

개선된 퍼지 C-means 기법을 이용한 타원추출 알고리즘

이중재⁰ 김계영 최형일

숭실대학교 컴퓨터학과

ljhoh@vision.ssu.ac.kr⁰, (gykim, hic)@computing.ssu.ac.kr

Ellipse Fitting Algorithm using Improved fuzzy C-means Method

Joong-Jae Lee⁰ Gye-Young Kim Hyung-Il Choi

Dept. of computing, Graduate School, Soongsil University

요 약

영상에서 타원을 추출하는 것은 얼굴 인식, 홍채 인식과 같은 컴퓨터 비전분야에서 인식할 영역을 찾는 방법으로 상당히 유용하게 사용된다. 본 논문에서는 기존의 퍼지 C-means 기법이 초기의 클러스터 개수와 중심 값에 따라서 결과가 민감하다는 단점을 보완한 개선된 퍼지 C-means 기법을 타원 추출에 적용한다. 이것은 영상 분할(Segmentation)로부터 후보 초기 클러스터 개수 및 초기 클러스터 중심을 결정하는 방법으로서 본 논문에서는 이 기법으로 영상 클러스터링을 수행하여 타원 영역 추출에 필요한 타원 후보 영역의 최소 인접 사각형(Minimum Enclosed Rectangle)을 찾아낸다. 이렇게 찾아진 최소 인접 사각형에 대해서 면적에 맞는 초기 타원들을 영역 내에 설정한 뒤 적합도(fitness)검사를 기반으로 한 타원 검증을 실시하고 적합도가 높은 영역을 타원 영역으로 추출한다.

1. 서 론

컴퓨터 비전분야에서도 얼굴인식과 홍채인식은 대표적인 인식분야 중 하나다. 이와 같은 인식분야에서 타원 정보는 상당히 유용한 정보로서 얼굴 인식 분야에서는 얼굴 영역의 감지에 사용되며 홍채 인식 분야에서는 동공 영역을 감지하는데 사용된다. 또한 여러 종류의 물체 인식 분야에서도 모델 정합 방법 및 기하학적 정보에 의한 방법에 의해 물체를 감지하기 위해 타원 정보는 활용 가능성이 매우 높다. 타원을 추출하는 기존방법에는 타원 모델 정합에 의한 방법[1]이 일반적이다. 타원 모델 정합에 의한 방법은 타원 모델을 학습시킨 후, 입력 영상에 대해 에지를 추출하여 각 에지마다 학습된 타원 모델과의 오차를 계산한다. 그리고, 오차가 가장 적은 에지들의 집합을 타원으로 설정하는 방법이다. 이 방법의 단점으로는 영상 내의 모든 에지들을 고려해야 하므로 시간이 오래 걸리며, 에지 연산에 의존적이다. 즉 잡음의 포함 여부에 따라 잘못된 타원 추출이 가능하다. 두 번째 방법도 마찬가지로 입력 영상의 에지를 추출한 후, 각 에지에 대한 임의의 기준선을 설정한 후, 각 기준선으로부터의 대칭성 확인에 의해 타원을 추출하는 방법[2]이다. 타원은 수직선을 기준으로 양변의 점들이 서로 같은 위치에 놓이며, 수평선을 기준으로 상향 또는 하향으로 갈수록 중심선으로부터의 거리가 감소한다는 성질이 있다. 이 성질을 가지는 에지들을 탐색함으로써 타원을 추출하는 방법이다. 그 외에 호프 변환(hough transform) 방법에 의해 (x,y)의 카테이션(cartesian) 공간을 극좌표(r,θ) 공간으로 변환시켜 하나의 선으로 표현되는 타원을 추출하는 방법도 있으며, 현재까지 이 방법은 많이 연구되고 있는 분야이기도 하다.

본 논문에서는 기존의 방법들이 시간이 오래 걸리거나

알고리즘이 복잡하기 때문에 보다 간단하고, 빠른 방법을 제안하여 타원을 추출하고자 한다.

그림 1은 본 논문에서 제안한 개선된 퍼지 C-means 기법을 이용한 타원 추출 알고리즘의 전체 개요도이다.

그림 1에서 볼 수 있듯이 제안한 방법은 전체 세단계로 구성된다. 영상이 입력되면 전처리 단계인 퍼지 영상분할 단계를 거쳐, 클러스터 수 및 클러스터의 중심 위치를 생성한다. 이 값들은 다음 단계인 영상 클러스터링에 사용된다. 구체적으로 살펴보면 영상 클러스터링단계에서 사용될 퍼지 C-means 기법의 초기 클러스터 수와 중심의 위치이다. 즉, 초기 클러스터의 수와 중심 위치에 따라 민감한 결과를 보이는 기존의 퍼지 C-means 기법의 단점을 퍼지 영상분할 기법으로 보완한 것이다. 이렇게 영상 클러스터링 단계를 수행하여, 타원 후보 영역들을 추출하고 마지막 단계에서는 이 후보 영역들에 대한 타원 검증에 의해 타원 영역을 추출한다.

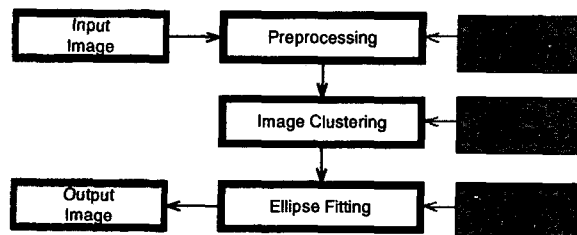


그림 1. 전체 시스템 개요도

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 퍼지 영상분할 기법을 이용한 전처리 과정에 대해서 설명하고 3장에서는 퍼지 C-means 기법을 통한 영상 클러스터링에 대해서 살펴본다. 4장에서는 추출된 타원 후보 영역에 대

해서 적합도를 기반으로 한 타원 검증방법에 대해서 설명하고 5장에서는 실험결과에 대해서 기술하며 6장에서는 본 논문의 결론을 맺는다.

2. 퍼지 영상분할 기법을 이용한 전처리

본 논문에서는 컬러영상을 입력영상으로 받기 때문에 컬러 영상을 분할하기 위해 기존의 R, G, B값의 평균인 밝기값을 이용하는 것 보다 색상값을 이용하는 것이 보다 효율적이다. HSI공간으로의 변환은 색상값의 이용을 용이하게 한다. HSI공간에서의 H값은 색상값을 나타낸다. H값은 0~360°의 값으로 표현되며 이렇게 변환된 값을 영상분할에 적용하기에는 레벨(Level)의 수가 많다. 따라서 본 논문에서는 H값의 레벨을 그림 2와 같이 6개의 구간으로 양자화(Quantization)한다.

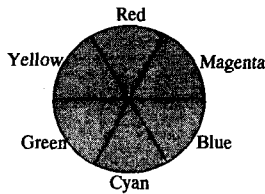


그림 2. H값의 양자화

그리고, 양자화를 수행하는 과정에서 양자화의 경계부분에서 발생하는 병합오류를 줄이기 위해서 그림 3과 같은 퍼지 소속함수를 사용하여 양자화한다.

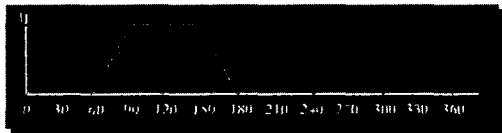


그림 3. 퍼지 멤버십 함수

H값이 양자화되면 분할 및 병합(Split & Merge) 방법[3]으로 영상분할을 수행하게 된다.

영상분할에 의해 생성된 여러 분할 영역 중 크기가 너무 작은 것들은 의미 없는 영역이라고 판단하여 버리고 적당히 큰 영역들만을 의미 있는 영역으로 간주한다. 의미 있는 영역이라고 판단되어진 영역의 수를 클러스터의 개수로 정하고 각 영역의 평균 R, G, B값을 클러스터링의 초기값으로 넘겨주어 클러스터링과정의 효율을 향상시킨다.

3. 퍼지 C-means 기법을 이용한 영상 클러스터링

본 논문에서는 영상 분할단계로부터 초기 클러스터 개수와 중심위치를 입력받는데 이것은 초기 클러스터 개수와 중심위치를 임의로 주어야만 하는 FCM(Fuzzy C-means)알고리즘[4]을 보완하고자 한 것이다. 즉, 초기 클러스터 수와 중심위치에 민감한 기존의 FCM방법을 개선한 방법으로서 자동적으로 초기 클러스터 수와

중심이 주어지기 때문에 알고리즘이 수렴하는데 필요한 수행시간을 단축할 수 있다. 이렇게 얻어진 두 정보를 이용한 FCM알고리즘을 영상에 적용해 클러스터링을 하게되면 그 결과 타원 후보영역에 해당하는 클러스터의 최소 인접 사각형(Minimum Enclosed Rectangle)을 추출하여 최종적인 목적인 타원 추출단계로 그 정보를 넘겨주게 된다.

4. 타원 검증을 통한 타원 추출

본 논문에서는 타원 검증을 위해서 그림 4와 같은 수학적 모델인 Superellipse 모델[5]을 응용한다.

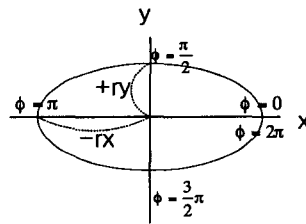


그림 4. Superellipse 모델

Superellipse 모델이란 원점에 중심을 두고 매개변수에 의해 형태가 결정되는 타원을 말한다. 식(1)은 Superellipse 모델을 표현하는 수식으로서, 입력 좌표인 x(φ), y(φ)의 각도를 변화시키면서 그 궤적을 표시하면 그림 4와 같다. 해당 좌표인 x(φ)와 y(φ)는 superellipse 모델의 중점으로부터의 거리를 sin함수 및 cos함수를 이용하여 그 위치를 나타낸다.

$$S_{n,r_x,r_y} = (x(\phi), y(\phi)) \tag{1}$$

$$x(\phi) = \sum_{\phi=0}^{2\pi} r_x \cos^n(\phi) \quad y(\phi) = \sum_{\phi=0}^{2\pi} r_y \sin^n(\phi)$$

0<n<1 : 사각형, n=1 : 원, n>1 : 마름모

본 논문에서는 타원 영역을 추출하기 위해 이진화된 영상에서 영상 클러스터링 단계로부터 입력받은 최소 인접 사각형 영역 내에 다음과 같은 방법으로 초기 타원을 설정한다.

- ◆초기 타원의 중점=최소 인접 사각형의 중점
- ◆초기 타원의 장축 길이=최소 인접 사각형의 Y축 길이
- ◆초기 타원의 단축 길이=최소 인접 사각형의 X축 길이

초기 설정된 타원의 검증은 Superellipse 모델의 경계선 검증 함수를 사용한다. 경계선 검증 함수는 식(2)와 같다. 식(2)에서 x,y는 화소의 좌표를, rx는 단축 길이를, ry는 장축 길이를 나타낸다.

$$b(x,y) = \left(\frac{x}{r_x}\right)^{\frac{2}{n}} + \left(\frac{y}{r_y}\right)^{\frac{2}{n}} \tag{2}$$

식(2)를 이용한 타원 경계선에 대한 검증은 다음과 같다.

- ◆ $b(x,y) < 1$: 타원 내부의 점
- ◆ $b(x,y) = 1$: 타원상의 점
- ◆ $b(x,y) > 1$: 타원 외부의 점

본 논문에서는 타원의 경계선 검증을 위해 모든 픽셀에 대한 $b(x,y)$ 의 평균을 사용한다. 따라서, 타원의 경계선 검증 함수는 식(3)과 같다.

$$M_i = \frac{\sum_x \sum_y b(x,y)}{N} \quad (3)$$

식(3)에서 x, y 는 영상에서의 화소 좌표를 의미하며, $b(x,y)$ 타원 경계선 검증 함수이다. N 은 최소 인접 사각형 내의 총 픽셀수이다. M_i 는 i 번째 최소 인접 사각형이 가지는 타원 경계선 검증값이다. M_i 의 값이 최대인 영역을 타원 영역으로 설정한다.

$$EllipseArea = \max_i(M_i)$$

본 논문에서는 타원의 경계를 검증하는 멤버십 함수와 퍼지 영역 결정 함수에 퍼지를 적용함으로써, 영상에서 보다 타원에 근접한 영역을 추출한다. 우선, 타원의 경계를 검증하기 위한 퍼지 규칙은 다음과 같다.

If $b(x,y)$ 가 1에 가깝다 Then 타원상의 경계이다.

그리고, 타원 영역을 결정하기 위한 퍼지 규칙은 다음과 같다.

If M_i 값이 크다 Then 타원영역이다.

조건부 소속 함수는 그림 5와 같다.

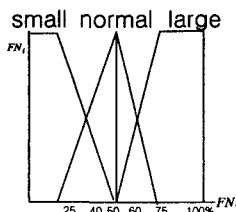
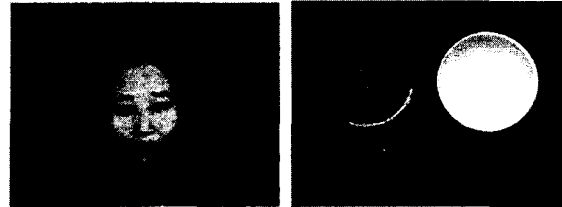


그림 5. 타원 영역 결정을 위한 퍼지 멤버십 함수

5. 실험 및 결과

본 논문에서는 제안한 알고리즘에 대해서 그림 6, 7과 같이 실제 영상과 도형 영상 등에 대해서 실험을 해 보았다. 그림 6에서 볼 수 있듯이 (a)영상에서는 얼굴영상에 근접한 타원을 추출하였고 (b)영상에서는 두 개의 타원 영역이 존재할 경우에도 두 개의 타원을 모두 추출하고 있음을 볼 수 있다.

원 영역이 존재할 경우에도 두 개의 타원을 모두 추출하고 있음을 볼 수 있다.



(a) (b)
그림 6. 실제 영상에서의 타원 추출 결과



그림 7. 도형 영상에서의 타원 추출 결과

6. 결론 및 향후 연구과제

본 논문에서는 퍼지 영상분할 방법을 이용한 개선된 퍼지 C-means 기법을 통해서 타원을 추출하는 알고리즘을 제안하였다. 이것은 초기 클러스터 개수와 중심위치에 민감한 영향을 보이는 기존의 퍼지 C-means 알고리즘의 단점을 퍼지 영상분할단계로 보완한 것이다. 또한 정확한 타원영역 추출을 위해 영상클러스터링 단계에서 후보 타원영역을 검출한 후, 간단하면서도 빠른 Super-ellipse 모델을 사용하고 적합도 검사를 통해 정확한 타원 영역을 추출한다.

Acknowledgement

본 논문은 첨단정보기술연구센터를 통하여 과학재단의 일부 지원을 받았음

참고문헌

- [1] Daijin Kim, "A Fuzzy C Elliptic Shells Clustering," 한국 퍼지 및 지능 시스템학회 논문지, Vol.8, No.4, pp18-22, 1998.
- [2] Young Hee Kim, Seung Il Bail, and Hee Sik Kim, "Another Normalization of Fuzzy Ideals in Near-rings," 한국 퍼지 및 지능 시스템학회 논문지, Vol.8, No.4, pp23-26, 1998.
- [3] S. L. Horowitz, T. Pavlidis, "Picture Segmentation a directed split-and-merge procedure", 2nd ICPR, pp.424-433, 1974.
- [4] Bezdek, J. C, "Cluter Validity with fuzzy sets", International Journal of Cybernetics, Vol. 3:3, pp.58-73, 1974.
- [5] M.Gardiner, "The Superellipse: a curve that lies between the ellipse and the rectangle", Scientific American, Sept. 1965.