

화질 분석을 통한 카메라 문서 영상의 적응적 이진화

(An Adaptive Binarization of Camera Document Image by Image Quality Estimation)

김 인 중 [†]
(In-Jung Kim)

요 약 카메라 기반 문서 인식을 위해서는 화질 변화에 적응할 수 있는 이진화 기술이 매우 중요하다. 본 논문에서는 화질 분석을 통해 다양한 화질의 카메라 영상에 효과적으로 적응할 수 있는 이진화 방법을 제안한다. 먼저 이진화 파라미터가 이진화 결과에 미치는 영향을 분석하고, 카메라 영상의 화질을 측정하는 방법을 제안한다. 그리고, 측정된 화질과 이진화 파라미터간의 상관 관계를 통계적으로 분석하여 반영함으로써 화질 변화에 자동으로 적응하는 이진화 방법을 제안한다. 실험을 통해 화질과 이진화 파라미터 간에는 유의한 상관 관계가 있으며, 제안하는 방법이 화질에 따라 적절한 파라미터를 추정함으로써 화질 변화에 적응함을 확인하였다.

키워드 : 적응적 이진화, 화질 분석, 영상 처리, 카메라 기반 문서 인식

Abstract Adaptive binarization is very important for the camera-based document recognition. This paper proposes a binarization method which can effectively adapt to the variation of image quality. Firstly, it analyzes the effect of binarization parameters to the result and proposes a method to measure the image quality. Then, it statistically analyzes the relationship between the image quality and the binarization parameter. Finally, it proposes a binarization method that automatically adapts to the quality of the input image, using the analysis result. The experiment results show that there is a meaningful relationship between the image quality and the binarization parameter, and therefore, the proposed method can effectively adapt to the variation of image quality.

Key words : adaptive binarization, image quality estimation, image processing, camera-based document recognition

1. 서 론

지난 수 십 년 동안 문서 인식 기술은 많은 발전을 이루었으며, 이로 인해 다양한 분야에 성공적으로 적용되어 왔다[1,2]. 그 동안 문서 인식 시스템의 인식 대상은 주로 스캐너로 입력 받은 영상이었으나, 수 년 전부터는 디지털 카메라의 보급이 증가하면서 카메라로 촬영한 문서 영상을 인식하려는 연구가 증가하고 있다. 카메라 영상은 해상도가 낮을 뿐 아니라 카메라의 성능, 조명, 촬영 거리 등 촬영 환경에 따라 그 화질이 매우 다양하다. 이러한 화질 변이로 인해 카메라 영상의 인식은 스캐너 영상의 인식에 비하여 그 난이도가 훨씬 높

은 것으로 알려져 있다[1].

지금까지 개발된 문서인식기술의 대부분은 이진 영상을 대상으로 하고 있다. 컬러, 또는 명도 영상을 인식할 경우에는 이진 영상으로 변환된 후 인식 엔진에 입력된다[2]. 이 같은 시스템에서 이진화가 문서 인식 시스템 전체의 성능에 미치는 영향은 매우 크다. 특히 카메라 영상의 다양한 화질 변이를 극복하기 위해서는 화질에 따라 효과적으로 적응할 수 있는 적응적 이진화 기술이 매우 중요하다. 그 동안 이진화에 대하여는 많은 연구가 이루어졌으나, 카메라 영상의 다양한 화질에 적용하기 위해서는 아직도 충분하지는 못하다[1].

본 논문에서는 입력 영상의 화질을 분석한 후 그 결과를 이진화 파라미터에 반영함으로써 화질에 효과적으로 적응할 수 있는 적응적 이진화 방법을 제안한다. 먼저 이진화에서 파라미터가 결과에 미치는 영향을 분석

[†] 통신회원 : 한동대학교 전산전자공학부 교수
ijkim@handong.edu
논문접수 : 2007년 2월 12일
심사완료 : 2007년 6월 15일

함으로써 이진화 파라미터가 입력 영상의 화질에 따라 결정되어야 함을 보인다. 그 후, 초점과 잡영을 측정하는 방법을 제안하고, 다수의 영상에 대하여 측정된 화질과 그에 적합한 이진화 파라미터간의 상관 관계를 통계적으로 분석한다. 그 분석 결과를 기반으로 입력 영상의 화질에 따라 적합한 이진화 파라미터를 자동으로 추정하도록 함으로써 화질에 대한 적응력을 강화한 이진화 방법을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장과 3장에서는 이진화와 관련된 기존의 연구를 소개하고 널리 사용되는 Sauvola의 방법에서 파라미터가 결과에 미치는 영향을 분석한다. 4장과 5장에서는 영상의 초점과 잡영의 정도를 측정하는 방법과 이를 이진화에 이용하는 방법을 설명한다. 6장에서는 실험 결과를 소개하고, 7장에서는 결론을 맺는다.

2. 관련 연구

명도 영상 G 에서 각 화소 x 의 명도를 $G(x)$ 라고 할 때 일반적인 이진화 알고리즘은 각 x 에 대한 명도의 임계치 $T(x)$ 를 설정한 후 다음과 같은 규칙에 의해 $G(x)$ 와 $T(x)$ 를 비교함으로써 이진 영상 B 로 변환한다.

If $G(x) \leq T(x)$ then $B(x) = 1$ (문자 영역)

If $G(x) > T(x)$ then $B(x) = 0$ (배경)

이진화 방법은 임계치 $T(x)$ 의 설정 방법에 따라 전역적 이진화 방법과 지역적 이진화 방법으로 분류된다. 전역적 이진화 방법은 영상 전체에 대하여 동일한 임계치를 사용하는 방법이다. 전역적 임계치를 결정하는 방법으로는 Otsu의 방법이 가장 널리 사용된다[3]. 전역적 이진화는 속도가 빠르고 잡영에 강하나, 명도가 불균일한 카메라 영상에는 적용하기 어렵다.

지역적 이진화는 화소, 또는 영역에 따라 다른 임계치를 설정하는 방법으로서 명도가 불균일한 영상에 대한 적응력이 우수하다. 대표적인 방법으로는 지역의 최대 및 최소 명도로부터 $T(x)$ 를 결정하는 Bernsen의 방법, 명도의 지역 평균 및 표준 편차를 이용하는 Niblack의 방법 등이 있다[4,5]. 최근에는 super-resolution 기술을 결합한 방법도 제안되었다[6]. 국내에서도 명도의 지역 최대, 최소값을 이용한 방법, water flow를 이용한 이진화 방법 등이 연구된 바 있다[7,8].

Trier는 다양한 이진화 방법에 대하여 문서 인식의 관점에서 비교 평가를 수행하였다[9]. 그 결과 전역적 이진화로는 Otsu의 방법, 지역적 이진화로는 Niblack의 방법이 가장 우수한 것으로 보고되었다. 그 후 Sauvola는 Niblack의 방법이 배경에 텍스처(texture)가 존재할 경우 많은 잡영을 발생시킨다는 문제점을 지적하고, 이

를 개선한 방법을 제안하였다[10].

Sauvola의 이진화 방법은 각 화소 x 에 대한 임계치 $T(x)$ 를 x 를 중심으로 하는 크기 $w * w$ 인 윈도우 내의 이웃 화소들의 명도 분포로부터 다음 식에 의해 결정한다.

$$T(x) = m(x) \left[1 + k \left(\frac{s(x)}{R} - 1 \right) \right]$$

이 식에서 $m(x)$ 와 $s(x)$ 는 각각 윈도우 내 화소들의 명도 평균 및 표준 편차이며 R 은 $s(x)$ 의 범위(dynamic range), 그리고 k 는 상수이다. [10]에서 R 과 k 의 값은 각각 128과 0.5가 사용되었다.

Sauvola의 방법은 널리 사용되고 있으나, 고문서를 대상으로 한 Gupta의 실험에서는 전반적으로 너무 밝은 결과를 출력하며 인식 성능도 Otsu기반 이진화 방법에 비해 저하된다고 보고되었다[11]. 이는 Sauvola의 방법을 저화질의 영상에 수정 없이 적용할 경우 충분한 적응력을 얻기 어려움을 보여준다.

3. Sauvola의 방법에서 파라미터의 영향

Sauvola의 방법은 성능이 우수한 것으로 알려져 있으나, window의 크기 w 와 이진화 상수 k 등 파라미터의 영향을 받는다. 이 중 윈도우의 크기에 대하여는 이미 기존 연구에서 문자 크기의 0.5~2배의 값이 적절하다고 알려져 있으며 문자의 크기와 획의 굵기에 따라서 윈도우 크기를 동적으로 결정하는 방법도 제안된 바 있다 [12]. 그러나, 아직 이진화 상수의 결정에 대한 연구는 깊이 있게 수행되지 않아서 최근까지도 고정된 값을 이용하여 실험되고 있다[10,11]. 따라서 본 논문에서는 이진화 상수 k 의 영향을 중점적으로 분석한다.

Sauvola의 공식을 전개하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} T(x) &= m(x) \left[1 + k \left(\frac{s(x)}{R} - 1 \right) \right] = m(x) \left[1 - k \left(1 - \frac{s(x)}{R} \right) \right] \\ &= m(x) - m(x)k \left(1 - \frac{s(x)}{R} \right) = m(x) - \Delta t(x) \end{aligned}$$

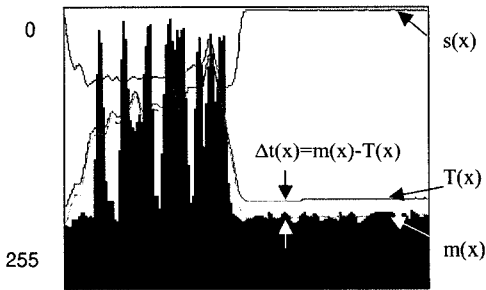
$T(x)$ 는 주변 화소들의 평균 명도인 $m(x)$ 와 $\Delta t(x)$ 로 나눌 수 있다. 그림 1은 명도영상을 수평으로 절단한 단면에서의 $m(x)$ 와 $s(x)$, 그리고 $T(x)$ 를 보여준다. 그림 1(b)에서 볼 수 있듯이 $T(x)$ 는 $m(x)$ 와 근접한 값을 갖는데, 그 결과 주변의 화소들보다 명도가 낮은 화소는 문자 영역으로, 그렇지 않은 화소는 배경으로 판별된다. 그런데, $m(x)$ 를 직접 임계치로 사용할 경우 많은 잡영이 발생하기 때문에, $\Delta t(x)$ 을 뺀으로써 $T(x)$ 를 어두운 쪽으로 이동시킨다. $\Delta t(x)$ 가 작을 경우는 $T(x)$ 가 $m(x)$ 와 근접하기 때문에 명도 변화에 민감해 지는 반면, 잡영이 많이 발생한다. 반대로 $\Delta t(x)$ 가 클 경우는 잡영에는 강인하나 명도 변화에 둔감해져서 일부 획들이 소실

되거나 뭉개진다.

Sauvola의 식에서 $\Delta t(x)$ 는 $m(x)k(1-s(x)/R)$ 이므로 지역 평균 명도 $m(x)$ 에는 비례하고 지역 표준편차 $s(x)$ 에는 반비례한다. 그림 1(b)에서 볼 수 있듯이 일반적으로 문자 영역에서는 명도가 낮아서 $m(x)$ 가 작고 $s(x)$ 가 큰 반면, 배경 영역은 이와 반대이다. 따라서, $\Delta t(x)$ 를 이와 같이 지정할 경우 문자 영역에서는 $\Delta t(x)$ 가 작아져서 명도 변화에 민감하나 배경에서는 $\Delta t(x)$ 가 커지기 때문에 잡영에 둔감해지는 효과를 얻을 수 있다.



(a) 명도 영상



(b) 명도영상의 단면 ($k = 0.08$)

그림 1 Sauvola의 이진화 임계치

여기에서 k 는 사용자가 지정하는 상수로서, $m(x)$ 와 $s(x)$ 가 $\Delta t(x)$ 에 미치는 영향을 제어한다. [10]과 [11]에서는 k 를 0.5로 지정하였으나, 화질이 다양한 카메라 영상에 대하여 고정된 값을 적용할 경우 화질 변화에 잘 적응하기 어렵다.

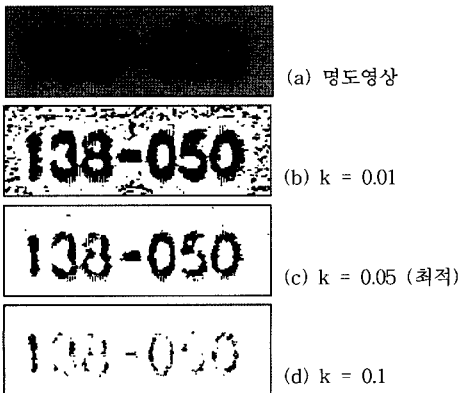


그림 2 초점이 흐린 영상의 이진화

그림 2(a)와 같이 흐린 영상에 대해서 k 를 큰 값으로 지정하면 그림 2(d)와 같이 문자 획들이 소실된다. 따라서 k 를 0.05로 하였을 때 바람직한 결과를 얻을 수 있었다. 반면, 그림 3과 같이 배경이 거친 영상의 경우 0.05를 지정하면 많은 잡영이 발생하기 때문에 0.3과 같이 큰 값을 지정해야 한다. 그림 2와 그림 3에서 윈도우의 크기 w 는 모두 12로 지정하였다.

이와 같이 이진화 상수 k 는 입력 영상의 화질에 따라 동적으로 결정되어야 한다. 특히 초점이 흐린 영상의 문자 영역에서는 명도의 변화가 뚜렷하지 않기 때문에 $\Delta t(x)$ 를 작게 하여 명도 변화에 민감하도록 해야 하나, 초점이 흐리다면 문자 영역에서도 $m(x)$ 가 비교적 크고 $s(x)$ 가 작기 때문에 $\Delta t(x)$ 가 지나치게 큰 값을 갖기 쉽다. 그 결과 획들이 소실될 수 있는데, 이를 막기 위해서는 k 를 작은 값으로 지정해야 한다. 반대로, 거친 영상에서는 k 를 큰 값으로 지정해야 잡영을 줄일 수 있다.



(a) 명도영상



(b) $k = 0.05$



(c) $k = 0.3$ (최적)

그림 3 배경이 거친 영상의 이진화

따라서, 이진화에 적합한 k 는 입력 영상의 초점이 흐릴수록 작은 값을 가져야 하며, 잡영이 많을수록 큰 값을 가져야 한다. 이를 위해 본 논문에서는 입력 영상의 화질을 분석하여 그 결과에 따라 이진화 상수 k 를 지정하는 방법을 제안한다.

4. 화질 분석

초점과 잡영에 따라 적합한 파라미터를 결정하기 위해서는 먼저 입력 영상의 초점과 잡영을 측정하여 수치화 해야 한다. 카메라 영상에서 초점이 정확하다면 흑백의 경계에서 명도의 차이가 분명하나 초점이 흐린 경우는 그렇지 못하다. 따라서 카메라 영상의 초점은 흑백의 경계에서의 명도 변화 측정함으로써 추정할 수 있다[13].

그림 4(b)에서 화살표로 표시된 봉우리들은 문자 영역에 속하며 인접한 배경 영역과의 명도 차이는 초점의 정확도와 비례한다. 그러나, 우측에 나타나는 명도의 변

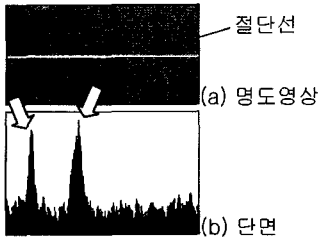


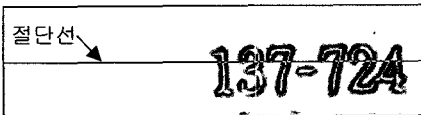
그림 4 문서영상에서의 명도 변화

화는 문자/배경의 구분과는 관계없는 무의미한 명도 변화로서 이진화 시 잡영의 원인이 될 뿐이다.

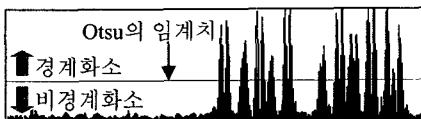
이러한 관점에서 볼 때 초점과 잡영은 모두 명도의 변화량과 관계가 있으나, 초점은 문자와 배경의 경계에서의 명도 변화, 잡영은 배경, 또는 문자 영역 내에서의 명도 변화에 해당한다. 따라서, 영상을 문자/배경의 경계 화소와 비경계화소로 구분한 후 각각에 대하여 명도 변화를 측정함으로써 초점과 잡영을 측정할 수 있다.



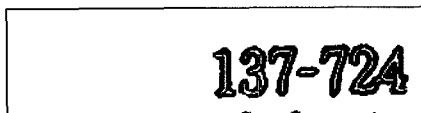
(a) 명도 영상



(b) Sobel operator 적용 결과



(c) 그림 (b)의 단면



(d) 그림 (b)에 대한 이진화 결과

그림 5 경계/비경계화소의 분리

본 연구에서는 Sobel의 edge operator를 이용하여 명도의 변화량을 측정하였다. 예를 들어 그림 5(a)의 영상에 Sobel operator를 적용할 경우 (b)과 같은 결과를 얻을 수 있다. (b)와 (c)에서 볼 수 있듯이 문자와 배경

의 경계에 위치하는 화소들은 edge값이 큰 반면, 배경 또는 문자 영역 내에서의 명도 변화는 상대적으로 작다. 따라서, edge 값이 큰 화소는 문자/배경의 경계화소로, 그렇지 않은 화소는 비경계화소로 구분할 수 있다. 그림 5(b)와 같은 edge영상에 이진화를 수행하면 (c)와 같이 edge값이 큰 경계화소를 추출할 수 있다. Edge영상은 원 영상의 명도가 불균일하더라도 그 영향을 적게 받기 때문에 전역적 이진화가 적용 가능하다[14]. 본 연구에서는 Otsu의 방법을 이용하였다. 그림 5(d)는 그림 5(b)에 Otsu의 방법을 이용해 경계화소와 비경계화소를 구분한 결과이며 흑화소는 경계화소, 백화소는 비경계화소를 각각 나타낸다.

이와 같이 추출된 경계화소들에 대하여 Sobel operator로 계산한 edge값(그림 5(b))을 평균하면 문자 영역과 배경의 경계에서의 명도 변화량을 반영하는데, 이 값은 배경과 문자영역 경계에서 명도차이가 얼마나 뚜렷한지를 나타내므로 초점으로 해석할 수 있다. 반면, 비경계화소에 대한 edge값의 평균은 배경, 또는 문자영역 내에서의 무의미한 명도 변이를 의미하므로 잡영의 정도라고 해석할 수 있다.

5. 화질 분석에 의한 적응적 이진화

입력 영상으로부터 측정된 초점과 잡영의 정도를 이진화에 반영하기 위해서는 화질 측정치와 이진화 상수 사이의 상관 관계를 파악해야 한다. 각 영상에 적합한 이진화 상수를 수학적으로 찾는 것은 어려운 일이다. 그러나, 사람이 다수의 영상에 대하여 최적의 이진화 결과를 출력하는 이진화 상수를 측정해 학습 데이터로 이용한다면 4장에서 설명한 영상의 초점 및 잡영의 측정치와의 상관 관계를 통계적으로 분석할 수 있다.

먼저 각각의 카메라 영상에 대하여 초점과 잡영의 수치를 모르는 상태에서 이진화 상수를 변화시키며 최적의 결과를 출력하는 이진화 상수를 기록한다. 그 후 각 영상의 초점과 잡영을 측정하여 이진화 상수와의 상관 관계를 통계적으로 분석한다.

본 연구에서는 선형 회귀 분석(Linear Regression)을 이용하여 상관 관계를 분석하였다. 이진화 상수를 다음과 같이 초점(focus) 및 잡영(noise)의 선형 조합에 의해 표현한다. 여기에서 가중치 a, b, c는 세 변수간의 다변량 회귀 분석에 의해 통계적으로 추정한다.

$$k = a * focus + b * noise + c \tag{1}$$

이와 같이 가중치 a, b, c가 결정되면 이를 이용해 입력 영상에 적합한 파라미터를 추정할 수 있다. 영상이 입력되면 먼저 초점과 잡영을 측정 후 위의 식에 의해 적정한 이진화 상수를 추정하고 그 값을 이용해 Sauvola의 방법을 적용한다.

6. 실험

6.1 초점 및 잡영과 이진화 상수의 상관 관계

화질이 다양한 85개의 카메라 영상으로부터 초점과 잡영, 최적의 이진화 상수를 측정하여 분석하였다. 그 중 일부는 표 1과 같다.

통계 분석을 위해서는 통계 소프트웨어인 dbStat를 이용하였다[15]. 먼저 초점과 최적 이진화 상수의 상관 관계를 분석하기 위하여 $k = a_f * focus + b_f$ 의 식을 이용하여 회귀 분석을 수행하였다. 85개의 영상에 대하여 분석한 결과 초점과 최적 이진화 상수의 관계는 그림 6과 같이 $\alpha=0.05$ 일 때 유의한 상관관계가 있는 것으로 나타났다으며 이 때 상관 계수는 0.78, $a_f = 0.10$, $b_f = 1.00$ 로 분석되었다.

표 1 최적 이진화 상수 및 초점, 잡영 측정 예

영상 번호	초점	잡영	최적 k
1	94	9	0.12
2	123	11	0.15
3	72	11	0.09
...

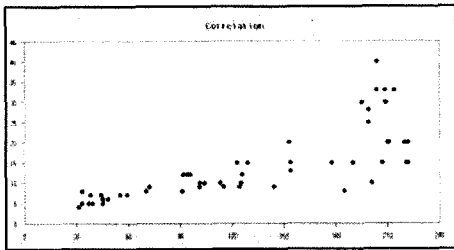


그림 6 초점과 최적 이진화 상수의 상관 관계

다음으로는 잡영과 최적 이진화 상수의 상관 관계를 $k = a_n * noise + b_n$ 의 식을 이용하여 분석하였다. 그림 7과 같이 $\alpha=0.05$ 일 때 유의한 상관관계가 있는 것으로 나타났다. 상관 계수는 0.67, $a_n = 1.06$, $b_n = 1.73$ 으로 분석되었다.

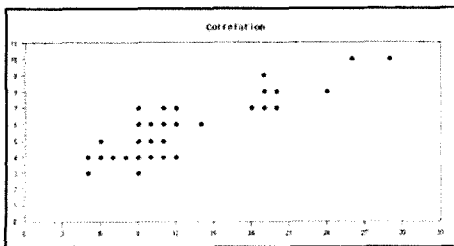


그림 7 잡영과 최적 이진화 상수의 상관 관계

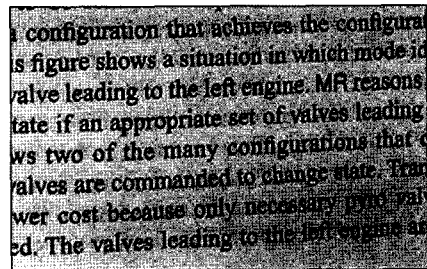
초점과 잡영이 각각 이진화 상수와 양의 상관 관계를 갖는다는 것을 확인했으므로 초점과 잡영 모두에 대한 이진화 상수를 추정하기 위하여 식 (1)에 대한 다변량 회귀분석을 실시하였다. 그 결과 $a = 0.077$, $b = 0.51$, $c = -1.80$ 으로 결정되었다.

6.2 초점 및 잡영 수치를 반영한 이진화 결과

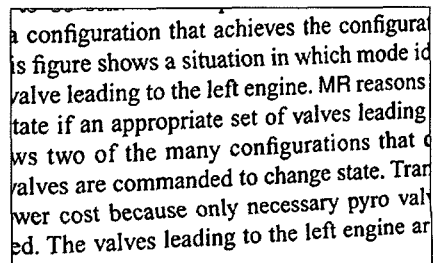
초점이 다른 다수의 영상에 테스트해 본 결과 초점 및 잡영의 상태에 따라 이진화 상수가 적절히 결정되는 것을 확인할 수 있었다. 예를 들어 그림 8과 같이 초점이 정확한 영상에 대해서는 비교적 큰 값인 0.15가 이진화 상수로 결정되었고, 이를 이용해 이진화 한 결과 (b)와 같이 양호한 결과를 얻을 수 있었다.

그러나, 그림 8(a)에 대하여 추정한 k를 그림 9(a)와 같이 초점이 흐린 영상에 적용한 결과 그림 9(b)와 같이 많은 문자 획이 소실되었다. 반면, 제안한 방법은 k를 0.07로 추정하여 명도 변화에 민감하게 함으로써 그림 9(c)와 같은 결과를 출력하였다. 이와 같이 제안하는 방법은 화질 변화에 대한 적응력을 가지고 있음을 볼 수 있었다.

그림 9(a)에 대한 최적의 이진화 상수를 확인하기 위하여 수동으로 k를 변화시키며 이진화를 수행해 이진화 결과를 비교하였다. 그림 10(a)와 같이 k를 너무 작은 값(0.03)을 지정할 경우는 잡영이 발생하였고, 0.05를 지정했을 때 가장 좋은 이진화 결과를 출력하였다. 이렇게 수동으로 측정된 k의 최적값은 제안하는 방법으로 자동

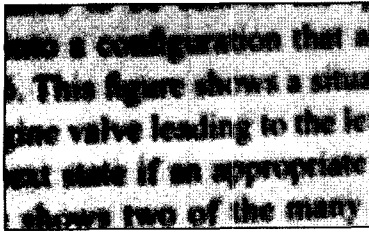


(a) 명도 영상

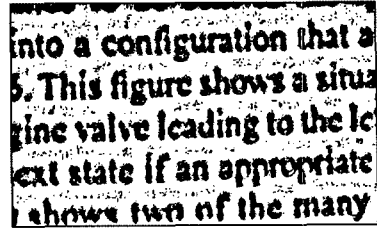


(b) 이진화 결과(k는 0.15로 결정)

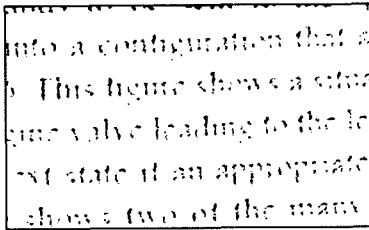
그림 8 초점이 잘 맞은 영상의 이진화



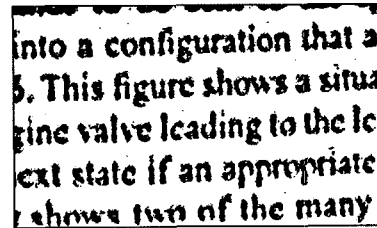
(a) 명도영상



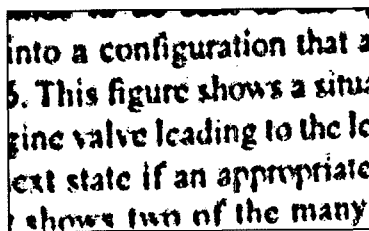
(a) $k = 0.03$



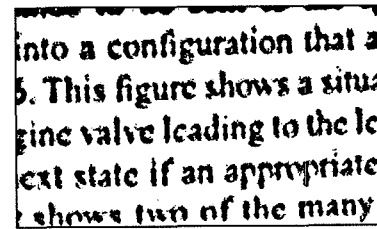
(b) $k = 0.15$ 로 이진화한 결과



(b) $k = 0.05$ (최적)



(c) 제안한 방법 (k 는 0.07로 결정)



(c) $k = 0.07$ (제안하는 방법)

그림 9 초점이 흐린 영상에 대한 파라미터 적용

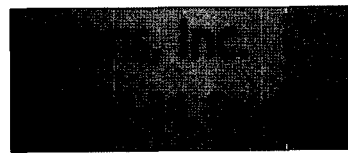
그림 10 이진화 상수의 변화에 따른 이진화 결과

추정된 0.07과 완전히 일치하지는 않았으나, 상당히 근접한 값을 가졌다. 또한 제안하는 방법으로 화질을 분석하여 자동 적용한 이진화 결과인 그림 10(c)가 수동으로 찾아낸 최적의 이진화 결과인 그림 10(b)와 화질에서 근소한 차이만을 보이는 점으로 볼 때 제안하는 방법을 이용하면 화질 적용에 유용한 이진화 상수를 추정할 수 있음을 확인할 수 있었다.

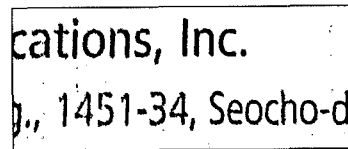
또한, 그림 11, 그림 12와 같이 화질 차이가 큰 명도 영상에 대하여 제안하는 방법으로 화질에 적용한 이진화 결과와 수동으로 얻은 최적 이진화 결과를 비교하였는데, 그 결과에서도 제안하는 방법은 최적 이진화 상수와 근접한 값을 추정하며 그 이진화 결과 또한 최적 결과와 유사함을 확인할 수 있었다.

7. 결론

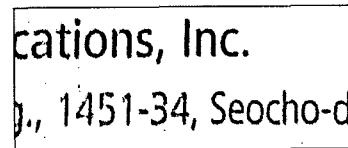
본 논문에서는 화질의 변이가 다양한 카메라 영상의 문서 인식을 위한 적응적 이진화 방법을 제안하였다. 먼저 입력 영상의 초점과 잡영의 정도를 측정하여 수치화하는 방법을 제안한 후 입력 영상의 화질과 그에 적합



(a) 거친 명도영상



(b) 제안하는 방법, $k = 0.124$

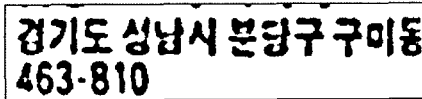


(c) 수동측정에 의한 최적 이진화, $k = 0.140$

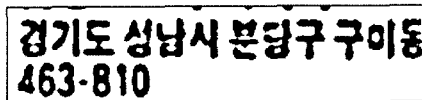
그림 11 자동 적용 이진화와 수동 이진화 결과



(a) 초점이 흐린 명도영상



(b) 제안하는 방법, $k = 0.08$



(c) 수동측정에 의한 최적 이진화, $k = 0.06$

그림 12 자동 적용 이진화와 수동 이진화 결과

한 이진화 파라미터의 상관 관계를 통계적으로 분석하였다. 그 결과를 이용하여 입력 영상의 화질에 따라서 이진화 파라미터를 자동으로 추정함으로써 다양한 화질 변화에 효과적으로 적용할 수 있는 이진화 방법을 제안하였다.

실험을 통해 제안한 화질 측정 수치와 적절한 이진화 파라미터 간에 통계적 상관 관계가 있음을 보였으며 그 결과를 이진화에 적용시켰을 때 화질 변화에 대한 적응력이 강화됨을 확인하였다.

참 고 문 헌

[1] I.J.Kim, "New chances and new challenges in camera-based document analysis and recognition," 1st Int. Workshop on CBDAR, Keynote speech, 2005.

[2] ㈜인지소프트(www.inzisoft.com), *Inzi i-Form™* 제품 소개서.

[3] N. Otsu, "A threshold selection method from grey level histogram," IEEE Trans. SMC-9, pp. 62-66, 1979.

[4] J. Bernsen, "Dynamic thresholding of grey-level images," Proc. 8th ICPR, pp.1,251-255, Paris, 1986.

[5] W. Niblack, "An Introduction to Image Processing," Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, pp.115-116, 1986.

[6] K. Donaldson, G.K. Myers, "Bayesian super-resolution of text in video with a text-specific bimodal prior," proc. CVPR 2005, vol. 1, pp. 1188-1195, 2005.

[7] 김계경, 김진호, "모바일 폰 카메라로 획득한 문서영상에 대한 국소 적응적 이진화 알고리즘", 한국화상학회지, Vol.10 No.1, pp. 17-26, 2004.

[8] 임길택, 오현화, "효율적인 영상 이진화를 위한 적응적

Water Flow Model에 관한 연구", 정보전자기술논총, Vol.3, pp. 151-164, 2004.

[9] O. D. Trier, "Goal-directed evaluation of binarization methods," IEEE PAMI, Vol. 17, No. 12, 1995.

[10] J. Sauvola, M. Pietikainen, "Adaptive document image binarization," Pattern Recognition, Vol. 33, pp. 225-236, 2000.

[11] M.R. Gupta, N.P. Jacobson, E.K. Garcia, "OCR binarization and image pre-processing for searching historical documents," Pattern Recognition, vol. 40, pp. 389-397, 2007.

[12] I. J. Kim, "Multi-Window Binarization of Camera Image for Document Recognition," Proc. 9th IWFHR, pp. 323-327, Tokyo, Japan, Oct. 26-29, 2004.

[13] M. Pagnutti, et. al., "In-flight edge response measurement for high-spatial-resolution remote sensing system," Proc. SPIE: Earth Observing Systems VII, vol. 4814, pp.317-326, 2002.

[14] J.R. Parker, "Gray level thresholding in badly Illuminated Images," IEEE PAMI, vol. 13, no .8, pp. 813-819, 1991.

[15] dbSTAT (<http://www.dbstat.com>)



김 인 중

1994년 KAIST 전산학과(학사). 1995년 KAIST 전산학과(석사). 2001년 KAIST 전산학과(박사). 2001년 2월~2006년 2월 (주)인지소프트 책임연구원. 2006년 3월~현재 한동대학교 교수. 관심분야는 패턴인식, 영상처리, 인공지능