

## IKONOS 위성영상자료를 이용한 건물경계추출

### The Extraction of the Building Edges using IKONOS Satellite Image Data

정성혁<sup>1)</sup>, Jung, Sung-Hyuk · 황창섭<sup>2)</sup>, Hwang, Chang-Sup  
최석근<sup>3)</sup>, Choi, Seok-Keun · 이재기<sup>4)</sup>, Lee, Jae-Kee

<sup>1)</sup> 정회원 · 충북대학교 토목공학과 · 박사수료 · 043-273-0485 (E-mail:email@chungbuk.ac.kr)

<sup>2)</sup> 정회원 · 충북대학교 토목공학과 · 박사수료 · 043-273-0485 (E-mail:picassoh@hanmail.net)

<sup>3)</sup> 정회원 · 충북대학교 토목공학과 · 조교수 · 043-261-3352 (E-mail:skchoi@chungbuk.ac.kr)

<sup>4)</sup> 정회원 · 충북대학교 토목공학과 · 교수 · 043-273-0485 (E-mail:leejk@chungbuk.ac.kr)

## 1. 서론

최근 1m 내외의 공간해상도를 가지는 고해상도 위성영상이 일반인에게 공개되고 상업적으로 이용이 가능해짐에 따라 고해상도 위성영상을 이용하여 정사영상을 제작하고 지도제작과 갱신, 영상지도제작 및 지형공간정보체계의 자료기반으로 활용하려는 연구가 활발히 이루어지고 있다.<sup>1,2)</sup>

특히, 지도제작분야에서 고해상도 위성영상은 경제적 측면에서 기존의 항공사진을 이용한 지도제작방식을 대체할 수 있는 대안으로 급부상하고 있으며, 국가단위의 넓은 지역의 수치지도제작이나 지형공간정보를 신속히 제공할 수 있는 장점을 가지고 있다.<sup>3)</sup>

따라서, 본 연구에서는 공간해상도 1m의 IKONOS 위성영상을 이용하여 정사영상을 제작하고, 지형정보중 도시지역에서 가장 많이 분포하고 있어 도화시 많은 시간이 소요되는 건물을 자동으로 인식·추출할 수 있는 처리기법을 개발하고, 체계화하고자 한다.

## 2. 수치정사투영영상 제작 및 영상전처리

연구에서 이용한 위성영상은 공간해상도 1m의 IKONOS 위성의 스테레오 영상이며, IKONOS 위성은 2.9일의 공전주기로 고도 681km 상공에서 7km/sec의 속도로 지구를 관측하고 있다.<sup>4)</sup> 대상지역은 충청남도 대전광역시 중구, 서구, 동구 일대로 수치정사투영영상을 제작하기 위해서는 영상의 표정, 수치표고모형생성, 기하보정 및 편위수정, 영상재배열 등의 과정을 거쳐 이루어진다. 본 연구에서는 IKONOS 위성영상에서 제공하고 있는 RPC파일을 이용하여 표정을 실시하였으며, 대상지역에 지상기준점(GCP ; Ground Control Point)를 고르게 선점하고 GPS를 이용하여 Static 측량을 수행하였다.

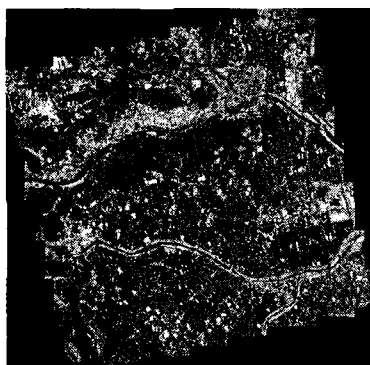


그림 1. IKONOS 위성영상(e-HD.com 제공)

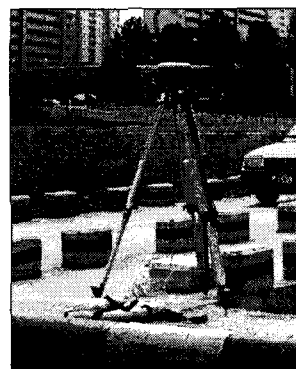


그림 2. GPS에 의한지상기준점 측량

IKONOS 스테레오 영상과 지상기준점 성과, 대상지역의 입체영상으로부터 격자간격 5m로 추출된 수치표고모형 자료를 이용하여 수치정사투영영상을 제작하였으며, 제작된 수치정사투영영상의 정확도를 평가하기 위하여 16개의 검사점을 선정하여 GPS측량을 수행하였다. 영상좌표와 비교한 결과 RMSE는 2.47m로 “공공측량작업규정 세부기준”에 의한 1/5,000 축척 수치지도 제작의 RMSE(3.5m)를 만족하였다.

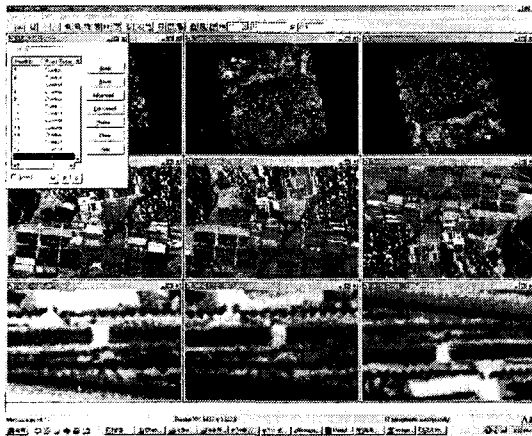


그림 3. 지상기준점 성과에 의한 기하보정

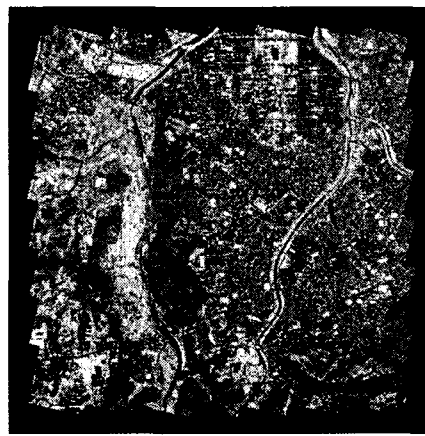


그림 4. 수치정사투영영상

제작된 수치정사투영영상의 밝기값 특성을 규정하고 자동인식의 효율을 높이기 위하여 영상전처리과정에서 히스토그램(histogram)보정 및 명암대비(contrast) 강조처리 등의 전처리 과정에 관한 실험을 통해 IKONOS 위성영상의 특성에 맞는 전처리 기법을 개발하여 적용하였다.

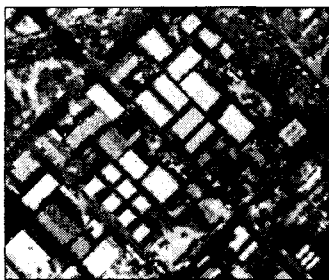


그림 5. 실험영상

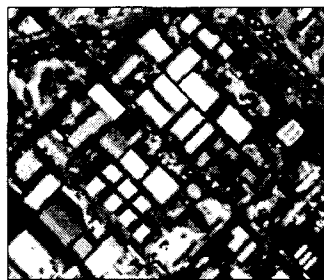


그림 6. 영상 전처리 후의 영상

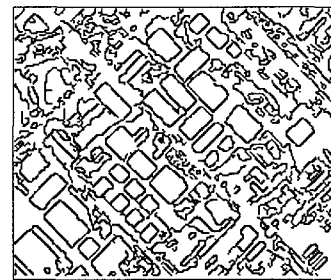


그림 7. 경계선 추출(Canny)

### 3. 건물자동추출

전처리 과정을 통해 강조된 영상에서 건물을 자동추출하기 위하여 먼저 경계선 추출을 하였다. 경계선 추출은 기존의 많은 경계선 추출 연산자들을 비교 분석하여 건물 자동추출에 적합한 연산자를 실험을 통해 결정하였으며, 그 결과 그림 7과 같이 Canny 연산자를 이용하였다. 21-근방연산을 이용한 잡음제거 기법을 개발하여, 경계선 영상으로부터 3화소 이하의 화소군을 제거하므로써 처리시간을 단축시킬 수 있었다.

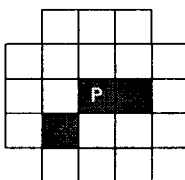


그림 8. 잡음제거를 위한 21-근방연산

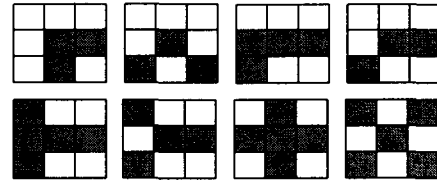
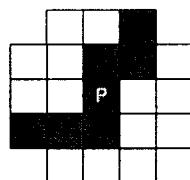


그림 9. 모서리점 추출을 위한 패턴

추출된 경계선에 해당하는 화소군(pixel group)으로부터 정확한 건물의 경계에 관한 직선정보를 얻기 위하여 경계선 영상으로부터 그림 9와 같은 패턴을 검색하여 모서리점들을 추출하였으며, 건물의 한 면에 해당하

는 화소군들을 직선화 하기 위하여 라돈변환을 적용하였다. 추출된 직선성분들은 병합처리를 거쳐 가로수 차량 등으로 단편화된 직선을 하나의 직선으로 병합하였다.

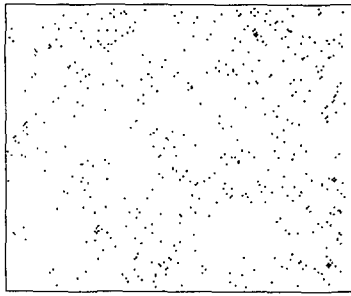


그림 10. 추출된 모서리점

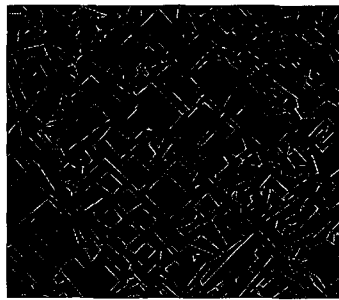


그림 11. 라돈변환에 의한 직선추출

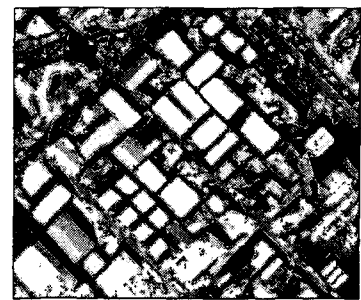


그림 12. 직선성분과 실험영상

추출된 직선성분들은 매우 복잡한 형상으로 이루어져 있으며, 이들 직선성분들 가운데 건물에 연관된 직선 성분만을 결정하고, 건물을 재구성하기 위하여 깊이 우선 탐색방법을 이용한 건물추출기법을 개발하였다.

깊이 우선 탐색(Depth First Search)방법은 인공지능 분야 중 하나인 문제해결을 위한 탐색방법으로 탐색을 컴퓨터를 이용하여 프로그래밍하기 위해서는 주어진 문제에 대해 컴퓨터가 처리할 수 있도록 그 문제를 정의해야 하고, 현재의 상태를 표현할 수 있는 상태공간(state space)을 정의한 후 이 문제에 적절한 탐색 방법을 찾아 적용해야 한다.<sup>5)</sup>

우선 주어진 문제의 모든 가능한 상태를 표현할 수 있는 상태공간을 정의하고, 이를 이용하여 시작하려는 초기상태(initial state)와 목표로 하는 목표상태(goal state)를 기술한다. 탐색을 하기 위해 현재 상태에서 다음 상태로 가기 위한 규칙(rule)을 정하고, 주어진 문제에 적절한 탐색 방법을 선택하여 목표상태를 찾을 때까지 탐색을 계속한다. 건물과 같은 인공구조물들은 대부분 폐합된 다각형의 형태로 구성되어 있기 때문에 건물을 추출하기 위해 영상에서 추출된 직선성분들로부터 그래프 탐색으로 사이클을 검색하였다.

그래프에서 노드는 각각의 직선성분의 끝점들이며, 호는 끝점간을 연결함으로써 노드간의 기하학적 관계를 표현할 수 있다. 건물탐색을 위한 규칙은 다음과 같이 규정하여 탐색을 하였다.

- 1)  $n_i$ 와  $n_j$ 는 아무런 기하학적 관계가 없으며, 탐색을 진행하지 않는다. ( $e_{ij}=0$ )
- 2)  $n_i$ 와  $n_j$ 은 동일 직선의 끝점이며, 이와 연결할 다음 직선성분을 탐색한다. ( $e_{ij}=1$ )
- 3)  $n_i$ 와  $n_j$ 의 교차각이  $180^\circ \pm 5^\circ$  이내이고,  $n_i$ 와  $n_j$ 의 거리가 3 화소 이내 일 때 동일 직선으로 연결하고 다음 근접점을 탐색한다. ( $e_{ij}=2$ )
- 4)  $n_i$ 와  $n_j$ 의 교차각이  $90^\circ \pm 15^\circ$  의 범위에 있고,  $n_i$ 와  $n_j$ 의 거리는 3화소 이내 위치한다면, 하나의 사이클로 하고, 다음 탐색을 진행한다. ( $e_{ij}=3$ )
- 5)  $n_i$ 와  $n_j$ 가 T자 형식으로 직각에 가깝게 마주치는 두 직선의 끝점으로,  $n_i$ 와  $n_j$ 의 교차각이  $90^\circ \pm 15^\circ$  의 범위에 있고, 두 직선간의 거리는 3화소 이내 위치할 때, 하나의 사이클로 한다. ( $e_{ij}=4$ )

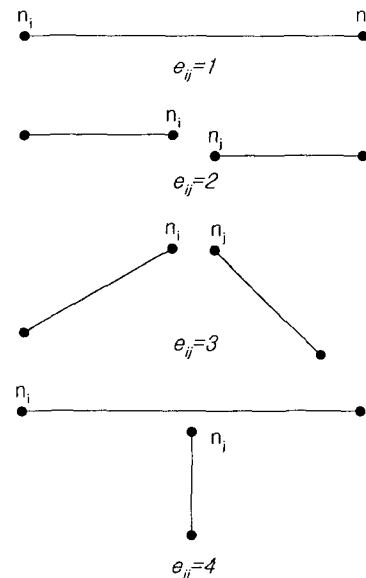


그림 13. 깊이우선탐색을 위한 규칙

대상영상에서 추출된 직선성분들 중 건물의 외곽선으로 평가되는 직선성분을 깊이 우선 탐색 방법으로 탐색하여 건물을 자동추출한 결과 그림 14와 같다.

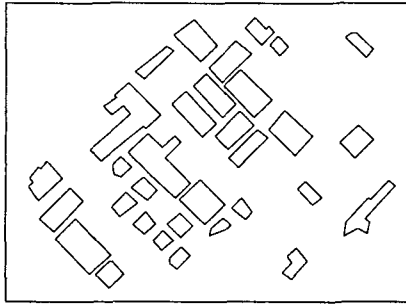


그림 14. 건물자동추출 결과

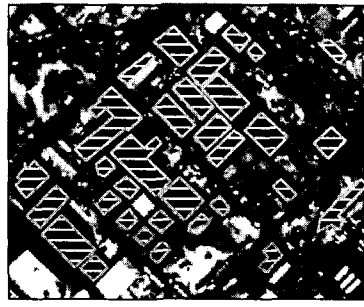


그림 15. 대상영상과 중첩

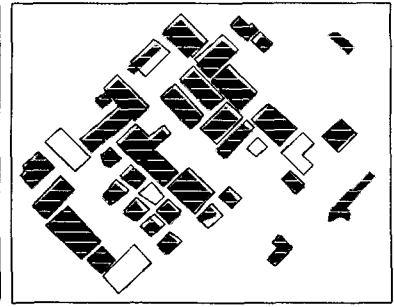


그림 16. 수동도화결과와 비교

#### 4. 건물자동추출결과의 평가

본 연구에서 제시한 기법으로 건물을 추출한 결과를 평가하기 위하여 그림 15, 16과 같이 대상영상과 추출 결과 및 도화결과와 중첩하여 육안검사를 통해 자동추출시 발생한 오류를 분석하고, 본 기법에 의한 건물 자동추출율을 평가하였다.

대상영상과 추출결과와 중첩하여 비교한 결과, 건물 자동추출시 오류의 발생은 영상에 존재하는 건물이 추출되지 않은 경우 5건, 건물의 일부만 부분적으로 추출된 경우 2건, 인접한 두 건물이 하나의 건물로 인식되어 추출된 경우 2건, 주차장과 같은 건물 외의 대상이 건물로 인식되어 추출된 경우가 2건 발생하였으나, 대상영상의 전체 건물 36개 중 약 72%에 해당하는 26개의 건물들이 추출되었음을 알 수 있었다.

자동 추출된 26개 건물의 각 모서리 점에 대한 수동도화 결과와의 비교하여 그 편위량을 측정된 결과, 건물별로 X방향으로 최대 1.834m, Y방향으로 최대 1.461m가 발생하였으며, 전체 건물에 대하여 평균 X방향으로 0.850m, Y방향으로 0.626m로 나타났다.

#### 5. 결론

1. 깊이 우선 탐색방법을 이용하여 추출된 복잡한 직선성분에서 건물에 해당하는 직선성분만을 탐색하고, 건물을 재구성하는 기법을 제시하였다.
2. 연구 결과 대상영상의 총 36개의 건물중 추출시 오류가 발생한 건물을 제외한 26개의 건물이 정상적으로 추출되었으며, 약 72%의 건물 자동추출율을 나타내었다.
3. 대상 영상, 수치지도 및 수동도화결과와 비교한 결과 추출된 건물은 형태적으로 양호하게 추출되었음을 알 수 있었으며, 수동도화결과와 건물의 각 모서리 점에 대한 편위량을 측정된 결과 평균 X방향으로 0.850m, Y방향으로 0.626m로 한 화소 이내의 오차를 나타내고 있다.

#### 감사의 글

본 연구를 위하여 IKONOS 영상을 지원해 준 e-HD.com사 관계자에게 감사드립니다.

#### 참고문헌

- 1) Zhou, G. and Li, R., (2000) Accuracy Evaluation of Ground Points from IKONOS High-Resolution Satellite Imagery, *PE&RS*, ASPRS, Vol. 66, No. 9, pp. 1103-1112.
- 2) 이상국. (2000) 공간영상정보 제작, 정보통신부 pp1-4.
- 3) 박병욱, (2002) 고해상도 위성영상을 이용한 지도제작 가능성 평가, *대한토목학회논문집*, 제22권 제6-D호 대한토목학회, pp. 1305-1315.
- 4) Lillesand, T. M., (2000) *Remote Sensing and Image Interpretation*, John Wiley & Sons, pp. 435-439.
- 5) Gonzalez, R. C. and Woods, R. E., (2002) *Digital Image Processing*, Prentice Hall, pp. 591~595.