

논문 2007-44SP-2-5

국부통계근거 적응처리에 의한 금석문영상 향상

(Image Enhancement for Epigraphic Image Using Adaptive Process Based on Local Statistics)

황 재 호*

(JaeHo Hwang)

요 약

국부통계처리에 근거한 금석문영상의 적응영상향상 기법을 제안한다. 영상의 국부통계처리 값들을 영상향상을 위한 적응실현으로 활용하여 평활화와 상세화의 경로를 조정한다. 미세부분에서는 영상이 향상되고 평활영역에서는 잡음이 억제된다. 금석문영상의 모델링을 위해 한지밀착본(韓紙密着本)디지털영상(HSDI, Hanzi squeezed digital image)의 전처리 과정을 수행하였다. HSDI 분석을 통해 국부통계처리 값들을 산출하고 영상을 모델링한다. 본 기법을 HSDI에 적용하여 에지부분의 미세한 변화를 향상시키고 배경영역을 평활시킴으로 결국 문자영역의 시각적 효과를 증대하였다. 실험결과들은 제시한 알고리즘이 기존의 영상향상기법보다 우수함을 보여준다.

Abstract

We propose an adaptive image enhancement method for epigraphic images, which is based on local statistics. Local statistics of the image are utilized for adaptive realization of the enhancement, that controls the contribution of the smoothing or sharpening paths. Image contrast enhancement occurs in details and noises are suppressed in smooth areas. For modeling the epigraphic image, pre-process is achieved by HSDI(Hanzi squeezed digital image). We have calculated the local statistics from this HSDI model. Application of this approach to HSDI has shown that processing not only smooths the background areas but also improves the subtle variations of edges, so that the word regions can be enhanced. Experimental results show that the proposed algorithm has better performance than the conventional image enhancement ones.

Keywords : Image Enhancement, Adaptive Image Processing, Local Statistics, Epigraphy, HSDI

I. 서 론

영상향상은 원영상의 대비(contrast)를 처리하여 시각적 효과를 극대화함이 목적이다. 널리 사용되어온 전통적인 방식으로 선형대비스트레칭(linear contrast stretching)과 히스토그램 균등화가 있다^[1]. 전자가 영상 구현 색도 범위의 유동성을 선형적으로 조정함에 비해 후자는 히스토그램 적분을 기준으로 균등화하여 색도를 재조정한다. 이 두 방식은 모두 전체처리(global process)로서 간단하고 영상 본래의 색도분포 기본유형

을 유지하는 장점이 있는 반면 잡음의 과향상(over enhancement)이나 미세부분 처리 한계라는 단점이 있다. 미세부분의 상세화(sharpening)는 전체처리보다 국부처리(local process)가 효과적이다. 대표적인 국부히스토그램균등화 기법으로 AHE(adaptive histogram equalization)가 있다. 이 방식은 현재고려증인화소(current pixel)를 둘러싼 인접화소군(블록, block)에서 히스토그램 균등화를 수행하여 영상의 숨겨진 미세부분을 향상시킨다^[2]. 알고리즘의 변수는 블록크기이다. 크기를 줄이면 미세부분향상 효과는 증대하나 전체처리보다 더욱 심한 과향상을 초래한다. 또한 매 현재고려증인블록(current block)에서의 명암도가 전체색도로 분포함에 의해 원영상의 대비와는 다른 색도 분포를 갖는

* 정회원, 한밭대학교 전자공학과
(Dept. of Electronic Engineering, Hanbat National University)
접수일자: 2006년8월28일, 수정완료일: 2007년2월12일

다. AHE의 이러한 문제점을 제한된 대비로 보완한 것이 CLAHE(contrast limited AHE) 방식이다^[3]. 그러나 이들 미세부분향상을 위한 히스토그램처리 기법들은 평활영역까지 상세화하는 단점과 함께 에지부분에서의 고이득에 따른 고주파성분의 강화로 파문현상(ringing effect)이 발생하는 한계가 있다^[4].

다음은 공간필터에 의한 영상향상이다. 필터 마스크를 적용하여 공간영역과 주파수영역에서 평활화와 샤프닝을 수행한다^[5-7]. 필터특성에 따라 영상의 영역 내부의 작은 색도변화를 제거하고 영역들 사이의 경계를 선명하게 처리하는 데는 효과가 있으나 필터의 주파수 대역에서 벗어난 색도변화는 처리하지 못한다. 마스크를 전체 영상에 일률적으로 적용하기 때문에 필터링의 범주에 미치지 않는 미세부분 향상은 어렵다.

히스토그램처리나 공간필터링의 한계를 극복하고 영상을 선택적으로 향상하는 확률통계적 기법들이 소개되었다^[8,9]. 이 방식은 국부처리를 기본으로 현재고려중인 블록에서 통계 데이터를 산출하고 이들 값들의 상관관계에 기초한 의한 판별식에 근거하여 현재고려중인 화소의 영영귀속과 색도 재조정을 결정한다. 국부처리를 통한 블록에서의 화소군(畫素群)에서 인접화소들과의 통계 내지는 확률적 상관성으로 색도를 정하기 때문에 히스토그램처리에서 흔히 발생하는 과향상이나 파문현상이 없을 뿐만 아니라 공간필터링에 따른 색도 처리의 주파수적 한계가 제거된다. 단지 통계 데이터로서 국부평균(local mean), 국부중간값(local median), 국부표준편차(local standard deviation) 및 국부편차(local variance)를 주로 사용하므로 블록 화소군에 대한 상세 분포정보가 미흡하다. 분포상태가 서로 다른 블록이라도 산출된 통계값들에는 큰 차이가 없을 수 있는 경우가 적지 않음에 따른 화소 거취의 오류를 일으킬 수 있다.

영상의 미세부분 조정을 통한 전체 영상의 대비 향상은 모든 화소와 영역에 대한 획일적인 히스토그램처리나 공간 필터의 일률적인 적용보다는 필요한 구간에서의 선별적 이득적용으로 보다 나은 효과를 기대할 수 있다. 영상을 미세조정의 필요가 있는 구간이나 영역 그리고 오히려 과향상을 억제해야할 구역으로 구별한 후, 전자에서 고주파 성분을 강조하고 후자에서는 이득을 감소시켜 평활효과를 증대하므로 필요한 부분만을 부각시켜 전체영상을 가시적으로 향상시킨다. 이것이 본 연구의 기본 아이디어이다.

알고리즘 구현에 앞서 영상을 모델링한다. 대상은 금

석문(金石文) 영상이다. 자연 상태의 금석문은 문자판독이 어려운 것이 대부분이므로 금석문 표면에 우리의 전통한지들로 흙밀착시킨 본(本)을 떼서 영상데이터화하는 전처리 과정을 거친다. 그 후 전처리 추출 영상 데이터를 전체 및 국부로 나눈 샘플집단에 대한 히스토그램, 통계값들, 확률 및 함수부합에 대한 정량 분석으로 수학적 모델을 구현한다.

영상 모델을 근거로 블록을 결정하고 파라미터를 선정한다. 이 때 블록 히스토그램과 그 부합함수의 최소자승오차합(least square error summation)이 파라미터 중의 하나로 사용된다. 영역판별은 크게 문자정보가 있는 정보영역(information region)과 배경을 이루고 있는 배경영역(background region)으로 양분한다. 이들 영역들 경계에 에지(edge)가 위치하고 에지와 문자영역을 판별하여 현재고려중인 블록의 통계값들에 근거한 이득을 조정하고 고주파성분을 강조한다. 배경영역 또한 구별되어 잡음억제를 수행한다.

II. 전처리와 영상 모델링

금석학(金石學, epigraphy)은 돌이나 금속 또는 나무 표면에 음각이나 양각으로 새겨진 내용을 분류하고 해독하여 그것으로부터 정보를 추출하는 일종의 과학이다^[10]. 서양금석문은 주로 매끄럽게 처리한 대리석이나 석회암 표면에 각인(刻印)함으로 배경영역과 정보영역의 색도구분이 명확하여 특별한 전처리과정 없이 영상데이터로 정보화하기가 용이하다^[11-16]. 반면에 한국을 비롯한 동양의 그것은 부식과 풍화에 취약한 화강암이나 퇴적암 계통이 대부분이고 그나마 복잡한 한자로 되어 있어서 탁본(拓本)과 같은 보조 수단이 아니고는 문자 판독 자체가 어렵다. 이를 정보화하기 위해서는 영상데이터로 전환시키는 전처리 과정이 필요하다. 종래까지 탁본(拓本)이 사용되었으나 작업시간과 숙련이 필요하고 또 종이가 닿는 부분만을 전사하기 때문에 영상데이터화 하였을 때 영상처리가 어렵다. 이를 해결하고자 본 연구에서는 새로운 전처리기법을 소개하고 그와 같이 얻은 영상데이터를 수학적으로 모델링한다.

1. 전처리 과정

우리의 전통한지는 질기고 종류도 다양할 뿐만 아니라 통기성과 물과의 친화력 및 다른 한지끼리의 밀착력이 높고 신축성도 뛰어나 물을 머금은 상태에서 암석이나 금속과 같은 물체와 접촉시 그 표면의 음양각부 구

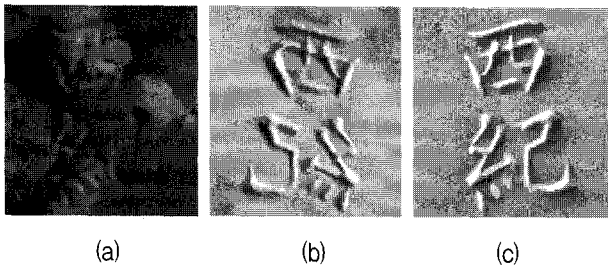


그림 1. 한지밀착본 모형과 HSDI(예)
Fig. 1. Hanzi squeezer and HSDI(sample).

석구석까지 접촉되듯이 부착된다. 표면에 무늬가 없고 반짝거림이 없는 단일 백색을 사용하여 다음과 같이 전처리를 수행한다. 소요 시간은 10~20분 정도이다.

- 준비물: 한지 3종류(한지 1,2,3), 물, 물뿌리개, 솔
- 단계 1: 석각 표면의 이물질들을 제거하고 깨끗이 한 후 표면에 물을 얇게 바른다.
- 단계 2: 면이 매끄럽고 얇은 한지 1, 두꺼운 한지 2 그리고 질긴 한지 3을 따로따로 물을 뿌리면서 솔로 가볍게 두드려 차례로 밀착시킨다.
- 단계 3: 한지 전체를 석각에서 떼어내고, 석각 표면의 오염물질이 묻어 나온 것을 제거하기 위해 처음 부착했던 한지 1을 제거한다.
- 단계 4: 유리나 매끄러운 표면에 부착한 후 그늘에서 말린 다음 떼어낸다.

그림 1의 (a)는 원시 금석문영상, (b)는 한지밀착본 모형 그리고 (c)는 회색조 영상이다. 그림 1-(c)와 같이 전처리 결과 영상을 한지밀착본(韓紙密着本)디지털영상(HSDI, Hanzi squeezed digital image)이라 명명한다. 석비(石碑)에 음각된 문자 획부분이 한지밀착 모형에서 양각처리 된다.

2. 영상 분석과 모델링

가. 영상분석

HSDI 상에 빛을 일정방향의 경사로 비추고 영상 입력하면 배경부분과 양각부에서 명암구분이 나타난다. 그림 2는 그림 1-(c)의 HSDI 샘플의 히스토그램을 그림 1-(a) 원시영상(raw image)의 그것과 비교한다.

점선으로 보이는 원시영상의 히스토그램이 전처리 후 중앙으로 다수의 색도가 밀집하고 그 나머지는 좌우로 밀리고 있다. HSDI의 정밀분석을 위해 이 영역들을 수작업으로 분할 후 각각의 확률밀도함수(probability density function, pdf)를 산출하고 그림 3과 같이 가로축 색도 100~255 구간에 정리한다. 여기서 영역 1~4는 각각 배경, 문자 획 밝은 부분, 문자 획 어두운 부분 그리고 배경에 드리운 획의 그림자이다. 화살표는 영역

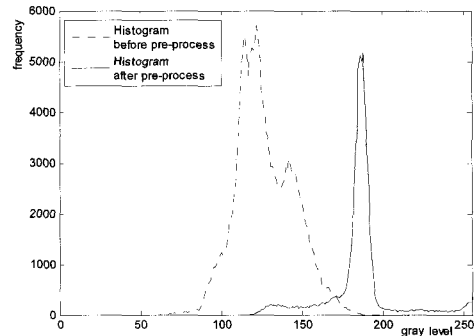


그림 2. 원시영상과 HSDI의 히스토그램
Fig. 2. Histograms of raw image and its HSDI.

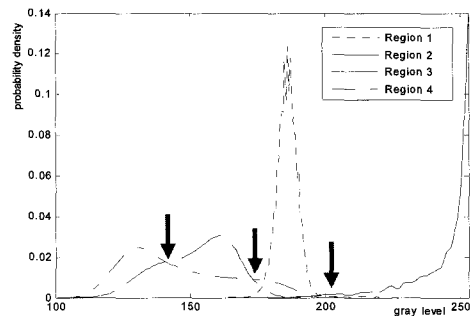


그림 3. HSDI 영역들의 확률밀도함수
Fig. 3. pdf HSDI's regions.

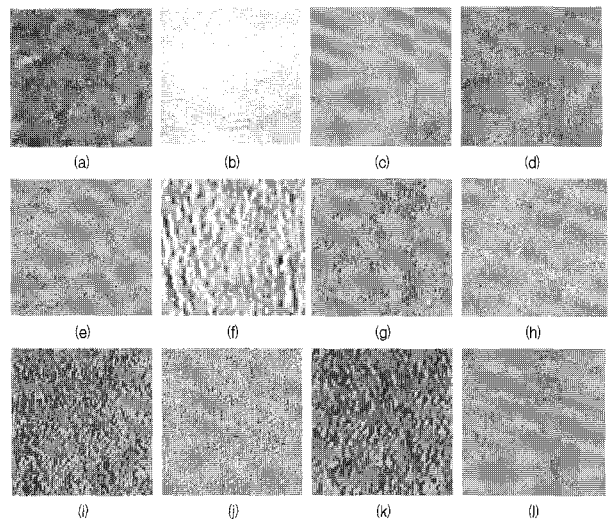


그림 4. 배경영상 샘플들
Fig. 4. Background Image samples.

들 사이의 경계이다.

그림 2와 3의 분석 결과에서 배경영역은 다른 세 영역과 색도분포 면에서 차별되고 다른 영역에 비해 독특한 분포 특성을 보인다. 획 부분의 밝은 부분과 어두운 부분은 가로축의 좌우로 치우치고 경계 구분이 두드러진다. 그리고 영역 3과 4의 경계 구분은 다른 것에 비해

표 1. 그림 4 샘플영상 e_{RS} 들의 평균과 표준편차
Table 1. Mean and standard deviation of e_{RS} of fig. 4 samples.

e_{RS} 값들의 평균	e_{RS} 값들의 표준편차
0.9779	0.0341

용이하지 않다.

배경 부분만의 특성 분석을 위해 서로 다른 HSDI들 가운데 배경부분 샘플을 무작위로 추출한다(그림 4). 그림 4 샘플영상들의 히스토그램을 구하고 식 (1)과 같은 가우스(Gauss) 함수로 부합(fitting)을 실시한다.

$$f_g(n) = a_1 \exp\left\{-\left(\frac{n-b_1}{c_1}\right)^2\right\} \quad (1)$$

여기서 a_1, b_1, c_1 은 계수이고 $n=1,2, \dots, 256$ 이다.

함수 부합에 따른 오차는 식 (2)의 최소자승오차합(least square error summation) e_{RS} 이다^[17]. e_{RS} 이 1이면 완전부합이고 1에 가까울수록 부합 정도가 높다.

$$e_{RS} = 1 - \frac{\|E_r\|^2}{\|D - M_D\|^2} \quad (2)$$

여기서 $E_r = D - D_g$, ($E_r \in \mathbb{R}^{1 \times 256}$), D_g : 식 (1)의 $f_g(n)$ 행렬, D : 샘플영상 히스토그램 그리고 M_D 는 D 의 평균치 $mean(D)$ 이다.

그림 4의 12(개) 샘플영상들의 e_{RS} 를 계산함으로 가우스함수 부합의 적합 여부를 판단한다. 표 1은 산출 결과들의 평균과 표준편차이다.

표 1의 결과에서 HSDI 배경영역이 가우스 분포를 하고 있음을 확인할 수 있다. 그림 5는 그림 4-(j) 샘플영상의 색도분포가 가우스분포임을 보여주는 예이다.

다음은 블록을 영상 전체 화소에 적용 시 가우스분

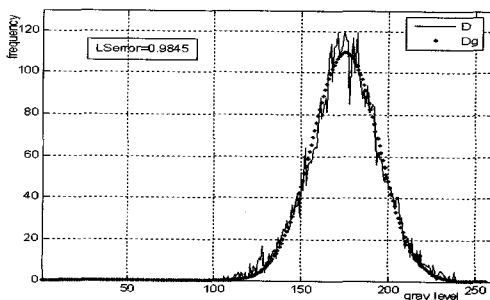


그림 5. 가우스함수 부합 예
Fig. 5. An example of Gauss fitting.

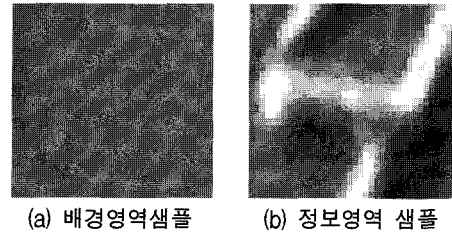


그림 6. 배경과 정보 영역 영상샘플들
Fig. 6. Image samples of background and information region.

포 여부를 고찰한다. 그림 6은 사례연구를 위해 그림 1-(c)의 HSDI에서 추출한 배경영역과 정보영역 샘플들이다.

그림 6 영상 (a)와 (b)에 블록 (3×3), (5×5), (7×7), (9×9) 및 (11×11) 각각을 영상 전체 화소에 순차적으로 적용하면서 e_{RS} 값들을 개별적으로 산출하고 식 (3)에 의해 그들 값들의 확률을 구한다.

$$\alpha_b = P(e_{RS}) = \frac{N_{bin}}{N_b} \quad (3)$$

여기서 P 는 확률(probability), N_b 은 블록의 총수(화소의 수와 동일), N_{bin} 은 전체 블록들 가운데 블록의 e_{RS} 가 δ_b , ($0 < \delta_b \leq 1$) 이상인 블록의 개수이다.

그림 7은 블록수 증가에 따른 가우스함수 부합 특성을 보기 위해 다섯 가지 블록에 대하여 α_b 를 산출한 것이다($\delta_b=0.7$). 가로축 1~5는 각각 블록 (3×3), (5×5), (7×7), (9×9) 및 (11×11) 이고 세로축은 α_b (%)이다.

블록수 증가에 따라 배경영역에서의 특성변화는 적은 폭으로 변화하나 정보영역에서는 크게 개선된다. 블록 (11×11)에서는 $\alpha_b \cong 100(\%)$ 이다. 여기서 정보영역샘플의 결과가 10(%)이상으로 나타난 것은 그림 6-(b)

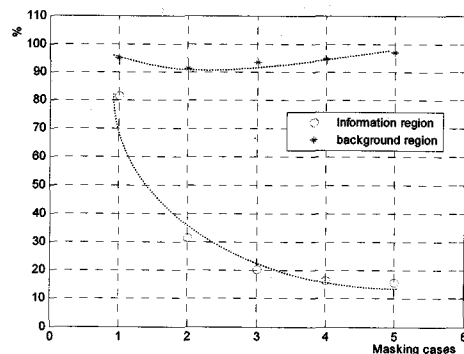
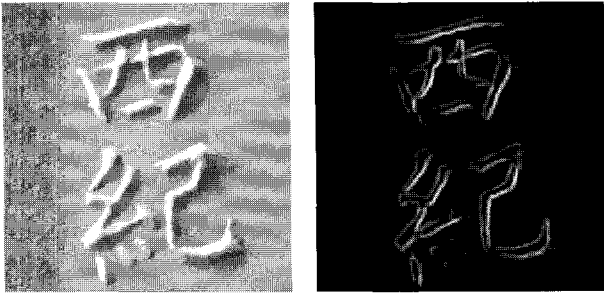


그림 7. 그림 6 샘플들의 블록별 α_b
Fig. 7. α_b calculation of fig. 6 samples at each block



(a) HSDI 영상 (b) e_{RS} 값 처리 영상

그림 8. e_{RS} 값 산출결과 영상구현

Fig. 8. Image realization of the e_{RS} calculation.

샘플에 문자 획 부분과 배경영역이 공존하고 있음이다.

그림 8은 영상 전체화소의 e_{RS} 값들을 산출하여 영상으로 구현한 것이다. 그림 8(a)는 대상 HSDI 영상이고 그림 (b)는 영상으로 처리된 결과이다. 블록 (5×5) 을 사용하여 국부 처리하였으며 산출된 결과값들은 0~1 의 e_{RS} 에 대하여 (1- e_{RS})을 0~255 회색조(gray level)로 선형 대응시켰다. e_{RS} 값들에 의해 영상 내 영역 사이의 경계부분이 차별화됨을 확인할 수 있다.

나. 모델링

영상분석 결과를 종합하여 HSDI를 모델링한다. 배경영역과 정보영역은 별개의 색도분포특성을 가지며 두 성분의 조합에 의해 전체 영상 모델이 구현된다. 2차 공간 (i, j) 에서 전자의 실현(realization)을 B(i, j), 후자의 그것을 T(i, j)라 할 때, 결과 영상 Y(i, j)은 식 (4)의 형태가 된다.

$$Y(i, j) = \beta_1 T(i, j) + \beta_2 B(i, j) \tag{4}$$

여기서 $0 \leq \beta_1, \beta_2 \leq 1, \beta_1 + \beta_2 \leq 1$ 이다

식 (4)에서 $B_k = \{\beta_2 B(i, j)\}$, ($\forall \exists i, j$) 일 때, 영상 B_k 는 가우스 분포이며 그 히스토그램 H(B_k)는 전체적(globally)으로 또는 일정크기 이상 블록 처리인 국부적(locally)으로 식 (1)의 가우스함수 부합이 가능하다. 그리고 이론적인 면에서 식 (4)는 텍스트를 내포하고 있는 티슈(tissue)모델의 유사 형태이다^[18].

III. 국부통계에 근거한 적응영상처리

관측영상 Y는 2차 공간에서 n(개), ($n=n_1 \times n_2$) 의 화소 $\{x_{ij}\}$, ($i=1,2,\dots,n_1; j=1,2,\dots,n_2$)와 그 화소들의 색

도분포 $\{g_{ij}\}$ 로 되어 있다. 현재고려중인화소를 중심으로 화소개수 k, 색도분포 $g_B = \{g_l\}$, ($l=1,2,\dots,k$)인 블록 B_{ij} 을 구성한다. 블록을 전체 화소에 순차적으로 적용하면서 블록 원소들의 상관관계에 의해 영상을 재구성하는 것이 적응영상처리의 기본적인 접근이다. 이 때 블록이라는 제한된 국부영역에서 화소들의 유사성과 차별성 및 분포를 판단하므로 현재고려중인화소의 진행에 따라 블록별로 서로 다른 특성을 갖는다. 알고리즘의 파라미터 값도 그 특성에 적응하여 변동한다. 이러한 국부처리의 연동성에 의해 서론에서 제시한 것처럼 공간필터나 히스토그램처리에서 나타나는 잡음 과향상이나 과문현상이 없다. 알고리즘의 처리 효과는 블록의 형태와 크기 및 파라미터의 선정에 의존한다.

다양한 적응처리기법 가운데 국부통계값을 이용한 접근은 블록에서 산출한 통계값들을 판단과 색도변환의 변수로 활용한다^[8,9,19-22]. 원영상의 영역별 구분이 명확하고 관측영상의 색도분포가 추정영역별로 차별되는 텍스트 영상과 같은 경우, 통계적 특성은 영역들을 구분하고 동일 영역의 유사성을 판단하는 지표가 될 수 있다. 종래까지 많이 사용된 통계값들은 식 (5)~(7)의 평균, 중간값 및 표준편차 등이다.

$$\bar{g}_B = mean(g_B) = \frac{1}{k} \sum_l g_l \tag{5}$$

$$\tilde{g}_B = median(g_B) \tag{6}$$

$$\sigma_B = \left[\frac{1}{k} \sum_l (g_l - \bar{g}_B)^2 \right]^{1/2} \tag{7}$$

식 (5)~(7)의 통계값들을 활용 내지는 다른 기법과의 조합에 의해 국부정규화(local normalization)^[22], 시그마필터^[20] 및 여러 유형의 적응필터^[19,20] 등을 설계하여 사상(mapping), 영상향상, 잡음필터링, 잡음억제, 평활화, 에지검출과 윤곽추출을 도모하였다. 특히 국부표준편차 σ_B 는 텍스트영상에서 배경영역과 에지부분을 판별하는 중요한 인자이다. 대부분의 경우 배경영역은 유사색도로서 색도분포 폭이 좁아 σ_B 가 작은데 비해 에지부분은 색도변화가 그보다 커서 σ_B 가 상대적으로 크다는 성질을 이용한 것이다.

그러나 여기에는 분명한 한계가 있다. 통념적으로는 배경영역과 영역의 경계부인 에지부분이 서로 다른 σ_B 를 가진다고 볼 수 있으나 실제에 있어서는 동일한 평

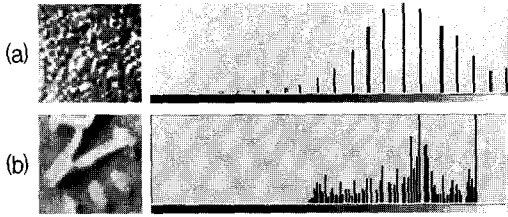


그림 9. 동일평균과 표준편차를 갖는 영상의 예
Fig. 9. Example with the same mean and standard deviation.

균과 σ_B 를 갖는다하여도 전혀 다른 영역특성을 가질 때가 있다. 그림 9는 그러한 실제 예를 보여준다.

그림 9-(a)는 배경영역의 샘플 영상과 히스토그램, 그림 (b)는 에지가 있는 정보영역의 그것이다. 두 영상이 동일한 평균(회색조; 183)과 표준편차(회색조; 36)를 갖고 있음에도 불구하고 실제로는 전혀 다른 영역이다. 이들 사이의 차이는 오직 분포에 있다. 후자가 임의분포를 하고 있음에 반해 전자는 가우스분포를 하고 있다. 이미 제 II장에서 본 연구의 대상영상인 HSDI의 배경영역이 전체와 국부에서 가우스분포를 하고 있음을 밝힌 바 있다.

따라서 텍스트영상을 처리하여 배경영역과 에지부분을 분리향상하기 위해서는 블록의 색도분포 특성이 추가되어야 한다. 블록 g_B 의 히스토그램을 H_B , 부합함수(fitting function)를 F_B 라 할 때($H_B, F_B \in R^{1 \times 256}$), H_B 와 F_B 의 오차를 식 (2) 최소자승오차함수로 설정한다. 블록에 대하여 식 (2)를 식 (8)로 정리한다.

$$e_{Brs} = 1 - \frac{\|E_r\|^2}{\|H_B - M_{H_B}\|^2} \quad (8)$$

여기서 e_{Brs} 는 블록의 최소자승오차함, $E_r = H_B - F_B$ 그리고 $M_{H_B} = \text{mean}(H_B)$ 이다.

조건 1: 영상 전체화소수 n (개), 배경영역 화소수 n_B (개) 그리고 에지부분 화소수 n_e (개)에 대하여 $n_B + n_e < n$ 이고 $n_B \gg n_e$ 이다.

대상영상이 조건 1을 만족하는 경우 제 II 장 분석결과 그림 2와 3에서와 같이 배경영역 색도분포가 전체 영상의 대부분을 차지한다.

조건 2: 영상 전체 및 배경영역 각각의 히스토그램 부합함수 f_s, f_B 가 가우스 함수이고 식 (9)을 만족한다.

$$\frac{\|f_s - f_B\|}{\|f_s\|} < \gamma, \quad 0 \leq \gamma \ll 1 \quad (9)$$

조건 1과 2를 만족하는 관측영상 Y에서 $\max(f_s)$ 에 해당하는 가우스함수 f_s 의 가로축 색도를 g_m , 그 표준편차를 σ_1 그리고 g_m 을 중심으로 좌우에 위치한 두 표준편차 지점을 g_1 과 g_2 로 설정한다. 이 때 σ_1 과 g_m 은 영상 전체 화소에서 결정된다.

영상 Y가 조건 1과 2를 만족할 때, 현재고려중인화소 x_{ij} (색도 g_{ij})에서 그 블록 B_{ij} 의 국부 통계값 $\overline{g_B}$, σ_B 및 e_{Brs} 을 근거로 σ_1 , g_m 과 함께 변환된 색도 g'_{ij} 를 식 (10)에 의해 산출한다.

$$g'_{ij} = f(\sigma_B)(g_{ij} - g_m) + \overline{g_B} \quad (10)$$

여기서 σ_1 과 g_m 은 상수이며 $f(\sigma_B)$ 는 식 (11)과 같다.

$$f(\sigma_B) = \frac{|\sigma_B - \sigma_1|}{\sigma_B} \quad (11)$$

불연속함수 $f(\sigma_B)$ 를 σ_1 과 e_{Brs} 관련 상수 δ_B , ($0 < \delta_B \leq 1$)에 대하여 식 (12)와 같이 설계한다.

$$f(\sigma_B) = \begin{cases} 0 & , \text{ 만약 } \sigma_B \leq \sigma_1 \text{ 그리고 } e_{Brs} \geq \delta_B \\ \frac{|\sigma_B - \sigma_1|}{\sigma_B} & , \text{ 만약 } \sigma_B > \sigma_1 \text{ 그리고 } e_{Brs} < \delta_B \end{cases} \quad (12)$$

여기서 식 (12)의 첫 번째 경우는 x_{ij} 가 배경영역에 속한 것이고 두 번째 경우는 에지부분임을 의미한다. "and" 조건으로 가우스함수 부합 여부와 색도변동폭 범주를 동시에 만족케 하여 표준편차 σ_1 만으로의 판단한계를 극복하고 배경영역과 에지부분의 차별효과를 향상시킨다. 그리고 식 (10)에서 $(g_{ij} - g_m)$ 에 $f(\sigma_B)$ 을 곱한 형태는 부호에 따른 상대적 크기변화로 색도범위의 확장을 유발한다. 대상영상의 색도범위가 회색조 0이나 255의 어느 한쪽 방향으로 치우친 경우 $\{g_{ij} - g_c\}$ 에 의해 중심으로 이동 후 식 (10)을 적용하면 향상 효과가 높아진다. 이 때 g_c 는 히스토그램 상의 (색도폭/2)에 의해 구한다.

그림 10은 식 (12)의 두 번째 경우, 주어진 $\sigma_1 = 0.05, 0.15, 0.25, 0.4$ 에 대하여 σ_B ($0 \leq \sigma_B \leq 1$)가 변수인 함수 $f(\sigma_B)$ 의 그래프를 보이고 있다. 이 때 σ_B 는 회색조 0~255를 0~1로 정규화(normalization)시킨 값이다.

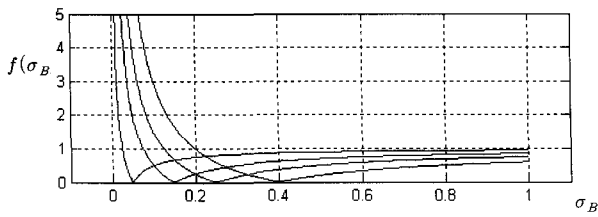


그림 10. σ_1 에 따른 $f(\sigma_B)$

Fig. 10. $f(\sigma_B)$ for σ_1 .

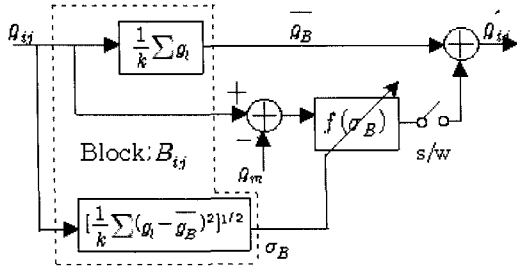


그림 11. 적응처리 개념도

Fig. 11. A diagram of adaptive process.

σ_1 이 커질수록 그래프는 우측으로 이동한다.

그림 10에서 σ_B 과 σ_1 의 상대적 차이에 따라 $f(\sigma_B)$ 값의 변동폭에 차이가 난다. $(\sigma_B - \sigma_1) > 0$ 에서는 1 이하로 제한 수렴하나 $(\sigma_B - \sigma_1) < 0$ 에서는 그 크기가 클수록 증가율이 높다. 이 경우 식 (12)와 같이 $f(\sigma_B) = 0$ 으로 처리하여 배경영역에서의 과향상을 사전에 제거한다. 결국 $f(\sigma_B)$ 는 에지부분에서 0~1 범위로 $(g_{ij} - g_m)$ 을 유동적으로 제어하면서 영상을 향상한다.

변환된 색도 g'_{ij} 는 현재고려중인화소가 전체화소로 순차 진행하면서 매 블록에서 $f(\sigma_B)$ 에 의해 결정되는 적응처리과정을 거친다. 그림 11은 적응처리 개념도를 보이고 있다.

에지부분에서의 색도변환폭은 변수 σ_B 와 $\overline{g_B}$ 그리고 상수 σ_1 및 g_m 과의 상관관계에 의존하는 범위와 이득의 신축성을 가지므로 과향상이 억제되고 과문현상이 제거되는 적응처리의 효과가 있다. 또한 식 (12)의 첫 번째 경우인 배경영역에의 도입으로 배경영역의 잡음억제에 따른 평활효과를 갖는다.

IV. 실험 및 고찰

제안된 방법의 성능 평가를 위하여 258X261 크기의 그림 12와 같은 회색조 HSDI jpeg 영상을 사용하였다. 그림 12 영상은 히스토그램 회색조 118-255의 범위를



그림 12. HSDI 영상

Fig. 12. HSDI image.

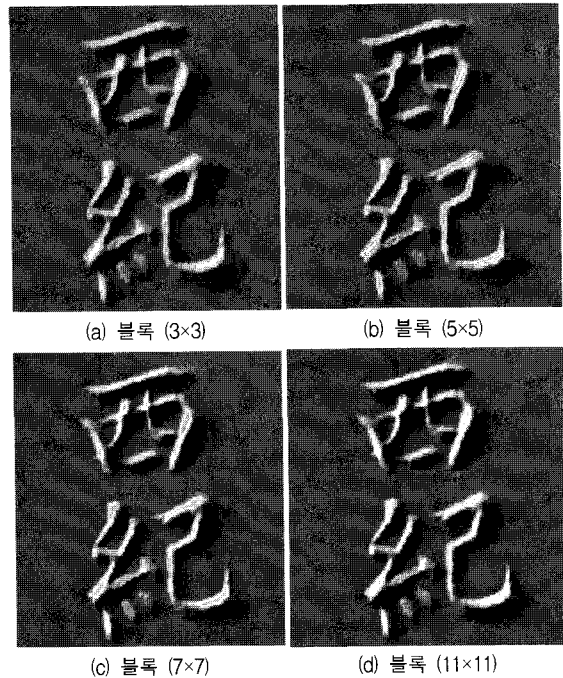


그림 13. 블록크기 변동에 따른 결과

Fig. 13. Results with varying block size.

갖는다. 색도범위가 회색조 255 방향으로 치우쳐 있으므로 $\{g_{ij} - 68\}$ 에 의해 중심으로 이동 후 식 (11)을 적용하여 실험한다. 그림 13은 $\sigma_1 =$ 회색조 4, $\delta_b = 0.7$ 에서 블록크기 (3x3), (5x5), (7x7) 및 (9x9)의 네 경우에 대한 영상처리 결과이다.

고찰: 블록 크기를 증가할수록 배경영역의 과향상이 억제되고 평활화가 더욱 진행되는 동시에 에지부분의 색도차는 증가하여 정보영역의 입체감이 향상되고 얼룩현상도 제거되었다.

그림 14는 대상영상을 기존의 영상향상기법과 메디안필터링으로 처리한 것이다.

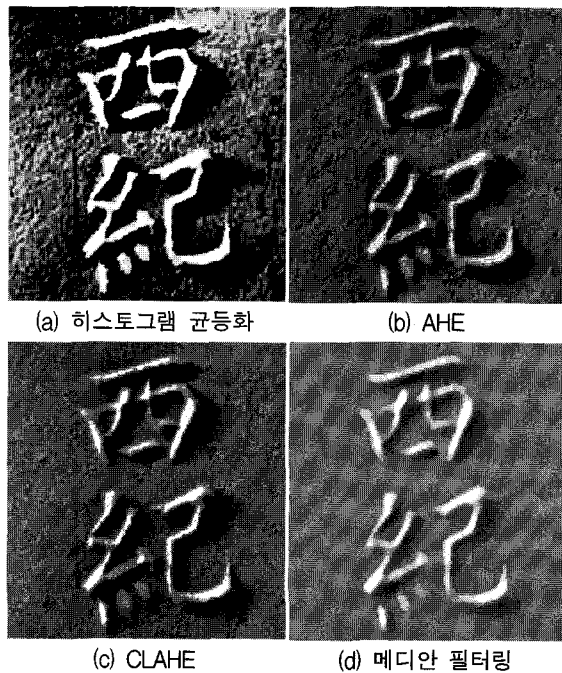


그림 14. 다른 기법에 의한 결과

Fig. 14. Results from the other method.

고찰: 영역에 따른 차별적인 영상향상에 한계가 있다. 그림 (c)의 CLAHE의 경우는 에지부분 향상에 효과가 있으나 배경영역에서도 과향상이 발생하여 영역특성에 맞게 차별화하는데 한계가 있다. 또한 CLAHE가 AHE를 기본 골격으로 하므로 블록 크기 증가에 따라 그 정도는 더욱 심화된다. 그림 (d)의 메디안 필터링 결과는 에지부분향상에 역부족이다.

V. 결 론

영상내의 영역을 선별하여 그 특성에 따라 차별적으로 색도를 변환함으로써 영상을 향상하는 알고리즘을 고안하였다. 국부통계값들에 근거한 영역 판별에 의해 블록을 사용한 국부처리시 평활화와 미세부분 향상을 선택적으로 수행하였으며 순차 진행에 따른 이득조정으로 적응처리 효과를 극대화하였다. 대상영상은 금석문 텍스트영상이다. 일차적으로 우리 전통한지를 이용한 한지밀착본(韓紙密着本) 디지털영상(HSDI)을 전처리 작업을 통해 구현하였다. 이 HSDI를 영상 분석하여 블록 적용에 따른 함수부합의 가능성과 영상을 모델링하였다. 영상모델은 배경영역과 정보영역으로 나누어지며 영역들 사이의 경계부에는 에지부분이 존재한다. 이들 사이의 선택적 데이터 처리는 매 현재고려중인블록에서 제공하는 국부통계값들을 파라미터로 활용한 판별과 적

응처리 알고리즘에 의하여왔다. 그 결과 배경영역은 평활화를 통해 잡음이 억제되고 에지부분은 색도폭 증가에 따른 상세화로 영상 전체의 향상을 도모하였고 이를 실험을 통해 확인하였다.

참 고 문 헌

- [1] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, *Digital image processing*. Reading, 2nd ed., New Jersey, Addison-Wesley, 2002.
- [2] J. Zimmerman, S. Pizer, E. Staab, E. Perry, W. McCartney, and B. Brenton, "Evaluation of the effectiveness of adaptive histogram equalization for contrast enhancement," *IEEE Trans. Medical Imaging*, Vol. 7, no. 4, pp. 304 - 312, Dec. 1988.
- [3] K. Zuiderveld, *Contrast limited adaptive histogram equalization*, Graphics gems IV, Academic Press Professional, Inc., San Diego, CA, 1994.
- [4] T.-L. Ji, M. K. Sundareshan, and H. Roehrig, "Adaptive image contrast enhancement based on human visual properties," *IEEE Trans. Medical Imaging*, Vol. 13, no. 4, pp. 573 - 586, Dec. 1994.
- [5] R. Giovanni, "Contrast enhancement in images via the product of linear filters," *Signal Processing*, Vol. 77, no. 3, pp. 349-353, Sept. 1999.
- [6] A. S. C. Jorge, H. Victor, "An adaptive image enhancement algorithm," *Pattern Recognition*, Vol. 30, no. 7, pp. 1183-1189, July 1997.
- [7] A. Polesel, G. Ramponi, V. J. Mathews, "Image enhancement via adaptive unsharp masking," *IEEE Trans. Image Processing*, Vol. 9, no. 3, pp. 505-510, Mar. 2000.
- [8] D. C. Chang and W. R. Wu, "Image contrast enhancement based on a histogram transformation of local standard deviation," *IEEE Trans. Medical Imaging*, Vol. 17, no. 4, pp. 518-531, Aug. 1998.
- [9] D. Zheng, J. Wang and Z. Xiao, "Image enhancement based on local standard deviation," *Journal of Info. and Comptu. Sci.*, Vol. 2, no. 2, pp. 429-437, 2005.
- [10] J. D. Sandys, *Latin epigraphy, an introduction to the study of Latin inscriptions*, 2'nd Ed. Ares Publi., p.1, Chicago, 1927.
- [11] <http://www.caaconference.org/>
- [12] <http://www.csad.ox.ac.uk/>
- [13] <http://www.univ.trieste.it/~epilab/>
- [14] <http://www.epigraphische-datenbank-heidelberg.de/>
- [15] <http://gsm.nricp.go.kr/>

- [16] <http://www.beilin-museum.com/index1.htm>
- [17] C. Daniel and F. S. Wood, *Fitting Equations to Data*, John Wiley & Sons, New York, 1980.
- [18] J. P. Rolland and R. N. Strickland, "An approach to the synthesis of biological tissue," *Optics Express*, Vol. 1, no. 13, pp. 414-423, Dec. 1997.
- [19] X. Z. Sun and A. N. Venetsanopoulos, "Adaptive schemes for noise filtering and edge detection by use of local statistics," *IEEE Trans. Circuits and Systems*, Vol. 35, no. 1, pp. 57-69, Jan. 1988.
- [20] S. H. Jung and N. C. Kim, "Adaptive image restoration of sigma filter using local statistics and human visual characteristics," *Electronics Letters*, Vol. 24, no. 4, pp. 201-202, Feb. 1988.
- [21] T. Loupas, W. N. McDicken, and P. L. Allan, "An adaptive weighted median filter for speckle suppression in medical ultrasonic images," *IEEE Trans. Circuits and Systems*, Vol. 36, no. 1, pp. 129-135, Jan. 1989.
- [22] N. Halyo, Z. Rahman, and S. K. Park, "Information content in nonlinear local normalization processing of digital images," *Proc. SPIE Vol. 4388*, pp. 129-142, Aug. 2001.

저 자 소 개



황 재 호(정회원)

1982년 2월 아주대학교 전자공학과 졸업(공학사)
 1986년 2월 서울대학교 대학원 전기공학과 졸업(공학석사)
 1994년 2월 서울대학교 대학원 전기공학과 졸업(공학박사)
 1982년~1992년 전력연구원 부장대리
 1992년~현재 한밭대학교 전자공학과 교수
 <주관심분야: 영상신호처리, 비전, DSP, 멀티미디어>