고품질 오프셋 컬러인쇄를 위한 잉크젯 방식 교정인쇄의 최적화에 관한 연구

김성수†, 강상훈

†육군인쇄창, 부경대학교 공과대학 화상정보공학부

(2006년 10월 30일 접수, 2006년 11월 20일 최종 수정본 접수)

A Study on the Optimization of Inkjet Proofing for High Quality Offset Color Printing

Sung-Su Kim†, *Sang-Hoon Kang*

†Republic of Korea Army Printing Deport

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

(Received 30 October 2006, in final from 20 November 2006)

Abstract

Proofing is one of the inspection operations of printing and can be considered a process control step. The three main kinds of proofs are press proofs, photomechanical proofs, and digital proofs. Photomechanical and digital proofs are also generally refered to as "off-press" proofs. Off-press color proofs are more economical than press proofs. Digital proofs offer fast production time along with a much lower cost per page.

Hard-copy digital proofs can be output using thermal transfer printers, ink jet printers, and color laser copiers, as well as dye sublimation and electrophotographic technology. Ink jet method is commonly using because of the reasonal price. But ink jet system is difficult to reproduce an exact color proof. This research was carried out for the purpose of optimization of ink jet color proofing, using two kinds of ink jet printers with 6 colors (C, M, Y, K, mC, mM) and 4 colors (C, M, Y, K) system.

1. 서 론

인쇄산업에도 디지털화가 이루어짐에 따라 오프셋 인쇄에서는 Prepress가 단순화 되고, 인쇄에서 가장 변화가 큰 요인 중 하나였던 인쇄판 상에서의 망점재현은 CTP (Computer to Plate) 방식을 사용하여 일반적으로 이용하는 스크린선수 175선에서 망점 면적률 1% ~ 99%까지의 정확한 망점 재현이 이루어지고 있다[1].

이것은 오프셋 인쇄를 사용하여 고품질의 화상을 재현할 수 있는 인쇄물을 가져오게 되었다. 또한 동일한 고품질의 인쇄물을 만들기 위해 CIP 4(International Cooperation for the Integration of Processes in Prepress, Press and Postpress Organization)[2]를 사용하여 정확한 데이터 값으로 모든 공정을 연계하고 있다. 이러한 공정을 이용하여 인쇄물을 생산하지만 인쇄회사와 종이회사가 같아도 잉크회사가 틀리면 오프셋 인쇄물이 색재현에 미치는 영향이 변화되는 것을 볼 수 있다[3]. 인쇄재료가 지속적으로 동일하게 사용되지 않을 때는 오프셋 인쇄물의 색재현은 항상 동일하게 표현하지 못하는 것을 알 수 있다. 변화된 인쇄물을 미리 색예측할 수 있는 것이 교정인쇄이다. 교정인쇄를 보기 위해서는 소프트카피나 하드카피를 하게 된다. 소프트카피는 모니터를 이용하여 인쇄물의 색재현을 보는 것이고, 하드카피는 프린트를 하여 색예측을 하는 것이다. 하지만 소프트 카피는 RGB 모니터의 색영역으로 느낌의 차이가 있고, 하드카피는 가격이 비싼 단점을 가지고 있으며 인쇄물과의 정확한 색예측이 되지 않는 문제점을 가지고 있다. 비교적 저렴한 가격으로 인쇄현장에서 가장 많이 사용되고 보편화되어 있는 하드 카피방식으로 잉크젯 교정인쇄가 많이 있지만 정확한 색교정을 못하는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 하드카피에서 주로 많이 사용되는 잉크젯 방식인 4색(C, M, Y, K)과 6색(C, M, Y, K, mC, mM)의 두 기종을 이용하여 인쇄물과의 색차를 최소화하기 위한 컬러 교정인쇄의 최적화 방안에 관하여 검토하였다.

2. 실 험

2-1. ECI 2002 테스트 타깃

일반적인 교정인쇄나 인쇄물은 잉크의 4원색을 이용하여 만들어지고, 이 때 사용되는 테스트 타깃은 4원색(CMYK)의 기반으로 만들어져야 한다.

국제표준규격인 ISO에서 2004년 이전에는 IT 8.7/3을 사용하여 표준 데이터를 측정하였다. 표준 측정치 928개의 패치는 CIELAB을 이용하여 프로파일을 제작하는데 사용되었다. 그러나 이 타깃은 색역의 범위나 회색도의 정확한 색재현을 나타내는 프로파일을 생성하지 못하는 단점이 있다. 그래서 ISO에서는 좀더 정확한 색재현을 표현하기 위해

1,485개의 패치로 구성된 ECI 2002 타깃을 사용하게 되었고, 표준 데이터 값에 적용하였다. ECI 2002 타깃은 IT8.7/4 및 ISO 12647-2:2004로 선정되었다. 선정된 사항은 아트지 115g/m^2, 스크린 선수 150선, 포지티브판으로 제작되어졌다. 제작되어진 인쇄물은 CMYK별로 각각 0%~100%까지 1,485개의 패치를 CIELAB값 표준으로 정해졌다.

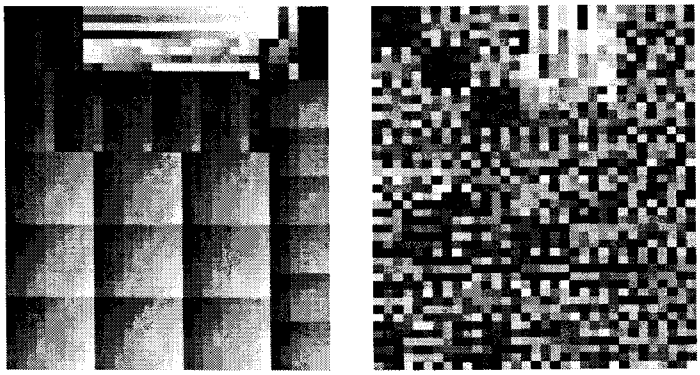

Fig. 1. ECI 2002 Visual and Random test target.

2-2. ICC 프로파일

ICC 프로파일은 장치독립의 컬러 표현을 나타내는 데이터 파일이다. 이것은 각각의 컴퓨터에서 입력 및 출력 장치의 개별적인 특성을 제한 받지 않고 컬러의 일치된 색을 가능하도록 표현하는 데이터 파일이다. ICC 프로파일을 만들기 위해서 일반적으로 CIEXYZ와 CIELAB의 데이터 값을 사용한다. 프로파일 제작시에 여러 가지 색변환 방법이 수행되어지고, 이 방법은 현재 개발되어 상용소프트웨어로 시판되고 있다. 본 실험에서는 GretagMacbeth의 Profile Maker 5.0 소프트웨어를 사용하여 용지와 인쇄물의 프로파일을 각각 제작하였다.

2-3. 교정인쇄 방법

인쇄물과의 동일한 색을 재현하기 위해 사용되어진 장비는 4색(C, M, Y, K)을 이용한 EPSON Stylus COLOR 3000과 6색(C, M, Y, K, mC, mM)인 EPSON 10600 ink-jet printer를 이용하였다.

먼저 ECI 2002 테스트 타깃을 출력하기 위해 현재 셋팅된 상태로 ECI 2002 Visual Layout Cmyk 1485-LZW.tif 파일을 적용하였다. 이 파일은 삽입된 색상 프로파일이 없는 C, M, Y, K값이다. 출력된 파일은 ISO 12647-2:2004에서[6] 제작된 인쇄물과 비교분석 하였다.

또한 Best ColorProof RIP(Raster Image Process)을 사용하였고, 용지 프로파일과 인

쇄된 테스트 타깃의 프로파일을 각각 이용하였다. 먼저, 용지 프로파일을 제작하기 위해 EPSON 전용매트지를 사용하여 1,485개의 패치를 분광측색기인 GretagMacbeth Lino /Scan 사용하여 CIELAB값으로 측정하였다. 수치화된 패치값을 Profile Maker Pro 5.0을 이용하여 EPSON 전용매트 프로파일을 제작하였다. 또한 ISO 12647-2:2004에 의하여 인쇄물의 프로파일을 제작하였다. 제작된 프로파일은 서로 다른 두 종류의 EPSON ink-jet printer에 각각 적용한 후 EPSON 전용 매트지로 출력하였다.

2-4. 색 차

ΔE^*_{ab}는 CIELAB 색공간에서 두 점 사이의 유클리드 거리로 구할 수 있다. CIELAB 색공간에서 2개의 측색치 $L^*_1 a^*_1 b^*_1$ 와 $L^*_2 a^*_2 b^*_2$ 간의 색차는 다음 식과 같다.

$$\Delta E^*_{ab} = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2} \quad (1)$$

여기서 ΔL^*, Δa^*, Δb^*을 구하기 위하여 L^*, a^*, b^*는 다음 식으로 나타난다.

$$\left.\begin{aligned} L^* &= 116(Y/Y_N)^{1/3} - 16 \\ a^* &= 500[(X/X_N)^{1/3} - (Y/Y_N)^{1/3}] \\ b^* &= 200[(Y/Y_N)^{1/3} - (Z/Z_N)^{1/3}] \end{aligned}\right\} \quad (2)$$

단, $X/X_n > 0.008856$, $Y/Y_n > 0.008856$, $Z/Z_n > 0.008856$이다. (3)

3. 결과 및 고찰

3-1. 선형화(Linearization)

프린터에서 색재현의 궁극적인 목표는 색공간(CIELAB)을 CMYK에 접하고 있는 프로파일로부터 색 정보를 변환시키는 것이다. CIELAB와 CMYK가 선형의 관계는 아니지만, 비선형 모델인 CIELAB에서 CMYK까지 색변환을 실행하기 위해 필요하며, 이것들은 색재현의 작업을 용이하게 한다[7]. 색재현에서 정확한 값을 얻기 위하여 CIELAB값으로 장치에 맞는 선형화 CMYK값의 데이터를 찾는 것이다. 먼저 CMYK의 선형화값을 찾기 위하여 토털 잉크 한계(Total Ink Limit)값을 찾아야 한다. 토털 잉크 한계의 설정은 데이터값 상에서 각각 25%에서 100%로, 잉크함량 100%에서 400%까지 순차적으로 잉크량을 출력했다. CMYK 400%인 잉크 설정에서는 출력된 종이에 잉크가 퍼지거나 흘러내리는 것을 볼 수 있었다. 이러한 이유로 잉크젯 프린터의 출력능력이 400%가 되지 못하므로 토털 잉크 한계값을 조절할 필요가 있다고 사료된다. 따라서 본 실험에서는 실험을 통해 확인한 토털 잉크 한계값을 186%로 설정하였고, 또한 CMYK 각각의 잉크

한계값을 구한 결과 C 36%, M 95%, Y 75%, K 42%이였다. 이 값은 CIELAB값에서 CMYK값으로 변환될 때 프린터 장비에서 각각 100% 인식되도록 하였다. 여기에서 얻어진 데이터 값은 EPSON Stylus Pro 10600 기종과, Photo dye 잉크, EPSON Presentation Matte Paper 172g 용지를 각각 이용 하였을 때의 값이다. 인쇄물의 색예측을 통한 교정인쇄의 최적화를 찾기 위해서는 반드시 이러한 단계가 필요하며, 이 값들은 잉크, 종이, 장비, 소프트웨어 등이 변하면 다시 설정해야만 한다. 또한 이러한 결과를 실험전의 선형화 설정값과 비교 검토한 결과 기본적인 데이터 설정값으로 프린터 매체와 맞지 않은 것을 확인할 수 있었다. 선형화된 출력장비에 프로파일이 없는 순수한 데이터 CMYK값으로 구성된 VisualLayoutCmyk1485-LZW.tif파일을 출력하여, 장비와 용지에 맞는 선형화 데이터를 얻을 수 있었다.

3-2. ICC 프로파일의 제작

ICC 프로파일은 어떠한 장비를 이용하여 색상을 표현할 때 색재현을 나타내는 데이터 파일이다. 즉, 잉크젯에서 나타낼 수 있는 색영역이나 오프셋 인쇄에서 나타낼 수 있는 색영역을 데이터화 시킨 것이다. 교정인쇄의 최적화는 이러한 색역을 얼마나 정확히 호환할 수 있는가에 있다. CIELAB에서는 이러한 호환을 중점으로 색변환을 수행하는 CMM(Color Management Module)에서 독립된 색상의 색변환 PCS(Profile Connection Space)를 API(Application Programming Interface)에서 색영역을 표현하고 있다.

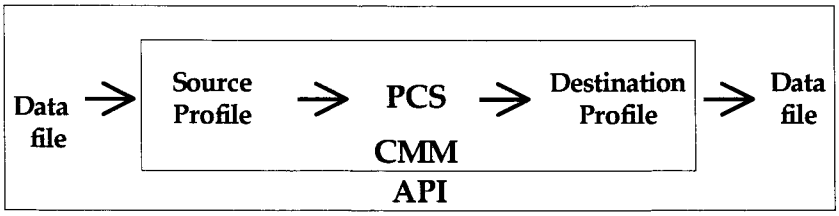

Fig. 2. Color transformation of optimization.

Fig. 2에서는 교정인쇄에서 필요한 최적화의 기본적인 데이터 변환 과정을 나타내었다. Source Profile은 잉크젯 장비의 선형화된 최적화 상태에서 제작되어야 한다. 이것은 RIP(Raster Image Processor)에서 용지 프로파일로 설정되어지고, Source 프로파일은 용지에 따라 인쇄물에 대한 프로파일로 색변환될 때 장비에 대한 데이터의 수치적 기본 설정으로 사용되기 때문에 장비에 대한 최적화가 필요하다. 선형화에서 VisualLayout Cmyk1485-LZW.tif로 출력된 1,485개의 패치로 ICC 프로파일 데이터를 제작할 수 있었다. 제작된 Source Profile과 국제표준규격 ISO 12647-2:2004의 인쇄물과의 색차는 4.51로 실험전 출력한 교정인쇄 1,485패치의 색차 6.75보다 33%의 향상된 결과를 나타내었다.

3-3. 잉크젯과 인쇄물의 색역 범위

교정인쇄로 사용되는 하드카피 잉크젯의 색역 범위는 재료에 따라 달라진다. 즉 일반 매트지와 인화지등 피인쇄체의 재료에 따라 C, M, Y, K 잉크의 전체 양은 다른 값을 가진다. 그러므로 잉크젯의 색영역 범위는 기본 선형화에 맞는 색재현을 찾아야 한다. Table 1은 잉크젯의 색역과 오프셋 인쇄의 컬러 표준 인쇄로 사용중인 ISO 12647-2:2004 색역과 Japan Color 색역을 보여주고 있다. 현재 일본에서도 ISO에서 제정한 데이터를 표준으로 사용하고 있으며, 국제적인 표준과 완벽하게 동일하지는 않지만 거의 동일한 색을 표현하고 있다. 또한 색의 허용치를 주어 수치적으로 효율성을 높이고 있다. 본 실험에서 사용한 잉크젯의 색역 범위는 ISO에서 제정한 방식으로 잉크젯의 단색과 중첩색의 민인쇄 부분과 1,485개의 패치를 분광측색 하였고, 이 값을 기초로 하였다.

Fig. 3에서 보는 것과 같이 잉크젯의 색영역에서 원색은 잉크의 색영역 보다 넓게 나타났다. 이것은 교정인쇄로 사용되는 잉크젯에서 잉크의 총합을 400% 전부 사용하는 것이 아니고, 용지에 따라 잉크의 총합양을 각각 다르게 사용한 결과라 사료된다. 따라서 원색은 색영역이 넓어도 2차색 중첩에서 색역이 적게 나오는 것을 알 수 있다. 시각적인 판단에서는 잉크젯의 색상이 채도는 더 높게 나타났고, 명도는 오히려 100% 전부 사용할 경우 떨어지는 경향을 보였다. 이것은 피인쇄체의 잉크가 흡수되어 명도를 떨어뜨리는 결과이므로 용지에 맞는 정확한 선형화가 필요하다고 사료된다.

Table 1. Comparison of CIELAB color Coordinates for ISO, Japan color and Ink-Jet Prints.

		L	A	B		L	A	B
ISO 12647-2:2004	Cyan	55.16	-39.94	-50.74	Red	47.33	69.02	45.12
	Magenta	47.23	75.94	-3.75	Green	48.55	-67.47	28.04
	Yellow	89.68	-4.45	94.69	Blue	24.43	16.18	-47.1
	Black	16.86	0.38	-0.37	Paper	95.97	0.5	-3.3
Japan Color	Cyan	53.9	-37.0	-50.1	Red	46.5	68.5	48.0
	Magenta	46.6	75.1	-4.4	Green	49.0	-73.5	25.0
	Yellow	87.9	-7.5	91.5	Blue	21.0	20.0	-51.0
	Black	13.2	1.3	1.9	Paper	93.0	0.5	0.4
Ink-Jet (Matt Paper)	Cyan	52	-31	-55	Red	46	73	45
	Magenta	47	78	13	Green	43	-52	27
	Yellow	85	11	97	Blue	18	25	-37
	Black	14.9	1.58	-0.38	Paper	94.33	2.59	-7.3

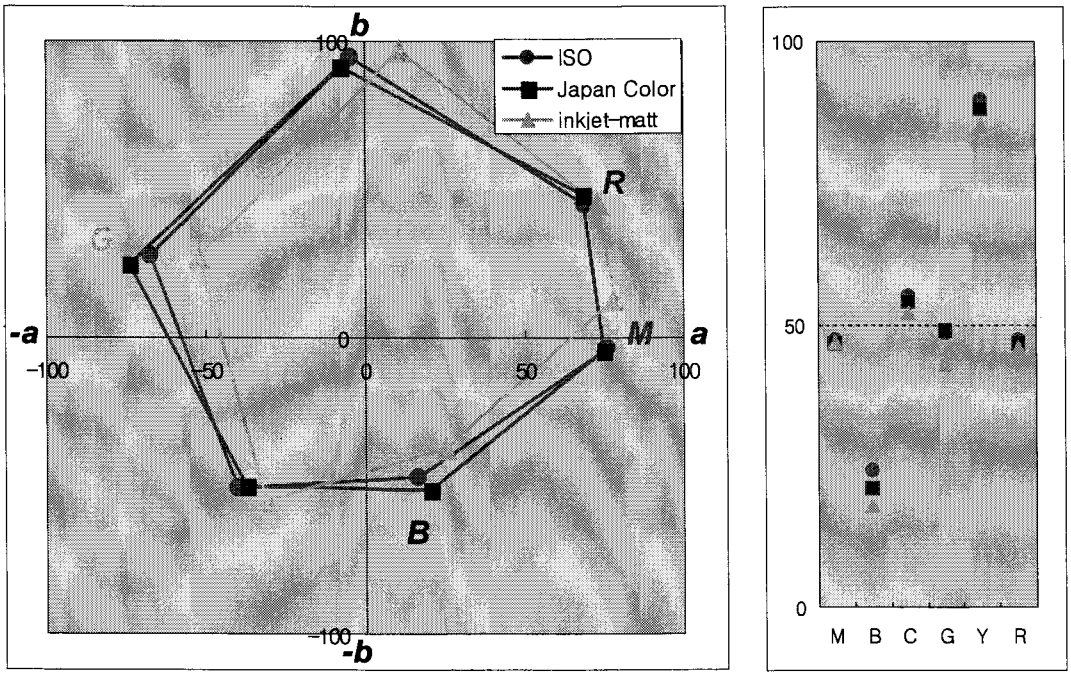

Fig. 3. Comparison of CIELAB color space for ISO, Japan color and ink-jet printing.

3-4. RIP(Raster Image Processor)의 적용

정확한 교정인쇄를 하기 위해 전용 소프트웨어인 RIP을 사용하고, RIP에서는 모든 색상 재현을 데이터화할 필요가 있다. 교정인쇄를 하기 위해서는 선형화된 데이터와 이것을 이용한 용지의 프로파일이 필요하며, 최종 결과물을 얻기 위해서는 용지의 프로파일 Source Profile과 인쇄물의 Destination Profile을 필요로 한다. Destination Profile은 ISO 12647-2 : 2004에서 인쇄된 인쇄물의 데이터 수치를 CIELAB값으로 ICC 프로파일을 제작하였다. Source Profile과 Destination Profile은 백지 상태를 적용할 때와 적용하지 않았을 때의 색상재현이 틀려지고, 또한 채도와 지각적인 선택에 있어 결과물의 측정값이 달라진다. 그러므로 본 연구에서 다음과 같이 5가지의 실험을 하였다.

1. 색상계-절대(백지적용) (평균 색차 △E*ab 2.31 10명중 3명 선택)
2. 색상계-상대(백지아님) (평균 색차 △E*ab 3.48 10명중 0명 선택)
3. 지각적-절대(백지적용) (평균 색차 △E*ab 3.57 10명중 7명 선택)
4. 사진과 동일 (평균 색차 △E*ab 2.48 10명중 0명 선택)
5. 채도 (평균 색차 △E*ab 2.52 10명중 0명 선택)

위 5가지 실험을 통하여 측색적으로 1,485개 패치의 평균적인 색차를 구한 결과 각각 2.31, 3.48, 3.75, 2.48, 2.52이였다. 또한 10명의 주관적인 시각평가에서 인쇄물의 원본과 교정인쇄물의 5가지를 동일한 곳에서 평가한 결과 1번은 10명중 3명, 2번, 4번, 5번은 10명중 0명, 3번은 10명중 7명이 원본과 같은 색상으로 선택하였다. 따라서 측색적으로는 1번이 더 좋은 결과를 나타내었지만, 주관적인 평가에서는 3번이 더 양호한 결과를 나타내었다. 이 실험을 통하여 측색적인 색차평가와 주관적인 시각평가에서 서로 다른 경향을 나타낼 수 있음을 확인하였다.

3-5. 교정인쇄의 최적화

교정인쇄의 최적화를 위해서는 사용하는 장비의 정확한 데이터 설정이 필수적이다. 교정인쇄의 잉크젯방식인 하드카피는 출력장비를 데이터로 설정할 수 있는 RIP이 있어야 하며, RIP은 교정인쇄에 있어서 출력매체에 대한 정확한 용지 프로파일과 인쇄물 프로파일이 있어야 한다.

Fig. 4는 실험전과 선형화된 후 측정한 최적화 데이터의 1,485개 색차를 CRF로 나타내었다. 실험전 출력한 교정인쇄 패치의 색차는 6.75이였지만, 선형화된 프로파일을 이용하여 출력한 교정인쇄는 색차가 4.51로 실험전보다 33%의 향상된 결과를 얻었다. 선형화된 값과 표준규격의 프로파일을 이용하여 동일한 장비로 교정인쇄를 한 결과 색차가 2.31로 실험전보다 65%이상 향상된 결과를 나타냄으로 국제표준규격에 측색적으로 색차를 최소화 할 수 있다고 사료된다.

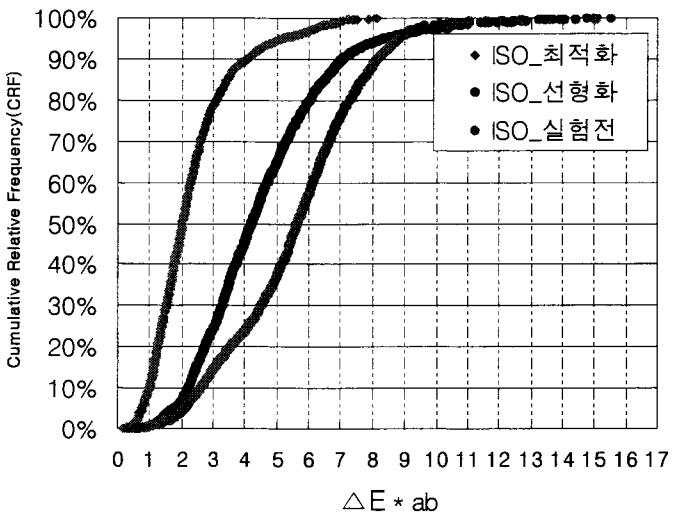

Fig. 4. Comparison of CRF curves for optimization, linearization and pre-experiment.

4. 결 론

본 연구에서는 국제표준규격인 ISO 12647-2:2004에서 제작된 인쇄물의 CIELAB값을 이용하여, 출력 장치의 색 특성에 맞는 프로파일을 제작하였다. 제작된 프로파일은 RIP에 적용하여 하드카피 방식인 잉크젯 프린터로 1,485개 패치를 교정인쇄한 후 측색한 값과 국제표준규격과의 색예측을 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 정확한 색교정을 위해서는 교정인쇄 장치의 정확한 선형화를 바탕으로 용지와 장치의 정확한 색재현 범위를 포함한 프로파일이 필요함을 알 수 있었다.
2. 교정인쇄의 최적화를 위해 출력장비의 선형화를 기반으로, 테스트 타깃 ECI 2002 출력물로 프로파일을 제작할 수 있었고, 이것은 다른 인쇄물의 프로파일과 연계되어 교정인쇄와 인쇄물의 색차를 최소화 할 수 있음을 확인하였다.
3. 국제표준규격인 ISO 12647-2:2004에서 제작된 인쇄물의 1,485개 패치와 교정인쇄를 이용하여 출력한 패치를 확인한 결과, 측색적 평가에서는 색상계-절대(백지적용)방식이 우수한 결과를 나타내었지만, 시각적인 평가에서는 지각적-절대(백지적용)방식이 더 나은 결과를 나타내었다. 따라서 교정인쇄의 최적화를 위해서는 측색적 평가 방식과 시각적 평가 방식이 병행되어야 함을 알 수 있었다.

참 고 문 헌

1) S. S. Kim, "A Study on the Print Quality of Computer to Plate Offset Lithography", *Journal of The Korean Printing Society* vol. **22**, no.1 (2004).
2) CIP 4 Organization, <URL:http://www.cip3.org/>.
3) K. C. Song, 'A Study on the CMS Development for the Offset Printing Industry in KOREA', Pukyong National University (2005).
4) H. A. Fenton, & F. J. Romano, "Computer to Plate", Pittsburgh, Pennsylvania, USA: GATF Press (1998).
5) K. C. Song, 'A Study on the CMS Development for the Offset Printing Industry in KOREA', Pukyong National University (2005).
6) ISO 12647-2 : 2004, <URL:http://www.iso.org/>.
7) Ying X. Noyes, Jon Y. Hardeberg, and Anatoly M. Moskalev "Linearization Curve Generation for CcMmYK Printing", IS&T/SID, pp. 247~248 (2000).
8) ECI 2002 <URL:http://www.eci.org>.

9) Henry R. Kang. "Color Technology for Electronic Imaging Devices". SPIE Optical Engineering Press (1997).
10) M. Kaji, Y. Azuma and M. Nonaka,"Some Colorimetric Properties included in the Color Characterization Data of Process Prints", TAGA, pp. 226~241 (1998).
11) R. W. Hunt "Measuring Color" 2nd edition, Ellis Horwood (1991).