

도심의 정밀 모니터링을 위한 LiDAR 자료와 고해상도영상의 융합 the fusion of LiDAR Data and high resolution Image for the Precise Monitoring in Urban Areas

강준목¹⁾ · 강영미²⁾ · 이형석³⁾

Kang, Joon Mook · Kang, Young Mi

¹⁾ 충남대학교 토목공학과 교수, jmkang@cnu.ac.kr

²⁾ 충남대학교 토목공학과 박사수료, ladykym@empal.com

³⁾ 동해대학교 토목공학과 조교수, LHS0815@empal.com

Abstract

The fusion of a different kind sensor is fusion of the obtained data by the respective independent technology. This is a important technology for the construction of 3D spatial information. particularly, information is variously realized by the fusion of LiDAR and mobile scanning system and digital map, fusion of LiDAR data and high resolution, LiDAR etc.

This study is to generate union DEM and digital ortho image by the fusion of LiDAR data and high resolution image and monitor precisely topology, building, trees etc in urban areas using the union DEM and digital ortho image. using only the LiDAR data has some problems because it needs manual linearization and subjective reconstruction.

1. 서론

자료융합은 일반적으로 둘 혹은 그 이상의 서로 다른 자료들의 장점이나 특징을 이용하여 새로운 자료의 생성을 의미하며, 동일센서 및 이종센서간의 융합으로 크게 나눌 수 있다. 동일센서간의 융합은 다양한 기술이 개발된 상태이며, 이종센서간의 융합 기술은 현재 외국에서 연구 중에 있으며 국내에서도 시도가 되고 있다. 동일센서간의 융합은 일반적으로 광학영상에 적용되어 왔으며 Panchromatic 영상과 Multispectral 영상간의 융합이 많이 이루어지고 있다. 융합 기술에는 Brovey, CN, HPF, IHS, PCA, Wavelet 등이 있다. 동일센서간의 융합은 고해상도 영상의 융합에 활용이 가능하다.

이종센서간의 융합은 각각의 기술들을 통해 획득된 데이터간의 융합으로 3차원 공간정보 구축에 있어 상당히 중요한 기술 중 하나라고 할 수 있다. 특히, Lidar와 모바일 스캐닝 시스템과 수치지도의 융합, 지상 레이저 스캐너와 모바일 매핑 시스템의 융합, LiDAR 데이터와 고해상도영상과의 융합 등 다양한 방법으로 다양한 정보를 생성할 수 있다.

특히, LiDAR와 고해상도영상의 융합은 LiDAR를 통해 구축된 도시의 정밀한 DEM, 도로 DEM 및 고해상도영상을 이용하여 생성된 DEM을 융합하여 전 지역에 대한 하나의 통합된 DEM 생성이 가능하다. 따라서 본 연구에서는 LiDAR만을 이용할 경우에는 선형화 과정에서의 수작업과 주관적인 재구성과정의 문제점이 발생하므로 고해상도영상을 융합하여 통합 DEM 및 정사영상을 제작하고 이를 기반으로 도심지역의 지형, 건물, 수목 등의 정밀 모니터링을 수행하고자 한다.

2. 항공 LiDAR 시스템

2.1 항공 LiDAR 시스템의 개요

LiDAR 시스템은 매우 작은 IFOV(Instantaneous Field of View)를 갖는 강력한 레이저를 발사하여 지상에서 반사되는 레이저가 스캐너에 도달할 때까지의 시간을 측정하고 그 값에 빛의 속도를 곱하여 거리를 계산한다. 레이저는 펄스방식과 CW(Continuous Wave) 방식이 있는데 CW 방식의 경우는 발사광과 반사광의 위상차로부터 시간차를 측정한다.

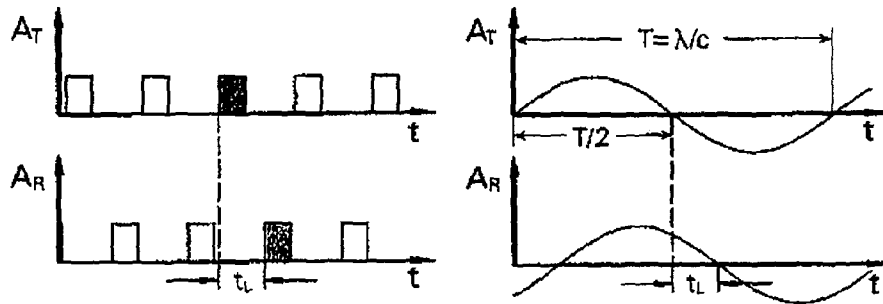


그림 1. 펄스방식(좌)과 CW방식(우)에서의 시간차

레이저는 투과력과 직진성이 강하고 IFOV가 작아 대기의 영향을 적게 받는다. 또, 레이저스캐너는 자체적으로 레이저를 발사하여 반사광을 측정하는 능동센서이므로 일광을 필요로 하지 않는다. 주로 $0.9\mu\text{m}$ 파장의 적외선 레이저가 사용되며 항공레이저측량은 일반적으로 수직정확도 15cm, 수평정확도 30cm의 우수한 정확도를 갖는다.

레이저를 사용하므로 LADAR(Laser Detection and Ranging)라고 하며 주로 항공기에 장비를 탑재하여 측량을 수행하므로 ALS(Airborne Laser Scanner)라고도 한다. 항공레이저 측량 장비는 레이저 스캐너, GPS, IMU로 구성되며 레이저 스캐너는 다시 거리측정부와 스캐너로 나누어진다. 이들은 제어부에 의해 통합 운영되고 제어된다. 또한, 데이터의 처리와 장비의 운영 및 실제 관측을 위한 데이터 저장매체, 지상기준국용 GPS, 작업계획 및 데이터 처리를 위한 소프트웨어, 그리고 항법장치 등이 추가적으로 사용된다.

그림 2와 같이 GPS는 센서의 위치를 측정하고, IMU는 센서의 자세를 파악한다. 레이저 스캐너에 의해 지상물의 위치벡터가 구해지면 GPS와 IMU로부터 얻어진 스캐너의 절대위치로부터 지상물의 절대위치를 결정할 수 있다.

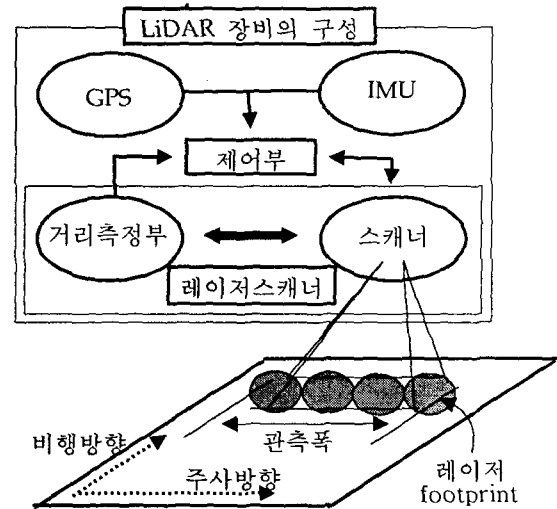


그림 2. LiDAR 장비의 구성

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X_0 \\ Y_0 \\ Z_0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} X_G \\ Y_G \\ Z_G \end{pmatrix} + (R_{IMU} \cdot R_{IMU}^{LS}) \cdot \begin{pmatrix} l_x \\ l_y \\ l_z \end{pmatrix}$$

여기서, (X, Y, Z) : 지상점의 위치

(X_0, Y_0, Z_0) : (X_G, Y_G, Z_G) GPS 장비에 의한 레이저 스캐너의 위치

R_{IMU} : 기준좌표계와 IMU간의 회전행렬

R_{IMU}^{LS} : 레이저 스캐너와 IMU간의 회전행렬

(l_x, l_y, l_z) : 레이저의 위치벡터

2.2 반사강도와 멀티에코(Multi-echo)

반사강도는 반사체에 반사되어 스캐너에 도달한 레이저 강도 대 발사된 레이저 강도의 비율로서 주로 반사체의 반사도에 의해 영향을 받는다. 반사체는 물질적 특성과 사용된 광원에 의해 고유한 반사도를 가지며 반사체에 따라 그 값들이 상이하게 나타난다. 따라서 반사강도는 지상물의 종류를 규명하기 위한 중요한 정보라 할 수 있다.

표 1은 0.9 μ m 파장의 레이저에 대한 여러 물질의 반사도이다. 이 파장대의 레이저는 적외선 영역이므로 0.9 μ m 파장의 적외선과 비슷한 경향의 반사도를 나타낸다.

그러나 반사강도 자료는 노이즈가 심하고, 분류대상에 적합하지 않은 파장대의 레이저를 사용하면 분리도가 낮게 나올 수 있다는 단점이 있다. 반사강도 자료에 노이즈를 추가하는 주 요인은 반사각이다. 같은 물질이라도 레이저를 반사하는 각에 따라 스캐너에 도달하는 빛의 세기가 달라진다. 그러므로 반사강도가 반사도만을 반영하기 위해서는 반사각을 이용하여 값을 보정하는 정규화(Normalizing) 작업이 필요하다.

레이저는 투과성이 강하여 일부 지상물을 통과하기 때문에 일부의 광선은 반사되고 잔여의 광선이 다른 지상물에 반사되는 현상이 발생한다. 이로 인해 한 방향에 대하여 다수의 반사광이 시간차를 두고 관측되는 현상을 멀티에코(multi-echo)라고 한다. 따라서 LiDAR 자료에는 하나의 지상점에 대해 두 개 이상의 고도 정보가 기록될 수 있다. 이를 이용하여, 레이저를 비교적 잘 통과시키는 수목과 같은 지상물을 포함한 DSM과 지상물을 포함하지 않은 DEM을 동시에 추출하는 기법을 개발하는 등 활용방안을 모색할 수 있을 것이다. 멀티에코 역시 대상물의 물질적 특성에 의해 발생하는 현상으로 분류의 자료로서 사용될 수 있을 것으로 보인다.

표 1. 0.9 μ m 레이저의 반사도

물질	반사도
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, bare areas in desert	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 %

3. 자료취득 및 적용

3.1 LiDAR 및 고해상영상 자료

본 연구에서는 사용한 LiDAR 자료의 제원과 반사강도 자료는 표 2, 그림 3과 같다. 고해상영상은 RadarSat-1에서 획득한 동일지역이다. Radarsat 위성의 재방문 주기(Repeat Cycle)가 24일로서 짧은 주기를 가지며 공간해상도는 8m~100m로서 상대적으로 매우 정밀한 공간 해상도를 가지고 있다.

장비 구성	ALTM3070
Laser Repetition Rate	70KHz
dault beam divergence	wide: 0.7mrad narrow: 0.2mrad
return pulses	four return pulses
수평정확도	15cm이상
수직정확도	비행고도의 1/2,000이상
촬영 고도	3000m

표 2. LiDAR 제원

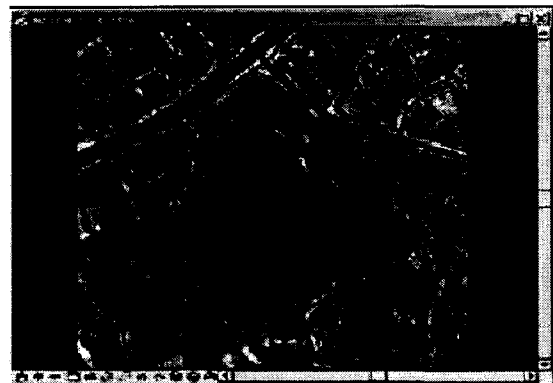


그림 3. LiDAR 반사강도자료

3.2 통합 DEM 및 정사영상 제작

LiDAR 데이터로부터 DEM을 제작하기 위해서는 먼저 포인트 데이터(point data)로부터 TIN을 형성해야 한다. 이렇게 형성된 TIN으로부터 일정간격의 데이터를 보간하여 추출하면 그림 4와 같은 DEM이 만들어 진다.

최근에 획득 가능한 고해상 위성영상은 지상 해상력이 수 m 이며 항공사진 면적의 수십 배에 달하며, 주기적으로 영상을 얻을 수 있으므로 최신정보를 획득하는 데 소요되는 시간과 비용을 절감할 수 있고 자동화가 가능하며 기존에는 위성영상으로부터 생성된 DEM의 정확도가 실용상 문제로 남았으나, 위성영상의 공간해상력이 좋아지고, 촬영반복주기가 점점 짧아지면서 정확도에 대한 신뢰도가 높아져 최근 많이 활용하고 있다. 그림 5는 RadarSat에서 제작한 DEM이다.

LiDAR 데이터와 고해상영상의 융합을 위해서는 기본적으로 LiDAR 데이터로부터 도심지역의 특징점이나 특징선을 추출하는 것과 고해상영상으로부터 특징점이나 특징선을 추출하는 과정, 고해상영상의 특징점이나 특징선으로부터 도심지의 최적특징점이나 특징선을 결정하는 과정, Feature-based matching 이나 공간교회법에 의해서 3차원 지상좌표를 추출하는 과정 등으로 나뉜다.

통합 DEM과 고해상영상을 수치적 미분편위수정방법으로 제작된 수치정사영상은 그림 6과 같으며, 수치정사영상의 품질을 평가할 수 있는 일반적인 기준으로 수치지도와의 위치정확도로 평가하였다. 위치정확도를 평가하기 위한 특징점으로는 주로 건물의 모서리나 도로의 경계점들을 이용하였다.



그림 4. LiDAR 데이터로부터 제작된 DEM



그림 5. RadarSat 영상으로부터 제작된 DEM

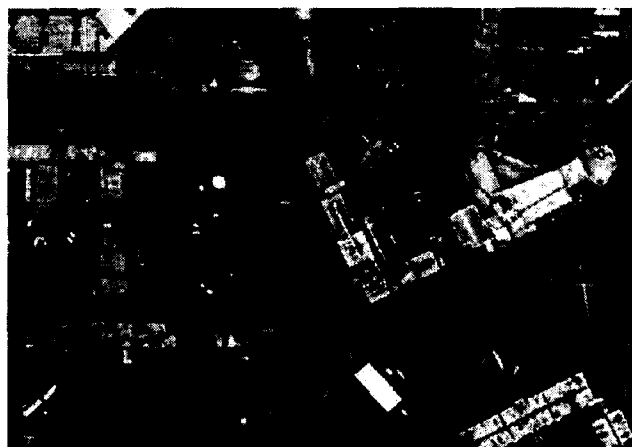


그림 6. 통합 DEM으로부터 제작된 수치정사영상

3.4 도심지역 정밀 모니터링

최근 개발붐을 타고 도심 및 비도심 지역에 대한 많은 변화가 일어나고 있다. 이를 위해 정확한 데이터를 바탕으로 하는 체계적인 조사 및 지속적인 모니터링이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 수직 정확도가 15cm 이내, 수평정확도가 30cm인 LiDAR 데이터와 공간정보의 변화탐지분야에서 주로 사용되고 있는 RadarSat 영상을 이용하여 시계열적인 도심지역 모니터링을 수행하였다.

그림 7은 도심지역의 분류 항목으로 수목, 건물, 지형으로 구분하여 모니터링한 것이다.

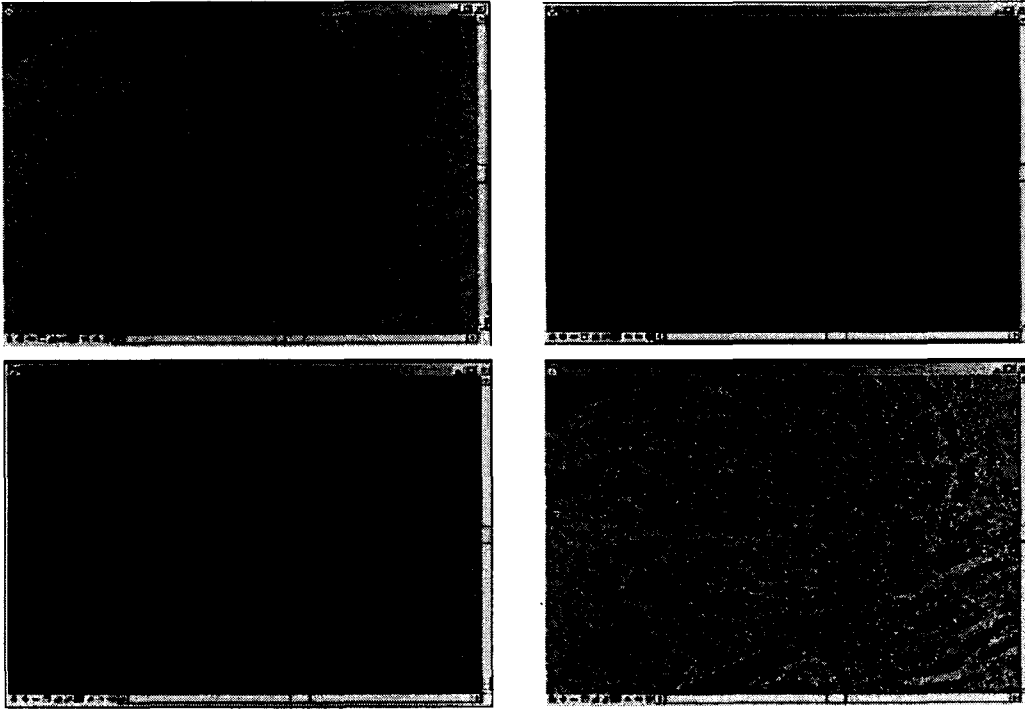


그림 7. 대상지역 모니터링

4. 결론

본 연구는 최근 높은 수직정확도를 갖는 LiDAR 기술과 고해상영상을 융합하여 건물이 밀집된 도시의 정밀 모니터링을 위한 것으로 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. LiDAR 데이터와 고해상영상을 융합함으로써 LiDAR를 통해 구축된 도시의 정밀한 DEM, 도로 DEM 및 고해상영상을 이용하여 생성된 DEM을 융합하여 전 지역에 대한 하나의 통합된 DEM을 생성하였다.
2. 통합 DEM을 이용하여 수치정사영상을 제작하였으며 1:5,000 수치지도에 상응하는 위치정확도를 나타내었다.
3. 통합된 DEM과 수치정사영상을 기반으로 효율적으로 도심지역에 대한 정밀 모니터링을 수행할 수 있었다.

참고문헌

1. G. Priestnall, J. Jaafar, A. Duncan(2000), Extraction Urban Features from LiDAR Digital Surface Models, Computers, Environment and Urban Systems, Vol. 24, pp. 65-78
2. Aloysius Wehr, Uwe Lohr(1999), Airborne Laser Scanning-an Introduction and Overview, ISPRS

Journal of Photogrammetry & Remote Sensing, Vol. 54, pp.130-137

3. Norbert Haala, Claus Brenner(1999), Extraction of Building and Trees in Urban Environments, ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing, Vol. 54, pp.68-82
4. Hans-Gerd Maas(1999), The Potential of Height Texture Measures for the Segmentation of Airborne Laserscanner Data, Fourth International Airborne Remote Sensing Conference and Exhibition.
5. 이원희(2003), 수치지도와 LiDAR 자료를 이용한 도시지역 건물 3차원 모델링에 관한 연구, 서울대학교 석사학위논문.
6. 한수희(2002), LiDAR 반사강도와 고도자료를 이용한 토지피복 분류에 관한 연구, 서울대학교 석사학위논문.