

칼라이미지의 영역분할을 위한 두 알고리즘의 비교분석

허민권*, 성병우*, 최홍국*, 김상균*, 서정욱**

*인제대학교 전산학과

**서울대학교 병리학교실

Comparative Analyses of Two Algorithms for Region Segmentation of Color Image

Min-Kwon Heo*, Byung-Woo Sung*, Heung-Kook Choi*,

Sang-Kyoon Kim*, Jeong-Wook Seo**

*Department of Computer Science, Inje University

**Department of Pathology, Seoul National University

요 약

칼라이미지를 인식 및 분석을 하기 위해서는 이미지에 대한 영역분할이 우선적으로 먼저 이루어져야 되므로, 본 연구에서는 영역분할에 대한 두 개의 알고리즘을 구현하여 비교 분석하였다. 여러 가지 영역분할 방법 중에서 가장 쉽게 적용할 수 있고 또 가장 빠르게 영역을 분할 할 수 있는 Box classification 알고리즘을 이용하여 심근조직 표본의 현미경 영상이미지에 대해서 육안으로 선택한 영역과 histogram을 미분하여 최저 값에 문턱치를 정하여 줌으로서 선택한 영역에 대해 추출하고 이들 각각을 HLS 칼라모델에서 비교 분석하였다.

1. 서론

칼라영상에 대한 영상분할은 영상을 인식하거나 영상을 분석, 혹은 영상을 묘사할 수 있기 때문에 매우 중요하다. 영상분할이란 영상에서 동질성을 갖는 부분들끼리 특성화시키는 것을 말한다. 영상분할은 크게 두 가지의 착안점에서 이루어지고 있는데 바로 명암도의 불연속성이나 명암도의 유사성에 의한 방법이다. 명암도의 불연속성을 이용한 방법에는 point detection, line detection, edge detection의 방법이나 histogram을 이용하는 방법들이 있으며, 명암도의 유사성에 착안한 영상분할 방법으로는 region growing, split and merge, thresholding 등의 방법이 있다[1,2,6,10].

이러한 많은 방법론들이 컴퓨터비전, 영상처리 및 이해 등에 중요하게 사용되고 있다. 그 중 의료영상 분야에서는 점차적으로 영상에 대한 분석을 컴퓨터에 의해 수행되고 있는 추세이다. 아직까지는 각종 의료영상이미지에 대해 의사가 직접 육안으로 판단하는데 의존하고 있다. 따라서 환자에 대한 정확한 판단을 내리기 위해서 의료영상에 대한 분석은 더욱 절실히 필요한 부분이다.

분류를 위한 방법론에는 최적박스식별(Optimal Box Classification)법 [8], Maximum Likelihood Classification[7] 방법론 등이 있으나, 본 논문에서는 기존의 여러 영상분할 방법 중에서 Box classification과 미분을 통한 histogram을 이용하였다. 이 방

법론을 실제적으로 심장이식 수술후 심근조직을 조금 떼어내어 4 μm로 절편을 내어 이를 Masson's Trichrome으로 염색을 하고 40x로 확대하여 현미경으로 읽은 이미지의 영역을 분할하였다. 먼저 이 조직의 이미지에서 육안으로 구분 가능한 영역을 나누어 영상을 분할하였으며, 그 다음 histogram상에서의 최저 값들을 이용하여 영상을 분할하였다.

2. 칼라모델

2.1 RGB 칼라모델

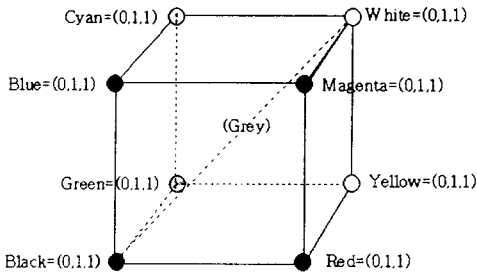


그림 1. RGB 칼라모델

컴퓨터에 의한 칼라 영상처리 및 분석은 전례적인 칼라 스펙트럼[3]에 의한 연구보다는, red, green, blue의 3가지로써 표현되는 RGB 칼라는 보통 칼라 이미지를 표현하기 위해 주로 사용되는 방법이다. 이 표현방법은 그림 1에서와 같이 3차원의 cube 공간으로 RGB를 나타낼 수 있다.

이 칼라공간은 사용하기 간단하고 표현하기가 빠르다는 이점을 가지고 있지만 이 RGB 칼라모델은 칼라를 직관적으로 변화시키지 못한다. 만약 칼라를 더 밝게 나타내기 위해서는 똑같은 양의 red, green, blue를 추가해야만 하고 greenish 칼라를 더 yellow하게 만들기 위해서는 얼마만의 red값을 추가하거나 얼마간의 green 값을 줄여야 한다. 이러한 단점을 보완하기 위해 여러 칼라모델이 있는데 그 중하나가 HLS 모델이다 [9].

2.2 HLS 칼라모델

인간이 칼라를 인지하는 것은 일반적으로 색상(Hue), 채도(Saturation), 명도(Lightness)의 세가지 성분에 의해서 이루어진다.

이러한 색상, 채도, 명도를 독립적으로 처리할 수

있는 칼라모델이 많이 연구되었는데 그 중 한 모델이 HLS 칼라모델이며[9], 그림 2에서 처럼 double cone 모양으로 표현할 수 있다.

이 double cone에서 색상(Hue)은 Lightness축과 직교를 이루는 각도로서 빛이 얼마나 붉은 색을 띠

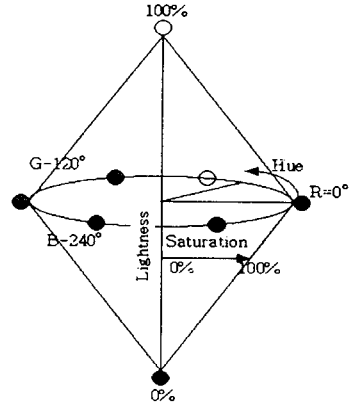


그림 2. HLS 칼라모델

는가, 얼마나 녹색을 띠는가, 얼마나 푸른색을 띠는가를 나타내는 것으로 0° ~ 360°의 값을 가진다. 여기서 0°는 red값을 나타내고 120°는 green 그리고 240°는 blue값을 가진다. 채도(Saturation)는 Lightness축에서의 거리로써 색의 혼합한 정도를 나타내는 것으로 Lightness축에서 멀어질수록 색이 혼합해진다. 명도(Lightness)는 double cone을 수직으로 가로질러 중앙을 지나는 것으로 칼라이미지에 대응하는 검정색과 흰색을 제공하는 칼라의 독립적인 요소이다. RGB를 HLS로 변환은 수식 1에 기술되어 있다.

$$L = \frac{\max + \min}{2}$$

$$S = \begin{cases} 0, & \text{if } L=0 \text{ or } L=1 \\ \frac{\max - \min}{\max + \min}, & \text{if } 0 < L \leq 0.5 \\ \frac{\max - \min}{2 - (\max + \min)}, & \text{if } 0.5 < L < 1 \end{cases}$$

$$H = \begin{cases} 0^\circ + 60^\circ \frac{G - B}{\max - \min}, & \text{if } R = \max \\ 120^\circ + 60^\circ \frac{B - R}{\max - \min}, & \text{if } G = \max \\ 240^\circ + 60^\circ \frac{R - G}{\max - \min}, & \text{if } B = \max \\ \text{undefined}, & \text{if } S = 0 \end{cases}$$

수식 1

수식 1 에서 max는 한 화소(pixel)에 해당하는 RGB값에서 최대 값을 255로 나눈 값을 의미하고 min은 RGB값 중 최소 값을 255로 나눈 값을 의미한다.

2.3 YIQ 칼라모델

YIQ 칼라모델은 주로 칼라 TV방송에서 사용되는 칼라모델로써 기본적으로 전송능력과 표준흑백 TV와의 호환성을 유지하기 위한 RGB의 표현방법이다 [5]. YIQ모델에서 Y구성요소는 흑백 TV에서 요구되는 모든 비디오 정보를 제공한다. RGB에서 YIQ로의 변환은 수식 2 에 기술되어 있다.

$$\begin{aligned}
 Y &= 0.299 \times R + 0.587 \times G + 0.114 \times B \\
 I &= 0.596 \times R - 0.275 \times G - 0.321 \times B \\
 Q &= 0.21 \times R - 0.523 \times G - 0.311 \times B
 \end{aligned}$$

수식 2

YIQ칼라모델은 이미지 프로세싱에서 명도(Y)와 칼라정보(I와Q)가 분리된다는 장점을 가지고 있다.

3. Box classification을 이용한 영역분할

Box classification은 thresholding의 일반적인 방법이다. 그림 3 에서와 같이 알고리즘은 영역을 n-cube로 나누는 것이다 [4]. 그 규칙은 다음과 같다.

IF ($I_1 < Red_1 < u_1$) AND ($I_2 < Green_2 < u_2$) AND ($I_3 < Blue_3 < u_3$)
 THEN this pixel belongs to class i

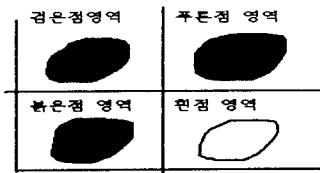


그림 3. 2차원에서 Box-classification의 원리에 의한 영상의 특성공간

그림 4 에서 첫 번째는 육안으로 식별되는 영역을 세 부분으로 각각 붉은 색을 나타내는 심근의 세포질 부분, 검은 점을 나타내는 부분, 푸른 부분의 섬유화된 부분, 그리고 공백부분의 하얀 색 바탕을 나

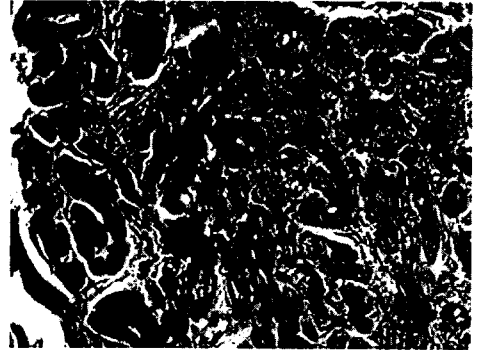


그림 4. 심근조직 표본의 현미경 원본 이미지

타내는 부분으로 나누었다. 그 다음 나눈 영역에서 각각 임의의 화소를 세 개씩 총 12개를 선택하였다. 그 평균치를 보면, 검은 점을 나타내는 화소값은 RGB(77, 0, 53), 하얀 색 바탕을 나타내는 화소값은 RGB(228, 182, 238)를 선택하였으며, 붉은 색을 나타내는 화소는 RGB(144, 0, 76)값을 선택했으며, 푸른색을 나타내는 화소는 RGB(144, 113, 194)의 값을 선택했다. RGB의 범위가 0~255사이라는 점을 감안하여 Box classification 알고리즘을 사용하여 각 RGB에 대해 검은 점들을 나타내는 영역을 R(최소값 ~ 105), G(최소값 ~ 56), B(최소값 ~ 64)로 정하고, 푸른색을 나타내는 영역을 R(106 ~ 196), G(57 ~ 147), B(136 ~ 216)로 정하고, 붉은 색을 나타내는 부분의 영역을 R(106 ~ 196)로 정하고, G(최소값 ~ 56), B(65 ~ 135)로 정하고, 하얀 색 바탕을 나타내는 부분의 영역을 R(197 ~ 최대값), G(148 ~ 최대값), B(217 ~ 최대값)로 정하였다.

4. Histogram의 threshold를 이용한 영역 분할

RGB 칼라이미지를 세 개의 각각 RGB밴드로 분리하여 histogram을 그린다. 그렇지만 histogram에 의하여 그려진 곡선은 discrete function이기 때문에 매우 부드럽지가 못하고 톱니바퀴 같다. 두 개내지 세 개의 최저치를 찾기 위해 이 곡선을 아래의 수식 3을 사용하여 부드러운 곡선으로 만든다.

$$[h] = \frac{[h-1] + [h]*2 + [h+1]}{4}$$

수식 3

h는 histogram의 인덱스가 되며 [h]는 그 인덱스가 갖는 값이 된다. 다음에 이 커브에 미분을 함으로서 처음에는 많은 국부적인 최저치를 얻게되지만 반복되는 과정을 되풀이함으로써 결국에는 2-3개의 최저치를 얻게되고, 이 값이 바로 문턱치 값이 되게되며 프로그램은 종료된다. Histogram을 이용하여 그림 5, 6, 7과 같이 영역을 나누었다

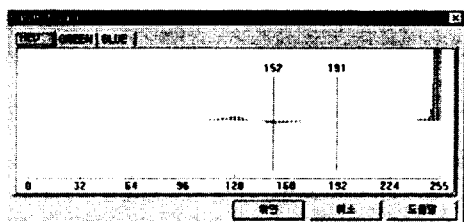


그림 5. Histogram에서 red값 영역표시 및 문턱치

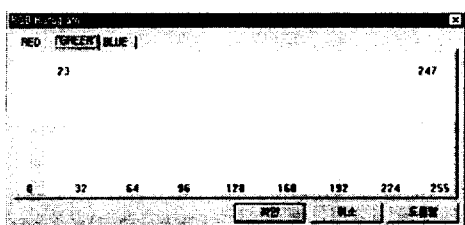


그림 6. Histogram에서 green값의 영역표시 및 문턱치

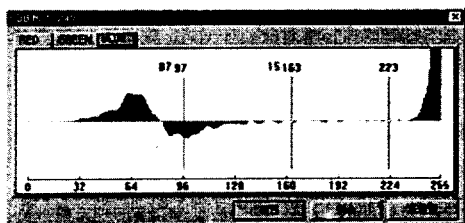


그림7. Histogram에서 blue값의 영역표시 및 문턱치

Histogram에서보면 검은 점을 나타내는 영역은 R(0~152), G(0~23), B(0~97)을 나타내고, 붉은 색 영역은 R(153~191), G(0~23), B(98~163)을 나타내고, 푸른색을 나타내는 영역은 R(153~191), G(24~247), B(164~223)을 나타내고, 하얀 색 바탕부분은 R(192~최대값), G(248~최대값), B(224~최대값)의 영역을 나타낸다. 여기서 최대값과 최소값은 칼라이

미지의 모든 화소값 중에서 R, G, B 각각의 최대, 최소값을 말한다.

이렇게 영역을 구한 다음 서론에서 설명한 바와 같이 HLS의 장점을 살려 RGB칼라모델에서 HLS칼라모델로 변환한 다음 다시 visualization을 위하여 HLS칼라모델을 RGB값으로 변환하였다. RGB칼라모델에서 HLS칼라모델로의 변환은 수식 1에 따라 변환하였으며, 각각 R은 H로, G는 L로, B는 S에 대응하도록 변환하였다. 이렇게 구해진 Hue($0^{\circ} \sim 360^{\circ}$), Lightness(0~1), Saturation(0~1)을 각각 RGB값으로 변환하였다.

5. 구현 및 고찰

본 논문은 비트 매핑 영상에 대하여 윈도우 환경 하에서 Visual C++을 이용하여 구현하였다.

Box classification 알고리즘을 이용하여 칼라이미지에서 먼저 육안으로써 식별되는 영역 네 부분을 선택하여 각 영역마다 임의의 한 화소를 선택하였다. 그리고 선택한 화소를 기준으로 영역을 나누었다. 또 histogram을 이용하여 영역을 네 부분으로 나누었다.

이렇게 두 가지 방법론으로 칼라영상을 분할하여 각각 RGB값을 HLS에 대응하도록 바꾼 다음 다시 HLS를 RGB값으로 바꾸어 분할영역을 나타내었다. 그림 8, 9, 10, 11은 육안으로 식별하여 영역을 분할한 결과이고, 그림 12, 13, 14, 15는 histogram에서 영역을 분할하여 나타낸 결과이다.

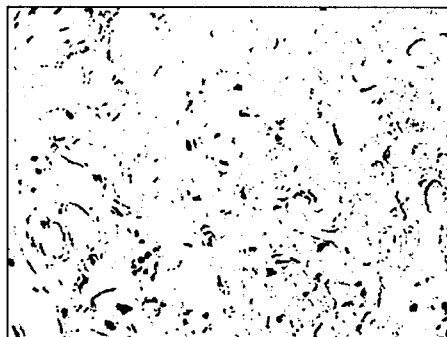


그림 8. 육안으로 선택한 영역에서 검은점 추출

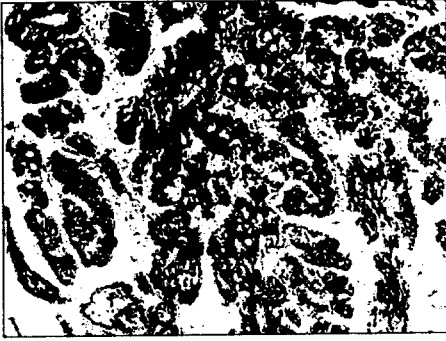


그림 9. 육안으로 선택한 영역에서 붉은색 부분 추출

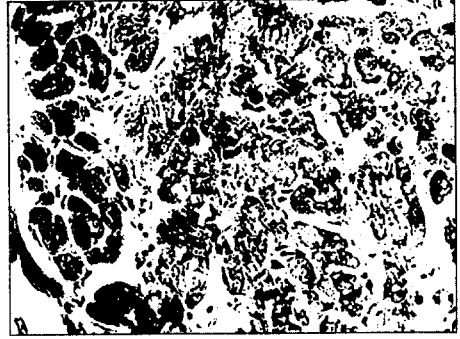


그림 12. Histogram을 이용하여 선택한 검은점 부분추출

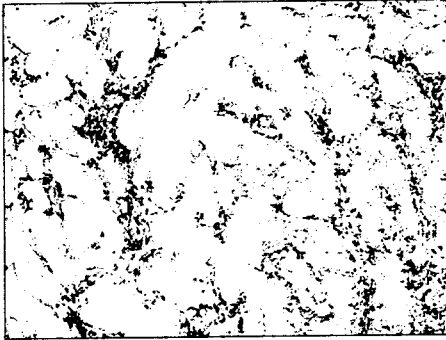


그림 10. 육안으로 선택한 푸른색부분 추출

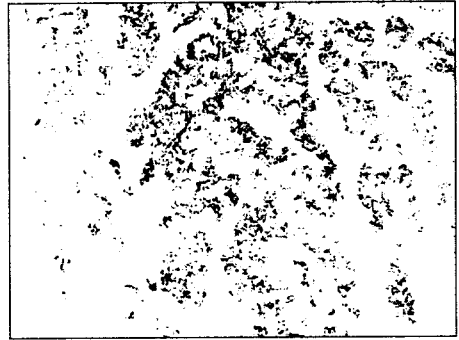


그림 13. Histogram을 이용하여 선택한 붉은색 부분 추출

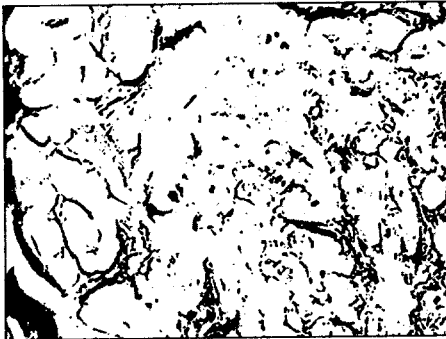


그림 11. 육안으로 선택한 영역에서 하얀 바탕부분 추출

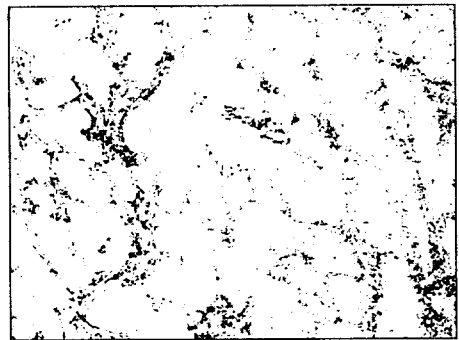


그림 14. Histogram을 이용하여 선택한 푸른색 부분 추출

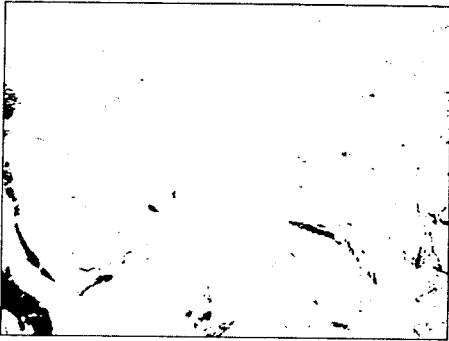


그림15. Histogram을 이용하여 선택한 하얀 바탕색 부분 추출

이 분할영역을 잘 보이게 하기 위해 분할영역이외의 영역은 흰색으로 처리하였으며, 분할된 영역은 검은 색으로 이진화 하였다. 이를 통한 정량적 분석으로 살펴보면, 육안으로 선택하여 추출한 영역과 histogram을 이용하여 추출한 영역의 pixel 수는 검은 점 부분이 각각 7376 pixels, 58379 pixels 붉은색 영역부분이 각각 75902 pixels, 13537 pixels 푸른색 영역부분이 각각 15737 pixels, 7794 pixels 하얀 바탕 부분이 각각 25645 pixels, 4393 pixels의 수를 가졌다. 위 실험에서는 육안으로 선택한 방법이 histogram을 이용한 방법보다 훨씬 나았다. 실제적으로 이 심장근육 칼라영상은 histogram으로 영역을 분할하기가 매우 어려웠다. 하지만 두 방법 모두 원본 칼라이미지와 비교해 보면 실제적으로 적지 않은 손실이 있다는 것을 육안으로도 쉽게 구별할 수 있을 것이다. RGB 칼라모델과 YIQ 칼라모델에서도 각각 똑같은 결과를 얻었다.

6. 결론

본 논문은 칼라이미지의 영역분할에서 가장 쉽고 빠르게 적용할 수 있는 Box classification 알고리즘을 사용하여 HLS칼라모델에서 육안으로 선택한 영역과 histogram으로 선택한 영역에 대해 각각 영역을 추출하였다. 위 결과에서 보듯이 병리조직의 현미경 영상이미지는 실제적으로 여러 유사한 패턴이나 유사한 색상들로 영상이 나타나기 때문에 영역분할이 쉽지 않았다. 따라서 의료영상을 위한 특별한 알고리즘이 개발되어야 하며, 다른 한편으로는 간단

한 Box classification 알고리즘이라도 프로그램사용자가 쉽게 특정영역 추출을 위해 사용할 수 있는 방법이 마련되어야 할 것이다.

참고문헌

- [1] H.E. Burdick, "Digital Imaging", McGraw Hill, pp. 22~34, 1997.
- [2] H.K Choi, T. Jarkrans, E. Bengtsson, J. Vasko, K. Wester, P-U Malmstrom, C. Busch, "Image Analysis Based Grading of Bladder Carcinoma. Comparison of Object, Texture and Graph Based Methods and Their Reproducibility", Analytical Cellular Pathology, Vol 15, pp.1~18, 1997.
- [3] J.B. Cohen and W.E. Kappauf, "Color Mixture and Fundamental Metamers: Theory, Algebra, Geometry, Application", American J. of Psychology, Vol. 98, No. 2, pp.171~259, 1985.
- [4] G.H. Granlund and H. Knutsson, "Signal Processing for Computer Vision", Kluwer Academic Publishers, pp.367-380, 1995.
- [5] R.C. Gonzalez, R.E. Woods, "Digital Image Processing", Addison Wesley, pp. 221~237, 1993.
- [6] F.V.D. Heijden, "Image Base Measurement Systems", John Wiley & Sons, pp. 131~206, 1995.
- [7] R.A. Johnson and D.W. Wichern, "Applied Multivariate Statistic Analysis", Prentice-Hall International Editions, pp.126-176, 1992.
- [8] O. Milvang, "An Adaptive Algorithm for Color Image Quantization", Proc. 5th SCIA, Vol 1, pp.43~47, 1987.
- [9] P.Ranefall, B. Nordin, E. Bengtsson, "Finding Facial Features Using HLS Color Space", Proc. 8th ICIAP, pp.191~196, 1996.
- [10] P. Ranefall, "Towards Automatic Quantification of Immunohistochemistry Using Colour Image Analysis", Ph. D. Thesis, Uppsala University, Sweden, ISBN 91-554-4152-1, pp. 12~14, 1998.