

論文95-32B-1-17

視覺情報處理 概念을 利用한 地形圖의 特徵抽出에 關한 研究

(A Study on the Feature Extraction of Maps using Mechanism of Optical Neural Field)

孫振瑀*, 金旭鉉**, 李幸世***

(Jin Woo Sohn, Wook Hyun Kim, and Haing Sei Lee)

요 약

정보의 다양화와 고도화에 따라 지도정보 시스템 구축에 대한 요구가 급격히 대두되고 있다. 본 논문에서는 생체 시각신경계(Optical Neural Field)의 처리과정에서 시각영역의 특징추출 기구인 수용영역 즉, RF(Receptive Field) 모델을 이용하여 지도도형의 도로정보를 추출하는 방법을 제안한다. 지형도에는 각종화상 정보가 다양하게 중첩 포함되어 있는데 대한 복잡한 정보의 분리추출과 계층화 및 데이터베이스화등 시각적으로 더욱 명백한 처리과정이 필요하다. 본 기법의 특징은 일반적인 처리과정에서 사용한 평행선 추출기법과 윤곽선 추출방법과는 달리 새로운 접근에 의한 특징추출방법으로 국소적인 처리에서 얻어진 도로정보를 대국적인 처리로 통합 추출하는 것으로서 실제 국립지리원에서 발행한 1/25000 지도에 적용하여 가능성을 확인할 수 있었다.

Abstract

Maps are one of the most complicated types of drawings. Drawing recognition technology is not yet sophisticated enough for automated map reading. To automatically extract a road map directly from more complicated topographical maps, a very complicated algorithm is needed, since the image generally involves such complicated patterns as symbols, characters, residential sections, rivers, railroads, etc. This paper describes a new feature extraction method based on the human optical neural field. We apply this method to extract complete set of road segments from topographical maps. The proposed method successfully extract road segments from various areas.

* 正會員, 韓國電子通信研究所, 設計自動化室
(CAD/E Technology Section, ETRI)

** 正會員, 嶺南大學校 電算工學科
(Dept. of Computer Engineering, Yeung Nam Univ.)

*** 正會員, 亞洲大學校 電子工學科
(Dept. of Elec. Eng. Ajou Univ.)

接受日字: 1994年 6月 7日

I. 서 론

최근 시각신경계(Optical Neural Field)에 있어서 정보처리의 메커니즘을 해결 하려고 하는 연구가 생리학이나 심리학의 분야에서 활발히 수행돼 왔다. 그 결과 생물의 시각 신경계는 컴퓨터를 비롯한 현재의 정보처리 장치에는 볼 수 없는 우수한 능력을 가진 시스템이라는 것이 밝혀졌고, 특히, 최근 컴퓨터의 약점이

라할 수 있는 패턴인식이나 지식처리등의 분야에 있어서 이 분야가 비상한 관심의 대상이 되고 있다.

그리고, 지도나 전자 및 기계도면을 데이터 베이스화 해서, 관리, 검색 등을 효과적으로 하기 위한 도면인식 시스템 및 지리정보 시스템(GIS: Geographic Information System)에 관한 연구가 선진국을 중심으로 급속도로 확산, 활발히 진행되고 있다. 특히, 컴퓨터로 지도를 작성하거나 데이터베이스화해서 지도상의 정보를 고도로 이용하는 시스템을 Mapping System 또는 Computer Mapping^[1]이라 부르고 있으며 교통, 행정, 방재, 농업, 마케팅, 자원개발, 환경관리 와 질병 분포등 여러 방면에서의 적용이 고려되고 있다.

지금까지 지도 정보 처리에서 사용해진 방법으로는 평행선 추출수법^[2]과 윤곽선 추적법^[3]이 있다. 이중 평행선 추출수법은 지도중의 도로가 평행선인 것을 착안하여 선 추적 등에 따라 지도 화상중의 평행선 영역, 즉 평행선의 내측 영역을 추출하고, 또 추출한 영역을 골격선화 함에 따라 중심선을 백터화 하는 방법이다. 그리고 윤곽선 추적 기법은 페러럴(parallel) 백터 추적이라고 하는 일종의 윤곽선 추적을 사용하여, 지도중 도로의 접속 관계와 교차점 정보를 취득하여 그래프 구조로서 도로를 추출하고 있다.

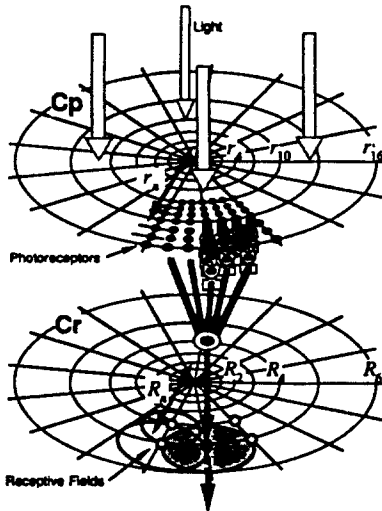


그림 1. 시각신경계의 수용영역 개념도
Fig. 1. Signal summation over a retinal ganglion cell receptive field.

본 논문에서는 기존의 처리 방법과는 달리, 생체의

시각 정보 처리 과정에서 보이는 특징추출 기구를 참고로 모델링한 공간필터(Spatial Filter)에 의해 지도 정보를 자동으로 추출하는 알고리즘을 제안한다. 즉, 그림 1과 같이 망막과 대뇌 시각 영역의 특징 추출 기구인 수용영역(Receptive Field)의 모델^[4-5] 이용과 신경세포 입력의 Spatial Summation에 해당하는 Convolution과 임계값(threshold) 처리의 주된 기법으로 지도의 도로정보 추출을 시도하였다. 여기에 사용한 지도도형은 건설부 국립지리원 발행 2만 5천분의 1 지형도를 사용하여 연구 실험하였다.

II. 특징추출

1. 특징추출 방법의 개요

본 처리 수법에 의한 도로정보 추출 시스템의 구성은 그림 2와 같다. 본 논문에서는 지형도가 갖는 도로 특징 중에서 골격선(Road skeleton)을 추출하는 것 까지 만을 최종 목표로 하고 있다.

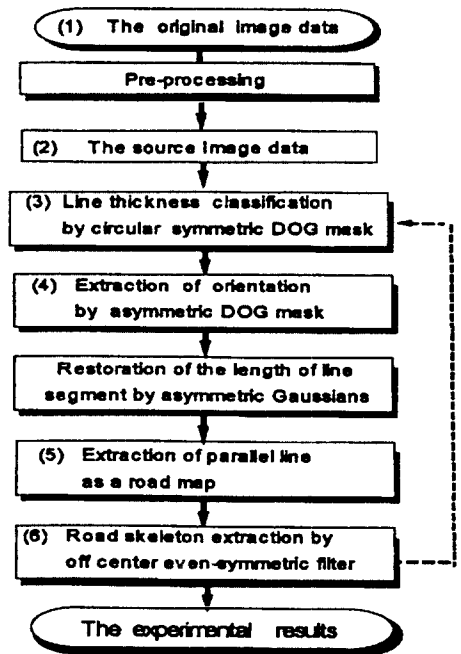


그림 2. 특징추출 시스템의 흐름도
Fig. 2. The flow of extraction system.

그림 2의 각 처리 단계는 각각의 방위선택성을 가진 시각 수용영역에 해당하는 공간 필터링 단계를 나타내고

있는 것으로 그 내용은 원화상에서 전 처리 실시한 결과를 입력화상으로 하여 선 폭을 분류한 후, 각 방향별로 직선을 추출한다. 그리고 추출한 직선에서 일부 단락한 선의 세그먼트를 신장시키기 위해 평활화 처리하며, 평활화된 이미지로부터 평행선을 추출하여 마지막으로 골격선을 추출한다. 이에 대한 실험 결과는 그림 7과 같다

2. 공간필터에 의한 도로정보 추출

이 방법의 목적은, 비교적 노이즈 없는 도로정보를 추출하는데 있다. 지도상의 도로형태의 특징은 2개의 평행한 선분으로 나타내며, 그 선분의 폭도 비교적 명확하고, 지도상의 다른 기호와는 구별된다.

1) 선 폭에 의한 분류

지도 중에는 여러 가지 의미를 가진 기호가 혼재하고 있다. 인간이 시각 메커니즘으로 지도를 이해하는 경우, 이러한 기호 중에서 선의 특징을 추출하여, 그 의미를 인식하고 있다. 예를 들어 도로와 등고선 같은 선의 간격, 그리고 곡률의 특징이 유사할 경우에는, 그러한 선의 굵기 차이가 등고선과 도로를 식별하는 부분적인 구분 기준이 될 수 있다. 지도상의 선의 폭은 6종류(1:25000 기준, 1호선: 0.05, 2호선: 0.08, 3호선: 0.1, 4호선: 0.2, 5호선: 0.3, 6호선: 0.4mm)로 분류되고 있다.¹⁶

그래서, 먼저 지도상의 도로형태에 대한 선폭분류를 공간 필터에 의하여 처리한다. 여기서 사용된 마스크(mask)는 DOG(Difference Of two Gaussians) 함수를 이용하며, 만약, 중심으로부터의 거리를 r 이라 할때, 원형의 DOG 함수는 다음 식과 같이 대칭적인 형태로 구성할 수 있다.

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

2개의 가우스 함수의 표준편차의 비는 $\sigma_i/\sigma_e=1.6$ 일 때, Laplacian Gaussian Filter는 가장 양호한 근사치로서 최적의 필터가 된다¹⁷⁻⁸. 이 마스크와 입력화상의 거듭적분을 구하면, 선 폭에 따라 그림 3처럼 출력 변화가 생긴다. 가는 선은 부(-)의 피크가 2개, 정(+)의 피크가 1개(그림3(a))이지만 굵은 선에서는 부의 피크가 2개, 정의 피크가 2개로 된다(그림3(b)).

아주 굵은 경우에는 정의 피크 사이에 0의 부분이 나타나게 된다(그림 3(c)). 또 이 성질은 DOG 함수의 표준편차가 다름에 따라, 동일한 선 폭에 도형에서도 표준편차가 적을 때는 (c)처럼 되고, 큰 값일 때는 (a)처럼 된다. 즉, DOG 함수의 넓이와 형태의 크기(선폭)의 상대적인 대소관계에 따라 출력결과가 다르

게 나타난다. 이 성질을 이용하여, 표준편차가 다른 DOG 함수를 사용하여 선폭 분류를 할 수 있게 된다.

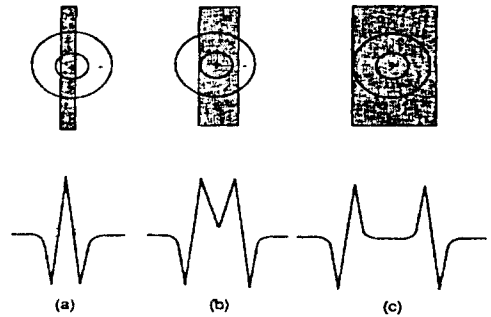


그림 3. 선 폭과 거듭적분의 이해
Fig. 3. Relationship between line thickness and filtered output profile .

2) 직선 추출

지도상의 도로 형태는 일정한 폭으로 된 2개의 평행한 직선 또는 완만한 곡선으로 구성되어 있으며, 일반 도로를 나타내는 평행선 사이에는 보통, 다른 기호가 존재하지 않는다. 단, 등고선 등이 도로를 자르며 지나가는 경우는 있을 수 있다. 따라서, 1)에서 기술한 선폭 분류로부터 얻어진 결과, 2개의 상호 평행한 선 도형을 검출함에 따라 도로 도형을 추출할 수 있다.

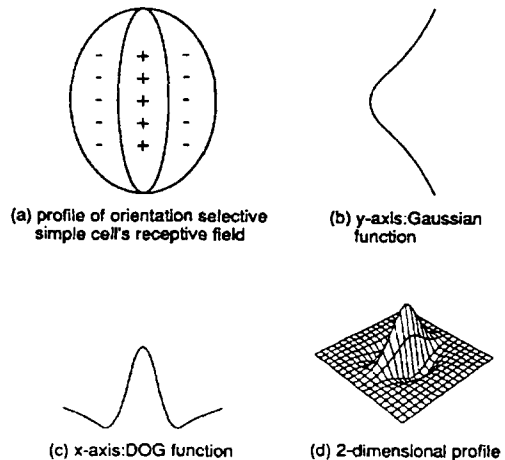


그림 4. 직선검출 DOG 필터
Fig. 4. DOG filter of straight line detection.

그림 4와 같은 방위 선택성을 가진 직선검출 필터에서, 선폭분류된 도형에 대하여 거듭적분을 실시하고, 임계값(θ_1)처리를 행함에 따라, 특정방위의 직선을 검출한다. 이 필터는 생체의 시각령에서 본 특정방위의 직선에 대하여 반응하는 수용영역을 묘사한 것이다. Hubel¹⁸⁾에 의하면 대뇌 시각령의 단순형 세포의 수용영역을 근사화한 것이다. 여기서 최적방위를 나타내는 방향에 있어서 수용영역의 감도분포는 1차원 가우스 함수이고, 최적방위에 대한 수직방향으로의 수용영역 감도분포는 DOG 함수와 비슷하다. 즉, 8방위의 방위선택성을 가진 직선검출 필터 $D(x, y)$ 는 다음 식과 같이 주어진다.

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

$$D_\phi(x, y) = D(x \cos \phi - y \sin \phi, x \sin \phi + y \cos \phi) \quad (3)$$

$$\text{단, } \phi = \frac{\pi}{8} \times d \text{ [rad]}, \quad (d=0, 1, \dots, 7) \quad (4)$$

이다. 여기서 σ_{en} 은 최적방위의 길이를 규정한 파라메타. σ_x 와 σ_y 를 각각의 방향에 수직방향으로 이어져 흥분부와 억제부의 폭을 나타낸 파라메타로서, $\sigma_x/\sigma_y = 1.6$ 으로 한다¹⁹⁾. 이 직선 검출 필터를 0 ~ π 까지, $\pi/8$ 각도씩 8방위의 필터를 설계한다.

(2) 추출한 직선의 평활화(Blurring)

위 (1)의 처리에서 얻어진 직선 연속에 대하여, 그림 4와 같은 가우스필터로 거듭적분을 실시하여, 임계값(θ_2)처리를 행함에 따라, 부분적으로 손실된 선 성분을 재생한다. 이 처리로 선폭 분류의 단계에서 절단된 선 세그먼트가 다소 살아나고, 또, 적당한 임계값에 의거, 조그만 점과 같은 노이즈가 제거되며, 다음의 단계에서 행해진 평행선 추출이 보다 효과적으로 이루어지게 된다. 즉, 8방향의 방위 선택성을 가진 직선의 평활화 처리에 대한 가우스필터 $G_\phi(x, y)$ 는 다음 식과 같이 정의된다.

$$G(x, y) = e^{-x^2/2\sigma_x^2} \cdot e^{-y^2/2\sigma_y^2} \quad (5)$$

$$G_\phi(x, y) = G(x \cos \phi - y \sin \phi, x \sin \phi + y \cos \phi) \quad (6)$$

여기서 σ_{en} 는 최적방위의 길이, σ_x 는 그 방위에 있어서 수직방향의 수용영역 폭을 규정한 파라메타이다. 또 ϕ 는 식 (4)에서 구해진다.

3) 평행선 추출

2)의 단계(1), (2)의 처리결과에 대하여 직선을 폐

$p(x_i)$ 를, 화소 x_i 가 흑의 경우는 1의 값을, 백의 경우는 0의 값을 취하는 2치 함수로 한다. 그래서 2치의 논리함수 $P(x_i)$ 는, x_i 가 도로를 이루는 화소이면 1의 값을, 그렇지 않으면 0의 값을 취하게 된다. 그렇게 하면, 일정폭 W 인 2개의 평행선으로부터 된 도로 도형은 다음과 같은 논리 식으로 추출할 수가 있다.

$$P(x_i) = p(x_i) \text{ AND} [p(x_i, w) \text{ AND} \neg p(x_i, w_2)] \text{ XOR} [p(x_i, w) \text{ AND} \neg p(x_i, w_2)] \quad (7)$$

평행선의 폭 W 는, 필터 D_ϕ 및 G_ϕ 의 최적방위 ϕ 와 직각방향으로 계산된다. 검사점 x_i, w_2 와 x_i, w_2' 는, 2개의 평행선으로 된 도로의 사이에는 도로도형이 존재하지 않는 것을 판별하기 위해, 원화상에서 얻어진 화소이다. $\neg p(x_i)$ 는 $p(x_i)$ 의 부정을 의미한다. 2개 이상의 복수 평행선이 동일간격 W 로 나란히 있는 경우는, 식(7)의 논리처리를 2회 이상 행함에 따라 제거할 수가 있다. 즉, 1회째 처리에서 외측의 2개 선만 남고, 2회째의 처리에서 남은 선도 제거된다.

이상에서 나열한 직선추출과 평행선 추출의 처리를, 0 ~ π 까지 $\pi/8$ 씩 모든 8방위에 대하여 행한다. 이때, 각 방위의 처리마다 입력화상과 논리연산하여 원화상이 아닌 부분을 제거함으로써, 보다 원화상에 충실한 도로를 추출할 수가 있다.

그러나, 추출된 도로 형태는 아직 불완전하여 노이즈도 포함하고 있다. 따라서 앞에 기술한 것처럼, 2)의 단계(2) 처리로 사용한 임계값 θ_2 는 그 값에 따라 노이즈가 제거되고, 끊어진 선분은 보완되어야 하는 관계가 있기 때문에 θ_2 를 변화시키면서, 2)의 (1), (2), 그리고 3)의 단계를 n 회 반복하여, 노이즈 제거와 절단된 선분의 보완을 한다. 즉, 반복한 최초의 처리에는 높은 임계값(θ_{2h})에 따라, 노이즈 제거를 목적으로 처리하고, 2회째부터 낮은 임계값(θ_{2l})를 적용하여, 절제된 도로의 보완을 한다.

4) 평행선에서의 도로 골격선 추출

이 방법에서 추출 안된 내용을 복원할 필요에 대비하여 2개의 평행선보다도 1개의 선을 신장시키는 것이 보다 용이하다. 그러므로 평행선 대신에 도로의 골격선을 사용하도록 한다.

대뇌시각령 뉴런의 단순형 세포의 수용영역 형상에는, 중심의 억제성 영역이 양측의 흥분성 영역으로 좁아진 형의 것이 보여진다¹⁰⁾. 흥분성 영역의 긴쪽 방향은 최적방위에 따르고 있다. 그래서 본 연구에서는 이러한 방위 선택성을 가진 OFF 중심의 우대칭형의

탄수형 세포에 유사한 특성을 평행선에서의 골격선 검출에 응용한다.

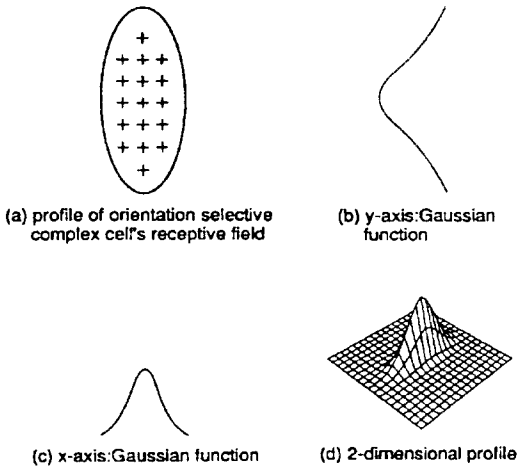


그림 5. 직선 평활화용 Gauss 필터
Fig. 5. Gauss filter of straight line blurring.

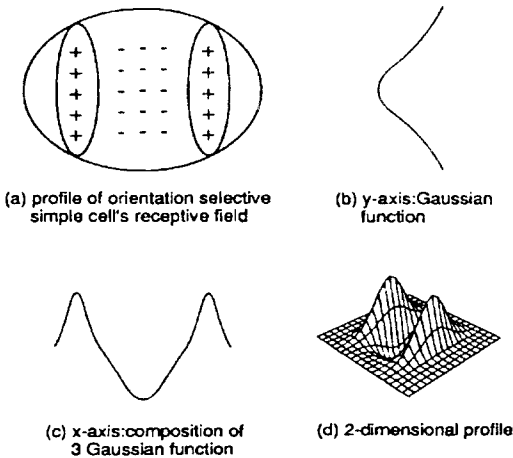


그림 6. 골격선 추출 필터
Fig. 6. Skeleton extraction filter.

수용영역의 감도분포는, 양측의 흥분성 영역과 중심의 억제 영역의 감도분포를 각각 표준편차가 다른 2가지의 가우스 함수로 기술하여 조합시킴에 따라 가깝게 된다. 8방위의 방위 선택성을 가진 골격선 추출필터 $H(x, y)$ 는

$$G(\sigma, x) = e^{-x^2 / 2\sigma^2} \quad (8)$$

$$H(x, y) = (G(\sigma_1, x-\theta) - G(\sigma_2, x+\theta)) + G(\sigma_1, x+\theta) \cdot G(\sigma_{en}, y) \quad (9)$$

$$H_\phi(x, y) = H(x \cos \phi - y \sin \phi, x \sin \phi + y \cos \phi) \quad (10)$$

로 주어진다. 여기서 σ_{en} 은 최적방위의 길이를 규정한 파라메타, σ_1 와 σ_2 는 그 방향의 수직 방향에 따라 흥분영역과 억제영역의 폭을 나타낸 파라메타이다. θ 은 필터의 중심에서 정의 피크까지의 거리를 나타내며 $\theta = W/2$ 이다. 또, ϕ 는 식(4)에서 얻어진다. 본 논문에서 제안한 골격선 추출 필터의 2차원 분포는 그림 6에 나타낸다. 위에서 얻어진 평행선추출 결과에 대하여, 8방위의 골격선 추출 필터 H_ϕ 에서 거듭적분을 실시하여, 임계값(θ)처리를 함에 따라 골격선을 추출한다.

III. 실험결과 및 고찰

본 처리 기법의 유효성을 확인하기 위해, 실험에 사용한 지도는 대한민국 국립지리원 발행 1/25000 지형도이다. 그림 7(a)는 원화상의 일례이다. 지도를 이미 지 스캐너에 의해 해상도 400 DPI 다치화상으로 읽어서, 다시 2치화(흑화소 1, 백화소 0)를 실시한다. 화상의 크기는 256 x 256 화소의 크기이다. 실험에서 사용한 임계값 θ 로 반복 처리한 반복회수 r 는 어디지나 실험적으로 정한 결과 값이다. 다음은 그림 2(특징 추출 시스템 흐름도)의 주요처리 단계에 따라 실험한 결과이다.

1. 선폭 분류

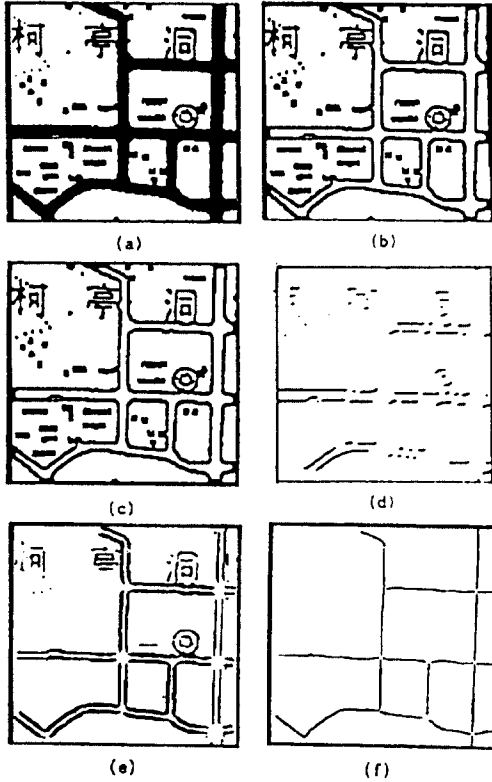
그림 7(b)의 입력화상에 대하여 선폭 분류를 행한 결과가 그림 7(c)이다. 여기서선 폭과 3 화소 보다 가는 선과, 13화소 보다 큰 주맥을 나타내는 기호가 제거되고, 선폭 3 - 13 화소의 범위에 들어간 도로와 0.2mm 로 기재된 문자, 심볼등이 추출됨을 검증하였으나 이 입력화상에 대해서는 국소적인 부분만이 이 상위에 해당하므로 거의 변화가 없게 보여진다.

사용한 DOG 및 Gauss 필터는 크기에 따라 각각의 직경이 3, 13 화소의 2개의 크기로 행렬하여 작성한다. DOG 함수의 2가지의 표준편차 σ_1 와 σ_2 의 값은 필터의 반경을 r 로서 $\sigma_1 = r/3$, $\sigma_2 = \sigma_1 / 1.6$ 으로 한다. 또, Gauss 함수의 표준편차 σ 의 값은 $\sigma = r/3$ 으로 한다.

2. 평행선 추출

그림 7(d)는 선폭 분류된 결과도 7(c)에 대하여 임

계값 처리와 반복처리(반복회수 $\tau = 5$ 를 적용)하여 평행선 추출을 한 결과이고, 그림 7(e)에서는 도로 폭이 약 10 화소인 도로가 추출됨을 볼 수 있다.



(a) Original image
 (b) Source image
 (c) Extraction of line segments according to their widths
 (d) Extraction of line segments according to their orientation (Direction = 4th)
 (e) Extraction of parallel line segments
 (f) Extraction road skeletons

그림 7. 도시 지도에 대한 도로 추출 결과
 Fig. 7. Experimental results on urban district area.

직선검출 필터의 크기는 19×19 화소(폭 \times 길이)이다. DOG 함수에 있어서 2개의 표준편차 값은 $\sigma_1 = 11/6$, $\sigma_2 = \sigma_1/1.6$ 으로서, 선 폭에 맞는 중심에 있어서의 정의 영역 폭을 3화소로 한다. 가우스 함수의 표준편차 σ_{en} 의 값은 $\sigma_{en} = 15/6$ 로 한다. 필터 전체의 적분치는 0, 정의 영역만의 적분 값은 약 10이다.

직선을 평활화 처리한 가우스 필터는, 폭과 길이가 19×19 화소 크기이다. 2개의 가우스 함수의 표준편차 σ_x 와 σ_{en} 값은 각각 $\sigma_x = 5/6$, $\sigma_{en} = 15/6$ 로서,

필터 중심의 흥분영역 폭은 5 화소이며, 필터 전체의 적분치는 약 10 이다.

3. 평행선에서 골격선 추출

그림 7(f)은 그림 7(e)의 평행선의 도로에서 추출된 도로 골격선 이다. 그림 7(e) 평행선의 각선포이 복수 화소로 가지런하지 않는 것에 대하여, 일정 폭의 골격선이 추출되고 있다. 만약 평행선의 내측 끝(Edge)이 가지런하지 않으면, 골격선 추출 필터 중심부의 억제영역이 영향을 받아 골격선이 가늘게 된다. 그리고 그림 7(e)의 평행선에 따라 그 내측이 직선 상으로 되 있는 경우에는 일정 폭의 골격선이 추출된다. 화상에서처럼 노이즈는 없지만 아래부분의 골격선이 결락됨을 볼 수 있다.

골격선 추출 필터의 정의 피크사이에 거리는, 도로 폭을 10 화소에 맞춰 골격선 추출 필터를 구성한다. 그리고 각 가우스 함수의 표준편차 값은 $\sigma_1 = 11/6$, $\sigma_2 = 2\sigma_1$, $\sigma_{en} = 15/6$ 로 주어진다.

필터 전체의 적분치는 0으로서, 정의 영역만의 적분치는 전자는 약 30정도이다. 실험결과에서 처럼 여러 가지 지도도형에 대하여 양호한 도로 추출이 가능하여 그 유효성을 확인할 수 있었다.

IV. 결 론

새로운 접근에 의한 화상에서의 특징 추출 법을 제안하고, 그 기법을 대한민국 국립지리원에서 발행한 실제의 지형도에 적용하여 지도에서 도로망의 추출을 시도, 그 유효성을 확인하였다. 본 연구의 논점은 공간 필터에 의해 목표로 하는 특징의 도로정보를 비교적 용이하게 추출할 수 있는 것을 나타내고 있다. 그러나 다양한 도로 폭의 변화에 따라 반응하는 필터의 구성과 적응 임계값 처리 또, 도로도형 및 평행선이 교차하는 영역에서 절단된 도로의 접속, 그리고 분차, 기호로 절단된 도로의 완벽한 보완 등에 대해서는 연구가 계속 진행되어야 하겠다.

참 고 문 헌

[1] 山川修三, "Computer Mapping", 情報處理, 29, 10, pp. 1155-1159 (1988-10)
 [2] 宮武孝文, 松島 整, 江九正員, "平行線抽出手法を用いた地圖からの道路情報自動抽出", 信學論(D), J68-D, 2, pp. 153-160, Feb.

- [3] 中嶋正之, 安居院猛, 飯塚久登, “市街地地圖に對する Parallel vector tracerを用いた Graph 構造解析”, 信學論(D), J67-D, 12, pp.1419- 1426, Dec. 1984.
- [4] 福島邦彦, 神經回路と 情報處理, 朝倉書店, 1989.
- [5] 김옥현, 손진우, “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, Oct.1993.
- [6] 國立地理院, 1992年 印刷, 1:25,000 地形圖, 國立地理院 告示第 153號, Nov. 1990.
- [7] Kim W., Hirai Y., Furukawa T. and Arita H., “A neural network extracting road segments from maps using necessary and sufficient features”, proceeding of IJCNN 1991.1, pp.665-670, Nov. 1991.
- [8] 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.
- [9] Marr D. and Hildreth E. “A theory of edge detection”, *Proc. R. Soc. Londo Ser. B*, 207, 1167, pp. 187-217, Feb. 1980.
- [10] 손진우, 김옥현, “神經回路網과 視覺情報處理技術 [1]”, 月刊電子科學, ISSN-1227- 0113, pp. 242-246, Nov. 1993.
- [11] 손진우, 김옥현, “神經回路網과 視覺情報處理技術 [2]”, 月刊電子科學, ISSN-1227- 0113, pp. 146 -151, Dec. 1993.
- [12] 長尾智晴, 安居院猛, 中嶋正之, “地形畫像からの 道路網 Vector抽出手法”, 信學 技報, PRU87- 35, pp.59-68, 1987.
- [13] 山田博三, 山本和彦, 細川勝美, “MAP演算法と MAP整合法による地形圖の 特徵抽出 認識”, 電子情報通信學會論文誌(D-II), J74-D-II, 6, pp. 718 - 726, Jun. 1991.
- [14] 乾敏朗, 視覺情報處理 基礎, Science, 1990.

저자 소개

孫振瑀(正會員) 第29卷 B編 第8號 參照

현재 한국전자통신연구소 설계자동화실 실장

金旭鉉(正會員)

1982년 경북대학교 전자공학과 졸업, 1983년 同대학원 석사과정졸업, 1993년 3월 일본 節波(쓰꾸바)대학 전자 정보공학 전공 졸업, 공학박사, 1983년 3월 ~ 1994년 2월 한국전자통신연구소 선임연구원, 1994년 3월 ~ 현재 영남대학교 전산공학과 조교수, 관심분야는 화상처리, 패턴인식, 시각정보처리, 신경회로망 등임.

李幸世(正會員) 第29卷 B編 第8號 參照

현재 아주대학교 전자공학과 교수