

위성영상의 도로망 추출에 관한 연구

◦김 정기, 이 쾌희
서강대학교 전자공학과

Road Network Extraction from Satellite Image

◦Jeong Kee Kim, Kwae Hi Lee
Dept. of EE, Sogang Univ.

Abstract

This paper describes an implementation of road network extraction algorithms for satellite images.

We propose a new road network extraction algorithm which uses magnitude and direction information of edges. The results of applying the proposed algorithm to satellite images are presented and compared with those of other algorithms.

I. 서론

영상에서 에지(edge)를 찾는 일은 물체인식이나 로보트 비전(robot vision)등의 응용분야에서 기본적인 과정으로 사용되기 때문에 많은 연구가 이루어져 왔다^[1, 2, 3, 4]. 위성영상에서도 중요한 feature 중의 하나가 선형특징(linear feature)이며 road, river, vegetation alignment, joint, fault 등이 있다.

위성영상에서의 선형특징은 위성영상의 교정, 위성영상의 해석, 위성영상의 분류 등에서 유용하게 사용되는 경계정보를 포함하고 있다. 그러므로 위성영상에서도 이런 선형특징을 추출하기 위한 연구가 많이 이루어져 왔으며,^[2] 일반영상에서 사용하는 에지 추출방법을 사용하여 위성영상에서의 선형특징을 추출하는것은 어렵다. 그 이유로는 선형특징의 폭이 1화소(SPOT 위성영상의 해상도: 10m X 10m)보다 작을 수 있고, 도로나 강 등의 선형특징들은 주위 상황에 따라 같은 도로나 강이라도 그레이 레벨의 차이가 있기 때문이다.

위성영상의 선형특징 추출 알고리즘에는 linear detection 알고리즘, nonlinear detection 알고리즘, semilinear detection 알고리즘, modified linear detection 알고리즘, acuteness operator^[3] 등이 있다.

본 연구에서는 인공위성영상을 이용하여 대표적인 선형 특징인 도로망의 추출에 관하여 다루었다. 사용한 인공위성 영상은 프랑스의 SPOT 영상으로 5Km X 5Km 대전시 유성 지역을 대상으로 하였다.

II. SPOT 위성

지구자원탐사위성인 SPOT 는 1977년에 프랑스가 개발하였다. SPOT 위성은 고도 840 Km 의 극궤도에 가까운 태양동주기 원 궤도상에서 작동하며 26일에 한번씩 같은지점을 통과하고 2대의 HRV (High Resolution Visible)를 탑재하고 있다.

1. SPOT 영상의 특징

제공되는 SPOT의 data를 구분하면 Level 1, Level 1A, Level 1B, Level 2, Level S 등으로 구분되며 이는 영상에 대한 전처리의 수준에 따라 구분한 것이며 본 연구에서 사용한 영상은 Level 1A 이다.

2. 실험에 사용한 SPOT 영상

본 연구에 사용한 위성영상은 1987년 11월 29일 02시 28분 54초에 SPOT 위성이 한반도를 통과하면서 촬영한 영상으로 흑백영상이며 한화소당 해상도는 지상의 10m 에 해당하며 해당지역은 대전, 청주 등이 포함된 지역이다. 본 연구에 사용한 대상지역은 호남고속도로가 포함된 유성지역의 약 5 Km X 5Km 지역이다.

III. 선형특징 추출 알고리즘

1. 기존의 선형특징 추출 알고리즘

가. Linear detection 알고리즘

일반적인 선형특징의 형태를 다음의 그림 1과같이 고려하였다.

A1	B1	C1
A2	B2	C2
A3	B3	C3

그림 1. 선형특징의 형태

여기서 B1, B2, B3가 선형특징이다. 선형특징을 구별하기 쉬운 도로로 생각할때, 대체로 도로는 주위의 밝기보다 밝다. 이때 밝기범위는 백이 255, 흑이 0 이다.

위에서 고려한 window 내에서 식(1)과 같은 조건을 만족할 때 중심화소 B2를 선형특징의 일부로 하는 방법이며

$$1/2 \sum_{i=1}^3 (A_i + C_i) - \sum_{i=1}^3 B_i < T, \quad (1)$$

여기서 T는 임의의 임계값을 나타낸다.

Linear detection 알고리즘은 제일 먼저 제안된 알고리즘[11]으로, 제한이 적고 잡음에 영향을 많이 받는다. 이 알고리즘은 linear feature가 주위의 평균값보다 크면 추출되므로, 잡음에 약한 단점이 있다.

나. Nonlinear detection 알고리즘

위에서 고려한 window를 고려하여 $A_i > B_i - T < C_i$ 를 만족하면 B2를 선형특징의 일부로 하는, nonlinear detection 알고리즘은 1971년에 Rosenfeld 가 제안한 알고리즘으로[11] 제한을 많이 두어 잡음의 영향이 적은 장점이 있는 반면 실제 선형특징의 추출도 적으며 수행속도가 느리다.

다. Semilinear detection 알고리즘

Semilinear detection 알고리즘은 위에서 고려한 window를 고려하여 식(2)의 조건을 만족하면 B2를 선형특징의 일부로 취급하는 방법이다.

$$A_i > \sum_{i=1}^3 B_i - T < \sum_{i=1}^3 C_i. \quad (2)$$

이 알고리즘은 1976년 VanderBrug가 제안한 알고리즘[14]으로 linear detection 알고리즘과 nonlinear detection 알고리즘의 절충형태이다.

라. Modified linear detection 알고리즘

Modified linear detection 알고리즘은 위에서 고려한 3 x 3 window를 고려하여 다음의 두가지 조건을 동시에 만족하면 B2를 선형특징의 일부로 생각하는 방법이다.

$$\sum_{i=1}^3 A_i > \sum_{i=1}^3 B_i - T < \sum_{i=1}^3 C_i \text{ and } A_2 > B_2 - 3T < C_2 \quad (3)$$

이 알고리즘[15]은 1980년에 Gurney가 제안한 알고리즘으로 semilinear detection 알고리즘과 nonlinear detection 알고리즘의 중간형태이다. 첫번째 조건은 semilinear detection 알고리즘과 같고 두번째 조건은 nonlinear detection 알고리즘과 같다. Nonlinear detection 알고리즘에서는 제한이 많으므로 semilinear detection 알고리즘에 비해 잡음과 선형특징이 적게 추출되고 semilinear detection 알고리즘에서는 nonlinear detection 알고리즘과는 반대로 잡음과 선형특징이 많이 추출된다.

마. Acuteness operator

1987년에 Wang 과 Howarth가 제안한 알고리즘[16]으로 8 방향의 방향벡터성분을 가진 5 X 5 window 14개를 이용하여 각 화소의 크기와 방향을 계산한 다음

- (1) 각 화소 magnitude 의 histogram을 계산하고 적절한 임계값을 정한다.
- (2) starting point를 계산한 다음 edge를 추적하고 graph searching 한다.

2. 제안한 도로망 추출 알고리즘

위성영상에서 도로망을 추출하기 위해 제안한 도로망 추출을 위한 알고리즘은 기존의 선형특징 추출 방법에서 나타난 단점을 보완하고 장점은 살리기 위해 다음과 같은 방법을 사용하였다.

가. 예지성분의 추출

8방향성분의 방향벡터를 구하는데 걸리는 시간을 단축하기 위하여 4방향성분의 방향벡터와 크기를 구할수 있는 window 4개를 사용하였다. 이를 사용하여 각 화소의 크기와 방향벡터를 계산할 때 히스토그램을 계산하여 그의 제 1 피크값을 계산한 다음 이를 임계값으로 정하였다. 이는 전체의 화소를 대상으로 도로망을 추출하는것 보다는 고려대상의 화소를 줄여줌으로써 계산시간을 줄였다. 이를 수식으로 표현하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} & \text{If } N(x,y) > T1 \\ & \text{macu}(x,y) = \begin{cases} -acu & \text{if } acu < 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \\ & \text{여기서 } acu = -\max \{ N(x,y) * w_i \} \\ & T1 = \text{히스토그램의 피크값} \\ & \text{If } \text{dacu} > T2 \\ & \text{dacu} = Dki, ki \in \{ 1,2,3,4 \} \end{aligned}$$

여기서 $N(x,y) * wk_0 = \max\{N(x,y) * w_i\}$

$T1 * 0.7 < T2 < T1$

otherwise

dacu = 0

otherwise $N(x,y) = 0$.

이렇게 각 화소의 크기와 방향을 구한뒤 각화소의 크기를 고려한 방향성분을 조사한다. 조사한 방향성분의 크기를 고려하여 방향성분이 같은 화소를 추적하여 에지를 찾는다. 이때 잡음성분은 길이가 짧기 때문에 길이를 고려하여 추적한 에지를 고려한 잡음제거를 수행한다.

나. 잡음제거

에지성분 추출단계에서의 결과는 선형특징의 에지성분이 도로굽기가 된 영상이 되며 화소의 크기와 방향을 고려한 에지성분이 추출되었다. 그러나 이는 잡음성분이 포함된 영상이다. 잡음성분의 특징은 선형특징과 달리 그 길이가 선형특징에 비해 매우 짧은 것이 특징이다. 그러므로 어느 정도의 길이보다 짧은 에지성분은 잡음으로 보아 제거를 하는 과정이 필요하며 수행과정은 다음과 같다.

- (1) 영상을 순차적으로 scanning하다가 에지성분의 시작점을 만나면 방향성분을 조사하여 에지성분을 추적한다.
- (2) 분기점을 만나면 그 점을 기억시키고 다른 방향을 추적하고 더 이상의 에지성분이 없으면 지금까지 추적해온 에지를 지우면서 역추적을 수행한다.
- (3) 더 이상의 추적할 에지성분이 없으면, (1)~(2)을 반복 수행한다.
- (4) 더 이상의 추적할 에지성분이 없고 처음의 시작점으로 되돌아 오면 지금까지 추적했던 에지성분의 길이를 계산하여 그 값이 에지성분 길이의 임계값보다 작으면 잡음으로 보고 제거하며, 길면 그대로 보존한다.
- (5) 다음의 에지성분의 시작점을 만나면 (2)~(4)의 과정을 반복 수행한 후 더 이상의 에지성분이 없으면 끝낸다.

IV. 실험결과 및 고찰

지금까지의 각 이론들을 computer simulation을 통해 실험하고 그결과에 대하여 알아 본다. 실험환경은 IBM-PC/AT를 사용하고 위성영상은 512 X 512 크기를 갖는 흑백영상이다. 그림 2가 실험에 사용한 위성영상이다. 호남고속도로와 유성 인터체인지 대전 국립묘지가 보이고 있으며 유성시내가 약간 보이고 있다. 그림 3은 linear detection 알고리즘을 사용한 결과이며 호남고속도로가 약간 추출된것을 알수가 있다.

그림 4는 nonlinear detection 알고리즘을 사용한 결과이다. 여기에는 호남고속도로와 대전 국립묘지가 약간씩 추출된 결과를 보이고 있다. 그림 5는 modified linear detection 알고리즘을 사용한 결과이다. 이 결과는 호남고속도로와 대전 국립묘지 등이 양호하게 추출되었으나 잡음에 약한 단점을 보이고 있다. 그림 6은 semilinear detection 알고리즘을 사용한 결과이다. 여기에서는 비교적 양호하게 도로망이 추출되었으나 잡음에는 약한 면을 보이고 있다. 그림 7은 제안한 알고리즘을 적용한 결과를 보여주고 있다. 여기에서는 잡음이 제거된 도로망이 추출된것을 알수 있다.

수행시간을 비교하여보면 nonlinear detection 알고리즘은 257초, modified linear detection 알고리즘은 236초, semilinear detection 알고리즘은 224초, linear detection 알고리즘은 210초, acuteness 알고리즘은 197초, 제안한 알고리즘은 86초의 순으로 나타났다.



그림 2. 원영상

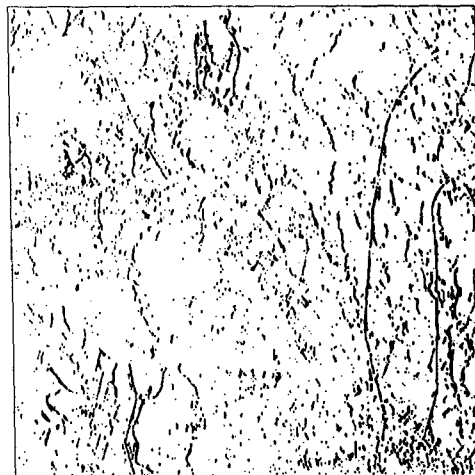


그림 3. Linear detection 알고리즘의 적용 결과

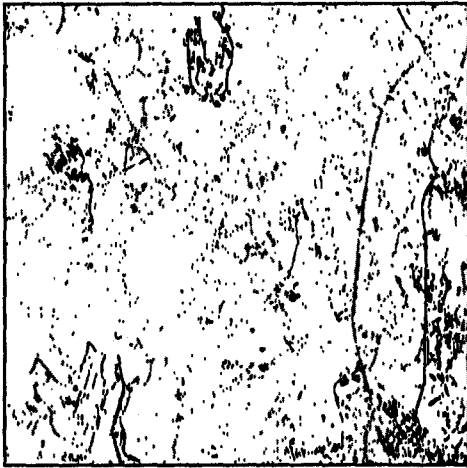


그림 4. Nonlinear detection 알고리즘의 적용 결과



그림 7. 제안한 알고리즘의 적용 결과



그림 5. Modified linear detection 알고리즘의 적용 결과



그림 6. Semilinear detection 알고리즘의 적용 결과

V. 결론

본 연구에서는 SPOT 위성영상을 이용하여 도로망 추출을 위해 새로운 알고리즘을 제안하였다. 기존의 알고리즘들에 비해 잡음이 제거된 도로망이 추출되었으며 수행시간을 비교하여 보면 기존의 알고리즘보다 우수함을 알 수 있었다.

참고 문헌

- [1] A. Rosenfeld and M. Thurston, "Edge and curve detection for visual scene analysis," IEEE Trans. Comput., vol. C-20, pp. 562-569, 1971.
- [2] G. J. VanderBrug, "Line detection in satellite imagery," IEEE Trans. Geosci. Electron., vol. GE-14, pp. 37-44, 1976.
- [3] 김정기, 박래홍, 이쾌희, "위성영상의 선형특징 추출에 관한 연구," 1989년도 화상처리 및 영상통신 학술대회 논문집, pp. 113-118, 1989
- [4] R. W. Ehrich, "The detection of global edges in textured images," IEEE Trans. Comput., vol. C-26, pp. 589-603, 1977.
- [5] C. M. Gurney, "Threshold selection for line detection algorithm," IEEE Trans. Geoscience and Remote Sensing, vol. GE-18, pp. 204-211, 1980.
- [6] J. F. Wang and P. J. Howarth, "Automated road network extraction from landsat TM imagery," ASPRS ACSM, vol.1, pp. 429-438, 1987.