

인쇄 공정의 최적화를 위한 하드카피 프루프 프로파일링

차재영[†], 조가람, 구철회

[†]한국폴리텍대학Ⅱ 디스플레이인쇄과, 부경대학교 공과대학 인쇄정보공학과
(2010년 2월 1일 접수, 2010년 3월 10일 최종 수정본 접수)

Hardcopy Proof Profiling for the Optimization Of Printing Process

Jae-Young Cha[†], Ga-Ram Cho, Chul-Whoi Koo

[†]Dept. of Display and Printing, Korea Polytechnic College II,
Dept. of Graphic Arts Information, College of Engineering, Pukyong National University
(Received 1 February 2010, in final from 10 March 2010)

Abstract

One of the important roles of workflow is color management. In general, color management technique, which is called CMS(color management system), is a method to solve problems that show different characteristics of color regeneration in output devices, and the characteristics of output devices is created in data file called ICC(International Color Consortium) profile. In addition, ICC profile is used to manage color in workflow, and includes other functions, process management and printing quality management. In domestic printing market, workflow is in the pipeline at rapid speed along with CTP, and use of ICC profile required for color management is also in rapid progress.

Therefore, this paper produced optimal ICC profile through experiment from the work of linearizing devices used in each field to color conversion work. Moreover, the paper confirmed how ICC profile will be used in printing field.

In the profiling experiment based on hardcopy proofing, photographed copy and

chrominance were compared by printing out in proof the image created through application and color conversion with the use of camera profile and proof profile produced in colorimetric method.

By evaluating if color is expressed accurately from input to output through colorimetric color conversion experiment as above, the paper intended to propose color management method using optimal profile in printing process.

Keyword : color management, ICC profile, hardcopy proofing, colorimetric method, printing process

1. 서 론

워크플로우의 중요한 역할 중의 하나는 컬러 관리에 있다. 컬러 관리 기술인 CMS (Color Management System)는 인쇄에서 사용되는 입·출력 장치들의 컬러 재현 특성들이 다르게 나타나는 문제점을 해결하기 위한 방법이다. 하드웨어의 컬러 재현 특성은 ICC 프로파일(International Color Consortium profile)이라는 데이터 파일(data file)로 만들어지며 ICC 프로파일은 워크플로우에서 컬러 관리를 위해 사용되어진다. 또 다른 기능으로는 공정 관리 및 인쇄 품질 관리가 있다.^{1~5)}

국내의 인쇄 시장에서 워크플로우는 CTP와 더불어 빠른 속도로 보급되고 있으며 컬러 관리에 필요한 ICC 프로파일의 이용 또한, 빠르게 진행되어지고 있다. 하드카피 프루핑(hardcopy proofing)은 CTP의 도입으로 인쇄에서 반드시 필요한 교정 기술이 되었다. 하드카피 프루핑에 사용되는 장비들은 잉크젯 방식이나 토너 방식 등의 여러 기술을 가지고 있는 대형 프린트기가 많이 사용되고 있다. 교정용 프린트의 사용은 PDF 기반의 워크플로에서 필름 교정을 볼 수 없기 때문에 반드시 모니터나 교정용 프린트를 이용하여 본인쇄 전에 교정 인쇄를 거쳐 확인을 하여야 한다. 하드카피 프루핑에서 교정 출력 기술은 본인쇄에서 사용하는 인쇄기의 모든 인쇄 조건들을 시뮬레이션 할 수 있어야 하며 특히 하드카피 프루핑에서 사용하는 프린트기는 인쇄의 컬러와 관련된 색영역이 넓고 워크플로우 프로그램과 호환성이 좋아야 한다.^{5~6)}

유럽이나 미국, 일본 등에서는 규격화된 최적의 인쇄 조건들을 찾는 연구들이 활발하게 진행되고 있다. 유럽은 FOGRA에서 도트 게인(dot gain)과 TVI 등을 이용해 ISO규격을 충족할 수 있는 최적의 인쇄 조건들을 찾고 있으며 미국은 GRACOL에서 그레이 밸런스를 이용해 ISO규격을 충족할 수 있는 인쇄 조건 등을 연구하고 있다. 이들 기술들은 모두 ICC 프로파일을 기반으로 진행되는 연구들이고, 국내에서도 ICC 프로파일 기

반의 인쇄 워크플로우 프로그램들을 상당 수 도입하고 있으나 워크플로우에 사용할 수 있는 최적의 장치 프로파일을 만들 수 있는 기술이 부족하여 100% 활용하는 곳이 많지 않다.^{7~9)}

따라서 본 논문에서는 장치의 선형화 작업에서부터 컬러 변환 작업까지 실험을 통해 최적의 ICC 프로파일을 제작하였다. 하드카피 프루핑을 기반으로 하는 프로파일링 실험에서는 측색적 방법으로 제작된 카메라 프로파일과 프루프 프로파일을 이용하여 적용과 색변환 과정을 통해 만들어진 이미지를 프루프로 출력하여 촬영 원고와 색차를 비교하였다. 위와 같이 측색적 색변환 실험을 통해 입력에서 출력까지 정확하게 컬러가 표현이 되었는지를 평가함으로써 인쇄 공정에서 최적의 프로파일을 이용한 컬러 관리 방법을 제시하고자 하였다.

2. 실험

2-1. 원고 제작

본 실험에 사용한 프린트는 Epson 9800이며, RIP은 하드카피 프루핑용으로 업체에서 많이 사용하고 있는 ORIS Color Tuner를 사용하였다. 이 프로그램은 측정 장비를 직접 연결하여 선형화 작업이나 캘리브레이션 작업이 쉽고, 하드카피 프루핑용 프로파일이나 인쇄용 프로파일을 이용해 최소의 색차까지 줄일 수 있는 자동 컬러 맞춤 기능을 사용할 수 있다.

실험에서 사용한 프로파일 제작용 테스트 타깃은 컬러 패치 수가 1,485개로 구성되어 있는 Figure 1과 같은 ECI 2002 (ISO/CD 12642-X) Visual 타깃을 사용하였고, 프로파일링 프로그램은 ProfileMaker 5.0을 사용하였다.

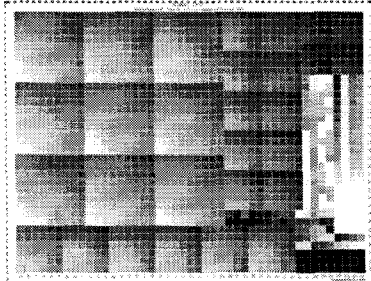


Figure 1. ECI2002 test target.

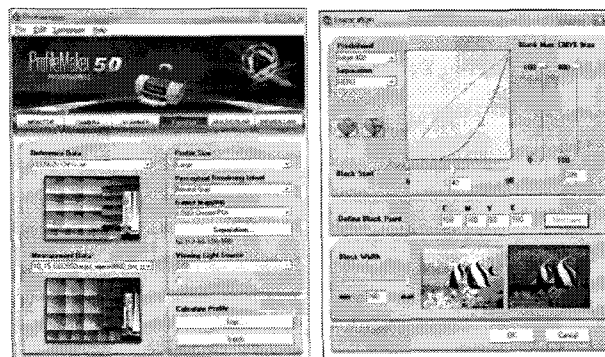


Figure 2. ProfileMaker profiling setting.

2-2. 프루프 프로파일 제작

프로파일링 프로그램은 ProfileMaker 5.0을 사용하여 Figure 2와 같이 선형화 (linearization) 작업 후, 측정된 데이터를 이용하여 프로파일링 작업을 수행하였다. 프로파일링 작업 조건은 프로파일 사이즈 "large", perceptual rendering intent "neutral gray", gamut mapping "LOGO chroma plus", separation "GCR3"에 neutralize로 세팅하였다.

2-3. 실험 방법

프린트를 선형화한 후, 캘리브레이션 타겟 ECI2002를 출력하여 측색한 CIEL*a*b* 값을 참조해서 프루프 프로파일 epon9800_semimate를 생성하였다. 또한 ORIS COLOR TUNER 세팅에서 프린트 프로파일된 부분은 ISOCoted.icc, 프루프 프로파일은 epon9800_semimate로 설정한 후, ECI2002 타겟을 출력하였고, 그 결과물을 측색하였다. 측색하여 얻은 CIEL*a*b* 값과 ISOCoted CIEL*a*b* 값으로 색차를 비교함으로써 ICC 프로파일의 정확성을 확인하였다. 또한 ColorChecker DC 타겟을 RAW 파일에서 AdobeRGB로 추출하고 Photoshop CS3에서 선행 연구에서 만들어진 카메라 프로파일로 지정한 후 RGB에서 CMYK(프루프 프로파일)로 색변환하였다. CMYK로 색변환된 이미지는 프루프로 출력하였다. 이때 프루프의 세팅은 프루프 프로파일과 프린트 프로파일을 동일하게 설정하였다. 또한 출력된 이미지는 측정 장치로 CIEL*a*b* 값을 구하고 원고에서 측정된 CIEL*a*b* 값과 비교하여 색차를 구하였다.^{10~14)} Figure 3은 프루프 프로파일링 실험을 위한 전개도 이다.

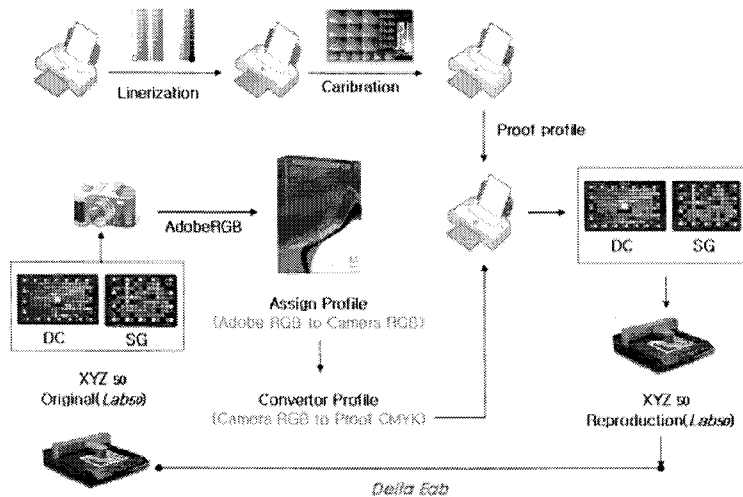


Figure 3. Color difference(dE*ab) for printer profiling follow chart.

3. 결과 및 고찰

3-1. 프루프 프로파일링

3-1-1. 프루프의 캘리브레이션 확인

프루프의 선형화 작업과 프로파일링 작업 후 ECI2002 타깃을 이용하여 프루프 프로파일링을 검증하였다. 데이터는 RIP을 이용하여 직접 제작한 프루프 프로파일과 ISO Coated 인쇄 프로파일을 통해 출력하였다. 측정 장치를 이용하여 ECI2002 타깃을 측정하였고, 측정된 컬러 값과 원본 데이터를 비교하여 구한 색차를 Table 1에 나타내었다. 최소 색차는 0.04, 최대 색차는 7.12, 평균 색차는 1.04로 프루프 프로파일이 정확하게 만들어졌음을 알 수 있었다. 여기서 색차가 작은 것은 프루프의 프로파일링 작업이 정확히 이루어진 결과로 프루프의 색공간이 ISO Coated 프로파일보다 넓은 색공간을 가지고 있기 때문으로 사료된다.

Table 1. ECI2002 Using Proof Profile of Verification

Test Target	ΔE^*_{ab}				RIP Setting	
	Min	Max	Mean	Standard Deviation	Proof	Print
ECI2002	0.04	7.12	1.04	1.09	Custom	ISO Coted

Figure 4는 프루프의 ICC 프로파일을 검증하기 위해 ECI2002 테스트 타깃을 Epson 9800 프린트기로 출력한 후 측정 장치를 이용하여 CIELa*b* 값으로 측정하고 측정된 값과 원고의 CIELa*b* 값을 비교하여 색차를 구한 후 a*와 b*의 컬러 공간에 표시하였다. red 계열의 컬러들이 -b*(Green) 쪽으로 이동하면서 red 계열의 컬러 값의 차이가 많음을 알 수 있었다. Red 계열의 색차를 줄이기 위해 반복 실험을 하였으나 red 계열의 색차가 줄어들지 않았다. 이것은 프루프에서 사용하고 있는 red 잉크의 특성에 따른 결과라 판단되며, RIP 소프트웨어를 통해 2차적 조정이 필요하다고 생각된다.

Figure 5는 출력된 ECI2002 테스트 타깃의 CIELa*b* 측정값을 원본 데이터와 비교하여 구한 색차를 L*와 C* 공간과 CDF 커브로 표시한 것이다. 먼저 L*와 C* 공간에서 보면 red 계열의 컬러들만 밝은 쪽으로 이동하면서 C*의 차이가 커졌음을 알 수 있었다. CDF 커브에서 확인한 결과 대부분의 컬러 값의 차이가 2이하를 나타내었다. 이것은 프루프 프로파일의 red 계열 컬러 값이 정확하게 잉크 출력 값으로 변환되지 못한 결과라 사료된다.

Figure 6은 출력된 ECI 2002 테스트 타깃의 색차를 3차원 막대그래프로 나타낸 것이다. Red 계열의 컬러들 중 solid 부분의 컬러가 가장 많은 색차를 보였는데 이러한 색차는

프루프 프로파일의 red 부분이 정확하게 변환되지 않아 원본 컬러와 비교하여 밝게 출력되었기 때문이라 사료된다.

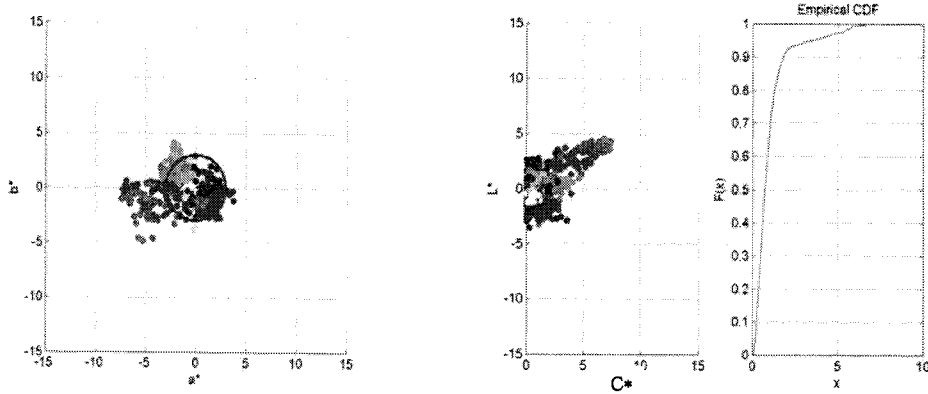


Figure 4. ECI2002 dataset of ΔE^*_{ab} in a^* vs b^* . Figure 5. ECI2002 dataset of ΔE^*_{ab} in C^* vs L^* and CDF curve.

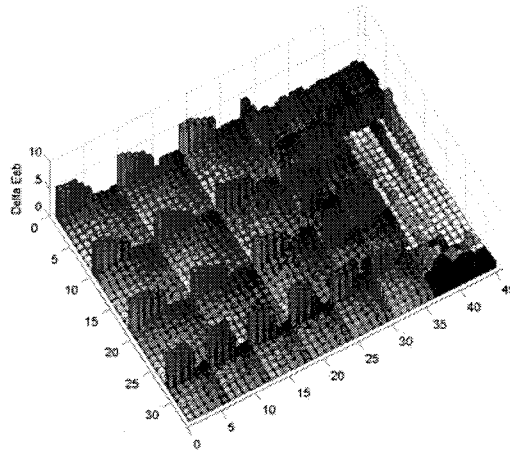


Figure 6. ECI2002 dataset of ΔE^*_{ab} 3D color bar in proof.

3-1-2. ISO Coated 프로파일과 RIP의 자동 컬러 보정

프루프의 선형화 작업과 프로파일링 작업 후 프루프 프로파일과 ISO Coated 인쇄 프로파일 사이의 색차를 더 많이 줄이기 위해 자동 컬러 보정 기능을 이용하였다. 3번에 걸쳐 자동 컬러 보정을 실시하고 자동으로 보정된 컬러의 값을 이용하여 ECI2002 타겟을 출력하였다. 측정 장치를 이용하여 ECI2002 타겟을 측정하였고 측정된 컬러 값과 원본 데이터를 비교하여 구한 색차를 Table 2에 나타내었다. 최소 색차는 0.02, 최대 색차

는 2.97, 평균 색차는 0.36으로 나타남을 알 수 있었다. 자동 컬러 보정 기능은 두 개의 프로파일 중 인쇄 프로파일과 반복적으로 비교 분석하여 색차가 많은 부분의 컬러 데이터를 수정하는 것이다. 즉, 프로파일을 최적의 인쇄 조건으로 튜닝하는 것이다. 프로파일만으로 색변환을 진행하였을 때보다 프로파일과 컬러 수정 데이터를 이용하였기 때문에 색차를 더 많이 줄일 수 있을 것으로 사료된다.

Table 2. ECI2002 using Auto Color of Verification

Test Target	ΔE^*_{ab}			Standard Deviation	RIP Setting / Auto Color	
	Min	Max	Mean		Proof	Print
ECI2002	0.02	2.97	0.36	0.23	Custom	ISO Coated

Figure 7은 RIP에서 자동 컬러 보정 기능을 이용하여 컬러 데이터 값으로 ECI2002 테스트 타겟을 Epson 9800 프린트기로 출력한 후 측정 장치를 이용하여 CIELa*b* 값으로 측정하고 측정된 CIELa*b* 값과 원고의 CIELa*b* 값을 비교하여 색차를 구하여 a*와 b*의 색공간에 표시하였다. 자동 컬러 보정 전과 비교해 보면 red 계열의 컬러들을 비롯한 모든 컬러들이 중앙에 모여 있으므로 색차가 아주 적음을 알 수 있다. 색차가 작은 이유는 red 계열의 색차를 줄여주는 컬러 데이터 때문으로 사료된다.

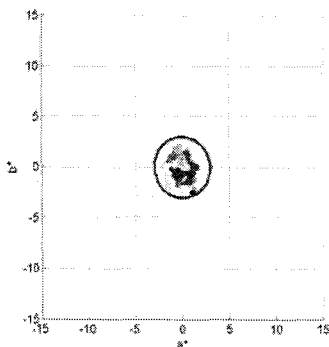


Figure 7. ECI2002 dataset of ΔE^*_{ab} in a^* vs b^* .

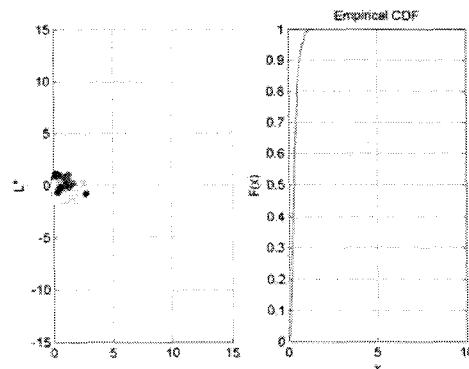


Figure 8. ECI2002 dataset of ΔE^*_{ab} in C^* vs L^* and CDF curve.

Figure 8은 출력된 ECI2002 테스트 타겟의 CIELa*b* 측정값을 원본 데이터와 비교하여 구한 색차를 L*와 C* 공간과 CDF(Cumulative Relative Frequency) 커브로 표시한

것이다. 먼저 L^* 와 C^* 공간에서 보면 모든 컬러들이 밝기와 컬러의 변화가 없음을 알 수 있었다. CDF 커브에서 확인한 결과 대부분의 컬러 값의 차이가 1이하를 나타내었다. 따라서 프루프 프로파일과 인쇄 프로파일 사이의 색차를 더 많이 줄이는 방법으로 자동 컬러 보정 기능을 적용하는 것이 타당하다고 생각한다.

Figure 9는 출력된 ECI2002 테스트 타겟의 색차를 3차원 막대그래프로 나타낸 것이다. 컬러 자동 보정전과 비교하여 red 계열의 컬러들이 대부분 보정되어 색차가 적음을 알 수 있었다. 이것은 프루프 프로파일의 컬러들이 인쇄 프로파일의 컬러에 가깝게 보정되었기 때문이라 생각되며 정확한 색차 보정을 위해서는 인쇄 프로파일이 정확하게 만들어져야 할 것으로 사료된다.

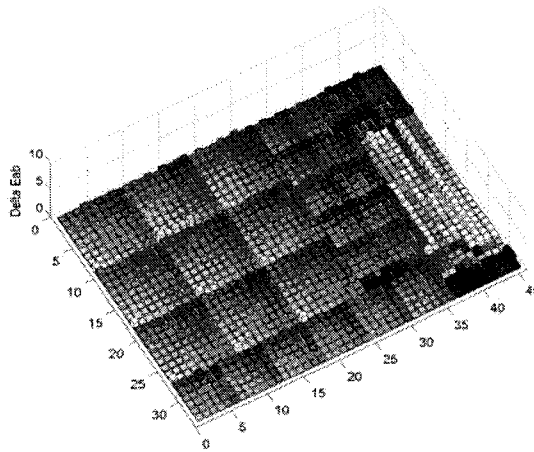


Figure 9. ECI2002 dataset of ΔE^*_{ab} 3D color bar in proof.

3-1-3. Custom 프로파일과 RIP의 자동 컬러 보정

프루프의 선형화 작업과 프로파일링 작업 후 RIP의 세팅에서 프루프 프로파일과 인쇄 프로파일을 모두 Custom 프로파일로 세팅하고 자동 컬러 보정 기능을 사용하여 컬러 보정 데이터 값을 구하고 보정된 컬러 값을 이용하여 ECI2002 타겟을 출력하였다. 측정 장치를 이용하여 ECI2002 타겟을 측정하였고, 측정된 컬러 값과 원본 데이터를 비교하여 구해진 컬러 값의 차이를 Table 3에 나타내었다. 이 때 최소 색차가 0.01, 최대 색차가 6.46, 평균 색차가 0.60인 결과를 얻었다. 이러한 양호한 결과는 자동 컬러 보정 기능을 이용하여 보정된 컬러 값을 출력에 적용한 결과라 생각된다. RIP에서 프린트 프로파일로 ISO Coated 프로파일을 사용하였을 때와 비교하면 색차가 조금 큰 것을 알 수 있는데 이것은 Custom 프로파일의 색변환 능력이 다소 떨어지기 때문으로 사료된다.

Table 3. ECI2002 using Auto Color of Verification

Test Target	ΔE^*_{ab}			Standard Deviation	RIP Setting / Auto Color	
	Min	Max	Mean		Proof	Print
ECI2002	0.01	6.46	0.60	0.33	Custom	Custom

Figure 10은 RIP에서 자동 컬러 보정 기능을 이용하여 컬러 데이터 값으로 ECI2002 테스트 타겟을 Epson 9800 프린트기로 출력한 후 측정 장치를 이용하여 CIELa*b* 값으로 측정하고 측정된 CIELa*b* 값과 원고의 CIELa*b* 값을 비교하여 색차를 구한 후, a*와 b*의 색공간에 표시하였다. 자동 컬러 보정을 사용하였으나 자동 컬러 보정 전과 비교해 보면 red 계열의 컬러들은 약간의 컬러 값이 줄었지만 경향은 변화지 않았으며, 나머지 컬러들은 중앙에 더 가까워져 색차가 더 많이 줄었음을 알 수 있었다. 자동 컬러 보정을 사용하였으나 자동 컬러 보정 전과 비교해 red 계열의 컬러는 색차가 약간 줄었지만 경향은 변화지 않았다. 이것은 프로파일링 작업이 정확하게 이루어지지 않으면 색변환에 문제가 생길 수 있음을 확인하였다. 나머지 컬러들은 자동 컬러 보정이 정확하게 이루어져 a*b* 공간의 중앙에 더 가까워져 색차가 더 많이 줄었음을 알 수 있었다.

Figure 11은 출력된 ECI2002 테스트 타겟의 CIELa*b* 측정값을 원본 데이터와 비교하여 구한 색차를 L*와 C* 공간과 CDF 커브로 나타낸 것이다. 먼저 L*와 C* 공간에서 보았을 때 red 계열의 컬러들은 자동 컬러 보정 전과 비슷한 경향을 보였고, 나머지 컬러들은 좀더 0점에 가까워졌다. CDF 커브에서는 자동 컬러 보정전과 거의 비슷한 경향을 보였다.

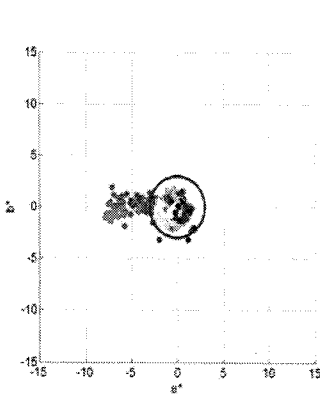


Figure 10. ECI2002 dataset of ΔE^*_{ab} in a* vs b*.

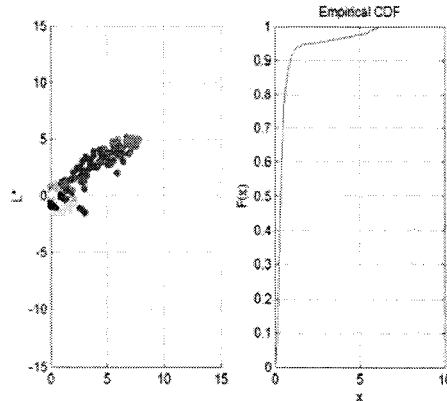


Figure 11. ECI2002 dataset of ΔE^*_{ab} in C* vs L* and CDF curve.

Figure 12는 출력된 ECI2002 테스트 타겟의 색차를 3차원 막대그래프로 표시한 것으로 자동 컬러 보정전과 비교하여 모든 컬러들이 비슷한 경향을 보였다. 따라서 3차원 그래프에서 red계 solid 부분의 컬러 보정이 정확하게 이루어지기 위해서는 먼저 상호간에 비교할 수 있는 정확한 프로파일이 만들어야지만 가능할 것이라 사료된다.

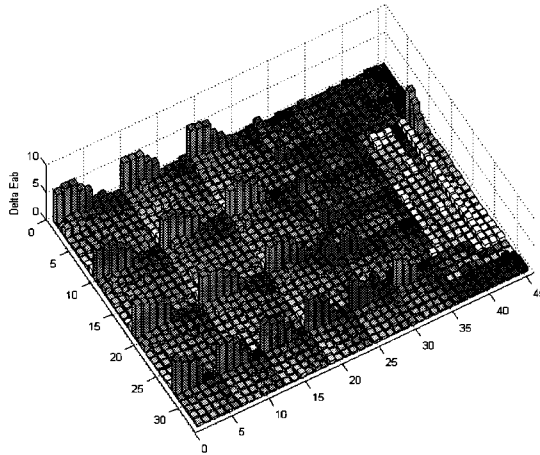


Figure 12. ECI2002 dataset of ΔE^*_{ab} 3D color bar in proof.

3-1-4. 2차원에서 Custom 프로파일의 색공간 평가

Figure 13은 프루프의 Custom 프로파일과 ISO Coated 인쇄 프로파일인 FOGRA Coated, GRACOL Coated의 색공간을 비교한 것이다. 프루프 프로파일의 색공간이 두 개의 ISO Coated 프로파일과 비교해 더 넓은 색공간을 가지고 있다. 이것은 오프셋 인쇄기와 달리 프루프의 잉크는 투명성이 우수하여 컬러 표현력이 뛰어나고, 또한 8종류의 잉크를 사용하였기 때문에 사료된다. 특히 잉크의 특성을 고려한다면 magenta 잉크의 컬러 재현성에 문제가 있을 것으로 판단된다.

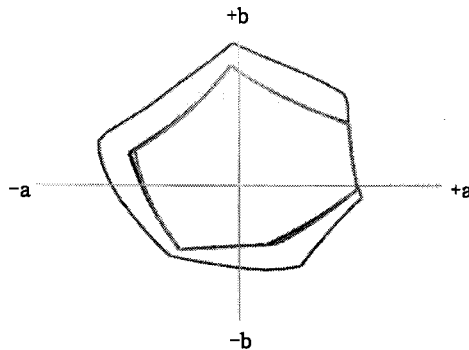


Figure 13. Epson 9800.icc(Red), Coated FOGRA39.icc(green), GRACOL Coated1V.icc (blue).

FOGRA Coated 프로파일과 GRACOL Coated 프로파일은 ISO 규격에 맞게 제작되었으므로 비슷한 색공간을 가지고 있다. 그러나 Custom 프로파일에서 +a(red) 쪽의 색공간이 ISO Coated 프로파일과 비슷하게 재현됨으로 red 계열의 컬러 재현성이 다른 컬러의 재현성보다 상대적으로 떨어질 수도 있을 것이라 생각된다.

3-1-5. 3차원에서 Custom 프로파일의 컬러 재현 공간 비교

Figure 14는 프루프의 Custom 프로파일과 ISO Coated 인쇄 프로파일인 FOGRA Coated, GRACOL Coated의 3차원 색공간을 비교한 결과이다.

Custom 프로파일의 색공간은 두 개의 ISO Coated 프로파일 색공간과 비교하면 +a(red)쪽 색공간일 경우 red 계열의 컬러가 ISO Coated 컬러 보다 chrome가 더 높은 순색을 나타내었다. 그 외의 경우 전체적인 색공간에서 Custom 프로파일이 ISO Coated 프로파일의 색공간을 포함하였다. 또한 2차원 색공간에서는 ISO Coated 프로파일이 Custom 프로파일 안쪽에 포함되었지만, 3차원 색공간에서 확인한 결과 ISO Coated의 -a(green)쪽 컬러와 +b와 +a 사이에 있는 일부 컬러가 Custom 프로파일이 포함하지 못하는 차이를 확인할 수 있었으며, 또한 서로 다른 색공간의 전체적인 경향을 볼 수 있었다. 이것은 프로파일링 작업시 반드시 확인해야 할 부분이며, 이러한 색공간의 차이에 대한 처리 방법 또한 정확하게 알고 있어야 할 것이다. 이러한 색공간의 차이에 대해 정확한 분석이 이루어진다면 상당히 양호한 프로파일 제작이 가능할 것으로 사료된다.

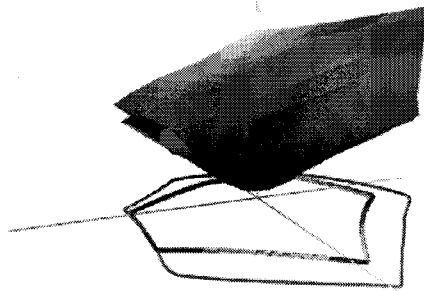


Figure 14. Epson 9800.icc(Red), Coated FOGRA39.icc(Green), GRACOL Coated1V.icc(Blue).

3-1-6. ColorChecker DC의 프린트 컬러 재현 특성

디지털 카메라로 촬영한 ColorChecker DC RAW파일을 AdobeRGB 색공간으로 추출하였다. 추출된 이미지는 Photoshop 프로그램을 이용하여 AdobeRGB 색공간에서 Custom Proof CMYK 색공간으로 컬러를 변환하였다. 또한 RIP을 자동 컬러 보정으로

세팅하고 CMYK 변환된 ColorChecker DC 이미지를 출력하였다. 출력된 이미지를 컬러 측정 장치를 이용하여 CIEL*a*b* 값을 구하고, 원본 데이터 CIEL*a*b* 값과 비교하여 색차를 구하고, 그 결과를 Table 4에 나타내었다. 최소 색차가 0.29, 최대 색차가 14.42, 평균 색차가 2.27로 RIP 세팅에서 자동 컬러 보정 기능을 이용하여 보정된 컬러 값을 출력에 적용하였지만, 특정한 컬러 패치의 재현성이 떨어져 색차가 큰 경향을 나타내었는데 이것은 프루프의 색공간이 좁아 컬러 패치 중 다수가 색공간 밖에 존재한 결과라 사료된다.

Table 4. ColorChecker DC Target using Auto Color of Verification

Test Target	ΔE^*_{ab}			Standard Deviation	RIP Setting / Auto Color	
	Min	Max	Mean		Proof	Print
ColorChecker DC	0.29	14.42	2.27	1.95	Custom	Custom

Figure 15는 색차에 따라 좌표를 이용하여 a^* , b^* 공간에 ColorChecker DC 타겟의 240개 컬러 패치를 표시하였다. Figure 15의 결과와 같이 컬러 패치들의 색차가 커 넓은 영역으로 확장되어 나타났으며, 특히 blue와 green, yellow의 컬러 패치가 중앙에서 많이 떨어진 위치에 표시되었는데 이것은 blue와 green, yellow 컬러 패치의 색차가 크다는 걸 알 수 있었다. 여기서 색차가 큰 컬러 패치들은 DC 타겟의 컬러 패치 중 패치의 표면 성질이 다른 광택 부분으로, 채도가 높아 인쇄 프로파일 재현 가능한 색공간 밖에 존재함으로써 컬러 재현이 어렵기 때문으로 사료된다.

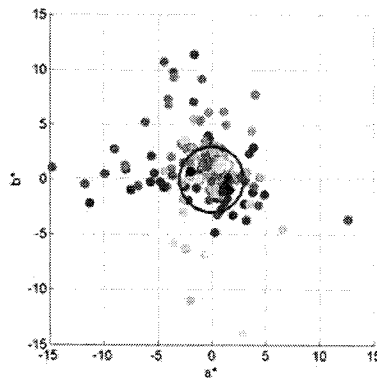


Figure 15. ColorChecker DC dataset of ΔE^*_{ab} in a^* vs b^* .

일반적으로 색차 공간은 근사 균등 시각 간격을 갖는 3차원 공간으로 ΔE^*_{ab} 는 CIEL*a*b* 공간에서 두 점 사이의 유클리드(Euclidean) 거리로써 구하였고, 240개의 컬러 패치에 대한 결과를 Figure 16에 각각 나타내었다. 240개의 컬러 패치의 색차를 CIEL*a*b* 색공간에서 분석한 결과 히스토그램에서 색차의 빈도수가 대부분 5이하에 패치가 존재하였지만, 몇몇 패치에서 큰 색차를 나타내는 경향을 보였다. 또한 L*와 b* 그래프에서는 밝은 yellow 계열의 컬러들이 어두워지고 blue 쪽으로 이동한 것을 알 수 있었다. L*와 a* 그래프에서는 밝은 yellow 계열의 컬러들이 어두워지는 경향을 보였다. a*와 b*의 그래프로 확인한 결과 green이나 red 계열은 chrome가 떨어지고 yellow 계열은 chrome가 증가하는 경향을 보였고, blue 계열은 green쪽으로 컬러가 이동하는 결과를 나타내었다.

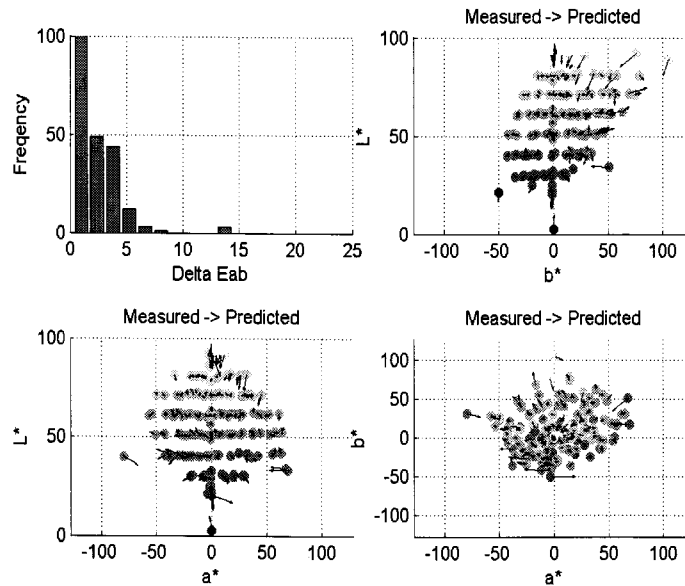


Figure 16. Proof profile converter ColorChecker DC image of ΔE^*_{ab} plot.

Figure 17은 색차를 L*와 C*의 공간에 표시한 그래프이다. 이 그래프에서 컬러 패치의 밝기 차이는 많지 않았지만 yellow 계열의 컬러들이 어두워지면서 컬러 값의 차이를 보였다. 또한 gray 컬러들은 어두운 쪽으로 이동하면서 색차가 크게 나타났다. CDF 커브에서 확인한 결과 대부분의 컬러 패치가 5이하의 색차 범위를 보였다.

Figure 18은 프루프를 이용하여 출력한 ColorChecker DC 타겟의 CIEL*a*b* 측정값을 원본 데이터와 비교하여 구한 색차를 3D 막대그래프로 나타낸 결과이다. 타겟에서 오른쪽 쪽의 광택이 있는 패치들이 상대적으로 채도가 높아 가장 많은 색차를 보였고, 특히 프

루프 프로파일의 컬러 재현 영역의 특성에 따라 green 계열과 blue 계열의 색차가 많아 색차가 가중되어 나타난 것으로 사료된다.

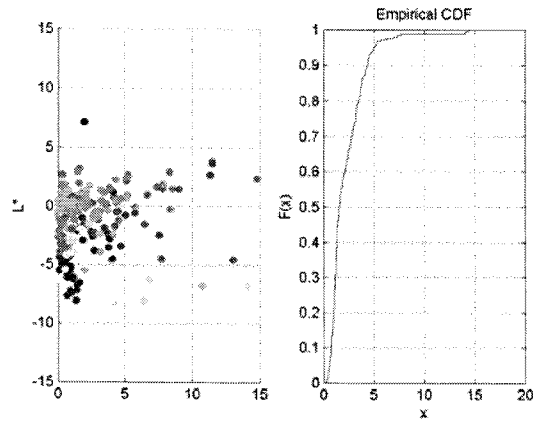


Figure 17. Proof profile converter ColorChecker DC image of L^* vs C^* and CDF curve.

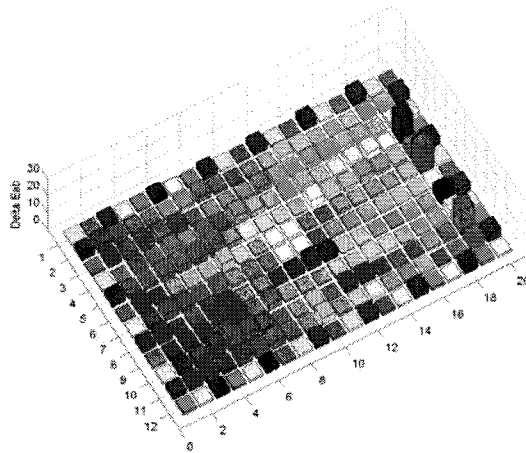


Figure 18. Proof profile converter ColorChecker DC image of ΔE^*_{ab} 3D color bar.

3-2. 카메라 프로파일의 적용시킨 프린트 컬러 재현 특성

디지털 카메라로 촬영한 ColorChecker DC RAW파일을 AdobeRGB 색공간으로 추출하였다. 파일 포맷은 컬러의 손실을 최소화 할 수 있는 TIFF 포맷을 이용하였다. 추출된 이미지는 Photoshop 프로그램을 이용하여 AdobeRGB 색공간에서 선행 연구로 제작한 카메라 프로파일을 적용시킨 후, 적용된 ColorChecker DC 이미지를 Custom 프루프

CMYK 색공간으로 컬러 변환하였다. RIP을 자동 컬러 보정으로 세팅하고, CMYK 변환된 ColorChecker DC 이미지를 출력하였다. 출력된 이미지를 컬러 측정 장치로 측색하여 CIEL*a*b* 값을 구하고, 원본 데이터 CIEL*a*b* 값과 비교하여 색차를 계산하고, 그 결과를 Table 5에 나타내었다. 최소 색차는 0.09, 최대 색차는 18.74, 평균 색차는 1.55이었다. 특히 장치 프로파일들의 컬러 재현 특성에 따라 몇몇 패치에서 색차가 가중되어 나타났으므로 이러한 문제의 해결점을 찾는 것이 또한 필요하다고 생각된다.

Table 5. ColorChecker DC Target Printing using Auto Color of Verification (Application of Camera Profile)

Target	ΔE^*_{ab}			Standard Deviation	RIP Setting / Auto Color	
	Min	Max	Mean		Proof	Print
ColorChecker DC	0.09	18.74	1.55	1.88	Custom	Custom

Figure 19는 색차에 따라 좌표를 이용하여 a*, b* 공간에 ColorChecker DC 타깃의 240개 컬러 패치를 표시하였다. 카메라 프로파일을 적용시키지 않은 이미지와 비교하여 전체적으로 컬러 패치들의 확장이 줄었음을 알 수 있었다. 그러나 광택이 있는 부분의 컬러 패치들은 여전히 색차가 감소되지 않았으므로 이러한 컬러 차이를 줄일 수 있는 2차적인 컬러 보정이 필요하다고 생각된다.

Figure 20은 240개의 컬러 패치들의 색차를 여러 가지 방법으로 분석하여 그 결과를 그래프화한 것이다. 막대그래프는 색차에 따라 컬러 패치의 개수를 표시한 그래프로 대부분의 컬러 패치들이 4이하의 색차를 보여주고 있다. 또한 L*와 b*, L*와 a* 그래프에서 yellow 계열의 컬러들이 밝은 쪽으로 이동하는 결과를 확인할 수 있었고, L*와 a* 그래프에서 red 계열 중 몇 개의 패치들이 chrome가 높아지면서 어두운 쪽으로 이동하는 경향을 보였다. a*와 b* 그래프에서는 red 계열의 컬러 패치들이 chrome가 높은 쪽으로 이동하는 경향을 보였는데 이것은 프로파일 적용에서 컬러 재현시 상대 측색을 기본으로 컬러 재현 영역 밖의 컬러를 재현 가능한 영역 내의 컬러로 클리핑함으로써 나타난 결과라 생각되며, 나머지 패치들의 컬러는 변화가 거의 없는 양호한 결과를 나타내었다.

Figure 21은 색차를 L*와 C*의 공간에 표시한 그래프이다. 이 그래프에서 컬러 패치들의 밝기 차이는 무광택지 부분의 컬러 패치보다 광택지 부분의 컬러 패치가 많았는데 나머지 컬러들은 밝기의 차이가 거의 없음을 알 수 있었다. 이것은 광택지인 경우 원고 촬영시 타깃의 표면 반사율이 높아 다른 컬러 패치보다 밝게 재현되었기 때문이라 생각된다. CDF 커브에서 확인한 결과 전체 타깃에서 광택지 부분의 컬러 패치 중 90% 정도

가 4이하의 색차를 보였다.

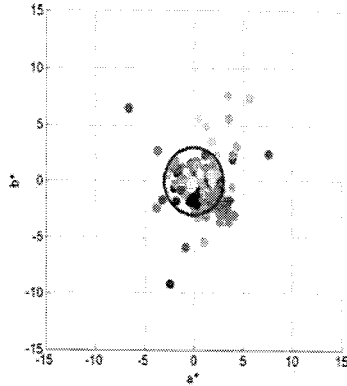


Figure 19. ColorChecker DC dataset of ΔE^*_{ab} in a^* vs b^* .

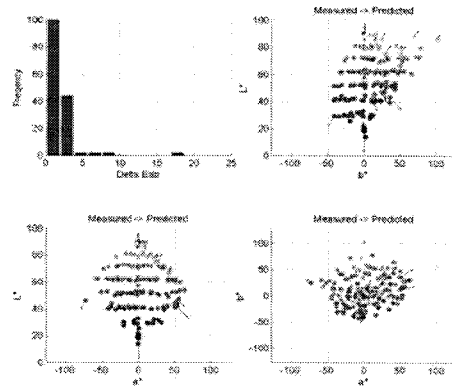


Figure 20. Proof profile converter ColorChecker DC image of ΔE^*_{ab} plot(application of camera profile).

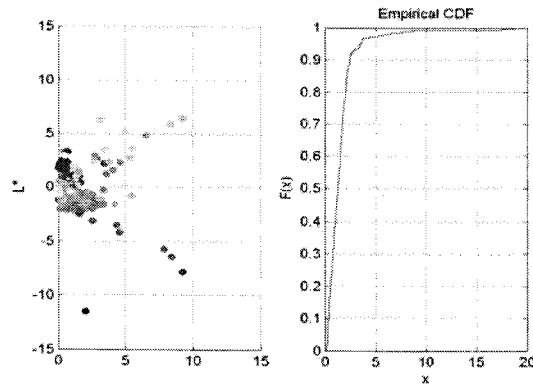


Figure 21. Proof profile converter ColorChecker DC image of L^* vs C^* and CDF curve(application of camera profile).

Figure 22는 프루프를 이용하여 출력한 ColorChecker DC의 CIEL*a*b* 측정값을 원본 데이터와 비교하여 계산한 색차를 3D 막대그래프로 표시한 것이다. 타깃의 오른쪽 광택이 있는 부분의 컬러 패치에서 가장 많은 색차를 나타내었고, 프루프 장치의 특성에 따라 red 계열의 컬러에서 색차가 조금 발생하였다. 따라서 광택이 있는 컬러 패치 부분의 색차는 표면 반사율에 의해 나타난 결과라 생각됨으로 이 부분에 대한 밝기 보정이 이루어진다면 이러한 색차를 줄일 수 있을 것이라 사료된다.

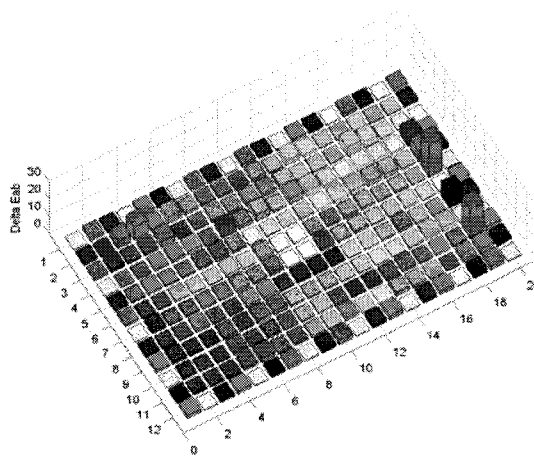


Figure 22. Proof profile converter ColorChecker DC image of ΔE^*_{ab} 3D color bar(application of camera profile).

4. 결 론

인쇄 공정에서 최적의 프로파일링을 이용한 컬러 관리에서 측색적 방법을 통해 하드카피용 프린트 프로파일 제작시 최적의 조건을 중심으로 실험한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 프루프 프로파일링 작업에서 선형화가 정확하게 이루어질 경우 최적의 프로파일링 작업이 가능함을 알 수 있었다.
2. 프루프의 선형화 작업과 프로파일링 작업 후 RIP 세팅에서 자동 컬러 보정 기능을 사용하면 프루프 프로파일과 ISO Coated 인쇄 프로파일 사이의 색차를 줄일 수 있었다. 또한 프루프 프로파일과 인쇄 프로파일을 모두 Custom 프로파일로 세팅하고 자동 컬러 보정 기능을 사용해도 색차를 줄일 수 있었다.
3. 디지털 카메라 프로파일을 적용한 이미지가 그렇지 않은 이미지와 비교해 조금 더 정확한 컬러 재현이 가능함을 알 수 있었다. 다양한 형태의 프로그램과 연동할 수 있는 프로파일링 시스템에서 최적화된 프로파일링 작업만 이루어진다면 정확한 인쇄용 교정이 가능함을 알 수 있었다.

참고문헌

- 1) International Color Consortium, "ICC Profile Format Specification", Version 3.4, August (1997).
- 2) International Color Consortium, "International Color Consortium Profile Format", <URL : ftp://sgigate.sgi.com/pub/icc/ICC34.pdf> (1998).
- 3) R. Y. Chung, Y. Komori, "ICC based CMS & Its Color Matching Performance", Proc, TAGA (1998).
- 4) Dawn Wallner, "Color Management and Transformation through ICC profile", Color Engineering, pp. 247~261 (2002).
- 5) P. Rao, M. R. Rosen, R. S. Berns, "Performance Evaluation of the Profile Maker professional 5.0 ICC Profiling Software" (2005).
- 6) Kudzai Chigogora, Paul D. Fleming III and Abhay Sharma, "Optimizing Proofing in a Digital Work Flow", Proceedings of the 57th TAGA Annual Technical conference, Toronto, Ontario (2005).
- 7) Bruce Fraser, Charis Murphy and Fred Unting, "Real World Color Management", 2nd edition (2005).
- 8) M. Has, T. Newmam, "Color management: current practice and the adoption of a new standard" (1995).
- 9) C. Y. hsu, "Color matching comparison between generic and custom press profiles, TestTarget 3.0 (2003).
- 10) Evening, M, "Adobe photoshop CS2 for Photographer", Boston Focal press (2005).
- 11) Harald Johnson, "Mastering Digital Printing" 2nd edition (2005).
- 12) Dr. Abhay Sharma and Dr. Fleming III, P. D., "Measuring the quality of ICC profiles and Color Management Software", Volume2. No19, the Seybold Report, Analyzing Publishing Technology, pp. 3~8 (2003).
- 13) Robert Y. Chung and Yoshinori Komori, "ICC-based CMS & Its Color Matching Performance", proc. TAGA (1998).
- 14) Robert Chung, Yoshkazu Shimamura, " Quantitative Analysis of Pictorial Color Image Difference", Proc. TAGA (2001).