

논문 2009-46SP-6-2

색상의 주기성을 고려한 자연영상 분할방법

(Natural Image Segmentation Considering The Cyclic Property Of Hue Component)

남 혜 영*, 김 옥 현**

(Hyeyoung Nam and Wookhyun Kim)

요 약

본 논문은 HSI 컬러 모델에서 색상(Hue)의 주기성을 고려한 블록기반 영상분할 방법을 제안한다. 제안한 방법에서는 영역 병합 시 사용되는 영역의 색상 대푯값으로 색상의 평균 대신 중앙점을 사용하며, 영역 간 색상차를 계산하기 위해 단방향 거리를 사용한다. 그리고 기존방법에서 사용한 복잡하게 계산된 영역별 임계값을 파라메타를 통해 조절할 수 있는 간단하지만 효율적인 임계값으로 수정한다. 실험결과 제안한 방법의 분할결과가 질감 성분이나 붉은 색상을 가진 영역에서 기존 방법을 사용했을 때 보다 더 자연스러우며, 제안한 방법과 기존 방법으로 버클리 영상분할 데이터베이스에서 제공하는 자연영상들을 분할하여 평가값을 비교해 본 결과 제안한 방법이 기존방법에 비해서 더 우수함을 알 수 있었다.

ABSTRACT

In this paper we propose the block based image segmentation method using the cyclic properties of hue components in HSI color model. In proposed method we use center point instead of hue mean values as the hue representatives for regions in image segmentation considering hue cyclic properties and we also use directed distance for the hue difference among regions. Furthermore we devise the simple and effective method to get critical values through control parameter to reduce the complexity in the calculation of those in the conventional method. From the experimental results we found that the segmented regions in the proposed method is more natural than those in the conventional method especially in texture and red tone regions. In the simulation results the proposed method is better than the conventional methods in the evaluation of the human segmentation dataset presented Berkeley Segmentation Database.

Keywords : 컬러영상분할, 영역분할, 블록기반 영상분할

I. 서 론

영상은 인간이 인지할 수 있는 시각적 정보를 담고 있는 매우 중요한 정보 전달수단이다. 컴퓨터를 이용하여 영상 내에 존재하는 시각적 정보를 분석하고 이해하기 위한 영상처리 기법들이 영상 검색과 분류, 영상 내 객체의 검출과 인식, 문서 처리 등 다양한 분야에 적용되어 활용되고 있다. 이러한 영상 처리 기법들은 적용

되는 응용 분야에 따라 그 처리 과정과 처리 기법이 다르지만, 영상 분할은 획득한 영상을 분석하고 이해하기 위해 반드시 수행되어야 할 기본 과정으로, 분할결과를 추후 과정에 큰 영향을 미치는 중요한 부분이다.^[1~2]

영상분할에 관련된 연구는 현재까지 꾸준히 이루어지고 있으며, 윤곽기반 분할과 영역기반 분할로 크게 분류할 수 있다. 윤곽기반 분할은 영역간의 경계를 나타내는 윤곽성분을 추출한 후, 이를 중심으로 객체를 분할하는 방법으로 자연영상에서의 잡음이나 질감특성 등에 취약하다는 문제점을 갖는다. 이에 반해, 영역기반 방법은 명도나 색상 등을 기초로 유사한 성질을 갖는

* 정희원, 영남대학교 컴퓨터공학과
(Dept. of Computer Eng., YeungNam University)
접수일자: 2009년1월12일, 수정완료일: 2009년10월26일

화소 영역을 형성해 가는 방법으로 윤곽기반 분할에 비해 잡음의 영향을 적게 받으나, 자연영상에 존재하는 질감특성에 의해 과분할 될 수 있다는 문제점이 있다. 이러한 질감요소의 주기성을 고려하기 위해서는 화소단위 보다 블록단위로 영상을 분할하는 것이 더 바람직하다^[3]. 그러나 블록기반의 영역분할에서는 블록 속에 포함되어 미분할 되는 영역들이 나타나거나 윤곽정보가 소실되는 등의 문제점이 있다.

영역기반 분할방법에서 영역간의 유사도를 검사하기 위한 척도로 영상의 밝기, 질감, 컬러 등의 특징을 이용할 수 있다. 이 중에서 화소의 컬러정보를 이용하여 영상을 분할하는 방법은 간단하지만 효과적인 방법으로 알려져 있다. 컬러정보를 이용하기 위해서는 컬러들과 다른 컬러들 간의 관계를 표현하는 컬러모델을 사용하는데, RGB 모델과 HSI 컬러모델이 가장 일반적으로 사용된다. RGB 모델은 컴퓨터 그래픽스 시스템의 설계를 간단하게 하지만 컬러성분들 간의 상관관계가 크며, 빛의 밝기에 대한 정보가 분리되지 않아 밝기에 따라 물체의 색이 영향을 받으므로 원래의 색상을 찾기 어려운 문제가 있다. 이에 반해 HSI 모델은 인간의 색 인지 방식과 유사하며, 색상(Hue), 채도(Saturation), 명도(Intensity)간의 상관관계가 작기 때문에 컬러 영상처리에서 많이 사용된다. 그러나 색상이 주기성을 가지며, 명도가 매우 낮거나 매우 높을 경우와 채도가 매우 낮을 경우에 색상을 분리해 내는 기능이 크게 저하되는 문제점을 가지고 있다.

본 논문에서는 기존의 Cylindrical metric을 사용한 블록기반 영상 분할법^[4]을 개선하여 HSI 컬러모델의 색상성분 특성을 고려한 블록단위의 영상 분할법을 제안한다. 제안한 방법에서는 색상의 주기성을 고려하여 영상분할시 사용되는 영역의 색상 대푯값으로 색상의 평균 대신 중앙점을 사용하고, 영역간의 색상차를 계산하기 위해 단방향 거리를 사용하며, 임계값은 기존의 방법과 달리 파라미터를 통해 계산한다.

본 논문의 II장에서는 HSI 컬러 좌표계와 색상성분의 특징에 대해 기술하며, III장에서는 블록기반의 영역 분할방법과 수정된 임계값 설정에 대해 설명한다. 그리고 IV장에서는 제안한 방법의 성능분석을 위한 실험결과를 살펴보고, 마지막 V장에서 향후 연구방향과 결론을 맺는다.

II. HSI 컬러 모델의 특성

1. HSI 컬러모델

HSI 컬러 모델은 그림 1과 같이 색상, 채도, 명도로 구성된 원뿔모형으로 표현된다^[2]. 색상은 0°에서 360°범위의 각도로 표시되며, 색의 성분을 나타낸다. 채도는 원뿔의 중심에서부터 바깥쪽으로 0에서 1사이의 거리로 표시되며, 원색에 어느 정도의 흰색이 혼합되어 있는지를 나타낸다. 그리고 명도는 색의 밝기를 나타내며, 0에서 1사이의 값으로 표시된다.

HSI 컬러 모델은 각 구성요소가 분리되어 색의 변환을 용이하게 해준다. 예를 들어, 빨강색을 분홍색으로 만들기 위해서는 단순히 채도만 조절하면 된다. 어두운 것을 밝게 하려면 명도를 높여주면 된다.

색상은 밝기 성분과 독립적이기 때문에 HSI 컬러모델의 세 특성 중 가장 큰 식별력을 갖지만, 명도가 매우 낮거나 매우 높을 경우와 채도가 매우 낮을 경우에는 색상을 분리해 내는 기능이 크게 저하되어 식별력이 불안정하다는 문제점을 가지고 있다^[4].

이러한 문제 때문에 영역을 식(1)과 같이 정의한 비채색 영역(Achromatic Region)과 채색 영역(Chromatic Region)으로 나누고 영역간의 유사도 계산에서 사용되는 HSI 컬러모델의 특성들을 영역에 따라 선택적으로 고려한다.

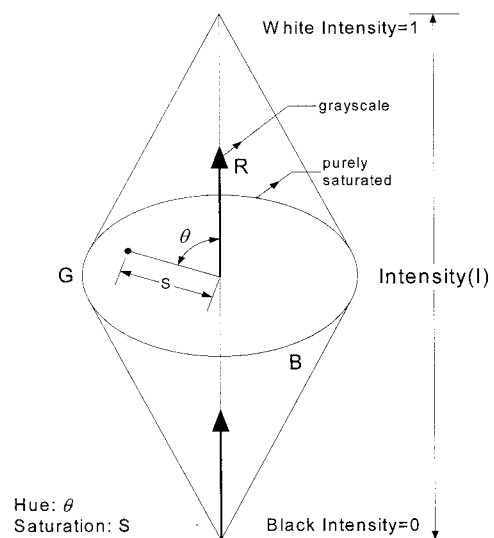


그림 1. HSI 컬러모델^[2]
Fig. 1. HSI color model^[2].

$$\begin{cases} \text{Achromatic Region, } ((I > T_U) \parallel (I < T_L) \parallel (S < T_S)) \\ \text{Chromatic Region, } \textit{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

식(1)에 따라 명도가 매우 낮거나 매우 높은 영역과 채도가 매우 낮은 영역은 비채색 영역으로 분류되고, 이 외의 영역은 명도나 채도에 따라 색상의 식별력이 크게 영향 받지 않는 채색영역으로 분류된다. 따라서 영역 간 유사도 계산 시 비채색 영역에서는 명도값만을 고려하고, 채색영역에서는 색상값, 명도값, 채도값 모두를 고려한다. 식(1)에서 T_U , T_L 그리고 T_S 는 명도에 대한 상한 및 하한의 임계값 그리고 채도에 대한 임계값을 각각 나타낸 것이며, I와 S는 0에서 100으로 정규화한 명도값과 채도값을 각각 나타낸다. 본 논문에서 설정한 명도와 채도의 임계값은 각각 $T_U = 90$, $T_L = 10$, $T_S = 10$ 과 같다.

2. 색상의 주기성

HSI 컬러모델에서 색상값 H 는 아래와 같은 주기성을 가진다.

그림 2에서, C_2 축에서 반시계방향으로 한 점까지 진행하여 얻어지는 양의 각($\in [0, 2\pi]$)이 색상을 나타내는 H 값이다. $H_1 = 0$ (red)과 $H_2 = 5\pi/3$ (magenta)일 경우, 두 색상값의 차는 $H_2 - H_1 = 5\pi/3$ 로 큰 값에 해당된다. 그러나 H_1 에서 시계방향으로 진행하여 얻어지는 H_2 까지 각($-\pi/3$)의 절대치는 큰 값이 아니다. 이것은 색상 값이 갖는 주기성의 한 예로, HSI 공간

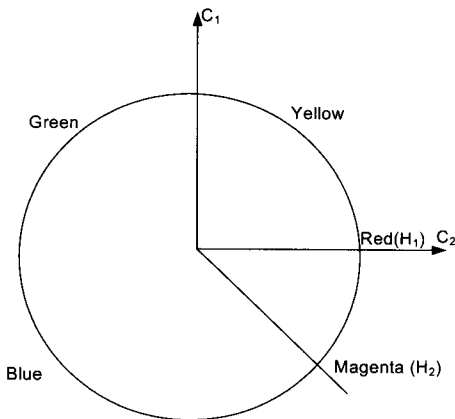


그림 2. 색상값의 분포^[5]
Fig. 2. Distribution of hue value^[5].

에 기반한 컬러 영상분할에서 가장 중요하게 고려되어야 할 특성 중에 하나이다.

색상의 주기성을 고려한 색상에 대한 단방향 거리, 중심점, 중앙점은 다음과 같이 정의할 수 있다^[6].

정의 1: 두 색상값 H_1 과 H_2 간의 거리는 식(2)과 같다.

$$d(H_1, H_2) = \begin{cases} |H_1 - H_2| & |H_1 - H_2| \leq \pi \\ 2\pi - |H_1 - H_2| & |H_1 - H_2| > \pi \end{cases} \quad (2)$$

색상공간은 $[0, 2\pi]$ 구간으로 정의되며, H_1 과 H_2 간의 거리 $d(H_1, H_2)$ 는 $0 \leq d(H_1, H_2) \leq \pi$ 값을 가진다.

정의 2: 두 색상값 H_1 과 H_2 의 단방향 거리는 식(3)과 같다.

$$\bar{d}(H_1, H_2) = \begin{cases} H_2 - H_1 & |H_2 - H_1| \leq \pi \\ H_2 - H_1 - 2\pi & |H_2 - H_1| \geq \pi, H_2 \geq H_1 \\ 2\pi - (H_1 - H_2) & |H_2 - H_1| \geq \pi, H_1 \geq H_2 \end{cases} \quad (3)$$

정의 3: 색상영역에서 두 색상값 H_1 과 H_2 에 의해 결정되는 구간 $[H_1, H_2]$ 는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} &\text{if } |H_1 - H_2| \leq \pi \\ & \quad [H_1, H_2] = \{H | H_1 \leq H \leq H_2\} \\ &\text{if } |H_1 - H_2| \geq \pi \\ & \quad [H_1, H_2] = \{H | \max(H_1, H_2) \leq H \leq 2\pi | 2\pi \leq H \leq \min(H_1, H_2)\} \end{aligned} \quad (4)$$

여기서, 중심점 H_M 은 다음과 같이 정의된다.

$$H_M = \begin{cases} (H_1 + H_2)/2 & |H_1 - H_2| \leq \pi \\ (H_1 + H_2)/2 - \pi & |H_1 - H_2| \geq \pi, (H_1 + H_2)/2 \geq \pi \\ (H_1 + H_2)/2 + \pi & |H_1 - H_2| \geq \pi, (H_1 + H_2)/2 \leq \pi \end{cases} \quad (5)$$

정의 4: 색상영역에서 구간 $[H_1, H_2]$ 내에 있는 n 개의 점 x_1, x_2, \dots, x_n 의 중앙점 X_C 는 다음을 만족한다.

$$\sum_{i=1}^n \bar{d}(X_C, X_i) = 0 \text{ and } X_C \in [H_1, H_2] \quad (6)$$

정리(색상영역에서의 Euclidean 정리) : 색상영역에서 구간 $[H_1, H_2]$ 내에 있는 n 개의 점 x_1, x_2, \dots, x_n 의 중앙점은 식(7)과 같이 나타낼 수

있다.

$$X_C = H_M + \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \bar{d}(H_M, X_i) \quad (7)$$

여기서 H_M 은 구간 $[H_1, H_2]$ 의 중심점으로 식(5)에서 정의하였으며, $\bar{d}(H_M, X_i)$ 는 구간내의 한 점과 중심점간의 단방향 거리를 의미한다.

본 논문에서는 색상의 주기성을 고려하여 단방향 거리와 중앙점을 색상성분의 거리계산과 영역의 색상 대푯값으로 사용하여 영역을 분할한다.

3. Cylindrical metric

본 논문에서 영역간의 컬러 유사도 측정을 위해 사용되는 Cylindrical metric은 채색영역에서 화소간의 투영 거리를 계산하며, 그림 3의 두 화소 a, b 에 대해 Cylindrical metric $d_{cyl}(a, b)$ 는 다음과 같이 정의된다^[8].

$$d_{cyl}(a, b) = (d_I^2 + d_C^2)^{\frac{1}{2}} \quad (8)$$

$$d_I = |I_a - I_b| \quad (9)$$

$$d_C = (S_a^2 + S_b^2 - 2S_a S_b \cos \theta)^{\frac{1}{2}} \quad (10)$$

$$\theta = \begin{cases} H_b - H_a & |H_b - H_a| \leq \pi \\ H_b - H_a - 2\pi & |H_b - H_a| \geq \pi, H_b \geq H_a \\ 2\pi - (H_a - H_b) & |H_b - H_a| \geq \pi, H_a \geq H_b \end{cases} \quad (11)$$

식(8)의 $d_{cyl}(a, b)$ 는 식(9)와 식(10)에서 주어진 d_I 와 d_C 간의 Euclidean distance를 의미한다. 여기서 식(10)의 d_C 는 채색평면에서 색상과 채도성분을 결합한 화소

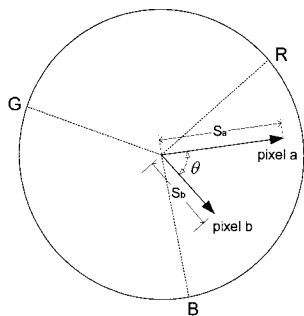


그림 3. HSI 컬러모델의 채색 평면^[8]
Fig. 3. The chromatic plane of HSI color model^[8].

간의 2차원 벡터거리를 나타낸다. 그리고 식(11)의 θ 는 정의 2에서 소개된 화소 간 색상의 단방향 거리를 나타내며, d_I 는 화소 간의 명도차를 나타낸다.

III. 제안한 블록기반 영역분할

본 논문에서 제안한 컬러영상분할 알고리즘의 전체 흐름도는 그림 4와 같다. 여기서 입력된 HSI 영상의 명도와 채도는 0에서 100으로 정규화된 값을 가지며, 색상은 0°에서 360°범위의 각도로 표시된다.

먼저, 영상에서 채도분포를 고려하여 영역 유사도 측정을 위한 임계값을 계산한다. 그리고 분할된 $N \times N$ 화소의 블록들로 초기영역들을 정의하여 각 영역의 명도, 채도에 대한 평균값과 색상에 대한 중앙점을 구한다. $N \times N$ 화소의 블록으로 정의된 영역들은 병합과정에서 8-이웃영역과의 유사도에 따라 병합된다. 병합이 끝나면, 블록의 크기 N 을 $N/2$ 로 축소하고 영역 외곽에서 $N \times N$ 화소의 블록을 추출한다. 병합된 영역과 추출된 외곽블록들로 영역을 재정의한 다음, 8-이웃영역과 유사도에 따라 병합하는 과정을 자연스럽게 영역의 경계선이 얻어지는 화소레벨까지 반복한다. 이 과정에서 병합되지 않은 화소는 앞서 병합된 8-이웃영역 중 Cylindrical metric이 최소인 영역에 병합된다.

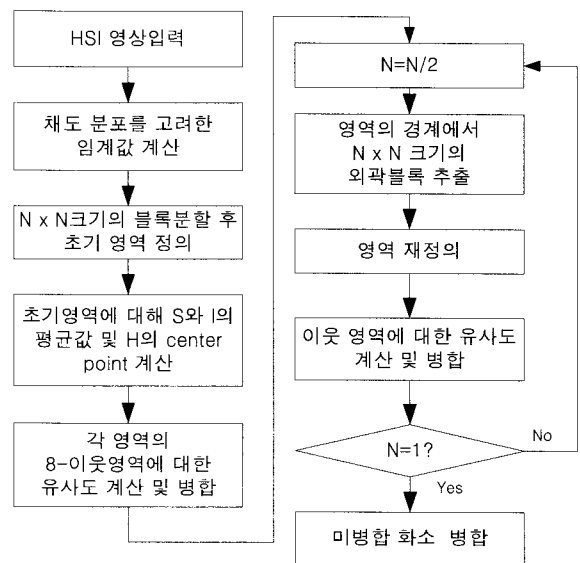


그림 4. 제안한 컬러영상분할 알고리즘
Fig. 4. The proposed color image segmentation algorithm.

1. 채도 분포를 고려한 임계값 계산

본 논문에서 비슷한 특성을 가진 두 영역 a, b 간의 병합은 식(8)의 Cylindrical metric $d_{cyl}(a,b)$ 가 임계값보다 작을 경우에 이루어진다. 임계값은 병합여부를 결정하는 중요한 요소로 두 영역간의 거리 $d_{cyl}(a,b)$ 와 비교될 임계값 또한 Cylindrical metric에 의해 유도되어야 한다. 식(8)~식(11)에 정의된 Cylindrical metric에 기초한 임계값 설정을 위해서는 명도와 색상 성분에 대한 임계값 T_I, T_H 와 채도성분에 대한 임계값 T_{S1}, T_{S2} 가 필요하다.

명도와 색상 성분은 각각 하나의 임계값을 필요로 하는데, 기존방법에서는 입력영상의 명도 히스토그램과 색상 히스토그램에서 전체 화소 수에 대해 $r\%$ 이상의 값을 갖는 이웃한 히스토그램 구간간 거리의 평균으로 T_I 와 T_H 를 계산한다^[4]. 이 방법은 명도와 색상이 고르게 분포된 영상에서는 좋은 분할결과를 가져오지만 특정한 명도나 색상만 사용된 영상인 경우 계산된 임계값이 커져 잘못된 분할결과를 가져올 수 있다.

그림 5는 기존방법으로 임계값을 계산할 때 생길 수 있는 문제점을 보여주는 예로 'tulip' 영상의 명도, 색상, 채도 히스토그램과 각 성분의 임계값을 나타내고 있다

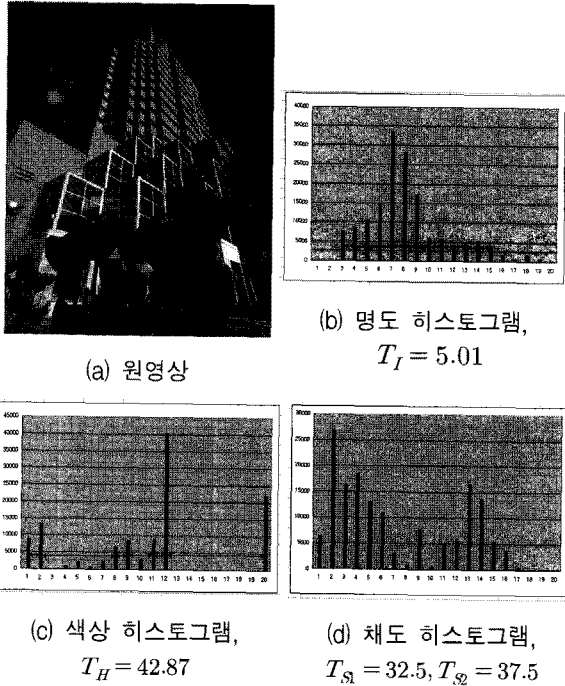


그림 5. 기존 방법에서 임계값 계산(M=20, k=2)
Fig. 5. Calculation of thresholds from each histogram in the conventional method.

'tulip' 영상의 경우 붉은색과 푸른색 계열의 색상이 주로 사용되고, 노란색 계열의 색상은 거의 사용되지 않고 있다. 색상 히스토그램을 보면 사용되지 않는 색상들로 인해 일정값 이상을 갖는 이웃한 히스토그램 구간간의 거리가 너무 커지며, 이를 기반으로 계산된 색상의 임계값도 큰 값을 가지게 됨을 알 수 있다. 이러한 경우 다른 색상으로 식별되는 두 영역이 큰 임계값으로 인해 하나의 영역으로 병합되어 잘못된 분할결과를 가져올 수 있다.

기존방법이 갖는 임계값 계산의 문제점을 고려하여, 본 논문에서는 영상의 명도, 색상 분포와 상관없이 특정 값을 갖는 파라메타 K 를 사용하여, 명도와 색상에 대한 임계값 T_I 와 T_H 를 다음과 같이 정의한다.

$$T_I = K \tag{12}$$

$$T_H = K \times 3.6 \tag{13}$$

채도에 대한 임계값은 영상의 채도 분포를 고려하여 채도 히스토그램에서 가장 빈도수가 높은 영역의 중심 mid를 구한 다음, mid에서 $K/2$ 만큼 떨어진 두 값 T_{S1}, T_{S2} 로 정의한다.

$$\begin{aligned} T_{S1} &= \text{mid} - K/2 \\ T_{S2} &= \text{mid} + K/2 \end{aligned} \tag{14}$$

기존 방법에서는 영역의 질감성분을 고려하기 위해 영역의 표준편차를 임계값 계산에 추가하여 영역별 임계값을 계산한다. 그러나 자연영상에서 나타나는 질감 성분은 비균질 성분이 많고, 실제로 임계값 계산에 고려되는 영역의 표준편차 비율이 크지 않으므로, 본 논문에서는 영역마다 다른 임계값 계산을 대신하여 모든 영역에 적용되는 동일한 임계값 T_R 을 다음과 같이 정의한다.

$$\begin{aligned} d_I &= T_I \\ d_C &= (T_{S1}^2 + T_{S2}^2 - 2T_{S1}T_{S2}\cos(T_H))^{1/2} \\ T_R &= (d_I^2 + d_C^2)^{1/2} \end{aligned} \tag{15}$$

2. 블록단위의 영역 병합

머리카락, 털, 잔디 등은 자연영상에서 흔히 볼 수 있는 질감성분들이다. 이러한 질감성분들은 일정한 패턴을 가지고 주기적으로 반복되기 때문에 화소레벨에서 병합하면 질감영역 전체가 하나의 영역으로 병합되기보다는 질감성분들끼리 작은 영역을 구성하여 과분할되기 쉽다. 따라서 초기 영역병합의 단위로 화소보다 일정한 크기의 블록을 사용하는 것이 더 효율적이다. 본 논문에서는 영역병합에 앞서 영상을 $N \times N$ 화소의 블록으로 나누고 각 블록을 병합을 위한 초기 영역으로 정의한다. 정의된 초기 영역에 대해 채도와 명도의 평균값과 색상의 중앙점을 구한 다음, 영역의 채도와 명도의 평균값과 색상의 중앙점으로부터 8-이웃 영역간의 Cylindrical metric을 계산하여 병합여부를 결정한다.

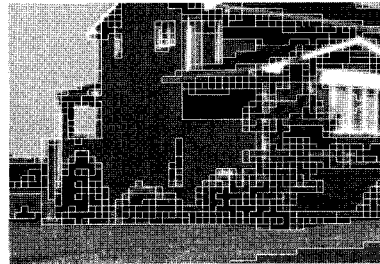
HSI 모델에서 영역을 병합할 때 색상의 경우 주기성 외에도 색상이 갖는 불안정성도 고려해야 한다. 명도가 매우 높거나 매우 낮거나, 채도가 매우 낮은 경우에는 색상값이 부정확하기 때문에 이러한 색상값은 병합시에 배제되어야 한다. 이를 위해 병합될 두 영역 중 한 영역이라도 채도나 명도의 평균값이 식(1)에서 정의한 비채색 영역에 속할 경우 명도의 평균값만을 고려하며, 두 영역 모두 채색영역에 속할 경우에는 두 영역의 채도와 명도의 평균값 그리고 색상의 중앙점으로 Cylindrical metric을 계산하여 병합여부를 결정한다. 본 논문에서 제안한 병합될 두 영역 x, y 의 병합조건은 아래의 식과 같이 정의된다.

$$\begin{cases} |I_x - I_y| \leq T_I, & x \text{ or } y \text{ is achromatic region} \\ d_{cy}(x, y) \leq T_R, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (16)$$

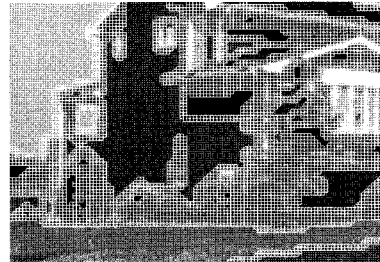
3. 외곽블록의 추출 및 재병합

영상을 블록단위로 병합하면 화소단위의 병합보다 연산속도가 빠르고 질감성분을 가진 영역들이 효율적으로 병합되지만 병합된 영역의 외곽선은 계단 모양과 같은 부자연스러운 형태를 갖는다. 특히, 두 영역의 경계를 포함하는 블록인 경우, 어떤 영역에도 병합되지 못하고 독립된 영역으로 남아있거나 비슷한 경계를 가진 블록끼리 새로운 영역을 구성해서 병합될 수 있다. 또한 크기가 작은 영역은 하나의 영역으로 병합되지 못하고 영역의 경계부분에 포함되어 분리될 수 있다. 따라

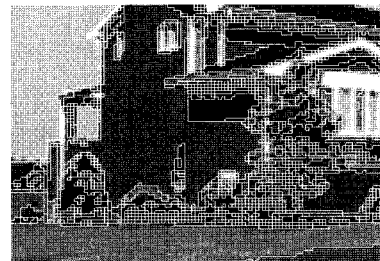
서 1차 병합 후 영역의 경계부분을 자연스럽게 표현하고, 크기가 작은 영역을 제대로 병합하기 위한 후처



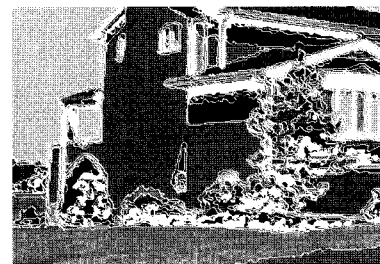
(a) N=8일 때의 블록병합 결과



(b) (a)에서 추출한 외곽블록(N=4)



(c) 외곽블록의 재병합 결과(N=4)



(d) 외곽블록의 재병합 결과(N=1)



(e) 미세영역 제거 결과

그림 6. 외곽블록의 추출과 재병합 과정
Fig. 6. Extraction and remerging of boundary block.

리 과정이 필요하다.

본 논문에서는 다음과 같은 후처리 과정을 사용한다. 먼저 블록의 크기 N 을 $N/2$ 로 축소한 후, 병합된 영역의 경계부분에서 $N \times N$ 화소의 소블록들을 외곽블록으로 추출한다. 추출된 외곽블록들에는 영역의 경계부분 뿐만 아니라 이전 병합단계에서 제대로 병합되지 못한 작은 영역들이 포함되어 있으므로, 추출된 외곽 블록들을 새로운 영역으로 정의한 다음 이를 식(16)의 병합조건에 따라 8-이웃 영역에 병합한다. 이와 같은 외곽블록의 추출 및 재병합 과정을 $N=1$ 이 될 때까지 반복하면, 초기 블록단계에서 나누어져 있던 크기가 작은 영역들도 제대로 병합되고 자연영상이 갖는 영역간의 자연스러운 경계선도 얻을 수 있다. 그러나 추출된 외곽블록들이 병합조건을 만족하지 못하면, 더 작게 분할되어 병합되는 과정을 반복하기 때문에 외곽블록 추출 및 재병합 과정이 완료된 후에도 크기가 작은 영역이 생기게 된다. 이 미세 영역들은 이미 병합된 8-이웃영역 중에서 Cylindrical metric이 최소인 영역에 병합된다.

그림 6은 외곽블록을 추출하여 재병합하는 과정을 보인 것이다. 그림 6(a)은 블록의 크기 N 을 8로 하여 초기병합을 한 결과이며, 그림 6(b)은 그림 6(a)에서 외곽블록을 추출한 결과이다. 그림 6(c)은 그림 6(b)에서 추출된 외곽블록들을 재병합한 결과이며, 그림 6(d)은 이 과정을 화소레벨($N=1$)이 될 때까지 반복한 결과이다. 블록의 크기가 줄어들수록 영역 간의 경계선이 자연스러워지며 이전 단계에서 정의되지 못한 작은 영역이 생겨나는 것을 볼 수 있다. 그러나 마지막까지 병합되지 못하고 남아있는 화소나 크기가 작은 영역으로 분할되어있는 영역이 존재한다. 그림 6(e)는 이러한 미세 영역들을 제거한 결과이다.

IV. 실험결과

제안한 방법을 검증하기 위해 여러 영상에 대해 실험을 실시한 후, 그 결과를 제안한 병합조건을 사용한 화소단위의 병합법(Method-1), 색상의 주기성을 고려하지 않은 블록단위의 병합법^[4](Method-2)과 각각 비교하였다. 분할결과영상에 대한 비교에서는 시각적인 평가와 버클리 영상분할 데이터베이스^[11]를 이용한 평가값 계산을 수행하였다. 여기서 제안한 방법에서 임계값 계산에 필요한 파라메타 K 값은 7로 설정하였으며,

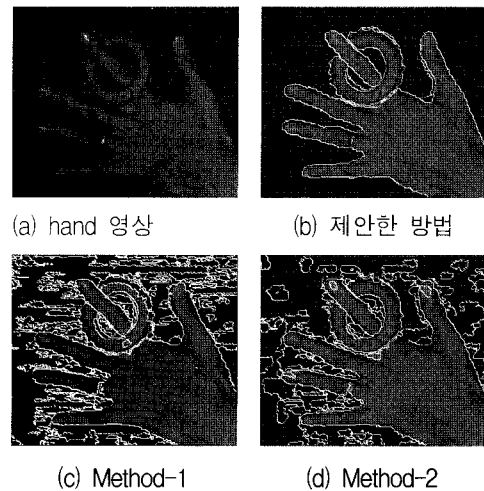


그림 7. 'hand' 영상에 대한 분할결과

Fig. 7. Results of image segmentation for 'horse' image.

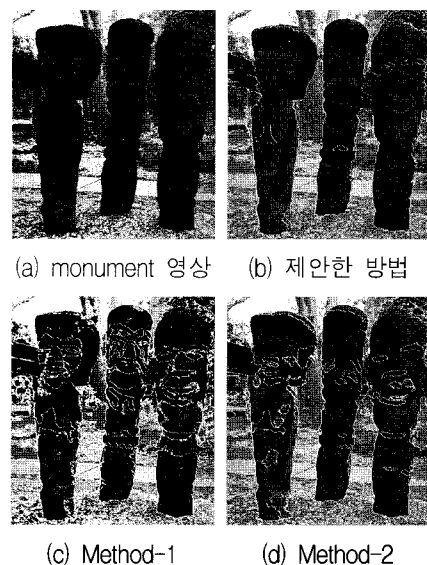


그림 8. 'monument' 영상에 대한 분할결과

Fig. 8. Results of image segmentation for 'monument' image.

Method-1과 Method-2도 제안한 방법과 동일한 임계값을 사용하였다.

그림 7은 질감성분이 있는 배경으로 구성된 'hand' 영상에 대한 제안한 방법과 Method-1 그리고 Method-2에 의한 분할결과영상을 보인 것이다. 화소단위로 분할한 Method-1의 경우 질감성분을 가진 배경부분이 여러 개의 영역으로 분할되었으며, 블록단위로 분할하더라도 색상의 주기성을 고려하지 않은 Method-2의 경우에도 배경부분의 질감성분이 과분할 되었지만 제안한 방법에서는 배경부분을 하나의 영역으로 분할함

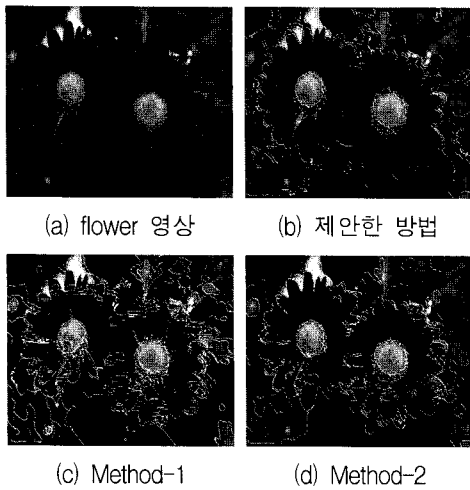


그림 9. 'flower' 영상에 대한 분할결과
 Fig. 9. Results of image segmentation for 'flower' image.

을 알 수 있다.

그림 8은 'monument' 영상의 대해 제안한 방법과 Method-1 그리고 Method-2에 의한 분할결과영상이다. 질감성분이 많이 들어있는 돌이나 나뭇잎부분에서 제안한 방법으로 분할한 결과가 Method-1이나 Method-2의 결과보다 더 자연스러움을 알 수 있다.

그림 9는 색상의 주기성에 의한 문제가 나타나는 붉은 색상의 영역을 가진 'flower'영상에 대한 제안한 방법과 Method-1 그리고 Method-2의 분할결과영상이다. (b)의 제안한 방법의 경우 붉은색이 사용된 꽃잎부분이 자연스럽게 분할된데 비해, Method-1과 Method-2의 경우 꽃잎이나 경계부분이 과분할 됨을 볼 수 있다. Method-1의 경우 화소단위로 병합되었기 때문에 꽃잎 부분에 나타나는 질감특성이 고려되지 못하였으며, Method-2의 경우에는 블록단위로 병합됨에도 불구하고 색상의 주기성 때문에 적절하게 병합되지 못한 붉은 색상의 영역들이 과분할 되었기 때문이다.

버클리 영상분할 데이터베이스는 D. Martin이 구축한 human segmentation 데이터베이스^[11]로서 300개 이상의 다운로드 가능한 자연영상들과 각 영상에 대해 각기 다른 사람들이 분할한 결과를 흰 바탕에 검은 선으로 표시한 다섯 개의 human segmentation (U_1, U_2, U_3, U_4, U_5)를 제공한다.

그림 10은 버클리 영상분할 데이터베이스에서 제공하는 각 영상에 대한 다섯 가지 human segmentation (U_1, U_2, U_3, U_4, U_5)을 보여준다. 같은 영상에 대해 사

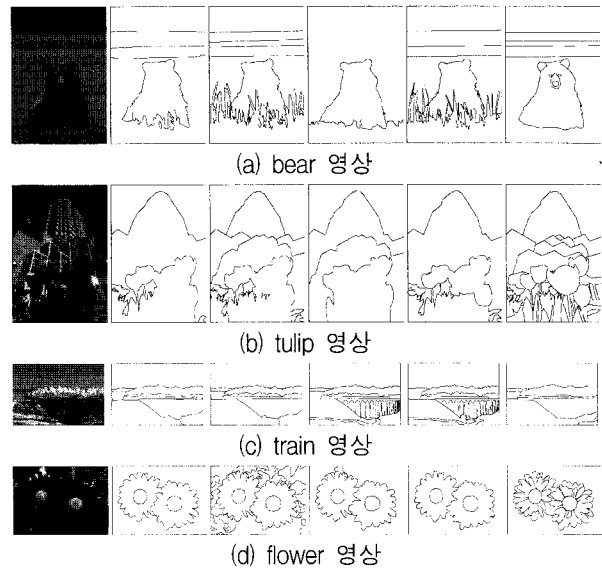


그림 10. 버클리 영상분할 데이터베이스의 human segmentation (U_1, U_2, U_3, U_4, U_5)
 Fig. 10. Human segmentation from Berkeley Segmentation database. (U_1, U_2, U_3, U_4, U_5)

람마다 분할결과가 각기 다름에도 불구하고 이 데이터베이스에서는 인간이 배경과 객체를 인식하는 방식의 일관성을 찾을 수 있다. 이러한 human segmentation 데이터베이스는 복잡한 자연 영상들의 ground-truth segmentation으로 사용될 수 있다.

성능평가를 위해 사용되는 제안한 알고리즘과 ground-truth segmentation 간의 비교값은 Precision과 Recall 계산에 의해 얻어진다.

S_M 을 제안한 방법에 의해 얻어진 경계부분이라고 하고 S_{GT} 를 ground-truth segmentation의 경계라고 하면 Precision P 는 다음과 같이 정의된다.

$$P = \frac{\#(S_M \cap S_{GT})}{\#(S_M)} \tag{17}$$

여기서 #(5)는 분할결과 S 에서 경계가 되는 픽셀들의 수이며 ($S_M \cap S_{GT}$)는 S_M 과 S_{GT} 와의 교집합이다. Recall R 은 다음과 같이 정의된다.

$$R = \frac{\#(S_M \cap S_{GT})}{\#(S_{GT})} \tag{18}$$

평가값 F 는 다음과 같이 정의된다.

$$F = \frac{1}{\alpha \frac{1}{P} + (1-\alpha) \frac{1}{R}} \quad (19)$$

여기서 α 값은 일반적으로 0.5를 사용하며, P, R, F 값이 1에 가까울수록 좋은 분할이다. 과분할 된 영역이 적고 질감영역이 잘 분할될수록 좋은 평가값을 갖는다. 또한 사람마다 영상을 분할하는 방식이 다르기 때문에 성능 평가를 위해서는 하나의 영상에 대해 제안한 알고리즘의 분할결과와 다섯 개의 Human segmentation (U_1, U_2, U_3, U_4, U_5) 간의 F 값을 계산한다^[10~11].

그림 11은 평가값 계산을 위해 그림 10의 'bear', 'tulip', 'train', 'flower' 영상들을 제안한 방법, Method-1 그리고 Method-2로 분할한 결과영상의 경계선을 나타낸 것이다.

표 2는 버클리 영상분할 데이터베이스의 human

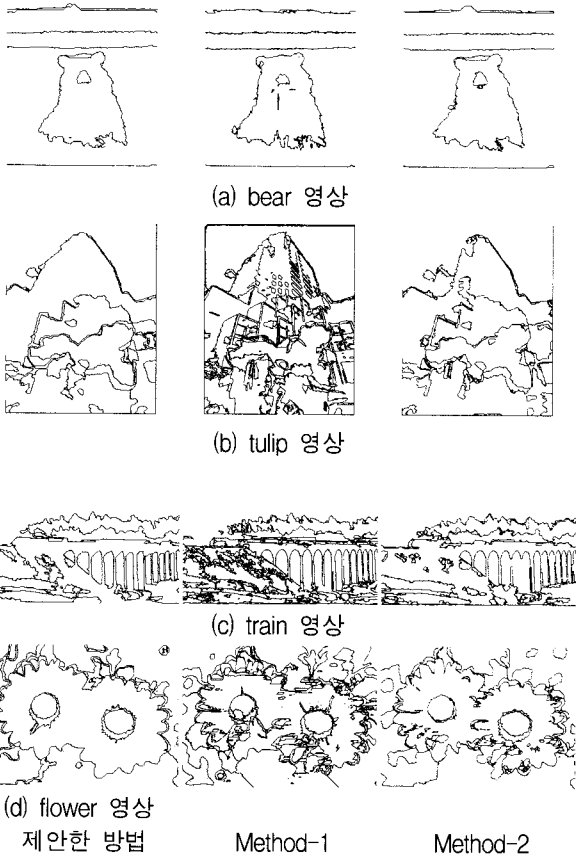


그림 11. 다양한 분할결과의 경계
Fig. 11. Various boundary images of segmentation results.

표 2. 버클리 영상분할 데이터베이스에서 제공하는 ground-truth data를 사용한 평가값
Table 2. Evaluation values using ground-truth data from the berkeley segmentation dataset.

Image 10080 "bear"					
	U_1	U_2	U_3	U_4	U_5
제안한 방법	0.71	0.53	0.47	0.53	0.67
Method-1	0.62	0.48	0.42	0.50	0.63
Method-2	0.68	0.53	0.47	0.53	0.66
Image 86000 "tulip"					
제안한 방법	0.54	0.64	0.47	0.58	0.73
Method-1	0.30	0.38	0.26	0.32	0.50
Method-2	0.46	0.56	0.40	0.49	0.65
Image 182053 "train"					
제안한 방법	0.50	0.50	0.78	0.80	0.50
Method-1	0.40	0.33	0.55	0.57	0.33
Method-2	0.46	0.47	0.71	0.74	0.46
Image 124085 "flower"					
제안한 방법	0.56	0.76	0.58	0.55	0.59
Method-1	0.40	0.60	0.41	0.38	0.55
Method-2	0.52	0.71	0.55	0.50	0.65
Image 42049 "eagle"					
제안한 방법	0.75	0.75	0.74	0.74	0.77
Method-1	0.68	0.68	0.67	0.66	0.70
Method-2	0.70	0.70	0.69	0.69	0.70
Image 145086 "festival"					
제안한 방법	0.55	0.58	0.80	0.73	0.75
Method-1	0.44	0.45	0.67	0.60	0.62
Method-2	0.50	0.51	0.73	0.65	0.68

segmentation(U_1, U_2, U_3, U_4, U_5)을 이용하여, 각 방법에 따라 얻어진 결과영상에 대해 식(19)의 평가함수 값을 계산한 것이다. 대부분의 영상에서 제안한 방법의 평가값이 Method-1과 Method-2보다 크게 나타났는데, 이는 제안한 분할방법이 다른 두 방법에 비해 과분할 현상이 적게 나타나며 질감성분을 가지는 영역을 적절히 분할함을 보여준다.

V. 결 론

본 논문에서는 HSI 컬러모델에서 색상의 주기성을 고려한 새로운 블록단위의 영상분할법을 제안하였다.

색상의 주기성을 고려하여 영역 대푯값으로 사용되는 색상값으로 기존의 평균값 대신 중앙점을 사용하였으며, 컬러 유사도 계산 시에 사용되는 색상차를 구하기 위해 단방향 거리를 사용하여 블록단위의 영상분할을 시행하였다. 또한, 기존방법에서 복잡하게 계산하였던 영역별 임계값 대신 임계값을 조절하는 파라메타

K 와 영역의 채도 분포를 사용하여 전체 영상에 적용되는 임계값을 계산하여 영역 병합에 사용하였다.

제안한 방법을 자연영상에 적용하여 실험한 결과, 기존의 화소단위의 병합법과 색상의 주기성을 고려하지 않은 방법에 비해 질감영역의 과분할 현상이 줄어들었다. 또한 버클리 영상분할 데이터베이스의 human segmentation을 사용하여 평가값을 계산해 본 결과, 제안한 방법이 기존 방법에 비해 자연영상을 더 적절하게 분할함을 알 수 있었다.

향후의 연구과제로는 효율적인 외곽 블록 추출법과 영역 계산법 등이 남아있다.

참 고 문 헌

- [1] N. R. Pal and S. K. Pal, "A review on image segmentation technique," Pattern Recognition, Vol. 26, No. 9, pp. 1277-1294, 1993.
- [2] R. C. Gonzalez, and R. E. Woods, Digital Image Processing, Addison Wesley, 1992.
- [3] 원치선, "내용기반 영상압축을 위한 영상분할," 한국통신학회지, 제14권, 제9호, 96-106쪽, 1996년 9월
- [4] 남혜영, 김보람, 김욱현, "Cylindrical metric을 사용한 블록기반 컬러 영상 분할," 전자공학회지, 제 42권, SP 제 3호, 285-292쪽, 2005년 5월
- [5] Chi Zhang and P.Wang, "A New method of Color Image Segmentation Based on Intensity and Hue Clustering," Pattern Recognition, 2000. Proceedings. 15th International Conference on, Volume 3, Vol3, Page(s):613 - 616, Sept. 2000.
- [6] Wladyslaw Skarbek and Andreas Koschan, "Colour image segmentation-A survey," Institute for Technical Informatics, Technical University of Berlin, October, 1994.
- [7] P. Pujas and M. Aldon, "Robust colour image segmentation," Proc. 7th International Conference on Advanced Robotics (ICAR'95), San Filiu de Guixols, Spain, September 1995.
- [8] N. Ikonomakis, K. Plataniotis, and A. Venetsanopoulos, "A region-based color image segmentation scheme," Pro. Electrical Imaging '99, vol. 3653 of SPIE, (San Jose, California), pp. 1202-1209, Jan 1999.
- [9] M. Borsotti, P. Campadelli, R. Schettini "Quantitative evaluation of color image segmentation results," Pattern Recognition Letters, Vol. 19, pp 741-747, 1998.
- [10] Walter Vanaella, Vincent Torre, "A versatile segmentation procedure," IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Vol.36, pp 366-378, Apr. 2006.
- [11] D. Martin, C. Fowlkes, and J. malik, "A database of human segmented natural images and its application to evaluation segmentation algorithms and measuring ecological statistics," in Proc, AICCV, Vancouver, BC, Canada, Jul. 2001.
- [12] The Berkeley Segmentation Dataset and Benchmark [Online]. Available: <http://www.eecs.berkeley.edu/Research/Projects/CS/vision/bsds/>

저 자 소 개



남 혜 영(정회원)
 1995년 대구가톨릭대학교 전자계산학과 졸업(이학사).
 1997년 대구가톨릭대학 전자계산학과 대학원 졸업(이학석사).
 1999년~현재 영남대학교 박사과정

<주관심분야 : 패턴인식, 문서처리>



김 욱 현(정회원)
 1981년 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사).
 1983년 경북대학교 전자공학과 졸업(공학석사).
 1993년 일본 쓰쿠바대학 공학연구과 졸업(공학박사).

1983년~1993년 한국전자통신연구소 선임연구원.
 1993년~현재 영남대학교 전자정보공학부 교수
 <주관심분야 : 시각정보처리, 패턴인식, 화상처리>