

스캐너를 이용하는 인쇄 품질 평가 방법

*† 황 태 윤, † 이 준 호

*삼성전자, †성균관대학교, 정보통신공학부

e-mail: taeyoon.hwang@samsung.com, jhyi@skku.edu

A Scanner Based Method for Evaluating Printing Quality

*† Tae-Yoon Hwang, † June-Ho Yi

*Samsung Electronics

†School of Information and Communication Engineering,

Sungkyunkwan University

요 약

상업용 장비보다 저가인 스캐너를 이용하여 얻은 인쇄물의 이미지 정보를 이용하여 ISO13660 과 본 연구에서 새로이 정의한 색상 품질 항목 기반으로 하는 정량적인 평가 방법을 제안하고 구현하였다. 상업용 장비에서 비교 가능한 항목들에 대한 유의성 평가를 수행한 결과 비교적 유사한 결과를 얻을 수 있었다.

1. 서론

프린터로 출력된 인쇄물의 평가는 각 벤더에서 강조하는 프린터의 강조점과 무관하게 객관적이고 정량적인 수치를 개발자 또는 사용자에게 제공할 수 있다는데 그 의의가 있다.

인쇄물을 평가할 수 있는 표준은 이미 2001년 ISO 13660^{[1][2]}에서 제공하였으나, 그동안 스캐너를 이용하여 인쇄물의 품질을 평가하는 것은 광학 장비의 해상도 성능이나 가격 때문에 용이하지 않았다. 최근, 기술의 발달로 스캐너의 성능은 향상되고 가격은 저렴해져 스캐너를 이용하는 인쇄 품질의 평가가 가능하게 되었다. 본 논문에서는 이러한 환경을 이용하여, 표준에 따른 인쇄물의 평가 방법에 필수적인 색상 항목을 정량적으로 평가하고 상용화 장치와의 비교 평가를 통해 시스템의 유용성을 확보하고자 한다.

2. 표준 평가 항목 및 색상 표현 평가 항목

ISO 13660 에 정의되어 있는 항목은 총 14개로 넓은 범위로 평가하는 6개의 항목(표1참조)과 라인/텍스트를 평가하는 8개의 항목(표2참조)으로 이루어져 있다.

본 논문에서는 추가적으로 프린터의 색상 표현을 평가하고자 한다. 이는 총 4개의 항목(표3참조)으로 구성되어 있다. 각 평가 항목에 대한 설명은 우측의 표와 같다.

(표 1) ISO 13660 의 넓은 영역 항목

	평가 항목	표준 정의
ISO 13660 Large Area	1. Darkness	ROI의 평균 Optical density (Minimum ROI Size: 5mm x 5mm)
	2. Background Marks	Background에서의 최소 크기 100um 이상을 가진 Colorant Particle 개수 및 Area (in um ²) (Image 영역에서 500um 이상 떨어진 거리에서 측정)
	3. Background Haze	Background에서 Mark 부분을 제외한 평균 Reflectance (Image 영역에서 500um 이상 떨어진 거리에서 측정)
	4. Graininess	12.7x 12.7mm 영상의 고주파 입자의 균일도 평가: 100개의 Tile에서 Tile를 내의 Density Variation을 측정
	5. Mottle	12.7x 12.7mm 영상의 저주파 입자의 균일도 평가: Tile 평균 μ 들의 표준편차 100개 Tile들에서 Tile-to-Tile Density Variation을 측정
	6. Void	Solid Black 영상에서 발생하는 100um 크기 이상의 Hole의 개수 및 Area (in um ²)

(표 2) ISO 13660 의 라인/텍스트 항목

	평가 항목	표준 정의
ISO 13660 Line/Text	1. Line Darkness	R75 Boundary Edge 내의 평균 Density
	2. Line Width	평균 Stroke Width: Edge Threshold 사이(R60 - R60) 평균 거리
	3. Line Blurriness	Edge의 Blurred 정도를 평가: Inner Boundary (R90)과 Outer Boundary (R10) 사이의 평균 거리
	4. Line Raggedness	Edge가 Ideal 위치에서 벗어난 정도를 평가: Edge Threshold (R60)의 Fitted Line에서 R60까지의 거리 (Residual)들의 표준편차
	5. Line Contrast	주변 영역 대비 Line의 Contrast 평가: $(R_{Full} - R_{Image}) / R_{Full}$ R_{Image} : R90 내의 평균 Reflectance R_{Full} : R10 밖의 영역의 평균 Reflectance
	6. Fill	Inner Boundary (R90)내에서 75% 이상 Reflectance인 영역의 비: (Area with 75% Ref. or more within R90) / (Area within R90)
	7. Line Mark (Satellite)	Line/Text 주변의 Satellite 개수와 면적 (R10 밖에서부터 500um 내에서 측정)
	8. Line haze	Character Field에서 (R10 to 500um 이내) Satellite를 제외한 영역의 평균 Reflectance

(표 3) 컬러 항목

평가 항목	평가 항목
Optical Density	광학 밀도, 색상의 강약의 정도를 나타냄. 일반적으로 log
Gamut	출력 기기가 표현할 수 있는 색 영역의 크기
Registration	컬러 색상간의 간섭 정도
Gray Balance	Mono Gray 와 Composite Gray 간의 유사 정도

3. 스캐너 보정

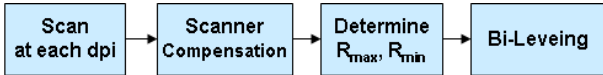
스캐너의 제조 회사에 따라 스캔물의 화상을 좋게 하기 위해 드라이버 단에서 언샤프 마스트, 가우시안 필터 또는 icc 프로파일 등과 같은 영상처리를 넣는다. 이러한 영상처리에 의한 스캔 화상의 상이 정도를 최소화 하기 위해 그리고 색 재현 특성을 가능한 유사하게 하기 위한 방법이 필요하다. [3]

본 논문에서는 스캐너 제작사에서 제공하는 드라이버 를 사용하지 않고 표준 영상 취득 인터페이스 인 트웨인 을 이용하여, 인쇄물의 RGB 데이터를 얻었으며, 서로 다른 프린터간의 색상 표현력 차이에 따른 인지 정도를 인식하기 위해 RGB 데이터를 광학 밀도[4] 로 변환하여 사용하였다.

4. 항목 별 평가

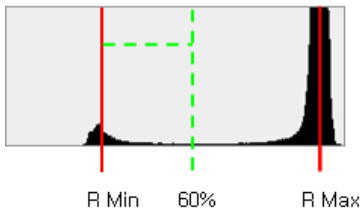
ISO 13660의 모든 항목은 아래와 같은 순서로 영역이 구분된 뒤 각 항목에 맞는 평가를 수행하게 된다.

(그림 1) 공통 수행 항목



위의 과정에서 인쇄물 평가에서 중요한 요소 하나가 반사율의 정의이다. 모든 평가의 기준이 반사율 대비 %로 이진화된 영상을 유효한 영역으로 보기 때문이다. 본 논문에서는 아래 (그림 2)와 같이 반사율을 히스토그램에서 최대 피크 와 최소 피크 사이의 거리비로 정의하였다. 즉, 표준에서 R60 이라 하면, 최대, 최소 피크 사이의 거리에서 최소 피크 를 기준으로 60% 지점을 말한다. 이진화를 수행한 후 각 항목에 대한 평가를 수행하였다.

(그림 2) 반사율 R60 의 예



라인/텍스트 품질

라인/텍스트 에 대한 표준의 정의는 8개의 항목으로 이루어져있고 각 경계를 추출하기 위해 최소제곱법을 사용하였다.

1) 라인 밀도 는 R75 로 이진화 된 라인 영역 내의 평균 광학밀도를 측정하였다.

2) 라인 두께 는 R60 으로 이진화 된 이미지의 양 경계 좌표를 얻은 다음 최소제곱법으로 경계선을 얻은 뒤 두 경계선 사이의 거리로 측정하였다. (그림 3 참조)

3) 라인 번짐 는 R10 과 R90 사이의 평균거리로,

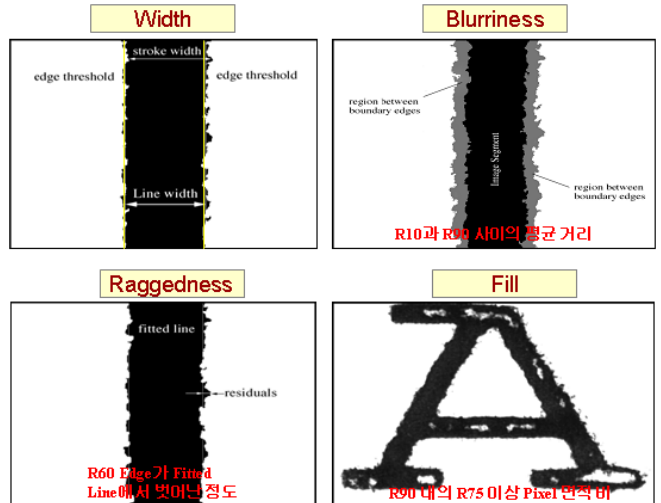
최소제곱법으로 얻은 두 경계의 평균 거리로 측정하였다. (그림 3 참조)

4) 라인 거침 은 라인 의 정형성에 대한 평가로 R60에서 얻은 최소제곱법 값에 따른 변화 정도의 표준편차로 측정하였다. (그림 3 참조)

5) 라인 대비 는 주변 영역 과 라인의 대비를 측정하는 것으로 R90 영역내의 평균 반사율 과 주변 영역의 반사율 의 비로 측정하였다.

6) 라인 채움 은 라인 내부의 현상성에 대한 평가로 R90 영역내의 R75 이상되는 화소의 비율을 측정하였다. (그림 3 참조)

7) 라인 마크/헤이즈 는 라인 주변에 원치 않는 닷 들을 측정하는 것으로 그 크기가 500um 이상인 것은 마크 로 그 이하인 것은 헤이즈 로 측정하였다.



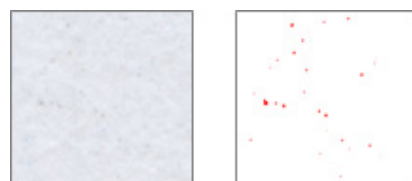
(그림 3) 라인/텍스트 평가 항목의 예

넓은 영역

넓은 영역 에 대한 표준의 정의는 6개의 항목으로 이뤄져 있다.

1) 밀도 는 5 mm x 5 mm 내의 평균 광학 밀도 를 측정하는 것으로 스캐너 보정으로 측정된 반사율 에 광학밀도 공식[4] 을 적용하여 측정하였다.

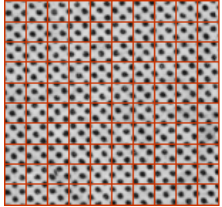
2) 영역 마크/헤이즈 는 (그림 4)와 같이 종이의 백색 영역에 원치 않는 닷 들을 측정하는 것으로 500um 이상인 것은 마크 로, 그 이하인 것은 헤이즈 로 측정하였다.



(그림 4) 마크/헤이즈 측정 예

3) 그레이니스/모틀 은 (그림 5) 와 같이 12.7 mm x 12.7 mm 이내의 영역에서 고주파 성분을 측정하는 것으로 600 dpi 이상의 해상도에서 스캔된 이미지를 100개의 Sub area 로 나눈 뒤 각각 (그림 5) 의 공식을 적용한 것이다. 그레이니스는 영역내의 고주파 성분의 밀도 편차를, 모틀 은 영역내의 저주파 성분에 대한 밀도 편차를 나타낸다.

(그림 5) 그레이니스, 모틀 계산법

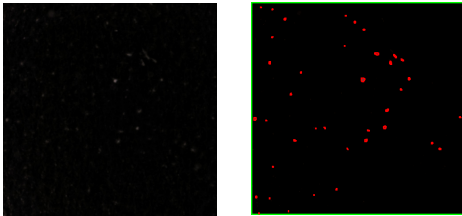


$$Graininess = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \sigma_i^2}{n}} \quad Mottle = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (m_i - \bar{m})^2}{100}}$$

n: number of files
m_i: mean of ith tile
σ_i: std. dev of ith tile

6) 보이드는 (그림 6) 과 같이 흑색 영역에서 닷 의 빠짐 현상을 측정하는 것으로 R30 으로 이진화 된 이미지에서 백색 영역을 8근방 검색법을 이용하여 측정하였다.

(그림 6) 8근방 검색법을 통한 보이드 검사

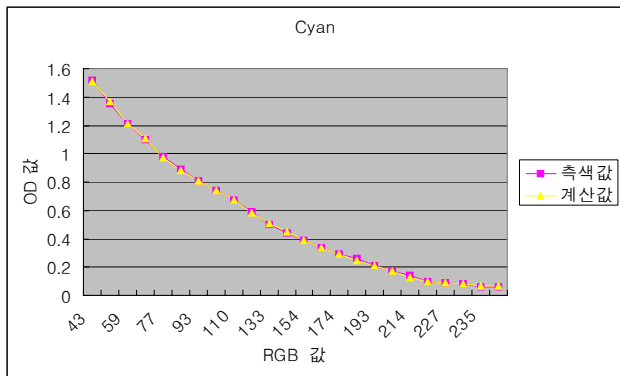


Color Area

ISO 13660 에 추가적으로 컬러 영역의 평가 항목을 4가지로 정의하였다.

1) 광학 밀도 는 프린터의 최대 표현할 수 있는 원색 색상을 측정하는 것으로, 각 청록색, 자홍색, 노랑색 에 대응 하는 RGB 값을 이용하여 측정한다. 청홍색 의 경우 상응하는 Red 의 반사율 의 광학 밀도 로, 나머지도 이와 동일한 방법으로 측정한다.

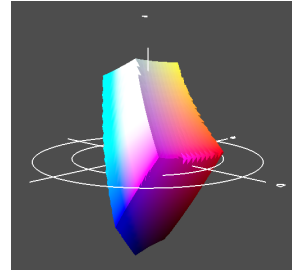
(그림 7) 청홍색의 광학 밀도 회귀결과



청홍색 측색값과 4차 회귀식을 이용하여 구한 Red 색상의 광학밀도 차이는 약 0.02 정도였으며 충분히 무시 가능한 범위였다.(그림7참조)

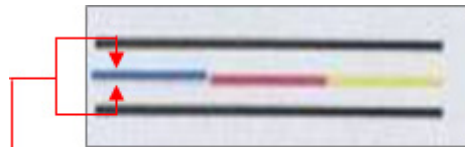
2) 색역 은 (그림 8) 과 같이 컬러 프린터가 최대 표현할 수 있는 색상의 넓이를 구하는 것으로, 일련의 컬러 패치의 Lab 측색값을 이용하여, 스캐너 RGB 입력 값을 다차항 회귀식^[6] 으로 Lab 값을 유추하고, 3차원 외곽 경계를 구한 뒤, 삼각뿔 넓이의 합으로 도출 하였다.

(그림 8) 색역의 예



3) 레지스트레이션 은 (그림 9)와 같이 두 개의 흑색 라인 내의 평균 거리에서 각 청홍색, 자홍색, 노랑색 라인의 거리차로 측정하였다.

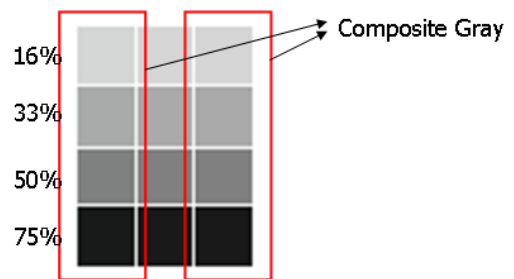
(그림 9) 레지스트레이션 예



두 Black line 과 색상 Line 거리 계산

4) 회색조 균일성 는 (그림 10)와 같이 혼합 회색조와 단일 회색조의 색상 차이를 구하는 것으로 이상적인 회색인 경우 무채색이어야 하지만, 혼합 회색조와 같은 경우 색상의 혼합 정도에 따라 색상을 가질 수 있다. 이러한 정도를 Lab에서 ab 데이터를 이용하여 채도 정도로 평가하였다.

(그림 10) 회색조 균일성의 예 Mono Gray



5. 결론

각 평가항목을 통해 얻어진 수치는 상용으로 사용되어 지는 장비와 비교 평가가 이루어져야 한다. 현재 라인 두께에 대해서 검증을 수행한 결과 (그림 11) 과 같이 그 경향성은 유지가 되나, 수치가 일치하지는 않는다. 이는

ISO 13660 에 대한 정의를 해당 상용 프로그램에서 차용하지 않았을 수 있고, 평가 시스템의 평가 변수에 따른 오차 일 수 도 있다.

[5] Henry R. Kang, "Color Technology for Electronic Image Device" SPIE-International Society for Optical Engine, 1997

(그림 11) 라인 두께에 대한 평가



[6] Gunter Wyszecki et al. , "Color Science: Concepts and Methods, Quantitative Data and Formulae" John Wiley & Sons, pp. 166-169, 1982

컬러 항목의 경우 광학 밀도는 최대 0.1 미만의 차이를 보이며 오차 범위내에 존재한다. 그러나, 다차원 회귀식을 이용한 Lab 값 유추는 상대적으로 큰 에러값을 가지므로, 문제가 있다고 판단되며, 스캐너에 들어온 RGB 이미지를 sRGB라 가정하고, sRGB -> XYZ -> Lab 변환을 통한 방법을 검증하고 있다. 위와 같은 방법을 통해서 정확한 수치가 아니더라도 각 결과가 경향성을 나타낼 수 있다면 스캐너를 통한 인쇄물 평가는 충분히 타당하며, 저비용의 방법이다.

감사의 글

본 연구는 삼성전자 프린팅 사업부의 지원으로 수행되었다.

참고 문헌

[1] ISO/IEC DIS 13660 Draft International Standard, "Office Equipment - Measurement of image quality attributes for hardcopy output - Binary monochrome text and graphic images," International Organization for Standardization, ISO/IEC JTC1 SC28, 1996

[2] John C. Briggs, et al. "Applications of ISO -13660, A New International Standard for Objective Print Quality Evaluation", QEA, Inc. ,1999

[3] Andersson, Mattias, "Topics in color measurement" Licentiate Thesis No. 1143,. Linköping University, Sweden, 2004

[4] Federal Standard 1037C, Telecommunications: Glossary of Telecommunication Terms <http://www.its.bldrdoc.gov/fs-1037/fs-1037c.htm>