

전자사진용 화상시스템의 화상개선 알고리즘

박용주, 김지홍

부경대학교 공과대학 화상정보공학부

(2002년 1월 26일 접수, 2002년 2월 16일 최종본 접수)

Image Enhancement Algorithm in Imaging Systems for Electronic Photography

Yong-Joo Park, Jee-Hong Kim

Division of Image & Information, College of Engineering, Pukyong National University

(Received 26 January 2002, in final form 16 February 2002)

Abstract

A study on electronic imaging system with silver halide photography emulation by a parametric approach will be introduced. The study contains the comparison analysis between silver halide imaging process and electronic imaging process, the characterization of the detailed process in those imaging chains, such as exposure, developing, photographic print and the other photographic and digital process. We investigated the characteristic curve between optical density and the amount of exposure in silver halide and digital photography systems. Under wide range of exposure condition, several sensitometric parameters were obtained via studio and outdoor photographic experiments with conventional photography and a digital camera. whose experimental results will be shown. Finally, the comparison between electronic imaging and conventional photography via silver halide photography emulation and modeling the silver halide process will be discussed.

요 약

전자사진은 디지털 기술의 급속한 발전에 의하여 그 응용 범위가 확대되고있으나, 은

염사진과 원리와 특성이 근본적으로 다르며 은염사진에 익숙한 사용자에게도 은염사진과 유사한 특성을 보이도록 화상의 개선과 화질의 보정 등이 요구된다. 본 논문은 은염사진의 계조 특성을 추출하여 전자화상시스템에 적용시켜 은염사진의 계조 특성을 지닌 전자화상을 출력하는 방법을 제시한다. 먼저, 은염사진과 전자사진의 화상 생성 공정을 구체적으로 비교하여 그 차이를 기술하고, 사진 계조 변환의 원리와 방법을 제시한다. 다음으로 사진 계조 변환함수를 구하기 위한 각 시스템의 특성화의 실험을 수행한 결과를 보인다. 최종적으로 이론을 바탕으로 한 실험에서는 사진 계조로 변환된 데이터를 디지털 화상시스템으로 출력하여 은염사진의 계조 특성의 비교분석을 수행한다.

1. 서 론

디지털 기술의 대중화와 함께 전자화상시스템은 그 편의성과 다양한 기능으로 인하여, 기존의 은염사진 시장에서 그 응용 범위를 급속도로 확대하고 있다. 최근, 가정용 PC의 공급이 증대하고, 최근 고성능의 DSC(Digital Still Camera)가 일반화되어 보급형 가격의 제품이 경제적으로 소개되고 있다. 나아가서, 인터넷을 통한 화상 정보의 교환이 활성화함에 따라, 전자화상시스템의 응용기술은 이제 더 이상 특수 목적을 위한 전용물이 아니다. 또한, 원하는 목적에 따라 화질 개선, 복원 저장 전송 등의 화상의 처리기술이 바로 호로 그 가치를 발휘하는 때가 도래하였다. 최근 300만 화소 이상을 갖는 고해상 DSC가 합리적 가격으로 보급됨에 따라 산업용, 의료용, 컴퓨터 그래픽스 등에서 많이 사용되며, 이를 이용하면 일반 프린터로도 기존 은염사진과 시각적으로 거의 대등한 화질을 출력하는 것이 가능하다. 또한, 잉크젯프린터 등 염가의 프린터가 보급과 함께 모니터 상에서 본 전자화상을 즉시 하드 카피할 수 있어 전자사진의 응용 범위는 계속 확대되고 있다. 따라서, 일반 소비자들이 주위생활 속의 화상을 쉽게 입력하고 이를 언제든지 출력할 수가 있으므로 기존의 광학식 카메라의 대체 사용이 가능해진 것이다. 그러나, 기존의 성숙된 은염 방식의 화상에 익숙한 사용자는 가격과 편의성 뿐 아니라 화질에 대해서도 높은 수준을 요구하고 있으며, 사용 목적에 따라 다양한 화질과 포맷이 필요하다. 또한 다양한 렌즈와 노출 기교 등 고도의 사진 촬영 기술과 쉽게 대응되는 기능이 요구되기도 한다. 현재의 DSC는 기존의 필름 대신에 CCD(고체촬상소자)를 사용하고 있으며, CCD의 감광 특성은 기존의 은염 필름과 다르기 때문에 기존 필름의 노광 특성에 익숙한 사용자에게는 약간 부담스러울 수 있다. DSC용 렌즈도 기존의 광학 방식만큼 다양하지 못하고, 성능도 떨어지는 것이 사용되어 노출 기교에 제한이 있다. 한 예로, 자동 노출(Auto-Exposure)의 경우, 기존 광학식 사진기에서는 조리개우선, 셔터우선과 Program AE, 역광보정 등의 다양한 기능이 있으나 대부분의 DSC에서는 Program AE 만 있으며,

노출 조정 범위도 좁다. 또한 필름과 CCD의 감도 특성이나 감도 특성도 많은 차이를 보이고 있어, 이를 보정하는 일부 기능이 카메라에 구현되고 있으나 불완전한 실정이다. 이 같은 문제점의 많은 부분은 전자화상시스템에서의 화상처리에 의해 해결될 수 있으며, 전자사진용 화상 시스템의 화상처리는 일반 산업용이나 의료용 화상 처리와는 달리, 기존의 사진의 특성과 기술을 잘 분석하고 이를 기반으로 전자사진에 적합한 응용이 필요하다. 즉 일반적인 화상 처리에서 사용되는 복원, 패턴 인식과 압축 등의 기술보다는 화상의 개선과 화질의 보정 등에 그 비중을 두어야 하고, 기존의 은염사진에 익숙한 사용자의 관점에서 필요한 화상 처리를 수행하는 것이 필요하다.

전자화상에서 완벽한 은염사진의 재현을 위해서는 은염사진의 감도(Sensitivity), 계조(Tone), 입상성(Granularity), 해상력(Resolving power)등이 고려되어야 하나^{1, 2)}, 이 논문에서는 각 시스템의 분석을 통한 계조의 재현을 중점적으로 구현하는 화상개선 알고리즘을 제시한다. 본 논문에서는 먼저 은염사진과 전자사진의 화상공정을 모델링하여 비교 분석하고, 이를 근거로 한 사진조 변환 방법을 제시한다. 또한, 사진조 변환을 위하여 요구되는 각 시스템의 특성화에 대하여 서술한다. 그리고 실험을 통한 사진조 변환 함수를 제시하고, 스튜디오에서의 실사를 통하여 얻어진 사진을 변환함수에 의하여 전자사진에서 은염사진의 계조를 재현한다.

2. 은염사진과 전자사진의 화상공정 모델링

전자화상시스템에서 은염사진의 계조를 재현하기 위해서는 우선 화상형성공정의 정확한 분석과 모델링이 필요하다. 그림 1과 그림 2는 각각 은염 방식과 전자화상에 의한 화상 형성 과정을 블록 선도로 나타낸 것으로, 은염 방식의 사진공정은 크게 광학부와 화학적 공정으로, 전자화상은 광학부와 전자화상처리로 구분된다. 은염사진의 생성 공정은, 카메라에 의한 피사체의 촬영으로 필름에 잠상이 형성되며, 이 필름을 현상의 공정을 거쳐서 Negative 또는 Positive의 상을 형성하고, 확대기를 통하여 필름의 상을 인화지에 노광시키면 다시 필름에 형성된 상과 Negative 관계의 잠상이 생성된다. 잠상이 형성된 인화지는 필름의 현상과 유사한 인화 과정을 거쳐서 최종적으로 사진이 만들어지게 된다. 이런 일련의 과정에서 알 수 있듯이 은염사진의 특성은 각 공정의 물리 광학적, 화학적 작용의 영향을 받는다.

전자사진의 화상 형성 공정은 그림 2와 같이 나타낼 수 있으며, 카메라에서 광학적인 작용을 통하여 상이 형성되는 것은 은염사진과 거의 유사하나, 입사된 빛에 의하여 감광 작용을 하는 것은 필름이 아닌 CCD라고 불리는 고체촬상소자이다. CCD는 입사된 빛의 세기에 따라 전하량을 축적하는 작용을 하며, 디지털 카메라 내부 처리는 전자화상시스

템의 주요한 과정으로 광학적인 아날로그 신호를 전기적인 디지털 신호로 전환시키는 작용을 한다. 디지털 카메라에서 생성된 전기적인 신호는 바로 카메라 내부의 메모리 카드와 같은 저장 장치에 저장을 하거나 연산 장치인 컴퓨터에 전송되어 화상의 분석 및 각종 처리가 가능하게 되고, 최종적으로 화상 데이터를 출력 장치인 모니터나 프린터로 전송하여 생성된 화상을 보여주게 된다.

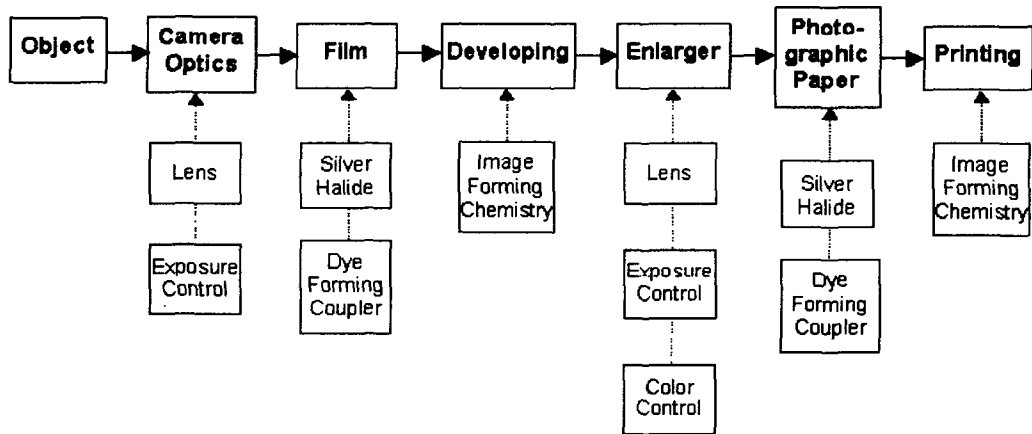


Fig. 1. Silver Halide Photography Imaging Chain.

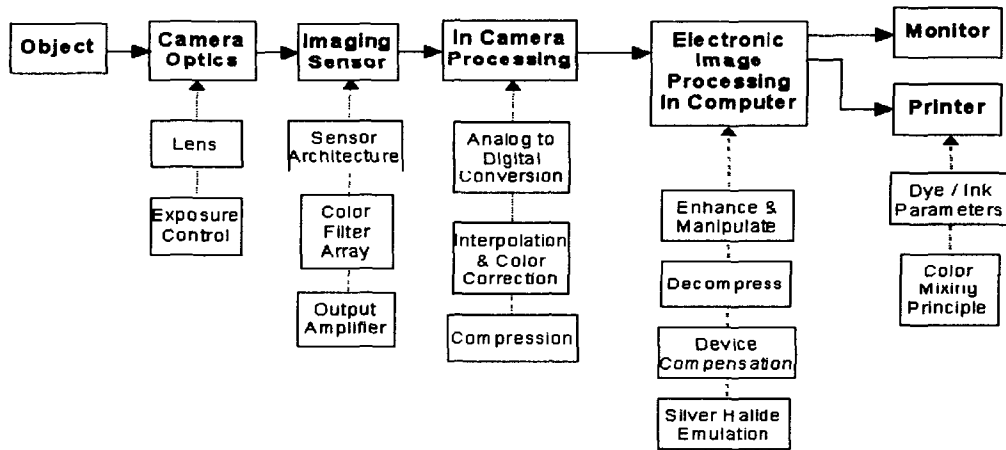


Fig. 2. Electronic Imaging Systems Imaging Chain.

3. 전자 화상시스템에서의 사진조 변환

앞 절에서 서술한 전자사진과 은염사진의 화상 형성 공정의 비교를 바탕으로, 전자사진에서 은염사진의 계조를 구현하기 위한 과정을 그림3에 나타냈다. 전자화상에서 은염사진의 계조를 구현하기 위해서는 각 화상시스템이 화상을 생성하기까지의 공정별 특성을 구해야 한다. 화상시스템의 공정별 특성을 분석하기 위하여 입출력의 관계를 규명하는 과정을 특성화(Characterization)라 하며, 일반적으로 화상 시스템은 입력과 출력에서 사용하는 색 공간(Color Space)이 다르므로 서로 다른 색 공간 사이의 데이터 전환을 처리하는 기술이 필요하다. 각 화상 형성 공정의 입출력 화상의 정보는 주로 CIE XYZ 삼자극치를 이용하였으며, 전자화상시스템에서의 화상 처리는 RGB 데이터를 이용하였다.

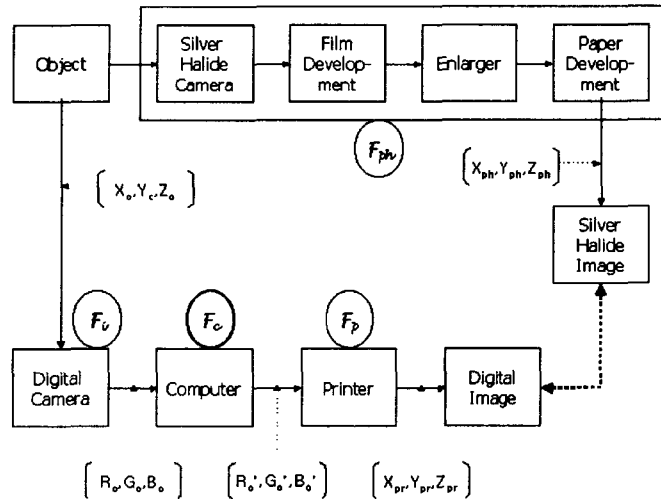


Fig. 3. Photographic Tone Conversion Process.

전자화상시스템을 통하여 생성된 화상을 사진조로 변환을 시키기 위해서는 디지털 화상 데이터를 처리할 수 있는 사진조 변환함수를 구해야 한다. 사진조 변환함수는 화상시스템의 공정별 특성화에 과정에 의해 얻어지는 변환함수로부터 결정되어진다³⁾. 위 그림 3의 사진조 변환을 위한 전체 블록선도에서 각 블록을 이제부터 하나의 시스템으로 간주하여 각 시스템의 특성화 과정을 기술한다. 특성화는 입력된 화상의 RGB(또는 XYZ) 값들과 1:1로 대응되는 출력된 화상의 XYZ(또는 RGB) 값들의 관계에 의하여 구할 수 있다. 특성화 실험 수행 시의 있어서 사항으로 각 장치를 일정 시간 동안 작동하여 충분히 안정화한 후 수행해야 보다 정확한 변환 함수를 구할 수 있다는 점이다. 그림 3의 블록

별로 정의된 각각의 변환 함수를 다음과 같이 정의한다.

① 입력계 : 원화상 혹은 대상물체의 삼자극치 X, Y, Z 를 X_o, Y_o, Z_o 로 하고, 이에 대응한 전자화상 데이터를 R_c, G_c, B_c 라고 할 때, 입력 장치의 특성화 함수 F_i 를 다음과 같이 정의한다.

$$(R_c, G_c, B_c) = F_i (X_o, Y_o, Z_o) \quad (1)$$

② 출력계 : 프린터로 전달되는 화상데이터를 R_c, G_c, B_c 로 하고 프린터로부터 출력된 출력 화상의 삼자극치 X, Y, Z 를 X_{pr}, Y_{pr}, Z_{pr} 이라고 한다. 여기에서 R_c, G_c, B_c 와 X_{pr}, Y_{pr}, Z_{pr} 과의 관계를 함수 F_{pr} 라고 정의하여 다음과 같이 나타낸다.

$$(X_{pr}, Y_{pr}, Z_{pr}) = F_{pr} (R_c, G_c, B_c) \quad (2)$$

③ 은염사진 시스템: 은염사진의 특성화를 위한 과정은 사진을 생성하기 위한 각 화학적인 처리가 매우 복잡하며 각 공정에 관련된 요소들이 많다. 일반적으로 계조재현특성은 전체 시스템에 대한 특성화를 수행하며, 원화상 혹은 대상물에서 입사되는 빛의 삼자극치 X, Y, Z 를 X_o, Y_o, Z_o 로 하고, 촬영, 현상, 프린트에 의해 재현된 화상의 X, Y, Z 값을 X_{ph}, Y_{ph}, Z_{ph} 라고 할 때, 이러한 관계는 다음과 같이 나타난다.

$$(X_{ph}, Y_{ph}, Z_{ph}) = F_{ph} (X_o, Y_o, Z_o) \quad (3)$$

④ 화상처리: 컴퓨터로 입력된 화상의 데이터 값들은 목적에 따라 여러 가지 화상처리 기법을 적용할 수 있다. 여기서, 입력된 전자화상 데이터는 R_c, G_c, B_c 이고, 화상처리에 의해 변환된 출력 데이터는 R'_c, G'_c, B'_c 일 때, 함수 F_c 는 컴퓨터에 의한 입출력 데이터의 변환 함수로서, 사진조 구현을 위해 이 변환 함수를 적절하게 결정한다.

$$(R'_c, G'_c, B'_c) = F_c (R_c, G_c, B_c) \quad (4)$$

지금까지 기술된 특성화 함수를 이용하여 전자사진에서 은염사진의 계조를 표현하기 위한 사진조로의 변환 함수를 구하기 위한 과정을 정리하면, 아래와 같이 된다. 우선, 사진조로의 구현을 위해서는 은염사진 시스템의 재현물과 전자화상시스템의 재현물이 측색적으로 동일해야 하므로 다음의 식이 성립되어야 한다.

$$(X_{pr}, Y_{pr}, Z_{pr}) = (X_{ph}, Y_{ph}, Z_{ph}) \quad (5)$$

또한, 전자화상시스템의 재현화상을 위에 정의된 변환함수들을 이용하여 다음과 같이 정리할 수 있다.

$$\begin{aligned} (X_{pr}, Y_{pr}, Z_{pr}) &= F_{pr} (R'_c, G'_c, B'_c) = F_{pr} (F_c ((R_c, G_c, B_c)) \\ &= F_{pr} (F_c (F_i ((X_o, Y_o, Z_o))) \end{aligned} \quad (6)$$

식 (3)와 (6)을 식 (5)에 적용하면,

$$F_{ph}(X_o, Y_o, Z_o) = F_{pr}(F_c(F_i((X_o, Y_o, Z_o))) \quad (7)$$

결국 식(7)이 만족되도록 F_c 를 구하는 것이 사진조의 구현 방법이며 F_c 는 다음과 같이 나타난다. 여기서, F^{-1} 라는 F 의 역함수이다.

$$F_c(X_o, Y_o, Z_o) = F_{pr}^{-1} F_{ph} F_i^{-1} \quad (8)$$

이와 같이 전자화상에서 은염사진의 계조를 구현할 수 있으며, 이를 위하여 전자 화상 시스템에서의 디지털 카메라, 프린터, 그리고 은염사진의 입출력 관계를 밝히는 특성화 과정이 필요하다. 디지털 카메라의 특성화 방법은 크게 분광감도를 기초로 하는 방법(Spectral Sensitivity Based)과 컬러 차트를 기초로 하는 방법(Color Target Based) 두 가지의 방법으로 나눌 수 있다. Spectral Sensitivity Based 방법은 Monochrometer등으로 디지털 카메라의 분광감도를 측정하여 CIE Color-matching 함수와의 관계를 밝혀내는 것이며, RGB 값들과 XYZ 값들 사이의 변환에 이용되어진다^{4, 5}. Color Target Based 방법은 복수개의 컬러 샘플을 선정하여, 표준광원 아래에서의 이 샘플들 각각의 XYZ 값들을 측정한 후, 디지털 카메라로 촬영된 화상의 RGB값들과의 관계식을 유도해내는 것이다. Color Target Based 방법에서 관계식을 유도하기 위하여 다항식 회귀법(Polynomial Regression)과 최소 자승법(Least Square Method) 등이 적용되어진다. 다항식 회귀법은 기존의 단순 선형 관계식에 항을 추가함으로써 좀더 근사화된 관계식을 유도해냄으로써 보다 정확한 특성화 함수를 구할 수 있다. 또한, 프린터나 은염사진과 비선형적인 특성화 함수를 구하는데 있어서 유용하게 사용된다.

프린터는 일반적으로 복잡한 비선형 관계를 보이거나, 특성화 과정은 디지털 카메라와 마찬가지로 몇 가지 컬러 샘플을 선택하여 프린트한 후, 프린터로 전송된 컬러 샘플의 RGB값과 1:1로 대응되는 표준 광원하의 CIEXYZ 값을 측정하여 두 값 사이의 관계를 구하여 특성화를 수행할 수 있다. 프린터의 특성화는 회귀법이나 3D LUT(Look-Up Table)가 이용되며, 두 가지 방법을 동시에 이용하기도 한다^{6, 7}. 프린터의 특성화는 기본적인 CMY색상 이외에도 K(Black)이 첨가되어 색상을 나타낼 수 있고, 프린터에 사용된 잉크의 특성도 고려해야 하는 등의 특성화 과정이 디지털 카메라보다 더 복잡하고 까다로운 것으로 알려져 있다.

은염사진의 특성화는 전자화상시스템의 각 장치에 대한 특성화처럼 이론적으로 그 방법이 정립되어 있지는 않다. 그러므로, 전체 시스템을 구성하는 각각의 공정에 해당하는 특성화를 알아보는 것이 아니라, 사진의 전체 시스템을 하나의 시스템로 가정하고, 입력된 원화상과 출력 화상의 관계를 밝힘으로써 특성화 함수를 구한다. 은염사진 전체 시스템의 특성화 함수를 구하기 위해서 디지털 카메라의 특성화와 프린터의 특성화 방법을 응용하여 적용시킨다.

다음절에 설명된 실험에서는 다항식 회귀법을 이용하여 특성화를 수행하였고, 특히, 여러 다항식들에 대한 오차량을 산출하여 가장 적합한 다항식을 사용한 특성화를 수행하였다.

4. 실험 및 결과

전자화상시스템에 의한 은염사진의 계조 구현 실험은 첫 단계로 우선 기존의 광학카메라와 디지털 카메라를 이용하여 촬영한 후, 각 시스템의 특성화를 통하여 얻어진 데이터를 이용하여 디지털 사진의 계조를 사진 계조 변환 함수를 구하여 이 변환 함수를 이용하여 실질적으로 디지털 사진을 변환시키는 방법으로 수행되었다. 실험에 있어서 행렬의 연산 및 역변환 같은 수학적 계산을 위한 S/W로 Mathematica를 이용하였으며⁸⁾, 사진 계조로의 변환 함수를 적용하여 이루어지는 디지털 화상의 처리는 Hello-Vision을 이용하였다. 그림 4는 특성화 및 사진조 변환 실험의 구성을 표현한 것이며, 실험에 사용된 기기 및 실험 조건과 과정이 다음에 기술된다.

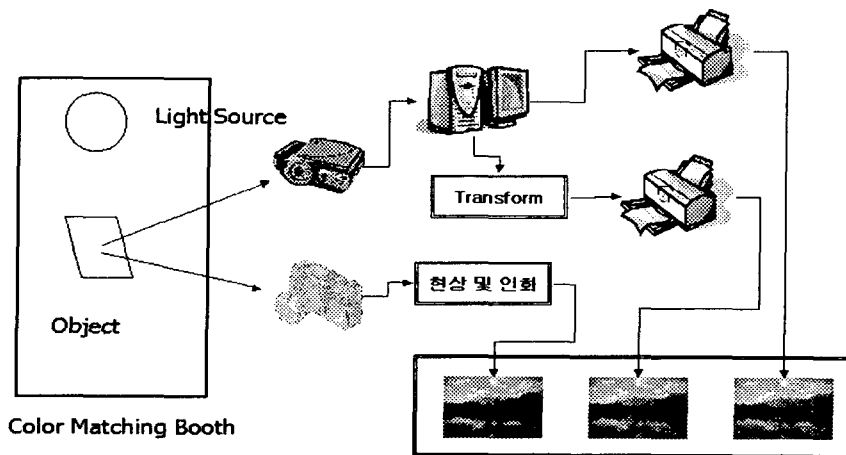


Fig. 4. Structure of Photographic Tone Conversion Experiments.

4-1. 실험 기기

DSC: Kodak DC290, 프린터: Tektronics 840(고체잉크방식), 일반 Camera: Canon EOS5, 피사체: Macbath Chart, Kodak Gray Scale, 조명: D65 표준 광원, 필름: Konica Centuria 100, 인화지: Kodak paper, 인화기: AGFA MSC 101 6200C, Spectroradiometer CS-1000 (Minolta)

4-2. 실험 조건 및 과정

- ① Studio에 표준 광원(D65)를 설치한 후, 피사체(Macbeth Chart & Gray Scale & Color Sample)를 위치시키고 일정한 거리에서 Spectroradiometer로 피사체의 XYZ 값을 10회 측정 후, 그 평균값을 구한다.
- ② Spectroradiometer와 동일한 위치에 각 디지털 카메라와 일반 카메라를 위치시킨 다음, 피사체를 촬영한다.
- ③ 디지털 카메라로 촬영된 화상은 프린터로 출력하고, 일반 카메라의 필름은 현상기 MSC101 표준조건, 피로도 최소화하여 현상, 인화한다.
- ④ 디지털 카메라로부터 컴퓨터로 전송된 화상의 각 Color Sample의 일정 영역을 선택하여 RGB 값을 측정한다.
- ⑤ 은염사진, 프린트 된 디지털 사진을 SpectraLight II에 다시 위치시키고, Color Sample의 XYZ 값을 Spectroradiometer로 측정한다.
- ⑥ 각각의 RGB, XYZ 데이터로부터 디지털 카메라, 프린터 그리고 은염사진의 특성화 함수를 계산하여 구한다.
- ⑦ 다항식의 수와 샘플의 개수에 따른 특성화 함수를 구한 뒤, 각 색차를 비교 분석하여 가장 적절한 특성화 함수를 선택한다.
- ⑧ 각 특성화 함수로부터 사진 계조 변환 함수를 구한 뒤, 디지털 카메라로 입력된 화상에 적용하여 출력한 뒤, 은염사진과 비교 분석한다.

4-3. 다항식 회귀법에 의한 특성화

시스템의 특성화를 위한 Color target based 방법에 있어서 다항식 회귀법에 의하여 다음과 같은 다항식들이 사용되었고, 각각의 다항식에 대한 오차와 계산량을 검토한 후, 최적의 식을 사용하였다.

- ① $P(x,y,z) = a_1x + a_2y + a_3z$
- ② $P(x,y,z) = a_0 + a_1x + a_2y + a_3z$
- ③ $P(x,y,z) = a_1x + a_2y + a_3z + a_4xy + a_5yz + a_6zx$
- ④ $P(x,y,z) = a_0 + a_1x + a_2y + a_3z + a_4xy + a_5yz + a_6zx + a_{10}xyz$
- ⑤ $P(x,y,z) = a_1x + a_2y + a_3z + a_4xy + a_5yz + a_6zx + a_7x^2 + a_8y^2 + a_9z^2$
- ⑥ $P(x,y,z) = a_0 + a_1x + a_2y + a_3z + a_4xy + a_5yz + a_6zx + a_7x^2 + a_8y^2 + a_9z^2 + a_{10}xyz$

특성화 실험을 통하여 얻어진 행렬 형태의 함수들의 정확성은 연산에 사용되는 다항식의 수와 형식, 그리고 sample의 개수등에 영향을 받는다. 그 정도를 알아보기 위하여 먼저, 다항식에 따른 오차값들을 디지털 카메라 특성화 실험을 통하여 얻었다. 위에 기술된

여러 다항식에 대하여 회귀법을 수행한 결과로 얻어진 최소자승 오차를 분석한 결과가 다음의 그림에 보인다.

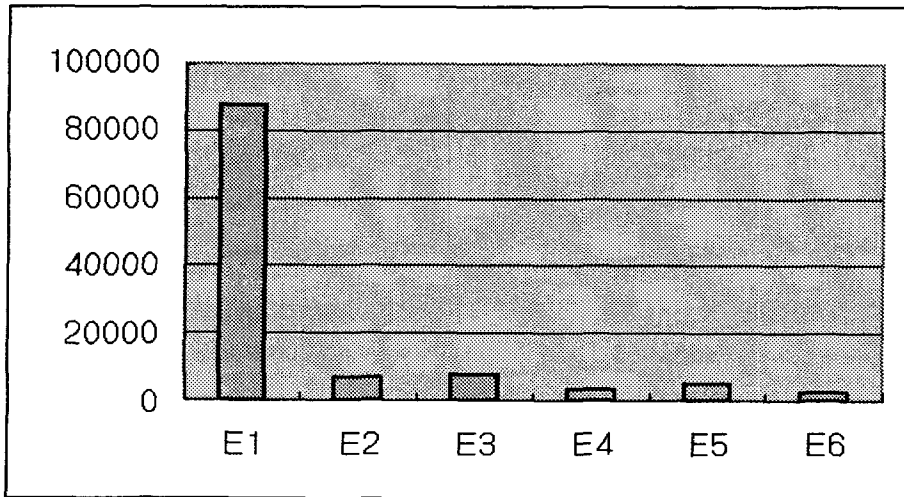


Fig. 5. Approximation Errors According to the Numbers of Polynomial Terms.

위의 결과로 다항식의 수가 증가할수록 그 오차값은 감소하는 것을 알 수 있었으며, 다항식의 형태, 즉 어떤 항을 추가하였느냐에 따라서도 근사 함수의 정확성이 달라지는 것을 알 수 있었다. 또한 사용된 Color Target의 Sample 수는 Macbath-Chart의 Color 24개를 이용하였다. 여기서 다시 Sample의 수에 따른 특성화 함수의 정확성을 살펴보기 위해 Sample의 수를 변화하면서 오차를 구하였다. 그 결과가 다음 표에 보인다.

Table 1. Approximation Errors According to the Numbers of Sample Targets

Training Samples	Testing Samples	Av. ΔE Training	Max. ΔE Training	Av. ΔE Testing	Max. ΔE Testing
125	164	2.96	15.3	2.99	11.9
100	164	3.39	14.4	3.34	10.8
64	164	3.98	13.7	3.96	12.1
48	164	4.67	11.2	4.93	13.9
27	164	5.53	10.4	6.14	15.3

4-4. 사진조 변환 실험 결과

이상의 실험에서 선택된 다항식과 Sample의 수에 의하여 각 시스템의 특성화를 통한 사진조 변환 함수를 구한 뒤, Computer에서 디지털 카메라를 통하여 입력된 이미지를 사진조 변환 함수에 의한 이미지 연산을 실시하였다. 사진조 변환이 된 이미지 데이터들은 프린터로 전송된 후, 프린트하여 그 색상의 정보를 Spectrophotometer로 측정하였다. 다음의 그림 6과 7은 사진조 변환 과정에 따라 변환된 전자 화상과 은염사진을 비교하여 나타낸 것이다.

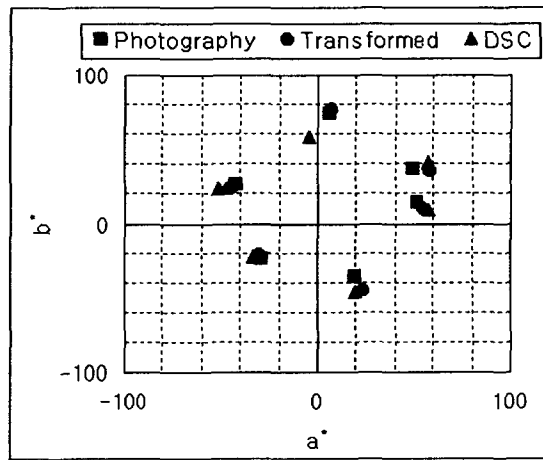


Fig. 6. Comparison in Lab Color Space.

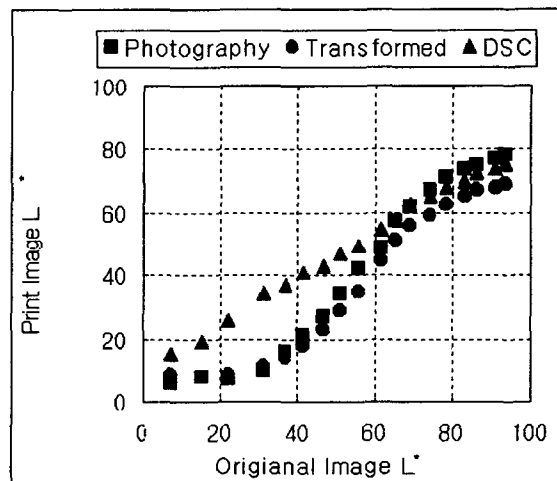


Fig. 7. Result of Photographic Tone Conversion.

그림 6에서 알 수 있듯이 사진조 변환된 전자 화상에서 각각의 R, G, B, C, M, Y color의 a*b* 좌표값들이 은염사진의 좌표값에 더 근접해 있으며, 그림 7에서도 알 수 있듯이 사진조 변환되기 이전의 전자 화상보다 은염사진의 계조에 근사화 되어 입력된 밝기의 변화에 따라 은염사진의 계조 특성과 유사한 완만한 S자 형태의 곡선을 나타내고 있다. 이것으로 변환이 없는 화상에 비해 사진조 변환을 수행한 화상의 계조(혹은 색조)가 은염사진에 더 가까운 것을 알 수 있다. 그림 8은 스튜디오의 촬영 실험 모습을 보인다. 2대의 카메라가 같은 위치에서 동일한 프레임의 화면을 촬영하도록 고정되었으며, 노출 등 동일한 조건 하에서 화상을 입력하도록 하였다. 그림 9는 실험에서 실제로 취득된 사진의 예를 보인다.

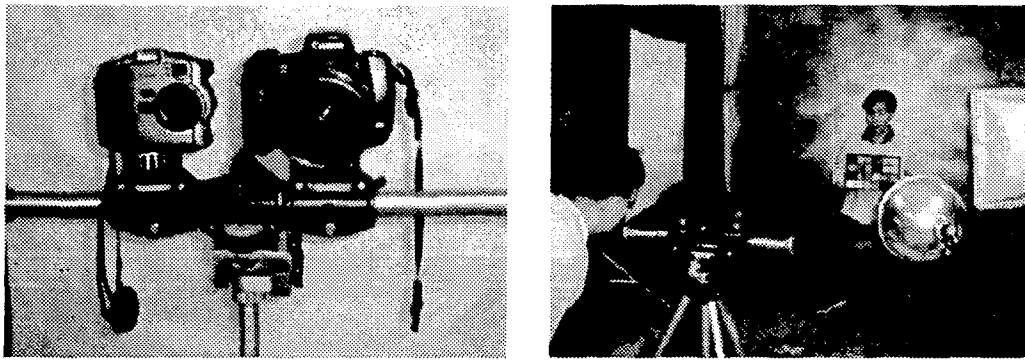
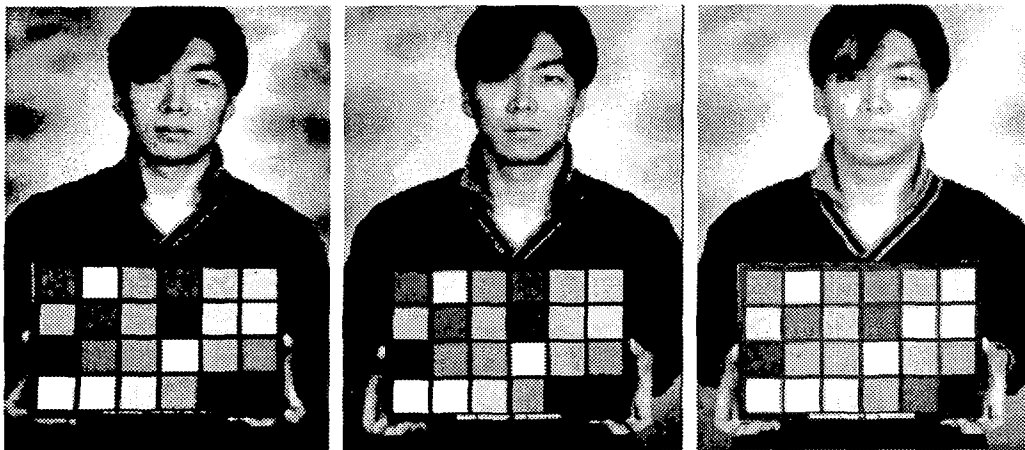


Fig. 8. Scene of Experimental Works.



a) Original Image b) Image with Conversion c) Image w/o Conversion

Fig. 9. Example of Images Obtained in Experiments.

5. 결 론

본 논문에서는 전자사진용 화상시스템에 적용되는 화상처리 알고리즘 및 개선 방법 중의 하나로 은염사진의 계조를 전자사진에서 재현하는 연구에 대해 기술하였다. 이를 위하여 먼저, 은염사진과 전자사진 시스템의 화상형성 공정의 모델링 및 비교 분석을 수행하였으며, 이 모델링을 기본으로 각 시스템의 특성화와 전자사진에서의 사진조 변환을 위한 과정을 제시하였다. 나아가서, 실사를 통한 사진조 변환 알고리즘을 이용하여 전자사진에서의 사진조 변환 실험을 실시하였고, 그 결과로 전자사진에서 은염사진의 계조와 유사한 특성이 나타남을 보였다. 비록 특성화 과정에 있어서 근사화가 많아 오차가 발생하기는 하지만, 사진조 변환 실험을 통하여 얻어진 데이터를 분석하고 재현물을 비교한 결과, 본 논문에서 제시한 사진조 변환 방법에 의하여 전자화상시스템에서 은염사진 고유의 계조 특성을 충분히 재현하였다고 생각된다. 특성화 과정에서 발생된 오차는 다항식 회귀법 이외의 특성화 방법들, 예를 들어, 3D Look-Up Table을 이용하는 방법 등에 의하여 감소시킬 수 있으며, 좀 더 정확한 특성화 방법이 요구된다.

앞으로 전자사진의 계조와 관련된 부분 이외에도 해상력과 감도 등의 향상을 통하여 보다 개선된 전자사진의 화상 개선과 처리에 대한 연구가 진행될 것이다.

참고문헌

- (1) 사진공학, 오제웅, 청문각 (1991).
- (2) Handbook of Photographic Science and Engineering, Woodlief Thomas, IS&T (1997).
- (3) T. Watanabe, Y. Hoshino, Color Transformation to Photography Tone in Digital Camera Printing System, J. Japan Imaging Society, Vol. 39, No. 3 (2000).
- (4) W. F. Hsu, S. Y. Tseng, H. C. Chiang, Performance Measurement of Commercial Electronic Still Picture Cameras, SPIE Vol 3422, pp92-98, July (1998).
- (5) S. Y. Lin, W. H. Chan, T. Y. Tsai, Resolution Characterization for Digital Still Cameras, IEEE Tr. CE, Vol. 43, No. 3, August, pp. 732~736 (1997).
- (6) Henry Kang. Color technology for electronic imaging devices. SPIE (1997).
- (7) Gregory A. Baxes, Digital Image Processing, John Wiley & Sons, Inc. (1994).
- (8) MATHEMATICA 프로그래밍, 윤병인, 교우사 (1998).