

# 컬러 모폴로지를 이용한 컬러 화상의 특징 추출에 관한 연구

남 태 희

## 요 약

본 논문에서는 새로운 컬러 모폴로지 피라미드를 제안하고, 제안된 컬러 모폴로지의 유용성 평가를 위해 이미지에서 중요한 에지를 검출하고자 한다. 여기서 이미지 피라미드 구조는 최초 컬러 이미지의 반복적인 필터링과 샘플링의 순차적인 실험 과정의 단계를, 본 논문에서 제안한 CMP를 이용하여 연속적인 필터링 처리로 불필요한 크기의 물체 및 잡음을 제거하여, 효율적인 특징 추출의 유효성을 검증하고자 한다.

## I. 서 론

컬러 이미지 내 하나의 픽셀 값은 컬러 공간에서 각 채널의 조합으로 결정된다. 기존의 컬러 이미지 처리는 채널을 분리하여 Gray 이미지에서 사용하던 방법을 적용하고 있다. 그러나, 컬러 이미지는 각 채널 간 분해하여 생각할 수 없으므로 이미지를 직접적으로 처리해 주는 알고리즘이 필요한 실정이다[1~2]. 피라미드 구조는 이미지의 해상도를 낮추어 주어 정보량을 줄여주는 장점이 있다[3]. 따라서, 피라미드 구조를 이용하면 컬러 이미지의 정보량은 줄이면서 계산 량 소모에 이익을 줄 수 있다. 또한 모폴로지 필터는 대상물체의 특징 정보는 보존하면서 불필요한 부분들은 제거할 수 있다[4~6]. 이러한 점을 이용하여 본 논문에서는 다양한 컬러 공간에서 에지 검출을 할 수 있도록 범용성 있는 Color Morphological Pyramids(이하 CMP)를 제안한다. 그리고, 공간거리 개념을 적용한 컬러 모폴로지의 기본 연산을 정의한다. 본 컬러 모폴로지 필터를 CMP 생성에 적용하여 연속적인 노이즈 및 불필요한 부분을 제거한다. 마지막으로 생성된 CMP에서 인접 레벨간을 이웃한 픽셀 백터간 상대거리를 이용한 연결식을 사용하여 새 레벨의 이미지를 생성하며, 이를 이용하여 이미지를 분할한다. 따라서 CMP에 의해 생성된 이미지는 입력 이미지에 충실하면서 컬러 정보량은 줄어든 상태이다. 따라서 이를 이용한 이미지 분할은 컬러 공간에서 작은 단위 동일 영역들의 병합 처리만을 필요하므로 컬러 이미지 처리의 연산량을 줄여준다. 이러한 제안한 방법은 복잡한 배경을 가진 이미지나 자연적인 광에 의해 음영이 들어있어 물체인식에 어려움이 있는 에지 검출에 효율적이며, 적은 정보량으로 원하는 정보만을 전송하는 에지 전송에 매우 유용하게 이용될 수 있다.

\* 동주대학 컴퓨터정보통신계열 교수

## II. 컬러 모폴로지 표현

### 2.1 컬러 공간

RGB 컬러 공간은 서로 가산될 수 있는 빨강, 초록, 파랑으로 구성되어, 컬러의 분광 요소들이 부가적으로 복합되어 컬러를 나타낸다. 또한 컬러의 모형은 R,G,B가 정육면체의 꼭지점으로 표현되며, 흑과 백은 원점에서 대각 꼭지점으로 연결한 대각선과 같다. 또한 CMY 컬러 공간은 청록색, 자홍색, 노랑색으로 구성되며, RGB 컬러 공간과 보색 관계를 가진다. 그리고 CIE XYZ 컬러 공간은 CIE(International Commission on Illumination)에서 빛의 파장이 700nm(빨강), 546.1nm(초록), 435.8(청자)의 세 가지 원자극들을 혼합하여 어떤 하나의 색에 일치시킨 것이다.

### 2.2 모폴로지 표현식

모폴로지는 주어진 이미지에서 특징 검출을 목적으로 하며, 집합론적 조작으로 이루어진 대상 이미지의 변형 수법에 관한 일관된 논리체계이다. 이에 대상 이미지를 Gray 이미지에서 색상 정보에 대한 처리를 부가하여 컬러 이미지로 확장한 것이 컬러 모폴로지이다. 각 컬러 공간에서 컬러 모폴로지 개념은 모두 공간 거리 개념을 이용한다. RGB, CMY, XYZ 컬러 모델은 각 3가지 인수를 각 축으로 한 직육면체 좌표계로 표현할 수 있다. 따라서 이들은 RGB 컬러 모폴로지로 대표해서 표현될 수 있으므로, RGB에 대해서만 논하며, 이외 컬러 공간들도 같은 개념으로 컬러 모폴로지를 구할 수 있다. RGB 모델에서 R,G,B를 각 축으로 픽셀 값을 벡터로 본다. 각 축의 단위 벡터를  $\vec{r}, \vec{g}, \vec{b}$  로 좌표를 (r,g,b)로 하면, 각 좌표의 벡터 크기는 원점에서 픽셀까지의 거리와 같게 된다. 여기서 Dilation과 Erosion은 구조요소와 겹치는 9개 픽셀의 좌표 중에서 거리를 계산하여 최대·최소의 좌표를 주목 픽셀의 출력 값으로 한다. 여기서 A는 대상 이미지, B는 구조요소, 주목 픽셀과 이를 포함한 주위픽셀을  $n=0\sim 8$ 로 하여, 컬러 모폴로지 기본 연산을 나타내면 식(1),(2)와 같다.

$$(A \oplus B)_{(R,G,B)}(s,t) = \max\{(r_n, g_n, b_n) \mid \sqrt{r_n^2 + g_n^2 + b_n^2}\}, \text{ for } n=0\sim 8 \quad \dots\dots(1)$$

$$(A \ominus B)_{(R,G,B)}(s,t) = \min\{(r_n, g_n, b_n) \mid \sqrt{r_n^2 + g_n^2 + b_n^2}\}, \text{ for } n=0\sim 8 \quad \dots\dots(2)$$

## III. CMP 제안

### 3.1 CMP 생성

이미지 피라미드 구조는 최초 이미지의 반복적인 필터링과 샘플링에 의해 면적비가  $2^{-l}(l=1, 2, \dots, N)$ 이 되는 순차적 이미지 계열로서 그림 1은 이를 나타낸 것이다. 그리고 이미지 크기가  $2n \times 2n$  인 이미지를 레벨 0 이미지로 보면, 필터링과 샘플링 처리 후 다음 1 레벨 이미지로 되고, 이의 반복으로 해상도가 감소되어 n 레벨 이미지가 되며,

여기서 최종 레벨 이미지를 기저 레벨 이미지라 한다. 이와같이 제안한 CMP는 생성과정은 다음과 같다.

단계 1.  $I_0 = I$  : 입력 이미지를 0 레벨 이미지로 초기화한다.

단계 2.  $I_L = [(I_{L-1} \cdot k)] \downarrow_S$  : L 레벨의 이미지를 생성한다. 즉, L 레벨 이미지는 L-1 레벨 이미지를 커널 k와 모폴로지 필터를 처리한 후, 이를 S만큼 다운샘플링(downsampling)하여 얻어지므로, 그 크기가 1/4만큼 작아진다.

단계 3. 기저 레벨 N까지 (2) 단계를 반복한다. 기저 레벨 N의 선택은 대상물체의 공간 차원보다 샘플링하는 차원이 커지기 바로 직전의 레벨로 한다. 여기서 I는 대상 이미지,  $\cdot$ 는 모폴로지 필터인 closing 필터, S는 다운샘플링 인수를 나타내며 주로 값 2를 사용한다. 여기서 생성된 CMP는 다음과 같다.

$$CMP = \{I_L, L=0, 1, \dots, N\}$$

CMP는 각 레벨의 이미지가 원 이미지의 색상 범위를 그대로 보존해 주면서 단지 정보량만을 줄여주며, 고주파 부분을 제거하여 부적절한 대상물의 제거까지 해준다. 또한 각 채널을 분리하여 Gray 이미지처럼 각각 생성하여 합성하지 않고, 하나의 개념으로 피라미드를 생성하여 색상 정보의 왜곡이 없다. 또한 다양한 컬러 공간에서 CMP를 생성하여 범용성이 있도록 하였다

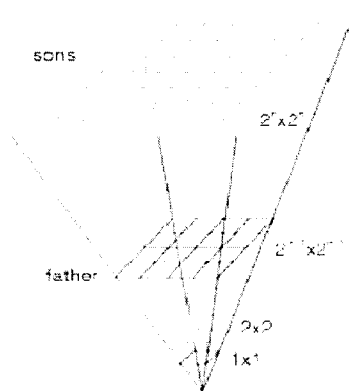


그림 1. 이미지 피라미드 구조

### 3.2 기저 레벨로부터 복원 이미지 생성

CMP를 이용한 복원 이미지 생성은 기저 레벨의 컬러 이미지가 색상 정보를 최대한 유지하고 있으므로, 기저 레벨에서 시작한다. 먼저, 생성된 CMP의 각 레벨간의 픽셀 연결 방식을 이용한다. 또한 각 인접 레벨 이미지간에는 하위 레벨 픽셀(child pixel)에 4 후보의 상위 레벨 픽셀(parent pixel)이 있어 이들간의 연결은 픽셀 벡터간 상대적 거리 차 중 최소인 픽셀 벡터를 선택하여 이미지를 생성한다. 식(3)는 RGB 컬러 공간에서 상대거리를 나타내며, CMY, XYZ 컬러공간은 식 (3)와 같은 방식으로 구한다.

$$D_{RGB} = \sqrt{(r_p - r_n)^2 + (g_p - g_n)^2 + (b_p - b_n)^2} \dots\dots(3)$$

이를 이용한 현재 레벨에서의 픽셀과 인접 레벨에서 픽셀과의 연결은 식(4)와 같다.

$$I'_{L(CMP)}(s, t) = \min [ \text{abs}(D_{L(CMP)}(s, t) - D_{L+1(CMP)}(\frac{s}{2} + x, \frac{t}{2} + y)) \dots (4) \\ \{ (s, t) \in I_{L(CMP)}, (\frac{s}{2} + x, \frac{t}{2} + y) \in I_{L+1(H.S.B)} \} ]$$

여기서 (x,y)는 (0,0),(0,1),(1,0),(1,1) 중 하나의 픽셀 값을 나타내며, 새로운 이미지  $I'_{L(CMP)}(s, t)$ 는 컬러 공간상 레벨 L에서 한 픽셀을 나타낸다. 이는 레벨 L픽셀과 이의 서브 레벨 L+1의 (x,y) 만큼 주위픽셀 중 벡터 거리가 최소인 픽셀로 나타내므로 가장 색상 정보가 비슷한 값이 선택된다.

### 3.3 복원 이미지를 이용한 에지 검출 단계

복원된 이미지의 에지 검출은 영역기반법[7~8]을 이용한다. 즉, 현 픽셀을 이웃픽셀과 정의된 동질성을 비교하여 같은 영역으로 병합 할 지를 정한다. 그 단계는, 먼저 단계 1에서는 영역의 대표 픽셀인 seed pixel을 결정한다. 즉, 입력 이미지의 시작 픽셀을 seed pixel로 정한 후, seed pixel의 공간거리와 이의 8방향 이웃픽셀의 공간거리를 계산한다. 그리고 단계 2에서는 픽셀간의 공간거리 차를 이용하여 영역을 할당한다. 즉, 공간거리 차가 임계치 이하인 픽셀은 같은 영역으로 할당하고, 이상인 픽셀은 새 영역으로 할당하여, 같은 영역으로 할당된 픽셀들은 임의의 라벨을 할당되는 순서대로 메겨둔다. 그리고 단계 3에서는 새 영역으로 할당된 픽셀은 단계 1로부터 다시 반복한다. 이러한 과정을 모든 픽셀이 영역으로 할당될 때까지 반복한다. 마지막으로 단계 4에서는 영역의 색상 값을 결정한다. 즉 라벨링되어 있는 각 영역에서 모든 픽셀 값들의 평균을 구하여 그 영역의 대표 값으로 한다.

## IV. 실험 및 고찰

본 연구에 대한 실험은 block color image를 이용하였다. CMP 형성에서 레벨은 4로 하였으며, 다운 샘플링 인수는 2로 하였다. 그리고 기존 이미지 분할은 CMP 과정을 거치지 않고 영역기반법으로 하였다. 그런 다음 제안한 방식과 결과 이미지를 비교하였다. 여기서 실험 도구로서는 Pentium III-733 윈도우 98 환경, Axil 320 Solaris 5.6 환경에서 구현하였다. 그림 2는 실험 이미지로 대상물의 색상특징이 뚜렷하고, 햇빛으로 인해 음영이 있어 같은 색상이라도 다른 영역으로 인식되며, 배경과 그림자의 구분이 뚜렷이 되는 특징을 가진다. 먼저 CMP를 이용하지 않은 에지 검출 결과가 그림 3이다. 여기서 컬러 에지의 색상 정보가 손실되었으며, 배경과 그림자의 구분이 안되고 있다. 그러나 그림 4는 다양한 컬러 공간에서 기저레벨로부터의 복원 이미지를 이용한 에지 검출 결과를 나타낸다. 그리고 그림 3의 (a)는 물체의 영역이 뚜렷이 나타나고, 음영진 부분까지 구별해준다. 특히 (c)는 배경과 그림자의 구분이 뚜렷하다. 그리고 (e)는 가는 에지를 보이며, 배경과 그림자의 구분이 뚜렷하게 나타난다.

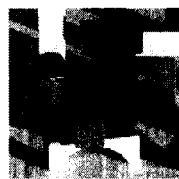
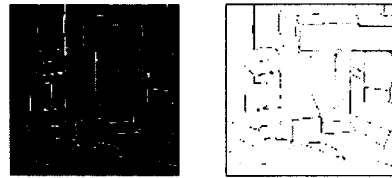
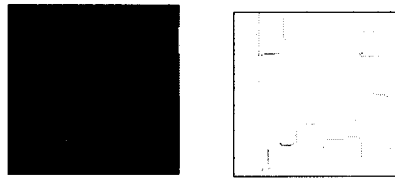


그림 2. 원래의 컬러 이미지

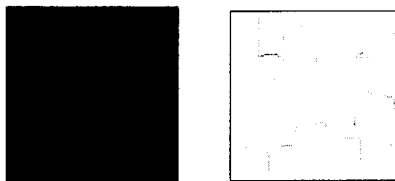


(a) Color Edge (b) Convert Image

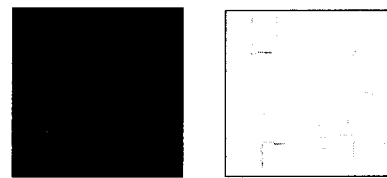
그림 3. Sobel Masking



(a) RGB Color Edge (b) Convert Image



(c) CMY Color Edge (d) Convert Edge



(e) XYZ Color Edge (f) Convert Edge

그림 4. CMP를 이용한 에지 검출 단계

## V. 결론

본 논문에서는 컬러 이미지의 직접적인 처리 및 방대한 정보량을 줄여서 사용할 수 있는 CMP를 제안하였으며, 이를 이용하여 에지를 검출하여 유용성을 평가하였다. 제안한 CMP는 다양한 컬러 공간에서 컬러 모폴로지 필터와 다운 샘플링의 반복적인 연산으로 형성하여 범용성이 있도록 하였다. 그리고 생성된 CMP에서 상위레벨픽셀과 하위레벨픽셀 간 이웃한 픽셀 벡터의 상대거리 중 최소 값을 가지는 픽셀들에 의해 상위레벨 면적의 새 이미지를 생성하였다. 이

는 원래 이미지에 충실하면서 색상정보가 가장 가까운 값들로 선택되어 영역의 균일화가 이루어져 컬러 정보량이 줄어드는 효과가 있었으며, 복원된 이미지를 영역기반법을 이용하여 에지를 검출하였다. 이는 CMP 과정없이 분할한 결과에 비해 컬러 공간에서 작은 단위의 동일영역들의 영역병합 처리만 하였으므로, 에지 검출에 있어 많은 연산시간을 줄일 수 있었다. 향후 연구과제는, 기저 레벨의 수를 자동적으로 찾아주는 연구가 필요하며, 적은 정보량으로 사용자의 의도에 따른 특정정보만을 전송하는 에지 전송법과 연계할 필요가 있으며 특징 매칭을 통한 데이터베이스 검색에 응용하는 연구가 함께 병행되어야 할 것으로 본다.

## 참고문헌

- [1] Gregory A. Baxes, Digital Image Processing, John Wiley & Sons, 1994.
- [2] Crane, A simplified approach to Image Processing, Prentice Hall, 1997.
- [3] Hubert Konik, Vincent Lozano, and Bernard Laget, Color Pyramids for Image Processing, Journal of Imaging Science and Technology 40, p535 ~ 542, 1996.
- [4] J.Serra, Image Analysis and Mathematical Morphology, vol.1~2, Academic Press, 1982.
- [5] N.Ikonomakis 외2인, "A Region-based Color Image Segmentation Scheme", Part of the IS&SPIE Conference on Visual Communications and Image Processing, 1992.
- [6] Wornell, G.W., "Signal Processing with Fractals." Prentice-Hall, 1996.
- [7] Y.Kanai, "Image Segmentation using Intensity and Color Information," Proceedings of the Visual Communications and Image Processing '98, Part 1, 1998.

### □ 著者紹介



#### 남 태 희

1989년: 경성대학교 경영학과 (경영학사)  
 1992년: 경성대학교 대학원 산업정보학과 (공학석사)  
 1989~1992년: 우성전산직업전문학교 전산실  
 1993~현재: 동주대학 컴퓨터정보통신계열 조교수  
 1996~ 부경대학교 전자공학과 박사과정 수료

관심분야 : 데이터베이스, 화상인식, 정보통신, MIS, GIS, EC