

논문 2004-41SP-6-7

중간 계조 영역에서 난알 무늬 특성을 감소시키기 위한 6색 분리 방법

(Six Color Separation for Reducing Graininess
in a Middle Tone Region)

손 창 환*, 김 윤 태*, 조 양 호*, 하 영 호*

(Chang-Hwan Son, Yun-Tae Kim, Yang-Ho Cho, and Yeong-Ho Ha)

요 약

본 논문에서는 4색 잉크에서 6색 잉크로 분리하기 위해 중간 계조 영역에서 난알 무늬 특성을 감소하기 위한 객관적인 난알 무늬 값을 계산하는 방법을 제안한다. 난알 무늬 특성은 light cyan과 cyan, 그리고 light magenta와 magenta가 섞여서 출력되는 중간계조 영역에서 cyan 및 magenta 패턴이 상대적으로 눈에 띄게 되는 현상을 의미한다. 이러한 출력 영상의 난알 무늬 특성을 향상시키기 위해, 난알 무늬 특성을 수치적인 값으로 계산하고 이를 6색 분리 과정에 적용하는 방법을 제안하였다. 난알 무늬 특성은 인간 시각의 공간 칼라 민감도를 반영하는 S-CIELAB 공간 좌표계를 사용하여, 밝기와 색도의 표준편차를 구하고 정규화 과정을 통해서 결정한다. 객관적인 난알 무늬 특성을 중간 계조 영역의 색 분리 과정에 적용함으로써, 좀 더 부드럽고 난알 무늬가 줄어드는 향상된 결과가 나타났다.

Abstract

This paper proposes an improved six-color separation reducing the graininess in a middle tone region based on the standard deviation of the lightness and chrominance in S-CIELAB space. Graininess is regarded as visual perception for the fluctuation of the lightness of the light cyan and cyan or light magenta and magenta. In the conventional methods, the granularity is extremely heuristic and inaccurate due to the use of the visual examination score. Accordingly, this paper proposes a method to calculate the objective granularity for six color separation. First, we use the lightness, redness-greenness, and yellowness-blueness of the S-CIELAB space reflecting the spatial-color sensitivity of the human and normalize the sum of the three standard deviations. Finally, we apply the proposed granularity to the six color separation after assigning the granularity to the lookup table and obtain the result reducing the graininess in a middle tone region.

Keywords : 6색 분리 방법, 난알 무늬, SCIELAB, 중간조 처리 기법

I. 서 론

고해상도를 지원하는 칼라 장치의 기술 개발에 따라 해상도가 높은 영상을 출력하기 위한 포토 프린터에 대한 수요가 증가하고 있고 특히 모니터 영상에 대한 프

린터의 색 재현 뿐 만아니라 디지털 카메라가 프린터로 직접 프린트 정보를 넘겨주는 구조가 내장되어 디지털 카메라에 대한 색 재현에 대한 기술이 필요하게 되었다. 이러한 고 해상도를 출력하기 위한 고속의 하프톤 기술과 더불어 출력 영상의 화질을 향상시키는 기술이 필요하다. 이러한 출력 영상의 화질을 높이기 위해 기존의 3색 프린터에다 다른 잉크를 추가시킨 4색, 6색 프린터를 통해 원 영상에 가까운 색 재현을 이루어 가고 있다. 기존의 4색 프린터는 3색 프린터에 검은 색 잉크를 추가했다. 이를 통해 기존의 CMY의 조합으로 이

* 정희원, 경북대학교 전자전기컴퓨터학부
(School of Electrical Engineering and Computer Science, Kyungpook National Univ.)

※ 본 연구는 과학기술부 NRL 사업(M10412000102-04J0000-03910) 지원에 의해서 수행되었습니다.
접수일자: 2003년12월18일, 수정완료일: 2004년11월4일

루어진 검은 색 표현을 검은 색 잉크로 대체함으로써 좀더 농도가 짙고 그림자 영역의 그라데이션을 높지게 되었고 어두운 영역의 색역을 확장하게 되었다. 또한 CMY 잉크의 조합으로 그레이 밸런스 조정의 어려움을 검은 색 잉크의 추가로 좀더 쉽게 해결할 수 있게 되었다. 이 뿐만 아니라 어두운 영역을 표현하기 위해 값 비싼 칼라 잉크를 검은 색 잉크로 대체함으로써 비용에 있어도 절감하는 효과를 가져왔다. 그러나 기존의 4색 프린터를 통해 어두운 영역의 표현을 섬세하게 표현할 수 있었지만 사진 영상을 출력하기에는 표현할 수 있는 색역이 풍부하지 못한 한계가 있었다. 이러한 사진 영상과 같은 고해상도의 영상을 재현하기 위해 기존의 4색 프린터에 이미지의 영역에 따라 각기 다른 사이즈의 잉크 방울을 분사하여 세밀한 출력을 가능케 하는 멀티레벨 프린터와 열은 색상의 잉크를 추가해 더 풍부한 색상을 표현하고 잉크 도트들의 눈에 띄는 현상을 줄여 해상도를 높이는 6색 프린터가 등장하게 되었다^{[1],[2]}. 6색 프린터에는 색상이 다른 잉크를 추가시키거나 색상은 같으나 농도가 다른 잉크를 추가시키는 프린터가 있다. 색상이 다른 잉크를 추가시키는 6색 프린터의 목적은 표현할 수 있는 색역을 확장시키고 메타메리즘을 줄이기 위함이다. 주로 사용되는 잉크는 주황색과 녹색이다. 색상은 같으나 농도가 다른 잉크를 추가시키는 6색 프린터의 목적은 프린터 영상의 낱알 무늬를 줄여서 부드러운 톤을 재현하고 높은 해상도를 얻기 위함에 있다. 주로 사용되는 잉크는 light cyan(Lc)과 light magenta(Lm)이다. 이 밖에도 요즘은 더 풍부한 색상을 표현하기 위해 6가지 이상의 잉크를 가진 고화질 고충실도 프린터가 등장하고 있다. 이러한 4색 프린터에 얹은 잉크를 추가한 6색 프린터의 보급과 함께 4가지 잉크를 6가지 잉크로 분리해주는 6색 분리 과정이 필요하게 되었다.

6색 분리란 4색 잉크의 양에서 6색 잉크의 양으로 분리하는 것을 말한다. 6색 분리 과정에는 크게 색차를 이용하는 방법, 밝기와 주관적인 낱알 무늬 값을 이용하는 기존의 방법이 있다. 색차를 이용한 색 분리는 색 재현은 정확하지만, 밝은 영역에서 인간 시각에 거슬리는 낱알 무늬가 생기는 단점이 있다. 반면에 밝기와 주관적인 낱알 무늬 값을 이용하는 색 분리는 색차를 이용하는 방법보다 색 재현에서는 떨어질지라도 밝은 영역에서 낱알 무늬가 적고 부드러운 계조를 생성할 수 있다. 그러나 기존의 방법은 낱알 무늬 값을 인간 시각에 기반하기 때문에 관찰자에 의존적이고 정

확하지 못한 단점이 있다.

본 논문에서는 4색 잉크에서 6색 잉크로 분리하기 위해 중간 계조 영역에서 낱알 무늬 특성을 감소하기 위한 객관적인 낱알 무늬 값을 계산하는 방법을 제안한다. 낱알 무늬 특성은 light cyan(Lc)과 cyan(C), light magenta(Lm)와 magenta(M)가 섞여서 출력되는 중간 계조 영역에서 cyan(C) 및 magenta(M) 패턴이 상대적으로 눈에 띄게 되는 현상을 의미한다. 이러한 출력 영상의 낱알 무늬 특성을 향상시키기 위해, 낱알 무늬 특성을 수치적인 값으로 계산하고 이를 6색 분리 과정에 적용하는 방법을 제안하였다. 낱알 무늬 특성은 인간 시각의 공간 칼라 민감도를 반영하는 S-CIELAB 공간 좌표계를 사용하여, 밝기와 색도의 표준편차를 구하고 정규화 과정을 통해서 결정한다. 이 객관적인 낱알 무늬 값을 중간 계조 영역의 색 분리 과정에 적용함으로써, 좀 더 부드럽고 낱알 무늬가 줄어드는 향상된 결과가 나타났다.

본 논문에서는 II장에서 기존의 색차를 이용한 6색 분리 방법에 대해 살펴보고 III장에서는 제한한 객관적인 낱알 무늬 값을 구하는 방법을 제안한 후, 제안한 낱알 무늬 값을 기존의 낱알 무늬 값과 밝기 값을 이용한 6색 분리 방법에 적용시켰다. IV장에서는 실험을 통해 결과를 비교 분석하고 이를 통해 V장에서 결론을 내린다.

II. 색차를 이용한 6색 분리 방법

색차를 이용한 6색 분리 과정은 색 분리를 할 때 색차를 고려해서 C를 Lc와 C로 M을 Lm과 M으로 분리하는 방법이다^[3].

첫째, C와 Lc를 각각 0에서 255까지 17단계로 나눈 후, C와 Lc를 조합해서 구성할 수 있는 289개의 패치를 만든다. M과 Lm도 동일한 방법으로 289개의 패치를 만들고 스칼라 오차 확산 법을 사용하여 출력 한 후, 분광광도계로 CIELAB값을 측정한다. 측정된 값을 C와 Lc(M과 Lm)로 구성된 패치 순서를 인덱스로 하는 참조표로 구현한다.

둘째, 입력 패치를 만들기 위해 C와 M을 5단계씩 증가시킨 패치를 만든 후, 분광광도계를 사용해서 입력 패치의 CIELAB값을 측정한다.

셋째, 입력 패치와 참조표에 있는 색차가 가장 작은 것을 찾아 $f_c : C \leftrightarrow Cc$ 와 $f_m : M \leftrightarrow Mm$ 의 단조 증가 함수를 구성하면, 입력 CMYK 공간을 CMYK

LcLm 공간으로 색 분리 과정이 완성된다.

색차를 이용한 색 분리 방법은 입력 패치에 대해 색차가 가장 적은 패치를 고르기 때문에 정확한 색 재현이 가능하지만, 색차가 가장 적은 것을 참조표에서 선택하기 때문에 밝은 계조 영역에서도 묽은 잉크(Lc, Lm) 뿐만 아니라 진한 잉크(C, M)의 사용도 가능하다. 이는 밝은 톤 영역에서도 C와 M이 사용되기 때문에 눈에 거슬리는 현상을 발생시키게 된다. 그림 1은 색차를 이용해서 색 분리된 서로 다른 잉크의 사용 양을 보여주고 있다. 가로축은 52개의 패치 번호이고 세로축은 서로 다른 농도를 가진 잉크의 분배량이다. 밝은 계조 영역(1-20까지의 패치)에서 묽은 잉크 뿐만 아니라 진한 잉크가 같이 쓰이고 있다는 것을 볼 수 있다. 따라서 색차를 이용하는 색 분리 방법이 색 재현은 정확할지 모르나 부드러운 톤과 도트들의 눈에 띄는 현상을 줄일 수는 없다.

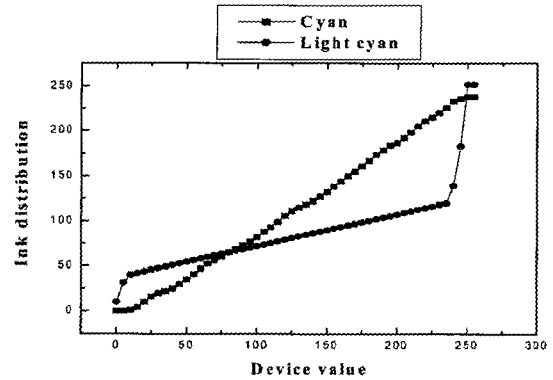
C와 M의 입력 패치를 색차에 기반한 포토 잉크 색 분리 경로(photo-ink separation pass)를 이용해서 색 분리를 수행한 결과가 그림 2에 나타나 있다^[4]. 실험 결과는 5단계의 입력 C와 M에 대해 색 분리된 패치이다. 그림 1의 포토 잉크 분리 경로에서 밝은 영역에서 진한 잉크(C와 M)가 사용되는 것을 보았다. 이 결과가 그림 2의 밝은 부분에서 C와 M이 사용되어서 인간 시각에 거슬리는 결과를 보여준다.

III. 중간 계조 영역에서 낱알 무늬 특성을 감소시키기 위한 6색 분리 방법

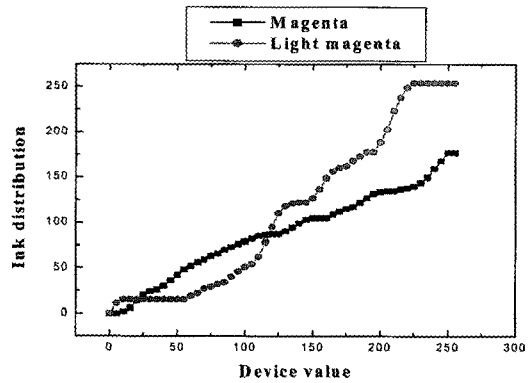
3.1. 제안한 객관적인 낱알 무늬 값을 구하는 방법

제안한 6색 분리 과정은 중간 계조 영역에서 객관적인 낱알 무늬 특성을 계산하여, 밝기와 낱알 무늬 특성을 이용한 색 분리 방법을 개선했다^[5]. 기존의 방법은 주관적으로 낱알 무늬 값을 할당함으로써 관찰자에 의존적이기 때문에 정확한 값을 추출할 수 없었다. 개선된 방법은 낱알 무늬 특성을 수치적으로 계산하는 방법을 제안함으로써, 기존의 색 분리 방법보다 중간 계조 영역에서 보다 부드럽고 연속적인 계조를 얻을 수 있었다.

주관적 평가인 z-score를 이용한 비교를 통해 제안한 방법이 기존의 방법보다 좀 더 향상된 결과를 얻을 수 있었다. 제안한 방법에서는 낱알 무늬 특성을 계산하기 위해 S-CIELAB 공간에서 밝기와 색상의 표준편차를 이용하였다. 표준편차를 정규화해서 0-100까지의 값을



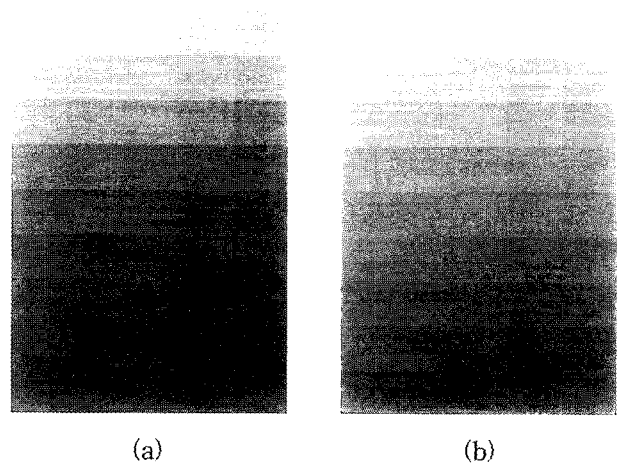
(a)



(b)

그림 1. 포토 잉크 색 분리 경로 (a) C 입력 패치 (b) M 입력 패치

Fig. 1. Photo ink separation pass: (a) C input patch and (b) M input patch.



(a)

(b)

그림 2. 색차를 이용해서 6색 분리된 결과 (a) C 입력 패치 (b) M 입력 패치

Fig. 2. Result of the six color separation using the color difference: (a) C input patch and (b) M input patch.

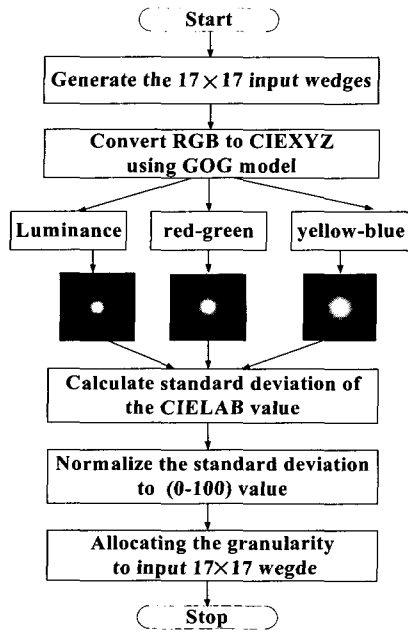


그림 3. 제안한 객관적인 난알 무늬 특성을 계산하는 블록도

Fig. 3. Block diagram of the proposed algorithm to calculate the objective granularity.

난알 무늬 값으로 할당하였다. 표준편차를 정규화해서 0-100까지의 값을 난알 무늬 값으로 할당한 후 6색 분리 과정의 참조표에 저장되어 밝기와 난알 무늬 값을 이용한 6색 분리 과정에 사용된다. 그림 3은 제안한 객관적인 난알 무늬 값을 계산하는 방법을 보여주고 있다.

첫째, 난알 무늬 값을 계산하기 위한 영상은 C와 Lc의 조합으로 만들 수 있는 17×17 패치와 M과 Lm의 조합으로 만들 수 있는 17×17 패치이다. 스칼라 오차 확산 법을 사용하여 17×17 패치를 프린트 한 후 EPSON perfection scanner 사용하여 스캔한다.

둘째, 모니터의 장치 특성화 과정을 통해서 입력 RGB 영상을 CIEXYZ 공간상으로 변환하는 과정이다. 모니터는 삼성 SyncMaster CD195A를 사용하였다. RGB를 채널당 6단계로 균등하게 나누어 216개의 패치를 생성한다. 그리고 분광 방사 휘도계인 Minolta CS-1000을 사용하여 각 패치의 CIEXYZ 값을 측정한다. 0에서 1로 정규화 된 RGB 입력 값을 CIEXYZ값으로 변환하기 위해 모니터의 장치 특성화의 한 방법인 GOG(Gain Offset Gamma) 모델을 사용하였다. RGB 각 채널이 최대 값을 가질 때의 CIEXYZ값과, 초기 조건을 이용하여 RGB와 CIEXYZ 변환 매트릭스를 만든다. 측정된 값에 기반한 GOG 모델과 변환 매트릭스는

다음과 같이 주어진다^[6].

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 43.2 & 37.42 & 22.19 \\ 23.42 & 74.33 & 10.9 \\ 3.4 & 13.6 & 113.1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (1)$$

셋째, CIEXYZ값을 S-CIELAB 공간으로 변환시켜 주는 과정이다. S-CIELAB 공간은 인간의 공간 칼라 민감도를 고려하여 색의 표현과 색의 구분이 공간적인 패턴에 영향을 받을 수 있는 지를 고려할 수 있다^[7]. 따라서 이 좌표계는 6색 분리 과정의 중간 영역에서 농도가 다른 두 잉크가 조합될 때 밝기차로 인해 발생하는 난알 무늬 특성을 반영할 수 있다. 우선 입력 패치의 CIEXYZ값은 휘도와 빨강-녹색, 그리고 파랑-노란색 채널로 구성되는 보색 시스템으로 변환된 후, 각각 인간 시각의 공간 민감도를 고려한 공간 필터를 거치게 된다. 이 과정에서 인간 시각 체계의 공간색에 대한 공간 민감도가 고려되게 된다. 필터를 거친 영상은 다시 CIEXYZ에서 CIELAB 좌표로 변환되게 된다.

넷째, S-CIELAB 공간을 통해서 얻은 밝기와 색차의 표준편차를 이용해 난알 무늬 값을 얻는다. 먼저 입력 패치 각각에 대한 밝기(lightness)와 색차(chrominance)의 평균과 표준편차를 구한 후 더한다. 표준 편차는 밝기 값의 변동량을 추출하기 위해 사용된다. 289개의 패치에 대한 표준편차를 구한 후 표준 편차의 최대 값과 최소 값을 구한다. 그리고 최대 값과 최소 값을 이용해서 0-100사이로 정규화를 한다. 이 값들이 입력 패치 각각에 대한 난알 무늬 값에 해당한다. 이 값은 밝기와 난알 무늬 값을 이용한 색 분리 과정의 참조표에 저장된다. 중간 계조 영역에서 이 참조표에 있는 난알 무늬 값을 사용하게 된다. 난알 무늬 값은 다음과 같이 구해진다.

$$X_{sd,z} = \sqrt{\frac{\sum_i \sum_j (X_{i,j} - X_{mean,z})^2}{N}}, \quad z=0,1,2 \quad (2)$$

$$GS_i = X_{sd,0} + X_{sd,1} + X_{sd,2} \quad (3)$$

$$NGS_i = 100 \times \frac{GS_i - \min_j}{\max_j - \min_j}, \quad j=0, \dots, 289 \quad (4)$$

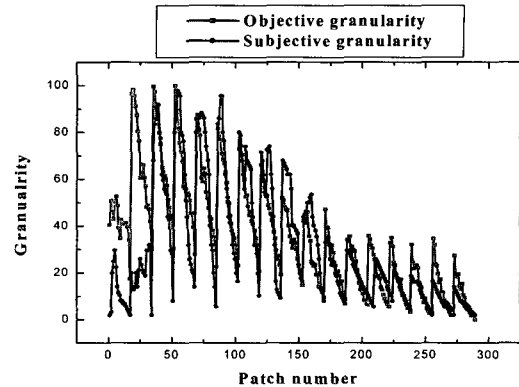
여기서 N 와 (i, j) 는 각각의 패치에 대한 픽셀 수와 공간 좌표계이고 $X_{mean,z}$ 와 $X_{sd,z}$ 는 밝기와 색차의 평균과 표준 편차에 해당한다. 이 평균과 표준편차를 더

한 값이 GS_i 이고 이 값을 최대값과 최소값으로 정규화한 값이 NGS_i 이다. 이 값은 낱알 무늬 값으로 정의된다.

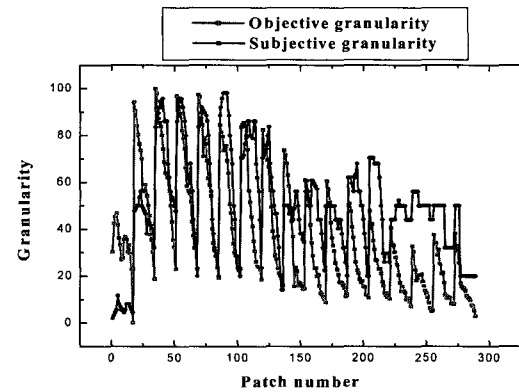
그림 4는 입력 패치 영상에 대해 계산된 낱알 무늬 값을 보여주고 있다. 여기서 가로축은 입력 패치 영상의 패치 번호에 해당하고, 세로축은 낱알 무늬 값을 보여주고 있다. 낱알 무늬 값은 인간 시각에 기반을 둔 주관적인 낱알 무늬 값(-♦-)과 제안한 방법으로 구한 낱알 무늬 값(-■-)이 있다. 그림에서 Lc나 Lm의 사용량이 증가 할수록 낱알 무늬 값이 줄어드는 현상을 볼 수가 있다. 묽은 잉크의 사용량이 늘어날수록 부드러운 패턴이 생성되기 때문에 낱알 무늬 값이 줄어들게 된다. 전반적인 낱알 무늬 값의 분포는 잉크 사용량이 적을 때나 잉크 사용량이 많을 때 낱알 무늬 값이 줄어들고, 묽은 잉크와 진한 잉크의 사용량이 비슷한 경우에는 낱알 무늬 값이 큰 경향이 있다. 왜냐하면 잉크 사용량이 적을 때에는 도트들의 패턴이 눈에 띄지 않기 때문이고 잉크 사용량이 많을 때는 도트들이 찍히는 농도가 많기 때문에 인간 시각에 띄는 도트들을 구분 할 수가 없기 때문이다. 그리고 사용된 잉크의 양이 비슷할 때 낱알 무늬가 큰 이유는 중간 영역에서는 농도가 다른 두 잉크가 혼합되기 때문에 밝기차로 인해 도트 패턴들이 눈에 잘 보이기 때문이다. 이 현상은 입력 패치 영상에서 인간 시각으로 확인 될 수가 있다. 제안한 낱알 무늬 값의 결과와 주관적인 낱알 무늬 값이 전반적인 모양이 유사함을 알 수가 있다.

3.2. 제안한 방법을 낱알 무늬 값과 밝기 값을 이용한 색 분리 과정에 적용

밝기와 낱알 무늬 값을 이용하는 색 분리 방법은 3가지 영역으로 구분된다. 밝은 영역에서는 입력 영상에 가장 가까운 밝기를 가지는 묽은 잉크만을 사용한다. 이는 밝은 영역에서 최대한 묽은 잉크를 사용해서 밝은 영역을 좀더 부드럽고 섬세하게 표현하기 때문이다. 중간 영역에서는 입력 영상에 밝기가 어떤 문턱치보다 작은 경우 내에서 낱알 무늬 값이 가장 작은 값을 택한다. 중간 영역에서는 밝기 값뿐만 아니라 낱알 무늬 값이 동시에 사용된 이유는, 묽은 잉크와 진한 잉크가 동시에 사용되기 때문에 인간 시각에 보이는 낱알 무늬 값을 고려해야 되기 때문이다. 어두운 영역에서는 입력 영상에 가장 가까운 밝기를 가지는 진한 잉크만을 사용한다. 이는 어두운 영역에서는 종이가 흡수 할 수 있는 잉크 양의 제한



(a)

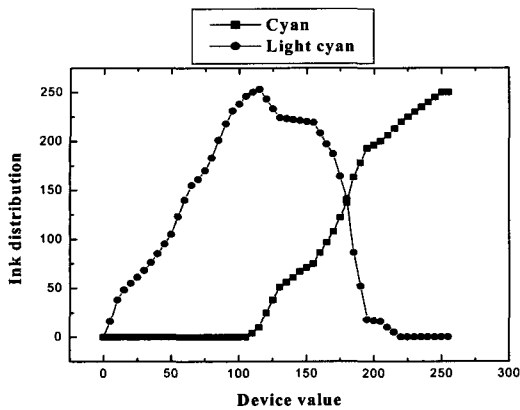


(b)

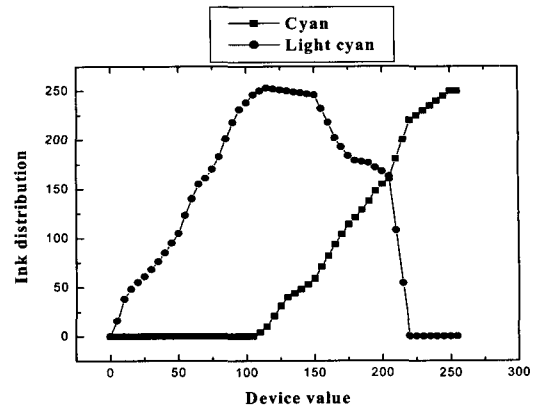
그림 4. 입력 패치에 대한 낱알 무늬 값 (a) C 입력 패치 (b) M 입력 패치
Fig. 4. Granularity for the input patch; (a) C input patch and (b) M input patch.

때문에 불필요한 묽은 잉크를 사용 할 수가 없기 때문이다. 밝기와 낱알 무늬 값을 고려한 색 분리 방법은 다음과 같이 이루어진다.

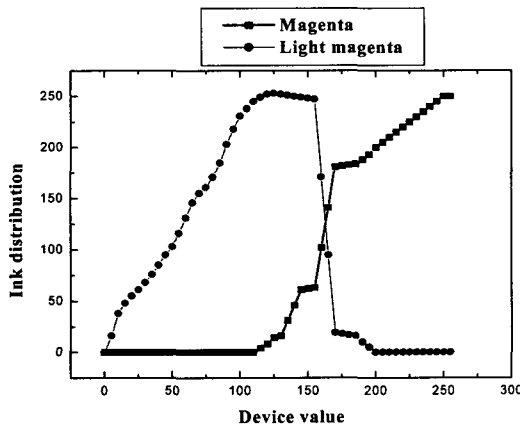
첫째, 묽은 잉크와 진한 잉크로 조합할 수 있는 모든 가능한 패치의 밝기 값과 낱알 무늬 값으로 이루어진 참조표를 구성한다. 묽은 잉크와 진한 잉크를 각각 17단계씩 균등하게 나누어 289개의 패치를 만든다. 분광광도계를 사용하여 289개의 패치에 대한 CIELAB값을 구하고 제안한 방법에 의해서 낱알 무늬 값을 구한 후 289개의 패치에 할당한다. 선형 보간법이나 B-spline 보간법을 사용해서 모든 디지털 값에 대한 CIELAB값과 낱알 무늬 값을 보간한다. 최종적으로 255×255 2차원 참조표를 만든다. 둘째, 입력 영상의 프로파일을 구성하는 단계이다. 입력 영상은 진한 잉크로만 5단계씩 52개의 패치를 만든 후 그것의 밝기 값으로 한다. 셋째,



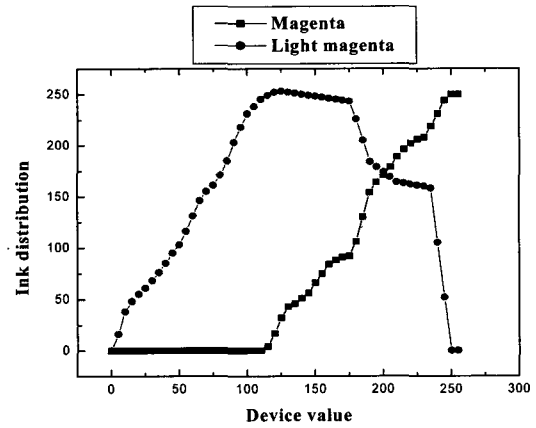
(a)



(a)



(b)



(b)

그림 5. 주관적인 난알 무늬 값과 밝기 값에 대한 포토 잉크 색 분리 경로 (a) C 입력 패치 (b) M 입력 패치

Fig. 5. Photo ink separation pass for the six color separation using the subjective granularity and lightness value; (a) C input patch and (b) M input patch.

입력 영상에 따라 묽은 잉크와 진한 잉크의 양을 결정하는 단계이다. 입력 영상의 밝기 값이 묽은 잉크로 만들 수 있는 최대 값의 밝기 값보다 클 때에는 입력 영상에 밝기가 가장 가까운 묽은 잉크의 양만 쓴다. 입력 영상이 묽은 잉크 최대 값의 밝기 값보다 작을 때에는 농도가 다른 2개의 잉크를 동시에 사용한 후 입력 영상의 밝기 값 차이가 문턱치보다 작고 난알 무늬 값이 가장 작은 값을 선택한다. 묽은 잉크 최대값의 밝기 값부터는 묽은 잉크의 양은 줄여주고 반면에 진한 잉크의 양을 증가시켜 준다. 묽은 잉크의 양이 0이 될 때부터는 진한 잉크의 양만 사용하게 된다. 입력 영상이 가장 가까운 밝기 값을 가지는 진한 잉크의 양을 선택한다. 넷째, 입력 영상 52개의 패치에 대한 묽은 잉크의 양과

그림 6. 객관적인 난알 무늬 값과 밝기 값에 대한 포토 잉크 색 분리 경로 (a) C 입력 패치 (b) M 입력 패치

Fig. 6. Photo ink separation pass for the six color separation using the objective granularity and lightness value; (a) C input patch (b) M input patch.

진한 잉크의 양을 참조표에 저장한다. 그리고 측정으로부터 오는 노이즈를 제거하기 위해 참조표를 평활화하는 과정을 거친다. 참조표에 있는 각 점은 앞뒤 점과의 평균값으로 대체된다. 다섯째, 묽은 잉크의 양과 진한 잉크의 양을 저장해둔 참조표를 이용해서 포토 잉크 색 분리 경로를 만든다. 6색 분리 방법을 통해 실영상에 적용해 본다.

그림 5는 주관적인 난알 무늬 값과 밝기 값을 이용한 포토 잉크 색 분리 경로이고 그림6은 객관적인 난알 무늬 값과 밝기 값을 이용한 포토 잉크 색 분리 경로를 보여준다. 여기서 가로축은 입력 패치의 번호에 해당하고, 세로축은 서로 다른 잉크 양의 의미한다. 밝은 영역에서는 묽은 잉크만을 사용하고, 중간 영역에서는 묽은

잉크와 진한 잉크를 사용하고, 어두운 영역에서는 진한 잉크만을 사용한다. 기존의 방법과 제안한 방법의 차이는 중간 영역에서 발생한다. 기존의 방법에서는 입력 값이 증가하더라도 색 분리된 값이 증가하지 않고 고정되어 있는 것을 볼 수 가 있다. 이것은 입력에 대한 출력의 증가량이 없기 때문에 연속적인 계조를 얻을 수가 없다. 또한 묽은 잉크의 사용량이 제안한 방법보다 적은 것을 볼 때 패턴이 더 거칠 것이라고 예상할 수 있다. 반면에 제안한 방법에서는 입력 값이 증가하면 그 밝기 값에 따라 색 분리된 값도 증가하는 것을 볼 수 가 있다. 이것은 연속적인 계조를 형성하는 것을 알 수 있다. 또한 기존의 방법에서 보다 묽은 잉크의 양이 상대적으로 많아 좀 더 부드러운 톤을 형성 할 것이라고 예상 할 수 있다. 따라서 제안한 객관적인 낱알 무늬 값이 인간 시각에 기반한 방법보다 좀 더 정확하고 그에 따른 중간 영역에서 연속적인 계조뿐만 아니라 낱알 무늬 값을 줄이는 효과를 가져 올 것이라 예상할 수 있다. 이것은 실험을 통해서 확인될 수 있다.

실영상을 찍기 위한 6색 프린터 전 과정은 먼저, 입력 장치 모니터의 RGB 값을 전방향 사면체 보간법으로 CIELAB 값으로 바꾼다^[8]. 출력 장치인 프린터 CMY 값은 역방향 사면체 보간법으로 CIELAB 값으로 바꾼다. 입력과 출력 장치의 색역 차이를 색역 사상을 이용해서 입력 장치의 CIELAB 값을 출력 장치의 CIELAB 값으로 변환한다^[9]. CMY의 값을 다시 그레이 성분 대체법을 통해서 4색으로 변환된다^[10]. CMYK값은 밝기와 낱알 무늬 값을 고려한 색 분리 과정을 통해 CMYKLCm 값으로 변환된다. 각 채널별로 얻은 디지털 값은 스칼라 오차 확산 하프토닝 방법을 사용해서 출력된다^[11].

IV. 실험 및 고찰

4.1. 칼라 패치 실험

제안한 방법을 통해서 5단계식 52개의 C 패치와 M 패치를 색 분리를 해보았다. 그림 7(a)와 8(a)는 주관적인 낱알 무늬 값과 밝기 값을 이용한 색 분리를 통해 만들어진 패치이다. 그림 7(b)와 8(b)는 객관적인 낱알 무늬 값과 밝기 값을 이용한 색 분리를 통해 만들어진 패치이다. 그림에서 보듯이 밝은 영역에서는 Lc나 Lm의 양이 똑같이 사용되기 때문에 차이가 없다. 그러나 낱알 무늬 값이 반영된 중간 영역에서는 차이점을 보여 주고 있다. 그림 5와 6번의 포토 잉크 색 분리 곡선에서

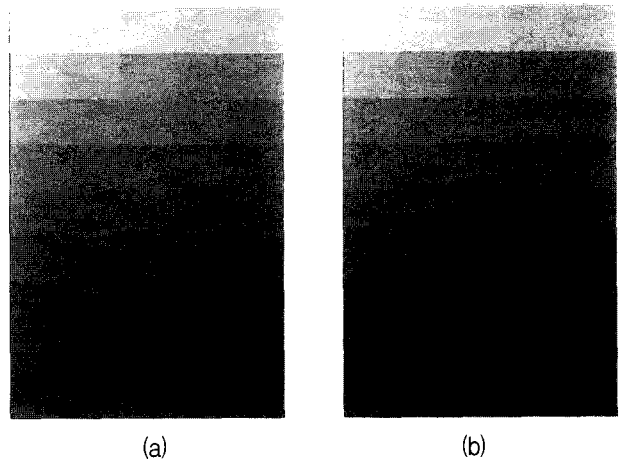


그림 7. 색 분리된 결과 (a) 주관적인 낱알 무늬 값을 사용해서 색 분리된 C 패치 (b) 객관적인 낱알 무늬 값을 사용해서 색 분리된 C 패치

Fig. 7. Separated results; (a) separated C patch considering the subjective granularity and (b) separated C patch considering the objective granularity.

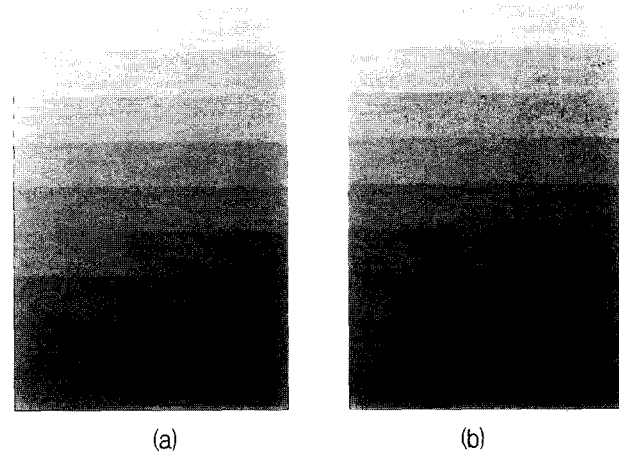


그림 8. 색 분리된 결과 (a) 주관적인 낱알 무늬 값을 사용해서 색 분리된 M 패치 (b) 객관적인 낱알 무늬 값을 사용해서 색 분리된 M 패치

Fig. 8. Separated results; (a) separated M patch considering the subjective granularity and (b) separated M patch considering the objective granularity.

주관적인 낱알 무늬 값을 이용했을 때 입력 값이 증가해도 분리 된 값이 증가하지 않는 구간을 보았고 이것은 그림 7(a)와 8(a)의 중간 영역에 해당하는 30-40번 사이의 패치에서 발견되고 있다. 이 구간에서 연속인 계조를 형성하지 못하는 것을 볼 수 있고 패턴이 거칠

다는 것을 알 수 가 있다. 반면에 객관적인 낱알 무늬 값을 고려한 포토 잉크 색 분리에서는 입력 값에 대한 분리된 색이 단조 증가되는 것을 보았다. 이 구간은 그림 7(b)와 8(b)에서 중간 영역에 해당하는 30-40번 사이의 패치에서 발견될 수 있고 주관적인 낱알 무늬를 이용한 색 분리 방법보다 연속인 계조를 형성하고 부드러운 톤을 형성한 것을 볼 수 있다.

4.2. 주관적 화질 평가

C와 M 패치에 대해 주관적인 실험 평가를 해보았다. 색을 연구하는 전문가 12명의 사람을 대상으로 하였고 평가 방법은 z-score 방법을 사용하였다^[2]. 표 1와 2은 C와 M 패치에 대한 z-score 점수와 랭크 순서를 보여 주고 있다. 제한한 밝기와 객관적인 낱알 무늬 값을 이용하는 방법을 색차를 이용한 색 분리 방법, 밝기와 주관적 낱알 무늬 값을 이용한 색 분리 방법과 비교하였다. 인간 시각에 기반한 평가에서 제안한 방법이 가장 큰 점수를 얻었고 색차를 이용한 방법과 밝기와 주관적 낱알 무늬 값을 이용한 방법은 유사한 점수를 얻었다. 따라서 주관적 평가에 의해 제안된 방법이 가장 좋은 결과를 낳았다는 것을 알 수가 있다.

V. 결 론

본 연구에서는 4색 잉크에서 6색 잉크로 분리하기 위해 중간 계조 영역에서 낱알 무늬 특성을 감소하기 위한 객관적인 낱알 무늬 값을 구하는 방법을 제안하였다. 낱알 무늬 값을 계산하기 위해 칼라의 공간 민감도를 고려할 수 있는 S-CIELAB 좌표계로 변환하여 밝기와 색차의 표준 편차를 구했다. 표준 편차를 0-100까지 정규화 함으로써 낱알 무늬 값을 계산하였다. 그리고 제안한 객관적인 낱알 무늬 값을 밝기와 낱알 무늬 값을 이용한 색 분리 과정에 적용하였다. 제안한 방법이 기존의 방법에 비해 중간 계조 영역에서 좀더 부드럽고 연속적인 계조를 만들었고 주관적 평가에서도 높은 결과를 얻을 수가 있었다. 따라서 제안한 객관적인 낱알 무늬 값이 주관적인 낱알 무늬 값보다 신뢰도와 정확성이 높은 것을 알 수 가 있고 관찰자의 의존성으로 인한 반복적인 실험을 줄이게 되었다. 결론적으로 제안한 객관적인 낱알 무늬 값을 이용한 6색 분리 방법은 중간 영역에서 발생하는 낱알 무늬 특성을 줄이게 되었고 더 좋은 화질을 얻게 되었다.

표 1. C 패치에 대한 z-score 점수
Table 1. z-score value of the C patch.

Methods	Z(I)	z-score value	Rank order
Separation method considering the color difference		-0.8	3
Separation method considering lightness and subjective granularity		-0.6	2
Separation method considering lightness and objective granularity		1.4	1

표 2. M 패치에 대한 z-score 점수
Table 2. z-score value of the M patch.

Methods	Z(I)	z-score value	Rank order
Separation method considering the color difference		-0.7	3
Separation method considering lightness and subjective granularity		-0.7	2
Separation method considering lightness and objective granularity		1.4	1

참 고 문 헌

[1] A. U. Agra, G. J. Dispoto, I. Tastl, K. W. Koh, and N. D. Venkata, "Photo quality printing on a digital press," *IS&T's NIP18: 2002 International Conference on Digital Printing Technologies*, San Diego, U.S.A., pp. 87-90, Sep. 2002.

[2] P. C. Hung, "Colorimetric characterization beyond three colorants," *Proceedings of SPIE Color Imaging: Device-Independent Color, Color Hard-copy, and Graphic Arts*, San Jose, U.S.A., vol. 3963, pp. 196-207, Jan. 2000.

[3] A. U. Agra, "Model based color separation for CMYKcm printing," *Ninth Color Imaging Conference: Color Science and Engineering*, Scottsdale, U.S.A., pp. 298-302, Nov. 2001.

[4] Y. X. Noyes, J. Y. Hardegerg, and A. M. Moskalev, "Linearization curve generation for CcMmYK printing," *Eighth Color Imaging Conference: Color Science and Engineering*, Scottsdale, U.S.A., pp. 247-251, Nov. 2000.

- [5] X. C. Huang and B. D. Nystrom, "Multilevel ink mixing device and method using diluted and saturated color inks for inkjet printers," U.S. patent, no. 6,172,693, Jan. 2001.
- [6] H. R. Kang, *Color technology for electronic imaging devices*, SPIE, Bellingham, WA, 1997.
- [7] X. M. Zhang and B. A. Wandell, "A spatial extension to CIELAB for digital color image reproduction," *Society for Information Display Symposium Technical Digest*, vol. 27, pp. 731-734, 1996.
- [8] J. Y. Hardeberg, *Acquisition and reproduction of color image: colorimetric and multispectral approaches*, Dissertation.com, USA, 2001
- [9] C. S. Lee, C. H. Lee, and Y. H. Ha, "Parametric gamut mapping algorithm using variable anchor points," *Journal of Imaging Science and Technology*, vol. 44, no. 1, pp. 68-73, Jan./Feb. 2000.
- [10] H. Zeng, "Gray component replacement by direct colorimetric mapping," *Proceedings of SPIE Color Imaging: Device-Independent Color, Color Hardcopy, and Graphic Arts*, San Jose, U.S.A., vol. 3963, pp. 317-322, Jan. 2000.
- [11] R. Ulichney, *Digital halftoning*, The MIT press, 1993.
- [12] H. S. Chen, M. Omamiuda, and H. Kotera, "Gamma-compression gamut mapping method based on the concept of image to device," *Journal of Imaging Science and Technology*, vol. 45, no. 2, pp. 141-151, Mar./Apr. 2001.

저 자 소 개



손 창 환(정회원)
 2002년 경북대학교 전자전기
 공학부 학사 졸업.
 2004년 경북대학교 전자공학과
 석사 졸업.
 2004년~현재 경북대학교 전자
 공학과 박사과정 재학중

<주관심분야: 디지털 칼라 프린팅, 색 재현>

조 양 호(정회원)
 제 41권 SP편 제 2호 참조

김 윤 태(정회원)
 제 40권 SP편 제 1호 참조

하 영 호(정회원)
 제 38권 SP편 제 3호 참조

