

무인항공 LiDAR 센서에 따른 데이터 특성 분석

박준규¹, 이근왕^{2*}

¹서일대학교 토목공학과, ²청운대학교 멀티미디어학과

Analysis of Data Characteristics by UAV LiDAR Sensor

Joon-Kyu Park¹, Keun-Wang Lee^{2*}

¹Department of Civil Engineering, Seoil University

²Department of the Multimedia Science, Chungwoon University

요약 UAV(Unmanned Aerial Vehicle)는 일반 유인 항공기나 위성에 비해 경제성이 크고, 대상물에 접근이 용이하여 군사적인 목적으로 많이 이용되어 왔다. 최근에는 IT 기술의 발전으로 다양한 센서를 탑재한 UAV가 출시되고 있으며 측량, 농업, 기상관측, 통신, 방송, 스포츠 등 광범위한 분야에서 이용이 증가하고 있으며, 공간정보를 제작하고 활용하는 분야에서 UAV를 활용하기 위한 다양한 연구와 시도가 증가하고 있다. 하지만 기존의 연구는 사진측량과 관련된 연구가 대부분이며, LiDAR(Light Detection And Ranging)에 대한 분석적 연구는 부족한 실정이다. 이에 본 연구에서는 공간 정보 분야 활용을 위한 UAV LiDAR 센서의 특징을 분석하고자 하였다. LiDAR 센서의 취득속도, 반사회수 등 상용화된 LiDAR 센서의 성능을 조사하고, 비슷한 정확도와 데이터 취득 가능 거리를 가지는 Surveyor Ultra와 VX15 모델을 선정하여 데이터 취득 및 분석을 수행하였다. 연구를 통해 각 센서별로 연구대상지의 DSM(Digital Surface Model)을 생성하고, 비교를 통해 데이터의 밀도, 정밀도, 식생지역에서 지면 데이터의 취득 등 특징을 제시하였다. UAV LiDAR 센서는 0.03m~0.05m의 정확도를 나타내었으며, 효과적인 활용을 위해서는 데이터의 특징들을 고려한 장비의 선정이 필요할 것으로 판단된다. 향후, 추가적인 연구를 통해 도심지역, 산림지역 등 다양한 지역에 대한 데이터 취득 및 분석이 이루어 진다면 UAV LiDAR의 활용성을 제시할 수 있을 것이다.

Abstract UAV (Unmanned Aerial Vehicles) are used widely for military purposes because they are more economical than general manned aircraft and satellites, and have easy access to the object. Recently, owing to the development of IT technology, UAV equipped with various sensors have been released, and their use is increasing in a wide range of fields, such as surveying, agriculture, meteorological observation, communication, broadcasting, and sports. An increasing number of studies and attempts have made use of it. On the other hand, existing research was related mostly to photogrammetry, but there has been a lack of analytical research on LiDAR (Light Detection And Ranging). Therefore, this study examined the characteristics of a UAV LiDAR sensor for the application of a geospatial information field. In this study, the performance of commercialized LiDAR sensors, such as the acquisition speed and the number of echoes, was investigated, and data acquisition and analysis were conducted by selecting Surveyor Ultra and VX15 models with similar accuracy and data acquisition distances. As a result, a DSM of each study site was generated for each sensor, and the characteristics of data density, precision, and acquisition of ground data from vegetation areas were presented through comparison. In addition, the UAV LiDAR sensor showed an accuracy of 0.03m ~ 0.05m. Hence, it is necessary to select equipment considering the characteristics of data for effective use. In the future, the use of UAV LiDAR may be suggested if additional data can be obtained and analyzed for various areas, such as urban areas and forest areas.

Keywords : Accuracy, Data Characteristic, Geospatial Information, LiDAR, Unmanned Aerial Vehicle

이 성과는 2018년도 과학기술정보통신부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. NRF-2018R1C1B6004021)

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

email: kwlee@chungwoon.ac.kr

Received February 24, 2020

Revised March 5, 2020

Accepted May 8, 2020

Published May 31, 2020

1. 서론

UAV는 사람이 탑승하지 않는 비행장치를 의미한다 [1-3]. 우리나라의 항공법상에서는 “사람이 탑승하지 아니하는 것으로 무인 동력비행장치의 경우 연료의 중량을 제외한 자체중량이 150킬로그램 이하인 무인항공기 또는 무인회전익비행장치, 무인비행선의 경우 연료의 중량을 제외한 자체 중량이 180킬로그램 이하이고, 길이가 20미터 이하인 무인 비행선”으로 규정되어 있다[4-6]. UAV는 일반 유인 항공기나 위성에 비해 경제성이 크고, 대상물에 접근이 용이하여 군사적인 목적으로 많이 이용되어 왔다[7-9]. 최근에는 IT 기술의 발전으로 다양한 센서를 탑재한 UAV가 출시되고 있으며 측량, 농업, 기상관측, 통신, 방송, 스포츠 등 광범위한 분야에서 이용이 증가하고 있다[10-13]. 특히, 공간정보를 제작하고 활용하는 분야에서 UAV를 활용하기 위한 다양한 연구와 시도가 증가하고 있으며, 이는 UAV에 탑재되는 카메라와 항법장치의 성능 향상, 소프트웨어의 보급과 상용화에 기반하고 있다[14-16]. 사진측량에 이어 최근에는 LiDAR 센서가 상용화 되어 UAV를 이용한 LiDAR 측량이 가능하게 되었다. 하지만 기존의 UAV 연구는 사진측량과 관련된 연구가 대부분이며, LiDAR에 대한 분석적 연구는 부족한 실정이다. 이에 본 연구에서는 공간정보 분야 활용을 위한 UAV LiDAR 센서의 특징을 분석하고자 하였다. 2장에서는 LiDAR 센서에 대해 기술하며, 3장에서는 데이터에 대한 분석을 수행한다. Fig. 1은 연구 흐름도를 나타낸다.

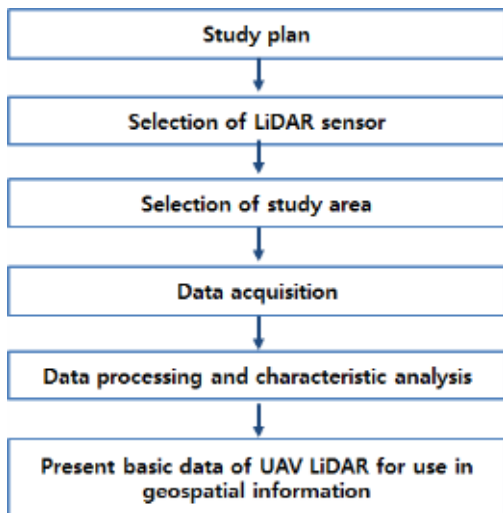


Fig. 1. Study flow

2. LiDAR 센서

본 연구에서는 UAV LiDAR 센서의 특징 분석을 위해 LiDAR 센서의 취득속도, 반사횟수 등 상용화된 LiDAR 센서의 성능을 조사하고, 실험을 위한 센서를 선정하였다. 조사는 Y사의 모델에 대해 수행되었으며, 모델 별 주요 성능을 Table 1에 나타내었다. Fig. 2는 LiDAR 센서를 나타낸다.

Table 1. Specification of LiDAR sensor[17]

Item	Mapper II	Surveyor Ultra	VX15
IMU	APX 15	APX 15	APX 15
Weight	2.1kg	1.7kg	2.6kg
Echoes	3	2	5
Scan Rate	185,000 pts/sec	600,000 pts/sec	100,000 pts/sec
Standard AGL	60m	80m	80m
Scan FOV	110 degree	360 degree	360 degree
Accuracy (1σ@50m)	10cm	5cm	5cm
IMU Accuracy (Roll&Pitch)	0.025 degree		
IMU Accuracy (heading)	0.08 degree		



Fig. 2. LiDAR sensors[17]

특성 분석을 위한 LiDAR 센서는 데이터 특징의 비교를 위해 동일한 비슷한 정확도와 데이터 취득 가능 거리를 가지는 Surveyor Ultra와 VX15 모델을 선정하였다.

3. 데이터 취득 및 분석

데이터 취득을 위한 연구 대상지는 접근성과 안전을 고려하여 경기도 고양시 일원으로 선정하였다. Fig. 3은 연구대상지를 나타낸다.

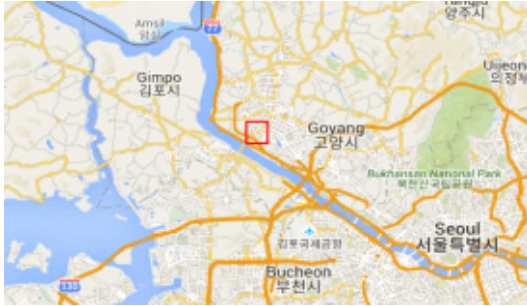


Fig. 3. Study area

데이터 취득은 각각의 센서를 이용하여 동일한 조건에서 수행되었다. 70m 고도에서 15m/s의 속도로 데이터를 취득하였으며, 데이터 처리 및 정확도 평가를 위해 GNSS(Global Navigation Satellite System) 측량을 수행하였다. Fig. 4는 데이터 취득 지역을 나타낸다.



Fig. 4. Data acquisition

UAV LiDAR 데이터의 처리는 데이터 입력, 경로처리, 지형모델의 생성 단계로 수행되었다. Fig. 5는 데이터 처리 과정을 나타낸다.

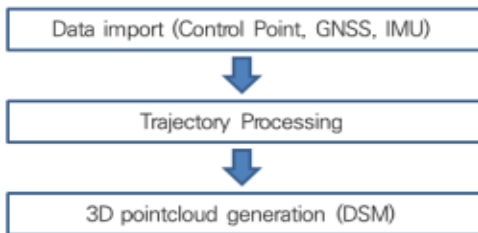


Fig. 5. Data processing

데이터 처리를 통해 각 센서별로 연구대상지의 DSM(Digital Surface Model)을 생성하였으며, LiDAR 센서에 따른 특성은 성과물 데이터의 밀도 및 정밀도, 식생지역에서의 데이터 취득, 정확도의 항목으로 구분하여 비교하였다. Fig. 6과 Fig. 7은 DSM을 나타낸다.

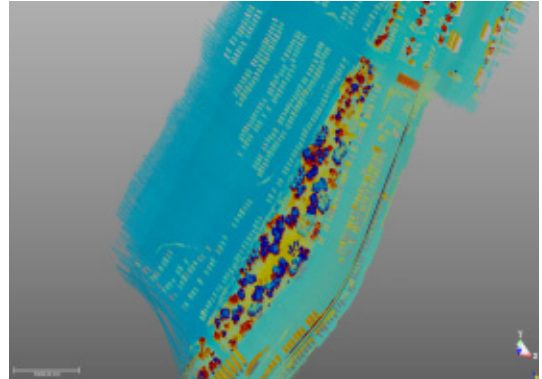


Fig. 6. DSM(Surveyor Ultra)

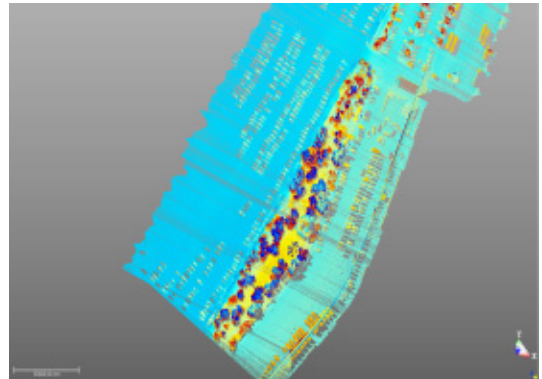
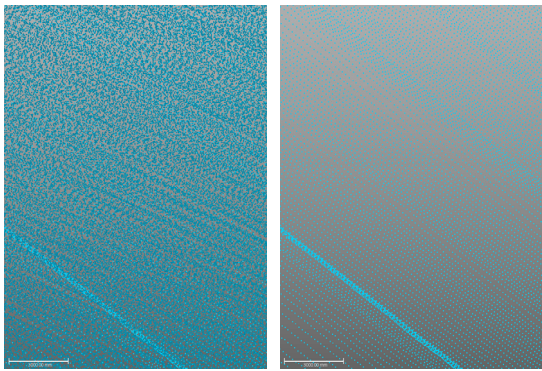


Fig. 7. DSM(VX15)

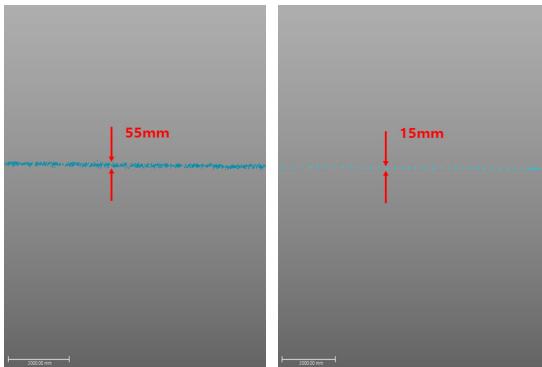
Fig. 8에서 보는 바와 같이 데이터의 밀도는 Surveyor Ultra가 더욱 조밀한 것을 알 수 있다. Surveyor Ultra의 데이터 취득 속도는 600,000pts/sec이며, VX15는 100,000pts/sec로 6배의 차이를 나타내는데 취득된 데이터의 용량 역시 각각 1,156MB와 187MB로 약 6.2배의 차이를 나타내었다. 실험을 통해 동일한 대상물의 경우 데이터의 밀도는 취득속도에 비례하는 것을 알 수 있었다.



(a) Surveyor Ultra (b) VX15

Fig. 8. Comparison of point density

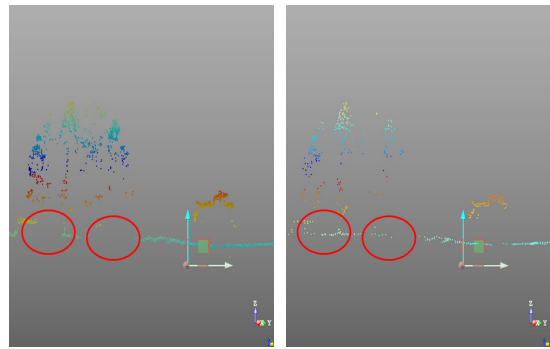
데이터의 정밀도는 동일한 지역에 대해 단면을 생성하고 각각의 데이터를 비교하였다. 지면 데이터의 두께를 측정했을 때 각각 55mm와 15mm로 VX15가 더 양호한 값을 나타내었다. 이는 데이터의 노이즈로 인한 값의 차이이며, 취득되는 데이터양이 적어 상대적으로 노이즈 발생 확률이 낮기 때문인 것으로 판단된다. Fig. 9는 정밀도의 비교를 나타낸다.



(a) Surveyor Ultra (b) VX15

Fig. 9. Comparison of precision

식생이 있는 지역에 대한 지면 데이터는 레이저의 반사횟수가 많은 VX15가 더 많은 데이터를 취득하였다. 센서의 레이저 반사 횟수가 각각 Surveyor Ultra 2회, VX 5회이며, 반사횟수가 많을수록 식생 지역에서의 지면에 대한 데이터 취득이 용이함을 알 수 있다. Fig. 10은 식생지역의 데이터를 나타낸다.



(a) Surveyor Ultra (b) VX15

Fig. 10. Comparison of ground data about tree region

정확도 평가는 10개의 검사점에 대해 수행되었으며, 검사점과 각 센서별 데이터의 높이 값을 비교하였다. Table 2는 정확도 평가 결과를 나타낸다.

Table 2. Accuracy analysis

No.	Deviation(m)	
	Surveyor Ultra	VX15
1	0.04	0.02
2	0.05	0.03
3	0.03	0.02
4	0.02	0.02
5	0.05	0.02
6	0.04	0.02
7	0.05	0.02
8	0.04	0.02
9	0.03	0.02
10	0.04	0.01
Maximum	0.05	0.03
RMSE	0.010	0.005

UAV LiDAR 센서는 각각 0.05m와 0.03m의 정확도를 나타내었으며, 장비의 종류에 따라 특징이 다르게 나타났다. UAV LiDAR의 효과적인 활용을 위해서는 이러한 특징들을 고려한 장비의 선정이 필요할 것으로 판단된다. 건설현장과 같이 지면에 대한 데이터가 중요한 경우 산림지역에서 데이터 취득이 필요하므로 데이터 취득 속도와 레이저의 반사횟수를 함께 고려한 센서의 선택이 필요할 것이다. 향후, 추가적인 연구를 통해 도심지역, 산림지역 등 다양한 지역에 대한 데이터 취득 및 분석이 이루어진다면 UAV LiDAR의 활용성을 제시할 수 있을 것이다.

4. 결론

본 연구는 공간정보 분야 활용을 위한 UAV LiDAR 센서의 특징을 분석하고자 한 것으로 연구를 통해 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. UAV LiDAR 센서의 특징 분석을 위해 LiDAR 센서의 취득속도, 반사횟수 등 상용화된 LiDAR 센서의 성능을 조사하고, 비슷한 정확도와 데이터 취득 가능 거리를 센서를 이용하여 데이터 취득 및 분석을 수행하였다.
2. 데이터 처리를 통해 각 센서별로 연구대상지의 DSM을 생성하고, 비교를 통해 센서별 데이터의 특징을 파악하였으며, 지면에 대한 데이터의 취득은 센서의 레이저 반사 횟수가 중요한 요소임을 제시하였다.
3. 검사점에 대한 정확도 평가에서 UAV LiDAR 센서는 0.03m~0.05m의 정확도를 나타내었으며, 효과적인 활용을 위해서는 데이터의 특징들을 고려한 장비의 선정이 필요할 것으로 판단된다.
4. 향후, 추가적인 연구를 통해 도심지역, 산림지역 등 다양한 지역에 대한 데이터 취득 및 분석이 이루어진다면 UAV LiDAR의 활용성을 제시할 수 있을 것이다.

References

- [1] H. K. Sung, K. S. Chong, C. N. Lee, "Accuracy Analysis of Low-cost UAV Photogrammetry for Road Sign Positioning", *Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography*, Vol.37, No.4, Oct. 2019, pp. 243-251. DOI: <https://doi.org/10.7848/ksgpc.2019.37.4.243>
- [2] H. L. Park, J. W. Choi, J. H. oh, "Seasonal Effects Removal of Unsupervised Change Detection based Multitemporal Imagery", *Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography*, Vol.36, No.2, Apr. 2018, pp. 51-58. DOI: <https://doi.org/10.7848/ksgpc.2018.36.2.51>
- [3] M. K. Chung, C. J. Kim, K. H. Choi, D. K. Chung, Y. I. Kim, "Development of LiDAR Simulator for Backpack-mounted Mobile Indoor Mapping System", *Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography*, Vol.35, No.2, Apr. 2017, pp. 91-102. DOI: <https://doi.org/10.7848/ksgpc.2017.35.2.91>
- [4] Aviation Law, [Internet]. National Law Information Center. Available From: <http://www.law.go.kr/> (accessed January, 15, 2020)
- [5] H. K. Sung, K. S. Chong, C. N. Lee, "Accuracy Analysis of Low-cost UAV Photogrammetry for Road Sign Positioning", *Korean Society Of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography*, Vol.37, No.4, Aug. 2019, pp. 243-251. DOI: <https://doi.org/10.7848/ksgpc.2019.37.4.243>
- [6] D. W. Lee, J. T. Oh, "A Study on magnetic sensor calibration for indoor smartphone position tracking", *Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication*, Vol.18, No.6, Dec. 2018, pp. 229-235. DOI: <https://doi.org/10.7236/JIIBC.2018.18.6.229>
- [7] I. Skog, P. Händel, "In-Car Positioning and Navigation Technologies—A Survey", *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, Vol.10, No.1, Jan. 2009, pp. 4-21. DOI: <https://doi.org/10.1109/TITS.2008.2011712>
- [8] G. S. Lee, J. J. Lee, "The analysis of Photovoltaic Power using Terrain Data based on LiDAR Surveying and Weather Data Measurement System", *Journal of Cadastre & Land InformatiX*, Vol.49, No.1, Jan. 2019, pp. 17-27. DOI: <https://doi.org/10.22640/lxsiri.2019.49.1.17>
- [9] J. H. Moon, J. J. Yun, "Development of a Boat Operator Computer Scoring System Based on LiDAR and WAVE", *Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety*, Vol.25, No.4, Aug. 2019, pp. 119-126. DOI: <https://doi.org/10.7837/kosomes.2019.25.4.504>
- [10] Y. M. Lee, J. S. Shin, "A Study on the Design of IoT-based Thermal Sensor and Video Sensor Integrated Surveillance Equipment", *Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication*, Vol.19, No.6, Dec. 2019, pp. 9-13. DOI: <https://doi.org/10.7236/JIIBC.2019.19.6.9>
- [11] J. S. Lee, M. G. Kim, H. I. Kim, "Camera and LiDAR Sensor Fusion for Improving Object Detection", *JOURNAL OF BROADCAST ENGINEERING*, Vol.24, No.4, Aug. 2019, pp. 580-591. DOI: <https://doi.org/10.5909/JBE.2019.24.4.580>
- [12] Y. S. Song, C. O. Lee, H. J. Oh, J. H. Pak, "Application of Terrestrial LiDAR to Monitor Unstable Blocks in Rock Slope", *The Journal of Engineering Geology*, Vol.29, No.3, Jun. 2019, pp. 251-264. DOI: <https://doi.org/10.9720/kseg.2019.3.251>
- [13] K. J. Ahn, D. S. Ko, "A Study on Reconstruction of 3-Dimensional Spatial Model Based on Photogrammetry Using V-World and Its Use as Urban 3D", *Journal of Digital Contents Society Content*, Vol.20, No.1, Jan. 2019, pp. 119-126. DOI: <http://dx.doi.org/10.9728/dcs.2019.20.1.119>
- [14] Y. H. Choi, S. M. Yeon, H. J. Kim, D. Y. Lee, "Extreme Value Analysis of Statistically Independent Stochastic Variables", *Journal of Ocean Engineering and*

Technology, Vol.33, No.1, Jan. 2019, pp. 222-228.
DOI: <https://doi.org/10.26748/KSOE.2018.093>

- [15] M. H. Yoon, D. W. Kim, "Analysis of Delay time by Adjusting of Check Interval in Asynchronous Wireless Sensor Network with Low Power", *Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication*, Vol.20, No.2, Apr. 2020, pp. 75-80.
DOI: <https://doi.org/10.7236/IIBC.2020.20.2.75>
- [16] Y. R. Park, Y. O. Kang, D. E. Kim, J. Y. Lee, N. Y. Kim, "Analysis of Seoul Image of Foreign Tourists Visiting Seoul by Text Mining with Flickr Data", *Journal of the Korean Society For Geospatial Information Science*, Vol.27, No.1, Jan. 2019, pp. 11-23.
DOI: <https://doi.org/10.7319/kogsis.2019.27.1.011>
- [17] YellowScan, products, [Internet]. YellowScan. Available From: <https://www.yellowscan-lidar.com/> (accessed January, 15, 2020)
-

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 토목공학과 부교수

<관심분야>

지형공간정보공학

이 근 왕(Keun-Wang Lee)

[중신회원]



- 1993년 2월 : 한밭대학교 전자계산학과 (공학사)
- 1996년 2월 : 숭실대학교 컴퓨터학과 (공학석사)
- 2000년 2월 : 숭실대학교 컴퓨터학과 (공학박사)
- 2001년 3월 ~ 현재 : 청운대학교 멀티미디어학과 교수

<관심분야>

멀티미디어 통신, 멀티미디어 응용, 모바일 통신