

도로 낙하물 식별을 위한 이미지 센서와 LiDAR 센서의 활용

박준규¹, 이근왕^{2*}

¹서일대학교 건설시스템공학과, ²청운대학교 멀티미디어학과

Utilization of Image sensor and LiDAR Sensor to Identify Fallen Objects on the Road

Joon-Kyu Park¹, Keun-Wang Lee^{2*}

¹Department of Civil Engineering, Seoil University

²Department of the Multimedia Science, Chungwoon University

요약 최근 도로 낙하물로 인한 교통사고가 지속적으로 발생하고 있어 사고로 인한 재산 및 인명피해를 줄일 수 있는 방안의 마련이 필요하다. 매년 수많은 낙하물이 생기고 있으며, 이에 대한 빠른 식별과 조치가 어렵기 때문에 누적방치로 인한 처리비용 증가와 함께 차량 추돌 등 교통사고의 원인이 되고 있다. 하지만 현재 도로의 관리를 위한 충분한 예산과 인력의 확보가 어려운 실정이다. 이에 본 연구에서는 이미지 센서와 LiDAR 센서를 활용하여 효과적으로 도로 노면의 낙하물을 식별하는 방법을 제시하고자 하였다. 이미지 센서와 LiDAR를 활용하여 주간과 야간에 도로의 데이터를 취득하였으며, 낙하물을 식별하고 결과를 분석하였다. 이미지 센서의 경우 취득된 영상에서는 주간 및 야간에 낙하물의 식별이 가능함을 알 수 있었다. LiDAR 센서 역시 낙하물의 식별이 가능하였지만 점군데이터의 밀도가 낮거나 노면이 젖은 상태에서는 데이터가 취득되지 않는 부분이 생기는 한계가 있었다. 또한 이미지 센서를 이용한 데이터 취득 결과에서 노면의 표지 훼손 여부와 crack의 구분 가능하였다. 향후 GNSS 센서와 연동을 통해 유지보수가 필요한 도로의 위치를 영상과 함께 추출할 수 있다면 도로 낙하물 관리에 활용이 가능할 것이다.

Abstract Recently, traffic accidents caused by fallen objects on the road have continued to occur, so it is necessary to prepare measures to reduce property damage and casualties caused by accidents. A large number of fallen objects occur every year, becoming a cause of traffic accidents, such as vehicle collisions. Disposal costs increase because of cumulative neglect and the difficulty in identifying and taking quick action. On the other hand, it is currently difficult to secure sufficient budget and human resources for road management. A method for identifying fallen objects on the road surface was developed using an image sensor and a LiDAR sensor. Road data was acquired day and night using image sensors and LiDAR. Fallen objects were identified, and the results were analyzed. In the case of the image sensor, fallen objects could be identified in the acquired images during the day and night. The LiDAR sensor could also identify fallen objects but had limitations in that data could not be acquired when the density of point cloud data was low or the road surface was wet. In addition, from the data acquisition results using the image sensor, it was possible to distinguish whether the road surface sign was damaged and whether there were cracks. In the future, if the location of roads requiring maintenance can be extracted along with images through linking with GNSS sensors, it will be used to manage fallen objects on the road.

Keywords : Fallen Objects, Image Sensor, LiDAR Sensor, Road Crack, Road Management

본 논문은 2023년도 서일대학교 학술연구비에 의해 연구되었음.

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

email: kwlee@chungwoon.ac.kr

Received November 1, 2023

Revised December 7, 2023

Accepted December 8, 2023

Published December 31, 2023

1. 서론

도로의 노면 상태 모니터링은 도로의 유지를 위한 중요한 요소이며, 운전자뿐 아니라 도로 위 시민들의 보호와 안전을 위해서도 필수적이다[1-3]. 우리나라는 1968년 경인고속도로 이후 현재까지 약 5,000km의 고속도로를 건설하였으며, 일반국도, 지방도 등도 지속 증가하여 이제는 총 도로연장이 110,000km 이상이 되었다[4,5]. 최근에는 정부정책의 방향이 건설에서 조금씩 유지관리로 그 비중이 더 커지는 추세이다[6]. 우리나라의 도로 유지보수 관련 예산을 보면 2019년 17,519억원에서 2023년 26,377억원으로 점점 증가하고 있으며, 효율적인 도로 유지관리의 중요성도 점점 높아지고 있다.



Fig. 1. Road Status in Korea

지금까지의 도로의 관리는 시설물 노후화 관리, 폭염·산사태·화재·결빙 등에 따른 재난 복구 등 안전에 위해가 되는 노면 개선 등 수동적인 유지보수에 가까운 개념으로 인식되었다. 그러나 최근 자율주행차, 전기자동차, 수소자동차 등 새로운 교통수단의 등장과 4차 산업 기술을 활용한 스마트 디지털 도로관리시스템 구축 등으로 도로 교통 환경은 급속하게 변화하고 있으며, 도로 유지관리의 업무영역도 단순한 시설 유지보수를 넘어 차선의 관리, 낙하물의 처리 등 안전을 위한 적극적인 관리로 변화하고 있다[7-9].

도로의 낙하물은 즉시 조치되지 않으면, 누적방치로 처리비용이 지속 증가하게 되는 부작용과 함께 부피가 큰 폐기물이나 쉽게 날리는 비닐류의 경우 차량 추돌 등 대형 교통사고를 야기할 수 있으며, 이러한 도로의 관리

를 위한 충분한 예산과 인력의 확보가 어려운 실정이다.

이에 본 연구에서는 이미지 센서와 LiDAR(Light Detection and Ranging) 센서를 활용하여 도로 위의 낙하물을 식별하는 연구를 수행하였다. Fig. 2는 연구흐름도를 나타낸다.

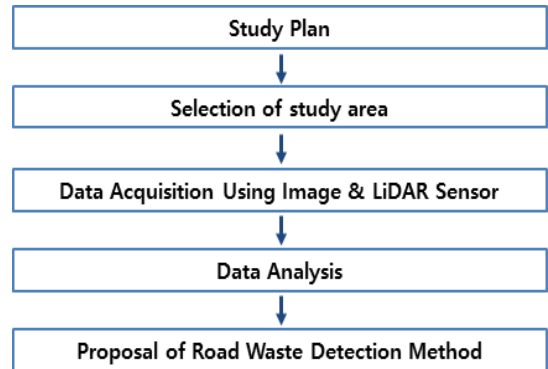


Fig. 2. Study Flow

2. 이미지 센서 및 LiDAR 센서

본 연구에서는 이미지 센서와 LiDAR 센서를 활용하여 도로 노면의 낙하물을 효과적으로 식별하는 방안을 제시하고자 하였다. 이미지 센서와 LiDAR를 활용하여 주간과 야간에 도로의 데이터를 취득하고, 이를 분석하여 효율성을 파악하였다. 연구에 사용된 이미지 센서는 27MP의 카메라이며, 주요 제원 및 형상은 다음과 같다[10].



Fig. 3. Image Sensor

Table 1. Specification of Image Sensor

Item	Description
Processor	GP2
Resolution	27MP
Video	5.3K60, 4K120
Screen Ratio	16:9 / 4:3 / 8:7
Weight	154g

연구에 사용된 LiDAR 센서는 2종류이며, 저가형 센서와 MMS(Mobile Mapping System)를 이용하였다. LiDAR 센서의 제원은 다음과 같다[11,12].

Table 2. Specification of Low Cost Sensor

Item	Description
Detection range	90m @ 10% reflectivity
	130m @ 20% reflectivity
	260m @ 80% reflectivity
Screen Ratio	16:9 / 4:3 / 8:7
Minimum Distance	0.05m
FOV	70.4°
Precision	1σ(@ 20m) ≤ 2cm
	1σ(@ 0.2~1m) ≤ 3cm
Scan Speed	100,000points/sec

Table 3. Specification of MMS

Item	Description
Detection range	80m @ 80% reflectivity
Image Resolution	30 MP
Minimum Distance	0.6m
FOV	360°
Precision	2.5mm @ 30m
Scan Speed	960,000points/sec



Fig. 4. Low Cost LiDAR



Fig. 5. MMS

3. 데이터 취득 및 분석

연구대상지는 안전을 고려하여 지장물과 차량의 유입이 크지 않은 경기도에 위치한 신도시 조성사업 부지 주변을 선정하였다.

이미지 데이터는 주간 및 야간으로 구분하여 취득하였으며, 실험차량의 전면과 후면에 센서를 설치하여 데이터를 취득하였다. Fig. 6은 이미지 센서로 취득된 데이터를 나타낸다.

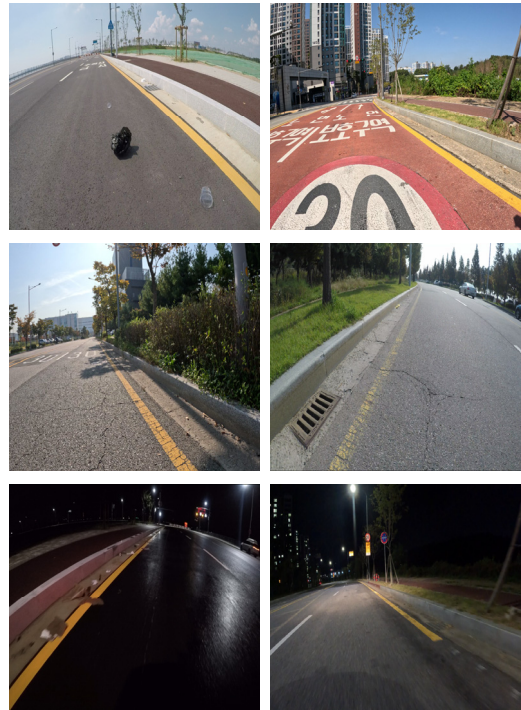


Fig. 6. Image Sensor Data

이미지 센서는 동영상 형태로 데이터를 취득하였으며, 취득된 영상에서 도로 노면의 낙하물이 충분히 구분이 되었다. 또한 야간에 취득된 데이터에서도 도로 주변의 조명으로 낙하물 구분이 가능함을 알 수 있었다.

LiDAR 데이터는 주간 및 야간으로 구분하여 취득하였으며, 저가형과 MMS를 통해 데이터가 취득되었다. Fig. 7은 저가형 LiDAR 데이터이며, Fig. 8은 MMS 데이터를 나타낸다.

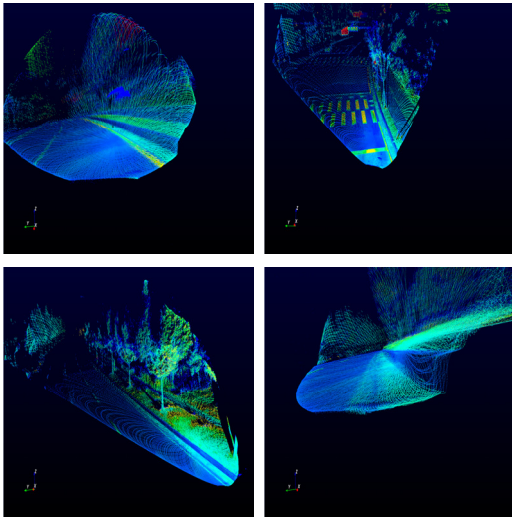


Fig. 7. Low Cost LiDAR Data

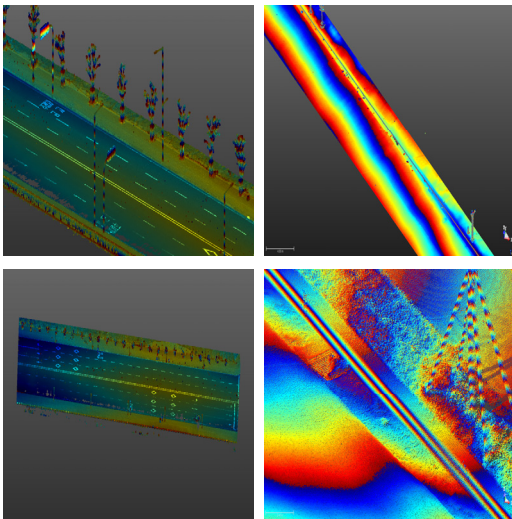


Fig. 8. MMS Data

저가형 LiDAR의 경우, 주변의 밝기와 상관없이 데이터가 취득됨을 알 수 있었다. 하지만 데이터 취득속도가 빠르지 않아 점군데이터의 밀도가 떨어지고, 노이즈가 많아 낙하물의 식별에 어려움이 있었다. 반면 MMS 데이터에서는 낙하물의 식별이 가능하였다. Fig. 9는 MMS 데이터에서 식별된 낙하물 중 일부를 나타낸다.

MMS에 장착된 LiDAR로 낙하물의 식별이 가능하였으나 비로 인해 노면이 젖은 상태에서는 데이터가 취득이 되지 않음을 알 수 있었다. Fig. 10은 비로 인해 누락된 데이터를 나타낸다.

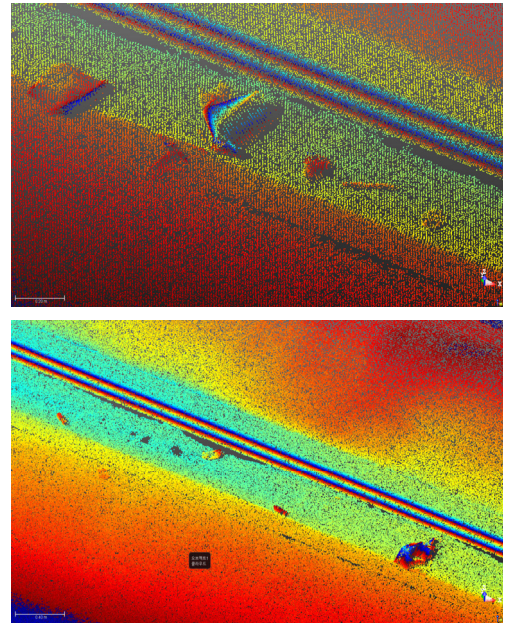


Fig. 9. Fallen Objects Classification using MMS Data

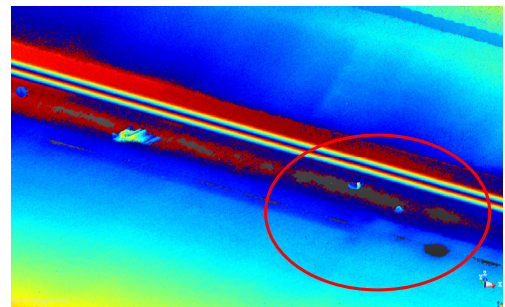


Fig. 10. Data Missing Due to Rain

이미지 센서와 LiDAR 센서의 비교 결과 두 가지 센서 모두에서 노면의 낙하물 식별이 가능하였지만 LiDAR 센서의 경우 노면이 젖은 상태에서 데이터의 누락이 발생할 수 있으며, 이미지 센서에 비해 고가의 가격으로 인해 노면의 낙하물 식별에는 이미지 센서의 활용이 효과적일 것으로 판단된다.

한편, 이미지 센서를 이용한 데이터 취득 결과에서 노면의 표지 훼손 여부와 crack의 구분 가능하였다. Fig. 11은 노면 표지 훼손과 crack을 나타낸다.

도로 표지의 상태와 crack은 도로 유지보수의 중요한 항목이며, 향후 GNSS 센서와 연동을 통해 유지보수가 필요한 도로의 위치를 영상과 함께 추출할 수 있다면 도로의 낙하물 관리에 활용이 가능할 것이다.



Fig. 11. Damage of Road Marking



Fig. 12. Crank in Road

4. 결론

본 연구는 이미지 센서와 LiDAR 센서를 활용하여 효과적으로 도로 노면의 낙하물을 식별하는 방법을 제시하고자 하였다. 이미지 센서와 LiDAR를 활용하여 주간과 야간에 도로의 데이터를 취득하고, 이를 분석하였으며, 연구를 통해 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 이미지 센서의 경우 취득된 영상에서는 주간 및 야간에 낙하물의 식별이 가능함을 알 수 있었다.
2. LiDAR 센서는 주간 및 야간에 상관없이 노면의 낙하물 식별이 가능하였다 하지만 비가 오거나 노면이 젖은 상태에서는 데이터가 취득되지 않는 부분이 생기는 한계가 있었다. 또한 저가형 LiDAR 센서의 경우 데이터 취득속도가 빠르지 않아 점군 데이터의 밀도가 떨어지고, 노이즈가 많아 낙하물의 식별에 어려움이 있었다.
3. 이미지 센서와 LiDAR 센서의 비교 결과 두 가지 센서 모두에서 노면의 낙하물 식별이 가능하였지만 LiDAR 센서의 경우 노면이 젖은 상태에서 데이터의 누락이 발생할 수 있으며, 이미지 센서에 비

- 해 고가의 가격으로 인해 노면의 낙하물 식별에는 이미지 센서의 활용이 효과적일 것으로 판단된다.
4. 이미지 센서를 이용한 데이터 취득 결과에서 노면의 표지 훼손 여부와 crack의 구분 가능하였으며, 향후 GNSS 센서와 연동을 통해 유지보수가 필요한 도로의 위치를 영상과 함께 추출할 수 있다면 도로 낙하물 관리에 활용이 가능할 것이다.

References

- [1] 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>
- [2] J. S. Hwang, K. H. Lee, and B. Y. Ji, "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. 2022, pp. 622-629.
DOI: <https://doi.org/10.14578/ikfs.2021.110.4.622>
- [3] Korean Law Information Center, Law search, [Internet]. Ministry of Government Legislation. Available From: <https://www.law.go.kr/> (accessed Oct, 1, 2023)
- [4] 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>
- [5] 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>
- [6] 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>
- [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/JKCA.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] GoPro, products, [Internet]. GoPro. Available From: <https://gopro.com/> (accessed November, 02, 2023)
- [11] Livox, products, [Internet]. AIVA. Available From: <https://www.livoxtech.com/avia> (accessed November, 02, 2023)
- [12] Trimble Inc., products, [Internet]. MX50. Available From: <https://www.trimble.com/> (accessed November, 02, 2023)

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 건설시스템공학과 부교수

<관심분야>

지형공간정보공학

이 근 왕(Keun-Wang Lee)

[중신회원]



- 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