

TV 영상 신호에서의 Constant Luminance 효과에 관한 연구

김진서, 강병호, 조맹섭
한국전자통신연구원 컴퓨터소프트웨어기술연구소
공간영상정보기술센터 칼라이미징연구팀
e-mail : kjseo@etri.re.kr

A Study on the Influence of Constant Luminance on TV Signal

Jin-Seo Kim, Byoung-Ho Kang, Maeng-Sub Cho
Color Imaging Research Team,
Computer Software Technology Laboratory, ETRI

요 약

TV 시스템이 발명된 이후 현재까지 사용되어 온 영상 신호의 생성, 전송 및 재생 방법은 HDTV, 디지털 시네마 등 영상 시스템의 획기적인 발전과 더불어, 보다 고선명, 고품질의 영상 재생이 요구된다. 본 논문에서는 기존의 TV 시스템에서의 영상재생 결과와, constant luminance 방법에 의한 영상 재생 결과를 관찰자 평가 실험을 통해 비교 분석한 데이터를 제시한다.

1. 서론

현재까지 TV 시스템에서 사용되어 온 영상 신호의 처리 방법(이하 conventional 시스템)은 색차 신호를 재생하는 데 있어서 색 손실이 나타난다. 이상적인 constant luminance 시스템에서는 CIE 에서 규정하는 휘도 정보가 모두 재생 되어야 한다. 이상적인 TV 영상 신호 처리 시스템인 constant luminance 시스템을 구현하고 결과 영상을 conventional 시스템과 비교 분석하는 일은 의미를 갖게 된다.

본 논문은 constant luminance 시스템에 대한 소개와 테스트 환경, 실험 결과 분석 그리고 결론으로 구성되어 있다. 일반적으로 constant luminance 신호 처리 시스템이 마젠타와 그린 영역에서 conventional 시스템보다 좋은 영상 품질을 나타내었다. 또한 고주파 영역을 많이 포함한 영상에서 constant luminance 방법의 효과가 크게 나타났다.

2. TV 영상 신호 CODEC

TV 의 칼라 영상 신호는 일반적으로 감마 보정과

휘도 계산 부분으로 구성된다. Conventional encoding/decoding 시스템에서 감마 보정은 휘도 계산을 하기 전에 이루어지며, 감마 보정이 된 R,G,B 신호를 이용하여 휘도 신호를 계산하게 된다. 이와 같이 비 선형 R,G,B 신호를 이용하여 계산된 휘도 신호는 CIE 에서 규정하는 선형 휘도와 차이가 있으며, 이것은 또 색차 신호를 계산하는 데 영향을 끼쳐, 색차 신호에 원하지 않는 밝기 성분이 포함되게 된다. 그림 1 은 conventional video codec 에 대한 구성도이다. Conventional CODEC 방법은 시스템의 하드웨어에 별도의 장치를 추가하지 않고 구현될 수 있는 이점으로 인해 TV 시스템이 발명된 이후 현재까지 사용되어 왔다. 하지만 디지털 TV, HDTV 등의 고품질 TV 시스템이 개발되어 상용화되고 있는 현 시점에서 보다 정확한 휘도 신호와 색차 신호를 재생하여 고품질의 영상을 제공하기 위한 연구가 수행되어야 한다.

그림 2 는 constant luminance 방법을 이용한 영상 신호 codec 에 대한 구성도이다. 그림 2 에서와 같이 constant luminance 방법에서는 휘도 신호를 먼저 계산한 후 감마 보정이 이루어지고 마지막으로 색차 신호

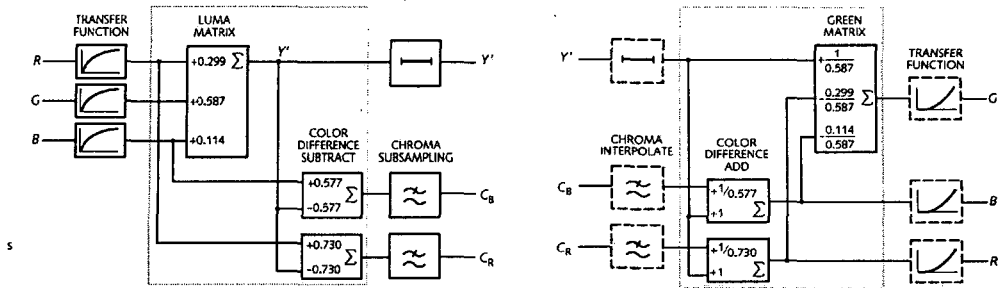


그림 1. Conventional video system CODEC

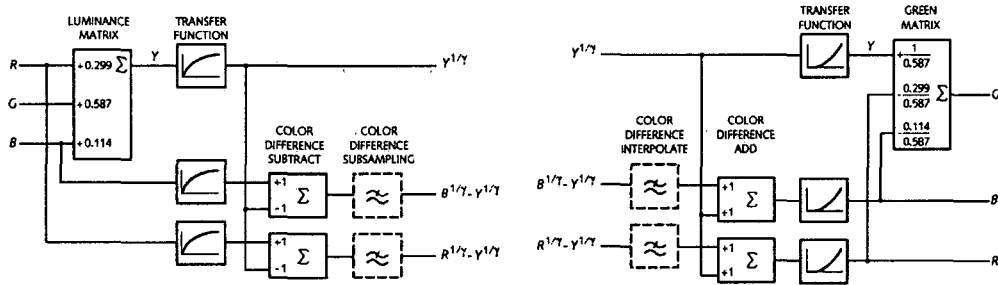


그림 2. Constant luminance system CODEC

를 계산하게 된다. 이 경우 conventional 방법에서 발생하는 색차 신호에 대한 밝기 신호의 간섭이 없어지고 선형 R,G,B 신호를 이용하여 휘도 신호를 계산하게 되어, conventional 방법보다 정확한 색 정보를 재생할 수 있게 된다.

3. 실험 환경

본 논문의 실험에서는 바코사의 CRT 를 사용하였다. 본 실험을 수행하기 전에 channel additivity 와 spatial uniformity 테스트를 수행하였으며 그 결과는 표 1 과 표 2 에 기술하였다.

표 1. Channel Additivity 테스트 결과

	X	Y(cd/m2)	Z
White	56.16	59.02	65.38
Red + Green + Blue	56.22	59.17	65.43
Difference(%)	0.11%	0.25%	0.08%

$$* \text{Difference}(\%) = \frac{(R + G + B) - \text{White}}{(R + G + B)} \times 100(\%)$$

표 1 에서와 같이 바코 모니터의 channel additivity 특성은 White 와 R,G,B 각각의 채널의 합의 차이가

표 2. Spatial Uniformity 테스트 결과

No.	ΔL^*	ΔE^*_{ab}	No.	ΔL^*	ΔE^*_{ab}	No.	ΔL^*	ΔE^*_{ab}	No.	ΔL^*	ΔE^*_{ab}	No.	ΔL^*	ΔE^*_{ab}
1	-3.77	4.93	6	-2.36	3.37	11	-0.64	2.93	16	-1.64	3.83	21	-5.29	6.10
2	-4.15	4.85	7	-1.21	1.62	12	-0.35	2.01	17	-0.49	1.51	22	-3.85	4.37
3	-1.93	3.20	8	0.63	1.27	13	0.00	0.00	18	-0.42	0.82	23	-2.14	2.55
4	-2.00	2.12	9	-1.28	1.72	14	-1.21	1.66	19	-2.14	2.43	24	-3.70	3.94
5	-1.06	3.64	10	-1.21	1.62	15	-1.06	1.52	20	-1.35	1.35	25	-3.25	3.53

0.08%에서 0.25%까지로 양호한 결과를 나타내었다. 표 2 에서 모니터의 화면을 가로로 5 단계, 세로로 5 단계의 총 25 개의 구역으로 분할하였으며, 이때 No.13 이 모니터의 가운데 구역이 되며 이 값을 기준으로 하여 각각의 구역에서 측정된 값에 대한 ΔL^* , ΔE^*_{ab} 의 값을 계산하였다.

또한 바코 모니터의 시간에 따른 luminance 값과 chrominance 값의 변화량을 측정하였으며 그 결과는 그림 3 및 그림 4 와 같다.

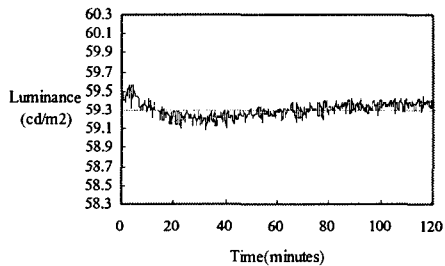


그림 3. 시간에 따른 Luminance 신호 변화

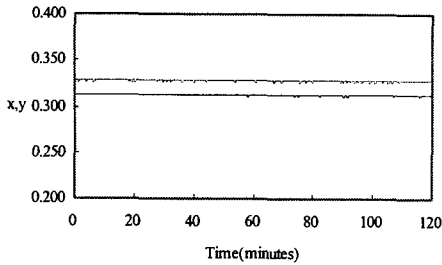


그림 4. 시간에 따른 Chrominance 신호 변화

본 실험에는 Ski, IT8, Color Bar, 그리고 Z20의 네 가지 정지 영상이 사용되었다. Ski와 IT8은 칼라 영상 처리 분야에서 사용되는 표준 영상이며 Color Bar와 Z20은 Constant luminance 효과를 실험하기 위해 제작된 영상이다[1].

그림 5는 네 개의 실험 영상 중 constant luminance 변환 방법의 효과가 많이 나타나는 영상 중의 하나인 Z20 영상의 변환되지 않은 원 영상이고, 그림 6은 conventional video codec 방법으로 변환된 영상이며, 그림 7은 constant luminance 방법으로 변환된 영상의 예이다.

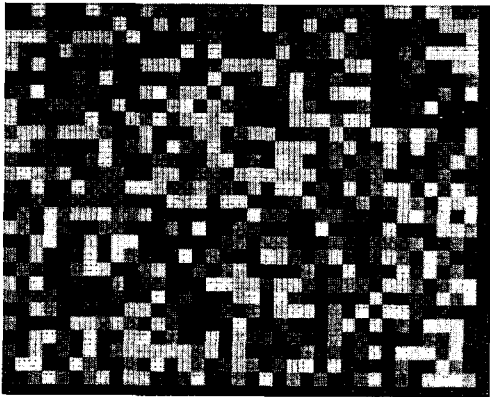


그림 5. Z20 원영상

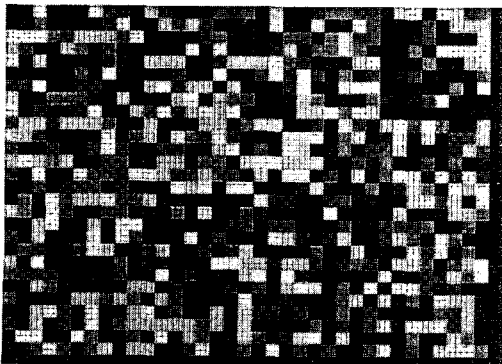


그림 6. Z20 conventional video codec 변환 영상

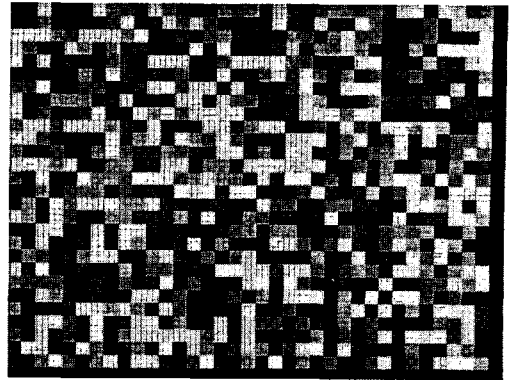


그림 7. Z20 constant luminance 변환 영상

관찰자 실험은 암실 상황에서 진행 되었으며, 두 단계로 나뉘어 진다. 첫번째 실험에서는 영상의 전체적인 선호도(pleasantness)를 평가하며, 두번째 실험에서는 재생된 영상의 전체적인 정확도(correctness)와 각각의 색 영역에 대한 정확도를 평가한다. 실험에는 총 8명의 관찰자가 동원되었으며, Pair comparison 방법을 이용하여 실험이 진행되었다[2]. 각 단계에 대한 자세한 실험과정은 다음과 같다.

첫 번째 단계에서는 변환시키지 않은 원 영상을 먼저 바로 모니터에 디스플레이 한다. 다음으로 conventional video codec 방법으로 변환된 영상과 constant luminance 방법으로 변환된 영상을 화면의 좌우에 각각 디스플레이 한다. 관찰자는 원 영상과 변환된 영상을 번갈아 가며 디스플레이 할 수 있으며, 10초 이내에 어느 영상이 보기에 더 좋은지 결정해야 한다.

두 번째 단계에서는 원 영상을 10초 동안 모니터에 디스플레이 한 다음 원 영상에 대한 잔상 효과를 제거하기 위해 회색으로 된 영상을 5초 동안 디스플레이 한다. 다음으로 conventional video codec 방법으로 변환된 영상과 constant luminance 방법으로 변환된 영상을 화면의 좌우에 각각 디스플레이 한다. 관찰자는 원 영상과 변환된 영상을 번갈아 가며 디스플레이 할 수 있으며, 10초 이내에 어느 영상이 원 영상의 칼라를 더 정확하게 재생했는지를 선택한다. 이상의 두 단계로 이루어진 실험을 각각의 관찰자에 대하여 수행한다.

4. 실험 결과 분석

원 영상과 conventional video codec 방법으로 변환된 영상, 그리고 원 영상과 constant luminance 방법으로 변환된 영상에 대한 CIELAB color difference 를 계산하였으며 그 결과는 각각 표 3 및 표 4와 같다. 본 실험 결과 분석의 목적은 원 영상과 두 가지 방법으로 변환된 영상에 대한 정량적인 차이를 규명하는 데 있다. 표 3과 표 4에 따르면 전체적인 color difference 는 constant luminance 방법에 의한 영상이 conventional video codec 방법에 의한 영상보다 작은 것을 알 수 있다. 또한 앞에서 언급했던 것과 같이 휘도 신호의 차이가 색차 앞

호의 차이보다 큰 것을 알 수 있다.

표 3. 원 영상과 conventional 방법에 대한 CIELAB color difference

	L*	C*	H*	E* _{CMC(1:1)}	E* _{ab}
COLOR BAR	0.41	0.02	0.02	0.32	0.41
IT8	0.50	1.13	1.02	1.20	1.81
SKI	1.50	2.50	1.75	2.47	3.87
Z20	3.81	5.95	4.55	7.16	9.86
mean	1.56	2.40	1.84	7.49	3.99

표 4. 원 영상과 constant luminance 방법에 대한 CIELAB color difference

	L*	C*	H*	E* _{CMC(1:1)}	E* _{ab}
COLOR BAR	0.37	0.02	0.01	0.30	0.37
IT8	0.47	1.04	0.93	1.10	1.67
SKI	1.28	2.17	1.44	2.13	3.30
Z20	2.87	4.67	3.60	5.65	7.67
mean	1.25	1.98	1.50	2.30	3.25

Thurstone's law of comparative judgement[2]를 기본으로 한 네 가지 영상에 대한 전체적인 정확도와 선호도를 평가한 결과를 Z-score로 계산하였으며 그 결과는 그림 8 및 그림 9와 같다. 각각의 그림에서 좌측 부분은 constant luminance 방법으로 변환된 영상에 대한 Z-score를 나타내며, 우측 부분은 conventional video codec 방법으로 변환된 영상에 대한 Z-score를 나타낸다.

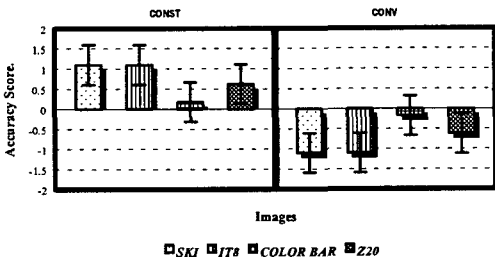


그림 8. 전체적인 영상 정확도 Z-score

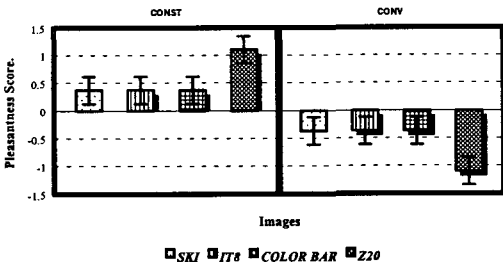


그림 9. 전체적인 영상 선호도 Z-score

그림 8은 영상의 전체적인 정확도를 평가한 결과이다. 계산된 결과에 의하면 color bar 영상에 대한 Z-

score가 다른 영상에 비해 적은 것을 알 수 있다. 이것은 영상에서 단색으로 이루어진 부분이 많은 경우 관찰자가 원 영상과 변환된 영상과의 차이를 식별하기 힘들다는 것을 뜻한다. 그림 9는 영상의 전체적인 선호도를 평가한 결과이다. 계산된 결과에 의하면 Z20 영상이 가장 큰 차이를 나타낸다. 이것은 고주파 성분이 많은 영상이나 채도가 높은 영상에서 constant luminance 방법의 효과가 많이 나타남을 뜻한다.

5. 실험 결과 분석

본 논문에서는 constant luminance codec 방법을 구현해 보았으며, conventional video codec 방법과의 비교 평가를 수행하였다. 두개의 표준 영상과 두개의 constant luminance 방법 평가를 위한 영상이 본 논문에서 사용되었다. 본 논문에서 사용된 관찰자 평가 실험 방법은 Thurstone's law of comparative judgement를 기초로 하여 관찰자 평가 실험을 수행하였다.

일반적으로 constant luminance codec 방법으로 변환된 영상이 conventional codec 방법으로 변환된 영상에 비하여 전체적인 선호도나 정확도에 있어서 우수한 결과를 나타내었다.

본 논문에서 수행한 연구는 정지 영상에 대한 평가 실험을 위주로 하였으며, 연구 결과가 TV 시스템에 응용되기 위해서는 동영상에 대한 실험 및 평가가 이루어져야 하며, 차기 연구 과제로서 동영상에 대한 실험 및 평가에 대한 연구를 수행하고자 한다.

참고문헌

[1] Bruck, G. "A Comparison between the Luminance Compensation Method and other Color Picture Transmission Systems" *IEEE Transactions on Consumer Electronics Vol.36. No 4, 922-932* (1990)
 [2] Thurstone, L. L. A law of comparative judgement, *Psychology Review* 34:273-286 (1927)
 [3] Charles A. Poynton, *A Technical Introduction to Digital Video*, Wiley (1996)
 [4] Mark D. Fairchild, *Color Appearance Models*, Addison Wesley (1998)