Mean Shift와 영역병합을 이용한 칼라 영상 분할

A Color Image Segmentation Using Mean Shift and Region merging method

곽내정, 권동진*, 김영길*
목원대학교, 충북대학교*

Kwak Nae-Joung, Kwon Dong-Jin*, Kim Young-Gil*
Mokwon Univ., Chungbuk National Univ.*

요약

mean shift 방법은 공간적 요소와 특징 요소를 결합하여 칼라 영상을 분할하는데 좋은 효율을 보인다. 그러나 입력되는 매개변수에 따라 분할된 결과가 달라지며 매개변수의 값이 작을 경우 많은 영역으로 분할되는 단점이 있다. 본 논문은 이러한 단점을 개선하여 mean shift로 분할된 영상이 과도하게 분할되었을 경우 영역병합 방법을 이용하여 유사영역을 병합 하는 방법을 제안한다. 제안방법은 과분할된 영상을 HSI 공간으로 변환하여 색상 정보를 이용하여 유사영역으로 병합하며 이때 경계영역을 보존하기 위해 병합 제한자를 이용하여 병합유무를 결정한다. 그 후 RGB 컬러 공간을 이용하여 HSI 컬러 공간에서 병합되지 않은 영역들을 병합하였다. 실험 결과는 다양한 영상에 대해 주요 영역들의 분할 결과에서 우수한 성능을 보여준다.

Abstract

Mean shift procedure is applied for the data points in the joint spatial-range domain and achieves a high quality. However, a color image is segmented differently according to the inputted spatial parameter or range parameter and the demerit is that the image is broken into many small regions in case of the small parameter. In this paper, to improve this demerit, we propose the method that groups similar regions using region merging method for over-segmented images. The proposed method converts a over-segmented image in RGB color space into in HSI color space and merges similar regions by hue information. Here, to preserve edge information, the proposed method use by merging constraints to decide whether regions is merged or not. After then, we merge the regions in RGB color space for non-processed regions in HSI color space. Experimental results show the superiority in region's segmentation results.

I. 서 론

영상 분할은 주어진 영상에서 관심 영역을 추출하는 컴퓨터 비젼 분야에서 매우 중요한 단계로서 최근 MPEG-4의 표준화가 제정됨에 따라 영상 분할의 중요성이 더욱 커지고 있다. 이는 MPEG-4의 부호화 방식이 이전의 부호화 방식과 달리 객체를 기반으로 이루어지고 있기 때문이다. 이러한 영상 분할 기법은 영상을 분석하여 정보를 얻고자 할 때 사용하는 일반적인 전처리 단계로 영상을 겹쳐지지 않는 동질 영역들의 집합으로 나누는 기법이다[1].

영상 분할 알고리즘에는 영역 기반 기법(region- based approach)과 에지 기반 기법(edge-based approach)이 있다. 영역 기반 기법은 동일한 영역 내의 인접 픽셀은 명암도, 컬러, 텍스쳐 등의 특성이 유사하다는 것을 기반으로 하여 공간적으로 인접된 영역을 그룹화하는 방법이다. 잘 알려진 영역 기반 방법은 영역 성장(region growing), 영역 분리 및 병합(region splitting and merging), 클러스터링 방법 등이 있다[2]. 영역 성장 방법은 초기 영역으로부터 유사한 성질을 가지는 이웃 화소들을 그룹화하여 점차적으로 영역을 병합시켜 나가는 방법으로 전체적인 영역 확장은 모든 화소가 병합 기준에 따라 영역들에 포함될 때까지 반복적으로 수행된다. 이러한 영역 성장 방법은 초기 영역 선택에 따라 다른 분할 결과를 가져 올 수 있으며 특히, 초기 영역이 에지에 놓일 경우 에지 부분은 칼라의 변화가 심하기 때문에 서로 다른 객체들과 병합될 수 있기 때문에 잘못된 분할 결과가 발생될 수 있다[2][3].

영역 분리 및 병합 방법은 분리 과정과 병합 과정을 통하여 임의의 모양의 균질한 영역(homogeneous region)을 추출하는 분할 방법으로 분할 과정에서는 일반적으로 사분목(quad-tree) 구조가 많이 이용된다. 이 방법은 비교 조건에 많은 영향을 받게 되며 분할 조건은 영역 내 화소들의 밝기가 일정하고 잡음에 의한 영향이 적다는 가정 하에 사용됨으로써 일반적인 자연 영상에서는 효과적인 결과를 얻을 수 없고 윤곽 정보가 손실이 되는 단점이 있다[3].

클러스터링 방법은 비교적 구현이 간단한 K-means 방법과 Fuzzy C-means(FCM) 클러스터링 방법이 이용되고 있으나 이들 방법은 분할되는 클러스터의 수를 미리 지정해야하며 또한 초기 클러스터 중심의 위치를 추정하는데 어려움이 있고 반복 처리로 인해 수행 시간이 많이 소요된다[4]. 이러한 방법에서 영상 분할은 클러스터 원형(prototype)과 영상 픽셀 사이의 fuzzy/possibilistic 거리와 결합되는 기준함수의 전역 최소점으로 얻어진다. Comaniciu[5]등은 영상의 특징 공간을 분석하여 확률적으로 가장 높은 밀도 영역을 찾는mean shift 필터를 이용하는 방법을 제안 했다. mean shift 필터는 지역적인 밀도가 최대인 점을 가리키는 mean shift 벡터를 따라 클러스터의 픽셀과 중심점을 변경함으로 클러스터를 분할한다. 이 방법은 상대적으로 만족스러운 결과를 가져왔으나 영상 분할 시 입력되는 특징 윈도우의 크기가 작을 경우 과분할되는 단점이 있다.

본 논문은 이러한 단점을 개선하여 과분할된 영상을 적응적 병합 임계값을 이용하여 객체 중심으로 분할되면서 영역의 경계선을 보존하는 영상 분할 기법을 제안한다.

Ⅱ. Mean shift 알고리즘

Mean shift 알고리즘은 샘플점들의 분포에서 주요한 모드를 찾기 위한 비모수적 통계적 방법이다[5][6].

d 차원의 공간 Rd에서, n 개의 데이터 집합 $\{x_i\}_{i=1\cdots n}$ 이 주어졌을 때 다변량 커널 밀도 추정기는 다음과 같다.

$$\hat{f}(x) = \frac{1}{nh^d}\sum_{i=1}^{n} k\left(\frac{x-x_i}{h}\right) \qquad (1)$$

여기서 K(x)는 커널이고 윈도우의 반지름은 h이다.

밀도 f(x)의 국부 최대가 되는 모드는 그레디언트(gradient) ▽f(x)가 0인 경우 사이에 위치한다. 이것은 다음과 같이 표기한다.

$$g(x) = -k'(x) \qquad (2)$$

여기서 k(x)는 커널 함수 K(x)의 프로파일(profile)이다.

만일 g(x)가 커널 함수 G(x)의 프로파일이면 G는 커널 K의 shadow라 불린다[6].

밀도의 모드를 찾는 것은 밀도를 추정하여 평균 이동(mean shift)의 수렴점을 찾는 것으로 다음 식과 같이 수행된다[5].

$$m_{h,G}(x) = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i g\left(\left\|\frac{x-x_i}{h}\right\|^2\right)}{\sum_{i=1}^{n} g\left(\left\|\frac{x-x_i}{h}\right\|^2\right)} - x \qquad (3)$$

즉, 커널 G를 사용해서 x와 샘플 평균 사이의 차가 0으로 수렴하는 점을 찾는 것이다.

우리는 shadow 커널 G로 샘플 평균의 연속적인 위치를 $\{\{y_j\}_{j=1,2,\cdots,}$로 표현한다.

$$y_{j+1} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i g\left(\left\|\frac{x-x_i}{h}\right\|^2\right)}{\sum_{i=1}^{n} g\left(\left\|\frac{x-x_i}{h}\right\|^2\right)} \quad j = 1, 2, \cdots \qquad (4)$$

여기서 y_{j+1}은 커널 G로 계산된 $x = y_j$에서 가중치 평균이고 y_1은 커널의 초기 위치의 중심이다.

이러한 mean shift 알고리즘을 이용하여 영상을 분할하는 방법은 다음과 같다.

$\{x_i\}_{i=1\cdots n}$를 영상 데이터라 하고 $\{\{z_j\}_{j=1,2,\cdots}$는 수렴점, $\{L_j\}_{j=1,2\cdots}$는 다른 영역들의 레이블이라 하자.

(1) 각각 j=1,2,⋯,n 에 대해 x_j에 대해 mean shift 필터링을 실행한다. 그리고 z_j 에 수렴점을 저장한다.
  1) k=1과 $y_1 = x_j$로 초기화한다.
  2) 식 (4)를 적용하여 수렴이 될 때까지 k=k+1을 수행하면서 계산한다.
  3) x_j의 위치에서 필터된 데이터는 수렴점의 특징(range) 값을 갖게 됨을 기술하는 $z_j = (x_j^s, y_{conv}^r)$ 를 할당한다.
(2) 공간영역에서 윈도우 매개변수 h_s 와 특징 영역에서 윈도우 매개변수 h_r보다 더 밀접한 모든 z_j를 함께 그룹화함으로 클러스터 $\{C_p\}_{p=1,2,\cdots,m}$를 표현한다.
(3) j의 값에 따라 레이블 $L_j = \{p \mid z_j \in C_p\}$ 를 할당한다.
(4) 선택적으로 M 화소보다 작은 영역을 제거한다. 여기서 s와 r은 공간 영역과 특징 영역의 벡터이다.

Ⅲ. Mean shift 알고리즘과 영역병합 방법을 이용한 영상 분할

mean shift 알고리즘을 이용한 영상 분할은 상대적으로 만족스러운 결과를 가져왔으나 영상 분할 시 입력되는 공간 윈도우와 특징 윈도우의 크기가 작을 경우 과분할되는 단점이 있다. 본 논문은 이러한 단점을 개선하여 과분할된 영상을 적응적 병합 임계값을 이용하여 객체 중심으로 분할되면서 영역의 경계선을 보존하는 영상 분할 기법을 제안한다.

제안 방법은 과분할된 영상의 영역 병합을 위해 먼저 원영상을 RGB 컬러 공간에서 HSI 컬러 공간으로 변환한다. 여기서 HSI 컬러 공간은 색상(hue), 채도(saturation), 명암도

(intensity)로 구성되며 물체의 주색을 반영한 것으로 색상과 채도 성분이 인간이 색을 인지하는 요소이다[7]. 또한 음영, 투영 그리고 반사된 빛과 같은 비균일한 조명의 영향을 적게 받기 때문에 컬러 분할에 많이 사용된다. 그러나 색상을 이용하여 영역을 병합할 경우 인접 영역이 서로 다른 물체이지만 같은 색상 값을 갖는 경우가 발생하여 서로 다른 물체나 배경이 병합될 수 있고, 주요 영역간의 경계선이 모호해질 수 있다. 또한 대부분이 명암도가 낮은 부분은 음영 영역이며, 채도가 낮은 부분은 색이 바라거나 희미한 영역이다. 따라서 낮은 명암도와 채도에서 시각적으로 인지되지 않는 여러 다른 색상 값이 존재하며 병합되어야 할 부분이 병합되지 않거나 병합되지 않아야 할 부분이 병합된다.

따라서 본 논문에서는 이러한 단점을 해결하고자 영역 병합 제한들을 적용하였다. 영역 병합 제한은 물체와의 경계 부분에 존재하는 특성들에 대해 영역 병합 처리시 제한 조건을 두어 처리를 하지 않음으로서 경계선을 보존하고 낮은 명암도와 채도의 영향을 줄이기 위한 것이다. 영역 병합 제한들은 HSI 컬러 공간의 채도와 명암도, 에지이다. 에지는 HSI 칼라 공간의 명암도에서 소벨 연산자를 적용하여 산출된 것이다. 병합 처리될 화소의 명암도와 채도가 각각의 임계값보다 낮거나 에지가 임계값보다 클경우 이 화소는 영역 병합 대상에서 제외되며 병합처리를 하지 않는다. 그리고 제한 조건에 모두 해당이 되지 않는 경우 동일한 색상 값을 갖는 인접 영역들과 병합한다.

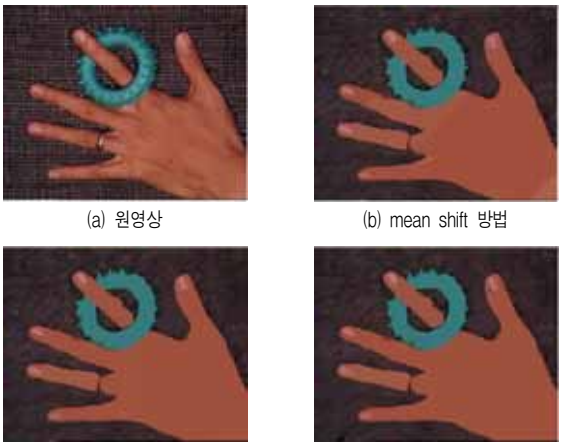
영역 병합 이후의 결과 영상에는 잡음 성분과 같은 많은 미소 영역들이 존재하며 그런 영역들을 제거하기 위한 처리가 요구된다. 제안방법은 영역의 면적에 제한을 두는 방법을 사용하였다. 히스토그램 기법을 이용한 영역 레이블의 빈도수를 조사하여 영역 임계치보다 작은 영역들을 RGB 유클리디언 거리를 이용하여 색차의 거리가 최소가 되는 인접 영역에 병합한다.

Ⅳ. 실험 및 결과

본 논문에서는 제안한 방법의 성능을 평가하기 위해 다수의 다양한 컬러 영상을 대상으로 Pentium Ⅳ 850MHz, RAM 256MB 환경 하에 Microsoft Visual C++ 6.0을 이용하여 시뮬레이션을 하였다.

본 실험에서는 먼저 영상을 mean shift 알고리즘을 이용하여 분할한 후 HSI 컬러 공간의 색상 성분을 이용한 영역 병합에서 적용된 경계선 제한 성분인 에지, 채도, 명암도의 임계치는 각각 전체 에지의 평균, 0.3, 0.4이다. RGB 컬러 공간을 이용한 영역 병합에서 RGB 유클리디언 거리의 임계치는 50으로 정하였다.

그림 1은 원영상과 제안방법에 의한 결과영상이다. (b)는 원영상을 mean shift 알고리즘을 이용하여 분할한 영상으로 공간적 윈도우 매개변수를 10, 특징 윈도우 매개변수를 10로 설정했다. (c)는 (b) 영상을 색상 성분과 영역병합 제한자에 의해 병합한 영상, (d) 영상은 미소영역을 RGB 칼라 공간에서 병합한 최종 결과 영상이다. (b)의 mean shift 영상이 제안 방법에 의해 병합되었을 때 좀 더 객체 단위로 병합됨을 볼 수 있다.



(a) 원영상 (b) mean shift 방법

(c) 색상 정보에 의한 병합영상 (d) RGB 컬러 공간에서 병합영상

▶▶ 그림 1. 제안된 방법의 단계적 처리 결과

그림 2는 mean shift 영상과 제안 방법을 woman 영상과 house 영상에 적용한 결과를 보였다. (a)는 woman 영상에 mean shift 알고리즘을 적용했을 때의 영상으로 공간적 윈도우 매개변수를 4, 특징 윈도우 매개변수를 4로 주었을 경우이고 (b)는 제안방법에 의해 영상을 병합한 결과이다. (c)는 house 영상을 공간적 윈도우 매개변수를 10, 특징 윈도우 매개변수를 8로 하여 mean shift 알고리즘을 적용한 영상이고 (d)는 제안방법을 이용하여 병합한 영상이다. (b)와 (d)는 (a)와 (c)에 비해 세부적인 영역들이 병합되었음을 보여준다.

(a) mean shift 알고리즘 결과 영상 (b) 제안방법에 의한 결과 영상

(c) mean shift 알고리즘 결과 영상 (d) 제안방법에 의한 결과 영상

▶▶ 그림 2. 제안방법의 결과영상

표 1은 그림 1과 그림 2의 영상의 mean shift 알고리즘과 제안방법의 분할 영역 수이다. 결과는 제안방법을 적용할 경우 과분할된 영상의 영역이 현저히 줄어들게 됨을 보여준다.

[표 1] mean shift 알고리즘과 제안방법의 분할영역의 수

영상	mean shift 알고리즘	제안방법
hand	3329	606
woman	1276	384
house	917	364

V. 결 론

본 논문은 mean shift 알고리즘에 의해 과분할 된 영상을 영역병합 방법을 이용하여 후처리함으로 객체 중심으로 영상을 분할하는 방법을 제안한다. 제안방법은 mean shift 알고리즘에 의한 영상을 HSI 컬러공간에서 색상 성분을 이용하여 병합한다. 이때 영상의 경계선 영역을 보존하기 위해 영역병합 제한자를 사용하여 영역의 병합 유무를 결정하며 미소영역을 병합하기 위해 RGB 컬러 공간에서 유클리디언 거리를 이용하여 다시 영역을 병합한다. 제안방법에 의한 결과영상은 mean shift 알고리즘의 과분할 영상을 영상의 경계를 보존하면서 객체 중심으로 병합하였음을 보여준다. 향후 mean shift 알고리즘에 의한 분할 영상의 과분할 정도를 판단할 수 있는 기준에 관한 연구가 필요하며 이로 과분할 영상으로 판단된 영상에 대해 영역 병합시 적응적 임계값을 적용함으로 더 좋은 결과 영상을 얻는 연구가 필요하다.

▌참 고 문 헌▌

[1] H. D. Cheng, X. H. Jiang, Y. Sun and J. Wang, “Color image segmentation : advances and prospects,” Pattern Recognition, Vol.34, No.12, pp.2259-2281, 2001.

[2] H. D. Cheng, X. H. Jiang, Y. Sun and Jingli Wang, "Color image segmentation: advances and prospects,“ Pattern Recognition, Vol.34, No.12, pp.2259-2281, 2001.

[3] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, Digital Image Processing, Addison Wesley, pp.458-465, 1992.

[4] 엄경배외 1, “Possibilistic C-mean 클러스터링과 영역 확장을 이용한 컬러 영상 분할,” 전자공학회 논문집, 제34권 제3호, pp.371-381. 1997.

[5] D. Comaniciu and P. Meer, "Mean shift: a robust approach toward feature space analysis," PAttern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on, Vol.24, pp.603-619, 2002.

[6] Y.Cheng, "Mean shift, mode seeking, and clustering," Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on, Vol.17, pp.790-799, 1995.

[7] H. D. Cheng, Y. Sun, "A hierarchical approach to color image segmentation using homogeneity,“ IEEE Transaction on Image Processing, Vol. 9, No, 12, pp. 2071-2082, 2000.