시각신경 메커니즘을 이용한 한자 획의 분리 및 추출

손 진 우† 이 욱 재†† 이 행 세†††

요 약

시각신경계의 특징추출 기구인 수용영역 즉, RF(Receptive Field) 모델을 이용하여 한자 획의 분리 및 추출에 관한 방법을 제안한다. 한자의 복잡한 정보에 대한 분리추출과 데이터베이스화 등은 더욱 명백한 처리과정을 필요로 하고 있다. 본 기법의 특징은 망막과 대뇌 시각영역의 특징추출 기구인 수용영역을 모델링 하였고 신경세포 입력 방식에 따라 국소적인 처리에서 얻어진 정보를 대국적인 처리로 통합 추출하는 것으로서 그 가능성과 유효성을 확인할 수 있었다.

Stroke Extraction of Chinese Character using Mechanism of Optical Neural Field

Jin Woo Sohn†, Wook Jae Lee†† and Haing Sei Lee†††

ABSTRACT

In this paper, a new stroke extraction method of Chinese character based on the human optical field(the Receptive Field of Cell) is proposed. In processing the feature extraction of the Chinese character, needed are more perfect extraction methods for separated informations and its data base. This method can be applied to processing neural cell using conventional feature extraction mechanism in the optical boundary of retina and cerebrum. With this method, its applicability and effectiveness were demonstrated extracting strokes from Chinese character.

1. 서 론

사무자동화를 위해서는 정보량의 증가에 따른 방대한 양의 문서 데이터를 작성, 편집 처리 하는데 있어서 새로운 입력 수단으로 인간의 수작업이 아닌 컴퓨터 스스로 문서의 자동 입력과 인식에 대한 문제가 절실히 요구되고 있는 실정이다.

특히 일반 문서나 신문과 같은 많은 양의 문서 데이터를 빠르고 정확하게 처리하기 위해서는 한글과 영문자는 물론 한자를 인식할 수 있는 연구가 필요하게 되었다. 이러한 한자인식은 1960년대에 처음 시작되었으나 1970년대 이후 한자를 많이 사용하는 일본에서 활발하게 진행되어 상당한 연구가 이루어졌다. 인쇄체 한자인식에 관한 첫 논문은 1966년 R.Casey와 G.Nagy에 의해 발표되었는데[1] 이들은 템플리트 매칭법을 이용하였다. P.P.Wang[2]는 한자의 63개 부수에 대한 세 가지 변환 (Fourier, Hadamard, Rapid)의 영향에 대하여 연구하였다. 계층적 매칭법은 Yamamoto[3]에 의해 개발되었다. Umeda[4]는 다중 문자체 한자에 대한 그물 구조와 주변 패턴의 조합을 이용한 일차분류를 발표하였고 P.Chen[5]등은 다중 문자체 한자에 대하여 복잡도를 이용한 일종의 획관계 코드를 정의하여 인식하였다.

이렇게 한자인식에 관한 연구는 1960년대 이후부터 현재까지 꾸준하게 연구되어져 오고 있으

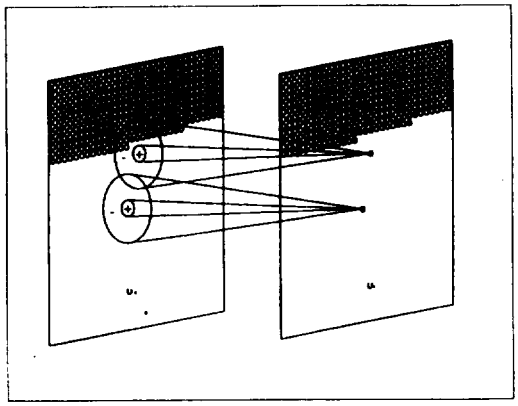
† 정 회 원 : 한국전자통신연구소 설계 자동화실장
†† 정 회 원 : 아주대학교 전자공학과 석사과정
††† 정 회 원 : 아주대학교 전자공학과 교수
논문접수 : 1994년 5월 28일, 심사완료 : 9월 23일

며[6, 7, 8] 인식하는 구조적 방법은 세선화 과정을 거쳐 인식하는 방법[7, 9, 10]과 이 과정을 거치지 않고 문자 패턴의 형상이나 윤곽선에 의하여 인식하는 방법[11, 12]이 있다. 그리고 통계적 특징량을 근거로 하여 학습되지 않은 문자 즉, 미지의 입력 문자를 후보 문자로 대체하여 입력 패턴과 비교 조합하여 인식하는 패턴 정합법과 문자화상의 선분사이의 관계 즉, 획들의 거리와 이외의 다른 특징 성분들을 인식 요소로 사용하는 구조 해석법이 연구되었다. 여기서, 패턴 정합법은 유사한 문자에의 인식이 어렵고, 구조 해석법은 문자화상이 손실된 경우, 즉 문자에 잡음이 있을 시에는 인식 적용이 불확실하고 계산량이 많다는 단점을 가지고 있다.

한편, 시각신경계 (Optical Neural Field)에 있어서 정보 처리의 메커니즘을 분석하려는 연구가 생리학이나 심리학의 분야에서 활발히 수행되어 왔다. 그 결과 생물의 시각 신경계는 컴퓨터를 비롯한 현재의 정보 처리 장치에는 볼 수 없는 우수한 능력을 가진 시스템이라는 것이 밝혀졌으며[13] 특히, 최근 이러한 메커니즘을 컴퓨터로 처리가 어려운 패턴 인식이나 지식처리 등 인공지능 분야에의 응용 여부가 비상한 관심의 대상이 되고 있다[14, 15].

패턴을 분석하여 문자의 기본요소들을 찾아내고 이들의 구조 분석에 의해 분리 조합하거나 패턴의 일치 여부를 판별하는 등의 방법을 사용하는 기존의 한자인식 방법과는 달리, 본 연구에서는 문자에 대해 시각적으로 감지하여 인식하는 방식을 구현하는 것을 목표로 하고 있다. 먼저, 그 전 단계로서 한자 인식의 전 처리 과정이라 할 수 있는 획의 분리 추출에 관하여 생체의 시각 정보 처리 과정에서 보이는 시각 신경계의 특징추출 기구를 참고로 모델링한 공간 필터 (Spatial Filter)를 구현하여 적용하는 알고리즘을 제안한다.

즉, (그림 1)과 같이 망막과 대뇌 시각 영역의 특징 추출 기구인 수용영역 (Receptive Field)을 모델링[16, 17]하고, 신경세포 입력의 공간적인 가산 (Spatial Summation)에 해당하는 Convolution 과 임계값 처리를 주된 기법으로 하여 여러 가지 한자로부터 획의 분리 및 추출을 인쇄체 한자를 연구 대상으로 실험하였다.



(그림 1) 시각신경계의 수용영역 개념도(U_0의 시세포 층과 U_1의 ON 중심형 신경 세포로 콘트라스트 검출층을 형성한 망막의 모델)

(Fig. 1) Signal summation over a retinal ganglion cell receptive field

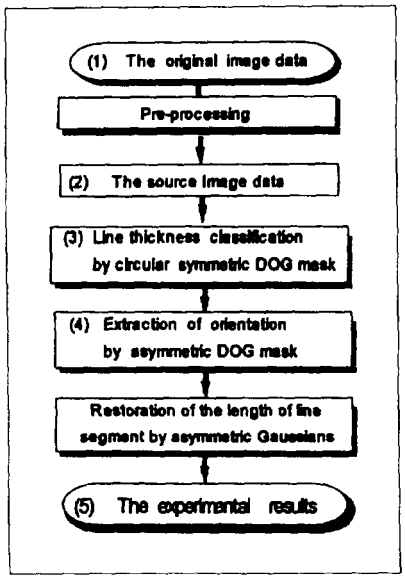
2. 획의 분리 및 추출

2.1 획의 분리 및 추출 방법의 개요

위의 처리 기법에 의한 획의 분리 및 추출 시스템 구성은 그림 2와 같다. 본 연구의 전체 시스템은 한자인식의 기초 작업이라 할 수 있는 획을 생체의 시각 메커니즘으로 분리 및 추출하여 인식하고, 대뇌에서 문자를 이해하는 방식은 획의 코드화를 바탕으로 하여 데이터베이스화를 구현하고자 한다. 그 중 시각 신경망을 모델링하여 시각 신경계의 특징추출 구조에 대해 제안한 알고리즘의 전 단계 검증과 한자 구성 기본요소에 해당하는 획의 분리 및 추출을 시도한 흐름도를 나타낸 것이다.

(그림 2)에서 레벨(1)은 인쇄체 원(original) 문자자료이고, 두 번째 블럭은 입력(source) 문자 자료를 얻기 위한 가공 과정을 나타내고 있다. 또한 각 처리는 각각의 방위 선택성을 가진 시각 수용영역에 해당하는 공간 필터링 단계를

나타내고 있으며, 레벨(2)는 전 처리 과정을 거친 입력문자 자료, 레벨(3)은 각 문자에 대한 구성요소인 획의 (segment) 폭에 따라 분류하여 노이즈를 제거하는 과정, 레벨(4)은 각 방향에 대한 획의 분리 및 추출 과정, 레벨(5)은 최종 결과로서 그 내용을 (그림 7)에 나타내었다.



(그림 2) 획의 분리 및 추출에 관한 흐름도
(Fig. 2) The flow of stroke extraction

2.2. 공간필터에 의한 한자 획의 분리 및 추출

한자 획의 형태상 특징으로는 일반적인 문자 획의 특성과 마찬가지로 같은 크기의 문자인 경우에 획을 이루는 선분의 폭이 거의 일정하다. 또한 교차된 선분이 많다는 점은 한자만의 특성으로 들 수 있다.

2.2.1 획의 폭에 의한 노이즈 제거

인간의 시각 능력에 관한 연구는 빛에 대한 눈의 반응이 공간적으로 폭이 좁은 가우스 분포 모양의 자극 반응과 폭이 넓은 가우스 분포의 억제 반응의 중첩으로 이루어졌음을 밝혀낸 Enroth-Cugell 과 Rodieck[18] 연구로부터 본격화되기 시작하였다. 눈의 시각처리 기능이 두 가우스 함수의 차 (DOG:Difference Of two Gaussian)로 밝혀짐에 따라 Marr 와 Hildreth[19, 20]은 가우스 함수를 2차 미분한 함수 ∇^2G (LOG: Laplacian Of a Gaussian)가 DOG와 유사한 모양을 가지며 영상의 밝기 변화 검출에 적용될 수 있음을 보였다.

따라서 시각 메커니즘으로 문자를 인식, 이해하는 과정은 한자를 구성하고 있는 획의 구조를 인식하고 형태의 조합을 이해함으로써 그 의미를 인식, 이해하게 된다. 그러므로 전 처리 과정을 거친 입력 문자 자료로부터 획의 성분은 남기고 노이즈를 제거하는 과정으로서 대부분 일정한 폭을 갖는 획의 특징을 사용하여 획과 획의 간격을 초과하는 정보는 문자 주변의 노이즈로 처리하고, 노이즈와 획이 합쳐져 획의 굵기 차이가 심한 부분의 노이즈도 식별하여 제거하고자 한다. 여기서 볼 수 있듯이 획의 폭이 노이즈와 획을 구별하는 부분적인 구분 기준이 될 수 있음을 알 수 있다. 그래서, 먼저 입력 문자 자료에 대한 선폭 분류를 공간 필터에 의하여 처리한다. 여기에 사용된 필터는 중심으로부터의 거리를 r이라 할 때, 두 가우스 함수의 차인 DOG 함수를 이용하며, 원형 (circular)의 DOG 함수는 다음 식과 같은 대칭적인 형태로 구성할 수 있다. 즉, 흥분 영역의 표준편차를 σ_e, 억제 영역의 표준편차를 σ_i라 할 때, 흥분 영역의 분포 $G_e(\sigma_e, r)$, 억제 영역의 분포 $G_i(\sigma_i, r)$의 가우스 함수와 이 두 함수의 차인 DOG 함수는 다음과 같다.

$$G_e(\sigma_e, r) = \frac{1}{2\pi\sigma_e^2} \cdot e^{-r^2/2\sigma_e^2} \tag{1}$$

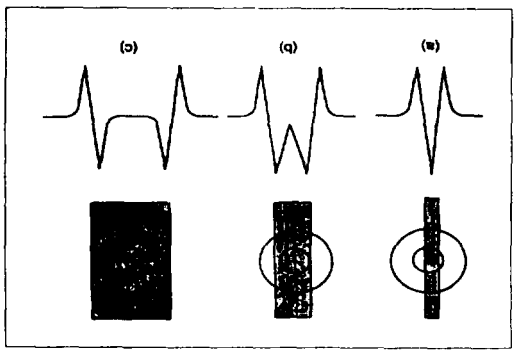
$$G_i(\sigma_i, r) = \frac{1}{2\pi\sigma_i^2} \cdot e^{-r^2/2\sigma_i^2} \tag{2}$$

$$DOG(\sigma_i, \sigma_e, r) = \frac{1}{2\pi\sigma_i^2} \cdot e^{-r^2/2\sigma_i^2} - \frac{1}{2\pi\sigma_e^2} \cdot e^{-r^2/2\sigma_e^2} \tag{3}$$

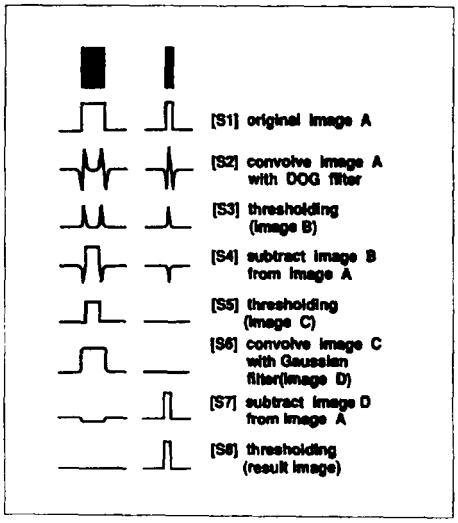
2개의 가우스 함수의 표준편차의 비가 $\sigma_i/\sigma_e = 1.6$일 때, Laplacian Gaussian 함수는 생체가 가진 눈의 세포 반응에 관한 신경 생리학적 실험에 의해 임펄스에 대한 반응이 공간적으로 망막의

수용영역에 넓게 분포된 억제 반응과 좁게 분포된 흥분 반응, 즉 자극 반응의 중첩으로 나타나는 신호와 비교 시에 가장 양호한 근사 함수로서 최적의 필터가 된다고 표현된 바 있다[21]. 이 필터와 입력 내용상의 공간적인 처리를 행하면, 폭에 따라 출력 변화가 생긴다. 이 출력 변화에 대한 그림을 (그림 3)에 나타내었다. 가는 폭은 부(−)의 피크가 2개, 정(+)의 피크가 1개(그림 3(a))이지만 굵은 폭에서는 부의 피크가 2개, 정의 피크가 2개로 된다.(그림 3(b)). 또한 선분 폭이 아주 굵은 경우에는 정의 피크 사이에 0의 부분이 나타나게 된다(그림 3(c)). 또, 이 성질은 DOG 함수의 표준편차 값이 다름에 따라 동일한 폭을 갖는 획에서도 표준편차가 작을 때는 (c)처럼 되고, 큰 값일 때는 (a)처럼 된다. 즉, DOG 함수의 넓이와 획 형태 크기의 상대적인 대소 관계에 따라 출력 결과가 다르게 나타난다.

예를 들면 (그림 4)에서와 같이 오른쪽의 선분이 원하는 획의 폭을 가진 도형이고, 왼쪽의 선분을 아주 노이즈가 큰 도형으로 가정하면 [S8]까지의 처리로서 원하는 획을 얻을 수 있으며, 또 왼쪽선분을 노이즈가 섞인 획이고, 오른쪽 선분을 획의 폭보다는 가는 노이즈로 가정하면 [S5]까지의 처리로서 노이즈를 제거한 원하는 폭의 획을 얻을 수 있게 된다. 이러한 성질을 이용하여, 표준편차가 다른 DOG 함수를 사용하여 선폭 분류를 할 수 있다.



(그림 3) 선폭과 필터구성의 관계
(Fig. 3) Relationship between line thickness and filtered output profile



(그림 4) 선 폭 분류의 처리 순서에 따른 개념도
(Fig. 4) Conception according to process of line thickness classification

2.2.2 획의 분리 및 추출

문서상의 한자 획의 형태는 일정한 폭으로된 평행한 직선 또는 완만한 곡선, 그리고 원형으로 구성되어 있다. 따라서, 2.2.1에서 기술한 선폭 분류로부터 얻어진 결과로, 평행한 선 성분을 검출하면 선분, 즉 획을 분리 및 추출할 수 있다.

(1) 특정방위 획의 분리 및 추출

(그림 5)와 같은 방위 선택성을 가진 일정한 방향의 선분 검출 필터를 사용하여, 선폭 분류된 화상에 시각적인 수용영역의 방식으로 공간적인 가산과 승산(convolution)을 실시한 후, 임계값 처리를 행함에 따라, 특정 방위의 획을 검출한다. 이 필터는 생체의 시각령에서 볼 수 있는 직선에 대하여 반응하는 수용영역을 묘사한 것이다. 이 필터는 Hubel[21]에 의한 대뇌 시각령의 단순형 세포 수용영역을 근사화한 것이다. 여기서 최적방위(흥분성 영역의 방위와 일치하는 방위)를 나타내는 방향에 있어서 수용영역의 감도 분포는 1차원 가우스 함수이고, 최적방위에 대한 수직 방향으로의 수용영역 감도 분포는 DOG 함수와 식(4)와 같이 나타낼 수 있다. 또한, 4방위의 방위 선택성을 갖는 최적방위 검출 필터 D_θ(

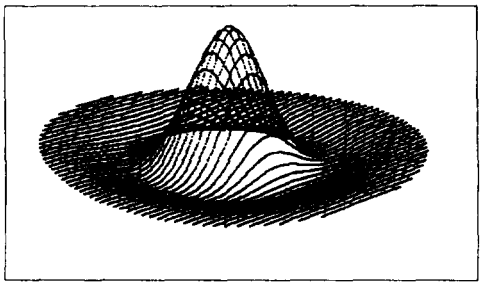
x, y)는 다음 식과 같이 주어진다.

$$D(x,y)=(e^{-x^2/2\sigma_e^2}-\frac{\sigma_e}{\sigma_i}\cdot e^{-x^2/2\sigma_i^2})\cdot e^{-y^2/2\sigma_{en}^2} \quad (4)$$

$$D_\phi(x,y)=D(x\cos\phi-y\sin\phi,\ x\sin\phi+y\cos\phi) \quad (5)$$

단, $\phi=\frac{\pi}{4}\times d[\ rad]\quad (d=0,1,...,3)$ (6)

여기서 σ_{en}은 최적방위의 길이를 규정한 파라메타, σ_e와 σ_i는 각각의 방향에 대하여 수직 방향으로 이어진 흥분 부와 억제 부의 폭을 규정하는 파라메타로서, $\sigma_i/\sigma_e=1.6$으로 한다[20]. 이 직선 검출 필터를 0~ π까지, $\pi/4$ 각도씩 4방위의 필터를 구성한다.



(그림 5) 획성분 검출 DOG 필터의 2차원 분포
(Fig. 5) Two dimensional profile of asymmetric DOG filter

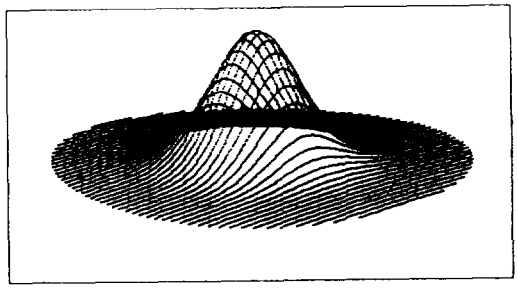
(2) 분리 및 추출한 획의 재생 (Blurring)

특정 방위의 획 추출에서 얻어진 직선 선분에 대하여, (그림 6)과 같은 가우스 필터로 시각적인 공간 처리를 실시하고, 임계값 처리를 행함에 따라, 부분적으로 손실된 획의 성분 (segment)을 재생한다. 즉, 이 처리 단계는 선폭 분류 과정에서 절단된 선 성분이 다소 살아나고, 또 적당한 임계값에 의거하여 미세한 점과 같은 노이즈가 제거되어, 다음 단계의 작업 진행을 보다 효과적으로 이를 수 있게 된다. 식(7)은 x와 y방향에 표준편차가 다른 가우스 함수를 사용함으로서 특정한 한 방향의 흥분성 영역을 구성하게 됨을 나타내고 있으며, 4방향의 방위 선택성을 가진 직선 선분에 대한 재생 처리의 가우스 필터 $G_\phi(x, y)$는 식(8)과 같이 정의 된다.

$$G(x,y)=e^{-x^2/2\sigma_x^2}\cdot e^{-y^2/2\sigma_{en}^2} \quad (7)$$

$$G_\phi(x,y)=G(x\cos\phi-y\sin\phi,\ x\sin\phi+y\cos\phi) \quad (8)$$

여기서 σ_{en}는 최적방위의 길이, σ_x는 그 방위에 있어서 수직 방향의 수용영역 폭을 규정한 파라메타이다. 또, ϕ는 식(6)에서 구해진다.



(그림 6) 가우스 필터의 2차원 분포
(Fig. 6) Two dimensional profile of Gaussian filter

3. 실험결과 및 고찰

3.1 전 처리 과정

본 처리 수법의 유효성을 확인하기 위해, 실험에 사용한 한자는 한글 워드프로세서에서 사용되고 있는 한문을 발췌하여 사용하였다. 방대한 데이터를 보다 정확하고 빠르게 처리하기 위하여 전 처리 과정은 PC 환경 하에서 작업하였으며 나머지 실험 과정은 워크스테이션으로 처리하였다. 먼저, 원 문자자료 7(a)를 입력자료 7(b)로 가공함에 있어서 얻어지는 입력 문자 자료의 신뢰성을 극도로 높이고 손실을 최대한 적게 하기 위하여 문자를 이미지 스캐너에 의해 해상도 600 DPI, 다치화상으로 입력하여, 분석한 후 가장 적절한 임계값을 설정하여, 2치화 과정시 희미한 정보까지에 대해 입력정보로의 수용여부를 결정할 수 있는 시각의 감지 능력을 최대한 모방하는 것이다. 이것은 거의 노이즈가 없는 획을 분리 및 추출하고자 하는 연구 방향에 따라 7(b)로 실험 진행되었다. 또한 많은 양의 문서나 신문 등의 일괄처리 시에 따르는 원 문자 자료의 크기를 고려하여 우선적으로 원 문자 자료를 화

상처리의 대표적 크기라 할 수 있는 256×256 화소의 크기로 처리하였다. 위에서 언급한데로 실험에서 사용한 임계값은 반복 처리하여 실험적으로 정한 결과 값이며 다음은 처리 순서에 따라 실험한 결과에 대하여 기술한다.

3.2. 폭의 분류

(그림 7(b))의 입력내용에 대하여 획의 폭에 따른 분류를 행한 결과가 (그림 7(c))이다. 여기서는 획의 폭이 5화소보다 가는 획을 나타내는 노이즈가 제거할 수 있으나, 전 처리 과정에서 가장 적절하고 신뢰성을 확인할 수 있었던 이치화상으로의 임계값 처리 시에 제거되어 입력 문자 자료와 비교하면 거의 변화가 없음을 알 수 있다.

(그림 4)에서 [S3]과 [S6]의 처리 단계 시에 사용한 DOG 및 가우스 필터는, 각각의 직경 r이 DOG 필터일 경우 11화소이며 가우스 필터인 경우는 3 화소의 크기로 작성한다. DOG 함수의 2가지의 표준편차 σ_e와 σ_i의 값은 $\sigma_i=r/3\sigma_e=\sigma_i/1.6$으로 하였다. 또, 가우스 함수의 표준편차 σ의 값은 반경을 r로 할 때 $\sigma=r/3$으로 하였다.

3.3 획의 분리 및 추출

3.3.1 특정 방위의 획의 성분 분리 및 추출

(그림 7(d))는 선폭 분류된 결과 (7(c))에 대하여 임계값 처리하여 180° 를 4등분한 방향에 대하여 각각의 방위와 일치하는 획을 분리 및 추출한 결과로, 선분의 폭이 약 10화소인 획이 추출되었다.

여기서 최적방위 직선 선분 검출 필터의 크기는 19×19 화소로 구성하였다. DOG 함수에 있어서 표준편차 값은 $\sigma_i=11/6$으로하여, $\sigma_e=\sigma_i/1.6$의 비가 되게 하였으며, 선폭에 맞도록 필터 중심 부분, 즉 흥분성 영역의 폭을 약 8화소로 구현하였다. 또한 가우스 함수의 표준편차 σ_{en}의 값은 $\sigma_{en}=15/6$로 하였다. 구현된 필터의 전체 적분값은 0 이며, 정의 영역 (+영역) 즉, 흥분 영역만의 적분 값은 약 10이다.

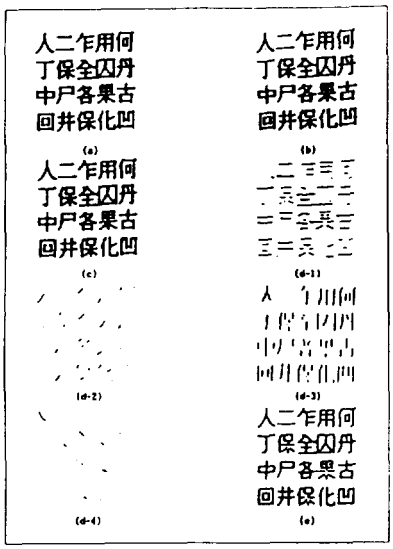
3.3.2 분리 및 추출된 획의 재생

획 분리 및 추출의 과정을 거친 직선 선분은 각각의 방향별로 분리, 추출되지만 화소 성분이 약하거나 손실된 경우도 볼 수 있었다. 이러한 점을 보완하기 위하여 공간적으로 계산되는 선 성분의 값을 증가시켜 미세하게 절단된 획의 성분을 복원할 수 있으며 일차적으로 180°에 대해 4등분만을 한 데서 기인하는 최적방위의 부족현상도 줄일 수 있었다. 획의 성분 재생용 가우스 필터는, DOG 필터의 크기와 같게 하여 필터간의 흥분성 영역에 반응하는 획 폭의 크기를 서로 비교 관찰하여 원하는 폭이 구해지도록 조정하였다. 그러므로 필터의 크기를 19×19 화소 크기로 구현하고, 여기서 2개의 가우스 함수의 표준편차 σ_x와 σ_{en}값은 각각 $\sigma_x=5/6$, $\sigma_{en}=15/6$이며, 필터 중심의 흥분 영역 폭은 5화소, 필터 전체의 적분치는 약 10으로 실험하였다. (그림 7(d))는 각각의 방위별로 분리 및 추출 과정을 거쳐 성분의 재생 단계까지 끝난 결과이다. 그리고 (그림 7(e))결과는 (그림 7(d))의 결과들을 논리 연산한 후 입력 문자 자료와 비교해서 제안된 획의 분리 및 추출을 4방향만 가지고 실험한 알고리즘 유효성 여부를 입증하고자 하였으며 그림에서 볼 수 있듯이 획 추출 가능성에 대하여 그 유효성까지 확인할 수가 있었다.

4. 결 론

새로운 접근에 의한 화상에서의 한자 획의 특징 분리 및 추출 법을 제안 입증하였고, 그 기법을 실제의 문자에 적용하여 자주 사용되는 한자에서 획의 분리 및 추출을 시도, 그 유효성까지도 확인하였다. 본 연구의 논점은 최종 연구 목표의 전 단계로서 한자의 획을 시각적인 메커니즘으로 노이즈 없이 비교적 용이하게 추출할 수 있다는 것을 확인하였다. 그러나 크기가 다양한 한자 폭의 변화에 따라 반응하는 필터의 구성과 적응 임계값 처리 또, 완벽한 획의 추출을 위하여 평행선이 교차하는 영역에서 절단된 획의 접속, 그리고 원형문자 획에 적응반응하는 필터 구

현, 절단된 획의 복원 등이 문제점으로 대두되고 있다. 현재 본 연구는 획의 구성이 매우 복잡한 특정 한자까지에 대하여 획의 분리 및 추출여부를 계속 실험 중에 있으며 완벽히 분류된 획의 코드를 작성하여 데이터 베이스화하고 인식 적용하는 부분에 관해서도 연구 진행 중에 있다.



(a) 원 화상 (Original image)
(b) 전 처리 과정을 거친 입력 화상 (Source image)
(c) 획의 폭에 따른 분류 화상 (Classification image of line segments according to their widths)
(d-1) 0° 방향에 대한 획 분리 추출 화상(Extraction image of strokes according to 0° orientation)
(d-2) 45° 방향에 대한 획 분리 추출 화상(Extraction image of strokes according to 45° orientation)
(d-3) 90° 방향에 대한 획 분리 추출 화상(Extraction image of strokes according to 90° orientation)
(d-4) 135° 방향에 대한 획 분리 추출 화상(Extraction image of strokes according to 135° orientation)
(e) (d) 그림에 대한 논리연산 결과 (Experimental results)

(그림 7) 상용 한자에 대한 획분리 추출 결과
(Fig. 7) Experimental results on extraction of strokes from Chinese Characters

참 고 문 헌

[1] R. Casey and G. Nagy, "Recognition of printed Chinese characters", IEEE Trans.on Electric Computer.Vol. EC-15. NO. 1, pp. 91-101, 1966.

[2] P. Wang and R. Shian, "Machine recognition of printed Chinese characters via transformation algorithms", Pattern Recognition, Vol. 5, pp. 303-321, 1973.

[3] S. Yamamoto, A. Nakajima, K. Nakata, "Chinese Character Recognition by Hierarchical Pattern Matching-Study of Chinese Character Recognition-", 일본전자통신학회지, Vol. J. 56-D, No. 12, pp. 714-721, 1973. 12.

[4] M. Umeda, "Pre-Classification for Recognition of Multi-Font Chinese Character" 일본 전자통신학회지, Vol. J. 62-D, No. 11, pp. 758-765, 1979. 11.

[5] P. Chen, Y. Chen, W. Hsu, "Stroke relation coding-a new approach to the recognition of printed Chinese characters", Int. Journal of Pattern Recognition and A. I., Vol. 2, No. 1, pp. 149-160, 1988.

[6] 이주근, "한글 문자의 인식에 관한 연구", 대한전자공학회 논문집, 제9권 4호, 1972. 9.

[7] T. Agui et al., "A method of recognition and representation of Korean character by tree grammar", IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell. Vol. PAMI-1, pp. 245-251, July. 1979.

[8] 이주근, 남궁 재찬, 김영건, "한글 Pattern에서 Subpattern분리와 인식에 관한 연구", 대한전자공학회 논문집, Vol. 18, No. 3, 1981.

[9] 최병욱, 市川忠男, 藤田廣一, "한글 認識에 있어서의 字素抽出", 대한전자공학회 논문

집, Vol. 18, No. 3, 1981.

[10] 이균하, "속성에 구속을 받는 문법을 이용한 문자 패턴인식", 인하대학교 박사 학위 논문, 1981. 2.

[11] 전종익, 조용주, 남궁 재찬, "한글Shape문자 Pattern에서의 구조적 정보를 이용한 형식 분류와 인식에 관한 연구", 한국통신학회논문지, 제16권, 제2호, pp. 180-195, 1991. 2.

[12] 이행세, 최태영, 김영길, 김정우, "인공지능 기법을 이용한 텍스트 인식에 관한 연구", 대한전자공학회 논문집, 제26권 제11호 pp. 153-164, 1989. 11.

[13] 田崎京二, 大山正, 視覺情報處理(生理學, 心理學, 生體工學), 朝倉書店. 1992.

[14] 이욱재, 손진우, 김욱현, 이행세, "시각정보처리 개념을 이용한 지형도의 특징추출에 관한 연구, 인공지능, 신경망 및 퍼지시스템 춘계종합 학술대회 논문집, pp. 265-268, 1994. 5.

[15] 이욱재, 손진우, 이행세, "생체의 시각신경 메카니즘을 이용한 한자의 획 분리 추출에 관한 연구", 대한전자공학회 하계종합 학술대회 논문집, 제17권, 제1호, pp. 804-806, 1994. 7.

[16] 福島邦彦, 神經回路と 情報處理, 朝倉書店. 1989.

[17] 金旭炫, 孫振瑀, 神經回路網과 視覺情報處理, 電子通信研究所, 電子通信動向分 析,제8권 제3호, pp. 66-76. 1993. 10.

[18] C. Enroth-Cugell and J. G. Robson, "The contrast sensitivity of retinal ganglion cells of the cat", J. Physiol, 187, pp. 517-552, 1966.

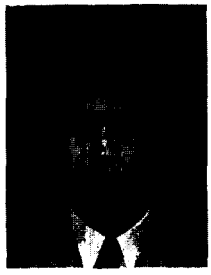
[19] D. Marr, Vision. "A Computational Investigation into Human Representation and Processing of V Information, Freeman, San Francisco, 1982.

[20] D. Marr and E. C. Hildreth, "Theory of edge detection", Proc. R. Soc. London. B207, pp. 151-180, 1981.

[21] Hubel D. H. and Wisel T. N. Receptive fields, binocular interaction and functional architecture in the cat's visual cortex, J. Physiol., pp. 106-154. 1962.

손 진 우

1973년 영남대학교 공과대학 전자공학과 졸업(학사)
1994년 아주대학교 전자공학과(박사과정 수료)
1973년~1977년 공군정보통신장교
1979년 쌍용전기공업(주)
1989년~1983년 삼성반도체통신(주) 설계기술과장
1983年 11月~현재 한국전자통신연구소 설계자동화실장
관심분야 : CAD/E, 신경망, 패턴인식



이 욱 재

1994년 현재 아주대학교 전자공학과(석사과정)
관심분야 : 인공지능, 신경망, 영상처리

이 행 세

1966년 전북대학교 전기공학과 졸업(학사)
1972년 서울대학교 전자공학과 컴퓨터전공(석사)
1984년 고려대학교 전자공학과 신호처리전공(박사)
1968년~1970년 해군사관학교 교관
1982년~1983년 미 Columbia Univ. N.Y. 객원교수
1987년~1988년 프랑스 INRIA 객원교수
1992년~1993년 거제전문대 학장
1973년~현재 아주대학교 교수
관심분야 : 인공지능, 신경망, 패턴 및 음성인식