

고해상 영상과 GIS 자료를 이용한 건물 고도 모형 추출

Extraction of Building Height Model Using High Resolution Imagery and GIS Data

진경혁*, 홍재민, 유환희, 유복모

Jin, Kyeong Hyeok, Hong, Jae Min, Yoo, Hwan Hee, Yeu, Bock Mo

(재)석곡관측과학기술연구원 연구원, E-mail : tom51@sog.or.kr

(재)석곡관측과학기술연구원 연구원, E-mail : alssmile@sog.or.kr

경상대학교 건설공학부 도시공학전공 교수, E-mail : hhyoo@gsnu.ac.kr

(재)석곡관측과학기술연구원 원장, E-mail : yeubm@sog.or.kr

요 약

국토정보의 3차원 모형 생성에 관한 관심이 대두되면서 효율적인 3차원 자료 구축에 대한 연구가 진행되고 있다. 특히 도심 지역의 건물 고도 모형 생성에 관하여 항공사진, 위성영상 및 LIDAR에 관한 기법 개발이 활발해 지고 있다. 항공사진 및 위성영상만을 이용하여 건물 고도 모형을 생성할 경우, 기복변위로 인해 입체 영상의 영상정합 시 오정합이 발생하므로 건물 고도 모형 생성에는 많은 어려움이 있다. 이에 단일 자료만을 이용하지 않고 관련 자료원을 함께 사용함으로써 보다 효과적이고 정확한 자료 생성을 위하여 항공사진과 수치지형도를 활용하는 연구가 수행되고 있다. 본 연구에서는 수치지형도(1/1,000)와 항공사진(1/5,000)을 이용하여 효과적인 건물 고도 모형 생성 관한 연구를 수행하였으며, 관심점 검출 기법과 영상 정합 시 탐색 범위의 기하학적 제약 수단인 수직선 궤적 이론을 병합한 새로운 기법을 개발하였다. 본 연구 성과를 검증하기 위하여 연구 성과와 수치도화 장비를 이용한 건물 고도 모형과의 정확도를 비교 평가하였다.

1. 서론

항공사진은 상대적으로 높은 지상 판독력을 가지고 있기 때문에 지형(지모, 지물) 정보에 대한 인식이 용이할 뿐만 아니라 높은 정확도를 지니고 있다. 항공사진으로부터 지물정보를 자동으로 추출하는 기법에 관한 연구는 사진측량이나 컴퓨터비전 분야에서 주요 연구대상이며, 특히 건물정보(형태 및 고도) 자동 추출 기법에 대해 많은 연구가 수행되어 왔다. 하지만, 고해상의 항공사진에서 다양한 형태의 자료 중 건물정보만을 추출하는 것은 많은 문제점을 지니고 있다. 항공사진에서 도시지역 건물의 고도 결정을 위해서는 건물의 수평위치 추출이 선결 과제로서 건물들을 찾고 그것을 자동으로 분리하는 것은 매우 어려운 작업이다. 또한 대부분의 건물이 직사각형의 형태를 지니고 있지만 비정형 및 곡선형의 건물 등 그 형태가 다양하므로 항공사진에서 자동으로 건물의 경계를 추출하는 것은 난해한 작업이다. 그러므로 항공사진에서 건물정보에 대해 실용 단계의 자료를 취득하기 위해서 종전에는 수작업에 의해 수행되어 왔으며, 수치지형도 제작을 위한 주요 수단으로 이용되어 왔다.

수치지형도는 도화기 장비를 이용하여 수작업에 의해 이루어지고 도시지의 인공지물에 대

한 정보는 대부분이 2차원 평면의 형태로 되어 있어 도심 3차원 분석을 위한 응용분야에는 전혀 사용 될 수 없는 단점이 있다. 수치지형도에서 포함된 2차원 형태의 자료, 특히 건물의 평면 위치 정보가 축척 1/1,000의 수치지형도에서는 정확도가 높다. 이러한 2D GIS 자료 중 하나인 수치지형도의 건물 자료층(building layer)의 평면 위치정보를 활용하여 건물의 고도 모형을 추출하는 기법에 관한 연구가 수행되어 왔다(Yom 등, 2004;Gruber, 1996; Heipke 등, 2004, Suveg 등, 2004).

본 연구에서는 기 구축되어 활용되고 있는 축척 1/1,000 수치지형도와 항공사진(1/5,000)을 효과적으로 활용하는 측면에서 도심 건물의 고도 모형을 추출하는 기법을 개발하였다. 항공사진에서 건물의 정보 중 경계 정보를 자동으로 추출하는 것은 매우 힘든 작업이므로 본 연구에서는 우선, 수치지형도의 건물 자료층(building layer) 정보를 이용하여 건물의 수평 위치 및 형태 정보를 추출하였으며, 그리고 도심 건물의 고도 정보는 건물의 기하학적 특징을 고려한 새로운 영상정합 기법을 이용하여 추출하였다.

2. 건물 고도 추출 알고리즘

항공사진과 수치지형도를 이용하여 건물 고도를 추출하는데 있어 가장 중요한 과정은 영상정합이다. 영상정합을 통해 동일점을 검색하는데, 이 과정은 시간이 많이 소요되며, 방사특성만을 이용하여 영상정합을 함으로써 오정합이 발생하게 된다. 본 연구에서는 이러한 오정합을 최소화하기 위해 여러 가지 제약 조건을 이용하였다. 우선, 항공사진에 대해 지상기준점을 이용하여 광속조정을 수행하고 영상정합의 수행 속도 및 정확도 향상을 위해서 에피폴라 영상을 생성하였다. 그리고 영상정합 대상점을 제한하기 위해 수직선 궤적(vertical locus)을 따라 KLT(Kanade-Lucas-Tomasi) 연산자를 이용하여 관심점(interest point)을 추출하였으며, 상관관계 산출을 위한 템플릿 적용 시 기존의 방식과 달리 영상정합 대상점의 기준 모서리를 기반으로 하는 가변 템플릿 기법을 개발하여 적용하였다. <그림 1>은 연구과정을 도시한 것이다.

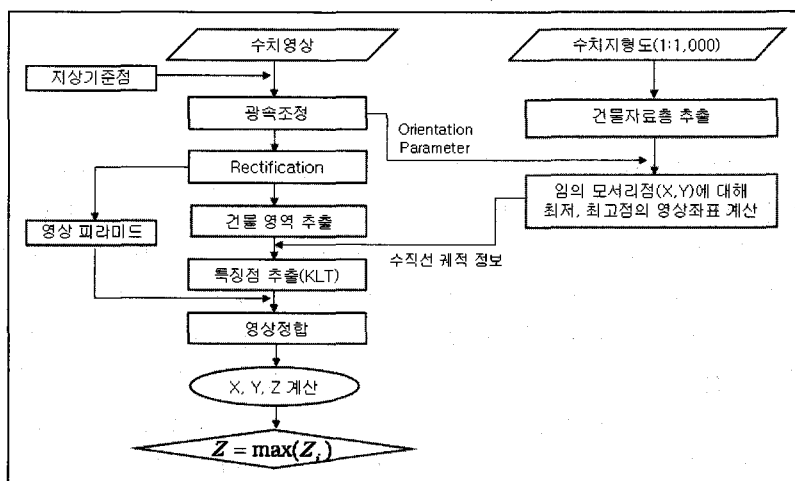


그림 1. 연구수행 과정

2.1 관심점 추출

항공사진의 영상정합 시 관심점을 이용하여 영상정합 대상점을 제한할 수 있으며, 본 연구에서는 KLT, Förstner, Wavelet 이용하여 건물 모서리 점 추출을 시도하여 시험한 결과 KLT 연산자가 건물의 모서리점 검색에서 좋은 결과를 나타내었다. 건물자료층 정보를 이용하여 항공사진에서 건물영역에 해당하는 부분을 절취한 후, 각각의 건물 모서리에 대해 최저 고도를 0m(Z=0), 최고 고도를 200m(Z=200)로 가정하고 이에 해당하는 영상좌표를 계산한 후 수직선 궤적을 추출하였다(<그림 2> 참조).

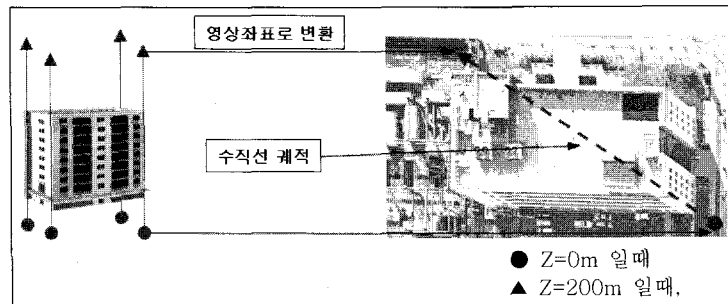


그림 2. 수직선 궤적 이론

건물 영역 영상 전체에 대해 관심점을 추출하게 되면 많은 관심점들이 추출되기 때문에 수직선 궤적을 따라 건물의 고도 간격을 20m씩 증가시키면서 일정 영역을 설정한 후, 해당 영역 내에 포함된 관심점 일부만을 검출하였다. 그렇게 함으로써 건물의 모서리를 따라 관심점들이 추출되었으며, 영상정합 대상을 관심점들로 제한함으로써 수행속도 향상 및 건물 고도의 정확도 향상을 기대할 수 있다.

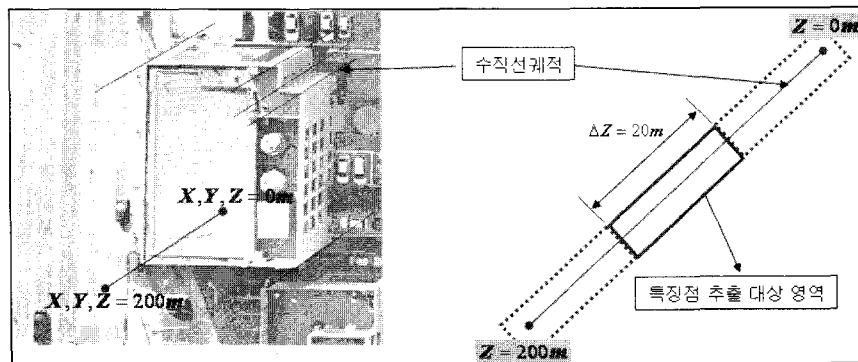


그림 3. 수직선 궤적을 따라 관심점 추출

2.2 가변 템플릿 기법

축척 1/5,000 항공사진은 고해상이기 때문에 건물의 기록변위가 크게 나타난다. 이러한 영상자료에 대해 기존의 영상정합 기법을 이용하여 동일점을 검색하는 데는 어려움이 있다. <그림 4>에서 실행영역(mask)을 이용하여 좌우 영상에서 영상정합을 시도할 때, 좌측 영상은 고

정시키고 우측 영상상에서 실행영역을 에피폴라 라인을 따라 이동시키면서 영상정합을 수행하게 된다. 하지만, 동일점에 대해 템플릿 영상은 서로 다르게 나타나게 된다. 이로 인해 오정합이 발생하고 정확도를 저하시키는 요인이 될 수 있다.

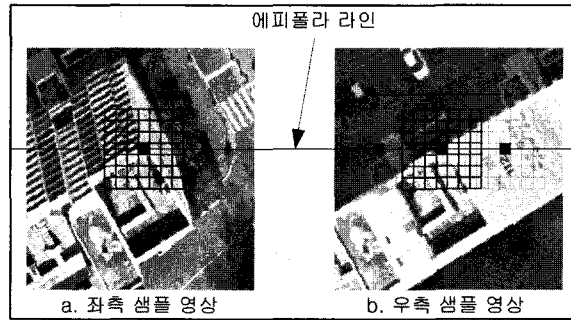


그림 4. 기존의 템플릿 적용 방법

본 연구에서는 최종적으로 구하고자 하는 것이 건물의 고도이며, 최종 영상정합 점도 건물의 상층부에 놓이게 된다. 그러므로 상관성 계수 산출을 위한 템플릿 영역이 건물의 옥상면이 되도록 실행영역을 회전시키는 기법을 개발하여 적용하였다. 각각의 모서리에 대해 영상정합을 시도할 때 해당 모서리의 위치 관계를 고려하여 실행영역을 건물 내부에 놓이도록 함으로써 보다 높은 상관성이 계산될 수 있으며, 오정합을 최소화하도록 하였다.

본 연구에서 개발한 가변 템플릿 기법의 개념은 다음과 같다.

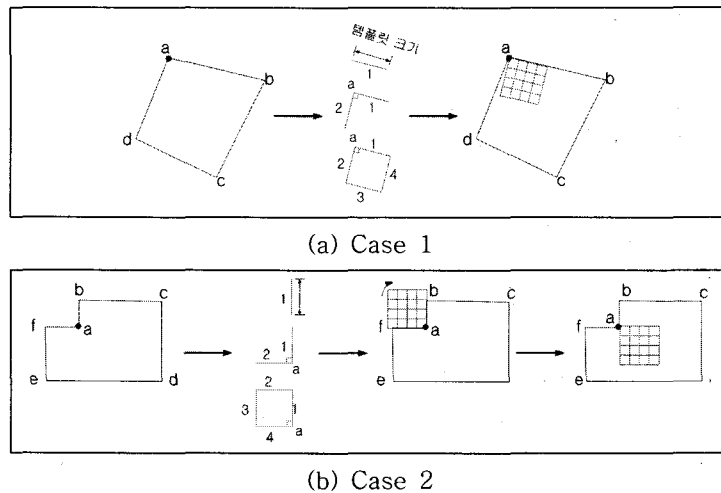


그림 5. 가변 템플릿 실행영역 설정 방법

- i) 영상 정합 대상점의 기준 모서리를 중심으로 인접 라인 검색
- ii) 두 라인 중 그 길이가 긴 라인을 기반으로 설정한 후, 그 라인과 기울기가 동일하고 길이가 실행영역의 크기와 동일한 라인(Line-1) 생성(<그림 5> 참조)
- iii) Line-1과 직교하고 해당 모서리점을 지나면서 실행영역의 크기와 동일한 라인 생성

(Line-2)

- iv) Line-1과 Line-2 에 각각 평행하고 길이가 실행영역의 크기와 동일한 라인 생성
- v) 최종적으로 생성된 실행영역이 건물 폴리곤의 내부에 위치하도록 설정

<그림 6>은 본 연구에서 개발한 가변 템플릿 적용의 한 예를 표현한 것이다.

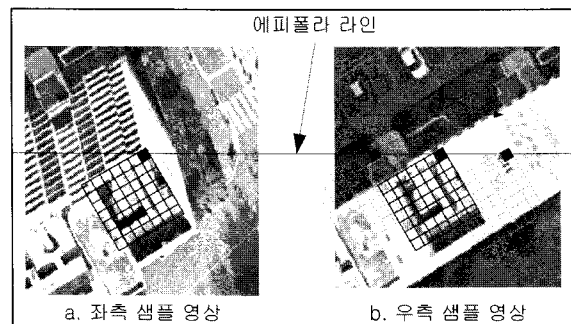


그림 6. 가변 템플릿 적용(예)

3. 결과분석

본 연구에서 건물의 고도 추출을 위해 사용된 항공사진은 Leica RC30 카메라 체계에 의해 2002년 11월 28일 촬영된 대전지역 항공사진이며, 1/1,000 수치지형도로부터 고층 아파트, 상가 건물, 저층 건물을 대상으로 27개의 건물 폴리곤을 추출하였다. 개발한 알고리즘은 Visual C++ 6.0을 이용하여 구현하였다.

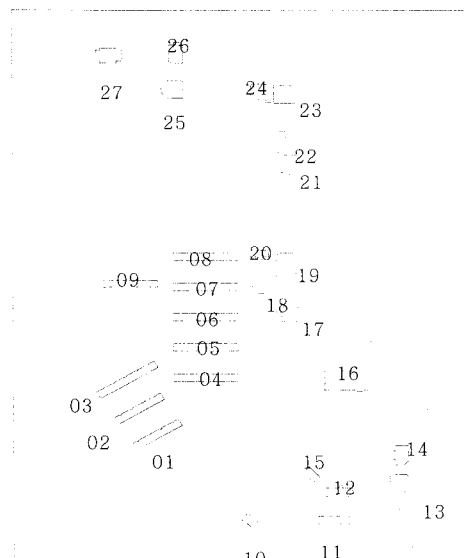


그림 7. 수치지형도로부터 추출한 연구 대상 건물

본 연구에서 개발한 건물 고도 모형 추출 기법을 이용하여 건물의 각 모서리에서 영상정합을 수행한 후 크기가 가장 큰 고도를 해당 모서리의 고도값으로 설정하였으며, 이러한 방식을 모든 모서리에 대해 적용함으로써 결과적으로 각각의 모서리에 대한 고도값이 서로 다르게 나

타났으며, 평균값을 취하여 해당 건물의 고도값으로 설정하였다. 이 과정에서 건물의 상층부에서 정합점이 추출되는데, 옥상 바닥과, 난간, 그리고 옥탑건물에서도 정합점이 추출되는 것을 확인할 수 있었다. 정확도 평가를 위해서 수치도화기를 이용하여 건물 모형을 추출하였으며, 기준은 건물의 상층부에 있는 난간을 중심으로 하였다.

<표 1>은 본 연구에서 개발한 기법을 이용하여 추출한 건물 고도와 수치도화기를 이용하여 추출한 건물 고도값을 비교한 것이며, RMSE는 약 1.5m로 나타났다. 건물 번호 22, 23, 24의 경우, 오차가 다른 건물에 비해 크게 나타났는데, 건물의 옥상에 옥탑 건물이 없었으며, 옥상 바닥면과 난간의 고도차가 약 4m로 다른 건물에 비해 난간의 고도가 큰 건물이었다. 전반적으로 고도 오차가 양호하게 나타난 것을 알 수 있었으며, 현재 LIDAR 자료의 정확도에는 못미치지만, 기 구축된 자료를 효과적으로 활용하는 차원에서는 본 연구에서 개발한 기법이 좋은 성과를 나타낸 것으로 사료 된다 .

표 1. 추출된 건물 고도 및 정확도

건물번호	추출된 건물 고도(m)	실제 건물 고도(m)	ΔZ (m)
1	86.20	87.12	-0.92
2	87.09	86.93	0.16
3	86.89	87.69	-0.80
4	88.99	88.30	0.69
5	89.86	88.02	1.84
6	89.82	88.21	1.62
7	89.97	88.80	1.16
8	89.61	88.23	1.38
9	90.72	88.45	2.27
10	69.55	69.37	0.18
11	85.83	85.02	0.81
12	72.33	72.31	0.01
13	67.85	68.08	-0.23
14	74.42	74.73	-0.30
15	69.51	69.97	-0.46
16	80.37	81.73	-1.35
17	95.15	92.65	2.50
18	72.44	73.26	-0.82
19	78.10	77.75	0.35
20	69.45	68.35	1.10
21	69.92	70.35	-0.43
22	64.64	62.59	2.05
23	96.40	100.85	-4.45
24	80.07	83.39	-3.32
25	78.41	77.91	0.51
26	77.91	77.57	0.34
27	76.83	76.79	0.05
RMSE			1.53

<그림 8>은 본 연구에서 추출한 건물 모형을 상용 소프트웨어 ArcView 3.2 S/W를 이용하여 3차원으로 표현한 것이며, <그림 9>는 IKONOS 흑백 위성영상(공간해상도 1m)와 칼라 위성영상(공간해상도 4m)을 융합하여 생성한 IKONOS 칼라 위성영상과 수치지형도를 이용하여 생성된 정사영상과 본 연구에서 추출한 건물 모형을 중첩시켜 표현한 것이다.

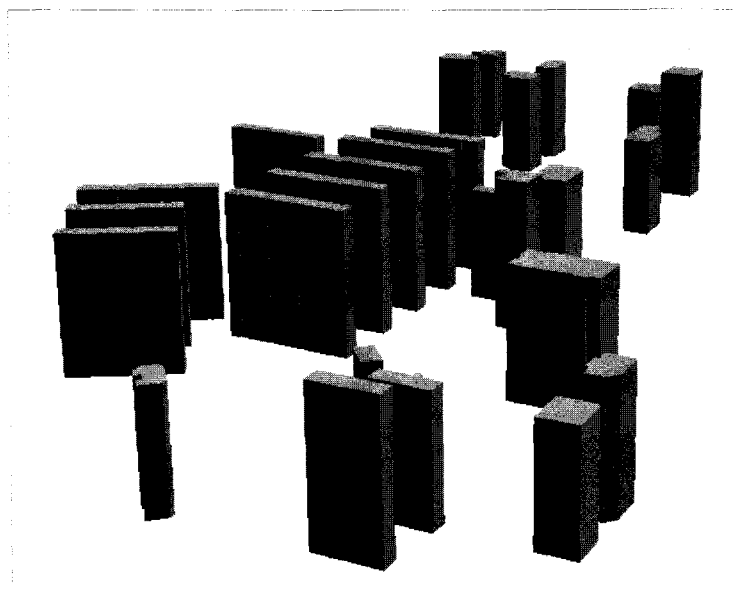


그림 8. 추출된 건물 고도의 3차원 가시화



그림 9. 추출된 건물 모형과 IKONOS 칼라 영상과 중첩

4. 결 론

본 연구에서는 항공사진과 기 구축된 수치지형도를 이용한 건물 모형 추출 기법을 제시하였으며, 수치도화기로부터 추출한 건물 모형과 비교한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 수직선 궤적 정보를 이용하여 관심점을 추출한 후 영상정합 점을 제한함으로써 영상정합 수행시간이 단축되었으며, 건물 모서리 부분에서 관심점이 추출됨으로써 효율적인 건물 모형을 구축할 수 있었다.

2. 본 연구에서 제안한 가변 템플릿 기법을 적용함으로써 기존의 기법에 비해 영상정합률을 높일 수 있었으며, 동일점 탐색이 용이함을 알 수 있었다.

3. 수치도화기를 이용하여 추출한 건물 고도와 본 연구에서 추출한 건물 고도를 비교한 결과 RMSE가 약 1.5m로 전반적으로 오차가 양호하게 나타난 것을 알 수 있었으며, 현재 LIDAR 자료의 정확도보단 낮지만, 기 구축된 자료를 효과적으로 활용하는 차원에서는 본 연구에서 개발한 기법이 좋은 성과를 나타낸 것으로 사료 된다 .

참고문헌

1. 손홍규, 김의명, 송영선, 박정환, 2004. 영상정합을 위한 특징점 추출 연산자들의 정확도 평가. 대한토목학회 2004년도 정기 학술대회 논문집. pp. 4403~4406
2. Yom, J, H., Lee, D, C., Kim, D, I., 2004. Automatic 3D Building Reconstruction by Integration of Digital Map and Stereo Imagery for Urban Area. KSCE Journal of Civil Engineering. Vol. 8, No. 4. pp. 443-449.
3. Gruber, M., 1996. Fusion of 2-D GIS Data and Aerial Images for 3-D Building Reconstruction. International archives of photogrammetry and remote sensing. Vol. 31, No. B pt.3, pp.257-260
4. Heipke, C., Pakzad, K., Willrich, F., Peled, A., 2004. Theme Issue: Integration of Geodata and Imagery for Automated Refinement and Update of Spatial Databases. ISPRS journal of photogrammetry and remote sensing, Vol. 58, No.3/4, 2004, pp.127-128
5. Suveg, I., Vosselman, G., 2004. Reconstruction of 3D building models from aerial images and maps. ISPRS journal of photogrammetry and remote sensing. Vol. 58, No. 3/4, pp.202-224