Color Morphological Pyramids를 이용한 이미지 분할

이석기* · 최은희* · 김석태*

Image Segmentation Using Color Morphological Pyramids

Seok-ki Lee* · Eun-hee Choi* · Seok-tae Kim*

요 약

컬러 이미지는 Gray Scale 이미지와는 달리 3가지 채널의 조합으로 이루어지고 방대한 정보량 때문에 효과적인 이미지 분할이 어렵다.

본 논문에서는 범용성 있는 Color Morphological Pyramids(CMP)구조를 제안하고, 그를 이용한 이미지 분할을 보인다. 이미지 피라미드 구조는 최초 이미지의 반복적인 필터링과 샘플링에 의해 면적비가 $2^{-l}(l=1,2,\ldots,N)$이 되는 순차적 이미지 계열이다. 본 방법에서는 CMP를 이용하여 RGB, HSI, CMY 등의 컬러 공간에서 연속적인 필터링 처리로 불필요한 크기의 물체 및 잡음을 제거하고, 다운샘플링과정으로 해상도를 낮춰준다. 생성된 CMP에서 인접 레벨 이미지간에는 이웃한 픽셀 벡터간의 상대거리를 이용한 연결식을 사용하여 새 레벨의 이미지를 생성한 후 이를 이미지 분할한다. 이미지 분할실험을 통하여 본 방법의 유효성을 검증한다.

ABSTRACT

Color image is formed of combination of three color channels. Therefore its architecture is very complicated and it requires complicated image processing for effective image segmentation.

In this paper, we propose architecture of universalized Color Morphological Pyramids(CMP) which is able to give effective image segmentation. Image pyramid architecture is a successive image sequence whose area ratio $2^{-l}(l=1,2,\ldots,N)$ after filtering and subsampling of input image. In this technique, noise removed by sequential filtering and resolution is degraded by downsampling using CMP in various color spaces. After that, new level images are constructed that apply formula using distance of neighbor vectors in close level images and segments its image. The feasibility of proposed method is examined by comparing with the results obtained from the existing method.

키워드

컬러이미지, Color Morphological Pyramids, 잡음제거, 영역분할

* 부경대학교 전자컴퓨터정보통신공학부

접수일자 : 2002. 7. 25

Ⅰ. 서 론

컬러 이미지내의 한 픽셀 값은 컬러 공간에서 각 채널의 조합으로 결정된다. 기존의 컬러 이미지 처리는 채널을 분리하여 gray 이미지에서 사용하던 방법을 적용하고 있다. 그러나, 컬러 이미지는 각 채널간을 분해하여 생각할 수 없으므로 이미지를 직접적으로 처리해 주는 알고리즘이 필요한 실정이다[1~2].

피라미드 구조는 이미지의 해상도를 낮춰주어 정보량을 줄여주는 장점이 있다[3~4]. 따라서, 피라미드 구조를 이용하면 컬러 이미지의 정보량과 계산량을 줄여줄 수 있다. 또한 모폴로지 필터(Morphological Filter)는 대상물체의 특징 정보는 보존하면서 불필요한 부분들은 제거할 수 있다[5~7].

이러한 점을 이용하여 본 논문에서는 다양한 컬러 공간에서 이미지 처리를 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 벡터간의 상대거리를 이용한 연결식을 사용하여 새 레벨의 이미지를 생성하며, 이를 이용하여 이미지 분할한다. CMP에 의해 생성된 이미지는 입력이미지에 충실하면서 컬러 정보량은 줄어든 상태이다. 따라서 이를 이용한 이미지 분할은 컬러 공간에서 작은 단위의 동일영역들의 병합 처리만을 필요하므로 컬러 이미지 처리의 연산량을 줄여준다. 제안한 방법은 복잡한 배경을 가진 이미지나 자연적인 광에 의해 음영이 들어있어 물체인식에 어려움이 있는 이미지의 처리에 효율적이며, 적은 정보량으로 원하는 정보만을 전송하는 이미지 전송에 유용하다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. Ⅱ장에서는 컬러 표현 모델과 컬러 모폴로지를 보이며, Ⅲ장에서는 제안한 CMP형성 과정 및 이미지 분할 방법을 보이며, Ⅳ장에서는 기존방식과 제안한 방식을 이용한 실험을 통해 본 논문의 유효성을 검증하고, Ⅴ장에서는 결론을 보인다.

Ⅱ. 컬러 표현 모델과 컬러 모폴로지

컬러 표현 모델과 컬러 모폴로지에 대해 설명한다.

1. RGB/CMY/XYZ/YIQ 컬러 공간

RGB 컬러 공간은 서로 가산될 수 있는 빨강(red), 초록(green), 파랑(blue)으로 구성되고, 컬러의 분광 요소들이 부가적으로 복합되어 컬러를 나타낸다. 컬러 모형은 R,G,B가 정육면체의 꼭지점으로 표현되며, 흑과 백은 원점에서 대각 꼭지점으로 연결한 대각선과 같다.

CMY 컬러 공간은 청록색(cyan), 자홍색(magenta), 노랑색(yellow)으로 구성되며, RGB 컬러 공간과 보색관계를 가진다.

CIE XYZ 컬러 공간은 CIE(International Commission on Illumination)에서 빛의 파장이 700nm(빨강), 546.1nm(초록),435.8(청자)의 세가지 원자극들을 혼합하여 어떤 하나의 색에 일치시킨 공간이다.

YIQ 컬러 공간은 컬러 TV 방송용으로 NTSC(National Television System Committee)에서 채택한 것이다. RGB 모델의 선형변환에 의해 만들어지며, 고정된 대역폭의 이용을 최대화하여 인간 시각적 특징을 이용한다.

HSI 컬러 공간은 색상(hue), 채도(saturation), 명도(intensity)의 세 값으로 표현하는 시스템이다. HSI 모델은 원통 좌표계로 나타내며, Hue는 각도를 표현하여 0 °에서 360 °사이의 값을 가지며, Saturation은 단위면의 반지름을 뜻하며, 0에서 1의 값을 가지고, Intensity는 세로축을 나타내어 0(검정색)에서 1(흰색) 사이의 gray 값을 가진다.

2. 컬러 모폴로지

모폴로지는 주어진 이미지에서의 특징검출을 목적으로 하며, 집합론적 조작으로 이루어진 대상이미지의 변형수법에 관한 일관된 논리체계이다. 여기에 대상이미지를 Gray 이미지에서 색상정보에 대한 처리를 부가하여 컬러 이미지로 확장한 것을 컬러 모폴로지로 부른다.

각 컬러 공간에서의 컬러 모폴로지 개념은 모두 공간 거리 개념을 이용한다. RGB, CMY, XYZ, YIQ 컬

러 모델은 각 3가지 인수를 각 축으로 한 직육면체 좌표계로 표현한다. 따라서 이들은 RGB 컬러 모폴로지로 대표해서 표현될 수 있으므로, RGB에 대해서만 논하며, 이외 컬러 공간들도 같은 개념으로 컬러 모폴로지를 구한다.

RGB모델에서 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 같게된다. 여기서, Dilation과 Erosion은 구조요소와 겹치는 9개 픽셀의 좌표 중에서 거리를 계산하여 최대·최소의 좌표를 주목픽셀의 출력 값으로 한다. A는 대상이미지, B는 구조요소, 주목픽셀과 이를 포함한 주위픽셀을 n=0~8로 하여, 컬러 모폴로지 기본 연산을 나타내면 식(1)(2)과 같다.

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

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

HSI 컬러 공간은 기준점을 I=0.5, S=0, H=0으로 한 후, 기준점으로부터의 현 픽셀 벡터까지의 공간거리를 계산하여 기본 연산을 정의하면 식 (3),(4)과 같다.

$$A\oplus B=\{A(D_b); D_b = \arg\left[\max_{(b\in B)} d_b | d_b=\sqrt{s^2+s'^2+2ss'\cos(h-h')+(i-i')^2}\right]\} \quad (3)$$

$$A\ominus B=\{A(D_b); D_b = \arg\left[\min_{(b\in B)} d_b | d_b=\sqrt{s^2+s'^2+2ss'\cos(h-h')+(i-i')^2}\right]\} \quad (4)$$

여기서 d_b는 기준위치와 구조요소의 형태와 일치하는 대상이미지내의 픽셀 위치간의 공간거리를 의미한다.

III. 범용적인 CMP의 제안

1. CMP 생성

이미지 피라미드 구조는 최초 이미지의 반복적인 필터링과 샘플링에 의해 면적비가 2-l(l=1, 2, ..., N) 이 되는 순차적 이미지 계열이다. 그림 1.은 이를 나타낸 것이다. 이미지 크기가 2n×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 레벨이미지를 기저레벨 이미지로 한다.

제안한 CMP는 생성과정은 다음과 같다.

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

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

단계 3. 기저 레벨 N까지 (2)단계를 반복한다. 기저레벨 N의 선택은 대상물체의 공간차원보다 샘플링하는 차원이 커지기 바로 직전의 레벨로 한다.

I는 대상이미지, ·는 모폴로지 필터인 closing 필터, S는 다운샘플링 인수를 나타내며 주로 2를 사용한다. 생성된 CMP는 다음과 같다.

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

CMP는 각 레벨의 이미지가 원 이미지의 색상 범위를 그대로 보존하면서 단지 정보량만을 줄이며, 고주파부분을 제거하여 노이즈를 제거한다. 각 채널

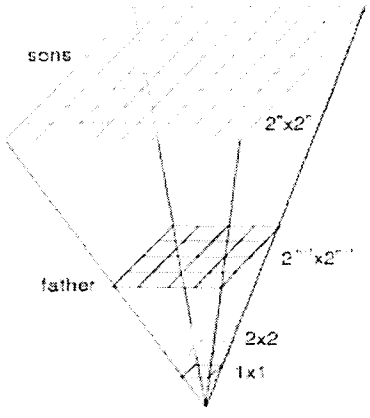


그림 1 . 이미지 피라미드 구조
Fig 1. Architecture of image pyramid

을 분리하여 Gray scale처럼 각각 생성하여 합성하지 않고, 하나의 개념으로 피라미드를 생성하여 색상 정보의 왜곡이 없다. 또한 다양한 컬러 공간에서 CMP를 생성하여 범용성이 있도록 하였다.

2. 기저레벨로부터의 복원이미지 생성

CMP를 이용한 복원이미지 생성은 기저레벨의 컬러 이미지가 색상정보를 최대한 유지하고 있으므로, 기저레벨에서 시작한다. 먼저, 생성된 CMP의 각 레벨간의 픽셀 연결 방식을 이용한다. 각 인접 레벨 이미지간에는 하위레벨픽셀(child pixel)에 4후보의 상위레벨픽셀(parent pixel)이 있어 이들간의 연결은 픽셀 벡터간의 상대적 거리차 중 최소인 픽셀 벡터를 선택하여 이미지를 생성한다. 식(5)(6)은 RGB와 HSI 컬러 공간에서 상대거리를 나타내며, CMY, XYZ, YIQ 컬러공간은 식(5)와 같은 방식으로 구한다.

$$D_{RGB}=\sqrt{(r_{cp}-r_n)^2+(g_{cp}-g_n)^2+(b_{cp}-b_n)^2} \quad (5)$$

$$D_{HSI}=\sqrt{d_i^2+d_c^2}, \quad d_i=|I_i-I_s|, \quad d_c=\sqrt{S_i^2+S_s^2-2\cdot S_i\cdot S_s\cdot\cos\theta} \quad (6)$$

이를 이용한 현재 레벨에서의 픽셀과 인접레벨에서의 픽셀과의 연결은 식(7)에 의한다.

$$I'_{L(CMP)}(s,t) = \min[abs(D_{L(CMP)}(s,t)-D_{L+1(CMP)}(\tfrac{s}{2}+x,\tfrac{t}{2}+y)) \quad (7)$$
$$|(s,t)\in I_{L(CMP)},(\tfrac{s}{2}+x,\tfrac{t}{2}+y)\in I_{L+1(H,S,I)}]$$

(x,y)는 (0,0),(0,1),(1,0),(1,1) 중 하나의 픽셀값을 나타내며, 새로운 이미지 $I'_{L(CMP)}(s,t)$는 컬러 공간상의 레벨 L에서 한 픽셀을 나타낸다. 이는 레벨 L픽셀과 이의 부레벨 L+1의 (x,y)만큼의 주위픽셀 중 벡터거리가 최소인 픽셀로 나타내므로 가장 색상정보가 비슷한 값이 선택된다.

그림 2.는 CMP생성 및 복원과정을 HSI 컬러 공간일 경우를 예를 들어 나타낸 것이다.

3. 복원 이미지를 이용한 이미지 분할

복원된 이미지의 분할은 영역기반법[8~9]을 이용한다. 현 픽셀을 이웃픽셀과 정의된 동질성을 비교하여 같은 영역으로 병합할 지를 정한다. 그 단계는 다음과 같다.

단계 1. 영역의 대표 픽셀인 seed pixel을 결정한다. 입력 이미지의 시작 픽셀을 seed pixel로 정한 후, seed pixel의 공간거리와 이의 8방향 이웃픽셀의 공간거리를 계산한다.

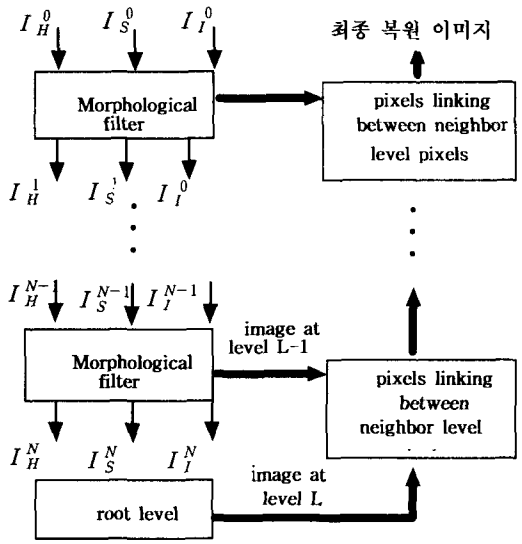


그림 2. CMP의 생성 및 복원 과정

Fig 2. Process of the CMP construction and reconstruction

단계 2. 픽셀간의 공간거리 차를 이용하여 영역을 할당한다. 공간거리 차가 임계치 이하인 픽셀은 같은 영역으로 할당하고, 이상인 픽셀은 새 영역으로 할당하여, 같은 영역으로 할당된 픽셀들은 임의의 라벨을 할당되는 순서대로 메겨둔다.

단계 3. 새 영역으로 할당된 픽셀은 단계 1로부터 다시 반복한다. 이러한 과정을 모든 픽셀이 영역으로 할당될 때까지 반복한다.

단계 4. 영역의 색상값을 결정한다.

라벨링되어있는 각 영역에서 모든 픽셀 값들의 평균을 구하여 그 영역의 대표값으로 한다.

IV. 실험 및 고찰

실험은 block color image, house color image 를 이용하였다. CMP 형성에서 레벨은 4로 하였으며, 다운

샘블링 인수는 2로 하였다. 기존의 이미지 분할은 CMP과정을 거치지 않고 영역기반법으로 하였다. 그 후 제안한 방식과의 결과이미지를 비교하였다. 실험은 pentium II-350 windows 98 pc 환경, Axil 320 Solaris 5.6 환경에서 구현하였다.

그림 3.는 실험 이미지로 대상물의 색상특징이 뚜렷하고, 햇빛으로 인해 음영이 있어 같은 색상이라도 다른 영역으로 인식되며, 배경과 그림자의 구분이 뚜렷이 되는 특징을 가진다. CMP를 이용하지 않고 직접 분할할 경우 음영진 부분이 나타나지 않은 경우가 많고 경계부분이 매끈하지 않고 거칠어 영역분할의 결과가 좋지 않고 처리시간이 많이 걸린다.

그림 4.는 다양한 컬러 공간에서 기저레벨로부터의 복원 이미지를 이용한 이미지 분할 결과를 나타낸다. pepper 이미지는 모든 컬러 공간에서 대상물의 컬러정보의 왜곡없이 빛의 반사부분까지 한 영역으로 분할하여 입체적인 부분이 잘 드러나고 있다. house 이미지는 왼쪽 창문이 분할과정에서 이웃 영역과 합쳐지기나 크기가 줄어든 경우가 발생하였으나, 컬러수와 분할한 후 영역수에서 기존 방식과 비슷한 결과를 보인다.

(a) pepper 컬러 이미지

(b) house 컬러 이미지

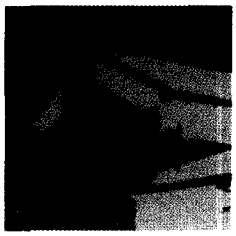
그림 3. 실험 이미지

Fig 3. An Original color image

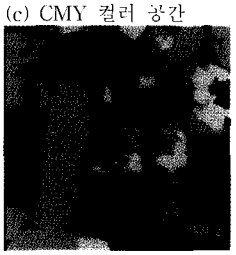
(a) RGB 컬러 공간

(b) house 이미지 분할

(c) CMY 컬러 공간

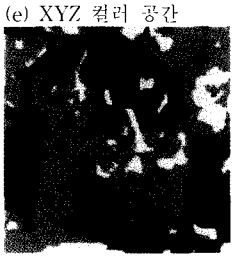


(d) CMY 컬러 공간



(e) XYZ 컬러 공간

(f) XYZ 컬러 공간



(i) HSI 컬러 공간

(j) HSI 컬러 공간

그림 4. CMP를 이용한 이미지 분할

Fig 4. Image segmentation using CMP

표 1. 분할된 이미지들의 결과 분석

Table 1. Analysis of the result of segmented image

이미지		컬러공간	총 컬러 수	영역분할 후 컬러수	연산 시간(초)
pepper (256×256)	원이미지	RGB	29817	5	8
	복원이미지	RGB	721	6	5
		CMY	771	6	5
		CIE XYZ	659	9	6
		HSI	783	10	6
house (256×256)	원이미지	RGB	20167	7	8
	복원이미지	RGB	1902	6	5
		CMY	2017	6	5
		CIE XYZ	2065	6	5
		HSI	692	6	5

표 1.은 각 이미지를 이용한 실험결과를 비교한 것이다. CMP과정을 거친 후 생성된 복원 이미지의 컬러수가 원이미지의 총 컬러수에 비해 pepper 이미지는 각 컬러 공간에서 약 40배정도로, house 이미지는 약 10배정도로 줄어들었다. 또한 최종 영역 분할된 후 이미지의 컬러수도 컬러 공간에 상관없이 두 대상이미지가 모두 비슷하다. 이것은 CMP과정을 거친 후의 이미지 분할은 대상물을 대표하는 컬러값은 유지하면서, 컬러수는 줄어들어 정보량과 처리시간을 대폭 줄여주는 특징이 있음을 알 수 있다.

V. 결 론

본 논문에서는 컬러 이미지의 직접적인 처리 및 방대한 정보량을 줄여서 사용할 수 있는 CMP를 제안하였으며, 그를 이용하여 이미지 분할하여 유용성을 평가하였다.

제안한 CMP는 다양한 컬러 공간에서 컬러 모폴로지 필터와 다운샘플링의 반복적인 연산으로 형성하여 범용성이 있도록 하였다. 또한 컬러 공간에서의 채널별 피라미드 생성을 통해 손실될 수도 있는 색상정보를 유지하도록 하였다.

생성된 CMP에서 상위레벨픽셀과 하위레벨픽셀간에 이웃한 픽셀 벡터의 상대거리 중 최소값을 가지는 픽셀들에 의해 상위레벨 면적의 새 이미지를 생성하였다. 이는 원 이미지에 충실하면서 색상정보가 가장 가까운 값들로 선택되어 영역의 균일화가 이루어져 컬러 정보량이 줄어드는 효과가 있었다. 복원된 이미지를 영역기반법을 이용하여 이미지를 분할하였다. 이는 CMP과정없이 분할한 결과에 비해 컬러 공간에서 작은 단위의 동일영역들의 영역병합 처리만 하였으므로, 컬러 이미지 처리에 있어 많은 연산시간을 줄일 수 있었다.

향후 기저 레벨의 수를 자동적으로 찾아주는 연구가 필요하며, 적은 정보량으로 사용자의 의도에 따른 특정정보만을 전송하는 이미지 전송법과 연계할 필요가 있으며 특징매칭을 통한 DB 검색에 응용하는 연구가 병행되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

[1] R.C. Gonzalez, R.E. Woods, *Digital Image Processing, Addision-Wesley*, 1992

[2] Crane, *A simplified approach to Image Processing*, Prentice Hall, 1997

[3] 남궁 재찬, 화상공학의 기초, 기전연구사, 1993

[4] Hubert Konik, Vincent Lozano, and Bernard Laget, Color Pyramids for Image Processing, *Journal of Imaging Science and Technology 40*, p535 ~ 542, 1996

[5] J. Serra, *Image Analysis and Mathematical Morphology*, vol.1~2, Academic Press, 1982

[6] 엄재원, 최태영, "순도기반 컬러형태론", *신호처리 합동학술대회 논문집*, 11권 1호, pp. 55-58, 1998년 10월

[7] 장용준, 김진욱, 김석태, "HSI공간의 거리에 기반한 컬러모폴로지," *제11회 영상처리 및 이해에 관한 워크숍 발표 논문집*, 1999.2

[8] N.Ikonomakis 외2인, "A Region-based Color Image Segmentation Scheme", *Part of th IS & SPIE Conference on Visual Communications and Image Processing*, 1992.2

[9] Y.Kanai, "Image Segmentation using Intensity and Color Information," *Proceedings of the Visual Communications and Image Processing '98*, Part 1, 1998.1

저 자 소 개

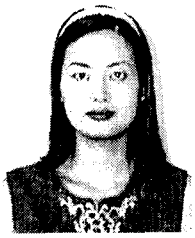
이석기(Seok-ki Lee)

1997년 동아대학교 수학과 졸업(이학사)

1999년 동아대학교 대학원 수학과 졸업(이학석사)

1999년~현재 부경대학교 대학원 정보통신공학과 박사과정

※관심분야 : 영상처리, 패턴 인식, CellularAutomata론



최은희(Eun-hee Choi)

1996년 부경대학교 정보통신공학과 졸업(공학사)

2000년 부경대학교 정보통신공학과(공학석사)

※관심분야 : 컬러이미지프로세싱, DB 검색

김석태(Seok-Tae Kim)

1983년 광운대학 전자공학과

1988년 Kyoto Institute of Technology, 전자공학과(공학석사)

1991년 Osaka대학, 통신공학과(공학박사)

1999년 University of Washington 방문교수

1991년~현재 부경대학교 공과대학 전자컴퓨터정보통신공학부 교수

※관심분야 : 화상처리, 패턴인식, Cellular Automata론