

망점확대를 보완한 Neugebauer 모델에 기반한 색재현 예측

김종필, 안석출, 미야케 요우이치*

부경대학교 인쇄정보공학과 * 치바대학 자연과학연구과
(2002년 8월 21일 접수, 2002년 9월 18일 최종본 접수)

Prediction of color reproduction based on compensated Neugebauer Model for dotgain

*J.P. Kim, S.C. Ahn, Y. Miyake**

Department of Graphic Arts Information Engineering, Pukyong National University

* Graduate School of Science and Technology, Chiba University

(Received 21 August 2002, in final form 18 September 2002)

Abstract

It is required to estimate color reproduction accurately in printing. Because printing technology has been developing, and most people want to see the best color reproduction. Therefore many color reproduction methods, such as Neural Network, LUT(Look Up Table) have been proposed for a long time. However, these methods are required to measure a lot of samples of printing. In this paper, we propose a new method that prediction of color reproduction based on compensated Neugebauer model for dotgain. This method was significant to increase an accuracy of color prediction with simple process.

1. 서론

현재, 산업기술의 발달에 의해 예전 보다 더욱 정밀하고 정확한 색의 표현이 가능한 인쇄장치가 개발되게 되었고, 이러한 인쇄장치의 발달에 대응하여 다항식에 의한 방법, LUT⁽¹⁾(Look

Up Table)에 의한 방법, 신경회로망⁽²⁾을 이용한 방법등의 색예측 모델들이 개발되어 왔다.

인쇄에서는 시스템 구축과 데이터 베이스 제작에 많은 시간을 투자하기 어렵기 때문에, 적은 양의 샘플로 짧은 시간에 정확한 색예측을 하는 시스템이 요구되어 진다. LUT에 의한 색예측 방법은 정확한 색 예측이 가능하지만, 시스템 구축에 막대한 양의 데이터 베이스의 제작이 필요하기 때문에 많은 시간과 노력을 필요로 하고, 데이터 베이스의 양을 줄이게 되면 정확성이 떨어지게 된다. 신경회로망을 사용한 방법은 시스템에서의 처리시간이 빠르고 정확한 색예측이 가능하지만, 시스템을 구축하기 위해서는 많은 샘플들의 측정과 학습을 위한 많은 시간이 소요된다. 한편 Neugebauer 모델⁽³⁾⁽⁵⁾은 시스템 구축이 간단하고 적은 양의 샘플로서 색예측이 가능하지만 망점면적률에 따른 3자극치의 직선적이지 않은 특성 때문에 정확한 색예측을 기대하기 어렵다.

본 연구에서는 이러한 문제점들을 해결하기 위해서 다른 방식에 비해서 시스템 구성이 비교적 간단한 Neugebauer 모델을 기반으로 하고, 망점확대에 대한 보정을 3자극치에 따라 다르게 보정하는 방법을 이용하여 기존의 색예측 방식보다 간단하고 정확한 색예측 모델을 제안하고, 제안한 모델의 유용성과 타당성을 확인하였다.

2. 색예측 모델의 제안

2.1. 망점확대에 대한 보정모델

일반적으로 망점면적율의 망점확대에 대한 보정은 망점면적율이 0%에서 100%로 변화할때에 나타나는 망점확대를 각 잉크의 농도에 기반해서 보정하는 방법을 사용되고 있다. 그러나 이 방법에서의 망점면적율의 보정은 Cyan, Magenta, Yellow, Black잉크의 망점면적율이 변화함에 따라 CIE_{x,y}좌표계상에서 0%와 100%를 연결하는 직선상에서 변화하지만 실제 측정되는 샘플값들의 변화는 Fig.1에서와 같이 직선적이지 않다. 이러한 CIE_{x,y}좌표상의 비직선적인 변화는 1차색의 망점면적율에 따른 자극치의 변화가 각각 자극에 따라 서로 다르게 변화하고 있음을 나타내고 있다.

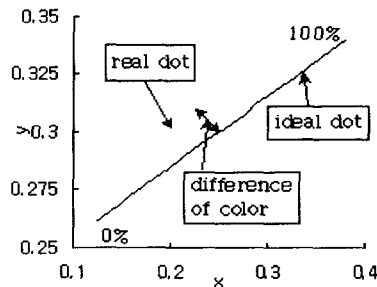


Fig.1. Comparison between real and ideal dot on CIE_{xy} coordinate at Cyan Ink.

이러한 자극에 따라 서로 다르게 변화하는 망점확대에 대한 실측값과 이상적인 경우의 값의 차를 보상해 주기 위해, 각각의 자극에 대해 망점확대에 의해 발생한 실측값과 이상적인 경우의 값의 차만큼의 자극치값을 차별적으로 보상해 주는 방법을 사용하였다. Fig.2는 Cyan인크의 망점면적율에 대한 자극치X의 그래프로 Neugebauer 모델에 의해 계산한 망점확대가 없는 이상적인 경우의 자극치X는 망점면적율이 0%에서 100%로 변화함에 따라 자극치X가 직선적인 변화로 나타나지만 실제 측정된 샘플의 자극치X는 Fig.2에서와 같이 곡선으로 나타난다.

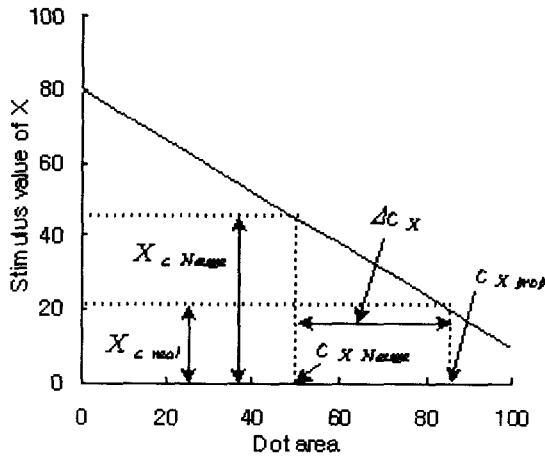


Fig. 2. Compensation by expansion difference of dot used stimulus value X at Cyan Ink.

Fig.2에서 $X_{c\ real}$ 은 망점면적율(c : Cyan인크의 인쇄되는 망점면적율)에 해당하는 자극치X를 회기분석을 이용한 피팅값(이하 실측값)이고, $X_{c\ Neuge}$ 은 망점확대가 없는 이상적인 경우의 자극치X의 값이다. $c_{X\ Neuge}$ 는 Neugebauer 모델에 의한 망점확대가 없는 이상적인 경우의 망점면적율이고, Δc_X 는 $c_{X\ Neuge}$ 와 이상적인 망점면적율의 경우에 자극치의 값이 $X_{c\ real}$ 와 일치하는 면적과의 차이이며, $c_{X\ prop}$ 는 제안한 방법에 의한 망점면적율이다. $X_{c\ real}$ 의 실제 망점면적율은 $c_{X\ Neuge}$ 에 Δc_X 가 더해진 망점면적율 $c_{X\ prop}$ 로 계산되어진다. 예로써 Fig. 2에서와 같이 Cyan인크가 50%망점면적율로 인쇄되고 실측치 $X_{c\ real}$ 가 21 일때, $c_{X\ prop}$ 는 $c_{X\ Neuge} = 50\%$ 와 $\Delta c_X = 35\%$ 의 합 85%이고, 각각의 3 자극치에 대한 식이 아래와 같이 나타내어 진다.

$$\begin{aligned}
 C_{X\ prop} &= C_{X\ Neuge} + \Delta C_X \\
 C_{Y\ prop} &= C_{Y\ Neuge} + \Delta C_Y \\
 C_{Z\ prop} &= C_{Z\ Neuge} + \Delta C_Z
 \end{aligned} \quad \text{----- (1)}$$

Magenta, Yellow, Black잉크의 경우에도 Cyan잉크의 경우와 동일한 방법에 의해 계산되어 진다.

2.2. 색예측

일반적으로 Neugebauer⁽⁵⁾ 방식은 각 잉크의 특성을 고려하여 잉크에 따라 다르게 망점면적율을 보정하여 계산하지만, 제안한 방법에서는 잉크의 특성이 각각의 자극에 따라서 다르게 변화하는 것을 이용하여 Neugebauer 모델에 3자극 X,Y,Z에 따라 다른 망점면적율을 적용하는 방법을 사용한다.

Cyan, Magenta, Yellow, Black잉크의 4색 인쇄의 경우, 네가지 잉크의 조합인16개 색의 면적율의 계산을 3자극치에 따라 다르게 계산하는 방법을 사용한다. 각 자극치에 따른 16개의 면적율의 계산은 각각의 자극에 따라 다른 망점면적율로써 Neugebauer 모델에 적용되어 계산되어지고, 아래의 식으로 표현된다.

$$(1 - c_{i\ prop})(1 - m_{i\ prop})(1 - y_{i\ prop})(1 - k_{i\ prop}) = w_i \quad (i = X, Y, Z) \quad \text{-- (2)}$$

여기서 $c_{i\ prop}$ 는 2.1장에서 제안한 보정된 망점면적율이고, w_i 는 인쇄되지 않은 종이의 면적율이고, 나머지 15개의 면적율도 이와 같은 방법으로 계산되어 진다. 샘플의 3자극치 X,Y,Z는 네가지 잉크가 조합된 16개 색의 100% 망점면적율의 자극치와 식(2)에서 계산된 16개 색의 면적율을 각각 곱하고, 계산된 값의 전체합으로 계산되며, 다음과 같은 식으로 나타내어 진다.

$$\begin{aligned}
 X &= \sum i_X X_j \\
 Y &= \sum i_Y Y_j \quad (i, j = c, m, y, k, \dots, cmyk, w) \quad \text{----- (3)} \\
 Z &= \sum i_Z Z_j
 \end{aligned}$$

여기서 X, Y, Z는 샘플의 3자극치를 나타내고, X_j, Y_j, Z_j 는 4개의 잉크의 16개 조합의 3자극치이고, i_X, i_Y, i_Z 는 조합된 16개 색의 자극치에 따른 면적율이다.

3. 실험

2장에서 제안한 방법에 의해 Japan Color 97 견본 ANSI IT/8 Basic Chart중 52개의 샘플을 사용하여 시스템을 구축하였고, 다음과 같은 방법에 의해 구축한다. Fig.2에서 의 망정확대에 의한 오차를 포함하는 자극치 X 인 $X_{c\ real}$ 곡선은 실측한 망점면적율이 10%단계의 11개의 샘플 데이터를 사용하여 다항회기분석에 의해 피팅하여 구해지고, 다음과 같은 식으로 표현된다.

$$X_{c\ real} = a_n C_{X\ Neuge}^n + a_{n-1} C_{X\ Neuge}^{n-1} + \dots + a_0 \quad \text{-----} \quad (4)$$

여기서 n 는 피팅식의 차수 이며, a_n, a_{n-1}, \dots, a_0 는 각 항의 계수며, 시스템에 사용된 피팅식은 Cyan, Magenta, Yellow, Black잉크의 각각의 자극치에 따라 다르게 정의 되어 지고, 그 계수의 값을 Table 1에 나타내었다.

Table 1. The coefficient of fitted equation for calculatetion of real stimulus value

| | | a_4 | a_3 | a_2 | a_1 | a_0 |
|---------|---------------|---------|---------|---------|----------|---------|
| Cyan | $X_{c\ real}$ | 0.0021 | -0.0409 | 0.5702 | -10.1608 | 78.8982 |
| | $Y_{c\ real}$ | 0.0015 | -0.0255 | 0.3839 | -8.6707 | 81.6794 |
| | $Z_{c\ real}$ | 0 | 0.0021 | -0.0054 | -1.8376 | 68.4041 |
| Magenta | $X_{c\ real}$ | 0.0022 | -0.0451 | 0.6029 | -8.6047 | 78.8297 |
| | $Y_{c\ real}$ | 0.0037 | -0.0819 | 1.0388 | -12.6257 | 81.4613 |
| | $Z_{c\ real}$ | 0.0022 | -0.0404 | 0.4891 | -8.5382 | 68.2552 |
| Yellow | $X_{c\ real}$ | -0.0001 | 0.0067 | 0.0116 | -2.2715 | 78.9446 |
| | $Y_{c\ real}$ | -0.0004 | 0.013 | -0.0694 | -1.5712 | 81.6862 |
| | $Z_{c\ real}$ | 0 | 0.0078 | 0.2755 | -9.7501 | 68.2824 |
| Black | $X_{c\ real}$ | 0.0002 | 0.0086 | 0.3647 | -12.4272 | 78.6047 |
| | $Y_{c\ real}$ | 0.0002 | 0.0102 | 0.3578 | -12.7612 | 81.3315 |
| | $Z_{c\ real}$ | 0.0001 | 0.0123 | 0.2343 | -10.3513 | 68.0408 |

식(4)의 피팅식에서 구해진 $X_{c\ real}$ 값으로 $c_{X\ Neuge}$ 와 이상적인 망점면적율의 경우에 자극치의 값이 $X_{c\ real}$ 와 일치하는 면적과의 차 Δc_X 가 구해지고, Table2와 같이 표시된다.

Table 2. Dot compensation value for compensating dot area.(Dot area : 0~1)

| Dot area | Cyan | | | Magenta | | | Yellow | | | Black | | |
|----------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | Δc_X | Δc_Y | Δc_Z | Δm_X | Δm_Y | Δm_Z | Δy_X | Δy_Y | Δy_Z | Δk_X | Δk_Y | Δk_Z |
| 0% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10% | 0.06 | 0.05 | 0.01 | 0.08 | 0.09 | 0.06 | 0.06 | 0.04 | 0.06 | 0.08 | 0.08 | 0.07 |
| 20% | 0.08 | 0.06 | 0.01 | 0.10 | 0.12 | 0.08 | 0.06 | 0.03 | 0.09 | 0.09 | 0.09 | 0.08 |
| 30% | 0.11 | 0.10 | 0.03 | 0.14 | 0.16 | 0.11 | 0.11 | 0.07 | 0.14 | 0.15 | 0.14 | 0.14 |
| 40% | 0.12 | 0.10 | 0.03 | 0.14 | 0.16 | 0.11 | 0.12 | 0.08 | 0.15 | 0.16 | 0.16 | 0.15 |
| 50% | 0.13 | 0.11 | 0.04 | 0.15 | 0.17 | 0.12 | 0.13 | 0.09 | 0.16 | 0.17 | 0.17 | 0.16 |
| 60% | 0.12 | 0.11 | 0.04 | 0.15 | 0.17 | 0.12 | 0.14 | 0.11 | 0.16 | 0.18 | 0.18 | 0.17 |
| 70% | 0.11 | 0.10 | 0.04 | 0.14 | 0.15 | 0.12 | 0.13 | 0.10 | 0.14 | 0.16 | 0.15 | 0.15 |
| 80% | 0.08 | 0.07 | 0.03 | 0.09 | 0.10 | 0.08 | 0.09 | 0.07 | 0.11 | 0.11 | 0.11 | 0.11 |
| 90% | 0.05 | 0.04 | 0.01 | 0.06 | 0.06 | 0.05 | 0.05 | 0.04 | 0.07 | 0.07 | 0.07 | 0.07 |
| 100% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Table 3에서 나타난 것과 같이 망점확대에 의해 발생하는 3자극치의 오차가 서로 차이가 있음을 알수 있고, 대략 50%에서 최대값을 가진다. 얻어진 Δc_X 를 식(2)에 대입하여 자극치의 불균등 변화에 의한 오차를 보상한 망점면적율 $c_{X\ prop}$ 를 계산할 수 있고, 나머지 $m_{X\ prop}$, $y_{X\ prop}$, $k_{X\ prop}$ 의 경우도 $c_{X\ prop}$ 와 같은 방법으로 구할수 있다. 이와 같이 계산되어진 3자극치에 따라 보상되어진 망점면적율은 식(4)에 의해서 16개의 잉크조합의 면적율로 계산되어 지고, 그 예를 Table 3에 표시하였다.

Table 3. Compensated dot areas for each stimulus

| | | | | | | | | | | | | |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| c_i Neuge | 0.5 | | | 0.7 | | | 0.2 | | | 0.7 | | |
| m_i Neuge | 0 | | | 0.4 | | | 0.1 | | | 0.2 | | |
| y_i Neuge | 0 | | | 0 | | | 0.4 | | | 0.4 | | |
| k_i Neuge | 0 | | | 0 | | | 0 | | | 0.4 | | |
| | i=X | i=Y | i=Z | i=X | i=Y | i=Z | i=X | i=Y | i=Z | i=X | i=Y | i=Z |
| c_i | 0.628 | 0.609 | 0.539 | 0.365 | 0.342 | 0.356 | 0.113 | 0.114 | 0.084 | 0.118 | 0.123 | 0.107 |
| m_i | 0 | 0 | 0 | 0.105 | 0.117 | 0.135 | 0.054 | 0.063 | 0.050 | 0.012 | 0.015 | 0.014 |
| y_i | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.317 | 0.296 | 0.370 | 0.031 | 0.030 | 0.047 |
| k_i | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.036 | 0.041 | 0.047 |
| cm_i | 0 | 0 | 0 | 0.444 | 0.452 | 0.382 | 0.021 | 0.023 | 0.014 | 0.051 | 0.057 | 0.041 |
| cy_i | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.124 | 0.108 | 0.104 | 0.129 | 0.116 | 0.132 |
| my_i | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.059 | 0.059 | 0.061 | 0.013 | 0.014 | 0.018 |
| ck_i | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.152 | 0.157 | 0.132 |
| mk_i | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.015 | 0.019 | 0.018 |
| yk_i | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.039 | 0.038 | 0.058 |
| cmy_i | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.023 | 0.021 | 0.017 | 0.055 | 0.053 | 0.050 |
| cmk_i | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.065 | 0.073 | 0.050 |
| cyk_i | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.166 | 0.148 | 0.163 |
| myk_i | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.017 | 0.018 | 0.022 |
| $cmyk_i$ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.071 | 0.068 | 0.062 |
| w_i | 0.372 | 0.391 | 0.461 | 0.086 | 0.089 | 0.126 | 0.290 | 0.315 | 0.300 | 0.028 | 0.032 | 0.038 |

Table 3는 임의의 샘플의 망정확대가 없는 이상적인 망점면적율에서 각각의 자극치에 따른 서로 다른 값을 가지는 16개 잉크의 조합의 면적율을 계산하여 표시한 것이며, 계산된 면적율은 식(3)에 대입되어 샘플의 3자극치가 구해지며, Table 4에 표시하였다.

Table 4에서 i 가 X일때의 i_{cmyk} 는 Cyan, Magenta, Yellow, Black 잉크가 모두 100% 망점면적율로써 인쇄되어진 샘플의 삼자극치 X의 값을 나타내고, 16개의 면적율에 대한 각각의 자극치들의 합에 의해 구하고자 하는 샘플의 3자극치를 계산할수 있다.

Table 4. Stimulus values of compensated dot area for each stimulus

| | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|--------|-------|-------|--------|-------|-------|--------|-------|-------|--------|-------|-------|
| c_i Neuge | 0.5 | | | 0.7 | | | 0.2 | | | 0.7 | | |
| m_i Neuge | 0 | | | 0.4 | | | 0.1 | | | 0.2 | | |
| y_i Neuge | 0 | | | 0 | | | 0.4 | | | 0.4 | | |
| k_i Neuge | 0 | | | 0 | | | 0 | | | 0.4 | | |
| | i=X | i=Y | i=Z | i=X | i=Y | i=Z | i=X | i=Y | i=Z | i=X | i=Y | i=Z |
| i_{c_i} | 8.98 | 13.52 | 27.07 | 5.21 | 7.60 | 17.90 | 1.62 | 2.54 | 4.23 | 1.69 | 2.73 | 5.39 |
| i_{m_i} | 0 | 0 | 0 | 3.05 | 1.68 | 1.75 | 1.56 | 0.90 | 0.64 | 0.35 | 0.21 | 0.19 |
| i_{y_i} | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19.84 | 20.15 | 2.20 | 1.92 | 2.04 | 0.28 |
| i_{k_i} | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.07 | 0.08 | 0.07 |
| i_{cm_i} | 0 | 0 | 0 | 2.05 | 1.51 | 5.57 | 0.10 | 0.08 | 0.20 | 0.23 | 0.19 | 0.60 |
| i_{cy_i} | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.88 | 1.89 | 0.73 | 0.92 | 2.03 | 0.93 |
| i_{my_i} | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.62 | 0.85 | 0.13 | 0.36 | 0.20 | 0.04 |
| i_{ck_i} | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.12 | 0.17 | 0.23 |
| i_{mk_i} | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.02 | 0.01 | 0.01 |
| i_{yk_i} | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.07 | 0.07 | 0.03 |
| i_{cmy_i} | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.07 | 0.07 | 0.07 | 0.17 | 0.17 | 0.20 |
| i_{cmk_i} | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.04 | 0.04 | 0.04 |
| i_{cyk_i} | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.13 | 0.18 | 0.12 |
| i_{myk_i} | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.02 | 0.02 | 0.01 |
| i_{cmkmyk_i} | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.05 | 0.05 | 0.04 |
| i_{w_i} | 28.80 | 31.42 | 30.67 | 6.69 | 7.13 | 8.41 | 22.43 | 25.29 | 19.99 | 2.17 | 2.56 | 2.53 |
| Calculated | 37.78 | 44.94 | 57.74 | 17.01 | 17.91 | 33.62 | 48.12 | 51.77 | 28.20 | 8.32 | 10.77 | 10.70 |
| Measured | 38.40 | 45.53 | 59.36 | 15.98 | 16.60 | 32.94 | 47.80 | 51.07 | 29.15 | 7.96 | 10.47 | 10.65 |
| ΔE_{ab} | 1.0987 | | | 2.7695 | | | 2.5097 | | | 1.3671 | | |

4. 결과 및 고찰

제안된 방법으로 제작되어진 색 예측 시스템의 유용성과 타당성을 증명하기 위해서 시스템 구축에 상용된 것과 동일한 잉크와 종이에 인쇄된 Japan Color 97 규격 ANSI IT/8 Extend Chart 928개의 샘플로 시스템의 정확성을 테스트하였고 다음과 같은 결과를 얻었다.

Fig. 4는 기존의 Neugebauer 모델의 방법과 제안한 모델에 의해서 계산된 예측치와 실제로 측정되어진 실측치의 관계를 보여준다.

비율로 망점면적을 보정을 하기 때문에 이상적인 경우의 0%에서 100%사이의 직선 사

에서 변화하지만 제안한 방법은 자극치에 따라 다른 명침면적을 보정을 적용하므로 측정값에 근사한 결과가 얻어진다.

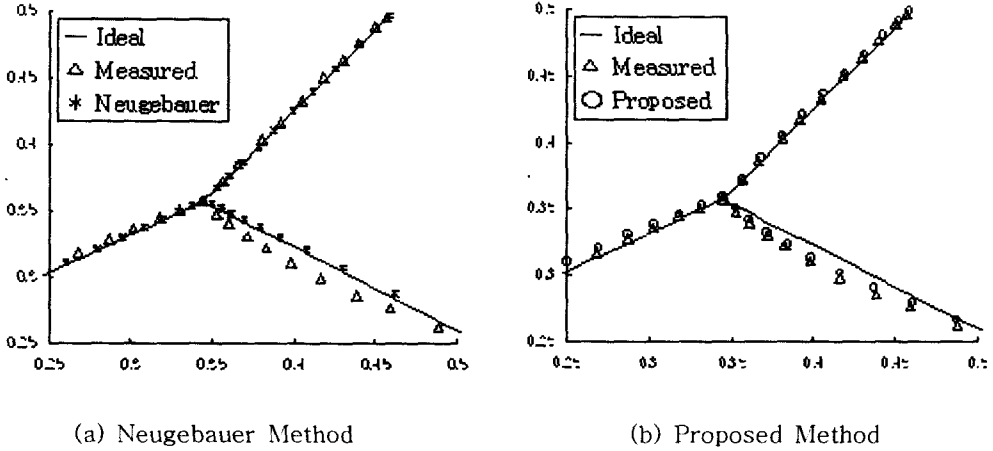
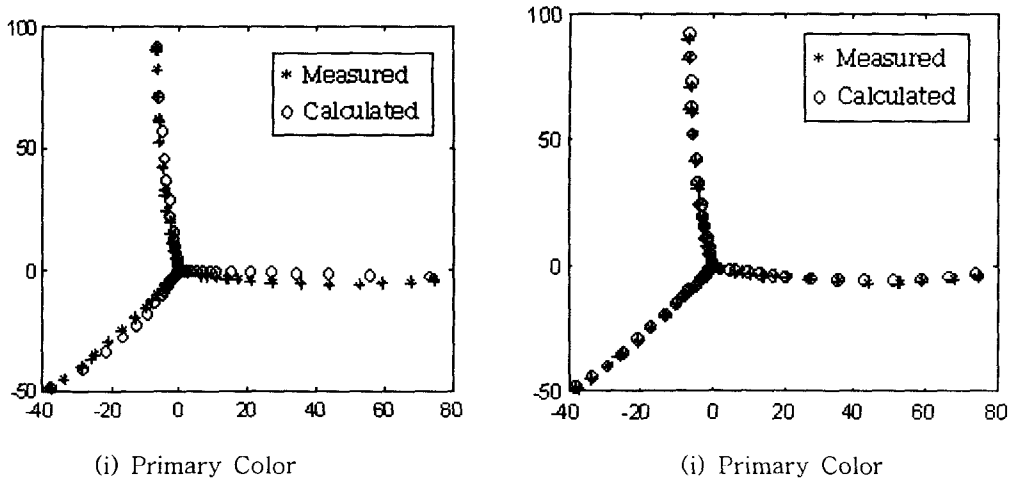
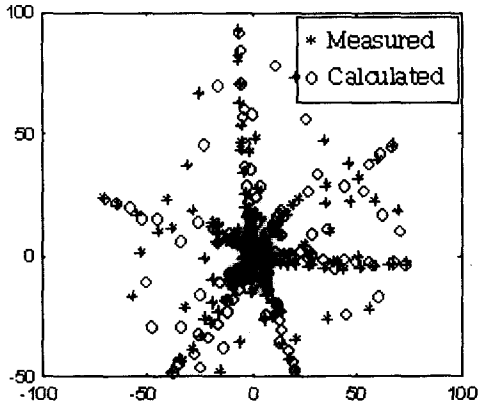


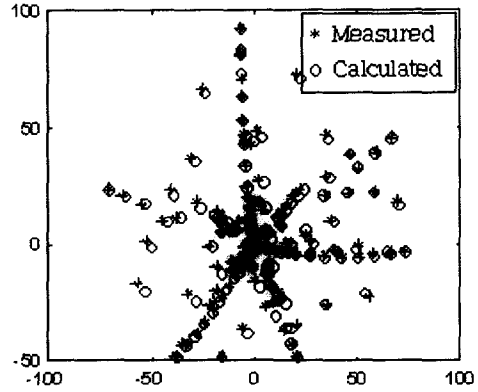
Fig. 4. Comparison between measured and calculated stimulus on CIE xy coordinate.

Fig. 4에 나타난 것과 같이 기존의 Neugebauer 모델의 방법은 3차극치에 대해 같은 Fig.5 (a)는 기존의 Neugebauer의 방법을 이용하여 계산한 것이고, (b)는 본 논문에서 제안한 방법으로 계산한 것을 나타낸 것이다.





(ii) The 1st,2nd,3rd and 4th color sample
(a) Using the Neugebauer Method



(ii) The 1st,2nd,3rd and 4th color sample
(b) Using the Proposed Method

Fig. 5. The comparison of color between estimated and measured on CIEL*a*b* space.

Fig.5에서 보이는 것과 같이 (a)-(i)는 실측치와 계산된 예측치의 위치가 CIEL*a*b*평면 상에서 같은 곡선상에 있지 않고, 상당히 큰 오차를 가지고 있으나, (b)-(i)의 제안된 방법의 경우는 거의 일치하는 것을 알수 있다. 그 외에 2,3,4차색의 경우도 기존의 방식이 보다 정확하게 예측되었음을 (b)-(ii)에서 알수 있고, 1차색에 대한 색차의 데이터를 Table 5에 표시하였다.

Table 5. The color difference between estimated and measured

| Dot area | Cyan | | Magenta | | Yellow | | Black | | All Sample | |
|----------|-------------------|-----------------|-------------------|-----------------|-------------------|-----------------|-------------------|-----------------|-------------------|-----------------|
| | Neugebauer Method | Proposed Method | Neugebauer Method | Proposed Method | Neugebauer Method | Proposed Method | Neugebauer Method | Proposed Method | Neugebauer Method | Proposed Method |
| 0% | 0.97 | 0.97 | 0.97 | 0.97 | 0.97 | 0.97 | 0.97 | 0.97 | | |
| 10% | 3.37 | 1.15 | 5.97 | 1.96 | 2.81 | 0.61 | 2.50 | 0.70 | | |
| 20% | 5.01 | 0.96 | 8.82 | 1.24 | 4.87 | 1.46 | 3.45 | 1.20 | | |
| 30% | 7.55 | 1.08 | 12.44 | 1.16 | 8.91 | 0.45 | 6.44 | 0.59 | | |
| 40% | 8.78 | 1.07 | 14.54 | 0.97 | 10.55 | 1.40 | 8.20 | 0.83 | | |
| 50% | 10.68 | 1.10 | 17.71 | 1.17 | 12.98 | 1.43 | 10.56 | 0.65 | | |
| 60% | 11.39 | 1.07 | 19.93 | 1.70 | 15.36 | 0.98 | 13.07 | 0.64 | | |
| 70% | 12.01 | 1.27 | 21.18 | 2.53 | 16.01 | 1.34 | 14.38 | 0.52 | | |
| 80% | 10.42 | 1.18 | 17.80 | 1.40 | 14.12 | 2.53 | 13.59 | 1.16 | | |
| 90% | 7.91 | 1.42 | 13.60 | 2.04 | 10.96 | 1.61 | 13.17 | 0.76 | | |
| 100% | 1.42 | 1.40 | 2.12 | 1.67 | 1.77 | 2.58 | 1.82 | 1.31 | | |
| Average | 7.23 | 1.15 | 12.28 | 1.53 | 9.03 | 1.40 | 8.01 | 0.85 | 11.17 | 2.01 |

Table 6은 기존의 Neugebauer의 방식과 제안한 방식에 의해 샘플의 색 예측값의 비교한 것으로, 제안한 방법에 의한 예측치는 평균 색차 2.01로써 정확한 색예측 결과가 얻어졌다.

5. 결 론

본 연구에서는 기존의 방식들의 문제점들을 해결하기 위해서, 망점확대에 대한 보정을 3자극에 따라 다르게 보상하는 방법을 사용하고, 다른 방식에 비해서 시스템 구성이 비교적 간단한 Neugebauer 방정식을 사용하여, 기존 Neugebauer 방식보다 정확한 색예측을 할 수 있는 방법을 제안했다. 그리고 제안한 방법의 유용성과 타당성을 확인하였고, 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 각 잉크에 대해서 3자극치에 따라 서로 다른 망점확대에 대한 오차를 확인하였고, 제안한 오차보정법에 의해 망점면적을 변화에 따른 색상의 변화를 예측 가능하게 되었다.

(2) 기존의 Neugebauer의 모델에 의한 방법은 평균 색차 11.17인 것에 비해 본 연구에서 제안한 방법에서는 평균 색차 2.01로 비교적 정확한 색예측이 가능함을 확인하였다.

그러나 이와 같은 방법도 종이의 종류가 바뀌면 모든 실험을 다시 실행해야 하는 문제점이 있다. 그러므로 앞으로의 연구로써 이와 같은 문제점을 해결하기 위해서 종이의 특성과 종이의 인쇄에 대한 영향에 대해서 검토를 해나갈 계획이다.

참 고 문 헌

(1) *P.C.Hung*, "Colormetric calibration in electronic imaging devices using a look-up-table model and interpolation", *Journal of Electronic Imaging*, Vol.2(1), pp53-61, Jan.(1993)

(2) *J.P.Kim, E.W.Lee, S.C.Ahn* "Development of CIEL*a*b*-CMYK color conversion system by Neural Network", *J.of The Korean Printing Society*, Vol. 16. No1 pp81-93(1998)

(3) *Koichi Iino, Roy S. Berns*, "Building Color Management Modules Using Linear Optimization I. Desktop Color System", *JOURNAL OF IMAGING SCIENCE AND TECHNOLOGY*, Volume 42, Number1, pp79-94, (1998)

(4) *Koichi Iino, Roy S. Berns*, "Building Color Management Modules Using Linear Optimization II. Prepress System for Offset Printing", *JOURNAL OF IMAGING*

SCIENCE AND TECHNOLOGY, Volume 42, Number2, pp99-114, (1998)

(5) *W. Rhodes*, "Fifty years of the Neugebauer equations", proc. SPIE 1184,7-18(1989)

(6) *J. S. Arney*, "A probability Description of the Yule-Nielsen Effect,I", JOURNAL OF IMAGING SCIENCE AND TECHNOLOGY, Volume 41, Number6, pp633-636, (1997)