

論文99-36S-12-7

# 국소 영역별 대비 개선과 쌍선형 보간에 의한 불균등 대비 영상의 효율적 적응 이진화

## (An Adaptive Thresholding of the Nonuniformly Contrasted Images by Using Local Contrast Enhancement and Bilinear Interpolation)

鄭 童 峴 \* , 曹 相 鉉 \* , 崔 興 文 \*

(Dong-Hyun Jeong, Sang-Hyun Cho and Heung-Moon Choi)

### 요 약

본 논문에서는 불균등 대비 영상에서 국소 영역별 대비개선과 문턱치 평면의 쌍선형 보간을 이용한 효과적인 적응 이진화 방법을 제안하였다. 제안한 방법에서는 먼저 영상을 국소 영역으로 나누고, 영역별로 흐리거나 대비가 낮은 부분의 명도차를 증대시켜 전체적으로 대비를 개선한 후, 대비 개선된 국소 영역별 명도 분포로부터 해당 영역의 최적 문턱치를 구하였다. 국소 영역간에 이웃하는 문턱치들을 쌍선형 보간하여 전역적으로 영역별 문턱치들간의 불연속성을 없앴으로써 불균등 대비 영상에 대해서도 관심 영역이나 문자 부분에서의 불연속을 줄이도록 하였다. 불균등 대비를 갖는 일반문서 및 PCB나 웨이퍼상의 문자 영상을 제안한 방법과 기존 방법으로 이진화한 영상들로부터 문자들을 추출하고, 동일 조건하에서 같은 역전파 신경회로망으로 인식 실험하여 제안한 방법의 실효성을 확인하였다.

### Abstract

In this paper, an adaptive thresholding of the nonuniformly contrasted images is proposed through using the contrast pre-enhancement of the local regions and the bilinear interpolation between the local threshold values. The nonuniformly contrasted image is decomposed into  $9 \times 9$  sized local regions, and the contrast is enhanced by intensifying the gray level difference of each low contrasted or blurred region. Optimal threshold values are obtained by iterative method from the gray level distribution of each contrast-enhanced local region. Discontinuities are reduced at the region of interest or at the characters by using bilinear interpolation between the neighboring threshold surfaces. Character recognition experiments are conducted using backpropagation neural network on the characters extracted from the nonuniformly contrasted document, PCB, and wafer images binarized through using the proposed thresholding and the conventional thresholding methods, and the results prove the relative effectiveness of the proposed scheme.

### I. 서 론

\* 正會員, 慶北大學校 電子電氣工學部  
(School of Electronic and Electrical Engineering,  
Kyungpook National University)

接受日字:1999年6月1日, 수정완료일:1999年11月3日

영상 획득에 있어서 물체의 질감이나 반사각도, 조명  
의 종류나 조사각도, 초점 심도 및 물체 표면의 높낮이  
등에 의해 부분적으로 초점이 흐려지거나 명도 변화가  
심한 불균등 대비(contrast) 영상이 획득되는 경우가 많

으며, 이런 경우에 이진화 영상에 불연속이 생겨 불체 분할이나 인식 결과에 악 영향을 미친다. 따라서 이와 같이 명도 대비가 불균등한 영상에 대한 적절한 이진화 방법 등에 관한 연구가 많이 진행되고 있다<sup>[1]</sup>. 전역적 이진화<sup>[2]</sup>에서는 영상의 전역적 명도 분포(histogram)로부터 하나의 문턱치를 정하여 이진화하며, 이때는 영상 영역별 점유율에 대한 사전 정보를 이용하는  $p$ -tile 문턱치 결정법<sup>[1]</sup>과 특정한 명도 분포를 이용한 모드법(mode method)<sup>[2]</sup> 및 엔트로피 기반 문턱치 결정법(entropy based thresholding)<sup>[3]</sup> 등으로 문턱치를 결정한다. 그러나, 이들 방법에서는 전경과 배경의 점유율에 대한 사전 정보나 명도 분포의 형태나 조건 등을 사전에 알아야 하는 불편한 점이 있을 뿐만 아니라, 명도 변이가 심한 영상에 대해서는 전역적으로 만족스러운 하나의 문턱치를 구할 수가 없다. 이에 비하여 국소 영역별 이진화<sup>[4-6]</sup>에서는 영상의 전역적인 명도 분포보다는 국소 영역별 명도 분포를 사용하여 이진화한다. Nakagawa 등<sup>[4]</sup>은 영상을 일정 크기의 국소 영역으로 나누는 뒤, 각 국소 영역의 명도 분포로부터 문턱치를 결정하여 이진화 하였다. Bernsen<sup>[5]</sup>은 전역적 방법에서 많이 이용하는 모드법을 이용하여  $5 \times 5$  나  $9 \times 9$  크기의 국소 영역별로 문턱치를 구하고 이진화하였다. 이들 방법에서는 전체 영상을 일정 크기의 국소 영역으로 나누어 여러 개의 문턱치로 각각을 이진화하기 때문에 전역적 이진화 방법보다는 영상의 국소 영역별 정보에 충실한 이진화를 행할 수는 있으나, 국소 영역간의 경계면에서 문턱치들 사이의 불연속성이 나타난다. 한편, Yanowitz 등<sup>[6]</sup>은 영상을 일정한 크기의 국소 영역으로 나누는 대신에 영상의 기울기 변화가 극대가 되는 명도값을 문턱치로 설정하고 이진화하였다. 이들은 문턱치 사이를 선형 보간(interpolation)하는 방법으로 문턱치들의 불연속성을 제거함으로써 대비가 일정한 문서나 문자가 포함된 영상에 대해서는 양호한 이진화 결과를 얻을 수 있었으나, 불균등 대비 영상에서는 관심 영역(region of interest) 또는 문자 부분에서 여전히 불연속이 나타났다. 따라서, 공간적으로 불균등 대비를 갖는 영상에서도 국소 영역별 문턱치들 사이의 불연속성을 없애므로써 관심 영역 또는 문자 부분의 불연속을 줄일 수 있는 이진화 방법에 대한 연구가 필요하다. 본 논문에서는 불균등 대비 영상을 일정 크기의 국소 영역별로 대비를 개선한 후 영역별 최적의 문턱치들을 구하여 쌍선형(bilinear) 보간함으로써 적응적으로 이진

화하는 방법을 제안하였다. 제안한 방법에서는 먼저 영상을  $9 \times 9$  크기의 국소 영역으로 나누고, 각 영역 별로 대비가 낮은 부분의 명도치를 증대시켜 대비를 개선하였다. 그리고 대비 개선된 국소 영역별로 명도 분포를 이용하여 최적의 문턱치들을 구하였다. 이 때 이웃하는 문턱치들 사이를 쌍선형 보간하여 문턱치들의 불연속성을 없애므로써, 불균등 대비를 갖는 영상에 대해서도 관심 영역 또는 문자 부분의 불연속을 줄여 이들이 주 영상처리에 악영향을 미치지 않도록 하였다. 또한 불균등 대비 문자 영상의 인식 실험을 통하여 제안한 이진화 방법을 기존 방법과 비교하였다.

## II. 국소 영역별 대비 개선에 의한 적응적 이진화 방법의 제안

본 논문에서 제안한 국소 영역별 대비 개선을 이용한 적응적 이진화 방법은 그림 1에서와 같이 국소 영역 분할, 대비 개선, 쌍선형 보간 및 이진화 단계로 구성되어 있다.

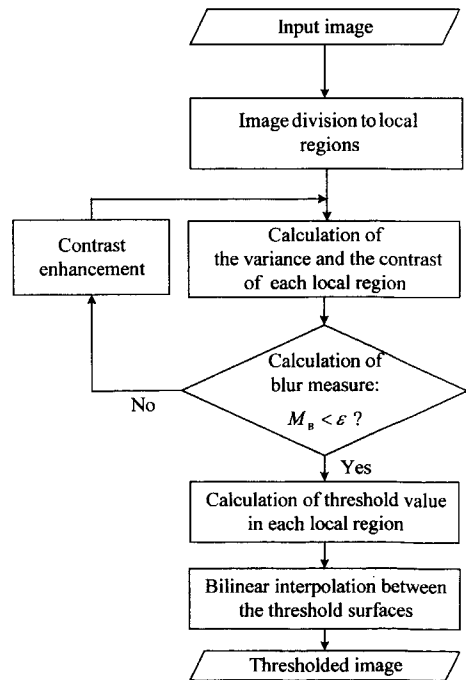


그림 1. 불균등 대비 영상에 대해 제안한 적응적 이진화 방법의 흐름도

Fig. 1. The flowchart of the proposed adaptive thresholding method for nonuniformly contrasted images.

1. 불균등 대비 영상의 국소 영역별 대비 개선

공간적으로 대비가 불균등한 명도 영상을 효과적으로 이진화하기 위해 9×9 크기의 일정 국소 영역으로 나누어 영역별 대비 개선하고 이진화하였다. 먼저 국소 영역별 명도차의 누적(histogram of the gray level difference of each local region)함수  $P_D(D, d)$ 를

$$P_D(D, d) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N D_i(d) \tag{1}$$

로 구하였다. 여기서,  $D_i(d)$ 는  $i$ 번째 화소에서 임의의 거리  $d$  만큼 떨어진 화소 사이의 명도차 함수,  $N$ 은 국소 영역내에 있는 총화소수이다. 누적 함수  $P_D(D, d)$ 로부터 거리 벡터  $d$ 에 대한 명도차의 평균(mean)  $\mu_d$ 는

$$\mu_d = \sum_{k=1}^N D_k P_D(D_k, d) \tag{2}$$

로 구하였다. 이  $\mu_d$ 를 기준으로 명도차의 퍼짐 정도를 나타내는 분산(variance)  $\sigma_d^2$ 은

$$\sigma_d^2 = \sum_{k=1}^N (D_k - \mu_d)^2 P_D(D_k, d) \tag{3}$$

로 구하고, 이 명도차의 평균  $\mu_d$ 가 0 일 때를 기준으로 명도차의 대비를 나타내는 관성 모멘트로서의 대비(contrast)  $c_d$ 는

$$c_d = \sum_{k=1}^N D_k^2 P_D(D_k, d) \tag{4}$$

와 같이 정의하였다<sup>[8]</sup>. 국소 영역내의 대비 개선 정도는 흐려짐 척도  $M_B$ 를

$$M_B(x, y) = \beta \left( \frac{\sigma_d^2}{c_d} \right)^2 \nabla^2 f(x, y) \tag{5}$$

로 정의하여<sup>[9]</sup>

$$M_B < \epsilon \tag{6}$$

이 될 때까지 국소 영역별로 명도 차의 분산  $\sigma_d^2$ 은 감소시키고 명도차  $D_k$ 는 증가시켜 대비를 개선하였다. 여기서  $\beta$ 는 수렴 속도를 결정하는 상수,  $f(x, y)$ 는 불균등 입력 영상이며  $\epsilon$ 은 대비 개선을 위한 흐려짐 척

도  $M_B$ 의 상한선이다.

2. 국소 영역별 통계적 특징을 이용한 적응적 이진화 대비가 개선된 국소 영역의 명도 분포로부터 반복적인 방법으로 국소 영역별 최적의 문턱치를 구하였다. 그림 2의 국소 영역별 명도 분포의 예를 표시하였다.

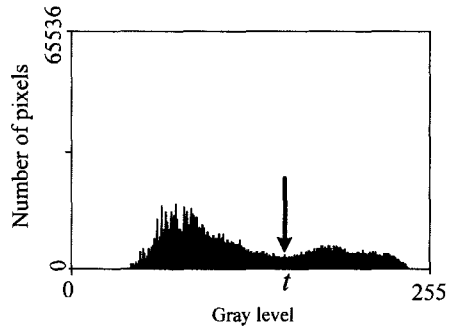


그림 2. 국소 영역별 명암도 분포 예  
Fig. 2. Gray level histogram distribution in local regions.

그림에서 명도 값  $t$ 를 기준으로 낮은 부분에 속할 오류확률  $E_1(t)$ 과 높은 부분에 속할 오류확률  $E_2(t)$ 를 각각

$$E(t) = q_2(t)E_1(t) + q_1(t)E_2(t) \tag{7}$$

로 정의하였다<sup>[10]</sup>. 여기서,  $q_1(t)$ 는 어두운 영역의 물체에 해당될 확률이며,  $q_2(t)$ 는 밝은 영역의 배경에 해당될 확률을 의미한다. 전체 오류확률  $E(t)$ 는

$$E(t) = q_2(t)E_1(t) + q_1(t)E_2(t) \tag{8}$$

이 된다. 이진화를 위한 문턱치는 임의의 문턱치에서 시작하여 문턱치를 반복적으로 변경시키면서 전체 확률이 최소화되는 값으로 정한다. 또한 모든 관심 국소 영역들에 대해 대비 개선하고 최적 문턱치들을 구한 후 그림 3에서와 같이 계산이 간결하면서도 성능이 우수한 쌍선형 보간법<sup>[11]</sup>을 이용하여 각 관심 영역에서 구한 문턱치들의 임계 평면을 보간함으로써 문턱치들 사이의 불연속성을 제거할 수 있도록 하였다. 그림 3에서 쌍선형 보간값  $f(\cdot)$ 는 이웃하는 네 개의 문턱치들의 변수  $k, l, a$ , 및  $b$ 로부터

$$f(k+a, l+b) \approx (1-a)(1-b)f(k, l) + a(1-b)f(k+1, l)$$

$$+ (1-a)bf(k, l+1) + abf(k+1, l+1) \quad (9)$$

를 만족하도록 설정하였다. 여기서, 변수  $k, l, a, b$ 는 각각 이웃하는 문턱치들이다.

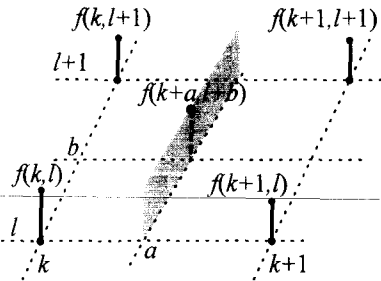


그림 3. 쌍선형 보간  
Fig. 3. Bilinear interpolation.

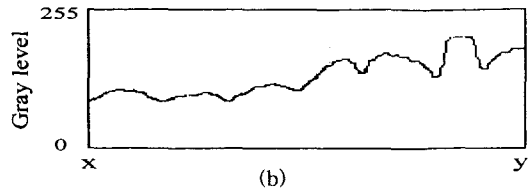
### III. 실험 결과 및 고찰

#### 1. 불균등 대비 영상의 적응적 이진화

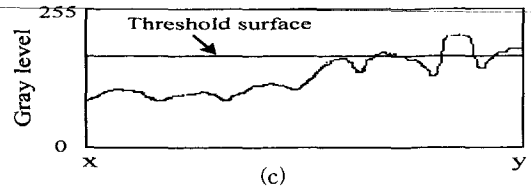
실제 웨이퍼 영상의 일련번호 문자 부분에 조명이 집중된 불균등 대비 영상에서 2차원 평면상의 프로파일, 히스토그램 상의 영역 내 분산을 최소화시키는 전역적 이진화방법인 Otsu 방법 및 Yanowitz의 국소 영역별 이진화 방법을 제안한 이진화 방법과 비교하여 그림 4에 나타내었다. 그림 4(a)는 웨이퍼상의 일련번호를 카메라로 찍은 불균등 대비 영상이며 직선  $\overline{xy}$ 를 따라 명도 프로파일을 구한 것이 그림 4(b)이다. 그림 4(c)~(e)에는 그림 4(b)와 같은 명도 프로파일을 갖는 영상을 각기 다른 이진화 방법으로 이진화한 결과를 각각의 프로파일 및 임계 평면과 함께 나타내었다. 그림 4(b)에서 보면 'C', 'E', 'H' 문자 부분은 '2', '9', '6' 문자 부분보다 명도 기울기 변화가 작으며 대비가 낮음을 알 수 있다. 그림 4(c)에서와 같이 Otsu방법으로 전역적 이진화를 하면 그 임계 평면이 일정하기 때문에 보는바와 같이 'C', 'E', 'H' 문자들과 숫자 '2' 부분이 사라진다. 한편 그림 4(d)에서 보듯이 Yanowitz방법에서는 상대적으로 주위보다 대비가 낮은 문자 'E'가 사라지고, 'C', 'H' 문자들의 일부분도 사라진다. 그러나 그림 4(e)에서 보는바와 같이 제안한 방법에서는 대비가 낮은 문자 부분들의 대비를 영역별로 먼저 개선하고 각 영역별로 구한 문턱치 표면을 쌍선형 보간하여 전역적으로 연속적인 문턱치 표면을 구함으로써 영역별 문턱치 간의 불연속을 줄여 관심 영역 또는 문자 부분의 불연속성을 줄이도록 하였다.



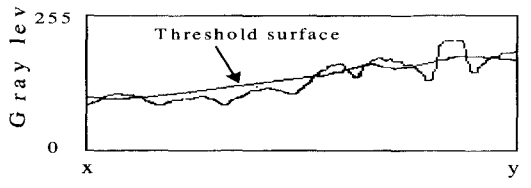
(a)



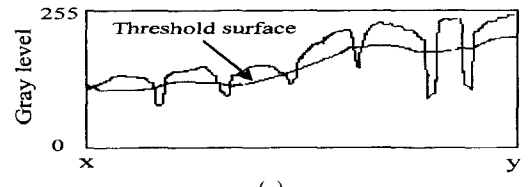
(b)



(c)



(d)



(e)

그림 4. 불균등 대비 영상의 이진화 방법들과 그 이진화 표면 (a) 불균등 대비 문자 영상, (b) 직선  $\overline{xy}$ 상의 명도 프로파일, (c) Otsu의 이진화, (d) Yanowitz의 이진화, (e) 제안한 이진화

Fig. 4. Various thresholdings and their thresholding surfaces for a nonuniformly contrasted image: (a) The non-uniformly contrasted character image and the line of profile, (b) the grey level profile along the line  $\overline{XY}$ , (c) the Otsu method, (d) the Yanowitz method, and (e) the proposed method.

그림 5(a)에는 명도 변이가 심한 또 하나의 문서 예를 제시하였다. 여기에 제안한 방법대로 영역별 대비를 개선한 결과 그림 5(b)의 결과를 얻었으며, 이로부터 그림 5(c)와 같은 이진화 영상을 얻었다.

그림 6에는 전체적으로 초점이 안 맞고 흐려져 대비가 낮은 PCB 상의 문자 영상에 대한 실험 결과를 예시하였다. 그림 6(a)의 원 영상에서 문자들은 시각적으

로는 어느 정도 구분은 할 수가 있다. 그러나 이를 하나의 문턱치로 전역 이진화하면 그림 6(b)에서 보는 바와 같이 일부 문자들이 붙어버리는 결과를 얻게 된다.

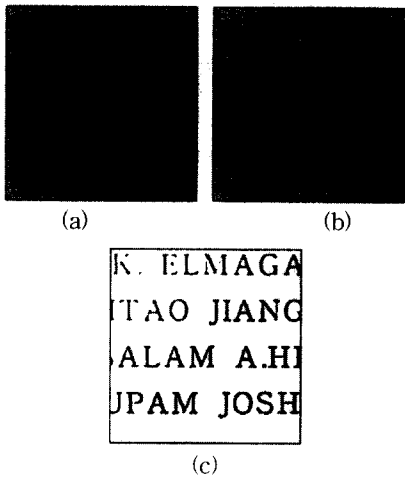


그림 5. 불균등 대비 문서 영상의 적응적 이진화 (a) 원 영상, (b) 대비 개선 영상, (c) 제안한 방법에 의한 이진 영상

Fig. 5. The adaptive thresholding of the nonuniformly contrasted document image: (a) The original image, (b) the contrast enhanced image, and (c) result of the proposed thresholding.

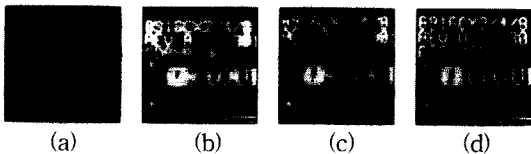


그림 6. 전체적으로 대비가 낮은 PCB 일련 번호 영상의 이진화 (a) 원 영상, (b) Otsu의 전역적 방법, (c) Yanowitz 방법, (d) 제안한 방법

Fig. 6. Thresholding of the totally blurred serial number image of the PCB: (a) The original image, (b) the global method(Otsu), (c) Yanowitz method, and (d) the proposed method.

그림 6(c)는 Yanowitz의 방법에 의한 이진화 결과이다. 여기서서는 기울기 변화의 극대값을 이용하여 이진화하므로 붙은 문자들은 줄어들었지만 문자 일부만이 소실됨을 볼 수 있다. 그러나 그림 6(d)에서와 같이 제안한 방법을 이용하면 문자들이 서로 붙지도 않고 소실도 줄어들음을 볼 수 있다.

그림 7에는 웨이퍼상의 일련 번호 영상에 대해 실험

한 결과를 제시하였다. 여기서도 제안한 방법으로 이진화하여 그림 7(d)에서와 같이 좀 더 바람직한 결과를 얻을 수 있었다.

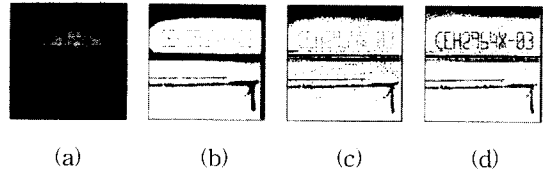


그림 7. 대비가 불균등한 웨이퍼 일련 번호 영상의 이진화 (a) 원 영상, (b) 전역적 방법(Otsu), (c) Yanowitz 방법, (d) 제안한 방법

Fig. 7. Thresholding of the nonuniformly contrasted wafer image with a serial number: (a) The original image, (b) the global method(Otsu), (c) the Yanowitz method, and (d) the proposed method.

## 2. 불균등 대비 영상의 적응적 이진화에 의한 문자 인식

이진화 성능을 평가하기 위하여 전술한 여러 방법으로 이진화한 영상에서 문자들을 추출하고 신경회로망으로 인식 실험하여 기존의 방법과 제안한 방법의 이진화에 대한 문자 인식률을 구하여 비교·검토하였다. 먼저 각 문자 영상을  $48 \times 48$ 로 크기 정규화하고  $3 \times 3$  크기의 그물망 특징(mesh feature)을 이용하여  $16 \times 16$  차원의 입력 특징 벡터를 추출하였다. 그 다음 오류 역전파(error backpropagation: BP) 신경망을 이용하여 인식 실험하였다.

본 논문에서 사용한 신경망 인식기의 입력층, 은닉층, 출력층의 뉴런 수는 각각 256, 30, 50개로 하였다. 입력층의 뉴런 수는  $16 \times 16$  차원의 입력 특징 벡터에 맞게 256개이고, 출력층의 뉴런 수는 알파벳 대문자 26개, 아라비아 숫자 10개, 특수 문자 14개를 감안하여 총 50개로 하였다. 학습률(learning rate)과 관성항(momentum)은 각각 0.05와 0.5로 하였으며 학습 시작시 초기 연결 세기의 값은 -0.05에서 0.05 사이의 임의의 값으로 설정하였다. 학습 종료 조건은 학습 횟수가 1000회 또는 전체 오차가 0.01이하로 설정하였다.

그림 8은 불균등 대비를 갖는 문서 영상을 각 방법으로 이진화하여 문자 부분만을 추출하고 인식 실험한 결과이다. 그림 8(b)는 Yanowitz 방법으로 이진화한 영상(왼쪽)과 그 인식 결과(오른쪽)이다. 왼쪽의 이진화 결과에서 보듯이 'E', 'L', 'M', 'A', 'O'의 문자들에서 불연속이 생겨 오른쪽 결과에서 보듯이 여러 문자들이 오인식되고 있다. 그러나 제안한 방법대로 적응 이진화

하면 그림 8(c)의 왼쪽에서 보듯이 각 문자 부분에서의 불연속점이 많이 줄어들어 그림 (c)의 오른쪽 결과에서와 같이 영문자 'O'와 'I'를 각각 숫자 0과 1로 오인식하는 정도의 오차 이외에는 좀 더 근접한 인식 결과를 얻을 수 있다.

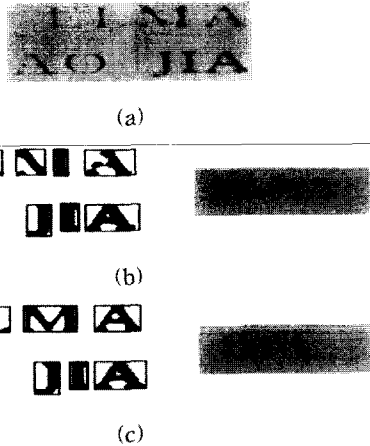


그림 8. 불균등 대비를 갖는 문서 영상에 대한 인식 실험 (a) 불균등 대비 문서 영상의 문자 부분, (b) Yanowitz의 이진화와 인식 결과 (c) 제안한 이진화의 인식 결과

Fig. 8. The recognition experiment for the nonuniformly contrasted document image: (a) The characters from the nonuniformly contrasted document image, (b) results from the Yanowitz method, (c) results from the proposed method.

그림 9는 불균등한 대비를 갖는 웨이퍼 영상을 각 방법으로 이진화하고 문자 부분만을 추출하여 인식 실험한 결과이다. Yanowitz방법으로 이진화한 경우 그림 (b)의 왼쪽에서 보듯이 '6과 '4'의 문자 일부분에서 불연속이 나타나서 (b)의 오른쪽과 같은 인식 결과를 보였다. 그러나 제안한 방법으로 이진화하면 그림 9(c)의 왼쪽 부분에서 보듯이 문자 부분들이 전체적으로 구분이 잘 될 정도로 이진화가 되어서 그 오른쪽과 같이 올바른 인식 결과를 얻을 수 있다.

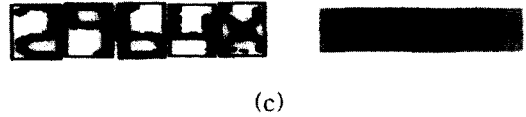
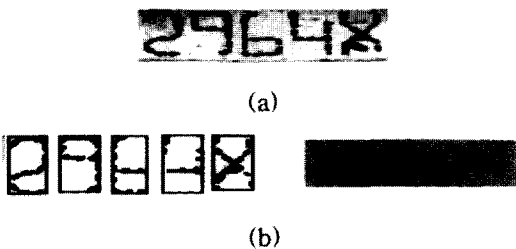


그림 9. 불균등한 대비를 갖는 웨이퍼 영상에 대한 인식 실험 (a) 불균등 대비의 웨이퍼상의 일련 번호, (b) Yanowitz 이진화와 그 인식 결과, (c) 제안한 이진화와 그 인식 결과

Fig. 9. The recognition experiment for the nonuniformly contrasted wafer image: (a) Serial numbers from the nonuniformly contrasted wafer image, (b) results from the Yanowitz method, (c) results from the proposed method.

이상과 같이 불균등 대비를 갖는 문서 영상, PCB 영상, 웨이퍼 영상들에 대해 기존의 Yanowitz방법과 제안한 방법으로 각각 이진화하고 그들로부터 360자의 문자를 추출하여 인식 실험하고, 그 결과를 표 1에 비교하였다.

표 1. 불균등 대비영상을 기존 방법<sup>[6]</sup>과 제안한 방법으로 이진화하여 추출한 문자들의 인식 결과

Table 1. Results of character recognition after the conventional and the proposed thresholding of the nonuniformly contrasted images.

	Total number of characters	Correctly recognized characters	Incorrectly recognized characters	Rejected characters	Recognition rate(%)
Conventional method	360	267	47	46	85.03
Proposed method	360	336	16	8	95.45

표 1에서 보는 바와 같이 불균등 대비 영상에 대하여 제안한 방식의 이진화를 적용하면 기존의 방법에 의해 이진화한 경우에 비해 10% 정도의 인식률이 개선되며, 따라서 제안한 적응 이진화 방법이 상대적으로 좀 더 효율적임을 간접적으로 확인할 수 있다.

#### IV. 결 론

본 논문에서는 불균등 대비 영상에서 국소 영역별로 대비를 개선하고 영역별로 최적의 문턱치를 구하여 쌍선형 보간하는 적응 이진화 방법을 제안하였다. 제안한 방법에서는 먼저 영상을 9×9 크기의 국소 영역으로 분할하고 각 영역별 명도 대비를 증가시켰다. 그리고

대비가 개선된 국소 영역별 명도 분포로부터 최적의 문턱치들을 구하고, 이들 국소 영역별로 이웃하는 문턱치들을 쌍선형 보간함으로써 문턱치들의 불연속성을 없앴다. 따라서 영상 획득 환경에 따라 부분적으로 흐려지거나 불균등 대비를 갖는 영상에 대해서도 관심 영역 또는 문자 부분의 불연속을 줄이도록 하였다.

불균등 대비를 갖는 문서 영상과 PCB 영상, 웨이퍼 상의 일련번호 영상들에 대하여 이진화한 결과 기존의 방법들보다 문자에서의 불연속이 현격히 감소하였다. 또한 이들 이진화된 영상에서 추출한 문자들을 신경회로망으로 인식 실험한 결과 역시 기존 방법으로 이진화한 경우보다 문자 인식이 약 10%정도 개선되어 제한된 적용 이진화 방법이 효율적임을 확인할 수 있었다.

참 고 문 헌

[1] P. K. Sahoo, S. Soltani, and A. K. C. Wong, "A survey of thresholding techniques," *Comput. Vision, Graphics, Image Process.*, vol. 41, pp. 233-260, 1988.

[2] M. Sonka, V. Hlavac, and R. Boyle, *Image Processing, Analysis and Machine Vision*, Chapman & Hall Computing, London, pp. 113-122, 1993.

[3] T. Pun, "Entropic thresholding: A new approach," *Comput. Vision, Graphics, Image Process.*, vol. 16, pp. 201-239, 1981.

[4] Y. Nakagawa and A. Rosenfeld, "Some experiments on variable thresholding," *Pattern Recognition*, vol. 11, no. 3, pp. 191-204, 1979.

[5] J. Bensen, "Dynamic thresholding of gray level images," *Proc. Eighth Int. Con. On Pattern Recognition*, Paris, France, pp. 1251-1255, Oct. 1986.

[6] S. D. Yanowitz and A. M. Bruckstein, "A new method for image segmentation," *Comput. Vision, Graphics, Image Process.*, vol. 46, no. 1, pp. 82-95, Apr. 1989.

[7] M. Subbarao, T. C. Wei, and G. Surya, "Focused image recovery from two defocused images recorded with different camera settings," *IEEE Trans. on Image Process.*, vol. 4, pp. 1613-1628, Dec. 1995.

[8] I. Pitas, *Digital Image Processing Algorithms*, Prentice Hall, London, pp. 284-287, 1993.

[9] J.-W. Lee, J.-W. Chang, H.-K. Sung, and H.-M. Choi, "An Adaptive Restoration of Spatially Varying Blurred Images Based on Local Edge Information," *Proc. of ICONIP*, Dunedin, New Zealand, vol. 2, pp. 1187-1190, nov. 1997.

[10] R. C. Gonzalez, R. E. Woods, *Digital Image Processing*, Addison Wesley, New York, pp. 447-450, 1992.

[11] R. Jane, R. Kasturi, B. G. Schunck, *Machine Vision*, McGraw-Hill, New York, Inc., pp. 382-383, 1995.

[12] J. M. Zurada, *Introduction to Artificial Systems*, West Publishing, New York, 1992.

[13] S. Haykin, *Neural Networks*, Macmillan, New York, pp. 185-186, 1994.

저 자 소 개



鄭 童 峴(正會員)  
1972년 8월생. 1997년 2월 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사). 1999년 2월 경북대학교 전자공학과 석사과정 졸업(공학석사). 1999년~1999년 10월 현재 LG 전자 근무중. 주관심 분야는 문자인식, 병렬처리 및 신경회로망 등임



曹 相 鉉(正會員)  
1973년 2월생. 1997년 2월 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사). 1999년 2월 경북대학교 전자공학과 석사과정 졸업(공학석사). 1999년~1999년 10월 현재 경북대학교 전자공학과 박사과정. 주관심 분야는 병렬처리, 영상처리 및 신경회로망 등임

崔 興 文(正會員) 第 33卷 B編 第 11號 參照  
현재 경북대학교 전자전기공학부 교수