

LiDAR 자료를 이용한 도시지역 모델링에 관한 연구 A study on the modeling of urban areas using LiDAR data

권승준¹⁾ · 한수희²⁾ · 김용일³⁾ · 유기윤⁴⁾

Kwon, Seung Joon · Han, Soo Hee · Kim, Yong Il · Yu, Ki Yun

¹⁾ 서울대학교 대학원 지구환경시스템 공학부 석사과정(E-mail:kwonsj77@snu.ac.kr)

²⁾ 서울대학교 대학원 지구환경시스템 공학부 박사과정(E-mail:scivile2@snu.ac.kr)

³⁾ 서울대학교 대학원 지구환경시스템 공학부 부교수 (E-mail:yik@snu.ac.kr)

⁴⁾ 서울대학교 대학원 지구환경시스템 공학부 조교수 (E-mail:kiyun@plaza.snu.ac.kr)

Abstract

LiDAR(Light Detection and Ranging) is considered to be a very accurate and useful tool for detection and reconstruction of ground objects. LiDAR data has information about both intensity and x,y,z position of the ground objects. LiDAR data can be collected from both first and last-return, which are called multi-return, with up to 5 different returns simultaneously. In this paper, an approach to reconstruct buildings in urban area using LiDAR multi-return data is presented. The reconstructed buildings are combined with DEM(Digital Elevation Model) produced from DSM(Digital Surface Model) in given area to implement 3D modeling. As a result, it is shown that buildings in urban area can be reconstructed and classified by the integration of the multi-return and intensity data of LiDAR.

1. 서 론

LiDAR(Light Detection and Ranging)는 다른 원격탐사 기술에 비하여 비교적 높은 수직정확도를 가지며 기후의 영향을 적게 받는 능동 센서를 탑재하여 이를 이용한 DSM(Digital Surface Model) 및 DEM(Digital Elevation Model) 제작, 3차원 가상현실 구현 등에 관한 연구가 매우 활발하게 이루어지고 있다. 특히 복잡한 구조의 도심 지역을 모델링 하는 경우에 기존의 원격탐사 방식으로는 한계가 있기 때문에 LiDAR가 중요한 원격탐사 기술로 부각되고 있다.

최근의 연구동향을 살펴보면, LiDAR 자료를 이용한 3차원 빌딩 추출과 재구성(Ahmed F. Elaksher, 2002), LiDAR 자료로부터 빌딩 추출과 재구성(Alharthy A, 2002)과 도로와 DTM(Digital Terrain Model)의 자동추출(Yong Hu, 2002)등이 연구되고 있다.

LiDAR는 대상체의 고도 정보와 대상체의 물질적 특성을 반영하는 반사강도(intensity) 정보를 제공한다. 이중 고도정보에는 대상물의 어느 부분에서 펄스(pulse)가 반사되는냐에 따라 구분될 수 있는 first-return과 last-return과 같은 멀티리턴(multi-return)정보가 포함된다. 이전 연구에서 주로 LiDAR의 multi-return을 통한 건물 추출 및 재구성(Ahmed F. Elaksher, 2002)과 도시 지역에서의 객체 자동 추출(Yong Hu, 2002)등이 수행된 상태이며, 본 연구에서는 3차원 도시지역 모델링의 한 과정으로서 LiDAR의 고도 멀티리턴 정보와 반사강도 정보를 함께 사용하여 도심 지역의 건물 및 수목 분할, 건물의 재질에 따른 분류 과정을 시행하고 실제 일부지역의 자료를 이용하여 간단한 3차원 도시 모델링을 수행하였다.

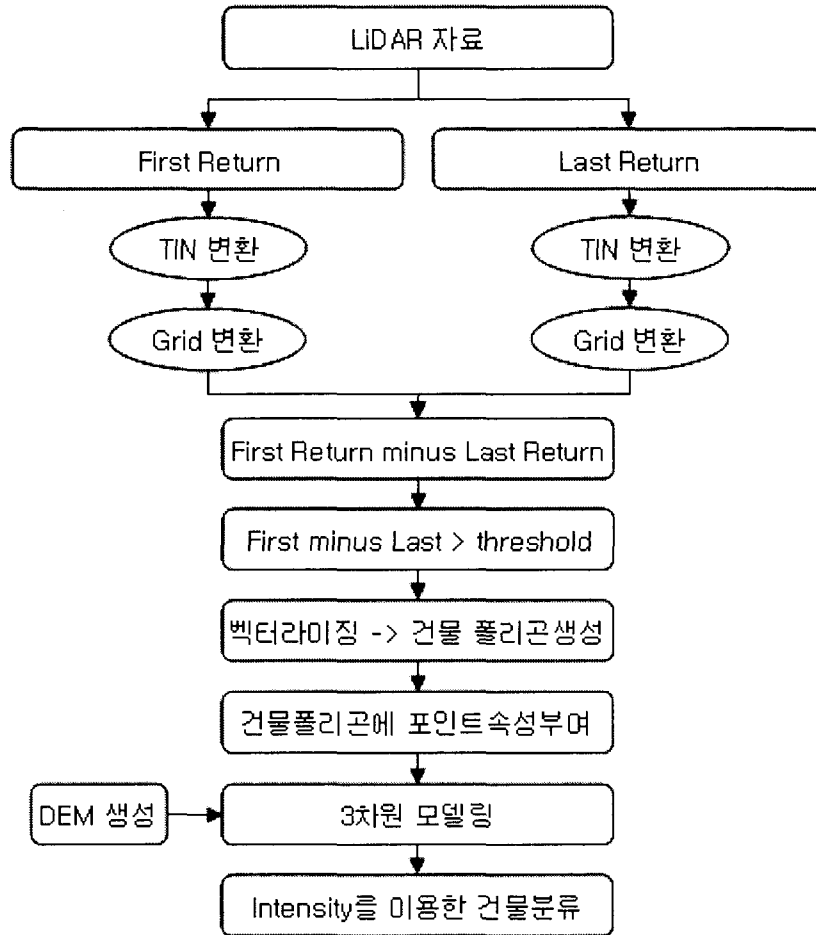


그림 1. 연구 흐름도

2. 멀티리턴과 대상물 추출

2.1 멀티리턴

LiDAR 시스템으로부터 발사된 레이저파는 투과성이 강하여 일부분은 먼저 수목의 윗 부분에서 반사되고 나뭇잎 등을 통과한 나머지 레이저파는 지면에서 반사된다. 여기서 수목과 먼저 반사된 레이저파를 first-return(first pulse)이라 하고 지면에 반사된 부분을 last-return(last pulse)이라고 한다.(그림 2) LiDAR 시스템에 따라 최대 5가지의 다른 반사값들을 취득하는게 가능하다.(Robert Burtch, 2001) 레이저파는 하나의 직선이 아니고 IFOV(Instant Field of View)를 가진다. 지면에 수직이 아닌 일정한 각을 이루며 입사되는 레이저파가 건물의 옆면에 닿을 경우 반사면은 타원형을 이루게 되고 이것이 멀티리턴을 형성하게 된다.(Robert Burtch, 2001) 또한 건물 지붕의 모서리에 닿을 경우 일부는 반사되고 일부는 지면까지 도달하여 반사되므로 역시 멀티리턴을 형성하게 된다. 따라서 멀티리턴은 레이저파 투과성 대상물과 건물의 모서리를 인식할 수 있는 자료로 사용될 수 있다.(Abdullatif Alharthy, 2002)

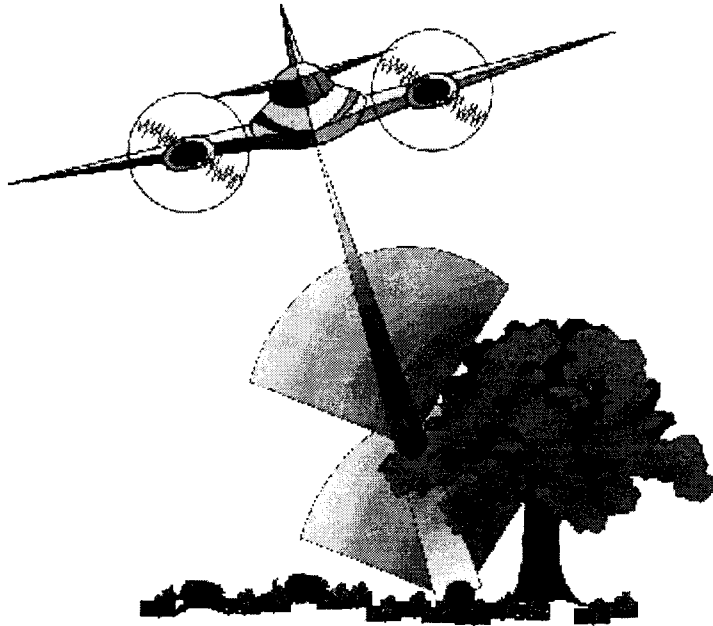


그림 2. 멀티리턴의 개념도

2.2 건물 추출

LiDAR 자료는 각 점마다 최대 5개의 반사정보(Robert Burtch, 2001)를 가지는 것이 가능하나, 본 연구에서는 2개의 반사 정보(first and last return)만을 가지는 원 LiDAR 자료를 사용하였다. 지표면이나 건물의 지붕, 자동차, 기타 인공구조물등 레이저파 비투과 대상물에서는 두 가지 반사 값의 차이가 거의 없으나, 건물의 모서리, 수목과 같이 멀티리턴을 형성하는 경우에는 차이가 발생한다. 따라서 first-return 영상(그림 3)과 last-return 영상(그림 4)의 차이 영상을 만들면 결과 영상(그림 5)은 건물의 외곽선과 수목의 일부를 의미하게 된다. 차이영상의 구현은 LiDAR의 first-return 레이어와 last-return 레이어간의 중복된 지점의 점 자료를 추출한 후, 고도값간의 산술 연산을 통해 구현하였다.



그림 3. First Return



그림 4. Last Return



그림 5. first-return minus last-return

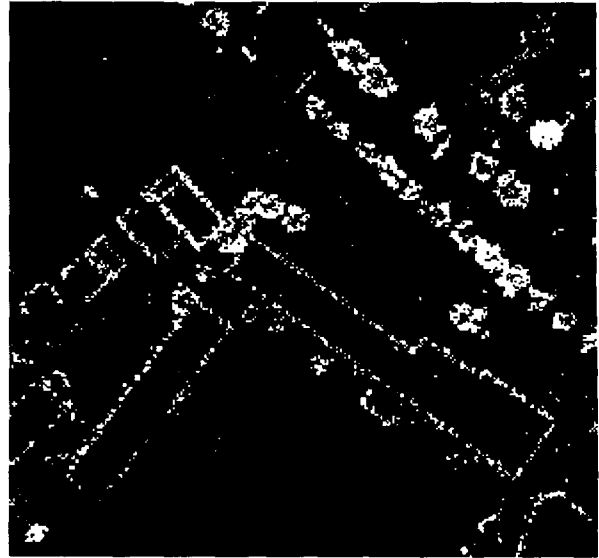


그림 6. first minus last > 0.2m

건물과 수목 영역을 명확히 추출하고자 (그림5) 영상에서 임계값(threshold)으로 0.2m를 사용하여 이진(binary) 영상(그림 6)을 구성하였다. 사용된 임계값은 건물과 수목 영역을 구분시킬 수 있는 최소값이다.

if (first - last return) > threshold then 1(흰색) else 0(검정색)

그림 6 으로부터 수동 벡터라이징을 통해 건물 다각형을 생성하였고, 건물의 경우 멀티리턴 차이가 발생하는 부분이 건물 모서리 또는 옆면에 해당하므로 그 안쪽으로 디지털라이징을 수행하였다. (그림 7)

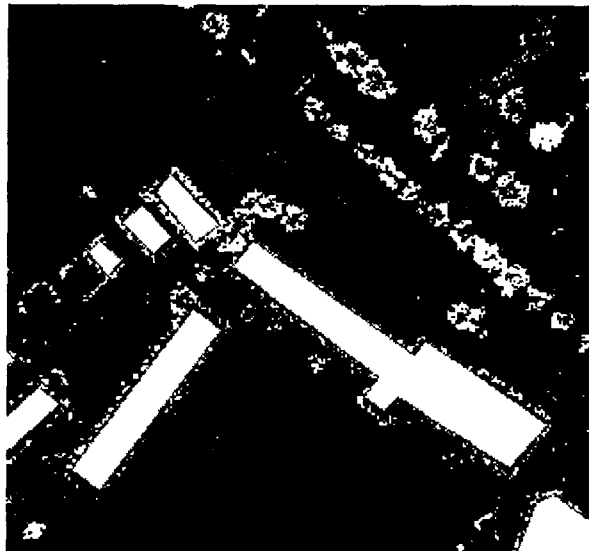


그림 7. 그림 6과 건물 다각형이 중첩된 영상

2.3 건물 다각형 속성 부여

높이 정보를 부여하기 위해 이상점을 제거한 원 점 자료 커버리지와 건물 다각형 커버리지를 중첩하

였다. 원 자료에서의 이상점 제거는 반사강도 정보로 100을 넘는 값을 가지는 포인트들을 제거하는 것이다. 건물 다각형의 높이 정보는 건물 다각형 내에 속하는 점 자료의 고도 평균치(mean)를 사용하였다. 아울러 건물의 분류를 위해 해당 점 자료의 반사강도(intensity) 최빈값(실험상에서 majority라 칭함)을 이용하였다. 건물 다각형 안쪽에 속하는 점 자료들의 반사강도 값은 건물 지붕 재질의 불균질성, LiDAR 오차, 기타 안테나 등의 영향으로 여러 가지 값들이 포함되므로 건물의 지붕을 대표할 수 있는 최빈값을 건물 다각형의 반사강도 속성 값으로 부여하였다. 이 부분에서는 각각의 클래스로 나누어진 고도 자료 값들은 단 하나의 최빈값만을 가진다는 가정을 통해 수행되었다. 반사강도는 대상물의 물질적 특성에 따라 고유의 값을 나타내는 분류 자료로서 이용될 수 있다.

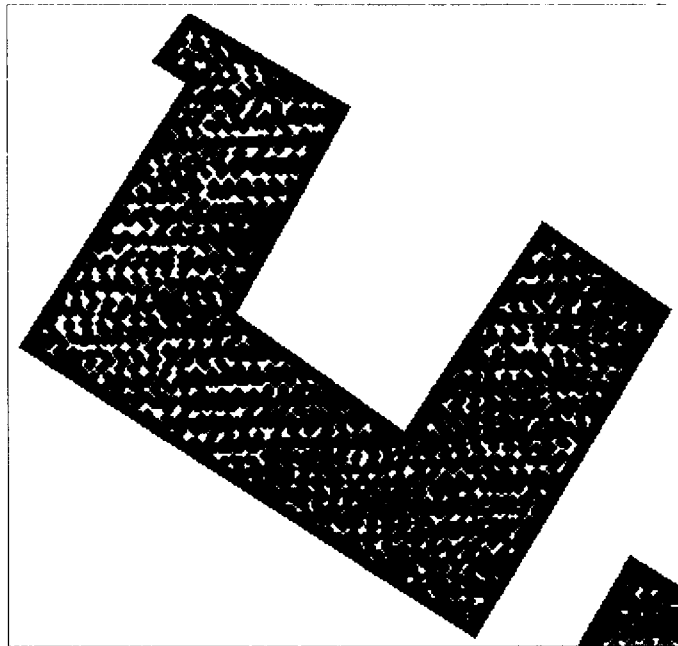


그림 8. 다각형과 포인트의 중첩

FID	Shape*	AREA	PERIMETER	B_BOUND_	Z_VALUE	OBJECTID	OID_	B_BOUND1	COUNT	AREA_1	MIN	MAX	RANGE	MEAN	MAJORITY
0	Polygon	139,695007	52,437401	2	33,045316	1	0	2	13972	139,72	2	65	63	29,8491	34
1	Polygon	164,914001	53,396199	3	36,462735	2	1	3	16514	165,14	2	94	92	32,731	32
2	Polygon	66,069903	30,539600	4	39,515756	3	2	4	6610	66,1	9	96	87	38,4301	33
3	Polygon	39,773399	26,253501	5	33,044	4	3	5	3979	39,79	3	55	52	24,9394	19
4	Polygon	1224,150024	229,695399	6	45,315999	5	4	6	122428	1224,28	3	85	82	44,3203	43
5	Polygon	539,507996	129,720999	7	42,304179	6	5	7	53982	539,82	2	88	86	27,0533	35
6	Polygon	392,171997	105,696399	8	41,141972	7	6	8	39236	392,36	2	67	65	31,9352	35
7	Polygon	266,187999	76,442200	9	43,985753	8	7	9	26629	266,29	3	97	94	37,6145	37
8	Polygon	258,683990	66,624100	10	41,125162	9	8	10	25876	258,76	3	45	42	29,5947	32
9	Polygon	585,215027	108,629997	11	43,989794	10	9	11	58519	585,19	5	96	91	50,9219	60
10	Polygon	79,117203	36,063399	12	36,558467	11	10	12	7916	79,16	3	89	85	20,5407	19
11	Polygon	89,773399	38,259900	13	36,192011	12	11	13	8977	89,77	6	52	46	15,2634	14
12	Polygon	50,664101	28,493401	14	38,955993	13	12	14	5063	50,63	2	75	73	28,0602	34
13	Polygon	93,3125	39,684200	15	38,798319	14	13	15	9342	93,42	4	76	72	32,7077	31
14	Polygon	113,945000	47,302299	16	44,571993	15	14	16	11412	114,12	18	80	82	55,7454	54
15	Polygon	114,861997	43,291799	17	38,294905	16	15	17	11497	114,97	3	62	59	35,8086	40
16	Polygon	151,348007	50,391999	18	45,942597	17	16	18	15211	152,11	2	72	70	40,7729	47
17	Polygon	65,164101	35,329701	19	40,448293	18	17	19	6516	65,16	6	61	55	39,2012	46

표 1. 대상지역 건물 다각형 속성

표1 에서 z_value는 다각형과 포인트의 중첩 영역에 부여된 높이 평균치이며, majority는 부여된 최 빈값이다.

3. 적 용

본 연구에 사용된 장비는 Optech사의 ALTM2050이다. 획득된 LiDAR 자료의 제원은 아래와 같으며 자료의 처리는 ArcGIS와 Erdas Imagine 8.5, Microsoft Access 등을 사용하였다.

설계 항목	제 원	설계 항목	제 원
비행 고도	500-2,000m(지표면으로부터)	스캐닝 주기	스캐닝 각에 따라 달라짐 e. g. 28 Hz for ± 200 scan
높이 정확도	15 cm at 1,200 m(1 sigma) 25 cm at 2,000 m(1 sigma)	수평 정확도	1/2,000 x 고도보다 좋음
Range Resolution	1cm	레이저 반복 주기 (Laser repetition rate)	50 kHz
스캐닝 각도	0 ~ $\pm 20^\circ$	Dual Beam divergence	0.2mrad (1/e), 1.0mrad (1/e)
주사폭	0.68 x 고도	레이저 분류	Class IV laser product (FDA CFR 21)
Eyesafe range	500m nominal		

표 2. 사용된 LiDAR 자료의 제원

그림 9 은 위에서 제작한 건물 다각형과 지형정보를 결합하여 3차원으로 표현한 것이다. 사용된 지형 정보는 last-return 높이 DSM을 5x5 국지 최소치 필터링(5x5 kernel local minimum filtering)으로 처리하여 생성한 것이다. 그림 10은 반사강도 값에 따라 건물 분류를 모색한 것이다. 일반적으로 같은 단지의 건물은 비슷한 지붕 재질로 되어 있다고 판단할 수 있으며, 그림 10의 경우에서도 위치상 같은 단지로 분류되는 건물들이 같은 색상을 나타내는 것을 확인할 수 있다.

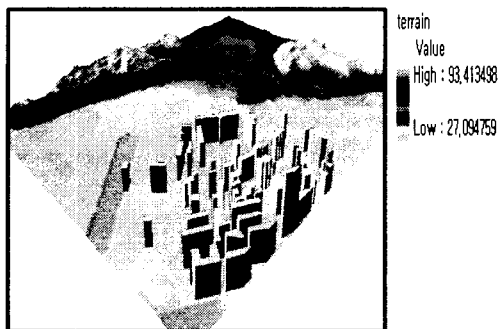


그림 9. 대상지역 3차원 모델링

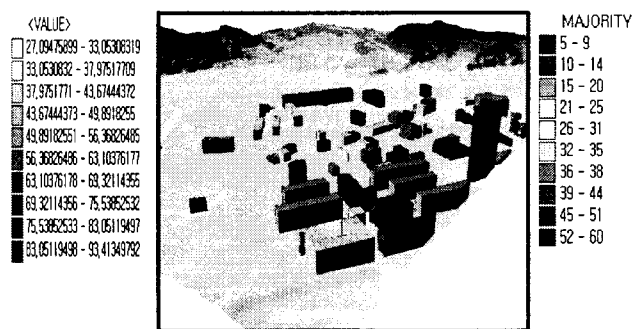


그림 10. 반사강도에 의한 건물 분류

4. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 LiDAR의 멀티리턴 정보와 반사강도 정보를 이용한 건물 추출과 도시지역 3차원 건물 모델링을 시도하였다. LiDAR의 멀티리턴 차를 통한 건물의 윤곽선 추출을 시도하였고, 재구성된 건물의 지붕 재질에 따른 반사강도 차이로 분류를 모색하였다.

향후 레퍼런스(reference)를 통해 실험결과의 정확도를 검증할 것이며, 멀티리턴 차이 영상의 자동 벡터라이징을 수행할 것이다. 아울러 대상지역의 건물외의 비건물 지역에 대하여 반사강도를 이용한 토지피복도 작성에 관한 연구를 수행할 것이다.

참고문헌

- 한수희 (2002), LiDAR 반사강도와 고도 자료를 이용한 토지피복 분류에 관한 연구, 석사학위논문, 서울대학교 대학원, pp. 10-15.
- 이원희 (2003), “수치지도와 LIDAR 자료를 이용한 도시지역 건물 3차원 모델링에 관한 연구”, 석사학위논문, 서울대학교 대학원, pp. 23-26.
- 김형태 (2001). GIS 건물레이어 자동구축을 위한 LIDAR 데이터와 항공사진의 융합, 박사학위논문, 서울대학교 대학원, pp. 74-79.
- Alharthy,A and Bethel, J. (2002), Building extraction and reconstruction from LiDAR data, Proceeding of ACSM-ASPRS Annual Conference, 19-26 April, Washington DC
- Ackermann, F (1999). Airborne Laser Scanning-Present Status Future Expectations. ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing 54, 64-67.
- Brenner, C. and Haala N, (1999). Extracting of buildings and trees in urban environments. ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing 54, 130-137.
- Brunn, A and Weidner U, (1997), Extracting buildings from digital surface models. IAPRS Vol. 32, part 3-4w2, stuttgart.
- M.A. Brovelli and U.M Longoni (2002), Managing and Processing LIDAR Data within GRASS, Proceeding of the Open source GIS-GRASS users' conference-ITALY.
- Wang Z. (2000), Building Extraction and Reconstruction from LiDAR data, Proceeding of the 19th ISPRS Congress, Book 3B, 958-964, Amsterdam.