

논문 2008-45SP-2-7

모바일 폰 카메라와 LCD의 향상된 특성화 방법

(Improved characterization method for mobile phone camera and LCD display)

장인수*, 손창환*, 이철희**, 송근원***, 하영호****

(In-Su Jang, Chang-Hwan Son, Cheol-Hee Lee, Kun-Woen Song, and Yeong-Ho Ha)

요약

모바일 폰에서 사용되고 있는 카메라와 LCD 디스플레이의 정확한 색 재현을 위한 특성화 과정은 많이 알려져 있다. 카메라의 입력 신호인 CIEXYZ 색 자극 값을 LCD의 출력 신호인 CIEXYZ 값으로 정확하게 사상하기 위해서는 카메라와 LCD 특성화, 그리고 색역 사상 과정이 필요하다. 각 장치의 특성화는 입력 신호와 출력 신호 사이의 관계를 추정하는 과정이다. LCD의 경우 출력장치이기 때문에 임의의 입력에 대해 출력 색 자극 값을 측정기를 통해 측정이 가능하나 카메라와 같은 입력 장치인 경우 입력 신호를 생성할 수 없기 때문에 특성화 과정이 부정확하고 출력 신호의 획득과정에서 많은 수작업이 필요로 한다. 더욱이 노이즈에 민감한 카메라의 특성 때문에 색역 사상 후 카메라 모듈 생산 초기에 노이즈에 최적화된 감마 톤 커브가 왜곡이 되어 결과적으로 노이즈가 증가하게 된다. 이러한 문제들을 해결하고자 본 논문에서는 카메라의 출력 신호 획득 시스템과 노이즈 제거를 위한 부분적인 감마 보정 방법을 제안한다. 카메라의 출력 신호는 입력신호로 사용되는 칼라 차트를 촬영하여 이미지에서의 패치 값을 읽어 획득한다. 그러나 촬영과정에서의 조명의 영향뿐만 아니라 다수의 카메라모듈에 대해 촬영 시 뷰파인더에서의 차트의 위치에 대한 오차가 발생하게 된다, 이러한 수작업에서 발생하는 오차를 보정하기 위해 카메라의 위치를 조정하는 시스템을 제안한다. 카메라의 위치는 촬영된 이미지로부터 추정할 수 있으며 카메라의 이동과 위치 추정을 반복적으로 적용하면서 최적의 위치를 찾게 되고, 각 패치의 위치를 추정하여 출력 값을 획득한다. 또한 특성화로 인해 발생하는 노이즈를 줄이기 위하여 카메라의 출력 신호의 밝기 커브를 부분적으로 감마 커브를 조정한다.

Abstract

The characterization process for the accurate color reproduction in mobile phone with camera and LCD is popular. The camera and LCD characterization, gamut mapping process is necessary to map the camera's input color stimulus, CIEXYZ value, into the LCD's output color stimulus. Each characterization is the process estimating the relation between input and output signals. In case of LCD, because of output device, the output color stimulus for the arbitrary input signal can be measured by spectro radiometer. However, in the camera, as the input device, the characterization is an inaccurate and needs the manual works in the process obtaining the output signal because the input signal can not be generated. Moreover, after gamut mapping process, the noise is increased because the optimized gamma tone curve of camera for the noise is distorted by the characterization. Thus, this paper proposed the system of obtaining the output signal of camera and the method of gamma correction for the noise. the camera's output signal is obtained by RGB values of patches from captured the color chart image. However, besides the illumination, the error for the location of the chart in the viewfinder is generated when many camera modules are captured the chart. The method of correcting the position to correct the error from manual works. The position of camera is estimated by captured image. This process and moving of camera is accomplished repeatedly, and the optimized position can be obtained. Moreover, the lightness curve of camera output is corrected partly to reduce the noise from the characterization process.

Keywords: 모바일 폰, 특성화, 색역사상, 감마보정

* 학생회원, ** 정회원, 경북대학교 전자전기컴퓨터학부

(School of Electrical Engineering and Computer Science, Kyungpook National University)

*** 정회원, 안동대학교 컴퓨터공학전공

(Major of Computer Engineering, Andong National University)

**** 정회원, 위덕대학교 소프트웨어공학부

(Division of Software Engineering, Uiduk University)

※ 본 결과물은 교육인적자원부, 산업자원부, 노동부의 출연금 및 보조금으로 수행한 최우수실험실지원사업의 연구 결과입니다.

접수일자: 2007년8월23일, 수정완료일: 2008년2월20일

I. 서론

카메라 모듈과 LCD 디스플레이가 탑재된 휴대폰, Portable Multimedia Player, Personal Digital Assistant 같은 장치들이 하루가 다르게 다른 버전이 출시되고 새로운 기능이 추가되고 있다. 그러나 대부분의 이러한 컨버전스 장치들은 실제 각 모듈들이 독립적으로 하나의 제품을 이루는, 예를 들어 디지털 카메라나 LCD 디스플레이 같은 장치들에 비해 현저히 낮은 수준의 성능을 보여준다. 카메라 모듈의 경우 사용되는 렌즈의 구경의 한계로 인하여 CCD나 CMOS에 투영되는 빛의 양이 아주 적으며, 신호 대 잡음 비 또한 일반 카메라와 비교하여 아주 낮다. LCD의 경우도 장치 내부의 통신 시스템 상의 문제로 24비트의 색을 다 표현하지 못하고 16비트의 색정보만을 표현할 수 있다. 그러므로 이러한 장치에서 정확한 색 정보를 표현하기 위해서는 장치 특성화 과정이 필요하다. 컨버전스 장치의 특성화 과정은 크게 각 모듈에 대한 특성화 부분과 색역사상 과정으로 나눈다. 먼저 각 모듈의 특성화 후 각각의 색역 정보를 얻을 수 있고 이를 색역 사상 과정을 통해 두 모듈 사이의 입출력 신호를 연결한다.^[1] 결국 카메라를 통해 들어가는 입력 색자극 신호가 LCD의 출력 색 자극 신호로 나오게 된다. LCD 모듈의 특성화는 LCD 모듈이 출력 장치이기 때문에 입력으로 임의의 RGB 값을 주어 나오는 출력 색 자극 값을 측색기를 이용하여 측정하여 간단하게 얻을 수 있다. 그러나 카메라 모듈의 경우 입력 장치이기 때문에 임의의 입력 값을 디지털적으로 줄 수 없으며 실제 빛을 렌즈를 통해 비추어야 한다.^[2~4] 이러한 문제를 해결하기 위해서 카메라의 특성화에서는 다차원 회귀 방정식이나 신경망 회로를 이용한다.^[5~6] 신경망회로의 경우 모델에 따라서 결과가 많이 달라지고 과정이 복잡하여 일반적으로 다차원 회귀 방정식을 많이 이용하고 있다. 다차원 회귀 방정식은 몇 개의 샘플 입력에 대한 출력 값을 가지고 매트릭스 연산을 통해 변환 매트릭스를 추정하고 이를 이용하여 임의의 입력에 대한 출력 값을 추정하는 방식이다. 이를 위해서는 우선 입력과 출력에 대한 데이터를 획득해야 한다. 입력 데이터의 경우 카메라로 촬영할 대상인 컬러 차트를 표준광원하의 실험 환경에서 측색기를 통해 측정한 값을 사용한다. 출력 데이터는 컬러 차트를 촬영하여 촬영된 이미지의 RGB값을 읽어 획득한다. 그러나 촬영하는 과정이 수작업으로 진행되어 촬영 시마다 촬영되는 이미지에서의 차트 위치와 크기가 달라지

고 획득된 이미지의 패치에서 RGB값을 읽어야 하기 때문에 오차가 발생할 여지가 많다. 또한 특성화 후, 색역 사상과정에서 노이즈가 많은 카메라 모듈에 최적화 된 감마 커브가 왜곡이 되어 노이즈가 증가하게 된다.^[7~8] 이러한 문제점들을 해결하기 위해서 본 논문에서는 카메라의 출력 RGB값 획득 시스템과 노이즈 제거를 위한 감마 톤 보정 방법을 제안한다.

II. 장치 특성화 과정

디지털 이미지의 입출력 장치에서의 색을 정확하게 표현하는 색 재현력을 높이기 위해서는 장치 특성화 과정이 필요하다. 장치마다의 입력과 출력관계를 도출하여 임의의 입력에 대해 정확한 출력 신호를 표현한다. 장치들 사이에서도 또한 이러한 관계를 색역 사상 과정을 통해 두 장치 사이의 입력과 출력을 연결하게 된다. 모바일 폰의 경우 카메라로 들어오는 입력 색 자극 값에 대해 LCD디스플레이로 나오는 출력 색 자극 값을 추정하여 임의의 값에 대해 정확한 색을 재현할 수 있다.

1. 카메라 특성화 과정

동일한 입력 장면에 대해 카메라 모듈 출력은 각 모델마다 다르게 나타난다. 이는 각 모듈의 특성이 다르기 때문인데 정확한 색 재현을 위해서는 특성화 과정이 필요하다. 카메라의 특성화는 입력 장치의 특성 상 입력 값을 인위적으로 조절할 수 없기 때문에 몇 개의 입출력 샘플을 가지고 다항회귀방정식을 이용하여 변환 매트릭스를 추정하여 사용한다. 입력 값에 대해서는 표준 조명인 D65 광원 하에서 컬러 차트의 각 패치 값을 측색기로 측정하여 획득한다. 출력 값은 차트를 D65 광원 하에서 카메라 모듈로 촬영하여 RGB 값을 얻는다. 이때 각 촬영된 이미지에서 각 패치들의 RGB 값을 획득하기 위해서는 포토샵 같은 그래픽 툴을 일반적으로 이용한다. 패치 크기의 90%정도 되는 면적의 평균값을 패치의 출력 값으로 정한다. 이렇게 획득된 입력과 출력 간의 변환 관계를 도출하기 위하여 다항 회귀방정식을 이용한다. 이때 사용하는 다항 회귀 방정식은 식 (1)과 같다.

$$\begin{aligned} X(R, G, B) &= a_{x,0} + a_{x,1}R + a_{x,2}G + a_{x,3}B \\ Y(R, G, B) &= a_{y,0} + a_{y,1}R + a_{y,2}G + a_{y,3}B \\ Z(R, G, B) &= a_{z,0} + a_{z,1}R + a_{z,2}G + a_{z,3}B \end{aligned} \quad (1)$$

입력 색 자극치 XYZ 값은 RGB의 출력신호와 계수 a 에 의해서 결정되며 식 (1)은 1차의 다항방정식이며 이는 2차, 3차로 확장가능하다. 차원에 따라 변환 매트릭스의 크기도 증가한다. 식 (1)은 다음과 같이 매트릭스 형태로 표현된다.

$$P = V^T a \quad (2)$$

$$V = \begin{pmatrix} 1_0 & \dots & 1_n \\ R_0 & \dots & R_n \\ G_0 & \dots & G_n \\ B_0 & \dots & B_n \end{pmatrix}, a = \begin{pmatrix} a_{x,0} & a_{x,0} & a_{x,0} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{x,3} & a_{x,3} & a_{x,3} \end{pmatrix}, P = \begin{pmatrix} X_1 & Y_1 & Z_1 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ X_n & Y_n & Z_n \end{pmatrix}$$

변환 매트릭스, a ,는 다음과 같이 계산된다.

$$a = (VV^T)^{-1}VP \quad (3)$$

2. LCD 특성화 과정

LCD 디스플레이의 특성화 과정은 입력 디지털 RGB 값과 출력 색 자극 값 간의 관계를 규정한다. LCD 특성화방법은 일반적으로 2가지로 분류된다. 전기-빛의 입출력 곡선을 모델링 한 S-curve 모델과 보간법을 기반한 3차원 참조표를 이용한 방법이 있다. 전자의 경우 채널에 독립적인 방법으로 각각의 RGB신호와 출력 휘도 값과의 관계를 모델링한다. 이 방법은 소수의 샘플 데이터를 이용하여 간단하게 특성화를 수행할 수 있다. 출력 휘도 값은 다음과 같이 추정된다.

$$Y_{ch} = A_{ch} \frac{(d_{ch}/(2^N - 1))^{\alpha_{ch}}}{(d_{ch}/(2^N - 1))^{\beta_{ch}} + C_{ch}} \quad (4)$$

A_{ch} , α_{ch} , β_{ch} , C_{ch} 은 각각 추정 이득과 감마, 오프셋 값을 나타내며 d_{ch} 은 각 채널에 해당하는 입력 값을 나타낸다. 최적화된 파라미터들을 구하기 위해서는 각 채널당 트레이닝 샘플들을 측정기로 측정하여 사용한다. 식 (4)를 통해 추정된 각 채널의 휘도 값은 식 (5)를 이용하여 CIEXYZ값으로 변환한다.

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_{r,\max} & X_{g,\max} & X_{b,\max} \\ Y_{r,\max} & Y_{g,\max} & Y_{b,\max} \\ Z_{r,\max} & Z_{g,\max} & Z_{b,\max} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} r \\ g \\ b \end{bmatrix} \quad (5)$$

r, g, b 는 추정된 각 채널의 휘도 값이고, $X_{ch,\max}$, $Y_{ch,\max}$, $Z_{ch,\max}$ 는 최대 각 RGB 입력 값에 대한 추정된 XYZ 값이다. 이러한 과정을 통하여 입력 값에 대한

출력 XYZ값을 추정할 수 있다. 그러나 일반적으로 디스플레이의 특성화는 정확성을 위해 3차원 참조표를 이용한 보간법을 사용한다. 디스플레이가 표현할 수 있는 색에 대한 RGB 조합을 샘플링하여 측정한 후 참조표로 저장하고 샘플링 되지 않은 색에 대해서는 이 참조표를 이용한 사면체 보간법으로 추정한다. 이 방법은 측정해야 될 샘플의 수가 많기는 가장 정확하기 때문에 많이 사용된다.

3. 색역사상

컬러 영상을 다루는 장치는 RGB 각 채널의 색을 내는 소자들이 다르고 색 재현 방식 또한 다르기 때문에 표현할 수 있는 색상도 다르다. 흔히 24비트의 동일한 입력이나 출력을 사용하더라도 장치 특성에 따라 표현하는 색 자극이 다르기 때문에 이를 표준 색공간인 CIELAB 공간에서 보면 표현할 수 있는 색의 영역을 나타내는 색역이 서로 다르다. 따라서 장치간의 색을 정확하게 표현하기 위해서는 색역 사상과정이 필요하다. 색역 사상을 위해서는 각 장치들의 측정, 혹은 추정 CIEXYZ값을 표준 색 공간인 CIELAB 색 공간으로 식 (6)과 같이 변환한다.^[5]

$$\begin{aligned} L^* &= 116 \left[f\left(\frac{Y}{Y_n}\right) - \frac{16}{116} \right] \\ a^* &= 500 \left[f\left(\frac{X}{X_n}\right) - f\left(\frac{Y}{Y_n}\right) \right] \\ b^* &= 200 \left[f\left(\frac{Y}{Y_n}\right) - f\left(\frac{Z}{Z_n}\right) \right] \end{aligned} \quad (6)$$

$$\text{where } f(s) \begin{cases} = s^{1/3} & s > 0.008856 \\ = 7.787s + 16/116 & \text{otherwise} \end{cases}$$

색역 사상 기법은 크게 두 가지로 나눌 수 있는데 색역 밖의 영역을 색역 가장 가장자리의 한 점으로 사상하는 색역 절단 방법과 색역 밖의 영역을 색역 안으로 선형적 혹은 비선형적으로 사상하는 색역 압축 방법이 있다.^[9~10]

III. 카메라 특성화를 위한 자동화 시스템

카메라와 LCD의 장치 특성화 과정에서 LCD특성화 부분은 참조표를 이용한 사면체 보간법으로 간단하게 해결할 수 있으며 색역 사상 기법 또한 많은 연구가 진행되어 왔으며 계속 진행되고 있다. 그러나 카메라 특성화의 경우 칼라 차트의 측정 혹은 촬영 시의 환경에

영향을 많이 받고 수작업이 많기 때문에 오차가 많이 발생하고 반복되는 과정에서 신뢰성을 얻기가 어렵다. 그러므로 칼라 차트로부터 입출력 값을 획득하기 위한 측정, 촬영에 대한 자동화 시스템이 필요하다.

1. 카메라의 위치 보정

카메라를 이용하여 칼라 차트를 촬영하기 위해서는 우선 칼라 차트가 카메라의 뷰파인더에 꼭 차도록 카메라의 위치를 조정해야한다. 이러한 작업은 카메라 모듈이 바뀔 때 마다 시행 되어야 하며 수작업으로 진행되기 때문에 많은 오차를 발생시킨다. 이러한 문제는 카메라의 촬영하기 적합한 위치를 보정하는 알고리즘을 통해서 해결될 수 있다. 카메라로 칼라 차트를 촬영한 뒤 촬영된 이미지에서 차트의 위치와 크기를 추정하고 이를 통해 카메라 모듈의 위치를 수정한 뒤 다시 촬영하는 과정을 반복적으로 수행하면서 위치를 보정한다. 그러나 그림 1에서와 같이 검은색 배경에서 촬영한 경우 칼라 차트의 대비도가 높아져 많은 수의 패치가 색 정보를 상실하고 백색으로 변하는 것을 볼 수 있다. 이는 카메라 모듈의 자동 노출 시스템에 기인한 것으로

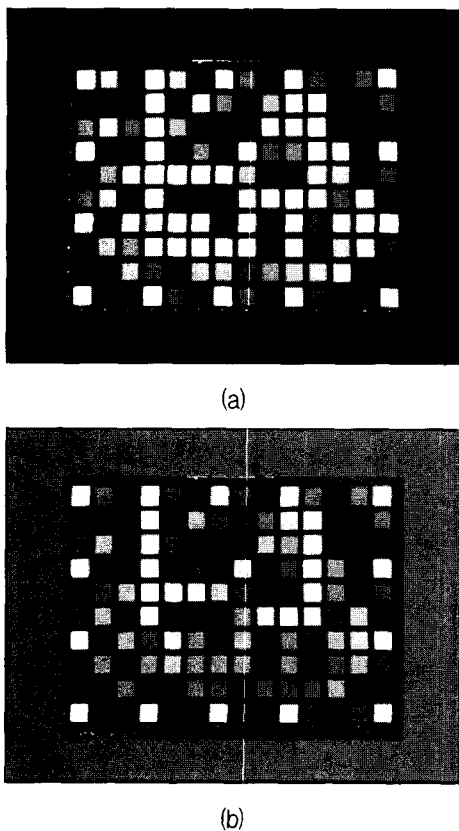


그림 1. 검은색과 회색 배경에서 촬영된 칼라 차트
Fig. 1. Captured color chart images for (a) black and (b) gray back ground colors.

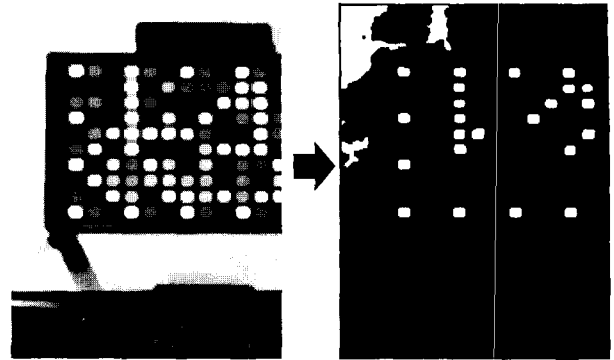


그림 2. 메디안 필터링된 G 채널의 이진화 과정 결과
Fig. 2. Binary image from filtered G channel image.

칼라 차트의 평균 밝기와 유사한 밝기를 가지는 회색 배경을 사용하게 되면 색 정보의 손실을 막을 수 있다. 그러나 이러한 배경 밝기의 증가는 칼라차트의 위치를 추정하는데 또 다른 문제점을 발생시킨다. 차트의 위치를 추정하기 위해서 우선 초기 위치에서 촬영된 이미지를 각 채널 별로 분리 한 뒤 밝기 정보를 가장 많이 포함하고 있는 G 채널을 이용하여 차트의 위치와 크기를 추정한다. 모바일용 카메라 모듈의 경우 발생하는 노이즈가 많기 때문에 이를 제거하기 위해서 메디안 필터를 이용한다. 필터링 된 G 채널 이미지는 문턱치 값을 이용하여 이진화하여 밝은 패치를 추출해 낸다. 칼라 차트의 네 모서리가 화이트 패치로 구성되어 있기 때문에 이를 이용하면 차트의 위치와 크기를 쉽게 추정할 수 있다. 그러나 그림 2에서와 같이 배경 색이 회색이

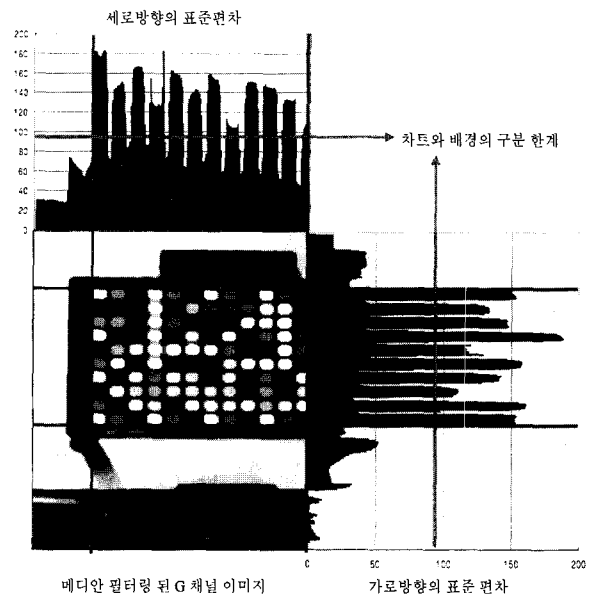


그림 3. 표준편차를 이용한 차트와 배경 분리
Fig. 3. Separation of chart and background using the standard deviation.

기 때문에 조명의 세기에 따라서 이진화 결과, 배경 부분이 추출되는 경우가 발생한다. 이는 조명의 세기와 카메라의 감도 특성에 따라 다르기 때문에 이러한 문제를 해결하기 위해서는 배경과 차트 영역의 구분이 필요하다. 이는 차트 영역과 배경영역의 표준편차를 이용하여 해결할 수 있다. 촬영된 영상을 $f(x,y)$ 라고 두고, 가로를 m , 세로를 n 이라 했을 때, 필터링된 G 채널의 각 행과 열에 대한 평균은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} \mu_{r,i} &= \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n f(i,k), \quad i=1,2,3,\dots,m \\ \mu_{c,j} &= \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m f(k,j), \quad j=1,2,3,\dots,n \end{aligned} \quad (7)$$

이를 이용하여 각 각의 표준편차는 식 (8)과 같이 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} \sigma_{r,i} &= \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (f(i,k) - \mu_{r,i})^2}, \\ \sigma_{c,j} &= \sqrt{\frac{1}{m} \sum_{k=1}^m (f(k,j) - \mu_{c,j})^2} \end{aligned} \quad (8)$$

표준편차가 높은 행과 열이 차트영역에 속하고 낮은 부분은 배경으로 구분된다. 그림 3은 이미지에서 각 행과 열에 대한 표준편차를 보여준다. G 채널 이미지의 위쪽과 우측의 그래프는 각 방향의 표준편차를 나타내

며 붉은 선이 표준 편차가 높은 부분인 차트부분을 표시한다. 각 행과 열에 대한 표준편차를 구하고 차트와 배경을 구분하는 표준편차의 문턱치 값은 표준편차의 최대값을 고려하여 결정하여 배경과 차트를 분리해 낼 수 있다. 즉 이진화 과정에서 배경으로 구분된 행과 열은 배경인 0 으로 바뀐다. 이렇게 배경이 제거된 이미지는 이진화 과정을 통해 밝은 패치만을 남기고 나머지는 제거가 된다. 그 중 특히 백색 패치가 차트의 네 모서리에 위치하고 있기 때문에 이를 이용하여 패치의 크기와 위치를 추정하고 카메라의 위치를 보정한다. 그림 4는 촬영된 영상으로부터 카메라의 위치를 보정하는 전체적인 과정을 보여준다. 촬영된 이미지를 RGB 채널로 분리하고 그 중 G 채널을 메디안 필터링을 통하여 노이즈를 제거한다.^[11] 노이즈가 제거된 G 채널 이미지는 이미지의 행과 열의 표준편차를 이용하여 배경과 차트 영역을 분리하고 이진화 한다. 이진화된 영상에서 카메라의 이동정보를 추정하기 위해서는 먼저 패치의 사이즈 추정을 통해 차트가 화면에 다 나타나는지를 결정한다. 이를 통해 카메라의 전후 움직임을 결정하게 된다. 추출된 패치들 중 하나를 선택하여 가로와 세로의 길이를 계산한다. 패치의 하나의 크기를 통하여 전체 차트의 크기를 추정하고 만약 추정된 가로의 길이가 영상의 가로 사이즈보다 크다면 카메라를 뒤로 움직인다. 또한 추정된 차트의 가로 사이즈가 작다면 미리 정해진 임계

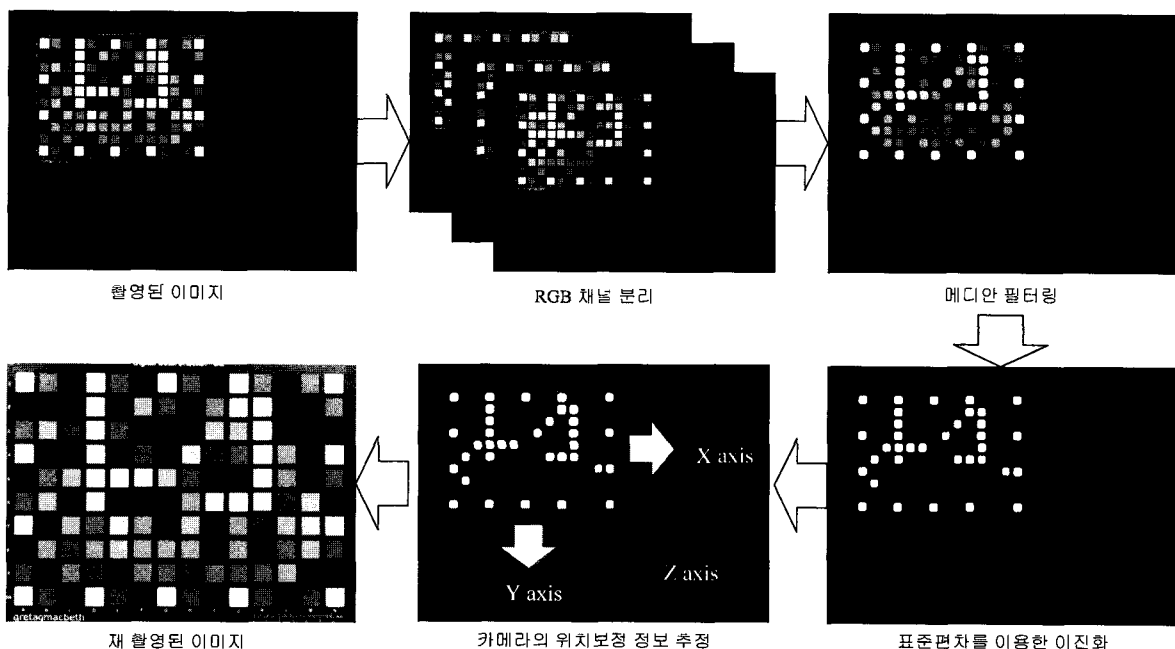


그림 4. 칼라차트의 위치 추정을 통한 카메라 위치 보정 과정
 Fig. 4. Process to correct the position of camera with estimated position of color chart.

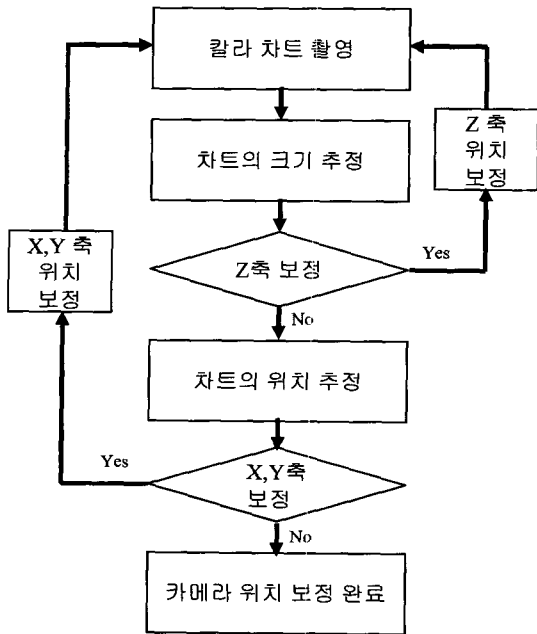


그림 5. 카메라 위치 보정 과정
Fig. 5. Process for correcting the position of camera.

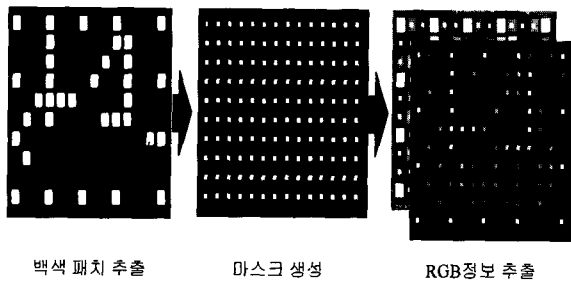


그림 6. RGB 정보 추출 과정
Fig. 6. Process for extracting RGB values.

지점에 들어오도록 카메라를 앞으로 움직인다. 전후 보정이 끝난 후 상하좌우 보정을 한다. 차트의 네 모서리에 위치한 백색패치의 끝 지점을 차트의 네 모서리로 정하고 이미지의 중앙에 위치하도록 상하좌우로 카메라를 움직인다. 이러한 과정이 그림 5와 같이 반복되어 정확한 위치를 찾게 된다.

2. 촬영된 이미지로부터 RGB값 추출

카메라의 위치 보정 후 촬영된 이미지로부터 각 패치의 RGB값을 획득하기 위해서는 일반적으로 그래픽 툴을 사용하여 하나씩 수작업으로 이루어져 일관성이 없으며 사람에 따라 오차가 발생한다. 이를 해결하기 위해서 촬영된 차트에서 패치의 위치를 추정하여 각 패치의 영역에 해당하는 마스크를 제작하고 이를 이용하여 RGB값을 획득할 수 있다. 그림 6에서와 같이 촬영된 영상에서 G 채널을 이용하여 메디안 필터링과 이진화 과정을 거쳐 백

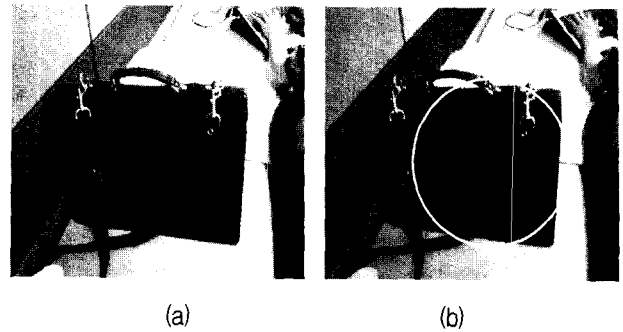


그림 7. (a) 특성화 전과 (b) 특성화 후의 LCD 출력영상
Fig. 7. Output image of LCD display (a) before and (b) after characterization.

색 패치를 추출한다. 백색 패치의 크기와 위치를 이용하여 차트의 각 패치들의 중심 위치를 추정하고 백색 패치의 크기에 비례하여 적당한 영역을 추출해 내기 위한 마스크를 제작한다. 제작된 마스크를 이용하여 촬영된 원본 이미지에서 RGB 값을 추출해 낸다.

3. 특성화로 인해 발생하는 노이즈 제거

카메라와 LCD 모듈 사이의 특성화 과정을 통해 카메라의 입력 색 자극과 동일한 색 자극을 LCD의 출력 색 자극으로 얻을 수 있다. 그러나 실영상에서, 특히 어두운 영역에서 특성화 과정 전에 보이지 않던 노이즈가 현저하게 증가하는 것을 볼 수 있다. 그림 7에서처럼 특성화 전의 영상에서는 가방의 검은색 부분의 노이즈가 존재는 하지만 눈에 잘 띄지 않지만 특성화 후의 영상에서는 노이즈가 눈에 확연하게 보인다. 이는 카메라의 노이즈를 최소로 하게 감도 곡선을 조정하여 놓았으나 특성화 과정에서 색역 사상을 통하여 왜곡되어 나타난 현상이다. 이러한 노이즈를 제거하기 위해서 색역 사상 후의 휘도 곡선을 시그모이드 함수를 사용하여 보정한다.^[12] 식 (9)

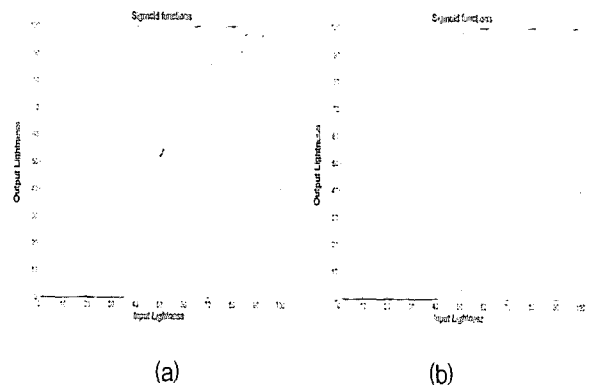


그림 8. 시그모이드 함수의 (a) σ 변화, (b) x_0 변화
Fig. 8. Sigmoid functions with various (a) sigma's and (b) mean values.

는 누적 정규분포함수를 이용하여 시그모이드 함수를 모델링하였다.

$$S_i = \sum_{n=0}^i \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} e^{-\frac{(100x_n/m-x_0)^2}{2\sigma^2}} \quad i=1, 2, 3, \dots, n \quad (9)$$

m 은 참조표의 샘플 수를 나타내며, σ 과 x_0 는 각각 표준편차와 평균을 나타내며 이를 이용하여 그림 8과 같이 시그모이드 함수의 모양을 변화 시킨다. 이 시그모이드 함수는 식 (10)과 같이 휘도의 최대, 최소값으로 정규화하여 참조표로 이용한다.

$$S_{LUT} = \frac{(S_i - \min(S))}{(\max(S) - \min(S))} (L_{\max Out}^* - L_{\min Out}^*) + L_{\min Out}^* \quad (10)$$

IV. 실험 및 결과

카메라와 LCD의 특성화를 위해서 삼성 M4300 모바일 폰이 사용되었다. 우선 카메라 특성화를 위하여 Macbeth Color Checker SD 차트가 표준 칼라 차트로 사용되었으며 D65 표준 광원 하에서 차트의 테두리부분의 백색, 회색, 검은색 패치들은 위치 추정에 사용되고 중심부에 위치한 96개의 패치만이 특성화 과정에 사용되었다. 패치의 색 자극치 측정을 위해서 미놀타의 CS1000 측색기가 사용되었으며 카메라 특성상 1차 회귀 방정식을 이용하여 카메라 특성화를 하였다. LCD의 특성화는 각 채널을 6단계로 샘플링하여 이들의 조합으로 생성되는 216개의 패치를 CS1000 측색기로 D65 표준광원 하에서 측색하여 3차원 참조표 이용하는 방법을 사용하였다. 두 장치의 색역사상은 가변 다중다점 색역사상을 사용하였다. 이는 밝기값 사상을 한 뒤 닷점을 결정하여 채도에 관한 사상을 하여 원래의 밝기 값을 유지하면서 채도를 향상시킨다. 특성화 과정을 정량적으로 평가하기 위하여 Macbeth Color Checker 24개의 패치를 이용하였다. 측색기로 측정된 결과 색 자극 값과 LCD의 출력 색 자극 값을 측정하여 다음과 같은 식을 이용하여 색차를 구하였다.

$$\Delta E^{*ab} = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (11)$$

특성화 과정을 거치지 않은 경우 ΔE^{*ab} 평균 색차가 26.25 이었으나 특성화 과정을 거친 경우는 ΔE^{*ab} 평균

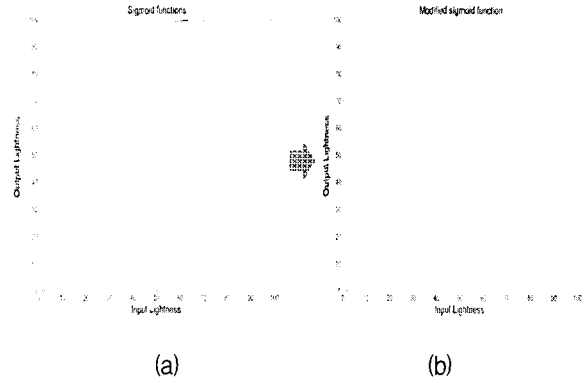


그림 9. 수정된 시그모이드 함수
Fig. 9. Modified sigmoid function.

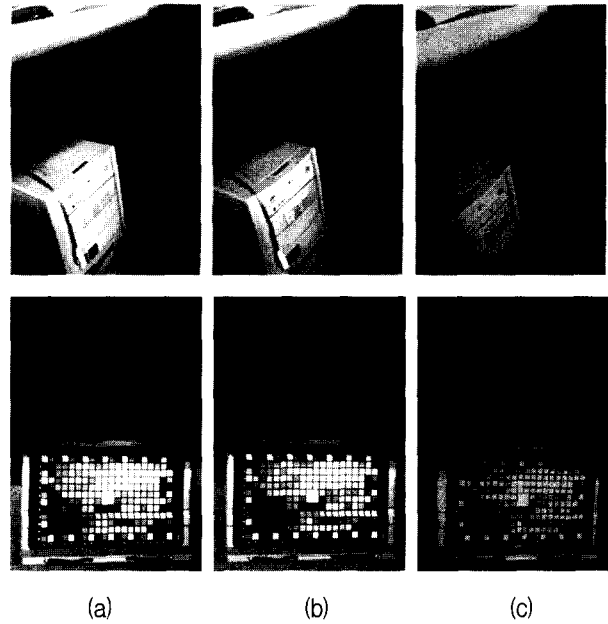


그림 10. (a) 특성화 전 결과 영상, (b) 특성화 후 결과 영상, (c) 노이즈가 제거된 결과영상
Fig. 10. Result image; (a) before (b) after characterization and (c) characterization with noise reduction.

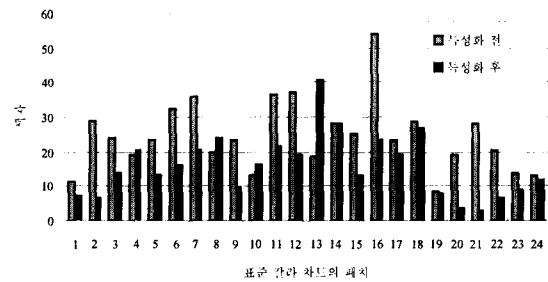


그림 11. 특성화 전 후 색차 비교
Fig. 11. comparison before and after characterization.

색차가 14.32로 현저하게 줄어 든 것을 확인 할 수 있었다. 또한 특성화 과정에서 발생하는 노이즈를 제거하기

위하여 그림 9와 같이 변형된 시그모이드 함수를 이용하여 휘도 곡선을 수정하였다. 표준편차를 11.025, 평균을 30으로 하였을 경우 노이즈가 많이 감소한 반면 이미지가 전반적으로 어두워졌으며, 표준편차를 27.35, 평균을 40으로 했을 때는 밝기는 유지되면서 노이즈는 상당부분 제거되지 않아 두 함수를 부분적으로 적용하여 밝기를 유지시키면서 노이즈를 제거하였다. 그림 10은 실영상을 특성화 전과 후, 그리고 노이즈를 제거한 경우를 보여준다. 특성화하기 전의 칼라차트는 색 정보들이 많이 손실이 되었으나 위쪽 검은 가방부분의 노이즈는 보이지 않는다. 특성화만을 거친 영상은 칼라차트의 색은 많이 표현되었지만 검은색 가방부분에 노란색 노이즈가 많이 발생한다. 마지막으로 특성화 후 노이즈를 제거한 영상의 경우 색 정보도 보존하면서 노이즈도 많이 줄어든 것을 볼 수 있다. 그림 11은 정량적 평가를 위하여 특성화 전후의 CIELAB 표준 색 공간에서의 색차를 표준칼라 차트를 이용하여 나타내고 있다. 24개의 표준 차트를 통하여 특성화 전에는 ΔE_{ab}^* 평균 색차가 24.395였으나 특성화 후 15.562로 색차가 줄어 좀 더 정확한 색 재현 성능을 보여준다.

V. 결 론

모바일 폰의 카메라와 LCD에 대한 장치 특성화 과정에서 카메라의 입출력 과정을 자동화 하기위한 카메라 위치 보정 및 칼라차트의 색 정보 추출과 노이즈 제거 방법을 제안하였다. 카메라의 특성화 과정은 사용되는 입출력 데이터를 획득하는 과정에서 많은 오차가 발생한다. 이러한 과정은 자동화 시스템을 통하여 해결될 수 있으며 수작업으로 인한 노력을 줄일 수 있다. 또한 특성화 과정에서 카메라의 휘도 특성이 왜곡되어 발생하는 노이즈를 제거하기 위하여 특성화 후 휘도곡선을 수정된 시그모이드 함수를 사용하여 보정하였다. 노이즈를 제거하기 위하여 어두운 부분의 대비를 부분적으로 높이고 전체적인 밝기를 유지하기 위하여 나머지 부분의 대비를 높였다. 결과적으로 특성화 과정의 오차가 줄어들었으며 특성화 결과에 대한 일관성을 높였다.

참 고 문 헌

- [1] Y. S. Kwak and L. W. MacDonald, "Accurate prediction of color liquid crystal displays," *Ninth Color Imaging Conference: Color Science and Engineering*, Scottsdale, U.S.A., pp. 355-359, Nov. 2001.
- [2] M. R. Pointer, G. G. Attridge, and R. E. Jacobson, "Practical camera characterization for colour measurement," *The Imaging Science Journal*, vol. 49, no. 2, pp. 63-80, July 2001.
- [3] M. R. Pointer, G. G. Attridge, and R. E. Jacobson, "Application of a colour reproduction index to digital camera characterization," *The Imaging Science Journal*, vol. 49, no. 2, pp. 11-22, July 2001.
- [4] ISO 14524:1999, "Photography-Electronic still-picture cameras- methods for measuring opto-electronic conversion functions(OECFs)"
- [5] J. Y. Hardeberg, *Acquisition and reproduction of color Images: Colorimetric and multispectral approaches*, Dissertation.com, 2001.
- [6] H. R. Kang, *Color Technology for Electronic Image Device*, SPIE Optical Engineering Press, 1996.
- [7] X. Zhang and R. L. Baer, "Perceptual preference for noise and color saturation tradeoff in digital camera image," *Fourteenth Color Imaging Conference: Color Science and Engineering*, Scottsdale, AZ, U.S.A., pp. 119-124, Nov. 2006.
- [8] ISO 15739:2003, "Photography-Electronic still-picture imaging-Noise Measurements".
- [9] CIE Division 8: TC8-03 Gamut Mapping, <http://www.colour.org/tc8-03/>.
- [10] Y. H. Cho, Y. T. Kim, C. H. Lee, and Y. H. Ha, "Gamut Mapping Based on Color Space Division for Enhancement of Lightness Contrast and Chrominance," *Journal of Imaging Science and Technology*, vol. 48, no. 1, pp. 66-74, Jan./Feb. 2004.
- [11] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, *Digital Image Processing*, Prentice Hall, 2002.
- [12] G. Sharma, *Digital color imaging handbook*, CRC press, 2003.
- [1] Y. S. Kwak and L. W. MacDonald, "Accurate prediction of color liquid crystal displays," *Ninth Color Imaging Conference: Color Science and*

저 자 소 개



장 인 수(학생회원)
 2004년 2월 경북대학교
 전자전기공학부 졸업
 2006년 2월 경북대학교
 전자공학과 석사 졸업
 2008년 2월 경북대학교
 전자공학과 박사 수료

<주관심분야 : 장치 특성화, 디스플레이 화질평가, 디지털 프린팅 색 재현>

손 창 환(학생회원)
 대한전자공학회 논문지
 제 44권 SP편 제 4호 참조

하 영 호(정회원)
 대한전자공학회 논문지
 제 38권 SP편 제 3호 참조



송 근 원(정회원)
 1993년 경북대학교
 전자공학과(공학사)
 1995년 경북대학교 대학원
 전자공학과(공학석사)
 1998년 경북대학교 대학원
 전자공학과(공학박사)

1999년 3월~현재 위덕대학교 소프트웨어공학부
 부교수

<주관심분야 : 감성인식, 영상처리, 패턴인식, 신호처리>

이 철 희(정회원)
 대한전자공학회 논문지
 제 41권 SP편 제 1호 참조