
밝기 정보를 이용한 영상 이진화에 관한 연구

김광백*

A Study on Image Binarization using Intensity Information

Kwang-baek Kim*

요 약

영상의 이진화는 문자 인식, 영상 분석 등 다양한 영상 처리 분야의 전처리 과정으로 자주 적용되고 있다. 영상 이진화는 임계치의 설정에 따라 처리 성능이 좌우되며, 대부분의 기존 이진화 방법은 밝기 값의 히스토그램을 사용하여 평균 밝기 값이나 히스토그램의 골짜기를 임계치로 설정한다. 이와 같은 방법은 양봉의 특징을 보이지 않거나 특정 영상을 추출하려는 경우에는 적절한 임계치를 얻기 어렵다. 따라서 본 논문에서는 그레이 스케일 영상에서 밝기 값을 여러 구간으로 분할하여 각 구간의 밝기 평균값을 구하고, 두 개의 구간에 대해 평균값 사이의 거리를 각 구간에서 평균값과 양극과의 거리 비율로 나누어서 계산된 값을 두 개의 구간을 합친 새로운 구간의 임계치로 설정한다. 최종적으로 하나의 구간이 생성될 때까지 구간 통합과 임계값 계산을 반복함으로써 이진화 임계값을 산출한다. 제안된 이진화 방법의 성능을 평가하기 위하여 다양한 종류의 영상에 적용한 결과, 기존의 이진화 방법들보다 효율적인 것을 확인하였다.

ABSTRACT

The image binarization is applied frequently as one part of the preprocessing phase for a variety of image processing techniques such as character recognition and image analysis, etc. The performance of binarization algorithms is determined by the selection of threshold value for binarization, and most of the previous binarization algorithms analyze the intensity distribution of the original images by using the histogram and determine the threshold value using the mean value of intensity or the intensity value corresponding to the valley of the histogram. The previous algorithms could not get the proper threshold value in the case that doesn't show the bimodal characteristic in the intensity histogram or for the case that tries to separate the feature area from the original image. So, this paper proposed the novel algorithm for image binarization, which, first, segments the intensity range of grayscale images to several intervals and calculates mean value of intensity for each interval, and next, repeats the interval integration until getting the final threshold value. The interval integration of two neighborhood intervals calculates the ratio of the distances between mean value and adjacent boundary value of two intervals and determine as the threshold value of the new integrated interval the intensity value that divides the distance between mean values of two intervals according to the ratio. The experiment for performance evaluation of the proposed binarization algorithm showed that the proposed algorithm generates the more effective threshold value than the previous algorithms.

키워드

이진화, 임계치, 히스토그램, 평균밝기

1. 서 론

이진 영상(binary image)은 모양, 위치, 수 등 원래 영상의 정보를 최대한 보존하면서 인식이나 분할에 적합하게 변환된 단순한 흑/백 영상이다[1].

영상 이진화(image binarization) 처리는 영상처리 분야에서 자동목표추적이나 물체인식, 저장공간절약, 영상분석 등과 같은 다양한 응용에서 배경과 물체를 구분하는 영상 분할(image segmentation)을 위한 일반적인 도구로 사용되어진다. 이진 영상을 사용하는 영상처리응용에서 임계치(threshold) 결정은 처리 성능을 결정짓는 중요한 문제이다[2,3].

대부분의 이진화 알고리즘은 임계치를 결정하기 위하여 히스토그램을 사용하여 원래 영상의 밝기 분포를 분석한다. 배경과 물체 부분의 명도 차이가 큰 경우나 밝기 분포가 양봉(bimodal)형 히스토그램을 가질 때는 최적의 임계값을 찾기 위해 히스토그램에서 골짜기(valley)에 해당하는 밝기 값을 선택하는 것만으로 양호한 임계치를 얻을 수 있으나, 배경과 물체의 밝기 차이가 크지 않거나 밝기 분포가 양봉 특성을 보이지 않을 때는 히스토그램 분석만으로 양호한 임계치를 얻을 수 없다[4,5]. 따라서 본 논문에서는 영상의 밝기 분포에 대한 구간 분할 및 통합 과정을 통해 임계치를 결정하는 새로운 방법을 제안한다. 그레이스케일 영상에서 256개의 밝기 값을 일정한 크기의 2^n 개의 구간으로 분해하고 각 구간의 밝기 평균값을 계산한다. 여기서, n 은 영상의 밝기 분포에 따라 경험적으로 설정하는 파라미터이다. 2^n 개의 구간에 대해 인접하는 두 개의 구간을 통합하여 2^{n-1} 개의 구간을 만들고 통합된 두 개의 구간에 대해 평균값과 가까운 구간 경계사이의 거리의 비율을 구한 다음, 두 평균값 사이의 거리를 계산된 비율로 나누고 분단점에 해당하는 밝기 값을 통합 구간에 대한 임계치로 설정한다. 최종적으로 하나의 임계치를 구할 때까지 이러한 구간 통합과 임계치 연산 과정을 반복한다. 마지막으로 최종 임계치를 적용하여 원래 영상을 이진화한다.

II. 관련 연구

영상 이진화를 위한 최적의 임계값을 얻기 위한

연구는 오래 전부터 진행되었고 임계치 선택 방법은 크게 전역 방법(global method)과 국부적 방법(local method)으로 구분된다. 히스토그램 분석을 통한 임계치 방법은 수치적인 분포 밀도에 근거한 분석이기에 실제 영상의 형태 분석에는 한계가 있다. 이러한 문제점을 개선하기 위하여 기존의 이진화 방법으로 물체의 형상 정보를 기준으로 한 임계치 결정 방법이 제안되었다[5,6]. 이 방법은 영상의 전체적인 형상 정보를 미리 얻는 방법으로 비트 평면을 참조하였다.

비트 평면(bit-plane)은 디지털 코드로 저장된 영상을 동일한 가중치의 비트열 별로 분해하여 원 영상과 같은 공간 해상도로 표현한 이진 영상이다[6]. N비트 그레이스케일(grayscale)의 영상은 비트 슬라이스 연산을 통해 N개의 이진 영상으로 분해된다. 따라서 비트 평면을 이용한 이진화 방법은 원 영상의 전체적인 물체 및 배경 분포를 파악하기 위하여 원 영상의 윤곽을 많이 포함하고 있는 상위 비트 평면을 기준으로 사용하여 물체 영역과 배경 영역을 구분하여 영상을 이진화한다[6,7]. 그러나 이러한 이진화 방법은 영상에서 물체와 배경 사이의 밝기 차이가 거의 없는 경우에는 영상을 이진화할 수 없는 문제점을 내포한다[8]. 따라서 본 논문에서는 영상의 밝기 분포에 대한 구간 분할 및 통합 과정을 통해 임계치를 결정하는 새로운 방법을 제안한다.

III. 밝기 정보를 이용한 제안된 이진화 방법

3.1 밝기 구간 및 구간 임계치 설정

그레이스케일 영상의 256개의 밝기 값을 $2^1 \sim 2^5$ 정도의 밝기 구간으로 분해한다. 밝기 정보가 골고루 분포된 경우에는 2^2 개나 2^3 개로 구간을 분해하여도 양호한 결과를 얻을 수 있지만 전체적으로 어둡거나 밝은 영상은 히스토그램 상에 한쪽으로 밝기 값이 치우쳐 있어 2^4 개나 2^5 개로 구간을 분해하는 것이 효과적이다. 그림 1은 구간의 수와 크기를 나타내었다.

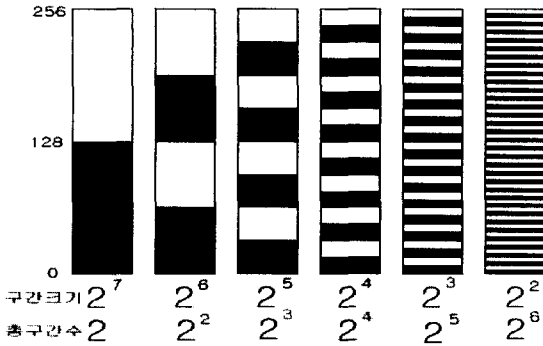


그림 1. 구간의 크기와 구간의 수

밝기 구간의 수를 증가시키면 정확한 밝기 분포를 알 수 있지만 밝기 구간의 수를 $2^6 \sim 2^7$ 개로 설정하면 임계치를 결정하는데 많은 시간이 소요되고 2^5 개로 설정하여 구한 임계치와 비교하여도 성능 상에는 큰 차이가 없음을 실험을 통해 알 수 있었다. 본 논문에서는 식 (1)과 같이 밝기 구간을 결정한다.

$$n = \log_2 R$$

$$[j] = \frac{P_j}{2^{8-n}}, \quad j=1, 2, \dots, 2^n$$

$$X_j = X_j + P_j \quad (1)$$

여기서, R은 총구간의 수이고, P_j 는 픽셀의 밝기 값이며, X_j 는 각 구간 밝기 값의 총합이다.

구간 수를 2^n 개로 설정하는 이유는 임계치 산출 과정이 인접한 두 개의 구간을 통합하여 하나의 새로운 임계치를 구하는 구간 통합 과정을 반복하여 최종 임계치를 결정하기 때문이다. 최종 값이 결정되기 전까지의 구간 수는 2^{n+1} 개가 있어야 한다. 분할된 밝기 구간의 평균값을 계산하고, 이 평균값들을 각 구간의 임계치로 결정하는데 해당 구간의 밝기 분포도와 같다. 구간의 밝기 분포가 양봉 특성을 보일 경우에는 밝기 구간의 평균값은 골짜기의 최소 부분에 위치하게 되며, 양봉의 특성을 보이지 않을 경우에는 밝기 값이 치우친 곳으로 위치한다.

3.2 최종 임계치 연산

우선, 2^n 개로 나누어진 구간들에 대해 이웃하는 2개의 구간을 통합하여 2^{n-1} 개의 통합 구간을 구한다. 하나의 통합 구간은 이전 구간들이 가지는

두 개의 임계치를 포함하는데 이들 임계치들과 가까운 구간 경계(설정된 2^{n-1} 개의 구간 경계)사이의 거리를 구하고 두 거리 값의 비율을 계산한다. 그리고 두 개의 임계치 사이의 거리값을 구한 다음, 산출된 거리 값의 비율로 나눈다. 이 때에 나누어지는 경계점을 새로운 통합 구간의 임계치로 결정한다. 이 과정을 그림으로 나타내면 그림 2와 같고, 이를 수식으로 나타내면 식 (2)와 같다.

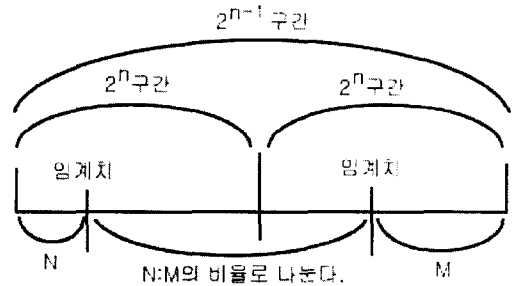


그림 2. 이미지와 임계치 결정 방법

$$T_i^{(n-1)} = T_{2i-1}^n + \frac{(T_{2i}^n - T_{2i-1}^n)T_{2i-1}^n}{T_{2i-1}^n + (2(2^n)^{i-1} - T_{2i}^n)} \quad (2)$$

$T_i^{(n-1)}$ 은 2^{n-1} 개의 통합 구간에서 i 번째 통합 구간의 임계치를 의미한다. 구간 통합과 통합 구간의 임계치를 계산하는 과정을 최종 2^0 개의 밝기 구간의 임계치를 구할 때까지 반복한다.

IV. 실험 및 결과 분석

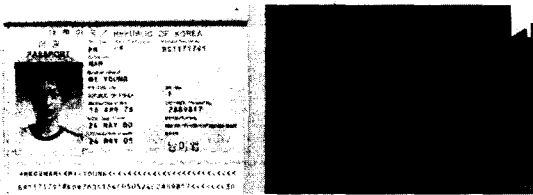
본 논문은 제안된 알고리즘의 성능을 분석하기 위하여 Intel Pentium-4 2.0GHz CPU와 512MB RAM이 장착된 IBM 호환 PC상에서 델파이 7.0을 사용하여 제안한 알고리즘을 구현하였다. 그리고 제안된 방법과 최대·최소 평균 방법, 전체 평균 방법, 비트 평면의 최상위비트를 이용한 방법들 사이의 이진화 성능을 비교, 평가하기 위하여 컨테이너(756×504 픽셀), 여권(600×395 픽셀), 지문(200×200 픽셀), 학생증(664×420 픽셀) 등의 영상에 적용하여 실험하였다. 실험에서 사용한 영상은 그림 3과 같으며, 실험을 위해 제안된 방법의 밝기 구간의 수를 2^3 으로 설정하였다. 여권 영상 실험

에서는 전체 평균 방법의 임계치 값이 높게 설정되어 문자와 사진의 구분이 명확하지 않았으나 나머지 이진화 방법에서는 큰 차이가 없었다. 각 방법을 이용하여 여권 영상을 이진화한 결과는 그림 4와 같다.

낸 것이다.

표 1. 여권영상에 대한 각 방법들의 임계치

	최대 최소	전체 평균	비트 평균	제안된 방법의 구간 수		
				2 ¹	2 ²	2 ³
임계 치	150	204	155	146.7	151.5	146.7
				2 ⁴	2 ⁵	
				145.8	143.6	



(a) 여권 (b) 컨테이너



(c) 지문 (d) 학생증
그림 3. 실험에 사용된 영상

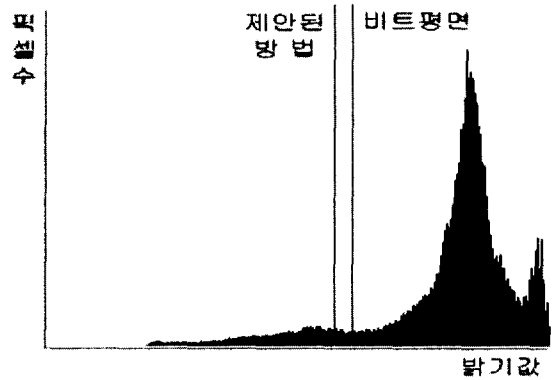
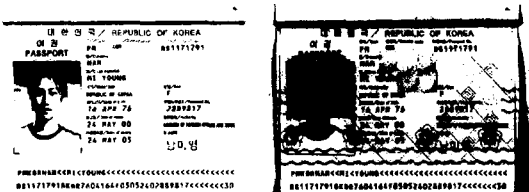


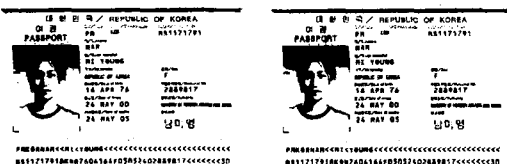
그림 5. 여권 영상의 히스토그램과 임계치



(a) 최대 최소 평균 (b) 전체 평균

표 1과 같이 2¹개의 구간으로 나눈 경우에는 밝기 분포 값이 반영되지 않아 예상한 임계치와 다르게 설정되었고, 2²부터 2⁵개 구간으로 나눈 경우에는 임계치가 감소하였다.

지문 영상은 밝기 값이 128을 기준으로 하여 한 쪽으로만 분포되어 있기 때문에 그림 6의 (c)와 같이 비트평면 방법에서는 이진화가 되지 않았다.



(c)비트평면 (d) 제안된 방법그림
그림 4. 여권영상의 이진화



(a) 최대 최소 평균 (b) 전체 평균

여권 영상에 대한 각 방법들의 임계치는 표 1과 같다. 그림 5는 제안된 방법과 비트평면을 이용한 방법간의 임계치를 히스토그램상에 비교하여 나타



(c) 비트평면 (d) 제안된 방법
그림 6. 지문 영상의 이진화

지문 영상에 대한 각 방법들의 임계치는 표 2와 같다. 그림 7은 제안된 방법과 비트평면을 이용한 방법간의 임계치를 히스토그램상에 비교하여 나타낸 것이다.

표 2. 지문영상에 대한 각 방법들의 임계치

	최대 최소	전체 평균	비트 평면	제안된 방법의 구간 수		
				2^1	2^2	2^3
임계치	150	204	102	204	197.9	204
				2^4	2^5	
				201.3	198.6	

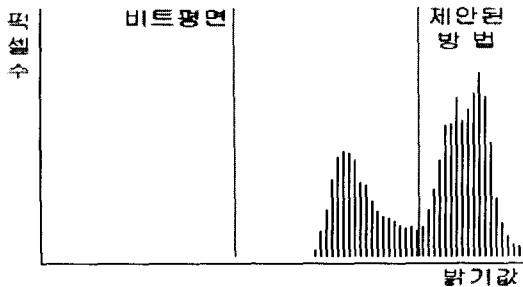


그림 7. 지문 영상의 히스토그램과 임계치

밝기 값이 한곳으로 분포된 지문 영상을 2^1 개 또는 2^2 개의 구간으로 나눈 경우에는 밝기 구간 수가 적어 밝기 분포 값이 반영되지 않고 예상한 임계치와 다르게 설정되었다. 그리고 제안된 방법은 컨테이너 영상과 학생증 영상에서도 양호한 결과를 보였는데, 그림 8과 같이 컨테이너 식별자의 배경 부분을 흰색으로 분류함으로써 문자 인식에도 적용할 수 있다.

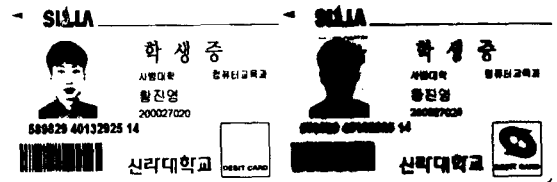


(a) 최대최소평균 (b) 전체 평균

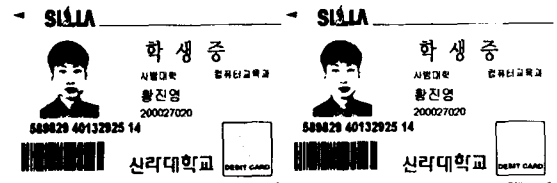


(c) 비트평면 (d) 제안한 방법
그림 8. 컨테이너 영상의 이진화

학생증 영상에서 구간 수가 증가하면 임계치는 감소하였고 감소된 임계치는 문자와 문자 사이의 간격이 기존의 방법보다 정확하게 나타냈다.



(a) 최대최소평균 (b) 전체 평균



(c) 비트평면 (d) 제안된방법
그림 9. 학생증 영상의 이진화

V. 결론

영상 이진화는 문자 인식, 영상 분석 등의 영상 처리 기법의 전처리 과정으로 다양한 분야에 사용되고 있다. 영상 이진화는 임계치의 설정에 따라

처리 성능이 좌우되며 대부분의 이진화 방법에서는 밝기 값의 히스토그램을 사용하여 평균 밝기 값이나 히스토그램의 골짜기를 임계치로 결정한다. 이와 같은 방법은 양봉의 특징을 보이지 않거나 특정 영상을 추출할 때 적절한 임계치를 얻기 어렵다. 따라서 본 논문에서는 영상의 밝기 분포에 따라 구간을 설정하여 각 구간에 대한 밝기 값의 평균을 구하고 각 구간의 평균값 사이의 거리를 구간 양극과의 거리 비율로 나누었다. 그리고 최종적으로 설정된 경계치를 임계치로 하여 영상을 이진화하였다. 다양한 영상 실험에 적용하여 성능을 평가한 결과, 기존의 이진화 방법보다 효율적인 것을 확인하였다.

향후 연구 과제는 최적의 구간 수를 설정하는 방법과 각 구간간의 임계치를 결정하는 방법을 연구 할 것이다.

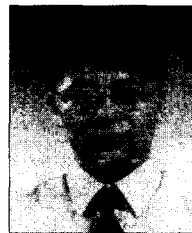
참고문헌

[1] S. Marchand-Maillet, Y. M. Sharaiha, Binary Digital Image Processing, ACADEMIC PRESS, 2000.
 [2] R. C. Gonzalez 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] 윤형근, 이지훈, 김광백, "퍼지 이진화 방법에 관한 연구," 한국지능정보시스템학회 2002년 추계정기학술대회 학술발표 논문집, pp.510-513, 2002.
 [5] 김하식, 김강, 조경식, 전종식, "비트평면 패턴을 이용한 최적 이진화 방법," 한국 OA 학회

논문지, 제 6권 4호, pp.1-5, 2001.

[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.
 [7] Seiichiro Kamata, "Depth-First Coding for Multivalued Pictures using Bit Plane Decomposition," IEEE Transaction on Communication, Vol. 43, No.5, pp.1961-1969, 1995.
 [8] 김광백, 노영욱, "동적인 임계화 방법과 코호넨 알고리즘을 이용한 차량 번호판 인식에 관한 연구," 한국통신학회 논문지, 제26권, 12A호, pp.2019-2026, 2001.

저자소개



김광백(Kwang-Baek Kim)

1993년 부산대학교 전자계산학과(이학석사)
 1999년 부산대학교 전자계산학과(이학박사)
 1996년~1997년 동의공업대학 사무자동화과 전임강사

1999년~2000년 Biomedical Fuzzy Systems Association Associate Editors (Japan)
 1997년~현재 신라대학교 컴퓨터공학과 부교수
 2003년~현재 한국퍼지 및 지능시스템학회 이사 및 편집위원
 ※관심분야 : Neural Networks, Processing, Fuzzy Logic, Biological Signal Processing and Biomedical System, Support Vector Machines