

論文2001-38CI-1-3

필기체 문자 인식에서 특징 추출을 위한 공간 필터링 신경회로망 (A Spatial Filtering Neural Network Extracting Feature Information Of Handwritten Characters)

洪景浩*, 鄭恩花*
(Keongho Hong and Eunhwa Jeong)

요 약

공간 필터링 신경회로망을 이용한 필기체 문자 인식의 특징 추출 방법을 제안한다. 필기체 문자의 특징 추출을 위한 신경망은 먼저, 불규칙한 화소를 제거하는 전처리를 수행한다. 그 후, 윤곽선 검출 및 제거를 통해 외곽선 정보들을 소거한다. 그리고 문자의 특징에 해당하는 정보를 추출한 후 잡음을 제거한다. 제안된 시스템은 시각영역에서 나타나는 여러 가지 세포들의 수용영역에 대응하는 공간 필터를 활용한 것이다. 제안된 시스템의 타당성을 확인하기 위한 실험은 PE2 데이터를 사용하였다. 실험을 통해 공간필터링 신경회로망을 이용한 필기체 문자의 특징 추출 시스템은 곡선이나 원, 사각형이 포함된 형태의 필기 문자에서도 특징 추출이 용이하다는 것을 확인할 수 있다.

Abstract

A novel approach for the feature extraction of handwritten characters is proposed by using spatial filtering neural networks with 4 layers. 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 system extracts feature information and removes the noises from feature information. The spatial filters adapted in the system correspond to the receptive fields of ganglion cells in retina and simple cells in visual cortex. With PE2 Hangul database, we perform experiments extracting features of handwritten characters recognition. It will be shown that the network can extract feature informations from handwritten characters successfully.

I. 서 론

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 방법으로 문자에 관한 공간 정보 외에 시간 정보도 함께 이용한다. 온라인 문자 인식

에서는 문자의 시간적, 공간적인 정보를 얻을 수 있으나, 오프라인 문자 인식에서는 시간적 정보를 잃어버린 단순한 영상 정보만을 얻을 수 있다.

문자 인식 시스템은 전처리 단계, 특징추출 단계, 인식단계, 후처리 단계의 4단계로 나눌 수 있다. 문자 인식 시스템에서 각 단계는 서로 연관성을 가지고 있으며 각 단계가 통합되어 하나의 인식 시스템을 구성한다. 그러므로 효과적인 인식 시스템을 개발하기 위해서는 기존에 개발된 인식 기술 및 연구 결과를 활용할 수 있는 새로운 접근 방법이 요구된다.

본 논문은 문자 인식 시스템의 첫 단계인 골격 특징추출에 관한 연구이다. 특징추출 단계에서 어떠한 특징을 추출하느냐에 따라서 인식기의 입력의 크기 및 인

* 正會員, 天安大學校 情報通信學部

(Dept. of Information and Communication Science, Chonan University)

接受日字:1999年 10月1日, 수정완료일:2000年 12月21日

식기 전체의 윤곽 결정에 많은 영향을 끼침으로, 문자의 인식률을 결정하는 중요한 요인이 된다. 특히 특징 추출 알고리즘에 따라 추출되는 골격선의 결과가 서로 다르게 나타나므로, 인식 대상문자에 가장 적합한 특징 추출 알고리즘이 개발되고 수행되어야 한다.

기존의 문자 인식에서 특징 추출에 관한 연구는 대부분이 인쇄체 문자의 세선화를 하는데 중점을 두었다. 한동엽 등은 최근의 오프라인 필기 한글 인식과 관련된 특징 추출에 관한 연구로 지식기반의 세선화 알고리즘이나 이것도 Chen의 병렬세선화 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^[2]. 김의정 등의 오프라인 문자에서 개별 문자 추출과 한자 인식에 관한 논문은 인쇄체 문서에서 최대 블럭화 방법을 이용하여 특징 추출한 것이다^[3,4].

본 연구는 생물의 시각 경로에서 나타나는 시각 세포들이 가지는 여러 기능들을 추상화하여, 문자 인식에 필요한 특징 정보를 추출하는 공간필터링 신경회로망을 설계한다(그림 1). 그림 1의 각 과정들은 시각 정보 처리과정에서 보이는 시각 세포들의 수용영역의 성질을 이용하여 공간 필터를 구성한 것이다. 2장에서는 시각 정보 처리 과정을 기술하고 3장에서는 필기체 문자의 특징 추출을 위한 신경망을 설계한다. 4장에서는 설

계된 시스템의 타당성을 확인하기 위해, 필기체 오프라인 문자인 PE92 데이터를 이용하여 실험을 수행하였다. 마지막으로 5장에서는 결론을 기술한다.

II. 시각 정보 처리

시각 정보처리 과정은 빛을 매체로 하여 외부로부터 들어온 정보는 각막, 안방수, 수정체, 초자체를 통과하여 망막(retina)에 2차원 화상으로 투영된다. 외부로부터의 정보는 망막 내 여러 가지 세포를 거쳐 망막의 출력세포인 신경절 세포(ganglion cell)로 전달된다. 좌우 양안의 망막에서 나온 신경절 세포의 출력은 일부의 시신경 교차(optic chiasma)를 거쳐 간뇌의 외측상체(lateral geniculate body: LGB)에 도달해 시냅스를 형성한다. 외측상체에는 시색섬유와 시냅스 결합해서 대뇌 피질에 전달하는 중계세포가 존재한다.

망막의 신경절 세포의 출력은 시신경을 통해 외측상체를 거쳐 시각영역(visual area)에 전달된다. 시각영역은 대뇌반구의 후부에 위치하고 있다. 또한 수용영역이 동심원형을 갖는 망막이나 외측상체의 신경세포와는 달리, 대뇌 피질의 신경세포는 여러가지 형태와 성질을 가진 수용영역이 존재한다. 시각영역에는 특정한 기술키를 가진 직선이나 윤곽선에 반응하는 세포를 비롯하여 여러 종류의 특징에 반응하는 세포가 존재한다.

Hubel과 Wiesel은 고양이나 원숭이의 시각 영역(V1영역과 V2영역) 신경세포의 수용영역의 성질을 조사하였다. 그리고 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, 외측상체, 단순형 세포, 복잡형 세포, 초복잡형 세포라고 하는 계층적 구조가 존재한다는 계층가설을 제창했다.^{[8][11]}

본 논문에서 제안된 공간 필터링 신경회로망은 Hubel과 Wiesel이 제안한 계층 가설을 참조하여 구성한 것으로, 여러 가지 세포들의 반응 특성을 모델링하여 사용하였다.

III. 필기체 문자의 특징추출

필기체 오프라인 문자 인식에서 특징 추출을 위해 구성된 신경망은 전처리 부분인 평활화 처리, 망막 신

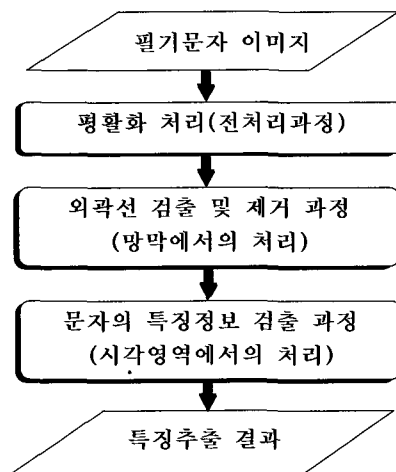


그림 1. 문자의 특징추출 시스템
Fig. 1. The proposed system.

경질 세포를 활용한 외곽선 검출 및 제거, 시각 영역의 세포들을 근거한 특징 정보 추출, 그리고 잡음제거의 4 단계로 구성된다(그림 1).

1. 평활화 처리

이 단계는 전처리 단계로서 필기된 원 이미지의 울퉁불퉁한 불규칙 화소 및 1-2 화소 크기의 손실된 화소를 복원하기 위해 처리이다. 이것은 다시 두 가지 하위 단계로 나누어진다.

손실된 화소 복원

이 단계는 복잡형 세포를 활용하여 1-2 화소의 손실된 화소를 복원하기 위한 처리를 수행한다. 이를 위한 공간 필터는 가우시안 함수를 사용하여 모델링하였으며 식 (1)과 같다.

$$f_1(x, y) = e^{-x^2/2\sigma_x^2} \cdot e^{-y^2/2\sigma_y^2} \quad (1)$$

요철부분 제거

이 단계로는 1화소나 2화소로 구성된 만이나 패인 영역인 요철부분을 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.

$$f_2(x, y) = (e^{-x^2/2\sigma_x^2} - e^{-x^2/2\sigma_y^2})e^{-x^2/2\sigma_x^2} \quad (2)$$

여기서, x, y 는 마스크의 크기를 나타낸다. σ_x, σ_y 는 흥분성 영역과 억제성 영역을 규정하는 파라미터이고, σ_{en} 은 필터의 최적 방향의 민감도(sensitivity)를 나타낸 것이다.

2. 외곽선 검출 및 제거

이 단계는 망막에서의 처리과정을 참고한 것으로서 문자의 외곽선 정보를 검출하여 이를 제거하는 단계이다. 외곽선 제거 단계는 필기 문자로부터 외곽선 정보만을 추출하는 외곽선 검출 부분과 검출된 윤곽선을 사용하여 주어진 이미지로부터 외곽선을 제거하는 부분으로 구성된다. 이것은 경험적 정보를 사용하여 필기된 문자의 두께가 원하는 화소의 수가 될 때까지 반복 수행함으로써 불필요한 정보를 제거할 수 있다.

외곽선 검출

입력 필기 문자 이미지로부터 외곽선을 이루는 윤곽을 추출하는 데 사용되어지는 마스크는 망막 신경절 세포를 참조하여 구성한 것이다^[5-10]. 여기서 사용된 망

막 신경절 세포는 on-중심형 세포로서, 마스크(mask)는 DOG(Difference of two Gaussians) 함수를 사용한다. 만약 중심으로부터의 거리를 r , 흥분성 영역과 억제성 영역의 표준편차를 각각 σ_e, σ_i 라고 하면, 중심 원형의 DOG 함수는 다음의 식으로 주어진다.

$$f_3(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma_e^2} e^{-r^2/2\sigma_e^2} - \frac{1}{2\pi\sigma_i^2} e^{-r^2/2\sigma_i^2} \quad (3)$$

여기서 x, y 는 마스크의 크기를 나타내며, 2개의 가우시안 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]. 망막에 있어서의 처리 결과는 외곽선 정보의 검출이다.

외곽선 제거

이 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 크기만큼(1-2화소의 크기로) 제거함으로써 필기문자의 계산 크기를 줄인다. 외곽선 제거 단계의 윤곽 검출 부분과 외곽선 제거 부분을 원하는 횟수만큼 반복 수행함으로써 문자 인식에 영향을 주지 않으면서 불필요한 여분의 화소들을 제거할 수 있다.

3. 문자 특징 정보 검출

필기체 오프 라인 문자 인식을 위한 특징의 추출은 시각영역에 의한 처리를 참고한 것으로 3가지 단계로 구성된다. 단순형 세포에 근거한 문자의 특징 정보 검출, 초복잡형세포에 의한 문자의 특징 정보 결합 그리고 잡음 제거 과정으로 구성된다.

문자의 특징 정보 검출

단순형 세포를 이용한 특징 정보 검출은 수직, 수평, 대각선 등 여러 가지 방향으로 원하는 방향의 특징을 추출할 수 있다. 본 연구에서는 일단 특징 정보를 구성하는 가장 화소 수가 적은 형태의 중앙에 위치한 특징 정보를 검출한다.

단순형 세포의 특징은 자극 패턴의 형태나 위치가 수용영역의 흥분성 영역에 꼭 일치하는 경우에 가장 강한 반응을 나타낸다. 문자의 특징 정보 검출을 위해 사용될 단순형 세포는 글자의 중앙에 위치하고 있는 화소정보(획 정보)에 대한 특징을 추출한다. 이때 수직, 수평의 두 방향의 정보만을 이용한다.

단순형 세포의 수용영역의 감도분포는 식 (4)에 나타낸다.

$$f_4(x, y) = (e^{-(x-b)^2/2\sigma_x^2} - e^{-x^2/2\sigma_x^2} + e^{-(x+b)^2/2\sigma_x^2}) \cdot e^{-y^2/2\sigma_y^2} \quad (4)$$

여기서, l 은 흥분성 영역과 억제성 영역 사이의 공간 상수이다.

문자의 특징 정보 결합

이 단계는 시각영역의 초복잡형 세포들의 특성을 근거로 한 것이다. 여기서 사용될 초복잡형 세포는 단순형 세포의 성질을 가진 것으로 자극패턴의 길이나 폭이 적당할 때 반응을 나타낸다.

단순형 세포에 의해 추출된 문자 특징을 모두 포함하는 수직, 수평방향의 화상들을 결합한 결과로서 원하는 문자의 골격 특징을 추출한다. 이를 식으로 나타내면 식(6)과 같다.

$$f_5(x, y) = \sum_{n=0}^m f_4(x, y) \quad (6)$$

여기서 m 은 결합횟수를 나타낸다.

잡음 제거

이 단계는 특징 추출 단계에서 발생한 잡음을 제거하기 위한 처리이다. 특히 연결점 부분에 잡음이 발생빈도가 높다. 이것을 제거하기 위해 외곽선 제거 단계

에서 생성된 마지막 이미지와 특징 추출 단계에서 추출된 결과를 AND 논리 연산한다. 이것은 특징 추출과 무관하면서 처리과정 중에 발생한 잡음을 제거하는데 목적이 있다.

IV. 실험결과

필기체 문자 인식을 위해 사용되어질 특징추출을 위한 시스템은 시각 세포들의 반응 모델을 이용한 공간 필터링 신경망으로 구성하였다. 특징추출을 위한 실험은 PE2 데이터를 사용하여 SUN의 X-WINDOWS 상에서 수행하였다. 특징추출 시스템의 각 단계별 처리 결과는 그림 2와 같다.

그림 2(a)는 필기체 문자의 원 이미지이다. 그림 2(b)는 평활화 처리의 첫 번째 단계인 손실된 화소복원을 위한 평활화 처리한 결과이다. 그림 2(c)는 평활화 처리의 두 번째 단계인 요철부분을 제거한 결과이다.

그림 2(d)는 외곽선 추출 및 제거 단계에서 외곽선의 윤곽을 검출한 결과이다. 그림 2(e)는 추출된 외곽선을 제거한 결과이다. 이것은 그림 2(c)에서 외곽선 윤곽이 검출된 그림 2(d)를 뺀 결과이다. 그림 2(f)는 외곽선 추출 및 제거 단계를 두 번째 반복 수행하여 추출한 외곽선 윤곽이다. 그림 2(g)는 그림 2(e)에서



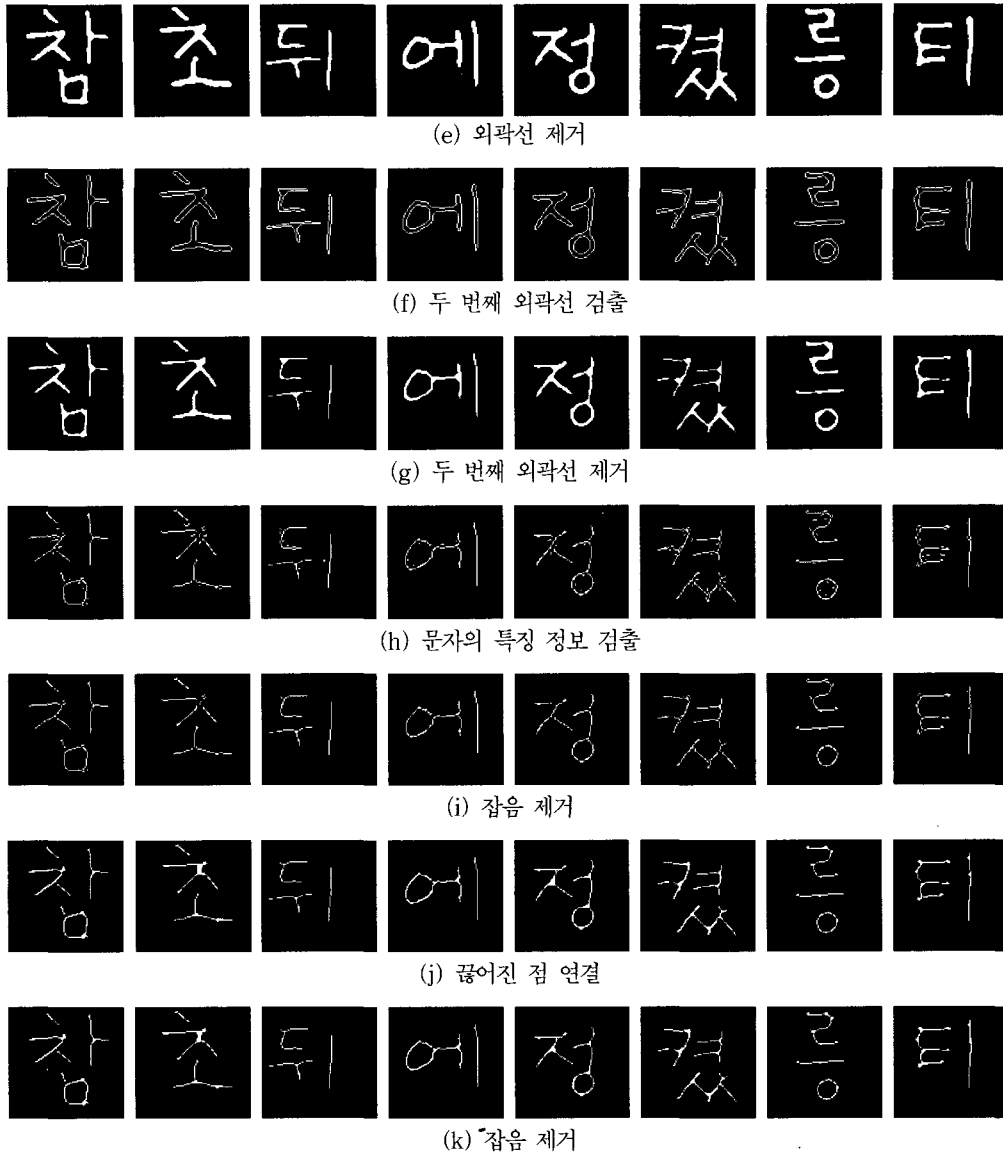


그림 2. 실험결과
Fig. 2. Experiment Results.

외곽선 윤곽이 검출된 그림 2(f)를 뺀 결과이다.

그림 2(h)는 필기체 문자에서 특징을 추출한 후 그 특징정보를 결합시킨 결과이다. 그림 2(h)의 특징 추출 과정에서 약간의 잡음이 추출됨을 알 수 있다. 그림 2(i)는 잡음을 제거한 단계의 결과이다. 이것은 잡음 제거를 위해 특징 추출을 위한 입력 이미지와 특징 추출의 결과 이미지를 AND 논리 연산한 결과이다. 그림 2(j)는 특징 추출의 단계를 한번 더 반복한 결과로서 끊어졌던 연결점이 어느 정도 복원된다. 마지막으로 그림 2(k)는 이전 단계에서 생성된 잡음을 제거하기

위해 이미지 연산을 수행한 것으로 특징추출의 마지막 단계인 잡음을 제거한 결과이다.

기존의 문자 인식에서 특징 추출에 관한 연구는 대부분이 인쇄체 문자를 세션화 하는데 중점을 두었다. 한동엽 등은 최근의 오프라인 필기 한글 인식과 관련된 특징 추출에 관한 연구로 Chen의 병렬 세션화 알고리즘을 사용한 지식기반의 세션화 알고리즘을 제시했다^[1]. 대부분의 연구들은 필기체 문자 인식에 적합한 특징 추출을 위한 연구보다는 기존에 제시한 세션화 알고리즘 이용하여 세션화 한 후, 인위적인 문자 획 분

리라든가 패턴 정합 방법을 사용한 복원에 중심을 둔 연구이다. 세션화 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^[3,4]. 그러나 본 논문의 특징 추출 시스템은 〇, ㅎ과 같은 곡선 형태의 문자에도 찌그러짐 없이 원하는 특징 정보를 추출할 수 있다. 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 관계없이 활용할 수 있다.

V. 결 론

필기체 문자에서의 특징을 추출하는 공간필터링 신경회로망을 제안한다.

문자의 특징추출 시스템은 PE2 데이터를 사용하여 실험하였다. 본 논문은 기존의 세션화 알고리즘에 의존한 골격선 추출과는 달리, 시각 신경계의 반응 모델을 응용한 공간 필터링 신경망을 구성한 것이다. 각 처리 과정은 반복 처리를 통해 필요한 특징을 추출할 수 있다.

제안된 시스템은 실험에서 사용한 필기체 한글 데이터뿐만 아니라 영어, 일어 등 다양한 문자의 특징 추출에도 활용될 수 있다. 이것은 곡선이나 사각형이 포함된 형태의 필기 문자에서 흔히 발생하기 쉬운 찌그러짐 현상 없이 원래 입력이미지에 근접한 형태의 특징추출이 용이하다. 이 방법은 방향 성분에 의존하는 문자 획정보를 추출하는 것도 가능하다.

참 고 문 헌

- [1] 한동협, 조성배, "오프라인 필기 한글을 위한 지식 기반 세션화 알고리즘", 한국정보과학회 논문지 (B), Vol.25, No.9, pp. 1381-1388, Sep. 1998
- [2] 원남식, 손운구, "4-인접 연결값을 이용한 병렬 세션화 알고리즘", 한국정보과학회 논문지, Vol. 22, No.7, pp. 1047-1056, July, 1994
- [3] 김의정, 김태균, "최대 블록화 방법을 이용한 문자 획 특징 추출에 관한 연구", 한국 정보처리학회 논문지, 제4권, 제4호, pp. 1141-1151, 1997
- [4] 김의정, 김태균, "오프라인 문서에서 개별 추출과 한자 인식에 관한 연구", 한국 정보 처리학회 논문지, 제4권, 제5호, pp. 1277-1288, 1997
- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] Marr. D. and Hildreth. E. "A theory of edge detection", Proc. R. Soc. Lond. B207, pp. 187-217, 1980.
- [8] 福島邦彦, 神經回路と情報處理, 朝倉書店, 1993
- [9] 乾 敏郎, 視覚情報處理の基礎, サイエンス社, 1990
- [10] 김옥현, 손진우, "신경회로망과 시각정보처리", 전자통신연구소, 전자통신동향분석, 제 8권, 제3호, pp. 66-76. Oct. 1993
- [11] Hubel D. H. and Wiesel T. N. "Receptive fields and functional architecture of monkey striate cortex", J Physiology, (London), 195 [1], pp. 215-243, March 1968.
- [12] B. Dreher, "Hypercomplex cells in the cat's striate cortex", Investigative Ophthalmol., 11 [5], pp. 355-356, May 1972.

 저 자 소 개

洪 景 浩(正會員)

1990년 영남대학교 전자공학과 졸업(공학사). 1992년 영남대학교 대학원 전산공학과 졸업(공학석사). 1999년 2월 영남대학교 대학원 전산공학과 졸업(공학박사). 1996년 2월~1998. 2월 협성대학교 경영정보학과 전임 강사. 1998년 3월~2000년 현재 천안대학교 정보통신 학부. 관심분야는 신경망, 한글인식, 패턴인식, 유전자 알고리즘 등

鄭 恩 花(正會員) 第 34卷 C編 第 3號 參照

1991년 2월 영남대학교 전산공학과 졸업(공학사). 1993년 2월 영남대학교 대학원 전산공학과 졸업(공학석사). 1997년 8월 영남대학교 대학원 전산공학과 졸업(공학 박사). 1997년 3월~현재 천안대학교 조교수. 관심분야는 패턴인식, 화상처리, 시각정보처리, 신경회로망 등임