

# 인간의 칼라 인식 특성을 이용한 칼라영상향상

신 현 욱\*, 조 석 제\*\*

## Color Image Enhancement Using Human Color Perception

Hyun-Wook Shin, Seok-Je Cho

### Abstract

Much of the work done in digital image processing has been in black-and-white images. Unfortunately, enhancement techniques developed for black-and-white don't satisfy human color perception. Enhancement algorithms for color imagery must base on the human color perception. In this paper, proposed method has based on IHS system which represents human color perception appropriately. And for the image saturation processing, an linear contrast enhancement algorithm is presented.

## I. 서 론

조명이나, 카메라의 노출 과부족으로 인해 흐려진 영상을 인간의 눈에 좀 더 선명하게 보이도록 하는 것을 영상 향상(Image Enhancement)이라고 한다.<sup>1)</sup> 영상의 향상을 위해서는 우선 영상을 수용하는 인간의 시각에 대한 이해가 필요하다. 시각은 사물의 크기, 형태, 표면 질감(texture), 광택, 투명도 및 색을 지각한다.<sup>1)</sup> 지금까지의 영상 처리에 관한 연구에서는 대부분 흑백 영상 정보가 사용되었고, 색채 정보는 거의 사용되지 않았다. 그동안 색채 정보를 다루어 오지 못한 것은 칼라 정보의 사용으로 인한 데이터의 증가와 컴퓨터의 처리능력 부족 때문이었다. 그러나 컴퓨터 하드웨어의 발달로 인해 대용량의 메모리 사용과 고속처리가 가능해짐으로써 색채 정보의 원활한 처리가 가능하게 되었다.

\* 한국해양대학교 대학원 제어계측공학과

\*\* 한국해양대학교 자동화·정보공학부 조교수

칼라 영상의 향상을 위해서는 인간의 시각을 심리학적인 입장에서 분석할 필요가 있다. 영상처리 장치에서 일반적으로 사용되는 RGB 좌표계(red, green, blue coordinate)는 색을 모니터나 프린터로 나타내는데는 용이하지만 인간이 느끼는 ‘어둡다’, ‘밝다’, ‘탁하다’, ‘선명하다’ 등의 심리적, 정성적인 양을 정량적으로 나타낼 수는 없다. 따라서 본 연구에서는 심리적이고 정성적인 시각 특성인 ‘어둡다’와 ‘밝다’를 명도(intensity), ‘탁하다’와 ‘선명하다’를 채도(saturation), 그리고 ‘붉다’, ‘푸르다’ 등의 색의 특성 변화를 색조(hue)로 나타낸 IHS 좌표계(intensity, hue, saturation coordinate)를 사용하였다.

본 논문에서는 IHS 좌표계에서 선형대비향상법(Linear Contrast Enhancement)을 사용하여 명도의 대비를 향상하고, 명도의 밝기 변화량에 따라 채도의 대비를 향상하는 알고리즘을 제안했다. 제안한 채도 대비 향상법은 기존의 향상 알고리즘에서 결여되고, 미비했던 색채 부분을 향상시킬 수 있는 영상 처리 방법이다. 이 처리 과정에서 칼라의 구조적 해석을 통해 채도의 범위내에서 대비를 향상시켜 제안한 방법이, 기존의 방법에서 가장 문제가 되었던 채도 대비 향상에 따른 인위적 칼라 생성으로 화질이 저하되는 문제를 해결할 수 있음을 확인 하였다.

## II. 인간의 시각 특성을 고려한 영상의 향상

### 1. 칼라 영상

흔히 사용하는 칼라라는 단어는 기본적으로 두 가지 다른 의미로 쓰인다. 정확한 술어(terminology)에 의하면 채색화에 사용되는 재료나 색채물질을 가르킬 때는 “유채색 안료”라 불러야 하며, 이러한 재료에 의해 나타나는 여러 파장의 특정 광파로 자극되었을 때 우리의 눈이 지각하는 것은 색채라고 불러야 한다.<sup>4)</sup>

그림 1과 2는 빛과 색채의 3원색과 색도도이다. 일반적으로 한 칼라가 다른 칼라와 구분되는 특징은 밝기(brightness), 색조(hue) 그리고 채도(saturation)이다. 색조와 채도를 합해서 색도(chromaticity)라 하며 칼라는 이 색도와 밝기로써 나타낼 수 있다. 이 색도도<sup>1)</sup>상에서 보듯이 red, green, blue의 3원색으로 모든 색을 만들 수 있다. 이러한 RGB 좌표계<sup>2)</sup>는 칼라를 생성하고 또 다른 칼라를 얻는데 유리한 잇점이 있다. 그래서 모니터 등에서 영상을 나타내는 것은 이 RGB 좌표계를 이용한다. 그러나 RGB 좌표계는 인간의 심리적 시각에 맞지 않고 좌표값의 변환이 색상의 변환을 가져오기 쉽기 때문에 영상 향상 처리를 위한 좌표계로는 부적합하다.

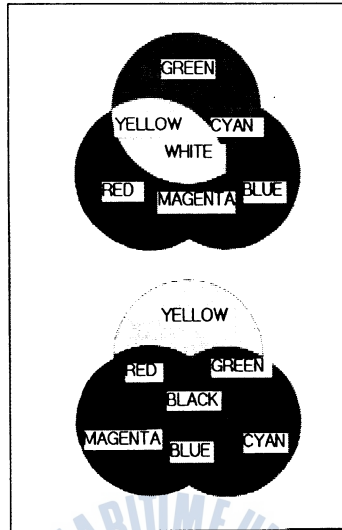


Fig. 1. Primay and secondary colors of light and pigments

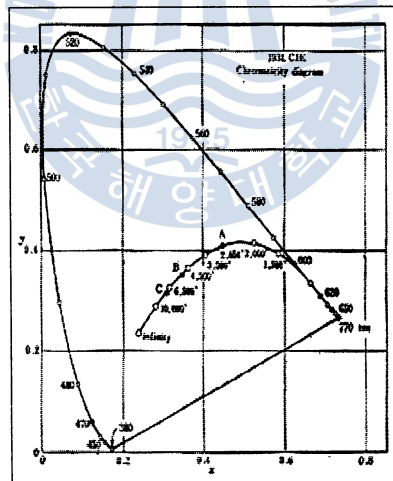


Fig. 2. Chromaticity diagram

칼라 영상에 있어서 중요한 요소들로는 영상의 에지 선명화 정도와 대비율을 들 수 있다. 칼라 영상은 흑백 영상의 경우처럼 초점이 맞지 않아 흐릿하게 보이거나, 부적절한 노출 등에 의해 밝기와 채도의 대비가 나쁘거나 약해지는 수가 있다. 초점이 맞지 않거나 밝기의 대비가 크지 않은 칼라 영상은 기존의 흑백 영상 향상 알고리즘을 사용하여 에지의 선명도를 높이고 밝기의 대비를 키울 수 있다.<sup>6)</sup> 그러나 채도의 대비를 크게하기 위해서는 흑백 영상 향상기법과는 다른 채도 부분을 처리할 수 있는 방법이 필요하다. 채도와

같은 칼라 요소들을 적절히 처리하기 위해서는 색상의 변환이 없고, 인간의 심리적 시각 특성에 맞는 좌표계로의 변환이 우선 필요하다. 변환 대상 좌표계로는 Lab, IHS, YIQ 와 Luv 등의 좌표계<sup>5)</sup>가 있다.

IHS 좌표계를 제외한 Lab, YIQ 와 Luv 등의 좌표계들은 명암도(achromatic)부분과 두 개의 색채(chromatic)부분으로 나뉘어져 있지만 색채 부분에서 색조와 채도의 관계가 불 명확하다. 따라서 채도 부분을 다루기 위해서는 RGB좌표계에서 이들 좌표계로 변환된 뒤 다시 IHS좌표계로 변환하거나 RGB좌표계에서 IHS좌표계로 직접 변환하는 것이 일반적이다.<sup>6)</sup> IHS좌표계는 인간의 심리적 시각에 기초하여 연구되어 RGB좌표계에서 IHS좌표 계로의 변환 및 그 역변환 과정이 비선형적이고 복잡하다. 하지만 IHS 좌표계는 색채 부 분이 색조와 채도로 명확히 구분되어 채도의 대비 향상에 있어서 채도를 직접 다룰 수 있는 장점이 있다.

## 2. 채도의 대비 향상

인간의 심리적 시각 특성을 고려한 IHS좌표계로의 변환식은 식 (1)-(3)과 같다. 여기에서 I는 명도를 H는 색조를 S는 채도를 나타낸다. 흑백 영상에서처럼 명도의 대비를 높여 주는 것이 칼라영상을 향상하는 일반적 방법이다.<sup>1)</sup> 그리고 영상의 향상에 있어서 칼라 영상이 흑백 영상과 가장 큰 차이가 나는 부분은 채도의 처리 문제이다. 채도는 명도축의 한 단면에서 원점과의 거리로 나타내며 거리가 멀수록 순색을 띄고 거리가 가까울수록 탁 색을 띤다. 칼라 영상에서 명도의 대비 만을 향상시키면 채도는 원 영상의 값을 그대로 유지함으로써 부적절한 노출에 의한 채도 부분의 감소를 보상할 수 없다. 이의 보상을 위해 기존의 채도 향상 방법들은 선형적인 stretching법을 사용하는데 선형적인 비에 의한 향상법은 범위 초과 문제의 해결과 적절한 향상 비값의 선택이 필요하다.

본 논문에서는 명도의 대비 향상을 위해 선형적인 대비 향상법을 이용했다. 선형 대비 향상법은 원 영상의 명도를 새로운 명도로 바꾸는데 선형식을 이용한 방법이다. 부적절한 노출에 의해 얻어진 원 영상의 경우 명도의 폭이 0-255의 전 구간에 존재하지 않고 밝거나 어두운 쪽으로 편이되는 경우가 대부분이므로 명도의 대비가 낮다. 그러나 선형적인 대비 향상법을 이용해 그림 4와 같이  $p_1$ - $p_2$ 로 제한된 명도의 폭을 전 구간으로 확대하면 대비가 그 만큼 향상된다. 또한 히스토그램 균등화와 달리 원영상의 명도비를 그대로 유지함으로써 원 영상의 칼라 특성을 살릴 수 있는 장점이 있다.

$$I = \frac{1}{3}(R+G+B) \quad (1)$$

$$H = \text{atan2}\left(\frac{\sqrt{3}(G-B)}{2R-G-B}\right), \quad -\pi \leq H \leq \pi \quad (2)$$

$$S = \sqrt{r(r-g)+g(g-b)+b(b-r)}, \quad 0 \leq S \leq 255 \quad (3)$$

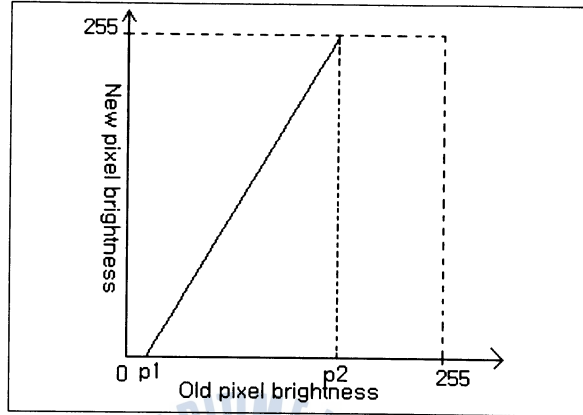


Fig. 3. Linear contrast enhancement

채도의 대비 향상을 위해서 부적절한 노출에 의해 작아진 명도의 대비를 선형적인 대비 향상법으로 해결했으므로 채도의 대비 역시 이 방법을 사용하면 대비를 향상시킬 수 있다. 하지만 명도가 확장될 구간이 0-255로 정의되어 있는 반면 채도의 경우에는 어느 정도의 비로 대비가 향상되어야 할지 결정되어있지 않다. 채도의 대비 향상비를 결정함에 있어 가장 고려되어야 할 점은 명도의 향상비이다. 원영상의 명도와 채도의 비가 향상된 영상에서도 그대로 유지되는 것이 영상을 어색하게 만들지 않는 방법이므로 명도의 선형적인 대비 향상에서 얻어진 향상비 만큼 채도의 향상비를 결정하였다. 명도의 향상비는 그림 3과 식 (4)에 의해 결정되고 이 비를 채도의 선형적인 대비 향상식에 대입하면 명도와 채도는 같은 비 만큼 대비가 향상된다. 하지만 명도 값에 따라 최대 채도값의 범위가 다르므로 채도의 범위 초과 문제가 발생할 수 있다. 이의 해결을 위해 본 논문에서는 IHS 좌표계를 구조적으로 해석함으로써 채도의 범위 초과 문제를 해결하였다. 색조는 명도 축에 수직한 한 평면을 나타내고 채도는 각 명도 값에 따라 그 최대 범위가 달라지므로 각 색조에 대한 명도와 채도의 관계를 그리면 그림 4와 같다. 그림에서 채도의 최대범위( $S_m$ )는 최대 채도  $S_{max}$ 와 그때의 명도  $I_{max}$ 에 의해 만들어지는 식 (5)에 의해 구할 수 있다. 그림 4에서 보는 바와 같이  $I_{max}$  값을 중심으로 좌측의  $S_m$  값은 식 (5-1)에 의해 구해지고 우측의  $S_m$  값은 식 (5-2)에 의해 구해진다.

$$\text{향상비} = \frac{255-0}{p_2-p_1} \quad (4)$$

$$S_m = \frac{S_{max}}{I_{max}} \times I \quad (5-1)$$

$$S_m = \frac{-S_{\max}}{255 - I_{\max}} \times (255 - I) + S_{\max} \quad (5-2)$$

명도와 채도가 같은 비만큼 향상되었고 식 (5)를 통해 채도의 범위가 제한될 수 있으므로 제안한 방법을 통해 자연스러우면서 명도와 채도의 대비가 동시에 향상된 영상을 얻을 수 있다.

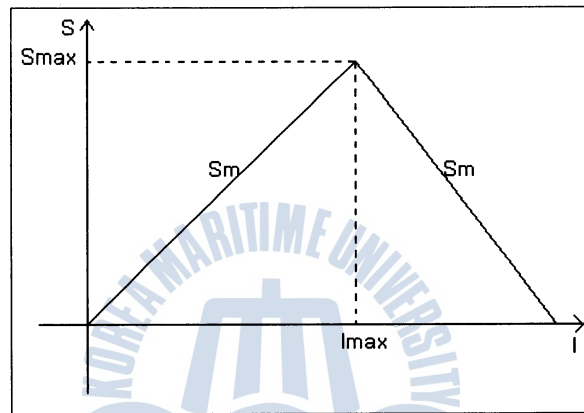
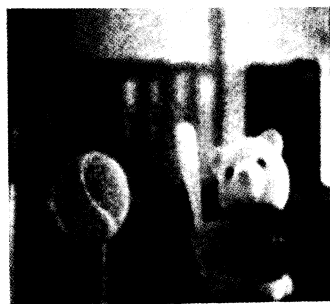


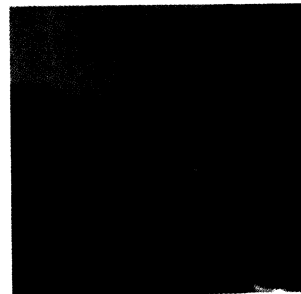
Fig. 4. Intensity and saturation representation using a profile of the IHS coordinate

### III. 실험 및 고찰

본 논문에서 제안한 방법을 평가하기 위해 실내에서 촬영한 곰 영상과 실외에서 촬영한 교각 영상을 사용했다. 영상의 크기는 각각  $200 \times 200$ ,  $256 \times 256$ 이며 256준위를 가진다. 곰 영상은 명도가 전반적으로 밝고, 교각 영상은 명도가 전반적으로 어두워서 명도의 대비가 낮다. 곰 영상은 그림 5에 교각 영상은 그림 6에 나타내었다.



(a)



(b)

Fig. 5. Original image (a) Image of bear (b) Image of bridge

인간의 칼라 인식 특성을 이용한 칼라영상향상

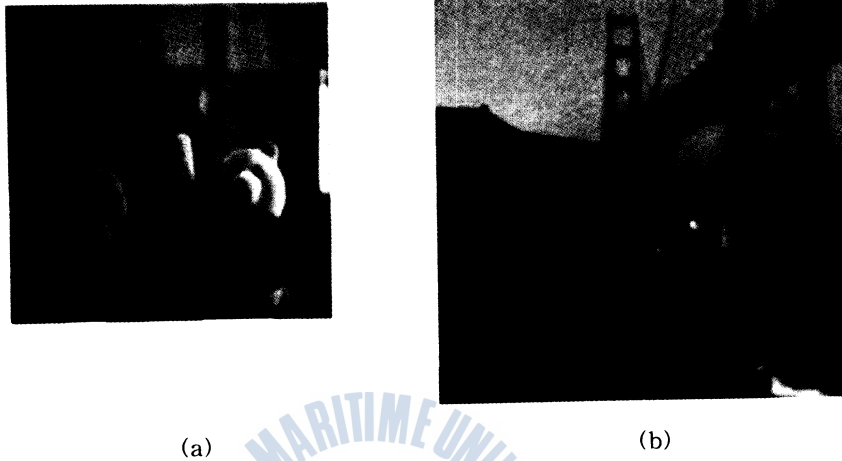


Fig. 6. Enhanced image using proposed algorithm  
(a) Image of bear (b) Image of bridge

제안된 알고리즘은 RGB에서 IHS 좌표계로 변환한 후 IHS 좌표계에서 명도 대비 향상법으로 선형 대비 조절법을 사용하여 명도의 대비를 향상 시키고, 향상된 명도의 대비를 기초로하여 채도를 향상시켰다. 제안된 알고리즘을 적용한 영상은 그림 6과 같다.

원영상의 명도 히스토그램은 그림 7과 같고 제안한 방법에 의한 영상의 명도 히스토그램은 그림 8과 같다. 명도의 분포를 비교하면 그림 8의 분포가 그림 7에 비해 넓어져 대비가 크게 향상되었음을 알 수 있다. 채도의 경우 원영상의 채도 단면도는 그림 9, 향상된 영상의 채도 단면도는 그림 10과 같다. 그림 9와 그림 10의 채도의 단면도를 통해서 대비가 향상되었음을 알 수 있다. 제안된 알고리즘에 의한 채도 향상시 채도가 범위내로 제한되며 적절한 채도 대비의 정도를 조절할 수 있다는 장점이 있다.

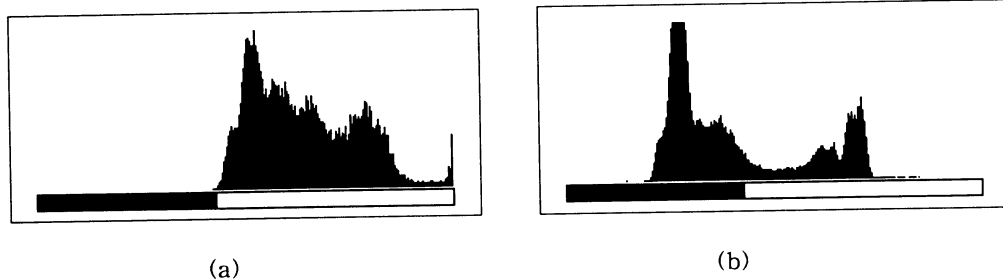


Fig. 7. Original intensity histogram  
(a) Intensity of bear image (b) Intensity of bridge image

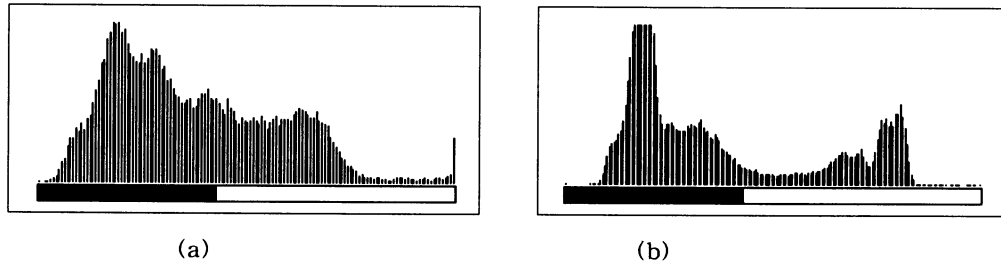


Fig. 8. Enhanced intensity histogram using proposed algorithm  
(a) Enhanced intensity of bear image (b) Enhanced intensity of bridge image

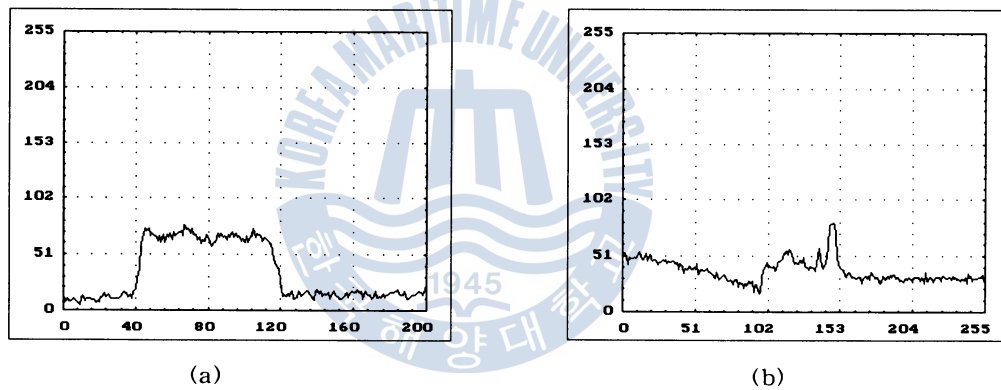


Fig. 9. Original saturation profile  
(a) Saturation profile of bear image (b) Saturation profile of bridge image

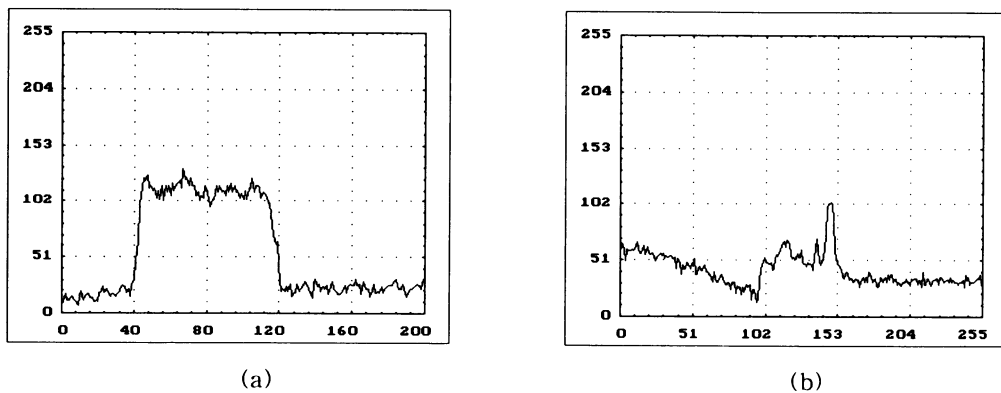


Fig. 10. Enhanced saturation profile  
(a) Enhanced saturation profile of bear image (b) Enhanced saturation profile of bridge image



원영상과 제안한 알고리즘을 적용한 영상을 비교하여 명도, 대비, 채도 및 색조 등이 잘 향상되었음을 볼 수 있다.

## IV. 결 론

본 연구에서는 영상을 RGB 좌표계에서 인간의 시각에 적합하도록 구성된 IHS 좌표계로 변환하여, 인간의 시각 특성을 고려한 색심리학적 입장에서 칼라영상을 향상 시키는 것에 주안을 두었다. 이를 위해 IHS 좌표계에서 선형대비조절법을 사용하여 명도의 대비를 향상하고, 기존의 향상 알고리즘에서 결여되거나 미비했던 색채 부분에 대해, 명도의 밝기 변화량에 따라 채도의 대비를 향상시켰다. 제안한 방법은, 기존의 방법에서 가장 문제가 되었던 채도 대비 향상에 따른 인위적 칼라 생성으로 화질이 저하되는 문제를 채도의 범위내에서 대비를 향상시켜 해결할 수 있음을 확인 하였다. 제안한 방법을 이용해서 향상된 칼라 영상은 HDTV의 화질 개선 등에 활용될 수 있고, 위성사진의 처리, 의료 영상의 향상 이나 기계 및 기타 도면 인식기법 등에 응용할 수 있다. 제안한 방법은 영상의 향상에 있어서 원영상이 부적절한 노출에 의해 얻어진 경우로 제한되어 있으나 앞으로 적절한 고주파 강조 필터 처리 방법을 사용하여 경계를 강화하는 영상 선명화 알고리즘을 추가함으로써 자동 초점 및 노출방식에의해 획득된 칼라 영상의 부적절한 초점 및 노출에 의한 문제를 동시에 해결할 수 있는 방법의 연구가 필요하다.

## V. 참 고 문 헌

- 1) Rafael C. Gonzalez and Richard E. Woods, Digital Image Processing, Addison Wesley, 1992.
- 2) Margaret w. Matlin, Sensation and perception, 2nd edition, Allyn and Bacon Inc., 1988.
- 3) Moshe Porat and Yehoshua Y. Zeevi, "The Generalized Gabor Scheme of Image Representation in Biological and Machine Vision", IEEE Transactions On Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 10, No. 4, pp452-468. JULY 1988.
- 4) Luigina De Grandis, Theory and Use of Color, Blandford Press, 1986.
- 5) 朴度洋, 實用色彩學, 二友出版社, 1989.
- 6) Tian-Hu Yu, "Color image enhancement in a new color space", Proc. of the SPIE,

Vol.2727, Visual Communications and Image Processing '96, No. 3, pp.1462-1471, March 1996.

- 7) 東京大學出版會, 畫像解析 ハソドブック, 東京大學出版會, 1992.
- 8) Kathleen Edwards and Philip A. Davis, "The Use of Intensity-Hue-saturation Transformation for Producing color Shaded-Relief Images", Photogrammetric Engineering & remote Sensing, Vol. 60, No. 11, pp.1369-1347, November 1994.

