

논문 2007-44SP-6-5

잉크량 제한과 도트 가시성 순서에 기반한 6색 분리 방법

(Six-Color Separation based on Limitation of Colorant Amount and Dot Visibility Ordering)

김 중 현*, 손 창 환**, 장 인 수**, 하 영 호*

(Joong-Hyun Kim, Chang-Hwan Son, In-Su Jang, and Yeong-Ho Ha)

요 약

본 논문은 불필요한 잉크의 양을 줄이기 위하여 전체 잉크량 제한과 도트 가시성 순서에 기반한 6색 분리 방법을 제안한다. 첫 번째, 입력 RGB 이미지의 CIELAB 값이 컬러 혼합 모델을 이용하여 추정되고 미리 정한 색차 허용 범위 내의 CMYKlcm 색료의 모두 조합에 해당하는 CIELAB 값과 비교되어, 그 결과 초기 CMYKlcm 후보군이 선택된다. 그 다음, 전체 잉크량 제한이 과도하게 사용된 잉크량을 줄이기 위해 초기 CMYKlcm 후보군에 적용되고, 최후의 CMYKlcm 후보군이 C, M, Y, K, lc, lm의 도트 가시성 순서에 기반하여 어두운 영역에 사용된 붉은 사이안과 붉은 마젠타의 사용량을 줄임으로써 결정되어진다. 실험에서는 제안된 방법이 좋은 이미지 품질을 유지하면서 과도한 잉크 사용량을 줄인 것을 보여준다.

Abstract

This paper proposes a six-color separation method of reducing unnecessary usage of colorants based on the limitation of total colorant amount and dot visibility ordering. First, the CIELAB values of input RGB image are estimated through the color-mixing model and compared with pre-calculated CIELAB values corresponding to all combination of CMYKlcm colorants with a constraint of color difference, thereby selecting initial CMYKlcm candidates. Next, the limitation on total colorant amount is imposed on initial CMYKlcm candidates to remove the excessive amounts of colorants, and then final CMYKlcm candidates are determined by minimizing the usage of light cyan and light magenta in the dark region based on the dot visibility ordering of C, M, Y, K, lc, and lm. Through the experiment, the proposed method is shown to reduce the excessive amount of colorants with preserving good image quality.

Keywords : 색 분리, 가시성, 특성화

I. 서 론

디지털 카메라 및 디스플레이와 같은 디지털 영상처리 기기의 발전으로 출력 영상을 보다 원 영상과 유사하게 만드는 프린팅 기술에 대한 관심이 날로 증가하고 있다. 이와 관련된 연구 분야는 좁은 색역을 확장하고, 부드러운 계조를 표현하기 위한 Hi-Fi 프린팅 색재현

분야가 있다.

Hi-Fi 프린팅 색재현 기술은 3색 이상의 프린터의 색재현에 관한 것으로써 기존의 Cyan (C), Magenta (M), Yellow (Y) 3색 잉크에 Black (K) 잉크를 추가한 CMYK 4색 프린터, Orange (O)와 Green (G)을 추가한 CMYKOG 6색 프린터, light cyan (lc)와 light magenta (lm)을 추가한 CMYKlcm 6색 프린터의 등장으로 연구 개발되어 왔다. CMYK 4색 프린터는 CMY의 조합으로 표현되는 어두운 영역을 검은 색 잉크로 대체함으로써 그림자 영역 (shadow) 영역에서의 대비도를 높여 어두운 영역의 색역을 확장하였다. 또한, 어두운 영역을 표현하기 위해 사용된 컬러 잉크를 검은 색 잉크로 대체함으로써 비용을 절감하는 효과도 가져왔다. CMYKOG

* 정회원, ** 학생회원, 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 (School of Electrical Engineering and Computer Science, Kyungpook National University)

※ 본 논문(결과물)은 교육인적자원부, 산업자원부, 노동부의 출연금 및 보조금으로 수행한 최우수실협실 지원사업의 연구결과임.

접수일자: 2007년5월1일, 수정완료일: 2007년10월30일

6색 프린터는 CMYK 4색에 Red, Green, Blue 영역에 O와 G을 추가해서 채도를 향상시키고 색역을 확장하였다. 반면에, CMYKlcm 6색 프린터는 CMYK 4색에 붉은 잉크인 lc와 lm을 추가해서 도트 가시성을 줄인 고해상도의 영상을 재현하였다. 이러한 4색 프린터에 얽은 잉크를 추가한 6색 프린터의 보급으로 CMYK 4색 잉크를 CMYKlcm의 6색 잉크로 분리해주는 6색 분리 방법이 필요하게 되었다. 6색 분리란 4색 잉크의 양에서 6색 잉크의 양으로 분리하는 것을 말한다. 6색 분리 방법에는 크게 색차를 이용하는 방법, 밝기와 주관적인 낱알 무늬 값을 이용하는 방법, 고화질 색 재현을 위한 추가적인 잉크와 정량적인 낱알 무늬 측정자를 이용한 6색 분리 방법, 프린터 모델링 기반의 CMYKlcm 프린터의 6색 분리 방법이 있다^[1]. 색차를 이용한 색 분리 방법은 색 재현은 정확하지만, 밝은 영역에서 C과 M의 사용으로 인해 인간 시각에 거슬리는 낱알 무늬가 생기는 단점이 있다^[2]. 밝기와 주관적인 낱알 무늬 값을 이용한 색 분리 방법은 부드러운 톤을 재현하여 3색 프린트보다 높은 해상도를 얻을 수 있지만, 진한 잉크와 붉은 잉크의 색상 차이로 인해서 측색적인 오차가 밝은 영역에서 발생하며 주관적인 낱알 무늬 값의 할당으로 관찰자 의존적인 문제가 발생한다^[3]. 고화질 색 재현을 위한 추가적인 잉크와 정량적인 낱알 무늬 측정자를 이용한 색 분리 방법은 밝은 영역에서 붉은 잉크가 진한 잉크로 대체될 때, 두 잉크의 색상의 차이로 인한 측색적인 오차를 보정하기 위해 진한 잉크의 색상과 유사한 색상을 만들 수 있는 추가적인 잉크를 붉은 잉크와 함께 사용한다. 그리고 중간영역에서는 농도가 다른 두 잉크가 혼합될 때, 진한 잉크가 붉은 잉크에 비해 짙음 처럼 보이는 낱알 무늬 현상을 반영하기 위해 정량적인 낱알 무늬 측정자가 사용되었다. 이를 통해 측색적인 색재현과 부드러운 톤을 재현할 수 있게 되었다^[4]. 프린터 모델링 기반의 CMYKlcm 프린터의 6색 분리 방법은 CMYK 4차원 조합에서 CMYKlcm의 6차원의 조합으로 색을 분리하게 된다^[5]. 이때 측색적인 색 재현력을 높이기 위해 색차를 이용하여 후보군을 추출한 다음, 부드러운 계조 특성을 얻기 위해서 이 후보군내에서 밝기 값이 큰 순서인 Y, lc, lm, C, M, K에 따라서 잉크의 사용이 최대가 되도록 하는 잉크 값을 선택하여 색을 분리한다. 또한, 이 방법은 분광 반사율을 추정하여 색을 분리함으로써 동일한 색 자극치를 나타내는 여러 가지 잉크 조합의 발생 문제도 해결하였다. 이렇게 하여 측색적인 색 재현력을 높임과 동시에 시각적으로 만족

스럽고 부드러운 결과 영상을 얻을 수 있게 되었다. 그러나 이 방법은 도트의 가시성을 줄이기 위해 밝은 잉크의 순서대로 잉크의 최대 값을 사용함으로써 종이가 흡수할 수 있는 한계 이상의 잉크의 양을 출력함으로써 종이가 젖게 되는 과다 잉크 (excessive colorant)가 나타나게 되었다. 따라서 출력용지가 젖어서 눅눅하고 출력영상의 가장자리의 선명함이 떨어지며, 색 재현을 할 때 불필요한 잉크를 낭비하는 결과를 초래하였다^[6]. 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하고자 전체 잉크량 제한과 도트 가시성 순서에 기반한 과다 잉크량 감소를 위한 6색 분리 방법을 제안한다. 제안된 방법을 통해 기존의 방법에서 발생하는 과다한 잉크 사용량의 문제를 해결하여 잉크량을 절약할 수 있고 고해상도의 결과 영상을 획득할 수 있게 되었다.

II. 기존의 색 분리 방법

2.1. 프린터 모델링 기반의 CMYKlcm 프린터의 6색 분리 방법

프린터 모델링 기반의 CMYKlcm 프린터의 6색 분리 방법은 밝기 값이 큰 순서인 Y, lc, lm, C, M, K에 따라 각 잉크의 양이 최대 값이 되는 샘플 패치를 선택하여 6색 분리를 한다. 기존의 방법은 이러한 과정을 통하여 부드러운 계조 표현이 가능하다. 그러나 이미지 출력 시 K 잉크의 사용은 검은 색 잉크의 높은 도트 가시성에 의해서 기존 방법의 장점인 부드러운 계조 표현을 잘 하지 못하게 된다. 따라서 기존의 6색 분리 방법은 K 잉크를 고려하지 않은 5색을 분리한다. K 잉

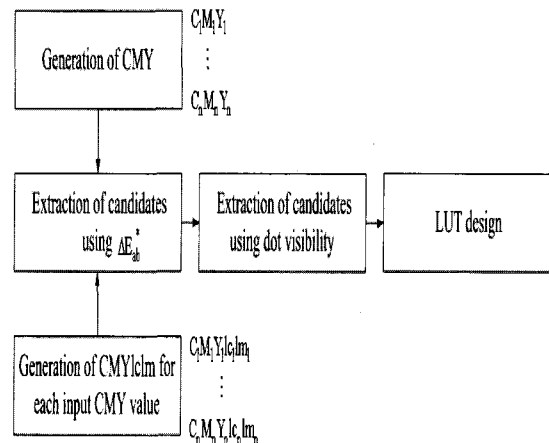


그림 1. 프린터 모델링 기반의 CMYKlcm 프린터의 6색 분리 방법
Fig. 1. Model-based six-color separation method for CMYKlcm printing.

크를 사용하기 위해서는 CMY 3색에서 CMYK 4색으로 분리하는 그레이 요소 대체 (gray component replacement) 법을 사용한다. 그림 1은 CMY에서 CMYK의 색 분리 과정을 보여 준다. 먼저, 입력 디지털 값은 CMY 채널에 대해 0에서 255까지의 단계를 n 단계로 나눈 후, 각 채널 값들의 조합으로 이루어진 n 개의 패치를 생성한다. 이렇게 만들어진 패치를 스칼라 오차 확산 법을 사용하여 출력한 후, 분광 광도계를 사용하여 CIELAB값을 측정한다. 다음 과정은 입력 디지털 값에 대한 후보군을 생성한 후 프린터 모델링 기반의 특성화 방법을 사용하여 반사율을 구한다^[7]. 이렇게 구한 반사율을 CIELAB값으로 변환한다. 그리고 앞의 과정들에서 구한 입력 디지털 값의 CIELAB값과 프린터 모델링 기반의 특성화 방법을 통해서 구한 후보군의 CIELAB값을 이용하여 두 값의 색차를 구한다. 구한 색차 값에 대하여 미리 정한 색차 값 범위 내에 해당하는 후보군을 추출한 후, 후보군을 밝기 값이 큰 순서인 Y, lc, lm, C, M에 따라 각각 잉크량의 최대 값을 가지는 샘플 패치를 선택하면 6색 분리가 완성된다. 따라서 기존의 방법은 색차를 고려하여 정확한 측색적인 색 재현을 달성하였고, 도트 가시성 순서를 도입하여 부드러운 계조를 표현하였다.

2.2. 기존 6색 분리 방법의 문제점

Agar가 제안한 프린터 모델링 기반의 CMYKlcm 프린터의 6색 분리 방법은 시각적으로도 만족스럽고 부드러운 결과 이미지를 얻는 것을 목적으로 하고 있다. 이렇게 하기 위해서 C, M, Y, K, lc, lm의 잉크 중에서 밝기 값이 큰 순서인 Y, lc, lm, C, M, K의 차례로 잉크의 양이 최대인 값이 선택되도록 하는 디지털 값을 선택한다. 이 과정에서 밝은 영역, 어두운 영역에 상관없이 과도한 잉크량을 사용하게 된다. 이 때에 종이가 흡수할 수 있는 이상의 잉크의 양을 사용함으로써 과다 잉크문제가 발생하고, 불필요한 잉크의 사용으로 잉크의 교체시기를 앞당겨 소비자들에게 비용의 부담을 주게 된다.

과다 잉크란 종이가 흡수할 수 있는 잉크의 양의 한 계치를 넘어서는 과도한 잉크를 말하는 것으로 출력 용지가 젖어 용지의 뒷면까지 잉크가 스며 나오는 현상이 발생한다^[8]. 그림 2는 과다 잉크의 예로서 실영상과 과다 잉크 현상을 보여주는 인쇄용지 뒷면의 영상이다. 그림에서 보듯이 잉크의 과도한 사용으로 출력 용지의

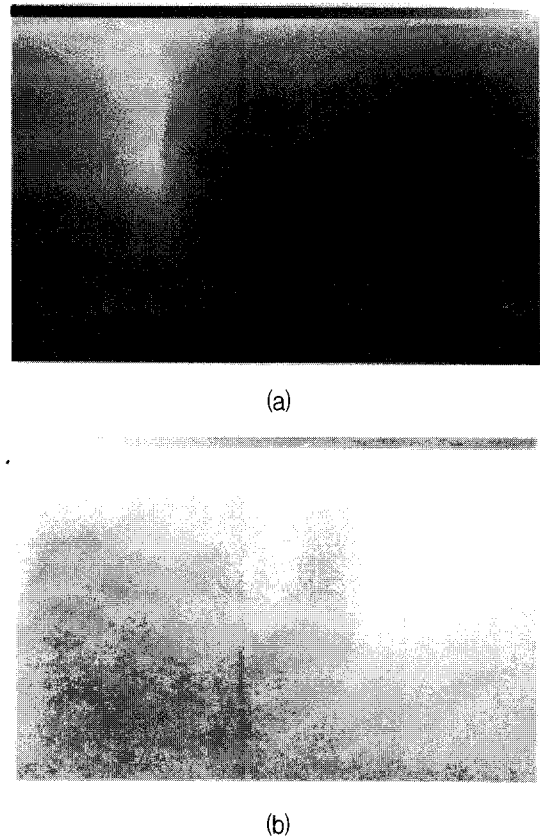


그림 2. 스펙트럼 이미지 (a) Agar의 방법 (b) 과다 잉크의 예

Fig. 2. A spectrum image; (a) Agar's method and (b) An example of excessive colorant.

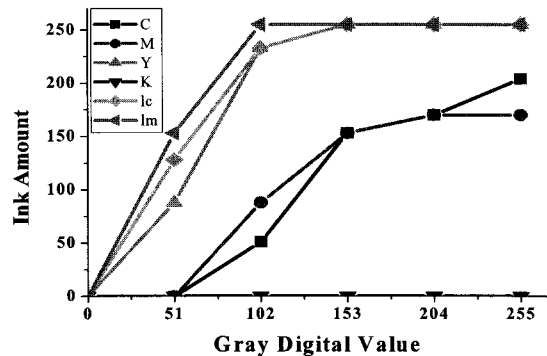


그림 3. Gray패치에 대한 포토 잉크 색 분리 곡선
Fig. 3. The photo ink separation pass for gray ramps.

뒷면까지 잉크가 스며들어 종이가 우글쭇글해 지고 잉크가 낭비된 것을 볼 수 있다. 과다 잉크 문제는 입력 패치 중 Gray 패치와 C와 M 패치의 포토 잉크 색 분리 경로 (photo-ink separation pass)를 이용하여 더욱 명확히 알 수 있다^[9]. 그림 3은 Gray 패치의 잉크 색 분리 경로를 이용하여 색 분리된 C, M, Y, K, lc, lm의 잉크량을 보여준다. 그림 3에서 Gray 디지털 값이 153보

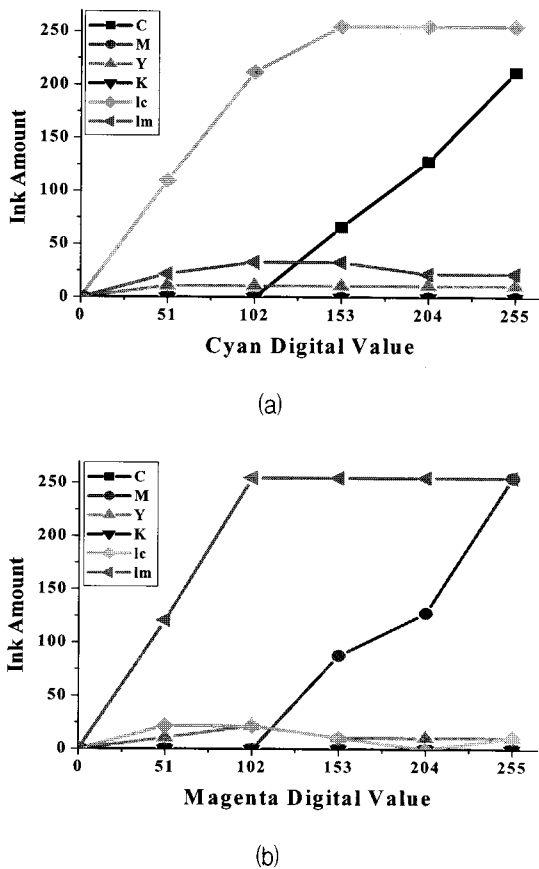


그림 4. C와 M 패치에 대한 포토 잉크 색 분리 곡선
 (a)입력 C 램프 (b) 입력 M 램프
 Fig. 4. The photo ink separation pass for Cyan and Magenta ramps; (a) input cyan ramps and (b) input magenta ramps.

다 큰 영역에서 Y, lc, lm 이 항상 최대의 잉크량을 사용하고, 나머지 잉크인 C과 M도 최대값은 아니지만 거의 최대의 잉크량을 사용하여 과다 잉크가 발생함을 알 수 있다. 그림 4는 C와 M 패치의 잉크 색 분리 경로를 이용하여 색 분리된 C, M, Y, K, lc, lm의 잉크량을 보여준다. 그림 4(a)에서 C가 153보다 큰 영역인 어두운 영역에서는 묽은 잉크인 lc 값을 사용해도 부드러운 계조 표현의 효과를 증가시킬 수 없으므로, lc 잉크의 사용은 불필요한 잉크량을 낭비한다. 이는 그림 4(b)에서 M의 경우에도 M이 102보다 큰 영역인 어두운 영역에서 그림 4(a)의 경우와 마찬가지로 불필요하게 lm 잉크량을 낭비하게 된다.

III. 제안한 CMYKlcm 프린터의 6색 분리 방법

제안한 프린터의 6색 분리 방법은 기존의 방법에서 문제가 되었던 과다 잉크를 최소화하기 위해, 전체 잉

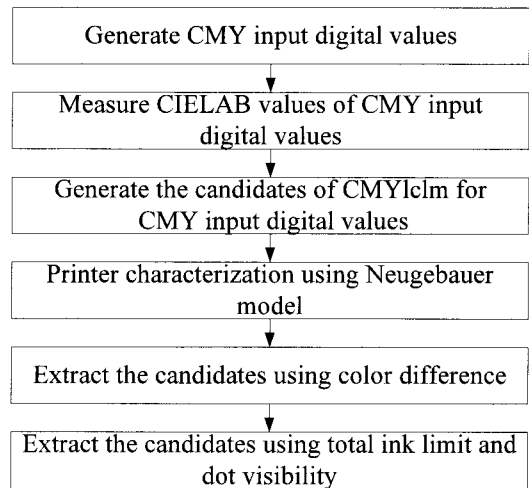


그림 5. 전체 잉크량 제한과 도트 가시성에 기반한 과다 잉크 감소를 위한 6색 분리 방법의 흐름도
 Fig. 5. Block-diagram of proposed six-color separation to reduce excessive colorant based on total ink limit and dot visibility.

크량 제한과 각 잉크의 도트 가시성을 고려하였다. 제안한 6색 분리 방법은 입력 디지털 값에 대한 후보군의 색 자극치를 추정하는 부분, 색차 공식을 이용하여 후보군을 추출하는 부분, 전체 잉크량 제한과 도트 가시성을 적용하여 최종 후보군을 추출하는 부분으로 나누어진다.

그림 5는 제안한 전체 잉크량 제한과 도트 가시성을 이용한 6색 분리 방법의 흐름도를 나타낸다. 먼저 CMY 입력 디지털 값을 생성하고 이를 이용하여 샘플 패치를 출력한다. 이를 분광광도계를 사용하여 분광 반사율을 측정 후, 인간 시각을 반영한 CIELAB값으로 변환한다. 다음 과정은 CMY 입력 디지털 값에 대한 CMYKlcm의 조합으로 이루어진 후보군을 생성한다. 생성된 후보군의 디지털 값은 Neugebauer 모델에 기반한 프린터 특성화 방법을 통해 후보군의 분광 반사율을 추정한다. 이렇게 추정된 후보군의 분광 반사율을 CIELAB값으로 변환한다. 그리고, CMY 입력 CIELAB 값에 대하여 CIELAB 공간상에서 특정 거리가 보다 작은 후보군의 CIELAB값을 추출한다. 이는 인간 시각의 기준에서 기준 색 자극과 비교되는 색 자극이 거의 같은 색 자극으로 인지되는 후보군을 추출하기 위함이다. 마지막으로, 추출된 후보군에서 밝고 어두운 영역을 포함한 전 영역에 영향을 주는 과다 잉크를 최소화하기 위해 전체 잉크량을 제한한다. 이 과정은 도트 한 개를 출력하기 위해 필요한 잉크의 총합을 제한함으로써 구현된다. 또한 lc와 lm의 어두운 영역에서도 도트 가시성에

영향을 주지 못하는 불필요한 lc과 lm의 사용을 제한하여 국부적으로 과다 잉크를 감소시킨다. 이렇게 과다 잉크 감소 과정을 통해서 선택된 최종 후보군을 참조표로 저장하여 6색 분리과정을 완성한다.

3.1. CMY 입력 디지털 값과 CMYlcm 후보군 생성

CMY 입력 디지털 값을 생성하기 위해서는 먼저 CMY 각 채널별로 샘플링 크기를 동일하게 적용하여 각 채널별로 0에서부터 255까지의 값을 n 단계로 나누어 그 조합으로 n^3 개의 디지털 값을 생성한다. 이렇게 생성된 값을 n^3 의 패치로 만들어 스칼라 오차 확산 방법으로 출력한다. 이를 분광 광도계를 사용하여 n^3 개의 입력 패치에 대한 분광 반사율과 CIELAB값을 획득한다. CMY 입력 값에 대한 CIELAB값은 CMYlcm 후보군의 CIELAB값과 색차 (color difference)의 비교를 통한 후보군의 추출과정에 사용된다. 다음 과정은 CMY 입력 디지털 값에 대한 CMYlcm의 조합으로 만들 수 있는 후보군을 생성한다. 즉, CMYlcm 잉크에 대해서 각 채널별로 19단계로 나눈 값들을 조합하여 2,476,099 (19^5) 개의 디지털 값을 만든다. CMY 입력 디지털 값보다 후보군의 디지털 잉크의 샘플링 크기를 크게 잡은 이유는 후보군의 디지털 값을 CIELAB값으로 변환하여 CIELAB 공간상에서 분포 상태를 보면, 밝은 영역의 후보군의 수가 적기 때문에 0에서 128까지를 12단계로 나누고 어두운 영역인 129부터 255까지는 7단계로 나누어 총 19단계로 후보군의 디지털 값을 생성한다.

3.2. 프린터 특성화 모델을 이용한 후보군의 분광 반사율 추정

모델링에 기반한 프린터 특성화 기법을 통하여 CMYlcm 후보군의 디지털 값을 이용하여 분광 반사율을 추정한다^[10]. 프린터 특성화 과정은 입력 장치인 모니터, 스캐너, 카메라 등의 이미지와 동일한 프린터의 출력을 장치 독립적인 공간인 CIELAB값과 장치 의존적인 값인 CMY 값 사이의 관계를 도출하는 과정이다. 이러한 프린터 특성화 과정은 측정을 기반으로 하는 방법과 모델링에 기반한 방법이 있다. 전자의 방법은 잉크 각각의 채널별 샘플링을 통해 얻어진 값들을 조합하여 만들어진 패치를 출력한 후, 이를 측정하여 장치 독립적인 공간의 값을 얻는다. 이 방법은 정확한 값을 얻을 수 있는 장점이 있지만, 더욱 정확한 값을 얻기 위해

샘플링의 크기를 크게 하면 할수록, 그에 비례해서 측정할 패치의 수도 증가하여 측정에 따른 부담, 즉, 시간이 많이 걸리게 되는 단점이 발생한다. 이에 반해 후자인 모델링에 기반한 방법은 디지털 값과 색 자극치를 모델링을 하여, 소수의 패치의 측정값을 사용하는 방법이다. 이는 측정을 기반으로 하는 방법에 비해서 정확도는 떨어지지만, CMYlcm과 같은 6색 프린터에 있어서 잉크의 개수에 따라 지수 승으로 증가하는 패치를 측정하기 위한 시간 부담을 줄일 수 있기에 이와 같은 프린터 특성화 방법을 선호하고 있다.

제안된 방법에서 사용된 프린터 특성화는 Yule Nielsen modified Spectral Neugebauer (YNSN) 모델을 이용한다. 이 모델은 Yule과 Nielsen이 흑백 프린터에 대한 시각적 도트 퍼짐현상을 고려하기 위해 수정한 Neugebauer의 방정식을 Viggiano가 컬러 중간조 (color halftone)처리 기법에 적용되도록 확장한 모델이다^[11]. 다음은 Neugebauer 방정식을 나타낸다.

$$R(\lambda) = \left[\sum_{i=1}^{64} w_i R_i(\lambda)^{\frac{1}{n}} \right]^n \tag{1}$$

$R(\lambda)$ 는 추정되는 분광 반사율이고, w_i 는 이는 잉크가 출력되는 도트 영역이다 도트 영역은 Demichel 도트 겹침의 법칙을 사용하여 개념적으로 이해될 수 있다^[12]. Demichel 도트 겹침의 법칙이란 출력 용지 및 도트 영역 상호간의 관계를 예측하기 위해 사용되는 간단한 확률관계이다. C잉크에 대한 도트 영역은 다음과 같이 계산된다.

$$c_j = \frac{\sum_{\lambda \in V} [P_W(\lambda)^{\frac{1}{n}} - R(\lambda)^{\frac{1}{n}}][P_W(\lambda)^{\frac{1}{n}} - P_C(\lambda)^{\frac{1}{n}}]}{\sum_{\lambda \in V} [P_W(\lambda)^{\frac{1}{n}} - P_C(\lambda)^{\frac{1}{n}}]^2} \tag{2}$$

이 식은 C를 제외한 나머지 M, Y, K, lc, lm 에도 같은 방식으로 사용되어 도트 영역을 계산할 수 있다. c_j 는 C의 도트 영역이고, j 은 0에서 255까지의 모든 디지털 값의 범위를 나타낸다. V 는 400nm에서 700nm에 해당하는 파장들을 나타낸다. $P_W(\lambda)^{\frac{1}{n}}$ 는 출력 용지의 분광 반사율이고, $R_c(\lambda)^{\frac{1}{n}}$ 디지털 값이 0에서 255까지 변할 때의 모든 C의 분광 반사율이며, $P_C(\lambda)^{\frac{1}{n}}$ 는 디지털 값이 최대인 즉, 255일 때의 C의 분광 반사율이다. C의 도트 영역은 측정된 분광 반사율과 추정되는 분광 반사율의 차이를 최소화함으로써 획득되는데, C의 디지털

값이 0에서 255까지 변하는 패치를 측정하여 얻은 $R(\lambda)_{\frac{1}{c_j}}$ 와 식 (1)을 이용해서 그 값을 추정한 $\hat{R}(\lambda)_{\frac{1}{c_j}}$ 을 이용하여 두 값의 차이에 제곱 승을 한 오차 값 E 를 통하여 유도된다.

$$E = \sum_{\lambda \in V} [R(\lambda)_{\frac{1}{c_j}} - \hat{R}(\lambda)_{\frac{1}{c_j}}]^2 \tag{3}$$

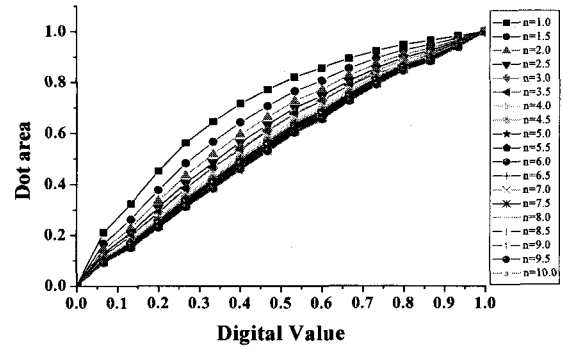
$$= \sum_{\lambda \in V} \{ R(\lambda)_{\frac{1}{c_j}} - [c_j P_C(\lambda)_{\frac{1}{n}} + (1 - c_j) P_W(\lambda)_{\frac{1}{n}}] \}^2$$

오차 값 E 를 최소화하기 위한 미분 값이 0이 되는 값은 다음과 같이 계산된다.

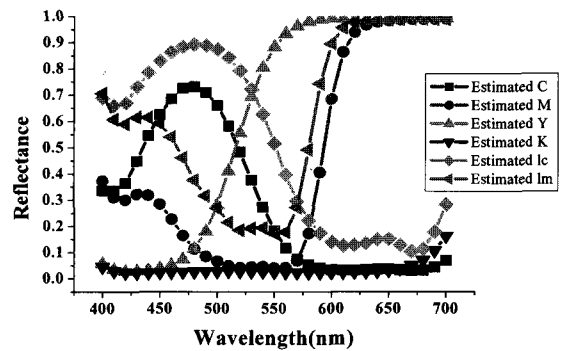
$$0 = \frac{\partial}{\partial c_j} E = \sum_{\lambda \in V} \{ R(\lambda)_{\frac{1}{c_j}} - [c_j P_C(\lambda)_{\frac{1}{n}} + (1 - c_j) P_W(\lambda)_{\frac{1}{n}}] \} \times \{ P_W(\lambda)_{\frac{1}{n}} - P_C(\lambda)_{\frac{1}{n}} \} \tag{4}$$

식 (4)를 c_j 에 관해 정리하면 식 (2)가 유도된다. $R_i(\lambda)$ 는 주파장의 분광 반사율이다. n 는 빛의 산란에 의한 도트의 퍼짐 현상을 고려하기 위해서 사용되는 Yule-Nielsen 계수이다. 이것은 도트의 퍼짐 현상에 의해 도트들이 출력될 때 도트 상호간에 간섭이 발생해서 출력 결과가 어두워지는 것을 방지하기 위해서 필요하다. 따라서 출력된 패치의 분광 반사율이란 각 잉크의 분광 반사율과 출력되는 잉크 양의 곱의 누적 합에서 도트 퍼짐현상의 영향을 최소화 값을 나타낸다. 식 (1)을 통해 미리 구한 CMYIcm 후보군의 디지털 값을 이용하여 해당 값의 분광 반사율을 추정하게 된다. 프린터 모델링 방법을 사용한 후보군의 분광 반사율 추정은 그림 6을 통해 명확히 알 수 있다. 그림 6(a)는 Yule-Nielsen 계수 n 의 값 따라 구해진 도트 영역의 변화 양상을 관찰할 수 있고, 이를 이용하여 그림 6(b)와 같이 추정 분광 반사율을 획득할 수 있다.

그림 6(a)는 0.5의 간격인 Yule-Nielsen 계수 n 값에 따라 도트 영역을 구한 것이고, 이 중에서 실험 패치를 측정하여 색차가 가장 작은 도트 영역을 분광 반사율 추정 시 사용한다. 그림 6(a)를 보면 n 이 1.0-10.0까지 변할 때 각각에 대하여 0-1.0 사이의 값으로 정규화된 디지털 입력 값에 따라 획득된 도트 영역의 값을 통하



(a)



(b)

그림 6. 추정된 도트 영역과 YNSN을 통해서 추정된 C, M, Y, B, lc, lm의 분광 반사율

Fig. 6. Estimated dot areas and reflectances of C, M, Y, K, lc, and lm.

여, 입력 디지털 값에 대한 도트 영역의 함수 관계가 비선형임을 알 수 있다. 비선형 관계의 예는 n 의 값이 1.0일 경우 입력 디지털 값이 0.5일 때 해당 도트 영역의 값은 0.8정도가 된다. 이러한 비선형 관계는 광학적 도트 퍼짐 현상 때문에 나타나게 된다. 광학적 도트 퍼짐 현상이란 빛의 산란으로 인해 종이로 입사되는 빛의 반 정도의 양이 잉크가 출력된 영역으로 나와서 전반적으로 어두워지는 현상을 의미한다. 따라서 이러한 입력 디지털 값과 도트 영역 비선형 관계가 선형관계가 되도록 하기 위해 Yule-Nielsen 계수 n 을 사용하게 된다. n 이 1.0과 3.5일 때를 비교해보면 해당 도트 영역의 값이 각각 0.8과 0.6이 됨을 관찰할 수 있다. 즉, 도트 영역의 크기가 작아져서 의도한 도트의 밝기로 변화된 것을 알 수 있다. 일반적으로 프린터 모델링 방법에서는 n 의 값이 증가되어 도트 영역의 크기가 일정하게 되는 시작점의 값이 일반적으로 도트 퍼짐 현상을 가장 잘 나타내는 값으로써 분광 반사율을 추정할 때의 Yule-Nielsen 계수 값으로 사용되게 된다. 그림 6(b)는 이러한 도트

영역과 각 잉크의 분광 반사율을 이용하여 C, M, Y, lc, lm의 분광 반사율을 획득한 것이다. 추정 분광 반사율의 파장을 400-700nm 사이의 31개의 파장으로 정한 것은 400nm 앞의 파장과 700nm 뒤의 파장에서는 분광 반사율이 잘 추정되지 않기 때문이다. 이 구간을 제외한 나머지 파장에서는 분광 반사율이 그림 6(b)과 같이 잘 추정됨을 볼 수 있다. 프린터 모델링 방법에 의해서 추정된 CMYlcm 후보군의 분광 반사율은 균등한 색 공간인 CIELAB공간으로 변환된다. 이를 위해서는 먼저 색 자극치를 나타내는 CIEXYZ값으로 변환 후, 균등한 색 공간인 CIELAB공간으로 변환된다.

3.3. 색차를 이용한 CMYlcm 후보군 추출

색 분리의 관점에서 보면, 장치 독립적인 공간에서 기준이 되는 입력 값과 색 분리되는 후보군과의 관계를 정립하는 것이 중요하다. 이는 입력 값과 색 분리되는 후보군의 관계가 색 재현적인 관점에서 같아야 하기 때문이다. 이와 같은 목적을 이루기 위하여 입력 CMY와 CMYlcm 후보군 디지털 값을 CIELAB값으로 변환하였다. 다음 과정은, 이렇게 획득된 값을 통하여 입력 값과 시각적으로 비슷한 값을 추출하고자 한다. 색차는 CIE1976 색차 공식에 기반하여 다음과 같이 계산된다.

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

$$\Delta L^* = L_s^* - L_c^*$$

$$\Delta a^* = a_s^* - a_c^*$$

$$\Delta b^* = b_s^* - b_c^*$$
(5)

여기서, L_s, a_s, b_s 은 입력 값의 CIELAB값이고, L_c, a_c, b_c 은 후보군의 CIELAB값이다. 식 (5)을 이용하여 입력 값과 색차가 작은 후보군의 CIELAB값은 다음과 같이 추출된다.

$$\Delta E_{ab}^* < C$$
(6)

여기서, C 는 입력 값과 후보군의 색 자극치의 한계 허용치이고, 본 논문에서는 C 값을 5로 정하였다. 그 이유는 색차가 5미만일 경우 인간 시각이 구별하기 어려운 문턱치 값이고, 입력 값에 대해 많은 후보군의 자극치를 얻을 수 있기 때문이다.

그림 7은 이러한 과정을 도식화한 것이다. 그림에서 보이는 세 개의 원 안의 세 점은 각각 CMY 입력의 CIELAB 값이고, 이 값들의 주위의 값들은 색차가 5미만인 CMYlcm의 후보군에서 추출된 값들이다. 이렇게

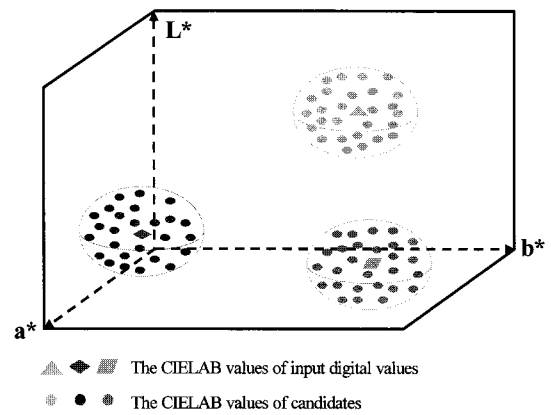


그림 7. 색차를 이용한 후보군의 추출
Fig. 7. The extraction of candidates using color difference metric.

추출된 값들은 측색적인 관점에서 동일한 색 자극치를 가진다. 즉, 인간 시각은 이 값들을 같은 색으로 인지한다.

3.4. 잉크 사용량과 도트 가시성에 기반한 과다 잉크 제거

과다 잉크 제거의 목적은 이미지 품질을 유지하면서 불필요한 잉크량을 통제하는데 있다. 이를 통해 소비자의 비용부담을 줄이고, 출력할 수 있는 한계 장수를 높일 수 있다. 과다 잉크의 제거 과정은 먼저 전체 잉크량을 제한하여 과다 잉크 현상을 일으키는 값이 선택되는 것을 방지한다. 전체 잉크량의 제한은 다음과 같이 계산된다.

$$TotalCA = C + M + Y + lc + lm$$

$$TotalCA = T$$
(7)

여기서, $TotalCA$ 는 도트 한 개를 출력하기 위한 잉크의 총합으로 정의되며, T 는 전체 잉크량을 제한하기 위한 문턱치이며 잉크의 총합을 나타낸다. 제안한 방법에서는 T 값을 650으로 정하였는데 이는 전체 잉크량이 650을 넘을 경우, 과다 잉크 현상이 발생하기 때문이다^[13]. 이러한 전체 잉크의 제한량은 잉크가 과도하게 사용되어 출력 용지가 젖어 눅눅하게 되는 시점과 출력되는 이미지 품질과의 상호관계를 고려하여 선택되었다. 제안된 방법의 이점은 그림 3의 포토 잉크 분리 경로에서 lc와 lm의 잉크량을 그림 8의 포토 잉크 분리 곡선의 lc와 lm의 잉크량과 비교하여 관찰함으로써 알 수 있다. 그림 8은 제안한 방법을 사용하여 Gray 패치에서 도트 한 개가 출력될 때의 전체 잉크량을 650미만으로 줄였다. 특히, lc와 lm의 잉크량이 각각의 Gray 디

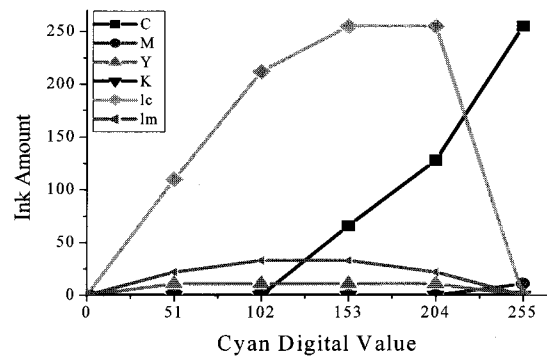
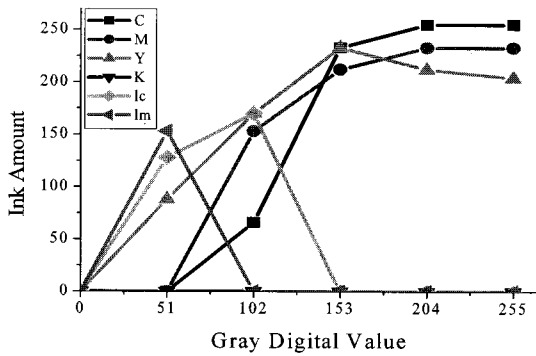


그림 8. Gray 램프에 대한 과다 잉크를 감소시킨 포토 잉크 분리 곡선

Fig. 8. The photo ink separation pass reducing excessive colorants for gray ramps.

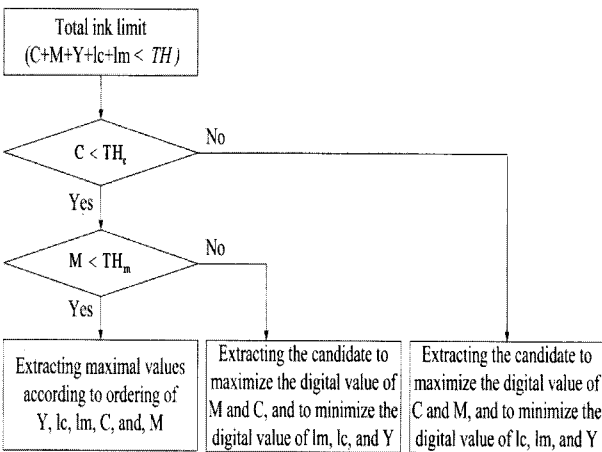


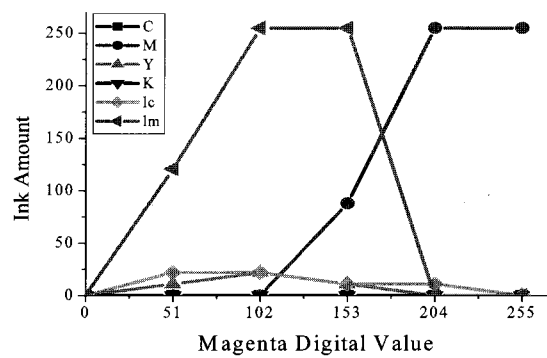
그림 9. 과다 잉크를 줄이기 위한 흐름도

Fig. 9. Block-diagram for reduction of the excessive colorant.

지털 값인 153과 102에서 0이 되어, 그림 3의 lc와 lm의 잉크량보다 잉크 소비량을 줄일 수 있었다. 이를 통해, 과다 잉크를 제거하기 전보다 더 많은 잉크량을 절약한 것을 확인할 수 있다. 전체 잉크량의 제한을 고려해도 어두운 영역에서 lc와 lm값의 사용으로 인해 여전히 불필요한 과다 잉크 현상이 발생하게 된다. 이러한 과다 잉크를 줄이기 위해서 lc와 lm의 영역에 따라 도트 가시성 순서를 다르게 적용하였다. 이러한 이유는 그림 4(a)와 4(b)의 C와 M의 포토 잉크 분리 경로를 보면, C의 경우 153, M의 경우 102보다 값이 클 때 어두운 영역에서 lc와 lm의 불필요한 잉크를 사용하게 되기 때문이다. 따라서 C와 M의 최대 잉크값인 TH_c 과 TH_m 을 기준으로 도트 가시성을 줄이는 과정을 다르게 적용하는 방법을 제안하고자 한다.

그림 9는 과다 잉크를 줄이기 위한 과정이다. C와 M의 최대 값을 기준으로 C의 경우 TH_c 보다 작고, M의

(a)



(b)

그림 10. C와 M 램프에 대한 과다 잉크를 감소시킨 포토 잉크 분리 곡선 (a)C 입력 램프 (b)M 입력 램프

Fig. 10. The photo ink separation pass reducing excessive colorants for Cyan and Magenta ramps; (a) input cyan patches (b) input M patches.

경우는 TH_m 보다 작을 때는 불필요한 lc와 lm 잉크가 사용되지 않으므로, 이 범위는 밝은 영역에서 도트 가시성을 고려하기 위하여 밝기 값이 큰 순서 그대로 최대의 잉크량을 가진 디지털 값을 선택한다. 그리고 C가 TH_c 보다 크고 M이 TH_m 보다 작을 때는 C를 사용하는 부분이 어두운 영역이라고 판단하여, 도트 가시성의 기준에서 어두운 영역에의 묽은 잉크의 사용은 도트 가시성의 감소효과가 거의 없기 때문에 진한 잉크인 C와 M은 C, M의 순서로 최대의 잉크 값을 선택하고 lc, lm, Y의 순서로 최소 잉크 값을 선택함으로써 묽은 잉크의 사용을 줄여, Cyan ramp일 때 C가 많이 출력되게 한다. 또한 C이 TH_c 보다 작고 M이 TH_m 보다 큰 영역에서는 M을 사용하는 부분을 어두운 영역이라고 판단하여, 앞의 방법과 같지만 순서만 다르게 하여 진한 잉크인 M과 C는 M, C의 순서로 최대 잉크 값을 선택하고 lm, lc, Y의 순서로 최소 잉크 값을 선택함으로써 묽은

잉크의 사용을 줄여, Magenta ramp일 때 M이 많이 출력되게 한다. 마지막으로 C가 TH_c 보다 크고 M이 TH_m 보다 큰 영역일 때는 C와 M이 모두 어두운 영역에서 사용된다고 판단한다. 이 때는 도트 가시성이 더 큰 M보다 좀 더 도트 가시성이 작은 C값의 사용을 우선시하여, 진한 잉크의 경우 C, M의 순서로 최대의 잉크 값을 선택하고, 묽은 잉크인 경우는 lc, lm, Y의 순서로 최소 잉크 값을 선택한다. 그림 4(a)와 4(b)를 그림 10과 비교하여 C와 M의 포토잉크 분리 곡선에서 각각 lc와 lm의 곡선 변화를 관찰하여 확인할 수 있다. 그림 10에서 C의 경우 lc의 잉크량이 Cyan 디지털 값이 255가 되었을 때 0이 되었고, M의 경우 lm의 잉크량이 Magenta 디지털 값이 204가 되었을 0가 되어 불필요한 lc와 lm의 잉크량을 줄여 과다 잉크가 제거되었다.

IV. 실험 및 고찰

실험에는 6색 잉크젯 프린터로 EPSON STYLUS PHOTO700, 잉크젯 용지로 EPSON PHOTO QUALITY INK JET PAPER를 사용하였다. 정량적인 평가는 색차의 계산과 전체 잉크량의 계산을 위해서 각각 CMY 입력에 대한 CMYlcm 후보군의 CIELAB값과 디지털 값을 사용하였고, 도트 가시성을 계산하기 위해 Agar의 방법과 제안된 방법을 이용해서 구한 각각 216개의 출력 이미지를 이용하였다. 과다한 잉크 사용량을 줄인 결과 이미지와 출력영상의 가장자리의 선명함을 비교하기 위해서 칼라 room과 blue house 이미지가 사용되어 Agar의 방법에 대한 제안된 방법의 성능을 평가하였다.

4.1. 제안된 방법의 객관적 성능 평가

제안한 전체 잉크량 제한과 도트 가시성에 기반한 6색 분리 방법은 6색 분리된 결과인 216개의 디지털 값에 대하여 색차, 총 잉크량, 도트 가시성을 이용하여 객관적인 성능 평가를 하였다. 색차는 CIE1976 색차 공식을 사용하고, 총 잉크량은 Agar 방법을 사용하여 획득한 CMYlcm 후보군 216개의 색 분리된 각각의 디지털 값의 합의 총합을 100%의 잉크 사용량으로 보고, 제안된 방법으로 색 분리된 216개의 디지털 값의 총합을 이용하여 Agar의 방법으로 얻은 디지털 값의 총합에 대하여 상대적인 백분율 값을 계산한다. 이로써 Agar방법에 비해서 제안된 방법이 실질적으로 어느 정도의 잉크량을 절약할 수 있는지 정량적인 기준에서 판단할 수

있다. 도트 가시성은 Agar의 방법과 제안된 방법을 사용하여 획득한 후보군 CMYlcm 216개의 디지털 값을 출력하여 스캔한 이미지를 인간의 공간 칼라 민감도를 고려할 수 있는 S-CIELAB 공간에서 밝기 값으로 변환한다. 획득된 밝기 값은 도트 가시성을 정량적으로 계산하기 위해 다음과 같이 사용된다.

$$L_{sd} = \sqrt{\frac{\sum_i \sum_j (L_{i,j} - L_{mean})^2}{N}} \quad (8)$$

$$DV_i = 100 \times \frac{L_{sd} - \min_i}{\max_i - \min_i}, i = 0 \sim 215 \quad (9)$$

여기서, L_{sd} 는 밝기 값을 이용한 표준편차이다. $L_{i,j}$ 와 L_{mean} 은 각각 패치에 대한 각 픽셀의 밝기 값과 밝기 값의 평균이며, N 은 픽셀 수이다. 도트 가시성은 식 (8)을 이용하여 구한 밝기 값의 표준 편차를 식 (9)을 통하여 0-100 사이의 값으로 정규화한 값으로 정의된다. 이렇게 정규화한 값들의 합을 사용된 이미지의 개수로 평균한 값이 Agar의 방법과 제안된 방법의 도트 가시성을 정량적으로 계산한 값이 된다.

앞에서 정량적으로 구한 색차, 총 잉크량, 도트 가시성의 계산 값은 다음의 표 1에서 Agar의 방법과 제안된 방법으로 나누어 비교 평가된다. 이 결과를 보면 Agar의 방법과 제안된 방법은 색차에 기준에서 보면 그 차이가 0.21정도로 인간 시각적으로 보기에는 비슷하게 인지되며, 총 잉크량의 관점에서 보면 제안된 방법이 Agar의 방법보다 32%정도 잉크량을 줄일 수 있었다. 도트 가시성의 차이는 3정도가 나지만 이는 인간 시각에는 거의 같은 결과로 인식된다.

표 1. 정량적인 평가 결과

Table 1. The quantitative evaluation.

Method	Color Difference	Total Ink Amount (%)	Dot Visibility
Agar's method	4.54	100	40.18
Proposed method	4.33	68	43.44

4.2. 실영상을 이용한 주관적인 화질 평가

실험에서는 칼라 room, blue house 이미지를 사용하였다. 그림 11의 room 이미지와 그림 12의 blue house 이미지는 Agar의 방법과 제안된 방법을 사용하여 각각 과다한 잉크량이 사용되기 전과 후의 출력이미지의 앞

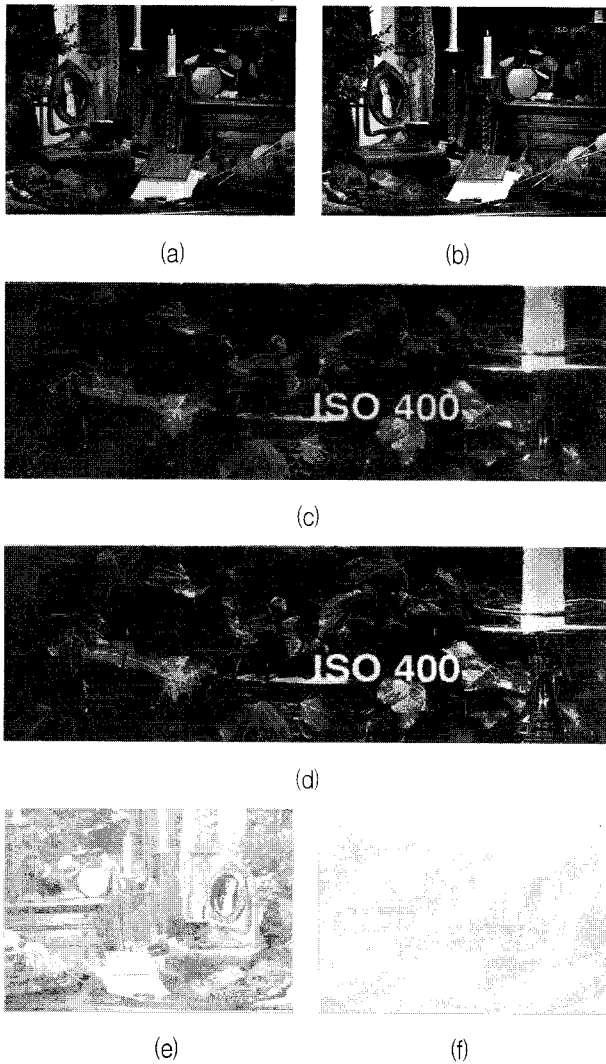


그림 11. Room 이미지의 6색 분리 결과; Agar의 방법 (a) 앞면 (c)잘라낸 부분 (e)뒷면, 제안된 방법 (b)앞면 (d)뒷면 (f)잘라낸 부분

Fig. 11. The results of six-color separation for a 'room' image; (a) and (b) the resulting images, (c) and (d) cropped images, and (e) and (f) the reverse side of the resulting images for Agar's method and the proposed method, respectively.

면과 뒷면을 비교하였다. 또한 앞 부분을 확대한 이미지를 이용하여 이미지의 가장자리의 선명함을 비교하였다. 그림 11(b)의 room 이미지를 보면 좌측 위쪽의 꽃이 그림 11(a)와 약간은 다르게 보이지만, 전체적으로는 그림 11(a)의 Agar의 방법에 의한 결과와 비슷한 이미지 품질을 보여준다. 그림 11(e)와 11(f)의 room 이미지의 인쇄용지 뒷면을 비교하면 제안된 방법이 사용된 그림 11(f)가 Agar의 방법이 사용된 그림 11(c)에 비해 과다 잉크를 최소화시켜 과다 잉크로 인한 인쇄용지 뒷면에 잉크가 스며드는 현상을 줄이고, 종이가 눅눅하게 젖은 표시가 많이 사라진 것을 볼 수 있다. 게다가 앞

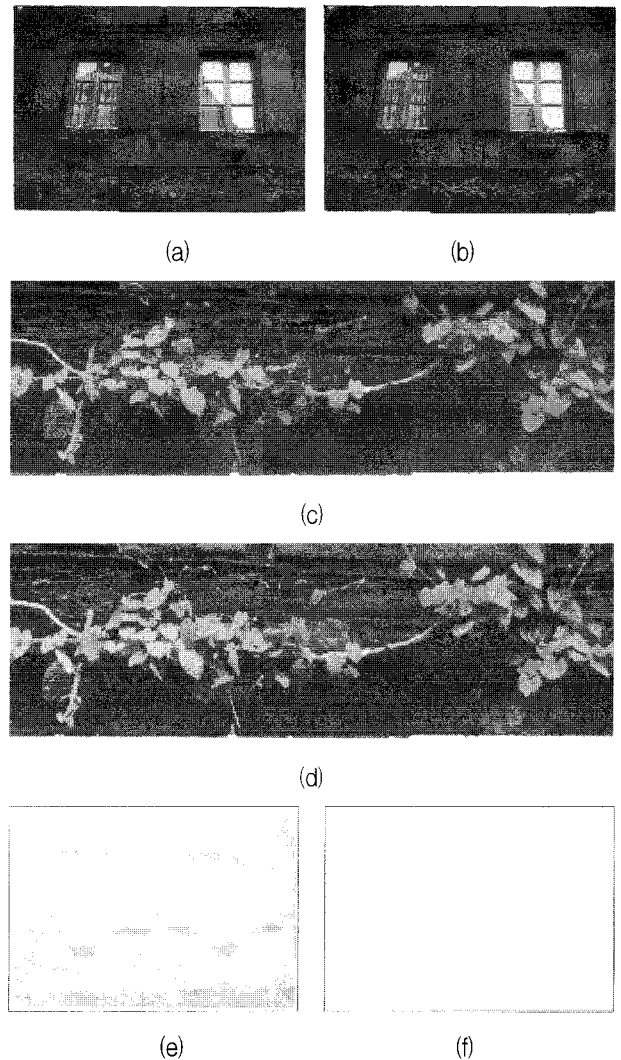


그림 12. Blue house 이미지의 6색 분리 결과; Agar의 방법 (a) 앞면 (c)잘라낸 부분 (e)뒷면, 제안된 방법 (b)앞면 (d)잘라낸 부분 (f)뒷면

Fig. 12. The results of six-color separation for a blue house image; (a) and (b) the resulting images, (c) and (d) cropped images, and (e) and (f) the reverse side of the resulting images for Agar's method and the proposed method, respectively.

부분을 확대한 그림 11(c)와 11(d)의 앞을 관찰해보면, 제안된 방법을 사용한 그림 11(d)의 앞의 가장자리가 좀 더 선명하게 표현된 것을 확인할 수 있다. 그림 12의 Blue house의 결과 이미지인 12(a)와 12(b)는 그림 11 room의 결과 이미지와 같이 Agar의 방법과 제안된 방법이 모두 만족스러운 결과를 보여준다. 인쇄용지의 뒷면인 그림 12(e)와 12(f)에서는 제안된 방법을 사용한 그림 12(f)가 과도하게 사용된 잉크량을 줄인 것을 관찰 가능하다. 하지만 앞 부분을 확대한 그림 12(c)와 12(d)를 보면 Agar의 방법에 비해 제안된 방법을 사용한 그림 12(d)의 앞의 가장자리가 좀 더 선명하고 앞 주위의

나무도 좀 사실적으로 표현됨이 관찰가능하다. room, blue house의 실사 이미지를 통해 제안된 방법이 Agar의 방법을 사용함으로써 발생하는 인쇄용지의 뒷면까지 잉크가 침투하는 문제와 결과 이미지의 가장자리가 흐릿하게 표현되는 문제를 효과적으로 해결할 수 있음을 관찰할 수 있었다.

V. 결 론

본 논문에서는 과도한 잉크 사용으로 인한 과다 잉크 문제를 분석하고 이로 인한 문제를 최소화 하는 6색 분리 방법을 제안하였다. 기존의 방법인 Agar가 제안한 프린터 모델링 기반의 CMYKlcm 6색 분리 방법은 시각적으로 만족스러운 계조 특성이 나타나는 결과 이미지를 얻을 수 있지만 이 과정에서 과도한 잉크량을 사용함으로써 종이가 흡수할 수 있는 잉크의 양의 한계치를 넘어서게 되어 의도하지 않은 결과로써 출력 용지가 젖어 잉크가 용지 뒷면으로 스며 나올 뿐만 아니라 출력 이미지의 가장자리가 흐리게 되어 이미지 품질이 떨어지게 되었다.

따라서 제안한 방법은 Agar의 방법에서 발생한 과다 잉크 문제의 해결에 중점을 두었다. 과다 잉크 문제는 전역적인 관점과 국소적인 관점으로 나누어 해결하였다. 전역적인 관점에서는 전체 잉크량에 제한을 두어 우선적으로 과다 잉크 문제를 해결할 수 있었고, 국소적인 관점에서는 불필요하게 사용되는 lc와 lm의 사용을 적절히 통제함으로써 이를 해결하였다. 과다 잉크 문제는 이미지의 품질을 고려하기보다 소비자의 입장을 고려하였다. 출력된 이미지의 가장자리의 선명함을 표현하는데 있어서는 Agar의 방법보다 제안된 방법이 좀 더 출력 이미지의 가장자리를 선명하게 표현 가능 하지만 전체적인 이미지 품질은 비슷한 것을 관찰할 수 있다. 하지만 잉크 사용량에 있어서는 제안된 방법이 보다 더 유리하다. 이는 잉크 총 소비량의 관점에서 보면 더욱 알기 쉽다. 총 잉크 소비량이 32%나 줄어든 것은 소비자 입장에서는 같은 품질의 영상을 더 많이 출력할 수 있게 되기 때문이다. 제안한 방법은 기존 방법과 비교하여 이미지 품질 면에서 거의 비슷하고, 연산 속도는 같다. 제안한 방법은 실제 프린터에 적용 시 부드러운 계조 및 영상의 가장자리를 좀 더 선명하게 잘 표현할 뿐만 아니라 적정량의 잉크만을 사용함에 따라 잉크의 낭비를 최소화한 방법을 제시하였다.

그러나 제안된 방법은 기존의 방법에 비해 적은 양

의 잉크로 부드러운 계조 표현이 가능하지만 색역이 기존의 O와 G를 추가한 6색 프린터보다는 좁다. 추후의 연구에서는 부드러운 계조 표현이 가능할 뿐만 아니라 좁은 색역을 좀 더 확장하는 방법이 제시되어야 할 것이다.

Acknowledgments

본 논문(결과물)은 교육인적자원부, 산업자원부, 노동부의 출연금 및 보조금으로 수행한 최우수실험실지원사업의 연구결과입니다.

참 고 문 헌

- [1] Y. C. R. S. Berns, L. A. Taplin, and F. H. Imai, "A multi-ink color-separation algorithm maximizing color constancy," Proc. IS&T/SID Eleventh Color Imaging Conference: Color Science and Engineering, Scottsdale, U.S.A., pp. 277-281, Nov. 2003.
- [2] C. H. Son, Y. T. Kim, C. H. Lee, and Y. H. Ha, "Six color separation for improving graininess in a middle tone region," Electronic Imaging 2004, San Jose, U.S.A., vol. 5293, pp. 110-120, Jan. 2004.
- [3] 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. 6,172,692, Jan. 2001.
- [4] C. H. Son, Y. H. Cho, C. H. Lee, and Y. H. Ha, "Six color separation using additional colorants and quantitative granularity metric," Journal of Imaging Science and Technology, vol. 50, 1, pp. 25-34, Jan./Feb. 2006.
- [5] A. U. Agar, "Model based color separation for CMYKcm printing," Proc. IS&T/SID Ninth Color Imaging Conference: Color Science and Engineering, Scottsdale, U.S.A., pp. 298-302, Nov. 2001.
- [6] K. E. Spaulding, D. W. Couwenhoven, and R. L. Miller, "Colorant reduction method for digital images," U.S. patent, no. 6,407,825, Jun. 2002.
- [7] R. Balasubramanian, "Optimization of the spectral Neugebauer model for printer characterization," Journal of Electronic Imaging, vol. 8, no. 2, pp. 156-166, Apr. 1999.
- [8] Y. Chen, R. S. Berns, and L. A. Taplin, "Six color printer characterization using an optimized cellular yule-nielsen spectral neugebauer model,"

- Journal of Imaging Science and Technology, vol. 48, no. 6, 519-528, Nov. 2004.
- [9] Y. X. Noyes, J. Y. Hardeberg, and A. M. Mosalev, "Lineariation curve generation for CcMmYK printing," Proc. IS&T/SID Eighth Color Imaging Conference: Color Science and Engineering, Scottsdale, U.S.A., pp. 247-251, Nov. 2000.
- [10] L. A. Taplin and R. S. Berns, "Spectral color reproduction based on a six-color inkjet output system," Proc. IS&T/SID Ninth Color Imaging Conference: Color Science and Engineering, Scottsdale, U.S.A., pp. 209-213, 2001.
- [11] J.A.C Yule and W.J. Nielsen, "The penetration of light into paper and its effect on halftone reproduction," Proc. TAGA, vol. 4, pp. 66-75, 1951.
- [12] M. E. Demichel, "No title," Procédé 26, French, 17-21, 26-27, 1924.
- [13] K. E. Spaulding, R. L. Miller, and D. W. Couwenhoven, "Method for multicolorant printing of digital images using reduced colorant amounts," U.S. patent, no. 6,435,657, Aug. 2002.

 저 자 소 개



김 중 현(정회원)
 2005년 금오공과대학교
 전자공학부 학사 졸업.
 2007년 경북대학교 전자공학과
 석사 졸업.
 <주관심분야 : 프린터와 디스플레이의 특성화 및 색 재현>

손 창 환(학생회원)
 대한전자공학회 논문지
 제44권 SP편 제 4호 참조

장 인 수(학생회원)
 대한전자공학회 논문지
 제44권 SP편 제 2호 참조

하 영 호(정회원)
 대한전자공학회 논문지
 제38권 SP편 제 3호 참조