
문자 영상을 위한 효율적인 이진화 방법

김도현* · 정호영* · 조 훈* · 차의영*

An Effective Binarization Method for Character Image

Do-Hyeon Kim* · Ho-Young Jung* · Hoon Cho* · Eui-Young Cha*

이 논문은 부산대학교 자유과제 학술연구비(2년)에 의하여 연구되었음

요 약

영상의 이진화는 영상을 물체와 배경으로 구분하는 전처리 과정으로써, 처리해야 할 대상이 되는 물체를 규정 짓기 위한 매우 중요한 처리 과정이며 크게 전역 임계값 설정 방법과 지역 임계값 설정 방법으로 분류할 수 있다. 본 논문에서는 전역적 이진화 방법의 장점과 지역적 이진화 방법의 장점을 결합하여 문자 영역에 대한 효율적이고 적응적인 이진화 방법을 제안한다. 한글 명도 영상을 대상으로 실험한 결과 지역적 이진화 알고리즘보다 훨씬 빠른 속도로 더 좋은 품질의 문자 이진화가 가능함을 확인할 수 있었다.

ABSTRACT

Image binarization is an important preprocessing to identify objects of interest by dividing pixels into background and objects. Usually binarization methods are classified into global and local thresholding approaches. In this paper, we propose an efficient and adaptive binarization method for the character segmentation by combining both advantages of the global and the local thresholding methods. Experimental results with the korean character images present that the proposed method binarizes character image faster and better than other local binarization methods.

키워드

문자 이진화, 전역 이진화, 지역 이진화

I. 서 론

문서 영상 분석 및 문자 인식을 통한 산업 자동화는 컴퓨터의 발전과 함께 급속도로 발전하고 있으며 많은 관심과 연구가 집중되고 있다. 영상의 이진화는 이러한 영상 분석 및 문자 인식에 있어 중요한 전처리 과정으로써 처리해야 할 대상이 되는 물체를 규정짓기 위한 작업이다.

일반적으로 이진화는 임계값(threshold)을 기준으로 그보다 값이 큰 픽셀들과 작은 픽셀들로 구분하는 접근 방법을 사용한다. 영상에서 물체와 배경이 서로 잘 구분되는 명도 값을 가지고 있는 경우에는 명도 레벨 히스토그램(gray level histogram)상에서 물체 영역과 배경 영역으로 구분되어지는 2개의 큰 분포 형태를 보이므로 그 사이 골짜기 부분을 임계값으로 취하는 방법을 사용할 수 있

다. 하지만 히스토그램은 2차원 영상 정보를 1차원의 통계적인 정보로 변환한 것이므로, 그 자체의 특성상 영상에서 물체와 배경의 명도 값 분포 상태를 제대로 반영하지 못하는 경우가 매우 많다. 다시 말해서 영상 자체로 보았을 때는 물체와 배경이 구분되는 밝기 분포를 가지고 있다고 하더라도 2개의 봉우리 형태로 히스토그램이 나타나지 않고 하나의 봉우리 형태로 나타나는 경우도 많으며 이런 경우에는 히스토그램의 분포 분석만으로는 적절한 임계값을 찾기 곤란하다. 더욱이 물체와 배경의 경계가 명확하지 않은 지점은 임계값이 어떻게 설정되는가에 따라 결과 영상이 매우 큰 차이가 나게 되므로, 많은 획들로 구성되어 있는 문자 영상의 경우에는 인접 획이 서로 붙거나 흐린 획이 소실되는 문제가 발생하기 쉽다.

이진화 방법은 크게 전역적 이진화 방법(global thresholding)과 지역적 이진화 방법(local thresholding)으로 구분할 수 있다.

전역적 이진화 방법은 영상 전체를 분석하여 결정된 하나의 임계값을 모든 픽셀에 적용하여 이진화하는 방법으로써 영상 전체 명도 값의 평균을 임계값으로 결정하는 평균법, 물체 또는 배경의 분포 비율에 대한 정보를 기반으로 임계값을 결정하는 타일법, 물체와 배경 픽셀들로 구분되는 히스토그램 분포 분석을 통해 히스토그램상의 골짜기(valley)를 찾는 방법[1], 임의의 임계값을 기준으로 물체와 배경 픽셀을 구분하고 구분된 각각의 물체 픽셀들의 평균값과 배경 픽셀들의 평균값을 다시 평균한 값으로 임계값을 결정하는 방식을 반복적으로 수행하여 임계값을 결정하는 반복법[2], 물체 픽셀 클래스와 배경 픽셀 클래스간의 분산을 최대로 하는 임계값을 찾는 방법[3], 원 영상을 비트 평면으로 분해하여 최상위 비트평면에서 나누어진 배경과 문자 부분에서 각각의 평균 명도 값을 구한 다음 두 평균값의 평균값으로 임계값을 결정하는 방법[4], 엔트로피를 이용하는 방법[5] 등이 있으며 그 중에서 Otsu의 방법[3]이 가장 널리 사용되고 있다.

지역적 이진화 방법은 하나의 픽셀을 이진화하기 위해서 그 픽셀 주위의 일정한 윈도우 영역을 참조하여 임계값을 결정하는 방법으로, 윈도우 영역 내에서 전역적 이진화 방법을 적용하여 임계값을 구하고 이를 이용해서 해당 윈도우 영역을 이진화하는 임계값 방법과 윈도우 영역 내의 주위 픽셀과의 명도값을 비교하여 중심 픽셀을 이진화하는 비교 방법으로 다시 세분화할 수 있다. 이러한 지역적 이진화 방법은 각각의 픽셀 또는 윈도우마다 다른

임계값을 적용하는 방법으로써 지역 윈도우 영역 내 명도 값의 최대값과 최소값의 차이를 이용해 임계값을 검출하는 DMM(difference of maximum and minimum intensity value) 방법[6], 지역 윈도우 영역에서 이웃하는 픽셀들과의 평균 및 표준편차 등의 통계적 수치 기준으로 임계값을 결정하는 방법[7-11], 문서 영상의 윈도우 영역에서 각 윈도우 영역의 저주파 영역에서의 DCT 계수를 기준으로 영상 신호의 활동도를 구하여 문자 블록과 배경 블록으로 나눈 다음 문자 블록에 대해 Otsu의 방법을 사용하여 이진화하는 방법[12-13] 등이 있으며 그 이외에 실제 이진화를 수행하기 전에 여러 가지 영상 개선 기법을 사용한 후 이진화를 수행하는 방법[14], SOM (Self Organizing Map) 신경망을 이용한 방법[15] 등 응용 목적에 따라 다양한 방법이 연구되어 왔다.

전역적 이진화 방법은 알고리즘 자체가 간단한 경우가 많으며 구현이 쉽고 처리 속도가 매우 빠르기 때문에 단순한 영상인 경우에는 효율적으로 사용할 수 있으나 영상에서 물체와 배경의 구분이 명확하지 않거나 주변 잡영이나 조명 환경 등에 의해서 영상의 품질이 나쁜 경우에는 좋지 않은 결과를 얻게 되는 문제점이 있다. 반면 지역적 이진화 방법은 중심 픽셀 주변의 지역적인 밝기 특성을 이용할 수 있어서 배경 영상의 밝기 변화에 적응적으로 적절한 임계값을 설정할 수 있으며 배경과 물체의 구분에 애매모호한 영역에서 효과적으로 물체 영역을 구분할 수 있는 장점이 있지만 지역 윈도우 영역에 대한 계산 비용으로 전역적 이진화 방법에 비하여 실행 속도가 상당히 느리고 순수 배경 영역을 물체 영역으로 이진화하여 잡영을 생성하거나 순수한 물체 영역 내에 홀(hole)이 발생하는 문제점이 있다. 이러한 문제점들을 개선시키기 위해 본 논문에서는 문자 인식을 위한 전처리 단계로써 전역적 이진화 방법의 장점과 지역적 이진화 방법의 장점을 반영하여 문자 영역에 대한 효율적이고 적응적인 이진화 방법을 제안한다.

II. 본 론

8bit 256 level의 문자 명도 영상은 일반적으로 어두운 문자 획 부분과 밝은 배경 부분으로 이루어져 있으며 획과 배경과의 경계 부분은 그 명도 값이 점진적으로 변하는 부분이므로 임계값이 어떻게 결정되는가에 따라 그 결

과 영상의 품질이 결정된다. 특히 복잡한 획으로 구성된 문자 영상은 이진화 결과에 따라 이 경계 부분에서 이웃하는 획들이 서로 접하게 되거나 소실되어버리는 치명적인 결과를 얻게 될 가능성이 높다. 이러한 문자 영상의 특성상 전역적 이진화 방법을 사용하면 양호한 문자 영상이 아닌 경우 올바른 이진화 결과를 얻을 수 없다. 따라서 문자 영상의 이진화를 위해서 특정 픽셀의 주변 픽셀 분포를 고려하여 임계값을 결정하는 지역적 이진화 방법을 사용하는 접근 방법이 보다 효과적이다. 하지만 기존의 대부분의 방법들에서 관찰되는 지역적 이진화 방법은 서론에서 언급한 바와 같이 배경 처리나 처리 속도면에서 매우 비효율적이다. 이것은 문자 획과 배경의 경계 부분은 지역적 이진화 방법에 의해 임계값을 검출하여 이진화하고 그 이외의 문자와 배경이 확실한 부분은 전역적 이진화 방법으로 결정된 임계값을 사용하는 접근 방법을 사용한다면 수행 속도와 획의 품질 측면에서 매우 만족할만한 결과를 얻을 수 있다. 본 논문에서는 이러한 접근 방법으로 먼저 지역적 이진화가 필요한 픽셀인지 아닌지를 판단하는 과정을 통해 적응적으로 임계값을 선택하도록 하여, 전역적인 임계값을 적용해야 하는 픽셀인 경우에는 빠르게 이진화를 수행하도록 하고 지역적인 임계값을 적용해야 하는 픽셀인 경우에는 지역적 특성을 반영하여 더 정확하게 이진화할 수 있도록 하였다.

2.1. 픽셀 분류

문자 영상에서의 픽셀들은 그림 1과 같이 명도값에 따라 크게 매우 어두운 명도값을 가지는 문자 클래스, 매우 밝은 명도값을 가지는 배경 클래스, 그리고 문자 또는 배경이 될 수 있는 혼합 클래스의 3가지 유형으로 분류할 수 있다. 문자 클래스나 배경 클래스인 픽셀은 이진화 결과가 임계값에 크게 민감하지 않기 때문에 전역적인 임계값으로도 충분히 좋은 결과 영상을 획득할 수 있다.

이렇게 3가지 유형으로 분류하기 위해서는 문자 클래스와 혼합 클래스, 혼합 클래스와 배경 클래스를 구분할 수 있는 2개의 경계 임계값이 필요하다. 이 임계값은 전역적으로 검출된 임계값과 문자 영상 전체의 표준편차 값을 이용하여 식 (1), (2)와 같이 설정한다.

$$T_{low} = T_G - p^* S_G \tag{1}$$

$$T_{high} = T_G + p^* S_G \tag{2}$$

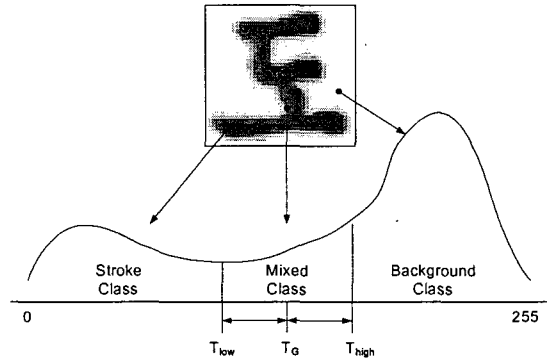


그림 1. 픽셀 분류
Fig. 1. Pixel classification

여기서, T_G 는 전역 이진화 임계값으로 반복 임계값 적용 기법[2]에 의해 결정된 임계값이며 S_G 는 문자 영상 명도 값들의 표준 편차(standard deviation)이다. p 는 픽셀의 클래스를 분류하기 위한 경계 임계값을 설정할 때 영상 전체의 표준편차를 반영하는 정도를 나타내는 값이다. 이 값이 크면 표준 편차량을 많이 반영하게 되므로 혼합 클래스로 분류되는 픽셀들이 많아지게 된다. 반복 임계값 적용 기법은 구현이 간단하며 Otsu 기법과 거의 유사한 속도와 성능을 나타낸다. 반복 임계값 검출 과정은 표 1과 같다.

표 1. 반복 임계값 검출 방법
Table. 1 Iterative Thresholding Method

Step 1.	임의의 초기 임계값 $T^0 (= 128)$ 을 설정한다.
Step 2.	설정된 임계값 T^k 에 따라 픽셀들을 문자 픽셀과 배경 픽셀로 구분하고 각각의 평균값을 산출한다. $u_O^k = \frac{\sum g(i,j)}{N_O}, g(i,j) \leq T^k \tag{3}$ $u_B^k = \frac{\sum g(i,j)}{N_B}, g(i,j) > T^k \tag{4}$ (N_O 와 N_B 는 각각 문자 픽셀과 배경 픽셀의 개수)
Step 3.	$k+1$ 번째 반복 시점에서의 임계값을 갱신한다. $T^{k+1} = \frac{u_B^k + u_O^k}{2} \tag{5}$
Step 4.	$T^{k+1} = T^k$ 이면 전역 임계값 T_G 을 T^k 로 설정하여 종료한다. 그렇지 않으면 Step 2-Step 4의 과정을 반복한다.

임의의 픽셀 $g(i,j)$ 은 그 명도 값이 T_{low} 보다 작은 경우에는 문자 클래스로, T_{high} 보다 큰 경우에는 배경 클래스로, 두 임계값 사이인 경우 혼합 클래스로 분류한다. 분류된 픽셀의 클래스가 문자 클래스이거나 배경 클래스인 경우에는 사전에 계산된 전역 임계값 T_G 로 픽셀을 이진화한다. 그렇지 않은 경우에는 지역 윈도우 블록 분류 과정을 거친다.

2.2. 지역 윈도우 블록 분류

픽셀 분류 단계에서 혼합 클래스로 분류된 픽셀은 문자 획 또는 배경이 될 수 있는 애매모호한 명도 값을 가지는 픽셀임을 의미한다. 이러한 픽셀들은 주변의 일정한 윈도우 영역 내에 있는 픽셀들의 명도값 분포를 참조하여 결정된 지역 임계값으로 이진화 한다. 이때 이 윈도우 영역 내에 있는 주변 픽셀들의 분포가 문자 획에 해당하는 픽셀들과 배경에 해당하는 픽셀들로 구성되어 있는 경우에는 적절한 지역 임계값을 찾을 수 있지만, 그렇지 않은 경우 부적절한 지역 임계값이 얻어질 수 있으므로 영상이 심하게 훼손될 수 있다. 이와 같은 현상은 지역 이진화 임계값을 구할 때의 윈도우 크기가 문자의 크기에 맞게 적절하게 설정되지 않을 경우 흔히 발생될 수 있는 심각한 문제이다. 따라서 이러한 지역 임계값 결정 방법의 단

점을 개선하기 위해서 윈도우 블록 내 존재하는 픽셀의 최대값과 최소값을 검출하여 이 두 값이 일정한 수치(δ) 이상의 차이가 있을 때에만 지역 임계값을 사용하여 이진화하고 그렇지 않은 경우는 전역 임계값을 사용하여 이진화하는 방법을 사용한다.

2.3. 지역 이진화

윈도우 블록 분류 단계에서 지역 임계값을 사용해야 하는 경우로 판단된 경우에는 픽셀 $g(i,j)$ 을 기준으로 하는 윈도우 블록 내 픽셀들의 평균 $M_L(i,j)$ 과 표준 편차 $S_L(i,j)$ 를 이용하여 식 (6)과 같이 지역 이진화 임계값 $T_L(i,j)$ 을 계산하며, $g(i,j)$ 의 값이 $T_L(i,j)$ 보다 작은 경우에는 문자로, 큰 경우에는 배경으로 이진화 한다.

$$T_L(i,j) = M_L(i,j) - k \cdot S_L(i,j) \quad (6)$$

여기서, k 는 윈도우 블록 내 픽셀들의 표준 편차를 이진화 임계값에 반영하는 정도를 나타내는 상수 값으로 그 값이 크면 문자 획이 가늘어지고 작으면 굵어진다.

그림 2는 제안하는 이진화 시스템의 전체적인 처리 과정을 나타낸다.

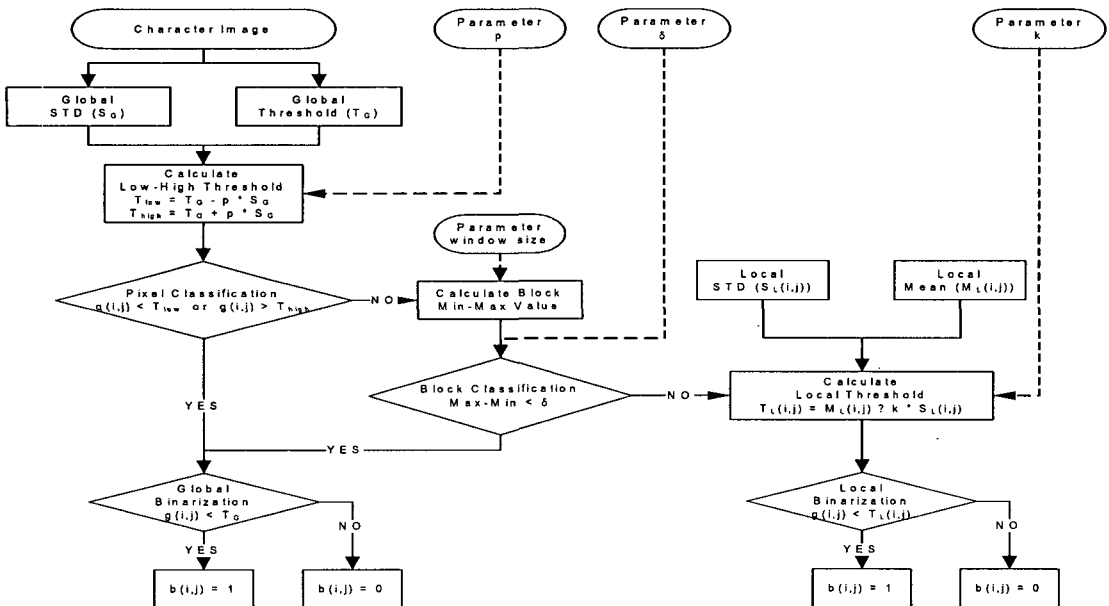


그림 2. 문자 영상의 적응적 이진화 과정
Fig. 2 Adaptive binarization process for character image

III. 실험 및 결과

3.1. 실험 문자 영상

제안하는 이진화 알고리즘의 성능을 검증하기 위해 200~400 DPI로 스캔된 다양한 크기의 8bit 256 gray level의 개별 한글 문자 영상을 대상으로 실험하였으며 굴림, 고딕, 궁서, 돋움, 바탕의 5가지 글꼴 문자를 각각 2개씩 조합한 한글 완성형 2350자 영상 23500개(2350x5x2)를 사용하여 이진화 성능과 수행 속도를 비교 분석하였다.

3.2. 성능 평가

성능 평가를 위해 사용된 이진화 알고리즘은 전역적

이진화 방법으로 가장 많이 사용하는 Otsu의 방법[3]과 지역적 이진화 방법으로 널리 사용되는 Niblack, Sauvola, Bernsen 방법을 포함한 여러 가지 방법을 사용하였다. 지역적 이진화 방법들은 윈도우 블록 크기에 대한 영향을 고려하여 8x8, 15x15의 두 가지 경우로 그 성능을 비교하였다. 제안하는 이진화 방법에서 사용된 인자는 $p = 0.5$, $\delta = 16$, $k = 0.1$ 로 설정하였으며 다른 이진화 방법도 관련 변수들을 제안한 방법과 동일한 값으로 설정하여 객관적으로 비교 평가할 수 있도록 하였다.

표 2는 여러 가지 이진화 방법에 의한 결과 영상을 비교하고 있다. Sample 1, 2와 같은 영상은 양호한 문자 영상

표 2. 이진화 성능 비교
Table 2. Comparison of Binarization methods

Sample	Local Block Size	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Mean	-										
Bimodal [1]	-										
Iterative [2]	-										
Otsu [3]	-										
Niblack [7]	8										
	15										
Sauvola [9]	8										
	15										
Bernsen [11]	8										
	15										
Proposed	8										
	15										

표 3 이진화 성능 평가
Table. 3 Evaluation of Binarization methods

Thresholding method	Global/Local	획 결합 현상 발생 정도	획 훼손 현상 발생 정도	잡영 발생 정도	수행 속도
Mean	Global	자주 발생	거의 없음	거의 없음	빠름
Bimodal [1]	Global	자주 발생	자주 발생	거의 없음	빠름
Iterative [2]	Global	자주 발생	거의 없음	거의 없음	빠름
Otsu [3]	Global	자주 발생	거의 없음	거의 없음	빠름
Niblack [7]	Local	거의 없음	가끔 발생	자주 발생	느림
Sauvola [9]	Local	거의 없음	가끔 발생	가끔 발생	느림
Bernsen [11]	Local	가끔 발생	거의 없음	가끔 발생	느림
Proposed	Both	거의 없음	가끔 발생	가끔 없음	보통

이더 전역적 이진화 방법이나 지역적 이진화 방법 모두 대체로 양호한 결과 영상을 획득할 수 있었다. Sample 3~6은 문자 획이 두껍거나 복잡한 형태의 획을 포함하는 문자 영상이며 전역적 이진화 방법은 문자가 두껍게 이진화되면서 획이 접합되어 획 구분이 되지 않는 매우 좋지 않은 결과를 나타내는 경우가 많다. 반면 지역적 이진화 방법은 획의 변별력은 좋으나 잡영이 발생하거나 획 내부의 홀이 발생하는 문제점이 가끔씩 발생하였으며 제안한 방법은 이러한 지역적 이진화 방법의 단점이 보완되었음을 나타내고 있다. Sample 7~9는 문자의 크기가 작고 획을 이루는 픽셀들의 명도 값이 불균일하여 대비가 낮은 경우의 예로서, 임계값 설정이 어렵기 때문에 전역적 이진화 방법을 사용할 경우 획이 접합되거나 소실되는 극단적인 현상을 나타내지만 지역적 이진화 방법을 사용할 경우 대체적으로 양호한 결과를 나타냄을 알 수 있다. Sample 10은 특정한 획을 이루는 픽셀의 굵기와 명도 값이 다른 획 픽셀과 다르게 나타난 경우의 예로서 윈도우 크기가 작으면 획의 일부가 소실되는 현상을 관찰할 수 있었다.

이진화 성능의 종합적인 평가를 위해 표 3과 같이 이진화 결과에 따른 문자 획의 결합 발생 정도, 획 훼손 발생 정도, 잡영 발생 정도, 수행 시간을 기준으로 전체적인 성능 평가를 수행하였다. 총괄적으로 살펴볼 때 전역적 이진화 방법이 지역적 이진화 방법보다 획과 획이 접합되는 문제점이 자주 발생하였다. 반면 지역적 이진화 방법은 지역 윈도우 크기에 따라 가변적으로 이진화 잡영이 발생하는 문제점이 나타났으며 특히 Niblack의 방법은 배경 픽셀 부분에서 잡영이 많이 발생했다. 이런 현상은 윈도우를 크게 설정하면 개선될 수 있지만 처리 속도가 더 느려지게 되고 윈도우 크기에 민감하다는 것을 알 수 있다. 제안하는 이진화 방법은 문자 획의 명도 값이 균일하지 않은

경우나 영상 자체의 해상도가 낮은 경우에는 가끔 획 훼손 현상이 발생하였지만 복잡한 형태의 획으로 이루어진 문자 영상에서도 획 결합 없이 양호한 획 영상으로 이진화할 수 있었다. 또한 제안하는 이진화 방법은 전역 임계값과 지역 임계값을 모두 사용하는 방법임에도 불구하고 효율적으로 임계값 선택을 함으로써 처리 속도도 그림 3-4와 같이 다른 지역 이진화 방법에 비해 매우 빠름을 알 수 있다.

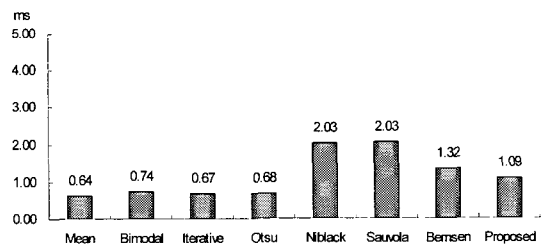


그림 3. 글자당 평균 처리 속도(윈도우 크기 8)
Fig. 3. Average processing time for each character (window size = 8)

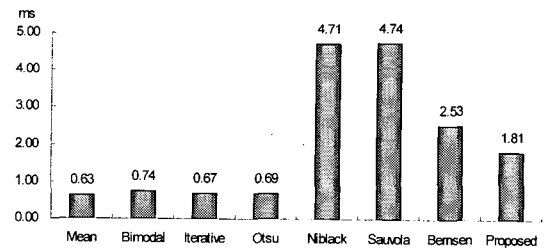


그림 4. 글자당 평균 처리 속도(윈도우 크기 15)
Fig. 4. Average processing time for each character (window size = 15)

V. 결론 및 향후 연구 과제

본 논문에서는 영상 분석 및 문자 인식을 통한 대용량 문서 처리의 전처리 단계로서, 효과적인 개별 문자 인식을 위한 효율적인 이진화 알고리즘을 제시하였다. 제안한 이진화 알고리즘은 전역적 이진화 임계값과 지역적 이진화 임계값을 적절히 결합하여 획 사이의 간격이 좁거나 구분이 불분명한 저 품질 영상에 대해서도 획 결합 없이 양호한 품질의 이진화 문자 영상을 얻을 수 있었다. 또한 속도면에서도 기존의 지역적 이진화 알고리즘에 비해 빠른 처리 능력을 보여줌으로서 대용량 문서 처리 및 문자 인식에 효율적으로 활용될 수 있음을 알 수 있었다.

제안하는 이진화 방법에서 픽셀을 지역 임계값 설정에 의해 이진화한 경우 전역적 이진화 방법에 비해 대체적으로 획 구분 능력이 뛰어난 반면 다른 지역적 이진화 방법과 같이 획의 표면 처리가 매끄럽게 되지 못하는 현상이 나타났다. 또한 획이 가늘고 균일하지 않은 명도 분포를 가지는 영상의 경우 설정된 환경 변수에 따라 가끔씩 획이 소실되는 현상이 발생하였다. 차후 연구 과제로 문자 영상의 특성에 따라 지역 윈도우 블록의 크기 등 최적의 환경 변수를 설정할 수 있는 방법에 대한 연구와 획 표면에 붙어 있는 울퉁불퉁한 돌출 요소나 홈 등의 잡음을 제거하는 방법 등의 문자 영상 개선에 대한 연구를 진행할 계획이다.

참고문헌

- [1] A. Rosenfeld, A.C. Kak, *Digital Picture Processing. 2nd Edition*, Academic Press, 1982.
- [2] Milan Sonica, Vaclay Hlavac, Roger Boyle, *Image Processing, Analysis, and Machine Vision. 2nd Edition*, PWS Publishing, pp.129-130
- [3] N. Otsu, "A threshold selection method from gray-level histogram," *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, Vol. SMC-9, No. 1, pp. 62-66, 1979.
- [4] 김하식, 김강, 조정식, 전종식, "비트평면 패턴을 이용한 최적 이진화 방법," *한국컴퓨터정보학회 논문지*, 제6권, 제4호, pp.1-5, 2001년 12월
- [5] J.N.Kapur, P.K.Sahoo, A.K.Wong, "A New Method for Gray Level Picture using Entropy of the Histogram," *Computer Vision, Graphics, and Image Processing*, Vol.29, pp.273-285, 1985.
- [6] 장대근, 전병태, "카메라 문서 영상의 이진화 및 기울어짐 보정 방법," *한국컴퓨터정보학회 논문지*, 제10권, 제3호, pp.143-150, 2005년 7월
- [7] W. Niblack, *An Introduction to Image Processing*, Prentice-Hall, pp.115-116, 1986.
- [8] Zheng Zhang, Chew Lim Tan, "Recovery of Distorted Document Images from Bound Volumns," *Document Analysis and Recognition*, pp.429-433, 10-13 Sept. 2001.
- [9] J. Sauvola, M. Pietikainen, "Adaptive document image binarization," *Pattern Recognition* 33, pp.225-236, 2000.
- [10] B.Gatos, I.Pratikakis, S.J.Perantonis, "Adaptive degraded document image binarization," *Pattern Recognition*, Vol.39, No.3, pp.317-327, March 2006.
- [11] John Bernsen, "Dynamic thresholding of grey-level images," in *Proceedings of the 8th International Conference on Pattern Recognition*, Paris, France, pp.1251-1255, Oct. 1986.
- [12] 박준효, 장익훈, 김남철, "PDA 응용을 위한 명함 영상의 회전 보정," *한국통신학회 논문지*, 제28권, 제12C호, pp.1225-1238, 2003년 12월
- [13] 신기택, 장익훈, 김남철, "변형된 Quadratic 필터를 이용한 PDA로 획득한 명함 영상의 블록 적응 이진화," *한국통신학회 논문지*, 제29권, 제6C호, pp.801-814, 2004년 6월
- [14] 최경주, 변혜란, 이일병, "효과적인 이진화를 위한 영상개선기법의 정의 및 구현," *정보과학회논문지*, 제26권, 제2호, pp.284-296, 1999년 2월
- [15] Hamza, H.; Smigiel, E.; Belaid, E., "Neural based binarization techniques," *Document Analysis and Recognition*, Vol. 1, pp.317-321, Aug. 2005.

저자소개



김도현(Do-Hyeon Kim)

2001년 부산대학교 전자계산학과 졸업
2003년 부산대학교 전자계산학과 석사 졸업

2006년 부산대학교 컴퓨터공학과 박사 재학 중.
※관심분야: 패턴인식, 영상처리 및 컴퓨터비전, 퍼지 및 신경망, 제어자동화시스템.



정호영(Ho-Young Jung)

2004년 부산대학교 정보컴퓨터공학 전공 졸업
2006년 부산대학교 컴퓨터공학과 석사 재학 중

※관심분야: 영상처리 및 컴퓨터비전, 영상 개선 및 영상 복원



조훈(Hoon Cho)

2006년 부산대학교 정보컴퓨터공학 전공 졸업.
2006년 부산대학교 컴퓨터공학과 석사 재학 중.

※관심분야: 영상처리 및 컴퓨터비전, 신경망



차의영(Eui-Young Cha)

1979년 경북대학교 전자공학과 졸업.
1982년 서울대학교 전자계산학과 석사 졸업.
1998년 서울대학교 컴퓨터공학과 박사 졸업.

1981년~1985년 한국전자기술연구소 연구원.
1995년~1996년 University of London 방문교수.
1985년~현재 부산대학교 컴퓨터공학과 교수.
※관심분야: 컴퓨터비전, 신경망 이론, 웨이블릿