

# 비행계획에 따른 드론 LiDAR의 공간정보 구축 품질 및 정확도 분석

박준규<sup>1</sup>, 이근왕<sup>2\*</sup>

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

## Geospatial Information Quality and Accuracy Analysis of Drone LiDAR according to Flight Plan

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** 공간정보는 국토개발을 위한 수치지형도 제작에서 최근 내비게이션, 포털지도, 정사영상지도 및 3차원 지도 등으로 위치기반 서비스가 확대되고 있다. 드론은 정찰 및 무인감시 등 군사적인 목적으로 개발되었으며, 30년 전에 처음으로 공간정보 구축 분야에 활용되었지만, 최근 IT 기술과의 융합을 통해 데이터 취득을 위한 플랫폼으로 본격적으로 사용되고 있다. 한편, 드론에 LiDAR(Light Detection and Ranging)를 결합한 드론 LiDAR의 등장은 넓은 지역을 3차원으로 측량할 수 있는 수단의 증가를 가져오게 되었다. 하지만 드론 LiDAR에 대한 실무적인 적용사례는 부족한 실정이다. 이에 본 연구에서는 드론 LiDAR를 이용한 공간정보 구축에서 비행계획에 따른 성과물의 품질과 정확도를 분석하였다. 드론 LiDAR를 이용하여 연구대상지에 대한 데이터를 취득하였으며, 데이터 처리를 통해 포인트클라우드 형태의 3차원 공간정보를 구축하였다. 또한 비행계획 별 성과물에 대한 품질 및 정확도를 분석함으로써 드론 LiADR의 활용을 위한 효과적인 데이터 취득 방안을 제시할 수 있었다. 향후 드론 LiDAR 기반의 3차원 공간정보는 정밀한 지형모형을 구축할 수 있는 효율적인 방안으로 건설 및 산림분야에 활용이 기대된다.

**Abstract** In geospatial information, location-based services are expanding from digital topographic maps for national land development to navigation, portal maps, orthographic maps, and 3D maps. Drones were developed for military purposes such as reconnaissance and unmanned surveillance. Drones were first used in spatial information construction about 30 years ago. On the other hand, the advent of drone LiDAR, which combines LiDAR (Light Detection and Ranging) with drones, has increased the means to survey a large area in three dimensions. However, practical applications for drone LiDAR are lacking. Therefore, this study analyzed the quality and accuracy of the results for different flight plans in the spatial information construction using drone LiDAR. Data on the research site was acquired using the drone LiDAR, and 3D spatial information in the form of a point cloud was constructed through data processing. Later, it was also possible to present an effective data acquisition method for the use of drone LiADR based on the analysis. In the future, 3D spatial information based on drone LiDAR is expected to be used in the construction and forestry fields as an efficient way to build precise topographical models. It will also be possible to present various cases of underground facility exploration using GPR.

**Keywords** : Accuracy Analysis, Drone LiDAR, Geospatial Information, Mission Planing, Quality Analysis

이 논문은 2021년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. NRF-2021R1F1A1061677)

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

email: kwlee@chungwoon.ac.kr

Received February 8, 2022

Revised February 28, 2022

Accepted March 4, 2022

Published March 31, 2022

## 1. 서론

정보통신 기술과 융합한 디지털 기술의 발전은 공간에서 발생하는 다양한 정보를 디지털화하고 데이터베이스로 구축하며, 이를 소프트웨어를 통해 효과적으로 분류 및 활용함으로써 디지털 공간정보 패러다임을 촉진시켰다[1-3]. 4차 산업혁명 시대에 들어와서는 드론, 자율주행, 인공지능, 빅데이터, IOT 등 지능화가 고도화됨으로써 공간정보에 대한 최신성과 높은 품질이 요구되고 있다[4-7]. 최근에는 IT 기술의 발전으로 다양한 센서를 탑재한 드론이 출시되고 있으며 측량, 지도제작, 산림, 건설 등 광범위한 분야에서 이용이 증가하고 있다[8-11]. 특히, 공간정보 구축 및 활용 분야에서 드론을 이용하기 위한 다양한 연구와 시도가 증가하고 있다[12,13].

드론을 활용한 사진측량에 이어 최근에는 LiDAR 센서가 상용화 되어 드론을 이용한 LiDAR 측량이 가능하게 되었다. 정밀도로지도 구축을 위해 MMS(Mobile Mapping System)에서 취득되는 데이터를 취약점을 보완하기 위한 방법으로 드론라이다의 데이터를 활용하는 방법이 연구되었으며, 드론 매핑과 지상 LiDAR 측량을 활용하여 급경사지 위험성 현장 조사 및 평가, 적용성에 관하여 연구를 진행하고 이를 통해 정량적이고 종합적인 급경사지 재해위험성을 평가하는 개선방안이 연구되었다[13-15]. Fig. 1은 드론 LiDAR를 활용한 공간정보 구축 사례를 나타낸다[16].



Fig. 1. Geospatial Information using Drone LiDAR

하지만 기존의 UAV 연구는 사진측량과 관련된 연구가 대부분이며, LiDAR에 대한 실무적인 공간정보 구축 적용사례는 부족한 실정이다.

이에 본 연구에서는 연구대상지를 선정하고, 드론 LiDAR를 이용한 비행계획을 수립하여 데이터를 취득하고, 성과물의 품질 및 정확도를 분석하여 드론 LiDAR를 이용한 공간정보 취득의 효율성을 높일 수 있는 방안을 제시하고자 하였다. Fig. 2는 연구 흐름도를 나타낸다.

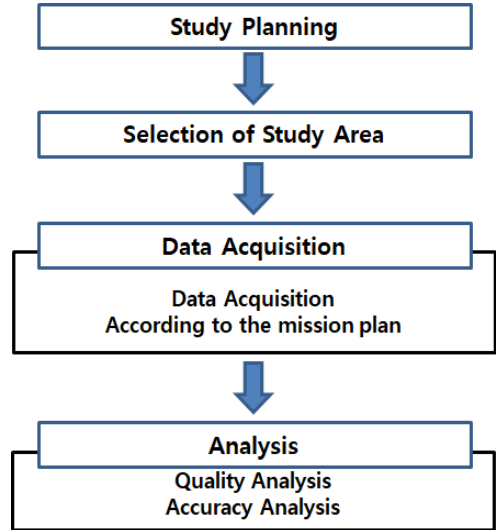


Fig. 2. Study flow

## 2. 연구대상지 및 데이터 취득

본 연구에서는 드론 LiDAR의 비행계획에 따른 공간정보 구축 품질 및 정확도 분석을 위해 경기도 남양주 일대를 연구대상지로 선정하였다. 연구대상지는 도로, 구



Fig. 3. Study area

조물, 산림 등 다양한 대상물이 존재하여 공간정보 구축 성과에 대한 분석이 가능하여 연구대상지로 선정하였다. Fig. 3은 연구대상지를 나타낸다.

데이터 취득은 DJI사의 M300과 YellowScan사의 SurveyorUltra를 이용하였다. SurveyorUltra는 IMU (Inertia Measurement Unit)과 GNSS(Global Navigation Satellite System) 기반으로 초당 60만 포인트의 관측이 가능한 LiDAR를 탑재하고 있다. Fig. 4와 Table 1은 SurveyorUltra와 그 사양을 나타낸다 [17].



Fig. 4. SurveyorUltra

Table 1. Performance of surveying equipment

Item	Description
System Accuracy	5cm
Weight battery incl.	1.6kg
Weight battery incl.	2 echos
Speed	600,000points/sec

본 연구에서는 비행계획에 따른 드론 LiDAR 성과물의 품질 및 정확도 평가를 위해 드론 종방향 Strip과 횡방향 strip으로 각각 비행계획을 수립하고 데이터를 취득하였다. Fig. 5는 비행계획을 나타낸다.

일반적인 드론 사진측량에서는 비행시간을 줄일 수 있는 종방향 strip으로 비행계획을 수립하게 된다. 비행계획 별 데이터 취득에 소요된 시간은 Table 2와 같다. 종방향의 비행계획은 횡방향에 비해 약 30%의 비행시간 감소효과가 있었다. 이러한 차이는 대상지의 형상과 면적에 따라 달라질 수 있으며, 대상지의 길이가 길어질수록 커지게 된다. Table 2는 미션플랜에 따른 데이터 취득 시간을 나타낸다.

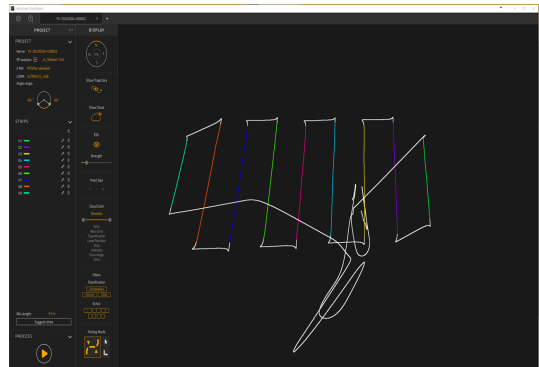
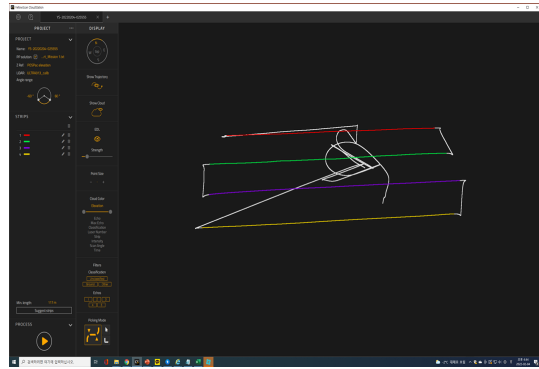


Fig. 5. Mission Planning

Table 2. Data Acquisition Time According to the Mission Planning

Mission Plan	Data Acquisition Time
Longitudinal Direction	3min 45sec
Vertical Direction	2min 40sec

드론 LiDAR 성과물의 품질 및 정확도 평가를 위해 VRS(Virtual Reference Station) 방법으로 도로의 경계석, 노면표시 등에 대한 측량을 수행하였다. Table 3은 검사점의 VRS 성과이며, Fig. 6은 검사점 중 일부를 나타낸다.

Table 3. Performance of surveying equipment

No.	N(m)	E(m)	H(m)
1	554818.888	217273.244	14.911
2	554819.354	217265.871	14.857
3	554818.743	217237.537	14.654
4	554816.135	217224.345	14.543
5	554791.767	217137.198	14.029
6	554790.728	217138.923	14.110
7	554787.970	217144.277	14.236
8	554786.695	217147.014	14.320
9	554783.556	217154.405	14.405
10	554782.505	217157.220	14.382



Fig. 6. Check Point

### 3. 데이터 처리 및 분석

드론 LiDAR 데이터는 POSPac 소프트웨어를 이용한 드론 경로처리와 CloudStation 소프트웨어를 통한 포인트 클라우드 생성의 단계로 수행하였다. Fig. 7은 비행계획별 성과물을 나타낸다.

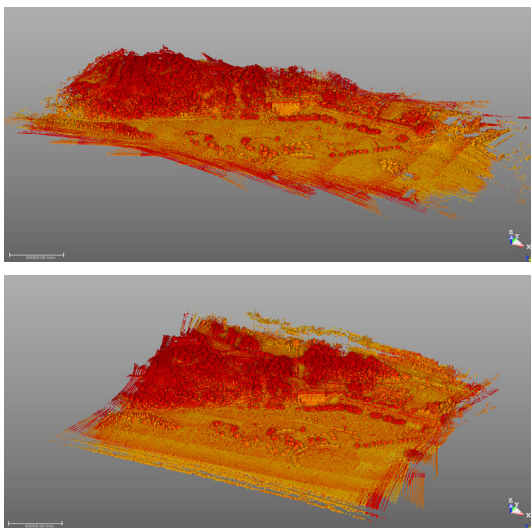


Fig. 7. Results According to the Mission Planning

성과물의 품질평가를 위해 비행계획별로 strip 조정결과를 비교하였다. Table 4는 비행계획에 따른 strip 조정결과를 나타낸다.

Table 4. Strip Adjustment Result According to Flight planning

Item	Longitudinal(m)	Vertical(m)
Mean	0.051	0.041
STDEV	0.042	0.034
RMSE	0.067	0.053

성과물의 품질은 종방향이 평균 0.051m, RMSE 0.067m로 나타났으며, 횡방향은 평균 0.041m, RMSE는 0.053m의 값을 보였다. 종방향에 비해 횡방향의 비행계획에 따른 성과물의 평균 및 RMSE가 더욱 낮은 값을 나타내었다. 정확도 평가는 10개 검사점에 대해 VRS 성과와 LiDAR 성과물의 결과를 비교하였다.

드론 LiDAR 데이터는 사진측량 성과와 달리 특정 지점의 성과를 직접 비교하기 어려워 검사점과 해당 지점의 높이 값에 대해 정확도 평가를 수행하였다. 정확도 평가 결과는 Table 5와 같다.

Table 5. Result of Accuracy Analysis

No.	Deviation(m)	
	Longitudinal	Vertical
1	0.06	0.05
2	0.07	0.05
3	.04	0.06
4	0.03	0.04
5	0.04	0.05
6	0.06	0.05
7	0.05	0.04
8	0.04	0.06
9	0.04	0.04
10	0.05	0.04
Average	0.049	0.048

정확도 평가결과는 종방향 비행계획이 0.049m, 횡방향 0.048m의 편차를 나타내었다. 드론 LiDAR의 높이 방향에 대한 오차는 축척 1:1,000 수치지형도의 표고 정확도인 1/3m 이내의 값으로 수치지형도 구축에 충분히 활용이 가능할 것으로 판단된다. 비행계획 별 성과에서 정확도는 큰 차이를 나타내지 않았지만 종방향 비행계획에 따른 성과물의 조정결과가 더욱 큰 조정값을 나타냄



을 알 수 있었다. 이러한 결과는 연구대상지의 면적이 커질수록 횡방향의 비행계획이 효과적임을 나타내는 것이라 할 수 있다. strip별 조정결과의 평균 및 RMSE가 커질 경우 조정이 불가능하여 재촬영이 필요할 수 있기 때문에 드론 LiDAR를 활용한 공간정보 구축에서 비행계획 수립은 횡방향이 효과적이라 할 수 있다.

#### 4. 결론

본 연구는 드론 LiDAR를 이용한 공간정보 구축에서 비행계획에 따른 성과물의 품질과 정확도를 분석한 것으로 연구를 통해 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 드론 LiDAR를 통해 연구대상지에 대한 3차원 포인트클라우드 데이터를 취득하였으며, 데이터 처리를 통해 비행계획 별 성과물의 품질을 분석하였다. 성과물의 품질은 종방향이 평균 0.051m, RMSE 0.067m로 나타났으며, 횡방향은 평균 0.041m, RMSE는 0.053m의 값을 나타내어 종방향에 비해 횡방향의 비행계획에 따른 성과물이 더욱 높은 품질을 나타내었다.
2. 10개 검사점에 대해 VRS성과와 LiDAR 성과물의 결과를 비교하여 정확도를 분석하였으며, 정확도 평가 결과 종방향 비행계획이 0.049m, 횡방향이 0.048m의 편차를 나타내었다. 이러한 결과는 축척 1:1,000 수치지형도의 표고 정확도인 1/3m 이내의 값으로 수치지형도 구축에 충분히 활용이 가능할 것으로 판단된다.
3. 비행계획 별 성과에서 정확도는 큰 차이를 나타내지 않았지만 종방향 비행계획에 따른 성과물의 조정결과가 더욱 큰 조정값을 나타냄을 알 수 있었다. 이러한 결과는 연구대상지의 면적이 커질수록 횡방향의 비행계획이 효과적임을 나타내는 것이라 할 수 있다.
4. strip별 조정결과의 평균 및 RMSE가 커질 경우 조정이 불가능하여 재촬영이 필요할 수 있기 때문에 드론 LiDAR를 활용한 공간정보 구축에서 비행계획 수립은 횡방향이 효과적이라 할 수 있다.

#### References

- [1] 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>
- [2] 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>
- [3] 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>
- [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/IIBC.2018.18.6.229>
- [7] S. I. Baek, M. S. Byun, W. K. Kim, "Improving Precision of the Exterior Orientation and the Pixel Position of a Multispectral Camera onboard a Drone through the Simultaneous Utilization of a High Resolution Camera", *Korean Society Of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography*, Vol.39, No.6, Dec. 2021, pp. 541-548.  
DOI: <https://doi.org/10.7848/ksgpc.2021.39.6.541>
- [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*,

[1] M. K. Chung, C. J. Kim, K. H. Choi, D. K. Chung, Y.

Vol.19, No.6, Dec. 2019, pp. 9-13.

DOI: <https://doi.org/10.7236/IIBC.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/10.7837/kosomes.2019.25.4.504>
- [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] W. K. Son, "Status and Prevention Measures of Ground Subsidence in Mine Areas", *J. Korean Soc. Miner. Energy Resour. Eng.*, Vol.56, No.6, Dec. 2019, pp. 676-687.  
DOI: <https://doi.org/10.32390/ksmer.2019.56.6.676>
- [15] J. H. Lee, G. M. Lee, S. Y. Park, "Calibration of VLP-16 Lidar Sensor and Vision Cameras Using the Center Coordinates of a Spherical Object", *KIPS Trans. Softw. and Data Eng.*, Vol.8, No.2, Feb. 2019, pp. 89-96.  
DOI: <https://doi.org/10.3745/KTSDE.2019.8.2.89>
- [16] K. Y. Jung, J. K. Park, "Roughness Analysis of Paved Road using Drone LiDAR and Images", *Korean Society Of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography*, Vol.39, No.1, Feb. 2021, pp. 55-63.  
DOI: <https://doi.org/10.7848/ksGPC.2021.39.1.55>
- [17] YellowScan, products, [Internet]. YellowScan. Available From: <https://www.yellowscan-lidar.com/> (accessed January, 15, 2020)

이 근 왕(Keun-Wang Lee)

[종신회원]



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

<관심분야>

멀티미디어 통신, 멀티미디어 응용, 모바일 통신

박 준 규(Joon-Kyu Park)

[종신회원]



- 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