

# 인간 시각 시스템의 특성을 이용한 칼라 영상 분할

박 영 식  
경주대학교 컴퓨터전자공학부

## Color Image Segmentation Using Characteristics of Human Visual System

Young-Sik Park  
School of Computer and Electronic Engineering, Kyongju University  
E-mail : yspark@kyongju.ac.kr

### 요 약

본 논문은 영역을 병합할 때 두 영역의 색상 차를 영역 병합의 제한 조건으로 사용하는 칼라 영상 분할 기법을 제안하였다. 이는 먼저 영역의 경계선 정보를 잘 보존하기 위해서 RGB 공간 상에서 수리형태학 필터와 변형된 워터셰드 알고리즘을 이용하여 칼라 영상을 과분할 한다. 그리고 영역 간의 색상 차를 제한 조건으로 사용하는 영역 병합 과정을 반복 수행하여 칼라 영상의 분할 결과를 얻는다. 이는 인간 시각 시스템이 색상, 채도, 명도의 형태로 색을 구분하는 것을 기반으로 한다. 명도가 낮지 않은 경우에 색차 보다 색상 차가 중요한 요소로 작용하기 때문에 이를 영역 병합의 제한 조건으로 사용한다. 실험결과에서 제안된 칼라 영상 분할 기법은 다양한 칼라 영상에 대하여 적은 개수의 영역으로 동일한 색상을 가지는 영역의 경계선을 유지하는 효율적인 분할을 보임을 확인하였다.

### 1. 서론

영상 분할(image segmentation)은 동질한 특징을 가지는 영역을 나누는 것으로 영상 분석 과정에서 필수적이다. 영상을 분할하는 유사성의 척도로 영상의 밝기, 움직임, 텍스처(texture), 칼라 등의 특징들을 이용하여 원하는 물체를 분할 할 수 있다. 그 중에서 칼라는 영역을 추출하기 위한 중요한 정보로 사용될 수 있다[1-3]. 칼라 좌표계는 하드웨어 중심적인 모델과 사용자 중심적인 모델로 크게 나눌 수 있다. RGB, YIQ, CMYK과 같은 하드웨어 중심적인 모델은 컴퓨터 스크린, TV 모니터, 칼라 프린터 등의 장치에 사용된다. 사용자 중심적인 모델은 인간의 시각 시스템에 기반을 두고 있고 색상(hue), 채도(saturation), 명도(lightness or intensity)를 통해서 칼라를 인지한다. 이러한 칼라 좌표계로는 HSI, HLS,  $L^*u^*v^*$ ,  $L^*a^*b^*$  등이 있다[1-2].

집합이론을 기본으로 하는 비 선형적 특징을 나타내는 수리 형태학 필터는 영상에서 물체에 대한 형태,

크기, 대조 등의 다양한 특징을 추출할 수 있고 동질성과 연결성을 만족하는 부분에 대한 특징 추출이 효과적이기 때문에 영상분할에 많이 이용되고 있다 [4-8]. 따라서 본 논문에서는 먼저 영역의 경계선 정보를 잘 보존하기 위하여 RGB 공간상에서 입력된 칼라 영상을 과분할 한다. 그리고 이를 색상 차(hue difference)를 영역 병합(region merging)의 제한 조건으로 사용하는 영역 병합 과정을 거쳐 미리 설정된 개수의 영역으로 분할함으로써 효율적인 표현이 가능하도록 하였다. 이는 명도가 낮은 영역에서는 색상이 색을 인지하는데 거의 영향을 주지 않는 반면 명도가 일정 수준 이상이면 색상이 색을 인지하는 중요한 요소가 된다는 특성을 활용한다.

### 2. 칼라좌표계

RGB 칼라 모델은 적색(Red), 녹색(Green), 청색(Blue)인 빛의 3원색을 혼합하여 모든 색을 만들어 내는 방식이다. 각각의 스펙트럼이 더해지는 가산 혼합

은 가법 혼합, 빛의 혼합, 플러스 혼합이라고도 한다. 즉, 혼합하면 할수록 명도가 높아져 밝아지는 혼합으로 빛과 무대조명, 스크린, 모니터, 텔레비전 등에서 찾아볼 수 있다. 이는 하드웨어 구조에 적합한 특성을 가지고 있는 것으로 인간 시각 시스템에서 인지하는 칼라 모델과 차이가 있다. 그림 1에서 각각의 축이 적색, 녹색, 및 청색을 나타내고 각 기본 색의 보색이 반대 모서리에 위치한다. 명도는 백색과 흑색을 잇는 대각선 방향을 따라 변화시켜야 하며, 색 포화도는 대각선의 법선 방향으로 변화시키면 된다. HSI 칼라 모델은 인간의 색 지각 체계에 기반을 둔 칼라 좌표계이며 그림 2와 같이 색을 인식하는 속성인 색상(hue), 채도(saturation), 명도(intensity)로 구성된다. 색상은 순수 색의 종류를 나타내는 속성이며, 채도는 색의 상대적인 순도를 나타내며 명도는 밝기 정도를 나타낸다. HSI 칼라 모델의 장점으로는 명도가 색도(chromaticity) 정보와 분리되어 영상처리에 유용하며 색상과 채도 성분이 인간이 색을 인식하는 요소와 같다는 점이다.

그림 2는 HSI 칼라 모델의 색 입체를 나타내는 것으로 명도는 세로 축을, 채도는 세로 축을 기준으로 떨어진 정도를, 색상은 원형의 단면에서 각도를 나타낸다. 색상에 대한 각도를 나타내는 것으로 적색은 0°, 녹색은 120°, 그리고 청색은 240°로 나타난다. 임의의 색은 0°에서 360°의 값으로 색상을 나타내고 채도는 회색(neutral gray)으로 부터 얼마나 차이가 있는지를 나타낸다. 0%이면 회색이고 100%이면 순색을 의미한다. 명도는 얼마나 밝은 가를 나타내는 것으로 100%이면 백색이고 0%이면 흑색을 나타낸다.

HSI 좌표계에서 명도가 낮은 영역과 높은 영역에서 색상이 미치는 영향이 다르다. 색상을 구분하는 데 있어서 명도가 낮은 영역에서는 색상이 중요하지 않고 명도가 높은 영역에서는 색상이 중요한 역할을 한다. 따라서 두 영역간의 색상 차를 영역 병합의 제한 조건으로 사용하는 영역 병합 기법을 제안한다.

본 논문에서 사용된 RGB와 HSI 좌표 변환은 Gonzalez와 Woods의 변환 수식을 기반으로 사용하였다[2]. 입력된 영상의 R, G, B 값은 0에서 255의 값을 가지는데 이를 HSI 모델로 변환한다. H는 색상을 의미하고

$$H = \cos^{-1} \left\{ \frac{\frac{1}{2} [(R-G) + (R-B)]}{[(R-G)^2 + (R-B)(G-B)]^{1/2}} \right\} \quad (1)$$

과 같이 구한다. 이는 순수한 고유색을 그림 2와 같이 0°에

서 360°의 각도의 값으로 표현한다. S는 채도를 나타내며 회색(neutral gray)과 얼마나 다른지를 백분율로 나타내는 것으로

$$S = 100 \cdot \left[ 1 - \frac{3 \cdot \min(R, G, B)}{(R+G+B)} \right] \quad (2)$$

과 같이 계산 되어지고 0%에서 100%의 값으로 나타낸다. 여기서  $\min(R, G, B)$ 는 R, G, B 값 중에서 최소 값을 나타낸다. I는 명도를 나타내는 것으로 밝기 값을 나타내며

$$I = \frac{100}{255} \cdot \frac{1}{3} \cdot (R+G+B) \quad (3)$$

과 같이 0%에서 100%의 값으로 나타낸다. 0%는 흑색(black)을 의미하고 100%는 백색(white)을 의미한다.

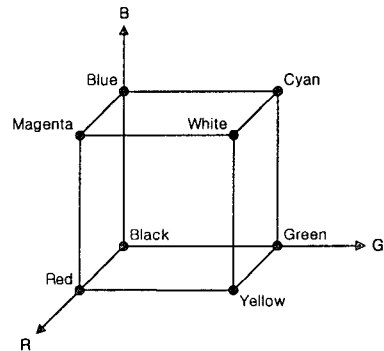


그림 1. RGB 좌표계

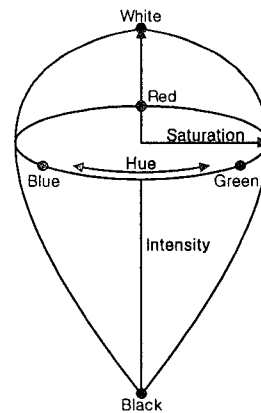


그림 2. HSI 좌표계

### 3. 색차를 영역 병합의 제한 조건으로 사용하는 제안된 칼라 영상 분할

형태학 필터와 변형된 워터셰드 기법이 계조(gray) 값을 가지는 영상의 분할에 많이 사용되어 왔다.[4-8]. 이 영상 분할 기법은 영상의 단순화, 마커추출, 그리고 변형된 워터셰드 기법을 이용한 영역의 경계선 결정 과정으로 구성되어 있다. 이를 RGB 칼라 값을 가지는 칼라 영상 분할 기법에 확장 할 수 있다. 계조 값을 가지는 영상의 단순화 과정이 칼라 영상에서는 RGB 각각의 신호에 적용된다. 단순화 후에 계조 값이 같은 영역을 마커로 추출하는 것을 RGB 칼라 값이 같은 영역을 마커로 추출한다. 그리고 영역 결정하는 과정에서 임의의 영역과 화소 사이의 계조 값 차이를 RGB 공간상에서 색차로 표현할 수 있다. 이는

$$D_E = \frac{\|C_1 - C_2\|}{\sqrt{(R_1 - R_2)^2 + (G_1 - G_2)^2 + (B_1 - B_2)^2}} \quad (5)$$

와 같이 두 색의 차이를 RGB 공간상에서 유클리디언 거리로 표현될 수 있다. 이와 같은 방법으로 칼라 영상을 분할 할 수 있다.

제안된 칼라 영상 분할 기법은 크게 두 부분으로 나누어진다. 그림 3과 같이 형태학 필터를 이용한 단순화, 마커추출, 변형된 워터셰드(modified watershed) 기법을 이용한 영역 결정에 의한 칼라 영상 분할과 두 영역간의 색상 차를 제한 조건으로 사용하는 영역병합 과정으로 크게 구성된다. 먼저, 칼라 영상 분할에서 형태학을 이용하는 단순화 필터의 형태소 크기가 작으면 과분할(over-segmentation) 된다. 과분할 된 칼라 영상은 영역의 경계선 정보를 모두 포함하고 있다. 따라서 이를 인간 시각 시스템의 특성을 이용하여 색상(hue) 차를 제한 조건으로 가지는 영역 병합 과정을 거쳐서 제한된 개수의 영역으로 경계선 정보를 유지하면서 효율적인 분할을 얻고자 한다.

제안된 영역 병합 기법은 그림 4와 같이 과분할 된 칼라 영상을 입력으로 사용한다. 그리고 최종 분할될 영상의 영역 개수, 색상 차가 색차 보다 중요한 요소로 작용하는 명도의 임계치(threshold)를 나타내는  $T_L$ , 그리고 색차는 작더라도 색차 차가 커서 영역 병합이 일어나지 않도록 제한하기 위한 임계치  $T_H$ 를 설정한다. 그리고 현재 분할된 영상의 영역 개수가 얼마인지 확인하고 미리 설정된 최종 영역 개수 보다 작으면 가장 작은 색차를 가지는 두 영역을 찾아서 병합한다. 이러한 과정을 미리 설정된 영역의 개수가 될 때까지 반복한다. 이때 영역 병합의 조건을 만족하는 인접한

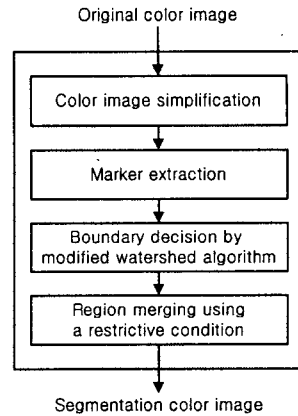


그림 3. 제안된 색상 차를 영역 병합의 제한 조건으로 사용하는 칼라 영상 분할

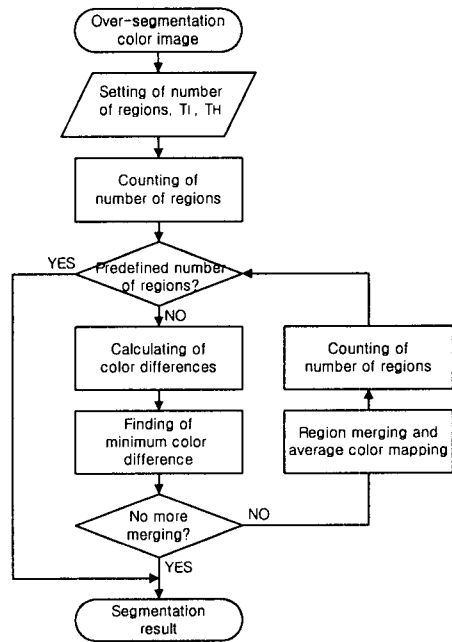


그림 4. 색상 차를 제한 조건으로 사용하는 제안된 영역 병합 알고리즘

두 영역이 없으면 영역 병합 과정을 중단한다. 여기서 영역 병합의 제한 조건이 제안된 이유는 작지 않은 명암도의 값을 가지는 두 영역 간에 RGB 공간에서 유클리디언 거리로 표현되는 색차가 다른 영역간의 색차 보다 작더라도 색차 차가 매우 큰 경우가 있으

며 이러한 영역들의 병합을 억제하기 위함이다. 반대로 두 영역간의 색차는 매우 크지만 색상 차가 작은 경우에는 영역의 병합이 일어날 수 있도록 허용하기 위한 것이다. 이는 색상, 채도, 명도 형태로 색을 인지하는 인간 시각 시스템의 특성을 기반으로 한다. 따라서 두 영역의 명도  $I$ 가  $T_I$  이상이고 색상 차이  $D_H$ 가  $T_H$  보다 큰 경우에는 두 영역의 색차를 RGB 공간에서 유클리디언 거리의 최대치로 설정하여 영역의 병합이 발생하지 않게 만든다. 이를 표현하면

$$D = \begin{cases} D_{MAX}, & \Delta T_I \text{ and } D_H > T_H \\ D_E, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (6)$$

와 같다. 나머지 조건들을 유클리디언 거리를 이용하여 색차를 표현한다. 여기서

$$D_H = \begin{cases} 360 - |H_1 - H_2|, & |H_1 - H_2| > 180 \\ |H_1 - H_2|, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (7)$$

는 인접한 두 영역의 색상 차를 나타낸다. 색상은  $0^\circ$  에서  $360^\circ$  의 각도의 값을 가지므로 식 (7)과 같이 색상 차를 구한다.

#### 4. 실험 결과 및 고찰

그림 5의 (a)에서는 실험에 사용된 다양한 색상을 가지는  $320 \times 210$  크기의 24비트 칼라 영상이다. (b)는 (a)의 원 영상을 형태학 필터와 변형된 워터셰드 기법을 이용하여 538개의 영역으로 과분할 한 영상으로 영역 병합에 적용되는 초기 영상이다.

그림 6은 제한된 영역 병합에 의한 칼라 영상 분할 결과를 보여 준다. (a)는 영역 병합의 제한 조건 없이 색차를 이용하여 영역을 병합한 결과이고 (b)는 색상 차를 제한 조건으로 가지는 영역 병합 방법에 의한 결과를 보여주고 있다. 여기서 각 행별로 100, 40, 14개의 영역 개수를 가지고 있다. 영역 개수가 많은 경우에는 분할 결과가 차이가 없지만 영역 개수가 적은 경우에는 제한 조건을 사용한 결과에서 동일한 색상을 가지는 영역들의 경계선이 잘 보존됨을 볼 수 있다.

이 실험에서 사용된 임계치  $T_I$ 와  $T_H$ 를 각각 7과 20으로 설정하였다. 이는 실험적으로 구해졌으며 제한된 칼라 영상 분할 기법은 이들 임계치 값의 작은 변화에 크게 의존하지 않는다. 실험 결과에서 14개의 영역 개수가 분할의 최소 영역 개수이다. 이보다 작은 영역의 개수로 설정하더라도 14개의 영역에서 중단한다. 이는 색상 차가  $T_H$  보다 큰 경우에는 영역 병합을 억제하고 영역 병합을 중단하기 때문이다.

#### 5. 결론

본 논문에서는 색상 차를 영역 병합의 제한 조건으로 사용하는 칼라 영상 분할 알고리즘을 제한하였다. 이는 과분할 된 칼라 영상을 색상 차를 제한 조건으로 사용하여 영역 병합을 하는 것으로 인간 시각 시스템의 특성을 기반으로 한다. 두 영역의 색차가 다른 두 영역의 색차보다 상대적으로 작더라도 색상 차가 큰 경우에는 영역 병합을 억제한다. 그리고 색차가 클지라도 색상 차가 작은 경우에는 영역 병합의 발생이 가능하도록 하여 적은 개수의 영역으로도 동일한 색상의 경계선을 잘 유지하면서 효율적인 분할 결과를 얻을 수 있었다.

#### [참고문헌]

- [1] Alberto Del Bimbo, *Visual Information Retrieval*, Morgan Kaufmann Publishers, Inc., San Francisco, California, 1999.
- [2] Gonzalez, and Woods, *Digital Image Processing*, Addison Wesley, 1992.
- [3] L.Lucchese and S.K.Mitra, "Colour segmentation based on separate anisotropic diffusion of chromatic and achromatic channels," *IEE Proc.-Vis. Image signal Process.*, vol. 148, no. 3, pp. 141-150, June 2001.
- [4] M. Kunt, A. Ikonomopoulis, and M. Kocher, "Second generation image coding technique," *Proc. IEEE*, vol. 73, pp. 549-574, Apr. 1995.
- [5] P. Salembier, "Morphological multiscale segmentation for image coding," *Signal Processing*, vol. 38, pp. 359-386, 1994.
- [6] P. Salembier and M. Pardas, "Hierarchical morphological segmentation for image sequence coding," *IEEE Trans. on Image Processing*, vol. 3, no. 5, pp. 639-651, Sep. 1994.
- [7] 박영식, 김기석, 송근원, 정의운, 하영호, "디지털 이동통신망에서의 초저속 영상부호화를 위한 영역단위의 계층적 분할과 경계선 단순화 기법," *한국통신학회논문지*, 제22권, 3호, pp. 432-443, 1997년 3월.
- [8] 박영식, 송근원, 한규필, 이호영, 남재열, 하영호, "영역기반 영상부호화를 위한 이진 분열에 의한 계층적인 영상분할", *대한전자공학회*, 제35권, S편 8호, pp. 1090-1098, 1998년 8월.



그림 5. 실험에 사용된 칼라 영상  
 (a) 원 영상 (b) 538개의 영역으로 과분할 된 영상

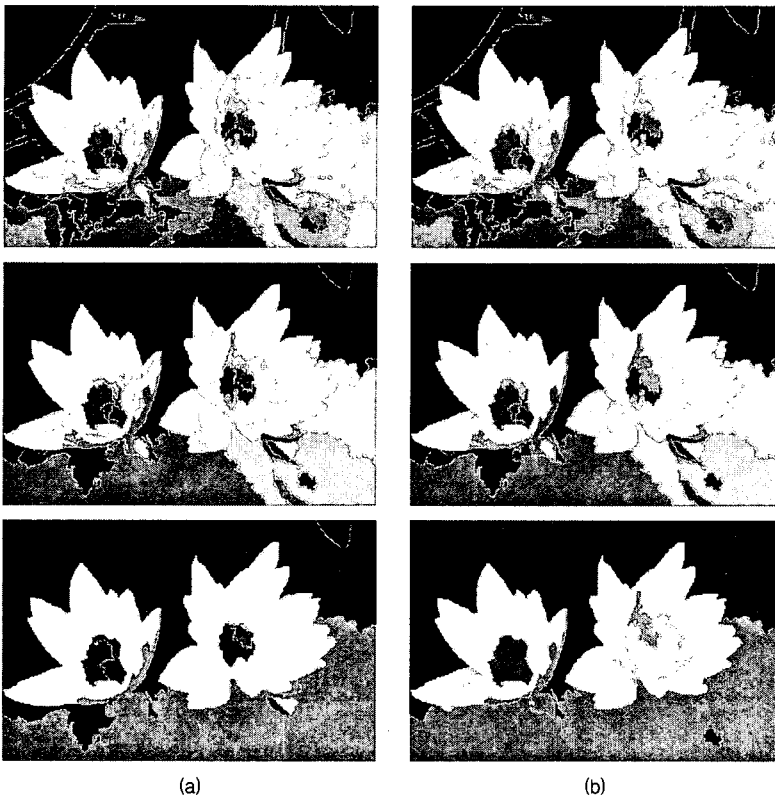


그림 6. 제안된 영역 병합에 의한 칼라 영상 분할(각 행별로 100, 40, 14개의 영역)  
 (a) 제한 조건이 없는 경우 (b) 제한 조건이 있는 경우