

LIDAR 자료를 이용한 수치지도 갱신

The renewal of digital map using LiDAR data.

이원희¹⁾ Wonhee Lee · 유기윤²⁾ Kiyun Yu

¹⁾ 서울대학교 공과대학 지구환경시스템공학부 석사

²⁾ 서울대학교 공과대학 지구환경시스템공학부 전임강사

School of Civil, Urban & Geosystem Engineering, Seoul National University

SYNOPSIS : The renewal of digital map takes much time and the manual process. LiDAR data allows reduction of time, automatic manner, and acquisition of the precise position. So it is used to renew the digital map of 1:5,000 scale. From the accuracy test results using aerial imagery and digitizing, renewal of digital map are feasible in automatic manner to some extent.

Key words : Renewal of Digital Map, LiDAR, Laser Scanning Data

1. 서 론

지형공간정보시스템(GIS)에 필수적인 요소로는 데이터베이스를 들 수 있으며, 데이터베이스 중 많은 부분이 수치지도로 제작되어 있다. 우리나라에서는 이미 항공사진측량 등을 통해 수치지도를 전국적으로 구축하여 왔고 여기에는 건물의 평면선형이 포함되어 있다. 수치지도(1:5,000, 1:25,000)는 '98년부터 유상공급 및 무상공급으로 구분하여 정부지도판매 대행업체를 통하여 공급하고 있으며, 2002년 7월 1일부터 그동안 공개 제한 지리정보로 분류되어 일반에 공개하지 않았던 1:1,000 수치지도를 민간 GIS분야를 활성화하기 위하여 공급하고 있다.

1990년대에 들어서 상용화된 ALS (Airborne Laser Scanning)시스템이라고도 불리는 LiDAR(Light Detection And Ranging) 자료는 여타 다른 수치표고자료 획득 기법에 비해 높은 정확도와 조밀한 밀도를 가지고 있어서 수치지도 갱신에 필요한 좌표정보를 제공하고 있다. 우리나라에서는 2000년 4월에 (주)모바일 매퍼에 의해 분당지역의 LiDAR 시험촬영이 있었으며, 2002년 9월경에 서울과 안성지역을 나누어서 촬영하였다.

전국적으로 구축되어 있는 수치지도를 갱신하기 위해서는 많은 비용과 시간이 필요한 문제점이 있다. 본 연구에서는 이러한 문제점을 해결하기 위하여 LiDAR 자료를 통하여 기존의 수치지도에 누락된 건물들을 탐지하여 수치지도를 갱신하고자 한다.

2. 수치지도 갱신

2.1 대상지역 및 자료

LiDAR 자료의 취득일시는 2000년 4월이고, 수치지도는 국립지리원의 1:5,000 축척의 지도로 사용된 LiDAR 자료와 지역이 일치한다. 대상지역은 아파트와 같은 고층 건물과 주택과 같은 저층건물이 혼재되어 있는 대한민국 경기도 성남시 분당지역 일대이다. LiDAR 자료 획득에 사용된 장비는 캐나다 Optech 사의 ALTM1020이며 고정익 항공기 PA-31-350에 탑재하여 측량을 수행하였다.

2.2 건물 영역 분할

LiDAR 자료는 포인트 자료의 형식을 지니고 있으므로, 벡터 도메인이다. 따라서 건물 영역을 분할해 내기 위해서 국지적 최대치 필터링을 사용하였다. 필터 크기는 $30\text{m} \times 30\text{m} = 900\text{m}^2$ 로 대상지역의 건물을 대부분 포함할 수 있는 크기로 설정하였고, 높이 임계값은 9m로 3층 건물 높이를 임계값으로 사용하였다.

국지적 최대치 필터를 적용하기 전에 지하도와 같은 저지대를 제거하였으며, 저지대 제거 필터의 매개변수로는 " $2 \times \sigma$ "를 사용하였다. 초기 분할된 건물 구성 포인트들은 그림 1과 같다.

2.3 오차 요소 제거

2.3.1 집단 수목 제거

앞에서 추출한 포인트들로 폴리곤을 만들면 집단 수목과 같은 폴리곤도 포함되므로 최소면적 50m^2 을 기준으로 최소면적 이하의 폴리곤은 제거하였다. 최소면적보다 큰 지역의 산림지역은 항공사진과 비교하여 제거하였다. 그림 2은 집단 수목을 제거한 폴리곤이다.

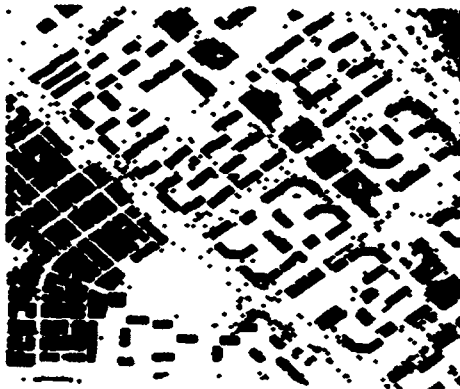


그림 1. 초기 분할 건물 구성 포인트



그림 2. 집단 수목 제거 폴리곤

2.3.2 레이블링과 각 건물별 인접 오차 포인트 제거

포인트 자료와 단위 폴리곤을 중첩하여 레이블링을 실시한 후, 낮은 베란다의 높이 자료와 같이 평균 옥상 높이와 차이가 나는 포인트들을 오차로 간주해 제거하였다. 임계값은 " $\text{평균} - 2 \times \sigma$ "을 사용하였다.

2.4 LiDAR 폴리곤에서 수치지도 폴리곤 삭제

전처리 과정을 한 LiDAR 포인트 자료를 이용하여 만든 폴리곤과 수치지도 건물 레이어로 만든 폴리곤을 중첩하여 삭제한다. 그림 3은 수치지도 폴리곤을 최종 건물 폴리곤으로 삭제하여 수치지도에 없는 건물 폴리곤을 나타낸 그림이다. 수치지도의 건물 크기와 LiDAR 자료의 건물 크기가 다르기 때문에 건물 폴리곤들이 완벽하게 제거되지 않고, 작은 크기의 폴리곤들이 남게 되며 2개의 건물이 붙은 폴리곤도 존재한다.

2.5 건물 최소 면적 이하의 폴리곤 제거

삭제를 거쳐 형성된 폴리곤들은 수치지도와 LiDAR 자료의 위치오차로 인하여 건물 이외의 폴리곤들을 많이 포함하고 있다. 최소면적 이하의 폴리곤은 오차 폴리곤으로 간주하여 제거할 수 있다. 최소면적은 수목제거시와 같은 50㎡를 사용하였다. 그림 4는 오차 폴리곤을 제거한 건물 폴리곤이다.

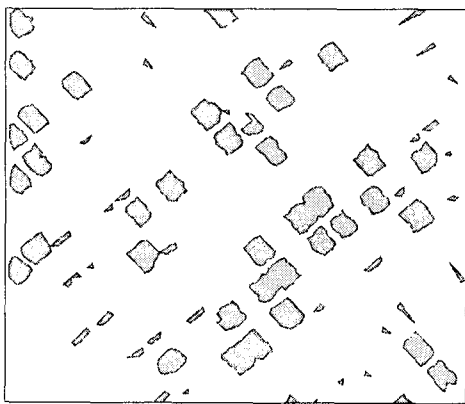


그림 3. 수치지도와 최종 건물 폴리곤의 삭제

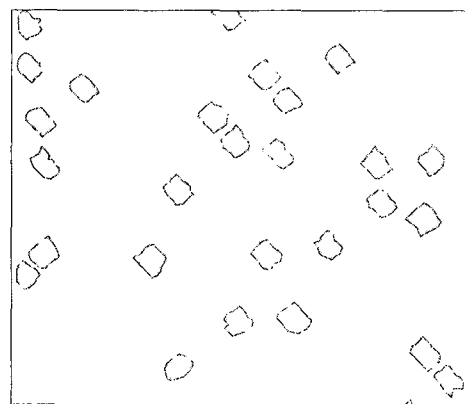


그림 4. 오차 폴리곤을 제거한 건물 폴리곤

2.6 건물의 선형화와 수치지도 갱신

건물 폴리곤들이 울퉁불퉁하기 때문에 수치지도 갱신에 사용하기 위해서는 선형화가 필요하다. 건물 선형화는 ArcGIS 8.2의 ArcToolbox의 건물 단순화(simplify buildings)라는 기능을 사용하여 수행하였다. 기본적인 알고리즘은 다음과 같다. 건물의 한쪽을 구성하는 선분의 끝꼭점을 줄여 건물을 구성하는 직선의 변을 추출한 다음, 한 변과 다른 변이 90도가 되도록 하고, 건물의 가로 대 세로 비율이 원 폴리곤과 같게 하고, 전체적인 면적도 원 폴리곤과 같게 한다. 건물 폴리곤을 선형화 하면 그림 5와 같다.

폴리곤들을 선형화 시킨 다음 수치지도에 중첩시키면 그림 6과 같이 갱신이 된다.

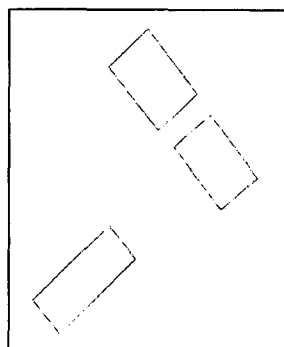
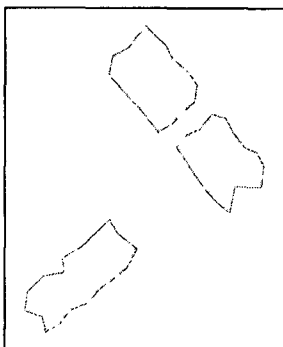


그림 5. 선형화 전·후의 폴리곤

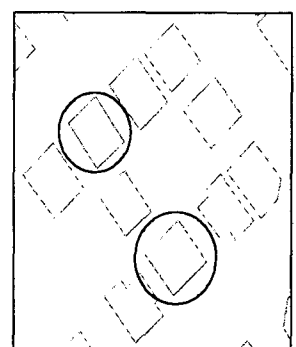
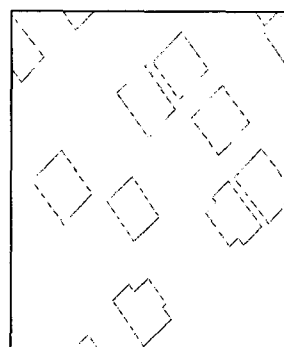


그림 6. 수치지도 갱신 전·후

3. 수치지도 갱신 정확도 평가

정확도 평가는 정확한 기준자료(reference)와 비교하여 추출된 건물들의 완전성(completeness), 모양 유사성(shape similarity)의 측면에서 평가하였다[Henricsson and Baltsavias, 1997]. 기준자료는 대상지역의 수직항공사진을 이용하여 수치지도에서 누락된 저층건물지역의 17개 건물을 해석도화기에서 도화하였다. 고층건물 지역은 건물들 사이가 넓고, 건물 하나당 크기가 크고, 건물의 높이가 DEM과 비교하여 상대적으로 높기 때문에 전부 다 추출되었다. 따라서 고층건물들은 정확도 평가 대상에서 제외하였다.

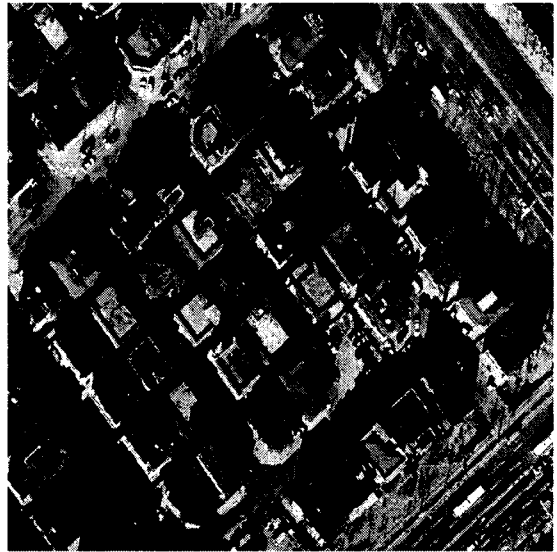


그림 7. 정확도 평가지역 항공사진

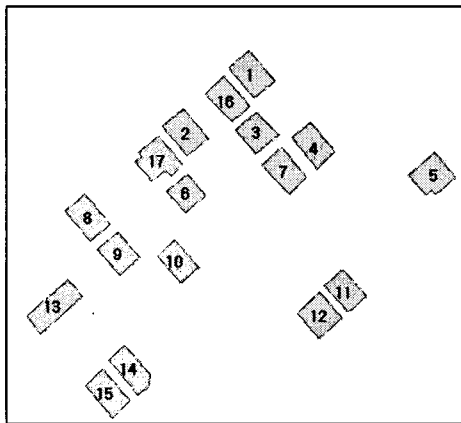


그림 8. 미추출 건물
도화한 기준 자료

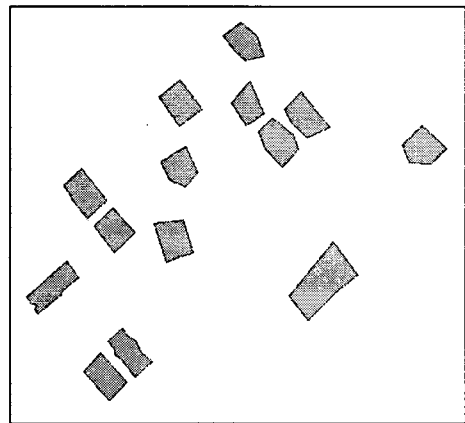


그림 9. 수치지도에 누락된
건물 폴리곤 선형화

3.1 완전성(completeness)

완전성은 기준자료와 비교하여 추출된 건물의 개수를 의미한다.

총 17개의 건물 중 15개의 건물이 추출 되었으며, 16번과 17번이 미추출 되었다. 11번과 12번은 건물이 분리되지 않았는데, 그 이유는 건물의 폐색과 오차 요소의 개입 때문이다. 10번 건물만 많이 방향이

들어져 있고, 나머지 건물들은 비교적 기준자료와 비슷한 방향과 모양을 지니고 있다.

3.2 모양 유사성(shape similarity)

모양 유사성은 기준자료 건물 면적과 선형화 건물 면적의 중복 영역 면적, 상대적 모양 상이성, 건물 추출 정확도를 이용하여 측정하였다.

기준자료 건물 면적(A)과 선형화 건물 면적(B)의 중복 영역 면적을 $A \cap B$ 라 하였고, A 와 $A \cap B$ 의 차이를 A_e (error of omission), B 와 $A \cap B$ 의 차이를 B_e (error of commission)라고 하였다.

본 연구에서는 상대적 모양 상이성과 건물 추출 정확도를 정확도 평가 방법으로 사용하였다.

$$\text{상대적 모양 상이성(relative shape dissimilarity)} = \frac{A_e + B_e}{A} \quad (1)$$

$$\text{건물 추출 정확도(building detection accuracy)} = 1 - \frac{A_e + B_e}{A} \quad (2)$$

$\frac{A_e + B_e}{A}$ 는 모양(shape)의 차이와 이동(translation) 또는 회전(rotation)에 의한 오차 등을 나타낼 수 있는 지표이다.

상대적 모양 상이성은 2.9%에서 40.1%까지의 편차를 보였고, 미추출 건물 까지 포함한다면 100% 값 까지 가졌다. 선형화 과정에서 건물이 크게 비틀어진 10번 건물을 제외하면 약 28% 안쪽의 값을 가졌다. 건물 추출 정확도의 평균은 추출된 건물들만을 대상으로 했으며, 미추출 건물은 제외하였다.

표 1. 건물 추출 정확도 평가 결과

건물 번호	면 적(m ²)					$\frac{A_e + B_e}{A}$ (%)	$1 - \frac{A_e + B_e}{A}$ (%)	
	A	B	$A \cap B$	Ae	Be			
1	132.64	110.19	110.17	22.47	0.02	16.95	83.05	
2	135.96	123.00	122.97	12.99	0.03	9.58	90.42	
3	112.90	92.72	87.06	25.84	5.65	27.89	72.11	
4	121.68	129.48	116.78	4.90	12.70	14.47	85.53	
5	134.36	124.57	123.97	10.39	0.60	8.18	91.82	
6	94.31	104.70	86.59	7.72	18.11	27.39	72.62	
7	124.74	130.76	115.76	8.98	15.00	19.22	80.78	
8	124.68	131.48	124.66	0.02	6.82	5.48	94.52	
9	113.53	110.23	110.22	3.31	0.01	2.93	97.07	
10	106.27	130.01	96.81	9.46	33.20	40.15	59.85	
11	111.15	294.07	111.12	0.03	54.87	24.24	75.75	
12	132.18		128.08	4.10				
13	157.10	134.73	134.71	22.39	0.02	14.27	85.74	
14	123.09	116.94	116.86	6.22	0.08	5.12	94.88	
15	124.26	123.04	115.93	8.33	7.11	12.43	87.57	
16	120.05	미 추출						
17	140.88	미 추출						
건물 추출 정확도							83.69	

4. 결 론

본 연구를 통하여 얻게 된 경험적 결과는 다음과 같다.

첫째, LiDAR 자료를 통하여 기존의 수치지도에 누락된 건물들 중 약 90% (17개중 15개)정도의 건물들을 추출하였는데 LiDAR 자료를 이용한 수치지도 갱신은 기존의 항공사진과 해석도화기를 이용한 방법에 비하여 많은 장점을 지닌다. 우선, 항공사진과 해석도화기를 사용할 경우 정확한 추출은 가능하지만, 폐색이 있을 경우 추출이 불가능한 지역이 있을 수 있고, 작업자에 따른 편차가 크고, 사진좌표의 경우에는 좌표변환이 필요하다. 그러나 LiDAR 자료는 항공사진에 비하여 폐색의 영향을 적게 받으며, 비교적 자동으로 갱신이 가능하고, 자료 자료가 곧 지상좌표이므로 좌표변환이 필요 없다. 따라서 해석도화기를 이용하여 수동으로 건물을 추출하는 것에 비해 빠르게 자동으로 수치지도 갱신을 할 수 있을 것으로 판단된다.

둘째, 이와 같은 장점에도 불구하고 실제 추출된 건물의 개수는 90%정도라서 완전한 추출에는 한계가 있다. 수치지도에 누락된 건물들은 모두 단독주택과 같은 밀집 주거 지역에만 존재하는데 이 지역의 건물들은 건물간격이 넓지 않기 때문에 건물의 분리가 일어나지 않은 곳도 있었다. 보다 높은 밀도의 LiDAR 자료를 사용한다면 건물 분리와 미추출 건물의 추출, 84% 정도인 건물추출정확도를 높일 수 있을 것으로 보인다. 마찬가지로 LiDAR 자료를 통한 건물추출은 외곽선이 불규칙하기 때문에 선형화 과정을 거쳤는데, 1개의 건물을 제외한 나머지는 거의 방향과 모양이 일치하였다. 이는 곧 LiDAR 자료를 통하여 수치지도 갱신이 가능하다는 점을 시사한다.

셋째, 현재 우리나라는 도시지역을 중심으로 1:1,000 수치지도 제작을 하고 있는데, 실험 결과로는 1:1,000 수치지도 정확도 규정을 만족시키지 못하고 있다. 높은 밀도의 LiDAR 자료가 필요하고, 오차포인트들을 정확하게 제거할 수 있는 알고리즘에 대한 연구가 더 필요할 것으로 보인다.

참고문헌

- 1) 김형태, 2001. "GIS 건물레이어 자동구축을 위한 LiDAR 자료와 항공사진의 융합", 서울대학교 공학박사 학위논문.
- 2) 오재홍, 2001. "Laser Scanning Data를 이용한 건물 외곽선 추출에 관한 연구", 서울대학교 공학석사 학위논문.
- 3) 이병길, 2001. "대축척 DSM 제작을 위한 항공레이저측량 데이터의 보정에 관한 연구", 서울대학교 공학박사 학위논문.
- 4) Gülch, E., 1998. "On the performance of semi-automatic building extraction", International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol.32, part 3/1, pp. 331-338.
- 5) Henricsson, O. and Baltsavias, E., 1997. "3-D Building Reconstruction with ARUBA: A Qualitative and Quantitative Evaluation", Automatic Extraction of Man-Made Objects from Aerial and Space Image(II), pp 65-76.
- 6) Roux, M. and MacKeown, D. M. 1994. "Feature matching for building extraction from multiple views", proceedings of ARPA Image Understanding Workshop, pp. 331-349
- 7) Seresht, M. and Azizi, A., 2000. "Automatic Building Recognition from Digital Aerial Images", Proceeding of the 19th ISPRS Congress, Book 3B, pp. 792-798, Amsterdam
- 8) Wang, Z., 2000. "Building Extraction and Reconstruction from LiDAR Data", Proceeding of the 19th ISPRS Congress, Book 3B, pp. 958-964, Amsterdam
- 9) Wehr, A. and Lohr, U., 1999. "Airborne Laser Scanning - an Introduction and Overview", ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing, Vol 54, pp. 68-82.
- 10) Weidner, U. and Föstner, W., 1995. "Towards Automatic Building Extraction from High-resolution Digital Elevation Models", ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing, 50(4), pp. 38-49.