

# 고해상도 DTM과 edge 정보를 이용한 건물추출에 관한 연구

차 영 수\*, 이 병 길\*\*, 김 용 일\*\*\*

\* 서울대학교 도시공학과 석사과정

\*\* 서울대학교 도시공학과 박사과정

\*\*\* 서울대학교 도시공학과 조교수

## 1. 서 론

지금까지의 GIS 분석기법은 수평위치만을 나타내는 2차원 정보를 주로 사용하였고, 종종 DEM<sup>1)</sup>을 이용하여 3차원 분석을 수행하기도 했다. 그러나 도시계획, 무선통신, GPS 기지국, 건축, 미기후(microclimate) 조사 등의 도시지역에 대한 3차원 자료의 수요가 증가함에 따라, DEM과 인공구조물의 정보가 추가된 3차원 도시 모델의 수립에 대한 필요성이 대두되기 시작하였다.

건물의 윤곽선 및 높이 정보를 수치화하는 대표적인 방법은 해석도화기를 이용하여 도화사가 직접 정보를 추출하는 것이었다. 이는 높은 정밀도는 기대할 수 있지만, 숙련된 기술과 고가의 장비 및 많은 시간이 요구되는 단점을 갖고 있어 3차원 도시모델의 데이터 취득 방법으로는 적절하지 않다. 따라서 빠른 시간 내에 저비용으로 건물에 대한 정보를 추출할 수 있는 기법에 대한 연구가 시작되었는데, 그 연구 동향은 크게 항공사진에서 건물에 대한 윤곽선과 높이를 추출하는 방식<sup>[1,2]</sup>과 고해상도 DTM<sup>2)</sup>을 이용하는 방식으로 나뉘어진다.

그런데 후자는 고해상도 DTM 만을 이용하여 건물의 윤곽선(수평위치)과 높이(수직위치) 및 지붕 모양의 추출이 가능한 장점이 있기 때문에<sup>[3]</sup>, 본 연구도 후자의 접근 방식에 기초를 두고 있다.

본 연구에서 edge 정보를 추가로 사용하는 이유는 DTM의 높이 정보만을 이용할 경우에는 건물과 높이와 면적이 비슷한 숲이 존재할 경우 수목의 제거에 어려움이 있어, 이를 보완하고자 함이다.

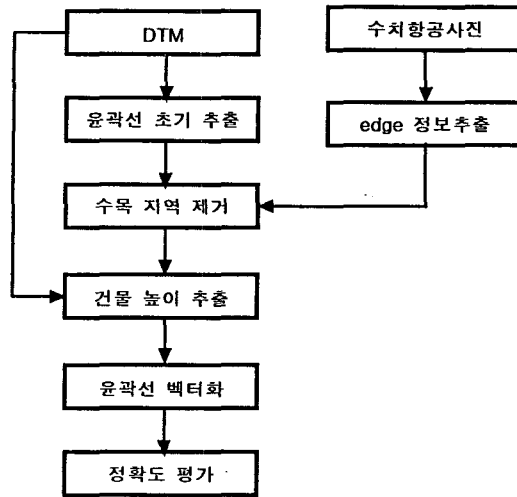
## 2. 연구범위 및 방법

본 연구의 목적은, 첫째 고해상도 DTM을 이용하여 건물의 존재 가능성이 높은 지역을 선택한 후, 수치항공사진의 edge 정보를 추가로 사용하여 건물의 2차원적 정보인 윤곽선을 추출하고, 둘째 위의 윤곽선 및 DTM을 이용하여 건물의 3차원 정보인 높이를 추출하는 것이다.

연구에 대한 흐름도는 아래의 <그림 1>과 같다.

1) Digital Elevation Model의 약자로, 본 연구에서는 건물이나 수목의 높이 정보가 포함되지 않는 표고 모형을 말한다.

2) Digital Terrain Model의 약자로, 본 연구에서는 DEM에서 제외되었던 건물 및 수목의 높이 정보가 모두 포함된 표고 모형을 일컫는다.



< 그림 1. 연구의 흐름도 >

### 3. 고해상도 DTM 생성

고해상도 DTM을 제작할 수 있는 적절한 기법은 수치사진측량에 의한 방법과 laser scanner를 이용한 방법 등이 있다.

먼저 수치사진측량 기법은 비용면에서 현재까지는 최선의 방법일 수는 있지만, 이는 영상 매칭에 기초를 두고 있기 때문에 양쪽 영상에 매칭을 수행할 만한 지형 지물이 존재하지 않을 경우, 매칭에 문제가 발생하고, 기본적으로 완경사의 지형을 대상으로 하기 때문에, 고층 건물과 같은 경우, 평활화된 DTM이 생성되어 건물추출에는 한계성을 지닌다.[4]

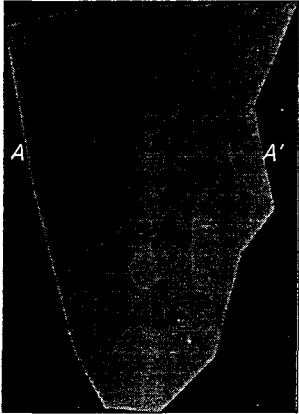
한편, laser scanner<sup>3)</sup>에 의한 방식은 지형의 고밀도 3차원 좌표를 실시간으로 직접 구할 수 있고, 0.5m 보다 좋은 높이 정확도를 얻을 수 있는 장점을 갖고[3], 식생 지역을 통과하여 지표에 대한 표고를 직접 측정할 수도 있기 때문에 DTM을 이용하여 건물을 추출하려 할 경우, 건물과 수목의 분리의 수고를 덜어 줄 것으로 기대된다.

물론 laser scanner를 이용하는 방식에도 수평위치 정확도가 낮고, 측정각이 좁아 비경제적이라는 현실적 문제점이 존재하지만, 장기적인 관점에서는 지표면의 직접적인 표고 측정이 가능하다는 장점 때문에 고해상도 DTM을 이용한 건물 추출의 가능성이 높을 것이라 판단된다.

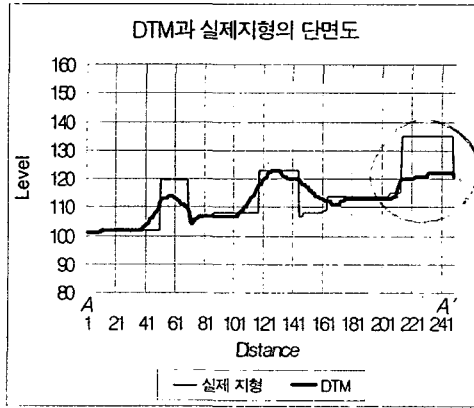
본 연구에서 사용된 DTM은 서울대학교 관악캠퍼스의 1:5000 항공사진을 Intergraph사의 Match-T 모듈을 이용하여 생성되었고, 1m의 해상력을 갖는다.

아래 <그림 2>의 대상지역 DTM에서 동서 방향의 단면은 아래 <그림 3>에서 알 수 있듯이 실제 지형과 비교했을 때 많은 차이를 보이는데, 이는 수치사진측량에 의한 DTM 생성 시에 내삽에 의한 평활화에 주로 기인한다.

3) laser profiler 또는 laser altimeter라고 불리기도 한다.



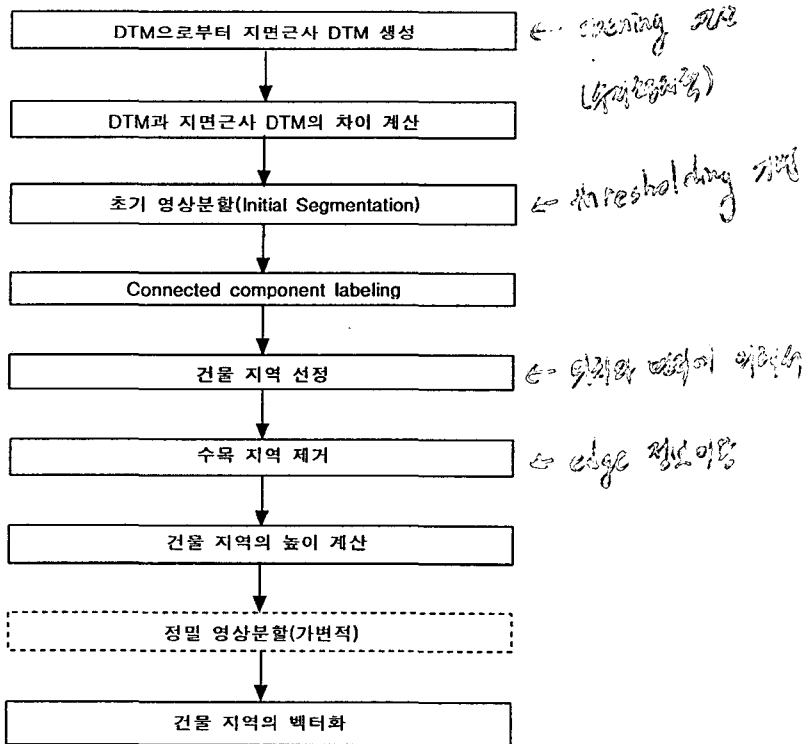
< 그림 2. 대상지역 DTM >



< 그림 3. 실제 지형과 DTM의 단면 비교 >

#### 4. 건물 윤곽선 추출

고해상도 DTM으로부터 건물의 윤곽선 추출은 <그림 4>와 같은 과정으로 이루어진다.



< 그림 4. 건물의 외곽선 및 높이 추출 흐름도 >

## 1) 지면근사 DTM

항공사진이나 laser profiler에 의해 구축한 고해상도 DTM은 건물이나 수목 등을 함께 포함하고 있는데, 이로부터 일반적으로 사용하는 지표면에 대한 DEM을 추출하기 위해서 수리형태학 (mathematical morphology)의 opening 필터[5]를 사용하게 된다.

opening 연산은 수축(erosion)연산과 확장(dilation) 연산의 조합으로 구성되는데, 다음의 식 (1)과 같이 정리된다.

□ 수축연산 ← *구분영역의 넓이와 반기값이 다른 곳을 제거*

$$(r \ominus s)(x, y) = \min [r(u, v) - s(u-x, v-y) : u, v \in O^2; u-x, v-y \in S]$$

□ 확장연산

$$(r \oplus s)(x, y) = \max [r(u, v) + s(u-x, v-y) : u, v \in O^2; u-x, v-y \in S]$$

□ opening 연산

$$r_s(x, y) = [(r \ominus s) \oplus s](x, y)$$

*수축연산은 반기값이  
영역의 크기가 작아  
제거됨에 따라  
- (1) 이의 복귀를 해줌*

여기서,

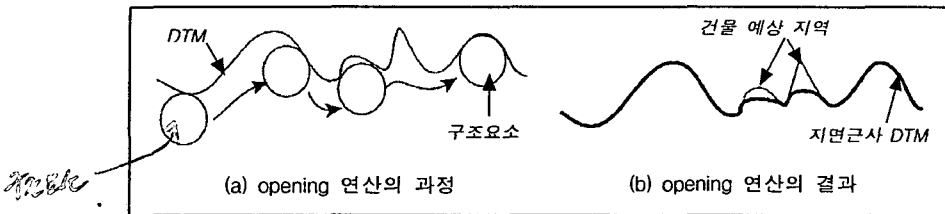
$r(x, y)$  : DTM의 grid 영상

$s(x, y)$  : 구조요소(structuring element)

$O^2$  :  $r(x, y)$ 의 좌표집합

$S$  :  $s(x, y)$ 의 좌표집합

위의 opening 연산을 통하여 지면근사 DTM을 생성할 수 있는 원리는 아래 <그림 5>에서 구조요소가 구형(球形)일 때, opening 연산 수행후의 결과는 구가 지표면의 아래쪽에서 회전시켰을 때의 구의 표면이 지나가는 자취가 되기 때문이다.



< 그림 5. 지면근사 DTM 제작의 원리 >

결국, 건물의 최소 너비에 1이상 상수를 곱하여 원형 구조요소의 직경으로 사용하여 초기의 DTM에 opening 연산을 수행하여, 지면근사 DTM을 생성한다.

## 2) 초기 건물 추출

초기 DTM과 지면근사 DTM의 차이의 영상을 대상지역의 건물의 최소 높이 임계값으로 하여 영상을 분할하게 되면, 건물이 존재 가능성이 높은 지역을 선택할 수 있다.

## 3) 적정 지역 선정

건물 예상 지역 중 건물의 최소 면적 및 위치에 의해 수목이나 잡음 또는 DTM의 경계에서 분할되는 건물 등을 제거해내는 과정으로, 사람의 사전 지식을 필요로 한다.

#### 4) 수목 지역 제거

적정 지역 중에는 건물과 높이가 면적이 비슷한 지역이 존재할 수 있는데, DTM의 정보만으로는 이를 건물과 분리시키는데 한계가 있다. 따라서 항공사진의 edge 정보를 추가로 사용하여 수목 지역을 제거한다.

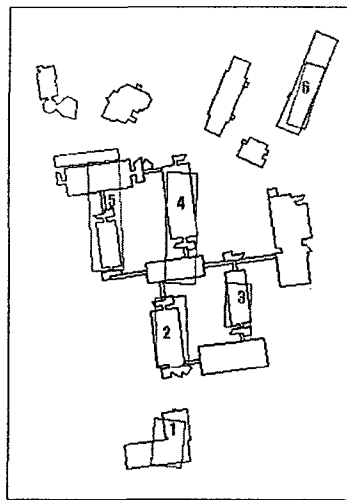
#### 5) 벡터화

추출된 건물 윤곽선을 공간자료로서 저장하기 위해 이전의 래스터 영상 자료를 벡터화 한다. 그리고 건물의 형상이 장방형 또는 장방형의 조합으로 구성된다는 가정 하에 윤곽선의 선형화와 일반화를 수행하게 된다.

적용 단계	사전지식 종류	선택 값
지면근사 DTM	건물의 최소 너비	20 m
초기 건물 추출	건물의 최소 높이	5 m
적정 지역 선택	건물의 최소 면적	400 m <sup>2</sup>

< 표 1. 사전지식 선택 값 >

윤곽선 추출과정에서 <표 1>의 사전지식을 이용하여 추출한 대상지역의 건물 추출 결과는 다음과 같다.



— 실제 건물  
- - - 추출 건물

< 그림 6. 윤곽선 추출의 결과 >

#### 5. 건물 높이 추출

건물의 높이는 건물의 윤곽선 내부의 최대 표고와 건물의 경계 외부의 일정 지역의 최소 표고와의 차로 간주한다.

즉, 위에서 추출된 건물의 경계를 확장시킨 후, 초기의 DTM과의 중첩 연산을 통해 건물 지역

내의 최소 및 최대 표고를 계산함으로써 건물의 높이를 구할 수 있다.

건물 ID	건물높이(m)		
	추출높이	실제높이	차이
1	14	13.9	+0.1
2	17	18.5	-1.5
3	12	15.3	-3.3
4	11	11.8	-0.8
5	14	14.1	-0.1
6	5	13.5	-8.5

< 표 2. 높이 추출 결과 >

## 6. 결론

첫째, 건물 추출의 정확도 측면에서 DTM을 통해 검출된 건물의 개수는 6개이지만, 이 중 2개의 건물은 실제 건물 2동에 걸쳐있다. 이는 DTM이 인동간격이 좁은 두 건물을 같은 높이로 생성된 것에 기인한다. 이러한 결과로 볼 때, 높은 추출 정확도는 아니지만, DTM을 통한 건물 추출의 가능성은 확인할 수 있었다.

둘째, DTM에 의한 건물 추출은 광범위한 지역에 적용할 경우, 해석적인 방법에 비해 시간 비용의 절감 효과 및 균일한 정확도 기대할 수 있다.

한편 edge 정보를 이용하여 수목지역과 건물의 분리도에 대한 평가는 이루어지지 못했는데, 그 이유는 대상지역에 공원과 같이 집단으로 수목이 존재하는 지역이 없었기 때문이다. 추후에 적정 대상지를 선정하여 이에 대한 평가는 수행할 계획이다.

셋째, 3차원 도시 모델은 여러 가지 인공구조물, 자연 지물 요소로 구성된다. 그러나 이 중에서 대부분을 차지하고 있는 것은 건물이라 할 수 있다. 결국 건물을 얼마나 정확하고 신속하게 추출하여 기존의 데이터베이스를 갱신할 수 있는냐는 중요한 문제라 할 수 있다.

이러한 문제의 해결 방안으로 제시할 수 있는 DTM은 그 자체는 높이 정보만을 가진 모델이지만, 이를 이용해 건물을 추출하고, DTM과 합성하여 재구성 할 경우, 이는 하나의 3차원 도시 모델을 형성할 수 있는 것이다.

본 연구에서 건물 추출의 신속성은 확인할 수 있었으나, 정확성은 검증하지 못했다. 이와 같은 시도에서 건물 추출의 정확도는 전적으로 DTM의 정확도에 의존하므로, 본 연구에서 사용된 것 이상의 고해상도 고정밀도의 DTM이 필요하기 때문이다.

따라서, 3차원 도시모델의 자료로 DTM을 이용하기 높은 정확도를 얻기 위해서는 laser scanning 기법에 의한 고해상도 DTM의 제작이 선행되어야 한다.

## 7. 참고문헌

1. Chungan Lin and Ramakant Nevatia, "3-D Descriptions of Buildings from an Oblique View Aerial Image", *IEEE International Symposium on Computer Vision*, pp377-382, 1995.
2. S. Noronha and R. Nevatia, "Detection and Description of Buildings from Multiple Aerial Images", *Proceedings of the 1996 ARPA Image Understanding Workshop*, 1996.
3. Uwe Weidner, Wolfgang Förstner, "Towards Automatic Building Reconstruction from High Resolution Digital Elevation Models", *ISPRS Journal*, 50(4), pp. 38-49, 1995.
4. F. Ackermann, "Some Considerations about Feature Matching for the Automatic Generation of Digital Elevation Models", *Proceedings of the OEEPE Workshop on Application of Digital Photogrammetric Workstations*, part 3:Automatic Derivation of a DTM, 1996.
5. Arthur R. Weeks, Jr., *Fundamentals of Electronic Image Processing*, pp. 367-386, SPIE Press, Bellingham, WA, 1996.
6. Rafael C. Gonzalez and Richard E. Woods. *Digital Image Processing*, pp. 40-41, Addison-Wesley, Reading, Mass.,1992.