

비선형적 최단거리 매핑 알고리즘을 이용한 PDP 칼라 특성 보정 방법

허 태 욱, 김 재 철, 조 맹 섭
한국전자통신연구원 휴먼정보처리연구부
전화 : 042-860-1547 / 핸드폰 : 011-9581-9457

Color Enhanced Method in Digital PDP TV Using Nonlinear Shortest Distance Mapping Algorithm

Tae-Wook Heo, Jae Chul Kim, Maeng-Sub Cho
Dept. of Human Information Processing , ETRI
E-mail : htw398@etri.re.kr

Abstract

Recently, Digital TV viewer have been replacing cathode ray tubes (CRT) with Plasma display panel(PDP). But the chromaticity of the primaries are dependent on RGB input signals. And the colorimetry of PDP changes with gray scale and has a poor performance in color reproduction.

In this paper we propose the enhanced algorithm of color reproduction considering nonlinear gamut mapping algorithm. In order to test performance of this algorithm we use the sample colors. As a result of experiments, it was confirmed that the color difference of the digital PDP using the proposed algorithm was considerably reduced.

I. 서론

플라즈마 디스플레이(plasma display panel; PDP)는 얇고 가벼우며, 대화면, 고휘도, 고해상도 및 고콘트라스트 등의 우수한 특성을 갖추고 있기 때문에 디지털 TV, 영화, 인쇄, 출판, 의료, 교육등 광범위한 분야에서 실용화되고 있습니다. PDP는 전력 소모, 동영상 Dynamain Contour 등의 기술적 분야에서는 상당한

발전은 하였으나, 색 재현력은 형광체의 물리, 전기-광학적 특성 때문에 디지털 TV의 표준에 못 미치고 있다.

또한, 디지털 방송의 표준 색특성인 6500K의 화이트 색온도와 Red, Green, Blue 형광체의 색특성이 PDP와는 상이한 점이 많은 상태이다. 따라서 본 논문에서는 PDP가 디지털 TV의 표준에 맞는 색을 나타낼 수 있도록 비선형적 최단거리 매핑 알고리즘을 통해 칼라 특성을 보정하였다.

II. 기존의 칼라 보정 방법

PDP에서의 기존의 칼라 보정 방법은 각각 3개의 ID LUT(Look Up Table)을 이용하여 CRT와 같은 감마값이 나오도록 LUT계수값을 설정하는 방법이다.

즉 디지털 R값이 입력으로 들어가면 감마값을 보정한 R'값이 출력값으로 나오는 시스템이다. G와 B값에 대해서도 마찬가지이다. 이는 그림 1의 블록도에 나타내고 있다. 이 방법은 하드웨어가 간단하고 만들기 쉬운 장점이 있으나, 각 채널간의 상호 간섭 문제 때문에 CRT를 제외한 LCD 및 PDP 등에서는 사용하기에 적합하지 않다. 또한 단순히 색온도 및 감마만을 조절하는 기능 밖에 더 이상의 기능을 하지 못하는 단점이

있다.

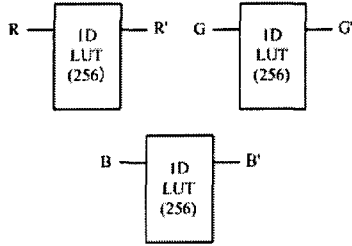


그림 1. 1D LUT 3개를 이용하는 방법

III. 비선형적 최단거리 매핑 칼라 보정 알고리즘

3.1 PDP 측정 환경

실험에 사용된 디스플레이는 LG 40인치 PDP MN-40PA10A를 사용하였고, 측정장치로는 칼라분석기 미놀타 CS-1000을 이용하였다. 또한, 자동 측정을 위해 RS232C를 통해 컨트롤러(Laptop; 노트북 PC)와 컬러분석기 및 PDP와의 통신을 연결하여 측정하였다.

그림 2에 PDP의 측정환경에 대해 나타내었고, 테스트 이미지는 가로 h/5, 세로 h/5의 정사각형 patch를 사용하였고, warming time은 2시간이었다. 배경으로는 검정색 (R,G,B) = (0,0,0)을 사용하였다.[1]

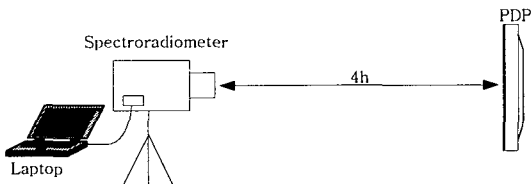


그림 2. PDP 측정 환경

3.2 PDP characterization

(1) Tone characterization

PDP에서 전기 광학적 관계를 정의하는 것은 무엇보다도 중요하다. 각 채널을 구동하는 전기신호와 각 채널에 의해 생성되는 휘도와의 관계를 Tone characterization이라고 하며, 다음 그림 3에서는 LG 40인치 PDP MN-40PA10A의 전기-광학적 관계를 나타내고 있다.

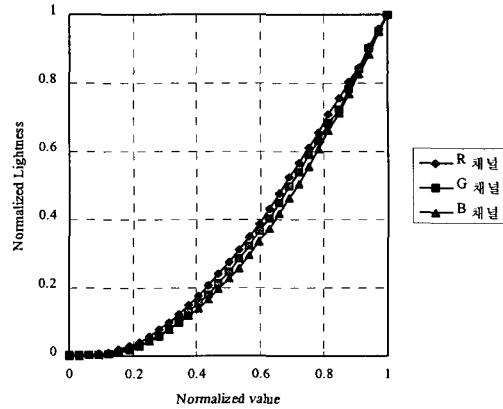


그림 3. PDP의 전기광학적 특성

(2) PLCC(piecewise linear interpolation assuming constant chromaticity coordinate)

본 논문에서는 PLCC를 이용하여 전기광학적 관계를 모델링하였다. 그리고 PLCC는 다음 전개과정으로 설명할 수 있다. 먼저, 수식(1)에서는 digital value와 삼자극치와의 관계를 나타내고 있다.[2],[3]

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_{r,max} & X_{g,max} & X_{b,max} \\ Y_{r,max} & Y_{g,max} & Y_{b,max} \\ Z_{r,max} & Z_{g,max} & Z_{b,max} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (1)$$

where, $R = X_N / X_{MAX}$ $G = Y_N / Y_{MAX}$ $B = Z_N / Z_{MAX}$

그리고 수식(1)의 X_N 은 수식(2)에서 X 의 앞뒤 샘플 값으로 선형 보간 방법을 통해 나타낼 수 있다.

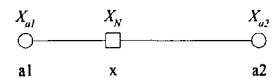


그림 4. 일차원 선형 보간 방법

$$X_N = \frac{X_{a2} - X_{a1}}{a2 - a1} (x - a1) + X_{a1} \quad (2)$$

where, X_{a1}, X_{a2} 는 $R = a1, a2$ 에서의 측정된 X 값

마찬가지로 G, B 에 대해서도 Y 와 Z 값의 선형 보간 방법을 사용하여 나타낼 수 있다. 이를 통하여 LG 40인치 PDP에 대한 디바이스 모델링을 수행하였다.

3.3 비선형적 최단거리 매핑 칼라 보정 알고리즘

그림 5는 PDP와 Rec. ITU_R BT. 709로 정의된

칼라가상디바이스가 나타내는 각각의 색역의 모양을 나타내고 있으며, 볼륨으로 나타낸 부분이 PDP가 나타낼 수 있는 색영역이며, 검은 mesh로 나타낸 부분이 ITU_R BT. 709이 나타낼 수 있는 색영역이다. 또한, 디지털 TV에서 나타낼 수 있는 색영역과 PDP에서 재현가능한 색영역을 차이를 이용하여 본 알고리즘은 PDP에서 ITU_R BT. 709가 나타낼 수 있는 색영역과 중복 되는 영역 부분은 같은 값으로 매핑을 시도하였고, PDP에서 ITU_R BT. 709로 나타낼 수 없는 색영역 부분은 PDP로 재현할 수 있는 비선형적으로 가장 가까운 값으로 매핑을 시도하여 칼라 특성을 보정하였다.

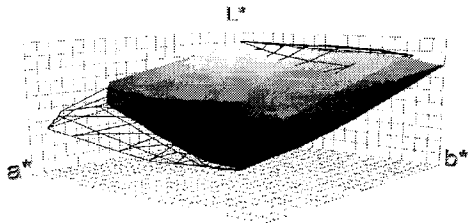


그림 5. PDP 40'' gamut(볼륨) .vs. ITU_R BT. 709 gamut(매쉬)

본 논문에서 제시하는 비선형 최단거리 매핑 칼라 보정 알고리즘의 블록도는 그림 6과 같다.

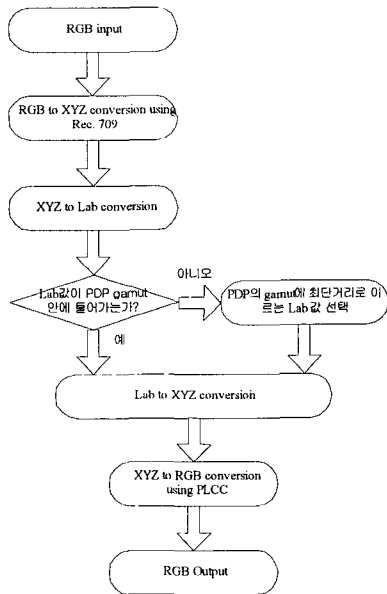


그림 6. 비선형 최단거리 칼라 보정 알고리즘

(1) ITU_R BT. 709을 이용한 RGB 변환 Lab

RGB에서 ITU_R BT. 709의 광학적 특성을 이용하여 XYZ의 삼자극치로 변환한다. 다음 수식(3)은 ITU_R BT. 709에서 정해진 휘도와 디지털 신호값과의 관계이다.

또한, CIELAB에 의한 XYZ에서 Lab값으로 변환을 수행한다.

$$L = \left[\frac{\left(\left(\frac{dL}{255} \right) + 0.099 \right)^{0.45}}{1.099} \right] \quad \text{for } 1 \geq dL \geq 0.081 \quad (3)$$

$$L = \left(\frac{dL}{255} \right) / 4.500 \quad \text{for } 0.081 \geq dL \geq 0$$

where, L은 밝기, dL은 디지털 입력값

(2) PDP 색영역 판단

PDP의 색영역을 판단하려면 먼저,3차원 색역 사상을 구면 좌표계로 생각하여, PDP의 색역사상을 128×128로 나누어서 각각에 해당하는 최대값을 할당한다. ITU_R BT. 709와 CIELAB의 변환과정을 거쳐 나온 Lab값이 색역분할을 통해 그 영역위치를 할당 받은 후, 그 영역에 해당하는 PDP 색역의 최대값과 비교하여 크면 PDP와 비선형적으로 최단거리에 이르는 L'a'b'값으로 매핑하게 되고 크지 않으면 변환하지 않고 그대로 값을 가지게 된다..

(3) PLCC을 이용한 L'a'b' 변환 R'G'B'

CIELAB 수식에 의해 역변환으로 L'a'b'을 X'Y'Z'의 삼자극치로 변환한다. 그리고 이 삼자극치를 앞 절에서 설명한 PLCC방법을 통해 R'G'B'으로 변환하는데, 이방법에 의해 변환할 때 1001개의 LUT을 이용하여 역변환을 수행한다. 그림 7에서 PLCC를 통한 X'Y'Z'변환 R'G'B' 출력도를 나타내고 있다.

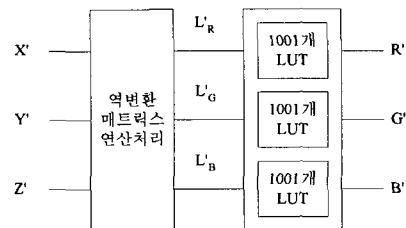


그림 7. X'Y'Z' 변환 R'G'B' 출력도

IV. 실험 결과 및 검증

디지털 PDP TV에서 DTV표준과 동일한 등색을 재현하기 위해 앞서 설명한 그림 2에 설명한대로 측정하였다.

본 논문에서 제안한 색보정 알고리즘으로 특정 729개의 샘플색에 대해 실험한 결과를 그림8과 그림 9에 나타내었다. CIELAB의 색도 오차 식에 의해서 색보정 전에는 ΔE^*_{ab} 가 21.72이였으나, 색보정 후에는 ΔE^*_{ab} 의 값이 9.81로 현저히 줄어들었음을 확인할 수 있었다.[4]

또한, 그림 10에서 Luminance값에 따른 색오차값과 Hue값에 따른 색오차값을 나타내었다. 여기서, Hue 각도 300도 근처에서 에러가 큼을 알수 있는데 이는 PDP가 나타낼 수 있는 색영역의 범위 밖의 부분이기 때문이다.

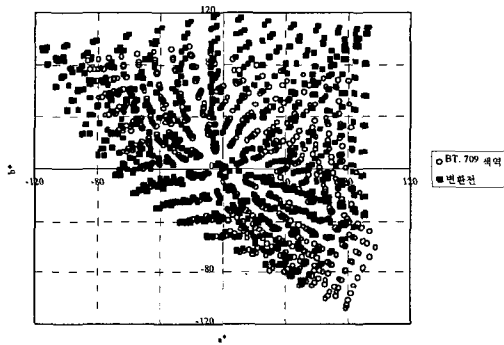


그림 8. ITU_R BT. 709와 알고리즘 적용전의 PDP의 샘플 색좌표

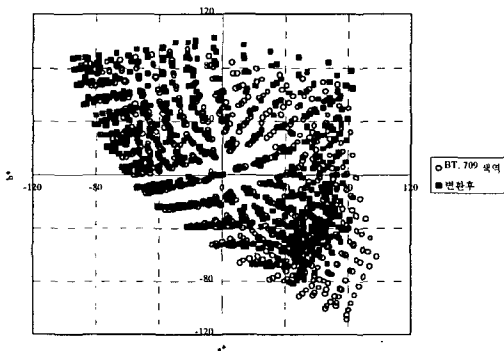
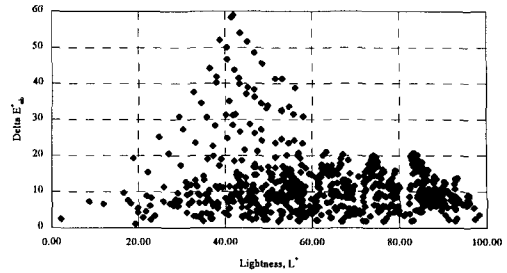
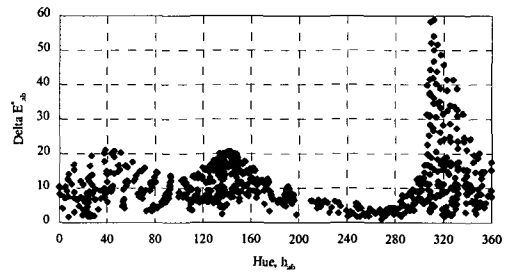


그림 9. ITU_R BT. 709와 알고리즘 적용후의 PDP의 샘플 색좌표



(a)Lightness에 따른 색오차 ΔE^*_{ab}



(b)Hue에 따른 색오차 ΔE^*_{ab}

그림 10. Lightness와 Hue에 따른 색오차

V. 결론

현재의 PDP 하에서 디스플레이의 최적 화질을 구현하기 위해서는 DTV의 표준과 가장 흡사하게 형광체를 만들어야 하나 구현이 불가능하다.

그러므로, 본 논문에서는 PDP에서 DTV의 표준에 맞게 변환하는 알고리즘을 제안하였고, 제안한 방법으로 실험한 결과, PDP는 디지털 TV의 칼라특성에 가까이 근접하며 729개의 특정 샘플색에 대한 오차가 색보정전 $\Delta E^*_{ab} = 21.72$ 에서 색보정후 $\Delta E^*_{ab} = 9.81$ 로 현저히 줄어들었음을 확인하였다.

참고문헌(또는 Reference)

- [1] IEC 61966-5:multimedia systems and equipment - Colour measurement and management - Part 5: Equipment using plasma display panels
- [2] R.S. Berns, Methods for characterizing CRT displays, *Displays*, 16(1995) 173-18
- [3] A. Johnson, Methods for characterising colour scanners and digital scanners, *Displays*, 16(1995) 183-19
- [4] R.W.G. Hunt, *Measuring Colour*, FOUNTAIN PRESS 3rd Ed., 1998