 것이다^[7].

$$\begin{aligned} R_{gain} &= \frac{e_r + e_g + e_b}{3e_r} \\ G_{gain} &= \frac{e_r + e_g + e_b}{3e_g} \\ B_{gain} &= \frac{e_r + e_g + e_b}{3e_b} \end{aligned} \quad (1)$$

이와 같이 구해진 변환 비율 R_{gain} , G_{gain} 및 B_{gain} 을 이용하여 식 (2)와 같이 주어진 영상 내 원본 RGB 값을 변경하면 마치 백색의 표준 광원에서 촬영된 것과 같은 결과를 얻을 수 있다.

$$\begin{aligned} R_{new} &= R_{original} \times R_{gain} \\ G_{new} &= G_{original} \times G_{gain} \\ B_{new} &= B_{original} \times B_{gain} \end{aligned} \quad (2)$$

이와 같은 Gray-World 추정 방법은 연산속도가 빠르고 대부분의 영상에서 우수한 색상 항상성을 보여 주지만, 단색이 많은 영상의 경우에는 해당 단일 색상의 영향을 많이 받게 되어 오차가 크게 발생할 수 있다^[8].

2. Max-RGB

색상 항상성을 위해 널리 사용하는 또 다른 방법으로 max-RGB가 있다. 이는 R, G, B 각 채널의 반사율은 동일하다는 점을 이용하여 식 (3)과 같이 각 채널에서 가장 밝은 값이 조명이거나 혹은 조명의 영향을 가장 많이 받는 부분이라고 가정한다. 흰색은 모든 입사광을 반영하므로, 영상 내에서 최대 RGB 값을 검색함으로써 white-patch를 찾을 수 있다.

$$\max_x f(x) = (\max_x R(x), \max_x G(x), \max_x B(x)) \quad (3)$$

이 방법의 경우 실제로 영상 내에 조명이 존재하는 경우 우수한 결과를 보여주지만, 그렇지 않은 영상의 경우 좋은 결과를 기대하기 어려울 뿐 아니라 R, G, B 채널 모두에 밝기 값이 포화 상태인 픽셀이 존재하면 max-RGB 방법으로 처리할 수 없다는 문제점이 있다^[9]. 또한 3차원 TV 시스템에서 색상 항상성을 위해 사용할 기준 조명은 백색 표준 광원이 아닌 2차원 재생 방식에서 사용하는 배경 조명이므로 Gray-World 추정이나 max-RGB 방법으로 재현하는 RGB 색상은 좋은 결과를 기대하기 어렵다.

3. 디지털 TV에서의 화질 개선 방법

일반적으로 화면표시 장치에서 사용되는 색신호(YCbCr) 표현법은 색 공간에서 색상을 재현할 수 있는 범위, 즉 색역(Color-gamut)이 제한되어 있다. 구체적으로 휘도신호(Y)의 경우에는 16~235 범위로 재현 가능한 색역이 제한되고, 색차신호(CbCr)의 경우에는 16~240 범위로 제한된다. 따라서 YCbCr에서 RGB로의 색 좌표계 변환만으로는 입력 영상이 지닌 색감을 제대로 표현할 수가 없다.

그림 1은 화면표시 장치로써 디지털 TV 장치의 구성을 나타낸 블록도이다. 색공간 변환부는 입력되는 영상의 색

그림 1. 디지털 TV 구성 블록도

Fig 1. Simplified Block Diagram of a Digital TV

공간을 RGB 색공간으로 변환한다. 즉, YCbCr 색공간의 영상을 입력받아 RGB 색공간으로 변환하여 출력하게 된다. 감마 보정부는 색공간 변환부에서 RGB 색공간으로 변환된 비선형의 RGB 데이터 및 컴퓨터, 재생장치 등의 외부기기로부터 입력받은 RGB 데이터에 대한 감마(gamma) 보정을 수행하여 비선형의 RGB 데이터를 선형의 RGB 데이터로 출력한다. 사상부는 감마 보정부에서 보정된 영상을 재생할 때 최적의 색채가 재현되도록 영상의 색역을 사상하여 출력한다. 이는 YCbCr 색신호에서 제한되었던 색상 재현 범위를 보상하기 위해 색역의 영역을 확장하거나 사용자가 더 만족할 수 있도록 피부 색, 식물, 하늘, 물 등의 색상을 기억에 가까운 선형 색상으로 재현한다. 즉, 사상부는 감마 보정부에서 감마 보정된 선형 RGB 데이터를 화면 표시부에서 재생시 최적의 색상이 재현되도록 색역을 사상하여 출력한다^[10]. 한편 본 논문에서는 그림 1의 색공간 변환부 입력으로 동조기(tuner)를 통해 수신되어 복호화된 YCbCr 포맷 데이터가 아닌 컴퓨터를 통해 입력된 RGB 포맷 데이터를 사용하게 되므로, 실험용 영상들은 색공간 변환부를 거치지 않고 직접 감마 보정부로 입력된다.

III. 3차원 TV를 통한 RGB 색상 측정 및 분석 결과

본 논문에 있어 색상 보정의 목적은 3차원 재생시에도 사용자에게 익숙한 2차원 색상을 재현함으로써 3차원 영상

의 화질을 개선하는 것이다. 이는 기준 조건 하에 재현된 영상 시각 환경 정보를 이용하여 밝기, 채도 및 색상과 같은 정보를 추출한 후, 특정 화면표시 장치에서 이를 재현하기 위한 최적화된 색상 변환 과정을 거치는 것이다. 일례로 TV 화면을 통해 보이는 영상과 이를 인쇄하여 보는 영상은 완전히 다르다. 이것은 특정 화면표시 장치에 최적화된 색으로 영상이 표현되면서 나타나는 보편적인 문제이다. 이 문제를 해결하기 위해 화면표시 장치 중 디지털 TV 시스템은 색을 조절하는 구성단위를 출력부에 추가하여 색감을 개선하고, 개인용 컴퓨터 출력을 위해 사용하는 모니터는 색 분석표(color profile)를 사용한다^[11].

그림 2는 본 논문의 목적을 달성하기 위한 실험 및 검증 과정을 도시한 것이다. 기준 조건정보 추출 단계에서는, 2차원 재생 방식에서 사용되는 조건을 기준 조건으로 가정하고, 입력 RGB 색상 막대에 대한 출력 RGB 강도를 측정한다. 대상 조건정보 추출 단계에서는, 3차원 재생 방식에서 개선되어야 할 조건을 대상 조건으로 가정하고, 이전 단계에서 사용한 동일한 입력 RGB 색상 막대에 대한 출력 RGB 강도를 측정한다. 조건 정보 차이의 추출 단계에서는 기준 및 대상 조건으로 추출한 RGB 강도 측정 결과로부터 색상 정보의 차이를 도출하고, 이를 이용하여 다음 단계에서 색상 보정용 사상표를 생성한다. 성능 검증 단계에서는 동일한 검증용 영상에 대해 종래 3차원 재생 방식으로 출력한 결과 영상과 색상 보정용 사상표에 의해 색상 보정된 출력 결과 영상을 비교하여, 본 논문에서 제안하는 색상 보정용 사상표에 의한 3차원 영상의 화질 개선 정도를 확인한다.

1. 실험 조건 및 입력 영상

기준 및 대상 조건정보 추출을 위해 암실에서 다음과 같은 조건으로 2차원 및 3차원 영상을 촬영하고 출력 RGB 값을 측정하였다.

그림 3. 입력 색상 막대: (a) 강도 값, (b) Gray 색상 막대, (c) Red 색상 막대, (d) Green 색상 막대, (e) Blue 색상 막대

Fig 3. Input Color Bar: (a) Intensity of Each Level, (b) Gray Color Bar, (c) Red Color Bar, (d) Green Color Bar, (e) Blue Color Bar

- 3차원 TV : 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 색상 막대(그림 3 참조)

2. 기준/대상 조건정보 추출 - 2차원 및 3차원 재생 방식에서 RGB 입출력 관계 곡선 도출

그림 4는 입력 영상으로 Gray 색상 막대를 사용하였을 경우 색상 측정 결과를 나타낸 것이다. 그림 4(a)는 Gray 색상 막대 입력 영상 중, 광도 성분에 대한 2차원과 3차원 재생 방식의 측정 결과를 도시한 그래프로써 이를 통해 3차원 재생 방식에서는 누화 현상 감소를 위해 배경 조명의 밝기를 낮추어 광도 성분이 2차원에 비해 최대 50까지 낮게 표시됨을 알 수 있다. 또한 약화된 밝기에 의한 색상 변화는 그림 4(b), 그림 4(c), 및 그림 4(d)를 통해 추가 검토한 결과 Green 성분 강도의 현격한 저하를 초래함을 알 수 있다.

그림 5는 밝기 변화에 의한 색상 변화를 보다 자세히 분석하기 위하여 입력 영상으로 Red, Green, 및 Blue 색상 막대를 사용하였을 경우에 대한 추가 측정 결과이다. 그림 5(d), 그림 5(e) 및 그림 5(f)를 살펴보면 그림 4의 측정 결과

에서 유추했듯이, 2차원 대비 3차원 재생 방식에서의 Green 색상 막대가 Red 및 Blue 색상 막대에 비해 RGB 성분의 강도 저하가 크게 발생함을 알 수 있다.

3. 기준/대상 조건 정보 추출 - RGB 입출력 관계 곡선 모델링

그림 4와 그림 5를 분석하면, 3차원 재생 방식에서 2차원 재생 방식의 색감을 최대한 유사하게 구현하기 위해서는 RGB 색상 중 Green 색상에 대한 보정이 필요함을 알 수 있다. 이를 위하여 Green 색상을 구성하는 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^[11]. 따라서 본 논문에서는 3차원 화질 개선을 위한 Green 색상 보정 방법으로 Red와 Green 성분의 3차원 색상 보정용 사상표를 새롭게 정의하기로 하고 이를 위해 두 성분 요소의 입출력 관계를 모델링했다.

그림 5(d) 및 그림 5(e)의 측정값을 분석한 결과, 실험에 사용한 3차원 TV 시스템은 2차원 재생 방식에서 영상의

그림 4. Gray 색상 막대 입력 영상에 따른 2차원 및 3차원 재생 방식에서 강도 측정 결과: (a) 광도 성분 입출력 곡선, (b) Red 성분 입출력 곡선, (c) Green 성분 입출력 곡선, (d) Blue 성분 입출력 곡선

Fig 4. I/O Relationship Curves using Gray Color Bar in a 2D and a 3D Mode: (a) Brightness I/O Curve, (b) Red Component I/O Curve, (c) Green Component I/O Curve, (d) Blue Component I/O Curve

그림 5 Red, Green, 및 Blue 색상 막대 입력 영상에 따른 2차원 및 3차원 재생 방식에서 강도 측정 결과: (a)Red 색상 막대에서 Red 성분 입출력 관계 곡선, (b)Red 색상 막대에서 Green 성분 입출력 관계 곡선, (c)Red 색상 막대에서 Blue 성분 입출력 관계 곡선, (d)Green 색상 막대에서 Red 성분 입출력 관계 곡선, (e)Green 색상 막대에서 Green 성분 입출력 관계 곡선, (f)Green 색상 막대에서 Blue 성분 입출력 관계 곡선, (g)Blue 색상 막대에서 Red 성분 입출력 관계 곡선, (h)Blue 색상 막대에서 Green 성분 입출력 관계 곡선, (i)Blue 색상 막대에서 Blue 성분 입출력 관계 곡선

Fig 5. I/O Relationship Curves using Red, Green, and Blue Color Bar in a 2D and a 3D Mode: (a) I/O Relationship Curve of Red Component in a Red Color Bar, (b) I/O Relationship Curve of Green Component in a Red Color Bar, (c) I/O Relationship Curve of Blue Component in a Red Color Bar, (d) I/O Relationship Curve of Red Component in a Green Color Bar, (e) I/O Relationship Curve of Green Component in a Green Color Bar, (f) I/O Relationship Curve of Blue Component in a Green Color Bar, (g) I/O Relationship Curve of Red Component in a Blue Color Bar, (h) I/O Relationship Curve of Green Component in a Blue Color Bar, (i) I/O Relationship Curve of Blue Component in a Blue Color Bar

맛맛함을 제거하기 위해 명암비를 신장시키고자 S-shaped 곡선을 적용한 감마 보정을 통해 색상 변형을 실시하였음을 알 수 있고^[12], 3차원 재생 방식에서는 S-shaped 곡선의 강도 값이 2차원에 비해 감소되었음을 알 수 있다. 2차원 및 3차원 재생 방식에서 각각 시행한 입출력 관계 곡선 모델링 시, 복잡도 감소를 위하여 S-shaped 곡선의 변곡점을 기준으로 입력 값 영역을 $0 < x \leq 120$ 과 $120 < x \leq 255$ 로 나누었으며, 나누어진 구간에서는 식 (4)와 같이 수정된 power-law 수식을 적용하여 Red 및 Green 성분에 대한 입출력 관계 곡선을 모델링했다^{[4][13]}.

$$y = (ax + b)^\gamma \quad (4)$$

표 1은 2차원 재생 방식에서 Green 색상을 구성하는 Red와 Green 성분의 입출력 관계를 모델링하기 위해 그림 5(d) 및 그림 5(e)의 2차원 재생 방식에서 측정된 실제 값을 식(4)에 대입하여 도출한 “gain”값 a 와 “offset”값 b , 그리고

표 1. 2차원 재생 방식 색상 성분 모델링을 위한 도출 매개 변수들
Table 1. Estimated I/O Relationship Parameters for Color Component Modeling in 2D Mode

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 2. 3차원 재생 방식 색상 성분 모델링을 위한 도출 매개 변수들

Table 2. Estimated I/O Relationship Parameters for Color Component Modeling in 3D Mode

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

“gamma level” γ 를 나타내며, 표 2는 3차원 재생 방식에서 측정된 실제 값을 이용해 도출한 매개 변수 값들을 나타낸다.

그림 6을 참조하면 도출된 파라미터를 이용하여 모델링한 Red 성분 및 Green 성분의 입출력 관계 곡선이 실험을 통해 측정된 그림 5(d)와 그림 5(e)의 Green 색상 막대에서 Red 성분 및 Green 성분의 입출력 관계 결과를 그대로 잘 반영하고 있음을 알 수 있다.

IV. 3차원 화질 개선을 위한 색상 보정용 사상표 생성 및 성능 평가

1. 조건 정보 차이 추출 및 색상 보정용 사상표 생성

3차원 시청 시에도 2차원에서와 같은 색감을 최대한 제공하기 위한 3차원 색상 보정용 사상표를 생성하기 위하여 3장의 표 1 및 표 2와 같이 모델링된 Red 성분과 Green 성분의 매개 변수를 식 (5)에 적용하였다.

$$(a_{2D}x_{input} + b_{2D})^{r_{2D}} = (a_{3D}x_{compensated} + b_{3D})^{r_{3D}} \quad (5)$$

이를 통해 3차원 재생 방식에서 2차원 재생 방식과 동일한 강도의 색감을 얻기 위하여 그림 1의 사상부를 통해 Red 성분과 Green 성분에 적용해야 하는 색상 보정용 사상표를

그림 6. 모델링된 입출력 관계 곡선: (a)Red 성분, (b)Green 성분

Fig 6. Estimated I/O Relationship Curve: (a) Red Component, (b) Green Component

그림 7. 3차원 화질 개선을 위한 사상표 도표화: (a) Red 성분 사상 그래프, (b) Green 성분 사상 그래프

Fig 7. Mapping Graph for Improving 3D Quality: (a) Red Component Mapping Graph, (b) Green Component Mapping Graph

도표화하여 그림 7과 같이 나타내었다.

그림 8은 본 논문에서 3차원 시청 시에도 2차원에서와 같은 색감을 최대한 제공하기 위해 제안한 3차원 색상 보정용 사상표를 기존 3차원 TV 시스템 출력부에 추가한 3차원 화질 개선용 TV 구성도이다. 제안된 3차원 TV 시스템을 통해 2차원 영상을 재생하는 경우, 3차원 색상 보정 구성단위를 거치지 않아 기존의 디지털 TV 시스템과 동일한 영상을 표시하도록 하며, 3차원 입체영상을 재생하는 경우 3차원 색상 보정 구성단위를 통해 Red 성분과 Green 성분의 강도를 제안된 3차원 색상 보정용 사상표에 따라 사상함으로써 3차원 재생 방식에서도 2차원에서와 같은 색감을 표시하는 것이 가능하다.

2. 성능 검증

본 논문에서 제안하는 3차원 색상 보정용 사상표에 대한 성능 검증을 위해 그림 9와 같이 1920x1080 해상도를 갖는 4개의 원본 영상에 대해 실험을 실시하였다. 그림 9의 영상들은 성능 평가의 기준 영상으로 사용할 2차원 영상과 성능 평가의 비교 영상들로 사용할 기존 3차원 영상을 획득하는데 사용되었으며, 본 논문의 3장에서 설명한 실험조건과 동일한 환경에서 촬영을 실시하였다. 한편, 3차원 색상 보정용 사상표가 적용된 3차원 영상을 촬영하기 위해서는 그림 8과 같이 3차원 TV 시스템 내 새로운 색상 보정용 사상표가 추가되어 있는 시스템을 사용해야 하는 문제가 발생

그림 8. 3차원 색상 보정 구성단위를 구비한 3차원 TV 구성도

Fig 8. Simplified Block Diagram of a 3DTV with 3D Color Compensation Mapping Module

그림 9. 실험에 사용한 고해상도 원본 영상들: (a) bridge, (b) grass, (c) rock, (d) roadway^[14]

Fig 9. High-definition Original Images used in the Experiment: (a) bridge, (b) grass, (c) rock, (d) roadway^[14]

그림 10. 실험에 사용한 색상 보정된 영상들: (a) Bridge, (b) Grass, (c) Rock, (d) Broadway

Fig 10. Color Compensated Images used in the Experiment: (a) Bridge, (b) Grass, (c) Rock, (d) Broadway

하게 되므로, 본 논문에서는 Visual C를 이용해 그림 9의 원본 영상에 3차원 색상 보정용 사상표를 적용한 영상을 미리 컴퓨터로 생성한 후 3차원 TV의 입력 영상으로 사용

하였다. 그림 10은 그림 9의 원본 영상들에 3차원 색상 보정용 사상표를 적용한 영상을 나타낸다. 그림 10을 통해 확인할 수 있듯이 3차원 색상 보정용 사상표에 의해 색상 보

그림 11. 실험에 사용한 촬영 영상들: (a) 2차원 재생 방식에서 bridge 영상, (b) 기존 3차원 재생 방식에서 bridge 영상, (c) 제안된 3차원 재생 방식에서 bridge 영상, (d) 2차원 재생 방식에서 grass 영상, (e) 기존 3차원 재생 방식에서 grass 영상, (f) 제안된 3차원 재생 방식에서 grass 영상, (g) 2차원 재생 방식에서 rock 영상, (h) 기존 3차원 재생 방식에서 rock 영상, (i) 제안된 3차원 재생 방식에서 rock 영상, (j) 2차원 재생 방식에서 broadway 영상, (k) 기존 3차원 재생 방식에서 broadway 영상, (l) 제안된 3차원 재생 방식에서 broadway 영상

Fig 11. Captured Images used in the Experiment: (a) Bridge Image in 2D Mode, (b) Bridge Image in Legacy 3D Mode, (c) Bridge Image using the Proposed Color Compensation Method, (d) Grass Image in 2D Mode, (e) Grass Image in Legacy 3D Mode, (f) Grass Image using the Proposed Color Compensation Method, (g) Rock Image in 2D Mode, (h) Rock Image in Legacy 3D Mode, (i) Rock Image using the Proposed Color Compensation Method, (j) Broadway Image in 2D Mode, (k) Broadway Image in Legacy 3D Mode, (l) Broadway Image using the Proposed Color Compensation Method

정된 영상들은 원본 영상 대비 Red와 Green 성분의 강도가 높아져 전체적으로 Green 색상이 강화된 Green 색상 캐스트(Color Cast: 전체적으로 분포되는 단일 색조) 특성을 가지게 됨을 알 수 있다.

그림 11은 그림 9와 그림 10을 이용하여 3차원 TV를 통해 표시되는 2차원 영상, 기존 3차원 영상 및 본 논문에서 의 해 색상 보정된 3차원 영상을 각각 나타낸다. 기존 3차원 재생 방식에서는 2차원 재생 방식에서와 같은 색감을 재현할 수 없다는 문제점을 해결하기 위하여 3차원 색상 보정용 사상표를 이용한 색상 보정 방법을 제안한 것이므로, 성능 평가의 척도로써 객관적인 화질 비교를 위해 2차원 재생 방식 시 표시되는 2차원 영상을 기준으로 출력되는 3차원 영상 및 색상 보정된 3차원 출력 영상에 대한 PSNR을 각각 비교하여 표 3에 나타냈다. 표 3에서 확인할 수 있듯이 본 논문에서 제안한 방법에 의해 색상 보정된 3차원 출력 영상은 기존 3차원 출력 영상보다 PSNR이 평균적으로 5.47dB 상승했음을 알 수 있다. 즉, 색상 보정된 3차원 출력 영상의 3차원 화질이 이전보다 개선되었음을 확인하였다.

표 3. PSNR 비교
Table 3. PSNR Comparison

	기존 3차원 재생 방식	색상 보정된 3차원 재생 방식	차이
bridge	16.41	22.64	6.23
grass	11.86	17.18	5.32
rock	13.26	18.65	5.39
broadway	13.36	18.27	4.91
평균	13.72	19.19	5.47

(단위: dB)

V. 결 론

3차원 콘텐츠 활성화에 따라 3차원 TV의 대중화가 시작되고 있다. 그러나 3차원 TV 화면표시 액정판의 특성으로 인해 나타나는 누화 현상을 줄이기 위해 3차원 영상 재생시에는 배경 조명의 밝기를 2차원 재생 방식보다 감소시킴으

로써 2차원에서 제공하던 화려한 색감이 사라지는 색 재현 문제가 발생하게 되었다. 따라서 본 논문은 기존의 2차원 재생 방식에서의 색감을 3차원에서도 재현하기 위한 색상 보정 방법으로써 종래 3차원 TV와의 호환성을 보장하는 색상 보정용 사상표를 도출하였다. 이를 위하여 2차원 및 3차원 재생 방식에서의 색상 정보를 측정, 분석하여 배경 밝기 저하에 의한 Green 색상의 강도 저하가 최대 41%로 가장 심하게 발생함을 알 수 있었고, 열화된 Green 색상을 보상하기 위해 Green 색상을 구성하는 RGB 성분 중 Red와 Green 성분의 강도를 최대 43% 강화하는 색상 보정용 사상표를 생성하였다. 생성된 색상 보정용 사상표를 이용하여 3차원 영상을 재현할 경우, 종래 3차원 재생 방식 영상 대비 5.47dB의 PSNR 개선 효과를 확인할 수 있었다. 즉, 3차원 색상 보정용 사상표를 통한 색상 보정으로 3차원 재생 방식에서도 2차원에서와 유사한 색감을 재현할 수 있는 가능성을 제공하였다. 향후 다른 3차원 TV 시스템에서도 3차원 재생시 발생하는 색 재현 문제를 해결하기 위해 해당 3차원 TV에 따른 2차원과 3차원 재생 방식에서의 색상 정보 분석을 하고, 이를 통해 기기별로 최적화된 3차원 색상 보정용 사상표를 도출할 수 있을 것이다. 한편 Red와 Green 색상 성분은 밝기 값과 상관관계를 가지기 때문에, 본 논문에서 제안하는 색 보정을 통한 3차원 화질 개선 효과를 보다 명확하게 하기 위해서는 3차원 TV 시스템 내 색차 정보를 활용한 색차 보정을 수행할 수 있도록 추가 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

- [1] Christoph Fehn, "3D TV Broadcasting," Fraunhofer Institute for Telecommunications/Heinrich-Hertz-Institute, 2005.
- [2] 정제창, "고화질 3DTV 실험방송의 추진," 방송공학회지, 제15권 제1호, pp. 8-10, 2010.
- [3] 전자신문인터넷, "3DTV 화질 '밝기·명암비' 쟁거라," May. 17. 2010.
- [4] M. D. Fairchild, Color Appearance Models, 2nd ed., Addison-Wesley: Reading, MA, 2005.
- [5] Steering Team 4-3D Displays 3D@Home consortium, "3D Active Shutter Glasses Database," Sept. 24. 2009.
- [6] Eric Reinhard, Erum Arif Khan, Ahmet Oguz Akyuz, Garrett M. Johnson, Color Imaging Fundamentals and Applications, 2008.
- [7] G. Buchsbaum, "A spatial processor model for object colour perception," J. Frank. Inst., Vol. 310, 1980.

- [8] Lam, E. Y., "Combining gray world and retinex theory for automatic white balance in digital photography," Consumer Electronics, (ISCE 2005). pp. 134-139, June 2005.
- [9] J. van de Weijer, T. Gevers, A. Gijsenij, "Edge-Based Color Constancy," IEEE Transactions on Image Processing, Vol. 16, No. 9, Sep, 2007.
- [10] 이상훈, 유영준, "화면표시 장치 및 그의 화질 개선방법," 공개특허 10-2009-0041994, Oct. 25. 2007.
- [11] Steve Hullfish, Jaime Fowler, Color Correction for Digital Video, 2007.
- [12] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, Digital Image Processing, 3rd ed., 2009.
- [13] Minsung Kang, Bongjoe Kim, Kwanghoon Sohn, "CIECAM02-based tone mapping technique for color image contrast enhancement," Optical engineering 48(8), 087001, Aug. 2009.
- [14] <http://www.ewallpapers.eu/>

저 자 소 개

정 길 수

- 2001년 : 고려대학교 전자공학과 공학사
- 2001년 ~ 현재 : 삼성전자 DMC 연구소 책임연구원
- 2010년 ~ 현재 : 연세대학교 전기전자공학과 석사과정
- 주관심분야 : 3차원 컬러 영상 처리, 3차원 방송 시스템

강 민 성

- 2006년 : 연세대학교 전기전자공학부 공학사
- 2006년 ~ 현재 : 연세대학교 전기전자공학과 석박사 통합과정
- 주관심분야 : 컬러 영상 처리, 패턴 인식

김 동 현

- 2004년 : 연세대학교 전기전자공학부 공학사
- 2007년 : 연세대학교 전기전자공학과 공학석사
- 2007년 ~ 현재 : 연세대학교 전기전자공학과 박사과정
- 주관심분야 : 3차원 컴퓨터비전, 3차원 영상 피로도

손 광 훈

- 1983년 : 연세대학교 전자공학과 공학사
- 1985년 : University of Minnesota, MSSE
- 1991년 : North Carolina State University, Ph.D
- 1993년 : 한국전자통신연구원 선임연구원
- 1994년 : Georgetown University, Post-doctor fellow
- 1995년 ~ 현재 : 연세대학교 전기전자공학부 교수
- 2002년 9월 ~ 2003년 8월 : Nanyang Technological University, Visiting Professor
- 주관심분야 : 3차원 영상처리, 영상 통신