

## 지상 및 드론 탑재형 레이저 스캐너를 활용한 개별 수목탐지 및 모델링

박준규<sup>1</sup>, 이근왕<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>서일대학교 건설시스템공학과, <sup>2</sup>청운대학교 멀티미디어학과

### Individual Tree Detection and Modeling using Terrestrial and Drone-mounted Laser Scanners

Joon-Kyu Park<sup>1</sup>, Keun-Wang Lee<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Civil Engineering, Seoil University

<sup>2</sup>Department of the Multimedia Science, Chungwoon University

**요약** 최근 4차 산업혁명과 정보통신 기술의 발달로 공간정보 취득 기술이 빠르게 발전되고 있다. 공간정보 취득 기술의 산림분야 적용은 우리나라 산림산업의 고령화 및 인력부족 문제를 해결할 수 있는 방안으로 관심이 높아지고 있다. 기존 인력에 의한 방법보다 빠르고 정확한 데이터 취득이 가능한 레이저 스캐너에 대한 관심이 높아지고 있다. 본 연구에서는 레이저 스캐너를 활용하여 수목에 대한 데이터를 취득하고, 처리 및 분석을 통해 개별 수목을 탐지하여 산림조사 및 수목의 모델링을 수행하였다. 지상 및 드론 탑재형 레이저 스캐너를 이용하여 연구대상지에 대한 포인트클라우드 데이터를 효과적으로 생성할 수 있었다. 이를 통해 수목의 흉고직경, 수고, 지하고, 방위각 및 체적을 산출하였으며, 지상 및 드론 탑재형 레이저 스캐너 데이터의 결합을 통해 수관에 대한 측정이 가능함을 제시하였다. 한편, 레이저 스캐너로 취득된 데이터를 이용하여 수목에 대한 높은 LOD의 모델링을 수행할 수 있었다. 향후 포인트클라우드를 기반으로 산림조사 항목에 대한 정보를 자동으로 추출하는 방안이 연구된다면 관련 업무의 효율성을 크게 향상시킬 수 있을 것이다.

**Abstract** Spatial information acquisition technology is rapidly developing due to developments in information and communication technology. In particular, the application of geospatial data acquisition technology to the forest sector is receiving considerable interest as a means of solving the manpower aging and shortages in Korea's forest industry. In addition, laser scanners that acquire data faster and more accurately than existing methods are under active development. In this study, data on forests were acquired using a laser scanner, and standard site survey and tree modeling were performed through processing and analysis. Point cloud data was generated for a research site using ground-type and drone-mounted laser scanners and used to calculate DBH(Diameter at Breast Height), height, crown base height, azimuth, and volume of tree chest height. Crown measurements were possible using ground-type and UAV laser scanner data in combination. On the other hand, high LOD modeling of trees was performed using laser scanner-acquired data. If an effective method for automatically extracting information on forest standard site survey items based on point cloud is devised, it would be possible to substantially improve the efficiency of related work.

**Keywords** : 3D Modeling, Laser Scanner, Forest, Geospatial Information

본 논문은 2022년도 서일대학교 학술연구비에 의해 연구되었음.

\*Corresponding Author : Keun-Wang Lee(Chungwoon University)

email: kwlee@chungwoon.ac.kr

Received September 29, 2022

Revised November 2, 2022

Accepted November 4, 2022

Published November 30, 2022

## 1. 서론

우리나라는 국토의 대부분이 산림지역으로 전 세계 평균 산림면적의 2배 이상을 가지고 있으며, 이는 OECD(Organisation for Economic Co-operation and Development) 국가 중 4위에 해당한다[1]. 산림은 연간 174조원의 경제 및 공익적 가치를 국민에게 제공해주는 것으로 조사되었으며, 이러한 산림의 보전과 관리를 위한 노력이 필요하다[2]. 최근에는 4차 산업혁명과 IT(Information Technology) 기술의 발달과 함께 공간정보 취득 기술도 빠르게 발전하고 있다[3-5]. 공간정보 취득 기술의 산림분야 적용은 관련 분야 인력의 고령화와 부족의 해결 방안으로 주목받고 있으며, 특히 포인트클라우드 데이터의 활용에 대한 관심이 커지고 있다[6-8].

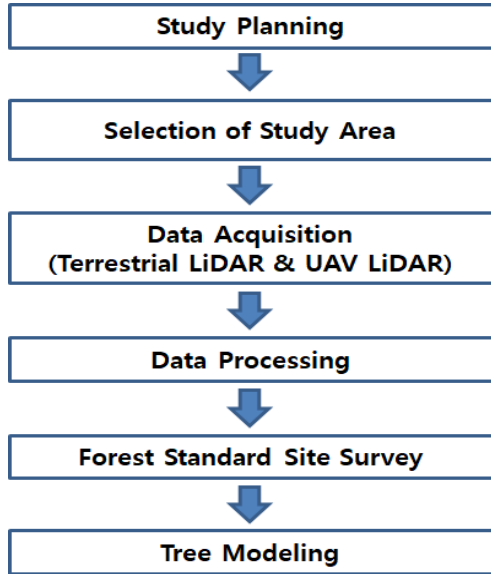


Fig. 1. Study flow

기존의 산림조사에서는 수목 객체 수, 수고, 흉고직경 등에 대한 측정을 인력에 의한 방법으로 수행하였으나 레이저 스캐너의 활용은 기존의 방법보다 빠른 조사가 가능하다[9]. 하지만 기존 연구에서는 수목의 흉고직경과 수고에 대한 측정만 이루어져 왔다. 본 연구에서는 지상 및 드론 탑재형 레이저 스캐너를 활용하여 산림에 대한 데이터를 취득하고, 처리 및 분석을 통해 수목의 흉고직경, 수고, 지하고, 체적 등을 산출하여 산림조사를 수행하고자 한다. 또한 레이저 스캐너 데이터를 이용하여 수목 모델링함으로써 산림 공간정보 구축의 활용성을 제

시하고자 한다. 2장에서는 데이터 취득 및 처리, 3장에서는 포인트클라우드 데이터를 활용한 산림조사, 4장에서는 수목의 모델링에 대해 기술하였다. Fig. 1은 연구흐름도를 나타낸다.

## 2. 데이터 취득 및 처리

본 연구에서는 지상 및 드론 탑재형 레이저 스캐너를 이용하여 개별 수목을 탐지하기 위한 데이터를 취득하였다. Fig. 2와 Table 1은 연구에 사용된 장비와 사양을 나타낸다[10,11].



Fig. 2. Terrestrial LiDAR and UAV LiDAR

Table 1. Specification of LiDAR

No.	Terrestrial LiDAR	UAV LiDAR
Measuring Distance	~80m	~200m
Scanning Speed	500,000pts/sec	640,000pts/sec
Accuracy	3.5mm@20m	3cm

산림지역의 데이터 취득은 T사의 X7 레이저 스캐너를 이용하였으며 드론 탑재형 레이저 스캐너는 Y사의 SurveyorUltra가 사용되었다. 지상 레이저 스캐너는 총 10개의 스테이션에서 60분 정도에 걸쳐 데이터를 취득하였으며, 드론 탑재형 레이저 스캐너는 데이터 취득에 10분이 소요되었다. 레이저 스캐너로 취득되는 데이터는 자료처리를 통해 절대적인 좌표를 가지는 포인트클라우드 데이터로 생성되었다. 지상 레이저 스캐너는 10개 스테이션에서 취득된 데이터를 하나로 정합하였다. 드론 탑재형 레이저 스캐너 데이터는 이동형 장비이기 때문에

경로처리를 통해 정확한 이동경로를 계산하여 포인트클라우드를 생성하였다. 추가적으로 드론 탑재형 레이저 스캐너는 절대좌표를 가지고 있기 때문에 지상 레이저 스캐너 데이터를 드론 탑재형 레이저 스캐너 데이터에 georeferencing하여 통합된 데이터를 생성하였다. Fig. 3은 자료처리 과정이다.

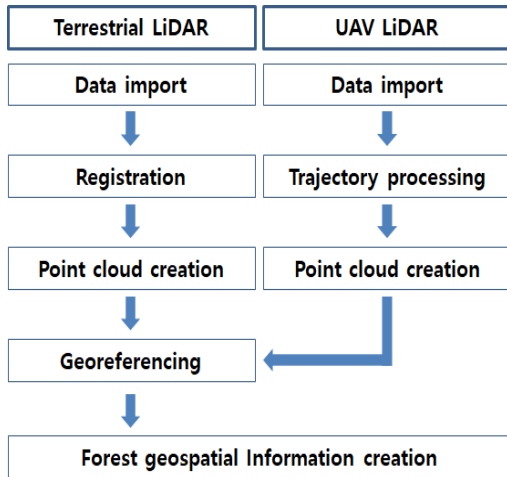


Fig. 3. Data processing

자료처리를 통해 구축된 포인트클라우드는 산림조사 활용을 위해 지면을 분리하였다. Fig. 4는 지면을 제거한 산림공간정보를 나타낸다. 그림에서 흰색으로 나타나는 부분은 드론 탑재형 레이저 스캐너 데이터이며, 컬러로 나타나는 부분은 지상 레이저 스캐너 데이터를 나타낸다.

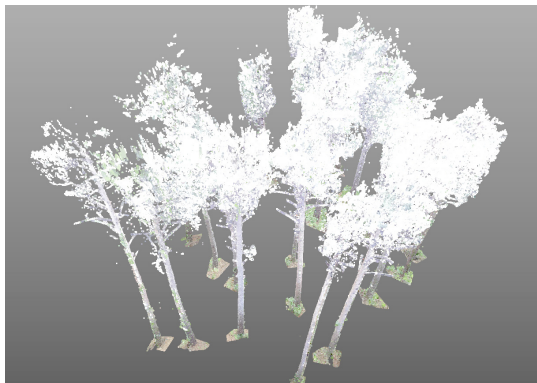


Fig. 4. Forest geospatial information

### 3. 산림조사 활용

산림조사 활용을 위해 포인트클라우드 형태로 구축된 산림공간정보를 활용하여 수목을 객체별로 분류하고 측정하였다. 객체 분류는 각각의 수목을 객체별로 구분하는 것으로 수목별로 다른 색깔의 포인트클라우드로 표현되며, 각 객체별로 분석이 가능하다. Fig. 5는 객체 분류 결과를 나타낸다.

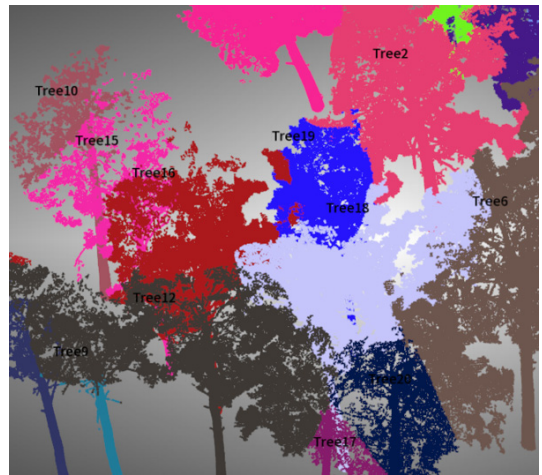


Fig. 5. Object classification result

산림조사를 위한 측정은 T사의 RealWorks 소프트웨어에서 수행되었으며, 측정 항목은 본수, 흉고직경(DBH; Diameter at Breast Height), 수고, 지하고, 방위각, 체적이다. Table 2는 산림조사 결과를 나타낸다.

Table 2. Result of forest survey

No.	DBH	Height	Crown base height	Azimuth	Volume
1	0.5m	20.79m	10.2m	331 °	386m <sup>3</sup>
2	0.55m	21.25m	12.62m	342 °	532m <sup>3</sup>
3	0.44m	23.87m	12.12m	7 °	267m <sup>3</sup>
4	0.55m	24.08m	11.49m	349 °	406m <sup>3</sup>
5	0.5m	21.92m	17.37m	338 °	120m <sup>3</sup>
6	0.59m	24.73m	10.94m	3 °	884m <sup>3</sup>
7	0.39m	20.8m	9.65m	341 °	316m <sup>3</sup>
8	0.4m	22.54m	10.82m	345 °	313m <sup>3</sup>
9	0.44m	15.15m	10.82m	292 °	23m <sup>3</sup>
10	0.37m	21.56m	14.31m	308 °	115m <sup>3</sup>
11	0.37m	21.75m	10.875m	9 °	114m <sup>3</sup>
12	0.48m	17.01m	8.505m	312 °	324m <sup>3</sup>

13	0.53m	13.07m	6.535m	283 °	281㎡
14	0.44m	19.88m	9.94m	356 °	368㎡
15	0.34m	20.1m	10.86m	313 °	171㎡
16	0.37m	23.27m	8.88m	317 °	459㎡
17	0.42m	20.19m	15.56m	347 °	74㎡
18	0.48m	23.44m	13.28m	339 °	449㎡
19	0.32m	22.98m	13.16m	336 °	186㎡
20	0.5m	22.38m	17.79m	1 °	161㎡

레이저 스캐너로 취득된 포인트클라우드 데이터를 통해 산림조사 항목 중 흉고직경, 수고, 지하고, 체적에 대해 효과적인 측정을 수행할 수 있었다. 또한 드론 탑재형 레이저 스캐너로부터 취득되는 수목 상부의 데이터는 Fig. 5에서 보는 바와 같이 객체의 구분이 가능하므로 수관도 측정할 수 있어 산림에 대한 기초자료 조사에 활용이 가능할 것이다.

#### 4. 수목 모델링

레이저 스캐닝 데이터의 활용 가능성을 파악하기 위해 수목의 모델링이 수행되었다. 수목의 모델링을 위해 정이품송을 대상으로 선정하였다. Fig. 6은 모델링 대상 수목을 나타낸다.

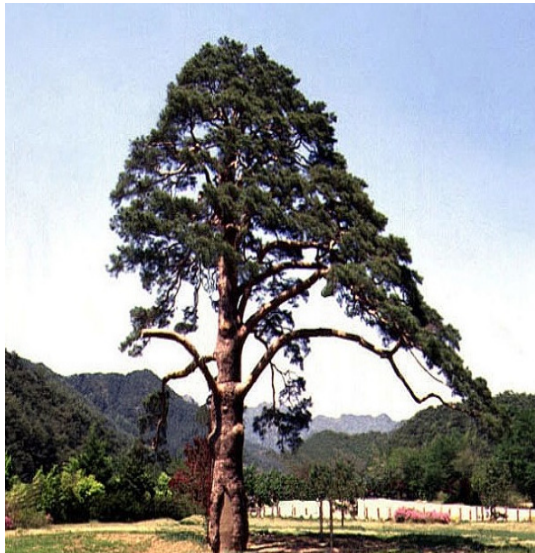


Fig. 6. Modeling target tree

수목 주변으로 6개의 스테이션에서 데이터를 취득하고, 정합을 통해 포인트클라우드를 생성하였다. Fig. 7은

생성된 포인트클라우드를 나타낸다.

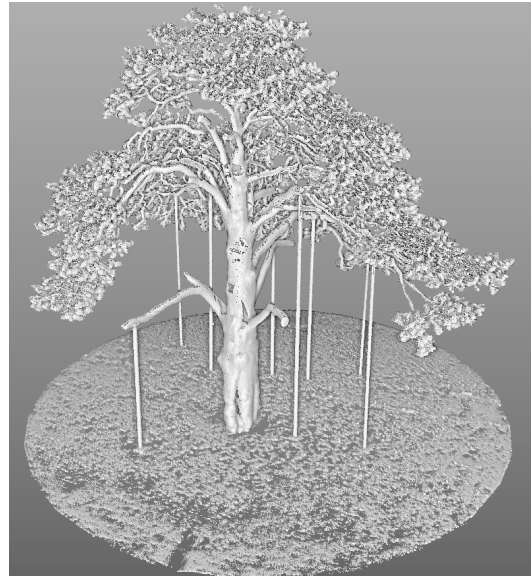


Fig. 7. Pointcloud

수목의 모델링은 CityGML 2.0의 LOD(Level of Detail) 3단계 이상으로 수행하였다. Fig. 8은 OGC(Open Geospatial Consortium)의 CityGML 2.0 LOD를 나타낸다[12].



Fig. 8. CityGML 2.0 LOD

수목의 모델링 과정에서 수목의 지지대에 대한 모델링은 수행하지 않았으며, 텍스처 맵핑은 객체가 과도하게 많아 생략하였다. Fig. 9와 Fig. 10은 모델링 결과를 나타낸다.



Fig. 9. Modeling result



Fig. 10. Details of modeling result

연구를 통해 도출된 산림조사 결과는 산림자원관리에 활용하여 관련 업무의 효율성을 향상시킬 수 있을 것으로 판단된다. 한편, 수목의 모델링 결과는 디지털 트윈 구축에 이용이 가능할 것으로 기대된다. 향후 추가적인 연구를 통해 레이저 스캐너를 활용한 산림조사와 기존 방법의 비교가 이루어진다면 관련 업무의 효율성 향상 방안을 제시할 수 있을 것이다. 또한 산림조사 항목에 대한 정보를 자동으로 추출하는 방안에 대한 연구가 필요하다.

## 5. 결론

본 연구는 레이저 스캐너를 활용하여 수목에 대한 데이터를 취득하고, 처리 및 분석을 통해 개별 수목을 탐지하여 산림조사 및 수목의 모델링을 수행한 것으로 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 지상 및 드론 탑재형 레이저 스캐너를 이용하여 연구대상지에 대한 데이터를 취득하고, 자료처리를 통해 georeferencing된 포인트클라우드를 효과적으로 생성하였다.
2. 산림지역에서 생성된 포인트클라우드 데이터에서 지면을 제거하고 개별 수목을 분류함으로써 수목의 흉고직경, 수고 및 체적을 산출하였다. 또한 드론 탑재형 레이저 스캐너와 지상 레이저 스캐너 데이터의 결합을 통해 수관에 대한 측정이 가능함을 제시하였다.
3. 레이저 스캐닝 데이터의 활용 가능성을 파악하기 위해 정이품송에 대한 데이터를 취득하였으며, 이를 이용하여 높은 LOD 단계의 데이터를 생성하였다.
4. 향후 레이저 스캐너를 활용한 산림조사와 기존 방법의 비교 및 분석과 포인트클라우드를 기반으로 산림조사 항목에 대한 정보를 자동으로 추출하는 방안이 연구된다면 관련 업무의 효율성을 크게 향상시킬 수 있을 것이다.

## References

- [1] J. K. Park, K. Y. Jung, "Construction of 3D Geospatial Information for Development and Safety Management of Open-pit Mine", *Korean Society Of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography, Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography*, Vol.38, No.1, 2020, pp. 43-48.  
DOI: <https://doi.org/10.7848/ksgpc.2020.38.1.43>
- [2] H. D. Seo, E. M. Kim, "Object Classification Using Point Cloud and True Ortho-image by Applying Random Forest and Support Vector Machine Techniques", *Korean Society Of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography, Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography*, Vol.37, No.6, 2019, pp. 405-416.  
DOI: <https://doi.org/10.22640/txsiri.2020.50.2.37>
- [3] G. H. Lee, E. Kim, "Impact Tests and Numerical Simulations of Sandwich Concrete Panels for Modular Outer Shell of LNG Tank", *The Journal of the*

*Computational Structural Engineering Institute of Korea*, Vol.32, No.5, 2019, pp. 333-340.  
DOI: <https://doi.org/10.7734/COSEIK.2019.32.5.333>

- [4] J. K. Park, D. Y. Um, "Accuracy Evaluation by Point Cloud Data Registration Method", *Korean Society Of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography*, Vol.38, No.1, 2020, pp. 35-41.  
DOI: <https://doi.org/10.7848/ksgpc.2020.38.1.35>
- [5] S. K. Choi, J. W. Choi, S. W. Park, S. H. Jung, S. K. Lee, "Applicability of Wind-Vegetation Model in Small Scale Sand Dunes", *Korean Society Of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography, Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography*, Vol.35, No.6, 2017, pp. 545-552.  
DOI: <https://doi.org/10.7848/ksgpc.2017.35.6.545>
- [6] S. H. Ju, S. H. Yun, S. Y. Park, J. Heo, "Simulation based Target Geometry Determination Method for Extrinsic Calibration of Multiple 2D Laser Scanning System", *Korean Society Of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography*, Vol.38, No.1, 2020, pp. 35-41.  
DOI: <https://doi.org/10.7848/ksgpc.2018.36.6.443>
- [7] D. H. Kim, J. S. Kim, K. H. Kim, "Region Selective Transmission Method of MMT based 3D Point Cloud Content", *Journal of broadcast engineering*, Vol.25, No.1, 2020, pp. 25-35.  
DOI: <https://doi.org/10.5909/JBE.2020.25.1.25>
- [8] J. B. Lee, J. H. Jung, H. J. Kim, "Segmentation of Seabed Points from Airborne Bathymetric LiDAR Point Clouds Using Cloth Simulation Filtering Algorithm", *Korean Society Of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography*, Vol.38, No.1, 2020, pp. 1-9.  
DOI: <https://doi.org/10.7848/ksgpc.2020.38.1.1>
- [9] H. Y. Kim, J. H. Kim, J. W. Seo, H. Shim, "The Improvement of Point Cloud Data Processing Program For Efficient Earthwork BIM Design", *Korean journal of construction engineering and managemen*, Vol.21, No.5, 2020, pp. 55-63.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.6106/KICEM.2020.21.5.055>
- [10] Trimble Inc., 3D Laser Scanner, [Internet]. Trimble Inc. Available From: <https://sitevision.trimble.com/> (accessed October. 7, 2022)
- [11] YellowScan, SurveyorUltra, [Internet]. Trimble Inc. Available From: <https://www.yellowscan-lidar.com/> (accessed October. 7, 2022)
- [12] Open Geospatial Consortium. CityGML 2.0, [Internet]. Trimble Inc. Available From: <https://www.ogc.org/> (accessed October. 8, 2022)

박 준 규(Joon-Kyu Park)

[중신회원]



- 2001년 2월 : 충남대학교 공과대학 토목공학과 (공학사)
- 2003년 2월 : 충남대학교 대학원 토목공학과 (공학석사)
- 2008년 8월 : 충남대학교 대학원 토목공학과 (공학박사)
- 2011년 3월 ~ 현재 : 서일대학교 건설시스템공학과 부교수

<관심분야>

지형공간정보공학

이 근 왕(Keun-Wang Lee)

[중신회원]



- 1993년 2월 : 한밭대학교 전자계산학과 (공학사)
- 1996년 : 송실대학교 컴퓨터학과 (공학석사)
- 2000년 : 송실대학교 컴퓨터학과 (공학박사)
- 2001년 2월 ~ 현재 : 청운대학교 멀티미디어학과 교수

<관심분야>

멀티미디어 통신, 멀티미디어 응용, 모바일 통신