

웨이브렛 변환을 이용한 필기체 한글 문자의 세선화 알고리즘

°길문호,유기형, 박정호, 최재호, Kwak Hoon-sung

전북대학교 공과대학 컴퓨터공학과 영상처리연구소

560-756 전북 진주시 덕진구 덕진동 1가 664-14

E-mail : jhpark@moak.chonbuk.ac.kr

Thinning algorithm of Hand-Printed Korean Character using Wavelet Transform

°Kil Mun-Ho, Gi-Hyoung Yoo, Park Jeong-Ho, Choi Jae-Ho, Kwak Hoon-sung

Image Processing Lab., Dept. of Computer Eng., Chonbuk National University

664-14 Dukjin-ku, Chonju, Chonbuk,560-756, KOREA

E-mail : jhpark@moak.chonbuk.ac.kr

ABSTRACT

Recently, image and voice processing part is using wavelet transform. We propose thinning algorithm using wavelet transform. Wavelet transform consists of low frequency and high frequency in the spatial and frequency domain. After the wavelet decomposition, more than 90 percents of energy are contained in lowest frequency band. Therefore, for images with large difference of gray value between foreground and background like character images, we can more accurately in the lowest frequency band. Lowest frequency band has wavelet transform significant coefficient(WTS) that is required for the thinning algorithm we proposed. Paper [3][5][7][8] can not separate consonants and vowels of korean characters. Because korean characters have structural feature. This paper can separate consonants and vowels. Simulation executed low frequency image and data compression can reduce $1/4^n$ with level n. we can reduce time complexity $3/8$.

제1장. 서론

멀티미디어 시대에서 영상 신호는 매우 큰 비중을 차지한다. 다양한 시스템들이 인간 중심적으로 변화하고 있으며 인간이 인식하는 정보의 80% 이상이 시각정보임을 고려할 때 그 중요성은 더욱 커지게 된다. 하지만 패턴 인식 분야는 처리하는데 데이터 양이 방대하므로 물체와 문자인식 등과 같은 분야에서는 데이터 양을 감소시키면서 필요한 정보를 잃어버리지 않는 방법이 필요하게 되었다. 이에 대한 방안으로 세선화(thinning) 방법이 연구되었다.

기존 세선화 알고리즘은 Rutovitz가 1966년에 발표한 논문[1]에서 지금까지 여러 알고리즘에 적용되어온 Crossing number를 정의하면서 본격적인 연구가 시작되었다. 그 이후로 Rosenfeld[2]에 의해 1970년에 발표된 논문에 의하여 화소들간에 연결성 형태가 정의되었고 이를 Chu와 Suen에 의하여 확장되었다. 이런 연구들을 기반으로 여러 논문들이 발표되어 왔다. 특히, 필기체 한글의 경우 획의 변형이 심하여 세선화 할 때 나타나는 문제점들 중에서 연결 부분에서 변형, 자소의 직진성 상실과 특징점 사이의 방향성이 변한다. 이

것은 한글인식을 위한 특징점을 추출하는데 오류를 발생시킨다. 이를 해결하기 위한 방법으로 본 논문에서는 웨이브렛 변환과 형태소를 이용한 한글 문자 세선화 알고리즘을 제안한다. 최근 들어 응용수학, 신호처리, 컴퓨터 비전 등의 영역에서 독립적으로 발전한 웨이브렛, 다해상도 분석 등이 이산 웨이브렛(discret wavelet transform : DWT) 하나로 통합되었다. 웨이브렛 변환은 임의의 신호를 시간과 주파수 공간으로 표현할 수 있는데 주파수 공간은 다시 저주파와 고주파로 나누어진다. 전체 신호에 대해 저주파는 에너지를 90%이상 가지고 있어 에너지를 원하는 영상에 집중시킬 수 있다[11]. 특히 문자 영상처럼 문자와 배경사이 그레이 값의 변화가 심한 영상에서는 에너지를 문자에 정확하게 집중시키고 정보량도 줄일 수 있는 장점이 있다. 일반적으로 문자 인식에서 대상문자를 양자화 하는 진처리는 인식에 불필요한 잡음을 제거는 인식 성능을 좌우할 만큼 중요한 요인의 하나이다[4]. 웨이브렛 변환 계수(wavelet transform coefficient)중 임계값보다 작은 웨이브렛 변환 유효 계수(Wavelet Transform Significant coefficient : WTS)는 다차 영상으로 무손실 압축(lossless compression)으로 원래의 영상으로 복원할 수 있는 중요한 정보를 가지고 있다. 하지만 문자 인식에서는 잡음 제거 등 더욱 정교한 세선화 과정이 필요하다. 기존의 세선화 [3][5][7][8]은 하나의 화소를 제거 또는 연결을 위하여 3×3 마스크를 사용해 주위의 8개의 화소 값을 고려했다. 본 논문에서는 한 화소를 제거 또는 연결을 위해 수리 형태학[9] 연산자 녹입(erosion)을 이용해 간단한 정방향 2×2 형태소(structural element) $s(m,n)$ 를 WTS 영상에 적용하여 세선화 과정을 수행하였다. 그러므로 본 논문에서는 한 개의 화소를 결정하기 위해서 기존의 방법보다 3/8로 계산량이 줄어들었다. 이렇게 얻어진 세선화 영상을 이미 제안된 다른 4가지의 [3][5][7][8]세선화 알고리즘과 성능을 비교하였다. 비교 항목으로는 기존 골격 선과의 유사도, 잔가지 수, 그리고 한글 인식의 중요한 요소 중의 하나인 자소 분리율을 선택하였다.

제2장 기존 알고리즘의 문제점

기존의 세선화 알고리즘은 일반적으로 아래와 같은 문제점을 가진다.

1. 문자의 변형을 동반한 두께 정보가 상실된다.
2. 지소의 연결 부분에서 변형이 일어난다.
3. 지소의 직선성 상실과 특징점 사이의 방향성이 변한다.
4. 한 자소에 연결되어 있는 미소한 자소가 경우에 따라서 소멸 또는 확대되어 오인식의 원인이 된다.

한글인식에서 많이 사용되는 구조적 방법에서는 문제점 2번과 3번의 영향을 많이 받는다.

이와 같이, Hilditch[5] 알고리즘은 자소 연결 부분에서 변형이 심하고 자소의 직선성이 상실됨을 알 수 있고 Zhang[6]은 “o”이 마치 직선과 같이 표현되어 “口”과 혼동을 일으킬 수 있는 문제점이 있다. 이런 문제점들은 세선화 후에 분기점이나 굴곡점 추출을 어떻게 해서 특징점 추출을 위한 마스크를 추가하고 화소의 각도를 측정하는 등의 복잡성을 증가시킨다. 본 논문의 첫 번째 단계로, 문제점 1에서 글자의 변형이 없는 두께 정보를 최소화시키고 문제점 4에서 자소 연결과 소멸을 방지하는 웨이브렛 변환 유효계수를 제안한다.

본 논문의 두 번째 단계는, 문제점 2,3번에서 연결 부분 변형과 직선성 상실 등을 방지하기 위해서 수리형태학 연산자 erosion을 가진 2×2 형태소를 이용한 세선화 알고리즘을 제안한다.

3장. 제안한 세선화 알고리즘

3.1 웨이브렛 변환의 영상에 대한 적용

본 논문에서는 웨이브렛 분석 시스템의 서브밴드 코딩(subband coding)구조를 이용한다. 서브밴드 구조의 웨이브렛 변환을 이용한 일차원 신호의 분해는 그림1 같이 낮은 대역에 대해 계속 반복적인 분해를 하는 것으로 저주파 대역의 폭을 반감시키는 것이며 이는 2배의 주파수 해상도를 얻음을 의미한다. 또한 1/2의 감축(subsampling)을 통해 시간축의 해상도는 반으로 감소하게 된다.

그림1은 영상 신호의 분해를 나타낸다. 그림1과 같이 저주파 대역 쪽으로 주파수 해상도를 2배씩 증가하는 대역 분할을 옥타브 웨이브렛(octave or dynamic wavelet) 대역 분할이라고 한다. 그림 1과 같이 256x256 한글 문자 영상을 저주파 대역을 가지고 원하는 단계까지 서브샘플링을 한다. 마지막 단계의 최저주파 대역에서 임계값 보다 작은 값을 본 논문에서는 웨이브렛 유효 계수(wavelet transform significant coefficient :WTS)로 정의하였다.

S>=2	S=2	S=1
Low Resolution image	Scale S=2 Vertical component	Scale S=1 Vertical Component
Scale S=2 Horizontal component	Scale S=2 Diagonal component	
Scale S=1 Horizontal Component		Scale S=1 Diagonal Component

그림1. 영상 신호의 분해

3.2 형태소의 종류 및 세선화 적용

웨이브렛 변환에 의해 얻어진 WTS 영상에 그림2의 형태소 종류를 이용해서 세선화를 수행했다. 그림2의 *는 2진 양자화 하기 위해서 주위의 화소 값 3개를 고려하여 결정되는 화소를 나타낸다. 그림 2의 *와 ●는 임계값 이하의 값을 가지고 있다. 그림 2의 (a)는 끝점 또는 잡음 성분이고 (b)는 수평 직선 성분에 대한 세선화이며, (c)와 (d)는 연결점에 대한 세선화이고 (e)는 수직 직선 및 사선 성분에 대한 세선화 방향이다. 형태소 nB는 B를 n회 erosion처리하도록 하여 연산을 간편하고 빠르게 하며 이를 형태론적으로 표현하면 식(1)와 같다.

$$nB = B \ominus B_2 \ominus B_3 \ominus \dots \ominus B_{n-1} \ominus B_n \quad \text{식(1)}$$

단, $i = 1, 2, 3, \dots, n-1$ 이며 $B = B_i$ 이다.

$n = 0$ 인 경우는 B가 된다.



(a) (b) (c) (d) (e)

그림 2. 2x2 형태소 종류
WTS 영상을 가지고 간단한 2x2 형태소를 이용한 한글 문자의 세선화 과정의 흐름도는 그림 3과 같다.

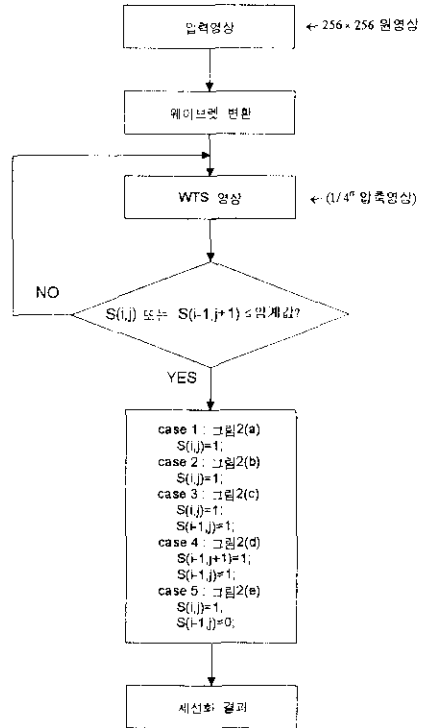
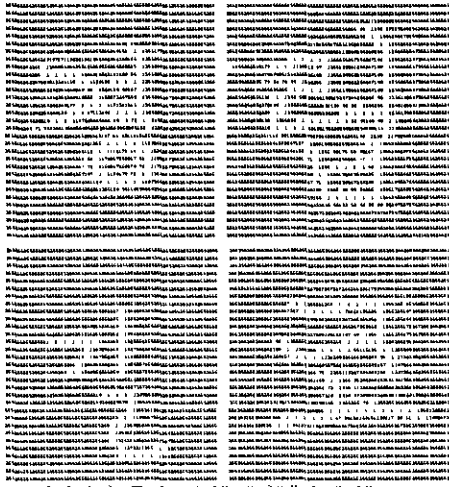


그림3. 제안한 세선화 과정의 흐름도

제4장 실험 결과

그림 3은 문자 “경”, “림”, “길”, “코”을 저주파 대역의 WTS 영상을 가지고 2x2 형태소를 적용한 결과이며, 논문 [12]에서는 “경”, “림”의 중성과 중성이 연결되는데 본 논문은 문자 “경”은 초성“-”과 중성“ㄱ”그리고 중성 “ㅇ”으로 문자 “림”은 중성과 중성으로 자소 분리를 해냈다. 특히, 웨이브렛 변환을 실험에 적용한 결과 필기체 혹은 인쇄체의 중성과 중성이 연결될 수 있으나 글자의 두께가 급격히 줄어드는 집축 부분은 본 논문을 적용한 결과 쉽게 자소를 분리할 수 있다.



3. 세션화된 문자 “경”, “림”, “길”, “경”

제5장 결론

본 논문에서는 웨이블릿 변환 유효계수와 형태소를 이용한 세션화 알고리즘을 제안했다. 다른 논문과 비교 결과 글자의 변형을 최소화하여 얻어진 기준 세션화의 유사도와 자소 분리율에서 우수한 성능을 나타내어 특징 추출이 중요시되는 문자 인식의 전처리 과정에 유용하게 쓰일 수 있을 것이다. 그러나 “口”과 “o”를 경우에 따라서 서로 다르게 인식 할 수 있다. 이것은 인식 단계의 후처리 과정에서 문맥에 의한 해결을 시도했다. 실제로 기존의 방법 [3][5][7][8]에 비해 원 영상의 크기를 1/4로 압축하고 계산 량은 3/8로 줄일 수 있었다. 특히 하드웨어 구현이 용이한 수리 형태학 연산을 사용하므로 하드웨어로 구현했을시 처리시간을 충분히 감소시킬 수 있다. 앞으로의 연구 방향은 아주 변형이 심한 필기체의 경우와 배경이 있는 문자를 추출하는데 사용되는 유용한 세션화 알고리즘 연구가 필요하다.

참고문헌

[1] D.Rutovitz, "Pattern recognition" Journal of Royal Statistical Society, vol.129, Series A, pp. 504-530. 1966.
 [2] A. Rosenfeld, "Connectivity in digital pictures," Journal of the ACM, vol. 17, no. 1, pp. 146-160, 1970.

[3] 이기영, 구하성, 고형화. "필기체 한글 인식에 응용한 세션화 알고리즘 성능 개선에 관한 연구", 한국통신학회 논문지, vol. 19, no.5, pp. 883-891, 1995.
 [4] L. O' Gorman, "Binarization and multithresholding of document images using connectivity," CVGIP : Graphical models and image processing., Vol.56, no.6, pp.494-506, 1994.
 [5] C. J. Hilditch, "Linear skeletons from square cupboards," Machine Intel, vol. 4 pp.403-420, 1969.
 [6] T. Y. Zang and C. Y. Suen, "A fast parallel algorithm for thinning digital pattern," Comm. ACM. vol. 27, no. 3, pp. 236-239, 1984.
 [7] Y. K. Chu and C. Y. Suen, "An alternate smoothing and striping algorithm for thinning digital binary patterns," Signal Processing, vol. 11, no. 3, pp. 207-222, 1986.
 [8] N. J. Naccache and R. Shinghal, "SPTA: A proposed algorithm for thinning binary patterns," IEEE Trans. Systems, Man, and Cybernetics, vol 14, no. 3, pp. 409-418, 1984.
 [9] P. Maragos and R. D. Ziff, "Threshold superposition in morphological image analysis system," IEEE Trans. PAMI, Vol. 12, pp.498-503, 1990.
 [10] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, Digital Image Processing, Addison Wesley Publishing Com., 1992.
 [11] S. G. Mallat, "A theory for multiresolution signal decomposition: The wavelet representation," IEEE trans. PAMI., vol. 11, pp. 674-693, July 1989.
 [12] 김형태, 고형화 "패턴 매칭에 의한 이진 한글 문서의 유무손실 압축에 관한 연구," 한국통신학회 논문지, vol. 22, no. 4 pp. 726-736 ,1997.