

# 시각 신경계 반응 모델에 근거한 필기체 off-line 문자에서의 특징 추출

홍 경 호<sup>†</sup> · 정 은 화<sup>†</sup> · 안 병 철<sup>††</sup>

## 요 약

필기체 오프라인 문자 인식을 위한 특징 추출의 새로운 접근 방법으로, 인간의 시각 신경계의 반응모델에 근거한 특징 추출 방법을 제안한다. 필기체 문자의 특징 추출을 위한 신경망은 평활화 처리, 외곽선 제거, 특징 정보 추출의 3가지 단계로 나누어진다. 필기체 문자에서 발생하기 쉬운 매끄럽지 못한 화소들을 전처리 단계인 평활화 처리를 통해 제거한다. 다음 단계로 인식에 영향을 주지 않는 외곽선 정보를 추출하여 이를 제거한다. 그리고 마지막으로 문자 특징에 해당하는 정보를 추출한다. 제안된 특징 추출 시스템의 타당성을 확인하기 위한 실험은 필기체 오프라인 문자인 PE2 데이터를 사용하였다. 실험을 통해 시각 신경계 반응모델에 근거한 필기체 문자의 특징을 추출하는 시스템은 곡선이나 원, 사각형이 포함된 형태의 필기 문자에서도 특징 추출이 용이하다는 것을 확인할 수 있다.

## Feature Extraction of Off-line Handwritten Characters Based on Optical Neural Field

Keong-Ho Hong<sup>†</sup> · Eun-Hwa Jeong<sup>†</sup> · Byung-Chul Ahn<sup>††</sup>

## ABSTRACT

In this paper, we propose a novel method for feature extraction of off-line handwritten characters recognition based on human optical neural field model. The proposed feature extraction system divide into three parts; 1) smoothing process, 2) removing boundaries(boundary lines), 3) extracting feature information. The proposed system first removes rough pixels which are easy to occur in handwritten characters. The system then extracts and removes the boundary information which have no influence on characters recognition. Finally, the feature information for off-line handwritten characters recognition is extracted. With PE2 Hangeul database, we perform feature extraction experiments for off-line handwritten characters recognition. In the experiment results, the proposed system based on optical neural field shows that can extract the feature information of off-line handwritten characters including curve lines, circles, quadrangles and so on.

### 1. 서 론

대용량의 문서를 신속하게 처리하기 위해서는 사람이 직접 문서를 입력하는 대신에 스캐너 등의 입력 장

치로 문서를 자동으로 입력하고 있다. 특히 입력된 이미지에서부터 문자를 자동으로 인식할 수 있는 문자 인식에 관한 연구가 시작되었다. 문자 인식은 문자 영상 정보를 얻는 방법에 따라 오프라인과 온라인 문자 인식으로 구분된다. 전자는 이미 필기된 문자를 인식하는 방법으로 문자에 관한 공간 정보만을 이용하여 인식하는 반면에 후자는 필기하는 대로 문자를 인식하는

† 정 회 원 : 천안대학교 컴퓨터학과 교수

†† 종 신 회 원 : 영남대학교 컴퓨터공학과 교수

논문접수 : 1999년 8월 25일, 심사완료 : 1999년 11월 1일

방법으로 문자에 관한 공간 정보 외에 시간 정보도 함께 이용한다. 온라인 문자 인식에서는 문자의 시간적, 공간적인 정보를 얻을 수 있으나, 오프라인 문자 인식에서는 시간적 정보를 잃어버린 단순한 영상 정보만을 얻을 수밖에 없으므로 더욱 어려운 문제이다.

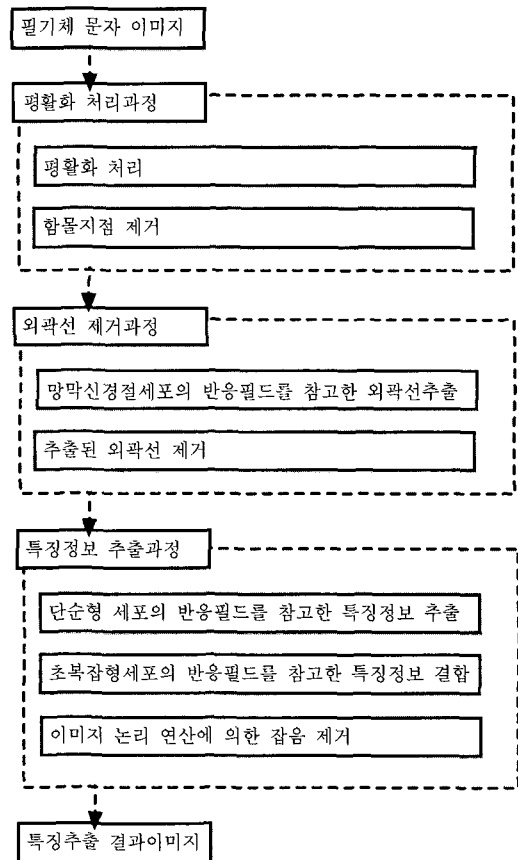
문자 인식 시스템은 크게 전처리 단계, 특징추출 단계, 인식단계, 후처리 단계의 4단계로 나눌 수 있다. 기존의 문자 인식 문제에 접근하는 가장 중요한 부분은 인식단계이었다. 즉, 인식기를 어떻게 설계할 것인가에 관심을 가졌으므로 특징 추출 및 후처리에 관한 문제는 인식기의 보조 역할을 수행하는 부분이 되었다. 그러나, 문자 인식 시스템에 있어서 각 단계는 서로 연관성을 가지고 있고, 각 단계가 통합되어 하나의 인식 시스템을 구성한다고 볼 수 있다. 이런 관점에서 문자인식의 특징 추출 알고리즘은 인식을 위한 기본 골격을 제공하므로 문자의 인식률을 결정하는 가장 중요한 요인이 된다. 특히 특징 추출 알고리즘에 따라 추출되는 골격선의 결과가 서로 다르게 나타나므로, 인식 대상문자에 가장 적합한 특징추출 알고리즘이 개발되고 수행되어야 한다.

기존의 문자 인식에서 특징 추출에 관한 연구는 대부분이 인쇄체 문자를 세선화 하는데 중점을 두었다. 한동엽 등은 최근의 오프라인 필기 한글 인식과 관련된 특징 추출에 관한 연구로 지식기반의 세선화 알고리즘이나 이것도 Chen의 병렬 세선화 알고리즘을 사용한 것이다[1]. 대부분의 발표된 연구들은 필기체 문자 인식에 적합한 특징 추출을 위한 연구보다는 기존에 제시한 세선화 알고리즘 이용하여 세선화 한 후, 인위적인 문자 획 분리라든가 패턴 정합 방법을 사용한 복원에 중심을 둔 연구이다. 그러나 이러한 방법에 의한 특징 추출은 부분적인 해결책은 되지만 완전한 해결책은 되지 못한다[2, 3].

그러나, 생체의 시각 신경계는 현재의 정보 처리 장치에서 풀기 어려운 복잡하고 애매한 패턴에 대한 인식이나 정보의 병렬처리 등에서 우수한 능력을 가지고 있다. 이에 시각신경계에서 정보처리를 행하는 메커니즘을 해명하는 연구가 생리학과 심리학의 면에서 성황리에 진행되고 있으며, 생물의 시각 신경계가 가지는 여러 기능들을 추상화하여 모델링한 모델들이 많이 제시되었다. 이런 신경회로망 모델들을 기존의 컴퓨터가 가지는 많은 단점들을 보완할 수 있다.

본 논문에서는 문자 인식 시스템의 첫 번째 단계인

특징 추출 단계이다. 특징 추출 단계에서 어떠한 특징을 추출하느냐에 따라서 인식기의 입력의 크기 및 인식기 전체의 윤곽이 구성됨으로써 다양한 인식기를 구성할 수 있다. 본 연구에서는 문자인식에 그다지 영향을 주지 않는 불필요한 특징들을 제거하여 최적화된 특징 정보를 추출하고자 하는 방법으로, 생물의 시각 신경계의 반응 모델을 참고로 구성된 특징 추출 시스템을 제안한다. 필기체 문자 인식을 위한 특징 추출 시스템의 구성도는 (그림 1)에 나타낸다.



(그림 1) 필기체 오프라인 문자에서의 특징추출 시스템

제안된 특징 추출 시스템은 평활화 처리, 외곽선 제거, 특징 정보 추출의 3가지 처리과정을 가진다. 전처리 과정으로 평활화 처리와 함몰지점 제거 단계를 수행한다. 그 후 망막 신경절 세포의 반응 모델을 참고하여 외곽선 정보를 추출한 후 이를 제거하는 외곽선

제거 과정을 수행한다. 마지막으로 단순형 세포와 초복잡형 세포를 참고하여 특징 정보 추출하고 잡음 제거 단계를 수행함으로써 문자 인식을 특징 정보를 추출한다. 각 단계별 처리에서 나타난 여러 가지 세포들은 Hubel & Wiesel이 제안한 계층가설을 참고하여 구성한 것이다. 2장에서 Hubel & Wiesel의 계층가설을 중심으로 시각 신경계에서 나타나는 세포들의 종류와 특징을 살펴보고, 3장에서는 이를 기반으로 한 필기체 오프라인 문자를 위한 특징 추출 시스템을 설계하고, 4장에서는 설계된 시스템의 타당성을 확인하기 위해, 필기체 오프라인 문자인 PE92 데이터를 사용하여 실험을 수행하였다. 마지막으로 5장에서는 결론을 기술한다.

## 2. 시각 신경계의 반응 모델

인간의 시각 신경계의 정보 전달 경로는 빛을 매체로 하여 외부로부터 들어온 정보가 각막, 안방수, 수정체, 초자체를 통과하여 망막(retina)에 2차원 화상으로 투영된다. 망막은 아주 복잡한 다층 구조로 되어 있으며, 망막 내에는 추상체(cone)와 간상체(rod)들의 시세포(visual cell)로 불리는 광수용기(photoreceptor)에 의해 빛 신호로부터 전기 펄스 신호로 변환되어, 수평세포(horizontal cell), 쌍극세포(bipolar cell), 아마클린 세포(amacrine cell)등을 경유하여 망막의 출력세포인 신경절 세포(ganglion cell)로 전달된다. 시세포는 망막상의 아주 작은 영역의 빛의 강도를 검출하며, 신경절 세포는 망막상의 국소적인 영역에 있어서의 빛의 콘트라스트를 검출하고 있다. 좌우 양안의 망막에서 나온 신경절 세포의 출력은 일부의 시신경 교차(optic chiasma)를 거쳐 간뇌의 외측슬상체(lateral geniculate body: LGB)에 도달해 시냅스를 형성한다. 외측슬상체에는 시색성유와 시냅스 결합해서 대뇌 피질에 전달하는 중계 세포가 존재한다[4-9].

시각 신경계에 있어서 하나의 세포 반응은 그 세포에 붙어있는 다수의 입력 시냅스를 통해, 많은 입력 정보를 받아 어떤 처리를 행한 후, 출력을 다수의 다른 세포로 전달한다. 이와 같이 하나의 세포 반응에 영향을 주는 망막상의 영역을 수용영역(receptive field)이라 부른다. 망막의 신경절 세포에는 여러 가지 크기의 수용영역이 존재한다. 즉, 망막의 중심와(fovea) 부근에 있는 세포는 작은 수용영역을 가지며, 주변으로 갈수록 수용영역의 크기가 커진다. 수용영역의 크기에

따라 반응도 달라지나, 기본적인 신경절 세포의 수용영역은 on-중심형 세포와 off-중심형 세포가 존재하는데, 중심과 주변이 상호 억제하고 있다. 망막에 있어서의 주된 처리는 강도(intensity) 변화를 검출하는 것이다[4-9].

망막의 신경절 세포의 출력은 시신경을 통해 외측슬상체를 거쳐 시각영역(visual area)에 전달된다. 시각영역은 대뇌반구의 후부에 위치하고 있다. 또한 수용영역이 동심원형을 갖는 망막이나 외측슬상체의 신경세포와는 달리, 대뇌 피질의 신경세포는 여러 가지 형태와 성질을 가진 수용영역이 존재한다. 시각영역에는 특정한 기울기를 가진 직선이나 윤곽선에 반응하는 세포를 비롯하여 여러 종류의 특징에 반응하는 세포가 존재한다고 알려져 있다[4,5].

대뇌의 시각 영역(V1영역과 V2영역) 신경세포의 수용영역의 성질을 조사한 후, 이들 세포의 수용영역 성질에 근거하여 단순형 세포(simple cell), 복잡형 세포(complex cell), 초복잡형 세포(hypercomplex cell) 등으로 분류하고, 이들 세포 상호간에는 망막 신경절 세포 → 외측슬상체 → 단순형 세포 → 복잡형 세포 → 초복잡형 세포라고 하는 계층적 구조가 존재한다는 계층가설이 Hubel & Wiesel에 의해 제창했다[4-9]. 그러나 최근에는 그들의 초기 연구 결과를 수정하려는 아이디어도 많이 나오고 있다[8,10-15]. 예를 들면, 그들의 계층가설에 의하면, 복잡형 세포는 단순형 세포로부터만 입력을 받는 것으로 되어 있지만, 실제로는 단순형 세포뿐만 아니라, 외측슬상체의 세포로부터도 직접 흥분성 시냅스 결합을 받고 있다는 것이 밝혀졌다[10-14]. 또 단순형 세포에서 복잡형 세포로의 결합은, 흥분성 결합이 아닌 억제성 결합도 있다는 보고도 있다[15]. 이와 같이 대뇌 시각 신경계의 각 세포들은 한 가지의 순차적 정보 흐름 경로를 갖는 것이 아님으로, 본 논문에서는 Hubel과 Wiesel의 계층가설을 수정하여 복잡형 세포에 의한 처리를 생략한다. 특징 추출을 위해 제안된 시스템은 입력된 필기체 오프라인 문자 이미지를 받아들이어 전처리인 평활화 처리를 거친다. 그 후 망막 신경절 세포의 반응 필드에 의한 외곽선 추출 과정을 수행한 후 추출된 외곽선 정보를 제거한다. 그리고 마지막으로 대뇌 시각 영역에 존재하는 단순형 세포와 초복잡형 세포들의 성질을 참고하여 구성된 필터에 의해 필기체 오프라인 문자로부터 필요한 특징을 추출한다.

### 3. 특징 추출 시스템의 설계

필기체 오프라인 문자 인식에서 특징 추출을 위해 구성된 시스템은 평활화 처리, 외곽선 제거, 특징 정보 추출의 3가지 단계로 나누어진다. 각 단계들은 다음 절에서 다루어진다.

#### 3.1 평활화 처리

평활화 처리는 필기된 원 이미지의 울퉁불퉁한 불규칙 화소 및 1-2화소 크기의 손실된 화소를 복원하기 위해 처리이다. 이것은 다시 두 가지 하위 단계로 나누어진다. 먼저, 복잡형 세포를 활용하여 1-2화소의 ① 손실된 화소를 복원하기 위한 처리를 수행한다. 이를 위한 공간 필터는 가우시안 함수를 사용하여 모델링 하였으며 식 (1)과 같다. 그리고 두 번째 단계로는 1화소나 2화소로 구성된 ② **만이나 폐인영역(함몰지점)**을 제거하기 위해 수직 수평의 두 방향만을 갖는 단순형 세포를 활용하여 평활화를 수행함으로써 보다 매끄러운 윤곽선을 갖는 이미지를 생성한다. 여기에 사용된 필터는 식 (2)에 나타낸다.

$$S_1(x, y) = e^{-x^2/2\sigma_e^2} \cdot e^{-y^2/2\sigma_e^2} \quad (1)$$

$$S_2(x, y) = (e^{-x^2/2\sigma_e^2} - e^{-x^2/2\sigma_i^2})e^{-y^2/2\sigma_e^2} \quad (2)$$

여기서,  $x, y$ 는 마스크의 크기를 나타낸다.  $\sigma_e, \sigma_i$ 는 흥분성 영역과 억제성 영역을 규정하는 파라메타이고,  $\sigma_{en}$ 은 필터의 최적 방위의 민감도(sensitivity)를 나타낸 것이다.

#### 3.2 외곽선 제거

외곽선 제거 단계는 특징 추출에 많은 영향을 주지 않는 외곽선을 추출하여 이를 제거하는 단계이다. 외곽선 제거 단계는 필기 문자로부터 윤곽선 정보만을 추출하는 ① **외곽선 검출 부분**과 검출된 윤곽선을 사용하여 주어진 이미지로부터 ② **외곽선을 제거하는 부분**으로 구성된다. 이것은 경험적 정보를 사용하여 필기된 문자의 두께가 원하는 화소의 수가 될 때까지 반복 수행함으로써 불필요한 정보를 제거할 수 있다.

##### 3.2.1 외곽선 추출

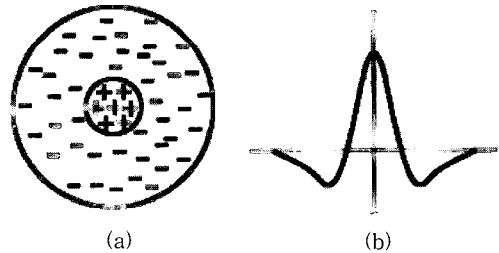
입력 필기 문자 이미지로부터 외곽선을 이루는 윤곽을 추출하는 데 사용되어지는 마스크는 망막 신경절

세포를 참조하여 구성된 것이다. 여기서 사용된 망막 신경절 세포는 on-중심형 세포로서, 마스크(mask)는 DOG(Difference of two Gaussians) 함수를 사용한다 (그림 2). 만약 중심으로부터의 거리를  $r$ , 흥분성 영역과 억제성 영역의 표준편차를 각각  $\sigma_e, \sigma_i$ 라고 하면, 동심원형의 DOG 함수는 다음의 식으로 주어진다.

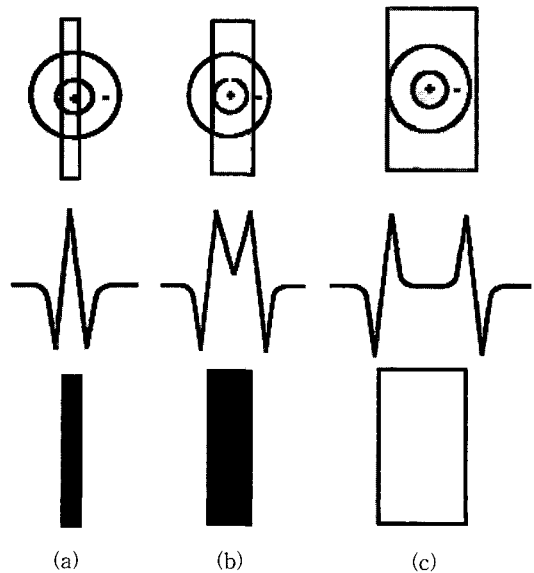
$$B_1(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma_e^2} e^{-r^2/2\sigma_e^2} - \frac{1}{2\pi\sigma_i^2} e^{-r^2/2\sigma_i^2} \quad (3)$$

여기서  $x, y$ 는 마스크의 크기를 나타내며, 2개의 가우스 함수의 표준 편차의 비가  $\sigma_i/\sigma_e=1.6$ 일 때 라플라시안 가우시안 필터(Laplacian Gaussian Filter)에 가장 근접한 최적의 필터가 된다[6].

DOG 마스크의 크기와 자극 패턴의 크기의 상대적인 대소관계에 따라 다른 출력 결과를 나타낸다(그림 3).



(그림 2) 망막 신경절 세포의 수용영역과 출력특성



(그림 3) DOG 마스크의 크기와 출력간의 관계

본 실험에서는 망막에 있어서의 주된 처리인 강도(intensity) 변화를 검출한 후의 결과로서 윤곽의 경계 부분인 외곽선을 검출하고자 하는 목적으로 사용한다. 그러므로 실험에서 사용될 DOG 마스크의 on-영역의 크기는 입력 문자의 두께보다 작아야한다. 본 실험에서 이 단계의 처리 결과는 윤곽선(외곽선, 주변선) 검출에 해당한다.

### 3.2.2 외곽선 제거

외곽선 제거 단계는 평활화 처리 후의 결과에 추출된 외곽선을 이루는 윤곽선 검출 이미지를 사용하여 이미지 논리 연산을 수행함으로써 구할 수 있다. 외곽선 제거 단계를 거친 결과 이미지는 평활화 처리 후의 결과보다 문자의 두께가 일정한 크기 만큼(1-2화소의 크기로) 제거됨으로 필기문자의 계산 크기를 줄인다. 외곽선 제거 단계의 윤곽 검출 부분과 외곽선 제거 부분을 원하는 횟수만큼 반복 수행함으로써 문자 인식에 영향을 주지 않으면서 불필요한 여분의 많은 화소(특징정보)들을 제거할 수 있다.

그러나 필요에 따라서는 외곽선 제거 단계를 생략하고 바로 특징 정보 추출 단계로 넘어갈 수도 있다. 이때 망막에서의 처리인 윤곽 검출 단계는 생략할 수 없다. 왜냐하면 다음 단계의 특징 정보 추출을 위해 사용되어지기 때문이다. 외곽선 제거 단계를 생략할 경우에는 윤곽 검출 단계를, 시각 신경계의 정보 처리 경로에서 반드시 거치는 단계이므로 특징 정보 추출의 첫 번째 단계로 추가하는 것이 좋다.

## 3.3 특징정보 추출

필기체 오프 라인 문자 인식을 위한 특징 정보의 추출은 (1) 단순형 세포를 이용한 특징 정보 추출 부분과 추출된 정보들을 결합시키는 부분으로 (2) 초복잡형 세포에 의한 특징 정보 결합 부분과 (3) 잡음 제거를 위한 단계로 구성된다. 이 단계는 반복처리를 하여 좋은 이미지를 가질 수 있다. 특히 외곽선 제거 단계와 특징 정보추출 단계는 반복처리과정을 통해 원하는 형태의 최적의 특징정보를 추출할 수 있다.

### 3.3.1 특징 정보 추출

단순형 세포를 이용한 특징 정보 추출은 수직, 수평, 대각선 등 여러 가지 방향으로 원하는 방위의 특징을 추출할 수 있다. 본 연구에서는 일단 특징 정보를 구

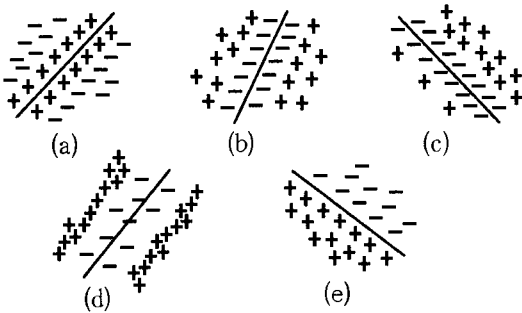
성하는 가장 화소 수가 적은 형태의 중앙에 위치한 특징 정보를 먼저 추출하고 그 후에 원하는 방향의 특징 정보들을 추출한다.

단순형 세포의 특징은, 수용영역내의 흥분성의 on-영역에 자극이 주어지면 발화 빈도가 증가하고, 억제성의 off-영역에 자극이 주어지면 발화는 억제된다. 그러나 양쪽의 영역에 동시에 자극을 주면 양자의 효과는 서로 상쇄되어, 수용영역 전체를 덮는 정도의 빛 자극에 대해서는 거의 반응하지 않는다. 따라서, 자극 패턴의 형태나 위치가 수용영역의 흥분성 영역에 꼭 일치하는 경우에 가장 강한 반응을 나타낸다. 그래서 이와 같은 세포는 특정의 위치에 존재하는 특정 방위를 가진 직선을 추출하는 작용을 하는 것으로 추정된다. 즉, 단순형 세포는 명암의 경계나 선이 시야내의 어느 위치에 있고 어떠한 방위를 가지고 있는가를 검출하는 데 사용된다[4-9].

시각 신경계에서 발견되어지는 단순형 세포에는 여러 가지 형태가 있다고 보고되어지고 있다(그림 4). 그러나 특징 정보 추출을 위해 사용될 단순형 세포는 두 가지 형태로 제한한다. 본 논문의 실험에서 사용될 단순형 세포는 (그림 4(a))와 (d)에 해당하는 두 가지의 형태를 사용한다. 여러 가지 단순형 세포는 '+' 표시 부분에 일치하는 특정 방향의 특징이나 직선 형태의 자극에 대해 가장 강하게 반응을 나타낸다. 이 직선형태의 자극의 방위나 위치가 틀어지면, '-' 표시 부분에도 자극광이 주어지게 되어 반응은 억제되어 버린다. 실험에서 사용되는 (그림 4(a))와 같은 형태의 단순형 세포는 문자에 존재하는 수직, 수평, 대각선 방향의 특징 정보를 추출하는 데 사용한다. 또한 (그림 4(d))와 같은 형태는 글자의 중앙에 위치하고 있는 화소정보(획정보)에 대한 특징을 추출하는 데 사용한다. 이 경우에는 식 (7), (8)에 주어진 것과 같이 4방위로 필요한 정보를 추출하고자 한다. (그림 4(d))와 같은 단순형 세포는 특정 방위의 직선 형태의 특징 추출보다는 특정한 위치를 가진 두 개의 특징이 주어질 때에만 나타나는 반응을 추출하는데 목적이 있다. 이 경우에는 수직, 수평의 두 방향의 정보만을 이용한다.

(그림 4(a))와 같은 단순형 세포의 수용영역의 감도 분포는 식 (5)에 나타내고, (그림 4(d))와 같은 형태는 식 (6)에 나타낸다.

$$g(\sigma, x) = e^{-x^2/2\sigma^2} \quad (4)$$



+ : on response, - : off response.

(그림 4) 여러 가지 종류의 단순형 세포 수용영역

$$F_{S1}(x, y) = (g(\sigma_e, x) - g(\sigma_i, x)) \cdot g(\sigma_{en}, y) \quad (5)$$

$$F_{S2}(x, y) = (g(\sigma_1, x - l) - g(\sigma_2, x) + g(\sigma_1, x + l)) \cdot g(\sigma_{en}, y) \quad (6)$$

여기서,  $\sigma_e$ ,  $\sigma_i$ 는 각각 흥분성 영역과 억제성 영역을 규정하는 파라메터이고,  $\sigma_{en}$ 은 필터의 최적 방위의 감도를 나타낸다.

### 3.3.2 특징 정보 결합

초복잡형 세포의 특징은 자극 패턴의 길이가 수용영역의 한쪽 또는 양쪽에서 제한된 형태이며 곡선이나 예지의 구부러짐의 정도를 검출할 수 있다. 특정 위치에 제한된 경우에 반응하는 초복잡형 세포와 길이나 폭이 적당하면 반응하는 초복잡형 세포로 나눌 수 있다[16]. 또한 초복잡형 세포의 자극패턴의 길이가 너무 길면 반응이 억제되는 성질을 가진 세포라고 정의하고, 이들을 단순형 세포의 성질을 가진 것과 복잡형 세포를 가진 두 종류로 분류한 연구도 있다[17]. 자극 패턴의 크기가 적당하면, 수용영역의 어디에 주어지더라도 같은 반응을 나타내는 초복잡형 세포를 이용하여 전 단계에서 추출된 특징 정보를 결합한다. 여기서 사용될 초복잡형 세포는 식 (9)와 같다.

$$H(x, y) = \sum_{n=0}^m F_{S2}(x, y) \quad (9)$$

여기서  $m$ 은 결합횟수를 나타낸다.

### 3.3.3 잡음 제거

이 단계에서는 외곽선 제거 단계에서 생성된 마지막

이미지와 이전 단계에서 생성된 특징정보를 AND 논리 연산을 취한 것이다. 이것은 특징추출과 관련이 없는 잡음을 제거하기 위한 처리이다.

## 4. 실험결과

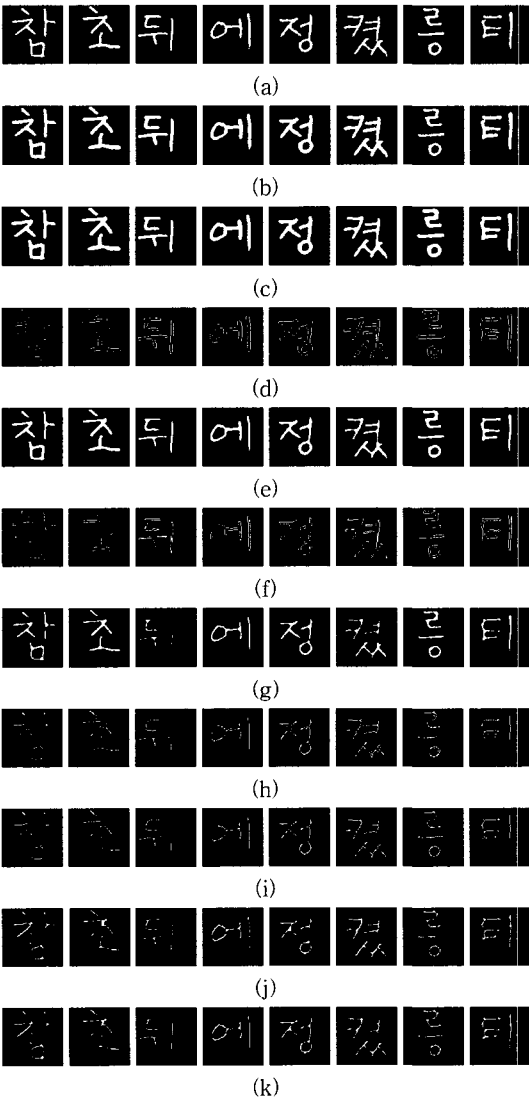
본 논문은 필기체 문자 인식에 사용되는 특징추출을 위한 시스템을 대뇌 시각 신경계 반응 모델을 근거로 하여 구성하였다. 본 논문의 제시한 필기체 문자의 특징추출 시스템은 전처리 단계인 평활화 처리, 외곽선 제거 그리고 특징추출의 3단계로 구성된다. 특징추출을 위한 실험은 PE2 데이터를 사용하여 SUN의 X-WINDOWS상에서 수행하였다. 특징추출 시스템의 각 단계별 처리 결과는 (그림 5)와 같다.

(그림 5(a))는 필기체 문자의 원 이미지이다. (그림 5(b))는 평활화 처리의 첫 번째 단계인 손실된 화소 복원을 위한 평활화 처리한 결과이다. 필기체 문자에서는 필체 흐림의 강약에 따라 약해지거나 소실된 화소들이 존재할 수 있다. 그러므로 가우스 함수를 이용한 평활화 처리를 통해 필기된 문자를 확대 표현한다. 이것은 문자 획의 두께를 굵게 만들면서 1-2화소 크기의 울퉁불퉁한 화소들을 매끄러운 연속성분을 가진 문자 획으로 바꾸어준다. (그림 5(c))는 평활화 처리의 두 번째 단계처리인 1-2화소로 구성된 만이나 패인 영역을 제거한 결과이다. 이것은 단순형 세포의 한 종류를 모델링한 것으로 식 (6)에서 주어진다. 1-2화소로 구성된 만이나 패인 영역이 제거되어진 결과를 (그림 6)에서 비교하여 나타낸다. 패인 영역이 보간된 곳의 예를 동그라미로 표현한다.

(그림 5(d))는 외곽선 제거의 첫 단계인 외곽선의 윤곽을 검출한 결과이다. 외곽선 검출은 망막 신경절 세포의 특성을 이용하여 모델링한 것이다. (그림 5(e))는 (그림 5(c))에서 추출된 외곽선인 (그림 5(d))를 제거한 결과이다. (그림 5(f))는 외곽선 제거 단계의 두 번째 반복에서 추출된 외곽선 윤곽이다. (그림 5(g))는 (그림 5(e))에서 외곽선 윤곽이 검출된 (그림 5(f))를 뺀 결과이다. 외곽선 제거 단계의 처리는 문자 획의 두께가 원하는 크기의 화소 수가 남을 때까지 수행한다.

(그림 5(h))는 필기체 문자에서 특징에 해당하는 각 부분을 추출한 결과이며 특징 정보 추출 후 그 특징정보를 결합시킨 결과이다. (그림 5(h))와 같이 필요한 특징정보 추출과 결합 단계에서는 약간의 잡음이 함께

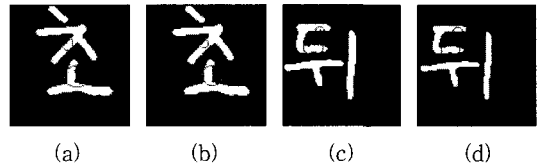
추출됨을 알 수 있다. 다음 단계인 (그림 5(i))는 추출된 잡음을 제거한 단계의 결과이다. 잡음 제거를 위해 특징정보 추출을 위한 입력 이미지와 특징추출과 결합으로 얻은 이미지를 AND 논리 연산으로 얻은 결과이다. (그림 5(j))는 특징 추출 및 결합의 단계를 한번 더 반복처리 하였으며 끊어졌던 연결점이 어느 정도 복원되었음을 보여준다. 마지막으로 (그림 5(k))는 이전 단계에서 생성된 잡음을 제거하기 위해 이미지 연산을 수행한 것으로 특징추출의 마지막 단계인 잡음을 제거한 결과이다.



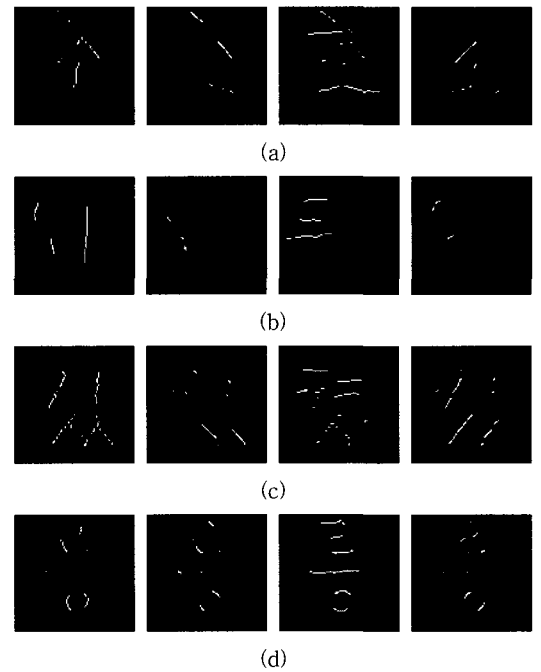
(그림 5) 실험결과

(그림 7)은 각 데이터의 수직, 수평, 대각선(/, \) 방향으로의 특징을 추출한 결과이다. 이것은 (그림 4(a))와 같은 단순형 세포를 이용하여 특정 방향의 특징이나 직선형태의 자극을 추출한 것이다. 물론 특정 방향 성분의 특징만을 추출하기 위해 특징추출 시스템의 모든 단계를 수행할 필요는 없다. 그러나 여기서는 문자 정보의 양을 최소로 유지하면서 특정방향의 특성분을 추출한 결과를 나타낸다. 이것은 작은 크기의 화소수를 가진 잡음들을 제거하는 약간의 처리를 거친 다음 필요에 따라 인식에 활용할 수 있을 것이다.

기존의 문자 인식에서 특징 추출에 관한 연구는 대부분이 인쇄체 문자를 세선화 하는데 중점을 두었다. 한동엽 등은 최근의 오프라인 필기 한글 인식과 관련된 특징 추출에 관한 연구로 Chen의 병렬 세선화 알고리즘을 사용한 지식기반의 세선화 알고리즘을 제시



(그림 6) 1-2화소의 함몰(만이나 패인)지점 보간



(그림 7) 특정 방향 성분의 특징 추출

했다[1]. 대부분의 연구들은 필기체 문자 인식에 적합한 특징 추출을 위한 연구라기 보다는 기존에 제시한 세선화 알고리즘 이용하여 세선화 한 후, 인위적인 문자 획 분리라든가 패턴 정합 방법을 사용한 복원에 중심을 둔 연구이다. 세선화 알고리즘을 이용하지 않은 특징 추출에 관한 논문으로는 김의정 등의 최대 블록화 방법을 이용한 문자 획 특징 추출에 관한 연구가 있다. 이것은 인쇄체 문자를 다룬 것이다. 이 방법은 〇, ㅎ 등과 같은 곡선 형태의 문자를 직선 및 사선 성분들로 나누어 표현하므로 찌그러짐이 발생한다[16, 17]. 그러나 본 논문의 시각 신경계 반응 모델에 근거한 특징 추출 시스템은 〇, ㅎ과 같은 곡선 형태의 문자에도 찌그러짐 없이 원하는 특징 정보를 추출할 수 있다. 그러나 본 논문에서 제시한 특징 추출방법도 연결점 부분에 약간의 침식현상은 발생한다. 위의 그림에서 보여준 실험 데이터와 같이, 제안된 필기체 문자 인식을 위한 특징 추출 시스템은 주어진 실험 데이터인 PE2 필기체 문자로부터 특징정보를 추출할 수 있다. 제안된 특징추출 시스템은 한글뿐만 아니라 영어, 일어와 같은 다양한 문자의 종류에도 구애받지 않고 활용할 수 있을 것이다.

### 5. 결 론

본 연구는 필기체 오프라인 문자에서의 특징 추출을 위해 인간의 시각 신경계의 반응모델에 근거한 특징 추출 신경회로망을 제안한다. 특징 추출을 위해 구성된 신경망은 평활화 처리, 외곽선 제거, 특징 추출의 3가지 처리과정으로 구성된다. 각 처리과정은 시각 신경계에서 나타나는 망막 신경절 세포, 단순형 세포, 초복잡형 세포등의 반응 필드 모델링한 것이다. 외곽선 제거과정이나 특징정보 추출과정은 한번 이상 반복처리가 가능하므로 필기된 문자 획 두께의 굵기에 상관없이 최소의 특징 정보를 추출하는 것이 가능하다.

본 연구에서 제안한 필기체 문자의 특징추출 시스템은 PE2 데이터를 사용하여 실험하였다. 시각 신경계의 반응 모델을 사용하여 구성한 특징 정보의 시스템의 각 단계별 처리과정을 통해 문자인식에 필요한 특징들을 추출하는 것이 가능하다는 것을 확인하였다.

이 방법은 필기체 한글 데이터에 제한되지 않고 영어, 일어 등 다양한 문자의 특징 추출에도 활용할 수 있다. 이것은 곡선이나 사각형이 포함된 형태의 필기

문자에서 발생하기 쉬운 왜곡현상 없이 원 이미지에 근접한 형태의 특징추출이 용이하다. 이 방법은 특정 방향의 성분을 가진 문자 획의 추출도 가능하므로 특정방향 성분에 의존하는 기술기 특성만을 추출하여 인식에 활용할 수 있다. 또한 제안된 문자 인식을 위한 특징 추출 시스템은 병렬 처리가 가능하다. 특히, 평활화 처리 과정이나 특징 정보 추출과정에서 가로, 세로, 대각선(/, \)의 4방향으로 함몰지점을 복원하거나 특징 정보를 추출하는 과정 등에서의 병렬 처리는 문자의 특징을 추출할 때 처리 시간을 줄일 수 있다.

### 참 고 문 헌

- [1] 한동협, 조성배, "오프라인 필기 한글을 위한 지식 기반 세선화 알고리즘", 한국정보학회 논문지(B), Vol.25, No.9, pp.1381-1388, 1998.
- [2] 원남식, 손윤구, "4-인접 연결값을 이용한 병렬 세선화 알고리즘", 한국정보과학회 논문지, Vol.22, No.7, pp.1047-1056, 1994.
- [3] 윤종민, 신요안, 차형태, 정규식, "신경망 가지치기에 근거한 특징 선택의 필기체 문자 인식에의 응용", 한국정보과학회 논문지(B), Vol.24, No.10, pp. 1043-1051, Oct. 1997.
- [4] Hubel D. H. and Wiesel T. N. "Receptive fields binocular interaction and functional architecture in the cat's visual cortex," J Physiology, pp. 106-154, 1962.
- [5] M. Livingstone and D. Hubel, "Segregation of Form, Color, Movement, and Depth : Anatomy, Physiology, and Perception," vol.240, pp.740-749, May 6, AAAS (Science), 1988.
- [6] Marr. D. and Hildreth. E. "A theory of edge detection," Proc. R. Soc. Lond. B207, pp.187-217, 1980.
- [7] 福島邦彦, 神經回路と情報處理, 朝倉書店, 1993.
- [8] 乾 敏郎, 視覚情報處理の基礎, サイエンス社, 1990.
- [9] 김옥현, 손진우, "신경회로망과 시각정보처리", 전자통신연구소, 전자통신동향분석, 제8권, 제3호, pp.66-76. 1993.
- [10] J. Stone, B. Dreher : "Projection of X- and



Y-cells of the cat's lateral geniculate nucleus to area 17 and 18 of visual cortex," J, Neurophysiol., 36[3], pp.551-567, May, 1973.

- [11] K. Toyama, K. Maekawa, T. Takeda : "An analysis of neuronal circuitry for two types of visual cortical neurones classified on the basis of their responses to phasic stimuli," Brain Res., 61, pp.395-399, 1973.
- [12] W. Singer, F. Tretter, M. Cynadar : "Organization of cat striate cortex : A correlation of receptive field properties with afferent and efferent connections," J, Neurophysiol, 38[5], pp. 1080-1098, Sep. 1975.
- [13] K. Toyama, K. Maekawa, T. Takeda : "Convergence of retinal inputs onto visual cortical cells. I. A study of the cells monosynaptically excited from lateral geniculate body," Brain Res., 137[2], pp.207-220, 1977.
- [14] K. Tanaka : "Cross-correlation analysis of geniculostriate neuronal relationships in cats," J, Neurophysiol, 49[6], pp.1303-1318, June. 1983.
- [15] K. Toyama, M. Kimura, K. Tamaka : "Organization of cat visual cortex as investigated by cross-correlation technique," J, Neurophysiol, 46[2], pp.202-214, Aug. 1972.
- [16] 김의정, 김태균, "최대 블럭화 방법을 이용한 문자 획 특징 추출에 관한 연구", 한국정보처리학회 논문지, 제4권, 제4호, pp.1141-1151, 1997.
- [17] 김의정, 김태균, "오프라인 문서에서 개별 추출과 한자 인식에 관한 연구", 한국정보처리학회 논문지, 제4권, 제5호, pp.1277-1288, 1997.



**홍 경 호**

e-mail : khhong@mail.chonan.ac.kr  
 1990년 영남대학교 전자공학과 졸업(공학사)  
 1992년 영남대학교 대학원 전산공학과 졸업(공학석사)  
 1995년 영남대학교 대학원 전산공학과 수료.

1996년~1998년 협성대학교 경영정보학과 교수  
 1998년~현재 천안대학교 정보통신학부 교수  
 관심분야 : 신경망, 패턴인식, 유전자 알고리즘 등



**정 은 화**

e-mail : chjeong@mail.chonan.ac.kr  
 1991년 영남대학교 컴퓨터공학과 졸업(공학사)  
 1993년 영남대학교 대학원 컴퓨터공학과(공학석사)  
 1997년 8월 영남대학교 대학원 컴퓨터공학과(공학박사)

1997년~현재 천안대학교 정보통신학부 교수  
 관심분야 : 패턴인식, 화상처리, 시각정보처리, 신경회로망 등



**안 병 철**

e-mail : ahn@cse.yeungnam.ac.kr  
 1976년 영남대학교 전자공학과 졸업(학사)  
 1986년 오레곤 주립대 전기 및 컴퓨터공학과 졸업(석사)  
 1989년 오레곤 주립대 전기 및 컴퓨터공학과 졸업(박사)

1978년~1984년 국방과학연구소 연구원  
 1989년~1992년 삼성전자 컴퓨터부문 수석연구원  
 1992년~현재 영남대학교 공과대학 컴퓨터공학과 교수  
 관심분야 : 컴퓨터 구조, 그래픽스, 멀티미디어 및 실시간 운영체제