

# 디지털 컬러 교정인쇄를 위한 새로운 색역사상 방법에 관한 연구

송경철, 강상훈\*

부경대학교 대학원 인쇄공학과, 부경대학교 화상정보공학부\*

## A Study on the New Gamut Mapping Method for Digital Color Proofing

*Kyung-Chul Song, Sang-Hoon Kang\**

*Department of Graphic Arts Engineering, Graduate school of Pukyong National University ,  
Division of Image & Information, Pukyong National University\**

### Abstract

On the process of cross-media color reproduction, a key feature is the use of gamut mapping techniques to adjust the different color gamuts between displays and printers. Even though a number of gamut mapping algorithms were published in the past, only limited colorimetric evaluation of them has been carried out to date.

In this paper, the multi-anchor points clipping method(MAPC) was proposed as a new gamut mapping algorithm compensating the defects of the current algorithms such as nearest point clipping method(NPC), centroid clipping method(SLIN), straight clipping method(LLIN) and maximum chroma clipping method(CUSP).

### 1. 서 론

현재 널리 사용되고 있는 컬러교정 방식은 크게 아날로그 방식과 디지털 방식으로 구분할 수 있으며, 디지털 교정방식은 다시 소프트 교정방식과 하드카피 교정방식으로 나누어진다.

디지털 하드카피 교정은 색재현성이 우수한 프린터를 이용하여 색교정을 하는 방식으로 색재현성이 우수한 염료승화형 프린터가 주로 사용되며, 최근에는 잉크젯 기술의 발전과 더불어

어 잉크젯 프린터도 많이 사용되고 있다. 디지털 소프트카피 교정은 모니터 상에서 인쇄물의 색을 교정하는 방법으로서 색교정이 비교적 간단하고 비용이 저렴하며 실시간 원격교정이 가능한 장점이 있으므로 가장 바람직한 교정방식이라 할 수 있다.

그러나 모니터 상에서 디스플레이 되는 색역과 인쇄물에서 재현되는 색역 사이에는 상당한 차이가 발생하므로 모니터 상에서 디스플레이 되는 모든 영역의 색을 인쇄물에서도 재현이 가능한 색으로 변환해주는 기술이 필요하다. 이와 같이 서로 다른 출력장치들 사이에서 나타나는 색역 차이를 보정하기 위하여 여러 가지의 색역사상 방법들이 사용되고 있다.<sup>1)</sup>

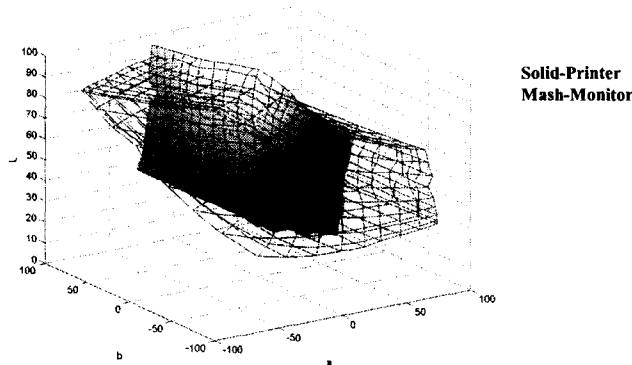


Fig. 1 Comparison of color gamuts between monitor and printer.

본 연구에서는 현재 사용되고 있는 대표적인 색역사상 방법인 최근접점 클리핑(nearest-point clipping)<sup>2, 3)</sup>, 즉 NPC 방법, 센터로이드 클리핑(centroid clipping)<sup>1-5)</sup>, 즉 SLIN 방법 및 스트레이트 클리핑(straight clipping), 즉 LLIN<sup>1, 5, 6)</sup> 방법과 최대채도 클리핑(maximum chroma clipping), 즉 CUSP 방법을 사용한 색역사상 결과를 비교·검토함으로써 각 방법들이 가지고 있는 결점을 보완할 수 있는 새로운 색역사상 방법으로서 다중 앵커포인트 클리핑(multi-anchor points clipping), 즉 MAPC 방법을 제안하고 그 유용성을 검토 하였다.

## 2. 색역 사상

### 2-1. 기존의 색역사상 방법

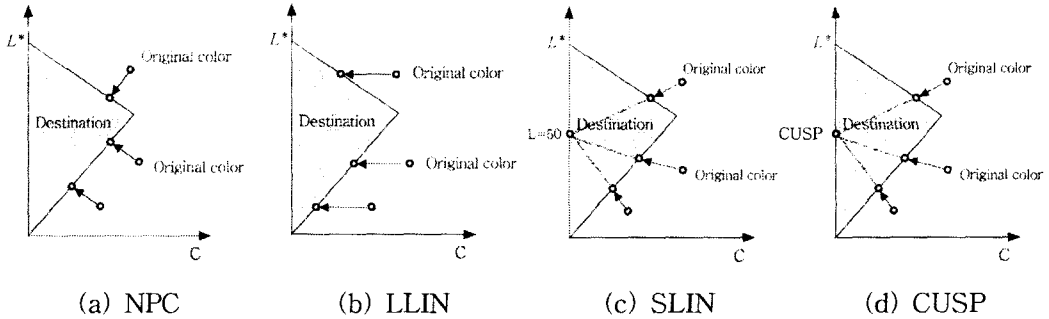


Fig. 2 Current gamut mapping methods.

<Fig 2>는 지금까지 제안된 여러 가지 색역사상 방법중 대표적인 4종을 도시한 것이다.

그림 (a)의 최근접점 클리핑 방법은 3차원 색공간에서 인쇄물의 색역을 벗어나는 모니터 상의 색역 성분들을 색차가 가장 작게 나타나는 색역의 경계면으로 사상하는 방법이다. 1996년에 Kato와 Ito는 최근접점을 찾는 방법으로 1994년 CIE  $\Delta E^*_{ab}$  색차를 이용한 바 있다. 이 방법에서는 원고와 재현물 사이의 색도점이 1:1로 사상되는 것이 아니라 원고 상의 다수의 점들이 재현물 상의 한 점으로 동시에 사상되는 성분이 많이 발생하여 전체 이미지의 콘트라스트를 저하시키고 디테일을 감소시키는 원인이 되는 것으로 알려져 있다.<sup>7)</sup>

그림 (b)의 LLIN 방법은 1984년에 Sara가 처음으로 제안하였으며, 모니터의 휘도를 유지하고 채도만을 줄이는 방법이다. Laihanen도 1987년에 Hunter Lab 색공간, 즉 LABHUN 색 공간에서 이 방법을 적용하였다. 이 방법에서는 먼저 색상을 일정하게 유지하면서 모니터의 휘도를 인쇄물의 휘도와 동일하게 압축한 다음에 채도를 사상하게 된다. 휘도의 압축에는 여러 가지의 식이 사용되지만, 일반적으로 다음과 같은 Jan Morvic<sup>1)</sup>의 식이 널리 사용된다.

$$L_r = L_{r(\max)} - (L_{o(\max)} - L_o) \times \frac{(L_{r(\max)} - L_{r(\min)})}{(L_{o(\max)} - L_{o(\min)})} \quad (1)$$

여기서 아래 첨자 o와 r은 각각 원고와 재현물을 나타내며, max와 min은 주어진 색역의 최대 및 최소 휘도를 나타낸다.

LLIN 방법의 장점은 사람의 시지각에 민감한 색상과 휘도를 일정하게 유지함으로써 좋은 재현물을 얻을 수 있다는 것이다.

그림 (c)의 SLIN방법은 1984년에 Sara가 처음으로 사용하였으며, Laihanen은 1987년에 LABHUN 색공간에 대하여 이 방법을 적용하였다. SLIN 방법은 출력장치의 색역을 벗어나는 색을 출력장치 색역의 명도 중심( $L^* = 50$ )을 기준점(anchor point)으로 하여 모니터의 휘도와 채도를 동시에 사상하는 방법이다. 이 방법은 LLIN 방법의 1차원적인 채도 사상에서 발생하는 B와 G 영역에서 채도가 급격히 감소하는 단점을 보완하기 위하여, 색상을 일정하게 유지시키면서 휘도와 채도를 동시에 사상하는 2차원적인 색역 사상 방법 중 하나이다. 이 방법에서는 최근접점 클리핑 방법에서 발생하는 원고 상의 다수의 점이 재현물 상의 한 점으로 동시에 사상되는 단점을 보완함으로써 색역 사상 전후의 색도점이 1:1로 대응하게 되어 디테일을 증가시킬 수 있는 장점이 있다.

그림 (d)의 CUSP방법은 인쇄물의 색역을 벗어나는 모니터의 색을 인쇄물이 가지는 최대 색도점을 기준점으로 하여 명도와 채도를 동시에 사상하는 방법이다.

### 2-2. 다중 앵커포인트 클리핑 방법

<Fig. 3>은 본 연구에서 제안한 다중 앵커포인트 클리핑 방법, 즉 MAPC 방법의 색역 사상 원리를 도시한 것이다. 이 방법에서는 SLIN 방법에서 나타나는 휘도축 상의 한 점( $L=50$ )을 기준으로 색역사상을 하므로 화상의 콘트라스트가 감소되는 단점을 개선하기 위하여 색역사상의 기준이 되는 앵커포인트가 휘도축 상에 위치하지 않고 원고의 채도에 따라서 변화하도록 설계하였다.

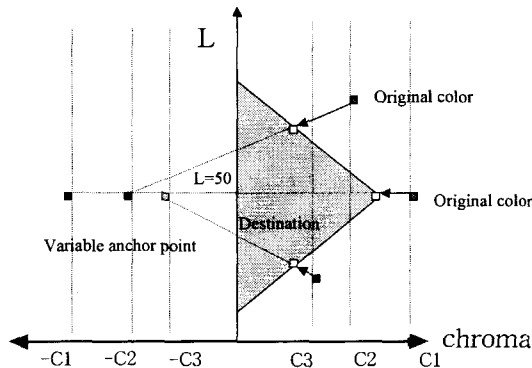


Fig. 3 Multi-anchor point clipping method.

만약 채도가 C인 임의의 색도점에 대한 앵커포인트는 L-50 이 되는 선과 채도가 C'가 되는 선의 교점으로 설정하였다. 이러한 방법을 사용함으로써 원고의 채도에 따라서 앵커포인트가 변화하게 되며, 앵커포인트의 계산이 간단히 수행되는 장점을 가진다.

### 3. 실험

본 연구의 실험 과정을 요약하여 도시하면 <Fig. 4>와 같다.

원고 작성용 모니터로는 국산 'SyncMaster 700P' 모델을 사용하였으며, 인쇄장치로는 디지털 교정기인 3M 사의 '레인보우 2730' 모델을 사용하였다. 측색 장치로는 X-Rite사의 'Digital Swatchbook'과 'Monitor Optimizer'를 사용하였다.

원고 패치는 'Photoshop 4.0'을 사용하여 작성하였다. 모니터에 대해서는 RGB 각각에 대하여 0~255 레벨 범위를 32레벨 간격으로 분할한 9단계를 조합하여  $9^3(=729)$ 개의 패치를 작성하였으며, 디지털 교정기와 실제 인쇄물에 대해서는 CMY 각각에 대하여 0~100% 범위의 망점 면적률을 10%간격으로 분할한 11단계를 조합하여  $11^3(=1331)$ 개의 패치를 제작하였다.

2° 시야의 D<sub>65</sub> 광원을 사용하여 모니터와 디지털 교정지의 샘플 패치에 대한 색을 측정하여 모니터와 디지털 교정기의 LUT를 작성하고, 각 LUT를 구성하는 샘플 패치 사이의 색에 대해서는 Po-chieh Hung<sup>8)</sup>의 사면체 보간법을 사용하여 계산하였다.

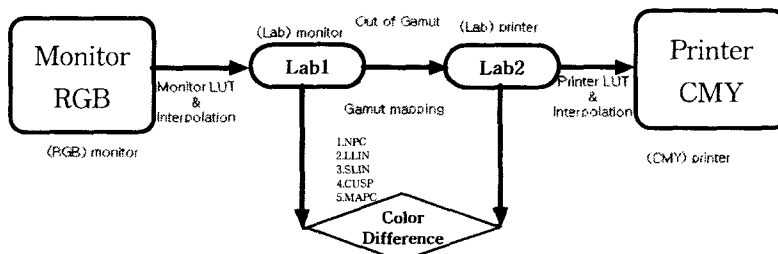


Fig. 4 Schematic diagram for experimental procedure.

본 연구에서 사용한 모든 색역사상에서는 모니터의 색역 성분 중에서 각 출력장치의 색역에 포함되는 성분에 대해서는 색역사상을 하지 않고, 출력장치의 색역을 벗어나는 모니터의 색역 성분에 대해서만 앞에서 설명한 5가지의 색역사상 방법을 사용하여 각 출력장치에 대한 색역의 최외곽 경계면으로 색역사상을 하였다. 프린터에서 사용되는 색좌표계의 경우 표면에 존재하는 색들 즉, CMY 값중 하나라도 0 인 색들은 L\*a\*b\* 좌표계로 변환되어도 색역 경계에 존재하게 된다. 따라서 LUT중에서 CMY값이 하나라도 0 인 값을 가지는 값을 색역의 경계면으로 하였다. 다음의 Fig. 4에서 실험과정을 요약하여 도시하였다.

각 색역 사상 방법들에 대한 사상 결과를 객관적으로 평가하기 위하여  $CIEL^*a^*b^*$ 로 표시된 측색치를 식 (2)~(3)을 사용하여 CIELCH 색공간으로 변환하고 각 샘플 패치의 색역사상 전후의 색 변화량을 식 (4)~(6)을 사용하여 명도의 변화량  $\Delta L$ 과 채도의 변화량  $\Delta C$ , 색상각의 변화량  $\Delta h$ 를 계산하고, 식 (7)을 사용하여 색역 사상 전후의 전체 색차  $\Delta E_{ab}^*$ 를 비교하였다.

$$C_{ab}^* = \{(a^*)^2 + (b^*)^2\}^{1/2} \quad (2)$$

$$h_{ab}^* = \tan^{-1}(b^*/a^*) \quad (3)$$

$$\Delta L = \{(L^*_1 - L^*_2)^2\}^{1/2} \quad (4)$$

$$\Delta C = \{(C_{ab}^*{}_1 - C_{ab}^*{}_2)^2\}^{1/2} \quad (5)$$

$$\Delta h = \{(h_{ab}^*{}_1 - h_{ab}^*{}_2)^2\}^{1/2} \quad (6)$$

$$\Delta E_{ab}^* = \{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2\}^{1/2} \quad (7)$$

## 4. 결과 및 고찰

### 4-1 기존의 색역사상 방법의 평가

<Fig. 5>는 NPC 방법에서 색역사상 전후의 명도와 색상각 및 채도의 변화를 도시한 것이다. NPC 방법에 의한 색역사상에서는 명도가 상당히 감소하는 경향이 있으며, 다른 방식보다 채도의 변화가 가장 적게 나타났다. 그러나 이 방법에서는 색상각을 고정하지 않고 색역사상이 이루어지므로 색상의 변화가 심하게 나타나는 단점이 있으며, 점대점(point to point) 방법으로 사상이 이루어지므로 색역 밖의 다수의 입력점이 하나의 점으로 사상되어 원고 상에서는 다른 색들이 인쇄물 상에서는 동일한 색으로 인쇄되는 문제가 발생하였다.

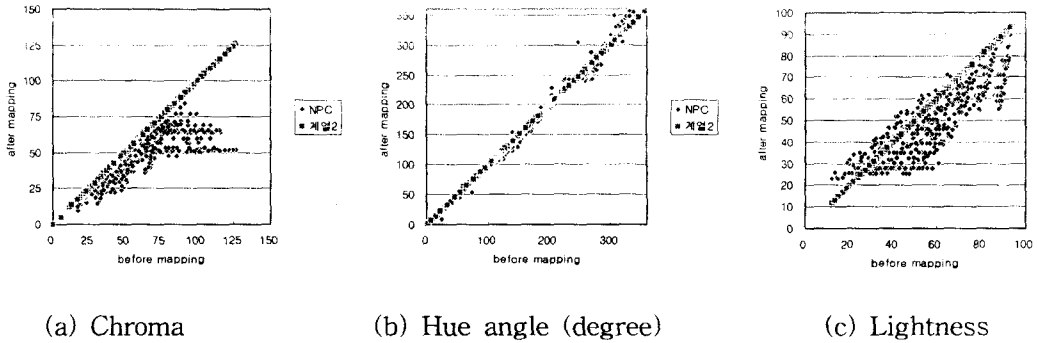


Fig. 5 Gamut mapping results for NPC method.

<Fig. 6>는 LLIN 방법에서 색역사상 전후의 명도와 색상각 및 채도의 변화를 도시한 것이다. LLIN 방법은 색역사상 후에 명도가 선형적으로 유지되는 장점이 있지만 명도를 압축하는 과정에서 어두운 부분이 밝아지고, 다른 방법에 비하여 채도의 변화가 매우 심하게 나타나는 중대한 결점이 나타났다.

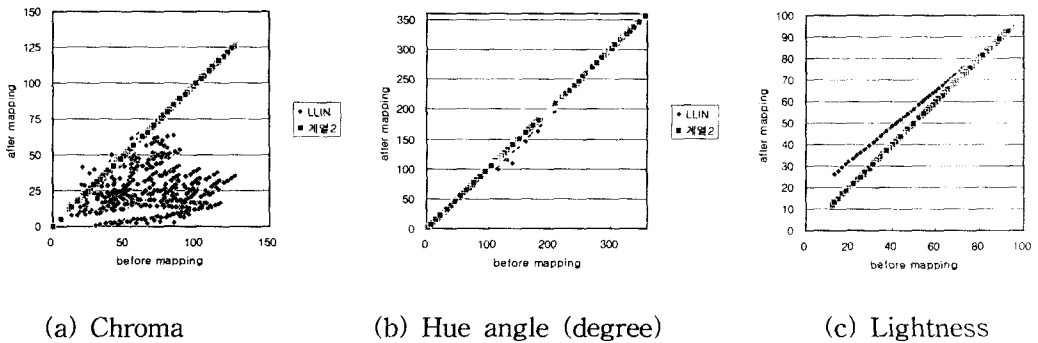


Fig. 6 Gamut mapping results for LLIN method.

<Fig. 7>은 SLIN 방법에서 색역사상 전후의 명도와 색상각 및 채도의 변화를 도시한 것이다. SLIN 색역사상 방법은 L=50이 되는 기준점을 경계로 밝은 색은 어두워지고 어두운 색은 밝아지는 경향이 나타나 콘트라스트가 상당히 감소하는 결점이 있지만, 다른 방식에 비하여 채도의 변화가 작은 장점이 있다.

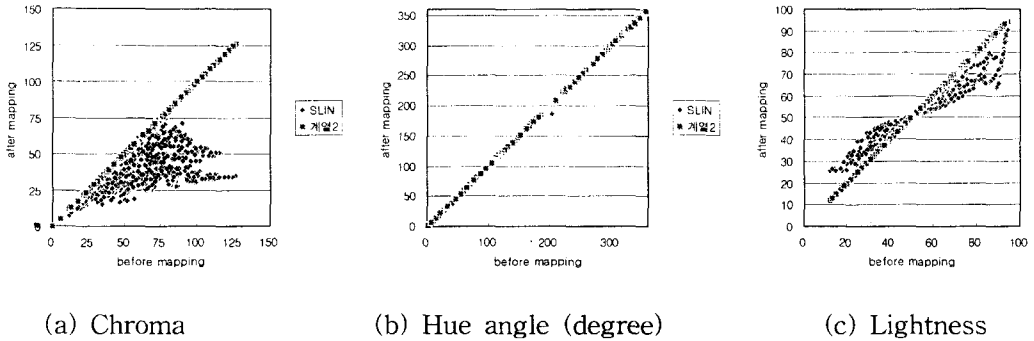


Fig. 7 Gamut mapping results for SLIN method.

<Fig. 8>은 CUSP 방법에서 색역사상 전후의 명도와 색상각 및 채도의 변화를 도시한 것이다. 이 방법에서는 색상의 변화는 거의 나타나지 않는 장점이 있으며, 채도의 변화는 SLIN 방법과 비슷하지만, 색역사상 후에 원고의 명도가 전체적으로 어두워지는 단점이 나타났다.

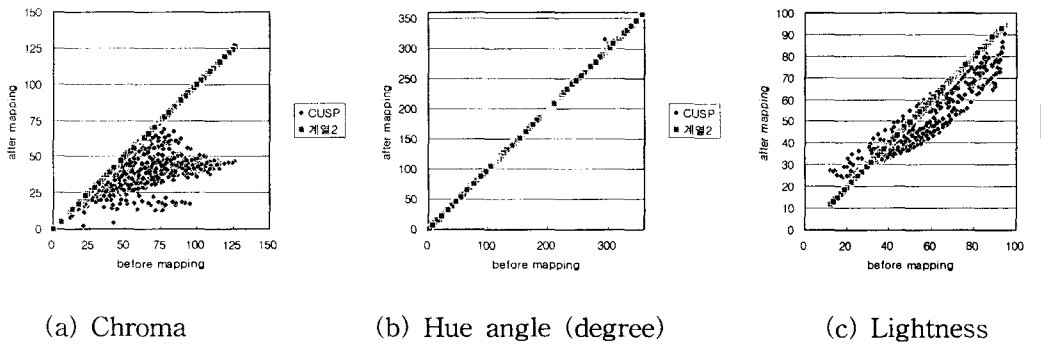
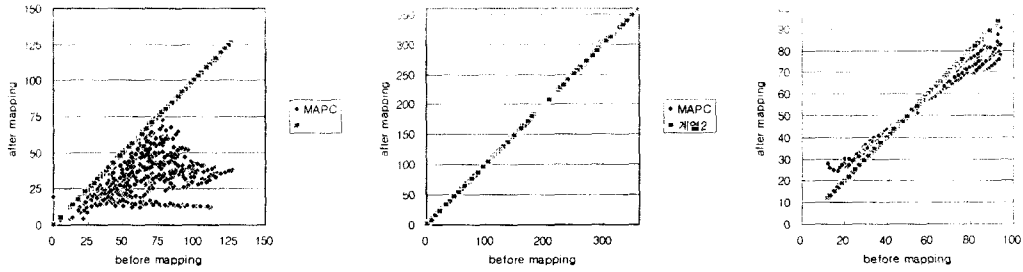


Fig. 8 Gamut mapping results for CUSP method.

#### 4-2. 다중 앵커포인트 방법의 평가

<Fig. 9>는 본 연구에서 제안된 MAPC 방법에서 색역사상 전후의 명도와 색상각 및 채도의 변화를 도시한 것이다. 명도의 변화는 LLIN 방법보다는 떨어지지만 다른 방법들보다는 우수하며, 특히 SLIN 방법에 비하여 콘트라스트의 변화가 상당히 줄어드는 장점이 있다. 색상의 변화는 CUSP 방식과 마찬가지로 매우 우수하며, 채도의 변화는 NPC 방법보다는 떨어지지만 대체로 양호한 것으로 나타났다.





(a) Chroma

(b) Hue angle (degree)

(c) Lightness

Fig. 9 Gamut mapping results for proposed MAPC method.

<Fig. 10>과 <Table 2>는 기존의 색역 사상방법과 본 연구에서 제안한 MAPC 방법으로 사상한 결과를 색역사상 전후의 명도, 채도 및 색상각의 변화량으로 비교하여 도시한 것이다.

색역사상 후의 명도와 색상의 변화는 NPC 방법에서 가장 크게 나타났으며, 채도 변화는 LLIN 방법에서 가장 크게 나타났다. 본 연구에서 제안된 MAPC 방법은 채도 변화는 SLIN이나 CUSP 방법과 비슷하지만 LLIN 방법보다는 우수하며, 명도 변화는 가장 우수한 LLIN 방법과 비슷한 수준으로 나타났다. 색차는 NPC 방법보다는 떨어지지만 LLIN 방법보다는 우수하며 SLIN이나 CUSP 방법과 비슷한 수준으로 나타났다. 따라서 본 연구에서 제안된 MAPC 방법은 채도와 색차 면에서는 평균 정도의 수준을 유지하면서도 사람의 색지각(color perception) 특성에 영향이 큰 색상과 명도 면에서 우수한 특성을 보이고 있으므로 이들을 종합하면 MAPC 방법이 가장 우수한 것으로 평가할 수 있다.<sup>(1)</sup>

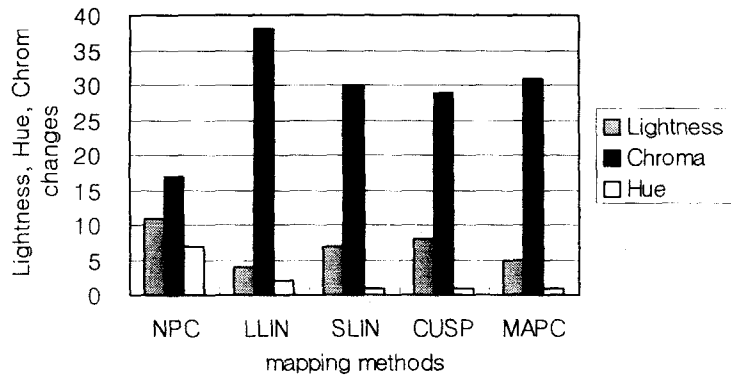


Fig. 10 Lightness, Chroma and Hue changes before and after gamut mapping

Table 1. Color changes before and after gamut mapping.

	Lightness (L*)	Chroma (a*)	Hue angle (degree)	$\Delta E_{ab}$
NPC	11	17	7	21
LLIN	4	38	2	38
SLIN	7	30	1	31
CUSP	8	29	1	30
MAPC	5	31	1	31

## 5. 결 론

컬러 인쇄의 디지털 소프트 컬러 교정 방식에서 발생하는 모니터 상의 원고와 디지털 교정기에서 출력되는 인쇄물 사이에서 나타나는 색차를 줄이기 위하여 사용되는 색역사상 방법에 대한 연구를 통하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

(1) 기존의 색역사상 방법들에 대한 평가를 통하여 NPC(Nearest Point Clipping) 방법은 색차 면에서는 가장 우수하지만 원고 상의 다른 색들이 인쇄물 상에서는 동일한 색으로 나타나는 단점이 있으며, LLIN 방법은 명도는 선형적으로 유지되지만 색역사상 전에 명도를 압축함으로써 색역사상 후에 채도가 매우 떨어지는 단점이 있음을 확인하였다. 또한 SLIN 방법은 하나의 앵커포인트를 사용함으로써 하이라이트부분이 어두워지고 새도우 부분이 밝아져서 콘트라스트가 떨어지는 단점이 있으며, CUSP 방식은 색상과 채도 면에서는 양호하지만 전체적으로 명도가 감소하는 중대한 결점이 있음을 확인하였다.

(2) 본 연구에서 제안된 MAPC 방법은 채도와 색차 면에서는 평균 정도의 수준을 유지하면서도 사람의 색지각(color perception) 특성에 영향이 큰 색상과 명도 면에서 우수한 특성을 보이고 있으므로 이들을 종합하면 MAPC 방법이 기존의 색역사상 방법들에 비하여 우수한 것으로 판단된다.

## 참고문헌

- [1] Jan Morovic, "To Develop a Universal Gamut Mapping Algorithm", Ph.D. Thesis, University of Derby, (1998).
- [2] Karen M. Braun, "Development and Evaluation of Six Gamut Mapping Algorithms for Pictorial Images", *7th Color Imaging Conference : Color Science, Systems, and Applications*, pp144~148, (1999).
- [3] Karen M. Braun, "Gamut-Mapping Techniques for Business Graphics", *7th Color Imaging Conference : Color Science, Systems, and Applications*, pp149~154, (1999).
- [4] Jan Morovic and M. Ronnier Luo, "Cross-Media Psychophysical Evaluation of gamut Mapping Algorithms", Presented at AIC'97 Kyoto 29. 05. (1997).
- [5] Ethan D Montag and Mark D Fairchild, "Gamut mapping : Evaluation of Chroma Clipping Techniques for Three Destination Gamuts", *6th Color Imaging Conference : Color Science, Systems, and Applications*, pp57~61, (1998).
- [6] Masayoshi Shimizu, Satoshi Semba, Shohi Suzuki, "Gamut Mapping Algorithms Suitable for Implementation to Device Profiles", *6th Color Imaging Conference : Color Science, Systems, and Applications*, pp169~172, (1998).
- [7] Mashiko Ito, Naoya Katoh, "Three-dimensional Gamut Mapping Using color difference Formulae and Color space", *Color Imaging : Device Independent Color, Color Hardcopy, and Graphic Arts IV*, SPIE, pp83~95, (1999).
- [8] Po-Chi도 Hung, "Colorimetric calibration in electronic imaging devices using a look-up table model and interpolation", *Journal of Electronic Imaging*, Vol.36, No.1, pp53~61, January, (1993).