

단일 고해상도 위성영상으로부터 건물의 그림자와 연직선

분석을 통한 3차원 건물정보 추출

Extraction of 3D Building Information using Shadow and

Vertical Lines Analysis of Building from a Single Satellite

Image

이태윤\*<sup>1</sup>, 김태정<sup>1</sup>, 임영재<sup>2</sup>

Tae-Yoon Lee, Taejung Kim, Young Jae Lim

<sup>1</sup>인하대학교 지리정보공학과(E-mail: blue\_soul79@naver.com\*, tezid@inha.ac.kr)

<sup>2</sup>한국전자통신연구원 공간정보연구팀 (E-mail: yjlim@etri.re.kr)

요약

항공사진이나 고해상도 위성영상으로부터 건물의 정보를 추출하기 위한 많은 연구들이 이전부터 수행되어 왔다. 많은 연구들은 스테레오 영상을 이용하여 DEM을 생성하고 이로부터 3차원 건물 정보를 추출하였다. 본 연구에서는 단일 위성영상만을 이용하여 3차원 건물 정보를 추출하는 알고리즘을 제안한다. 제안된 방식은 가상의 그림자를 영상에 투영시키고, 투영된 그림자와 영상 위에 나타난 실제 건물의 그림자가 일치했을 때, 건물의 높이를 결정한다. 결정된 건물 높이를 이용하여 연직선을 생성시키고, 이 연직선을 따라서 건물의 지붕 외곽선을 이동시키면, 이동된 지붕 외곽선은 건물의 바닥 외곽선이 된다. 이를 통해서 건물의 높이와 위치 정보를 취득할 수 있다. 건물이 밀집한 지역에서는 지표면에 나타난 건물의 그림자가 다른 건물에 가려지는 경우가 많다. 이러한 경우를 고려하여 제안된 알고리즘은 지표면 위에 나타난 그림자를 이용한 방법과 그림자를 가린 건물 정면에 나타난 그림자를 이용한 방법을 사용한다. 알고리즘의 검증을 위해서 본 연구에서는 스테레오 영상에서 추출한 건물의 높이와 본 연구에서 제안한 알고리즘으로 추출한 건물의 높이를 비교하였다. 두 방법에 대해서 각각 30개의 건물 높이를 비교한 결과 RMSE는 약 1.5 m로 나타났다.

## 1. 서론

주요 지형지물인 건물의 정보를 추출하기 위해서 항공사진이나 위성영상을 이용한 연구들이 활발하게 수행되어 왔다. 이 중 많은 연구들이 스테레오 영상에서 건물의 3차원 정보를 추출하는 방법을 이용하였다(Kim and Muller, 2002). 단일 영상을 이용하여 건물의 3차원 정보를 추출하기 위한 연구들도 수행되었으며, 이 경우에는 건물의 그림자를 이용하였다(Irvin and Mekeown, 1989). 기존의 대부분의 연구들은 건물의 위치를 파악하기 위해서 건물의 지붕을 추출하여 왔다.

본 논문에서는 단일 영상만을 이용하여 건물의 3차원 정보를 추출하는 알고리즘을 제안한다. 제안된 알고리즘을 이용하여 추출되는 건물의 3차원 정보는 건물의 높이와 영상에서의 건물 바닥 위치이다. 제안된 알고리즘을 검증하기 위해서 본 논문에서는 스테레오 영상과 센서모델링을 통해서 추출한 건물 높이와 제안된 알고리즘을 이용하여 추출한 건물 높이를 비교하여 보았다.

## 2. 건물의 3차원 정보 추출 알고리즘

본 논문에서 제안된 알고리즘은 다음의 과정을 통해서 건물의 정보를 추출한다(그림 1). 먼저, 건물의 지붕 외곽선을 추출한다. 그리고 건물의 높이에 따른 가상의 그림자를 영상 위에 투영시킨다. 투영된 그림자와 실제 그림자가 일치했을 때의 건물 높이를 실제 건물의 높이로 결정한다. 건물의 높이가 결정된다면, 영상 위에

건물 높이에 따른 건물의 연직선을 생성한다. 생성된 건물의 연직선을 따라서 건물의 지붕 외곽선을 이동시키면, 이동된 지붕 외곽선이 건물의 바닥 외곽선이 된다.

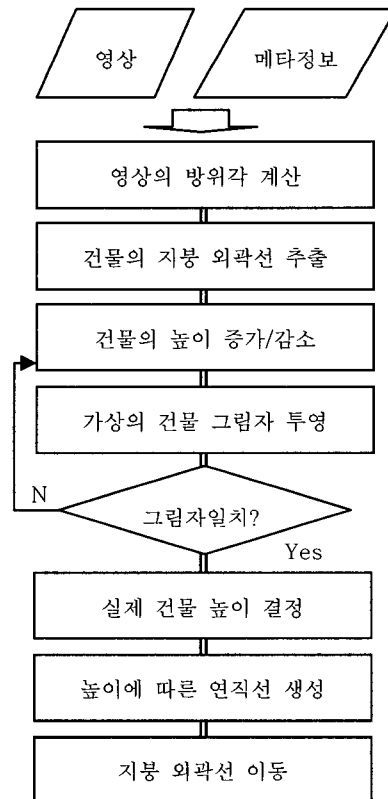


그림 1. 건물 정보 추출 알고리즘

투영된 그림자와 연직선의 방향은 태양의 방위각과 위성의 방위각을 이용하여 결정할 수 있다. 이를 위해서는 영상의 방위각을 알고 있어야 한다(그림 1). 본 논문에서는 메타 정보에 있는 영상 네 모퉁이의 경위도 좌표를 이용하여 영상의 방위각을 계산하였다. 그림자의 길이(SL)와 연직선의 길이(VL)는 건물의 높이와, 태양의 고도각 및 위성의 고도각을 이용하여 아래 식으로 계산할 수 있다.

$$SL = \frac{H}{\tan(Elevation_{sun})} = \frac{VL \times \tan(Elevation_{satellite})}{\tan(Elevation_{sun})}$$

(1) 지표면의 그림자를 이용

위에서 설명한 알고리즘은 지표면 위에 나타난 건물의 그림자를 이용할 때, 그대로 적용할 수 있다. 제안된 알고리즘을 영상에 적용한 결과는 그림 2와 같다.



그림 2. 알고리즘 적용 결과

(2) 다른 건물 정면의 그림자를 이용

건물이 밀집한 지역에서는 지표면에 나타난 건물의 그림자가 다른 건물에 의해서 가려지게 된다. 이때, 가려진 그림자의 일부분이 다른 건물 정면에서 식별될 수 있다면, 이를 이용하여 건물의 3차원 정보를 추출할 수 있다. 이를 위해서는 지표면의 그림자가 다른 건물에 가려졌는지 여부와 다른 건물 정면에 나타난 그림자의 길이를 결정해야만 한다.

그림자가 가려졌는지 여부는 기존에 추출한 건물의 바닥 외곽선과 현재 투영된 가상의 그림자가 중복되는 부분이 있다면, 이때 그림자가 다른 건물에 가려진다고 결정하였다. 이를 위해서 본 논문에서는 Greiner-Hormann Polygon Clipping 알고리즘을 적용하였다(Agoston, 2005)

다른 건물 정면에 투영될 그림자의 길이는 아래와 같은 간단한 식을 유도하여 결정할 수 있다.

$$H_s = \frac{H(L_s - L_o)}{L_s}$$

위 식에서 H는 현재 3차원 정보를 추출할 건물의 높이,  $L_s$ 는 원래 지표면 위에 생성될 실제 그림자의 길이,  $L_o$ 는 가려지지 않은 그림자의 길이,  $H_s$ 는 다른 건물의 정면에 생성될 그림자의 길이를 나타낸다. 다른 건물 정면에 나타난 그림자를 이용한 방식을 영상에 적용한 결과는 그림 4와 같다.

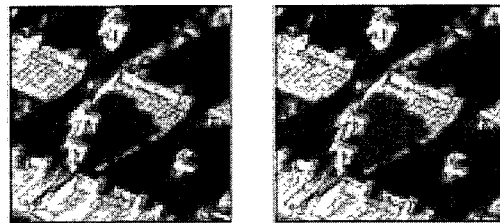


그림 4. 알고리즘 적용 결과

3. 검증결과

실험에 사용된 영상은 IKONOS 스테레오 영상으로 대전 지역 일부분을 촬영한 영상이다. 또한 영상의 메타 정보 중에서 사용된 정보는 아래 표 1과 같다.

표 1 사용된 메타 정보

위성		태양	
방위각	고도각	방위각	고도각
46.0332°	66.5004°	163.8771°	32.7548°

본 논문에서는 알고리즘의 검증을 위해서 스테레오 영상과 센서모델링을 통해서 추출한 건물 높이를 실제 건물 높이라고 가정하고, 제안된 알고리즘으로 추출한 건물 높이와 비교하여 보았다. 지표면에 나타난 그림자를 이용했을 때와 다른 건물 정면

에 나타난 그림자를 이용했을 때에 대해서 각각 30개 건물의 높이를 비교한 결과는 표2, 3과 같다

표 2. 지표면에 나타난 그림자를 이용

Building region ID	Number	RMS error (m)
A	3	0.73160
B	4	1.57617
C	3	1.15193
D	3	0.45669
E	4	1.39438
F	4	1.18626
G	9	1.23439
Total	30	1.20096

표 3. 다른 건물 정면의 그림자를 이용

Building region ID	Number	RMS error (m)
A	3	1.39463
B	10	0.64285
C	3	1.68026
D	4	1.62061
E	3	2.49027
F	7	1.65857
Total	30	1.49224

표에서 보여주는 오차는 사람의 눈으로 식별하기 어려운 지표면의 높낮이에 의한 그림자의 변형이 주요 원인이라고 판단된다. 다른 건물 정면의 그림자를 이용하는 경우에는 기존에 추출한 건물 정보에 포함된 오차의 영향도 있을 것으로 생각된다.

#### 4. 결론

본 논문에서는 단일 영상으로부터 건물의 3차원 정보를 추출하는 알고리즘을 제안하였다. 제안된 알고리즘은 그림자와 연직선을 이용하여 건물의 높이와 건물의 바닥 위치를 추출한다. 제안된 알고리즘을 이용하여 추출한 건물 높이의 검증 결과로 RMSE는 약 1.5 m 였다. 제안된 알고리즘은 그림자를 이용하기 때문에 지표면의 고도에 따른 그림자 변형 등의 제약사항이 있었다.

#### 참고문헌

- Agoston, M. K., 2005, Computer graphics and geometric modeling : implementation and algorithm, London: Springer, pp. 106-109
- Irvin R. B., and Mekeown, D., 1989, Methods for exploiting the relationship between buildings and their shadows in aerial imagery, IEEE Trans. On Systems, Man and Cybernetics, Vol. 19, No. 6, pp. 1564-1575
- Kim, J. R., and Muller, J.-P., 2002, 3D Reconstruction From Very High Resolution Satellite Stereo and its Application to Object Identification, International Archives of Photogrammetry Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. 34, No. 4, pp. 637-643