

논문 2007-44SP-4-12

웨이브렛 변환과 퍼지 군집화를 활용한 문자추출

(Character Extraction Using Wavelet Transform and Fuzzy Clustering)

황 중 원*, 황 재 호**

(JungWon Hwang and JaeHo Hwang)

요 약

웨이브렛 변환에 근거하여 디지털영상으로 부터 문자를 처리하는 새로운 접근법을 제시한다. 대상은 각필(刻筆)문자 영상이다. 각필문자에는 형성된 결상에 유사성이 존속하며 배경부분과 함께 서로 다른 준위의 다해상도 특성들로 분해된다는 점을 착안하였다. 우선 Daubechies 웨이브렛을 적용하여 영상을 부대역들로 분해한다. 저주파 부대역은 분할처리와 FCM근거 퍼지 군집분리 및 면적기반 영역처리기법을 적용하여 문자특성을 추출한다. 고주파 부대역들에는 이동창을 설정하고, 이동창의 국부 에너지를 추정하여 고주파 특성들을 활성화한다. 이들 특성들은 조합되어 역웨이브렛 과정을 통해 본래 영상 상태로 복원되고 배경부분이 배제된 문자를 추출한다. 실험 결과는 제안된 기법의 효과를 보이고 있다.

Abstract

In this paper, a novel approach based on wavelet transform is proposed to process the scraped character which is represented on digital image. The basis idea is that the scraped character is described by its textured neighborhood, and it is decomposed into multiresolution features at different levels with its background region. The image is first decomposed into sub bands by applying Daubechies wavelets. Character features are extracted from the low frequency sub-bands by partition, FCM clustering and area-based region process. High frequency ones are activated by applying local energy density over a moving mask. Features are synthesized in order to reconstruct the original image state through inverse wavelet transform. Background region is eliminated and character is extracted. The experimental results demonstrate the effectiveness of the proposed method.

Keywords : Character Extraction, Wavelet Transform, Fuzzy Clustering, Energy density, Area based Region Process

I. 서 론

문자영역추출은 문자인식이나 문자식별에 앞서 해결해야 될 선결 과제이다. 문자를 형성하고 있는 화소들의 특성을 강조하고 배경이나 잡음과 차별화하여 분리하는 전처리로서 일종의 영역분할 작업이다. 이 때 문자(character)는 흔히 텍스트로 불리기도 하는데 논리적으로 선택과 배제라는 이진화 요구에 의해 텍스트 영역만을 명확히 추출하고 그 밖의 잡음이나 얼룩점, 문자획이 아닌 부분 및 부수적인 부분들은 제거해야한다.

원영상이 갖고 있던 문자영역만의 고유성이 영상입력과정을 거치면서 훼손되므로 관측영상에는 전체 또는 국부적으로 기하학적이거나 확률적 내지는 벡터 형태로 그 특성이 잔존한다. 잡음이나 얼룩점이 개입될 수 있고 조명환경의 조사(助射) 각도에 따른 히스토그램 상의 왜곡을 초래할 수도 있다. 문자영역추출을 위한 기존의 기법들은 영상 공간상의 문턱치나 인접성(neighborhood)을 근거로 잡음제거와 영역분할 및 정규화(normalization) 작업을 수행하였다^[19].

잡음제거 기법으로는 평활화(smoothing)나 필터링을 사용하나 이는 배경영역 뿐만 아니라 문자영역도 동일하게 처리함에 따른 문자 획(stroke) 부분의 데이터 손실이 발생할 수 있다. 영역분할 기법의 대표적인 방법으로 문턱치(threshold) 분할과 확률적 영역 결정론이 있다. 전자는 영상이 복수 영역으로 분할 가능하고 각

* 학생회원, 송실대학교 미디어학과
(Dept. of Media, Soongsil University)

** 정회원, 한밭대학교 전자공학과
(Dept. of Electronic Engineering, Hanbat National University)

접수일자: 2006년12월21일, 수정완료일: 2007년6월1일

영역의 회색도분포가 히스토그램 상에서 함수적으로 구분 가능할 때 주로 적용하였던 기법으로서 흑백처리된 문자나 기호의 인식 그리고 바탕처리 등에는 유용하나, 분포함수가 다극화되지 않고 영역간 회색도 혼재가 심한 영상에서는 심한 일그러짐이나 영역간 경계부의 훼손 및 잡음 혼탁을 일으키기도 한다^[20~21]. 이에 비해 확률적 영역 결정론은 현재고려중인 화소(current pixel)와 그 주변화소들과의 확률적 판별로 화소의 영역귀속을 결정한다. ICM 이나 ICE 방식이 그 대표적인 예이다^[22~24]. 그러나 이 방식이 실효를 거두기 위해서는 관측영상 속에 원영상 본래의 국부적 확률특성이 보존되어 있어야 한다. 그렇지 않으면 화소의 영역귀속을 상대적 확률에 무리하게 의존함에 따른 지나친 평활 현상이 발생하여 문자영역이 아닌 부분도 특징으로 판단할 우려가 있다. 다음으로 정규화 작업은 인간의 시각인지가 주변 회색도들과의 관계나 저고주파분리에 의존한다는 점을 착안하여 고안된 기법으로서 현재고려중인 화소의 회색도를 주변 화소들의 국부평균치로 조정함으로써 영상 전체의 회색도 불균형을 국부영역의 순차적 이진화처리에 의해 정규화하여 특징을 추출하거나 판별한다^[25]. 그러나 정규화 처리도 지문영상과 같이 각 영역자체의 히스토그램이 균일한 경우에는 효과가 있으나 주파수 성분이 불규칙한 경우에는 오히려 불필요한 영역을 만들어내는 것과 같은 한계가 있다.

종래의 이러한 접근들은 영상데이터 전체를 하나의 규격화된 대상으로 설정하여 전체 또는 국부 구역에 알고리즘을 적용한 것이다. 화소들의 기하학적 공간분포, 그에 따른 명암도(intensity level) 그리고 주파수 특성이 그 규격에 맞추어져 있었다. 문자영상에는 저·고주파 특성이 공존하여 문자영역 자체는 저주파, 배경의 잡음과 에지와 관련해서는 고주파 특성이 나타나지만^[1] 이를 영역 주파수 특성 별로 분리하여 선별 처리하는 데는 한계가 있다. 문자영역 형성에 있어서도 기하학적 연결성과 영역 내 화소들 사이의 강한 상관성이 존재하나 배경영역의 얼룩점에서도 유사한 특성이 나타난다. 문자영역만의 균일한 명암도가 있으나 그 명암도와 근사한 값이 배경영역의 구역들에서도 흔히 존재한다. 또한 히스토그램 분포(이하, 색도분포) 상의 문턱치 산출이 의미가 없는 경우가 적지 않다. 이는 전체처리나 국부적용처리 시에도 마찬가지로 나타나는 현상이다. 문자영상에는 오염과 얼룩 및 잡음혼재가 흔하기 때문에 영상데이터를 단일 규격 속에 고정시킴에는 처리상 한계가 있다. 문자 특성만의 차별을 위해 특성별로 분할

시켜 접근함이 효과적일 수 있다.

이에 비해 웨이브렛 해석은 공간과 주파수 영역 모두에서 우수한 분해능과 국부특성을 갖고 있다. 데이터 내의 단일성(singularity)을 분석하는데 적합하다. 영상의 에지, 구획(contour), 영역, 잡음 그리고 텍스트와 같은 데이터 집단은 공간이나 주파수 영역에서 균일한 특성을 갖고 있기 때문에 웨이브렛 분해 공간상에서 그 특성들이 선별적으로 표현될 수 있다. 축차(逐次) 분해에 따라 형성된 분해 공간들에는 저·고주파 특성이 나누어진다. 고주파 특성은 다시 수직분과, 수평분 그리고 대각선 성분으로 나누어져 계층화된다.

웨이브렛의 이러한 특장 때문에 에지검출이나 잡음 제거에 일부 적용되기도 하였으나^[2~3] 이제까지 웨이브렛을 이용한 영상처리 연구의 대부분은 영상압축에 치중되어 있었다. 잡음혼재와 얼룩점 오염 및 바탕부분 파열 등으로 손상된 문자영상으로부터의 문자특성 추출은 영상 데이터의 저·고주파 영역 분해를 비롯하여 문자영역만의 고유 특성 분리를 수반해야한다. 논리적인 식별과 판별 과정을 거쳐 잡음이나 기타 부수적인 부분들과도 차별되어야 한다. 이와 관련하여 국부최대값복원(local maxima reconstruction)에 근거한 텍스트 구역 선별^[4]이나 텍스트 유형별 분류^[5]를 시도하고 에지처리기법과 조합한 문자특성 회복기법^[6]을 제시하였으나 위의 장애요소를 제거하는 데는 역부족이었다. 더욱이 대상 문자영상 대부분이 배경처리가 용이하고 잡음농도가 적은 종이위에 펜으로 기록한 영상에 한정되어 있었다.

본 연구에서는 종이 위에 펜으로 기록된 영상이 아닌 쇠붙이나 사기파편을 사용한 각필문자영상으로부터 각 필문자를 추출하는 새로운 기법을 고안한다. 각필 바탕재는 갑골(甲骨)이다. 즉 갑골문자영상을 웨이브렛변환하여 웨이브렛 특성공간에서 문자를 추출한다. 문자 획 부분이 유사색도로 배경 및 잡음과 차별화된다는 점을 감안하여 다우베치(Daubechies) 웨이브렛을 적용, 영상을 부대역 별로 분해한다. 저고주파로 분할된 각각의 부대역은 그 특성에 따라 영역추출을 위한 기법을 적용한다. 저주파 부대역은 분할과 소구간의 FCM(fuzzy c-means)근거 군집화 및 면적기반영역처리기법을 적용한다. FCM은 목적함수에 의한 군집도 조정면에서 기타 군집화 방식보다 우수하여 일차적인 영역분할에 유리하다. 배경영역의 일괄처리에 적합하다. 나머지 문자영역에 잔존하는 잡음이나 얼룩점등은 면적기반영역처리기법으로 제거한다. 이어서 고주파 부대역들에는 이동창

(moving window)에서의 에너지밀도를 적용하여 고주파 특성을 활성화한다. 이와 같이 각 부대역 별로 내재된 문자특성들을 추출하고 이를 역웨이브렛을 통해 원영상 크기로 복원함으로써 문자를 추출한다.

II. Daubechies 이산웨이브렛 변환과 특성

Daubechies 웨이브렛은 다분해능(多分解能)과 근접성(approximation quality) 및 수치적 안정성(numerical stability)이 우수하여 신호 분석에서 일반적으로 광범위하게 사용되는 기법이다. 특히 문자영상처리에서 복잡하게 얽혀 있는 문자 획들의 단일성 표출에 따른 변형 특성을 분석하는데 적합하다^[6~7]. 이차원 공간 영상 데이터 $f(x,y) \in L_2(\mathbb{R}^2)$ 의 웨이브렛에 의한 다해상도분석(multiresolution analysis, MRA)은 어떤 스케일 j 에서 부대역 V_{j+1} 는 식 (1)과 같이 4(개)의 부대역들로 분해할 수 있다^[8-10].

$$V_{j+1} = V_j \oplus W_j^h \oplus W_j^v \oplus W_j^d \quad (1)$$

여기서 첨자 h, v, d 는 각각 수평, 수직 및 대각선을 의미한다.

스케일 함수 $\phi(x) = \sqrt{2} \sum_{n \in Z} h_n \phi(2x - n)$, (Z 는 정수, h_n 는 계수, $h_n = \langle \phi(x), \phi(2x - n) \rangle$ 이고 V_j 와 V_{j+1} 사이의 정보 차이는 $\psi(x) = \sqrt{2} \sum_{n \in Z} g_n \phi(2x - n)$, (g_n 는 계수, $g_n = (-1)^n h_{1-n}$)에 의해 정해진다. $\phi(x)$ 와 $\psi(x)$ 는 1차원 웨이브렛 및 스케일함수로서 이를 이차원 (x,y) 로 하여 식 (1)을 영상 데이터 $f(x,y)$ 에 적용한다.

$$\begin{aligned} V_j f &= \langle f(k,l), \Phi_{j,k,l}(x,y) \rangle \\ W_j^h f &= \langle f(k,l), \Psi_{j,l,k}^h(x,y) \rangle \\ W_j^v f &= \langle f(k,l), \Psi_{j,l,k}^v(x,y) \rangle \\ W_j^d f &= \langle f(k,l), \Psi_{j,l,k}^d(x,y) \rangle \end{aligned} \quad (2)$$

여기서 $k,l \in Z$

$$\begin{aligned} \Phi_{j,k,l} &= \phi_{j,k}(x)\phi_{j,l}(y), \Psi_{j,l,k}^h = \phi_{j,k}(x)\psi_{j,l}(y) \\ \Psi_{j,l,k}^v &= \psi_{j,k}(x)\phi_{j,l}(y), \Psi_{j,l,k}^d = \psi_{j,k}(x)\psi_{j,l}(y) \end{aligned}$$

식 (2)의 $V_j f$ 는 웨이브렛 저주파 계수이다. $\{W_j^h f, W_j^v f, W_j^d f\}$ 는 고주파 계수이고 각각은 수평, 수직 및 대각선 특성공간을 형성한다. Daubechies 웨이브렛 스

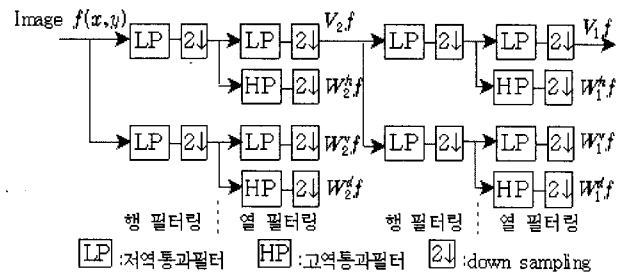


그림 1. 웨이브렛변환에 의한 분해(2 단계)
Fig. 1. Decomposition by wavelet transform(2 levels).

케일 함수 $\phi(x)$ 의 계수 h_n 이 $n=0,1,2,\dots, (2N-1)$ 로서 짝수일 때 h_n 은 식 (3)~(5)를 만족한다.

$$\sum_{n=0}^{2N-1} h_n = \sqrt{2} \quad (3)$$

$$\sum_{n=0}^{2N-1} (-1)^n n^m h_n = 0, \quad m=0,1,\dots, N-1 \quad (4)$$

$$\sum_{n=0}^{2N-1} h_n h_{n+2m} = 0, \quad m \neq 0, m=1,2,\dots, N-1 \quad (5)$$

이 때 $\sum_{n=0}^{2N-1} h_n^2 = 1$ 이다.

영상 데이터 $f(x,y)$ 가 식 (1)의 웨이브렛 변환 과정을 거치면서 각 부대역 계수 특성공간은 식 (2)의 형태로 분해되어(그림 1) 단계별로 저·고주파 특성을 보인다. 분해 단계가 진행하면서 문자영상 $f(x,y)$ 의 문자영역과 배경영역의 주파수특성이 각 계층별 부대역 계수 특성공간상에 제시된다.

$V_j f$ 는 $j=1,2,\dots$ 의 분해 단계에서 문자영상 두 영역의 저주파특성이 계수특성 공간상에 보존되므로 계수집합은 각 영역 저주파특성을 중심으로 양분하는 군집들을 형성한다. $W_j^h f, W_j^v f$ 및 $W_j^d f$ 에서는 예지 및 미세부분의 고주파특성이 0으로 근사되는 저주파표현 계수군집과 함께 (+) 및 (-)의 계수값을 갖는 세 개의 군집을 형성한다. 수직, 수평 그리고 대각선 성분의 고주파 특성이 분해된 각각의 특성 공간상에 제시되며 그 양상은 분해단계가 진행하면서 세분된다.

그림 2는 문자영상(그림 (a))을 Daubechies 웨이브렛 3 단계 분해하여 각 부대역의 단계별 계수들의 군집특성을 분석한 결과이다.

그림 2(b)는 저·고주파 특성을 영상으로 구현한 것이고 그림 (c)~(f)는 부대역들로서 그림의 가로축은 분

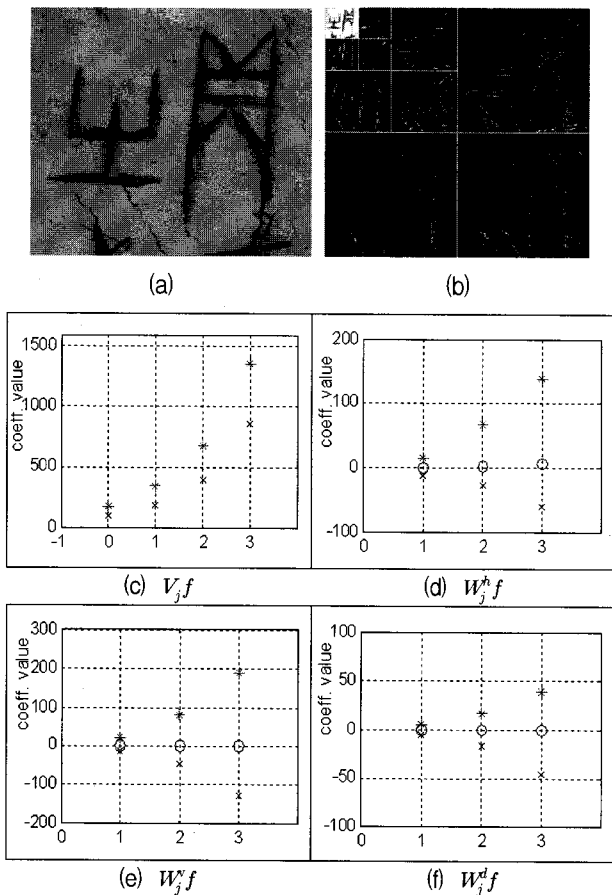


그림 2. 웨이브렛 분해시 각 부대역별 계수군집화 양상
Fig. 2. Coeff. clusters in case of wavelet decomposition

해단계 j 이며 점들 (*, X, o)은 FCM^[11]으로 산출한 군집 중심이다. $V_j f$ 의 군집수 2(개), $W_j^h f$, $W_j^s f$ 및 $W_j^d f$ 는 3(개)이다. 그림 (c)에서 $j=0$ 은 원영상 그림 (a)의 군집특성이다. 분석결과에서 분해단계 j 가 커질수록 네 개의 저·고주파 부대역 모두에서 군집들 사이의 이격 상태가 증가하며 그 격차가 벌어짐을 알 수 있다. 웨이브렛 변환과 그 분해에 의해 문자영상의 저·고주파 특성이 각 부대역 계수 특성 공간에서 군집화 양상이 명확해짐을 보여준다.

III. 웨이브렛 특성 공간에서의 문자 추출

웨이브렛변환에 의해 분해된 각 부대역은 웨이브렛 계수를 원소로 하는 행렬이다. 영상입력과정의 조명 불균형이나 잡음 및 원본의 오염이나 훼손 등으로 인해 관측영상의 색도불규칙이 초래되고 그 현상은 부대역에서도 재연된다. 이러한 현상을 최소화하기 위한 기법으로 국부처리와^[12-14] 분할처리가^[15] 있다. 국부처리는 이동창을 기반으로 이동창 구성 원소들의 통계치로 인접

성을 판별하여 현재고려중인 원소(current element)의 값을 재부여하기 때문에 고주파 성분들의 인접성 판별에는 적합하나 저주파 성분을 평활시킬 수 있다. 문자영상의 경우 이동창 크기가 커질수록 문자 획의 모서리나 에지 및 이음새 부분의 과평활(over smoothing)을 야기한다. 분할처리는 처리 구간을 간소화하여 소구간으로 제한함으로써 저주파성분의 손상은 줄일 수 있는 반면 소구간에서의 영역판별에 일관성이 있어야 한다. 문자영역과 배경영역으로 군집분할 처리된 해당 영역들이 전체로 조합되었을 때 통일된 분할 형태를 유지할 필요가 있다. 본 연구에서 저주파 부대역에는 분할처리를 적용하여 영역 사이의 저주파 특성을 군집분할하고, 고주파 부대역들에는 국부처리를 사용하여 불필요한 고주파 성분을 제거하고 문자 관련 에지의 고주파 성분을 선별한다. 군집분할은 FCM 근거 군집화기법, 국부처리에는 에너지밀도를 정의하고 이를 이동창에 적용한다.

1. 저주파 부대역 특성추출

가. 분할처리와 FCM 군집화

저주파 부대역 $V_j f$, ($V_j f \in R^{a_1 \times a_2}$)를 $V_j f = \bigoplus S_p$, ($p=p_1 \times p_2$, $S_p \in R^{b_1 \times b_2}$, $b_1 = \text{mod}(a_1, p_1)$, $b_2 = \text{mod}(a_2, p_2)$)의 소구간 S_p 로 분할한다. $\text{rem}(a_1, p_1) \neq 0$, $\text{rem}(a_2, p_2) \neq 0$ 이면 S_p 들에는 그만큼의 중복부가 발생하여 경계에서의 계산오류를 방지할 수 있다^[15]. $V_j f$ 와 S_p 에서는 문자영역과 배경영역의 저주파 특성이 특성공간상에 보존되어 계수들이 군집분할할 때 각 군집에는 영역 특성이 나타난다. 일반적으로 사용하는 퍼지군집화기법인 FCM 근거 알고리즘^[11,16]을 $V_j f$ 또는 S_p 의 계수 $D = \{x_1, x_2, \dots, x_M\}$, ($M = a_1 \times a_2$ 또는 p)에 적용하여 목적함수(object function) 식(6)을 최소화하도록 두(개)의 군집으로 분류한다.

$$J(U, C) = \sum_{i=1}^M [(u_{i1})^m \|x_i - c_1\|^2 + (u_{i2})^m \|x_i - c_2\|^2] \tag{6}$$

여기서 $C = \{c_1, c_2\}$ 로서 c_1, c_2 는 각각 군집 1과 군집 2의 중심이다. $U = [u_{i1}, u_{i2}]$, ($U \in R^{M \times 2}$)는 퍼지분할행렬이고 원소 u_{i1}, u_{i2} , ($u_{i1}, u_{i2} \in [0, 1]$, $\sum(u_{i1} + u_{i2}) = 1$, $\forall i = 1, 2, \dots, M$)는 계수 x_i 와 군집 1 및 2 사이의 귀속도(membership degree)이고 $m \in [0, \infty]$ 로서 군집의 퍼지도(fuzziness)를 결정하는 가중치이다.

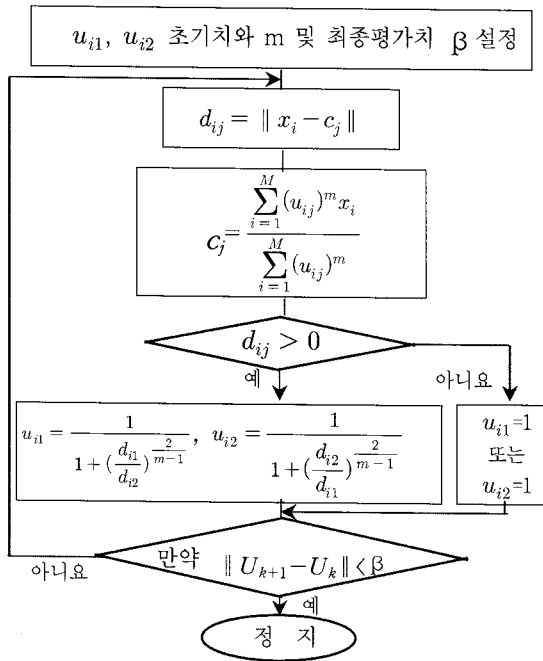


그림 3. FCM 관련 계산 순서도
Fig. 3. Flow chart for FCM computation.

계수 D 를 군집 1과 2로 양분함은 식 (6)의 목적함수를 최소화하는 비선형 최적화 문제로서 $j=1,2$ 과 $i=1,2,\dots, M$ 및 반복회수 k 에 대하여 그림 3의 순서도에 의해 산출한다.

부대역 $V_j f$ 에 대하여 그림 3의 계산과정에 의해 산출된 퍼지분할행렬 U_v 의 열에 대한 행에서의 최대값으로 구성된 행렬 $U_{vm} = \max(U_v)$, ($U_v \in R^{M \times 1}$)을 구한다. U_v 의 첫째 열 u_{v1} 의 원소 배열 가운데 U_{vm} 과 일치하는 원소에 해당하는 D 에서의 원소 집합을 D_{v1} , 둘째 열 u_{v2} 의 원소 배열 가운데 U_{vm} 과 일치하는 원소에 해당하는 D 에서의 원소 집합을 D_{v2} 라 할 때 $D = D_{v1} \oplus D_{v2}$ 로 군집분할하고 군집의 중심은 $\{c_{1v}, c_{2v}\}$ 이다. 이 때 D_{v1} 및 D_{v2} 의 군집범위 CD_{v1}, CD_{v2} 는 그 최소값에서 최대값이다.

$$CD_{v1}: \min(D_{v1}) \sim \max(D_{v1}) \quad (7)$$

$$CD_{v2}: \min(D_{v2}) \sim \max(D_{v2}) \quad (8)$$

동일한 방법으로 소구간 S_p 에서 산출한 분할 군집 중심을 c_{jp} , ($j=1,2$)라 할 때 c_{jp} 와 $\{D_{v1}, D_{v2}\}$ 와의 관계는 식 (9)와 같다.

$$c_{jp} \in D_{vi} \text{ iff } d(c_{jp}) < CD_{vi}, \quad i=1,2 \quad (9)$$

식 (9)가 성립하는 S_p 의 군집들에 속하는 원소 가운데 D_{v1} 에 해당하는 모든 원소 값을 c_{1v} 로 대체함으로써 배경부분을 단일값으로 처리한다.

나. 면적기반영역처리

소구간 FCM 기반 군집화의 부대역 $V_j f$ 으로의 확장 조합에 의해 영역분할이 이루어지나, 처리 결과의 배경 부분에는 관측영상에 존재했던 잡음 및 얼룩점들에 의한 명암도 중복의 영향으로 크고 작은 영역들이 다수 발생한다.

이들 영역들은 크기에 따라 다양한 면적을 갖고 있으므로 면적기반영역처리 기법^[17]을 적용하여 선별한다. 이 때 면적은 영역을 형성하고 있는 원소수이다. 퍼지 군집화로 재구성된 계수집합 $\widehat{V}_j f$ 는 영역 S_q , ($q=1,2,\dots$)에 대해 $\widehat{V}_j f = \oplus S_q$ 이다. S_q 는 문자특성을 갖고 있는 영역들 W_r 과 그 나머지 영역들 W_s , ($r,s=1,2,\dots$)로 구성된다.

$$\oplus S_q = \oplus W_r + \oplus W_s, \quad q = r + s \quad (10)$$

조건 1: $n(W_r) > n(W_s)$ 또는 $n(W_r) \ll n(W_s)$

W_r 과 W_s 의 면적을 SW_r 과 SW_s 라 할 때 $SW_r = n(W_r)$, $SW_s = n(W_s)$ 이다. $\widehat{V}_j f$ 가 조건 1을 만족하면 $\min(SW_r) > \max(W_s)$ 또는 $\min(SW_r) \ll \max(W_s)$ 이고 $\min[n(S_q)] < \zeta < \max[n(S_q)]$ 에 해당하는 ζ 를 기준으로 $n(S_q) < \zeta$ 인 영역의 원소 계수값을 c_{1v} 로 대체함으로써 배경부분에 귀속시킨다.

이상의 과정을 거쳐 재구성된 저주파 부대역 계수 $\widehat{V}_j f$ 를 산출한다. 그림 4는 문자영상 그림 2(a)를 1차 웨이블릿 분해하고 소구간 S_1 , ($V_1 f = S_1$)에 대해 퍼지 군집화와 면적기반영역처리로 산출한 결과를 회색조 영

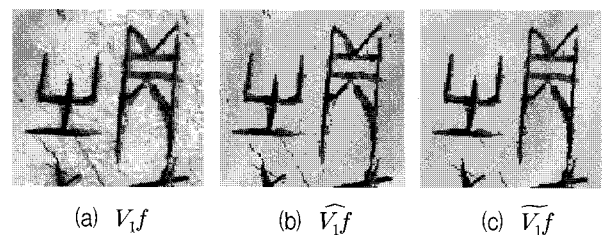


그림 4. 저주파 부대역 문자특성추출(예)
Fig. 4. Sample example for character extraction from low frequency sub band.

상으로 보인 것이다. 배경부분의 얼룩점이나 잡음 및 군소영역들이 처리과정을 통해 제거되고 문자특성이 보존됨을 알 수 있다.

2. 고주파 부대역 특성추출

고주파 부대역 $W_j^h f$, $W_j^v f$ 및 $W_j^d f$ 각각에 사각이동창 W_d , ($W_d \in R^{d_1 \times d_2}$)를 적용한다.

정의 1: $W_d = \{w_i\}$, ($i=1,2,\dots,d$, $d=d_1 \times d_2$)에 Ostu 기법^[18]을 적용하여 산출한 문턱치 w_i 를 기준으로 양분한 두 집합 W_{d1} 과 W_{d2} 에 대하여 $W_{d1} \cap W_{d2} = \emptyset$, $W_d = W_{d1} + W_{d2}$ 이다. 집합의 원소개수 $m_1 = n(W_{d1})$, $m_2 = n(W_{d2})$, ($m_1 \neq m_2$)에서 $\max(m_1, m_2)$ 을 만족하는 집합 W_o 는 W_{d1} 나 W_{d2} 중의 하나이다. $W_o = \{g_c\}$, ($c=1,2,\dots,m_1$ 또는 m_2)인 웨이브렛 계수 g_c 에 대하여 식 (11)의 에너지밀도(energy density)를 정의한다.

$$\delta_w = \frac{\|g_c\|_2}{d} \tag{11}$$

부대역 $W_j^d f$ 은 대각선 특성을 나타내므로 정사각 이동창 W_d , ($d_1=d_2$)을 사용한다. 부대역 $W_j^v f$ 에는 수직 성분이 나타나므로 $W_d \in R^{d_1 \times 1}$, ($d_1 > 1$), 부대역 $W_j^h f$ 는 수평성분에 해당하므로 $W_d \in R^{1 \times d_2}$, ($d_2 > 1$) 사각창을 사용한다. 각 부대역 특성공간의 모든 원소배열에 순차적으로 적용하면서 δ_w 를 산출하고 현재고려중인 원소값을 대치한다. δ_w 적용에 따른 에너지 밀도 증가로 $W_j^d f$ 에서는 평활화가 가속화하고 $W_j^h f$ 와 $W_j^v f$ 에서는 에지성분이 강조된다. 이 과정을 거쳐 재구성된 고주파 부대역 계수 $\widetilde{W}_j^h f$, $\widetilde{W}_j^v f$ 및 $\widetilde{W}_j^d f$ 를 산출하고 $\widetilde{V}_j f$ 와 함께 $\{\widetilde{V}_j f, \widetilde{W}_j^h f, \widetilde{W}_j^v f, \widetilde{W}_j^d f\}$ 을 역웨이브렛 변환하여 영상을 복원하고 문자를 추출한다.

IV. 실험 및 결과

웨이브렛변환에 의해 분해한 부대역을 하나의 소구간($p=1$)으로 처리하는 것과 16(개) 소구간들($p=16$)로 분할하여 처리하는 실험을 각각 실시한다.

그림 5(a)는 화소수 (400X400)의 문자수가 적은 갑골문자영상이다. 웨이브렛 저주파 부대역을 소구간들로



그림 5. 실험영상과 저주파부대역 처리
Fig. 5. Test image and process for low frequency sub band.

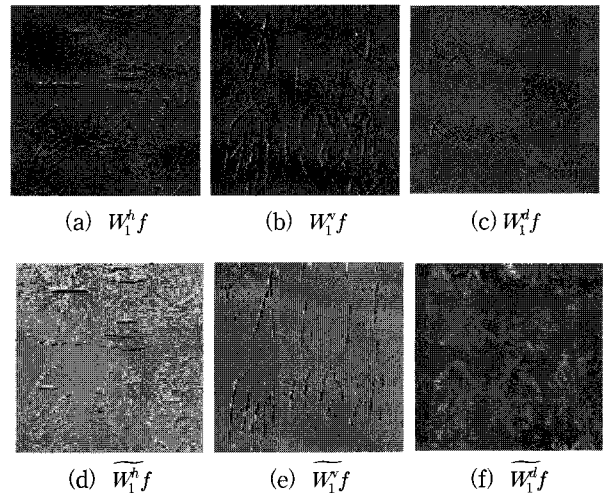
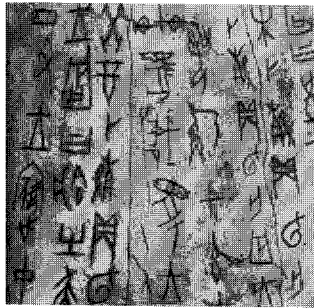


그림 6. 고주파부대역 처리
Fig. 6. Process for high frequency sub bands.

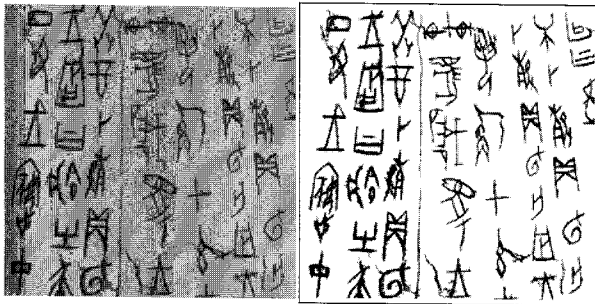
분할하지 않고 제 III 장의 기법을 적용하여 알고리즘의 효과를 관찰한다. 이 때 $j=1$ 로서 1 단계 분해이다.

그림 5(c)~(f)는 웨이브렛 변환하여 분해한 저주파 부대역의 처리과정을 보이고 있다. 그림 (c)는 저주파 부대역, 그림 (d)는 FCM근거 군집처리한 결과, 그림 (e)는 면적기반영역처리 전에 군집분할 된 상태를 이진 영상으로 표현한 것이다. 그리고 그림 (f)는 그림 (d)를 면적기반영역처리 기법($\zeta=40$)으로 처리한 결과이다.

그림 6은 고주파 부대역 $W_j^h f$, $W_j^v f$, $W_j^d f$ ($j=1$) 각각에 대해 에너지밀도 처리 전후의 계수상태를 영상으로 보인 것이다. 처리 후($d=3$) 각부대역에서 처리 전에 비해 문자관련 에지부분의 고주파가 활성화되고 있



(a) 대상 영상



(b) 역웨이브렛 결과

(c) 문자추출 결과

그림 7. 실험영상과 웨이브렛기반 문자추출
Fig. 7. Test image and wavelet based character extraction.

음을 볼 수 있다.

그림 5(f)와 그림 6(d)~(f)의 처리 결과를 역웨이브렛 변환하여 영상을 복원하고 그림 5(b)의 문자를 추출하였다.

다음은 그림 7(a)의 화소수 (984X1024)인 갑골문자 영상을 웨이브렛 변환하여 부대역들로 1 단계 분해하고 ($j=1$) 제 III 장의 기법을 적용한다.

이 때 저주파 부대역은 (4X4), $p=16$ (개)의 소구간들로 분할처리한다. 고주파부대역 처리시 이동창 크기 $d_1=d_2=3$, $\zeta=50$ 이다. 그림 7(b)는 알고리즘을 적용하여 처리한 부대역들을 역웨이브렛 변환으로 본래 영상상태로 복원한 결과이다. 배경부분이 단일 명암도로 처리되었으므로, 그로부터 그림 (c)와 같이 문자를 추출하였다. 이 과정에서 면적기반 영역처리의 한계를 벗어난 원영상의 장선(長線)은 일부 제거되지 않았다.

V. 결 론

웨이브렛 변환과 퍼지군집화에 근거하여 디지털화된 각필(刻筆) 갑골문자영상으로부터 문자를 처리하는 기법을 고안하였다. 갑골문자영상은 종이 위에 기록된 경우와는 달리 조명환경이나 오염 및 잡음에 취약하다. 각필문자 부분이 형성된 결상에서 유사성이 존속하며

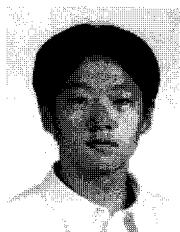
배경부분의 양상과 함께 웨이브렛에서 서로 다른 준위의 다해상도 특성들로 분해된다는 점을 착안하였다. 일차적으로 Daubechies 웨이브렛을 적용하여 영상을 부대역들로 분해한다. 저주파 부대역의 분할처리 된 소구간들에는 FCM에 근거 문자부분과 배경부분을 군집분할하고 면적기반영역처리기법을 적용하여 문자구역에의 귀속여부를 판별 선별하고 그 결과를 조합하였다. 고주파 부대역에는 이동창에서의 에너지밀도를 적용하여 고주파 특성을 활성화하였다. 처리된 각 부대역들은 역웨이브렛으로 복원하였으며 배경부분이 배제된 문자를 추출할 수 있었다. 실험결과는 제안된 기법의 효과를 보이고 있다. 그리고 추출과정에서 발생하는 장선(長線) 처리 문제는 문자인식의 향후 연구 과제이다.

참 고 문 헌

- [1] L. Feng, Y. Y. Tang, and L. H. Yang, "A wavelet approach to extracting contours of document images," in Proc. of Fifth Int'l Conf. on Document Analysis and Recognition, pp. 71-74, Sept. 1999.
- [2] S. Mallat and S. Zhong, "Characterization of signals from multiscale edges," IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 14, no. 7, pp. 710-732, July 1992.
- [3] D. L. Donoho, "Denoising by soft-thresholding," IEEE Trans. Information Theory, Vol. 41, no. 3, pp. 613-627, May 1995.
- [4] K. Etemad, D. Doerman, and R. Chellappa, "Multiscale segmentation of unstructured document pages using soft decision integration," IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 19, no. 1, pp. 92-96, Jan. 1997.
- [5] A. Busch, W. W. Boles, and S. Sridharan, "Texture for script identification," IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 27, no. 11, pp. 1720-1732, Nov. 2005.
- [6] T. L. Chew, R. Cao, and S. Peiyi, "Restoration of archival documents using a wavelet technique," IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 24, no. 10, pp. 1399-1404, Oct. 2002.
- [7] S. Pittner and S. V. Kamarthi, "Feature extraction from wavelet coefficients for pattern recognition tasks," IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 21, no. 1, pp. 83-88, Jan. 1999.
- [8] B. Vidakovic, *Statistical modeling by wavelets*, John Wiley & Sons, New York, 1999.

- [9] I. Daubechies, "The wavelet transform, time frequency localization and signal analysis," *IEEE Trans. Information Theory*, Vol. 36, no. 5, pp. 961-1005, Sept. 1990.
- [10] I. Daubechies, *Ten Lectures on Wavelets*. Philadelphia, SIAM Press, 1992.
- [11] J. C. Dunn, "A fuzzy relative of the ISODATA process and its use in detecting compact well-separated clusters", *Journal of Cybernetics*, Vol. 3, pp. 32-57, 1973.
- [12] 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.
- [13] D. Zheng, J. Wang and Z. Xiao, "Image enhancement based on local standard deviation," *Journal of Information & Computational Science*, Vol. 2, no. 2, pp. 429-437, 2005.
- [14] 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.
- [15] J. Y. Kim, L. S. Kim, and S. H. Hwang, "An advanced contrast enhancement using partially overlapped sub-block histogram equalization," *IEEE Trans. Circuits and System Video Technology*, Vol. 11, no. 4, pp. 475-484, April, 2001.
- [16] J. C. Bezdek, *Pattern recognition with fuzzy objective function algorithms*, Plenum Press, New York, 1981.
- [17] 황재호, "변형된 면적기반영역선별 기법에 의한 문자영상분할", *전자공학회논문지*, 제43권 SP편, 제5호, 30-36쪽, 2006년 9월
- [18] N. Otsu, "A threshold selection method from gray-level histograms," *IEEE Trans. Systems, Man, and Cybernetics*, Vol. 9, no. 1, pp. 62-66, 1979.
- [19] R. Plamondon and S. N. Srihari, "Online and off-line handwriting recognition: a comprehensive survey," *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 22, no. 1, pp. 63-84, Jan. 2000.
- [20] Y. Solihin and C. G. Leedham, "Interl ratio: A new class of global thresholding techniques for handwriting images," *IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 21, no. 8, pp. 761-768, August 1999.
- [21] Xiaoyi Jiang, D. Mojon, "Adaptive local thresholding by verification-based multithreshold probing with application to vessel detection in retinal images," *IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 25, no. 1, pp. 131-137, Jan., 2003.
- [22] J. Besag, "On the statistical analysis of dirty pictures," *J. R. Statist. Soc.*, Vol. 48, no. 3, pp. 259-302, 1986.
- [23] A. Owen, "Image segmentation via iterated conditional expectations," Technical Report, Department of Statistics, University of Chicago, 1989.
- [24] H. Zhang, "Image restoration: Flexible neighborhood systems and iterated conditional expectations," *Statistica Sinica* Vol. 3, pp. 117-139, 1993.
- [25] S. C. Pei and C. N. Lin, "Image normalization for pattern recognition," *Image Vision Comput.*, Vol. 13, no. 10, pp. 711 - 723, Dec. 1995.

저 자 소 개



황 중 원(학생회원)
2006년 2월 경인교육대학교
교육학사
2006년 3월~현재 숭실대학교
대학원 미디어학과,
석사과정
<주관심분야: 컴퓨터비전처리,
알고리즘개발, 교육미디어>



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