

논문 2006-43SP-5-4

변형된 면적기반영역선별 기법에 의한 문자영상분할

(Handwritten Image Segmentation by the Modified Area-based Region Selection Technique)

황재호*

(JaeHo Hwang)

요약

변형된 면적기반영역선별 기법으로 문자영상 속에 내재되어 있던 영역 분할을 회복하는 새로운 기법을 제안한다. 정보영역과 바탕영역으로 양분되어 있는 이진 원영상에 비해 오염 및 훼손으로 관측영상은 얼룩집과 잡음이 전체 영상에 섞여 다수의 크고 작은 영역들이 혼재된 그레이스케일 형태가 된다. 이러한 영상을 종래의 문턱치 처리나 확률적 기법으로 영역 분할하려면 이진영상으로 전환시킴에 의한 영역 형태 변형 문제가 발생한다. 이 문제를 최소화하기 위해 마름모꼴 블록을 채택한 반복조건부양식(iterated conditional mode, ICM) 기법으로 이진 영상을 구현하여 일차적으로 영역들의 집합으로 분류하였다. 그 다음 현재고려중인 화소에서 화소의 영역형성 판별과 영역의 면적을 산출하였다. 이를 전체 화소에 걸쳐 순차적으로 확산하여 해당영역들의 정보영역으로의 귀속 여부를 선택적으로 판정 분할함으로써 정보영역 본래 형태를 복원하였다. 이 때 지정 영역들의 산출 면적들은 하나의 집합으로 배속 정렬되며 확률치로 얻은 판별 파라미터 값에 의해 선별된다. 그레이스케일 탁본영상을 대상으로 종래의 문턱치 영역분할 기법과 ICM 기법도 함께 실험하였다. 그 결과 종래의 기법에 비해 우수한 영역분할 효과를 얻을 수 있었다.

Abstract

In this paper, a new type of written image segmentation based on relative comparison of region areas is proposed. The original image is composed of two distinctive regions; information and background. Compared with this binary original image, the observed one is the gray scale which is represented with complex regions with speckles and noise due to degradation or contamination. For applying threshold or statistical approach, there occurs the region-deformation problem in the process of binarization. At first step, the efficient iterated conditional mode (ICM) which takes the lozenge type block is used for regions formation into the binary image. Secondly the information region is estimated through selecting action and restored its primary state. Not only decision of the attachment to a region but also the calculation of the magnitude of its area are carried on at each current pixel iteratively. All region areas are sorted into a set and selected through the decision parameter which is obtained statistically. Our experiments show that these approaches are effective on ink-rubbed copy image (拓本, 'Takbon') and efficient at shape restoration. Experiments on gray scale image show promising shape extraction results, comparing with the threshold-segmentation and conventional ICM method.

Keywords : Image segmentation, Takbon, Region, ICM, MABRS

I. 서론

원영상(original image)은 영역의 고유성이 보존되어 있지만 관측영상(observed image)은 훼손이나 오염에 의해 색도 혼재와 영역간 경계의 불투명이 나타난다.

후자로부터 원영상 본래 영역을 복원하거나 특징 및 형태를 추출 내지는 분할하려는 여러 연구들이 계속되어 왔다. 그 가운데 영역들이 서로 다른 색도분포를 갖고 있음에 근거한 문턱치(threshold) 분할처리 기법이 있다^[1,2]. 영역분할에 많이 사용되는 이 기법은 영역들의 차이가 히스토그램 색도분포에서 다극화되어 있지 않고 또한 그들 사이의 경계치가 함수적으로 산출이 어려우면 심한 일그러짐이나 영역간 경계부의 훼손 및 잡음 혼탁으로 영역분할 실패를 초래할 수 있는 문제점을 갖

* 정회원, 한밭대학교 전자공학과
(Dept. of Electronic Engineering, Hanbat National University)
접수일자: 2006년3월20일, 수정완료일: 2006년8월7일

고 있다. 다른 시도로는 이미 1980년대 중반부터 연구되어온 확률론적 영역분할이다. 게만(Geman, S.)과 게만(Geman, D.)은 MRF(Markov random field) 모델에 베이즈의 확률이론을 적용하여 화소들 사이의 확률적 상호 관련성으로 영역들을 분류하고 화소들을 군집처리할 수 있음을 보였다^[3]. 이어서 1986년 베사주(Besag, J.)는 현재 고려중인 화소(current pixel)를 둘러싼 사각블록(rectangular block)을 제시하고 화소집단의 범위를 인접화소군(隣接畫素群)으로 제한하여도 동일한 효과가 있음을 밝혔다^[4]. 반복조건부양식(Iterated conditional modes, ICM) 기법으로 알려져 있는 이 방식은 현재고려중인 화소의 영역귀속을 제한된 부분구간 원소집단의 확률적 비교 판단에 근거한다. 비록 오염이나 훼손으로 원영상의 색도 정보가 부분 파손되었다 하더라도 인접 화소들과의 확률적 유사성으로 영역분류와 함께 화소 본래의 색도를 회복할 수 있다는 발상이다. 그 후 이 ICM 방식은 그 효과가 인정되어 여러 방면에서 영상을 복원하고 특징을 추출하는 기본적인 아이디어를 제공하여왔다^[5-9]. 처리속도 면에서도 다른 알고리즘보다 우수하였다.

그러나 이 기법은 지나친 인접화소군 의존과 사각블록 적용으로 과/부족 평활화(over/under smoothing)로 인한 영역분할 실패라는 한계를 갖고 있다. 색도분할로 간단히 영역분할이 가능한 부분에서도 불필요한 크고 작은 영역들을 생성하기도 한다. 이들 소단위 영역들은 얼룩점이나 무늬 형태로 주영역(主領域) 내에 산재함으로 결국은 영역분할을 저해한다. 그 주된 원인은 영역의 기하학적 형태와 전체 영상의 색도분포 특성을 고려하지 않은데 있다.

본 연구의 대상인 원영상은 두 개의 영역을 갖는 이진영상이다. 반면에 관측영상은 그레이스케일 영상으로서 훼손과 오염으로 영역간 색도혼재가 발생하고 군소(群小)영역들이 두 개의 주영역들 안에 산재한다. 이에 가장 가까운 영상으로 금석학 분야에서 사용하는 탁본영상(拓本映像)을 들 수 있다. 탁본은 본뜨기라는 수작업 과정을 거치면서 문자 획 부분은 색도처리에서 제외되고 그 밖의 부분은 점성색으로 처리된다^[10]. 전자는 정보영역(information region) 그리고 후자는 바탕영역(background region)이다. 원영상은 극단적인 두 영역으로 분할되는 대표적인 이진영상이나 실제 결과는 그렇지 않다. 시각적으로는 각 영역의 구조(構圖)가 부분적으로 보존되지만 두 영역 사이의 색도 혼재가 발생하고 전체 영상 평면에 잡음과 얼룩점 및 무늬가 혼합되

어 있다.

이러한 관측탁본영상은 발생된 다수 영역들 사이의 색도 분포가 다극화되어 있지 않기 때문에 종래의 문턱치 처리기법으로 영역을 분할하는 데는 한계가 있다. 확률론적 접근 역시 현재고려중인 화소와 그 인접화소들과의 확률적 상관성으로 화소의 영역 귀속을 판별하기 때문에 이미 발생된 다수의 크고 작은 영역들에서 선별하여 두 극단적인 영역으로 귀속시킴에는 역부족이다. 영역형태의 부분적 파괴와 함께 영역간 붕괴를 초래할 수도 있다.

본 연구에서는 영역 고유의 기하학적 구조를 고려한 동일 영역에서의 유사색도 군집을 확률적으로 판별함으로 이러한 한계를 극복하고자 한다. 두 단계에 걸쳐 영역분할을 시도한다. 일차적으로 종래의 ICM 사각블록을 마름모꼴 블록으로 변형하여 화소들을 확률처리함으로 이진영상을 구현한다. 마름모꼴 블록의 장점은 사각블록보다 영역의 기하학적 형태에 보다 부합된다는 점이다. 다음 단계로는 일차처리로 다영역(多領域)화된 영상을 영역별로 면적을 산출하여 상호비교 판별을 통한 선별작업으로 원영상 본래의 영역을 추정하여 복원한다. 그리고 이러한 일련의 기법을 변형된 면적기반영역 선별기법(modified area-based region selection, MABRS)라 명명한다.

이하 제 II장에서는 영역추출에 관한 문제를 제기한다. 제 III장에서는 마름모꼴 블록의 ICM 방식과 ABRS 기법의 알고리즘 및 영역판별 능력을 고찰한다. 제 IV장은 제 III장의 방식을 실제 탁본영상에 적용하여 실험을 통해 확인하고 다른 기법들과 비교하였으며 제 V장에 결론을 맺었다.

II. 영상 모델

2차 평면상에서 n ($n=n_1 \times n_2$)개의 화소수를 갖는 원영상 x_{org} 는 식 (1)과 같이 논리적으로 "0"과 "1"인 서로 독립인 두 영역의 결합이다.

$$x_{org} = x_{rg1} \cup x_{rg2} = x_{rg1} + x_{rg2} \quad (1)$$

여기서 첨자 $rg1$ 은 영역 1로서 논리적으로 "0"인 영역이고, $rg2$ 는 영역 2로서 논리적으로 "1"인 영역이다. 두 영역이 서로 독립이므로 각 영역의 색도집합을 C_{rg1} 과 C_{rg2} 라 할 때, 각각은 그레이스케일 0~255 가운데 하나의 색도를 갖고 $n(C_{rg1})=n(C_{rg2})=1$ 및 $C_{rg1} \cap C_{rg2}$

$= \emptyset$ 을 만족한다. 또한 두 영역은 $x_{rg1} \subseteq x_{rg2}$, $x_{rg2} = \bigcup_k r_k$ ($r_k \subset x_{rg2}$, $n(r_k) \gg 1$ 및 $\bigcap_k r_k = \emptyset$) 의 관계가 있다.

식 (1)의 원영상은 영상입력전의 전처리 과정과 훼손 및 오염에 의해 색도변화와 영역 불명확을 초래하여 식 (2)와 같은 형태의 관측영상 x_{obs} 로 변형된다.

$$x_{obs} = g(x_{org})d + n_1 \quad (2)$$

여기서 함수 $g(\cdot)$ 는 색도변화함수이고, d 는 훼손인자로서 원영상과 동일한 화소수를 갖는다. 그리고 n_1 은 입력 잡음이다. 적절한 빛 환경을 갖춘 실험실에서 입력하는 경우 $n_1 \approx 0$ 로서 무시할 수 있다.

식 (2)에서 관측영상 x_{obs} 의 원소들 $\{x_{obs-p}\}$ 는 그레이 스케일 0~255 가운데 하나의 색도를 가지며 $q=1,2,\dots, m_1$, ($m_1 \ll n$)에 대하여 식 (3)과 같은 다수의 영역들로 분화된다.

$$x_{obs} = \bigcup_q s_q \quad (3)$$

여기서 $s_q \subset x_{obs}$, $\bigcap_q s_q = \emptyset$ 및 $n(s_q) \geq 1$ 이고 이들 사이의 색도분포는 $\bigcap_q C_{s_q} \neq \emptyset$ 와 $n(C_{s_q}) \geq 1$ 의 관계가 성립한다. 또한 영역 r_k 의 훼손된 영역을 r'_k 라 할 때 $r'_k \subset x_{obs}$ 의 관계로부터 식 (3)은 식 (4)와 같이 된다.

$$\bigcup_q s_q = \bigcup_k r'_k + \bigcup_l s_l, \quad k+l=q \quad (4)$$

조건 1: $n(r'_k) > n(s_l)$

이에 식 (2)~(4)의 모델과 조건 1 을 만족하는 관측 영상 x_{obs} 로부터 식 (1) 형태의 영역분할을 통해 원영상 x_{org} 에 내재하여 있던 정보를 추정하여 특징을 추출하는 영역판별 문제를 제기한다.

III. 영역분류와 면적기반 영역선별기법

1. 마름모꼴 블록의 ICM 방식에 의한 영역분류

제 II장에서 언급하였듯이 관측영상은 넓은 색도분포 특성을 갖고 있으며 상호 색도혼재를 수반하는 다수의 영역들로 구성되어 있다. 이러한 영상으로부터 이진

처리된 영역만의 영상을 재구성하기위한 확률적 접근을 시도한다. 서론에서 잠시 언급하였듯이 이제까지 연구되어온 영상회복의 확률적 접근 방식들은 원영상의 원형이 관측영상의 전체 또는 인접 화소들 사이에 확률적 유사성을 가진 채 보존되어 있다는 다음의 두 가정에 근거한다.

가정 1: $Pr(x_{obs}|x_{org}) = \prod_p f(x_{obs-p}|x_{org-p}) \quad (5)$

가정 2: $Pr(x_{org-p}|x_{org-sp}) = Pr(x_{org-p}|x_{org-np}) \quad (6)$

여기서 Pr 은 Probability, 식 (5)의 $f(\cdot)$ 는 기지(既知)의 조건부 밀도함수이고, 첨자 sp 는 화소 p 주변 전체 화소, np 는 화소 $p(i,j)$ 의 인접화소군이다.

이러한 가정들은 관측영상 각 화소의 색도가 원영상에 대하여 조건부 독립이라는 것과 원영상이 지역적(locally dependent)인 MRF(Markov random field)이며 현재 고려중인 화소의 색도가 오직 인접화소들의 색도에 의해 결정될 수 있다는 MAP(Maximum a posteriori)적 접근이라 할 수 있다.

가. 마름모꼴 블록 선정

이와 같은 확률적 유사성에 근거한 ICM적 접근은 기본적으로 $np = \{(k,l) | (i-k)^2 + (j-l)^2 \leq m_2\}$, (m_2 는 차수)인 사각블록을 사용하였다. ICM 방식의 핵심은 블록의 선택과 블록을 구성하고 있는 원소들의 확률적 색도분포 특성이다^[4,11,12]. 그 가운데 전자는 블록의 차수와 함께 형태가 동시에 고려되어야만 한다. 사각블록은 범용성은 있으나 영역을 사각의 틀에 한정함으로써 사각이 아닌 다른 형태의 영역구조를 파악하는 데는 한계가 있다. 특히 제 II 장 문제의 제기에서 제시한 식 (2)~(4)와 같은 관측영상의 경우에 다수의 군소영역들은 사각

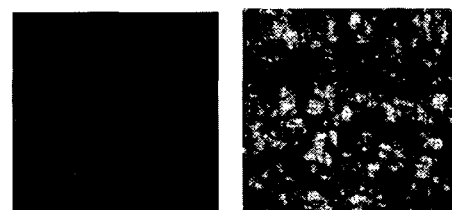


그림 1. 영역훼손 영상(예)
Fig. 1. Region degraded image(sample).

형보다는 주로 원형이나 마름모꼴에 부합한다. 그림 1은 그 한 예를 보이고 있다.

그림 1에서 원영상은 하나의 영역에 하나의 색도를 갖고 있으나 훼손된 관측영상은 다수의 영역에 넓은 색도분포를 갖고 있다. 영역들 또한 임의의 형태가 되어 사각구조와는 거리가 멀다.

따라서 본 연구에서는 문자영상에 한정된 영역분류를 위해 원형에 가까운 마름모꼴 블록을 채택한다. 마름모꼴 블록은 사각 블록에 비해 다음 열거하는 것과 같은 이점이 있다.

- i) 영역간 경계면과의 부합성이 좋다.
- ii) 현재 고려중인 화소에서의 인접성이 높다.
- iii) 처리하고자 하는 화소수의 감소에 따른 계산 시간이 단축된다.

이러한 세 가지 사항을 구체적으로 고찰해 보자. 첫째, 그림 2는 경계면에서의 부합성을 보여주고 있다. 그림 2(a)는 사각블록이고 (b)는 마름모꼴 블록이다.

그림 2에서 알 수 있듯이 사각블록은 영역이 사각형인 특수한 경우에는 부합성이 있으나 꼭면의 임의의 경계에서 마름모꼴 블록보다 부합 정도가 낮기 때문에 과평활화(over smoothing)를 초래할 우려가 높다.

그림 3은 마름모꼴 블록을 보이고 있다. 기하학적으로 중앙에 위치한 화소가 현재 고려중인 화소이다. 화소들의 상하좌우 배열에 따라 차수 n을 지정한다. 1차의 화소수는 5(개), 2차는 13(개) 그리고 3차는 25(개)이

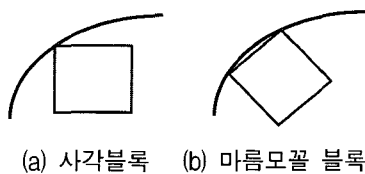


그림 2. 블록의 영역 부합성
Fig. 2. Fittingness of blocks within region.

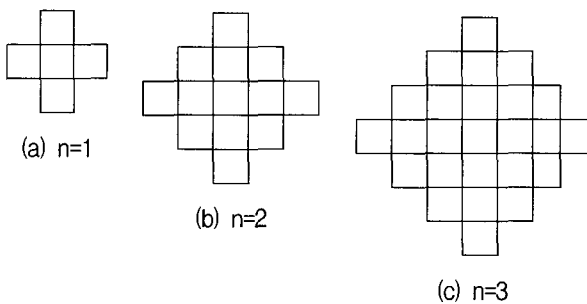


그림 3. 마름모꼴 블록
Fig. 3. The lozenge blocks.

다. 구조는 상호 대칭을 이루고 있어 영상의 전좌소 배열에서의 처리가 가능하다.

그림 3을 중심으로 두 번째와 세 번째 사항을 계속 고찰한다. 블록을 구성하는 화소들의 인접성을 블록 중심부에 위치하는 화소 p_m 와 그 인접화소 p_j 와의 거리 $d(p_m, p_j)$ 합의 평균 $\text{mean}[d(p_m, p_j)]$ 이라 할 때, $n=2$ 에서 동일 범주의 사각블록에 비해 마름모꼴 블록은 값이 2/3로 감소한다. 처리하는 화소수도 반 정도로 줄어들어 계산시간을 단축할 수 있다.

나. 영역분류

식 (3)과 (4)로 표현되는 관측영상이 제 II 장의 조건 1을 만족할 때, s_i 가운데 임의의 구역을 선택하여 화소의 색도 γ ($0 \leq \gamma \leq 255$)에 대한 확률밀도함수 $f(\gamma): Pr(s_i)$ 을 구하고 함수의 최고치 γ_{max} , 평균치 γ_μ 및 표준편차 γ_σ 을 산출한다.

그 후 현재 고려중인화소의 평면상 배열위치를 중심 기점으로 마름모꼴 블록 B를 발생시켜 B의 색도 분포에 따른 화소 개수에 관한 확률 P_B 을 식 (7)과 같이 선정한다.

$$P_B = \frac{\sum_{\gamma=l_1}^{l_2} \exp\{\beta N_{np}(\gamma)\}}{\sum_{\gamma=0}^{255} \exp\{\beta N_{np}(\gamma)\}} \quad (7)$$

여기서 $N_{np}(\gamma)$ 는 인접화소군에서 색도 γ 를 갖는 화소의 개수이고 β (β 정수)는 인접화소들 사이의 관계를 제어하는 인자이다. 식 (7)의 분모는 통상 인접화소군의 총 화소개수와 관련이 있으며, 분자는 색도범위 $l_1 \sim l_2$ 에 의존한다. 본 연구에서는 $f(\gamma)$ 가 γ_{max} 를 중심으로 좌우 분포하는 경우, $l_1 = \gamma_{max} - \beta_1 \gamma_\sigma$ 와 $l_2 = \gamma_{max} + \beta_1 \gamma_\sigma$ 로 선정한다. P_B 값은 $0 < P_B \leq 1$ 로서 β 에 의존한다. 1 에 가까울수록 현재 고려중인 화소는 바탕영역에 속할 확률이 높고, 0 에 가까울수록 정보영역에 속할 확률이 높다. 색도범위 $l_1 \sim l_2$ 가 상대적으로 너무 크면 두 영역의 중복 정도가 커지고 반면에 너무 작으면 영역분류에 실패할 우려가 있다. 영상 전체의 확률분포함수를 고려하여 범위를 조정해야한다. 그리고 관측영상의 $f(\gamma)$ 가 γ_μ 를 중심으로 좌우 분포하는 경우에는 선택 범위를 $\gamma_\mu \pm \beta_1 \gamma_\sigma$ 로 선정할 것을 권장한다.

식 (7)에서 얻은 마름모꼴 블록의 P_B 를 근거로 식 (8)과 (9) 같이 판단과라미터 ξ 를 기점으로 현재 고려 중인 화소 p의 논리적 색도 γ_p ($\gamma_p=0$ 또는 1)를 부여한다.

$$P_B \geq \xi \text{ 이면 } \gamma_p=0 \tag{8}$$

$$P_B < \xi \text{ 이면 } \gamma_p=1 \tag{9}$$

여기서 $0 < \xi < 1$ 이고 블록을 순차적으로 적용하면서 영역을 분류한다. 이 과정을 거치면서 관측영상은 이진 색도 처리된 영역들의 분포 형태로 변환되어 새로운 영상으로 재구성된다.

2. 면적기반 영역선별기법

제 III 장 1절의 마름모꼴 블록을 사용한 ICM 기법을 관측영상에 적용한 결과는 두 개의 색도로 구분된 영역들의 집합이다. 이들 영역들은 대소에 따라 다양한 면적을 갖고 있다. 면적은 영역을 형성하고 있는 화소수이다. 영역분류로 재구성된 영상 $\overline{x_{obs}}$ 는 새로운 영역들의 합인 식 (10)로 표현된다.

$$\overline{x_{obs}} = \bigcup_u \overline{s_u} \tag{10}$$

여기서 $\overline{s_u} \subset \overline{x_{obs}}$, $\bigcap_u \overline{s_u} = \emptyset$ 및 $n(s_u) \geq 1$ 이고 영역의 개수 u는 식 (3)의 q와 동일하지 않을 수도 있다. 이진화되면서 관측영상의 그것과 차이가 발생한다. 그리고 제 II장의 조건 1을 충족하면서 ICM 에 의해 영역분류를 시행하였으므로 r' 의 개수 k는 변동이 없으나 그들의 원소의 수는 동일하지 않다.

이와 같이 재구성된 영역 2에 해당하는 영역들 $\overline{r'_k}$ 에 대하여 나머지 영역들 $\overline{s_w}$ 로 식 (10)을 정리한다.

$$\bigcup_u \overline{s_u} = \bigcup_k \overline{r'_k} + \bigcup_w \overline{s_w}, \quad k + w = u \tag{11}$$

여기서 과평활화를 지양한 마름모꼴 블록 ICM에 의한 영역분류로 식 (11)에서도 조건 1에서와 같이 $n(\overline{r'_k}) > n(\overline{s_w})$ 가 성립한다.

영역들 $\overline{r'_k}$ 와 $\overline{s_w}$ 의 면적을 각각 SR_k 와 SS_w 라 할 때, k(개) 및 w(개) 영역들에 대하여 $SR_k = n(\overline{r'_k})$ 와 $SS_w = n(\overline{s_w})$ 이다. 또한 $\min(SR_k) = \alpha_1$ 과 $\min(SS_w) = \alpha_2$ 라 할 때, 이들 사이에는 마찬가지로 $\alpha_1 > \alpha_2$ 가 성립한다. $\alpha_2 < \delta < \alpha_1$ 에 해당하는 파라미터 δ 를 기준으로

식 (11)의 두 영역을 식 (12)와 (13)과 같이 논리적 색도를 부여함으로 분류 및 선별한다.

$$\text{만약 } n(\overline{s_u}) > \delta \text{ 이면 } Clr(\overline{s_u})=1 \tag{12}$$

$$\text{만약 } n(\overline{s_u}) < \delta \text{ 이면 } Clr(\overline{s_u})=0 \tag{13}$$

여기서 $Clr(\cdot)$ 은 영역 (\cdot)의 색도이다. 식 (12)와 (13)의 처리 과정을 식 (10)의 이진영상 전체에 순차적으로 적용함으로 훼손으로 말미암아 관측영상에 발생된 군소영역들을 제거하고 원영상 본래의 영역 2를 추정하여 복원한다.

이상과 같이 원영상 본래로의 형태 추정은 2 단계를 거치면서 완성한다. 일 단계에서는 관측영상을 영역들로 표현되는 이진영상으로 변환한다. 다음 단계는 영역들의 면적을 산출하고 면적대비 비교 선별을 통해 불필요한 영역을 제거하고 형태를 추정한다. 이 때 마름모꼴 블록의 차수의 범위가 미치지 않는 영상의 테두리 부분은 영역 1로 가정하여 논리적 색도 “0”을 부여한다. 통상 논리적 색도 “0”은 회색조의 0으로 설정하고 “1”은 그레이스케일 255로 놓으므로 극단적 흑백대비를 이를 것을 권한다. 처리 과정을 구체적인 단계별로 정리하면 다음과 같다.

- 단계 1: 전처리 과정으로 관측영상의 배경영역 일부 배열 r_s , ($r_s \subset \{s_l\}$)를 임의 추출하고 γ_{max} , γ_u 및 γ_σ 를 구한다.
- 단계 2: 마름모꼴 블록의 차수 n을 선정하고 블록이 미치지 않는 범주까지의 네 테두리를 영역 1로 보아 논리적 색도 “0”을 부여한다.
- 단계 3: l_1 , l_2 , β 및 ξ 를 선정하여 식 (7)~(9)에 의해 영역을 분류하여 이진영상으로 변환한다.
- 단계 4: δ 를 선정하고 식 (12)와 (13)에 의해 영역들을 분류 선별하여 형태를 추정한다.

IV. 실험 및 결과

제안된 방법의 성능평가를 위하여 200X187 크기의 256 그레이스케일 해상도로 된 그림 4와 같은 JPEG 관측탁본영상을 사용하였다. 실제영상을 사용하였으므로 알고리즘을 적용하여 정성적으로 분석한다.

실험 대상영상은 탁본영상으로서 바탕과 문자획 부분으로 나누어져 있다. 원영상에서 전자는 바탕영역으로서 하나의 영역이고 후자는 정보영역으로서 다수 영

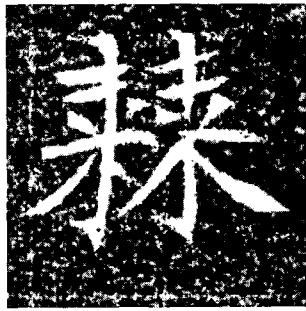


그림 4. 관측탁본영상
Fig. 4. A sample of observed Takbon image.

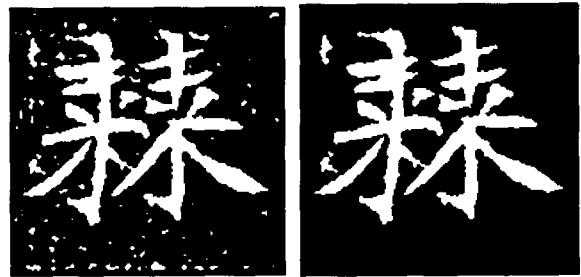


그림 5. 문턱치 분할 처리 결과(문턱치: 128)
Fig. 5. Segmentation by threshold, threshold level: 128

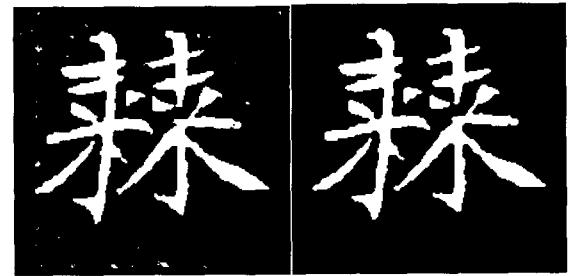
역들의 집합이다. 탁본 본뜨기 수작업을 거치면서 그림 4와 같은 관측영상에는 두 영역 내부에 다수의 얼룩 점이나 무늬의 군소영역들이 섞여 나타난다. 정보영역은 그래도 덜한 편이나 바탕영역의 혼합 정도는 매우 심각하다.

탁본영상으로부터 문자 형태를 추출하여 문자인식을 하려면 일차적으로 두 영역에 나타나고 있는 불필요한 군소영역들을 제거하고 원영상 본래의 모습으로 복원해야 한다. 이러한 작업은 단순히 문턱치에 의한 분할로는 불가능하다. 왜냐하면 그림 4에서도 직관적으로 볼 수 있듯이 바탕영역 얼룩무늬 영역들의 색도와 정보영역의 그것이 서로 중복되어 문턱치 산출 자체가 어렵기 때문이다. 그림 5는 문턱치를 최대한 조정하여 처리한 결과이다.

그림 5의 결과에서 영역분할의 어떠한 효과도 없음을 알 수 있다. 심지어 군소영역들이 전체 영상에 뒤섞여 나타나면서 문자획 부분까지 침범하고 있다. 한 가지 분명한 점은 관측영상 자체에서는 불분명했던 영역들이 문턱치에 의한 분할로 거칠게나마 모습을 드러냈다는 점이다. 더욱이 제 II 장의 조건 1을 만족하고 있다. 영역 1로 대별되는 바탕영역은 다수의 군소영역이 차지하고 있으나 그보다 화소의 수가 월등히 많은 영역이 영역 2로 대별되는 정보영역에 존재한다.



(a) (b)



(c) (d)

(a) 사각블록 ICM 방식에 의한 영역분류 결과
(b) 그림 (a)를 면적기반 영역선별기법으로 처리한 결과
(c) 마름모꼴블록 ICM 방식에 의한 영역분류 결과
(d) 그림 (c)를 면적기반 영역선별기법으로 처리한 결과

그림 6. 결과 영상들
Fig. 6. Result images.

제 III장의 알고리즘을 사용하여 처리한 결과를 사각블록을 사용한 경우와 함께 그림 6에 보였다. 사각블록과 마름모꼴 블록 모두 $n=2$ 로 하였다. $l_1=0$, $l_2=180$, $\beta=1$, $\xi=0.5$ 및 $\delta=70$ 이다.

그림 6의 결과에서 (a)는 종래의 사각블록 ICM 방식으로 영역처리한 것이다. 다수의 군소영역들이 발생하며 과평활화 현상으로 군소영역의 면적이 커져서 정보영역의 작은 획 부분과 차이가 거의 없다. (b)는 제 III 장 2절의 면적기반 영역선별기법에 의해 (a)를 처리한 것으로 불필요한 영역들이 바탕영역에 그대로 나타나 있다. 반면에 (c)는 마름모꼴 블록을 채택한 경우로서 (a)의 사각블록에 비해 군소영역들의 수가 줄어들고 그 크기도 현저하게 작아진 것을 알 수 있다. (d)는 (c)를 면적기반 영역선별기법으로 처리한 것으로 정보영역의 형태를 완벽하게 추정 복원하는 우수한 효과를 보이고 있다. 이 때 전처리 과정에 ICM 방식을 사용하였으므로 처리시간은 매우 빠르며^[4], 사각블록이나 마름모꼴 블록은 화소수가 같아 처리속도의 차이는 미미하다.

V. 결 론

두 개의 영역으로 구분되어 있는 이진 원영상의 영상

입력전 전처리 과정이나 훼손으로 관측영상에 다수의 군소영역들이 섞이고 색도 역시 넓은 범위로 확대되는 경우의 영상 형태 회복을 고찰하였다. 관측영상의 영역들이 색도분포로 차별화되지 않기 때문에, 일반적으로 사용하는 문턱치에 의한 영역분할 방식을 지양하고 확률론적 접근을 시도하였다. ICM 방식의 아이디어를 기본으로 사각블록 보다는 마름모꼴 블록을 창안하여 영역에의 근접성을 향상시켜 일차적인 영역분류를 이끌어 내었다. 실험 결과에서도 알 수 있듯이 마름모꼴 블록이 영역분류에서 보다 우수한 효과를 보인다. 이 과정을 통해 영역분류된 이진영상에 본 연구에서 개발한 면적기반 영역선별기법을 적용하여 원영상 본래의 형태를 추정 복원하였다. 이 알고리즘은 영역들의 면적대비 크기들을 비교 선별하여 전처리나 훼손으로 발생한 불필요한 군소영역을 제거하는 뛰어난 효과를 갖고 있다. 그리고 관측탁본영상을 대상으로 실험하여 그 성능을 확인하였다. 연구 결과는 탁본영상의 문자인식에 기여하는 바가 적지 않으리라 본다.

참 고 문 헌

- [1] Y. Solihin and C. G. Leedham, "Internal ratio: A new class of global thresholding techniques for handwriting images," *IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell.*, Vol. 21, no. 8, pp. 761-768, August 1999.
- [2] Xiaoyi Jiang, D. Mojon, "Adaptive local thresholding by verification-based multithreshold probing with application to vessel detection in retinal images," *IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell.*, Vol. 25, no. 1, pp. 131-137, Jan., 2003.
- [3] S. Geman, and D. Geman, "Stochastic relaxation gibbs distributions and the bayesian restoration of images," *IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell.*, Vol. PAMI-6, no. 6, pp. 721-740, 1984.
- [4] J. Besag, "On the statistical analysis of dirty pictures," *J. R. Statist. Soc.*, Vol. 48, no. 3, pp. 259-302, 1986.
- [5] J. K. Fwu and P. M. Djuric, "Unsupervised vector image segmentation by a tree structure ICM algorithm," *IEEE Trans. Medical Imaging*, Vol. 15, no. 6, pp. 871-880, Dec. 1996.
- [6] S. Krishnamachari and R. Chellappa, "Multiresolution Gauss-Markov random field models for texture segmentation," *IEEE Trans. on Image Processing*, Vol. 6, no. 2, pp. 251-267, Feb. 1997.
- [7] S. Foucher M. Germain, J. M. Boucher and G. B. Béné, "Multisource classification using ICM and Dempster-Shafer theory," *IEEE trans. on Instru. and Measure.*, Vol. 51, no. 2, pp. 277-281, April 2002.
- [8] F. Destrempe, and M. Mignotte, "A statistical model for contours in images," *IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell.*, Vol. 26, no. 5, pp. 626-638, May 2004.
- [9] G. S. R. Fjørtoft and A. H. S. Solberg, "A bayesian approach to classification of multiresolution remote sensing data," *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, Vol. 43, no. 3, pp. 539-547, Mar. 2005.
- [10] <http://myhome.shinbiro.com/~kbyon/rocket/takbon.htm>
- [11] M. M. Chang, A. M. Tekalp and M. I. Sezan, "Simultaneous motion estimation and segmentation," *IEEE Trans. on Image Processing*, Vol. 6, no. 9, pp. 1326-1333, Sept. 1997.
- [12] J. Park and L. Kurz, "Image enhancement using modified ICM method," *IEEE Trans. on Image Processing*, Vol. 5, no. 5, pp. 765-771, May 1996.

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>