

히스토그램 평활화와 군집화 전처리를 통한 적응적 경계선 추출 방법

*최진중 **이정현 ***정제창

한양대학교 융합전자공학부

*dasck16@hanyang.ac.kr **mizaling@naver.com ***jjeong@hanyang.ac.kr

Adaptive Edge Detection Using Histogram Equalization and Clustering

*Choi, Jinjung **Lee, Jeonghyun ***Jeong, Jechang

Department of Electronic Engineering, Hanyang University

요약

주변 픽셀간의 명도 차이가 작을수록 같은 경계를 구성하고 있을 가능성이 크다. 따라서 주변 픽셀간의 명도를 고려하여 경계 추출기를 활용한다면 보다 정확한 경계선 추출이 가능하다. 하지만 한가지의 히스토그램 평활화와 k-means 군집화를 사용하는 기존 알고리즘은 평활화에 의한 이미지 왜곡이나, 명도 차이가 큰 픽셀이 같은 그룹에 속하는 경우 혹은 명도 차이가 작은 픽셀이 각각 다른 그룹에 속하는 경우와 같이 그룹화의 오류가 있기 때문에 원본 이미지에 없던 불필요한 경계선이 발견되었다. 본 논문은 하나의 이미지에 대해서 여러 가지 히스토그램 평활화 방법으로 각각 다른 명도 분포를 얻어내어 적응적으로 경계선을 판단하는 알고리즘을 제안한다. 이는 기존 알고리즘에서 나타나는 불필요한 경계선을 제거하였으며 기본 경계 추출기의 효과를 향상시켰다.

1. 서론

경계선은 물체의 크기나 위치, 방향등의 특징적인 정보를 포함하고 있으며 경계선 추출 기술은 문자 추출, 차선, 안면인식 등 여러 산업 분야에서 용도에 맞게 다양하게 활용되고 있다. 이에 따라 영상해석에 있어서 보다 우수한 경계선 추출 결과를 얻는 것은 중요한 과제이다. 기본 경계 추출기는 입력 된 영상과 마스크의 convolution을 통하여 경계를 추출하는 prewitt mask, sobel mask, laplacian mask 등이 있다.[2] 이러한 방법들은 알고리즘이 단순하며 처리시간이 빠른 반면 영상의 명도 분포를 고려하지 않기 때문에 영상에 따라 경계선 추출이 미흡한 단점이 있다.

기존 알고리즘은 명도 분포를 고려하여 히스토그램 평활화, k-means 군집화와 sobel mask를 이용해서 경계선을 추출하였다.[1] 경계선 추출에 앞서 히스토그램 평활화를 통해 영상의 전체적인 밝기 분포를 균일하게 만들고, 군집화를 통해 영상 내 경계들이 뚜렷해지도록 전처리하는 방법을 활용하여 기본 경계 추출기를 통해 얻지 못했던 경계선들을 추가적으로 획득할 수 있었다. 하지만 전처리 과정 중 평평한 영역임에도 불구하고 히스토그램 평활화를 통해 그라데이션(gradation)이 강조되고 군집화를 통해 영역이 나뉘지면서 불필요하게 경계선으로 판별되는 경우들이 발견되었다.

본 논문은 기존 알고리즘의 전처리 과정을 보완하여 발생하는 불필요한 경계선을 제거하는 알고리즘을 제안한다. 제안하는 알고리즘은 기존 알고리즘과 달리 하나의 이미지에 대해서 여러 가지 히스토그램 평활화 방법으로 얻어낸 각각 다른 명도 분포 이미지에 군집화를 적용하였다. 최종적으로 각 경계선 추출 결과에서 적응적으로 경계선을 판단하여 불필요한 경계선을 제거한다.

본 논문의 순서는 다음과 같다. 2장에서는 실험에 사용한 히스토그램 평활화 방법과 k-means 군집화에 대하여 이론적 소개를 하고 3장에서 알고리즘을 제안한다. 4장에서 제안하는 알고리즘과 기존의 알고리즘의 결과를 비교하고 5장에서 결론을 짓는다.

2. 이론적 배경

2.1 Basic Histogram Equalization (BHE)

명도의 개수가 L인 입력 영상 X에 대하여 확률밀도함수(probability density function)는 식 (1)과 같이 표현된다. n은 X의 전체 픽셀 수를 나타내고 n_k 는 특정 명도 x_k 를 가지는 픽셀의 수를 의미한다.

$$P(X_k) = \frac{n_k}{n} \quad (1)$$

누적분포함수(cumulative distribution function)를 식 (2)와 같이 정의하여 식 (3)의 변환함수 f(x)를 구한다. 최종적으로 f(x)를 이용하여 원본이미지의 명도 분포를 고르게 변환한다.

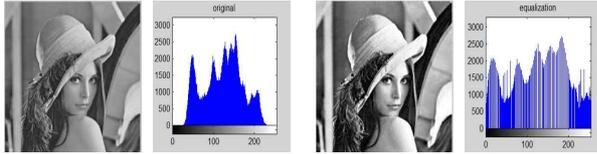
$$c(X_k) = \sum_{i=0}^k p(X_i) \quad , \quad k=0,1...L-1 \quad (2)$$

$$f(x) = X_0 + (X_{L-1} - X_0) * c(x) \quad (3)$$

2.2 Histogram Stretching (HS)

HS는 히스토그램이 gray scale의 모든 구간에서 고르게 나타나도록 변경하는 선형 변환 기법이다. 명암대비가 낮은 영상의 경우

히스토그램이 특정영역에 집중되어 분포하는데 이를 stretching 하여 보다 넓은 영역에 분포하도록 변환한다. HS를 수식으로 표현하면 식 (4)와 같다.



(a) 원본 이미지와 히스토그램 (b) 히스토그램 평활화 결과 이미지와 히스토그램
 그림 1. 원본 이미지와 히스토그램 평활화의 결과

$$g(x,y) = \frac{f(x,y) - G_{\min}}{G_{\max} - G_{\min}} \times 255 \quad (4)$$

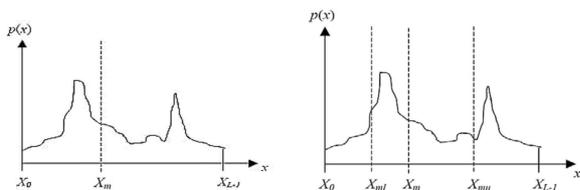
(4)의 $f(x,y)$ 와 $g(x,y)$ 는 각각 입력 영상과 출력 영상을 나타낸다. 그리고 G_{\min} 과 G_{\max} 는 입력 영상의 픽셀 값 중에서 가장 낮은 gray scale과 가장 큰 gray scale값을 의미한다.

2.3 Recursive Mean-Separate Histogram Equalization (RMSHE)

Brightness preserving Bi-Histogram Equalization(BBHE)는 식 (5)의 평균명도 X_T 를 사용해서 히스토그램을 두 부분으로 분해하여 개별적으로 평활화를 실행한다.[3]

$$X_T = \sum_{n=0}^L x_n * P_X(x_n) \quad (5)$$

RMSHE는 BBHE를 개선한 것으로 이미지를 평균명도를 반복적으로 분해하여 독립적으로 평활화하였다.[4] 분할 횟수 $r=1$ 일 경우 BBHE와 같은 결과를 도출하며 r 이 증가할수록 명도 보존이 강화된다.



(a) r=1 일 때 RMSHE (b) r=2 일 때 RMSHE
 그림 2. 분할 횟수에 따른 RMSHE 그래프

2.4 Brightness Preserving Dynamic Fuzzy Histogram Equalization (BPDFHE)

BPDFHE는 입력 영상의 밝기를 유지하면서 명암대비 향상효과를 높일 수 있다.[5] 알고리즘은 다음과 같다. 첫 번째, 히스토그램을 식 (6)과 같이 fuzzy화 한다.

$$h(i) <- h(i) + \sum_x \sum_y \mu_{\tilde{I}(x,y)i}, \quad k \in [a,b] \quad (6)$$

$$\mu_{\tilde{I}(x,y)i} = \max(0, 1 - \frac{|I(x,y) - i|}{4})$$

즉, i 의 명암빈도수 $h(i)$ 를 i 부근의 fuzzy number의 gray scale $\tilde{I}(x,y)$ 를 사용해서 나타낼 수 있다. 두 번째, 극대점을 기준으로 fuzzy histogram을 분할한다. 세 번째, 서브히스토그램 단위로 평활화

를 수행한 후 마지막으로 입력영상의 명도(m_i)와 유사하도록 출력영상의 명도(m_0)를 이용하여 평균 밝기에 대한 정규화를 실행한다.

$$g(x,y) = \frac{m_i}{m_0} f(x,y) \quad (7)$$

2.5 k-means 군집화

k-means 군집화 알고리즘은 k개의 클러스터를 통해 주어진 데이터 집합들을 분류하는 방법이다.[6]

거리에 따라 데이터들을 하나의 클러스터로 묶어가면서, 각 클러스터간에 평균값들과 분산이 계산될 때, 분산값이 최소화되도록 하는 클러스터 분류를 찾을 때 까지 데이터들의 분류의 다양한 경우의 수를 계산을 반복한다. 미리 정해진 k를 통해 최대 계산 횟수를 예상 범위 내에서 반복되도록 하는 방법[6]이 있고, k를 적응적으로 결정하여 군집화의 효율을 높이기 위한 방법도 제안되었다.[7]



(a) 원본이미지 (b) k-means 군집화 결과이미지
 그림 3. 원본이미지와 k-means 군집화 결과

3. 제안하는 알고리즘

영상에서 주변 픽셀간의 명도 차이가 작을수록 같은 경계를 구성하고 있을 가능성이 크다. 이 같은 픽셀들을 그룹화하여 경계선 추출을 진행하면 경계선 추출의 정확성이 향상된다.



그림 4. 기존 알고리즘[1]의 경계 추출 결과이미지

하지만 그림 4와 같이 [1]의 기존 알고리즘과 같이 히스토그램 평활화와 k-means 군집화, sobel mask를 이용할 경우 평평한 영역임에도 불구하고, 표시된 곳과 같이 원본 이미지에 없던 불필요한 경계선이 추출되었다. 불필요한 경계선이 추출되는 원인은 전처리 과정에서 사용된 히스토그램 평활화와 k-means 군집화이다. 히스토그램 평활화를 사용하여 이미지의 명암대비를 변화시킬 경우 과도한 변화로 인한 세부 정보가 없어지는 등의 왜곡이 발생 할 수 있다. 특히 특정 명도에 분포가 밀집되어 있는 경우 왜곡이 두드러지게 나타난다. 또한, 거리에 따라 영역을 나누는 군집화의 특징 때문에 명도 차이가 큰 픽셀들이 같은 그룹에 속하는 경우 혹은 명도 차이가 작은 픽셀들이 각각 다른 그룹에 속하는 경우가 있다. 따라서 특정 이미지에서 원본 이미지에 없던 불필요한 경계선들이 추출 될 수 있다.

본 논문은 기존 알고리즘을 보완하여 기본 경계 추출기의 정확성을 향상시키는 방법을 제안한다. 제안하는 알고리즘은 그림 5와 같다. 첫 번째, 이미지의 명도를 4가지 히스토그램 평활화 방법(HE, RMSHE, HS, BPDFHE)을 사용하여 변환한다. 두 번째, 한 이미지에

대하여 각각 다르게 명도가 변환된 이미지들을 k-means 군집화를 적용하여 다수의 그룹화 된 이미지를 만든다. 세 번째, 그룹화 된 각 이미지에 기본 경계 추출기를 실행한다. 마지막으로 기본 경계 추출기를 실행한 각각의 결과이미지에서 추출된 경계선들을 적응적으로 판단한다. 4가지 다른 히스토그램 평활화를 사용하여 얻은 각기 다른 경계선 추출 이미지 4장을 더하여, 2장 이상에서 경계선으로 얻어진 픽셀만 경계선으로 판단하고, 그 외의 픽셀들은 경계가 아닌 것으로 판단하여 최종 경계선 추출 결과 이미지를 얻는다.

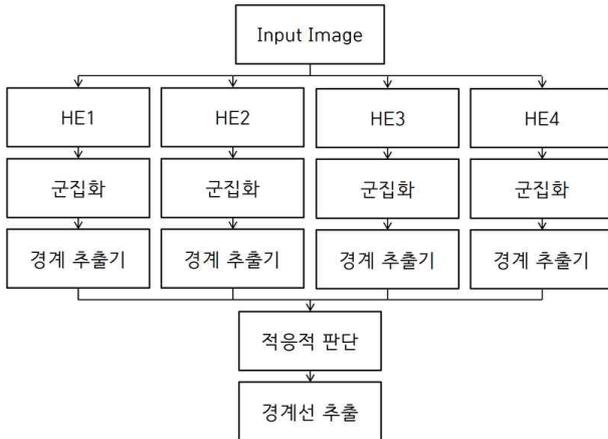


그림 5. 제안하는 알고리즘

4. 실험 결과

실험을 위하여 MATLAB을 사용하였다. 총 4가지의 실험이미지 (lena, camera man, flower, barbara)를 사용하였으며, 다양한 명도 분포를 얻기 위해서 HE, RMSHE, HS, BPDFHE 총 4가지의 히스토그램 평활화 방법을 사용하였다.

그림 6의 (c)는 기존 알고리즘[1]과 비교를 위해 제안하는 알고리즘의 경계 추출기를 sobel mask를 사용하여 실험한 영상이다. 기존 알고리즘을 이용할 경우, (c)의 표시된 부분처럼 원본 이미지에 없던 불필요한 경계선이 추출되었으나 제안하는 알고리즘의 결과이미지 (d)는 (c)에서 발생한 불필요한 경계선을 제거하였다. 또한, 전처리 과정 없이 sobel mask를 활용하여 경계선을 추출할 경우 (b)의 표시된 것처럼 기존에 추출해 내지 못한 경계선을 제안하는 알고리즘에서 불필요한 선을 제거하였으며, 전처리 과정을 통해 sobel mask의 정확성을 향상시켰다.

그림 7은 제안하는 알고리즘을 통해 기본 경계 추출기의 정확성 향상 효과를 확인하기 위해 경계 추출기를 canny 경계 추출기로 선택하고, [1]의 기존 알고리즘에서 sobel mask를 canny 경계 추출기로 변경하여 실험한 결과 이미지이다. 기존 알고리즘에서 canny 경계 추출기를 사용하더라도, 불필요한 경계선이 그림 7의 (c)와 같이 표시된 위치에서 발견되었다. 이는 불필요한 경계선이 경계 추출기와 무관하게 기존 알고리즘의 히스토그램 평활화와 k-means 군집화 과정에서 발생하였음을 확인할 수 있다. 또한, 그림 7의 (d)와 같이 canny 경계 추출기에 제안한 알고리즘을 활용할 경우, 전처리를 하지 않은 canny 경계 추출기가 명확하게 추출하지 못하였던 그림 7의 (b)의 표시된 부분을 명확하게 추출해내었다.

특히, 그림 9, 10에서는 표시된 부분을 확대 비교해 보면, 제안하는 알고리즘의 결과이미지 (d)와 (g)가 전처리를 하지 않은 기본 경계 추출기의 결과이미지 (b), (e)보다 꽃의 윤곽선이나 목도리의 무늬 등의 복잡한 경계선들을 명확하게 추출한 것을 확인할 수 있다.

5. 결론

본 논문은 주변 픽셀간의 명도를 고려하여 기본 경계 추출기의 정확성을 높이고자 하였다. 평활화에 의한 왜곡과 그룹화의 오류를 최소화하기 위해서 4가지의 히스토그램 평활화를 사용하면서 군집화의 시행 횟수를 증가시켰다. 결과적으로 기본 경계 추출기에 제안하는 알고리즘을 활용하였을 때 기존 알고리즘에서 나타나던 불필요한 경계선을 제거하고 기본 경계 추출기의 정확성을 향상시켰다. 또한, 전처리를 사용하는 기존 경계추출 알고리즘이 추출하지 못하는 경계선들을 추출한 것을 확인하였다. 제안하는 방법에서는 4가지의 히스토그램 평활화를 사용하였지만, 히스토그램 평활화 방법의 수를 더 늘린다면 더욱 정확하게 경계선을 추출할 수 있을 것으로 기대한다.

감사의 글

이 논문은 2015년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임 (NRF-2015R1A2A2A01006004)

참고문헌

- [1] G. Kim, G. Lee, and S. Lee, "An Edge Extraction Method Using K-means Clustering In Image," *Journal of Digital Convergence*, vol. 12, no. 11, pp. 281-288, Nov. 2014.
- [2] I. Pitas, "Digital Image Processing Algorithms and Applications," *Wiley-Interscience*, 2000.
- [3] Y. Kim, "Contrast Enhancement Using Brightness Preserving Bi Histogram Equalization," *IEEE Trans. Consumer Electronics*, vol. 43, no. 1, pp. 1-8, Feb. 1997.
- [4] S. Chen and A. Ramli, "Contrast Enhancement Using Recursive Mean-Separate Histogram Equalization for Scalable Brightness Preservation," *IEEE Trans. Consumer Electronics*, vol. 49, no. 4, pp. 1301-1309, Nov. 2003.
- [5] D. Sheet and H. Garud, "Brightness Preserving Dynamic Fuzzy Histogram Equalization," *IEEE Trans. Consumer Electronics*, vol. 56, no. 4, pp. 2475-2480, Nov. 2010.
- [6] D. Malyszko and S. Wierzchon, "Standard and Genetic K-Means Clustering Techniques in Image Segmentation," *Computer Information Systems and Industrial Management Applications, 6th International Conference on*, Minneapolis, MN, pp. 299-304, June 2007.
- [7] S. Bhatia, "Adaptive K-Means Clustering," *17th International Florida Artificial Intelligence Research Society Conference*, USA, Jan. 2004.



그림 6. sobel mask를 이용하는 각 실험의 Lena 이미지 실험 결과

그림 7. canny 경계 추출기를 이용하는 각 실험의 Lena 이미지 실험 결과

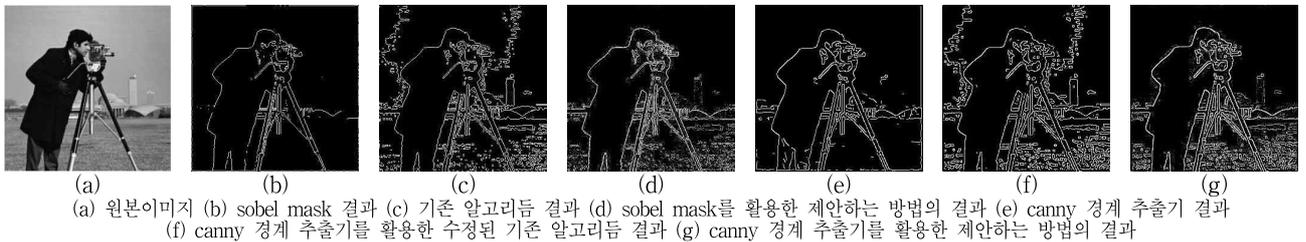


그림 8. 각 경계선 추출 실험의 camera man 이미지 실험 결과

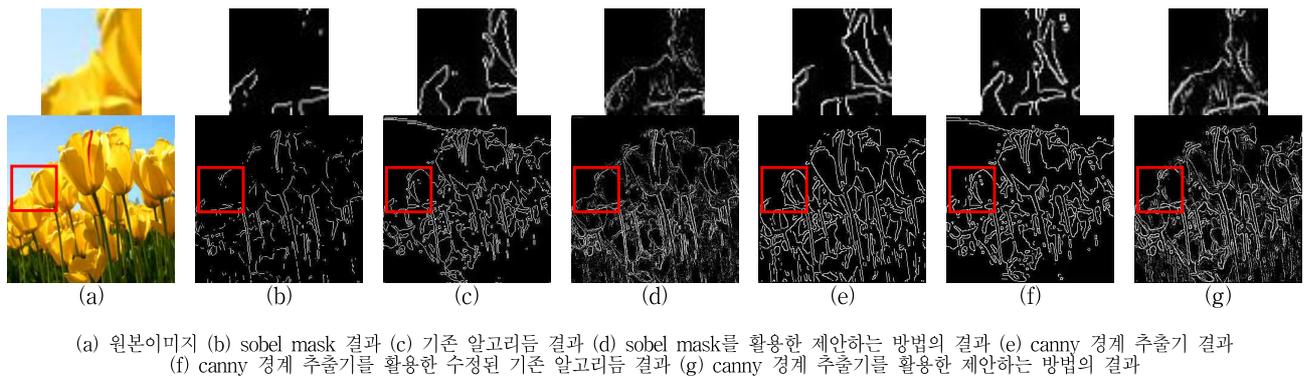


그림 9. 각 경계선 추출 실험의 flower 이미지 실험 결과 및 확대 부분 영상

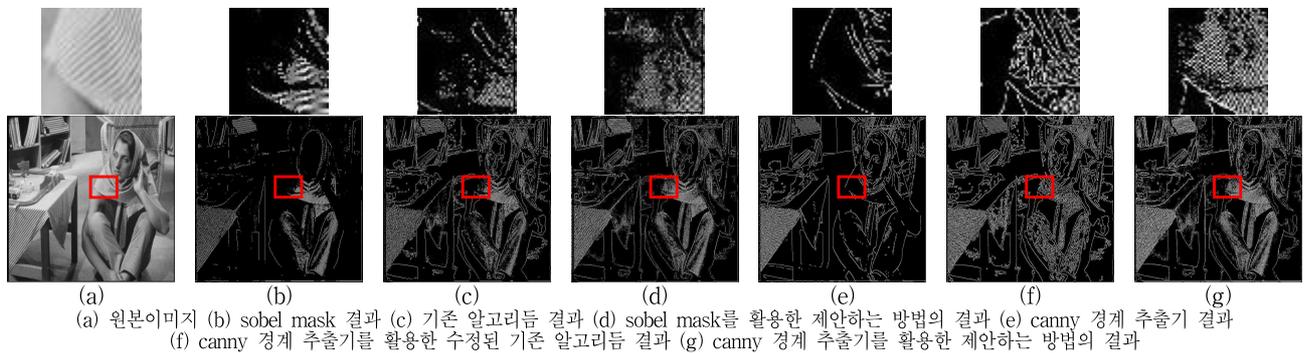


그림 10. 각 경계선 추출 실험의 barbara 이미지 실험 결과 및 확대 부분 영상