

휴대폰용 소형 LCD 디스플레이에서 감마 및 상관 색온도 보정을 이용한 색재현 성능 향상

한찬호[†], 권성근^{**}, 송규익^{***}

요 약

소형 LCD 디스플레이는 물리적, 전기-광학적 특성으로 인하여 표준 CRT의 색재현 특성과 많은 차이가 있다. 본 논문에서는 휴대폰용 소형 LCD 디스플레이에서 색 재현 특성 개선을 위하여 감마 및 CCT 보정 방법을 이용한 간단하고 실제적인 방법을 제안한다. 먼저 소형 LCD 디스플레이의 밝기, 균일성, 색온도, 화이트 및 블랙 밸런스, 비선형 감마 등의 특성을 조사하였다. 또한 입력 레벨에 따른 휴대폰용 LCD의 색 재현 영역 및 상관 색온도 (corresponding color temperature, CCT) 궤적을 분석하였다. 최종적으로 룩업테이블 방식을 사용하여 최적 감마 및 CCT 보정하는 방법을 제안하였으며, 제안된 방법을 휴대폰의 하드웨어를 변경하지 않고 구현하였다. 실험결과, 제안한 방법의 영상은 표준색에 매우 가깝게 재현되었다.

Improvement of Color Reproduction Using Gamma and CCT Correction on Small LCD Display for Mobile Phone

Chan-Ho Han[†], Seong-Geun Kwon^{**}, Kyu-Ik Sohng^{***}

ABSTRACT

Color reproduction of small LCD display is quite different from that of standard CRT due to the difference of physical, electrical, and optical characteristics. In this paper, we propose a simple and practical method using gamma and CCT correction for improvement of color reproduction on a small LCD display. First, we investigate characteristics of a small LCD display such as brightness, uniformity, color temperature, white and black balance, and nonlinear gamma. And, we also analyze color reproduction region and CCT trajectory according to LCD's input levels. Finally, the optimum gamma and CCT compensation method using LUT is proposed, and our proposed method was realized at mobile phone without hardware modification. In the experimental results, the result image of proposed algorithm is more close to standard color.

Key words: Gamma and CCT Compensation(감마 및 상관색온도 보정), LCD Characterization(LCD 특성), Color Reproduction(색재현)

1. 서 론

디스플레이 장치는 보다 선명하고 생생한 화질을 전달하기 위해 꾸준히 다양한 방향으로 발전되어왔

다. 디스플레이 장치 중에서 CRT가 가장 많이 보급되어 있고, 수년 전부터 LCD나 PDP와 같은 새로운 평판 디스플레이 장치들이 TV나 컴퓨터 모니터용으로 개발되어 보급되고 있는 실정이다.

※ 교신저자(Corresponding Author): 권성근, 주소: 대구광역시 북구 산격 3동 1370(702-701), 전화: 053)953-4579, FAX: 053)953-4575, E-mail: seonggeunkwon@hanmail.net
접수일: 2006년 2월 8일, 완료일: 2006년 3월 14일

[†] 정회원, HIT 연구소

(E-mail: chhan@ee.knu.ac.kr)

^{**} 정회원, 삼성전자 정보통신총괄 무선사업부

^{***} 정회원, 경북대학교 전기전자컴퓨터공학부

(E-mail: kisohng@ee.knu.ac.kr)

휴대폰용 디스플레이 장치로 LCD는 얇고 가벼우며 고화질, 고해상도, 저소비 전력 등의 우수한 특성 때문에 채택되고 있다. 그러나 새로운 미디어와 새로운 문화로 떠오르고 있는 휴대폰의 멀티미디어 서비스를 접한 소비자는 기존의 TV와 컴퓨터 모니터에서 보던 영상과 휴대폰에서의 영상에는 상당한 차이가 있다. 이는 휴대용 LCD 액정의 물리적, 전기-광학적 특성으로 인하여 LCD의 색재현 성능이 기존의 CRT의 성능에 미치지 못하기 때문이다[1-2].

일반적으로 CRT는 RGB 삼원색 입력 값의 변화에 따라 삼원색의 색도 좌표 및 그레이 스케일의 상관 색온도 (correlated color temperature; CCT) 변화가 거의 없어 정확한 색재현이 가능하다 그러나, 휴대폰용 LCD는 액정의 특성상 입력 값에 따라 그 변화가 크게 발생하여 입력 값이 낮을수록 상관 색온도가 상승하기 때문에 영상의 색조는 푸른색을 띄는 경향이 있어 정확한 색 재현이 불가능하게 된다. 이와 더불어 휴대폰의 다양한 멀티미디어 서비스는 각각 다른 표준을 갖는 신호원들에 해당되고, 이러한 다양한 신호원들이 불완전한 색재현 특성을 갖는 휴대폰용 LCD에 재현됨으로써, 서로 상이한 색재현이 이루어지게 되어 정확한 색재현이 어렵다[3-4].

Okano[4]는 회색 준위의 상관 색온도를 단순히 청색 입력 디지털 값을 낮춤으로써 백색의 상관 색온도를 목표 값 근처에 맞추었다. 그러나 상관 색온도는 어느 정도 백색의 상관 색온도에 맞추어졌을지라도 청색 입력 디지털 값만을 변화시키므로 당연히 LCD의 휘도 특성에 열화를 가져온다.

본 논문에서는 휴대폰용 LCD의 감마 조정과 CCT 보정을 동시에 하여 이러한 화질 열화를 줄일 수 있는 새로운 색재현 향상 방법을 제안한다. 또한 휴대폰용 LCD에 다양한 멀티미디어 서비스에 맞게 색 재현 오차와 화질의 차이를 극복하여 고화질, 고선명 영상을 구현하고자 한다. 이를 위하여 LCD의 중요 특성, 즉 휴대폰용 LCD의 배경 조명의 밝기나 화면 전체의 균일성, 색온도 등의 물리적인 특성과 더불어 화이트 밸런스와 블랙 밸런스, 비표준 감마 특성에 의한 회색 준위의 비선형 특성, LCD의 입력 값 변화에 따른 상관 색온도의 변화, 그리고 색 재현 영역 등을 CRT와의 비교를 통해 분석하였다. 또한 휴대폰용 LCD의 물리적, 전기-광학적 특성에 의해 나타나는 색 재현 오차와 화질의 차이를 극복하고, 표준에 부합되는 색 재현을 하기 위해서 최적 감마

및 CCT 보정 방법을 통한 새로운 색재현 향상 알고리즘을 제안한다.

본 논문에서 제안한 방법을 검증하기 위하여, 현재 휴대폰에 사용되고 있는 영상처리부에 제안한 방법을 적용하여 그 결과를 확인하였다. 또한 기존 휴대폰의 하드웨어를 변경하지 않고 영상처리부의 소프트웨어를 변경함으로써, 제안방법의 성능을 확인하였다. 이러한 방법을 통해 두 종류의 실제 휴대폰에 적용한 결과, 제안된 감마 및 CCT 보정 방법을 통한 색재현 향상 알고리즘은 기존의 휴대폰 영상에 비해 색재현 성능의 현저한 향상과 색재현 오차의 감소로 휴대폰용 소형 LCD에서 표준색에 매우 가까운 영상이 재현됨을 확인하였다.

2. 휴대폰용 소형 LCD 특성분석

2.1 휴대폰용 LCD의 구동 특성

휴대폰용 소형 LCD 모듈의 인터페이스 및 내부 블록도와 모듈 내부의 신호 처리 흐름도를 다음 그림 1 및 그림 2에 각각 나타내었다. 그림 1에서, 휴대폰의 멀티미디어 프로세서는 LCD에 디스플레이될 각 8-비트의 R, G, 및 B 데이터를 제어신호와 함께 LCD 모듈에 전달한다. 16-비트 컬러 LCD의 경우 그림 2의 시작부분에서 보듯이, LCD 모듈에 전달된 신호

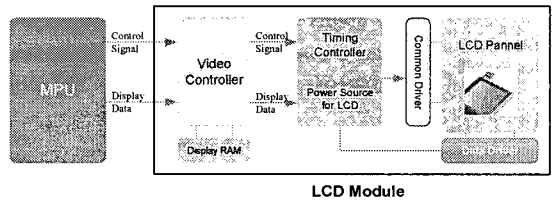


그림 1. 휴대폰용 소형 LCD 인터페이스 및 내부 블록도

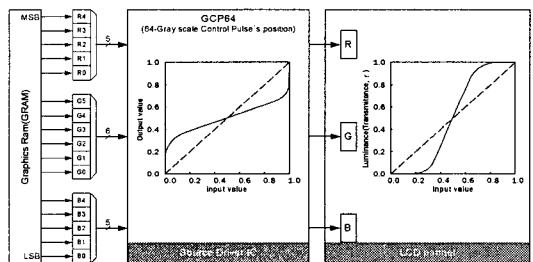


그림 2. 휴대폰용 소형 LCD 모듈내부의 신호 처리 흐름도

는 R과 B의 상위 5-bit, G의 상위 6-bit를 사용하여 16-bit 데이터로 변환된다[5-6].

그림 2에서 LCD 패널의 비선형적인 광투과 특성을 보상하고, 목표 디스플레이 감마 특성을 나타내기 위해서 일반적으로 신호원 구동 IC내에서 그레이 스케일 펄스 제어 (Gray scale Control pulse's Position, GCP)를 행한다. 본 논문에 사용된 휴대폰용 소형 LCD에 대해 제조사에서 권고한 GCP는 G 기준으로 64단계로 되어있다[6]. 한편 LCD 패널의 R, G, 및 B는 각각 다른 광 투과 특성을 가진다. 따라서 LCD의 정확한 색 재현을 위해서는 R, G, 및 B의 서로 다른 광 투과 특성을 보상해 줄 수 있는 GCP가 각각 존재 해야만 한다. 그러나 본 논문에서 사용된 휴대폰용 LCD 뿐만 아니라 대부분의 LCD 패널에서의 GCP는 한 개만 존재한다. 그러므로 LCD는 입력 값에 따라 그 변화가 크게 발생하여 정확한 색 재현이 불가능하게 된다.

2.2 휴대폰용 LCD의 색재현 특성

임의의 특정색은 3 원자극 X, Y, 및 Z의 적절한 가법 혼합에 의한 등색으로 재현할 수 있다[7]. 따라서 휴대폰용 LCD가 재현할 수 있는 색 재현 영역을 알기 위해서는 휴대폰용 LCD의 R, G, 및 B 원색의 3 자극치를 알아야 한다. 이러한 휴대폰용 LCD의 특성 분석을 위한 실험 구성은 그림 3에서와 같다. 단색의 테스트 영상을 XJTAG를 이용하여 디스플레이하고, 실온 환경의 암실 (0cd/m²)에서 MINOLTA CS-1000 분광측색계 (Spectroradiometer)를 사용하여 색좌표 및 휘도를 측정하였다.

본 논문에 사용된 휴대폰용 LCD 색좌표 측정 결과와 여러 신호원의 표준 모니터 인광체에 의한 색 재현 영역과 기준 백색들을 그림 4에 나타내었다. 또한 각 신호원들의 색 재현 영역과 현재 CRT 디스플레이

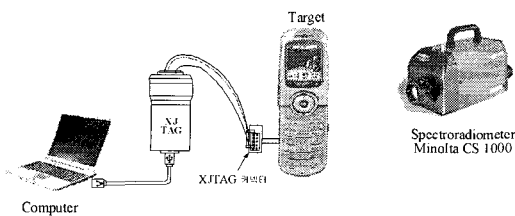


그림 3. 휴대폰용 LCD의 특성 분석을 위한 실험 구성

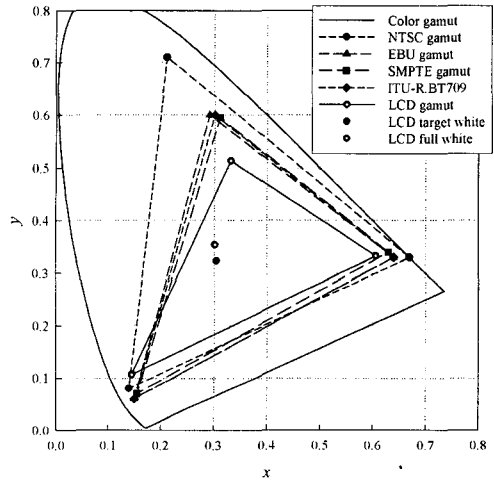


그림 4. 휴대폰용 LCD와 다른 여러 신호원의 색 재현 영역 및 기준 백색 [7]

레이 장치에 많이 사용되고 있는 P22 계열의 인광체의 좌표와 재현영역도 함께 나타내었다[7-8].

휴대폰용 LCD에서 표현할 수 있는 R, G, 및 B의 색 재현 영역은 그림 4에 나타나 있는 것과 같이 RF와 A/V의 신호인 NTSC 시스템 표준 인광체와 HDTV의 신호[9]인 SMPTE RP 145, 미국 ATSC 표준인 ITU-Rec. 709의 표준 인광체와 큰 차이가 있으며, 특히 green 원색의 좌표가 red 쪽으로 많이 치우쳐져 있음을 알 수 있다. 즉, 휴대폰용 LCD의 R, G, 및 B 삼원색의 색좌표는 각 신호의 표준 인광체 좌표에서 크게 벗어나 있고, 설정할 디스플레이 기준 백색 또한 각 신호들의 표준의 기준 백색보다 훨씬 높은 색온도를 요구하고 있다. 따라서 본 논문에 사용된 휴대폰용 LCD에 의해 재현될 색은 원 표준 신호의 색과 좌표적 오차가 생길 것이며, 특히 설정할 디스플레이 기준 백색의 색온도가 높아질수록 전반적으로 푸른색 쪽으로 옮겨져 색재현 오차가 더욱 커질 것이다. 따라서 각 표준 신호원들과 본 논문에 사용된 휴대폰용 LCD의 색 재현영역의 차이와 기준 백색의 불일치로 인한 색재현 오차를 보정할 필요가 있다.

2.3 휴대폰용 LCD의 감마 특성

감마 (γ , gamma)는 입력신호에 대한 광 출력신호의 비선형적인 관계를 표시하는 수치이다. 일반적으로 CRT에서는 입력 신호 전압과 출력 밝기사이의 관계가 γ 승에 비례 한다. 1953년 NTSC 방송규격

제정 당시 모니터의 감마는 $\gamma_n = 2.2$ 인 CRT를 표준으로 정했으며, 방송국의 카메라에 표준 모니터의 감마 특성에 반대되는 역감마 회로를 구성하기로 약속하였다.

근래에 디스플레이 소자로 많이 사용되고 있는 LCD, PDP, EL 등의 다양한 평판 디스플레이 소자는 CRT 특성과 다른 감마특성을 사용되고 있다. 특히 LCD의 경우 R, G, 및 B의 각각 다른 비선형적인 광투과 특성에 의해서 입력 신호에 대해 비선형 특성을 가지므로, 이를 보정한 뒤, 감마특성을 가지도록 하는 회로가 추가 되어야 한다. 비선형 특성 보상회로와 감마 특성 회로를 합쳐서 시스템 감마 회로라 불리며, 이는 GCP 테이블로 제어된다. 본 논문에서 사용한 휴대폰용 LCD의 경우에도 시스템 감마를 보정하여 각 신호별로 정한 표준 모니터의 감마 특성을 가지도록 하여야 한다.

본 논문에서 사용된 휴대폰용 LCD의 감마 특성을 측정하기 위하여, 그림 3에서와 같은 실험 구성으로 0~255 값을 가지는 Gray, Red, Green, 및 Blue 단색의 테스트 영상을 사용하여 휘도를 각각 측정하였다. 본 논문에서 사용된 휴대폰용 LCD의 감마 특성 측정 결과는 다음 그림 5와 같았다. 그림 5(a)에서와 같이 높은 레벨의 포화는 실제 영상을 표현할 때 구름과 같이 높은 레벨의 표현에 있어서 계조 표현의 어려움을 초래한다. 그림 5(b)에서 정규화된 Y_R 과 Y_B 의 감마 특성이 Y_G 감마 특성과는 많은 차이가 있음을 확인할 수 있다. 또한 그림 5(a)의 백색의 휘도 Y_w 와 Y_R , Y_G , 및 Y_B 의 합에 의한 휘도를 비교해 보면 그림

5(c)에서와 같이 색 가산성 (color additivity) 특성을 만족하지 않는다.

2.4 휴대폰용 LCD의 상관 색온도 특성

어떤 광원과 동일한 색도를 가지는 완전 방사체 또는 흑체 (black body)의 절대 온도를 그 광원의 색온도 (color temperature)라 정의하며, 흑체의 궤적 (black body locus)에 근접하는 색온도를 상관 색온도 (correlated color temperature, CCT)라 한다.

xy 색좌표 상에서 등 색온도선과 D65 및 D75 광원의 기준 백색 좌표는 그림 6에서와 같다. D65 및 D75

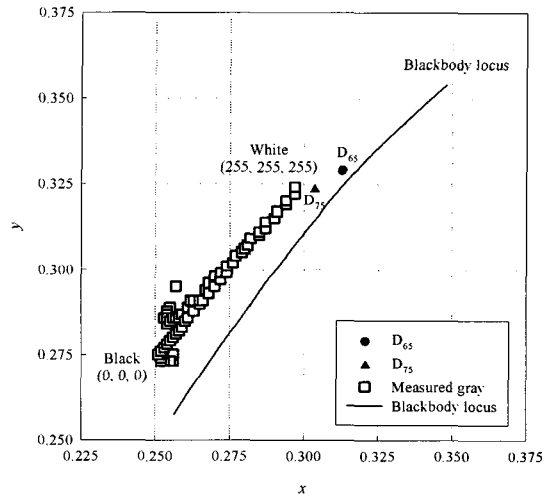


그림 6. 입력 디지털 값의 변화에 따른 회색 준위의 색도 좌표 변화

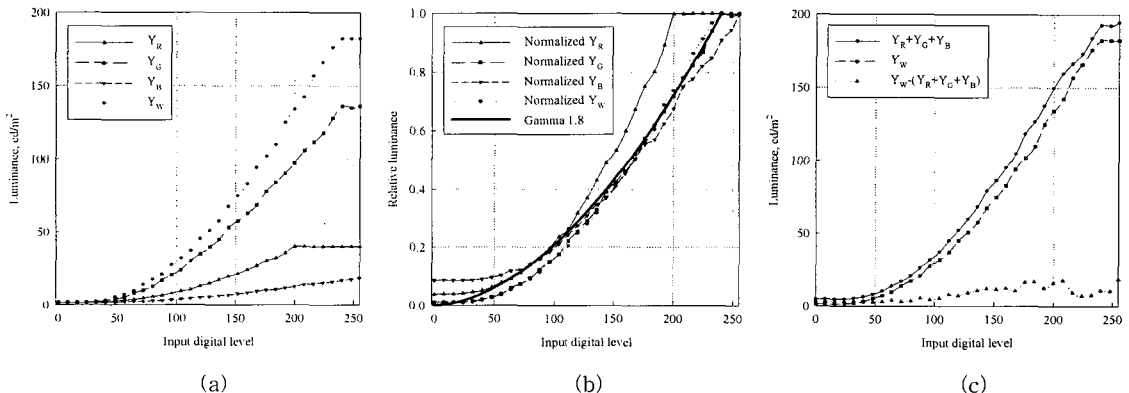


그림 5. 휴대폰용 LCD의 감마 특성: (a) R, G, B 및 Gray의 휘도 (b) R, G, B 및 Gray의 정규화 감마 특성 (c) 색 가산 특성 오차

광원은 국제조명위원회 (Commission Internationale de l'Eclairage; CIE)가 정한 표준 광원으로 상관 색온도는 각각 6504°K ($x_w = 0.3127, y_w = 0.3290$)이며, 7500°K ($x_w = 0.3037, y_w = 0.3234$)이다. 본 논문에서의 목표 광원은 휴대폰용 LCD 디스플레이의 기준 백색인 D75 광원으로 설정하였다.

한편, 실온 환경의 암실에서 분광측색계를 이용하여 흑색(R0, G0, B0)에서 백색(R255, G255, B255)까지의 입력 디지털 값의 변화에 따른 회색 준위의 색도 좌표 변화를 그림 6에 같이 나타내었다. 이 그림으로부터 본 논문에서 측정된 결과는 Okano[4]가 측정하여 표시한 상관 색온도 궤적과 유사함을 알 수 있다. 그림 6에서 보듯이 입력 디지털 값이 감소하여 회색 레벨이 낮아질수록 색도 좌표는 상관 색온도의 변화가 심하다. 즉 7500°K로부터 점점 상승하여 흑색 좌표에서는 16000°K 정도의 상관 색온도를 나타낸다. 어둡거나 중간 색조의 영상은 LCD에서 상관 색온도가 상당히 높으며, 그 결과로 실제 영상은 푸른 쪽으로 치우쳐져서 창백하게 느껴진다.

2.5 휴대폰용 LCD와 CRT 디스플레이의 상관 색온도 특성 비교

입력 디지털 값의 변화에 대한 CRT와 휴대폰용 LCD에서의 회색 준위 색도 좌표 변화와 그 차이를 비교하기 위하여 실온에서 색 분석기 (color ana-

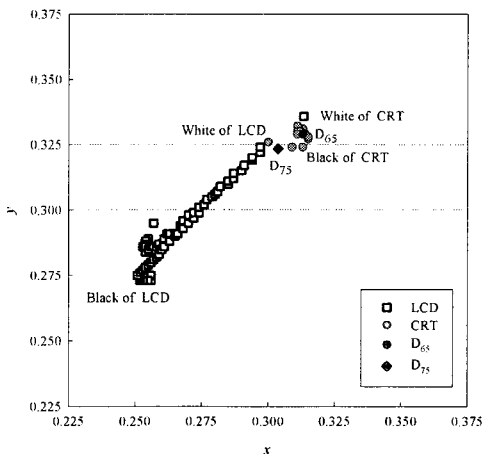
lyzer)를 이용하여 완전평면 브라운관 모니터의 특성을 조사하였다.

특성 조사를 위해 CRT는 해상도 1024×768 pixels의 17 inch를 사용하였으며, 회색 (128, 128, 128)을 배경으로 한 200×200 pixels 크기의 정사각형 테스트 패치를 CRT의 중앙에 표시하여 실온에서 색분석기의 측정 프로우브를 CRT 표면에 접촉하여, 앞에서 측정된 휴대폰용 LCD와 마찬가지로 0부터 255를 16 간격씩 나눈 17 계조의 입력 디지털 값에 대해서 측정하였다.

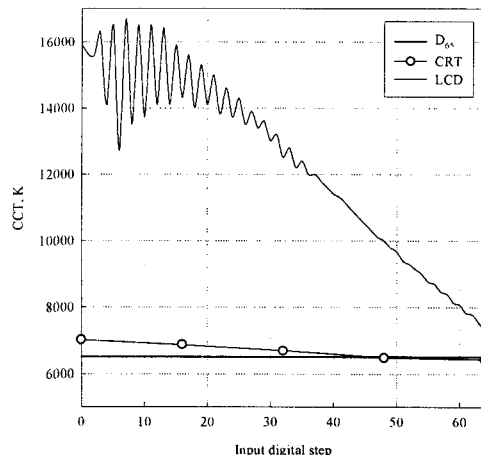
측정된 휴대폰용 LCD와 CRT의 회색 준위의 색도 좌표 변화는 그림 7에서와 같다. 이 그림 7(a)에서 CRT는 입력 디지털 값의 변화에 따라 회색 준위 색도 좌표가 거의 일정하지만 휴대폰용 LCD는 일정하지 않음을 볼 수 있다. 그림 7(b)에서 CRT는 입력 디지털 값의 변화에 따라 상관 색온도가 거의 일정하게 유지되지만 휴대폰용 LCD는 상관 색온도의 변화가 CRT에 비하여 매우 심함을 알 수 있다. 특히 중간 계조에서는 거의 푸른색에 가깝게 디스플레이 되고 있기 때문에 CCT 보정이 필수적으로 이루어져야 함을 알 수 있다.

3. 휴대폰용 LCD 감마 및 CCT 보정

휴대폰용 LCD의 디스플레이 감마 설정시 실제 카메라의 감마와 인간 시각의 감마특성이 동시에 고려



(a)



(b)

그림 7. 휴대폰용 LCD와 CRT에서의 (a)회색 준위 색도 좌표 변화 및 (b) CCT 변화

되어져야 한다. 휴대폰 카메라의 감마(γ_d)는 표준 카메라의 감마(γ_c)와 다른 0.6 감마값을 가진다. 그리고 인간 시각은 화상의 휘도가 증가함에 따라 인식되는 밝기 및 대비가 증가하는 특성이 있다. 즉, 휘도 레벨이 증가함에 따라 인간 시각 특성상 어두운 색은 더욱 어둡게, 밝은 색은 더욱 밝게 느껴지게 된다는 스티븐 효과가 존재한다[1]. 또한 화상의 휘도가 일정할 때 주위의 휘도가 밝으면 디스플레이 영상의 대비가 증가하고, 반대로 어두워지면 대비가 낮아진다는 Bartleson-Breneman 효과가 있다[1,4]. 스티븐 효과에 의한 순응 휘도의 변화에 따른 대비 변화에서 인지된 밝기와 실제 측정된 휘도사이의 상관관계는 멱함수의 형태를 나타내고 있다. 이를 log-log 좌표계로 나타내면 선형적인 관계가 나타난다.

디스플레이 감마는 앞서 설명한 인간 시각 특성 및 휴대폰 카메라의 수정된 감마로 인하여 어두운 신호의 영상에서 떠올라 보이는 경향이 있다. 이를 위하여 디스플레이의 전체적 시스템 감마(γ_s)를 선형인 1이 아니라 약 1.08이 되도록 하여, 실제 소비자가 눈으로 느끼기에는 선형적인 감마 특성이 되도록 해야 한다. 따라서 본 논문에서는 휴대폰용 LCD의 감마를 1.8($\gamma_d = \gamma_c / \gamma_s = 1.08 / 0.6$)로 설정하였다.

본 논문에서는 휴대폰용 LCD의 감마 조정과 CCT 보정을 동시에 하여 이러한 화질 열화를 줄일 수 있는 새로운 색재현 향상 기법을 제안하였다. 이 과정을 간단하게 흐름도로 나타내면 그림 8에서와 같다.

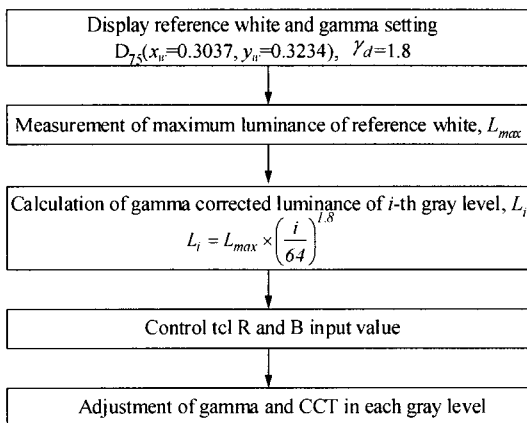


그림 8. 감마 및 CCT를 동시에 보정하는 제안방법

일반적으로 소비자의 입장에서 '상품을 선택하는 상품성 측면에서 볼 때 밝기가 매우 중대한 요소로 작용한다. 이처럼 디스플레이의 휘도가 상품성에 보다 큰 영향을 미치는 까닭에 색 재현 성능 향상을 위한 기준 백색 설정보다는 최대 휘도를 높게 설정하도록 기준 백색을 설정하는 것이 상품성 측면에서는 타당할 것이다. 따라서 휴대폰용 LCD의 기준 백색은 full 백색을 낼 수 있는 좌표 즉, D75를 기준 백색 좌표로 설정하였다. 또한 휴대폰 카메라의 감마와 인간 시각의 감마를 고려하여 휴대폰용 LCD의 감마를 1.8로 설정하였다. 그런 다음 설정한 디스플레이 기준 백색의 최대 휘도, L_{max} 를 측정하고 이것을 기준으로 i 번째 단계에 설정할 휘도를 구하면

$$L_i = L_{max} \times \left(\frac{m}{64}\right)^{1.8} \quad (1)$$

와 같다. 여기서, 64는 전체 스텝의 수이고 1.8은 설정한 디스플레이 감마이다.

다음으로 D75를 기준으로 회색 준위의 상관 색온도를 인접시 인간의 변별 한계치인 7500°K 500°K의 범위에 들도록 하면서, 각 gray level에서의 휘도에 가장 많은 영향을 주는 G를 기준으로 R과 B의 디지털 값을 조정하여 최적 감마 및 CCT 보정을 동시에 행한다. 즉, 각 step 별로 설정한 기준 백색의 색 좌표와 계산된 휘도가 되도록 R과 B의 디지털 값을 조정 한 결과, 보정 전에 동일했던 R, G, 및 B 디지털 값은

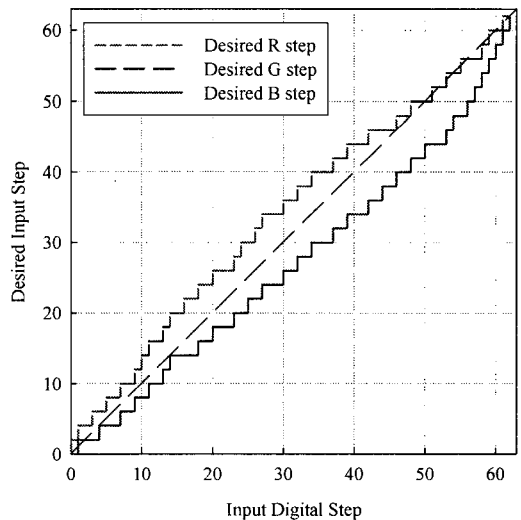


그림 9. 휴대폰용 LCD의 감마 및 CCT 보정에 사용한 LUT

보정 후에 G 값을 기준으로 R 입력 값은 증가하며 B 입력 값은 감소하는 경향을 보였다.

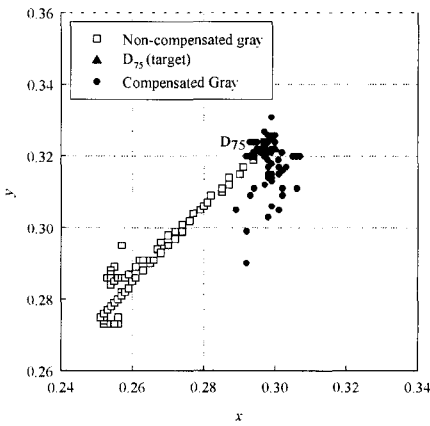
또한 LCD의 최대 콘트라스트 비를 그대로 유지하기 위하여 R, G, 및 B 디지털 값이 최대인 255와 최소인 0부근의 값들은 변화시키지 않았다. 그리고 상관 색온도의 차이가 큰 어두운 영역을 보정하지 않는 것은 시각 특성상 밝기가 줄어들면 색 인지 능력이 떨어지므로 색 변화를 거의 인지하지 못하기 때문이다. LCD의 CCT 보정에 사용한 LUT는 그림 9에서와 같다.

4. 실험 및 결과

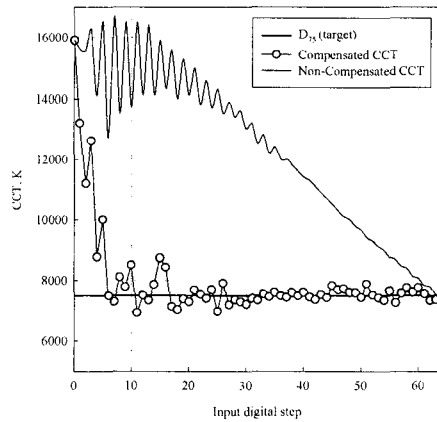
본 논문에서 제안한 방법을 적용하여 최적 감마

및 CCT 보정 후 회색 준위의 색도 좌표 변화와 CCT를 보정 전과 비교하여 그림 10(a) 및 10(b)에 각각 나타내었다. 그림 10(a)에서 입력 디지털 값에 따라 상당히 변화를 보였던 회색 준위의 색도 좌표가 색 인지 능력이 떨어지는 저계조의 좌표를 제외하면, 상관 색온도 보정 후 거의 일정함을 알 수 있었고, 그림 10(b)에서 회색 준위의 상관 색온도도 목표 7500 ± 500 K 근처를 거의 일정하게 유지함을 알 수 있다.

감마 조정 및 CCT 보정을 한 후 R, G, B 및 백색의 밝기를 측정된 결과는 그림 11(a)와 같다. 이를 보정 전의 그림 10(a)와 비교했을 때, RGB의 포화영역이 동일해 졌음을 확인할 수 있다. 또한 이를 정규화 한 그림 11(b)는 보정전의 그림 10(b)와 비교했을 때,

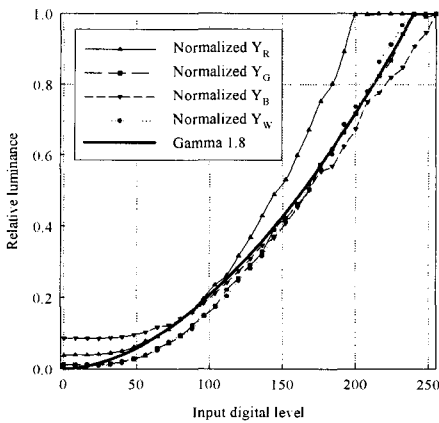


(a)

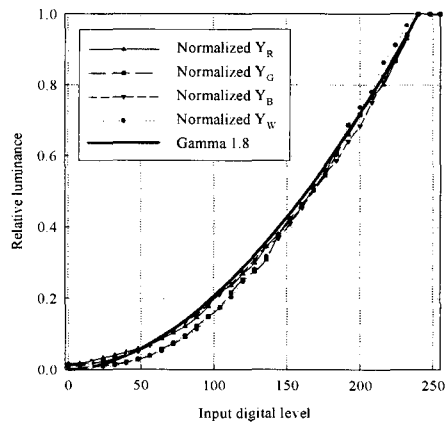


(b)

그림 10. CCT보정에 따른 (a)색도 좌표 변화 및 (b) CCT변화



(a)



(b)

그림 11. R, G, B, 및 백색의 (a)보정전 및 (b)보정후 감마 특성

RGB 모두 목표감마값에 매우 가깝게 보정되었음을 확인할 수 있다.

본 논문에서 제안한 방법을 두 종류의 실제 휴대폰에 적용하여 측정한 결과를 그림 12 및 그림 13에 나타내었다. 그림 12는 흑백 영상에서의 보정 전의 영상은 푸른 색 경향을 띠어 부자연스러운 반면, 보정 후의 영상은 실제 영상에 더욱 가까운 것을 확인할 수 있다. 그림 13의 컬러 영상에서는 보듯이 보정 후의 영상이 표준색에 더 가깝게 재현 되었으며, 특히 살색에 있어서 매우 자연스럽게 재현됨을 확인할 수 있다.

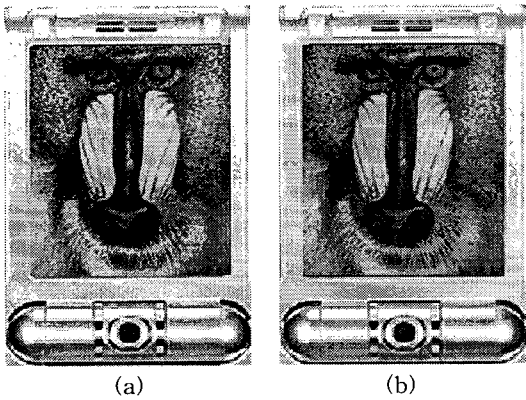


그림 12. 흑백 영상에서의 감마 및 상관 색온도: (a) 보정 전 및 (b)보정 후

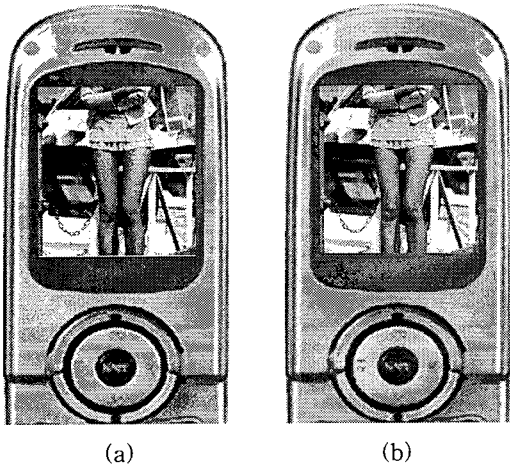


그림 13. 컬러 영상에서의 감마 및 상관 색온도: (a) 보정 전 및 (b)보정 후

5. 결 론

본 논문에서는 감마 및 CCT 보정 방법을 사용하

여 휴대폰용 LCD 디스플레이의 물리적, 전기-광학적 특성에 의해 나타나는 색 재현 오차와 화질의 차이를 극복하고, 표준에 부합되는 색 재현이 이루어질 수 있는 색재현 알고리즘을 제안하였다.

먼저 디스플레이 색 재현 이론을 바탕으로 하여 색 재현 영역, 기준 백색, 및 감마 등의 특성을 분석하였다. 또한 불완전한 색재현 특성을 가지고 있는 휴대폰용 LCD의 CCT 및 회색 준위 궤적 특성 등을 CRT와의 비교를 통하여 분석하여, 인간 시각 특성을 고려한 최적 감마 및 CCT 보정 방법을 제안하였다.

본 논문에서 제안한 방법을 검증하기 위하여, 현재 시판되고 있는 두 종류의 휴대폰 하드웨어 및 LCD 디스플레이를 사용하여 제안된 감마 및 CCT 보정을 행하는 신호처리 블록을 F/W 및 S/W로 구현하여 테스트하였다. 그 결과 본 논문에서 제안한 방법은 흑백 및 컬러 영상에서 표준색에 더 가깝게 재현 되었으며, 특히 살색에 있어서 매우 자연스럽게 재현됨을 확인할 수 있었다.

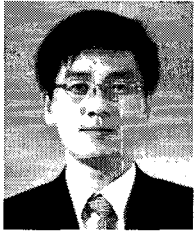
향후 이를 하드웨어로 구현하기 위해 디스플레이 장치의 색재현 영역과 기준 백색의 차이에서 발생하는 좌표적 색 오차를 줄일 수 있는 정정 매트릭스 보정법에 대한 연구가 필요하나 현재의 휴대폰용 LCD 하드웨어 구조에서는 비선형 감마 특성으로 인하여 바로 적용하기가 어려운 점이 있다. 따라서 본 논문에서 제안한 방법으로 10-비트 이상의 룩업 테이블을 하드웨어로 구성한다면 더욱 정확한 색재현이 가능할 것으로 예상된다.

참 고 문 헌

- [1] 송규익, 색채 디스플레이 공학, 경북대학교 대학원 전자공학과 영상 시스템 전공, 2001.
- [2] G. Wyszecki and W. S. Stiles, *Color Science*, John Wiley & Sons, 1982.
- [3] Jerry C. Whitaker, *Electronic Display*, McGraw-Hill, 1994.
- [4] Yukio Okano, "Color reproduction varying the input level on a liquid crystal display panel," *The Seventh Color Imaging Conference*, pp. 233-236, Nov. 1999.
- [5] 김상수 외, 디스플레이 공학, 청범출판사, 2000.
- [6] Data sheet, L2F50118T03 LCD Module, Seiko

Epson Corporation, 2003.

- [7] R. J. Green and S. J. Ismail, "Color Error Reduction in Video Systems," *IEEE Trans. BC*, Vol. BC-36, No 1, pp. 99-107, Mar. 1990.
- [8] K. Blair Benson and Jerry C. Whitaker, *Television Engineering Handbook*, McGraw-Hill, 1992.
- [9] Keith Jack, *Video Demystified, A Handbook for the Digital Engineer*, 2nd ed., HighText, 1996.



한 찬 호

1990년 2월 경북대학교 전자공학과 학사
 1992년 2월 경북대학교 전자공학과 석사
 2003년 2월 경북대학교 전자공학과 박사

1992년 1월~1993년 7월 현대전자 산업전자연구소 "HDTV prototype Decoder" 개발
 1993년 8월~1993년 12월 현대전자 산업전자연구소 "MPEG-2 Video S/W CODEC" 개발
 1994년 1월~1994년 7월 현대전자 산업전자연구소 "VOD STB" 개발
 1994년 8월~1994년 12월 현대전자 산업전자연구소 "MPEG-2 System S/W CODEC" 개발
 1995년 1월~1996년 1월 현대전자 멀티미디어연구소 디지털위성방송수신기 개발
 1996년 2월~1997년 7월 현대전자 미디어연구소 "HDTV H/W CODEC" 개발
 2000년 3월~2003년 8월 경운대학교 소프트웨어 공학과 전임강사
 2004년 1월~현재 HIT 연구소장
 관심분야: 오디오 및 비디오 신호처리, 디지털 TV, 멀티미디어 공학, 자동차 공학 등



권 성 근

1996년 2월 경북대학교 전자공학과 졸업
 1998년 2월 경북대학교 전자공학과 석사
 2002년 8월 경북대학교 전자공학과 박사
 2002년 11월~현재 삼성전자 무선 통신 사업부

관심 분야: 영상처리, 영상통신, 정보보호



송 규 익

1973년 경북대학교 전자공학과 학사
 1975년 경북대학교 전자공학과 석사
 1991년 일본 동북대학교 전자공학과 박사

1977년 3월~1982년 2월: 국방과학연구소 근무
 1982년 3월~현재 경북대학교 전자전기컴퓨터 공학부 교수
 관심분야: 비디오 및 오디오 신호처리, 색재현 공학, 디지털 TV, 자동차 공학 등