

퍼지 기법을 이용한 이진화 알고리즘

우영운[○], 윤상원^{*}, 변상현^{*}, 김광백^{**}

[○]동의대학교 멀티미디어공학과

^{**}신라대학교 컴퓨터정보공학부

e-mail : ywwoo@deu.ac.kr, gbkim@silla.ac.kr

A Binarization Algorithm Using Fuzzy Method

Young Woon Woo[○], Sang-Won Youn^{*}, Sang-Hyun Byeon^{*}, Kwang-Baek Kim^{**}

[○]Dept. of Multimedia Engineering, Dong-Eui University

^{**}Division of Computer and Information Engineering, Silla University

● 요약 ●

대부분의 이진화 알고리즘은 임계치를 결정하기 위하여 히스토그램을 사용하여 밝기분포를 분석한다. 배경과 물체의 명도차이가 큰 경우에는 분할을 위해 양봉(bimodal) 히스토그램으로 표현하여 최적의 임계치를 찾기 위해 히스토그램 골짜기(valley)를 선택하는 것만으로도 양호한 임계치 결과를 얻을 수 있다. 하지만 배경과 물체의 밝기 차이가 크지 않거나 밝기 분포가 양봉 특성이 보이지 않을 때는 히스토그램 분석만으로 적절한 임계치를 얻기 어렵다. 그리고 한 영상에서는 넓은 영역에 걸쳐 명암도 변화가 일어나고 다양한 유형의 물체가 있을 때 스케치 특징점의 유무를 판별하는 임계치의 결정에는 애매 모호함이 존재한다. 따라서, 본 논문에서는 영상에 대한 삼각형 타입의 소속함수를 적용하여 임계치를 동적으로 설정하고 영상을 이진화하는 알고리즘을 제안한다. 제안된 퍼지 이진화 알고리즘은 원 영상을 특정 크기의 윈도우로 나누어서 윈도우의 소속 함수에 대한 소속도를 구하여 영상을 이진화 한다. 다양한 영상에 적용한 결과, 기존의 이진화 기법보다 제안된 퍼지 이진화 알고리즘이 효율적인 것을 알 수 있었다.

키워드: 퍼지 가중치(fuzzy weight), 이진화(binarization), 퍼지소속함수(fuzzy membership function)

I. 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 찾기 위해 히스토그램 골짜기(valley)를 선택하는 것만으로도 양호한 임계치 결과를 얻을 수 있으나, 배경과 물체의 밝기가 차이가 크지 않거나 밝기 분포가 양봉 특성을 보이지 않을 때는 히스토그램 분석만으로 적절한 임계치를 얻기가 어렵다 [1][2]. 그리고 한 영상에서는 넓은 영역에 걸쳐 명암도 변화가 일어나고 다양한 유형의 물체가 포함되어 있으므로 특징점 유무를

판별하는 임계치의 결정에는 애매 모호함이 존재한다[3][4]. 또한 각 픽셀이 가지는 명암값은 퍼지 단함수(fuzzy singleton)[4]로 볼 수 있으며, 임계치 결정을 위한 처리 과정 또한 부정확성과 불확실성이 존재한다[4]. 따라서 본 논문에서는 영상을 특정 크기의 윈도우로 나누어서 그 윈도우들의 평균 밝기 가중치 평균을 구하여서 임계치를 동적으로 설정하고 영상을 이진화하는 알고리즘을 제안한다.

II. 제안된 퍼지 이진화 알고리즘

1. 기존의 퍼지함수 설정 기법

A를 퍼지 집합이라 하고 전체 집합 X의 부분 집합이라고 정의하면 에 대해 삼각형 타입 소속함수를 $X \subseteq A$ 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$\mu_A(X, X_M, X_L, X_H) = 1 - [(X_M - X_H) / (X_H - X_L)] \times 2 \quad (1)$$

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 대푯값이다. 결과적으로 삼각형 타입 소속 함수는 확실성(creainty)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 $[X_L, X_H]$ 는 영상의 크기나 특징에 따라 결정된다. 식(1)은 X_M 에 대한 대칭성(symetric property)을 갖으며 만약 소속 함수 식(1)의 결과가 [0,1]로 정규화 되어 있다면 다음과 같은 형태가 된다.

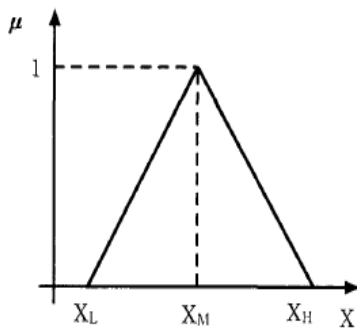


그림 1. 삼각형 형태의 소속함수

Fig. 1. Membership Function of Triangular shape

만약 그림1에서 중앙점 X_M 이 구간 $[X_L, X_H]$ 상에서 왼쪽이나 오른쪽으로 기울어져(biased)있다면, 즉, $|X_L - X_M| \neq |X_H - X_M| \neq 0$ 이라면 비대칭적인 삼각형 타입 형태가 된다. 또한, 특별한 경우 $|X_L - X_M| \neq |X_H - X_M| = 0$ 일때는 막대 같은 (pole-like)형태가 된다.

2. 제안된 퍼지 이진화 알고리즘

이진화는 영상을 입력 받아서 임계치를 중심으로 큰 픽셀들을 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 대한 임계값은 식(2)와 같이 설정하여도 물체 영역과 배경 영역을 명확히 분리 못할 가능성이 있다. 이는 영상의 픽셀 값이 색상뿐만 아니라 주변 밝기 값에 영향을 받게 되므로 정확한 임계치를 구한다는 것이 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 소속함수를 이용하여 영상을 이진화 하는 알고리즘을 제안한다.

입력된 영상의 픽셀 값을 X_i 이라고 정의하고 이 값을 이용하여 중간 밝기 값 X_M 을 다음과 같이 계산한다.

$$X_M = \sum_{i=1}^{256} X_i \times \frac{1}{M \times N} \quad (3)$$

식 (3)에서 M과 N은 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 픽셀이고 X_h 은 가장 밝은 픽셀값이다.

식 (5)에 의해 밝기 조정률 a 값을 이용하여 최대 밝기값(I_{max})과 최소 밝기값(I_{min})을 다음과 같이 계산한다.

$$\begin{aligned} \text{if}(X_m > 128) \text{ then } X_m &= 255 - X_m \\ \text{else } X_m & \\ \text{if}(D_{min} > X_m) \text{ then } a &= X_m \\ \text{else } a &= D_{min} \end{aligned} \quad (5)$$

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

$$\begin{aligned} I_{max} &= X_m + a \\ I_{min} &= X_m - a \end{aligned} \quad (6)$$

계산된 최대밝기값(I_{max})과 최소 밝기값(I_{min})을 삼각형타입의 소속함수에 적용한다. 따라서 구간 $[I_{max}, I_{min}]$ 를 가진 삼각형 타입의 소속 함수는 그림 2와 같다. 소속함수에서 소속도가 1이 되기 위한 중간 밝기값(I_{mid})은 다음과 같이 계산한다.

$$I_{mid} = \frac{I_{max} + I_{min}}{2} \quad (7)$$

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

$$\begin{aligned} \text{if}(X_m \leq I_{min}) \text{ or } (X_m \geq I_{max}) \text{ then } \mu(x) &= 0 \\ \text{if}(X_m > I_{mid}) \text{ then } \mu(x) &= \frac{(I_{max} - X_m)}{(I_{max} - I_{mid})} \\ \text{if}(X_m < I_{mid}) \text{ then } \mu(x) &= \frac{(X_m - I_{min})}{(I_{mid} - I_{min})} \end{aligned} \quad (8)$$

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

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

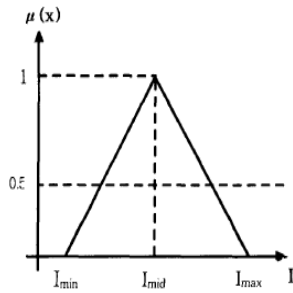


그림 2. 이진화에 사용된 소속함수
Fig. 2. Membership Function for Binarization

III. 실험 및 결과 분석

실험 환경은 펜티엄 쿼드코어 1.5 상에서 C++ 빌더로 구현하였다. 실험에 사용된 영상은 256×256크기의 흑백 영상들을 제안된 알고리즘과 기존의 이진화 방법[6]간의 영상에 대하여 이진화를 비교하였다. 실험에 사용된 영상은 밑에 그림과 같다.

기존의 이진화 방법은 사용한 결과 흑백영상 (a)의 임계치가 100, 흑백영상 (b)의 임계치는 120, 흑백영상(c)의 임계치는 110 라는 결과값을 가졌다. 제안된 퍼지 이진화 방법으로 영상의 구간을 구했을 때 흑백영상 (a)의 임계치는 87, 흑백영상 (b)의 임계치는 80, 흑백영상(c)의 임계치는 117 의 결과값으로 설정되었다.

따라서, 기존의 이진화 방법과 제안된 이진화 방법간의 비교한 결과, 제안된 퍼지 이진화 방법이 효율적인 것을 그림 3에서 알 수 있었다.

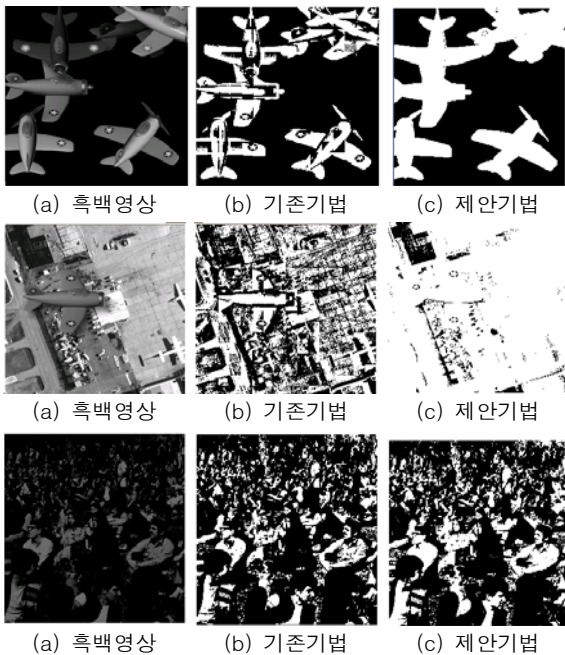


그림 3. 결과 영상 비교
Fig. 3. Comparison of Resultant Images

IV. 결론

본 논문에서는 영상에 대한 삼각형 타입의 소속함수를 적용하여 임계치를 동적으로 설정하고 영상을 이진화하는 알고리즘을 제안한다. 제안된 퍼지 이진화 알고리즘은 원 영상을 특정 크기의 윈도우로 나누어서 윈도우의 소속 함수에 대한 소속도를 구하여 영상을 이진화한다. 다양한 영상에 적용한 결과, 기존의 이진화 방법보다 제안된 퍼지 이진화 방법이 효율적인 것을 알 수 있었다.

참고문헌

- [1] A. K. Jain, "Fundamentals of Digital Image Processing," Englewood Cliffs, New Jersey, Prentice-Hall, 1989.
- [2] S. K. Pal and P. K. Pal, "Image enhancement using smoothing with fuzzy sets," IEEE Trans on Systems, Man and Cybernetics Vol. 11, No.7, pp. 491~501, Jul. 1981.
- [3] N. Otsu, "A threshold selection method from gray-level histograms," IEEE Trans on Systems, Man and Cybernetics, Vol. 9, No.1, pp.62~66, Sep. 1979.
- [4] L. A. Zadeh, "A Fuzzy Algorithmic Approach to the Definition of Complex or Imprecise Concepts," Int. Journal of Man-Machine Studies, Vol.8, pp.249~291, Aug. 1976.
- [5] Dae Young Choi, "A Piecewise Linear Transformation Method based on SPMF and Its Application to Linguistic Approximation," The KIPS Transactions: Part B, Vol. 8, No. 4, pp.351~356, Aug. 2001.
- [6] Doo-Euk Cheon, Seong-Ho Youn and Kwang-Baek Kim, "Research on Image Recognition Using Improved ART1," Journal of the Korea society of computer and information, Vol. 3, No. 3, pp.15~20, Sep. 1998.
- [7] Hyung-Keun Yun, Ji-hoon Lee and Kwang-Baek Kim, "A Study on Fuzzy Binarization Method," Proceedings of 2002 Fall Conference, Korea Intelligent Information System Society, pp.510~513, Nov. 2002.