

퍼지 이진화 방법에 관한 연구

윤형근* · 이지훈** · 김광백***

A Study on Fuzzy Binarization Method

Hyung-Keun Yun* · Ji-hoon Lee** · Kwang-Baek Kim***

요 약

대부분의 이진화 알고리즘은 임계치를 결정하기 위하여 히스토그램을 사용하여 밝기분포를 분석한다. 배경과 물체의 명도차이가 큰 경우에는 분할을 위해 양봉(bimodal) 히스토그램으로 표현하여 최적의 임계치를 찾기위해 히스토그램 골짜기(valley)를 선택하는 것만으로도 양호한 임계치 결과를 얻을수 있으나, 배경과 물체의 밝기 차이가 크지 않거나 밝기 분포가 양봉 특성을 보이지 않을 때는 히스토그램 분석만으로 적절한 임계치를 얻기 어렵다. 그리고 한 영상에서는 넓은 영역에 걸쳐 명암도 변화가 일어나고 다양한 유형의 물체가 포함되어 있으므로 스케치 특징점 유무를 판별하는 임계치의 결정에는 애매 모호함이 존재한다. 따라서, 본 논문에서는 영상에 대해 삼각형 타입의 소속함수를 적용하여 임계치를 동적으로 설정하고 영상을 이진화하는 방법을 제안한다. 제안된 퍼지 이진화 방법은 평균 밝기 값을 기준으로 가장 어두운 픽셀 값과 가장 밝은 픽셀값의 거리를 계산하여 밝기의 조정률을 구하여 최소 밝기값과 최대 밝기 값을 설정하고 삼각형의 소속 함수에 적용한다. 소속 함수에 적용된 소속도를 α -cut 을 적용하여 영상을 이진화 한다. 다양한 영상에 적용한 결과, 기존의 이진화 방법보다 제안된 퍼지 이진화 방법이 효율적인 것을 알 수 있었다.

Key word : 이진화, 히스토그램, 임계치, 삼각형 타입의 소속함수, α -cut

1. 서론

이진 영상(binary image)은 모양, 위치, 수 정보등 원 영상의 정보를 최대한 보존하면서 인식이나 분할에 적합하게 변화된 단순한 흑백이미지이다. 영상의 이진화(image binarization)처리는 영상 처리분야에서 문자인식, 영상분석 등과 같은 다양한 응용에서 배경과 물체를 구분하는 영상분할(segmentation)을 위한 일반적인 도구로 사용된다. 이진 영상을 사용하는 영상 처리 응용에서 임계치(threshold) 설정은 처리 성능을 결정짓는 중요한 요소이다. 대부분의 이진화 알고리즘은 임계치를 결정하기 위하여 히스토그램을 사용하여 밝기분포를 분석한다. 배경과 물체의 명도차이가 큰 경우에는 분할을 위해 양봉(bimodal) 히스토그램으로 표현하여 최적의 임계치를 찾기위해 히스토그램 골짜기(valley)를 선택하는 것만으로도 양호한 임계치 결과를 얻을수 있으나, 배경과 물체의 밝기 차이가 크지 않거나 밝기 분포가 양봉 특성을 보이지 않을 때는 히스토그램 분석만으로 적절한 임계치를 얻기 어렵다[1,2]. 그리고 한 영상에서는 넓은 영역에 걸쳐 명암도 변화가 일어나고 다양한 유형의 물체가 포함되어 있으므로 스케치 특징점 유무를 판별하는 임계치의

결정에는 애매 모호함이 존재한다[3,4]. 또한 각 화소가 가지는 명암값은 퍼지 단함수(fuzzy singleton)[4]로 볼수 있으며, 임계치 결정을 위한 처리과정 또한 부정확성과 불확실성이 존재한다[4]. 따라서 본 논문에서는 컬러 영상에 대해 삼각형 타입의 소속함수(trangular-type membership function)을 적용하여 임계치를 동적으로 설정하고 영상을 이진화하는 방법을 제안한다.

2. 제안된 퍼지 이진화 방법

2.1 삼각형 타입의 소속 함수

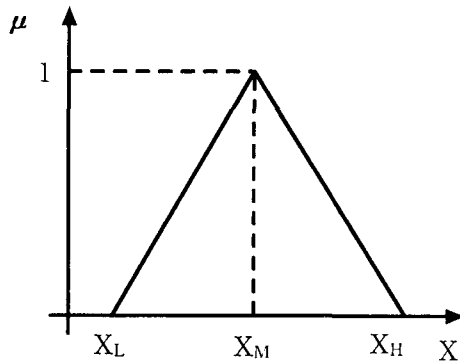
A를 퍼지 집합이라 하고 전체 집합 X의 부분 집합이라 정의하면 $x \in X$ 에 대해 삼각형 타입 소속함수를 다음과 같이 정의 할 수 있다.

$$\mu_A(x, x_M, x_L, x_H) = 1 - [|(x_M - x_L) / (x_H - x_L)| \times 2] \quad (1)$$

단, $x_L < x < x_H$ 이고 $|x_L - x_M| = |x_H - x_M|$ 이다. 만약 소속 함수 (1)의 결과가 [0,1]로 정규화 되어 있다면, $x \in (-\infty, x_L) \cup (x_H, \infty)$ 에서 $\mu_A(x, x_M, x_L, x_H) = 0$ 이다.

식(1)에서 X_M 는 X_L 과 X_H 의 중앙점(midpoint)이고, 퍼지 집합 A에 절대적으로 포함되는 퍼지 집합 A의 이상적인 대표값이다. 결과적으로 삼각형 타입 소속 함수는 확실성(certainty)이 한 점일 때 사용된다[5].

또한 구간 $[X_L, X_H]$ 가 퍼지 집합 A의 가능 구간(support)이라고 가정한다. 이때 X_M 과 구간 $[X_L, X_H]$ 는 영상의 크기나 특징에 따라 결정된다. 식(1)은 X_M 에 대해 대칭성(symmetric property)을 갖으며 만약 소속 함수 식(1)의 결과가 $[0,1]$ 로 정규화 되어 있다면 다음과 같은 형태가 된다.



[그림1] 삼각형 타입의 소속 함수

만약 그림 1에서 중앙점 X_M 이 구간 $[X_L, X_H]$ 상에서 왼쪽이나 오른쪽으로 기울어져 (biased) 있다면, 즉, $|X_M - X_L| \neq |X_H - X_M| \neq 0$ 이라면 비대칭적인 삼각형 타입 형태가 된다. 또한, 특별한 경우로 $|X_M - X_L| \neq |X_H - X_M| = 0$ 일때는 막대 같은 (pole-like) 형태가 된다.

2.2 제안된 퍼지 이진화 방법

이진화는 영상을 입력 받아서 임계치를 중심으로 큰 픽셀들은 0으로 작은 픽셀들은 1로 설정하여 두 개의 영역으로 구분한다. 일반적으로 임계치 설정은 원 영상의 가장 밝은 픽셀과 가장 어두운 픽셀의 평균값으로 식(2)와 같이 설정한다[6].

$$T = \frac{I_{\max} + I_{\min}}{2} \quad (2)$$

여기서 T 는 임계치이고, I_{\max} 은 영상의 최대 밝기 픽셀, I_{\min} 은 최소 밝기 픽셀을 의미한다.

일반적으로 영상에 대해 임계값을 식(2)와 같이 설정하여도 물체 영역과 배경 영역을 명확히 분리하지 못할 가능성이 있다. 이는 영상의 픽셀 값이 색상 뿐만 아니라 주변 밝기 값에 영향을 받게 되

므로 정확한 임계치를 구한다는 것은 어렵다. 그리고 한 영상에서는 넓은 영역에 걸쳐 명암도 변화가 일어나고 다양한 유형의 물체가 포함되어 있으므로 스케치 특징점 유무를 판별하는 임계치의 결정에는 애매 모호함이 존재한다.

본 논문에서는 영상의 이진화 방법으로 퍼지의 소속 함수를 이용하여 영상을 이진화 하는 방법을 제안한다.

입력된 영상의 RGB 값을 각각 X_i^r, X_i^g, X_i^b 로 정의하고 이 값을 이용하여 중간 밝기 값 X_m 을 다음과 같이 계산한다.

$$X_m = \sum_{i=1}^{255} \frac{(X_i^r + X_i^g + X_i^b)}{3} \times \frac{1}{M \times N} \quad (3)$$

식 3에서 M 과 N 은 입력된 영상의 픽셀 넓이와 길이를 의미한다.

X_m 을 이용하여 어두운 영역의 거리값(D_{\min})과 밝은 영역의 거리 값(D_{\max})을 계산한다.

$$\begin{aligned} D_{\max} &= |X_h - X_m| \\ D_{\min} &= |X_m - X_l| \end{aligned} \quad (4)$$

여기서 X_l 은 입력된 영상의 가장 어두운 픽셀값이고 X_h 은 가장 밝은 픽셀값이다.

D_{\min} 과 D_{\max} 을 다음 규칙을 적용하여 밝기의 조정률(α)을 구한다.

$$\begin{aligned} \text{if } (X_m > 128) \text{ then } X_m &= 255 - X_m \\ \text{else } X_m & \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{if } (D_{\min} > X_m) \text{ then } \alpha &= X_m \\ \text{else } \alpha &= D_{\min} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{if } (D_{\max} > X_m) \text{ then } \alpha &= X_m \\ \text{else } \alpha &= D_{\max} \end{aligned}$$

밝기 조정률 α 값을 이용하여 최대 밝기값(I_{\max})과 최소 밝기값(I_{\min})을 다음과 같이 계산한다.

$$\begin{aligned} I_{\max} &= X_m + \alpha \\ I_{\min} &= X_m - \alpha \end{aligned} \quad (5)$$

계산된 최대 밝기값(I_{\max})과 최소 밝기값(I_{\min})을 삼각형 타입의 소속 함수에 적용한다. 따라서, 구간 $[I_{\min}, I_{\max}]$ 를 가진 삼각형 타입의 소속 함수는 그림 2와 같다.

소속함수에서 소속도가 1이 되기 위한 중간 밝기 값(I_{mid})은 다음과 같이 계산한다.

$$I_{mid} = \frac{I_{max} + I_{min}}{2} \quad (6)$$

구간 $[I_{min}, I_{max}]$ 에 대한 소속도는 다음과 같이 계산된다.

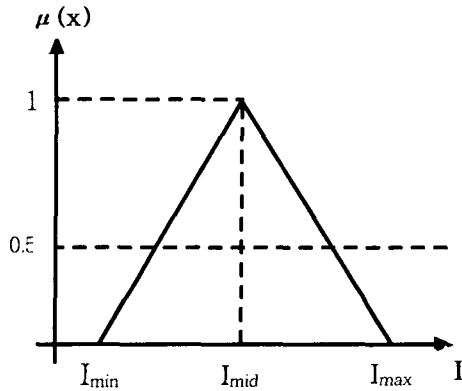
if $(X_m \leq I_{min})$ or $(X_m \geq I_{max})$ then $\mu(x) = 0$

if $(X_m > I_{mid})$ then $\mu(x) = \frac{(I_{max} - X_m)}{(I_{max} - I_{mid})}$

if $(X_m < I_{mid})$ then $\mu(x) = \frac{(X_m - I_{min})}{(I_{mid} - I_{min})}$

if $(X_m = I_{mid})$ then $\mu(x) = 1$

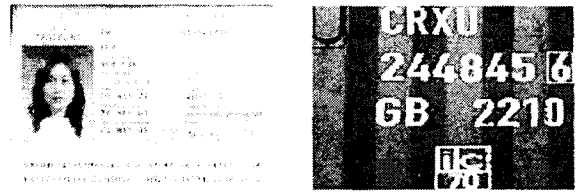
소속함수에서 구해진 소속도($\mu(x)$)에 α -cut 을 적용하여 영상을 이진화 한다. 여기서 α 값을 0.5로 설정한다. 따라서 소속도가 0.5 이상이면 영상의 픽셀값을 0으로 정의하고 0.5 미만이면 픽셀 값을 255로 설정하여 영상을 이진화 한다.



[그림 2] 이진화에 적용된 소속 함수의 예

3. 실험 및 결과 분석

실험 환경은 IBM 586 펜티엄 III 상에서 C++ 빌더로 구현하였다. 실험에 사용된 영상은 600×350 크기의 256 컬러 여권 영상, 600×480 크기의 256 컬러 학생증 영상, 235×280 크기의 컬러 컨테이너 영상, 600×480 픽셀 크기의 신용카드 영상이다. 제안된 방법과 기존의 이진화 방법[6]간의 영상에 대해서 이진화를 비교하였다. 실험에 사용된 영상은 그림4와 같다.



(a) 여권 영상

(b) 컨테이너 영상



(c) 학생증 영상



(d) 신용카드 영상

[그림 4] 실험 영상

기존의 이진화 방법을 사용한 결과, 여권 영상의 임계치는 142, 컨테이너 영상의 임계치는 108, 학생증 영상의 임계치는 135 그리고 신용카드 영상의 임계치는 75로 계산되었고 이 임계치를 기준으로 영상을 이진화하였다. 제안된 퍼지 이진화 방법에서 여권 영상의 최대밝기와 최소밝기 구간 $[I_{min}, I_{max}]$ 은 $[0, 255]$ 로 설정되었다. $[0, 255]$ 구간에서 α -cut 을 0.5로 적용한 구간은 $[99, 226]$ 이다. 컨테이너 영상의 최대밝기와 최소밝기 구간 $[I_{min}, I_{max}]$ 은 $[0, 255]$ 로 설정되었고 α -cut 을 0.5로 적용한 구간은 $[63, 141]$ 이 되었다. 학생증 영상의 최대밝기와 최소밝기 구간 $[I_{min}, I_{max}]$ 은 $[12, 255]$ 로 설정되었고 α -cut 을 0.5로 적용한 구간은 $[108, 229]$ 가 되었다. 신용카드 영상의 최대밝기와 최소밝기 구간 $[I_{min}, I_{max}]$ 은 $[0, 255]$ 로 설정되었고 α -cut 을 0.5로 적용한 구간은 $[31, 154]$ 로 설정되었다.

따라서, 기존의 이진화 방법과 제안된 퍼지 이진화 방법간의 비교한 결과, 제안된 퍼지 이진화 방법이 효율적인 것을 그림5, 그림6, 그림7 그리고 그림8에서 알 수 있다.



(a)원 영상

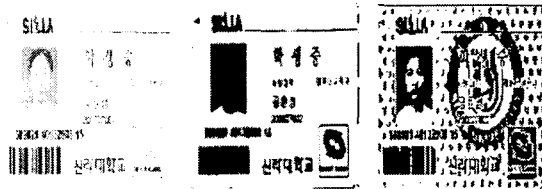
(b)이진화

(c) 퍼지 이진화

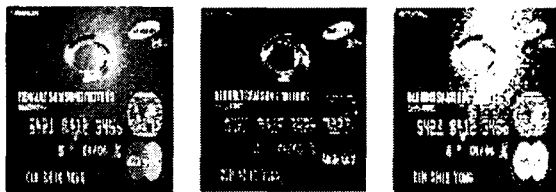
[그림 5] 여권 영상 결과



(a)원 영상 (b)이진화 (c) 퍼지 이진화
[그림 6] 컨테이너 영상 결과



(a)원 영상 (b)이진화 (c) 퍼지 이진화
[그림 7] 학생증 영상 결과



(a)원 영상 (b)이진화 (c) 퍼지 이진화
[그림 8] 신용카드 영상 결과

4. 결론

대부분의 이진화 알고리즘은 임계치를 결정하기 위하여 히스토그램을 사용하여 밝기분포를 분석한다. 배경과 물체의 명도차이가 큰 경우에는 분할을 위해 양봉 히스토그램으로 표현하여 최적의 임계치를 찾기위해 히스토그램 골짜기를 선택하는 것만으로도 양호한 임계치 결과를 얻을수 있으나, 배경과 물체의 밝기 차이가 크지 않거나 밝기 분포가 양봉 특성을 보이지 않을 때는 히스토그램 분석만으로 적절한 임계치를 얻기 어렵다.

일반적으로 영상에 대해 임계값은 원 영상의 가장 밝은 픽셀과 가장 어두운 픽셀의 평균값으로 설정한다. 그러나 픽셀의 평균값을 설정하여도 물체 영역과 배경 영역을 명확히 분리하지 못할 가능성이 있다. 이는 영상의 픽셀 값이 색상뿐만 아니라 주변 밝기 값에 영향을 받게 되므로 정확한 임계치를 구한다는 것은 어렵다. 그리고 한 영상 안에는 넓은 영역에 걸쳐 명암도 변화가 일어나고 다양한 유형의 물체가 포함되어 있으므로 스케치 특징점 유무를 판별하는 임계치의 결정에는 애매 모호함이

존재한다. 따라서, 본 논문에서는 영상에 대해 삼각형 타입의 소속함수를 적용하여 임계치를 동적으로 설정하고 영상을 이진화하는 방법을 제안하였다. 제안된 퍼지 이진화 방법은 평균 밝기 값을 기준으로 가장 어두운 픽셀 값과 가장 밝은 픽셀값의 거리를 계산하여 밝기의 조정률을 구하였다. 밝기의 조정률을 이용하여 최소 밝기값과 최대 밝기값을 설정하고 삼각형의 소속 함수에 적용하였다. 소속 함수에 적용된 소속도를 α -cut 을 적용하여 영상을 이진화 하였다. 다양한 영상에 적용한 결과, 기존의 이진화 방법보다 제안된 퍼지 이진화 방법이 효율적인 것을 알 수 있었다.

향후 연구 방향은 제안된 퍼지 이진화 방법을 지문 인식에 적용하여 지문 인식 시스템을 개발 할 것이다.

참고 문헌

- [1] Jain, A. K. Fundamentals of Digital Image Processing. Englewood Cliffs, New Jersey : Prentice-Hall, 1989.
- [2] S.K Pal and R.a.king, "Image enhancement using smoothing withing with fuzzy sets", IEEE trans. Syst., Man and cybern. vol. 11, no. 7, pp. 491-501, Jul 1981
- [3] N. Otsu, "A threshold selection method fromgray-level histograms", IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Vol. 9, no. 1, pp. 62-66, 1979
- [4] L.A.Zadeh, "A Fuzzy-Algrithmic Approach to the Definition of Complex or Imprecise Concepts", Int.Journal Of Man-Machine Studies" Vol.8, pp.249-291, 1976
- [5] 최대영, "표준 매개변수 소속 함수에 기반을 둔 구간 선형 변환 방법과 언어 근사예의 응용", 정보처리학회논문지B, 제8-B권, 제 4호, pp.351-356, 2001.
- [6] 천두억, 윤성호,김광백,"개선된 ART1을 이용한 이미지 인식에 관한 연구", 한국OA학회 논문지, 제3권, 제3호,pp.15-20,1998.