

# 디지털 소프트 컬러 교정방식의 색역 사상에 관한 연구

김재영, 강상훈\*

부경대학교 대학원 인쇄공학과, \*부경대학교 공과대학 화상정보공학부

## A Study on gamut mapping methods for digital soft color proofing

Jae-Young Kim, Sang-Hoon Kang\*

Dept. of Graphic Arts Engineering, Graduate School of Pukyong National University

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

### 1. 서 론

모니터 상에서 작성된 원고의 색은 출력장치를 통하여 재현된 인쇄물의 색과 잘 일치하지 않는다. 이것은 모니터가 자신의 발광특성에 따라서 RGB값을 디스플레이하며, 인쇄물의 색은 사용된 종이와 잉크의 특성 및 인쇄기계의 성능 등의 인쇄 조건에 따라 다르게 재현되기 때문이다. 그러므로 인쇄물의 제작에서는 인쇄업자와 인쇄물을 주문하는 사람 사이에 인쇄물의 품질에 대한 논쟁이 자주 일어나게 된다. 이러한 문제를 줄이기 위해서는 인쇄물을 제작하기 전에 먼저 교정인쇄를 통하여 인쇄물의 색재현 상태를 사전에 검토하여 인쇄물의 주문자로부터 인쇄 품질에 대한 승인을 얻어야한다.

교정 인쇄는 아날로그 방식에서부터 디지털 소프트 방식에 이르기까지 광범위하게 사용되고 있다. 아날로그 방식의 교정법은 최종 인쇄물을 거의 정확하게 예측할 수 있고 해상도가 높은 장점이 있지만, 많은 시간과 비용이 드는 단점이 있다. 디지털 방식의 교정법은 소프트 교정과 디지털 하드 카피 교정으로 나눌 수 있다. 소프트 교정은 인쇄물을 스크린 상에서 컬러로 디스플레이하여 모니터 상의 화상 상태로 존재하므로 계조재현, 색수정 및 리터치(retouching)를 통해 수정이 가능하고 자료의 교환이 용이하다. 하지만, 실제 인쇄물상의 화상의 품질과 표면 특성을 전달할 수 없다. 디지털 하드 카피 교정은 염료승화, 전자사진, 열전사 프린터, 잉크젯 프린터, 컬러 레이저 프린터 등 다양하다. 이들 출력 장치들은 비교적 색의 정확성이 우수하고 시간과 비용을 줄일 수 있는 장점이 있다.

본 연구에서는 현재 인쇄 산업에서 실제 인쇄물과 가깝게 사용하는 디지털 교정기인 3M사의 '레인보우 2730'를 사용하였다. 장치의 특성이 서로 다른 모니터와 디지털 교정기에서 재현되는 색역은 차이가 나게 되므로 보정이 필요하다. 이 때 색역의 차이를 보정하는 것을

색역 사상(gamut mapping)이라 하며, 색역 사상의 목적은 재현물과 원고 사이의 크기와 모양 및 위치에 대한 불일치를 보정함으로써 재현물과 원고 사이에 현색을 일치시키기 위한 것이다. 색역 사상을 할 때는 색상이 사람의 시각 특성에 가장 민감한 요소이기 때문에 일반적으로 색상에 대한 사상은 하지 않는다.<sup>1)2)</sup>

본 연구에서는 모니터의 전체 색역을 균등한 간격으로 나타내는 729개의 샘플 패치를 작성하고, 이들 중에서 출력 장치의 색역을 벗어나는 520개의 샘플에 대하여 현재 가장 널리 사용되는 색역 사상 방법인 최근접점 클리핑 (Nearest-point clipping) 방법<sup>3)4)</sup>과 센트로이드 클리핑(Centroid clipping) 방법, 즉 SLIN 방법<sup>2)3)4)5)6)</sup> 및 스트레이트 클리핑(Straight clipping) 방법, 즉 LLIN 방법<sup>2)6)7)</sup>을 사용하여 색역 사상을 실시하고 그 결과를 전체 색차 뿐만 아니라 색상, 명도 및 채도로 구분하여 분석함으로써 원고의 특성에 따라서 가장 적합한 색역 사상 방법의 적용 방법에 대하여 연구하였다.

## 2. 색역 사상 방법

### 2-1. 최근접점 클리핑 방법

최근접점 클리핑 방법은 두 장치 사이의 색역을 비교하여 기준이 되는 장치의 색역에 대해 색역을 벗어나는 다른 장치의 색역 성분들을 색역 경계면으로 색차를 이용해 사상하는 방법이다. 예를 들면 Fig. 1과 같이 색역이 넓은 모니터의 색역 성분인  $L_1^*$ ,  $a_1^*$ ,  $b_1^*$ 를 색역이 좁은 프린터의 색역 경계면에 가장 작은 색차가 나는  $L_2^*$ ,  $a_2^*$ ,  $b_2^*$ 로 사상하게 된다. 가장 가까운 색차가 나는 점을 찾기 위해서 다음과 같이 CIE 1976 색차식을 사용한다.

$$\Delta E = \sqrt{(L_2^* - L_1^*)^2 + (a_2^* - a_1^*)^2 + (b_2^* - b_1^*)^2} \quad (1)$$

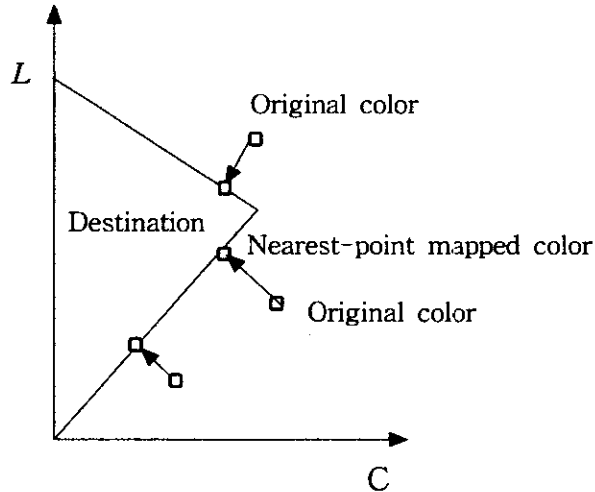


Fig. 1. Nearest-point clipping technique.

최근접점 클리핑 방법은 색차가 가장 작은 점을 찾아가기 때문에 전체 색차 또한 가장 작다. 이 방법에서 원고상의 하나의 점이 재현물의 하나의 점과 일 대 일 매핑이 된다면 가장 우수한 색역 사상 방법이 될 것이다. 그러나 실제 일 대 일 대응이기보다는 원고의 다수의 점이 재현물의 한 점과 대응하는 성분이 많이 발생한다. 이는 전체 이미지의 콘트라스트를 저하시키고 디테일을 감소시키는 원인이 된다.<sup>31)</sup>

## 2-2. SLIN 방법

SLIN 방법은 1984년에 Sara<sup>21)</sup>가 처음으로 시행하였으며, Laihanen<sup>21)</sup>는 1987년에 Hunter Lab 색공간, 즉 LABHUN 색공간에서 이 방법을 이용하여 연구하였다. SLIN 방법은 색역을 벗어난 색이 재현될 장치가 가지는 색역의 휘도 중심값( $L^* = 50$ )을 기준점(anchor point)으로 하여 휘도와 채도를 동시에 사상하는 방법이다. 1차원적인 채도 사상에서 생기는 B와 G 영역의 채도가 급격히 감소하는 단점을 보완하기 위하여, 색상을 일정하게 유지시키고 동시에 휘도와 채도를 사상하는 2차원적인 색역사상 방법 중 하나이다. Fig. 2는 SLIN 방법으로 색역 사상이 이루어지는 원리를 보여 주고 있다. 이 방법의 단점은 밝은 영역에 있는 색의 휘도 값은 사상한 후에 감소, 어두운 영역에 있는 색의 휘도 값은 사상 후에 반대로 증가하여 휘도 값이 가지는 범위가 줄어들었기 때문에 사상 후 재현된 이미지의 대비가 낮아지는 결과가 나타나게 된다.

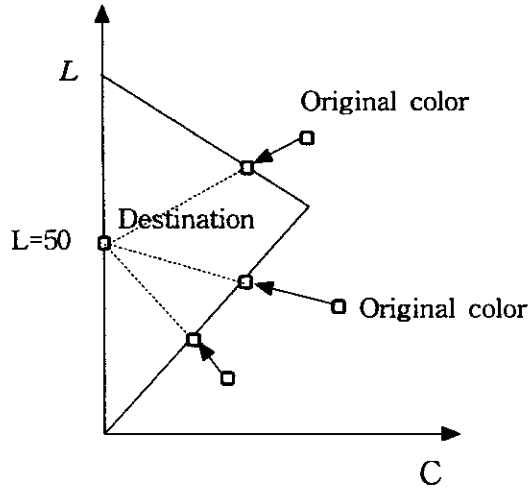


Fig. 2. SLIN clipping technique.

### 2-3. LLIN 방법

LLIN 방법은 1948년에 Sara가 시행한 방법으로 휘도를 유지하고 채도만을 줄이는 방법이다. Laihanen도 1987년에 LABHUN색 공간에서 이 방법을 이용해서 연구하였다. LLIN 방법은 먼저 색상을 일정하게 유지하면서 휘도 압축이 필요하며, 압축 이후 채도 사상을 수행하게 된다. 압축하는 방법은 다음과 같다.

$$L_r^* = L_{r(\max)}^* - (L_{o(\max)}^* - L_o^*) \times \frac{(L_{r(\max)}^* - L_{r(\min)}^*)}{(L_{o(\max)}^* - L_{o(\min)}^*)} \quad (2)$$

여기에서 o와 r은 원고와 재현물을 각각 표시하는 것이고, max와 min은 주어진 색역의 최대와 최소 휘도를 나타낸다.

LLIN 방법의 장점은 사람의 시지각에 민감한 색상과 휘도를 일정하게 유지함으로써 좋은 재현물을 얻을 수 있다. 하지만, B와 G 영역에서 입력값과 출력값의 채도 차이가 크기 때문에 채도가 급격히 감소하는 단점을 가지고 있다. 이러한 단점을 보완하기 위하여, 비선형적인 압축 방법이나 채도의 변화정도에 따라 다르게 휘도를 압축하는 방법 등, 여러 가지 압축 방법이 제시되어지고 있다.<sup>21</sup> 하지만 본 연구에서는 식 (2)와 같이 수식의 단순함 때문에 1998년 Jan Morvic<sup>21</sup>이 사용한 선형적으로 휘도를 압축하는 방법을 사용하였다. Fig. 3에서 LLIN 방법의 원리를 나타내었다.

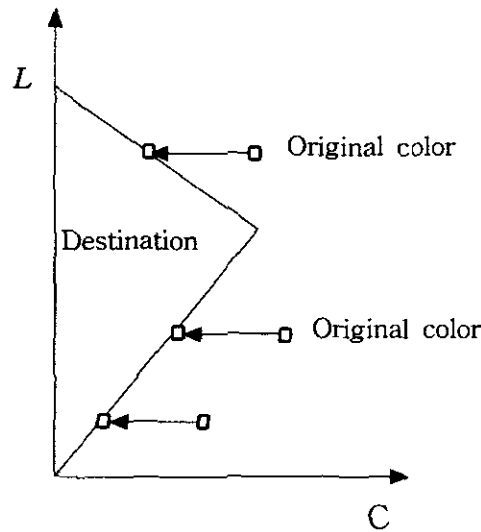


Fig. 3. LLIN clipping technique.

### 3. 실험

본 연구에 사용된 모니터는 삼성 'SyncMaster 700P'이고, 광원 조건은 D65, 2°시야로 하였으며, 출력장치로는 디지털 교정기를 사용하여 D65, 2°시야의 광원 조건으로 맞추어 화이트 포인트를 일치시켰다. 모니터의 샘플 패치는 RGB 각 성분을 0 ~ 255 단계까지 32간격으로 하여 총  $9^3 (=729)$ 개의 샘플을 만들고, 프린터의 샘플 패치는 CMY 각 성분을 0% ~ 100% 단계까지 10간격으로 하여  $11^3 (=1331)$ 개의 샘플을 제작하여 측정하였다. 측정 장치로는 측색계인 X-Rite사의 '디지털 스위치북(Digital Swatchbook)'과 모니터 측색계인 '모니터 옵티마이저(Monitor Optimizer)'를 사용하였다.

모니터 상의 RGB 값과 디지털 교정기의 CMY 값을 측색계로 측정하여 LUT를 작성하였으며, 보간 방법으로는, 1993년에 Po-chieh Hung<sup>8)</sup>이 사용한 순방향 사면체 보간법과 무게 중심적 보간법을 사용하여 모니터에서 디스플레이 되는 RGB 값을  $L_1^*$ ,  $a_1^*$ ,  $b_1^*$  값으로 변환하였고, 디지털 교정기의 CMY 값으로 재현되어지기 위한  $L_2^*$ ,  $a_2^*$ ,  $b_2^*$  값에서 CMY로의 변환은 역방향 사면체 보간법과 무게 중심적 보간법을 이용하여 보간을 하였다.

그리고 원고와 디지털 교정기의 색역의 차이를 비교하여, 디지털 교정기의 색역을 벗어난 성분과 색역 안의 성분으로 나누어, 색역을 벗어난 성분들만 색역 사상 방법들을 적용시켜 사상하였다. RGB 값에서 보간에 의해 얻어진  $L_1^*$ ,  $a_1^*$ ,  $b_1^*$  값을 먼셀 변환(Munsell

Conversion) 프로그램을 사용하여 먼셀 색공간의 H, V, C로 변환하였고,  $L_1^*$ ,  $a_1^*$ ,  $b_1^*$  값을 색역 사상하여  $L_2^*$ ,  $a_2^*$ ,  $b_2^*$  값을 구하고,  $L_2^*$ ,  $a_2^*$ ,  $b_2^*$  값은 다시 먼셀 색공간의 H, V, C로 변환하였다. 전체 색차는  $L_1^*$ ,  $a_1^*$ ,  $b_1^*$  값과  $L_2^*$ ,  $a_2^*$ ,  $b_2^*$  값 사이에서 얻어지고 각 샘플 패치의 색차를 색상별로 재배열하여 색상별 색차를 구하였다. 그리고  $L_1^*$ ,  $a_1^*$ ,  $b_1^*$  값을 기준으로 새도우, 미들톤, 하이라이트 세 영역으로 나누어 다시 색차를 재배열 함으로써 새도우, 미들톤, 하이라이트에 대한 색차를 얻었다. 마지막으로  $L_1^*$ ,  $a_1^*$ ,  $b_1^*$  값에서 변환된 H, V, C값과  $L_2^*$ ,  $a_2^*$ ,  $b_2^*$  값에서 변환된 H, V, C값 사이의 관계를 비교 분석하였다.

## 4. 실험결과 및 고찰

### 4-1 색차에 의한 색역 사상의 평가

기존의 방법으로 색차를 이용하여 평가하기 위하여, 모니터에서 측정되어 보간이 이루어진  $L_1^*$ ,  $a_1^*$ ,  $b_1^*$ 와 색역 사상이 이루어진 이후의  $L_2^*$ ,  $a_2^*$ ,  $b_2^*$ 의 전체 평균 색차를 구하였고 선행 연구의 색역 사상 방법들에 대한 주관적 평가들의 순위를 비교하였다. Table 1은 객관적인 평가 방법으로서 전체 평균 색차를 구하였고, 주관적 평가 방법으로서 시각적 평가에 대한 순위를 나타내었다.

Table 1. Evaluation results of three clipping techniques

| Method        | $\Delta E^*_{ab}$<br>(ranking) | Fairchild <sup>1)</sup> | Braun                         |                                 | Masayosi <sup>2)</sup> | Morvic <sup>3)</sup> |              |
|---------------|--------------------------------|-------------------------|-------------------------------|---------------------------------|------------------------|----------------------|--------------|
|               |                                | Shadow Image            | Pictorial Image <sup>3)</sup> | Business Graphics <sup>4)</sup> | Photographic Image     | Sky Image            | Nature Image |
| Nearest-point | 23.32(1)                       | 3                       | 2                             | 1                               | 1                      | -                    | -            |
| SLIN          | 32.08(2)                       | 2                       | 1                             | 2                               | -                      | 1                    | 1            |
| LLIN          | 41.29(3)                       | 1                       | -                             | -                               | 2                      | 2                    | 2            |

Table 1과 같이 객관적인 평가 방법으로서 전체 색차로 평가한 결과 최근접점 클리핑 방법이 가장 작은 색차를 나타내었으나, 주관적인 평가에서는 사용한 이미지에 따라 다른 결

론을 얻었다. 재현물의 품질 평가에서 색차의 순위는 사람의 시지각 특성이 배제 되었으나, 주관적인 평가 순위는 사람의 시지각 특성이 적용되므로 주관적인 평가와 객관적인 평가순위가 일치하지 않는다. 따라서 색상별로 색차를 분석할 필요가 있다.

Fig. 4는 색역을 벗어난 성분들을 먼셀 값으로 변환 한 후 색상별로 색차를 구하였고, Table 2에서는 Fig. 4의 R, Y, G, B, P 영역의 평균 색차를 나타내었다.

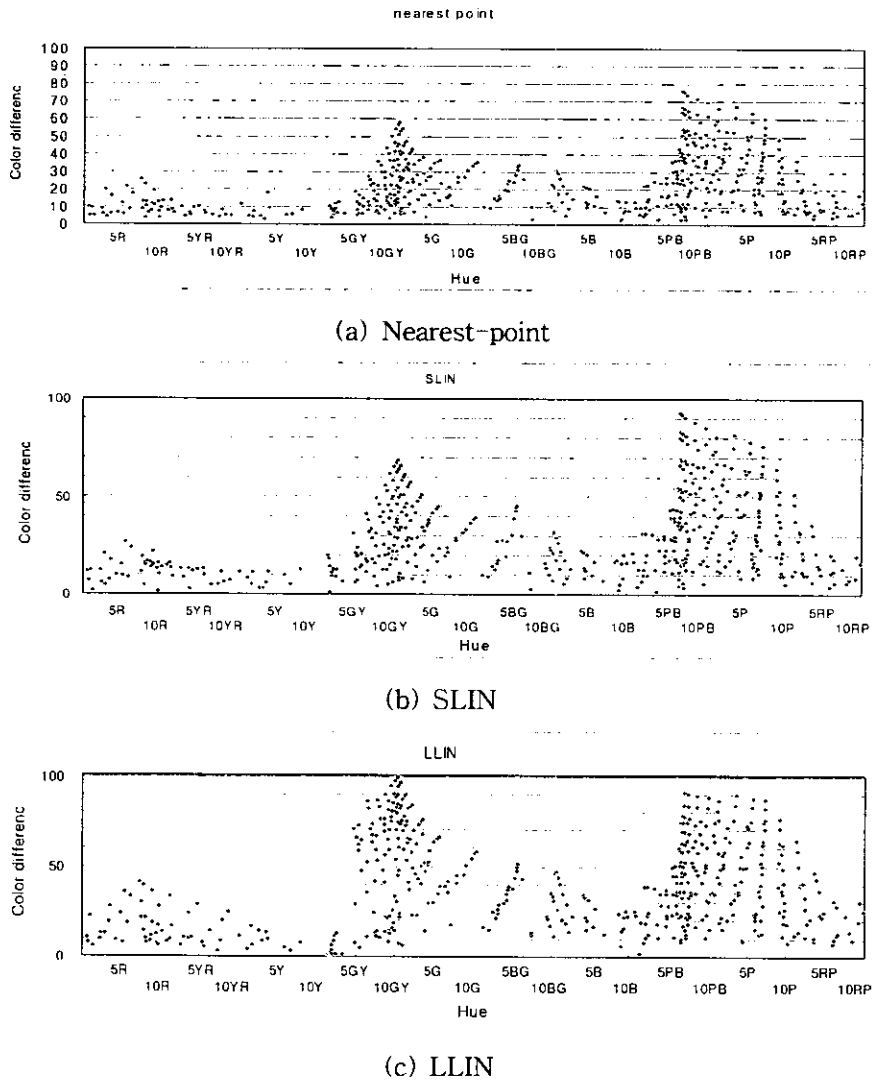


Fig. 4. Comparisons of color differences( $\Delta E^*_{ab}$ ) according to hue.

Table 2. Average color differences( $\Delta E^*_{ab}$ ) in R, Y, G, B and P regions

|               | R     | Y    | G     | B     | P     |
|---------------|-------|------|-------|-------|-------|
| Nearest-point | 10.55 | 6.89 | 27.61 | 14.83 | 31.67 |
| SLIN          | 22.21 | 7.42 | 35.27 | 16.05 | 40.51 |
| LLIN          | 20.99 | 8.60 | 58.46 | 24.96 | 47.40 |

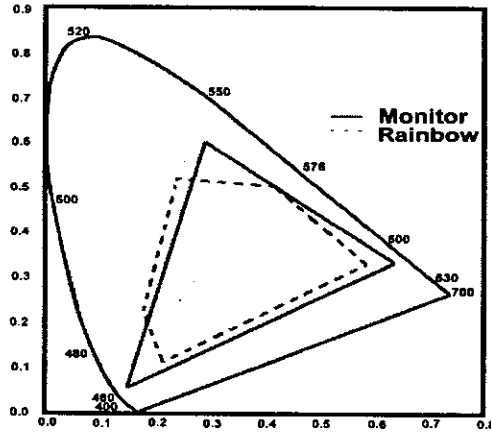


Fig 5. Comparison of color gamuts in monitor and digital proofer.

색상별로 나누어 색차를 비교하면 세 가지 색역 사상 방법들 모두 R과 G 그리고 B를 포함한 P 영역에서 색차가 큰 경향을 보였다. Fig. 5에서, 모니터의 R, G, B 영역에서 색역이 크지만, B 영역보다 P 영역에서 색차가 크게 나타나는 이유는 B 영역이 P영역을 포함하고 있기 때문이다. 또한 CIExy색도도에서의 거리로부터 구하는 색차는 동일한 거리에 대해서 지각적으로 균등하지 않기 때문이다. 그리고 LLIN 방법으로 색역 사상한 결과 G 영역은 입력값과 출력값의 채도 변화가 급격히 발생하였으므로 아주 큰 색차를 보였다. 따라서 전체 색상에 따른 색차를 비교한 결과 최근접점 클리핑 방법이 가장 우수하였다. 그러나 최근접점 클리핑 방법의 경우, 모니터의 RGB 색공간에서 얻은  $L_1^*$ ,  $a_1^*$ ,  $b_1^*$ 가 색역 사상이후 재현물의 점과 일 대 일의 변환이 아닌 다수 대 일의 변환이 일어남을 실험을 통해 확인할 수 있었다. 그 결과 재현물의 콘트라스트가 떨어지고 디테일이 감소하게 되어 전체적으로 이미지 품질이 떨어지게 된다.<sup>3)</sup>

사람 시각이 인지하는 재현물의 색은 색순응에 따라 달라 질 수 있으므로 색차만으로 색역 사상 방법들을 평가하기는 어렵다. 따라서 먼저 색역 사상전의  $L_1^*$ ,  $a_1^*$ ,  $b_1^*$ 를 현색 색공간인 먼셀 표색계의 H, V, C로 변환을 하고, 색역 사상 후  $L_2^*$ ,  $a_2^*$ ,  $b_2^*$ 를 H, V, C로 변환하여 색역 사상 이전의 명도에 따라 새도우, 미들톤, 하이라이트 세 부분으로 나누어 평가하였



다. 왜냐하면 이것은 먼셀 표색계의 경우 명도 범위가 0~10까지이므로 0~3, 3~7, 7~10 세 부분을 구분하지만, 모니터의 경우 명도의 범위가 1.12~9.33까지 이므로 새도우를 130개 (25%), 미들톤을 258개(50%), 하이라이트를 128개(25%)로 나누어 구분하였다.

Fig. 6은 새도우, 미들톤, 하이라이트 세 부분으로 나누어 색상 별로 색차를 비교한 것이고, Table 3은 새도우, 미들톤, 하이라이트에 대하여 평균 색차를 나타내었다.

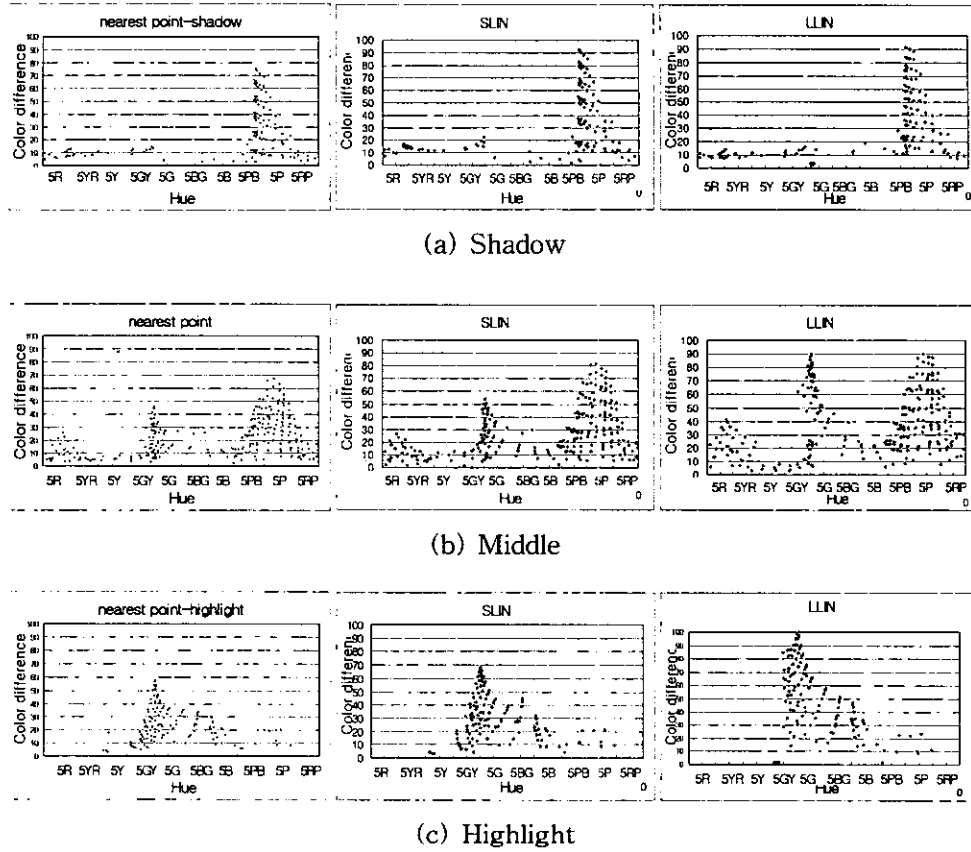


Fig. 6. Comparisons of color differences for shadow, middle and highlight regions.

Table 3. Average color differences for Shadow, Middle and Highlight regions.

|           | Nearest-point | SLIN  | LLIN  |
|-----------|---------------|-------|-------|
| Shadow    | 25.29         | 33.77 | 35.47 |
| Middle    | 22.00         | 29.54 | 40.07 |
| Highlight | 24.01         | 30.88 | 49.55 |

그 결과 새도우, 미들톤, 하이라이트 모두 최근접점 클리핑 방법이 다른 방법들 보다 색차가

작게 나타났다. 세 가지 방법 모두 새도우의 경우 P 영역에서, 미들톤의 경우 G 영역과 P 영역, 하이라이트의 경우 G 영역에서 모두 색차가 크게 나타났다. Table 1과 Table 3의 결과로부터 전체적인 색차에 대한 객관적인 평가에서는 최근접점 클리핑 방법이 우수하였고, 주관적인 평가에 대해서는 선행 연구의 결과를 고려하여 미들톤에서는 SLIN 방법이 우수하였고, 새도우 영역에서는 LLIN 방법이 우수한 것으로 생각된다. 그리고 하이라이트 영역에서는 색차의 변화가 크게 나타남으로 부적합한 것으로 생각된다.

#### 4-2 색의 3요소에 의한 색역 사상의 평가

Fig. 7은 모니터 상의 729개의 샘플 패치 중에서 출력장치인 디지털 교정기의 색역을 벗어나는 520개의 패치에 대하여 색역 사상 전후의 색도점의 변화를 먼셀 표색계의 H, V, C로 구분하여 도시한 것이다. Fig. 7에서 나타난 색역 사상 전후의 H, V, C의 차이의 평균값을 구하면 Tabel 3과 같이 된다.

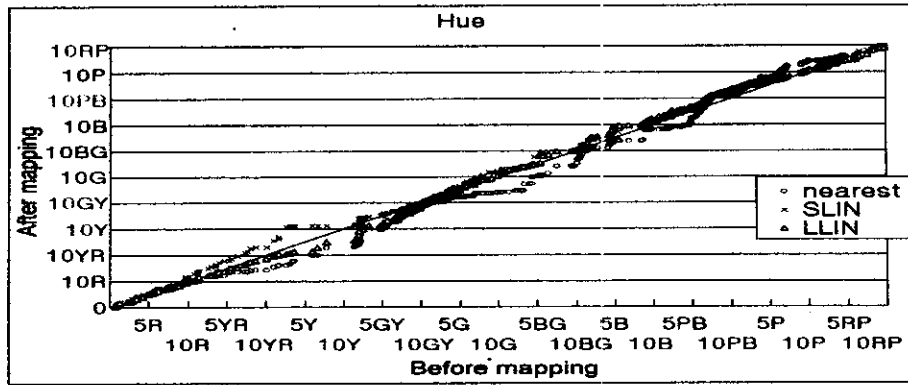
색상의 변화는 SLIN방법이 비록 Y 영역에서 변화가 가장 크지만, 전체적인 경향에서는 가장 작은 변화가 일어났다. 최근접점 클리핑 방법의 경우 색역 사상을 할 때 색상을 일정하게 유지시키지 않고, 색차가 최소인 점을 찾아 들어감으로서 색상의 변화가 가장 크다. SLIN 방법과 LLIN 방법의 경우는 색상을 일정하게 유지시키지만, 보간 오차와 먼셀 색공간으로 변환할 때 일어나는 오차로 인해 색상이 비교적 많이 변화하였다.

명도의 변화는 LLIN 방법이 명도를 일정하게 유지함으로써 가장 작게 변화하였다. Fig 7-b에서 LLIN 방법의 명도 변화 곡선은 직선으로 나타났다. 만약 직선의 기울기를 변화시킬 수 있다면 아주 우수한 색역 사상 방법이 될 것이다. SLIN 방법은 기준점을 향하여 2차원적으로 명도와 채도를 사상함으로써 명도의 변화가 비교적 작게 나타났고, 최근접점 클리핑 방법의 경우에는 기준점 없이 색역 사상함으로써 가장 크게 변화하였다.

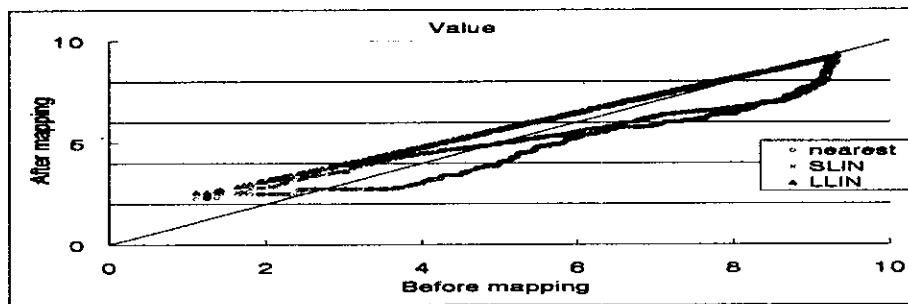
채도의 변화는 색역 사상에 있어 모니터와 디지털 교정기의 색역의 차이 때문에 필연적으로 일어남으로 모두 상당한 차이가 있다. LLIN 방법은 휘도 압축시 채도의 변화에 대해 고려를 하지 않았기 때문에 가장 큰 차이를 나타내었다. SLIN 방법은 명도 축을 기준으로 하여 색역 사상을 함으로써 채도의 변화가 LLIN 방법 보다 작았으며, 최근접점 클리핑 방법은 색차가 가장 작은 점을 찾아가게 함으로써 가장 작게 채도가 변화하였다. 하지만 색역 사상에 있어 채도의 변화는 명도와 색상의 변화에 비해 덜 중요하다고 보고되고 있다.<sup>9)10)11)</sup>

Fig. 7과 Table 3의 결과,  $\Delta H$ 만으로 비교한다면 SLIN 방법이 가장 우수한 결과를 보였고,  $\Delta V$ 만으로 비교한다면 LLIN 방법이 가장 우수한 결과를 나타내었다. 그리고  $\Delta C$ 만으로 비교한다면 최근접점 클리핑 방법이 가장 작은 변화를 나타내었다.

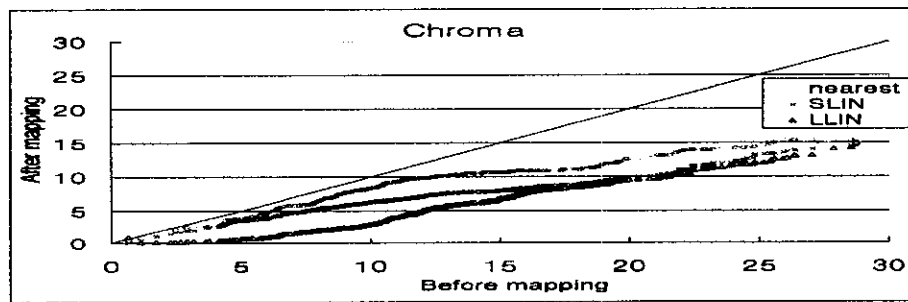
이상으로 색차만으로 재현물을 평가하기 어렵기 때문에 먼셀 색공간의 색상, 명도 및 채도로 나누어 그 경향을 분석하고 색차와의 관계를 분석하였다. 그 결과 색역 사상 방법들을 정확한 분석에 의한 예측이 가능하였다.



(a) Munsell Hue



(b) Munsell Value



(c) Munsell Chroma

Fig. 7. Variations in Munsell Hue, Value and Chroma before and after mapping for the samples out of the gamut of digital proofer.

Table 3. Average differences ( $\Delta \bar{H}$ ,  $\Delta \bar{V}$ ,  $\Delta \bar{C}$ ) in Munsell H, V, C before and after mapping

|               | $\Delta \bar{H}$ | $\Delta \bar{V}$ | $\Delta \bar{C}$ |
|---------------|------------------|------------------|------------------|
| Nearest-point | 2.6162           | 1.0204           | 3.7026           |
| SLIN          | 1.9898           | 0.7762           | 5.7939           |
| LLIN          | 2.4707           | 0.4601           | 7.8435           |

## 5. 결 론

컬러 인쇄의 디지털 소프트 컬러 교정 방식에서 발생하는 모니터와 출력장치 사이의 색역 사상 방법에 대한 연구를 통하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 출력 장치의 색역을 벗어나는 모니터 상의 전체 샘플 패치에 대한 색역 사상 전후의 색차는 R, G, B 및 P 영역에서 크게 나타났다.
2. 모니터의 전체 샘플 패치를 명도에 따라서 하이라이트, 미들톤, 섀도우로 구분하여 각각의 색역 사상 방법을 적용한 결과, 전체적인 색차에 대한 객관적인 평가에서는 최근접점 클리핑 방법이 우수하지만, 주관적인 평가에 대한 여러 가지의 선행 연구의 결과를 고려하면 미들톤 영역에서는 SLIN 방법이 우수하며, 섀도우 영역에서는 LLIN 방법이 우수한 것으로 생각된다.
3. 색역 사상 결과를 색상, 명도 및 채도로 구분하여 분석하면 색상 면에서는 SLIN 방법이, 명도 면에서는 LLIN 방법이, 그리고 채도 면에서는 최근접점 클리핑 방법이 우수한 것으로 나타났다.

## 참고문헌

- [1]. Henry R. Kang, Color Technology for Electronic Imaging Devices, SPIE Optical Engineering Press, 1996.
- [2]. Jan Morovic, university Derby, "To Develop a Universal Gamut Mapping Algorithm", Ph.D. Thesis, University of Derby. 1998.
- [3]. Karen M. Braun, "Development and Evaluation of Six Gamut-Mapping Algorithms for Pictorial Images", The seventh Color Imaging Conference : Color Science, Systems, and Applications , pp144~148, 1999.
- [4]. Karen M. Braun, "Gamut-Mapping Techniques for Business Graphics", The seventh Color Imaging Conference : Color Science, Systems, and Applications , pp149~154, 1999.

- [5]. Jan Morvic and M. Ronnier Luo, "Cross-Media Psychophysical Evaluation of Gamut Mapping Algorithms", Presented at AIC'97 Kyoto 29. 05. 1997.
- [6]. Ethan D. Montag and Mark D. Fairchild, "Gamut mapping : Evaluation of Chroma Clipping Techniques for Three Destination Gamuts" The sixth Color Imaging Conference : Color Science, Systems, and Applications , pp57~61, 1998.
- [7]. Masayoshi Shimizu, Satoshi Semba, Shoji Suzuki , "Gamut Mapping Algorithms Suitable for Implementation to Device Profiles", The sixth Color Imaging Conference : Color Science, Systems, and Applications , pp169~172, 1998.
- [8]. Po-Chieh Hung, "Colorimetric calibration in electronic imaging devices using a look-up-table model and interpolation," Journal of Electronic Imaging, V36, N1, pp 53~61, January 1993
- [9]. Gentile, Walowit & Allebach, "A comparison of Techniques for color gamut mismatch Compensation", J, Imaging Technology, 1990.
- [10]. Mashiko Ito & Naoya Katoh, "Three-dimensional Gamut Mapping Using color difference Formulae & Color space", Color Imaging : Device Independent Color, Color Hardcopy, and Graphic Arts IV, SPIE, pp33~95, 1999.
- Mashiko Ito & Naoya Katoh, "Gamut Compression for Computer  
 [11]. Generation Images" Extended Abstracts SPSTJ 70th Anniversary Symp. of Fine Imaging(in japanese), pp 85~88, 1995.