

비디오 모니터를 이용한 사진 현상용 확대기의 구현

정회원 이 장 원*, 백 중 환*

Implementation of Enlarger for Photograph Development Using Video Monitor

Jang Won Lee*, Joong Hwan Baek* *Regular Members*

요 약

사진 현상용 확대기는 필름의 상을 확대하여 인화지에 인화될 수 있도록 하는 사진 인화 및 확대에서 필수적인 장비이다. 그러나, 기존의 확대기는 한 장의 사진을 확대 인화하는데 여러 차례의 시험인화를 필요로 하여, 시간 지연, 재료비와 인건비의 상승으로 인한 사진 인화 시 원가의 상승을 초래한다는 문제점을 가지고 있다. 본 논문에서는 확대기에 비디오 모니터를 부착하여 확대기의 출력 영상을 인화해 보기 전에 모니터를 통해 미리 확인할 수 있는 시스템을 구현하여, 시험인화의 횟수를 감소시켜 기존의 확대기가 가지고 있던 문제점을 해결하였다. 이때 모니터의 영상과 이를 인화한 사진의 컬러가 차이가 나는 문제가 발생하는데, 이는 본 논문에서 구현한 시스템에 색 보정 알고리즘을 추가하여 문제를 해결하였다.

ABSTRACT

The enlarger for photograph development is essential equipment in making a print and enlargement of photograph. In the existing enlarger, however, some trial prints are needed for enlarging a photograph. This procedure has a big problem that rises the cost for printing photograph due to time delay, the cost of materials and labor costs. In this paper, to solve the problem, we implement an equipment to print scale-up photograph with best picture quality easily using video monitoring. At this time, there is a difference between a color of monitor image and photograph. This problem is solved by using a proposed color correction algorithm.

I. 서 론

사진 현상용 확대기는 조명으로부터 투과된 필름의 상을 렌즈를 통해 확대하여 확대된 상이 인화지에 인화될 수 있도록 하는 장비로써 은염 사진의 인화 및 확대에서는 필수적인 장비이다. 이 사진 현상용 확대기는 전과정에서 수동이어서 고도의 전문가가 육안으로 네거티브 필름의 상태를 관찰하여 노광 시에 필요한 최적의 Cyan, Magenta, Yellow 필터량(이하 CMY 필터량) 및 셔터 속도를 결정한다. 즉, 1차 육안으로 판단된 필터량으로 사진을 시험 인쇄 해 본 후 화질이 양호하면 최종 확대 인화하고 만일 화질이 불량하면 필터량을 재조정하여 다

시 인화한다. 이러한 과정을 보통 5 ~ 10회 반복하여 적절한 CMY 필터량과 셔터 속도를 얻게 된다. 따라서, 기존의 확대기에서는 사진 전문가가 수차례에 걸친 네거티브 필름의 CMY 농도치를 육안으로 측정하여 CMY 필터량을 반복 조정하여 시험인화를 반복함으로써 높은 인건비와 시간 지연, 과다한 재료비로 인해 사진 확대 시 원가의 상승을 초래한다. 이러한 문제점을 개선하기 위해서 기존의 확대기에 비디오 모니터링 기능을 추가하여 모니터를 보면서 CMY 필터량을 조정할 수 있는 장치의 개발이 요구되고 있다. 현재 확대기를 생산하는 국가는 전세계적으로 일본, 미국, 영국, 체코 등이고, 국내에서 필요한 확대기는 외국에서 전량 수입하고

* 한국항공대학교 전자·정보통신·컴퓨터공학부(jhbaek@mail.hankong.ac.kr)
접수번호: 00280-0721, 접수일자: 2000년 7월 21일

있다. 특히, 비디오 모니터링 기능이 있는 확대기는 전세계적으로 전무한 실정이다.

본 논문에서는 CCD 카메라를 이용하여 네거티브 필름을 촬영하고 그 네거티브 비디오 신호를 포지티브로 바꾸어 모니터에 디스플레이 함으로써 비디오 모니터링을 통해 최적의 화질로 확대 인화를 용이하게 할 수 있는 장치를 구현하였다. 즉, 기존의 확대기에 비디오 모니터링 기능을 부가하여 비전문가도 최종 확대 인화 시 고화질의 사진이 얻어질 수 있도록 모니터를 보면서 CMY 필터량을 미세 조정 할 수 있는 장치이다. 그리고, 은염 사진의 컬러 특성, CCD카메라의 컬러 특성 및 비디오 모니터의 컬러 특성 등이 서로 상이하여 비디오 모니터에 디스플레이 된 컬러와 실제 인화지에 노광하여 현상한 사진의 컬러가 서로 다르게 되는 현상은 표준 컬러 패치의 은염 사진을 제작한 후 각각의 컬러에 대해 인화지에 인화된 색과 모니터에 디스플레이 된 색의 두 색공간을 매칭시키는 색보정 알고리즘을 통해 해결하였다.

II. 컬러 모델

380nm에서 780nm의 범위의 파장으로 눈의 망막에 입사되는 스펙트럼을 가시파장이라고 하고 이 가시파장영역의 빛을 인지하는 결과를 컬러라고 한다^[1]. 우리가 육안으로 가시 광선 중에서 수십만 가지의 컬러를 구별할 수 있다고 하더라도 가시 스펙트럼은 수십만 가지의 서로 다른 컬러를 만들기 위해 조합될 수 있는 수백만 가지의 파장을 담고 있으므로 그것을 일상적인 언어로 규정하는 것은 불가능하다. 이렇게 우리는 언어로 명확하게 컬러를 정의할 수 없으므로 컬러를 체계적인 방법으로 조작하기 위해서 컬러를 객관적으로 표현할 수 있는 컬러 모델을 사용한다.

2.1 RGB 컬러 모델

RGB 컬러 모델은 빛의 삼원색인 Red, Green, Blue로 구성되며, 이들 컬러의 분광 요소들이 부가적으로 복합되어 결과적으로 컬러를 만들어 내는 가색 혼합 색체계이다. 즉, Red, Green, Blue의 3색광의 빛과 빛을 혼합하여 새로운 색을 재현하게 된다.

이 때, 혼합하는 빛의 혼합 강도에 따라 재현색이 변화하고 피혼색광이 증가함에 따라 백색광에 가까워지는 특성이 있다^[1]. RGB 컬러 모델은 그림 1과

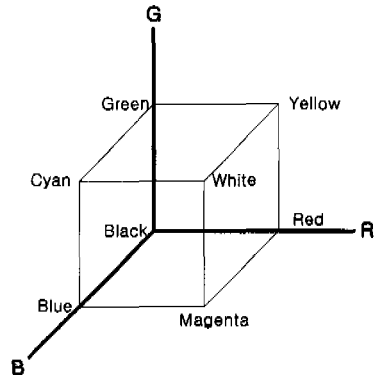


그림 1. RGB 컬러 모델

같이 각 축의 모서리가 Red, Green, Blue인 3차원 입방체로 표현된다. Black은 원점, White는 입방체의 반대쪽 끝에 위치하여 두 점을 잇는 선을 따라 명암도(Gray Scale)가 표현된다.

2.2 CMY 컬러 모델

CMY 컬러 공간은 Cyan, Magenta, Yellow로 구성된다. 이것은 RGB 컬러 공간과 반대의 공간이며, Cyan, Magenta, Yellow는 각각 Red, Green, Blue의 보색(Complement)관계를 가진다. Cyan, Magenta, Yellow는 감할 수 있는 원색으로 White로부터 감산되어 원하는 색을 만들어 내는 감색 혼합 색체계이다. 즉, 감색 혼합 색체계에서는 빛의 흡수 특성의 차이에 따라 컬러가 다르게 표현된다. 물체 특유의 흡수 특성에 따라 조명광에서 특정파장영역의 빛을 흡수하여 남은 파장역의 빛이 반사되어 물체 색이 된다^[2]. CMY 컬러 모델은 그림 2와 같이 RGB 컬러모델과 기본 모형은 동일하지만, Red, Green, Blue와 보색관계를 유지하면서 각 축의 모

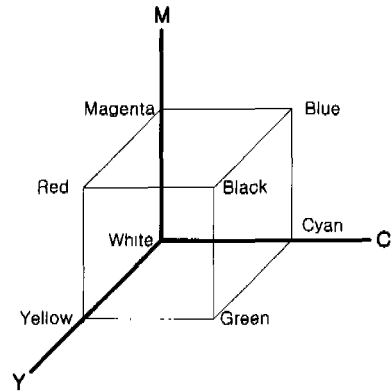


그림 2. CMY 컬러 모델

서리가 Cyan, Magenta, Yellow인 3차원 입방체로 표현된다. White는 원점, Black은 입방체에서 White의 반대 대각선 끝에 위치한다.

2.3 XYZ(Yxy) 컬러 모델

기기에 영향을 받지 않는 기기 독립적인 색공간의 필요성이 대두되면서, 1931년 XYZ(Yxy) 컬러 모델이 CIE(Commission Internationale de l'Éclairage : 국제조명위원회)에 의해 개발되었다^[3].

인간의 시신경에서 사람의 눈은 Red, Green, Blue의 삼원색에 대한 수용체인 ρ 세포, γ 세포, 그리고 β 세포를 가지고 있고, 이외의 모든 색은 이들 수용체 세포 자극의 합성으로 모든 색을 인지할 수 있다는 XYZ 삼자극치 이론을 바탕으로 가상의 이상적인 표준 관찰자를 정의하여 인간 시각의 컬러에 대한 반응 함수인 컬러-매칭 함수(Color-matching Function) $\bar{x}(\lambda)$, $\bar{y}(\lambda)$, 그리고 $\bar{z}(\lambda)$ 를 구하였다^[4]. XYZ 삼자극치는 컬러-매칭 함수를 이용하여 계산할 수 있다.

$$\begin{aligned} X &= K \int_{380}^{780} S(\lambda) \bar{x}(\lambda) R(\lambda) d\lambda \\ Y &= K \int_{380}^{780} S(\lambda) \bar{y}(\lambda) R(\lambda) d\lambda \\ Z &= K \int_{380}^{780} S(\lambda) \bar{z}(\lambda) R(\lambda) d\lambda \\ K &= \frac{100}{\int_{380}^{780} S(\lambda) \bar{y}(\lambda) d\lambda} \end{aligned} \quad (1)$$

식 (1)에서, $S(\lambda)$ 는 광원의 스펙트럼 전력 분포(Spectral Power Distribution), $\bar{x}(\lambda)$, $\bar{y}(\lambda)$, 그리고 $\bar{z}(\lambda)$ 는 컬러-매칭 함수, $R(\lambda)$ 는 물체의 스펙트럼 반사율(Spectral Reflectance)을 나타낸다.

CIE 국제조명위원회에서는 이들 XYZ 값을 컬러 모델로 표현하기 위해 컬러의 밝기 성분과 독립적인 2차원의 색공간을 정의하였다. 이를 XYZ(Yxy) 컬러 모델이라 한다. Yxy 컬러 모델에서 Y는 밝기 성분을 나타내고 XYZ 삼자극치에서의 Y와 동일한 값이다. 그리고 x와 y는 삼자극치 XYZ에서 계산한 컬러 성분으로 식 (2)로 구한다^[5].

$$\begin{aligned} x &= \frac{X}{X+Y+Z}, \quad y = \frac{Y}{X+Y+Z} \\ z &= \frac{Z}{X+Y+Z} = 1-x-y \end{aligned} \quad (2)$$

III. 시스템의 구현

기존의 사진 현상용 확대기는 고도로 숙달된 사진 전문가가 육안으로 네거티브 필름의 상태를 관찰하여 인화 시에 필요한 확대기의 CMY 필터량을 조정하여 후 시험 인화를 해서 그 결과를 살펴보고, 필터량을 재조정하여 다시 인화해 보는 과정을 5 ~ 10회 반복하는 단점을 가지고 있다. 이 과정에서 시간 지연, 인건비와 재료비의 상승으로 인해 사진 확대 시 원가의 상승이 초래된다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 사진 현상용 확대기의 출력 영상을 인화해 보기 전에 비디오 모니터를 통해 영상의 컬러를 미리 확인하여 확대기의 CMY 필터량을 반복 조정하는 횟수를 줄이고자 하는 것이 본 논문에서 구현한 시스템의 목표이다.

본 논문에서 구현한 비디오 모니터링 기능을 부가한 사진 현상용 확대기에는 확대기 렌즈와 CCD 카메라를 동시에 이용할 수 있도록 조명 아래쪽 위치에 슬라이드 형식의 트레이를 설치하였다. 이를 이용하면 CCD 카메라를 통해 비디오 모니터로 현재 사진의 인화 시 화질을 살펴 보면서 CMY 필터량을 조정할 수 있고, 올바르게 CMY 필터량을 조정하였다고 판단 될 경우 트레이를 이동시켜 확대기 렌즈를 통해 사진을 인화할 수 있게 된다. 이 때 인화된 사진과 비디오 모니터의 영상의 색이 서로 다르게 나타나는 현상이 발생하게 되는데, 이는 네거티브 필름의 영상을 모니터에 디스플레이 하기 위해서 거치게 되는 CCD 카메라, 프레임 그래버(Frame Grabber), 그리고 비디오 모니터의 컬러 특성을 반영하지 않았기 때문이다.

이 문제를 해결하기 위해서 각 매체 디바이스의 특성을 고려한 색보정 기능이 필요하다. 즉, 인화지에 인화된 사진의 컬러와 네거티브 필름을 CCD 카메라로 촬영하여 그 발전 신호를 모니터에 디스플레이 한 영상의 컬러를 정합 시키는 색보정 기능이 시스템에 추가되어야 한다. 이 때 은염 사진의 CMY 색공간과 비디오 모니터의 RGB 색공간을 정합 시키기 위해서는 측색기가 지원하는 공통의 색공간이 필요하게 되고 이를 위해 XYZ 색공간에서 색보정을 행하게 된다. 은염사진의 CMY 색공간과 XYZ 색공간의 변환은 측색기를 이용하여 쉽게 변환이 가능하고, 비디오 모니터의 RGB 색공간을 XYZ 색공간으로 변환하기 위해서 모니터 모델링 과정과 다항 회귀법을 이용한 컬러 모델 변환 과정

을 거치게 된다.이 색보정 기능은 PC상에서 동작하도록 구현하였다. 따라서 비디오 카메라를 이용한 사진 현상용 확대기는 사진 현상용 확대기, CCD 카메라, 네거/포지 컨버터(Nega/Posi Converter), 프레임 그래버, 그리고 모니터로 구성된다. 시스템 구성도를 그림 3에 나타낸다.

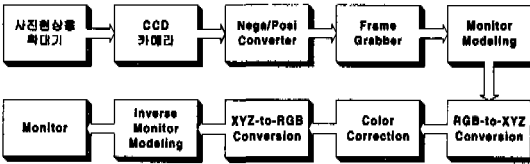


그림 3. 시스템 구성도

IV. 색 보정 처리

비디오 모니터에 필름의 영상을 디스플레이 하기 위해서 사진 현상용 확대기에 CCD 카메라를 장착하게 되는데, 이 과정에서 CCD 카메라와 비디오 모니터의 컬러 특성 때문에 모니터에 디스플레이 된 영상의 컬러와 필름을 인화한 은염 사진의 컬러가 서로 다르게 나타나는 문제점이 발생한다^{[6][7]}. 이것은 CCD 카메라의 영상을 비디오 모니터에 디스플레이 하기 전에 영상의 색보정 과정을 거치게 함으로써 해결이 가능하다. 본 논문에서는 색보정을 행하기 위한 공통의 색공간으로 국제 표준 컬러 모델인 XYZ 컬러 모델을 이용하였다

4.1 색 보정 전처리

비디오 모니터의 RGB 색공간을 색보정을 행하기 위한 XYZ 색공간으로 변환하기 위한 변환 행렬의 성능을 높이기 위해서 컬러 모델 변환의 전처리 과정으로 모니터 모델링을 삽입한다. 프레임 그래버에서 입력된 RGB 컬러 신호 값과 비디오 모니터의 출력 색차극치인 XYZ 간의 모니터 전달 함수를 통해 비디오 모니터 신호의 입출력 관계를 규정하기 위해서 RGB 비선형 특성, 즉 CRT γ 를 모델링한다^[8]. 모니터 전달 특성의 모델링은 입력 신호의 RGB값을 x , 이에 대응하는 출력 휘도값을 Y 라고 정의 할 때, 입력 명암도 RGB에 대한 출력 휘도의 비선형 파라미터 γ 를 사용하여 둘의 관계를 식 (3)으로 정의 할 수 있다.

$$Y = x^\gamma \tag{3}$$

본 논문에서 구현한 시스템에서 값을 구하기 위

해서 컴퓨터 그래픽으로 이상적인 6단계의 명암도 패치(Gray Scale Patch)를 만들고 이를 모니터에 출력한다. 디스플레이 된 영상의 컬러를 측색기로 측정하여 RGB에 대응하는 XYZ값을 획득한다. 이들 값에서 RGB값을 입력으로, XYZ의 값들 중 휘도 성분에 해당하는 Y값을 출력으로 정의하고 식에 대입하면 값을 얻을 수 있다. 이렇게 구한 값을 이용하여 시스템으로 입력되는 모든 RGB 값을 모니터 전달특성의 모델링화 할 수 있다. 즉, PC로 입력되어 모니터에 디스플레이 된 영상의 RGB값과 모니터 영상의 컬러를 측색한 XYZ값이 선형적 관계를 가지게 된다.

모니터 모델링을 통해 선형적으로 변환한 RGB값을 XYZ로 변환하기 위해서 식 (4)의 행렬식을 이용한다. 이 행렬식의 계수 값들은 다항 회귀법을 사용하여 구한다.

$$\begin{bmatrix} X_i \\ Y_i \\ Z_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{x1} & a_{x2} & a_{x3} \\ a_{y1} & a_{y2} & a_{y3} \\ a_{z1} & a_{z2} & a_{z3} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R_i \\ G_i \\ B_i \end{bmatrix} \tag{4}$$

변환 행렬은 색보정 행렬과 동일한 과정을 통해 구현되므로 자세한 구현 과정은 다음 절에서 설명하기로 한다.

4.2 색 보정 처리

모니터의 RGB값에서 XYZ값으로 변환된 값을 이용하여 색보정을 행하게 된다. 이 때 색보정을 행하기 위해 다항 회귀법을 이용한다. 다항 회귀법은 컬러 공간 사이의 상관이 연립 방정식의 집합에 의해 근사화 되어 질 수 있다는 가정에 기초를 두고 색의 변환 과정을 블랙 박스(Black Box)의 입력 대 출력의 상관관계로 설명하는 실험적 방법이다^[9]. 다항 회귀법의 개념도를 그림 4에 나타낸다.

먼저 입력 색공간의 샘플 점을 선택하고 이 때의

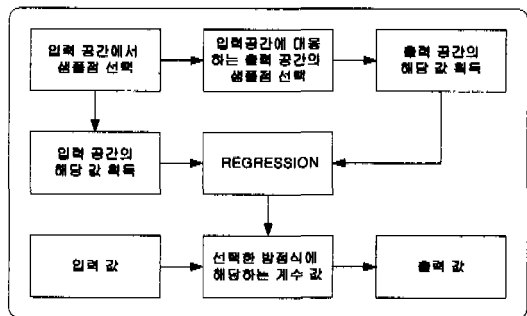


그림 4. 다항 회귀법의 개념도

해당 값을 획득한다. 이 입력 공간에 대응하는 출력 공간의 샘플 점과 해당 값을 얻는다. 입력 공간의 해당 값과 출력 공간의 해당 값으로 다항 회귀를 행하여 방정식의 계수 값을 구한다. 이 계수 값을 이용하면 하나의 행렬식을 구할 수 있고, 이 행렬식을 매개로 하여 샘플 값 이외의 입력 값에 대해서도 출력 값을 구할 수가 있게 된다. 다항 회귀라는 것은 m변수의 다차원 선형 회귀(Multiple Linear Regression)의 특별한 경우이다. 여기서 m은 독립변수의 개수보다 큰 수이다. m변수의 선형 회귀의 일반적인 접근방법은 식 (5)로 정의된다.

$$P_i = a_1 v_{i1} + a_2 v_{i2} + \dots + a_m v_{im} \quad (5)$$

XYZ 컬러 모델을 예로 들어보면, 3개의 독립 변수 X, Y, Z를 가지는 다항 회귀의 경우 식 (6)와 같다.

$$\begin{aligned} v_1 &= X \quad v_2 = Y \quad v_3 = Z \\ v_4 &= XY \quad v_5 = YZ \quad v_6 = ZX \\ v_7 &= X^2 \quad v_8 = Y^2 \quad v_9 = Z^2 \text{ etc.} \end{aligned} \quad (6)$$

계수 값 a는 식 (7)로 구할 수 있다.

$$a = (V V^T)^{-1} (V P) \quad (7)$$

입력으로 n집합을 가지는 V가 m×n 크기의 행렬이고, 이 때 m은 다항식에서 항의 수라 할 때, V^T는 V의 전치행렬(Transpose Matrix)로 V행렬의 행과 열을 바꾸어서 구할 수 있다. 따라서, 그 크기는 n×m이 되고, V V^T는 m×m 대칭행렬이 된다.

본 연구에서는 24개의 데이터 집합을 가지는 3항 방정식을 이용하였고, 식 (8)과 같다.

$$P(X, Y, Z) = a_1 X + a_2 Y + a_3 Z \quad (8)$$

식 (8)을 이용하기 위해 입력 색공간과 출력 색공간의 해당 값을 획득하였다. 여기서 입력 색공간은 모니터 모델링 과정을 거친 RGB값에서 변환한 XYZ의 값이고, 출력 색공간은 은염사진을 측색기로 측정하여 얻은 XYZ 값이 된다. 입력 및 출력 색공간의 해당 데이터 값을 표 1에 나타낸다. 그리고, 입력 색공간의 해당 값을 행렬 V, 출력 색공간의 해당 값을 행렬 P, 구하고자 하는 방정식의 계수 값을 행렬 a라 할 때, 행렬 V, V의 전치행

렬 V^T 그리고 행렬 P는 각각 식 (9), (10), (11)과 같다.

$$V = \begin{bmatrix} X_{a1} & X_{a2} & X_{a3} & \dots & \dots & X_{a24} \\ Y_{a1} & Y_{a2} & Y_{a3} & \dots & \dots & Y_{a24} \\ Z_{a1} & Z_{a2} & Z_{a3} & \dots & \dots & Z_{a24} \end{bmatrix} \quad (9)$$

$$V^T = \begin{bmatrix} X_{a1} & Y_{a1} & Z_{a1} \\ X_{a2} & Y_{a2} & Z_{a2} \\ X_{a3} & Y_{a3} & Z_{a3} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ X_{a24} & Y_{a24} & Z_{a24} \end{bmatrix} \quad (10)$$

표 1. 입력 및 출력 색공간의 해당 데이터 값

입력 색공간	출력 색공간
X ₁₁ , Y ₁₁ , Z ₁₁	X ₀₁ , Y ₀₁ , Z ₀₁
X ₁₂ , Y ₁₂ , Z ₁₂	X ₀₂ , Y ₀₂ , Z ₀₂
X ₁₃ , Y ₁₃ , Z ₁₃	X ₀₃ , Y ₀₃ , Z ₀₃
⋮	⋮
⋮	⋮
X ₁₂₄ , Y ₁₂₄ , Z ₁₂₄	X ₀₂₄ , Y ₀₂₄ , Z ₀₂₄

$$P = \begin{bmatrix} k_{a1} \\ k_{a2} \\ k_{a3} \\ \vdots \\ k_{a24} \end{bmatrix} \quad k = X, Y, Z \quad (11)$$

(x_i, y_i, z_i)를 i번째 점의 입력 변수라고 할 때, V V^T는 3×3 대칭행렬이고 식 (12)와 같다.

$$V V^T = \begin{bmatrix} \sum x_i^2 & \sum x_i y_i & \sum x_i z_i \\ \sum x_i y_i & \sum y_i^2 & \sum y_i z_i \\ \sum x_i z_i & \sum y_i z_i & \sum z_i^2 \end{bmatrix} \quad (12)$$

여기서 i는 1에서 24까지 변하고, 합은 모든 24점을 더한다. V와 P의 곱은 식 (13)으로 표현된다.

$$\begin{aligned} V \cdot P &= \begin{bmatrix} X_{a1} & X_{a2} & X_{a3} & \dots & \dots & X_{a24} \\ Y_{a1} & Y_{a2} & Y_{a3} & \dots & \dots & Y_{a24} \\ Z_{a1} & Z_{a2} & Z_{a3} & \dots & \dots & Z_{a24} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} k_{a1} \\ k_{a2} \\ k_{a3} \\ \vdots \\ k_{a24} \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} \sum x_i k_{ai} \\ \sum y_i k_{ai} \\ \sum z_i k_{ai} \end{bmatrix} \end{aligned} \quad (13)$$

여기서, k = X, Y, Z 이다.

구하고자 하는 방정식의 계수 값 행렬 a는 식을 통해 구할 수 있다. k의 위치에 출력 색공간의 X,

Y, Z 값을 차례로 대입하여 행렬식을 풀면 식 (14)와 같이 세 개의 방정식을 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} X_o &= a_{x1} X_i + a_{x2} Y_i + a_{x3} Z_i \\ Y_o &= a_{y1} X_i + a_{y2} Y_i + a_{y3} Z_i \\ Z_o &= a_{z1} X_i + a_{z2} Y_i + a_{z3} Z_i \end{aligned} \quad (14)$$

식 (14)의 방정식을 행렬식으로 표현하면, 식 (15)로 표현된다.

$$\begin{bmatrix} X_o \\ Y_o \\ Z_o \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{x1} & a_{x2} & a_{x3} \\ a_{y1} & a_{y2} & a_{y3} \\ a_{z1} & a_{z2} & a_{z3} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_i \\ Y_i \\ Z_i \end{bmatrix} = A \begin{bmatrix} X_i \\ Y_i \\ Z_i \end{bmatrix} \quad (15)$$

식 (15)에서 방정식의 계수값들을 원소로 하는 행렬식 A를 통해서 입력 색공간을 출력 색공간으로 정합시킬 수 있다.

4.3 색 보정 후처리

색보정 행렬식을 이용하여 색보정을 행한 후 그 결과 영상을 비디오 모니터에 디스플레이 하기 위해서 색보정 색공간인 XYZ 컬러 모델에서 비디오 모니터의 색공간인 RGB 컬러 모델로 변환해야 한다. 이를 위해, 컬러 모델 역변환 과정과 역-비디오 모니터링 과정이 필요하다. RGB 색공간으로 변환시키기 위한 XYZ-RGB 변환 행렬은 RGB-XYZ 변환 행렬의 역행렬 계수값을 이용하고, 이 때 입력 색공간을 색보정 후 XYZ 값으로 정의하여 출력 RGB 색공간의 컬러값을 구하게 된다. RGB-XYZ 변환 행렬을 F 라고 할 때, XYZ- RGB 변환 행렬은 식 (16)과 같다.

$$\begin{bmatrix} R_o \\ G_o \\ B_o \end{bmatrix} = F^{-1} \begin{bmatrix} X_o \\ Y_o \\ Z_o \end{bmatrix} \quad (16)$$

식 (16)의 행렬식을 통해서 구한 RGB 값은 선형화 된 데이터이므로 이를 모니터의 특성에 부합하도록 출력 RGB 값에 역-모니터 모델링 과정을 취해주어야 한다. 이 때의 값은 RGB 값을 선형화시키기 위한 값의 역수가 되고 식 (17)로 정의된다.

$$Y = x^{r^{-1}} = x^{\frac{1}{r}} \quad (17)$$

식 (17)에서 x는 색보정 후 RGB 컬러 모델로 변환된 RGB 값을, Y 는 이에 대응하는 모니터의 출력 휘도값을 나타낸다.

V. 시스템 성능 평가

본 논문에서 구현한 시스템의 색보정 성능의 실험을 위한 영상으로는 Macbeth Color Checker 24 컬러 패치를 이용해 35mm 네거티브 필름을 만들고 이것을 5×7 크기의 인화지에 인화한 은염 사진을 제작하고 네거티브 필름의 반전 영상을 입력 영상으로, 5×7 인화지에 인화한 은염사진을 출력 영상으로 색공간을 정의한다.

그림 5는 실험 영상으로 이용한 컬러 패치이다. No.1부터 No.24의 사각형 자리에 각각의 컬러가 위치해 있다. 각각의 컬러 이름과 XYZ 컬러값을 표 2로 정리하였다.

표 2. 실험 영상의 은염 사진 XYZ 컬러값

Name \ XYZ값	X	Y	Z
No.1 dark skin	20.13	17.22	10.92
No.2 light skin	42.86	40.48	33.98
No.3 blue sky	20.35	21.99	31.98
No.4 foliage	13.45	16.47	8.24
No.5 blue flower	27.18	26.6	36.83
No.6 bluish green	28.02	34.34	40.83
No.7 orange	37.06	32.89	8.83
No.8 purplish blue	9.94	10.27	25.03
No.9 moderate red	25.04	17.23	13.42
No.10 purple	7.52	5.66	12.15
No.11 yellow green	30.95	33.89	8.26
No.12 orange yellow	39.48	38.00	8.48
No.13 blue	5.34	4.62	17.32
No.14 green	12.36	17.85	8.73
No.15 red	17.87	10.52	3.76
No.16 yellow	41.12	40.47	7.78
No.17 magenta	22.89	15.16	18.68
No.18 cyan	9.20	12.38	23.67
No.19 white	55.88	58.57	53.57
No.20 neutral 8	44.79	46.55	44.69
No.21 neutral 6.5	32.33	33.00	32.49
No.22 neutral 5	18.09	18.80	18.81
No.23 neutral 3.5	5.83	6.28	7.57
No.24 black	1.68	1.71	2.11

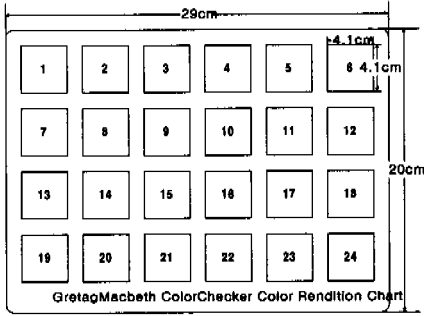


그림 5. 실험 영상

5.1 색 보정 전 컬러 오차값 측정

모니터의 White Balance를 설정한 후에, CCD 카메라를 통하여 모니터에 디스플레이 된 영상의 컬러가 실험 영상으로 제작한 은염 사진의 컬러와 가장 비슷하도록 확대기의 Cyan, Magenta, Yellow 각각의 필터 값, 프레임 그래버의 Hue, Saturation, Contrast, Brightness 값을 조정하였다. 이 때 각각의 값들을 CMY=(0, 70, 90), HSCB=(0, 254, 254, 100)으로 설정하였을 때 측정기의 컬러 측정 결과, 비디오 모니터 영상의 컬러와 은염 사진의 컬러가 가장 근사하였다. 따라서, CMY 필터량을 CMY=(0, 70, 90)로 설정하였을 때 인화지에 인화된 은염 사진을 표준 실험 영상이 된다. 모니터에 디스플레이 된 실험 영상의 24개 컬러, 즉 색보정을 거치지 않은 XYZ 컬러 데이터 값을 측정기로 측정한 결과가 표 3이다.

표 2와 표 3의 데이터를 비교해 보면 X, Y, Z 각각의 값들에서 오차를 확인할 수 있다. 즉, 모니터에 디스플레이 된 영상의 컬러와 동일한 영상을 인화한 은염 사진의 컬러가 일치하지 않는 현상이 발생한 것이다. 본 논문에서 컬러 오차값은 X, Y, Z 각각에 대한 오차값의 합의 평균으로 전체 오차 값을 정의하고 식 (18)로 표현된다.

$$\Delta E = \frac{1}{3N} \sum_{k=X,Y,Z} \sum_{n=1}^N |k_{ph} - k_i|, \quad k=X, Y, Z \quad (18)$$

위 식에서 k_{ph} 는 은염 사진(Photograph)의 X, Y, Z 값이 되고, k_i 는 색보정 처리를 거치지 않고 모니터에 디스플레이된 영상의 X, Y, Z 측정값이 입력된다. 실험 영상의 컬러 개수가 24개이므로 N은 24가 된다. 24개 전체 컬러에 대한 각각의 오차 값과 전체 평균 오차값은 다음의 표 4와 같다.

표 3. 색보정 처리를 거치기 전 영상의 XYZ 컬러 측정값

XYZ값 Name	X	Y	Z
No.1 dark skin	13.55	9.65	3.88
No.2 light skin	31.55	31.71	28.30
No.3 blue sky	18.17	19.30	35.10
No.4 foliage	14.41	17.54	3.75
No.5 blue flower	23.67	23.09	44.11
No.6 bluish green	37.69	42.77	45.71
No.7 orange	34.37	30.96	5.21
No.8 purplish blue	12.19	9.62	43.08
No.9 moderate red	17.61	11.30	10.36
No.10 purple	8.47	4.88	28.18
No.11 yellow green	39.39	45.14	10.19
No.12 orange yellow	40.97	43.08	11.34
No.13 blue	11.40	6.67	51.62
No.14 green	24.02	30.34	7.34
No.15 red	18.80	10.34	2.82
No.16 yellow	43.52	47.24	9.24
No.17 magenta	20.33	13.18	36.87
No.18 cyan	20.50	23.42	38.00
No.19 white	57.26	59.50	60.44
No.20 neutral 8	44.02	45.28	49.16
No.21 neutral 6.5	32.50	32.28	34.49
No.22 neutral 5	21.19	21.11	24.54
No.23 neutral 3.5	9.44	8.03	9.63
No.24 black	3.82	2.57	2.63

5.2 데이터 집합의 구성

CMY=(0, 70, 90)을 기준으로 하여, CMY 값을 변화 시켜가면서 5개의 데이터를 만들었다. 즉, CMY 필터량에 따른 측정기 측정치와 각각의 경우에 해당하는 은염 사진으로 구성되는 총 6개의 데이터 집합을 구성하였다. Cyan, Magenta, Yellow 각각의 필터량을 증가 시키면 이에 대응하는 보색 성분인 Red, Green, Blue 성분이 증가하여 은염 사진에 나타나게 된다.

그림 6에서 네거티브 필름의 영상에 Yellow 필터량을 증가 시켜 인화한 은염 사진은 Yellow 성분이 감소해서 나타난다. Yellow 성분이 감소했기 때문에 상대적으로 Cyan과 Magenta 성분이 증가하여 나타나게 되고, 이를 가색 혼합 색채계 측면에서 보면, Blue 성분이 증가한 영상으로 나타나게 된다. 이 때 역시 상대적으로 Red와 Green 성분이 감소

한 영상이 된다. 네거티브 필름 영상에 Magenta 필터량을 증가시킨 후 이를 인화해 보면, 반대로 Magenta 성분이 감소하게 되고, 상대적으로 Cyan과 Yellow 성분이 증가하게 된다. 가색 혼합 색체계의 측면에서는 Green 성분이 증가하고 Red와 Blue 성분이 감소한 영상이 된다. Yellow의 필터량과 Magenta의 필터량을 감소시켰을 경우에는 각각 앞에서 설명한 과정의 반대로 결과가 나타나게 된다. 따라서, CMY=(0, 70, 100)의 영상은 표준 은염 사진에 비해서 Blue 성분이, CMY=(0, 70, 80)의 경우 Yellow 성분이, CMY=(0, 80, 90)의 경우 Green 성분이, CMY=(0, 60, 90)의 경우 Magenta 성분이 강하게 나타나는 은염 사진이 된다. 마지막으로 CMY=(90, 55, 52)의 영상의 은염 사진은 Cyan 필터량이 매우 많으므로 결과적으로 붉은 영

상의 은염 사진이 된다. 데이터 집합을 구성한 후 각각의 데이터들에 대하여 위의 CMY=(0, 70, 90)의 데이터와 동일한 과정을 적용하여 색보정을 거치지 않고 모니터에 디스플레이 된 영상과 은염 사진과의 컬러 오차값은 6개의 데이터 집합에 다음의 표 5와 같다.

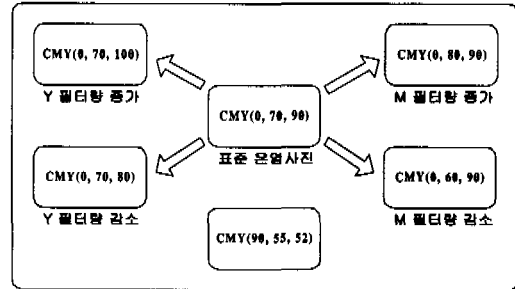


그림 6. 데이터 집합의 구성도

표 4. 은염 사진과 색보정 처리를 거치기 전 영상의 컬러 오차값

Name	XYZ값		
	X오차값	Y오차값	Z오차값
No.1 dark skin	6.58	7.57	7.04
No.2 light skin	11.13	8.77	5.68
No.3 blue sky	2.18	2.69	3.22
No.4 foliage	0.96	1.07	4.49
No.5 blue flower	3.51	3.51	7.28
No.6 bluish green	9.67	8.43	4.88
No.7 orange	2.69	1.93	3.62
No.8 purplish blue	2.25	0.65	18.05
No.9 moderate red	7.43	5.93	3.06
No.10 purple	0.95	0.78	16.03
No.11 yellow green	8.44	11.25	1.93
No.12 orange yellow	1.49	5.08	2.86
No.13 blue	6.06	2.05	34.30
No.14 green	11.66	12.49	1.39
No.15 red	0.93	0.18	0.94
No.16 yellow	2.40	6.77	1.46
No.17 magenta	2.56	1.98	18.19
No.18 cyan	11.30	11.04	14.33
No.19 white	1.38	0.93	6.87
No.20 neutral 8	0.77	1.27	4.47
No.21 neutral 6.5	0.17	0.14	2.00
No.22 neutral 5	3.10	2.31	5.73
No.23 neutral 3.5	3.61	1.75	2.06
No.24 black	2.14	0.86	0.52
XYZ 전체 평균 오차	X 평균오차	Y 평균오차	Z 평균오차
5.1832	4.3067	4.1429	7.1000

표 5. 색보정 처리전 영상에서의 컬러 오차값

CMY 필터량	(0,60,90)	(0,70,80)	(0,70,90)
오차값	7.3136	5.3757	5.1832
CMY 필터량	(0,70,100)	(0,80,90)	(90,55,52)
오차값	7.0418	5.5826	7.7292

표 5의 결과를 살펴보면, CMY 필터량에 따라 CMY=(0,70,90)일 때, 최소 5.1832에서 CMY=(90, 55,52)일 때, 최고 7.7292까지의 오차값을 보였다.

5.3 색 보정 성능 평가

RGB값을 선형화 시키기 위한 γ 값은 $\gamma=2.8369$ 로 모니터 모델링 함수는 식 (19)가 된다.

$$Y = x^{2.8369} \tag{19}$$

선형화 된 RGB 색공간을 색보정하기 위해 XYZ 색공간으로 변환시키기 위한 RGB- XYZ 변환 행렬을 다항 회귀법으로 구하면 식 (20)과 같다.

$$\begin{bmatrix} X_i \\ Y_i \\ Z_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.4681 & 0.3790 & 0.1768 \\ 0.2463 & 0.7217 & 0.0899 \\ 0.0272 & 0.1166 & 0.8776 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R_i \\ G_i \\ B_i \end{bmatrix} \tag{20}$$

식 (20)을 통해 RGB 색공간에서 XYZ 색공간으로 변환된 데이터를 입력 데이터로, 표준 은염 사진의 XYZ 색공간을 출력 데이터로 정의하고, 색보정 행렬을 다항 회귀법으로 구하면 식 (21)의 행렬식을

구할 수 있다.

$$\begin{bmatrix} X_o \\ Y_o \\ Z_o \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1.5173 & -0.5726 & -0.0497 \\ 0.5934 & 0.2949 & 0.0074 \\ 0.0272 & 0.1166 & 0.8776 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_i \\ Y_i \\ Z_i \end{bmatrix} \quad (21)$$

식 (21)의 색보정 행렬식을 통해서 색보정을 행한 후 이 데이터를 모니터에 디스플레이 하기 위해서 다시 RGB 색공간으로 변환해야 한다. RGB 색공간으로 변환시키기 위한 XYZ-RGB 변환 행렬은 RGB-XYZ 변환 행렬의 역행렬 계수값을 이용하며 식 (22)가 된다.

$$\begin{bmatrix} R_o \\ G_o \\ B_o \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2.9356 & -1.4704 & -0.0497 \\ -1.0072 & 1.9134 & 0.0069 \\ 0.0428 & -0.2086 & 1.1522 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_i \\ Y_i \\ Z_i \end{bmatrix} \quad (22)$$

식 (22)의 행렬식을 통해서 구한 RGB 값은 선형화 된 데이터이므로 이를 모니터의 특성에 부합하도록 식 (22)의 출력 RGB값에 역모니터 모델링 과정을 취해줘야 한다. 이 때의 γ 값은 RGB값을 선형화 시키기 위한 γ 값 $\gamma=2.8369$ 의 역수가 된다. 즉, $\gamma^{-1}=1/2.8369=0.3525$ 이 되어 역모니터 모델링 함수는 식 (23)이 된다.

$$Y = x^{0.3525} \quad (23)$$

위의 과정을 모두 마친 후 RGB의 값이 원래의 범위인 0 ~ 255사이의 값을 가지도록 하여 모니터에 디스플레이 하면 색보정이 된 영상이 모니터에 나타나게 된다. 모니터에 출력된 영상의 24개 컬러를 측색기로 측정한 결과, 즉 색보정을 행한 후 XYZ의 값을 표 6에 나타내었다.

표 6의 색보정 처리를 거친 영상의 XYZ 컬러값과 표 2의 XYZ 컬러값의 유사도를 측정하기 위해서 컬러 오차식을 이용하였다. 식 (18)과 동일한 방법으로 X, Y, Z 각각에 대한 오차값의 합의 평균으로 전체 오차값을 정의하고 식 (24)과 같이 표현된다.

$$\Delta E = \frac{1}{3N} \sum_{k=X,Y,Z} \sum_{n=1}^N |k_{pk} - k_o| \quad (24)$$

식 (24)에서 k_{pk} 는 은염 사진의 X, Y, Z 값, 즉 표 2의 값이 되고, k_o 은 색보정 처리를 거친 후 모니터에 디스플레이된 영상의 X, Y, Z 측색값, 즉 표 6의 값이 입력된다. 실험 영상의 컬러 개수가 24

표 6. 색보정 처리를 거친 영상의 XYZ 컬러 측색값

XYZ값	X	Y	Z
No.1 dark skin	16.9	12.74	3.93
No.2 light skin	30.94	31.06	24.3
No.3 blue sky	16.74	18.64	26.51
No.4 foliage	13.52	15.95	6.21
No.5 blue flower	23.70	24.55	32.55
No.6 bluish green	33.78	38.71	39.31
No.7 orange	34.34	30.72	7.68
No.8 purplish blue	12.05	11.94	29.64
No.9 moderate red	21.21	15.73	8.38
No.10 purple	10.72	8.23	20.62
No.11 yellow green	36.44	40.70	17.12
No.12 orange yellow	37.69	39.03	16.12
No.13 blue	10.76	9.15	31.15
No.14 green	20.74	25.92	11.66
No.15 red	22.33	14.09	2.06
No.16 yellow	38.56	41.05	15.03
No.17 magenta	23.58	18.89	24.90
No.18 cyan	18.34	22.63	30.65
No.19 white	47.84	50.08	43.34
No.20 netural 8	39.27	41.33	38.83
No.21 netural 6.5	30.87	31.54	28.85
No.22 netural 5	22.32	22.44	20.85
No.23 netural 3.5	11.34	10.53	9.29
No.24 black	5.40	3.96	2.25

개 이므로 N은 24가 된다. 24개 전체 컬러에 대한 각각의 오차값과 전체 평균 오차값은 다음의 표 7과 같다.

표 4와 7의 결과를 비교해서 살펴보면 색보정 과정을 거치지 않고 모니터에 디스플레이된 영상의 경우 은염 사진의 컬러값과 X는 4.3067, Y는 4.1429, Z는 7.100, 그리고 XYZ 평균 5.1832의 오차값을 보였는데, 색보정 과정을 거친 후 모니터에 디스플레이된 영상은 은염 사진의 컬러값과 X는 4.4308, Y는 3.9991, Z는 5.3408, 그리고 XYZ 평균 4.5903의 오차를 보여서 색보정을 통해 컬러 오차값이 줄어 들었다는 사실을 확인할 수 있었다. 표준 CMY 필터값에서 계산한 γ 값과 inverse- γ 값, RGB - to - XYZ 컬러 변환 행렬과 XYZ - to -RGB 컬러 변환 행렬, 그리고 색보정 행렬값을 이용하여 나머지 5개의 데이터 집합에 적용한 결과 6개의 데이터 집합 모두 오차값이 감소함을 확인하였다. 6개의 데이터 집합에 대해서 색보정 처리를

거친 후 모니터에 디스플레이된 영상과 은염 사진과의 컬러 오차값은 표 8과 같다.

표 7. 은염사진과 색보정 처리를 거친 영상의 컬러 오차값

Name	XYZ값		
	X오차값	Y오차값	Z오차값
No.1 dark skin	3.23	4.48	6.99
No.2 light skin	11.92	9.42	9.68
No.3 blue sky	3.61	3.35	5.37
No.4 foliage	0.07	0.52	2.03
No.5 blue flower	3.48	2.05	4.28
No.6 bluish green	5.76	4.37	1.52
No.7 orange	2.72	2.17	1.15
No.8 purplish blue	2.11	1.67	4.61
No.9 moderate red	3.83	1.50	5.04
No.10 purple	3.20	2.57	8.47
No.11 yellow green	5.49	6.81	8.86
No.12 orange yellow	1.79	1.03	7.64
No.13 blue	5.42	4.53	13.83
No.14 green	8.38	8.07	2.93
No.15 red	4.46	3.57	1.70
No.16 yellow	2.56	0.58	7.25
No.17 magenta	0.69	3.73	6.22
No.18 cyan	9.14	10.25	6.98
No.19 white	8.04	8.49	10.23
No.20 netural 8	5.52	5.22	5.86
No.21 netural 6.5	1.46	1.46	3.64
No.22 netural 5	4.23	3.64	2.04
No.23 netural 3.5	5.51	4.25	1.72
No.24 black	3.72	2.25	0.14
XYZ 전체 평균 오차	X 평균오차	Y 평균오차	Z 평균오차
4.5903	4.4308	3.9992	5.3408

표 8. 색보정 처리후 영상에서의 오차값

CMY 필터량	(0,60,90)	(0,70,80)	(0,70,90)
오차값	4.5117	4.0099	4.5903
CMY 필터량	(0,70,100)	(0,80,90)	(90,55,52)
오차값	5.8018	5.4888	6.3468

표 8의 결과를 살펴보면 CMY 필터량에 따라 CMY=(0, 70, 80) 일 때, 최소 4.0099에서 CMY=(90, 55, 52) 일 때, 최고 6.3468까지의 오차값을 보여 표 5와 비교해 볼 때 6개의 데이터 집합 모두 오차값이 줄어들었음을 확인할 수 있었다.

표 9로부터, 표준 CMY 필터값, CMY=(0, 70, 90)의 표준 은염사진에 대해서 유도한 모니터 γ 값과 $inverse-\gamma$ 값, 변환과 역변환 행렬, 그리고 색보정 행렬을 나머지 데이터 집합에 적용했을 경우, 표준 CMY 필터량과 마찬가지로 오차가 감소함으로 보아 CMY 필터 변환 관계의 선형성을 확인할 수 있었다.

표 9. 색보정 전과 후의 컬러 오차값 비교

CMY 필터량	(0,60,90)	(0,70,80)	(0,70,90)
색보정전 오차값	7.3136	5.3757	5.1832
색보정후 오차값	4.5117	4.0099	4.5903
CMY 필터량	(0,70,100)	(0,80,90)	(90,55,52)
색보정전 오차값	7.0418	5.5826	7.7292
색보정후 오차값	5.8018	5.4888	6.3468

VI. 결론

본 논문에서 구현한 비디오 모니터를 이용한 사진 현상용 확대기는 사진을 인화해 보기 전에 비디오 모니터를 통해 사진의 컬러를 미리 확인하여 확대기의 CMY 필터량을 반복 조정하는 횟수를 줄여 기존의 확대기가 가지고 있던 문제점을 해결했다. 이 때 가장 큰 문제는 CMY 필터량을 조정하면서 그 결과가 비디오 모니터에 디스플레이 될 때 모니터 영상의 컬러와 이를 인화한 은염 사진의 컬러가 차이가 난다는 것이었는데, 이는 본 논문에서 구현한 시스템에 색보정 알고리즘을 부가하여 문제를 해결하였다.

본 논문에서 제안하고 구현한 비디오 모니터를 이용한 사진 현상용 확대기 시스템은 기존의 확대기에 필터, CCD카메라, 컨버터, 프레임 그레버, 비디오 모니터 등을 부가하여 네거티브 필름을 비디오 모니터에 포지티브 영상으로 디스플레이 하고 이 때, 모니터의 영상과 은염 사진의 영상의 컬러가 다르게 나타나는 현상을 색보정 처리로 해결하였다. 색보정을 행하기 위해서 비디오 모니터의 RGB 색공간을 색보정을 행하기 위한 색공간인 XYZ 색공간으로 변환하기 위해 RGB-XYZ 컬러 모델 변환 과정과 컬러 모델 변환에서 정확도를 높이기 위한 모니터 모델링 과정이 필요하였다.

색보정은 표준 컬러 패치를 이용하여 은염 사진을 제작한 다음 각각의 컬러에 대해 인화지에 인화된 색과 모니터에 디스플레이 된 색을 데이터화 한

후 두 색공간을 정합 시키기 위해서 다항 회귀법을 이용하여 3×3 변환행렬을 구하여 색보정 하였다. 그 결과 색보정을 행하기 전 최고 7.7292, 최소 5.1832, 평균 6.3710의 오차값이 색보정을 행하고 나서, 최고 6.3468, 최소 4.0099, 평균 5.1249로 감소되었다.

결론적으로, 네거티브 필름을 사진 현상용 확대기에 삽입하고 확대기의 조명으로부터 투과된 필름의 상을 CCD 카메라로 촬영하여 그 신호를 네거/포지티브에서 포지티브 영상 신호로 변환시킨 후, 변환된 신호가 색보정 과정을 거쳐 비디오 모니터에 디스플레이 되었을 때 영상의 컬러와 필름의 상을 렌즈를 통해 확대하고 그 확대된 상을 인화지에 인화하였을 때 은염 사진의 컬러가 근사함을 확인할 수 있었다. 표준 은염 사진 뿐만 아니라 CMY 필터량을 조정한 후 디스플레이 되는 모니터 영상의 컬러도 마찬가지로 은염 사진의 컬러와 유사함을 확인하였다.

참 고 문 헌

[1] Charles A. Poynton, "A Guided Tour of Color Space", Proc.SMPTE Advanced Television and Electronic Imaging Conference, pp. 167-180, 1995.

[2] Randy Crade, "A Simplified approach to Image Processing", Prentice-Hall, pp. 18-29, 1997.

[3] Mark D. Fairchild, "Color Appearance Models", Addison Wesley, pp. 339-366, 1998.

[4] Arun N. Netravali and Barry G. Haskell, "Digital Pictures Representation, Compression and Standards", Plenum, pp. 57-63, 1995.

[5] Rafael C. Gonzales and Richard E. Woods, "Digital Image Processing", Addison Wesley, pp. 225-237, 1993.

[6] Charles A. Poynton, "Gamma and its Disguises : The Nonlinear Mappings of Intensity in Perception, CRTs, Film and Video", SMPTE Journal, pp. 1099-1108, 1993 .

[7] Charles A. Poynton, "Wide Gamut Device-Independent Colour Image Interchange", Proc. the International Broadcasting Convention, pp. 218-222, 1994.

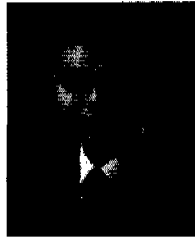
[8] Jimenez JR, Reche JF, Diaz JA, del BarcoLJ and Hita E, "Optimization of color reproduc-

tion on CRT-color monitors", Color Research & Application Vol. 24, No. 3, pp. 207-213, 1999.

[9] Henry R. Kang, "Color Technology For Electronic Imaging Device", SPIE Optical Engineering Press, pp. 55-62, 1997.

이 장 원(Jang-Won Lee)

정희원



1997년 2월 : 한국항공대학교
항공통신정보공학과
졸업

2000년 2월 : 한국항공대학교
항공통신정보공학과
석사

2000년 3월~현재 : 유니모 테크놀로지(주) 연구원
<주관심 분야> 영상처리, 영상압축

백 중 환(Joong-Hwan Baek)

정희원



1981년 2월 : 한국항공대학교
항공통신공학과 졸업

1987년 7월 : Oklahoma St.
Univ. 전자공학과 석사

1991년 7월 : Oklahoma St.
Univ. 전자공학과 박사

1992년 3월~현재 : 한국항공대학교 전자·정보통신
·컴퓨터공학부 교수

<주관심 분야> 컴퓨터비전, 영상처리, 패턴인식, 영
상압축