

# Constant Luminance Signal Coding 에 관한 연구

김진서\*, 조맹섭\*

\*한국전자통신연구원 컴퓨터소프트웨어기술연구소

영상처리연구부 칼라이미징연구팀

e-mail : [kjseo@etri.re.kr](mailto:kjseo@etri.re.kr)

## A Study on Constant Luminance Signal Coding

Kim Jin-Seo\*, Cho Maeng-Sub\*

\*Color Imaging Research Team, Image Processing Department  
Computer and Software Technology Laboratory, ETRI

### 요 약

본 논문에서는 기존의 TV 시스템에서 사용하는 영상신호의 encoding/decoding 방법과 새롭게 제안되는 constant luminance encoding/decoding 방법을 컴퓨터로 구현하고, 기존의 방법과 제안된 방법으로 재생된 영상의 칼라 정보의 차이에 대한 데이터를 제시한다. 또한 디지털 방송에 적합한 encoding/decoding 시스템의 선택에 대한 고찰도 포함한다.

### 1. 서론

디지털 시험방송이 시작되고, 컴퓨터 및 마이크로 프로세서의 성능이 나날이 발전되고 있는 2000년대는 흑백 TV 시스템 시절부터 현재까지도 변화되지 않고 사용되고 있는 비디오 신호 제작 방식에 대한 제고가 필요한 시점이다. 현재 아날로그 방송 및 디지털 시험 방송에서 사용하고 있는 컴포넌트 비디오 신호의 제작 및 전송 과정은 영상물 생성 단계인 비디오 카메라와 최종 출력 단계인 TV 시스템의 비선형 특성 때문에 정해진 nonconstant luminance encoding/decoding 시스템을 사용하고 있지만, 영상의 칼라 정보의 손실이 없는 시스템을 구현하기 위해서는 constant luminance 시스템<sup>[1]</sup>을 사용하는 것이 이상적이다. 본 논문에서는 비디오 칼라 코딩 시스템의 정의와 constant luminance 시스템 및 nonconstant luminance 시스템의 구성 및 이를 통한 칼라 영상의 칼라 차이를 제시하고, 차기 연구과제에 대한 계획을 제시한다.

### 2. Video color coding system

컴포넌트 비디오 신호(component video signal)에서 사용하는 영상 신호는 전송 효율을 높이기 위해 R,G,B

신호를 그대로 전송하는 대신 luminance 신호와 color difference 신호로 변환한 다음 변환된 신호를 적당한 압축율로 압축한 신호를 전송하게 된다. 컴포넌트 디지털 비디오 시스템에서는 R,G,B 신호를 YCbCr 로 변환시켜 전송하며, 컴포넌트 아날로그 비디오 시스템에서는 YPbPr 로 변환시켜 전송한다. 각각의 신호는 아래와 같은 방법으로 구해진다.

$$\begin{aligned} Y'_{601} &= 0.299R' + 0.587G' + 0.114B' \\ Y'_{709} &= 0.2126R + 0.7152G + 0.0722B \\ Cb &= B' - Y' = Pb \\ Br &= R' - Y' = Pr \end{aligned}$$

여기서  $Y_{601}$ 은 1953년에 ITU-R BT.601-4로 표준화된 식으로서, 현재까지 아날로그 비디오 신호의 부호화에 사용되어 왔다. 이 식에서 사용되는  $R'$ ,  $G'$ ,  $B'$ 은 카메라로부터 얻어진 값에 대하여 비선형 감마 보정을 수행한 비선형  $R$ ,  $G$ ,  $B$  신호이며, 이를 통해 얻어진  $Y$  값도 비선형 값이 된다. 반면에  $Y_{701}$ 은 1990년에 ITU-R BT.709로 표준화 된 식으로서, 선형  $R$ ,  $G$ ,  $B$ 를 이용하여 계산되며, 이 식은 CIE 에서 규정하는 linear luminance 값을 표현한다.

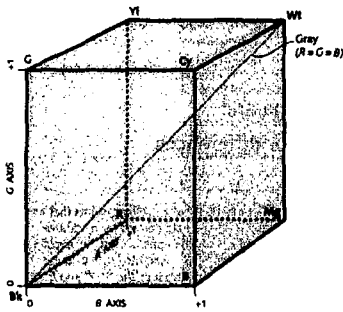


그림 1. RGB color cube

비디오 신호를 제작하는 데 있어서 R, G, B의 영상 신호를 사용하지 않고 YPbPr 이나 YCbCr 등의 색차 신호를 사용하는 이유는 영상 정보의 크기를 줄이는 것이다. R, G, B 신호를 이용하여 영상 정보를 표현하는 경우에는 그림 1 과 같은 3 차원 공간에 해당하는 정보가 필요하다.

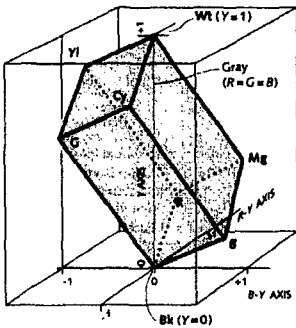


그림 2. Y, B-Y, R-Y

사람의 시각은 색깔의 변화 보다 밝기의 변화에 민감한 특성을 이용하여 그림 2 와 같이 R, G, B 신호를 밝기와 색차 신호로 변환하고, 색깔의 차이를 느낄 수 없는 단계까지 색차 신호를 샘플링함으로써 정보량을 크게 줄일 수 있다.

**3. Constant luminance encoder/decoder**

이상적인 칼라 비디오 시스템은 한 채널의 영상 정보를 갖는 흑백 비디오 시스템과 동일한 동작을 하도록 제작된 시스템이다. 이를 위해서 먼저 다음의 식을 이용하여 RGB 로부터 CIE Luminance 값(Y)을 구한다.

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.412453 & 0.357580 & 0.180423 \\ 0.212671 & 0.715160 & 0.072169 \\ 0.019334 & 0.119193 & 0.950227 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} R_{709} \\ G_{709} \\ B_{709} \end{bmatrix}$$

다음으로 인간의 시각 특성을 고려한 감마 보정을 통해서 비선형 값으로 변환된다. 이상적인 칼라 신호는 감마 보정을 통해 얻어진 비선형 R, G, B 값에서 감마

보정된 비선형 luminance 값(Y)을 뺄 값으로 나타낼

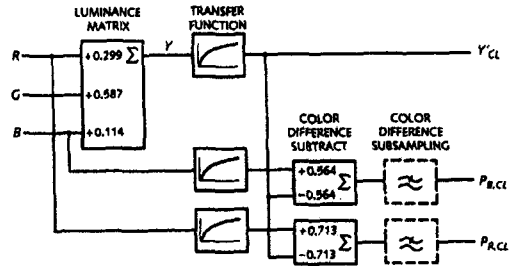
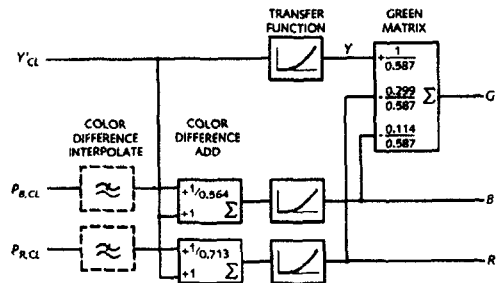


그림 3. Constant luminance encoder

이상적인 모니터 또는 비디오 출력 장치의 luminance 값(Y)은 encoding 시스템의 비선형 감마 변환의 역변환으로 얻어진다. 변환된 luminance 값(Y)은 비선형 R, B 신호에 더해져서 역 감마 변환을 통해 선형 R, B 신호를 재생하게 된다. 마지막으로 G 신호는 선형 Y, B,



R 신호의 합으로 구해진다. 이러한 시스템을 Constant luminance decoder 시스템이라고 정의하며, 그림 4 와 같은 구성도로 표현된다.

그림 4. Constant luminance decoder

실제로 사용되고 있는 칼라 비디오 시스템은 그림 3 의 encoder 부분에서의 감마 보정과 그림 4 의 decoder 부분에서의 역 감마 보정이 비디오 카메라와 모니터 내부에서 이루어진다. 이러한 시스템을 nonconstant luminance 시스템 또는 conventional luma/encoder (decoder) 시스템이라고 정의한다. Nonconstant luminance 시스템에서 재생되는 비디오 신호는 비선형 특성을 가지며 이상적인 시스템이 아니지만, 구현의 용이성으로 인해 1953 년에 NTSC 표준으로 채택되었으며, 현재 NTSC, PAL, SECAM, JPEG, MPEG, HDTV 등을 포함한 거의 모든 비디오 시스템에서 사용되고 있다.

Non constant luminance encoder 와 decoder 는 각각 그림 5 와 그림 6 과 같이 구성된다.

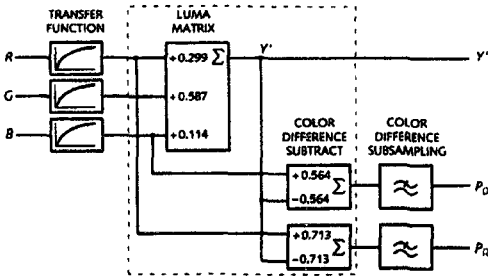


그림 5. Nonconstant luminance encoder

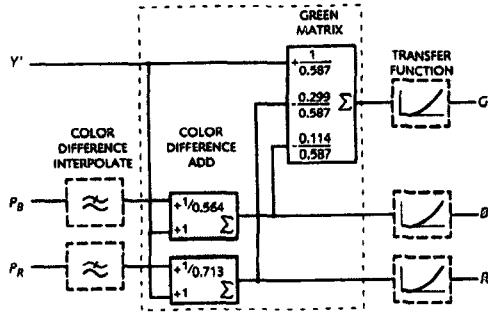


그림 6. Nonconstant luminance decoder

4. 실험결과

본 논문에서는 칼라 비디오 시스템에서 현재까지 사용되고 있는 nonconstant luminance encoding/decoding 시스템과 제안된 constant luminance encoding/decoding 시스템을 컴퓨터상에서 구현하였다. 본 논문에서 구현한 시스템은 신호 전송과정에서의 샘플링이나 데이터 압축을 고려하지 않은 full luminance/full color 형식으로 구현하였다. 본 시스템에서 사용된 테스트 영상은 그림 7 과 같은 패턴으로 하나의 정지 영상으로 구현된다.

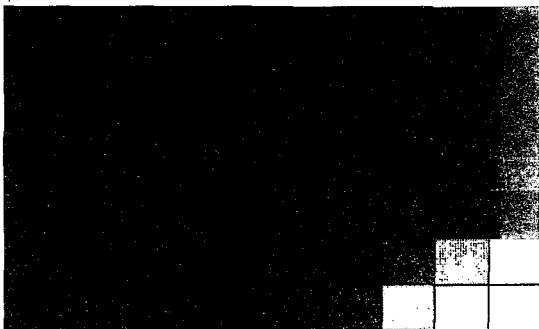


그림 7. 테스트 영상

그림 7 의 테스트 패턴은 기본 칼라의 전 범위에 걸친 칼라 변환의 결과를 알아보기 위해 고안한 것이다.

이상과 같은 테스트 영상을 이용하여 먼저 constant luminance encoder 시스템과 nonconstant luminance encoder 시스템을 적용하여 구한 Y, Pb, Pr 의 값에 대한

차이를 알아보았으며, 그 결과는 그림 8, 그림 9 및 그림 10 의 그래프와 같으며, 변환된 Y,Pb,Pr 신호에서의 평균 칼라 차이 및 최대, 최소 칼라 차이값은 아래의 표와 같다.

	평균값	최소값	최대값
Y	1.291521	0.0	3.199094
Pb	2.157951	0.0	7.289069
Pr	1.634819	0.0	6.68087

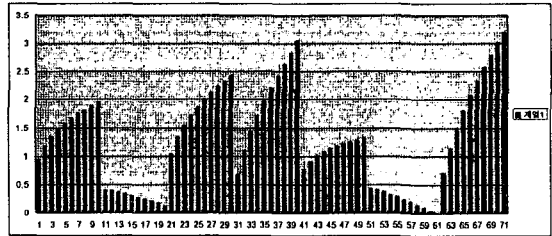


그림 8. Y difference data

그림 8 은 테스트 영상의 R,G,B 값을 입력으로 해서 constant luminance encoder 와 nonconstant luminance encoder 를 적용한 결과로 얻어진 Y, Pb, Pr 중의 Y 에 해당하는 두 값의 차이를 나타내고 있다.

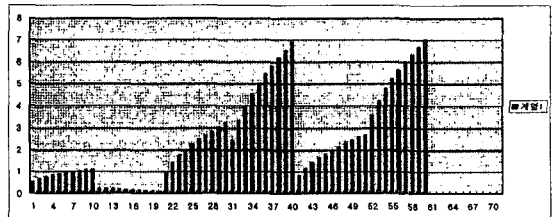


그림 9. Pb difference data

그림 9 는 앞에서 설명한 방법으로 얻어진 Pb 값들의 차이를 나타낸다.

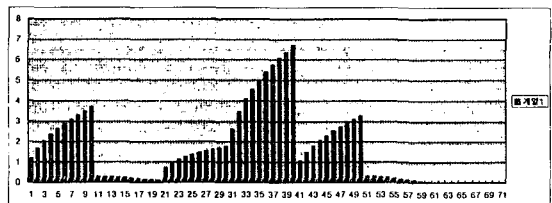


그림 10. Pr difference data

그림 10 은 앞에서 설명한 방법으로 얻어진 Pr 값들의 차이를 나타낸다.

위의 세가지 그래프들을 살펴보면 cyan 칼라에서 constant luminance encoder 와 nonconstant luminance encoder 를 통과한 데이터가 가장 큰 차이를 보이고

있다. 이것은 nonconstant luminance 시스템에서 green 에서 magenta 사이의 칼라 영역의 재현이 상대적으로 정확하지 못하게 됨을 나타낸다.

다음으로 위와 같은 방법으로 얻어진 Y,Pb,Pr 값들을 constant luminance decoder 와 nonconstant decoder 에 적용하여 시스템의 최종단에서 R,G,B 값을 구했으며, 여기서 얻어진 값들에 대한 차이는 red 와 blue 의 경우, 차이가 없이 동일한 값이 얻어졌으며, green 의 경우 그림 11 과 같이 cyan 과 grey 패턴에서 근소한 차이가 나타났다. 이 차이는 눈으로는 식별할 수 없는 차이로서 무시할 수 있는 값이라고 할 수 있다.

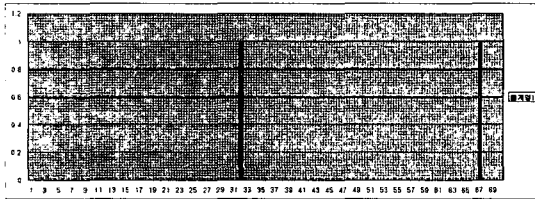


그림 11. Green difference data

### 5. 결론

본 논문에서는 현재 아날로그 방송 및 디지털 방송에서 적용하고 있는 칼라 비디오 시스템의 칼라 변환 방식인 nonconstant luminance 시스템과, nonconstant luminance 시스템에서 칼라 재현시에 발생할 수 있는 에러를 줄이기 위해서 제안된 constant luminance 시스템을 컴퓨터 프로그램상으로 재현을 하고, 재현된 시스템을 이용하여 테스트 영상에 대한 칼라 변환 정도를 실험하였다. 앞장에 기술된 실험 결과와 같이 constant luminance 시스템과 nonconstant luminance 시스템의 encoder 모듈을 통과한 Y,Pb,Pr 값들에 대한 차이 값의 평균이 각각 1.291521, 2.157951, 그리고 1.634819 로 나타난 반면에 decoder 모듈을 통과하여 디스플레이 부분에서 나타나는 최종 R,G,B 값은 거의 차이가 없어서 눈으로 식별할 수 없는 정도의 수치를 얻었다. 이것은 영상정보를 압축하지 않고 그대로 전송하는 경우에는 constant luminance 시스템과 nonconstant luminance 시스템 사이의 출력 영상의 품질의 차이가 거의 없음을 나타낸다.

국내에서도 고화질, 고음질의 디지털 방송이 이제 막 시작되려고 하는 시점에서 디지털 방송의 영상 규격으로 표준화된 MPEG 시스템을 사용하는 경우 기존의 nonconstant luminance 시스템의 칼라 정보 재현 오류와 함께 mpeg 시스템의 칼라 정보 압축에 의한 정보 손실이 더해져서 원 영상의 칼라 정보와는 차이가 있는 영상을 얻을 수 밖에 없으며, 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 시스템 구성에 있어 발생하는 overhead를 감소한다면 constant luminance 시스템의 적용과, 칼라 정보 압축시의 칼라 정보 손실에 대한 보정값을 적용하는 것이 바람직하리라고 본다.

본 논문에서 칼라 영상 전송시에 영상 정보의 압축

을 고려하지 않은 실험만을 수행하여 두 가지 시스템에서의 출력 영상의 차이가 거의 없었으나, 차기 연구 대상으로 Y, Pb, Pr 신호의 전송시에 4:2:2 나 4:2:0 등의 압축 방법을 적용한 두 시스템의 칼라 품질의 차이에 대한 연구 및 Pb, Pr 신호 압축시 칼라 품질의 개선에 대한 연구 등이 이루어져야 하겠다.

### 참고문헌

- [1] Charles A. Poynton, "A Technical Introduction to Digital Video", John Wiley & Sons, 1996
- [2] Mark D. Fairchild, "Color Appearance Models", Addison Wesley, 1998
- [3] R.W.G.Hunt, "The Reproduction of Colour", 5th Ed. Fountain Press, 1995
- [4] Wyszecki and Stiles, "Color Science Concepts and Methods, Quantitative Data and Formulae", 2nd Ed. John Wiley & Sons, 1982