

모바일 맵핑 시스템을 활용한 임도의 시공관리 데이터 생성

박준규¹, 이근왕^{2*}

¹서일대학교 건설시스템공학과, ²청운대학교 멀티미디어학과

Generation of Forest Road Construction Management Data Using Mobile Mapping System

Joon-Kyu Park¹, Keun-Wang Lee^{2*}

¹Department of Civil Engineering, Seoil University

²Department of the Multimedia Science, Chungwoon University

요약 임도의 건설은 산악지의 험준한 지형적 특성으로 인해 정밀한 시공 및 시공 결과에 대한 검증이 어렵기 때문에 설계와 시공 결과의 차이가 발생하거나 준공 후 도면의 생성과 검사에 문제가 발생해 왔다. 이에 본 연구에서는 MMS를 활용하여 임도에 대한 시공관리 데이터를 생성하고 적용성을 평가하였다. MMS를 이용하여 임도에 대한 데이터를 취득하고, 자료처리를 통해 점군 데이터를 생성하였다. MMS로 생성된 포인트클라우드 데이터의 정확도는 -0.07~0.09m로 관련 작업규정의 정확도를 만족하였으며, 이를 통해 MMS를 이용한 임도 시공 데이터의 생성이 가능함을 제시하였다. 임도의 시공관리를 위한 데이터로 포인트클라우드 데이터를 활용하여 종단면도 및 횡단면도를 자동으로 생성하였으며, 이러한 방법은 기존의 토탈스테이션이나 GNSS 측량을 이용한 방법이 산림지역에서 많은 인력과 시간을 필요로 하는 단점을 보완할 수 있을 것으로 판단된다. 또한 포인트클라우드 데이터를 활용하여 임도에 대한 중심선형 데이터를 생성하였으며, 측점 별 좌표, 방위, 길이, 곡선반경 등의 중심선형 데이터는 임도의 설계와 비교를 통해 시공관리는 물론 역설계에도 활용이 가능할 것으로 판단된다. 향후 MMS를 활용한 정밀한 데이터의 생성이 가능하므로 임도의 시공관리 및 역설계에 적용이 가능할 것이며, 관련 업무에 필요한 인력 및 시간을 감소시킬 수 있을 것이다.

Abstract Due to the rugged topographical characteristics of forest roads, precise construction and inspection of construction results are difficult. This results in differences in design and construction results or problems in the creation and inspection of drawings. Therefore, in this study, an MMS was used to create construction management data for forest roads and to evaluate its applicability. Data on forest roads were acquired using the MMS, and point clouds were created through data processing. The accuracy of the point cloud data generated by the MMS was -0.07 to 0.09 m, which satisfied the accuracy requirement of related work regulations. The results suggested that forest-road construction data can be generated using the MMS. Longitudinal and cross-sectional views were automatically created using point cloud data for construction management of forest roads. However, this method has a disadvantage that an existing total station or GNSS survey method requires much manpower and time in a forest area. Centerline data for forest roads such as coordinates, orientation, length, and curve radius were also created using point cloud data. The centerline data for each station can be used for construction management and reverse engineering through comparison with the design of forest roads. Since the MMS can generate precise data, the productivity of related work could be greatly improved.

Keywords : Accuracy Analysis, Alignment Data, Cross Section, Forest Road, Mobile Mapping System, Pointcloud Data

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 May 2, 2023

Revised June 1, 2023

Accepted June 2, 2023

Published June 30, 2023

1. 서론

임도는 산림의 관리 및 경영을 위한 필수적인 기반시설이며, 1965년부터 전국의 산림에 건설되고 있다[1-3]. 임도는 효과적인 산림경영뿐만 아니라 임업 기계화의 촉진과 국민의 안전, 보건, 휴양 등 공익 목적에 대한 기능이 커지고 있어 필요성과 수요가 더욱 커지고 있다[4,5]. 임도의 건설은 계획의 수립, 노선의 선정, 측량, 설계, 시공 및 유지관리 등의 단계로 이루어지며, 「임도설치 및 관리 등에 관한 규정」에 각 단계에 대한 기준 및 방법을 정하고 있다[6]. 노선의 설계는 수치지형도를 기초로 작성하며, 설계도서는 단면도, 평면도, 종·횡단면도 등으로 구성된다[7]. 임도의 건설은 산악지의 험준한 지형적 특성과 예산의 부족으로 인해 정밀한 측량과 시공 검사가 어렵다[8]. 따라서 설계와 시공 결과의 차이가 발생하거나 준공 후 도면의 생성과 검사에 문제가 발생해 왔다 [9-11]. Fig. 1은 임도를 나타낸다. 기존 연구에 따르면 기존에 건설된 임도에 대한 수치임도망도는 종이로된 임도망도를 스캐닝하여 수치화한 것으로서 실제 현장과 차이가 있으며[12-14], 현재까지 건설된 임도의 준공도면이 실제와 차이가 발생하고 있음에도 관련 연구는 부족한 실정이며, 향후 임도 건설 및 산림경영 선진화를 위해서는 정밀한 준공도면의 생성이 필요하다.

이에 본 연구에서는 MMS(Mobile Mapping System)을 활용하여 임도의 시공관리를 위한 데이터를 생성하고자 하였다. Fig. 1은 연구흐름도를 나타낸다.

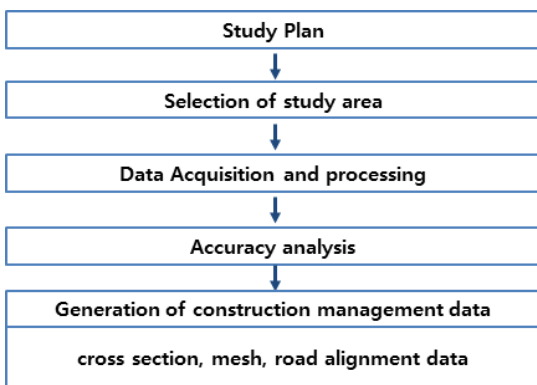


Fig. 1. Study Flow

2. 데이터 처리 및 정확도 평가

본 연구에서는 임도의 시공관리를 위한 데이터 생성을

위해 강원도 일원의 임도를 연구대상지로 선정하였다. 해당 임도는 제5차 임도계획으로 신설된 임도이며, 시공 관리를 위한 종·횡 단면도, 중심선형 등의 데이터 생성에 적합할 것으로 판단되어 연구대상지로 선정하였다. Fig. 2는 연구대상지를 나타낸다.

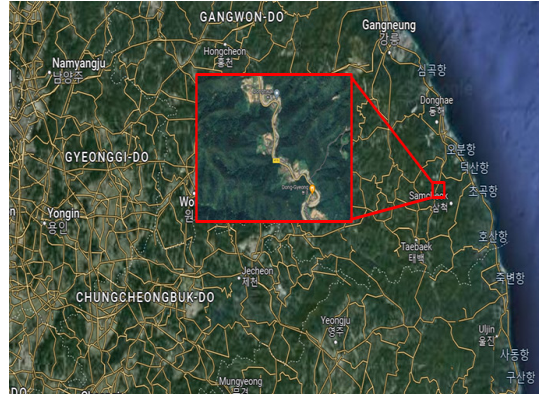


Fig. 2. Study Area

연구대상지의 데이터 취득에는 MMS 장비가 사용되었으며, GNSS(Global Navigation Satellite System)와 토털스테이션을 이용하여 정확도 평가를 수행하였다. Fig. 3은 연구에 사용된 MMS 장비를 나타내며[15], Table 1과 Table 2에 각각 MMS 장비의 성능과 사용목적에 정리하였다.



Fig. 3. Mobile Mapping System

Table 1. Specification of MMS

Item	Description
Scan Speed	240 scans/sec
Maximum Range	80m
Accuracy(X, Y)	±0.02m
Accuracy(H)	±0.05m

Table 2. Purposes of equipments

Equipment	Purpose
GNSS(RINEX)	MMS data processing
GNSS(VRS) & Total Station	Accuracy analysis
MMS	Data Acquisition of forest road

MMS를 통해 취득된 데이터는 국토지리정보원의 위성기준점을 이용한 경로처리를 통해 절대좌표를 가지는 점군 데이터를 생성하였다. Fig. 4는 연구대상지의 점군 데이터 중 일부이며, Fig. 5는 지면 추출 결과를 나타낸다.

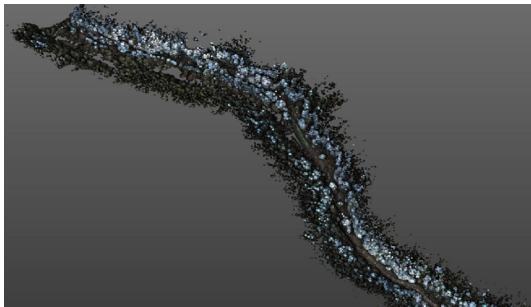


Fig. 4. Pointcloud Data



Fig. 5. Extracted Ground

Fig. 5에서 보는 바와 같이 MMS를 통해 생성된 점군 데이터에는 지면과 주변의 시설물이나 수목이 포함되어 있다. 본 연구에서는 임도의 시공관리에 필요한 데이터 생성을 위해 수목을 제거하여 지면에 대한 데이터를 생성하였다. Fig. 5는 지면 데이터를 나타낸다.

MMS를 이용하여 생성된 임도의 점군 데이터는 약 1km 구간이며, 정확도 평가를 위해 임도에 100m 간격으로 타겟을 설치하고, 토탈스테이션으로 측량을 수행하였다. 정확도 평가는 8개 타겟에 대해 토탈스테이션으로 취득된 성과와 MMS 성과를 비교하였다. Table 3은 정확도 평가 결과를 나타낸다.

Table 3. Accuracy evaluation result

No.	Total Station			MMS		
	N(m)	E(m)	H(m)	N(m)	E(m)	H(m)
1	396203.11	527140.03	604.11	396203.06	527139.97	604.02
2	396192.95	527043.22	669.68	396192.99	527043.15	669.6
3	396238.59	526932.58	717.27	396238.55	526932.54	717.21
4	396269.57	526830.67	751.16	396269.55	526830.74	751.09
5	396322.57	526738.01	778.51	396322.53	526737.96	778.55
6	396363.63	526654.66	823.18	396363.69	526654.6	823.1
7	396364.41	526575.08	869.86	396364.33	526575.04	869.93
8	396377.62	526467.33	942.33	396377.54	526467.28	942.25
No.	Deviation					
	dN(m)	dE(m)	dH(m)			
1	0.05	0.06	0.09			
2	-0.04	0.07	0.08			
3	0.04	0.04	0.06			
4	0.02	-0.07	0.07			
5	0.04	0.05	-0.04			
6	-0.06	0.06	0.08			
7	0.08	0.04	-0.07			
8	0.08	0.05	0.08			
min	-0.06	-0.07	-0.07			
max	0.08	0.07	0.09			

MMS로 생성된 점군 데이터의 정확도는 -0.07~0.09m를 나타내었다. 「임도설치 및 관리 등에 관한 규정」에서 임도 설치에 대한 정확도는 별도로 규정하고 있지 않지만 관련 규정인 「일반측량 작업규정」의 건설공사 및 토공사 측량의 정확도인 10cm 이내를 만족하는 것으로 MMS를 이용한 임도 시공 데이터의 생성이 가능함을 나타내는 것이다.

3. 임도 시공관리 데이터 생성

본 연구에서는 임도의 시공관리를 위한 데이터로 임도의 메쉬를 생성하고, 이를 바탕으로 종단면도, 횡단면도를 추출하였다. 메쉬 생성을 위해 점군 데이터를 10cm 간격으로 재배열하고 임도 노면 및 주변에 대한 메쉬를 생성하였다. Fig. 6은 메쉬 데이터를 나타낸다.

종단면도는 임도의 중심을 1m 간격으로 지정 및 연결하여 생성하였으며, 생성된 종단면에 대해 20m 간격으로 횡단면도를 생성하였다. Fig. 7과 Fig. 8은 각각 종단면도와 횡단면도의 일부를 나타낸다.

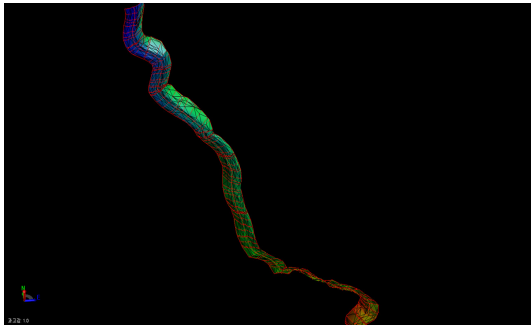


Fig. 6. Mesh Data

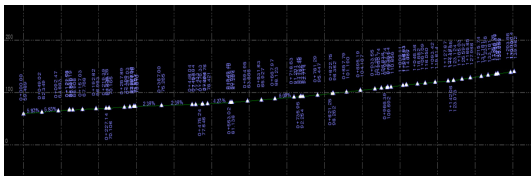


Fig. 7. Longitudinal Section

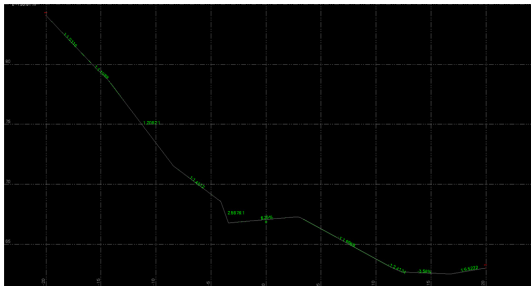


Fig. 8. Cross section

MMS를 활용한 점군 데이터를 활용하여 연구대상지 1km 구간에 대한 종단 및 횡단면도를 효과적으로 생성할 수 있었으며, 이러한 방법은 기존의 토털스테이션이나 GNSS 측량을 이용한 방법이 산림지역에서 많은 인력과 시간을 필요로 하는 단점을 보완할 수 있을 것으로 판단된다. 한편, 본 연구에서는 점군 데이터를 이용하여 임도에 대한 중심선형 데이터를 생성하였다. 생성된 중심선형 데이터는 선형에 대한 측정 별 좌표, 방위, 길이, 곡선반경 등이 있다. Table 4는 중심선형 데이터이며, Fig. 9는 임도의 곡선반경을 나타낸다.

중심선형 데이터는 임도의 설계와 비교를 통해 시공관리에 활용이 가능하며, 설계도가 없는 임도에 대한 역설계에도 활용이 가능할 것으로 판단된다. 향후 MMS의 활용은 정밀한 데이터의 생성이 가능하므로 임도의 시공관리 및 역설계에 적용이 가능할 것이며, 관련 업무의 효율 향상에 기여할 수 있을 것이다.

Table 4. Road Alignment Data

Station	E	N	Azimuth	Radius	Length
000.00	396203.34	527165.74	183°55'17"	128.291	49.02
020.00	396204.24	527145.78			
040.00	396202.02	527125.92			
049.02	396200.01	527117.13	189°00'44"	212.516	43.44
060.00	396197.47	527106.45			
080.00	396194.27	527086.71			
092.47	396193.22	527074.29	168°32'19"	75.887	28.51
100.00	396193.18	527066.76			
120.00	396196.67	527047.13			
120.98	396196.97	527046.20			1.60
121.78	396197.23	527045.44			
122.58	396197.49	527044.68			0.00
122.58	396197.49	527044.68			8.60
131.19	396200.83	527036.75	136°58'34"	43.681	25.83
140.00	396205.47	527029.28			
157.03	396218.20	527018.14	133°57'57"	73.589	35.79
160.00	396220.75	527016.60			
180.00	396235.99	527003.75			
192.82	396243.71	526993.53	169°35'26"	35.094	26.57
200.00	396246.88	526987.11			
∴	∴	∴	∴	∴	∴

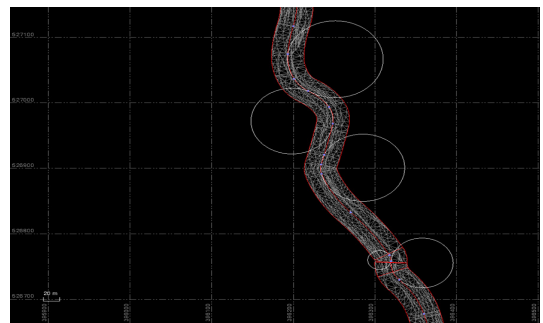


Fig. 9. Forest Road Curve Radius

4. 결론

본 연구는 MMS를 활용하여 임도에 대한 시공관리 데이터를 생성한 것으로 연구를 통해 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. MMS로 생성된 점군 데이터의 정확도는 -0.07~0.09m로 관련 작업규정의 정확도를 만족하였으며, 이를 통해 MMS를 이용한 임도 시공 데이터의 생성이 가능함을 제시하였다.
2. 임도의 시공관리를 위한 데이터로 점군 데이터를 활용하여 종단면도 및 횡단면도를 자동으로 생성

하였으며, 이러한 방법은 기존의 토털스테이션이나 GNSS 측량을 이용한 방법이 산림지역에서 많은 인력과 시간을 필요로 하는 단점을 보완할 수 있을 것으로 판단된다.

3. 점군 데이터를 활용하여 임도에 대한 중심선형 데이터를 생성하였으며, 측점 별 좌표, 방위, 길이, 곡선반경 등의 중심선형 데이터는 임도의 설계와 비교를 통해 시공관리는 물론 역설계에도 활용이 가능할 것으로 판단된다.
4. 향후 MMS를 활용은 정밀한 데이터의 생성이 가능하므로 임도의 시공관리 및 역설계에 적용이 가능할 것이며, 관련 업무의 효율성을 향상시킬 수 있을 것이다.

References

- [1] H. S. Kim, S. W. Moon, and Y. S. Seo, "Major Factors Influencing Landslide Occurrence along a Forest Road Determined Using Structural Equation Model Analysis and Logistic Regression Analysis", *The Journal of Engineering Geology*, Vol.32, No.4, Dec. 2022, pp. 585-596. DOI: <https://doi.org/10.9720/kseg.2022.4.585>
- [2] K. W. Lee, J. K. Park, "MMS Data Accuracy Evaluation by Distance of Reference Point for Construction of Road Geospatial Information", *Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography*, Vol.39, No.6, Dec. 2021, pp. 549-554. DOI: <https://doi.org/10.7848/ksgpc.2021.39.6.549>
- [3] K. W. Lee and J. K. Park, "Evaluation of Utilization of Unmanned Aerial Laser Surveying System for Road Geospatial Data Set Construction and Inspection", *Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography*, Vol.40, No.6, Dec. 2022, pp. 513-519. DOI: <https://doi.org/10.7848/ksgpc.2022.40.6.513>
- [4] L. G. Do, C. J. Kim, and H. S. Kim, "Improved Georeferencing of a Wearable Indoor Mapping System Using NDT and Sensor Integration", *Korean Society Of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography*, Vol.38, No.5, Oct. 2020, pp. 425-433. DOI: <https://doi.org/10.7848/ksgpc.2020.38.5.425>
- [5] J. S. Hwang, K. H. Lee, and B. Y. Jim "Assessment of Running Speed of Large Logging Trucks on the Forest Road Structure", *Journal of korean society of forest science*, Vol.110, No.4, Dec. 2021, pp. 622-629. DOI: <https://doi.org/10.14578/jkfs.2021.110.4.622>
- [6] Korean Law Information Center, Law search, [Internet]. Ministry of Government Legislation. Available From: <https://www.law.go.kr/> (accessed May, 1, 2022)
- [7] D. S. Kim, B. J. Kim, M. K. Lee, and H. K. Park, "A study on the Construction of Geospatial Importation of Forest Road using Mobile Mapping System", *Journal of The Korean Cadastre Information Association*, Vol.24, No.2, Aug. 2022, pp. 30-39. DOI: <https://doi.org/10.46416/JKCIA.2022.08.24.2.30>
- [8] S. W. Lee and C. H. Lim, "Exploring the Priority Area of Policy-based Forest Road Construction using Spatial Information", *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies*, Vol.25, No.4, Dec. 2022, pp. 94-106. DOI: <https://doi.org/10.11108/kagis.2022.25.4.094>
- [9] H. J. Lee, J. J. Lee, and H. S. Yun, "Strategic Utilization Plan Research of Spatial Data for Disaster Management on Slope Hazard Areas", *The Korea Society For Geospatial Information System*, Vol.28, No.4, Dec. 2020, pp. 69-78. DOI: <http://dx.doi.org/10.7319/kogsis.2020.28.4.069>
- [10] H. S. Kim, S. W. Moon, and Y. S. Seo, "Analysis of Factors Influencing Landslide Occurrence along a Forest Road Near Sangsan Village, Chungju, Korea", *The Journal of Engineering Geology*, Vol.32, No.1, Mar. 2022, pp. 73-83. DOI: <https://doi.org/10.9720/kseg.2022.1.073>
- [11] E. J. Kim, "Validity Evaluation of the Criteria on Forest Growing Stock", *Ilkam Real Estate Law Review*, Vol.24, No.4, Feb. 2022, pp. 15-25. DOI: <http://dx.doi.org/10.6106/KJCEM.2022.23.4.015>
- [12] D. G. Yeom, J. S. Ryu, K. P. Bae, and B. J. Park, "A Study on the Forest Welfare Policies in Republic of Korea: Focusing on the Analysis Framework of Gilbert and Terrell", *The Journal of Korean institute of Forest Recreation*, Vol.26, No.2, Aug. 2022, pp. 1-16. DOI: <http://doi.org/10.34272/forest.2022.26.2.001>
- [13] H. C. Sung, Y. Y. Chu, and S. W. Jeon, "Study on Application Plan of Forest Spatial Information Based on Unmanned Aerial Vehicle to Improve Environmental Impact", *Journal of the Korean Society of Environmental Restoration Technology*, Vol.22, No.6, Dec. 2019, pp. 63-76. DOI: <https://doi.org/10.13087/kosert.2019.22.6.63>
- [14] H. J. Lee, J. J. Lee, H. S. Yun, "Strategic Utilization Plan Research of Spatial Data for Disaster Management on Slope Hazard Areas", *Journal of the Korean Society for Geospatial Science*, Vol.28, No.4, Dec. 2019, pp. 69-78. DOI: <https://doi.org/10.7319/kogsis.2020.28.4.069>
- [15] Trimble, products, [Internet]. Trimble. Available From: <https://www.trimble.com/> (accessed April, 06, 2023)

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

이 근 왕(Keun-Wang Lee)

[종신회원]



- 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