

디지털 소프트 칼라 교정인쇄를 위한 새로운 색역 사상방법에 관한 연구

송경철, 강상훈*

부경대학교 대학원 인쇄공학과, 부경대학교 화상정보공학부*

A study on the new gamut mapping method for digital soft color proofing

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

*Department of Graphic Arts Engineering, Graduate school, Pukyong National University ,
Division of Image & Information Engineering, 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 GMAs have been published, but there are no method satisfactory enough for more exact color reproduction.

In this paper, the gamut mapping methods of nearest point clipping(NPC), centroid clipping (SLIN), straight clipping and cusp clipping(CUSP) were tested and analyzed with color difference, and a new gamut mapping algorithm based on variable anchor point method was proposed.

1. 서론

현재 널리쓰이는 교정 방식은 크게 아날로그적인 교정방식과 디지털적인 교정방식으로 구분할 수 있으며, 디지털 교정방식을 다시 분류하면 디지털 소프트교정방식과 디지털 하드카피 교정방식으로 구분할 수 있다.

디지털 하드카피 교정은 색재현성이 우수한 프린터를 이용하여 색교정을 하는 방식으로 색재현성이 뛰어난 염료승화형 프린터가 일반적이며, 특히 잉크젯 기술의 발전으로 잉크젯 프린터를 이용한 색교정도 널리 사용된다. 디지털 소프트카피 교정은 모니터 상에서 재현될 인쇄물의 색교정을 행하는 것으로 색교정이 간단하고 비용이 저렴하고 실시간 원격교정이 가능하므로 가장 바람직한 교정방식이라 할 수 있다.

그러나, 모니터에서 디스플레이되는 색역과 인쇄물에서 재현되는 색역의 근본적인 차이로

인해 모니터에 디스플레이 되는 색을 인쇄물에서 재현할수 있는 색으로 변환해주는 기술이 필요하다.

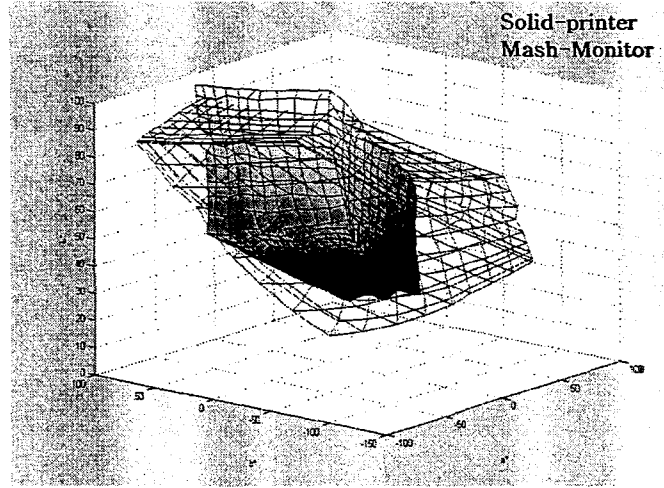


그림 1 모니터와 프린터의 색 재현 영역의 차이

이와같이 여러 가지 다른장치들 사이의 색재현에서 재현되는 색역의 차이를 보정하기 위한 가장 중요한 기술이 색역 사상기술이며, 지금까지 여러 가지 색역 사상방법이 발표되었고 평가되었지만 측색적인 고찰은 제한적으로 이루어졌다.⁽¹⁾

본 연구에서는 현재 사용되고 있는 대표적인 색역 사상 방법인 최근접점 클리핑 (Nearest-point clipping) 방법⁽²⁻³⁾, 센터로이드 클리핑(Centroid clipping)⁽¹⁻⁵⁾, 즉 SLIN 방법 및 스트레이트 클리핑(Straight clipping), 즉 LLIN 방법⁽¹⁾⁽⁵⁾⁽⁶⁾과 최대 크로마 클리핑법 (CUSP)을 사용한 색역 사상 결과를 측색적으로 비교 고찰하여 새로운 색역 사상 방법인 VACSLIN(variable anchor point SLIN)을 제안하였다.

2. 이론

2-1. 색역 사상(Gamut mapping) 방법

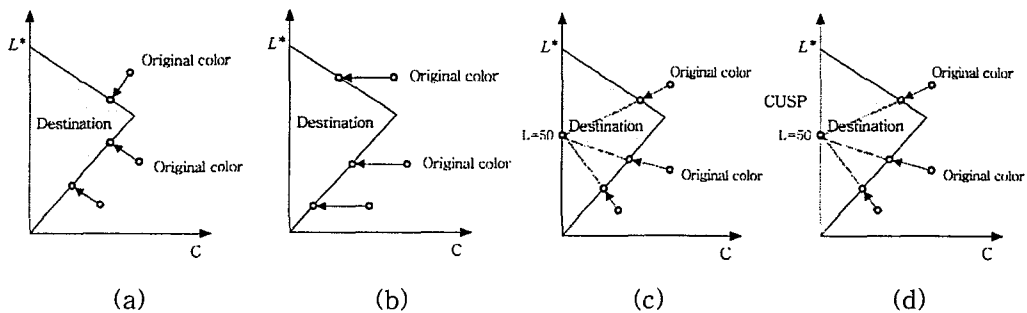


그림 2 기존의 색역 사상 방법

그림 2.는 지금 까지 제안된 여러 가지 색역사상 방법중 대표적인 4종을 도시한것이다.

(a) 그림의 최근접점 클리핑 방법은 3차원 색공간에서 인쇄물의 색역의 바깥쪽에 위치하는 모니터의 색역 성분들을 색차가 가장작게나는 색역의 경계면으로 사상하는 방법이다. 1996년 Kato와 Ito는 최근접점을 찾는방법으로 1994년 CIE ΔE^*_{ab} 색차를 이용한 바있다. 이 방법에서는 원고와 재현물 사이의 색도점이 1:1로 사상되는 것이 아니라 원고 상의 다수의 점이 재현물 상의 한 점으로 동시에 사상되는 성분이 많이 발생하여 전체 이미지의 콘트라스트를 저하시키고 디테일을 감소시키는 원인이 된다고 보고하고 있다.⁽⁷⁾

(b) 그림의 LLIN 방법은 1984년에 Sara가 처음으로 사용하였으며, 모니터의 휘도를 유지하고 채도만을 줄이는 방법이다. Laihanen도 1987년에 Hunter Lab 색공간, 즉 LABHUN 색공간에서 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⁽¹¹⁾의 식이 널리 사용된다.

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

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.

(c) 그림의 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 명도와 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.

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

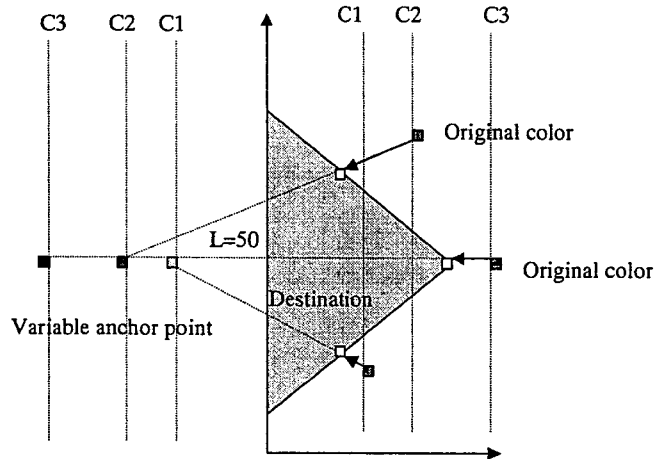


그림 3 제안된 색역 사상방법

그림3은 본 연구에서 제안된 색역 사상방법으로서 SLIN 방법은 한점(L=50)을 기준으로 색역을 사상 함에 따라 화상의 콘트라스트가 감소되는 단점을 보완하고자 원고의 크로마에 따라 사상되는 닷점이 변화하도록(VACSLIN : variable anchor point SLN) 설계하였다.

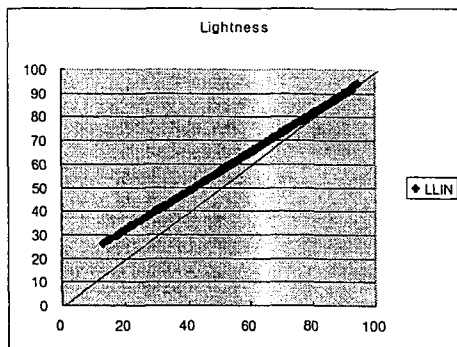
2-4. 색역 경계검출 방법

칼라 입출력 장치들은 각각의 장치 종속적인 색좌표계를 사용한다. 대표적인 예로 모니터에서는 RGB색 좌표계를 사용하고, 프린터에서는 CMY 색 좌표계를 사용한다. 이와 같이 장치 종속적인 색좌표계에서 좌표계의 표면에 존재하는 색들은 장치 독립적인 색좌표계로 변환되어도 표면에 존재하게 된다. 예를들어 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.

3. 실험

본 연구에서 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% 범위



- 색역 사상후 Lightness는 선형적으로 유지되는 경향이 나타나지만 lightness의 압축 방법에서 shadow부분이 밝아지는 단점이 확인됨
- 다른 방식보다 chroma의 변화가 가장 심하게 나타남
- hue는 고정하였으나 보간 에 의한 예러는 약간 나타남

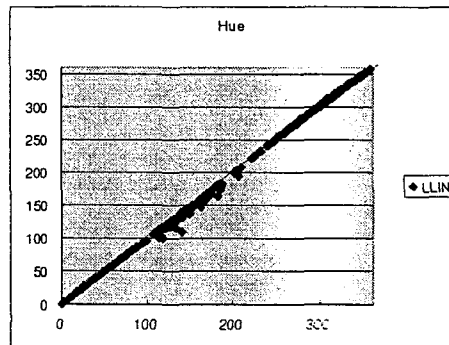
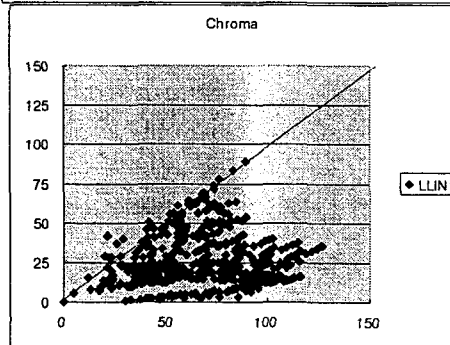
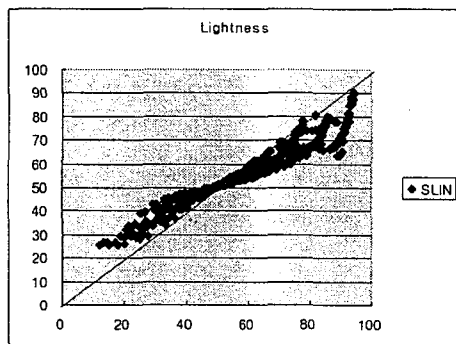


그림 5 LLIN 방법에 의한 색역사상결과



- 색역 사상후 anchor point를 경계로 highlight 영역은 어두워 지고 shadow영역은 밝아짐으로 전체적인 contrast의 감소를 일으키는 경향이 나타남
- NPC방식을 제외한 다른 방식보다 chroma의 변화가 가장 적게 나타남
- Hue변화는 거의 없음

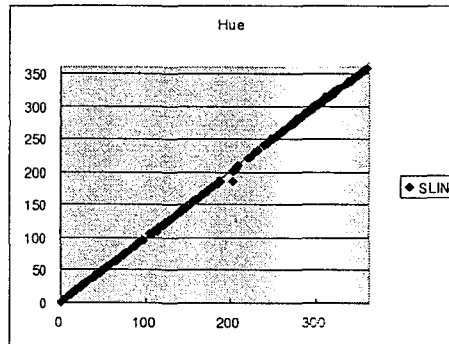
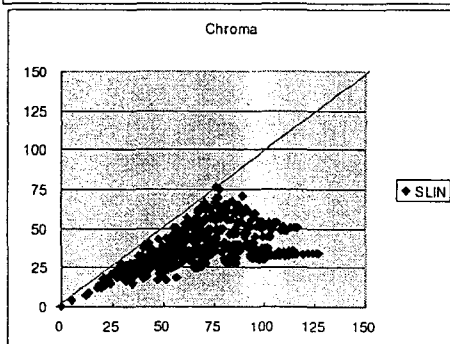


그림 6 SLIN 방법에 의한 색역사상결과

의 망점 면적률을 10%간격으로 분할한 11단계를 조합하여 $11^3(=1331)$ 개의 패치를 제작하였다.

2° 시야의 D_{65} 광원을 사용하여 모니터와 디지털 교정기의 샘플 패치에 대한 색을 측정하여 모니터와 디지털 교정기의 LUT를 작성하고, 각 LUT를 구성하는 샘플 패치 사이의 색에 대해서는 Po-chieh Hung⁽⁸⁾의 사면체 보간법을 사용하여 계산하였다.

본 연구에서 사용한 모든 색역 사상에서는 모니터의 색역 성분 중에서 각 출력장치의 색역에 포함되는 성분에 대해서는 색역 사상을 하지 않고, 출력장치의 색역을 벗어나는 모니터의 색역 성분에 대해서만 앞에서 설명한 5가지의 색역 사상 방법을 사용하여 각 출력장치에 대한 색역의 최외곽 경계면으로 색역 사상을 하였다.

각 색역 사상 방법들에 대한 사상 결과를 객관적으로 평가하기 위하여 색역 사상 전후의 전체 색차를 비교하였으며, $CIEL^*a^*b^*$ 로 표시된 측색치를 CIELch 색공간으로 변환하여 각 샘플 패치의 색차를 명도(Lightness)와 채도(Chroma), 색상(Hue)별로 분석하였다.

4. 결과 및 고찰

4-1 색역 사상의 평가결과

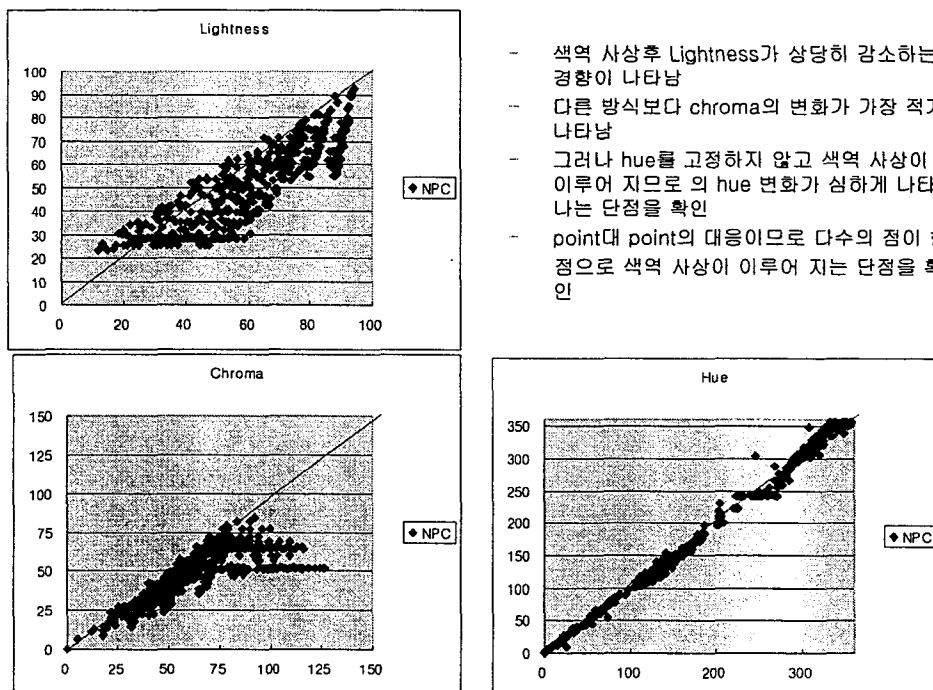
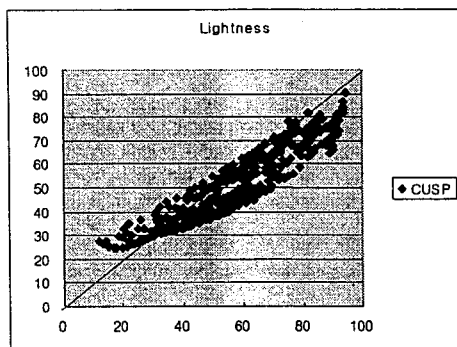


그림 4 최소색차법에 의한 색역사상결과



- 색역 사상후 Lightness가 감소하는경향이 나타남
- chroma의 변화는 SLIN방법과 유사
- Hue변화는 거의 없음

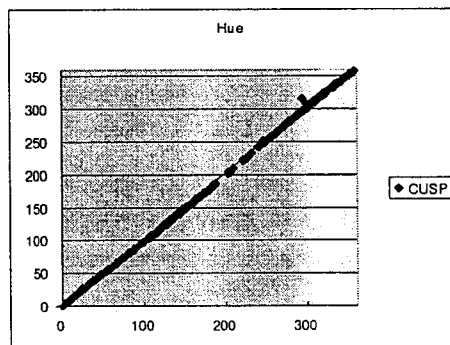
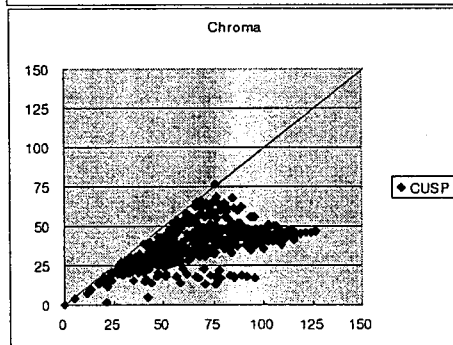
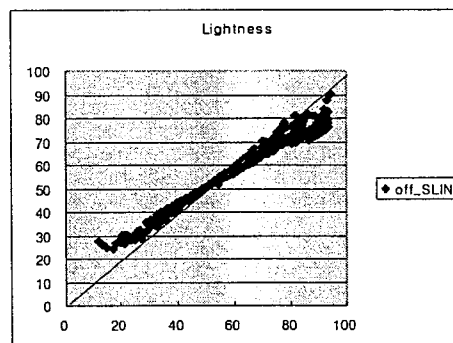


그림 7 CUSP 방법에 의한 색역 사상결과



- SLIN과 비교할때 contrast의 감소는 상당히 줄어들어 확인됨
- LLIN방법보다는 chroma의 변화가 감소하고 CUSP 방법과 유사
- Hue변화는 거의 없음

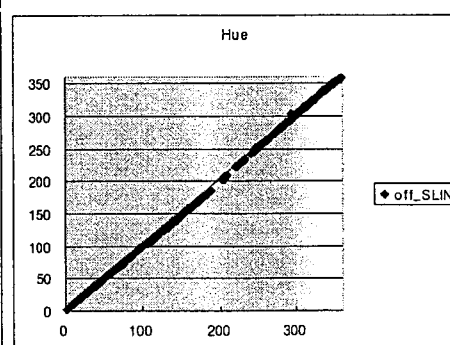
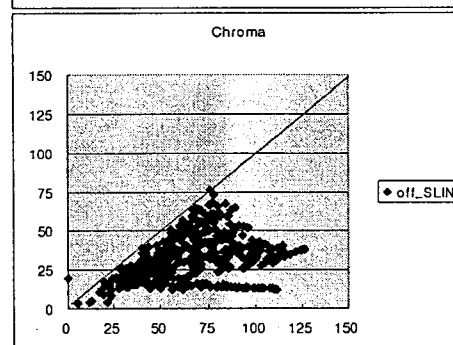


그림 8 제안된 VACSLIN 방법에 의한 색역 사상결과

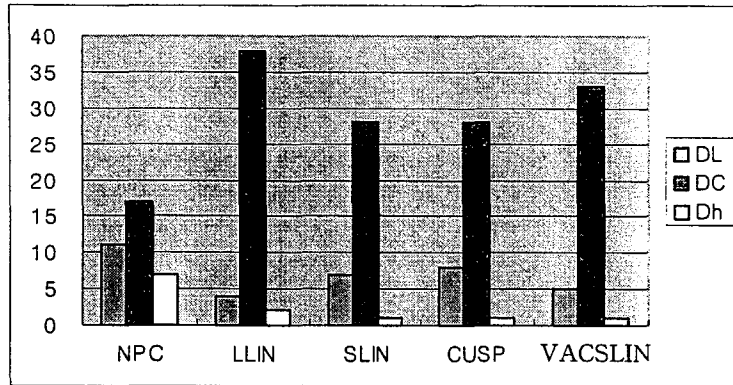


그림 9 색역 사상전후의 명도, 채도 색상의 변화

그림 9 는 여러 가지 방법의 색역사상 방법으로 사상한 결과를 색역 사상전후의 명도, 채도 색상의 변화량으로 도시한 것으로 색역사상후 명도의 차이가 가장 큰 것은 NPC 방법이며, 채도의 차이가 가장 크게 나타난 것은 LLIN 방법이었다. 제안된 VACSLIN방법은 SLIN 이나 CUSP 방법과 비교하여 채도의 차이가 크게 나타났으나 오히려 명도의 변화는 작게 나타남을 알 수 있다.

5. 결 론

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

(1) NPC(Nearest Point Clipping) 방법은 색역사상 전후의 색차를 비교할 때 가장 우수하게 나타났으나 여러점들이 한점으로 사상이 일어나는 단점이 확인되었다.

(2) LLIN 방법은 명도가 선형적으로 유지되지만 색역 사상전에 명도를 압축함으로써 색역 사상후 채도가 상당히 감소하는 단점이 확인되었다.

(3) SLIN 방법은 하나의 닷점을 사용함으로써 하이라이트부분이 어두워지고 샤도우 부분이 밝아져 콘트라스트가 감소되는 단점이 확인되었다.

(4) CUSP 방식은 SLIN과 비슷한 색차가 나타났지만 전체적으로 명도가 감소하는 경향이 관찰되었다.

(5) 제안된 VACSLIN색역 사상방법으로 SLIN 방법의 단점인 콘트라스트가 감소되는 경향을 감소시킬수 있었다.

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-Chi 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).