

건설공사 현황측량을 위한 UAV DSM의 활용성 평가

박준규¹, 엄대용^{2*}

¹서일대학교 토목공학과, ²한국교통대학교 토목공학과

Utilization Evaluation of Digital Surface Model by UAV for Reconnaissance Survey of Construction Project

Joon-Kyu Park¹, Dae-Yong Um^{2*}

¹Department of Civil Engineering, Seoil University

²Department of Civil Engineering, Korea National University of Transportation

요 약 UAV(Unmanned Aerial Vehicle)는 운용비용이 저렴하고, 데이터 취득의 속도가 빠르며 DSM(Digital Surface Model)의 생성이 가능하기 때문에 토지조사, 시설물 관리, 재난감시 및 복구 등 다양한 분야에 활용이 증가하고 있으며, 최근 건설 분야에서도 공정관리에 UAV 적용을 시도하고 있다. 건설공사 현장은 도심지, 산지, 농어촌 등에 광범위하게 분포되어 있으며, 짧게는 수백 미터에서 길게는 수 킬로미터에 이르기까지 그 범위가 다양하다. 건설공사 현황측량을 위해 기존에는 GPS나 토털스테이션을 이용한 측량방법이 주로 활용되어 왔다. 그러나 이 방법들은 데이터 취득에 많은 시간이 소요되는 단점이 있다. 본 연구에서는 건설공사 현황측량을 위한 UAV DSM의 활용성을 평가하고자 하였다. UAV와 3D 레이저 스캐너를 이용하여 데이터를 취득하고, 데이터 처리를 통해 건설현장의 DSM을 생성하였다. 3D 레이저 스캐너 데이터를 기준으로 UAV DSM를 비교하여 30cm 이내의 정확도를 확인하였으며, 두 작업 방법 간의 공정 비교를 통해 UAV DSM의 건설공사 현황측량 분야 활용성을 제시할 수 있었다. 향후 UAV DSM의 활용은 건설공사 측량에서 작업효율성을 크게 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다.

Abstract The unmanned aerial vehicle (UAV) is used in various fields, such as land surveying, facility management, and disaster monitoring and restoration because it has low operational costs, fast data acquisition, and can generate a digital surface model (DSM). Recently, the UAV has been applied to process management in construction projects. Construction projects are widely distributed not only in urban areas but also in mountainous areas and rural areas where people are rarely in traffic or in vehicles. Projects range from a few hundred meters to several kilometers long. In order to perform a reconnaissance survey, a surveying method using a global positioning system (GPS) or a total station has mainly been used. However, these methods have a disadvantage in that a lot of time is required for data acquisition. This study's purpose is to evaluate the usability of a UAV DSM for surveying a construction area. Data was acquired using the UAV and a three-dimensional (3D) laser scanner, and the DSM of the construction site was created through data processing. The UAV DSM showed accuracy to within 30 cm based on the 3D laser scanner data, and a process comparison between the two work methods was able to present the usability of the UAV DSM in the field of construction surveying. Future utilization of the UAV DSM is expected to greatly improve the efficiency of work in construction projects.

Keywords : 3D Laser Scanner, Construction Project, Digital Surface Model, Reconnaissance Survey, UAV

이 논문은 2015년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임
(no. NRF-2015R1A1A1A05001366)

*Corresponding Author : Dae-Yong Um(Korea National University of Transportation)

Tel: +82-10-6430-5066 email: dyum@ut.ac.kr

Received February 5, 2018

Revised February 12, 2018

Accepted March 9, 2018

Published March 31, 2018

1. 서론

현재 건설현장에서 측량을 위해 주로 활용되는 장비는 GPS와 토탈스테이션이 있다. 토탈스테이션은 측량하고자 하는 위치를 시준하고 전자파를 이용하여 거리를 측정된 후에 측정된 거리와 각도를 이용하여 목표물의 좌표를 계산한다[1-3]. GPS는 위성에서부터 지상의 수신기까지 거리를 측정하여 측정점의 3차원 위치를 결정한다[4-6]. 기존 방법들은 측량에 많은 시간을 필요로 하는 단점이 있으며, 이러한 단점을 보완하기 위한 방법으로 UAV의 활용이 주목받고 있다[7-9]. UAV는 빠른 데이터 취득으로 최근 건설, 재난, 지도제작 등 많은 분야에 적용을 위한 연구가 진행되고 있으나 성과물에 대한 정량적인 분석은 부족한 실정이다[10-14]. 이에 본 연구에서는 UAV를 통해 건설현장의 데이터를 취득하여 DSM을 생성하고, 정확도를 분석하였다. 정확도 분석을 위해

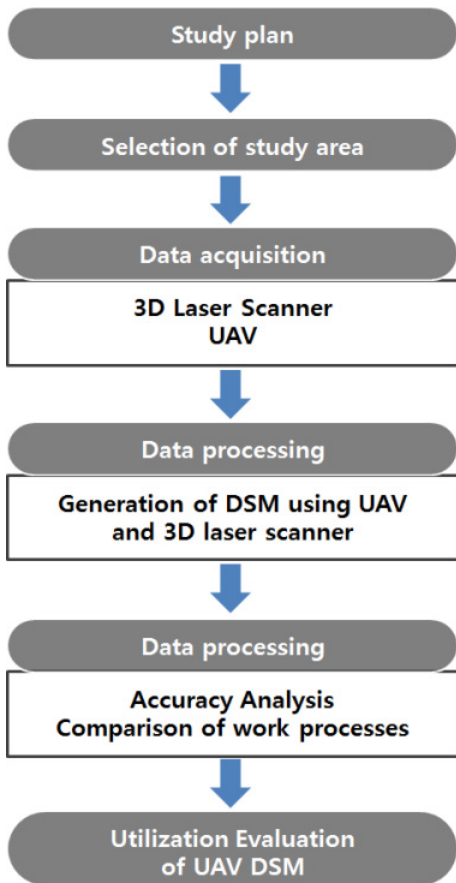


Fig. 1. Study flow

많은 연구를 통해 성과물의 정확도가 검증된 3D 레이저 스캐너 DSM을 기준으로 UAV DSM의 정확도를 평가하고, 작업공정의 비교를 통해 그 활용성을 제시하고자 하였다[15-16]. Fig. 1은 연구흐름도를 나타낸다.

2. 3D 레이저 스캐너 및 UAV 데이터 취득

본 연구에서는 강원도 춘천시 일원의 건설현장을 연구대상지로 하여 3D 레이저 스캐너와 UAV로 데이터를 취득하였다. Fig. 2는 연구대상지를 나타낸다.



Fig. 2. Study area

데이터 취득에 활용된 3D 레이저 스캐너는 Trimble TX8이며, UAV는 DJI Phantom4 pro를 이용하였다. Fig.3은 데이터 취득에 사용된 3D 레이저 스캐너와 UAV를 나타낸다.



(a) TX8



(b) Phantom4 pro

Fig. 3. Data acquisition equipment

3D 레이저 스캐너를 이용한 데이터 취득은 10회에 걸쳐 수행하였으며, UAV는 3회의 비행으로 대상지역에 대한 데이터를 취득하였다. UAV 데이터 처리를 위해 8점의 GCP(Ground Control Point)를 측량하였으며, 데이터 처리에 활용하였다. Table 1은 GCP 좌표를 나타낸다.

Table 1. GCP coordinate

Point	North(m)	East(m)	Height(m)
GCP01	585167.8	262218.1	93.387
GCP02	585162.6	262281.9	97.883
GCP03	585198.1	262277.3	104.5
GCP04	585188.8	262211.6	99.729
GCP05	585085.7	262169.1	85.87
GCP06	585056.8	262283.9	111.657
GCP07	585048.6	262408.4	125.697
GCP08	585114.9	262124.9	83.528

3. 3D 레이저 스캐너 및 UAV DSM 생성

3D 레이저 스캔 데이터의 처리는 RealWorks 소프트웨어를 이용하였다. 10회에 걸쳐 취득된 데이터는 각각의 데이터를 형상기반으로 정합하여 DSM을 생성하였다. UAV 데이터는 INPHO의 UAS Master 소프트웨어를 이용하여 점합점 추출, GCP 입력을 통한 항공삼각측량을 수행하고, DSM을 생성하였다. Fig.4와 Fig. 5는 각각 3D레이저 스캐너와 UAV에 의한 DSM을 나타낸다.

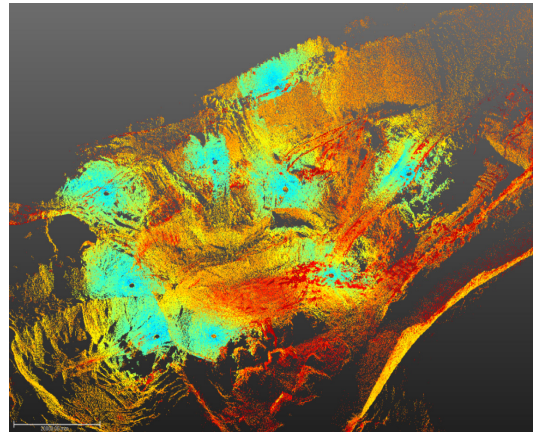


Fig. 4. DSM of 3D laser scanner



Fig. 5. DSM of UAV

4. 정확도 및 작업공정 분석

UAV 데이터 처리를 통해 생성된 DSM은 정확도 평가를 위해 3D 레이저 스캐너 DSM을 기준으로 높이에 대한 차이를 비교하였다. 총 10점의 검사점을 선정하고, 3D 레이저 스캐너 데이터와 비교하였다. Fig.6은 검사점의 위치를 나타내며, Fig.7과 Table 2는 정확도 비교 결과를 나타낸다.

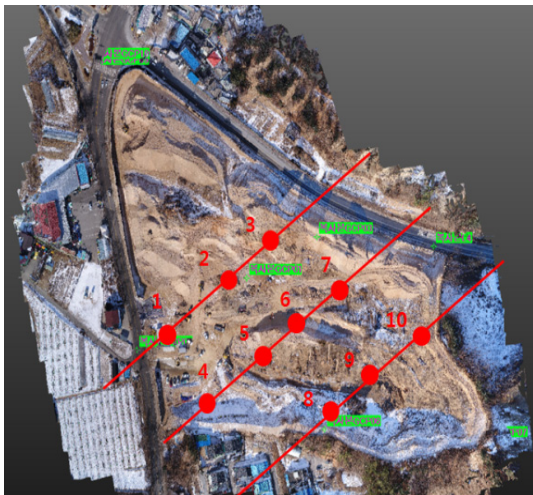


Fig. 6. Location of checkpoint

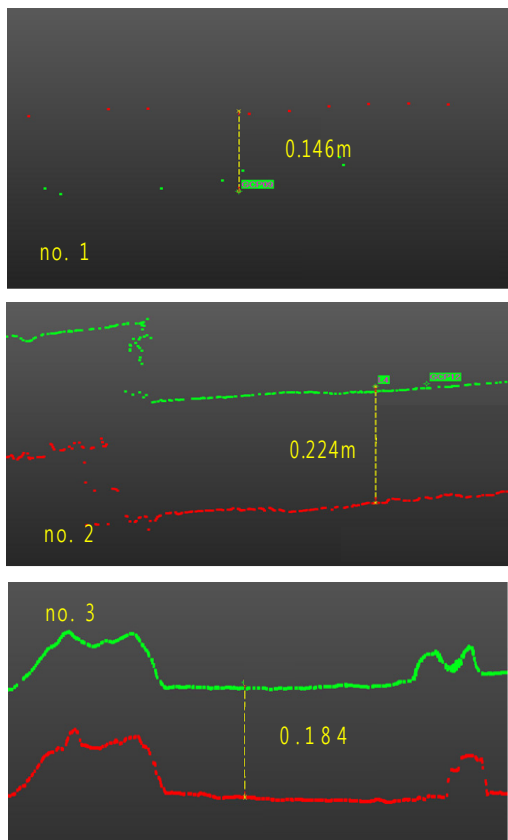


Fig. 7. Accuracy comparison result

Table 2. Accuracy evaluation result

Check Point	Difference of Height(m)
1	0.146
2	0.224
3	0.184
4	0.234
5	0.247
6	0.257
7	0.212
8	0.249
9	0.242
10	0.224
Average of dH	0.222

정확도 평가 결과 높이값의 차이는 0.146m~0.257m였으며, 평균 0.222m를 나타내었다. UAV DSM과 3D 레이저 스캐너 DSM의 차이는 30cm 이내로 이러한 결과는 축척 1:5,000 수치지형도 제작에서 요구되는 정확도를 만족하며, 건설공사 현장의 현황측량에 충분히 활용이 가능한 값이다. 추가적인 연구를 통해 정확도를 개선한다면 정밀한 측량성고를 요구하는 분야에도 활용이 가능할 것이다. Table 3은 용역사업검사기준의 1:5,000 수치지형도 제작 허용오차를 나타낸다.

Table 3. Accuracy of 1:5,000 digital topographic map

Maximum error(m)		
Plane	Contour	Height
2.0	2.0	1.0

한편, 본 연구에서는 UAV DSM의 건설공사 현황측량에 대한 활용성을 제시하기 위해 3D 레이저 스캐너와 UAV의 작업공정을 비교하였다.

3D 레이저 스캐너는 데이터 취득에 총 1시간 40분이 소요되었으며 UAV는 데이터 취득 시간이 50분 정도로 데이터 취득에 걸리는 시간을 크게 단축시켰다. 데이터 처리 및 DSM 생성에는 두 가지 방법의 소요시간이 모두 1시간 정도로 비슷하였다. 또한 데이터 취득 영역은 3D 레이저 스캐너와 UAV가 각각 62,500m²과 202,500m²으로 UAV에 의한 방법이 3배 이상의 효율을 나타내었다. Fig. 8은 3D 레이저 스캐너와 UAV의 데이터 취득 영역을 비교한 것이며, Fig.8은 작업공정 및 소요시간을 비교한 것이다.

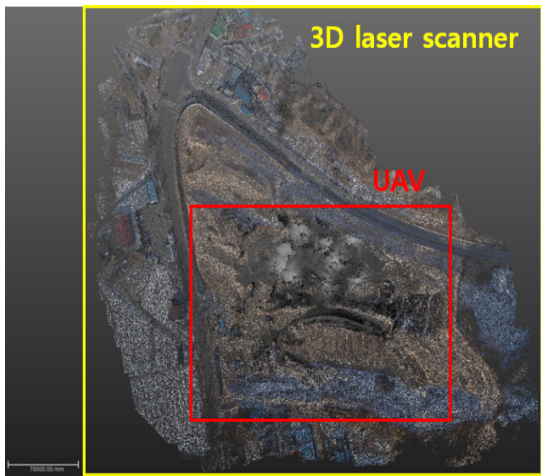


Fig. 8. Comparing data acquisition area of 3D laser scanner and UAV

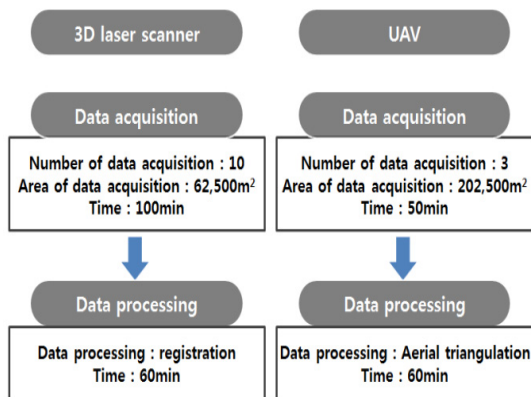


Fig. 9. Comparing work process and time

4. 결론

본 연구는 건설공사 현황측량에서 UAV DSM의 활용성을 제시하였다.

3D 레이저 스캐너 및 UAV를 이용하여 연구대상지역에 대한 데이터를 취득하였으며, 데이터 처리를 통해 DSM을 제작하였다. 3D 레이저 스캐너 DSM을 기준으로 10개 검사점을 선정하고, UAV DSM의 정확도를 평가하여 30cm 이내의 정확도를 확인하였다. 이러한 결과는 건설공사 현황측량에 UAV DSM이 활용 가능함을 나타내는 것이다.

UAV는 3D 레이저 스캐너에 비해 데이터 취득에 걸

리는 시간을 단축시킬 수 있으며, 단위 시간당 넓은 지역의 데이터를 취득할 수 있어 작업의 효율성을 크게 증가시킬 수 있었다. 향후 추가적인 연구를 통해 UAV DSM의 정확도가 개선된다면 정밀한 측량성과를 요구하는 분야에도 활용이 가능할 것이다.

References

- [1] Park, J. K. and Kim, M. G., "Development of GNSS Field Survey System for Effective Creation of Survey Result and Enhancement of User Convenience", *Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography*, vol. 35, no. 3, pp. 203-210, 2017.
DOI: <http://dx.doi.org/10.7848/ksgpc.2017.35.3.203>
- [2] Lee, S. J. and Choi, Y. S., "On-site Demonstration of Topographic Surveying Techniques at Open-pit Mines using a Fixed-wing Unmanned Aerial Vehicle (Drone)", *Tunnel & Underground Space*, vol. 25, no. 6, pp. 527-533, 2015.
DOI: <https://doi.org/10.7474/TUS.2015.25.6.527>
- [3] Yoon, H. S., Cho, J. H., Park, H. E., and Yoo, S. M., "Development of Near Real Time GNSS Precipitable Water Vapor System Using Precise Point Positioning", *Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography*, vol. 35, no. 6, pp. 471-484, 2017.
- [4] Kim, Y. M., Lee, S. B., Kim, J. Y., and Park, Y. J., "Disaster Management Using High Resolution Optical Satellite Imagery and Case Analysis", *Journal of the Korean Society of Hazard Mitigation*, vol. 17, no. 3, pp. 117-124, 2017.
DOI: <https://doi.org/10.9798/KOSHAM.2017.17.3.117>
- [5] Lee, G. S., Choi, Y. W., Lee, M. H., Kim, S. G., and Cho, G. S. "Reconnaissance Surveying for Cultural Assets using Unmanned Aerial Vehicle", *Journal of the Korean Association of Cadastre Information*, vol. 18, no. 3, pp. 25-34, 2016.
- [6] Lee, J. W. and Sung, S. M., "Accuracy Analysis of Boundary Determination in Dwelling Site According to Different Placement of Boundary Point Using UAV Photogrammetry", *Journal of the Korean Society of Cadastre*, vol. 32, no. 3, pp. 123-134, 2016.
DOI: <https://doi.org/10.21562/kjs.2016.04.50.2.123>
- [7] Y. R. Choi, J. S. Lee and H. C. Yun, "Extraction of Forest Resources Using High Density LiDAR Data", *Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography*, vol. 33, no. 2, pp. 73-81, 2015.
DOI: <https://doi.org/10.7848/ksgpc.2015.33.2.73>
- [8] Chung, M. K., Kim, C. J., Choi, K. H., Chung, D. K., and Kim, Y. G., "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, pp. 91-102, 2017.
DOI: <http://dx.doi.org/10.7848/ksgpc.2017.35.2.91>

- [9] Choi, S. Y., "A Study on the Improvement of UAV Aerial Photogrammetry Policies", *Journal of the Korean Association of Cadastre Information*, vol. 19, no. 3, pp. 125-139, 2017.
- [10] C. N. Lee and J. H. Oh, "LiDAR Chip for Automated Geo-referencing of High-Resolution Satellite Imagery", *Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography*, vol. 32, no. 1, pp. 319-326, 2014.
DOI: <https://doi.org/10.7848/ksgpc.2014.32.4-1.319>
- [11] S. W. Shin, K. I. Bang and W. S. Cho, "Planar Patch Extraction from LiDAR Data Using Optimal Parameter Selection", *Journal of the Korea Society For Geospatial Information System*, vol. 19, no. 1, pp. 97-103, 2011.
- [12] Choi, S. P., Ham, J. H., Kim, M. S. Kim, Yang, I. T., and Nam, U. N., "Slope Terrain Analysis According to Geographical Feature and Survey Place Based on Terrestrial LiDAR Data", *Journal of the Korean Society for Geospatial Information System*, vol. 18, no. 2, pp. 63-68, 2010.
- [13] Kiljae,Ahn, Yongsung Kim, Basic Study of Architectural Design Using low-cost, low-altitude photogrammetric system, *Asia-pacific Journal of Multimedia Services Convergent with Art, Humanities, and Sociology*, vol. 5, no. 4, pp.789-796, August 2015.
DOI: <http://dx.doi.org/10.14257/AJMAHS.2015.08.54>
- [14] Joon Kyu Park, Min Gyu Kim,PPK GNSS System based UAV Photogrammetry for Construction of Urban Disaster Prevention Information, *Asia-pacific Journal of Multimedia Services Convergent with Art, Humanities, and Sociology*, vol. 7, no. 4, pp. 355-362, April 2017.
DOI: <http://dx.doi.org/10.14257/AJMAHS.2017.04.83>
- [15] Young Jin Park, Min Gyu Kim, Analysis of Characteristics of Ortho Image by Type of Terrain Model using Unmanned Aerial Vehicle, *Asia-pacific Journal of Multimedia Services Convergent with Art, Humanities, and Sociology*, vol. 5, no. 5, pp. 505-513, October 2015.
DOI: <http://dx.doi.org/10.14257/AJMAHS.2015.10.37>
- [16] Dae Yong Um, Joon Kyu Park, Analysis of UAV Photogrammetric Method for Generation of Terrain Model and Ortho Image, *Asia-pacific Journal of Multimedia Services Convergent with Art, Humanities, and Sociology*, vol. 6, no. 8, pp. 577-584, August 2016.
DOI: <http://dx.doi.org/10.14257/AJMAHS.2016.08.57>

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

엄 대 용(Dae-Yong Um)

[정회원]



- 1997년 2월 : 충남대학교 공과대학 토목공학과 (공학사)
- 1999년 2월 : 충남대학교 대학원 토목공학과 (공학석사)
- 2004년 2월 : 충남대학교 대학원 토목공학과 (공학박사)
- 2004년 4월 ~ 현재 : 한국교통대학교 토목공학과 교수

<관심분야>
지형공간정보공학, 사진측량학