

퍼지 소속 함수를 이용한 개선된 이진화 방법

김 광 백*, 김 영 주**

Enhanced Binarization Method using Fuzzy Membership Function

Kwang-Baek Kim*, Young-Ju Kim**

요 약

대부분의 이진화 알고리즘은 임계치를 결정하기 위하여 히스토그램을 사용하여 밝기 분포를 분석한다. 배경과 물체의 명도차이가 큰 경우에는 양봉 형태의 히스토그램이 나타나며 최적의 임계치를 찾기 위해 히스토그램 골짜기를 선택하는 것만으로도 양호한 임계치 결과를 얻을 수 있다. 반면에 배경과 물체의 밝기 차이가 크지 않거나 밝기 분포가 양봉 특성을 보이지 않을 때는 히스토그램 분석만으로 적절한 임계치를 얻기 어렵다. 본 논문에서는 RGB 컬러 모형의 각 색상에 대하여 퍼지 소속 함수를 적용하고, 그 결과를 이용해 배경에 비해 가독성이 높은 특징들을 배경과 분리하는 방법을 제안한다. 제안된 이진화 방법은 RGB의 각 색상에 퍼지 소속 함수를 적용하여 얻은 값들을 이용해 이진화한다. 기존의 임계치를 이용한 이진화 방법에 비해 잡음 영역을 상당히 제거 할 수 있으며, 운송 컨테이너 영상에 적용한 결과, 기존의 방법에 비해 효율적인 것을 확인하였다.

Abstract

Most of image binarization algorithms analyzes the intensity distribution using the histogram for the determination of threshold value. When the intensity difference between the foreground object and the background is great, the histogram shows the tendency to be bimodal and the selection of the histogram valley as the threshold value shows the good result. On the other side, when the intensity difference is not great and the histogram doesn't show the bimodal property, the histogram analysis doesn't support the selection of the proper threshold value. This paper proposed the novel binarization method that applies the fuzzy membership function to each color value on the RGB color model and, by using the operation results, separates the features having the great readability from the background. The proposed method prevents the loss of information incurred by the gray scale conversion by using the RGB color model and extracts effectively the readable features by using the fuzzy inference. Compared with the traditional binarization methods, the proposed method is able to remove the majority of noise areas and show the improved results on the image of transport containers, etc.

▶ Keyword : Threshold, Binarization, Histogram, Intensity Distribution, Fuzzy Membership Function

• 제1저자 : 김광백
• 접수일 : 2005.01.19, 심사완료일 : 2005.03.04
*신라대학교 컴퓨터공학과 교수 ** 신라대학교 컴퓨터공학과

I. 서론

프이진 영상(Binary Image)은 모양, 위치, 수, 정보등 원 영상의 정보를 최대한 보존함으로써 인식이나 분할에 적합하게 변환된 단순한 흑·백 영상이다[1,2].

영상 이진화(Image Binarization) 처리는 영상 처리 분야에서 자동 목표 추적이나 물체 인식, 저장공간 절약, 영상 분석 등과 같은 다양한 응용에서 배경과 물체를 구분하는 영상 분할(Image Segmentation)을 위한 일반적인 도구로 사용된다. 이진 영상을 사용하는 영상 처리 응용에서 임계치(threshold) 결정은 처리 성능을 결정짓는 중요한 요소이다[3,4,5]. 대부분의 이진화 알고리즘은 임계치를 결정하기 위하여 히스토그램을 사용하여 밝기 분포를 분석한다. 배경과 물체의 명도 차이가 큰 경우에는 분할을 위해, 양방 히스토그램을 보일 때는 최적의 임계치를 찾기 위해, 히스토그램에서 골짜기(valley)를 선택하는 것만으로 양호한 임계치를 얻을 수 있으나 배경과 물체의 밝기 차이가 크지 않거나 밝기 분포가 양방 특성을 보이지 않을 때에는 히스토그램 분석만으로는 양호한 임계치를 얻을 수 없다 [6,7].

본 논문에서는 RGB 컬러 모형의 각 색상에 대하여 퍼지 소속 함수를 적용하고, 그 결과를 이용해 배경에 비해 가독성이 높은 특징들을 배경과 분리하는 방법을 제안한다. 제안된 이진화 방법은 RGB의 각 색상에 삼각형 타입의 소속 함수를 적용하여 얻은 결과를 서로간의 연산을 통해 특정 색상 영역이나 시각적으로 가독성이 높은 부분만을 추출하여 이진화 한다. 따라서 운송 컨테이너 영상이나 다양한 색상이 포함되어 있는 영상에서 기존의 임계치를 이용한 이진화 방법에 비해 잡음 영역을 상당히 제거 할 수 있으며, 운송 컨테이너 영상에 적용한 결과, 기존의 방법에 비해 효율적인 것을 확인되었다.

II. 관련 연구

본 논문에서는 원 영상을 그레이 스케일로 변환하여 특징점을 추출할 경우에 정보손실이 발생하는 부분을 개선하기 위해 RGB 컬러 값을 이용하여 이진화한다.

논문에서 제시한 이진화 방법의 순서는 다음과 같다. 원 영상에서 RGB 컬러 값을 추출하고 추출된 컬러 값에 퍼지 소속 함수를 적용한다. 소속 함수에 의해서 구해진 소속도를 퍼지 규칙에 적용한다. 퍼지 규칙에 의해 산출된 최종 값이 정해진 임계치 이상일 경우 1, 아닐 경우 0으로 설정하여 원 영상을 이진화 한다.

2.1 그레이 스케일로 변환시의 특징 손실

대부분의 이진화 방법들은 RGB 컬러 영상을 그레이 스케일 영상으로 변환 후 한 개의 임계치를 이용하여 영상을 두 영역으로 분할한다. 한 개의 임계치로 특징 영역을 정확히 구분할 수 없으며, 컬러 영상을 그레이 스케일 영상으로 변환할 경우에는 특정 색상이 다른 색상과 같은 색상으로 분류된다. 그것은 그레이 스케일로의 변환 방법이 RGB 컬러 정보의 평균 방법을 사용하기 때문이다. 예를 들면 RGB 값이 각각 70, 70, 70인 색상은 210, 0, 0인 색상과 같이 분류되지만 시각적으로는 다르게 나타난다. 그림 1은 그레이 스케일 영상에서 특징이 손실되는 경우를 나타내었으며, 배경은 RGB값이 각각 70, 70, 70이며 중앙부분은 210, 0, 0이다.

(그림 1)에서와 같이 그레이 스케일로 변환 시 시각적으로 다르게 보이는 많은 색상들이 비슷한 값으로 변경된다.

따라서 본 논문에서는 그레이 스케일로 변환전의 RGB 색상 정보를 대상으로 영상을 이진화 하는 방법을 제안한다.



(a) RGB 컬러 상태

(b) 그레이스케일 상태

그림 1. 그레이스케일 변환에 의한 특징 정보의 손실
Fig. 1 Loss of feature information by grayscale transform

2.2 임계치를 이용한 이진화 방법

한 개의 임계치로 복잡한 색상의 영상을 두 영역으로 분리할 때 특징이 분리되어 이진화 되는 경우와 특징들이 분리되지 않아서 이진화 되지 않은 경우가 발생한다. (그림 2)는 하나의 운송 컨테이너 영상을 여러 방법으로 이진화한 결과이다.



(a) 히스토그램 골짜기 (a) Histogram Valley
 (b) 최대 최소 평균 (b) Mean of maximum and minimum values
 (c) 전체 평균 (c) Global mean value
 (d) 원영상 (d) original image

그림 2. 기존 이진화 방법의 출력 비교
 Fig. 2 Output comparison of traditional binarization methods

(그림 2)의 (a) 영상은 임의로 히스토그램의 골짜기 부분을 선택하여 이진화한 경우이며, (b) 영상은 밝기 최소값과 밝기 최대값을 이용하여 이진화한 경우이다. (c) 영상은 전체 평균을 이용하여 이진화한 경우이며, (d) 영상은 원영상이다. (b) 영상을 제외한 나머지 영상들은 이진화가 제대로 되지 않았다. 그림 2의 (a)와 같이 히스토그램의 골짜기를 기준으로 이진화 하는 것은 비효율적이다.

III. 퍼지 소속 함수를 이용한 개선된 이진화 방법

3.1 소속 함수 설계

본 논문에서는 각각의 RGB 컬러값에 대하여 퍼지 소속 함수를 설계하고 퍼지 소속도를 이용하여 이진화한다. 소속 함수의 구간은 다음과 같이 설정하고 소속 함수는 (그림 3)과 같다.

$$\begin{aligned}
 A : & (0, 0, 50) & B : & (50, 108, 165) \\
 & & C : & (165, 185, 195, 215) \\
 & & D : & (175, 195, 215, 235) \\
 & & E : & (195, 215, 255, 255)
 \end{aligned}$$

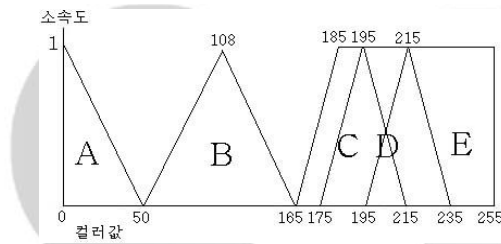


그림 3 컬러에 대한 소속 함수
 Fig. 3 Membership function for RGB color values

(그림 3)의 카테고리 A는 어떤 원색에 영향을 주지 않으며, R, G, B 컬러 값이 모두 카테고리 A에 포함될 경우에는 검은색으로 분류된다. R, G, B 컬러값 중에서 적어도 하나의 값이 카테고리 B에 포함되는 경우에는 나머지 카테고리리와 차감 연산을 하며, 이는 각각의 컬러값 중에서 하나의 값이 카테고리 B에 포함되는 경우이고 미색 계열의 색상이 나타나므로 특징점일 가능성이 적다. C, D, E의 카테고리를 포함하는 영역은 원색 또는 선명한 색상이 나타나는 구간으로서 하나의 카테고리리로 설정하면 많은 색상이 포함되어 특징점을 추출하는데 어려움이 있으므로 C, D 그리고 E와 같이 3개의 카테고리리로 분류한다. 카테고리 A와 B는 삼각형 타입의 소속 함수이고 카테고리 C, D, E는 사다리꼴 타입의 소속 함수이다.

3.2 소속도 연산

소속도는 각 소속 함수에 속하는 정도(degree) 또는 귀속도(grade of membership)를 의미하며, 어떤 임의의 소속 함수 X에 대한 소속도 μ_X 는 [0,1] 사이에 값을 가지고 1에 가까울수록 소속도가 높다. 임의의 X에 대한 컬러 값 x의 소속도는 $\mu_X(x)$ 로 표시한다. 각각의 R, G, B 컬러값을 (그림 3)에서 설정한 구간과 다음의 수식을 이용하여 퍼지 소속도를 계산한다.

$$\begin{aligned}
 & \text{If } c \in X \text{ then} \\
 & \text{If } c < X_{m(m1)} \text{ then} \\
 & \quad \mu_X(c) = \frac{c - X_s}{X_{m(m1)} - X_s} \\
 & \text{else If } c \geq X_{m(m1)} \text{ and } c \leq X_{m(m2)} \text{ then} \\
 & \quad \mu_X(c) = 1 \\
 & \text{else If } c > X_m \text{ then} \\
 & \quad \mu_X(c) = \frac{X_l - c}{X_l - X_m}
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

여기서, X는 (그림 3)의 모든 카테고리 의미하고 c는 각각의 R, G, B 컬러 값을 의미한다. X_s 는 각 카테고리의 시작 구간이다. 삼각형타입의 카테고리는 X_m 이 소속도가 1이 되는 중심점을 의미하며, 사다리꼴 타입의 카테고리에서는 구간 [X_{m1}, X_{m2}]이 소속도가 1이 되는 중심구간이다. X_l 은 카테고리의 끝 구간을 의미한다.

소속 함수에서 계산된 R, G, B 컬러값의 각 소속도는 다음과 같은 규칙에 따라 연산한다. 아래의 규칙에서 X, Y, Z는 임의의 R, G, B 컬러값을 의미하며 μ_p 는 최종적으로 결정될 소속도이다.

- R1. If $\mu_X(i), \mu_Y(i), \mu_Z(i) \in A$ then $\mu_p(i) = \text{Max}(\text{Min}(\mu_X(i), \mu_Y(i)), \text{Min}(\mu_Y(i), \mu_Z(i)), \text{Min}(\mu_Z(i), \mu_X(i)))$
- R2. If $\mu_X(i), \mu_Y(i), \mu_Z(i) \in B$ then $\mu_p(i) = 0$
- R3. If $\mu_X(i), \mu_Y(i), \mu_Z(i) \in C$ then $\mu_p(i) = \text{Ave}(\mu_X(i), \mu_Y(i), \mu_Z(i))$

- R4. If $\mu_X(i), \mu_Y(i), \mu_Z(i) \in D$ then $\mu_p(i) = \text{Ave}(\mu_X(i), \mu_Y(i), \mu_Z(i))$
- R5. If $\mu_X(i), \mu_Y(i), \mu_Z(i) \in E$ then $\mu_p(i) = \text{Max}(\mu_X(i), \mu_Y(i), \mu_Z(i))$
- R6. If $\mu_X(i), \mu_Y(i) \in A$ and $\mu_Z(i) \in B$ then $\mu_p(i) = \text{Max}(\mu_X(i), \mu_Y(i)) - \mu_Z(i) \times 0.3$
- R7. If $\mu_X(i), \mu_Y(i) \in A$ and $\mu_Z(i) \in E$ then $\mu_p(i) = \mu_Z(i)$
- R8. If $\mu_X(i) \in A$ and $\mu_Y(i), \mu_Z(i) \in E$ then $\mu_p(i) = \text{MAX}(\mu_Y(i), \mu_Z(i))$

영상의 한 픽셀에 대하여 위의 규칙을 적용하여 연산된 결과가 두 개 이상일 경우에는 MAX 추론 방법을 적용하여 $\mu_p(i)$ 값을 결정한다. $\mu_p(i)$ 값이 임계치 이상이면 1로 설정하고, 임계치 보다 적거나, 규칙에 포함 되지 않아 $\mu_p(i)$ 값이 없는 경우에는 0으로 설정한다. 0과 1로 설정된 최종 값에 따라 이진화를 수행한다. 임계치는 임의의 값으로 설정하는 것 보다 픽셀 값의 평균이 높으면 높게, 픽셀 값의 평균이 낮으면 낮게 설정해주는 것이 효율적이지만 연산에 많은 시간이 소요되므로 경험적으로 설정한다.

IV. 실험 및 결과분석

본 논문에서 제안된 알고리즘의 성능을 분석하기 위하여 AMD Athlon 2500+의 CPU와 512MB이 장착된 IBM 호환 PC상에서 Visual Studio 6.0으로 구현하였다. 본 문에 제안한 방법과 최대·최소 평균 방법, 전체 평균, 임의로 골짜기를 나누는 방법 간의 이진화 성능을 비교하기 위해 여러 개의 운송 컨테이너 영상과 주민등록증 영상에 적용하여 실험하였다. 제안된 방법에서 최종 임계치는 0.4로 설정하였다. 운송 컨테이너 영상의 식별자가 대부분 흰색이므로 제안된 규칙에서 흰색 추출 규칙인 R5는 1.2배의 가중치로 설정하였고 흰색 추출 규칙에 대해서는 0.6배의 가중치를 적용하였다. 본 실험에서 규칙 R1은 적용하지 않았다. (그림 4)는 실험 영상이다.



(a) 주민등록증 영상 (a) ID card Image
(b) 컨테이너 영상 (b) Container Image

그림 6. 성능 평가를 위한 실험 대상 영상
Fig. 4 Experiment images for performance evaluation

(그림 5)는 주민등록증 영상에 대해 제안된 방법과 기존의 이진화 방법으로 이진화한 결과를 보여준다. 주민등록증 영상에서는 제안된 방법이 기존의 방법에 비해 큰 차이를 보이지 않았다. 주민등록증 영상에서 원색에 가까운 색상이 거의 없기 때문에 히스토그램을 사용하여 어두운 부분과 밝은 부분을 나누는 방법과 별다른 차이점이 없었다. 만약 임계치를 증가시키면 주위 잡음을 제거 할 수 있다.

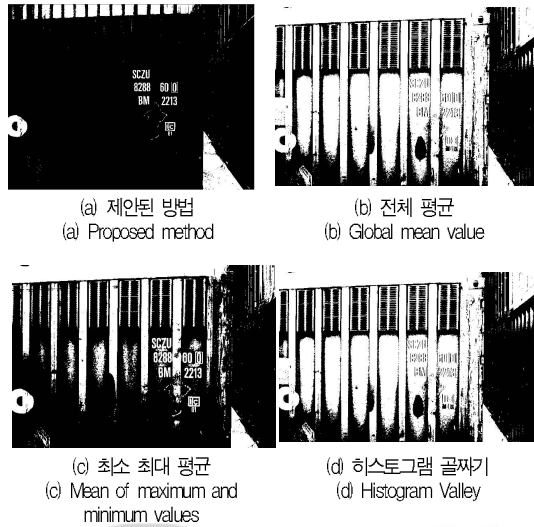


(a) 제안된 방법 (a) Proposed method
(b) 전체 평균 (b) Global mean value
(c) 최소 최대 평균 (c) Mean of maximum and minimum values
(d) 히스토그램 골짜기 (d) Histogram Valley

그림 5. 주민등록증 영상에 대한 실험 결과
Fig. 5 Binarization experiment results for ID Card image

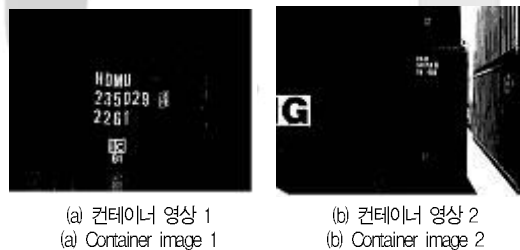
(그림 6)과 (그림 7)에서 보여주는 것과 같이 컨테이너 영상에서는 제안된 방법이 다른 이진화 방법과 비교하여 효율적임을 확인 할 수 있다. (그림 6)에서와 같이 컨테이너 영상은 다양한 색상과 다양한 형태의 잡음이 포함되어 있으므로 임계치의 결정에는 애매모호함이 존재한다[8]. 그러므로 (그림 6)에서와 같이 기존의 방법들을 적용할 경우에는 개별 식별자를 정확히 이진화할 수 없다. 그러나 제안된 방법에서는 RGB 컬러 모형의 각 색상에 대하여 퍼지 소속

함수를 적용하고, 그 결과를 이용해 배경에 비해 가독성이 높은 특징들을 배경과 분리하므로 개별 식별자가 정확히 이진화된 것을 확인할 수 있다. 따라서 제안된 방법은 다양한 컬러가 포함된 영상을 이진화 하는데 효율적임을 알 수 있다.



(a) 제안된 방법 (a) Proposed method
(b) 전체 평균 (b) Global mean value
(c) 최소 최대 평균 (c) Mean of maximum and minimum values
(d) 히스토그램 골짜기 (d) Histogram Valley

그림 6. 컨테이너 영상의 이진화 결과
Fig. 6 Binarization experiment results for container image



(a) 컨테이너 영상 1 (a) Container image 1
(b) 컨테이너 영상 2 (b) Container image 2

그림 7. 다양한 컨테이너 영상에 대한 이진화 결과
Fig. 7 Binarization experiment results for various container images

V. 결론 및 향후 연구과제

본 논문에서는 컬러 영상을 그레이스케일 영상으로 변환 시 특징점이 손실되는 부분을 개선하고 밝기 정보가 아닌

시각적으로 가독성이 높은 특징점을 추출 할 수 있는 퍼지 이진화 알고리즘을 제안하였다. 본 논문에서는 가독성에 영향을 줄 수 있는 부분에 대해 퍼지소속 함수를 설계하고 소속 함수에 R, G, B 컬러 값을 각각 적용하여 소속도를 계산하였다. 구해진 소속도에서 가독성에 영향을 줄 수 있는 소속도를 연산규칙을 통해 가독성이 높은 색상들을 추출하여 이진화하였다. 다양한 영상에 대해 실험한 결과, 기존의 밝기 정보를 이용하는 방법에 비해 가시도가 높은 색상이 잘 검출되었고 기존의 이진화 방법보다 효율적인 것을 확인하였다.

향후 연구 과제는 실제 색상 정보가 시각적으로 왜곡되어 나타나는 부분을 개선하여 효율적으로 영상을 이진화 할 수 있는 알고리즘을 연구 할 것이다.

참고문헌

[1] S. Marchand-Maillet, Y. M. Sharaiha, Binary Digital Image Processing, ACADEMIC PRESS, 2000.

[2] R. C. Gonzales and R. E. Woods, Digital Image Processing Addison Wesley, 1992.

[3] Liane C. Ramac, Pramod K. Varshney, "Image Thresholding Based on Ali-Silvey Distance Measures," Pattern Recognition, Vol.30, No.7, 1161-1173, 1997.

[4] 김하식, 김강, 조정식, 전중식, "비트평면 페턴을 이용한 최적 이진화 방법," 한국OA학회논문지, 제 6권, 4호, pp.1-5, 2001.

[5] 백승수, "1-페스 공간 적응적 웨이블릿 임계화를 사용한 영상의 노이즈제거," 한국컴퓨터정보학회논문지, 제 8권, 4호, pp.7-12, 2003.

[6] 김광백, "밝기정보를 이용한 영상 이진화에 관한 연구," 한국해양정보통신학회논문지, 제8권, 3호, pp.721-727, 2004.

[7] Y. V. Ramana Rao, C. Eswaran, "A New algorithm for BTC Image Bit Plane Coding," IEEE Transaction on Communication, Vol.43, No.6, pp.2010-2011, 1995.

[8] 윤형근, 이지훈, 김광백, "퍼지 이진화 방법에 관한 연구," 한국지능정보시스템학회 2002년 추계 정기학술대회 학술발표 논문집, pp.510-513, 2002.

저자 소개



김 광 백

1999년 부산대학교 전자계산학과 (이학박사)
 1996년~1997년 동의공업대학 사 무 자동화과 전임강사
 1997년~현재 신라대학교 컴퓨터공학과 부교수
 2005년~현재 한국멀티미디어학회 조직이사
 2005년~현재 한국해양정보통신학회 인공지능 및 지능정보시스템 분과위원장 및 편집위원
 <관심분야> Fuzzy Neural Networks, Image Processing, Support Vector Machines, Computer Education



김 영 주

1988년 부산대학교 계산통계학과 (이학사)
 1990년 부산대학교 계산통계학과 (이학석사)
 1990년~1995년 큐닉스컴퓨터 응용시스템연구소
 1999년 부산대학교 전자계산학과 (이학박사)
 2000년~현재 신라대학교 컴퓨터공학과 조교수
 <관심분야> 멀티미디어처리, 임베디드시스템