

디스플레이 및 ASIC 개발을 위한 컬러이미징 지원도구 개발

김진서*, 강병호*, 조맹섭*

*한국전자통신연구원 컴퓨터소프트웨어연구소

가상현실연구부 CG 기반기술연구팀

e-mail : kjseo@etri.re.kr

Development of a Color Imaging Assistance Tool for Display and ASIC Development

Jin-Seo Kim *, Byung-Ho Kang*, Maeng-Sub Cho*

*CG Research Team, Virtual Reality Research Dept, CSRL, ETRI

요 약

디지털 영상장비 및 화질관련 ASIC 을 개발하는 데 있어서 영상의 화질개선을 위한 보다 과학적이고 객관적인 개발 방법 및 영상 품질 평가 방법의 개발이 필요하다. 본 논문에서는 LG PDP 60" DTV 에 장착되는 ASIC 에 적용된 화질 개선 알고리즘 개발을 중심으로 다양한 종류의 영상장비 생산 현장에서 컬러과학 및 이미징과학에 대한 전문 지식이 없이 쉽게 알고리즘을 개발하고, 개발된 알고리즘을 관찰자 실험을 통해 평가, 분석할 수 있도록 개발한 컬러이미징 지원도구 (MagicQuality™)에 대하여 설명한다.

1. 서론

컴퓨터와 인터넷의 보급과 더불어 매일 수많은 영상 콘텐츠가 인터넷을 통해 대중에게 보급되며, 디지털 TV 및 HD 방송으로 보다 고품질의 영상을 시청자들에게 제공하는 시대가 되었다. 이에 따라 시청자들은 종래의 방송에서 보여지던 영상보다 월등히 개선된 화질을 요구하게 되었다. 현재 디지털 TV 에 사용되는 EBU(European Broadcasting Union), SMPTE(Society of Motion Picture & Television Engineers) 등 디지털 방송 표준 규격과 기존 아날로그 방식의 NTSC(National Television Systems Committee), PAL(Phase Alternation by Line) 방식은 컬러 공간 상 색영역을 충분히 표현할 수 없고 입출력 장비 간 신호 불일치로 인해 색 생동감, 선명도, 자연스러움 등이 저하되는 등 문제점이 발생하였다.

본 연구에서는 LG 전자에서 개발하는 60" PDP DTV 에 장착되는 화질 관련 ASIC 칩셋에 적용하여 화질을 개선하기 위한 알고리즘을 개발하였고, 개발된 알고리즘에 대하여 관찰자 실험을 통한 컬러과학적

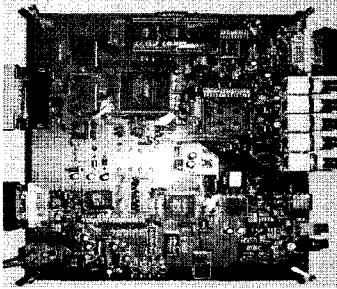
분석하여 알고리즘의 정확도를 높였으며, 영상장비 생산현장에서 컬러과학 및 이미징과학과 같은 전문적인 지식이 없이 화질 개선을 위한 알고리즘을 개발하고 결과를 과학적으로 분석할 수 있는 지원도구를 개발하였다.

2. 사용자 요구분석

본 연구에서는 LG 전자 DTV 연구소와 공동으로 실무 현장에서의 요구사항을 조사 및 분석하고, LG 전자에서 개발하는 디지털 TV 의 화질 관련 칩셋에 직접 연구 결과를 적용하여, 본 연구의 결과가 적용된 칩셋을 장착한 PDP 방식의 디지털 TV 가 양산에 들어갈 계획으로 있다. [그림 1]은 본 연구에서 개발한 알고리즘을 칩셋으로 구현하기 전 단계로 알고리즘을 실시간으로 시뮬레이션하기 위하여 보드로 구현한 상태이다.

LG 전자와 공동으로 개발한 칩셋을 위한 요구사항은 화질 향상을 위한 Luminance 이외의 조정 요소 선정과 3,072 바이트의 제한된 메모리에서 효과적으로

동작하는 알고리즘의 개발이 주된 요구사항 이었다



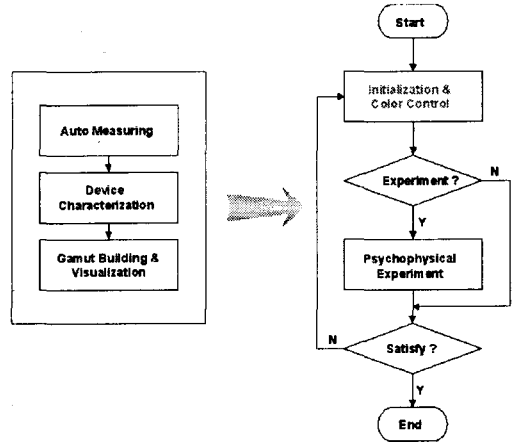
[그림 1] 실시간 구현을 위한 보드(FPGA Synthesis)

3. 화질향상 지원도구 (Magic Quality)

3.1 개요

영상장비의 화질 향상을 위해서는 화질에 대한 정의를 명확히 규정해야 한다. 컬러과학에서 화질은 크게 정확도(Correctness)와 선호도(Pleasantness)로 정의한다. 정확도는 재현하고자 하는 대상에 대하여 인간의 눈으로 보이는 색 특성을 얼마나 정확하게 영상장비로 재현하는가를 나타내는 기준이며, 선호도는 재현된 영상에 대하여 사용자가 만족하는 정도를 나타내는 기준이 된다. 통계적으로 검증된 수의 관찰자를 동원하여 수집한 선호도 데이터를 이용하여 영상장비를 통해 재현된 영상의 속성을 과학적으로 분석하여 최종적으로 영상장비의 기계적 색재현 성능을 개선하는 것 과 함께 시청자들의 색 선호 성향을 객관적으로 분석한 결과를 적용하여 통합적인 화질 향상 효과를 가져오게 된다.

이러한 과정에서 영상장비의 색표현 특성분석은 측정장비를 통한 디스플레이 특성 정보 수집, 디스플레이 특성화를 통한 색영역 생성 및 3 차원 시각화라는 복잡한 과정을 필요로 한다. 또한 관찰자 실험을 통한 화질향상을 위해서는 관찰자의 색 선호 정보를 획득하는 색 조절 실험 및 색 조절 실험의 성능평가를 위한 정신물리학적 평가 및 분석이 필요하다. 영상장비의 화질향상을 위해서는 이상과 같은 복잡한 과정을 거치므로, 컬러과학 및 이미징 과학에 대한 전문적인 지식이 없는 영상장비 및 ASIC 개발자들이 위와 같은 과정을 통하여 화질을 개선하는 데에는 현실적으로 어려움이 있다. 본 연구에서 개발한 화질향상 지원도구 (MagicQuality™)는 위와 같은 복잡한 과정을 컬러 과학이나 이미징과학과 같은 전문지식이 없는 현장의 개발자들도 쉽게 화질 개선을 위한 알고리즘을 개발하고 결과를 과학적으로 분석할 수 있도록 지원하기 위하여 개발되었다. [그림 2]는 지원도구 개발 전체 블록도를 나타내고, [그림 3]은 개발된 DTV 화질향상 지원도구 프로그램을 나타낸다.



[그림 2] 지원도구 시스템 블록도

3.2 구성

개발된 지원도구는 크게 디스플레이 측정 및 특성화 부분과 ASIC 개발을 위한 화질 변환 및 평가의 두 부분으로 구성된다. 디스플레이 측정 및 특성 부분은 영상장비의 화질표현 특성을 추출하기 위해 측정 장비를 이용하여 측정하는 모듈과, 측정된 결과를 이용하여 영상장비의 색표현 특성을 규정하는 특성화 모듈로 구성되며, 화질 변환 및 평가부분은 영상장비의 색영역을 고려하여 최적의 화질을 구현하기 위한 모듈과 변환된 화질에 대한 평가를 수행하는 화질평가 모듈을 포함하는 네 가지 모듈로 구성된다.

화질 개선을 위해 지원도구를 사용하는 경우 필요에 따라서 영상장비의 특성화 부분만 수행하여 특성화 데이터만을 이용할 수 있으며, 외부에서 개발된 화질 개선 기술을 본 연구에서 개발한 지원도구를 사용하여 성능을 평가할 수도 있다. 또한 지원도구의 특성화 메뉴에서부터 관찰자 데이터 분석까지를 차례로 수행하여 화질개선을 위한 알고리즘 개발에서 평가까지의 과정을 별도의 작업을 통하지 않고 수행할 수 있다.

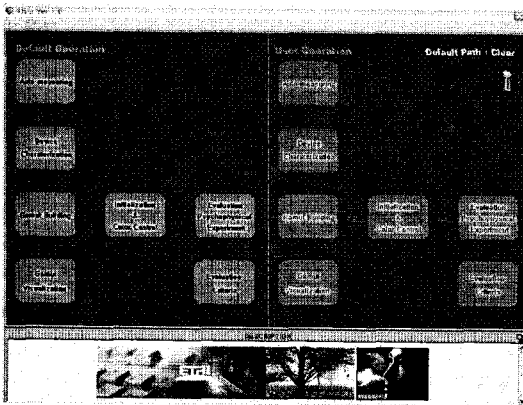
3.3 메뉴 및 기능

가. Auto Measuring 모듈

컬러 스펙트럼 측정장비(Spectro Radiometer)를 통한 영상장비의 색표현 특성 측정을 자동화하는 모듈이다. 측정장비는 시리얼 통신을 이용, 컴퓨터에서 자동으로 컨트롤되어 영상장비의 색표현 특성데이터를 생성하게 된다.

나. Device Characterization 모듈

측정장비를 통하여 측정된 데이터를 이용하여 영상 장비 색표현 특성 분석 및 모델링을 수행하는 모듈로, LUT(Look Up Table) 및 GOG(Gain-Offset-Gamma) 모델을 통하여 영상장비의 색표현 특성을 모델링하게 된다.



[그림 3] 개발된 지원도구 프로그램

다. Gamut Building & Visualization 모듈

측정된 데이터 및 모델링 데이터를 이용, 디스플레이마다 가지고 있는 고유의 색영역을 생성하는 모듈과 및 3 차원 시각화하여 표시하여 주는 모듈이다. 3 차원 시각화 모듈은 OpenGL 을 이용, 프로그래밍 하였고, 사용자가 쉽게 색영역을 인지할 수 있도록 하였다.

라. Initialization & Color Control 모듈

관찰자 실험을 통하여 영상의 색번호 데이터를 획득하고, ASIC 개발에 필요한 파라미터 제공을 위해 LUT 를 생성하며, 개발된 알고리즘에 대한 화질평가 실험을 위한 영상 생성을 위한 모듈이다. 관찰자 선호도는 화질개선에 있어서 중요한 요소로, 선호도 데이터를 얻기 위해 CIELCH 색공간으로의 색변환을 지원하고, 변환된 색정보를 통하여 다양한 LUT 생성을 지원한다.

마. Evaluation Psychophysical Experiment 모듈

Initialization & Color Control 모듈에서 생성된 LUT 의 성능검증을 위한 화질 평가 실험을 지원하는 모듈로 관찰자를 통한 정신물리학적 실험 중 Paired-comparison 실험을 수행하도록 구성되어 있다.

바. Evaluation Criteria 모듈

Evaluation Psychophysical Experiment 모듈에서 생성된 관찰자들의 화질평가 데이터의 정량적(Z-Score) 분석을 위한 모듈로 EXCEL 과 연동되어서 실험결과를 체계적으로 계산하여 준다.

4. 관찰자 실험

4.1 개요

본 연구에서는 적용된 알고리즘의 성능을 검증하기 위해 원영상과 알고리즘을 적용하지 않은 영상, 원영상과 알고리즘을 적용한 영상에 대하여 정확도에 대한 관찰자 실험과 알고리즘을 적용하지 않은 영상과 알고리즘을 적용한 영상에 대한 선호도 실험을 수행하였으며, 관찰자 실험 결과를 통계적으로 체계화시켜 정리하여 알고리즘의 성능을 과학적으로 검증하였다. 관찰자 실험은 전문가들에 의한 실험을 수행하여 알고리즘의 성능을 평가하고, 비전문가에 의한 실험을

수행하여 과학적으로 객관적인 성능평가를 수행하였다.

4.2 실험방법

실험에 사용된 디스플레이 장비로는 LG Xcanvas PDP 40" DTV 가 사용되었으며, 디스플레이 색온도는 6500K 로 조정하여 실험에 사용되었다. 실험에는 총 40 명의 관찰자가 동원되었으며, 모든 관찰자들은 색맹검사를 통과한 정상적인 시력을 가진 사람들로 구성되었다. 실험은 크게 동영상에 대한 실험과 정지영상에 대한 실험으로 구성되었으며, 동영상 실험에는 Flower garden 과 Football 영상이 사용되었고, 정지영상 실험에는 IT8, Natural, Ski, Smile 의 4 가지 영상이 사용되었다. 사용된 영상은 디지털 방송용 영상신호 포맷인 ITU-BT R.709 에 규정된 방법으로 영상을 부호화 및 복호화 하여 실험영상으로 사용하였다. 실험에 사용된 영상 및 특성에 대하여 [표 1]에 정리하였다.

[표 1] 실험 이미지

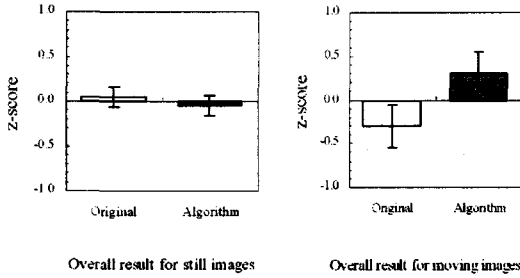
Category	Image	Characteristic
Still Images	IT8	Standard Chart
	Natural	Gradient
	Ski	High Chroma
	Smile	Skin Tone
Moving Images	Flower Garden	High Spatial Frequency
	Football	Green / High Chroma

실험은 암실 환경에서 수행되었으며, 정지영상의 경우 PDP 에 디스플레이 된 알고리즘 적용 영상과 알고리즘 미적용 영상에 대하여 Viewing Booth 에 위치한 원영상과의 비교를 통해 전체적인 컬러에 대한 정확도와, Red, Yellow, Green, Blue 의 컬러 영역별 정확도를 실험하였다. 동영상의 경우는 관찰자의 선호도를 조사하기 위한 실험으로 PDP 에 알고리즘을 적용한 영상과 알고리즘을 적용하지 않은 영상을 동시에 디스플레이하고, 전체적인 컬러 및 컬러영역별 선호하는 영상을 선택하도록 하였다.

4.3 실험결과 분석

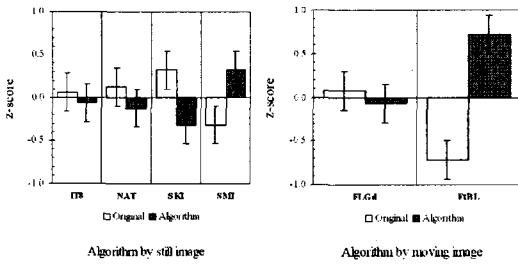
관찰자 실험 데이터를 이용하여 정지영상 및 동영상 전반에 대한 정확도 및 선호도 계산 결과는 [그림 4]에 나타난 Z-Score 와 같다.

그림의 좌측은 정지영상에 대한 전반적인 정확도 결과를 나타내며 우측은 동영상에 대한 전반적인 정확도를 나타낸다. 동영상의 경우에는 전문가 실험에서와 동일하게 알고리즘이 적용된 경우가 우수하게 나타났다으나, 정지영상의 경우에는 전문가 실험과는 다르게 알고리즘이 적용되지 않은 영상이 적은 차이지만 원영상과 더 가깝게 나타났다. 이는 컬러과학적 지식이 없는 비전문가들이 정확도에 관한 실험을 수행하는 과정에서 원영상과 비교영상과의 차이가 나타나는 부분을 쉽게 인지할 수 없기 때문에 나타난 결과로 볼 수 있으며, 그림에서 볼 수 있듯이 그 차이는 무시할 수 있을 정도이다.



[그림 4] 정지영상 및 동영상에 대한 Z-Score

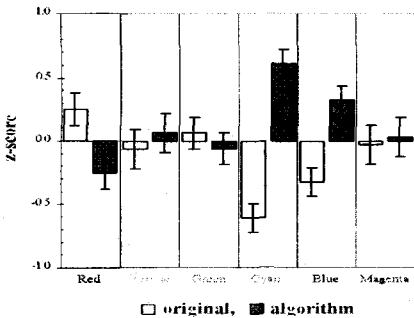
[그림 5]는 영상별 정확도 및 선호도에 대한 Z-Score 를 보여준다.



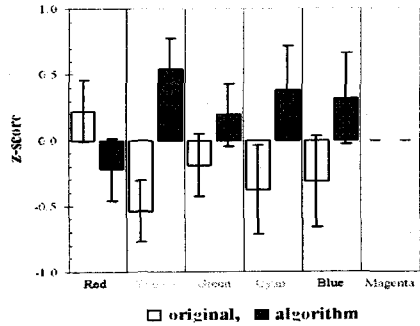
[그림 5] 영상별 Z-Score

좌측은 정지영상에 대한 정확도 실험 결과를 나타내고 있다. [그림 4]에서와 같이 알고리즘을 적용하여 변화된 색영역에 대한 지식이 없는 비전문가에 의한 정확도는 Smile 을 제외한 대부분의 영상에서 알고리즘을 적용하지 않은 영상이 높은 것으로 나타났다. 우측은 동영상에 대한 선호도를 나타내며 알고리즘을 적용한 영상이 우수한 결과를 나타냈다.

마지막으로 정지영상 및 동영상에 대한 색영역별 정확도와 선호도 실험 결과 계산된 Z-Score 는 [그림 6] 및 [그림 7]과 같다.



[그림 6] 정지영상 색영역별 정확도 Z-Score



[그림 7] 동영상 색영역별 Z-Score



[그림 8] 알고리즘 적용 예

5. 결론

본 연구에서는 디지털 TV 의 화질 향상을 위하여 기존의 Luminance 신호에 대한 조정 방법 이외에 Constant Luminance, Gamut Mapping, 관찰자 실험을 통한 색 선호도 분석 등 새로운 방법을 제시하였다.

또한 본 연구에서는 DTV 를 포함한 디지털 영상 입,출력 장비 생산 현장에서 화질 향상 알고리즘을 효과적으로 사용할 수 있도록 하기 위해 화질향상 지원 도구 (Magic Quality™)를 개발하였다. 개발된 도구는 (1) Auto Measuring 모듈 등 6 개 모듈로 구성되어 있으며 현장에서 실시간 영상 변환을 통해 알고리즘의 성능을 검증하였다.

참고문헌

- [1] Charles A. Poynton, "A Technical Introduction to Digital Video", Wiley (1996)
- [2] Mark D. Fairchild, "Color Appearance Models", Addison Wesley (1998)
- [3] G. Bruck, "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)
- [4] ICC Device Profile Specification (Version 4.0), (2001).