픽셀간의 칼라공간에서의 거리와 이웃관계를 고려하는 클러스터링을 통한 칼라영상 분할

김황수, 이화정
경북대학교 컴퓨터과학과

Color image segmentation based on clustering using color space distance and neighborhood relation among pixels

Kim Hwang-soo, Lee Hwa-jeong
Department of Computer Science ,Kyungpook National University

요 약

본 논문에서는 칼라공간상의 거리와 이웃정보를 이용한 클러스터링을 통한 칼라영상 분할 방법을 제안한다. 영상의 픽셀들을 이웃관계를 유지하며 칼라공간으로 매핑한다 칼라공간상에서 이웃하는 픽셀들을 클러스터링 하여 영상의 세그먼트들을 찾는다. 클러스터링 방법으로서 인력을 모방하는 클러스터링(gravitational clustering)을 사용하였다. 이 방법으로 클러스터의 중심값과 클러스터 수를 미리 경해주지 않아도 자동적으로 결정할 수 있는 장점이 있다. gravitational 클러스터링에서 찾은 클러스터 수를 가지고 다른 클러스터링 방법에 입력으로 주어 결과를 비교해 본다 본 논문에서는 이웃관계를 따라 클러스터링하는 것이 정확한 경계선을 찾는데 효과적임을 보여준다

1. 서 론

영상분할은 주어진 영상을 비슷한 영역으로 분할하는 과정을 말하며 이 과정을 통해 얻어진 정보는 물체인식 시스템의 상위 단계에서 중요한 정보로 이용된다[1,2]. 영상분할의 결과로 얻어진 영역들의 경계선은 영상속에 포함된 물체의 형태에 관한 정보를 그대로 유지하면서 영상 인식의 상위단계에서 처리해야할 자료의 양을 크게 줄일 수 있고, 많은 물체인식 알고리즘과 쉽게 결합가능하다는 장점이 있다. 영상의 영역을 분할하기 위한 기법들은 오래전부터 활발한 연구가 진행되고 있다[2]. 영상분할 기법은 크게 image space segmentation과 measurement space segmentation으로 나눌 수 있다 split/merge , region growing 등이 전자에 속하고 histogram 분할 또는 칼라공간상의 클러스터링이 후자에 속한다.

measurement space segmentation에서는 클러스터링에서의 클러스터링을 통하여 분할하는 경우가 많은데[3,4,5], 이 경우 입력으로 주어지는 클러스터의 개수와 초기 클러스터 중심값에 결과가 상당한 영향을 받으며 대부분의 방법들은 적절한 클러스터의 개수를 자동적으로 결정하지 못한다. 따라서 본 논문에서는 이러한 단점이 없으며 지연현상에 근거한 gravitational clustering[6]방법을 사용하였다. 또한 칼라공간상의 거리와 이웃관계를 이용한 클러스터링을 통하여 칼라영상분할을 하므로 image-space와 measurement space의 혼합형이라 할 수 있다. 그리고 centroid replacement method[6]와 가중치를 적용하여 centroid replacement method를 수정한 방법도 사용하여 결과를 비교하였다.

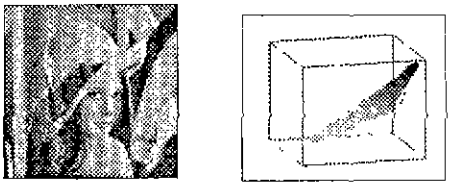
본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 여러 가지 클러스터링 방법과 본 논문에서 제안하는 칼라공간상의 거리와 이웃관계를 이용하여 클러스터링하는 방법을 설명하고 3장에서는 클러스터링으로 영상분할하는 과정을 다룬다. 그리고 4장에서는 실험결과를 보이고, 마지막으로 5장에서 결론을 맺는다.

2. 클러스터링 및 영상 분할

2.1 영상을 칼라공간으로 mapping

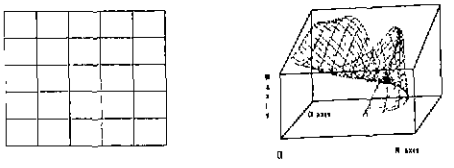
개념적으로 칼라영상의 한 픽셀은 5-tuple (r,g,b,x,y)이라 생각할 수 있다. 대개의 measurement space영상분할 방법에서는 그림1(b)와 같이 (x,y)는 무시되는 (R,G,B)공간상의 히스토그램만을 이용하지만 여기서는 (R,G,B)와 (x,y)모두를 사용하며, 이들의 성격은 서로 다르기 때문에 클러스터링에서

이들 정보를 달리 이용하여야 한다 본 논문에서 (R,G,B)는 공간을 , (x,y)는 이웃관계로 생각한다. 그림 1은 영상을 RGB 공간상에 점으로 나타낸 것이다.



(a) 원래의 영상 (b)칼라공간으로 매핑한 영상

그림 1 영상의 픽셀을 칼라공간의 점으로 매핑



(a)2차원에서의 4-neighbor로 연결된 영상 (b) 영상의 이웃관계와 픽셀을 RGB공간상에 표현

그림 2 . spatial domain과 color domain에서의 픽셀

그림 2 (b)는 이웃관계까지 고려하여 픽셀을 칼라공간상에 나타낸 그림이다. 본 논문에서는 영상의 픽셀들을 RGB칼리공간의 한 입자로 나타내고 입자들을 이웃관계에 따라 연결되어 있다고 생각한다.

2.2 이웃관계를 이용한 gravitational 클러스터링

gravitational 클러스터링은 n-차원 공간상의 자료들에 대하여 클러스터 분석을 수행하는 방법으로서[6], 자연계의 물리적인 인력 모형을 클러스터링에 적용한 것으로 각각의 자료를 입자로 간주하고, 입자들이 인력에 따라 서로 끌어 당겨 가까이 있는 입자(자료)들끼리 합치지게 한다. 이 방법은 클러스터의 개수를 미리 주지 않아도 자동적으로 클러스터를 이룰 수 있는 장점이 있다. 초기 상태에는 각 입자가 하나의 클러스터를 구성한다고 둔다 입자 상호간의 중력에 의해 각 입자가 받는 힘 만큼 입자가 칼라공간에서 이동하고 입자 상호간의 거리가 일정한 거리 안에 속하면 결합이 이루어지고 클러스터도 연합하게 된다. 이 과정을 계속하면 궁극적으로는 모든 입자(자료)가 하나의 클러스터로 뭉치지게 되므로 이에 대한 대책이 필요하며, 가장 적합한 수의 클러스터를 알아내는 방안을 마련하여야 한다. 한가지 방법으로서 [6]에서는 모든 클러스터들이 하나로 뭉치전 때까지 반복하고, 클러스터간의 결합하는 시간을 측정하여 다음으로 합치질 때까지 걸리는 시간이 가장 긴 상태를 최적의 클러스터링으로 간주하였다. 이 방법은 모두 하나가 될 때까지 계산하여야 하므로 시간이 많이 걸리는 단점이 있다. 다른 방법으로서 인력이 작용하는 거리에 제한을 두는 방법인데[7], 계산속도는 개선되지만 이는 또하나의 threshold를 도입하는 것으로 볼 수 있다. [7]에서는 인력의 작용 범위를 고정된 함수로 주었는데 이것도 SOFM[8]의 이웃함수 개념을 도입하여 초기에는 작용범위를 크게주고 반복회수에 따라 점점 그 범위를 줄여가는 방법을 실험하고 있다. 자연계의 현상을 충실히 모형화 한다는 관점에서 우리가 고려하고 있는 또 하나의 방법은 "팽창하는 우주" 개념을 도입하는 것이다. 여기서는 각 입자들이 인력에 의하여 거리가 가까워짐과 우주(공간)의 팽창에 의하여 거리가 멀어짐이 균형을 이룰 때를 적합한 클러스터링으로 간주하는 것이다 입자들의 인력으로 이동하는 식은 Newton의 방정식으로 다음과 같이 구할 수 있다.

질량이 m_i인 입자 i와 m_j인 입자 j 사이에 작용하는 인력은 만유인력 상수를 G라 할 때

$$F_{ij} = G\frac{m_i m_j}{|\vec{s_j}(t) - \vec{s_i}(t)|^2} = m_i \vec{a_{ij}}(t) \quad (1)$$

이고, i의 j방향 가속도는 $\vec{a_{ij}}(t) = G\frac{m_j}{|\vec{s_j}(t) - \vec{s_i}(t)|^2}$ 이다.

입자 i의 전체적 가속도를 벡터 합 $\vec{a_i} = \sum_{j \neq i} \vec{a_{ij}}$ 이라 하면

$$\vec{v_i}(t) = \vec{v_i}(t-1) + \vec{a_i}(t) \cdot t \quad (2)$$

$$\vec{s_i}(t) = \vec{s_i}(t-1) + \vec{v_i}(t) \cdot t$$

$$= \vec{s_i}(t-1) + \vec{v_i}(t-1) \cdot t + \frac{1}{2}\vec{a_i}(t) \cdot t^2 \quad (3)$$

로 속도 v 및 위치 s를 구할 수 있다. 본 논문에서는 입자의 위치가 각 시간 단위에서 v(t)=0 으로 두고 가속도에만 의존한다고 가정하며 이를 바코프 모델[6]이라 한다. 따라서 위치를 계산하는데 사용되는 gravity 함수는

$$\Delta\vec{s_i}(t) = \frac{1}{2} \times \sum_{j \in N, j \neq i} G\frac{m_j}{|\vec{s_j}(t) - \vec{s_i}(t)|^2} \cdot \frac{\vec{s_j}(t) - \vec{s_i}(t)}{|\vec{s_j}(t) - \vec{s_i}(t)|} \quad (4)$$

이 된다 여기서

$\Delta\vec{s_i}(t)$: 시간 t에서 입자 i의 변위량

N: 현재 남아있는 입자(클러스터)들의 집합이다

본 논문에서는 일반적인 measurement space-based segmentation[2,7]과는 달리 그림1의 (b)와 같이 그물 구조의 이웃관계를 따라 클러스터링한다. 입자의 위치는 $\Delta\vec{s_i}$함수에 의해 계속 달라지고 입자들이 일정한 거리 안에 있으면 결합하는데 그 거리의 범위를 그림 3과 같은 거리 히스토그램을 이용하여 얻는다 거리 히스토그램은 각 픽셀과 그 이웃(본 논문에서는 8-neighbor)과의 칼라공간 상에서 거리차를 누적시켜 만든 것이다. 이렇게 함으로써 영상의 복잡을 고려한 결합할 거리의 범위를 얻을 수 있다. gravitational 클러스터링 방법과 비교하기 위해 centroid replacement method를 사용하였는데 이 방법은 입자의 이웃중 거리차가 가장 작은 입자쌍을 골라 그 중간 값으로 결합하는 과정을 반복하여 클러스터

링하는 방법이다. centroid replacement method에서 결합될 거리의 threshold는 거리히스토그램으로 구하고 결합될 때의 중간값은 클러스터 질량을 가중치로 줘서 변형하면 더 정확한 분할을 얻을 수 있다.

RGB의 3차원 클러스터링을 통하여 영상 내의 각 픽셀들이 소속된 클러스터와 클러스터의 중심값을 얻을 수 있다. 위의 클러스터 결과 계산된 클러스터 수와 각 화소들의 클러스터 인덱스를 이용하여 영상을 분할한다. 이 분할은 각 클러스터에 속한 픽셀들의 칼리값을 클러스터의 중심값으로 대치하여 얻는다. 본 논문에서는 이웃관계를 고려하여 클러스터링 하기 때문에 RGB공간에서는 비슷한 값을 가지더라도 영상에서 다른 곳에 위치한 영역은 별개의 클러스터를 형성하므로 클러스터 개수는 세그먼트 개수와 같게 된다.

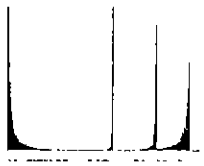
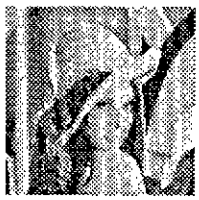


그림 3. 거리 히스토그램 (▾표로 표시된 곳은 valley)

3. 실험 결과

본 논문에서는 칼라 영상(트루칼라)을 입력으로 하였으며 visual c++언어로 펜티엄 PC에서 구현했다. 이웃은 주위 8개로 했으며 클러스터링이 반복되어 이웃관계가 변하면 클러스터에 속하는 픽셀들의 주위 8개가 포함되는 클러스터들을 이웃으로 다시 정해주었다. 결과 영상은 아래와 같다



(a) 원래의 영상

(b) gravitational 클러스터링

(c) centroid replacement method

(d) modified centroid replacement method

그림 4 결과 영상

4. 결론

본 논문에서는 RGB공간상의 거리와 이웃관계를 이용한 클러스터링을 통한 영상분할 방법을 제안하였다. 결합과정에서 결합여부를 결정하는 거리의 범위는 거리 히스토그램을 이용하여 자동으로 구하였다. 칼라공간에서 이웃관계를 따라 클러스터링 하였으므로 같은 칼라를 가지고 있더라도 이웃관계가 아니면 같은 클러스터에 속하지 않는다. gravitational 클러스터링 뿐 아니라 centroid replacement 나 수정된 centroid replacement method방법에서도 이웃관계를 이용하면 더 정확한 결과를 얻을 수 있다. 향후 연구에서는 거리 히스토그램을 분석하여 클러스터링에 가장 적합한 칼라모델을 찾고 gravitational 클러스터링 방법을 개선할 것이다

References

[1] Rafael C. Gonzalea and Paul Wintz , Digital Image Processing , Addison Wesley Publishing Company ,Inc, 1987

[2] 김효선," 클러스터링 방법을 이용한 칼라영상 분할", 한국정보과학회 봄학술발표논문집,21권1호, pp 247-250,1994.4

[3] M.Celenk, "A color clustering technique for image segmentation", Comp, Vision ,Graphics, and Image Process 52 pp 145-170,1990

[4] M.Hedley and H Yan,"Segmentaion of color images using spatial and color space information,"J Electronic Imaging vol 1 No 6 pp 374-380.1992

[5] Y.W. Lim and S. U. Lee," On the color image segmentaion algorithm based on thresholding and the fuzzy c-means techniques",Pattern Recognition. vol 23 No 6,pp 935-952,1990.

[6] W.E Wright,"Gravitational Clustering ",Pattern Recognition , vol 9 , pp.151-166, 1977

[7] H.C . Yung and H.S. Lai . " Segmentation of color based on the gravitational clustering concept", Optical Engineering , vol 37 No. 3, 1998.3

[8] T. Kohonen, The Self-Organizing Map, Pro. IEEE, v.78, n.9