

---

# IKONOS 영상에서 도로정보추출을 위한 경계검출에 관한 연구

최 현\*

A Study on the Edge Detection for Road Information based on the IKONOS

Choi, Hyun\*

## 요 약

고해상도위성영상은 항공사진에 비해서 다중분광특성 뿐만 아니라 광역성에서 많은 장점을 가지고 있다. 그래서 고해상도 인공위성영상은 수치지도를 제작할 때 GIS자료 구축하는데 유용하게 사용될 수 있다. 본 연구에서는 IKONOS 위성영상에서 자동 검출된 도로정보가 ITS시스템 구축을 위한 자료로 사용되거나 변화가 빈번한 도시지역의 수치지도 갱신 및 위성영상지도 제작에 활용될 수 있는 가능성을 분석하였다. 본 연구에서는 저주파 필터링 후 Sobel연산자가 도로 경계 검출을 위해 적용되었다. 연구결과 고해상도 위성영상 자료 특성에 따라 도로를 비롯한 구조물 경계를 검출하고자 할 때 저주파 필터링과 고주파 필터링은 ITS구축을 위한 기초자료로 활용이 가능할 것으로 보인다.

## ABSTRACT

High-resolution satellite imagery has many benefits, compared to aerial photo in the wide area as well as multi-spectral character. So, it can be used well for constructing GIS data when making digital map. This study analysed the possibilities that road information derived automatically from IKONOS can be used for making ITS system or updating digital map of the urban areas where change frequently and producing satellite image map. In this study, Sobel was applied for road edge detection after low pass filtering. As the results, it's possible for low pass filtering and high pass filtering to be used as the basic data for ITS construction when extracting edge roads and constructs according to the characteristic of high-resolution satellite imagery.

## 키워드

High-resolution satellite Imagery, GIS, IKONOS, ITS, Sobel, Edge detection

## I. 서 론

우리나라는 1997년 9월 '국가 ITS기본계획'을 확정하였고 2001년 건설교통부가 총 8조원을 투자하는 'ITS기본계획 21'을 발표하였다. 하지만 'ITS기본계획 21'은 명확한 목표모델과 구체적인 예산계획 없이 막연하게 추진돼 내용을 수정하기로 하고 2005년 하반기 중에 기본계획을 확정할 계획이다.

GIS(Geographic Information System)는 도로나 철도 등 교통 시설의 관련 데이터, 즉 차선수, 차선풍, 각 노선의 속도, 통과차량수, 도로 포장 상황, 그리고 열차 운행 횟수 등 정확한 데이터를 가시적으로 일목요연하게 보여줄 수 있다. 또 새로운 시설물의 변화를 쉽게 첨가, 삭제할 수 있으며, 또 도로망, 철도망, 버스 노선망 등을 중첩(overlay) 시켜 도면을 필요할 때마다 만들 수 있고 각종 교통계획 등 공간분석을 할 수 있는 시스템으로서 종합 교통 계획을 수립하는데 있어서 가장 적합한 시스템이다. 지리정보시스템의 근간이 되는 수치지도는 도심지의 경우 2년을 주기로 수정 및 개선을 실시하도록 하고 있지만 급변하는 사회 변화에 맞추어 실시간 도로정보가 개선되지 못해 실제지도와 다른 정보를 제공하고 있는 문제를 않고 있다. 이를 위한 최적의 대안으로 고해상도 위성영상을 이용한 수치지도를 제작하는 것이다[1, 2, 3]. 고해상도 위성영상은 항공사진에 비해서 다중분광특성과 준 정사사진의 특성을 뿐만 아니라 광역성에서 많은 장점을 가지고 있다. 따라서 수치지도를 제작할 때 항공사진보다 GIS 자료 구축에 유리하다고 할 수 있다.

본 연구에서는 IKONOS위성영상에서 도로정보를 자동으로 검출하여 ITS시스템 구축을 위한 자료로서 제공하거나 변화가 빈번한 도시지역의 수치지도 개선 및 위성영상지도 제작에 활용할 수 있는 가능성을 분석하고자 한다.

## II. 경계검출 기본이론

### 1. 공간 강조기법

영상처리 분야에서 경계는 영상에서 명도의 불연속적인 변화가 발생하는 점들의 집합체로 정의 할 수 있다[4]. 위성영상의 경계를 검출하는 가장 간단한 방법의 한 가지는 밝기값이 서로 다른 부분을 강조하여 적용하는 것으로

영상을 하나의 화소만큼 이동하고 원래의 영상과 이동된 영상의 차이를 구하는 것이다[5]. 공간주파수(spatial frequency)란 원격탐사영상의 특성으로 특정화상에서 단위거리마다 반사값이 변하는 화소의 수로 정의된다. 주어진 지역에서 반사값이 거의 변하지 않는다면 이 지역은 저주파(low-frequency)지역이며 짧은 거리에서 많은 변화가 있다면 이 지역은 고주파(high-frequency)지역이라고 할 수 있다[6]. 공간주파수는 기본적으로 몇 가지 기법을 조합하여 향상된 화상을 얻을 수 있는데 화소에 따라 고주파를 통과시켜 상세한 부분과 가장자리를 강조하는 필터를 고주파 필터(HPF ; High Pass Filter)라 하며 화소의 변화가 많고 저주파 필터(LPF ; Low Pass Filter)는 화상에 존재하는 고주파를 차단하여 화소의 변화가 적다. 따라서 영상에서 발생하는 대부분의 Edge나 Noise는 고주파 성분이다. 본 논문에서는 LPF기법으로 Ikonos를 필터링하였다.

저주파 필터링은 고주파를 통과하지 못하게 해서 화상을 강조하기 때문에 영상의 급격한 변화를 방지하고 고주파 정보를 약하게 함으로써 영상을 부드럽게 하는 역할을 한다. 저주파 필터링은 영상의 미세한 Noise를 제거하는데 적합한 기법으로 알려져 있다. 본 연구에서는 저주파 필터링의 일종인 가우시안 필터링을 적용하였으며 이것은 가우시안에 의한 Noise를 제거하는데 특정화소  $G(u,v) = H(u,v) \times F(u,v)$ 로 나타내며  $H(u,v)$ 는 필터 변환 함수로 고주파 성분을 제거하는 역할을 하는 것으로 식(1)의 조건을 가진다.

$$H(u, v) = \begin{cases} 1 & \text{if } D(u, v) \leq D_0 \\ 0 & \text{if } D(u, v) > D_0 \end{cases} \quad (1)$$

그리고  $F$ 는  $(u,v)$ 화소의 주파수를 의미한다. 이상적인 저주파 필터링의 관계는 저주파와 고주파의 경계를 나타내는 화소를  $D_0$ 라 하고  $D_{(u,v)}$ 는 주파수원점에서 특정점 까지의 거리라 하면 식 (2)로 나타낼 수 있다.

$$D(u, v) = (u^2 + v^2)^{1/2} \quad (2)$$

특정화소의 밝기값  $BV_m$ 과 주위의 밝기값을 고려하여  $BV_{out}$ 을 계산한다. 화소의 크기는 중심화소가 존재하는  $3 \times 3$ ,  $5 \times 5$ ,  $7 \times 7$ ,  $9 \times 9$ 등의 convolution mask로 나타나며  $3 \times 3$  convolution mask를 기준으로 계수의 총합이 1이라면 한다면 식 (3)과 같다.

$$\begin{aligned}
 BV_1 &= BV_{i-1,j-1} \\
 BV_2 &= BV_{i-1,j} \\
 BV_3 &= BV_{i-1,j+1} \\
 BV_4 &= BV_{i,j-1} \quad (3) \\
 BV_5 &= BV_{i,j} \\
 BV_6 &= BV_{i,j+1} \\
 BV_7 &= BV_{i+1,j-1} \\
 BV_8 &= BV_{i+1,j} \\
 BV_9 &= BV_{i+1,j+1}
 \end{aligned}$$

여기에서 필터링 대상은 가운데 화소인  $BV_5 = BV_{i,j}$ 로 나타낼 수 있다. mask A의 조합과 원시 화소를 사용하면 저주파필터 영상이 구성되며 본 연구에서 MATLAB에서 작성된 주요 소스는 표 1과 같다.

표 1. LPF 연산자를 이용한 프로그램 소스  
Table 1. Source based on the LPF

```

for i=1:R-2
for j=1:C-2
new_high_low(i+1,j+1) = gray_image(i,j)*(1/16) + ...
gray_image(i,j+1)*(1/8) + gray_image(i,j+2)*(1/16) + ...
gray_image(i+1,j)*(1/8) + gray_image(i+1,j+1)*(1/4) + ...
gray_image(i+1,j+2)*(1/8) + ...
gray_image(i+2,j)*(1/16)+gray_image(i+2,j+1)*(1/8) + ...
gray_image(i+2,j+2)*(1/16);
figure(1);

```

## 2. 1차 미분에 의한 경계검출

대부분의 경계검출 기법은 편미분 연산자 계산에 의하며, 일반적으로 1차 미분은 변화율을 나타내는데 1차 편미분을 성질을 이용하여 영상값이 변화하는 경계를 찾는 것이다. 영상 미분에서 기울기는  $F(x,y)$ 의 위치  $(x,y)$ 점에서의 기울기는 식 (4)로 나타낼 수 있으며 간단하게 설명하면 그림 1과 같다.

$$\nabla f = \begin{bmatrix} G_x \\ G_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial f}{\partial x} \\ \frac{\partial f}{\partial y} \end{bmatrix} \quad (4)$$

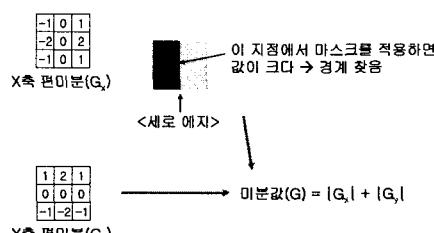


그림 1. Sobel 필터링

Fig. 1 Sobel Filtering

원격탐사에서 경계는 영상에서 명도의 불연속적인 변화가 발생하는 점들의 집합으로 정의 할 수 있으며 위성 영상의 경계를 검출하기 위해 가장 단순한 방법중의 하나는 밝기가 서로 다른 부분을 강조하여 적용하는 것으로 영상을 하나의 화소만큼 이동하고 원래의 영상과 이동된 영상 차이를 구하는 것이다[10]. 본 연구에서는 경계검출을 위해 Sobel 연산자를 이용하였다.

## III. 도로정보 추출

### 1. 연구대상지역

본 연구에 이용된 IKONOS 위성영상은 부산광역시의 일부분을 절취하여 사용하였으며 촬영일시는 2003년 4월 22일, 화상의 크기는  $6,452 \times 5,616$ , 방사해상도는 11bit, 공간해상도는 1m, 파장대역은 표 1과 같다. 연구대상지역은 원본영상에서 일부분을  $438 \times 705$  크기로 부분 절취하였다. IKONOS 위성은 촬영 당시 위성의 자세정보를 제공하지 않는 대신 위성영상 표정을 위해서 RPC(Rational Polynomial Coefficient)파일을 영상과 함께 제공하고 있다. RPC 파일이란 정사영상을 제작하기 위해서 표정요소에 필요한 정보 즉, 위성영상에서의 관계식으로 해석한 것이다. 위성영상의 내부표정을 위해 Sensor Model, Coefficients 및 카메라의 Calibration Data 등이 필요하지만 고해상도 위성카메라는 기존위성과는 달리 복잡한 구성을 하고 있기 때문에 공개를 하고 있지 않고 있으나 고해상도 위성영상을 이용하여 정사영상을 제작하기 위해서 촬영 당시의 표정요소 등에 관한 정보를 RPC 파일의 형태로 제공하고 있다.

### 2. 저주파 필터링

그림 2는 본 연구에서 구현한 저주파 필터링 결과이다. 저주파필터는 영상내 화소의 밝기의 단계를 줄여주어서 경계부분을 부드럽게 하고 노이즈를 제거함과 동시에 영상이 흐려지는 단점이 있다. 도로정보 검출을 위해 저주파 필터링 공간 연산은  $3 \times 3$ ,  $5 \times 5$ ,  $7 \times 7$ ,  $9 \times 9$  convolution mask로 실시하였다. 그림 4는 MATLAB(Ver. 6.5)으로 저주파 필터링프로그램을 작성한 결과를 나타낸 것인데 저주파 필터링결과 공간연산이 클수록 영상이 흐려짐을 알 수가 있었다.

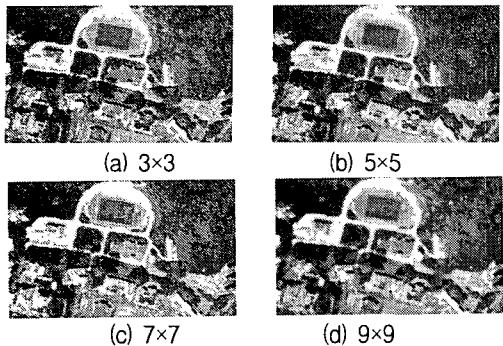


그림 2. 저주파 필터링 결과  
Fig. 2. The result of the LPF

필터링 후의 화소경계 변화와 화소값의 변화를 확인하기 위해 차연산을 실시하였다. 일반적으로 차연산은 그림 3과 같이 화소값의 증가로 인한 변화 지역, 화소값의 감소로 인한 변화지역, 무변화 지역으로 크게 3개의 확률밀도 분포로 나누어진다고 가정할 수 있다[8]. 그리고 변화 백터 화상의 경우 변화벡터값의 증가로 변화지역, 무변화 지역의 2개의 확률밀도분포로 나눌 수 있다. 모수적 방법으로 밀도 함수의 형태의 결정에는 Gaussian, Exponential, Bernoulli로의 표현이 가능한데 본 연구에서는 광학 화상의 분석에 주로 이용되는 가우시안 형태의 차연산을 이용하였다.

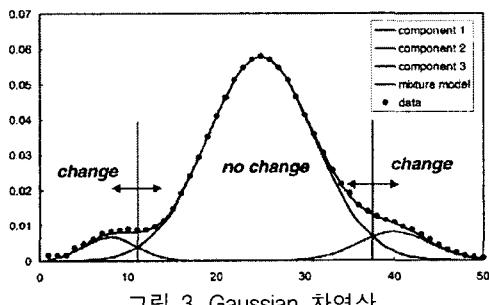


그림 3. Gaussian 차연산  
Fig. 3. Three-component Gaussian Mixture Model.

가우시안 밀도를 이용한 차연산 결과는 그림 3에 나타내었다. 필터링 후의 화소와 원본영상 화소차이 절대치를 영상화소로 나타내는데 영상내부에서 어두운 통으로 음영이 두드러지는 지역이 화소변화가 큰 지역이다. 그림 3에서 보는 바와 저주파 필터링에서는  $9 \times 9$  convolution mask를 적용한 결과에서 화소 변화가 가장 두드러지게 나

타났다. 그리고 도로외곽 부분에서 화소의 변화가 많아짐을 알 수가 있었으며 이것은 도로 경계부분이나 차선과 같이 세부적인 공간특성변화가 두드러짐을 알 수가 있었다. 차연산 필터링 분석결과 저주파 필터링에서는 입력 변수를 조정하면서 영상강조 및 영상노이즈 제거에 효과가 있는 것으로 나타났다.

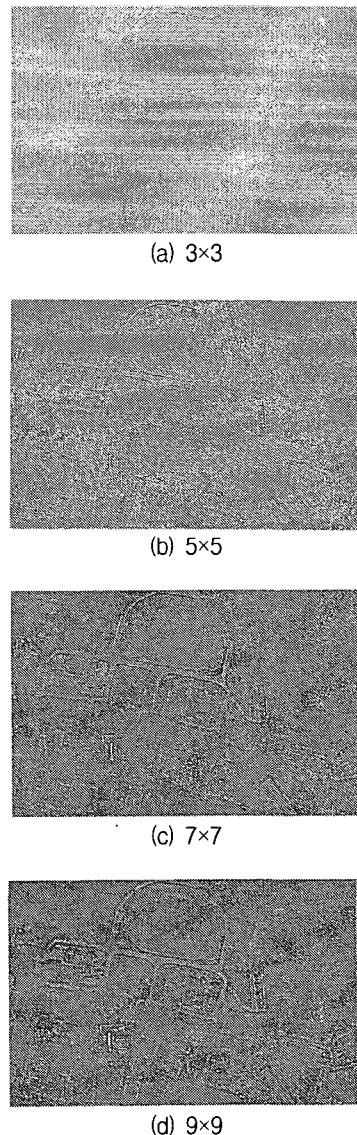


그림 3. 저주파 필터링 결과  
Fig. 3. The result of the LPF

### 3. Sobel 연산으로 도로 경계 검출

인공위성 영상자료에서 자동으로 경계정보를 검출할 때 화소 밝기를 대상으로 분광특성치가 많은 부분을 강조하는 필터링을 수행하는 경우 많은 장점을 나타낸다[7]. 따라서 일반적으로 Landsat이나 SPOT등의 저·중 해상도를 가지는 인공위성영상을 고주파 필터링을 실시하면 선구조를 검출하기에 유리한 것으로 알려져 있다. 그러나

본연구의 목적은 고해상도 영상에서의 경계정보 검출에 대한 연구이므로 저주파 필터와 고주파 필터를 동시에 실시하여 경계정보에 미치는 영향을 분석하였다. 일반적으로 자동화 경계 검출 시 필터링 처리 후에 고주파 필터를 이용하는 것으로 알려졌으나 고주파 필터링 분석결과 노이즈의 증가로 도로경계의 검출에는 불리한 것으로 나타났으며 저주파 필터를 사용할 경우에는 고주파 필터를 한 경우보다 불필요한 선구조의 추출이 적었다.

저주파 필터링 분석결과  $3 \times 3$  convolution mask에서는 필터링을 거치지 않은 영상과 큰 차이를 보이지 않았으며  $9 \times 9$  convolution mask로 경계검출이 커질수록 가장 단순화 되며 깨끗한 이미지를 나타내지만 일부 지역에서 경계가 제대로 표시되지 못하는 지역을 발견 하였다. 도로정보에 대한 경계검출 분석결과  $5 \times 5$  convolution mask에서의 경계 검출에서 실제 영상과 비슷한 분포를 보임을 알 수가 있었다. 그러나 나무에 가려진 도로경계에서는 저주파 필터링이 공간연산이 클수록 영상이 흐려져서 경계검출이 명확히 되지 않았다. 고주파 필터링을 수행한 결과 경계추출이 잘됨을 알 수가 있었다. 그 이유는 도로폭 부분의 영상화소가 7개 이상인 부분에서 저주파 필터링은 요소를 회미하게 해서 영상경계부분의 강조를 하는 방법으로 미세한 변화부분을 강조하고 도로폭 부분의 영상화소가 3개 이하인 지점은 고주파 필터링에서 저빈도의 밝기를 소거 후 영상의 미세한 부분을 강조하여 경계에 대한 영상밝기를 강화시키기 때문인 것으로 풀이된다.

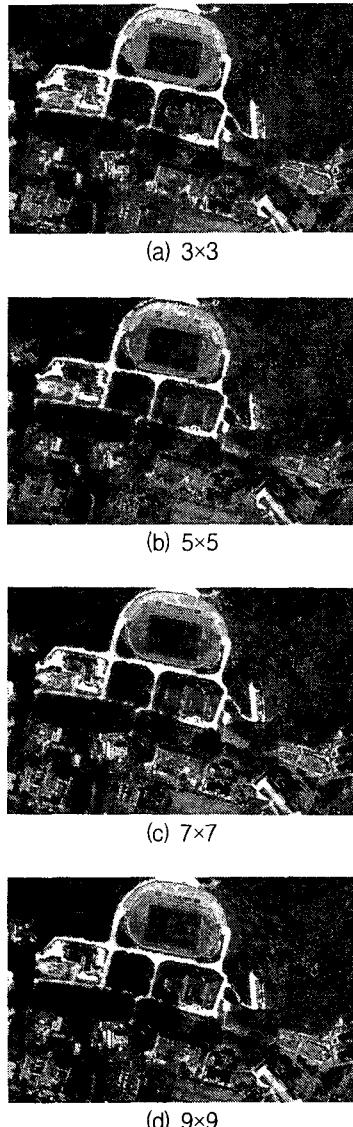


그림 4. Sobel 연산자로 경계검출 후 벡터화  
Fig. 4. The result of the LPF

### IV. 결 론

본 연구에서는 IKONOS위성영상에서 저주파 필터링 후에 Sobel 연산자를 이용하여 도로정보를 검출하여 ITS 시스템 구축을 위한 자료로서 제공하거나 변화가 빈번한 도시지역의 수치지도 개선 및 위성영상지도 제작에 활용할 수 있는 가능성을 분석하였다.

가우시안 밀도를 이용한 차연산 결과는 저주파 필터링에서  $9 \times 9$  convolution mask를 적용한 결과에서 화소 변화가 가장 두러지게 나타났다. 그리고 도로외곽 부분에서 화소의 변화가 많아졌다. 그 원인은 도로 경계부분이나 차선과 같이 세부적인 공간특성변화가 두드렸기 때문이라 판단된다. 그리고 저주파 필터링에서는 입력 변수를 조정하면서 영상강조 및 영상노이즈 제거에 효과가 있는

것으로 나타났으며 도로 경계부분이나 차선과 같이 세부적인 공간특성변화가 두드러짐을 알 수가 있었다.

Sobel 연산자로 경계검출 후 벡터링 분석결과 도로폭 경계부분에서 영상화소가 7개 이상인 부분에서의 저주파 필터링( $5 \times 5$  convolution mask)은 요소를 희미하게 해서 영상경계부분을 강조하여 미세한 변화부분을 강조하고 도로폭 부분의 영상화소가 3개 이하인 지점은 고주파 필터링( $5 \times 5$  convolution mask)에서 저빈도의 밝기를 소거 후 영상의 미세한 부분을 강조하여 경계에 대한 영상밝기를 강화시켜 도로폭에 따라서 필터링적용이 다르게 나타남을 알 수가 있었다. 앞으로 고해상도위성영상자료 특성에 따라서 도로를 비롯한 구조물 경계 검출에서 저주파 필터링과 고주파 필터링을 적절히 활용한다면 효과적으로 이용될 수 있을 것이다.

향후 수치지도에서 나타나지 않는 지역과 도로정보가 변화된 지역에 IKONOS위성영상에서 도로정보를 자동으로 검출하여 ITS시스템 구축을 위한 자료로서 제공하거나 변화가 빈번한 도시지역의 수치지도 개선 및 위성영상지도 제작에 활용할 수 있을 것이다. 추후 연구과제는 Lidar 영상과 하이퍼스펙트럴 센서영상에 대한 다양한 경계 검출 기법으로 ITS시스템 구축뿐만 아니라 수치지도 수정 및 개선에 대한 연구가 활성화 되어야 할 것으로 판단된다.

### 참고문헌

- [1] 이현직, 김정일, 황창섭, 항공사진을 이용한 도심지역의 지형공간정보 취득, 한국측량학회지, 제 21권 제 1호, pp.27-36, 2003.
- [2] 이재기, 정성혁, 임인섭, IKONOS 정사영상을 이용한 건물의 자동추출, 한국측량학회지, 제 21권 1호, pp.19-26, 2003.
- [3] Gruen, A., and Li, H. Semi-automatic Linear Feature Extraction by Dynamic Programming and LSB-Snakes, Photogrammetry Engineering & Remote Sensing, Vol. 63, pp. 985-995.
- [4] 김용석, 박운용, 이재원, 송연경, 수치지도제작을 위한 지형의 경계검출에 관한 정확도 분석, 대한토목학회논문집, 제 25권 제 4D호, pp. 599-607, 2005.
- [5] Torkar, D. and Pavesic, N., Terrain Modelling in

surveying and Civil Engineering, McGraw-Hill, Inc, pp. 19-21, 1996.

- [6] John R. jensen (1995) Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective. Prentice Hall, p. 153.
- [7] Rencz, A.N (1999), Remote Sensing for the Earth Sciences. Manual of Remote Sensing Third Edition, John Wiley and sons Inc, pp. 307-354.
- [8] 박노숙, 지광훈, 이광재, 권병두, 다중시기 원격탐사 화상의 변화 탐지를 위한 임계치 자동추출, 대한원격 탐사학회지, 제 19권 6호, pp. 465-478, 2003.

### 저자소개



최 현(Hyun Choi)

1998년 부경대학교 토목공학과(공학사)  
2000년 부산대학교 대학원 토목공학과(공학석사)

2004년 부산대학교 대학원 토목공학과(공학박사)  
2005년 한국전산원 ITA팀  
2006년 ~ 현재 경남대학교 토목공학과 전임강사  
※ 관심분야: 원격탐사, 사진측정학, GIS, DBMS, 3D-GIS, Virtual Reality, ITS, GPS