

3D 레이저 스캐너와 토탈스테이션 통합에 의한 공간정보 구축의 효율성 분석

박준규¹, 이근왕^{2*}

¹서일대학교 토목과, ²청운대학교 멀티미디어학과

Analysis of Geospatial Information Construction Efficiency by 3D Laser Scanner Integrated with Total Station

Joon-Kyu Park¹, Keun-Wang Lee^{2*}

¹Department of Civil Engineering, Seoil University

²Department of the Multimedia Science, Chungwoon University

요약 3D 레이저 스캐너는 센서로부터 목표물까지 거리를 측정하는 방식으로 작동되며, 광과거리 측정기와 동일한 원리로 작동된다. 최근 3차원 데이터의 수요 및 활용이 급격히 증가함에 따라 레이저 스캔 관련 기술이 빠르게 발달하고 있으며, 이로 인해 과거에 비해 공간상의 대상물에 대한 위치 정보를 쉽게 취득할 수 있게 되었다. 본 연구에서는 3D 레이저 스캐너와 토탈스테이션을 통합한 새로운 장비를 활용하여 공간정보를 구축하고, 기존 작업방법과 비교·분석을 통해 공간정보 구축을 위한 새로운 기술의 활용 가능성을 제시하고자 하였다. 연구결과, 3D 레이저 스캐너와 토탈스테이션 통합에 의한 공간정보 구축의 효율성을 제시할 수 있었다. 제안한 방법은 기존의 토탈스테이션을 이용하는 방법보다 데이터 취득에 소요되는 시간을 단축시킬 수 있을 것으로 기대되며, 취득된 데이터를 이용한 단면도 생성, 체적산출 등 다양한 활용이 가능하였다. 향후 3D 레이저 스캐너와 토탈스테이션 통합에 의한 공간정보 구축 방법은 관련분야의 작업 효율성 향상에 크게 기여할 것이다.

Abstract The 3D laser scanner operates by measuring the distance from the sensor to the target and operates on the same principle as Electronic Distance Measuring (EDM). Recently, 3D laser scanning technology has been rapidly developed in line with the strongly increasing demand for 3D information acquisition. Therefore, it is now possible to more easily acquire geometric information of various objects existing in real space. In this study, we constructed geospatial information by using new equipment which integrated 3D laser scanner and total station, and we suggest the possibility of using new technology for geospatial information construction by comparing and analyzing with existing methods. In the study result, we demonstrated the efficiency of the geospatial information constructed by integration of 3D laser scanner and total station. The proposed method is expected to shorten the time required for data acquisition compared to the existing method using the existing total station. Furthermore, it is possible to use various methods such as cross section analysis and volume calculation using the acquired data. In the future, spatial information construction by integration of 3D laser scanner and total station will help improve work efficiency in related fields.

Keywords : 3D Laser Scanner, Efficiency Analysis, Geospatial Information, Open pit Mine, Total Station

본 연구는 2017년도 청운대학교 학술연구조성비 지원에 의하여 연구되었음

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

Tel: +82-32-770-8203 email: kwlee@chungwoon.ac.kr

Received November 29, 2017

Revised December 7, 2017

Accepted December 8, 2017

Published December 31, 2017

1. 서론

지상 라이더(LiDAR; Light Detection And Ranging)라고도 불리는 3D 레이저 스캐너는 센서로부터 목표물까지 거리를 측정하는 방법으로, 지난 1960년대부터 사용되고 있는 광파거리 측정기와 동일한 원리로 작동된다 [1][2]. 최근 3차원 정보 취득의 수요가 급격히 증가함에 따라 3차원 레이저 스캐닝 기술이 급격히 발달하였으며, 이로 인해 과거에 비해 실제 공간상에 존재하는 다양한 물체의 기하학적 정보를 쉽게 취득할 수 있게 되었다 [3][4]. 그 중 3D 레이저스캐너는 정밀한 3차원 영상정보를 취득하고, 수많은 레이저를 대상물에 발사하여 짧은 시간에 수백만점의 3차원 포인트클라우드를 기록할 수 있는 최신 측량장비로서 공간정보 구축의 다양한 분야에서 활용되고 있다[5][6].

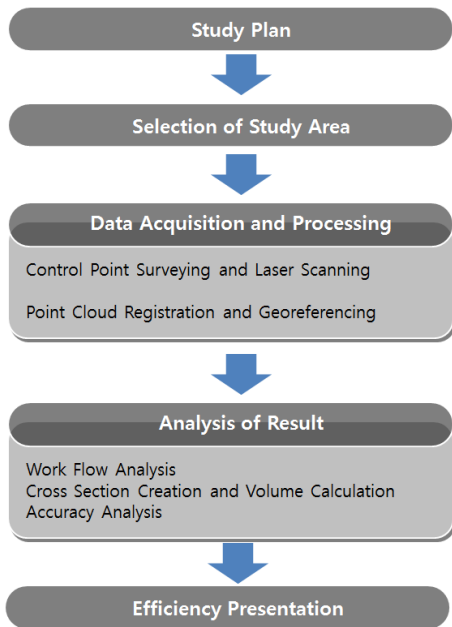


Fig. 1. Study Flow

레이저 스캐닝은 매우 정확한 3차원 영상정보와 점군 데이터를 제공하며, 작업자는 점군데이터를 시각화하여 처리함으로써 실제와 같은 세계를 쉽게 구현할 수 있게 된다[7][8]. 하지만 3D 레이저 스캐너는 자체적인 Georeferencing이 어렵기 때문에 GNSS(Global Navigation Satellite System)나 토털스테이션과 같은 장비의 병행

활용이 필요하다[9][10]. 이에 본 연구에서는 3D 레이저 스캐너와 토털스테이션을 통합한 새로운 장비를 활용하여 공간정보를 구축하고, 기존 작업방법과 비교·분석을 통해 공간정보 구축을 위한 새로운 기술의 활용 가능성을 제시하고자 한다. 그림 1은 연구 흐름도를 나타낸다. 2장에서는 연구대상지, 데이터 취득 및 처리 과정, 3장에서는 성과물에 대한 분석을 통해 공간정보 구축의 효율성을 제시한다.

2. 데이터 취득 및 처리

2.1 연구대상지

본 연구에서는 3D 레이저 스캐너와 토털스테이션 통합에 의한 공간정보 구축의 효율성을 분석하기 위해 경기도에 소재한 노천광산을 연구대상지로 선정하고, 데이터를 취득하였다. 그림 2는 연구대상지를 나타낸다.

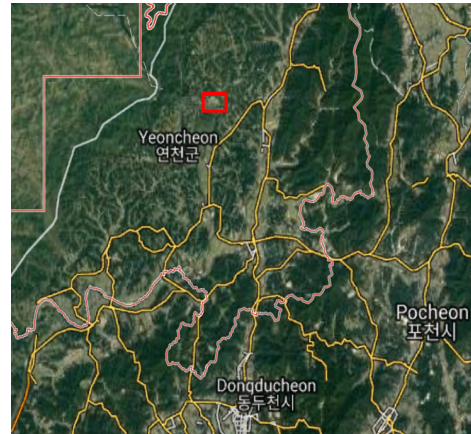


Fig. 2. Study Area

2.2 데이터 취득 및 처리

데이터는 노천광산 전체 250,000m²에 대해 통합 장비를 이용하여 되었으며, 비교를 위해 일부 영역은 토털스테이션으로 데이터를 취득하였다. 최초 기계점과 후시점의 좌표성과는 Georeferencing을 위해 VRS(Virtual Reference Station) 측량으로 결정하였다. 표 1은 통합 장비의 제원을 나타낸다[11].

Table 1. Specification of Integrated Equipment

Item	Description
Weight	7.5 kg
Angle Accuracy	1" (0.3 mgon)
Distance Accuracy	prism : 1 mm + 1.5 ppm
	DR : 2 mm + 1.5 ppm
Survey Range	prism : 5,500m
	DR : 800m
	Autolock : 300-800m
Scan Speed	26,600 point/second

통합 장비에 의한 데이터 취득은 최초 기계점에 장비를 설치, 기계점 및 후시점을 설정 한 후 데이터 취득 가능 거리를 고려하여 총 3회에 걸쳐 트래버스를 구성하고, 각 기계점에서 스캐닝 방법으로 수행되었다. 기존의 3D 레이저 스캐너에서는 각 측점에서 취득된 포인트클라우드 데이터의 registration을 위해 타겟의 설치가 필요하였지만 통합 장비는 토탈스테이션과 같은 트래버스 방법을 적용할 수 있어 이러한 과정을 생략할 수 있다.

토탈스테이션 측량은 1개 기준점에 장비를 설치하고, 해당 기계점에서 시준이 가능한 영역에 대해 데이터를 취득하였다. 그림 3은 기계점과 스캐닝을 통해 취득된 데이터를 나타낸다.

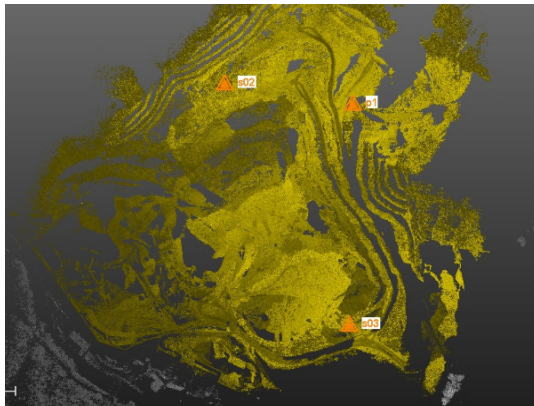


Fig. 3. Data Acquisition Positions and Acquired Pointcloud

3. 공간정보 구축의 효율성 분석

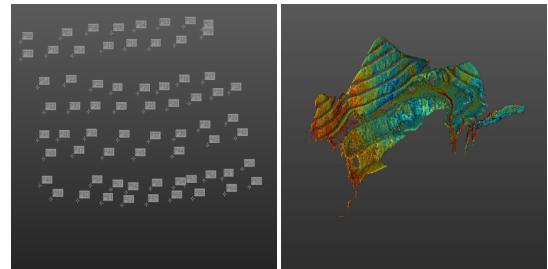
본 연구에서는 공간정보 구축의 효율성 분석을 위해

1개 기계점에서 동일한 시간동안 취득된 토탈스테이션과 통합 장비의 데이터를 비교하였다. 토탈스테이션과 통합 장비를 이용해 1개 기계점에서 취득한 데이터는 표 2와 같다.

Table 2. Comparison of Acquired Data

Item	Total Station	Integrated Equipment
Number of Equipment Installation	1	1
Measurement Time at Each Point	10min	10min
Number of Acquired Data	69 points	about 16,000,000 points
Spacing Between Points	4.80m-14.40m	0.05-0.11m

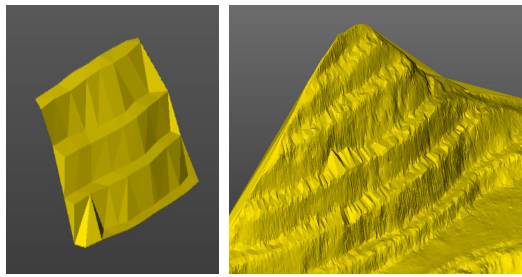
토탈스테이션 측량을 통해 총 69점의 데이터가 취득되었으며, 취득된 점 데이터 간의 간격은 4.80m-14.40m로 나타났다. 반면 통합 장비를 이용한 경우에는 약 1,600만점의 포인트클라우드 데이터를 취득할 수 있었으며, 점 데이터 간의 간격은 0.05-0.11m로 나타났다. 그림 4는 토탈스테이션과 통합 장비를 통해 취득된 데이터를 나타낸다.



(a) Total Station (b) Integrated Equipment

Fig. 4. Data acquired in One Station

토탈스테이션 측량을 통해 대상지 약 100m 폭에 대한 데이터가 취득되었으며, 통합 장비는 500m 폭의 데이터를 취득하였다. 취득된 데이터의 양은 큰 차이를 나타내었지만 이는 토탈스테이션과 3D 레이저 스캐너의 측정방식이 상이하기 때문에 직접적으로 비교하기는 어렵다. 하지만 작업 영역이 커질수록 작업에 소요되는 시간은 큰 차이를 나타낼 것으로 판단된다. 그림 5와 그림 6은 토탈스테이션과 통합장비로 취득된 데이터를 이용해 생성한 3D mesh와 단면생성 결과를 나타낸다.



(a) Total Station (b) Integrated Equipment

Fig. 5. Data acquired in One Station

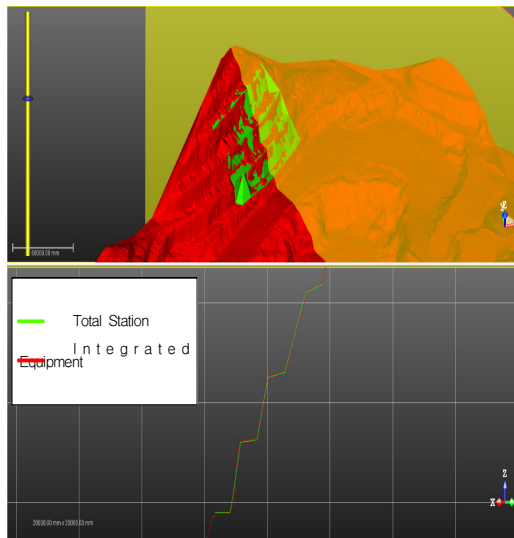


Fig. 6. Comparison of Cross Section

단면의 형상은 토털스테이션 측정점에서 거의 일치하였으며, 조밀한 포인트클라우드 형태의 통합 장비 데이터가 좀 더 대상의 실제에 가까운 형상을 나타내었다. 대상지역에 대한 단면도 생성 및 체적 산출은 통합 장비로 취득된 포인트클라우드 데이터를 이용하였다. 트레버스 방법으로 취득된 포인트클라우드 데이터는 기계점의 좌표성도가 포함되어 있기 때문에 별도의 Registration 및 Georeferencing은 수행하지 않았다. 단면의 생성은 포인트클라우드를 이용한 매쉬데이터 생성, 기준면 및 단면 생성간격을 설정의 과정을 통해 수행되었다. 그림 7은 매쉬데이터를 나타내며, 그림 8은 30m 간격으로 생성된 단면과 특정 단면에 대한 보고서를 나타낸다.

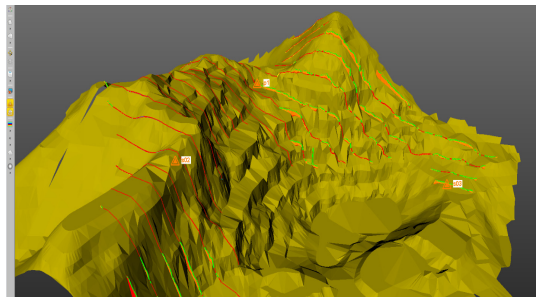


Fig. 7. Mesh Data

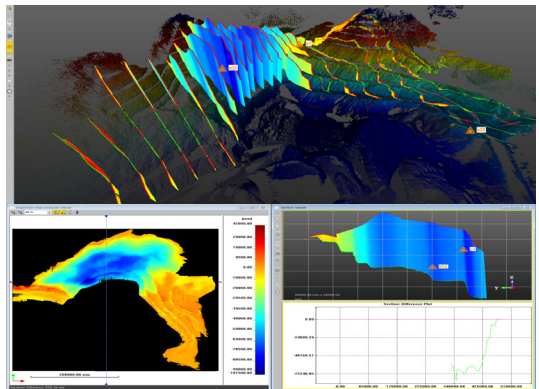


Fig. 8. Cross Section and Reports of section

포인트클라우드 데이터는 대상지역에 대한 조밀한 간격의 공간정보를 가지고 있기 때문에 등고선의 생성 및 체적의 산출이 가능하다. 그림 9는 포인트클라우드를 이용한 등고선이며, 그림 10은 체적 산출 대상물과 산출 결과를 나타낸다.

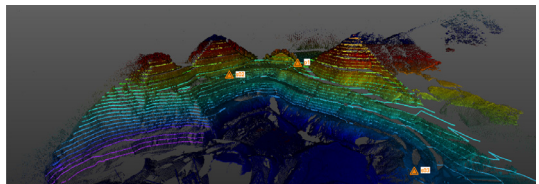


Fig. 9. Contour Using Point Cloud

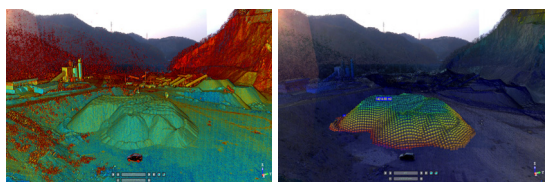


Fig. 10. Volume Calculation Object and Calculation Result

본 연구에서는 통합 장비를 통해 취득된 데이터의 정확도를 평가하기 위해 5점의 검사점을 VRS 방법으로 측량하고, 포인트클라우드 데이터에서 취득한 성과와 비교하였다. 정확도 평가는 VRS로 취득된 지점의 높이값을 포인트클라우드와 비교하여 편차를 계산하는 방법으로 수행하였다. 그림 11은 검사점의 위치를 나타내며, 표 3은 정확도 비교 결과를 나타낸다.

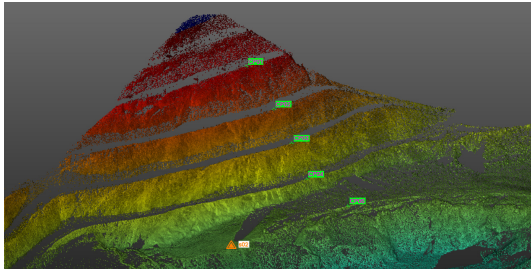


Fig. 11. Locations of Check Points

Table 3. Comparison of Accuracy

Points	VRS			Pointcloud H(m)	ΔH
	X(m)	Y(m)	H(m)		
CP01	208974.935	600001.537	208.936	208.846	0.090
CP02	208985.153	599994.378	193.567	193.647	-0.080
CP03	208992.230	599988.638	180.392	180.282	0.110
CP04	208998.217	599984.004	165.174	165.244	-0.070
CP05	209014.331	599968.926	160.125	160.185	-0.060

포인트클라우드의 정확도 평가 결과, 높이 값의 편차는 0.06m-0.11m로 나타났다. 이러한 정확도는 현행 수치지형도 작성의 허용오차를 만족하는 값이며, 추가적인 정확도 평가 및 분석이 이루어진다면 통합 장비의 공간정보 구축 관련 분야 활용성을 제시할 수 있을 것이다. 표 4는 용역사업검사기준의 축척 1:1,000 및 1:5,000 수치지형도의 최종위치정확도를 나타낸다.

Table 4. Final Position Accuracy of the Regulation

1:1,000		1:5,000		Remark
Horizontal	Height	Horizontal	Height	
$\pm 0.7m$	$< \Delta h/3$	$\pm 3.5m$	$< \Delta h/3$	Δh is the spacing of the intermediate contour

3D 레이저 스캐너는 토털스테이션에 비해 조밀한 공간정보의 취득이 가능하지만 Registrarion을 위한 별도

타겟의 설치가 필요하기 때문에 넓은 영역의 공간정보 취득에 작업 효율성이 다소 떨어졌다. 하지만 3D 레이저 스캐너와 토털스테이션의 통합 장비는 연속적으로 취득되는 스캐닝 데이터의 Registration 과정을 간소화할 수 있다. 또한 이 방법은 조밀한 포인트클라우드 데이터를 취득할 수 있어 기존 방법보다 작업의 효율성을 크게 향상시킬 수 있을 뿐만 아니라 취득된 포인트클라우드 데이터는 다양한 공간정보 분석에 활용될 수 있다.

4. 결론

본 연구는 3D 레이저 스캐너와 토털스테이션이 통합된 새로운 장비를 활용하여 공간정보를 구축하고, 기존 작업방법과 비교·분석을 통해 효율성을 평가한 것으로 연구를 통해 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 토털스테이션과 통합 장비를 이용하여 동일한 시간동안 데이터를 취득한 결과, 각각 약 100m와 500m 폭에 대한 데이터가 취득되었다. 두 장비의 데이터 취득 방식이 다르기 때문에 직접적인 취득 데이터 양을 비교하기는 어렵지만 대상지역이 작업영역이 커질수록 데이터 취득에 소요되는 시간은 큰 차이를 나타낼 것으로 판단된다.
2. 취득된 포인트클라우드는 매쉬 데이터의 생성을 통해 특정 단면에 대한 보고서를 효과적으로 생성할 수 있으며, 등고선의 생성 및 체적 산출이 가능하였다.
3. 포인트클라우드의 정확도 평가 결과, 높이 값의 편차는 0.06m-0.11m로 나타나 현행 수치지형도 작성의 허용오차를 만족함을 제시하였다.
4. 추가적인 정확도 평가 및 분석이 이루어진다면 통합 장비의 관련 분야 활용성을 제시할 수 있을 것이며, 향후 3D 레이저 스캐너와 토털스테이션 통합에 의한 공간정보 구축 방법은 관련분야의 작업 효율성 향상에 크게 기여할 것이다.

References

- [1] D. G. Lee, D. C. Lee, "Key Point Extraction from LiDAR Data for 3D Modeling", *Journal of the Korean Society of Geodesy, Photogrammetry and Cartography*, vol. 34, no. 5, pp. 479-493, 2016.

DOI: <https://doi.org/10.7848/ksgpc.2016.34.5.479>

- [2] J. E. Kim, C. H. Hong, "(A) study on location correction method of indoor/outdoor 3D model through data integration of BIM and GIS", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, vol. 18, no. 3, pp. 56-62, 2017.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2017.18.3.56>
- [3] S. Y. Won, S. W. Lee, J. C. Paik, C. Y. Yone, G. H. Kim, "Analysis of Erosion in Debris Flow Experiment Using Terrestrial LiDAR", *Journal of the Korean Society of Geodesy, Photogrammetry and Cartography*, vol. 34, no. 3, pp. 309-317, 2016.
DOI: <https://doi.org/10.7848/ksgpc.2016.34.3.309>
- [4] S. Y. Park, J. S. Kim, "A Comparative Analysis of Landslide Susceptibility Assessment by Using Global and Spatial Regression Methods in Inje Area", *Journal of the Korean Society of Geodesy, Photogrammetry and Cartography*, vol. 33, no. 6, pp. 579-587, 2015.
DOI: <http://dx.doi.org/10.7848/ksgpc.2015.33.6.579>
- [5] S. Y. Kim, J. H. Yu, Y. G. Yu, H. J. Lee, "Database Enhancement for Development of Open-pit Mine Monitoring System in Open Source Environments", *Journal of the Korean Society of Geodesy, Photogrammetry and Cartography*, vol. 34, no. 1, pp. 21-32, 2016.
DOI: <https://doi.org/10.7848/ksgpc.2016.34.1.21>
- [6] Y. S. Jwa, G. H. Sohn, J. W. Won, W. C. Lee, N. H. Song, "Railway Track Extraction from Mobile Laser Scanning Data", *Journal of the Korean Society of Geodesy, Photogrammetry and Cartography*, vol. 33, no. 2, pp. 111-122, 2015.
DOI: <https://doi.org/10.7848/ksgpc.2015.33.2.111>
- [7] M. H. Son, H. C. Yun, "An Accuracy on the Analysis of Terrestrial LiDAR in recordation of culture properties", *Journal of the Korean Association of Cadastre Information*, vol. 17, no. 3, pp. 3-10, 2015.
- [8] W. K. Yoo, J. H. Kim, T. H. Kim, "The Relationship between Weathering Degree and Reflectance of Laser Scanner Considering RGB Value", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, vol. 16, no. 10, pp. 7182-7188, 2015.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2015.16.10.7182>
- [9] S. P. Choi, J. H. Ham, M. S. Kim, I. T. Yang, W. N. Kim, "Slope Terrain Analysis According to Geographical Feature and Survey Place Based on Terrestrial LiDAR Data", *Journal of the Korea Society For Geospatial Information System*, vol. 18, no. 2, pp. 63-68, 2010.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2015.16.10.7182>
- [10] J. K. Park, M. G. Kim, "Application of scanning total station for efficiency enhancement of tunnel surveys", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, vol. 18, no. 4, pp. 242-247, 2017.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2017.18.4.242>
- [11] <http://www.trimble.com>

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 토목과 부교수

<관심분야>

지형공간정보공학

이 근 왕(Keun-Wang Lee)**[종신회원]**

- 1993년 2월 : 한밭대학교 전자계산학과 (공학사)
- 1996년 2월: 숭실대학교 컴퓨터학과 (공학석사)
- 2000년 2월: 숭실대학교 컴퓨터학과 (공학박사)
- 2001년 3월 ~ 현재 : 청운대학교 멀티미디어학과 교수

<관심분야>

멀티미디어 통신, 멀티미디어 응용, 모바일 통신