

도로 시공측량을 위한 모바일맵핑시스템의 적용성 평가

Applicability Evaluation of Mobile Mapping System for Road Construction Surveying

박준규¹⁾ · 이근왕²⁾

Park, Joon Kyu · Lee, Keun Wang

Abstract

Korea's construction industry has a shortage and aging of construction manpower, low productivity compared to other industries, and a high rate of industrial accidents. The Ministry of Land, Infrastructure and Transport is preparing for the 4th industrial revolution and is expanding investment in construction automation and innovative growth engines to improve productivity in the construction industry. In order for new technologies to be utilized in the road construction field, the accuracy of the technologies and the applicability of each type of work must be evaluated. In this study, the accuracy of the mobile mapping system was tried to verify based on the relevant work regulations, and to suggest the applicability of the mobile mapping system to high-speed driving tracks through data acquisition and analysis on road construction sites. The accuracy of the equipment used in the study was verified in accordance with the relevant work regulations, and the possibility of applying the mobile mapping system used for the study to road construction surveying was presented with a maximum error of less than 10cm in the horizontal and vertical directions. In addition, the possibility of utilizing the road construction survey using the mobile mapping system was presented through comparison with the existing method for data acquisition time for construction surveying, production of construction status survey results, and calculation of heatmap and earthworks. In the future, the use of construction status surveying of the mobile mapping system will greatly improve the efficiency of construction work.

Keywords : 4th Industrial Revolution, Construction Automation, Road Construction Surveying, Mobile Mapping System, Accuracy Analysis

초 록

우리나라 건설 산업은 건설 인력의 부족 및 노령화, 타 산업분야에 비해 낮은 생산성, 높은 산업재해율 등이 있다. 국토교통부에서는 4차 산업혁명을 대비하고, 건설산업의 생산성 향상을 위해 건설자동화, 혁신성장동력을 정하고 이에 대한 투자를 확대하고 있다. 도로건설 분야에서 새로운 기술들이 활용되기 위해서는 기술에 대한 정확도 검증과 공종별 적용성에 대한 평가가 이루어져야 한다. 본 연구에서는 관련 작업규정을 기준으로 모바일맵핑시스템의 정확도를 검증하고, 도로 시공현장에 대한 데이터 취득 및 분석을 통해 도로 시공측량에 대한 모바일맵핑시스템의 적용성을 제시하고자 하였다. 정밀도로지도 제작 작업규정에 따라 연구에 활용한 장비의 정확도를 검증하였으며, 수평 및 수직 방향에 대한 최대 오차가 10cm 이내로 연구에 활용한 모바일맵핑시스템의 도로 시공측량 적용 가능성을 제시하였다. 또한 시공측량을 위한 데이터 취득 시간에 대한 기존 방법과의 비교와 시공측량 성과물 제작과 heatmap 및 토공량 산정을 통해 모바일맵핑시스템을 이용한 도로 시공측량 활용의 가능성을 제시하였다. 향후, 모바일맵핑시스템의 도로 시공측량 활용은 건설공사의 효율성을 크게 향상시킬 수 있을 것이다.

핵심어 : 4차 산업혁명, 건설 자동화, 도로 시공측량, 모바일맵핑시스템, 정확도 평가

Received 2022. 06. 03, Revised 2022. 06. 09 Accepted 2022. 06. 15

1) Member, Dept. of Civil Engineering, Seoul University (E-mail: jkpark@seoul.ac.kr)

2) Corresponding Author, Member, Dept. of the Multimedia Science, Chungwoon University (E-mail: kwlee@chungwoon.ac.kr)

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

1. 서론

4차 산업혁명은 인공지능, IoT (Internet of Things), Big data 등 지능정보기술이 산업분야에 적용되어 사회구조의 근본적인 변화를 촉발하는 기술적 혁명을 뜻한다(Lee *et al.*, 2022; Jang and Kim, 2022). IOT 기술은 사람과 사물, 사물과 사물 간을 연결하고 상호작용을 할 수 있도록 하며, 빅데이터는 인공지능이 적절한 판단과 자율적인 제어를 할 수 있도록 하는 딥러닝을 가능하게 한다. 또한 무인화와 자동화를 활용하는 산업 및 서비스가 확산될 것이다(Kwon and Kim, 2022). 건설분야에서도 이러한 4차 산업혁명을 대비하기 위해 국토교통부는 국토교통 분야의 중장기 계획과 추진전략을 제시하고 있으며, 이 계획은 국토교통부가 추진하는 8대 혁신성장동력으로 구성된다. Fig. 1은 국토교통부의 8대 혁신성장동력을 나타낸다.

Fig. 1의 8가지 혁신성장동력 중 드론, 스마트시티, 건설자동화, 가상국토공간은 포인트클라우드 데이터와 밀접한 관련이 있다. 3D 레이저 스캐너, 드론, 모바일맵핑시스템 등의 기술을 통해 생성되는 포인트클라우드 데이터는 관련 분야의 생산성 향상과 함께 디지털 트윈의 기초자료로 이용될 수 있다는 특징을 가지고 있다(Lee *et al.*, 2021). 한편, 우리나라 건설 산업의 문제점은 건설 인력의 부족 및 노령화, 타 산업분야에 비해 건설산업의 낮은 생산성, 높은 산업재해율 등이 있다(Lee *et al.*, 2022; Kim, 2021). 국토교통부의 8가지 혁신성장동력 역시 건설산업의 문제점 중 생산성을 향상시키고자 하는 목적이 있으며, 건설산업의 문제점에 대한 근본적인 해결방안을

모색하고자 4차 산업혁명 기술들과 융합한 스마트 건설을 추진 중에 있으며, 건설관련 국토교통 산업의 투자를 크게 늘려갈 계획을 가지고 있다(<http://www.molit.go.kr/>).

본 연구에서는 도로건설 분야에서 4차 산업혁명 관련 기술의 적용성을 평가하고자 하였다. 도로 건설에서 측량은 건설 대상물의 성공적인 완공을 위해 공사 전, 공사 중, 공사 후 모든 시공단계에서 시행하며, 도로의 적절한 기능 발휘를 위해 수행되는 중요한 절차이다(Baek, 2020; Nam and Kim, 2019). 도로건설 분야에서 새로운 기술들이 활용되기 위해서는 기술에 대한 정확도 검증과 공종별 적용성에 대한 평가가 이루어져야 한다. 모바일맵핑시스템에 대한 기존의 연구로는 SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) 기술을 이용한 모바일맵핑시스템 개발에 대한 연구가 수행되었으며(Kook, 2022), 도로관리를 위한 균열 및 포장상태 모니터링 및 경제성 분석이 이루어졌다(Choi *et al.*, 2022). 최원준 등은 모바일맵핑시스템의 포인트클라우드 데이터를 이용하여 CCTV (Closed-Circuit TeleVision)의 감시가능 영역을 추출하는 연구를 진행하였으며(Choi *et al.*, 2022), 모바일맵핑시스템의 성과를 이용하여 하천제방에 대한 경사도를 추출하고 이를 자동으로 추출할 수 있는 방안을 제시한 연구가 이루어졌다(Kim, 2021). 하지만 모바일맵핑시스템의 정확도를 검증하고, 도로 시공측량을 위한 활용성을 제시한 연구는 다소 부족한 실정이다. 이에 본 연구에서는 관련 작업규정을 기준으로 모바일맵핑시스템의 정확도를 검증하고, 도로 시공현장에 대한 데이터 취득 및 분석을 통해 도로 시공측량에 대한 모바일맵핑시스템의 적용성을 제시하고자 하였다.

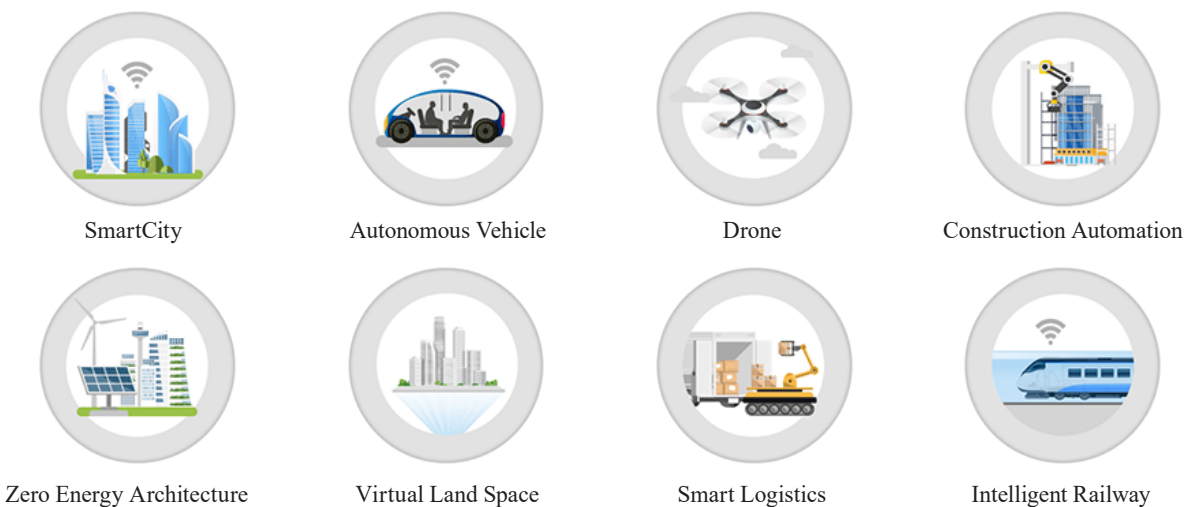


Fig. 1. 8 innovative growth engines of MOLIT (<http://www.molit.go.kr/>)

2. 연구 절차와 방법

본 연구에서는 모바일맵핑시스템의 도로 시공측량 적용성을 제시하기 위해 관련 작업규정에 따라 모바일맵핑시스템의 정확도를 검증하였다. Fig. 2는 본 연구의 연구흐름도를 나타낸다.

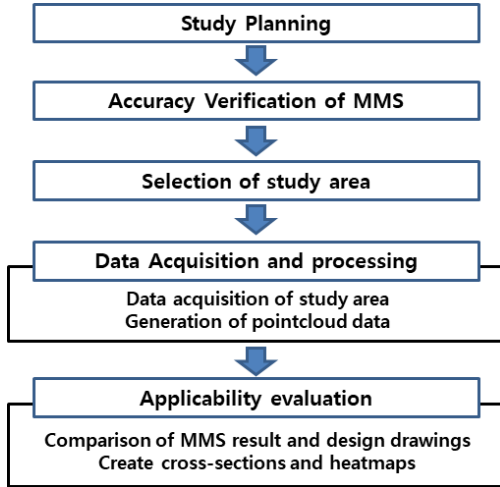


Fig. 2. Study flow

현재 모바일맵핑시스템의 도로분야 활용을 위한 성능기준은 국토지리정보원의 「정밀도로지도 제작 작업규정」에서 정하고 있다. 작업규정에서는 위치 및 자세 측정센서의 성능 기준과 포인트클라우드 데이터의 위치정확도 기준을 정하고 있다. Table 1은 해당 작업규정의 모바일맵핑시스템 성능기준에 대한 내용을 나타낸다.

모바일맵핑시스템의 정확도 검증은 GNSS (Global Navigation Satellite System) 신호 수신이 가능한 환경에서 500m 이상을 주행하여 시험측량을 수행하고, 검사점을 사용해 점군 데이터의 정확도를 평가하는 방법으로 수행하였다. 또한 GNSS 신호 수신 불량 구간에 대해서도 같은 방법으로 정확도 평가를 수행하였다. 데이터 취득에 이용한 모바일맵핑시스템은 Trimble사의 MX50 모델이며, GNSS/IMU (Inertial Measurement Unit) 는 AP60이 사용되었다. Fig. 3은 모바일맵핑시스템을 나타낸다.



Fig. 3. Mobile mapping system (<http://www.trimble.com/>)

모바일맵핑시스템을 이용한 데이터 취득은 정방향, 역방향 및 GNSS outage의 3회로 구분하여 수행되었으며, 취득된 데이터의 처리를 위한 기준점 데이터는 1초 간격으로 취득하였다. 최종 성과의 보정을 위한 GCP (Ground Control Point)는 4점을 이용하였다. Fig. 4는 모바일맵핑시스템의 주행경로 중 일부이며, Fig. 5는 모바일맵핑시스템을 통해 생성된 포인트클라우드 데이터와 검사를 위한 CP (Check Point)의 위치를 나타낸다.

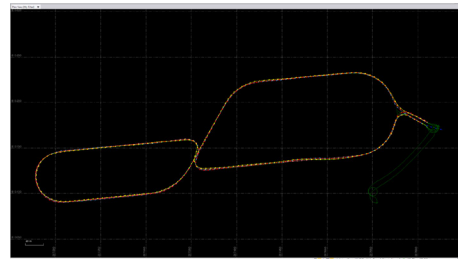


Fig. 4. Driving route of MMS

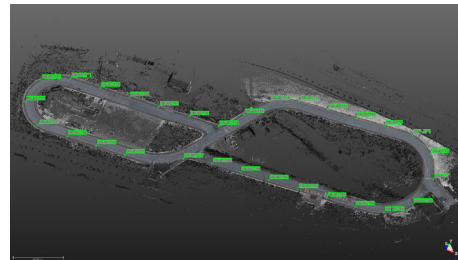


Fig. 5. Pointcloud data and location of check point

Table 1. Mobile mapping system performance standards according to regulation

Relative accuracy		Maximum error		Remark
Planar position	Vertical position	Planar position	Vertical position	
within 0.2m	within 0.2m	within 0.4m	within 0.4m	Article 20 Paragraph 4

3. 점군 정확도 검증

모바일맵핑시스템의 점군 정확도는 검사장 내에 설치된 60 개 CP에 대한 좌표성과를 기준값과 비교하여 수행된다. 검사 점 좌표 중 일부를 Table 2에 나타내었다.

CP점에 대한 정확도 평가 결과 위치정확도 및 최대 오차는 20cm 이내로 「정밀도로지도 제작 작업규정」에서 정하고 있는 허용오차의 범위를 만족하였다. Table 3은 정확도 검증 결과를 나타내며, 정확도는 신뢰수준 95%에 대한 RMSE를 나타낸다.

Table 2. Coordinate of check points

Forward			Backward			GNSS outage		
X(m)	Y(m)	H(m)	X(m)	Y(m)	H(m)	X(m)	Y(m)	H(m)
332259.67	4220733.96	102.69	332259.66	4220733.92	102.72	332259.69	4220733.875	102.66
332259.49	4220734.17	102.7	332259.48	4220734.13	102.73	332259.505	4220734.095	102.68
332244.92	4220760.1	101.6	332244.92	4220760.07	101.59	332244.89	4220760.045	101.53
332244.70	4220760.3	101.59	332244.70	4220760.26	101.61	332244.68	4220760.265	101.51
332218.40	4220773.9	100.38	332218.42	4220773.86	100.4	332218.38	4220773.83	100.35
332218.13	4220773.92	100.38	332218.13	4220773.88	100.42	332218.09	4220773.85	100.36
332188.52	4220773.06	98.98	332188.52	4220773.00	98.95	332188.60	4220772.98	98.96
332188.24	4220773.02	98.99	332188.25	4220772.97	99	332188.25	4220772.98	98.94
332158.56	4220770.85	97.22	332158.57	4220770.83	97.18	332158.60	4220770.78	97.21
332158.29	4220770.82	97.22	332158.3	4220770.79	97.23	332158.31	4220770.77	97.2
332128.7	4220768.75	95.87	332128.71	4220768.73	95.82	332128.72	4220768.67	95.85
332128.43	4220768.74	95.81	332128.42	4220768.72	95.85	332128.43	4220768.695	95.82
332098.90	4220766.56	94.99	332098.89	4220766.52	94.91	332098.89	4220766.47	95
332098.63	4220766.49	94.93	332098.63	4220766.47	94.91	332098.6	4220766.43	94.98
332072.20	4220754.16	94.67	332072.22	4220754.17	94.66	332072.21	4220754.06	94.73
332072.01	4220753.97	94.68	332072.03	4220753.96	94.65	332071.99	4220753.87	94.76
332055.17	4220729.3	94.83	332055.2	4220729.28	94.83	332055.19	4220729.19	94.77
332055.04	4220729.05	94.81	332055.08	4220729.05	94.8	332055.03	4220728.96	94.78
332038.25	4220705.73	95.12	332038.27	4220705.72	95.12	332038.26	4220705.63	95.07
332038.00	4220705.66	95.12	332037.99	4220705.67	95.12	332037.94	4220705.67	95.04
331968.42	4220635.93	96.06	331968.45	4220635.86	96.08	331968.46	4220635.82	95.98
331968.14	4220635.90	96.06	331968.16	4220635.85	96.07	331968.17	4220635.83	95.99
331937.94	4220633.72	96.23	331937.95	4220633.68	96.27	331937.98	4220633.62	96.15
331937.67	4220633.70	96.24	331937.65	4220633.65	96.25	331937.71	4220633.63	96.12
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

Table 3. Accuracy verification result

Item	Relative accuracy		Maximum error	
	Planar position	Vertical position	Planar position	Vertical position
Forward	0.042m	0.082m	0.057m	0.075m
Backward	0.059m	0.088m	0.062m	0.076m
GNSS outage	0.156m	0.075m	0.173m	0.097m

한편, 도로 시공측량에 모바일맵핑시스템의 활용 가능성을 판단하기 위해 시공측량 관련 작업규정을 조사하였다. 「일반측량 작업규정」에서는 토공사 시공측량의 정확도를 $\pm 10\text{cm}$ 이내로 정하고 있다. Table 3에서와 같이 모바일맵핑시스템의 최대 오차는 GNSS outage를 제외하고 수평 및 수직 방향에서 10cm 미만의 값을 나타내었다. 이러한 결과는 모바일맵핑시스템을 이용한 토공사 시공측량이 가능함을 나타내는 것이다.

4. 도로 시공측량 활용을 위한 모바일맵핑시스템의 적용성 평가

본 연구에서는 도로 시공측량 활용을 위한 모바일맵핑시스템의 적용성 평가를 위해 경기도 일원의 고속주행 트랙 건설현장을 연구대상지로 선정하였다. 해당 지역은 노반공사가 진행 중인 현장으로 모바일맵핑시스템을 활용한 도로 시공측량 실험에 적절할 것으로 판단되어 연구대상지로 선정하였다. Fig. 6은 연구대상지를 나타낸다.



Fig. 6. Study area

데이터처리를 위한 기준점은 국토지리정보원의 위성기준점 데이터 중 1초 간격의 RINEX를 이용하였으며, 총 2km 구간에 대한 데이터를 시속 40km/h의 속도로 취득하였다. 데이터 처리는 위성기준점 RINEX 데이터를 기준으로 주행 경로에 대한 처리를 수행하고, 포인트클라우드를 생성하였다. 경로처리에 사용된 소프트웨어는 Applanix사의 POSpac을 사용하였으며, 성과물의 RMSE가 0.05m 이내가 되도록 처리하였다. Fig. 7은 데이터 처리 결과 중 일부를 나타내며, Fig. 8은 경로처리 전·후의 비교를 나타낸다.

경로처리 후 생성된 정확한 경로정보를 이용하여 연구대상지의 포인트클라우드 데이터를 생성하였다. 생성된 포인트클

라우드 데이터에서 식생, 가로등과 같은 지장물을 제거하고, 시공측량 성과물인 종단 및 횡단도를 제작하였다. Fig. 9는 모바일맵핑시스템으로 생성된 포인트클라우드 데이터이며, Fig. 10은 종단 및 횡단도를 나타낸다.

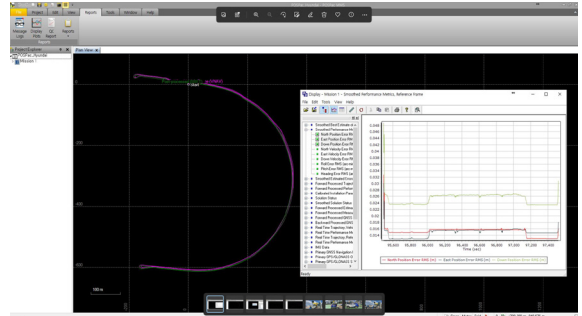


Fig. 7. Trajectory processing result

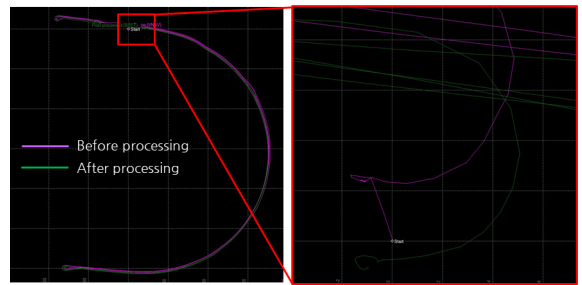
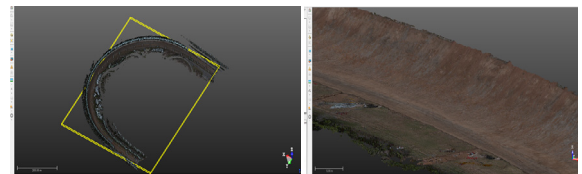


Fig. 8. Comparison before and after trajectory processing



(a) Pointcloud data (b) Ground extraction result

Fig. 9. Pointcloud data generated by mobile mapping system

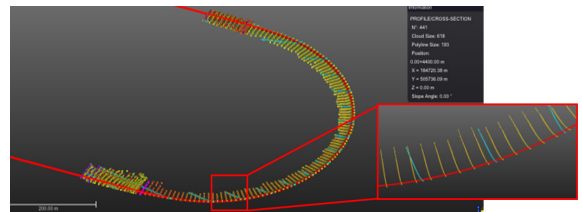
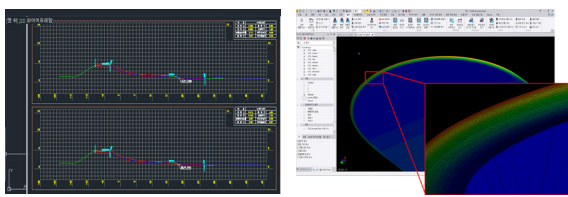


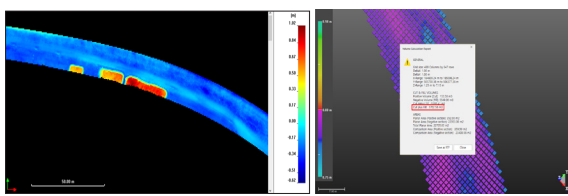
Fig. 10. Profiles and cross Sections

Fig. 9의 종단 및 횡단 도면은 시공측량 성과물로 모바일맵핑시스템을 활용하는 경우 기존의 GNSS나 토털스테이션측량보다 효과적으로 작업을 수행할 수 있다. 2km 구간에 대한 데이터 취득에 소요되는 시간은 건설공사표준품셈 기준으로 4일이 소요되는 것으로 산정되고 있으나 모바일맵핑시스템의 경우 데이터 취득에 소요된 시간은 1시간 정도로 현장에서의 작업소요시간을 크게 줄일 수 있어 관련 공정의 효율성을 크게 높일 수 있다. 한편, 본 연구에서는 기존 2D 도면을 3차원화하고, 모바일맵핑시스템으로 생성된 데이터와 비교를 통해 토공량을 산정하였다. 이를 위해 2D로 제작된 설계도면의 종단도 및 횡단도를 3D로 변환하였다. Fig. 11은 2D 도면의 3D 변환을 나타낸다.



(a) 2D design (b) 3D Transformation result
Fig. 11. 3D Transformation of 2D Drawings

2D 도면을 이용해 생성된 3D 설계도면은 모바일맵핑시스템 성과와 중첩하여 토공량을 산정하였다. Fig. 12는 토공량을 나타낸다.



(a) Heatmap (b) Earthwork volume
Fig. 12. Calculation of earthwork volume using mobile mapping system

Fig. 12에서 붉은 색은 절토가 필요한 부분이며, 파랑색으로 나타난 영역은 성토가 필요한 부분으로 모바일맵핑시스템을 이용한 heatmap은 시공현황의 가시적인 파악이 가능하였다. 3D로 변환한 설계값과 비교하여 1m 격자간격으로 계산한 연구대상지 노반에 대한 성토량은 5702.58m³으로 산정되었으며, 연구를 통해 모바일맵핑시스템의 시공측량 활용성을 제시할 수 있었다.

5. 결론

본 연구에서는 모바일맵핑시스템의 정확도를 검증하고, 도로 시공현장에 대한 데이터 취득 및 분석을 통해 도로 시공측량에 대한 모바일맵핑시스템의 적용성을 제시하고자 하였다. 모바일맵핑시스템의 성능기준을 정하고 있는 정밀도로지도 제작 작업규정에 따라 연구에 활용한 장비의 정확도를 검증하였으며, 수평 및 수직 방향에 대한 최대 오차가 10cm 이내로 연구에 활용한 모바일맵핑시스템의 도로 시공측량 적용가능성을 제시하였다. 노반공사가 진행 중인 현장을 연구대상지로 하여 모바일맵핑시스템으로 데이터를 취득하고, 경로처리를 거쳐 포인트클라우드 데이터를 생성하였다. 생성된 포인트클라우드 데이터를 이용하여 지면을 추출하고, 종단 및 횡단도면을 생성하였다. 기존 건설공사 표준품셈에서 정하고 있는 GNSS나 토털스테이션을 이용하는 방법에서 데이터 취득에 4일이 소요되는 것에 비해 모바일맵핑시스템을 활용하는 경우 데이터 취득에 소요되는 시간을 크게 단축시킬 수 있어 관련 공정의 생산성을 크게 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다. 한편, 기존 설계도면의 3D 변환 및 모바일맵핑시스템 성과와 비교를 통해 시공현황을 가시적으로 파악할 수 있는 heatmap을 생성하였으며, 토공량을 계산할 수 있었다. 건설공사 진행 결과와 비교를 통한 모바일맵핑시스템으로 산정한 토공량에 대한 추가적인 분석이 필요할 것으로 판단되며, 향후 모바일맵핑시스템의 시공측량 활용은 건설공사의 효율성을 크게 향상시킬 수 있을 것이다.

감사의 글

이 성과는 2021년도 과학기술정보통신부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2021R1F1A1061677).

References

Baek, S.K. (2020), A Research on the Japanese Three-Dimensional Road System for Three-Dimensional Development of Road Space, *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol. 21, No. 11, pp. 309-316. (in Korean with English abstract)
<https://doi.org/10.5762/KAIS.2020.21.11.309>

- Choi, S.H., Park, J.G., and Do, M.S. (2022), Infrastructure Health Monitoring and Economic Analysis for Road Asset Management : Focused on Sejong City, *The journal of the Korea Institute of Intelligent Transportation Systems*, Vol. 20, No. 4, pp. 71-82. (in Korean with English abstract)
<https://doi.org/10.12815/kits.2021.20.4.71>
- Choi, W.J., Park, S.Y., Choi, Y.J., Hong, S.H., Kim, N.H., and Sohn, H.G. (2021), Creation of Actual CCTV Surveillance Map Using Point Cloud Acquired by Mobile Mapping System, *Korean Journal of Remote Sensing*, Vol. 37, No. 5-3, pp. 1361-1391. (in Korean with English abstract)
<https://doi.org/10.7780/kjrs.2021.37.5.3.3>
- Jang, C.B. and Kim, K.B. (2022), Implementation of Pre-Post Process for Accuracy Improvement of OCR Recognition Engine Based on Deep-Learning Technology, *Journal of Convergence for Information Technology*, Vol. 12, No. 1, pp. 163-170. (in Korean with English abstract)
<https://doi.org/10.22156/CS4SMB.2022.12.01.163>
- Kim, C.H., Lee, J.S., Choi, W.J., Kim, W.D., and Sohn, H.G., (2021), Automatic Extraction of River Levee Slope Using MMS Point Cloud Data, *Korean Journal of Remote Sensing*, Vol. 37, No. 5-3, pp. 1425-1434. (in Korean with English abstract)
<https://doi.org/10.7780/kjrs.2021.37.5.3.7>
- Kim, J.C. (2021), A Study on Current Status of Landscaping Supervision Quality Control and Improvement Measures in Apartment House Construction, *Journal of Korean institute of landscape architecture*, Vol. 49, No. 1, pp. 1-18. (in Korean with English abstract)
<https://doi.org/10.9715/KILA.2021.49.1.001>
- Kook, J.J. (2022), OpenVSLAM-based Cooperative Mobile AR System Architecture, *Journal of the Semiconductor & Display Technology*, Vol. 21, No. 1, pp. 136-141. (in Korean with English abstract)
<https://doi.org/10.14400/JDC.2022.20.3.415>
- Kwon, A.R. and Kim, S.I. (2022), A Proposal for the Development of Online Graduate School for Lifelong Education, *Journal of Digital Convergence*, Vol. 20, No. 3, pp. 415-422. (in Korean with English abstract)
<https://doi.org/10.14400/JDC.2022.20.3.415>
- Ministry of Government Legislation, Korean Law Information Center (2022), Regulation, *Korean Law Information Center's Homepage*, <https://www.law.go.kr/> (last date accessed: 30 May 2022)
- Lee, J.H., Lee, J.W., Seo, D.G., and Hwang, E.K. (2022), Analysis of research trends in the service sector for revitalization of Smarthome: Focusing on overseas research trends and registered academic journals, *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol. 23, No. 4, pp. 238-251. (in Korean with English abstract)
<https://doi.org/10.5762/KAIS.2022.23.4.238>
- Lee, S.B., Jeong, M., Auh, S.C., and Kim, J.J. (2021), Development of Standard Work Type to Utilize Drone at Expressway Construction Sites, *KSCE Journal of Civil and Environmental Engineering Research*, Vol. 41, No. 4, pp. 461-468. (in Korean with English abstract)
 DOI: <https://doi.org/10.12652/Ksce.2021.41.4.0461>
- Lee, S.H., Cha, H.S., and Son, B.S. (2022), A Study of the Decision Making System in adopting Off-Site Construction Method in the Initial Stage Considering the Building Project Characteristics -Focused on Structure Work of Apartment Housing, *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, Vol. 23, No. 1, pp. 89-97. (in Korean with English abstract)
<http://dx.doi.org/10.6106/KJCEM.2022.23.1.089>
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport (2022), Policy Issues, *Ministry of Land, Infrastructure and Transport's Homepage*, <http://www.molit.go.kr/> (last date accessed: 30 May 2022)
- Nam, J.Y. and Kim, M.J. (2019), A Study on the Development of BIM Property Classification System in Road and River Field, *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol. 20, No. 2, pp. 773-784. (in Korean with English abstract)
<https://doi.org/10.5762/KAIS.2019.20.2.773>
- Trimble Inc., Product (2022), Mobile Mapping System, *Trimble's Product Homepage*, <http://www.trimble.com/> (last date accessed: 30 May 2022)