

고해상도 위성영상을 이용한 건물의 자동추출기법

Automatic Extraction Method of the Building using High-Resolution Satellite Image

이재기* · 최석근** · 정성혁***

Lee, Jae-Kee · Choi, Seok-Keun · Jung, Sung-Hyuk

要 旨

고해상도 위성영상은 항공영상에 비해 광범위한 지역의 최신 정보를 취득할 수 있고, 수치지도의 갱신주기를 단축시킬 수 있는 장점을 가지고 있다. 특히, 최근에는 고해상도 위성영상이 일반인에게 공개되고 상업적으로 이용이 가능해짐에 따라 위성영상으로부터 도로, 건물 등과 같은 인공지물에 관한 정보를 자동으로 추출하고, 수치지도제작 및 갱신과 지형공간정보체계에서 자료기반으로 활용하려는 연구가 활발히 이루어지고 있다. 따라서, 본 연구에서는 1m의 공간해상도를 가지는 IKONOS 위성의 수치정사영상에서 인공지물중 도시지역에서 많은 분포를 나타내고 있으며, 빠른 갱신주기를 필요로 하는 건물에 대하여 자동으로 추출할 수 있는 처리기법을 정립하고, 알고리즘을 개발하였다. 연구결과 전체 건물중 72%를 자동 추출할 수 있었으며, 대상영상과 중첩, 대상지역의 수치지도 및 수동으로 도화한 결과와 비교함으로써 오류발생의 경향을 분석하고, 본 연구에서 제시한 기법이 건물의 자동 추출에 비교적 양호한 결과를 얻을 수 있음을 알 수 있었다.

Abstract

The High-resolution satellite images are able to get the latest information of wide range area and to shorten updating cycle of digital map better than the aerial images. Especially, as high-resolution satellite images are opened to public recently and able to be used commercially, the studies that make ortho-images using them, and apply to the digital mapping and the database of geo-spatial information system are having been progressed actively. Therefore, the purposes of this study are to establish the auto-extraction methods and to develop algorithms for automatically extracting buildings which are distributed very much in urban areas and which updating cycle needs to shorten, out of man-made structures in the IKONOS ortho-image with 1m spatial resolution. The result of this study, we can extract automatically extract 72% out of the whole buildings. And we could know that the methods and algorithms proposed in this study are good relatively analyzing the error trend by means of the comparison with ortho-image, digital map and drawing result.

1. 서 론

1972년 80m 해상도의 Landsat 영상이 등장한 이후 1986년 10m 해상도의 SPOT 영상, 1994년 5.8m 해상도의 IRS-1C 영상, 1990년 2m 해상도의 KVR 영상을 거쳐 1999년 1m 해상도의 IKONOS 영상이 등장하였다. 이와 같이, 현재 고해상도의 지구관측위성이 발사되고 그들로부터 취득된 영상의 이용이 가능해지면서 미국, 프랑스, 캐나다 등에서는 국가차원에서 고해상도 위성영상을 이용하는 응용기술을 개발하는데 많은 노력을

기울이고 있다.

국내에서도 1999년 다목적실용위성(KOMPSAT; Korea Multi-Purpose Satellite)인 아리랑 1호가 미국 캘리포니아 반덴버그 공군기지에서 성공적으로 발사되었으며, 전자광학카메라(EOC)가 탑재되어 공간해상도 6.6m의 영상을 취득함으로써 1/25,000 축척의 국가정밀지도의 제작, 국토관리, 도시계획, 지형공간정보체계, 기상예측, 환경오염, 수해, 산불감시, 산림분야 등의 분야에서 이용되고 있다. 또한, 2004년에 고해상도 카메라(MSC; Multi-Spectral Camera)를 탑재한 아리랑 2호가 성공적으로

* 정희원, 충북대학교 토목공학과 교수 (leejk@chungbuk.ac.kr)

** 정희원, 충북대학교 토목공학과 조교수 (skchoi@chungbuk.ac.kr)

*** 정희원, 충북대학교 토목공학과 박사수료 (email@chungbuk.ac.kr)

발사될 경우, 앞으로 위성영상의 활용수요가 증가하게 될 것이며 이러한 위성영상시대를 대비하여 정사영상제작, 위성영상지도제작, 수치지도 제작 및 갱신, 지형공간정보체계의 자료갱신 등과 같은 응용기술의 개발이 요구되고 있다(Zhou, G. 등, 2000; 이상국, 2000).

현재 지형공간정보체계에서 도형정보는 대부분 항공사진을 이용하여 국립지리원에서 제작, 판매하고 있는 수치지도를 사용하고 있으나, 수치지도제작을 위한 데이터의 취득 및 갱신이 도심지에서 2년, 농촌지역에서 5년, 산악지역에서 7년의 주기로 실시되고 있어서 이는 급변하는 사회변화를 고려할 때 그 주기가 현실성이 떨어지는 실정이다. 지도 제작시 고해상도의 인공위성영상을 이용할 경우 항공사진을 이용하는 방법에 비해 보다 광범위한 지역의 최신 국토정보를 취득할 수 있으며, 정치적·군사적 또는 다른 이유로 항공사진촬영이 불가능한 지역의 정보를 수집할 수 있는 장점이 있다. 또한, 동일한 지역의 정보를 짧은 주기로 수집할 수 있어 지도의 갱신주기를 크게 단축시킬 수 있고, 지형공간정보를 신속히 제공할 수 있으며, 경제적인 측면에서도 기존의 항공사진을 이용한 지도제작방식을 대체할 수 있는 대안으로 급부상하고 있다(박병욱 등, 2002).

따라서, 본 연구에서는 공간해상도 1m의 IKONOS 위성영상을 이용하여 정사영상을 제작하고, 도시지역에서 가장 많은 분포를 나타내고 있는 건물을 자동으로 추출하여 지형공간정보체계 구축을 위한 자료로서 제공하거나, 변화가 빈번한 도시지역의 수치지도 갱신 및 위성영상지도 제작에 활용할 수 있는 가능성을 제시하고자 하였다.

2. 연구내용

IKONOS 위성영상으로부터 정사영상을 제작하기 위하여 한 매의 영상과 수치지도에서 수치표고모형을 추출하여 편위수정에 이용하였다.

제작된 정사영상에서 건물이 밀집되어있는 지역을 연구대상지역으로 선정하였으며, 건물의 자동추출을 위해 영상전처리, 경계선추출, 직선추출, 근방연산(neighborhood operation)에 의한 잡음제거, 깊이 우선 탐색기법 등의 알고리즘을 정립하고, 건물추출에 효율적인 기법을 개발하였다.

대상영상에서 건물의 경계선추출은 기존의 다양한 경계선추출 알고리즘들을 비교·분석한 결과에 따라 canny 경계선추출연산자를 이용하였고, 경계선영상에서 직선성분을 추출하기 위하여 라돈변환(radon transformation)을 이용하였다. 추출된 직선성분에서 불필요한 정보를

제거하기 위하여 근방연산방법을 이용하여 일정한 크기 외의 직선성분은 잡음으로 간주하여 제거하였고, 직선성분을 연결·조합하여 건물에 대한 정보를 보다 정확하게 검출할 수 있는 건물추출기법을 개발하였다.

자동으로 추출된 건물을 정사영상, 수치지도, 수동 도화결과와의 비교를 통하여 추출된 건물 형태의 정확성을 분석하였고, 대상영상에서 전체 건물에 대한 자동 추출을 알아보았다.

본 연구의 주요 흐름은 그림 1과 같다.

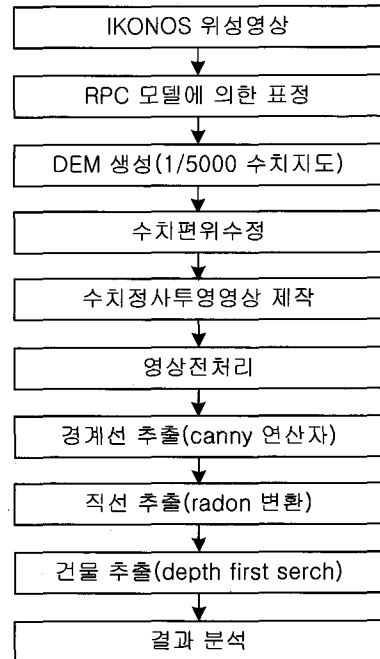


그림 1. 연구의 주요 흐름

3. 수치정사영상

3.1 IKONOS 위성영상

1999년 9월 24일 미국 Space Imaging사에서 세계 최초로 상업용의 1m급 고해상도 위성인 IKONOS 위성의 발사에 성공하였고, 현재, 전세계에 영상을 송신하고 있다. 특히 해상도의 한계로 대축척 지도제작이 불가능했던 위성영상 지도제작 분야에서 비약적인 발전과 그 응용이 확대되고 있다. IKONOS 위성은 2.9일의 공전주기로 고도 681km 상공에서 7km/sec의 속도로 지구를 관측하고 있다(Lillesand, T. M, 2000).

IKONOS 위성은 촬영당시 위성의 자세정보를 제공하지 않는 대신에 위성영상을 표정하기 위하여 RPC(Rational

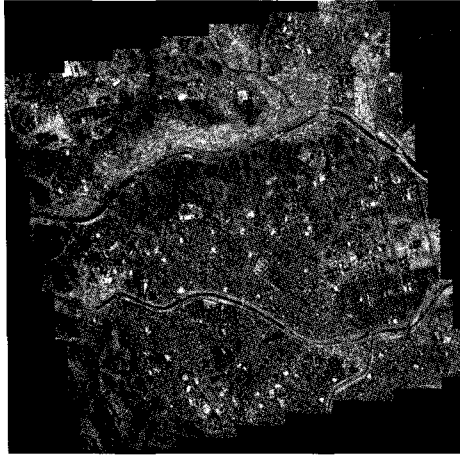


그림 2. IKONOS 위성영상(e-HD.com 제공)

표 1. IKONOS 위성영상의 재원

File Name	po_4611_pan_0010000000.tif
Producer	Space Imaging
Sensor	IKONOS-2
Aquisition Data	2001-11-19 02:19 GMT
Project Name	Deajeon_Stereo(Pan)
Band used	Panchromatic
Resolution	1m
File Format	GeoTIFF
Bits per pixel	11bit
Datum	WGS84
Projection	UTM
Image Size	9700×9616

Polynomial Coefficient)파일을 영상과 함께 제공하고 있다. RPC 파일이란 정사영상을 제작하기 위하여 표정 요소에 필요한 정보 즉, 위성영상촬영 당시의 경도, 위도, 높이의 3차원 요소를 위성영상에서의 관계식으로 해석한 것이다.

본 연구에 사용된 IKONOS 위성영상(po_4611_pan_0010000000.tif)은 2001년 11월 19일 02시 19분에 촬영된 대전지역의 영상으로 그림 2와 같으며, 그 재원은 표 1과 같다.

3.2 수치정사영상 제작

정사영상을 제작하기 위해서는 영상의 표정, 수치표고 모형(DEM ; Digital Elevation Model)생성, 기하보정 및 편위수정, 영상재배열 등의 과정을 거쳐 이루어진다(Wolf, P, 2000).

본 연구에서는 IKONOS 위성영상과 함께 제공받은 RPC파일을 이용하여 표정을 실시하였으며, 축척 1/5,000의 수치지도를 이용하여 격자간격 5m의 수치표고모형을 이용하여 중심투영에서 발생된 기하학적 편위를 수정하였다. 수치표고모형 생성시 보간법은 Kriging 기법을 이용하였다.

영상재배열(resampling)은 수치영상의 기하학적 변환을 위하여 수행되며, 보간 방법으로 최근린보간법(nearest neighbor interpolation), 쌍일차보간법(bilinear interpolation), 쌍이차보간법(bicubic interpolation) 등이 있다(Richards, J. A., 1994). 본 연구에서는 쌍이차보간법에 의해 영상을 재배열하였으며, 대상지역의 수치지도 및 생성된 수치표고모형은 그림 3, 그림 4와 같다. 또한, 제작된 수치정사영상은 그림 5와 같다.

4. 건물 자동추출

영상해석은 영상내에서 특정 물체와 관련되는 패턴들을 발견하고, 정의 및 이해하는 과정으로 사람이 영상을 인식하고 인지하는 것처럼 영상을 정확히 인식하는 것을 목표로 하고 있다. 이러한 영상해석의 자동 시스템은 수많은 각종의 정보로부터 관련정보만을 추출하는 능력, 예제들로부터 학습에 의해 지식을 일반화하여 이를 다른 환경에 적용시키는 능력, 불완전한 정보로부터 완전한 정보를 추론하는 능력을 필요로 한다.

영상해석은 그림 6과 같이 저단계, 중간단계, 고단계 처리과정으로 이루어진다. 저단계 처리과정은 영상을 획

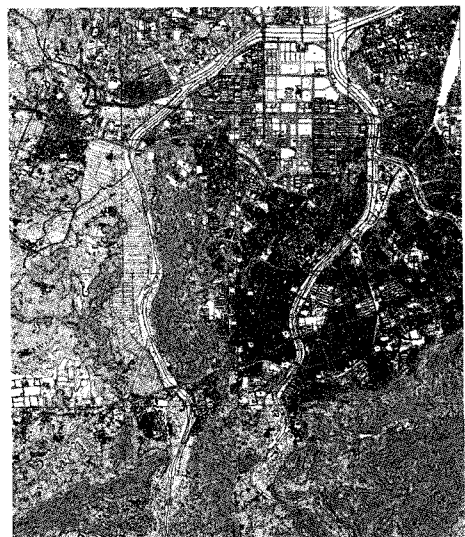


그림 3. 1/5,000 수치지도



그림 4. 수치표고모형

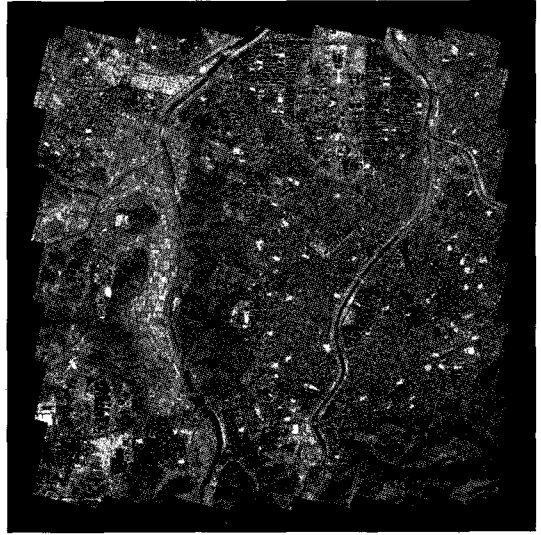


그림 5. 수치정사영상

득하고, 획득한 영상을 보다 나은 상태로 가공하기 위한 전처리과정으로 구성된다. 전처리과정에서 영상변환, 영상향상, 영상복원, 영상압축과 같은 작업을 수행한다. 중간 단계 처리과정은 특징요소 추출, 분할과 묘사 과정, 영상분할, 표현과 서술 등 지능적인 동작을 포함한다. 고 단계 처리과정은 전단계에서 나온 결과를 통해 인식과

해석을 하는 단계로서 인식은 특징을 이용하여 한가지 형태를 특정 객체로 설정하는 과정이고, 해석은 인식된 객체의 모임에 의미를 부여하는 것이다.

연구를 수행하기 위하여 우선 전처리 과정을 통해 영상을 개선하고, 경계선 추출, 직선 추출 및 깊이 우선 탐색에 의한 건물자동추출 과정 등으로 연구를 수행하였다. 건물을 자동 추출하기 위하여 다양한 형태의 건물들이 밀집되어있는 지역을 대상지역으로 선정하였으며, 대상영상은 건물과 주변부분과 대비를 향상시킬 수 있도록 전처리과정을 거쳐 그림 7과 같은 대상영상을 획득하였다.

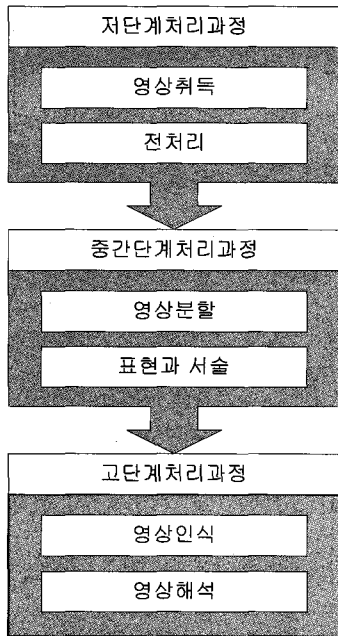


그림 6. 영상해석의 처리과정



그림 7. 건물추출 대상지역

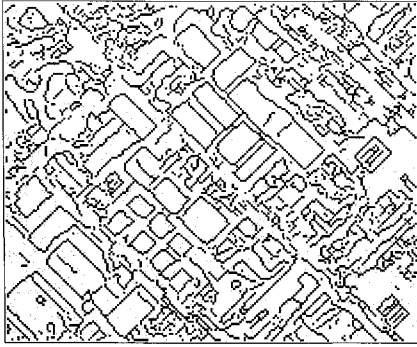


그림 8. canny 연산자에 의한 경계선 추출

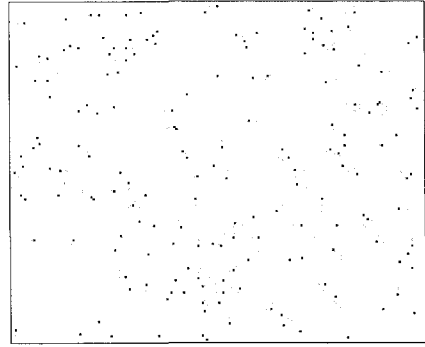


그림 9. 대상영상에서 모서리점 추출

4.1 경계선 추출

대상영상에서 건물의 경계선을 추출하기 위하여 여러 경계선 추출 연산자를 대상영상에 적용하여 가장 양호한 결과를 나타내는 연산자를 이용하였으며, 실험결과 canny 연산자가 가장 양호한 결과를 나타내었다.

John Canny는 경계선 추출은 좋은 추출(good detection), 좋은 국부화(good localization), 하나의 경계선에 대응(response to a single edge)되어야 하는 세 가지의 기준을 만족해야만 한다고 제안하였고, 이 기준을 모두 만족하는 경계선 추출 연산자를 canny 연산자라고 한다(Jain, R. 등, 1995).

추출된 경계선 영상은 그림 8과 같이 건물, 도로경계, 주차장, 차량 등 각종 지물 등에 의해 매우 복잡한 형태로 나타났다.

4.2 직선추출

검출된 경계선 영상은 매우 복잡한 형태로 이를 단순화하여 계산량을 줄이기 위하여 2화소 이하의 화소군을 8근방 탐색으로 검색하고 이를 제거하였다.

대상영상에서 검출된 경계선 성분들을 직선화하기 위하여 먼저 각각의 독립된 선분으로 화소군이 형성될 수 있도록 모서리점에 해당하는 화소를 추출하였으며, 그림 9와 같다. 경계선 영상에서 모서리점들을 차연산하여 연속적으로 이루어진 경계선을 각각의 분리된 선분형태로 구성하도록 하였다.

경계선 추출 기법은 화소의 밝기값을 기초로 영상처리를 하기 때문에 직선으로 이루어진 외곽 정보를 정확한 직선으로 인식하지 못하고 불규칙하게 연속된 화소로 인식한다. 따라서, 대부분 직선의 조합으로 이루어져 있는 건물에 대한 정확한 외곽정보를 추출하기 위해서는 직선 추출기법을 이용하여야 한다.

본 연구에서는 라돈변환을 이용하였으며, 라돈변환은 허프변환과 함께 2차원 영상으로부터 직선을 검출하는

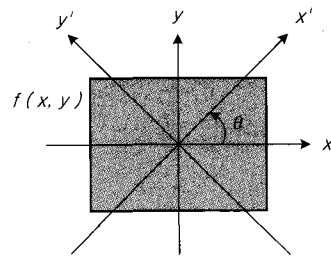


그림 10. 2차원 함수의 투영

효율적인 방법으로 영상처리, 컴퓨터 비전 및 신호처리 분야에 이용되어 왔다. 특히, 라돈변환은 고속푸리에변환(FFT ; Fast Fourier Transform)에 의해 직선추출시 처리속도가 빠르며, 영상내의 잡음에 비교적 영향을 많이 받지 않는 장점이 있다.

2차원 함수 $f(x, y)$ 의 투영이란 그림 10과 같이 특정 방향으로 선적분의 형태이다.

이와 같은 투영은 어떤 각도 θ 로도 계산할 수 있으며, 함수 $f(x, y)$ 의 라돈변환은 식(1)과 같다.

$$R_{\theta}(x') = \int_{-\infty}^{\infty} f(x' \cos \theta - y' \sin \theta, x' \sin \theta + y' \cos \theta) dy' \quad (1)$$

여기에서 x' , y' 및 x , y 의 관계는 식 (2)와 같다.

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta & \sin \theta \\ -\sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} \quad (2)$$

대상영상의 경계선영상에 라돈변환을 적용한 결과 그림 11과 같이 가로축 θ 와 세로축 x' 로 나타낼 수 있다. 라돈변환 결과 각각의 피크점에서 직선성분이 존재하고 있음을 알 수 있으며, θ 와 x' 의 관계를 이용하여 그림

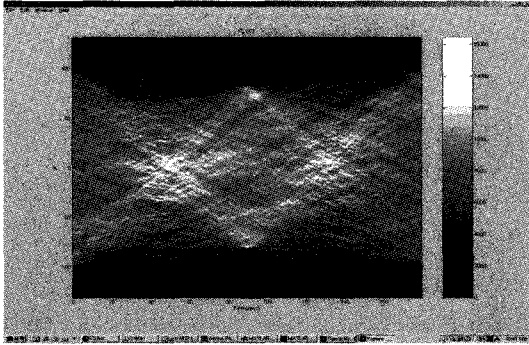


그림 11. 대상영상에서 라돈변환 결과

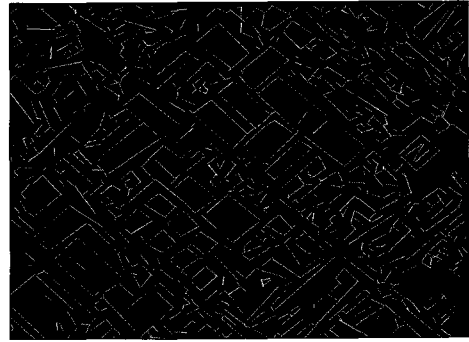


그림 12. 대상영상의 직선추출결과

12와 같이 경계선 영상에서 949개의 직선성분을 추출할 수 있었다.

4.3 건물 자동추출기법

그림 12와 같이 추출된 직선성분들은 매우 복잡한 형상으로 이루어져 있으며, 이들 직선성분들 가운데 건물에 해당하는 직선성분만을 결정하고, 건물을 재구성하기 위하여 깊이 우선 탐색방법(depth first search)을 이용한 건물추출기법을 개발하였다.

깊이 우선 탐색방법은 주어진 문제를 해결하기 위한 인공지능 분야의 탐색방법으로 문제해결을 위한 탐색을 컴퓨터를 이용하여 프로그램으로 만들기 위해서는 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 (Gonzalez, R. C. 등, 2002).

탐색은 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 계속하는 순서를 따른다.

탐색 알고리즘을 위한 그래프(graph)는 방향성이 있는 경우인 방향성 그래프(directed graph)와 방향성이 없는 경우인 비방향성 그래프(undirected graph)로 나눌 수 있으며, 노드(nodes)와 이 노드들을 잇는 호(arcs)로 이루어진다.

탐색방법은 그래프와 그림 13과 같은 트리(tree)구조를 이용하여 이루어지며, 그래프에서 사이클(cycle)이 없는 경우 다음을 만족할 때 트리라 한다.

- 1) 들어오는 호가 없는 노드가 단 하나 존재하며, 뿌리(root) 노드라고 한다.

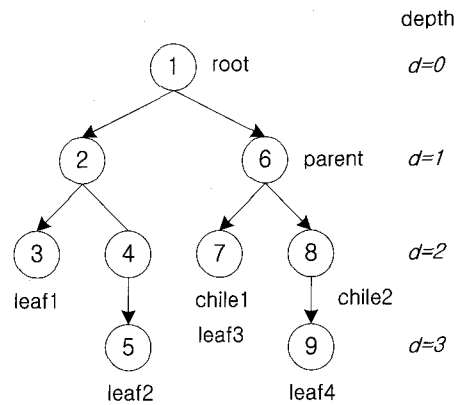


그림 13. 트리 구조

- 2) 뿌리노드를 제외한 모든 노드는 단 하나의 들어오는 호가 있다.
- 3) 뿌리노드에서 모든 노드로 가는 경로가 존재한다.
- 4) 노드 n_i 로부터 노드 n_j 로 들어가는 호가 있을 때 n_i 를 부모(parent) 노드, n_j 를 자식(child) 노드라 한다.
- 5) 나가는 호가 없는 노드를 잎(leaf) 노드라 한다.

깊이 우선 탐색방법은 현재의 노드로부터 다음 깊이의 노드를 탐색할 때 하나의 자식 노드만을 선택할 수 있다. 즉, 부모 노드가 여러 자식 노드가 있을 때 그 중 하나의 자식 노드만을 선택할 수 있다.

건물과 같은 인공구조물들은 대부분 폐합된 다각형의 형태로 구성되어 있다. 이와 같은 건물의 외곽성분들을 추출하기 위해 영상에서 추출된 직선성분들로부터 그래프 탐색으로 사이클을 검색하였다. 그래프에서 노드는 각각의 직선성분의 끝점들이며, 호는 끝점간을 연결함으로써 노드간의 기하학적 관계를 표현할 수 있다. 건물 탐색을 위한 그래프 정규식은 식(3)과 같다.

$$G_n = (N_n, E_n) \quad (3)$$

$N_n = \{n_1, n_2, \dots, n_n\}$: 직선성분의 끝점

$E_n = [e_{ij}]$: 노드사이의 기하관계

건물탐색을 위한 규칙은 수 차례의 시물레이션을 거쳐 다음과 같이 규정하여 탐색을 하였다.

- 규칙 1) n_i 와 n_j 는 아무런 기하학적 관계가 없으며, 탐색을 진행하지 않는다. ($e_{ij}=0$)
- 규칙 2) n_i 와 n_j 는 동일 직선의 끝점이며, 이와 연결할 다음 직선성분을 탐색한다. ($e_{ij}=1$)
- 규칙 3) n_i 와 n_j 의 교차각이 $180^\circ \pm 5^\circ$ 이내이고, n_i 와 n_j 의 거리가 3화소 이내 일 때 동일 직선으로 연결하고 다음 근접점을 탐색한다. ($e_{ij}=2$)
- 규칙 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. ($e_{ij}=3$)
- 규칙 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. ($e_{ij}=4$)

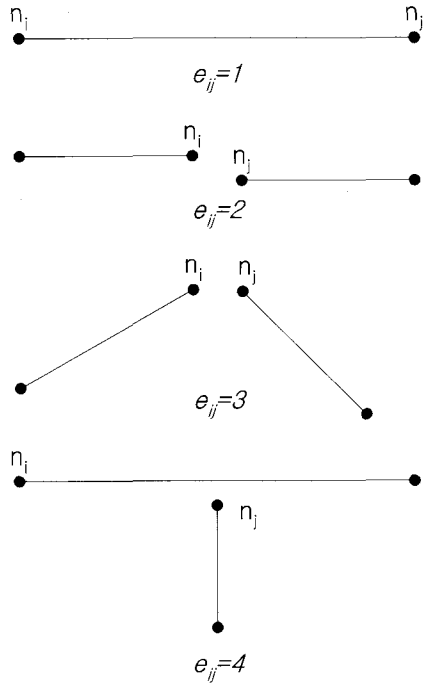


그림 14. 깊이 우선 탐색을 위한 규칙

깊이 우선 탐색을 통하여 그래프에서 사이클을 찾음으로써 후보 건물들을 탐색할 수 있다. 기본적인 개념은 뿌리 노드에서 출발하여 직선성분들을 따라 다음 노드로 탐색을 진행하고, 출발 노드인 뿌리 노드에서 폐합시킨다. 더 이상 탐색이 이루어 질 수 없게 되면 전에 탐색한 적이 없는 노드가 발견되기 전까지 다시 탐색 경로를 역으로 올라가게 되며, 이와 같은 역추적이 뿌리 노드까지 계속된다면 탐색은 중지되고 그 노드에서 시작한 사이클 탐색은 실패하게 된다. 탐색은 현재 경로에서 같은 직선성분을 두 번 이상 포함하지 못하는 제약이 있다.

그림 15의 상단 그림과 같은 직선성분에서 각각의 끝점을 노드로 정의하고 1번 노드를 뿌리 노드로 하여 이를 트리 구조로 표현하면 그림 15의 하단 그림과 같다. 트리구조에서 뿌리 노드 1번에서 시작하여 깊이 8에서 다시 뿌리 노드로 폐합될 때 하나의 사이클이 형성되며, 사이클은 {1, 2, 3, 4, 5, 8, 9, 10}이다.

탐색시 경로가 서로 겹쳐서는 안되며, 직선성분의 목록들을 작성하여 하나의 사이클이 탐색될 때마다 목록에서 그 사이클을 형성하는 직선성분을 삭제하여 같은 사이클이 여러 번 반복하여 탐색되는 것을 방지하였다. 대상영상에서 추출된 직선성분들 중 건물의 외곽선으로 평

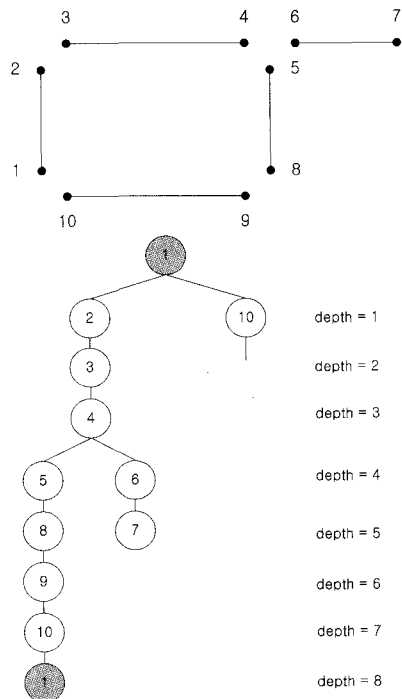


그림 15. 깊이 우선 탐색과 사이클

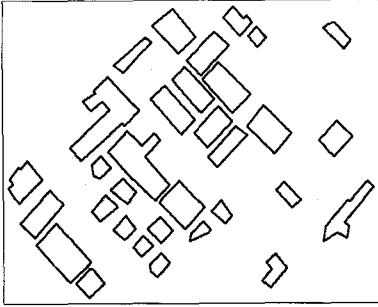


그림 16. 건물자동추출 결과

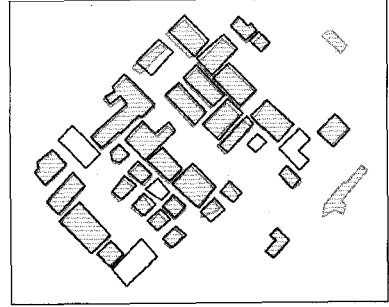


그림 18. 수동도화결과와 비교

가되는 직선성분을 깊이 우선 탐색 방법으로 탐색하여 건물을 자동 추출한 결과 그림 16과 같다.

4.4 건물추출결과의 평가

본 연구에서 제시한 기법으로 건물을 추출한 결과를 평가하기 위하여 그림 17과 같이 대상영상과 추출결과 및 수치지도와 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.

대상지역의 1/5,000 축척의 수치지도와 비교한 결과 수치지도 제작시기와 위성영상의 제작시기가 상이하여 정확한 평가는 어려웠으나, 수치지도와 위성영상간에 공존하는 건물들의 추출결과는 양호하게 나타났다.

연구결과의 보다 정확한 평가를 위하여 대상영상을



그림 17. 대상영상과 중첩

수작업으로 도화하였으며, 그림 18과 같이 자동추출결과와 비교함으로써 형태적으로 정확하게 추출되었음을 입증할 수 있었다.

자동 추출된 26개 건물의 각 모서리 점에 대한 수동도화 결과와의 비교하여 그 편위량을 측정된 결과, 전체 건물에 대하여 1/5,000 축척일 때 도상 평균 X 방향으로 0.158mm, Y방향으로 0.121mm의 오차가 있었으며, “수치지도 작성작업 내규 제10조”에서 수치도화의 1/5,000 축척에서 평면위치의 최대오차 0.4mm를 만족하고 있다.

5. 결 론

본 연구에서는 고해상도 위성영상을 이용하여, 빈번한 신축·개축 등으로 지형정보의 신속한 갱신이 요구되는 도시의 건물을 자동 추출하기 위한 영상처리 및 영상해석의 처리기법을 정립하고자 하였으며, 연구결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 깊이 우선 탐색방법을 이용하여 추출된 복잡한 직선 성분에서 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 1/5,000 축척에서 수치도화시 평면위치 최대오차 0.4mm를 만족하고 있다.

감사의 글

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

참고문헌

1. 박병욱, 한상득, 안기원, 박희주, 김충평, 고해상도 위성 영상을 이용한 지도제작 가능성 평가, 대한토목학회논문집, 제22권 제6-D호 대한토목학회, 2002, pp. 1305-1315.
2. 이상국, 공간영상정보 제작, 정보통신부, 2000 pp. 1-4.
3. Gonzalez, R. C. and Woods, R. E., Digital Image Processing, Prentice Hall, 2002, pp. 591-595.
4. Jain, R., Kasturi, R. and Schunck, B. G., Machine Vision, McGraw-Hill, 1995, pp. 169-173.
5. Lillesand, T. M, Remote Sensing and Image Interpretation, John Wiley & Sons, 2000, pp. 435-439.
6. Rechard, J. A, Remote Sensing Digital Image Analysis, Springer-Verlag, 1994, pp. 56-66.
7. Wolf, P.R. Elements of Photogrammetry, McGraw-Hill, 2000, pp. 11-12.
8. Zhou, G. and Li, R., Accuracy Evaluation of Ground Points from IKONOS High-Resolution Satellite Imagery, PE&RS, ASPRS, Vol. 66, No. 9, 2000, pp. 1103-1112.

(접수일 2003. 1. 15, 심사 완료일 2003. 2. 8)