



LiDAR 데이터를 이용한 수치지도 제작 방안 연구 A Study on Digital Mapping using LiDAR Data

이현직* · 류지호** · 김홍섭***

Lee, Hyun Jik · Ru, Ji Ho · Kim, Hong Sub

要 旨

최근 LiDAR 데이터를 이용한 3차원 위치 정보와 지표면 속성정보를 취득하는 연구가 많이 진행되고 있다. LiDAR 데이터는 높은 위치정확도를 지니며, 데이터의 취득시 바로 지상좌표를 취득함으로써 좌표의 변환이 필요 없기 때문에 좀더 빠르게 데이터를 처리할 수 있는 장점을 가지고 있다. 본 연구에서는 LiDAR 데이터만을 이용하여 수치지도의 가장 많은 부분을 차지하는 도로, 건물, 등고선을 제작하여, 기존 수치지도와 정확도를 비교함으로써 LiDAR 데이터만을 이용한 수치지도제작의 가능성을 평가하였다.

핵심용어 : LiDAR 데이터, 수치지도제작

Abstract

Recently, the studies on the extraction of 3-dimension position information and attribute information of ground surface using LiDAR data. LiDAR data has high locational accuracy, and advantage that can process data more fast because there's not coordinate transform when acquire of Data justly the ground coordinate by Acquiring. The paper using only LiDAR data Manufacture road, building, contour That occupy a many parts of Digital Map. Estimated for possibility of Digital mapping using only LiDAR data As that compare accuracy with Digital map.

Keywords : LiDAR data, Digital mapping

1. 서 론

1995년 이후 정부에서는 국토의 효율적 이용 및 관리, 도시계획 수립, 환경 및 재난관리 등 여러 분야에서 지리정보의 광범위한 활용을 위하여 국가지리정보구축사업을 추진하고 있다. 이 사업은 지형도 수치지도화사업, 공통주제도 수치지도화사업, 지하시설물도 수치지도화사업, 도시시설물도 수치지도화사업, 기본지리정보구축 등 핵심 지리정보에 대한 구축사업을 중심으로 추진되어 왔다.

지리정보의 구축으로 공공기관 및 민간에서 수요가 높은 지도들을 수치지도화하여 상호 공유함으로써 지리정보활용시스템 개발을 촉진하고 국가 공간정보데이터베이스 기반을 마련하는데 중추적인 역할을 하는 것으로서 그 활용성이 매우 높다고 할 수 있다.

그러나, 현재 국가보유 수치지도는 수정/갱신 주기의 지연으로 최신의 정보를 제공하지 못하는 문제점을 안고

있다. 따라서 지리정보의 가장 기본적인 자료인 수치지도의 최신성 확보를 위한 효율적인 제작 및 수정/갱신 방안이 요구되고 있다.

기존의 아날로그카메라를 이용한 항공사진측량을 통하여 수치지도를 제작할 경우 도화기에 의하여 대부분의 공정이 수작업 방식으로 작업이 이루어지며, 비용, 시간, 인력의 소모가 많이 발생하게 된다. 또한 수치사진측량 기법을 활용하더라도 필름의 스캐닝 과정으로 인한 왜곡 오차 및 추가 비용이 발생하게 된다. 이에 비해 최근 연구가 활발히 진행되고 있는 GPS/INS와 디지털카메라를 이용한 항공레이저측량(LiDAR)은 지모, 지물 등에 대한 3차원 데이터를 실시간으로 취득함으로써 지형의 정확한 파악이 가능하고, 디지털카메라를 이용한 영상정보의 활용으로 항공레이저측량이 가지는 정량적 자료와 더불어 정성적 자료의 취득까지 가능하다. 또한 기존 항공사진측량에 비해 전체 경비를 최대 60~70%정도로 절감할

2006년 3월 8일 접수, 2006년 5월 9일 채택

* 정회원·상지대학교 건설시스템공학과 부교수 (hjikle@mail.sangji.ac.kr)

** 교신저자·정회원·상지대학교 건설시스템공학과 석사과정 (sjce96@hanmail.net)

*** 정회원·상지대학교 건설시스템공학과 석사과정 (subyhong@lycos.co.kr)

수 있으며, 작업공정을 단축할 수 있어 짧은 시간에 3차원 수치지도의 제작이 가능하다. 그러나 LiDAR를 이용한 수치지도의 제작 및 수정/갱신에 대한 연구가 미흡한 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 LiDAR를 이용하여 수치지도의 제작 방안을 제시하여 새로운 수치지도 제작 기술의 토대를 마련하고자 한다.

2. LiDAR 데이터를 이용한 수치지도 제작 방안

LiDAR 시스템은 항공기에 탑재한 센서로부터 레이저를 대상물에 주사하여 반사된 레이저파의 도달시간을 측정함으로써 대상물의 3차원 위치를 계산한다. LiDAR 데이터는 X, Y, Z 3차원좌표와 레이저의 반사율을 나타내는

반사강도(Intensity)로 구성된 비정규 포인트 데이터이다. 따라서 모든 지모, 지물은 3차원좌표와 반사강도로 표현되어 진다.

LiDAR 데이터를 이용하여 수치지도도를 제작하기 위해서는 우선 LiDAR 데이터의 특성(Z값, 반사강도)을 고려한 필터링 기법을 통하여 지물, 지모의 분류를 수행하였다.

분류된 지물, 지모의 포인트 데이터를 활용하여 수치지도의 Layer 별 벡터화를 수행하게 되는데 본 연구에서는 지물에서는 건물, 도로 지모에서는 등고선을 실험대상 Layer로 선정하여 벡터화를 수행하였다.

제작된 Layer는 정확도 검증은 수치지도의 완성도를 검증하기 위하여 기존 1:1,000 수치지도를 대상으로 제작된 Layer의 면적 및 시각적 분석을 수행하였으며, GPS 측량을 통한 위치정확도 분석을 수행하였다. 그림 1은 본 연구의 방법을 나타낸 것이다.

2.1 대상지역 선정 및 실험자료

대상지역은 다양한 지물, 지모를 포함하고 있는 대전시 일원으로 1:5,000 수치지도 1도엽에 해당되는 지역을 선정하였다. 그림 2는 대상지역의 디지털항공사진이다.

제작된 Layer의 완성도를 분석하기 위하여 대상지역의 1:1,000 수치지도 25도엽을 확보하여 분석을 수행하였다.

LiDAR데이터는 Optech사의 ALTM 30/70을 이용하여 디지털 영상과 동시에 취득되었으며, 비행고도는 약 1,400m 이고, 중복도는 50%, 점밀도는 1m²당 5~8점의 고밀도

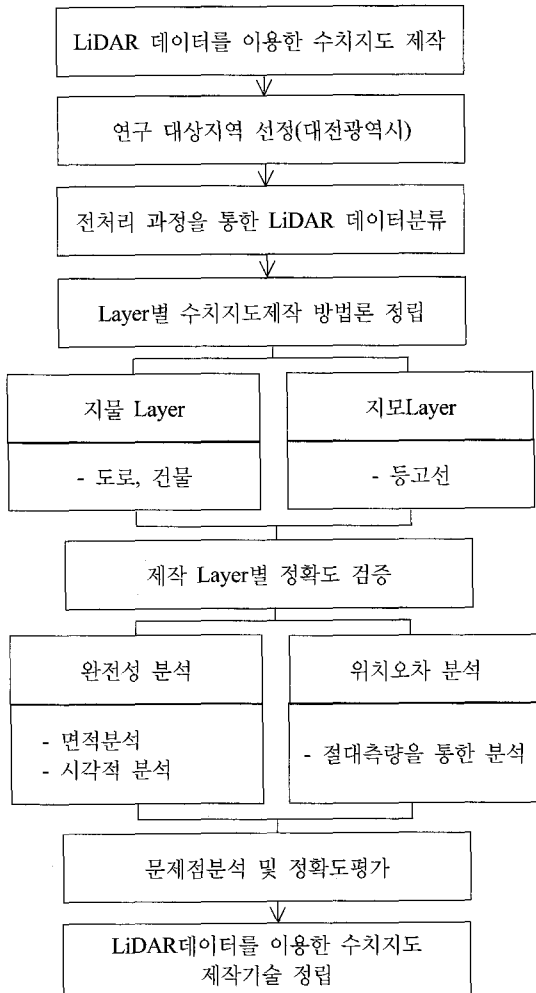


그림 1. 연구방법

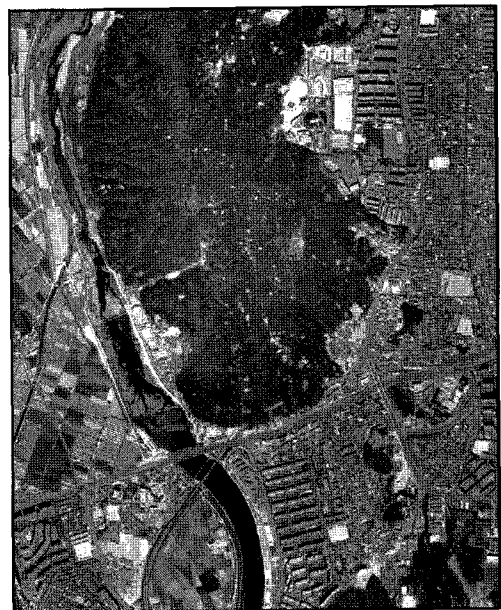


그림 2. 실험 대상지역의 디지털항공사진

의 데이터를 획득하여 실험을 수행하였다. 표 1은 LiDAR 측량 장비의 제원을 나타낸 것이다.

2.2 전처리 과정을 통한 LiDAR 데이터 분류

LiDAR 데이터는 3차원좌표와 반사강도를 포함한 4개 속성을 가진 포인트 데이터로 수치지도제작을 위한 지물, 지모 Layer 별로 분류작업을 수행하였다.

데이터의 처리는 Bentley사의 Microstation과 TerraSolid사의 TerraScan을 이용하여 각 대상 Layer로 분류하였다. 그림 3은 Layer 별 분류과정을 나타낸 것이다.

2.2.1 순수지표면의 추출

순수지표면의 추출은 지형의 특성을 고려하여 적절한 조건값(최대건물의 크기, 수렴각, 수렴거리)을 부여하여

순수지표면을 추출한다.

그림 4는 순수지표면을 추출하기 위한 조건요소들이며, 그림 5는 추출한 대상지역의 순수지표면이다.

2.2.2 식물군 추출

식물군의 추출은 앞서 추출한 순수지표면을 기준으로

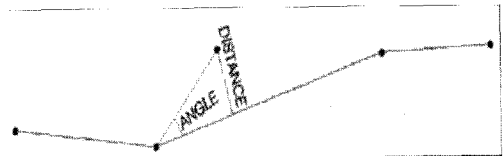


그림 4. 순수지표면 추출의 조건요소

표 1. LiDAR 측량장비의 제원

항 목	제 원
비행고도	200~3,000 m
평면정확도	1/2000 × 고도 (1σ)
높이정확도	<15cm at 1200m (1σ), <25cm at 2000m (1σ), <35cm at 3000m (1σ)
반사해상력	1cm 이상의 객체
반사파 감지력	Last Pulse를 포함한 4개의 반사파(4 layers)
반사분해력	12 bit
스캔주기	최고 70Hz
스캔 각	0~±25°, ±1°씩 증감
주사 폭	(0~0.93) × 비행고도
레이저 주사율	33kHz(최고 비행고도가 3km 이내) 50kHz(최고 비행고도가 2km 이내) 70kHz(최고 비행고도가 1.5km 이내)



그림 5. 대상지역의 순수지표면

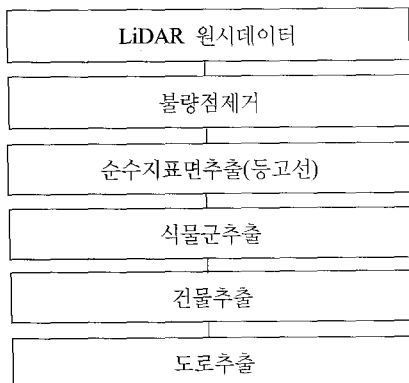


그림 3. LiDAR데이터의 Layer 분류 과정



그림 6. 분류된 식물군

일정높이 내의 포인트들을 식물군으로 추출한다. 그림 6은 대상지역에 추출한 식물군이다.

2.2.3 건물추출

건물의 추출은 수순지표면과 식물군 높이 이상의 점들로부터 건물의 최소면적, 지붕의 각도를 기준으로 하여 추출하였으며, 그림 7은 추출한 건물이다.

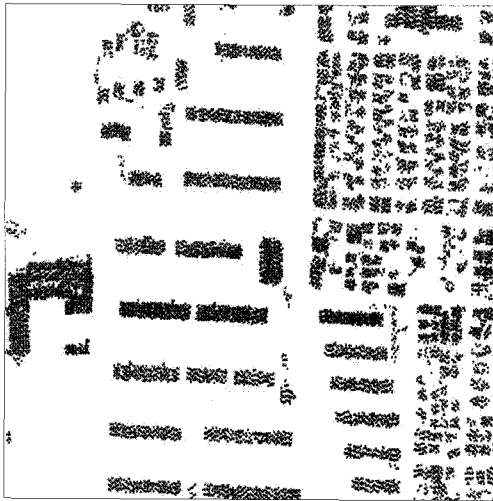


그림 7. 분류된 건물군

표 2. 0.9 μ m 적외선 레이저의 물질별 반사도

물 질	반 사 도
White paper	up to 100%
Dimension lumber	94%
Snow	80~90%
Beer foam	88%
White masonry	85%
Limestone, Clay	up to 75%
Newspaper with print	69%
Tissue paper, with ply	60%
Deciduous trees	typ. 60%
Carbonate sand(dry)	57%
Beach sands	typ. 50%
Carbonate sand(wet)	41%
Coniferous trees	typ. 30%
Rough wood pallet(clean)	25%
Concrete, smooth	24%
Asphalt with pebbles	17%
Lava	8%
Black neoprene	5%
Black rubber tire wall	2%

2.2.4 도로추출

LiDAR 시스템의 레이저센서는 레이저를 발사하여 반사광을 측정하는 센서로, 주고 0.9 μ m 파장의 적외선 레이저를 사용한다. 표 2는 0.9 μ m 파장의 적외선 레이저의 물질별 반사도를 나타낸 것으로 도로 포장에 많이 사용되는 아스팔트와 콘크리트가 약 17~24%로의 반사도를 보이는 것을 알 수 있다. 실험대상지역의 반사강도는 0~42까지의 데이터이며, 이중 도로는 수순지표면으로부터 반사강도가 24% 이내인 0~13까지의 값을 갖는 포인트로 추출하였다. 그림 8은 추출된 도로 포인트이다.

2.3 각 Layer 별 포인트의 벡터화

LiDAR 데이터로부터 각 Layer별로 분류된 포인트 데이터를 기초로하여 건물, 도로, 등고선의 벡터화를 수행하였다.

2.3.1 건물 Layer의 벡터화

건물의 벡터화는 Terrascan을 이용하였으며, 불규칙한 외곽선을 자동으로 검출한 후에 불규칙한 벡터들의 방향을 정해주고 복잡한모양의 벡터들을 정형화시켜준다. 추출한 외곽선들을 포인트 데이터와 비교하며 수작업을 통하여 건물의 3차원 벡터를 제작할 수 있었다. 그림 9는 건물 제작과정의 모습이며, 그림 10은 제작한 건물의 3차원좌표데이터의 모습이다.

2.3.2 도로의 벡터화

도로의 선형화는 전처리과정을 통하여 추출한 도로 포인트 데이터를 포인트간의 불규칙한 도로선을 생성한 후,



그림 8. 분류된 도로

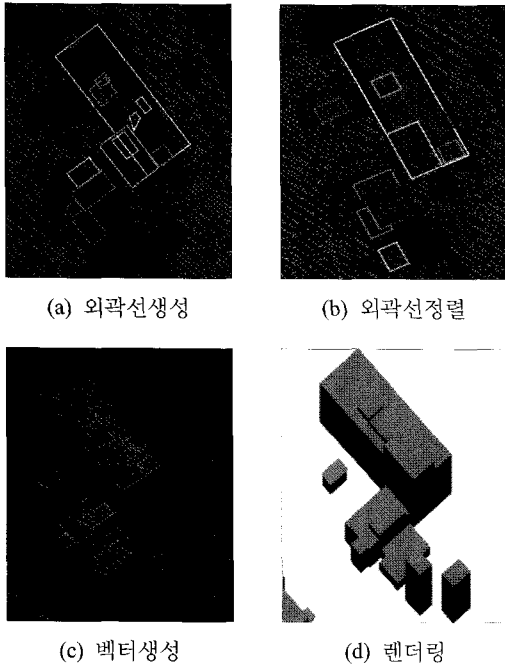


그림 9. 건물의 제작과정

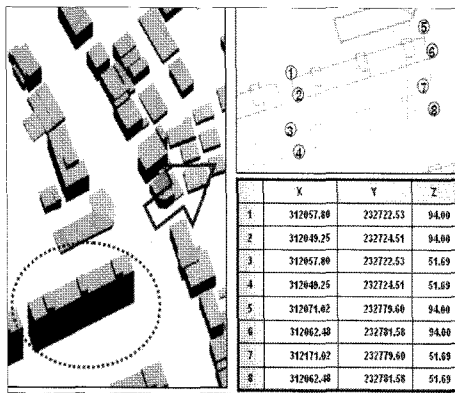


그림 10. 건물의 3차원좌표 데이터

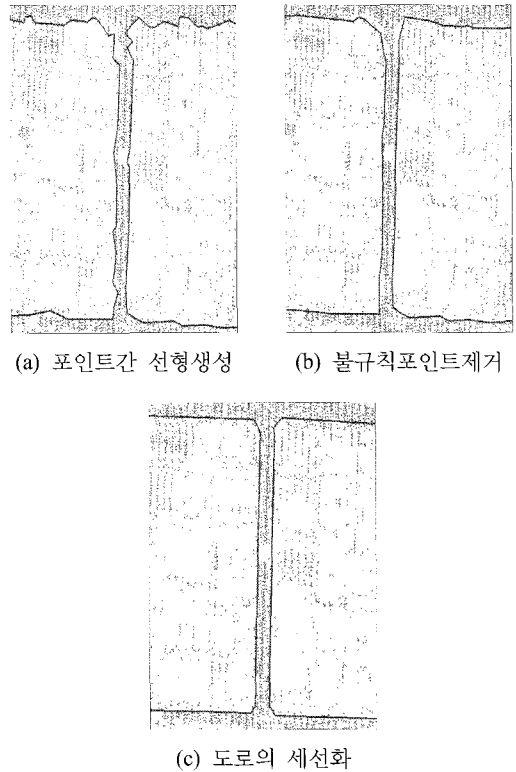


그림 11. 도로의 제작과정

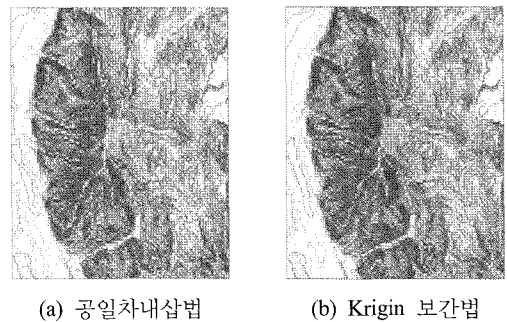


그림 12. 보간법별 등고선생성

불규칙한 점을 제거하여 도로를 세선화한다. 그림 11은 도로의 세선화과정을 나타낸 모습이다.

2.3.3 등고선 Layer의 벡터화

등고선의 제작은 전처리 과정에서 분류된 순수지표면의 불규칙한 포인트를 보간법을 이용하여 1×1m의 Grid 모델을 생성한 후 생성된 Grid 모델로부터 등고선을 자동으로 추출하였다. Grid 모델 생성을 위해 공일차내삽법(Bilinear Interpolation), Kriging 보간법(Kriging Interpolation), B-Spline 보간법(B-Spline Interpolation)을 사용

하였다.

그림 12는 각 보간법을 이용해 생성된 DEM으로부터 추출된 등고선이다.

3. Layer 별 정확도 검증

Layer 별 정확도 검증에서는 건물, 도로 대해서는 완전성과 위치오차를 분석하였다. 등고선은 시각적 분석과 체적분석을 수행하여 정확도를 검증하였다. 완전성분석은 제작된 Layer와 수치지도의 상대적인 형태, 면적 등을 비교하였으며, 위치오차 분석은 수치지도를 기준으로 상대적인 위치오차와 GPS 측량 결과를 기준으로 절대위치 오차 비교함으로써 LiDAR 데이터로 수치지도의 제작 가

능성을 정량적, 정성적으로 분석을 하였다.

3.1 완전성 분석

건물은 고밀도주거지역과 저밀도주거지역으로 나누어 완전성 및 위치오차를 분석하였다.

3.1.1 건물 Layer

① 고밀도주거지역

표 3은 제작된 건물 Layer와 1:1,000 수치지도의 건물 Layer를 비교한 것으로 그림 13과 같이 수치지도상에 2개의 건물로 나타나 있으나 제작된 건물은 하나로 표현되는 경우가 발생하였다. 이것은 건물과 건물사이의 폭이 좁고, 도로의 포장재질의 차이로 인해 건물, 도로의 제작이 불가능하였다.

고밀도주거지역의 경우 건물의 3차원적모양이 단순하고(지붕의 높이차이) 면적이 넓은 지역이 비교적 정확한 정확도를 보였으며, 건물사이의 거리가 좁고 건물의 모양이 복잡한 건물에 대해서는 두개의 건물이 하나로 표현되거나, 추출이 불가능부분이 발생하고(수치지도건물 : 24, LiDAR건물 : 21개), 낮은 정확도를 나타내고 있다.

분석결과 평균적으로 80% 이상의 면적의 정확도를 보이고 있으나 9, 12, 13번과 같이 두개의 건물이 하나로 표현되는 경우를 볼 수 있었고, 수치지도로서의 정확도에 미치지 못하는값을 볼 수 있었다. 비교적 높은 정확도를 지니는 부분은 주변의 건물과 폭이 넓은 지역과 건물의 면적이 넓은 부분이며, 문제점을 보이는 부분은 LiDAR데이터만을 이용하여 수치지도를 제작하기는 어렵고, 좀더 보완할 수 있는 방법이 필요할 것이다.

② 저밀도주거지역

저밀도 주거지역은 건물과 건물사이의 거리가 넓고 또 건물면적이 고밀도주거지역에 비해 크기 때문에 높은 정확도를 볼 수 있었다. 저밀도주거지역에서는 그림 14와

표 3. 수치지도와의 고밀도주거지역 면적비교 (단위 : m²)

번호	면적비교(고밀도 주거지역)		
	수치지도	LiDAR	비율(%)
1	95.18	94.33	99.11
2	74.03	38.86	52.49
3	120.40	120.65	100.20
4	141.99	109.39	77.04
5	100.74	47.63	47.28
6	96.57	48.98	50.72
7	100.62	65.85	65.44
8	86.24	76.08	88.22
9	101.15 90.04	165.12	86.36
10	94.62	51.37	54.29
11	103.14	85.06	82.47
12	99.13 88.34	159.59	85.13
13	191.39 91.41	241.38	85.35
14	80.01	27.51	34.38
15	101.64	94.23	92.70
16	130.05	112.00	86.12
17	180.39	137.14	76.02
18	144.09	151.02	104.80
19	133.80	151.41	113.16
20	443.57	432.65	97.53
21	463.00	483.14	104.35
평균			80.15

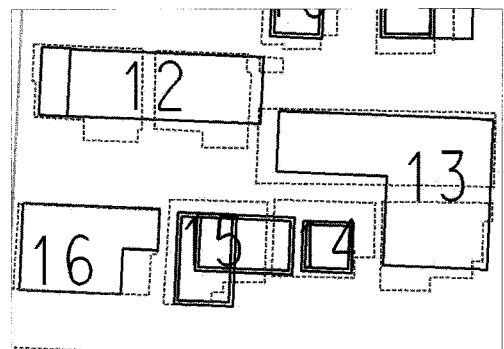


그림 13. 고밀도주거지역의 문제점

같이 높이차이가 나는 하나의 건물을 두개의 건물로 표현되는 경우가 발생하였는데, 두개로 나뉜 건물의 면적의 합도 수치지도와 큰 차이를 나타내지 않았다. 표 4는 저밀도 주거지역의 면적비교이다.

저밀도주거지역의 분석결과 LiDAR데이터만으로 제작한 건물과 수치지도의 건물의 면적차이는 97%이상의 높은 정확도를 보였으며, 하나의 건물이 두개로 나뉘는 부

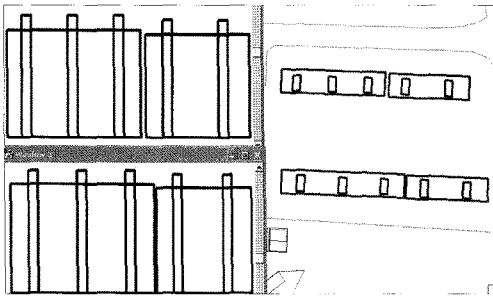


그림 14. 저밀도주거지역의 문제점

표 4. 수치지도와의 저밀도주거지역 면적비교 (단위 : m²)

	면적비교(저밀도주거지역)			
	수치지도	LIDAR	비율(%)	
1	708.11	687.48	97.09	
2	479.08	453.59	94.68	
3	478.78	489.57	102.25	
4	722.83	725.58	100.38	
5	614.77	590.55	96.06	
6	810.34	766.84	94.63	
7	1145.53	1132.83	98.89	
8	1178.99	1099.66	93.27	
9	676.59	684.25	101.13	
10	909.02	904.64	99.52	
11	964.37	1003.91	104.10	
12	966.13	1056.54	109.36	
13	877.69	872.48	99.40	
14	512.64	484.08	94.43	
15	508.69	483.41	95.03	
16	857.70	805.76	93.94	
17	1060.17	1003.89	558.76	94.69
			425.38	
18	860.10	717.41	83.41	
19	1145.58	1100.08	657.45	96.02
			433.52	
평균				97.28

분에 대해서는 보완할 수 있는 방법이 필요할 것이다.

3.1.2 도로 Layer

도로의 분석은 그림 15와 같이 구간별로 나누어 분석

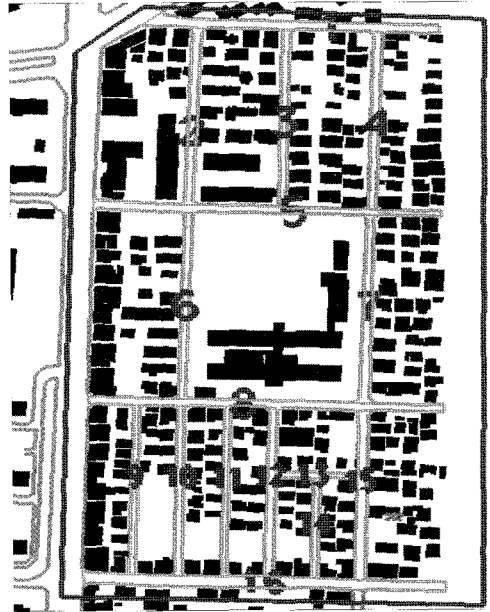


그림 15. 도로분석지역

표 5. 수치지도와의 도로 연장, 면적비교

	수치지도		LIDAR		면적비율 (%)
	면적(m ²)	연장(m)	면적(m ²)	연장(m)	
1	1077.78	176.22	1184.11	176.99	109.87
2	829.83	135.73	721.41	136.68	86.93
3	828.52	135.59	640.82	136.74	77.35
4	1380.19	213.03	1112.98	214.30	80.64
5	872.79	142.85	663.18	143.45	75.98
6	875.01	142.18	800.88	145.03	91.53
7	1400.16	222.19	1190.80	219.48	85.05
8	501.61	130.25	537.84	130.38	107.22
9	776.79	131.33	599.56	130.53	77.18
10	518.24	131.89	528.59	130.77	101.99
11	773.40	131.96	702.83	129.92	90.88
12	214.40	49.71	224.64	50.00	104.78
13	318.54	77.53	332.75	76.72	104.46
14	803.14	132.28	842.33	130.48	104.88
15	1651.69	222.91	1813.28	224.18	109.78
평균					93.90

을 수행하였으며, 건물과 같이 각 구간별 면적값과 거리에 대해 수치지도와 비교분석 하였다. 표 5는 수치지도의 도로와의 분석값이다.

도로의 분석결과 거리의 차이는 크게 나지 않았으며, 면적의 경우 주로 수치지도상의 도로보다 적게 나오는 것을 볼 수 있었는데, 계절에 따른 가로수일, 인도재질의 차이 등에 의해 낮은 수치를 보였다.

3.2 위치오차 분석

위치오차의 분석은 대상지역에 대해 실측(GPS측량)을 통하여 위치정확도를 평가하였다. GPS측량은 Trimble社 4800, 5700 GPS수신기를 이용하여 청주, 상주, 전주에 위치한 상시관측소를 이용, 2개의 기준점좌표를 이용하여

여 측량하였다.

측량지역은 고밀도주거지역, 저밀도주거지역(아파트), 도로Layer부분으로 나누어 측량하였으며, 그림 15~17은 GPS측점의 모습이다.

고밀도주거지역과 저밀도주거지역의 측량은 그림 18과 같이 지지대를 사용하여 정확한 건물의 모서리점을 측량하였으며, 도로 측량은 그림 19와 같이 도로직선부의 끝점, 모서리점을 삼각대를 이용하여 측량하였다.

고밀도주거지역 10점, 저밀도주거지역 16점, 도로 7점을 GPS측량을 통하여 취득하였으며, LiDAR를 이용하여 제작한 건물과의 정확도를 평가하였다. 표는 고밀도주거지역, 저밀도주거지역, 도로의 위치정확도 분석결과이다.

고밀도주거지역의 경우는 면적비교와는 다르게 위치오차는 RMSE가 $\pm 0.6m$ 이하의 높은 정확도를 보였는데,



그림 16. 고밀도주거지역 측점

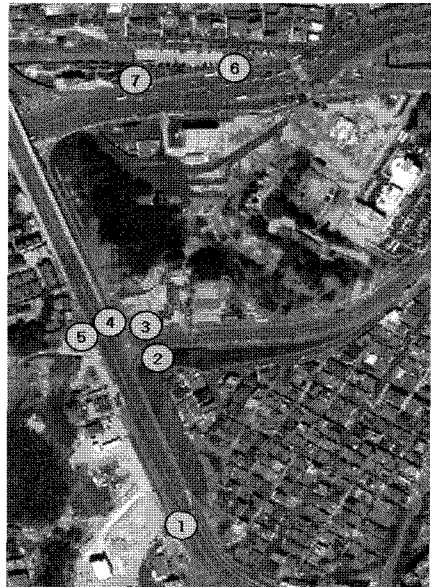


그림 18. 도로 측점

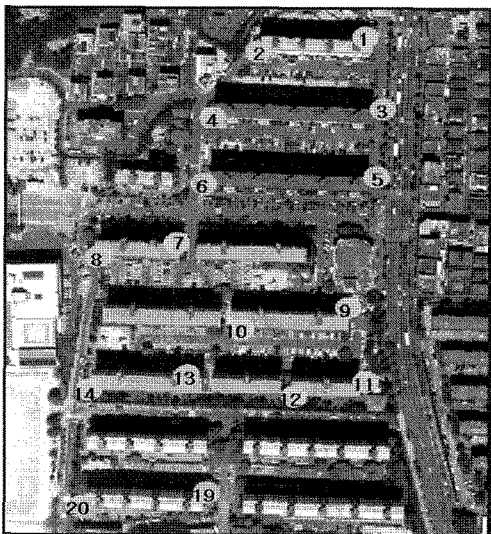


그림 17. 저밀도주거지역 측점



그림 19. 건물의 GPS측량

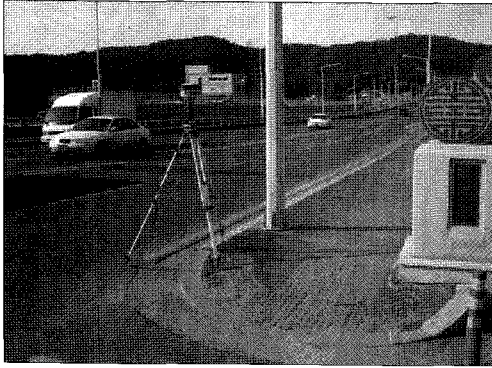


그림 20. 도로의 GPS측량

표 6. 저밀도주거지역의 GPS데이터와 비교 (단위 : m)

측점	GPS		LiDAR		평면위치오차		
	X	Y	X	Y	dx	dy	거리
1	314033.48	233224.46	314033.85	233223.97	-0.37	0.49	0.62
2	314025.82	233152.89	314025.76	233153.40	0.06	-0.51	0.52
3	313979.78	233226.48	313979.64	233225.29	0.14	1.19	1.20
4	313973.50	233122.30	313973.11	233122.79	0.39	-0.49	0.63
5	313926.16	233224.35	313926.97	233223.58	-0.81	0.77	1.12
6	313919.84	233119.86	313920.51	233121.06	-0.67	-1.20	1.37
7	313874.39	233101.97	313874.43	233101.76	-0.04	0.21	0.21
8	313864.03	233047.07	313863.39	233047.28	0.64	-0.21	0.67
9	313818.56	233210.38	313818.88	233210.15	-0.32	0.23	0.39
10	313808.59	233134.40	313807.58	233134.38	1.01	0.02	1.01
11	313765.99	233218.08	313766.01	233217.48	-0.02	0.60	0.60
12	313756.23	233173.73	313756.00	233175.68	0.23	-1.95	1.96
13	313769.57	233115.88	313769.40	233115.37	0.17	0.51	0.54
14	313759.75	233044.78	313759.65	233044.92	0.10	-0.14	0.17
19	313675.38	233117.34	313674.98	233117.18	0.40	0.16	0.43
20	313667.47	233039.91	313667.79	233040.26	-0.32	-0.35	0.48
평균제곱근오차(RMSE)					±0.47	±0.77	±0.90

표 7. 고밀도주거지역의 GPS데이터와 비교 (단위 : m)

측점	GPS		LiDAR		평면위치오차		
	X	Y	X	Y	dx	dy	거리
1	312296.49	232938.00	312297.12	232938.53	-0.63	-0.53	0.82
2	312254.06	232986.70	312254.53	232986.62	-0.47	0.08	0.48
3	312238.42	232960.57	312238.17	232960.57	0.25	0.00	0.25
4	312254.71	232946.71	312255.09	232947.12	-0.38	-0.41	0.56
5	312211.64	232882.16	312211.84	232881.55	-0.20	0.61	0.64
6	312207.73	232860.65	312208.24	232860.16	-0.51	0.49	0.71
7	312199.94	232818.99	312200.46	232819.05	-0.52	-0.06	0.53
8	312224.16	232798.29	312224.18	232798.12	-0.02	0.17	0.17
9	312275.20	232870.28	312274.88	232869.93	0.32	0.35	0.48
10	312216.13	233024.58	312216.20	233024.45	-0.07	0.13	0.15
평균제곱근오차(RMSE)					±0.41	±0.37	±0.55

이는 면적의 차이는 있으나 건물의 모서리부분은 저밀도 주거지역과 마찬가지로 높은 정확도를 보이기 때문에 건물의 외형적 모양, 면적의 정확도를 높일 수 있는 방안을 추가적으로 연구해야 할 것이다.

도로의 경우는 인도 포장재질의 불규칙과 같은 반사도의 불규칙함, 계절에따른 가로수의 무성함과 같은 점밀도의 저하로인하여 비교한 데이터중 가장 낮은 정확도를 보였다.

3.3 등고선 Layer

등고선의 정확도를 정량적으로 분석하기 위하여 우선 보간법으로 이용하여 제작된 각 등고선과 1:1,000 수치지도의 등고선을 이용하여 DEM 제작하여 체적과 표고별 면적 비율을 비교하였다. 또한 각 DEM의 표고차이를 계산하여 표고에 대한 오차를 분석하였다. 정확도 비교의 기준값은 원시 LiDAR 데이터로부터 DEM을 제작하였다. 표 9와 10은 각 DEM의 체적 및 표고별 면적 비율을

표 8. 도로의 GPS데이터와 비교 (단위 : m)

측점	GPS		LiDAR		평면위치오차		
	X	Y	X	Y	dx	dy	거리
1	312007.19	233295.76	312007.12	233295.36	0.07	0.40	0.40
2	312200.03	233274.74	312200.91	233274.71	-0.88	0.03	0.88
3	312215.27	233257.45	312215.13	233257.45	0.14	0.00	0.14
4	312224.63	233225.48	312224.72	233225.55	-0.09	-0.07	0.12
5	312191.95	233219.55	312192.52	233220.83	-0.57	-1.28	1.40
6	312494.58	233351.95	312494.81	233351.90	-0.23	0.05	0.23
7	312475.07	233251.98	312475.49	233251.90	-0.42	0.08	0.43
평균제곱근오차(RMSE)					±0.48	±0.55	±0.73

표 9. 보간법별 등고선의 체적비교(단위 : 10⁸m³)

항목	LiDAR	Bilinear	Kriging	B-Spline	수치지도
체적	1.7408	1.7414	1.7417	1.741	1.7448
체적오차		-0.00068	-0.00098	-0.0003	-0.004

표 10. 등고선의 표고변 면적비율 (단위 : %)

표고(m)	LiDAR	Bilinear		Kriging		B-Spline		수치지도	
		비율	오차	비율	오차	비율	오차	비율	오차
40~60	18.63	18.48	0.15	18.47	0.16	18.59	0.04	17.91	0.72
60~80	5.89	5.89	0	5.92	-0.03	5.90	-0.01	5.90	-0.01
80~100	9.68	9.73	-0.05	9.72	-0.04	9.67	0.01	9.48	0.2
100~120	15.46	15.53	-0.07	15.51	-0.05	15.47	-0.01	15.71	-0.25
120~140	18.32	18.29	0.03	18.30	0.01	18.32	0	18.32	0
140~160	17.26	17.34	-0.08	17.36	-0.1	17.28	-0.02	17.68	-0.42
160~180	11.17	11.18	-0.01	11.17	0	11.18	-0.01	11.26	-0.09
180~200	3.50	3.48	0.02	3.47	0.03	3.50	0	3.64	-0.15
200이상	0.09	0.08	0.01	0.08	0.01	0.09	0	0.10	-0.01

표 11. 등고선의 DEM별 표고오차

표고차(m)	Bilinear	Kriging	B-Spline	수치지도
-1미만	28.68	26.39	2.65	26.75
-1~0	20.57	22.77	47.58	10.76
0	41.75	43.42	49.62	32.29
0~1	7.07	5.85	0.09	13.95
1 이상	1.93	1.57	0.06	16.25
합계	100	100	100	100

비교한 결과를 나타낸 것이다.

체적 및 표고별 면적 비율을 분석한 결과 수치지도의 오차가 가장 크게 발생하였으며, B-Spline 보간법을 이용해 제작된 등고선이 오차가 적은 것으로 나타났다.

표고오차를 분석한 결과 제작된 등고선의 경우 최저 표고차는 -4m, 최저표고차는 5m로 나타났으며, 수치지도의 경우 최저 표고차는 -7m, 최대 표고차는 10m로 나타났다. 표 3은 표고차에 대한 비율을 나타낸 것으로 1m의 표고차가 발생한 비율은 공일차내삽법과 Kriging 보간법은 약 70%, B-Spline 보간법은 90%이상으로 나타났다. 반면 수치지도의 경우 약 56%정도로 표고오차가 많이상대적으로 많이 발생한 것을 알 수 있었다.

4. 결 론

본 연구에서는 LiDAR데이터만을 이용하여 건물, 도로, 등고선 Layer를 제작함으로써 LiDAR데이터를 이용한 수치지도제작에 대한 가능성에 대해 분석을 하였으며, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

첫째, 건물에 제작에 있어 저밀도주거지역은 LiDAR데이터만을 이용하여 제작함에 있어, 실험결과 높은 정확도를 볼 수 있었으며, 고밀도주거지역의 경우 평균값보다 낮은 정확도를 보이는 부분에 대해서는 LiDAR데이터만을 이용하기 보다는 부가적인 자료를 이용함으로써 더 높은 정확도를 얻을 수 있는 보완책이 필요하다.

둘째, 도로Layer의 추출은 LiDAR데이터만의 특성인 반사강도를 이용한 추출이 가능하였으며, 촬영시 반사강도 취득범위를 넓게 함으로써(대상지역: 0~42) 포장재질이 다른 도로에 추출에 대한 연구가 더 필요할 것이라

본다.

셋째, 등고선은 여러 보간법을 이용하여 생성하였으며, 수치지도와 비교하였을시 B-Spline보간법을 이용하여 제작한 등고선이 가장 정확한 결과를 보였다.

넷째, 정확도분석 결과 축척 1:1,000 이상 대축척지도 제작에 대해서는 좀더 연구가 필요할 것으로 생각되고, 1:1,000수치지도 이하 소축척지도의 제작에 있어 LiDAR데이터를 이용하여 제작하는 것이 가능할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 2005년 상지대학교 교내연구비를 지원 받아 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. 건설교통부(2005), 2004년 3차원 공간정보구축 시범사업.
2. 건설교통부 국토지리정보원(2005), 다차원 공간정보구축에 관한 연구.
3. 김준철(2003), 레이저 스캐닝 데이터를 이용한 정밀 도로 수치 표고모델 제작에 관한 연구, 한국측량학회, *추계학술대회 논문집*, pp. 245-250.
4. 이원희, 김정옥, 유기윤, 김용일(2004), 수치지도와 LiDAR자료를 이용한 도시지역 건물 3차원 모델링에 관한 연구, *대한 토목학회 논문집*, Vol. 24 No. 2D, pp. 311-318.
5. 이원희, 유기윤(2003), 수치지도와 LiDAR자료를 이용한 도시지역 건물 3차원 모델링, 2003년 공동춘계학술대회.
6. 조우석, 이영진, 좌윤석(2003), 항공사진과 항공레이저 데이터를 이용한 건물 자동추출, *Korean Journal of Remote Sensing*, Vol. 19, No. 4, pp. 307-317.
7. 최윤수, 한상득, 위광재(2002), 도화원도를 이용한 LiDAR DEM의 정확도 평가, *한국측량학회지*, 제20권 제2호, pp. 127-136.
8. 한동엽, 조영욱, 김용일, 유기윤(2003), LiDAR 데이터의 점밀도에 따른 지물의 3D 모델링, *대한토목학회논문집*, 제23권 제5D호, pp. 711-717.
9. Matikainen, L., Hyypää, J., and Hyypää, dH, Automatic detection of building from laser scanner data for map updating, ISPRS Commission III, Workshop 3-D reconstruction from airborne laserscanner and InSAR data, 2003.
10. Hatger, C., Brenner, C., Extraction of road Geometry parameters from laser scanning and existing database, ISPRS Workshop 3-D reconstruction from airborne laserscanner and InSAR data, 2003.