

스캐너와 평균 밝기를 이용한 프린터 출력물의 색 균일도 추정

김지홍[†], 최두현^{**}

요 약

컬러 프린터의 성능을 결정하는 여러 요소 중 색 균일도는 프린터의 개발 단계에서나 완제품의 성능 평가 지표로 중요한 항목이다. 개발 현장에서는 현재 농도계를 사용하여 수동으로 색 균일도를 측정하고 그 측정 결과를 분석하여 성능을 평가한다. 본 논문에서는 스캐너와 평균 밝기를 사용하여 색 균일도를 자동으로 추정하는 방법을 제안한다. 제안된 방법은 기존의 방법에서 사용하는 패턴과 스캐너를 이용하여, 위치에 따른 색 균일도를 추정하며, 실험을 통해 추정된 데이터가 농도계로부터 측정된 농도와 유사함을 보인다. 아울러 균일도에 대한 분석과 함께 현재 판매되고 있는 프린터와 스캐너를 이용하여 제안한 알고리즘의 유용성을 검증한다.

Color Uniformity Estimation of Printouts Using a Scanner and Average Brightness

Ji-Hong Kim[†], Doo-Hyun Choi^{**}

ABSTRACT

Among many factors for evaluating the performance of color printers, the color uniformity is an important factor during the stage of development and mass production. Currently the color uniformity is measured manually using densitometers and the data is analyzed by inspectors to evaluate the performance. In this paper a new method of estimating the color uniformity using scanners and average brightness is presented. The color uniformity of printouts is estimated by using the test pattern and commercially available scanner. It is shown from experiments that the estimated data are similar to the data measured by densitometers. Also, with the analysis of the color uniformity, the usefulness of the proposed approach is presented.

Key words: Color Uniformity(색 균일도), Printout(출력물), Average Brightness(평균 밝기)

1. 서 론

프린터는 컴퓨터나 디지털 카메라 또는 휴대 전화의 출력 장치 중의 하나로서, 디지털 데이터로 저장된 자료를 종이에 인쇄하는 장치이다. 초기의 프린터는 단순히 디지털 데이터를 종이에 출력하는 장치에

불과하였지만, 보다 나은 출력물을 생성하기 위해 하드웨어와 내부 소프트웨어가 점차 보강되고 있다. 프린터의 하드웨어는 종이 위에 화상을 보기 좋은 품질로 인쇄하는 현상부와 용지를 이동시켜주는 구동부로 나눌 수 있으며, 내부 소프트웨어는 출력 화질을 최상으로 변환하는데 직접적으로 관여하는 소프트

※ 교신저자(Corresponding Author): 최두현, 주소: 대구시 북구 산격동(702-701), 전화: 053)950-5508, FAX: 053)950-5508, E-mail: dhc@ee.knu.ac.kr
접수일: 2009년 5월 7일, 완료일: 2009년 6월 5일

[†] 정희원, 동의대학교 영상정보공학과 부교수
(E-mail: arim@deu.ac.kr)

^{**} 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 부교수

웨어와 구동 및 초기화에 필요한 펌웨어 부분들로 구성된다. 지금까지 보다 나은 출력 결과와 가격 경쟁력을 확보하고 출력 화질에 대한 평가를 위한 다양한 연구들이 수행되었다. 이들을 분류하면, 프린터 하드웨어 개선에 대한 연구[1], 출력물의 화질 개선에 관한 연구[2,3], 토너 성분을 개선하기 위한 연구[4], 용지에 따른 화질 및 해상도 비교 및 자동화된 화질 평가와 개선에 관한 연구[5-8] 등이 있다.

본 논문에서는 프린터 출력물의 농도 균일도(uniformity)에 관해 다룬다. 기존에는 개발단계에서 농도계를 사용하여 수동 혹은 반자동으로 농도를 측정하고, 그 값을 프린터 양산 시 양품과 불량품을 구별하는 기준으로 삼는다. 농도 균일도에 대한 기준은 프린터 모델과 농도 측정 장치에 따라 달라지며, 생산자마다 독자적인 측정 방법과 판단 기준을 적용하여 생산에 활용하고 있다. 기존의 시험 환경은 측정기로 프린터 출력물의 농도를 일일이 측정하고 그 평균치로 결과를 판단하는 방식으로 이루어지며, 이에 따라 많은 시간이 소요될 뿐 아니라 결과 값의 객관성을 확보하기도 어렵다. 본 논문에서는 이러한 시스템을 개선하여, 스캐너를 사용한 균일도 자동 측정법을 제안하고자 한다. 아울러 기존의 균일도 판별법인 농도계를 사용한 측정치를 비교, 제시하여 제안한 방법이 우수함을 검증하고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2장에서는 컬러 레이저 프린터의 인쇄 시스템을 간략하게 소개하고, 기존의 농도 균일도 측정 방법을 소개한다. 그리고 제 3장에서 균일도를 자동으로 판별하기 위해 제안한 방법을 설명하고, 제안된 방법을 이용한 농도 측정 결과를 제시한다. 끝으로 제 4장의 결론으로 논문을 맺는다.

2. 프린터 시스템 소개 및 기존 농도 측정법

2.1 프린터의 인쇄 시스템

일반적인 레이저 프린터에서 용지 급지에서 최종 출력물이 나올 때까지의 과정을 그림 1에 간단히 나타내었다. 이 과정은 총 7단계로 구성되며, 특히 현상 프로세스는 7단계 중 2단계에서 5단계에 이르는 4개의 단계에서 이루어진다[7].

먼저 1단계에서 용지 공급이 이루어지면, 전자 사전(Electro-Photos)을 만들어 내는 첫 과정인 2단계

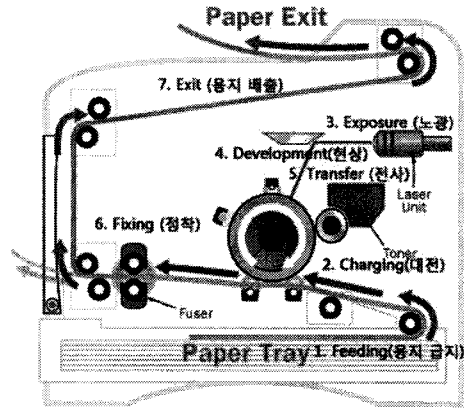


그림 1. 프린터 내부 인쇄 시스템(7)

의 대전(Charging) 단계에서 OPC(Organic Photo Conductor) drum의 표면을 마이너스 전압으로 만든다. 3단계인 노광(Exposure) 단계에서는 컴퓨터에서 프린터 드라이버를 통하여 받은 분화상 영역에 필요한 각각의 망점(dot) 한 개씩의 정보를 받아 인쇄될 부분에 빛을 조사하여 양의 전압으로 OPC drum에 인쇄될 부분에만 빛을 조사해 준다. 이어서 4단계인 현상(Development) 단계에서는 노광을 통하여 OPC drum 표면에 인쇄될 부분에만 토너가 남고 노광되지 않은 부분의 토너는 이탈하여 인쇄 필요 면에만 토너를 없앤다. 5단계인 전사(Transfer) 단계에서는 현상 부를 지나며 토너가 종이 위에 고정되도록 하는데, 이는 용지가 배출된 후 특정 영역의 토너가 일부 이탈하여 농도가 흐려지는 것을 막기 위한 작업이다. 이후, 정착(Fixing) 과정을 거치고 최종적으로 용지를 배출(Exit)하게 된다.

2.2 기존 농도 측정법

출력된 프린터 결과물의 성능을 평가하는 과정은 다음과 같다. 먼저 미리 정해진 특정한 패턴을 출력한 후 그림 2에 나타난 스펙트로 아이 또는 스펙트로 리노와 같은 농도 측정 장비를 이용하여 그 패턴의 농도를 측정한다. 이러한 농도 측정 전용 장비는 먼저 출력물의 흰색 부분에서 0점 조정 후 피측정 영역의 농도를 측정한다. 그 결과를 분석하여 농도 흐름, 가로 방향 혹은 세로 방향 때, 농도 불균일 등과 같은 농도 관련 결함들을 분석하고, 필요하면 프린터에 대한 하드웨어 또는 소프트웨어적인 보안을 하게 된다.

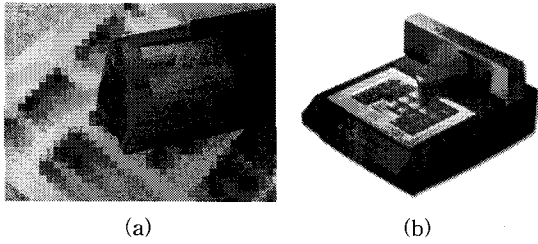


그림 2. 농도 측정 장비(7,9) (a) 스펙트로 아이, (b) 스펙트로 리노

농도 균일도를 파악하기 위해 주로 사용하는 패턴은 그림 3과 같이 용지의 왼쪽 상단, 오른쪽 상단, 중앙, 왼쪽 하단, 오른쪽 하단에 순수한 Cyan, Magenta, Yellow, Black의 색으로 표현된 패턴을 사용한다. 이를 프린트가 제공해 주는 해상도로 출력한 후 그림 2와 같은 농도계를 이용하여 수동으로 측정하고 분석한다. 측정할 때는 각 색의 영역을 다시 작은 영역으로 분할하여 영역들의 전체 평균값과 허용 오차들을 산정한다. 정상 제품 혹은 상위 제품의 영역 평균값과 편차를 먼저 확인한 후 이를 기준으로 여러 출력물의 성능을 평가한다. 이러한 성능 평가는 다시 시스템의 하드웨어적인 혹은 소프트웨어적인 결함을 수정하는데 활용된다.

그림 3의 패턴과 그림 2의 농도 측정용 장비를 이용하여 수동 방식으로 출력물의 색 균일도를 측정하여 만든 농도 균일도 스펙의 한 예를 표 1에 나타내었다. 100% 색상에 대한 각 컬러의 농도 평균값과 편차를 표시하였는데, 이는 농도계의 종류와 사용자의 숙련도에 따라서 다소간의 오차가 존재한다. 그림 4에

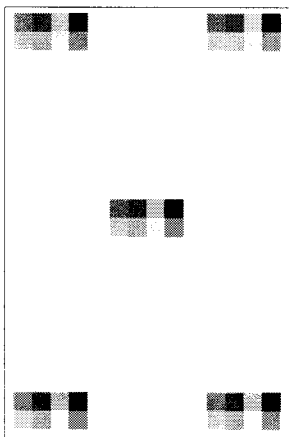


그림 3. 농도 측정을 위한 패턴

표 1. 프린터의 C, M, Y, K에 대한 농도 스펙 예

입력값	100% (engine pattern*)			
Color	Cyan	Magenta	Yellow	Black
농도	0.72	0.93	0.71	1.17
편차	± 0.05	± 0.05	± 0.05	± 0.05

* engine pattern은 프린터 드라이버의 튜닝을 거치지 않은 프린터 시스템 자체의 출력값을 의미함

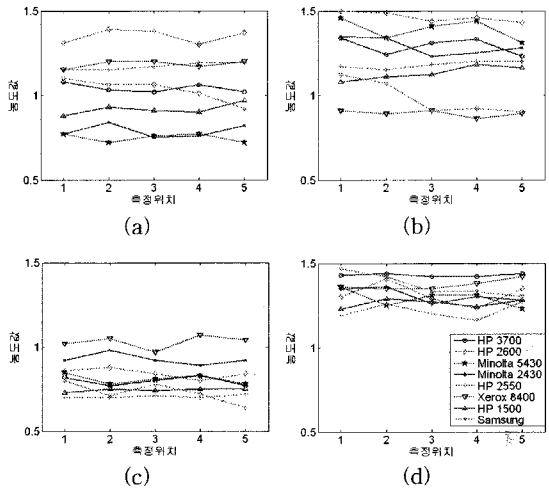


그림 4. 프린터 모델별 농도 편차 (a) Cyan (b) Magenta (c) Yellow (d) Black

몇몇 프린터 모델에 대해 위치에 따른 농도 평균값 측정 결과를 제시하였다. 측정 위치 1은 중앙, 2는 좌측상단, 3은 우측상단, 4는 좌측하단, 5는 우측상단을 각각 의미한다. 그림 4에서 볼 수 있는 것처럼 동일 제조사라고 하더라도 프린터의 기구적 시스템과 토너 성분 및 컬러 매칭 시스템 혹은 노광 시 광 파워 계수 값에 따라 농도는 달라진다. 이러한 점을 고려할 때 농도에 대한 판별은 프린터 모델 혹은 농도 측정을 위해 사용되는 장비별로 서로 다르게 진행되어야 한다는 것을 확인할 수 있다.

3. 농도 균일도 자동 측정

3.1 농도 균일도 자동 측정

본 논문에서는 농도 측정 장치 대신 일반적으로 사무실에서 흔히 사용하는 스캐너를 활용하여 자동적으로 농도 균일도를 판정하는 새로운 방법을 제시하고, 기존 농도계를 이용하여 추출된 측정치와 비교

한다. 이러한 제안된 방법은 프린터 장비나 모델별로 상이하게 진행되는 균일도 판별을 용이하게 하고, 결과도 객관화하는데 도움이 될 수 있다.

그림 5에 본 논문에서 사용한 농도 균일도 자동측정 시스템의 실험 환경을 도시하였다. 본 논문에서는 프린터 출력물을 스캐너로 스캔하여 기존의 농도 대신 R, G, B 컬러 정보를 기준으로 균일도를 판별하고자 한다. 이를 위해 사용한 패턴은 기존 농도 측정 방식에서 사용된 것과 같은 그림 3의 패턴을 600dpi로 출력하여 사용하였다. 각 컬러 영역의 절대크기는 1cm × 1cm이며, 4800dpi의 해상도로 스캔한 영상을 입력으로 사용하였다.

균일도를 산정하기 위해서는 먼저 각 영역에 대한 색상의 특징값들이 필요하다. 본 논문에서는 영역의 총 컬러 성분과 평균값 및 영역내의 해당 컬러 성분의 분포를 특징으로 사용하였다. 영역의 총 컬러 성분을 영역의 면적으로 나누면 물리적으로는 그 영역의 밀도와 관련된 정보에 해당되므로 이 정보와 기존 농도계의 균일도는 연관성이 있다고 할 수 있다. 컬러별로 총 컬러성분의 농도 $D_{(R,G,B)}$ 는 식 (1)로 표현되는데, 각 영역에서 컬러 성분의 세기 i 와 해당 밝기의 화소 수 $h_{(R,G,B)}(i)$ 의 곱의 합을 화소 수의 합으로 나눈 것이다.

$$D_{(R,G,B)} = \frac{\sum_{i=0}^{255} (i \times h_{(R,G,B)}(i))}{\sum_{i=0}^{255} h_{(R,G,B)}(i)} \quad (1)$$

영역의 총 컬러 성분을 영역의 면적 혹은 전체 화소 수로 나누면 평균 밝기에 해당된다. 물리적으로는 그 영역의 컬러 밀도와 관련된 정보에 해당되므로 이 정보와 기존 농도계의 균일도는 연관성이 있다고 할 수 있다. 편차는 영역별로 평균과 가장 큰 오차

값으로 기준을 삼았다.

3.2 위치에 따른 균일도

표 2에 패턴의 위치에 따른 각 컬러별 농도를 제시하였다. 평균을 기준으로 양과 음의 방향을 최대 편차가 비교적 유사하게 나타났으며, 평균도 상당히 유사하게 나타났다. 이는 사용 프린터와 잉크가 프리미엄급으로 색상 균일도가 양호함을 의미하는 것으로 해석된다. 그림 6에 Cyan, Magenta, Yellow, 그리고 Black 100%의 색상에 대해서 각 색상 별로 위치에 따른 농도를 제시하였는데, 그림 4와 유사함을 알 수 있다. 그림 6에서 측정 위치 1은 중앙, 2는 좌측 상단, 3은 우측 상단, 4는 좌측 하단, 5는 우측 상단을 각각 의미한다.

3.3 영역 내에서의 균일도

패턴 내부의 균일도를 확인하기 위해 각 샘플 패턴을 일정 크기의 블록으로 나누어 각 블록 평균의 차이와 각 패턴의 편차를 이용하여 패턴 내의 균일도를 판별하였다. 본 논문에서는 패턴의 경계 영역을 제외한 400×400 화소 영역을 가로 세로 각 10개 총 100개의 영역으로 분할하였다. 영역의 오차 기준을 표 1의 농도와 편차의 참고하여 설정하였다. 그림 7은 그 결과를 나타낸 것이다. 그림 7(a)는 출력된 패턴이며, (b), (c), (d)는 패턴의 평균값과 분할 영역의 평균값에 대한 오차가 표 1의 편차를 벗어나는 영역을 표시하였다. 실험에 사용한 프린터는 상대적으로 R, G 영역의 오차가 크다는 것을 확인할 수 있었다.

표 2. cyan 100%에 대한 각 컬러별 농도(평균 밝기) 및 편차

항목	R	G	B
중앙	16.93	120.58	204.26
좌측상단	23.73	121.92	200.43
우측상단	29.75	125.19	201.97
좌측하단	23.24	127.33	212.18
우측하단	24.06	128.74	213.09
평균	23.54	124.75	206.39
+최대편차	6.21	3.99	6.70
-최대편차	6.61	4.17	5.96

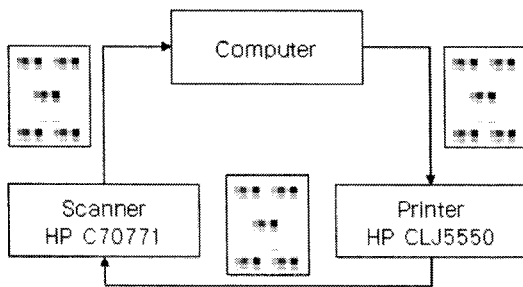


그림 5. 실험 구성도

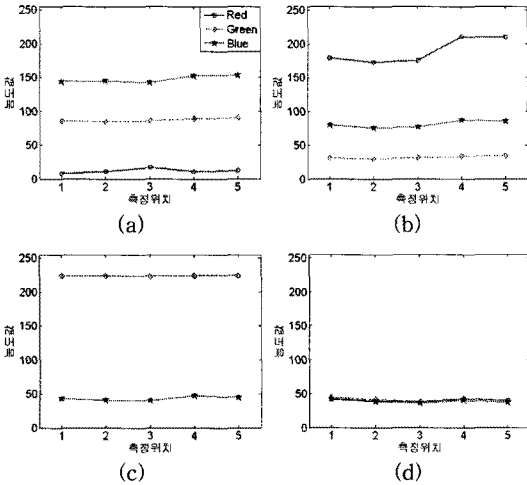


그림 6. 위치에 따른 C, M, Y, K 100%의 각 색상 성분 평균 밝기 (a) Cyan (b) Magenta (c) Yellow (d) Black

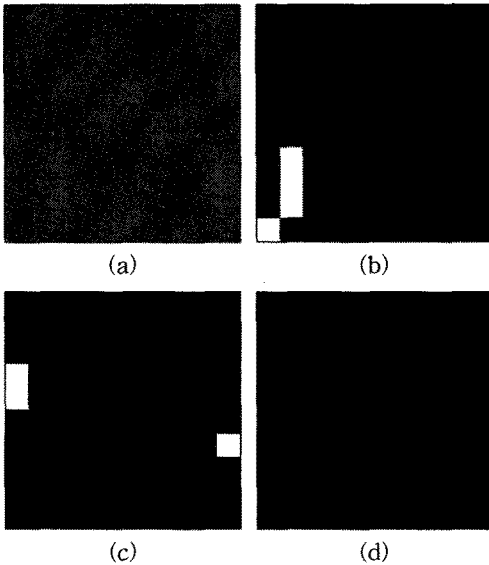


그림 7. 샘플 패턴 내 균일도 판별 영상(Cyan 100%) (a) 샘플 패턴 (b) R 기준 편차 초과 영역 (c) G 기준 편차 초과 영역 (d) B 기준 편차 초과 영역

4. 결 론

본 논문에서는 프린터 현상 시스템에서의 필수 검토 항목인 농도 중 농도 균일도에 대해 다루었다. 기존 방식에서는 수동으로 농도 측정기를 사용하여 농도를 측정하고 분석하는데, 측정 장치를 사용하는 사람에 따라 혹은 측정 상황에 따라 그 기준값이 변화

므로 객관화하기가 쉽지 않았다. 본 논문에서는 스캐너를 이용하여 획득한 영상에서 컬러 영역의 균일도(평균 밝기)를 정의하고 이를 이용하는 방법을 제안하였다. 실험 결과로부터 균일도에 대해서 기존 방법과 유사한 특성을 얻을 수 있음을 확인하였다. 아울러 객관적인 데이터의 확보와 프린터 시스템의 유지보수가 좀 더 용이해진 것은 의미있는 성과라 할 수 있다. 한편 스캐너를 사용하기 때문에 발생하는 부수적인 문제도 있다. 스캐너가 어느 정도의 왜곡을 동반한다는 것은 잘 알려진 사실이다. 이러한 왜곡이 균일도 측정에도 다소 영향을 미칠 수 있으므로, 추후 이러한 효과에 대한 분석과 대응책이 마련되어야 할 것이다. 아울러, 균일도와 관련된 출력물의 결합 유형 판별도 가능한 다기능 전자동 측정시스템의 개발도 시도할 만하다.

참 고 문 헌

- [1] 유영수, 김영익, "잉크젯 프린터 헤드의 bubble 형성과 drop 사출에 관한 연구," 한국화학학회지, 제6권, 제2호, pp. 119-133, 2000.
- [2] 안석출, 이철희, 이재수, 하영호, "신경망을 이용한 선형적인 프린터 제조 재현," 한국화학학회, 제5권, 제1호, pp. 9-19, 1999.
- [3] Hwan Eon Choi and Suk Chul Ahn, "Color Printer Calibration Technique Based on Human Visual Perception," *Knowledge-based Intelligent Information Engineering Systems, Third International Conference*, pp. 107-111, 1999.
- [4] 박문수, "화상 재료의 기술과 현황 : 전자 사진 재료 토너," 대한화학회, 화학세계, 제39권, 제2호, p. 52, 1999.
- [5] 전필훈, "잉크젯 프린터 용지의 종류에 따른 농도와 색감 비교 연구," 한국사진학회, AURA, 제16권, pp. 104-116, 2007.
- [6] 하동환, 김유진, 윤성민, "반사 농도를 이용한 잉크젯 프린터의 해상도 측정 방법에 관한 연구," 한국사진학회, AURA, 제15권, pp. 6-13, 2006.
- [7] 노남희, 이태호, 최두현, "컬러 레이저 프린터 출력물의 색 균일도 자동 측정," 제 21 회 영상처리 및 이해에 관한 워크샵 발표 논문집, p. 59, 제주

그랜드 호텔, 2009년 2월 19일.

- [8] ISO-13660, Information Technology - Office Equipment - Measurement of Image Quality Attributes for Hardcopy Output - Binary Monochrome Text and Graphic Images, 2001.
- [9] User Manual, How to use your densitometer, PGFMegafilm, Inc.



김 지 흥

- 1986년 경북대학교 전자공학과 공학사
- 1988년 경북대학교 대학원 전자공학과 공학석사
- 1996년 포항공과대학교 대학원 전자전기공학과 공학박사

1988년~1996년 한국전자통신연구원 선임연구원
 1997년~2001년 부산외국어대학교 컴퓨터공학과 조교수
 2008년 미국 조지아공대 방문교수
 2002년~현재 동의대학교 영상정보공학과 부교수
 관심분야 : 영상처리, 컴퓨터그래픽스, 컴퓨터비전



최 두 현

- 1991년 경북대학교 전자공학과 학사
- 1993년 포항공과대학교 대학원 전자전기공학과 석사
- 1996년 포항공과대학교 대학원 전자전기공학과 박사
- 1996년~2000년 경북대학교 전자전기공학부 계약조교수

2003년~현재 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 부교수
 관심분야 : 신호처리, 영상해석, 비파괴검사, 지능 알고리즘, 무인자동차