

논문 2006-43SP-1-2

문자 영역을 강조하기 위한 적응적 오차 확산법

(Adaptive Error Diffusion for Text Enhancement)

권재현*, 손창환**, 박태용**, 조양호**, 하영호***

(Jae-Hyun Kwon, Chang-Hwan Son, Tae-Yong Park, Yang-Ho Cho, and Yeong-Ho Ha)

요약

본 논문에서는 최대 기울기 차이(maximum gradient difference, MGD)를 이용한 효과적인 문자 분할과 문자 영역을 강조하기 위한 적응적 오차 확산법을 제안한다. 스캔 라인을 따라 기울기를 계산하고, 잠재적 문자 영역을 융합하기 위해 국부적 윈도우 내에 MGD 값을 채운다. 노이즈 필터링을 거친 후, 배경에는 기존 오차 확산법, 문자에는 경계 향상 오차 확산법을 적용한다. 서로 다른 하프토닝 알고리즘의 사용으로 눈에 거슬리는 결함이 발생하기 때문에 경계 결함을 줄이기 위해 단계적 팽창(gradual dilation)을 적용한다. 단계적으로 팽창된 문자 영역(gradually dilated text region, GDTR)에 기반한 샤프닝(sharpening)은 문자 영역의 경계에서 연속적으로 점이 찍히는 것을 막을 수 있다. 제안한 적응적 오차 확산법은 일반적인 오차 필터를 이용하여 경계 향상 정도를 조절할 수 있는 칼라 하프토닝 방법이다. 경계 향상 정도와 색차를 분석하여 경계 향상 계수를 정하고, 경계 향상 오차 확산법의 사용으로 인해 점이 찍히지 않는 결함을 줄이기 위하여 추가적인 오차 요소를 반영하였다. 스캔한 영상을 제안한 방법을 이용하여 하프토닝하면 배경의 변화 없이 문자 부분이 선명한 결과를 얻을 수 있다.

Abstract

This paper proposes an adaptive error diffusion algorithm for text enhancement followed by an efficient text segmentation that uses the maximum gradient difference (MGD). The gradients are calculated along with scan lines, and the MGD values are filled within a local window to merge the potential text segments. Isolated segments are then eliminated in the non-text region filtering process. After the text segmentation, a conventional error diffusion method is applied to the background, while the edge enhancement error diffusion is used for the text. Since it is inevitable that visually objectionable artifacts are generated when using two different halftoning algorithms, the gradual dilation is proposed to minimize the boundary artifacts in the segmented text blocks before halftoning. Sharpening based on the gradually dilated text region (GDTR) prevents the printing of successive dots around the text region boundaries. The error diffusion algorithm with edge enhancement is extended to halftone color images to sharpen the text regions. The proposed adaptive error diffusion algorithm involves color halftoning that controls the amount of edge enhancement using a general error filter. The multiplicative edge enhancement parameters are selected based on the amount of edge sharpening and color difference. Plus, the additional error factor is introduced to reduce the dot elimination artifact generated by the edge enhancement error diffusion. By using the proposed algorithm, the text of a scanned image is sharper than that with a conventional error diffusion without changing background.

Keywords: 문자 분할, 문자 경계 향상, 하프토닝, 오차 확산법

I. 서론

스캐너와 프린터, 최근에는 디지털 복합기(Multi-

functional printer, MFP)의 보급에 따라 문서를 스캔하여 출력하는 일이 증가하고 있다. 문서 또는 영상을 획득하는 과정에서 발생하는 블러링(blurring)은 피할 수 없는 현상이며, 이로 인해 화질이 열화된다. 획득한 영상을 디지털 하프토닝(digital halftoning) 과정을 거쳐 프린터로 출력하면 문자처럼 공간주파수가 높은 부분은 상대적으로 더 심한 열화 현상이 나타나고 가독성도 저하된다. 따라서 보급형 프린터와 복합기를 위해 문자를

* 정회원, 삼성종합기술원
(Samsung Advanced Institute of Technology)

** 학생회원, *** 정회원, 경북대학교.

(Kyungpook National University)

접수일자: 2005년7월18일 수정완료일: 2005년11월10일

선명하게 출력하는 기술이 필요하게 되었다.

문자를 선명하게 출력하기 위해서는 먼저 획득된 영상에서 문자를 분할하는 과정이 필요하다. 문자 분할(text segmentation)은 입력 영상 또는 문서에서 문자 단위 또는 문자를 포함한 영역을 추출하는 것으로 광학 문자 인식(optical character recognition, OCR), 전자도서관, 문자 기반의 탐색 기술 등을 위해 많이 연구되고 있다. 영역 확장, 결합을 통한 하의상달식(bottom-up)^[1]과 영역 분리. 방법을 사용하는 상의하달식(top-down) 접근법^[2]이 있다. 두 가지 방법을 혼합한 복합형 알고리즘^[3], 신경망을 이용하는 방법^[4], 텍스처(texture)를 이용한 방법^[5] 등 다양한 연구가 수행되어져 왔다. 그러나 언급한 문자 분할 알고리즘들은 복잡하고 메모리를 많이 필요로 하는 단점이 있다. 실제 출력장치에 적용하기 위해서는 메모리 사용량이 적고 실시간 처리가 가능한 효과적인 문자 추출 방법이 필요하다.

디지털 하프토닝은 연속적인 밝기값을 갖는 디지털 영상을 점의 조합으로 이루어진 흑백의 이진 영상으로 표현하는 방법으로 사람이 하프톤 영상을 보는 경우 마치 저역 통과 필터를 거친 것과 같은 효과로 인하여 모든 그레이 단계를 표현하는 연속계조의 영상으로 인식하게 된다. 이는 인간 시각 특성과 뇌 작용에 의해서 공간적으로 적분이 일어나기 때문이다. 하프토닝은 점의 조합으로 연속적인 밝기값을 표현하는 방법이기 때문에 입력 영상에 비해 화질이 떨어지며 특히, 공간 주파수가 높은 문자 부분이 흐릿해진다. 그러므로 문자의 경계를 향상시키는 방법이 요구된다. 경계를 강조하는 하프토닝 방법은 선명한 출력을 얻을 수 있는 장점이 있으나 그에 따른 결함이 발생한다.

본 논문은 II장 본문에서 기존의 문자 분할 방법과 디지털 하프토닝 방법에 대해 알아본다. 그리고 효과적인 문자 분할 과정을 거쳐 단계적 팽창에 따른 적응적 경계 향상과 추가적인 오차 요소를 고려하는 제안한 문자 향상 오차 확산법에 대해 설명한다. III장에서는 실험을 통해 기존 방법과 결과를 비교 분석하고 이를 통해 IV장에서 결론을 내린다.

II. 본 론

1. 기존의 문자 분할 방법

문자 분할은 기본적으로 화소 단위 밝기값의 불연속성 또는 유사성의 기반을 두고 있다. 유사성에 기반을 둔 방법은 화소의 결합과 클러스터링(clustering)을 통

하여 문자를 추출한다. 반면, Ohya^[2] 등이 제안한 방법은 영상에서 추출된 큰 특징에서 문자 하나와 같은 최소 단위의 특징이 되도록 반복적으로 분리한 후 인식한다. Karatzas^[3] 등은 하의상달식과 상의하달식 방법을 동시에 적용하여 비교하였다. 한편, Wong과 Chen^[7]은 줄 단위로 최대 기울기 차이(maximum gradient difference, MGD)를 이용하여 문자 부분을 신속히 필터링하는 방법을 제안하였다.

2. 기존의 디지털 하프토닝 방법

기존의 하프토닝 방법에는 오차 확산법(error-diffusion)^[6], 순서 디더링(ordered dithering)^[8], 블루 노이즈 마스크(blue noise mask, BNM)^[9], 그리고 DBS(direct binary search)^[10] 등이 있다. 순서 디더링 방법은 미리 정해놓은 임계 행렬을 이용하여 화소의 이진값을 결정하기 때문에 속도가 빠른 장점이 있으나 인간 시각에 거슬리는 규칙적인 패턴으로 인한 화질의 열화 현상이 나타난다. BNM을 이용한 방법은 이진 영상이 주파수 영역에서 블루 노이즈 특성을 가지게 하는 문턱치로 구성된 마스크를 사용한다. 오차 확산법 보다는 빠르게 수행될 수 있으나 경계 부분이 흐릿하고 전체적으로 노이즈가 증가한다. DBS는 초기 하프톤 패턴에서 토글링(toggling)과 스왑핑(swapping)을 통해 인간 시각 특성을 반영한 에러 함수를 최소화하는 값을 검색하여 최상의 화질을 갖는 하프톤 패턴을 얻을 수 있다. 그러나 반복적으로 연산을 수행하기 때문에 실행 시간이 길어 출력 장치에 적용하기에 어려움이 있다.

가. 오차 확산법

오차 확산을 이용한 하프토닝 방법은 Floyd와 Steinberg^[11]에 의해 처음으로 제안되었다. 오차 확산법은 적절한 계산량과 우수한 품질의 출력으로 가장 많이 사용되고 있는 하프토닝 방법 중 하나이다. 오차 확산법의 블록도는 그림 1(a)와 같다. 업데이트 입력인 $u(i, j)$ 는 입력값과 이웃 화소에서 전파받은 필터를 거친 양자화 오차로 구해진다.

$$u(i, j) = x(i, j) - \sum_{m, n} h(i-m, j-n) \cdot e(i-m, j-n) \quad (1)$$

여기서 $x(i, j)$ 는 연속 계조의 입력값, $h(i, j)$ 는 오차 필터, $e(i, j)$ 는 오차이다. 양자화기의 출력은

$$y(i, j) = Q(u(i, j)) \quad (2)$$

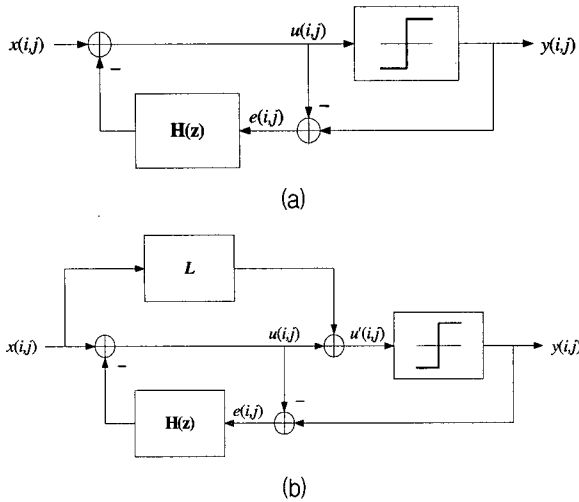


그림 1. (a) 기존 오차 확산법의 블록도, (b) 경계 향상 오차 확산법의 블록도.

Fig. 1. Block diagram; (a) conventional error diffusion, (b) error diffusion with edge enhancement.

와 같고 $Q(\cdot)$ 는 양자화 과정으로 정규화한 경우 입력 $u(i, j)$ 가 양자화의 문턱치보다 큰 값을 가질 때 출력 $y(i, j)$ 는 1이 되고, 작으면 0이 된다. 문턱치는 일반적으로 중간값인 0.5를 사용한다.

$$e(i, j) = y(i, j) - u(i, j) \tag{3}$$

식 (3)과 같이 양자화기의 입력과 출력의 차이로 오차 $e(i, j)$ 를 계산하고, 오차 필터를 거쳐 이웃 화소에 전파시킴으로써 업데이트된 입력을 만든다.

나. 경계 향상 오차 확산법

경계 향상 오차 확산법은 Eschbach와 Knox^[12]에 의해 제안되었고, Knox는 양자화 오차가 입력 영상과 상관성이 존재함을 보였다^[13]. 양자화기에 추가되는 입력 정보는 상관도를 높여 하프톤의 경계를 선명하게 만든다. 경계 향상 계수 L 은 영상 전체에 대해 적용되는 값으로 0이면 기존의 방법과 같아진다. L 이 0보다 큰 경우에는 출력 하프톤에서 샤프닝이 일어나고, 0보다 작은 값일 경우 오히려 블러링이 발생한다. 그림 1(b)는 경계 향상 오차 확산법의 블록도를 나타낸 것이다. 변경된 업데이트 입력은

$$u'(i, j) = u(i, j) + L \cdot x(i, j) \tag{4}$$

와 같이 입력 정보를 업데이트 입력에 추가하여 구한다. 출력은 $u'(i, j)$ 를 양자화하여 구한다. 이웃 화소에 전파되는 오차 계산은 기존의 식 (3)을 이용하여 입력과 출력의 전체 밝기값을 유지한다.

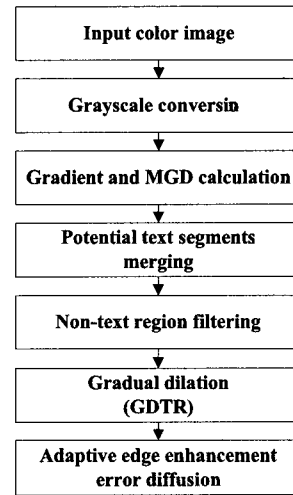


그림 2. 제안한 문자 향상 오차 확산법의 흐름도

Fig. 2. Flowchart of the proposed error diffusion with text enhancement.

한편, Kite 등은 양자화기를 선형 이득과 더해지는 오차로 모델링하고, 영상의 품질을 높이기 위해 입력 영상과 출력 영상의 샤프니스(sharpness)가 같도록 하는 최적의 L 값을 적용하였다^[14]. 수치적으로 상관도 계수(correlation coefficient)와 WSNR(weighted signal-to-noise ratio)은 좋아졌으나, 문자 부분과 같이 공간 주파수가 높은 부분은 상대적으로 심각한 블러링이 일어나 오히려 화질이 열화되는 결과를 보였다.

3. 제안한 문자 향상 오차 확산법

제안한 문자 향상 오차 확산법을 이용한 하프톤은 그림 2와 같이 문자, 영역 분할하는 부분과 문자와 배경에 서로 다른 오차 확산법을 사용하여 출력하는 부분으로 구성되어 있다. 문자 영역을 분할하는 과정은 가로 방향의 기울기(gradient)를 구하여 국부적인 원도 내에서 최대 기울기 차이(MGD)를 계산하고 이 값을 기준으로 잠재적인 문자 영역을 분할하는 것이다. 잠재적인 문자 영역 중 노이즈를 없애주는 과정을 거쳐 최종적으로 문자 영역을 분할한다. 문자 부분을 선명하게 출력하기 위해 배경은 기존의 오차 확산법을 사용하고, 문자 영역에는 경계 향상 오차 확산법을 적용한다. 문자와 배경의 경계 부분에는 단계적 팽창에 따른 적응적 경계 향상 계수를 사용하여 서로 다른 하프톤 알고리즘을 사용함으로써 발생하는 경계 결함을 억제시킨다. 또한 경계 향상 오차 확산법의 양자화기 입력으로 사용되는 추가적인 입력 정보의 양자화기 입력으로 사용되는 추가적인 입력 정보를 오차에 반영하여 경계 향상으로 인해 밝은 영역에서 점들이 찍히지 않는 결함을 감소시킨다.

가. 그레이스케일 변환

문자 분할의 첫 번째 과정으로 입력 칼라 영상을 그레이스케일 영상으로 변환한다. 영상 내에서 문자의 색은 다를 수 있으나 밝기값은 거의 일정하다는 특성을 이용하여 그레이스케일로 변환된 영상에서 문자를 분할한다. 이것은 칼라 영상일 경우 각 칼라 채널에서 문자를 분할하는 것보다 효율적이다^[15]. 본 논문에서는 다음과 같이 YCbCr 색 공간의 Y 영상으로 변환하는 식을 사용한다.

$$Y = 0.299R + 0.587G + 0.114B \quad (5)$$

여기서, R, G, B 는 입력 영상의 각 칼라 채널의 값이다. 입력 영상이 이미 그레이스케일 영상일 경우 이 과정은 생략한다.

나. 최대 기울기 차이를 이용한 문자 영역 분할

문자 영역 분할에 있어 기본 가정은 영상에서 문자는 주로 가로 방향으로 정렬되어 있고 세로 방향의 규칙적인 획을 만든다는 것이다. Y 영상에서 $[-1 \ 0 \ 1]$ 마스크를 사용하여 줄 단위로 기울기를 계산한다. 밝은 배경에 어두운 색의 문자일 경우, 마스크 연산의 결과 음의 값을 가지는 국부적인 침투치는 배경에서 문자로의 천이를 나타낸다. 반대로 양의 값을 가지는 국부적인 침투치는 문자에서 배경으로의 천이를 나타낸다. 결과적으로 마스크 연산의 결과는 문자와 배경의 경계 부분에서 큰 값을 갖는다. 그림 3(a)는 영상과 문자로 이루어진 512×256 크기의 입력 영상이고, 그림 3(b)는 159번째 줄의 밝기값 분포를 보인 것이다. 영상이 있는 부분과 달리 오른쪽 문자 부분은 공간 주파수가 높고 밝기값의 차이가 큰 것을 알 수 있다. 그 다음 과정으로 $n \times 1$ 윈도우 내에서 최대 기울기 차이(MGD)를 구한다. n 의 값은 찾고자 하는 문자의 폰트와 크기에 따라 미리 정해지는 상수값이다. 실험에서는 n 의 값으로 15를 사용하였고, 책이나 잡지의 본문을 스캔한 문서에서 작은 글자부터 중간 제목까지 분할하는

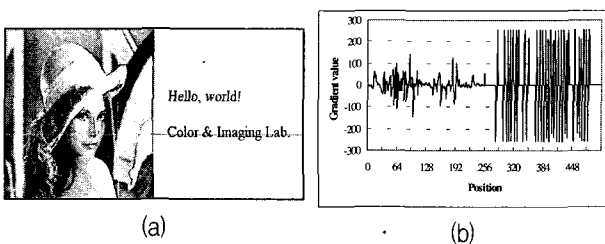


그림 3. 가로 방향 기울기 (a) 입력 영상 (b) 159 번째 줄의 기울기 값

Fig. 3. Horizontal gradient; (a) input image and (b) profile for scan line 159.

데 만족할 만한 결과를 보였다. MGD 값을 구하여 국부적인 윈도우 내에 채워줌으로써 가로줄을 따라 인접한 잠재적인 문자 부분들을 결합할 수 있다^[17]. MGD 영상에서 이진화를 거치면 잠재적인 문자 부분과 배경을 분리할 수 있다. 이진화에 사용된 문턱치는 50이다. 이 값은 Otsu의 알고리즘^[16]을 사용하여 흰 바탕에 검은색 문자를 포함하는 20개 영상에서 최적의 문턱치를 조사하여 평균값을 기반으로 정해진 것이다. 이진화된 MGD 영상은 가로 방향 기울기를 구하는 마스크 연산을 통해 검출된 세로줄과 영상 내에서 밝기값의 차이가 큰 부분 등 문자가 아닌 부분을 포함하고 있으므로 노이즈 필터링 과정이 필요하다. 가로 방향의 연속되는 MGD값 중 $2n$ 보다 작은 것을 제거하여 마스크 연산으로 추출된 세로줄과 노이즈를 없앤다. 또한 침식(erosion)과 팽창(dilation)의 조합으로 이루어진 형태학(morphology)적인 처리^[17]를 통해 나머지 문자가 아닌 부분과 노이즈를 제거한다.

다. 제안한 단계적 팽창 과정

문자와 배경에 서로 다른 오차 확산법을 적용하는 경우, 분할된 문자 부분의 경계면에 결합이 발생한다. 이는 문자 영역과 배경의 경계면에서 오차의 전파가 달라지기 때문에 오차의 전파 방향으로 점이 일렬로 찍히는 현상이다. 단계적 팽창은 문자 영역과 배경의 경계 부분의 결합을 최소화하기 위해 제안되었다. 경계 결합은 배경에서 문자로 경계 향상 정도를 순차적으로 변화시킴으로써 억제할 수 있다. 아래의 식을 통해 단계적으로 팽창된 문자 영역(gradually dilated text-region, GDTR)을 구한다.

$$GDTR = \bigcup_{j=1}^n \left(\bigcup_{k=1}^4 A \oplus B_{g_{j,k}}^k \right) \quad (6)$$

여기서, A 는 MGD를 이진화한 입력값, B^k 는 단계적 팽창에 사용된 k 번째 구조 요소이다. $g_{j,k}$ 는 처리되는 화소, $g_{j,t}$ 는 표적이 되는 화소의 밝기값을 나타낸다.

$$0 \leq g_{j,t} \leq 1 \quad (7)$$

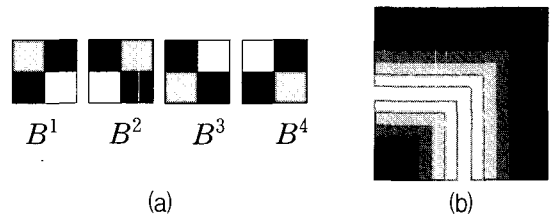


그림 4. 단계적 팽창 (a) 사용된 구조 요소 (b) 결과의 예
Fig. 4. Gradual dilation; (a) structuring elements and (b) a sample result.

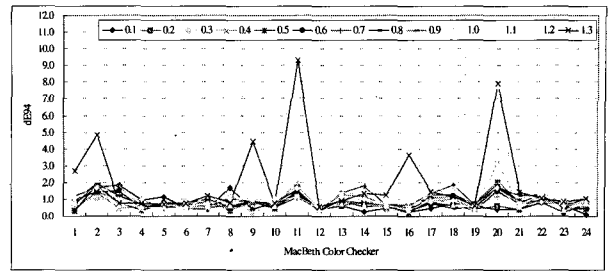
$$g_{p_j} < g_{p_{j-1}} \quad (8)$$

$$g_{t_j} = \begin{cases} 1, & \text{if } j=1 \\ g_{p_{j-1}}, & \text{if } 1 < j \leq n \end{cases} \quad (9)$$

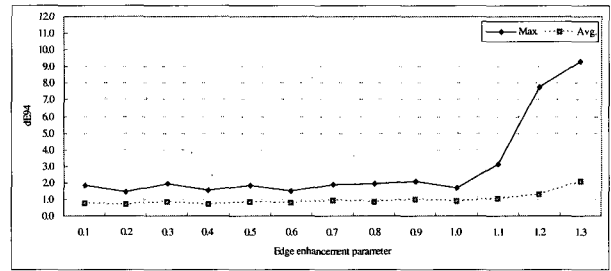
g_{p_j} 는 단계적으로 확장될 화소의 값을 나타내는 것으로 0에서 1까지의 값을 가지게 된다. j번째 g_{p_j} 값은 그 이전의 값보다 작은 값을 가지게 됨으로써 반복수행시 단계적으로 감소하게 된다. 첫 번째 g_{t_1} 는 이진화한 MGD 영상에서 문자 부분을 나타내는 1이 되고 다음 단계의 g_{t_2} 는 이전 단계의 g_{p_1} 값으로 정해진다. 구조요소 B^1, B^2, B^3, B^4 는 그림 4(a)와 같이 주어진다. 흰색으로 표시된 화소는 G_t 의 원소인 표적 화소 g_{t_j} 의 위치, 회색은 G_p 의 원소인 g_{p_j} 의 위치를 나타낸다. g_{t_j} 의 값이 정해진 값과 일치하면 g_{p_j} 의 위치에 해당하는 값을 채움으로써 팽창 과정이 진행된다. 검은색으로 표시된 위치의 화소는 고려하지 않는다. 그림 4(b)는 단계적 팽창의 결과로 문자 영역과 배경에 일종의 천이 영역(transition region)인 GDTR이 생성된 것을 보여준다. 확장된 문자 영역 주변의 값은 적응적 경계 향상 오차 확산법에서 경계 향상 계수를 선택하는 기준이 된다.

라. 최대 경계 향상 계수 결정

그레이스케일 영상일 경우 경계 향상의 영향으로 어두운 부분은 더 어둡게, 밝은 부분은 더욱 밝게 된다. 이는 점의 분포로 표현된다. 그러나 경계 향상 오차 확산법을 칼라 영상에 적용할 경우 점의 분포 변화는 색 왜곡으로 나타난다. 각 채널 별로 찍히지 않는 점들의 영향으로 경계 향상 계수가 높을수록 더 심한 색 왜곡이 생긴다. 색차를 분석하기 위해 경계 향상 계수를 0.1 단위로 증가시키며 Macbeth ColorChecker를 하프톤화하였다. 프린트된 각 패치의 L^*, a^*, b^* 값을 분광광도계(spectrophotometer)를 사용하여 측정하고 CIE94^[18]를 계산하였다. 경계 향상 계수가 1.3보다 큰 경우 패치의 하프톤 결과가 불안정해지므로 그 이상의 값은 사용할 수가 없다. 경계 향상 정도가 색차에 미치는 영향을 분석하여 결함을 최소화하는 경계 향상 계수를 선택하도록 한다. 그림 5(a)는 경계 향상 계수를 높이면서 각 패치별로 ΔE_{94}^* 를 구한 결과이다. 몇 개의 특정 패치에서 색차가 급격히 커지는 현상은 각 칼라 채널에서 경계 향상을 위해 입력 정보가 추가된 업데이트 입력이



(a)



(b)

그림 5. CIE94 (a) Macbeth ColorChecker 각 패치 (b) 경계 향상 계수에 따른 평균값과 최대값

Fig. 5. CIE94; (a) Macbeth ColorChecker and (b) average and maximum values according to the edge enhancement parameter.

양자화기의 문턱치를 넘기 때문이다. 그림 5(b)에서 점선으로 이루어진 그래프는 경계 향상 계수에 따른 패치들의 평균 색차이다. 경계 향상 계수가 1.0을 넘어가면서 색차가 조금씩 증가하는 것을 볼 수 있다. 실선은 최대 ΔE_{94}^* 를 구한 그래프이다. 마찬가지로 경계 향상 계수가 1.1부터 최대 색차가 급격히 커지는 것을 확인



(a)

(b)

그림 6. 단계적 팽창 결과 비교 (a) 단계적 팽창 적용 전의 결과 (b) 단계적 팽창 적용 후의 결과

Fig. 6. Comparison of halftone results; (a) without the gradual dilation and (b) with the gradual dilation.

표 1. GDTR에 따른 경계 향상 계수

Table 1. Edge enhancement parameters according to the GDTR value.

GDTR	1~31	32~63	64~127	128~191	192~255
L	0.125	0.25	0.5	0.75	1.0

할 수 있다. 색차 분석을 바탕으로 평균 색차가 1이하이고 최대 색차가 2이하로 나타나는 경계 향상 계수의 최대값을 1.0으로 정하였다. 실험을 통해 배경색에 영향을 주지 않고 경계면에서 결합이 생기지 않도록 하는 표 1의 계수를 결정하였다. 그림 6은 단계적 팽창 과정이 있는 경우와 없는 경우의 결과를 보여준다. 단계적 팽창 과정이 없는 경우, 그림 6(a)에서와 같이 경계 향상 오차 확산법과 기존 오차 확산법의 경계면에서 점이 일렬로 찍히는 결합이 발생한다. 단계적 팽창 후 GDTR의 값에 따라 표 1의 경계 향상 계수를 사용하여 하프토닝 하면 그림 6(b)와 같이 경계 결합을 감소시킬 수 있다.

마. 제안한 문자 향상 오차 확산법

제안한 문자 향상 오차 확산법은 양자화기의 입력에 추가되는 입력 정보를 오차 계산에 반영하여 경계 향상의 영향으로 발생하는 결합을 최소화한다. 그림 7은 제안한 문자 향상 오차 확산법의 블록도이다. 업데이트 입력 $u(i, j)$ 와 변경된 업데이트 입력 $u'(i, j)$ 의 차이는

$$u'(i, j) - u(i, j) = L \cdot x(i, j) \tag{17}$$

이다. 여기서, $x(i, j)$ 는 연속 계조의 입력값, L 은 경계 향상 계수이다. 제안한 방법은 오차 계산에 입력 정보를 고려한다. 오차 계산은

$$e(i, j) = y(i, j) - u(i, j) + k \cdot L \cdot x(i, j) \tag{18}$$

와 같이 수행되고, $y(i, j)$ 는 양자화기의 출력이다. 제안한 오차 계산식의 계수 k 는 오차에 고려되는 입력 정보의 스케일을 맞추기 위한 것이다. 0에서 1로 정규화되어 있다고 가정하면 이웃 화소에 전파되는 오차의 최대값은 0.5까지이다. 그러나 오차 계산에 이용되는 입력 정보의 최대 절대값은 L 이다. L 의 절대값이 0.5보다 클 경우, 오차가 가질 수 있는 최대값을 초과하므로 바람직하지 못한 결과를 가져온다. 경계 향상 오차 확산

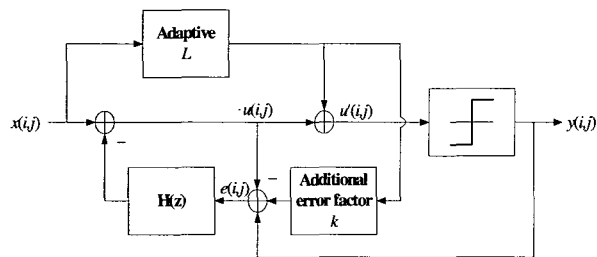


그림 7. 제안한 문자 향상 오차 확산법의 블록도
Fig. 7. Block diagram of the proposed error diffusion with text enhancement.

법의 스텝 응답(step response)을 분석해보면, Floyd-Steinberg 오차 확산법은 기본적으로 경계를 향상시키는 특성이 있다. 경계 향상 오차 확산법의 스텝 응답에서 오버슈트(overshoot)와 언더슈트(undershoot)의 클수록 경계 부분이 강조된다. 밝기값의 차이가 큰 영상을 하프토닝하면, 밝은 영역과 어두운 영역의 경계면에서 오차의 전파 방향으로 점이 찍히지 않는 현상이 생긴다. 이는 경계를 향상시킬수록 더 많이 발생하며, 경계면에서 오차와 추가적인 입력 정보를 받은 업데이트 입력이 양자화기의 문턱치를 넘기 때문이다. 제안한 오차 확산법을 사용하여 입력 정보를 오차 계산에 보상함으로써 경계 향상의 영향을 반영하여 이러한 결합을 줄일 수 있다. 그러나 제안한 방법의 오차 계산식을 사용하면 전파되는 오차가 직접적으로 변화하기 때문에 평탄한 영역의 입력이 들어올 경우 평균 밝기값의 변화를 가져온다. 실험에서는 점이 찍히는 정도가 기존 오차 확산법과 같도록 하는 $k=0.05$ 를 사용하였고, 그에 따른 평균 밝기값의 변화는 기존 오차 확산법과 비교하여 1.06% 이하(256레벨의 8bit 영상일 경우 3레벨 이하)로 나타났다.

III. 실험 및 고찰

1. 문자 영역 분할 결과

그림 8은 입력 칼라 영상, 그레이스케일로 변환한 후, 가로 방향의 기울기를 구하여 최대 기울기 차이를 구한 MGD 영상, 그리고 MGD 영상을 이진화하고 노이즈 필터링 후의 추출된 최종 문자 부분의 GDTR 영상이다. 흰색으로 표시되는 문자 영역과 검은색 배경의 경계가 단계적으로 확장되면서 천이영역이 생성된 것을 볼 수

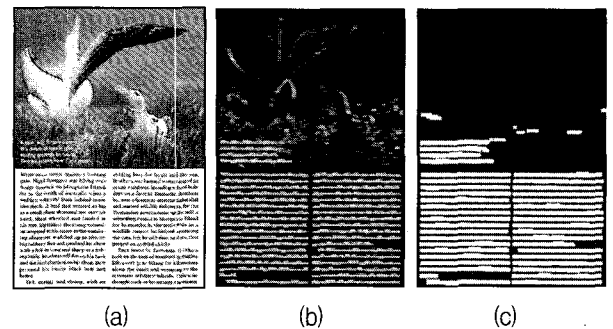


그림 8. 문자 영역 분할 과정 (a) 입력 영상 (b) MGD (c) GDTR

Fig. 8. Process of the text region segmentation; (a) input image, (b) MGD, and (c) GDTR.

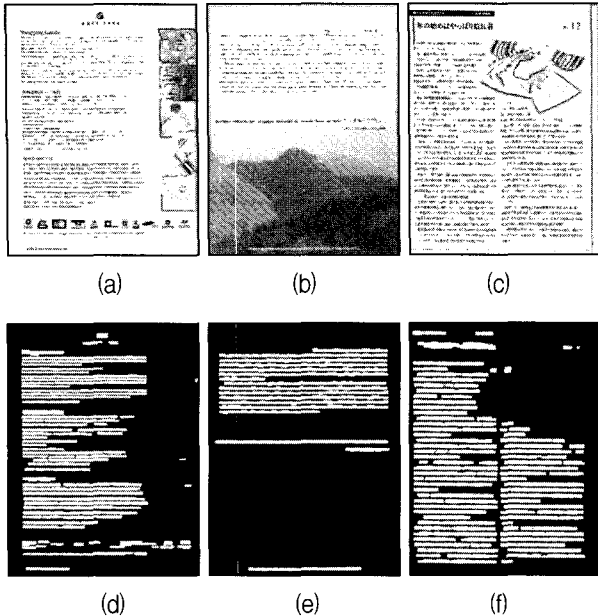


그림 9. 테스트 영상의 문자 영역 분할 결과 (a) (b) (c) 입력 영상 (d) (e) (f) GDTR
 Fig. 9. Text segmentation result of test images; (a), (b), (c) input image and (d), (e), (f) GDTR.

있다. 잡지나 책의 본문과 같이 단순한 레이아웃(layout)의 영상은 아주 우수한 결과를 보였다. 그림 9는 좀 더 복잡한 테스트 영상들에 적용한 결과이다. 그림 9(a), (b), (c)는 입력 칼라 영상, 그림 9(d), (e), (f)는 GDTR 영상이다. 본 논문에서 사용한 방법은 영상 부분과 문자가 겹쳐져 있는 경우를 포함하여 전체적으로 문자 영역을 효과적으로 분할하였다. 그리고 한국어, 영어, 일본어 등 다양한 언어를 포함하는 테스트 영상에 대해서도 우수한 결과를 보였다.

2. 하프톤 화질 비교

그림 10(a)는 입력 칼라 영상, 그림 10(b)는 Floyd와 Steinberg의 오차 필터^[11]를 사용한 기존의 오차 확산법, 그리고 그림 10(d)는 제안한 오차 확산법을 사용하여 하프톤화한 결과이다. 기존의 방법은 문자 부분이 선명하지 못함을 알 수 있다. 그림 15(c)는 경계 향상 오차 확산법을 이용하여 전체 영상에 적용한 것으로 기존 오차 확산법보다 선명한 출력을 얻을 수 있으나 그에 따른 결함이 발생한다. 상하 배경의 경계면과 문자의 아래 부분에 점이 찍히지 않는 결함이 발생한다. 이와 같은 현상은 밝기값의 차이가 큰 부분에서 경계 향상의 영향 때문이다. 그림 15(d)의 제안한 방법은 경계 향상에 사용된 추가적인 입력 정보를 오차 계산에 고려해 줌으로써 이와 같은 결함을 상당히 줄일 수 있다.

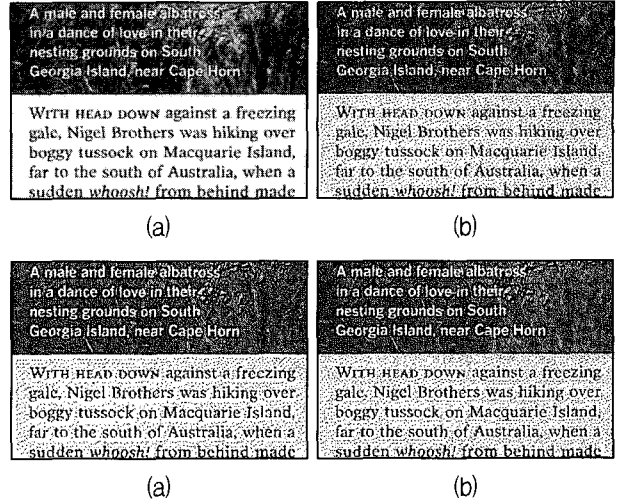


그림 10. 하프톤 결과 비교 (a) 입력 영상 (그림 8(a)의 일부분) (b) Floyd와 Steinberg 오차 확산법 (c) 경계 향상 오차 확산법 (d) 제안한 오차 확산법
 Fig. 10. Halftone result comparison; (a) input image (a part of Fig. 8(a)), (b) Floyd-Steinberg error diffusion, (c) error diffusion with edge enhancement, and (d) the proposed error diffusion.

IV. 결 론

본 연구에서는 효과적인 문자 영역 분할 과정을 거쳐 문자 영역에서 적응적 경계 향상 계수를 이용한 오차 확산법을 제안하였다. 국부적인 윈도우 내에서 최대 기울기 차이를 계산하여 문자 영역을 검출하고, 잠재적인 문자 영역 중 문자가 아닌 부분과 노이즈를 없애주는 과정을 거쳐 최종적으로 문자 영역을 분할한다. 배경은 기존의 오차 확산법, 문자 영역에는 경계 향상 오차 확산법을 적용한다. 문자와 배경의 경계 부분에는 단계적 팽창에 따른 적응적 경계 향상 계수를 사용하여 서로 다른 하프톤링 알고리즘을 사용함으로써 발생하는 경계 결함을 감소시킨다. 또한 경계 향상 오차 확산법의 양자화기 입력으로 사용되는 추가적인 입력 정보를 오차에 보상하여 경계 향상으로 인해 밝은 영역에서 점들이 찍히지 않는 결함을 최소화시킨다. 실험 결과 제안한 방법의 결과가 기존의 방법과 비교해 배경은 그대로 유지되면서 문자 부분이 선명한 출력을 얻을 수 있었다. 앞으로 문자 영역 분할 과정에서 노이즈를 효과적으로 제거하는 방법과 칼라 영상에서 정확한 색 재현을 통해 하프톤의 품질을 향상시키는 방법에 대한 연구가 필요할 것으로 생각된다. 그리고 문자의 선명도를 객관적으로 평가할 수 있는 척도에 대한 논의가 필요하다.

참고 문헌

- [1] Y. Zhong, K. Karu, and A. Jain, "Locating text in complex color images," *Pattern Recognition*, vol. 28, no. 10, pp. 1523-1535, Oct. 1995.
- [2] J. Ohya, A. Shio, and S. Akamatsu, "Recognizing characters in scene images," *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 16, no. 2, pp. 214-220, Feb. 1994.
- [3] D. Karatzas and A. Antonacopoulos, "Two approaches for text segmentation in web images," *Proc. of Seventh International Conf. on Document Analysis and Recognition*, 3-6, vol. 1, pp. 131-136, Aug. 2003.
- [4] C. Strouthopoulos, N. Papamarkos, and A. E. Atsalakis, "Text extraction in complex color documents," *Pattern Recognition*, vol. 35, pp. 1743-1758, July 2002.
- [5] V. Wu, R. Manmatha, and E. M. Riseman, "TextFinder: An automatic systems to detect and recognizing text in images," *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 21, no. 11, pp. 1224-1229, Nov. 1999.
- [6] K. T. Knox, "Evolution of error diffusion," *SPIE Conf. on Device-Independent Color Imaging*, vol. 3648, pp. 448-458, Jan. 1999.
- [7] E. K. Wong and M. Chen, "A new robust algorithm for video text extraction," *Pattern Recognition*, vol. 36, no. 1, pp. 1397-1406, 2002.
- [8] R. Ulichney, *Digital Halftoning*, The MIT Press, 1993.
- [9] T. Mitsa and K. J. Parker, "Digital halftoning technique using a blue-noise mask," *J. Opt. Soc. Am. A*, vol. 9, no. 11, pp. 1920-1929, Nov. 1992.
- [10] D. J. Lieberman and J. P. Allebach, "A dual interpretation for direct binary search and its implications for tone reproduction and texture quality," *IEEE Trans. Image Processing*, vol. 9, no. 11, pp. 1950-1963, Nov. 2000.
- [11] R. W. Floyd and L. Steinberg, "An adaptive algorithm for spatial greyscale," *Proc. Soc. Image Display*, vol. 17, no. 2, pp. 75-77, 1976.
- [12] R. Eschbach and K. T. Knox, "Error-diffusion algorithm with edge enhancement," *J. Opt. Soc. Am. A*, vol. 8, no. 12, pp. 1844-1850, 1991.
- [13] K. T. Knox, "Error image in error diffusion," *Proc. SPIE Image Proc.*, vol. 1657, pp. 268-279, 1992.
- [14] T. D. Kite, B. L. Evans, and A. C. Bovik, "Modeling and quality assessment of halftoning by error diffusion," *IEEE Trans. Image Processing*, vol. 9, no. 5, pp. 909-922, May 2000.
- [15] Y. Hasan and L. Karam, "Morphological text extraction from images," *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 9, no. 11, pp. 1978-1983, Nov. 2000.
- [16] N. Otsu, "A threshold selection method from gray-level histograms," *IEEE Trans. Systems, Man and Cybernetics*, vol. 9, no. 1, pp. 62-66, 1979.
- [17] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, *Digital Image Processing*, Addison-Wesley, New York, 2002.
- [18] R. S. Berns, *Principles of Color Technology*, Wiley-Interscience Publication, 2000.

저자 소개



권재현 (정회원)
2002년 8월 경북대학교 전자전기
공학부 학사
2005년 2월 경북대학교
전자공학과 석사
2005년~현재 삼성종합기술원
연구원

<주관심분야 : 칼라 영상 처리, 디지털 프린팅>

손창환 (학생회원)
전자공학논문지 제42권 SP편 제4호 참조

박태용 (학생회원)
전자공학논문지 제41권 SP편 제5호 참조

조양호 (학생회원)
전자공학논문지 제41권 SP편 제2호 참조

하영호 (정회원)
전자공학논문지 제38권 SP편 제3호 참조