

論文96-33B-1-19

## 시각매카니즘을 이용한 지도에서의 파선정보추출기구의 제안

(Extraction Of Dashed Line Information On  
Maps Using Visual Mechanism)

朴施東\*, 金旭炫\*

(Park Si Dong and Kim Wook Hyun)

## 요 약

본 논문은 고양이와 원숭이의 시각피질에서 보이는 특징추출경로를 모델화하여 지도화상으로부터 파선을 추출하는 파선정보추출용 뉴럴 네트워크를 제안한다. 제안하는 파선정보추출기구는 칼라입력화상을 흑백화상으로 변환한 후, 방향별 직선을 추출한다. 다음으로, 추출된 각 방향별 직선 중 추출하고자 하는 파선보다 긴 직선을 제거한 후, 파선의 성질인 연속된 짧은 직선을 찾아내어 추출한다. 제안하는 뉴럴 네트워크는 국립지리원에서 발행한 1/25,000 축척의 지도에 적용되었으며, 지도화상으로부터 성공적으로 파선 정보를 추출할 수 있음을 보였다.

## Abstract

In this paper, we propose a neural network for extracting dashed lines from map images based on the feature extracting path be found in a cat and monkey's visual cortex. The proposed system converts a color image to a binary image and extracts the lines per orientation. Next, the system removes the lines longer than the dashed line and extracts the dashed lines by finding the consecutive short lines. The proposed system for extracting the dashed lines was tested using 1/25,000 scaled maps published by the National Geographic Institute of Korea. This paper shows that the proposed system can extract the dashed-lines from maps

## I. 서 론

지도정보는 쉽게 구할 수 있는 신뢰성 있는 데이터 자원으로서 행정기관, 기업 등에서 정책결정을 할 때 중요한 자료가 된다. 컴퓨터에 지도정보를 입력하는 방법은, 과거에는 주로 사람의 수작업에 의존했는데, 그 작업은 날로 복잡해지고 다양해지는 지도의 방대한 입력작업에 의한 많은 시간과 노력뿐만 아니라, 단순 수

작업에 기인한 입력오류가 상당히 크다. 그러므로 컴퓨터가 도면을 읽어서 도면위의 정보를 인식, 이해하는 도면자동입력기술이 기대되고 있다.

지도에는 여러가지 의미있는 기호가 혼재되어 있다. 지도를 이루는 점, 선분, 다각형을 사용하여 도로정보, 각종 구역경계와 다각형으로 이루어진 건물 등 기호로 표현되는 정보, 그리고 문자정보를 표현한다. 이런 정보들은 한 화상에서 동시에 중첩되거나 인접하여 존재하므로, 특징추출을 통하여 원하는 정보만을 인식하는 일은 용이하지 않다. 또한 여러 유용한 정보 중에서 실선인 도로정보와 다각형으로 구성된 건물들인 기호정보, 문자정보의 추출은 많은 연구가 행해지고 있으나 그 밖의 기타 유용한 정보들 중 구역경계, 지하철등을 구성하는 파선을 추출하는 연구는 거의 이루어지지 않

\* 正會員, 嶺南大學校 電算工學科

(Dept. of Computer Eng., Yeungnam Univ.)

※ 이 논문은 1994학년도 영남대학교 학술연구조성비에 의한 것임

接受日字: 1995年7月26日, 수정완료일: 1995年12月23日

고 있는 실정이다.

한편, 생체의 시각신경계는 현재의 정보처리장치에서 풀기 어려운 복잡하고 애매한 패턴에 대한 인식이나 정보의 병렬처리 등에서 우수한 능력을 가지고 있다. 이에 시각신경계에서 정보처리를 행하는 매카니즘을 해명하는 연구가 생리학과 심리학의 면에서 심황리에 진행되고 있는데, 그 결과, 생물의 시각신경계가 가지는 여러 기능들을 추상화하여 모델링한 모델들이 많이 제시되었다<sup>[1][2][3][4]</sup>. 이런 신경회로형 모델들은 기존의 컴퓨터가 가지는 많은 단점들을 보완할 수 있다.

이에 본 연구에서는, 지도정보처리에 있어, 고양이와 원숭이의 시각정보처리과정에서 보이는 특징추출기구를 모델링한 공간필터를 사용하여, 지도로부터 파선정보를 자동으로 추출하는 파선정보추출기구를 제안한다.

## II. 시각 매카니즘

외계로부터 안구에 들어온 광선은 각막, 안방수, 수정체, 초자체를 통과하여 망막에 도달한다. 망막의 표면에 도달한 빛은 제일 깊숙한 곳에 위치하고 있는 시세포에 도달한다. 망막 중에 정보처리에 기여하고 있다고 생각되는 세포로서, 시세포외에 수평세포, 쌍극세포, 아마클린 세포, 신경절세포 등이 있다. 망막에서의 처리는 시세포로 불리는 광수용기에서 빛신호를 전기 펄스신호로 변환하여, 아주 작은 영역의 빛의 강도를 검출한다. 이들은 층상으로 배열되어 있고, 서로 복잡한 시냅스결합을 하고 있다. 망막내의 정보전달경로에 주목해서 보면, 시세포 → 쌍극세포 → 신경절세포라고 하는 정보전달경로가 존재한다. 좌우 양안의 망막을 나눈 신경절 세포의 축삭은 시신경 교차(optic chiasma)에서 일부가 교차하고, 간뇌의 외측슬상체(LGB)에 도달해 시냅스를 형성한다. 외측슬상체에는 시색섬유와 시냅스결합해서 대뇌피질에 전달하는 중계세포가 존재한다.

한개의 세포는 그 세포에 붙어있는 입력시냅스를 통해 아주 많은 수의 다른 세포로부터 입력을 받고 있으며, 이 많은 수의 입력정보를 조합하여 어떤 처리를 행한 후, 그 출력을 또다시 다른 다수의 세포로 전달하고 있다. 따라서, 시각계에 있어서 하나의 세포 반응은 다수의 시세포 반응의 영향을 받게 된다. 그래서, 어느 하나의 세포반응에 영향을 주는 망막상의 영역을 그

세포의 수용영역(receptive field)이라고 부른다. 신경생리학에서 고양이나 원숭이 등 여러 동물들을 이용해서 망막 신경절세포의 수용영역을 조사한 결과 on 중심형 세포와 off 중심형 세포의 존재를 밝혔다.

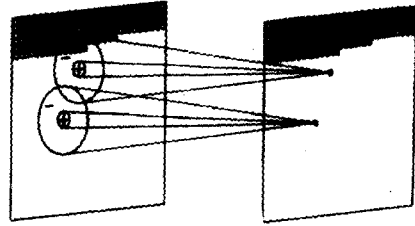


그림 1. 망막모델의 수용영역의 개념  
Fig. 1. The Concept of receptive field for retina model.

대뇌 중에서 시각정보를 최초로 받아 처리하고 있는 곳이 시각영역이다. 망막이나 외측슬상체의 신경세포의 수용영역은 대개 원형이지만, 대뇌피질의 신경세포에 이르면 수용영역의 형태나 성질에 여러가지 타임을 볼 수 있다. 시각영역에는 특정기울기의 직선선분이나 윤곽선에 반응하는 세포를 비롯하여, 망막위에 투영된 자극패턴에 포함된 여러 종류의 특징에 반응하는 세포가 존재하고 있다는 것이 알려져 있다. Hubel과 Wiesel은 1960년대에, 고양이나 원숭이의 시각영역(V1영역과 V2영역)의 신경세포의 수용영역의 성질을 조사하여, 이들의 세포를 그 수용영역의 성질에 근거해서 단순형 세포(simple cell), 복잡형 세포(complex cell), 초복잡형 세포(hypercomplex cell) 등으로 분류하고, 이들 세포 상호간에는, 망막 → 외측슬상체 → 단순형 세포 → 복잡형 세포 → 초복잡형 세포라는 계층적인 구조가 존재한다고 하는 계층가설을 제창하였다<sup>[5][6][7]</sup>. 최근에는 Hubel과 Wiesel의 초기의 연구결과를 수정하려고 하는 아이디어도 많이 나오고 있다. 본 연구에서는 생리학적 측면에서 계층가설 중 초복잡형 세포를 제외한 망막에서 복잡형 세포까지의 경로를 모델링했으며, 심리학적 측면인 과거경험을 위하여 Hubel과 Wiesel의 계층가설을 수정하여 복잡형 세포의 출력을 다시 단순형 세포로 역전달시키는 계층을 제안한다. 단순형 세포는, 수용영역내의 흥분성의 on 영역에 자극광이 주어지면 발화의 빈도가 증가하고, 억제성의 off 영역에 자극광이 주어지면 발화는 억제된다. 그러나 양쪽 영역에 동시에 자극을 주면 양자의 효과는 서

로 상쇄되어, 수용영역 전체를 덮는 정도의 빛 자극에 대해서는 거의 반응하지 않는다. 따라서, 자극패턴의 형태나 위치가 수용영역의 흥분성 영역에 꼭 일치할 경우에 가장 강한 반응을 나타낸다. 그래서 이와 같은 세포는 특정위치에 존재하는 특정 방위를 가진 직선의 추출작용을 하는 것으로 추정된다.

복잡형 세포에서는 수용영역의 내부가 on, off 영역으로 구분되어 있지 않아서, 직선이 수용영역 내부에 있지만 하면, 그 위치에는 그다지 영향을 받지 않고 반응한다.

III. 파선정보추출기구

본 논문에서는 생체의 시각정보처리과정에서 보이는 특징추출회로의 공간필터를 사용하여, 아래와 같은 단계를 가진 파선정보를 추출하는 파선정보추출기구를 제안한다.

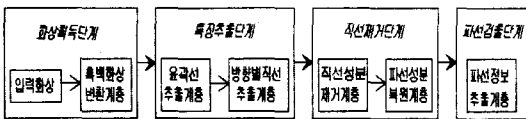


그림 2. 파선정보추출기구의 흐름도  
Fig. 2. The Flow diagram of The Dashed Line Information Extraction System (DLIES).

제안하는 파선정보추출기구는 그림 3과 같이 화상획득단계(U<sub>0</sub> 계층)에서 입력된 칼라화상을 흑백화상으로 변환하고 특징추출단계(U<sub>1</sub>, U<sub>2</sub> 계층)에서 U<sub>0</sub> 계층의 출력화상에 대하여 망막과 시각영역에 보이는 신경세포인 On 중심형 신경절 세포(On-Center Type Ganglion Cell)를 적용하여 입력화상에서 컨트라스트를 추출한 후, 그 결과화상에 대하여 8 방위의 On 중심형 단순형 세포(On-Center Type Simple Cell)를 적용하여 각 방향별 직선을 추출한다. 직선제거단계(U<sub>3</sub>, U<sub>4</sub> 계층)에서는 특징추출단계의 결과화상에 대하여 엇비껴진 Off 중심형 복잡형 세포(Off-Center Type Complex Cell)를 적용하여 추출하고자 하는 파선보다 긴 직선을 제거하고, On 중심형 단순형 세포에 의해 앞 계층에서 소실된 파선정보를 복원한다. 그 후, 파선추출단계(U<sub>5</sub> 계층)에서 엇비껴진 On 중심형 복잡형 세포(On-Center Type Complex Cell)를 적용하여 파선의 성질인 연속된 짧은 직선을 찾아서 추

출한다.

본 연구에서는 Hubel과 Wiesel의 시각전달경로의 연구결과 중 망막에서 단순형세포, 복잡형세포로 이어지는 경로를 이용하면서 직선제거단계에서는 복잡형 신경세포의 출력을 단순형세포로 역전달시키는 과정을 가정하여 추가시키고, 각 단계별 신경세포를 모델링하였다.

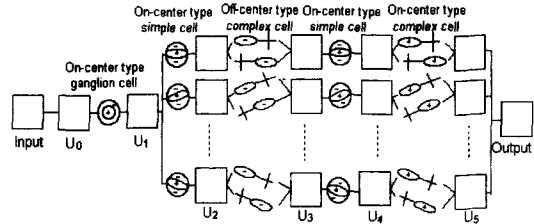


그림 3. 파선정보추출기구의 계층  
Fig. 3. The Layer of the DLIES.

1. 화상획득단계 (U<sub>0</sub> 계층)

입력화상이 칼라화상인 경우에, 시각신경계는 색에 의한 처리를 행한다. 그러나 지도에서 도로, 각종 기호와 파선은 모두 검은 색으로 표현이 되고 강이나 논밭 등이 다른 색으로 표현이 되므로 색에 의한 분류처리를 행하는 것은 별의 의미를 가지지 못한다. 따라서 본 연구에서는 시각신경계에서 색을 처리하는 경로를 따르지 않고 간단하게 검은 색을 가진 정보만을 추출하는 흑백화상변환층(U<sub>0</sub>)을 둬으로써 색처리에 따르는 부하를 줄였다.

2. 특징추출단계 (U<sub>1</sub>, U<sub>2</sub> 계층)

제안된 기구는 화상획득단계의 결과화상인 흑백화상에 대하여 특징추출을 위한 처리를 계층적으로 수행한다. 먼저 컨트라스트 검출층에서 입력화상에 대하여 윤곽선을 추출한 후, 방향별 직선 검출층에서 추출된 윤곽선에 대하여 각 방위별로 직선정보를 추출한다.

컨트라스트 검출층(U<sub>1</sub>)은 시각정보처리경로 중 망막에서 신경절세포까지의 경로를 모델링하여 망막이 가지는 기능인 컨트라스트 검출을 수행한다. 공간필터를 모델링하기 위하여 DOG(Difference Of two Gaussian)함수를 이용하여 중심으로부터의 거리를 r, 2개의 Gaussian함수의 표준편차를 각각  $\sigma_e$ ,  $\sigma_i$ 라고 할 경우, DOG함수는 식 (1)과 같다.

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

이 계층의 출력은 식 (2)와 같다.

$$u_1(x, y) = 1 \left[ \int_{A_1} d(\xi, \eta) \cdot u_0(x + \xi, y + \eta) d\xi d\eta - \theta_1 \right] \quad (2)$$

여기에서  $\theta_1$ 은 신경절세포의 발화임계치이며 1 [ ]는 스텝함수이다. 적분영역  $A_1$ 은 1개의 세포에 대한 결합분포의 범위 즉 수용영역의 크기를 나타낸다.

방향별 직선검출층( $U_2$ )은 시각정보처리경로에서 대뇌 시각피질의 V1영역과 V2영역을 모델링하는 계층으로 Hubel과 Wiesel의 계층가설에 따라 화상에 존재하는 모든 방위에 대한 직선성분을 검출한다. 방위선택성을 가진 공간필터는 수평방향으로는 DOG함수, 수직방향으로는 Gaussian함수를 사용하여 모델링했으며, 8 방향의 방위선택성을 가진 공간필터는 식 (4)와 같다.

$$SIM(x, y) = \left( e^{-x^2/2\sigma_x^2} - \frac{\sigma_y}{\sigma_x} e^{-x^2/2\sigma_x^2} \right) \cdot e^{-y^2/2\sigma_y^2} \quad (3)$$

여기에서  $\sigma_{en}$ 은 수직방향의 Gaussian함수의 표준편차를 나타낸다.

$$SIM_\varphi(x, y) = SIM(x \cos \varphi - y \sin \varphi, x \sin \varphi + y \cos \varphi) \quad (4)$$

$$\varphi = \frac{\pi}{8} \times d \text{ [ rad] } (d=0, 1, \dots, 7)$$

식 (4)를 사용하여 수용영역의 최적방위가  $\alpha$ 인 직선을 검출하는 세포의 출력  $u_2(x, y, \alpha)$ 는 아래와 같이 모델링된다.

$$u_2(x, y, \alpha) = 1 \left[ \int_{A_2} SIM(\xi, \eta, \alpha) \cdot u_1(x + \xi, y + \eta) d\xi d\eta - \theta_2 \right] \quad (5)$$

### 3. 직선제거단계 ( $U_3, U_4$ 계층)

이 단계에서는 특징추출단계에서 출력된, 각 방향별 직선성분만이 존재하는 결과화상에 대하여 추출하고자 하는 파선의 길이보다 긴 직선성분을 제거하는 단계이다. 직선제거층에서는 긴 직선을 제거하기 위하여 억제성 복잡형세포를 사용하여 긴 직선의 출력을 억제하고, 추출하고자 하는 파선의 길이와 같은 직선이나 더 짧은 직선성분을 추출한다. 그 후 파선복원층에서는, 직선제거층에서 긴 직선을 제거하는 과정에서 소실되어 혼란만 남은 파선성분을 원래의 형태로 복원시켜준다.

직선제거층( $U_3$ )은 대뇌 시각피질의 V1영역과 V2영역에 있는 복잡형세포를 모델링하는 계층이며 방향별

직선추출층에서 추출된 특정 방위의 직선에 대하여 추출하고자 하는 파선의 길이보다 긴 직선을 억제함으로써 제거하는 역할을 한다. 방위선택성을 가진 공간필터는 Gaussian함수를 사용하여 모델링했으며, 8 방향의 방위선택성을 가진 공간필터는 식 (7)과 같다.

$$OFFCOM(x, y) = -1 \cdot e^{-x^2/2\sigma_x^2} \cdot e^{-y^2/2\sigma_y^2} \quad (6)$$

$$OFFCOM_\varphi(x, y) = OFFCOM(x \cos \varphi - y \sin \varphi, x \sin \varphi + y \cos \varphi) \quad (7)$$

만들어진 공간필터는 적용할 필터의 중심으로부터 어느 정도 거리를 두고 놓음으로써 앞뒤에 일정길이의 공백이 없는 긴 직선을 억제하게 한다. 거리를 두는 정도는 추출하고자 하는 파선의 길이에 따라 다르게 정의함으로써 파선성분이 억제되어 버리지 않도록 한다.

추출하고자 하는 파선과 파선사이의 공백  $S_i$ , 파선의 길이  $D_i$ 이라 할 때

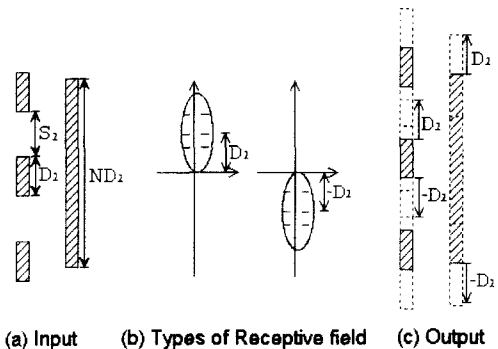


그림 4. 파선의 성질에 따른 공간필터 #1

Fig. 4. The spatial filter #1 according to the property of dashed-line.

(1) (a)와 같이  $D_i \leq S_i$  또는  $D_i/2 \leq S_i \leq D_i$ 일 경우 :

(b)와 같이 결합의 중심의 위치가 각각  $-D_i, D_i$ 만큼 거리를 둔 형태가 되게 공간필터를 모델링하여 (a)에 적용하면 (c)와 같이 되어 긴 직선성분을 억제한다.

(2) (a)와 같이  $S_i < D_i/2$  일 경우 :

(b)와 같이 결합의 중심의 위치가 각각  $-(D_i - S_i), (D_i - S_i)$ 만큼 거리를 둔 형태가 되게 공간필터를 모델링하여 (a)에 적용하면 (c)와 같이 되어 파선 정보의 일부와 긴 직선성분이 억제된다.

이 때, 파선이 아닌 직선의 길이를  $ND_i$ 이라 하면 결과적으로,

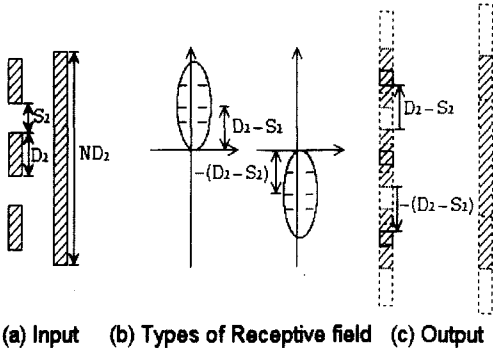


그림 5. 파선의 성질에 따른 공간필터 #2

Fig. 5. Spatial filter #2 according to the property of dashed-line.

(1)  $D_1 < ND_1/2$  일 경우 : 직선의 길이  $ND_1$ 보다 긴 직선은 억제되어 추출되지 않는다.

(2)  $D_1 > ND_1/2$  일 경우 : 길이가  $ND_1$ 인 직선은 앞에서 공백을 가진 파선으로 간주가 되어 추출이 된다.

$\delta$ 를 신경세포의 수용영역 중심에서 흥분성영역 중심까지의 거리라고 한다면, 식 (7)을 사용하여 수용영역의 최적방위가  $\alpha$ 인 세포의 출력  $u_{3p}(x, y, \alpha)$ ,  $u_{3m}(x, y, \alpha)$ 는 아래와 같이 모델링된다.

$$u_{3p}(x, y, \alpha) = 1[ \int_{A_1} OFFCOM(\xi, \eta, \alpha) \cdot u_2(x + \xi, y + \eta, \alpha) d\xi d\eta - \theta_3 ] \quad (8)$$

$$u_{3m}(x, y, \alpha) = 1[ \int_{A_1} OFFCOM(\xi, \eta, \alpha) \cdot u_2(x + \xi, y + \eta, \alpha) d\xi d\eta - \theta_3 ] \quad (9)$$

여기에서 세포의 출력  $u_{3p}(x, y, \alpha)$ 는 수용영역의 중심에서 복잡형세포의 흥분성영역 중심이  $\delta$ 만큼 떨어진 공간필터를 적용한 결과이고,  $u_{3m}(x, y, \alpha)$ 은 수용영역의 중심에서 복잡형세포의 흥분성영역 중심이  $-\delta$ 만큼 떨어진 공간필터를 적용한 결과이다.

식 (8)과 (9)를 이용하여, 파선의 길이보다 긴 직선을 억제하여 파선정보만을 출력하는  $u_3(x, y, \alpha)$ 는 아래와 같다.

$$u_3(x, y, \alpha) = [ u_{3p}(x, y, \alpha) \text{ OR } u_{3m}(x, y, \alpha) \text{ AND } u_2(x, y, \alpha) ] \quad (10)$$

파선복원층( $U_4$ )은 대뇌 시각피질의 V1영역과 V2영역에 있는 단순형세포를 모델링하는 층으로 Hubel과 Wiesel의 계층가설과는 다르게 직선제거층에서 사용한 복잡형세포의 출력을 다시 단순형세포로 역전달시켜서 적용한다. 이 계층에서는 직선제거층의 직선 제거과정

에서 직선성분과 함께 억제되어 제거된 파선성분을 다시 원래의 길이로 복원시키는 역할을 수행하며, 직선검출층에서 사용한 단순형세포를 사용하되 세포의 발화임계값을 낮춤으로써 약간의 흔적이 남은 파선을 원래의 파선의 길이와 방향으로 다시 복원한다. 공간필터는 직선검출층과 같이 모델링되며 발화임계값은 매우 낮은 값을 취하게 된다.

이 계층에서 모델링하는 공간필터는 식 (4)와 같으며 이 계층의 출력  $u_4(x, y, \alpha)$ 은 아래와 같다.

$$u_4(x, y, \alpha) = 1[ \int_{A_1} SIM(\xi, \eta, \alpha) \cdot u_3(x + \xi, y + \eta, \alpha) d\xi d\eta - \theta_4 ] \quad (11)$$

이 계층에서의 출력은 미약하게 남아 있는 파선의 흔적으로 원 파선의 길이와 형태로 복원하는 것이지만, 지금까지의 처리과정중에 생긴 잡음도 같이 증폭되는 결과도 가져오게 된다.

#### 4. 파선검출단계 ( $U_5$ 계층)

우리는 시각정보처리경로에 따른 결과와 과거의 경험을 이용하여 어떤 대상을 인식한다고 할 수 있다. 짧은 길이의 직선이 일정한 공백을 두고 연속해 있는 것을 파선이라고 인식한다. 따라서 본 연구에서는 이러한 경험을 계층으로 구성하여 파선의 특징을 만족하는 성분을 추출한다. 이 계층은 복잡형세포를 모델링하여 직선제거단계에서 추출된 짧은 직선성분들 중 파선의 성질을 만족하는 성분만을 추출한다. 파선이라고 말할 수 있는 것은 직선과 직선사이에 일정 공백을 두고 같은 길이의 직선이 연속해서 앞뒤로 존재하여야 하는 것이다. 그러므로 직선제거층에서 사용한 방식처럼 신경세포의 수용영역의 중심위치를 연속된 다음 파선이 존재할 위치만큼 거리를 뚫으로써 앞뒤에 같은 성질을 가진 파선이 있는 지를 조사할 수 있다.

이 계층의 입력화상은 직선제거단계의 결과화상인데, 앞에서 언급했듯이, 만약 추출하고자 하는 파선의 길이가 파선과 파선사이의 공백의 길이보다 작다면  $U_3$ 층의 결과화상이 입력화상이 되며, 그렇지 않다면  $U_4$ 층의 결과화상이 입력화상이 된다. 이렇게 나눔으로써 추출하고자 하는 파선의 길이가 파선과 파선사이의 공백의 길이보다 작은 경우에는 파선복원층을 거치지 않으므로 시스템의 성능을 높인다. 방위선택성을 가진 공간필터는 식 (13)과 같다.

$$ONCOM(x, y) = e^{-x^2/2\sigma_x^2} \cdot e^{-y^2/2\sigma_y^2} \quad (12)$$

$$ONCOM_r(x, y) = ONCOM(x \cos \varphi - y \sin \varphi, x \sin \varphi + y \cos \varphi) \quad (13)$$

$\delta$ 를 신경세포의 수용영역 중심에서 흥분성영역 중심까지의 거리라고 한다면,  $\delta$ 를  $\delta = D_1 + S_1$ , 입력화상  $u_{in}$ 을 경우에 따라  $u_3(x, y, a)$ 와  $u_4(x, y, a)$ 중 하나로 할 때, 식 (13)을 사용하여 수용영역의 최적방위가  $a$ 인 신경세포의 출력  $u_{5p}(x, y, a)$ ,  $u_{5m}(x, y, a)$ 는 아래와 같이 모델링된다.

$$u_{5p}(x, y, a) = 1 \left[ \int_{A_5} ONCOM(\xi, \eta, a) \cdot u_{in}(x + \xi, y + \eta, a) d\xi d\eta - \theta_5 \right] \quad (14)$$

$$u_{5m}(x, y, a) = 1 \left[ \int_{A_5} ONCOM(\xi, \eta, a) \cdot u_{in}(x + \xi, y + \eta, a) d\xi d\eta - \theta_5 \right] \quad (15)$$

여기에서 세포의 출력  $u_{5p}(x, y, a)$ 는 수용영역의 중심에서 복잡형세포의 흥분성영역 중심이  $\delta$ 만큼 떨어진 공간필터를 적용한 결과이고,  $u_{5m}(x, y, a)$ 는 수용영역의 중심에서 복잡형세포의 흥분성영역 중심이  $-\delta$ 만큼 떨어진 공간필터를 적용한 결과이다.

식 (14)와 (15)를 사용하여, 파선의 앞뒤로 일정 공백을 두고 같은 성질을 가진 파선정보만을 출력하는  $u_5(x, y, a)$ 는 아래와 같다.

$$u_5(x, y, a) = [ u_{5p}(x, y, a) \text{ AND } u_{5m}(x, y, a) ] \text{ OR } [ u_{5m}(x, y, a) \text{ AND } u_{5p}(x, y, a) ] \quad (16)$$

#### IV. 제안된 파선정보추출기구의 구현

제안된 파선정보추출기구는 인간이 지도에서 파선을 인식하는 과정을 가설로 세워, 생체의 신경세포를 모델링하여 구현한 뉴럴 네트워크로써, 기존의 패턴 인식을 위한 뉴럴 네트워크와는 성질을 달리한다. 기존의 뉴럴 네트워크는 대부분 단순한 성질의 신경세포를 모델링한 뉴럴 네트워크로써 3계층의 학습기능을 가진 분류기 역할을 수행한다고 할 수 있지만, 제안된 파선정보추출기구는 신경계가 가지고 있는 특성의 기능에 주목하여 실제로 존재가 확인된 신경세포를 모델링한 뉴럴 네트워크이고, 5계층으로 구성된다. 각 계층에서의 신경세포들은 병렬로 적용되며 계층간의 정보전달은 순차적이다.

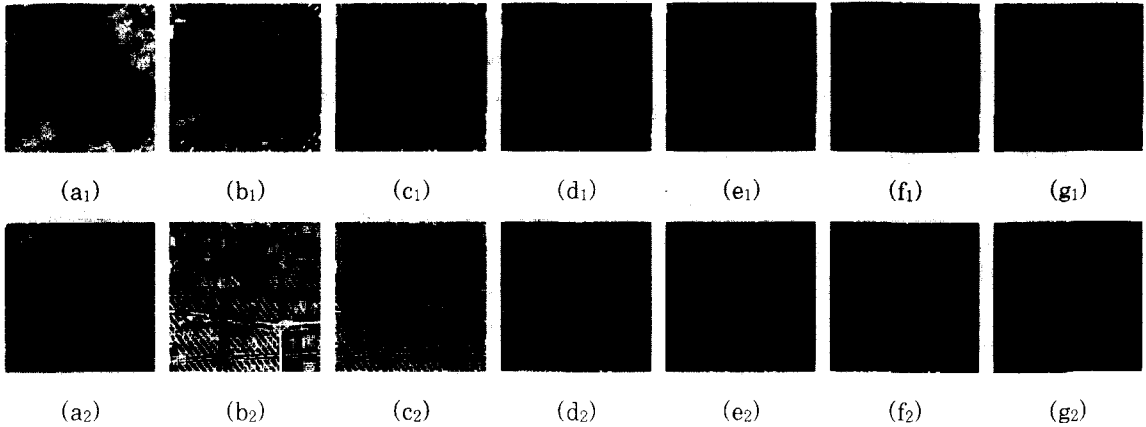
제안된 파선정보추출기구에 대한 실험은 다음과 같은 조건하에서 수행하였다.

국립지리원에서 발행하는 1/25,000 축척을 가진 서

울특별시 지도를 대상으로 하고 IBM 486 PC의 MS-WINDOW하에서 300 DPI의 해상도로 휴렛팩커드 ScanJet IIcx 스캐너를 사용하여 크기가 256×256인 PCX 화일형식의 16칼라 화상을 입력화상으로 사용하였다. 제안된 파선정보추출기구는 SUN SPARC 워크스테이션에서 C언어를 사용하여 프로그래밍을 하였으며, 구현된 시스템의 각 계층에서 사용되는 신경세포의 발화임계값은 반복실험을 통하여 적정치를 구하였다. 제안된 시스템의 알고리즘을 실험하기 위하여 테스트 패턴을 만들어 실험을 하여 확인한 후, 실제 지도화상에 적용하였다.

그림 6의 (a<sub>1</sub>)은 본 논문에서 실험한 입력지도로써, 추출하고자 하는 파선의 폭과 길이, 파선과 파선사이의 공백의 길이는 각각 3, 16, 5 픽셀이다. 파선과 파선사이의 공백의 길이가 파선의 길이보다 긴 경우에는 직선제거층에서의 역제가 심하지 않으므로, 짧은 경우보다 좋은 결과를 보여주므로 짧은 경우를 예로 들었다. 그림 6의 (a<sub>2</sub>)는 추출하고자 하는 파선의 방위가 수평인 경우의 예이다.

그림 6의 (a<sub>1</sub>)과 같은 16칼라입력화상을 (b<sub>1</sub>)과 같이 흑백화상으로 변환하고 (c<sub>1</sub>)의 그림처럼 윤곽선을 검출한다. 윤곽선 검출을 위한 공간필터에서 사용하는 두 개의 Gaussain함수의 표준편차의 비는  $\sigma_i/\sigma_e = 1.6$ 일 때,  $\nabla^2 G$ (Laplacian Gaussian) 필터의 가장 좋은 값을 보이고, 또한 최적의 필터가 된다<sup>[8]</sup>. 그리고 필터의 반지름이  $r$ 일때 두 개의 Gaussain함수의 표준편차  $\sigma_i, \sigma_e$ 는  $\sigma_i = r/3, \sigma_e = \sigma_i/1.6$ 로 했다. 사용하는 필터의 흥분성영역의 직경이 3 픽셀이 되는 7×7의 필터를 이용했으며,  $\sigma_i$ 와  $\sigma_e$ 는 각각 1.0과 0.627이다. 특징추출단계에서 8방위의 직선을 검출하며, 그림 6의 (d<sub>1</sub>)의 경우, 수직방향의 직선을 검출한 결과이고 9×16의 공간필터를 사용했으며,  $\sigma_i, \sigma_e, \sigma_{en}$ 은 각각 1.666667, 1.041667, 2.666667이다. (d<sub>2</sub>)의 그림은 수평방향의 직선을 검출한 예를 나타낸다. 직선제거단계에서 신경세포의 수용영역 중심에서 흥분성 영역 중심까지의 거리가 12 픽셀과 -12 픽셀인 3×16인 필터를 사용하여 (e<sub>1</sub>)의 그림과 같이 긴 직선을 제거하고 추출하고자 하는 파선의 길이보다 짧거나 같은 짧은 직선만을 남겨둔다. 그 결과 추출하고자 하는 파선도 같이 역제되는 결과를 볼 수 있는데, (f<sub>1</sub>)의 그림과 같이 파선복원층에서 어느 정도 복원한다. 파선복원층의 신경세포 발화임계값을 결정하는 일이 중요



- (a<sub>1</sub>, a<sub>2</sub>) Original image  
 (b<sub>1</sub>, b<sub>2</sub>) Output image of Binary image converting layer  
 (c<sub>1</sub>, c<sub>2</sub>) Output image of Contrast extracting layer  
 (d<sub>1</sub>, d<sub>2</sub>) Output image of preferred stright line extracting layer  
 (e<sub>1</sub>, e<sub>2</sub>) Output image of Straight line deleting layer  
 (f<sub>1</sub>, f<sub>2</sub>) Output image of Dashed-line reconstructing layer  
 (g<sub>1</sub>, g<sub>2</sub>) Output image of Dashed-line extracting layer

그림 6. 지도에 대한 파선추출의 결과

Fig. 6. The Experimental results on a map.

한데, 만약 너무 작으면, 파선정보외의 잡음까지 같이 증폭되게 되므로 적절한 값을 선택하는 것이 중요하다. 본 연구에서는 발화임계값을 0.5로 두었다. 마지막으로 파선추출단계에서 파선의 성질을 만족하는 파선만을 추출하기 위하여 신경세포의 수용영역 중심에서 흥분성 영역 중심까지의 거리가 21와 -21인  $3 \times 16$ 인 필터를 사용하여 최종결과화상인 (g<sub>1</sub>)의 그림에서 보이는 것처럼 수직방향의 파선을 추출한다. 예에서 보이는 결과그림들은 단지 한 방향의 결과이지만, 실제 적용시에는 모든 방향의 결과를 추출하여 논리합해야한다.

## V. 결 론

본 연구에서는 지도로부터 파선정보를 자동적으로 추출하는 파선정보추출기구를 제안하였으며, 이에 대해 국립지리원에서 발행한 실제지도에 적용하였다.

제안된 모델은 생체의 생리학과 심리학에서 밝혀진 시각의 정보처리경로와 그 연구결과를 근거로 하여 신경세포를 모델링하였으며 밝혀지지 않은 부분은 인간의 경험을 바탕으로 모델링하여 사용하였다. 이 모델은

대뇌 시각피질에 존재하는 신경세포를 모델링하여 사용하므로 신경회로망이 가지는 특성을 포함하며, 지도 외에 파선을 사용하는 도면관리시스템으로의 적용도 기대된다. 파선복원과정에서 파선의 복원뿐만 아니라 잡음까지 같이 증폭됨으로써, 매우 복잡한 화상의 경우, 파선이 아님에도 불구하고 파선의 성질을 가져버리는 경우가 발생할 수 있으며, 파선추출층에서의 완전한 원파선으로 복원하기 어려웠다.

앞으로의 연구과제로써 파선의 변형에 강한 모델과 적응적인 발화임계값의 조정, 원형에 가까운 파선정보의 복원과 잡음의 제거가 생각되며, 다른 방향으로서는 파선정보와 비슷한 쇄선정보에 대한 연구도 생각될 수 있다.

## 참 고 문 헌

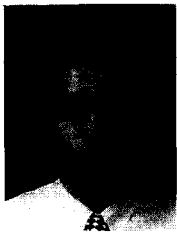
- [1] Fukushima, "A Neural Network for Visual Pattern Recognition", *IEEE computer*, pp. 65-75, 1988.
- [2] Wookhyun Kim, Takashi Furukawa, Yozo

- Hirai and Ryuji Tokunaga. "Extraction and reconstruction of road segments by spatial filters". Proceedings of IARP Workshop on MVA'92, pp. 515-518, 1992.
- [3] 김옥현, 손진우, 이행세, "신경회로망과 시각정보 처리", 東和技術, 1994
- [4] 상익태, 김옥현, 김정하, 이진기, "시각계의 형태 정보 처리 매카니즘을 이용한 기호정보의 추출", 한국정보과학회 논문집, pp. 1005-1008, 1995
- [5] D. H. Hubel and T. N. Wiesel, "Brain Mechanisms of Vision", *Scientific American*, 1979.
- [6] D. H. Hubel and T. N. Wiesel, "Receptive fields of single neurons in the cat's striate cortex", *J. Physiol.*, pp. 574-591, 1959
- [7] D. H. Hubel and T. N. Wiesel, "Receptive fields and functional architecture of monkey striate cortex", *J. Physiol.*, pp. 215-243, 1968.
- [8] Marr D. and Hildreth E. "A theory of edge detection", *Proc. R. Soc. LondoSer. B.* 207, 1167, pp. 187-217, Feb. 1980.

---

 저 자 소 개
 

---



朴 施 東(正會員)

1972년 2월 5일생. 1994년 영남대학교 전산공학과 졸업(공학사). 1995년 영남대학교 전산공학과(석사과정). 관심분야는 화상처리, 패턴인식, 시각정보처리, 신경회로망등임



金 旭 炫(正會員)

1981년 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사). 1983년 경북대학교 전자공학과 졸업(공학석사). 1993년 3월 일본 Tsukuba 대학 전자정보공학 전공 졸업(공학박사). 1983년 3월 ~ 1994년 2월 한국 전자통신연구소 선임연구원. 1994년 3월 ~ 현재 영남대학교 전산공학과 조교수. 관심분야는 화상처리, 패턴인식, 시각정보처리, 신경회로망 등임