

# 퍼지 소속 함수를 이용한 개선된 이진화 방법

박경태\* · 홍창수\* · 김정원\* · 전봉기\* · 김광백\*\*

## Enhanced Binarization Method using Fuzzy Membership Function

Gyong-Tae Park\* · Chang-Su Hong\* · Jung-Won Kim\* · Bong-Ki Jun\* · Kwang-Baek Kim\*\*

\*Division of Computer and Information Engineering, Silla University

\*\*Dept. of Computer Engineering, Silla University

### 요 약

대부분의 이진화 알고리즘은 임계치를 결정하기 위하여 히스토그램을 사용하여 밝기 분포를 분석한다. 배경과 물체의 명도차이가 큰 경우에는 분할을 위해 양봉 히스토그램을 보일때는 최적의 임계치를 찾기 위해 히스토그램 골짜기를 선택하는 것만으로도 양호한 임계치 결과를 얻을 수 있으나, 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, 컨테이너 영상에 적용한 결과, 기존의 방법에 비해 효율적인 것을 확인하였다.

### 키워드

임계치, 이진화, 히스토그램, 밝기 분포, 퍼지 소속 함수

## 1. 서 론

이진영상(Binary image)은 모양, 위치, 수, 정보 등 원 영상의 정보를 최대한 보존함으로써 인식이나 분할에 적합하게 변환된 단순한 흑·백 영상이다[1].

영상 이진화(image binarization)처리는 영상 처리 분야에서 자동 목표 추적이나 물체 인식, 저장 공간 절약, 영상 분석 등과 같은 다양한 응용에서 배경과 물체를 구분하는 영상 분할(Segmentation)을 위한 일반적인 도구로 사용된다. 이진 영상을 사용하는 영상 처리 응용에서 임계치(threshold) 결정은 처리 성능을 결정짓는 중요한 요소이다[2,3]. 대부분의 이진화 알고리즘은 임계치를 결정하기 위하여 히스토그램을 사용하여 밝기 분포를 분석한다. 배경과 물체의 명도 차이가 큰 경우에는 분할을 위해, 양봉 히스토그램을 보일 때는 최적의 임계치를 찾기 위해, 히스토그램에서 골짜기(valley)를 선택하는 것만으로도 양호한 임계치를 얻을 수 있으나 배경과 물체의 밝기 차이가 크지 않거나 밝기 분포가 양봉 특성을 보이지 않을 때에는 히스토그램 분석만으로는 양호한 임계치를 얻을

수 없다[4,5].

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 컨테이너 영상이나 다양한 색상이 포함되어 있는 영상에서 기존의 임계치를 이용한 이진화 방법에 비해 잡음 영역을 상당히 제거 할 수 있으며, 컨테이너 영상에 적용한 결과, 기존의 방법에 비해 효율적인 것을 확인되었다.

## II. 관련 연구

본 논문에서는 원 영상을 그레이 스케일로 변환하여 특징점을 추출할 경우에 정보손실이 발생하여 부분을 개선하기 위해 RGB 컬러값을 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 값은 정해진 임계치 이상일 경우 1, 아닐 경우 0으로 설정하여 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 RGB값이 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.



(a) RGB 컬러 상태 (b) 그레이 스케일  
그림 1. 특징점의 손실

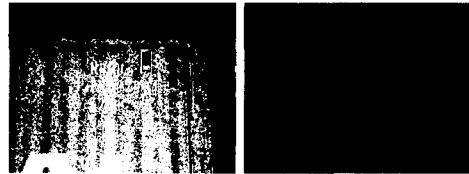
그림 1에서와 같이 그레이 스케일로 변환 시 시각적으로 다르게 보이는 많은 색상들이 비슷한 값으로 변경된다. 따라서 본 논문에서는 그레이 스케일로 변환전의 RGB 색상 정보를 대상으로 영상을 이진화 하는 방법을 제안한다.

### 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 2는 한 컨테이너 영상을 여러 방법으로 이진화한 결과이다.



(a) 골짜기 나누기 (b) 최대 최소 평균



(c) 전체 평균 (d) 원영상  
그림 2. 기존 이진화 방법의 결과

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

## III. 제안된 방법

### 3.1 소속 함수 설계

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

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

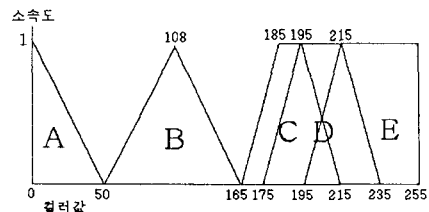


그림 3. 컬러에 대한 소속 함수

그림 3의 카테고리 A는 어떤 원색에 영향을 주지 않으며, R, G, B컬러 값이 모두 카테고리 A에 포함될 경우에는 검은색으로 분류된다. R, G, B컬러 값 중에서 적어도 하나의 값이 카테고리 B에 포함되는 경우에는 나머지 카테고리와의 차감 연산을 하며, 이는 각각의 RGB 값 중에서 하나의 값이 카테고리 B에 포함되는 경우이고 미색 계열의 색상이 나타나므로 특징점일 가능성이 적다. C, D, E의 카테고리는 원색 또는 선명한 색상이 나타나는 구간이며 한 카테고리로 설정하면 많은 색상이 포함되어 특징점을 추출하는데 어려움이 있으므로 C와

D, E와 같이 3개의 카테고리로 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  $\mu_X$ 는 [0,1] 사이에 값을 가지며 1에 가까울수록 소속도가 높다. 임의의 X에 대한 쉼터 값 x의 소속도는  $\mu_X(x)$ 로 표시한다. 각각의 R, G, B 쉼터 값을 그림 3에서 설정한 구간과 다음의 수식을 이용하여 퍼지 소속도를 계산한다.

If  $c \in X$  then  
 If  $c < X_{m(m_1)}$  then  

$$\mu_X(c) = \frac{c - X_s}{X_{m(m_1)} - X_s}$$
 else If  $c \geq X_{m(m_1)}$  and  $c \leq X_{m(m_2)}$  then  

$$\mu_X(c) = 1$$
 else If  $c > X_{m(m_2)}$  then  

$$\mu_X(c) = \frac{X_{l_1} - c}{X_{l_1} - X_m}$$

여기서 X는 그림 3의 모든 카테고리를 의미하고 c는 각각의 R, G, B 값을 의미한다.  $X_s$ 는 각 카테고리의 시작 구간이다. 삼각형타입의 카테고리는  $X_m$ 이 소속도가 1이 되는 중심점을 의미하며, 사다리꼴 타입의 카테고리에서는 구간  $[X_{m_1}, X_{m_2}]$ 이 소속도가 1이 되는 중심구간이다.  $X_{l_1}$ 은 카테고리의 끝구간을 의미한다

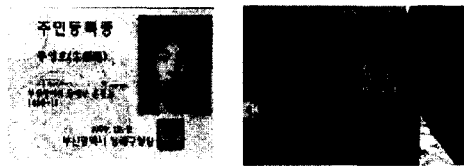
소속 함수에서 계산된 R, G, B 쉼터의 각 소속도는 다음과 같은 규칙에 따라 연산한다. 아래의 규칙에서 X, Y, Z는 임의의 R, G, B 쉼터를 의미하며  $\mu_p$ 는 최종적으로 결정될 소속도이다.

- R1. If  $\mu_X(i), \mu_Y(i), \mu_Z(i) \in A$  then  
 $\mu_p(i) = \text{Max}(\text{Min}(\mu_X(i), \mu_Y(i)), \text{Min}(\mu_Y(i), \mu_Z(i)), \text{Min}(\mu_X(i), \mu_Z(i)))$
- 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 이진화 한다. 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 IBM호환 PC상에서 Visual Studio 6.0으로 구현하였다. 본 논문에 제안한 방법과 최대·최소 평균 방법, 전체 평균, 임의로 골짜기를 나누는 방법 간의 이진화 성능을 비교하기 위해 여러 개의 컨테이너 영상과 주민등록증 영상에 적용하여 실험하였다. 제안된 방법에서 최종 임계치는 0.4로 설정하였다. 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 4는 실험 영상이다.



(a) 주민등록증 영상 (b) 컨테이너 영상

그림 5. 성능 평가를 위한 실험 대상 영상

그림 4의 (a)영상에서는 다른 방법에 비해 큰 차이를 보이지는 않았다. 주민등록증에서는 흰색에 가까운 색상이 거의 없기 때문에 히스토그램을 사용하여 어두운 부분과 밝은 부분을 나누는 방법과 별 다른 점이 없었다. 만약 임계치를 증가시키면 주위 잡음을 제거 할 수 있다. 그림 5는 주민등록증 영상에 대해 제안된 방법과 기존의 이진화 방법으로 이진화한 결과 영상이다.

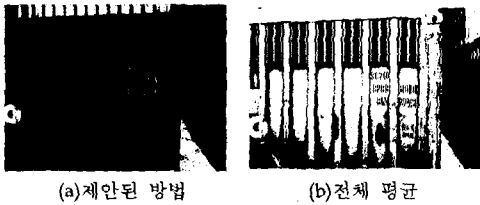


(a) 제안된 방법 (b) 전체 평균



(c) 최소 최대 평균 (d) 골짜기  
그림 5. 주민등록증 영상에 대한 실험 결과

그림 6과 그림 7에서와 같이 컨테이너 영상에서는 제안된 방법이 이진화에 효율적인 것을 확인 할 수 있다. 따라서 제안된 방법은 다양한 컬러가 포함된 영상을 이진화 하는데 효율적이다.



(a)제안된 방법 (b)전체 평균



(c)최소 최대 평균 (d) 골짜기  
그림 6. 컨테이너 영상의 이진화 결과



(a) 컨테이너 영상 1 (b) 컨테이너 영상 2  
그림 7. 다양한 컨테이너 영상에 대한 이진화 결과

### V. 결론 및 향후 연구과제

본 논문에서는 컬러 영상을 히스토그램으로 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 소속함수에 R, G, B컬러 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 확인 하였다.

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

### 참고문헌

- [1] Freight Containers=Coding, Identification and Marking [ISO 6346 1995(E)].
- [2] R. C. Gonzales and R. E. Woods, Digital Image Processing Addison Wesley, 1992.
- [3] 윤형근, 이지훈, 김광백, "퍼지 이진화 방법에 관한 연구", 한국지능정보시스템학회 2002 추계 정기 학술대회 학술발표 논문집, pp.510 - 513, 2002.
- [4] 김하식, 김강, 조경식, 전종식, "비트평면 패턴을 이용한 최적 이진화 방법," 한국OA학회 논문지, 제 6권 4호, pp.1-5, 2001.
- [5] Seiichiro Kamata, :Depth-First Transaction on Communication, Vol.43, No.6, pp.2010-2011, 1995.
- [6] 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.