

과학적인 산림자원관리를 위한 해외 산림공간정보 구축 및 활용 동향 조사

박준규¹, 이근왕^{2*}

¹서일대학교 토목공학과 부교수, ²청운대학교 멀티미디어학과 교수

Research on the Trend of Establishment and Utilization of Overseas Forest Geospatial Information for Scientific Forest Resource Management

Joon-Kyu Park¹, Keun-Wang Lee^{2*}

¹Associate Professor, Department of Civil Engineering, Seoil University

²Professor, Department of the Multimedia Science, Chungwoon University

요 약 산림자원관리의 선진화를 위해서는 산림 관련 산업 종사자의 고령화와 인력 중심의 현장조사 체계 등의 문제해결이 필요하다. 이에 본 연구에서는 과학적인 산림자원관리를 위해 최신 기술이 적용된 해외 산림공간정보 구축 및 활용 동향을 조사하여 국내 적용 방안을 파악하고자 하였다. 해외에서는 산림공간정보 구축 및 활용에 사진측량 및 LiDAR 기술이 활용되고 있었다. 사진측량의 경우 식생의 체적, 흉고직경, 수고 측정 등에 이용되었으며, LiDAR는 흉고직경 및 수고 측정에 적용된 사례가 있었다. 해외 사례에 대한 분석을 통해 사진측량 및 LiDAR를 활용한 산림공간정보 구축 방안을 파악하였으며, LiDAR가 사진측량에 비해 높은 정확도를 나타냄을 알 수 있었다. 향후 다양한 LiDAR 센서를 이용한 산림공간정보의 구축을 수행하고, 정확도 및 작업 효율에 대한 분석이 이루어진다면 국내 산림공간정보 구축에 있어 새로운 기술의 활용 가능성을 제시할 수 있을 것이다.

주제어 : 공간정보, 라이다, 사진측량, 산림자원관리, 연구동향, 융복합, 포인트클라우드

Abstract In order to advance forest resource management, it is necessary to solve problems such as the aging of forest-related industry workers and the field investigation system centered on manpower. Therefore, in this study, the trend of establishment and utilization of overseas forest geospatial information applied with the latest technology for scientific forest resource management was investigated to identify the domestic application plan. Overseas, photogrammetry and LiDAR technologies were being used to construct and utilize forest geospatial information. In the case of photogrammetry, it was used to measure the volume of vegetation, diameter, and tree height. And LiDAR technology has been applied to the measurement of diameter, and tree height. Through the analysis of overseas cases, it was identified how to construct forest geospatial information using photogrammetry and LiDAR, and it was found that LiDAR showed higher accuracy than photogrammetry. In the future, if the construction of forest geospatial information using various LiDAR sensors are performed and the accuracy and work efficiency are analyzed, it will be possible to present the possibility of using new technologies in the construction of forest geospatial information in Korea.

Key Words : Geospatial Information, LiDAR, Photogrammetry, Forest Resource Management, Research Trends, Convergence, Point Cloud

*This research was supported by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea(NRF) funded by the Ministry of Science and ICT(No. NRF-2021R1F1A1061677)

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

Received November 6, 2021

Revised November 15, 2021

Accepted December 20, 2021

Published December 28, 2021

1. 서론

산림자원조사는 국가의 산림자원 현황을 파악하는 것으로 직경테이프, 줄자, 수고측정기 등의 장비를 이용한 현지조사를 통해 이루어진다[1-3]. 우리나라 전체 산림에 대한 조사는 불가능하기 때문에 표본을 선정하고 인력에 의한 현지조사를 통해 자료를 구축하게 된다[4, 5]. 국가산림자원조사는 국가산림자원의 기본통계를 확보하고, 시간경과에 따른 산림자원 변화를 주기적으로 파악함으로써 지속가능한 산림경영 실천을 위한 산림정책수립의 기초자료 제공을 목적으로 수행되고 있다[6]. 한편, 우리나라는 과학적인 산림자원관리를 위해 제6차 산림기본계획을 수립하고, 산림공간정보를 구축하고 있다[7]. Table 1은 산림기본계획의 전략을 나타낸다.

Table 1. National Forest Master Plan

| | |
|-----------------------------------|--|
| 2037 Goals and Expectations | Forest value per capita 5million won |
| | Wood self-sufficiency 30% |
| | Forestry jobs 70,000 |
| | Percentage of the population receiving forest welfare 100% |
| | Amount of damage caused by forest disasters 27 billion won or less |
| Strategic task | Advancement of forest resource and mountain management system |
| | Fostering the forest industry and creating jobs |
| | Stabilization of income of forestry and vitalization of mountain villages |
| | Establishment of forest welfare system in daily life |
| | Maintaining and promoting the health of forest ecosystems |
| | Realization of public safety through forest disaster prevention and response |
| | Leading international forestry cooperation and completing forest reforestation on the Korean Peninsula |

그러나 우리나라의 산림자원관리 선진화를 위해서는 산림 관련 산업 종사자의 고령화와 인력 중심의 현장조사 체계 등의 문제 해결이 선행되어야 한다. 산림공간정보는 과학적이고 정확한 데이터로써 이러한 문제점을 해결할 수 있는 방안이며, 산림조사 및 계획 수립에 활용이 가능하다. 해외의 경우, GIS를 비롯하여 사진측량이나 레이저 스캐닝 등 최신 기술의 적용을 통한 산림공간정보 구축이 수행되고 있다[5, 8]. 이에 본 연구에서는 해외 산림조사 및 활용 동향을 조사하여 국내 산림공간정보 구축에 있어 최신 기술의 활용 가능성을 파악하고자 하

였다. Fig. 1은 연구흐름도를 나타낸다.

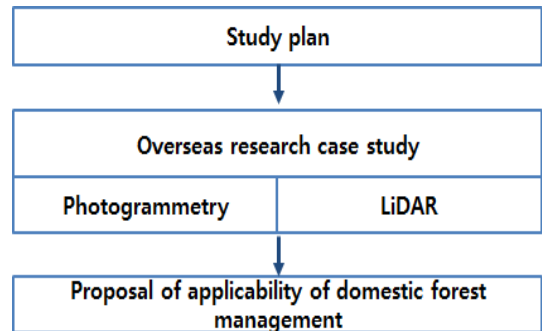


Fig. 1. Study flow

2. 해외 산림공간정보 구축 및 활용 동향

2.1 사진측량

사진측량은 효율적인 산림조사 및 산림자원관리를 위한 넓은 면적의 자료 구축에 주로 활용되고 있다[9]. Guerra-Hernández 등은 드론 사진을 이용하여 산림의 체적을 산정하는 연구를 수행하였다[10]. 드론을 통해 취득된 사진을 이용하여 포인트클라우드 형태의 3차원 데이터를 생성하고 식생에 대한 체적을 계산하였다. 또한 정확도 평가를 위해 사진측량 결과와 실제 측정값을 비교하였다. 연구를 통해 사진측량으로부터 산출된 식생의 체적이 0.25m³이내의 편차를 나타내어 사진측량의 활용 가능성을 제시하였다. Fig. 2는 사진측량을 통해 생성된 식생의 3D 모델을 나타낸다.

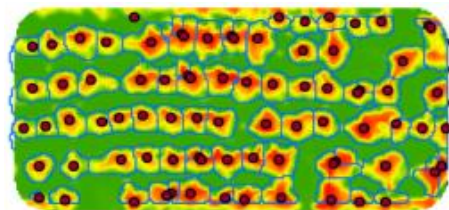


Fig. 2. 3D Model of Tree[10]

Schumacher 등은 시계열로 촬영된 위성영상, 항공 사진을 이용하여 35.751km² 면적의 넓은 산림지역에 대한 수종 모델링 및 체적 계산을 수행하였다[11]. Fig. 3은 위성영상을 통해 산정된 산림의 체적을 나타낸다.

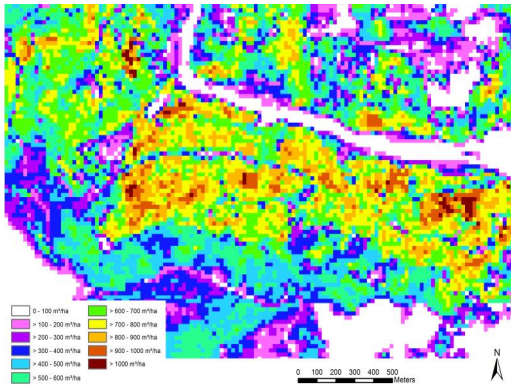


Fig. 3. Tree Volume from Satellite Image[11]

Roberts 등은 자동차에서 취득된 지상 사진을 이용하여 가로수를 맵핑하였다[12]. GPS(Global Positioning System)로 측정된 가로수 위치 및 간격에 비해 사진측량 결과물이 실제 측정값에 더욱 가까운 값을 나타내었다. 또한 사진측량 결과물로부터 흉고직경 측정을 위해 포인트클라우드 데이터를 생성하였으며, 이를 실제 측정값과 비교하여 0.05m 이하의 차이를 얻었다. Fig. 4는 흉고직경 측정을 위한 포인트클라우드 데이터를 나타낸다.

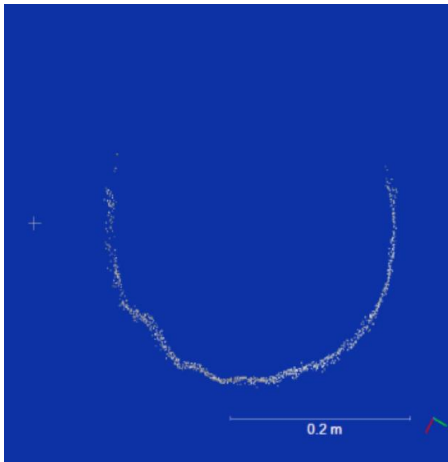


Fig. 4. Pointcloud for Tree Measurement[12]

Strunk 등은 항공사진을 이용하여 넓은 지역의 산림 공간정보를 구축하고, 기존의 산림조사 방법과 비교하여 효율성을 제시하고자 하였다[13]. Fig. 5는 항공사진측량을 이용한 식생의 체적조사 결과를 나타낸다.

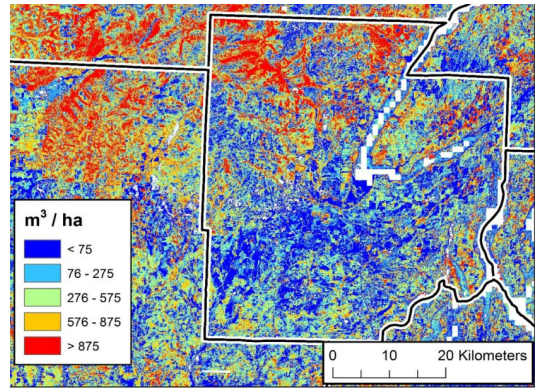


Fig. 5. Volumetric Survey of Trees using Aerial photogrammetry[13]

Wallace 등은 드론 사진측량을 통해 식생의 높이를 측정하는 연구를 수행하였다[14]. 산림지역에서 취득된 사진을 통해 포인트클라우드 데이터를 생성하고, 지표면을 분리하여 식생의 높이를 측정 하였다. 측정된 데이터는 토탈스테이션 측량을 통해 얻은 측정값과 비교하여 11cm 이내의 차이를 나타내었다. Fig. 6은 항공사진측량을 이용한 식생의 높이측정 결과를 나타낸다.

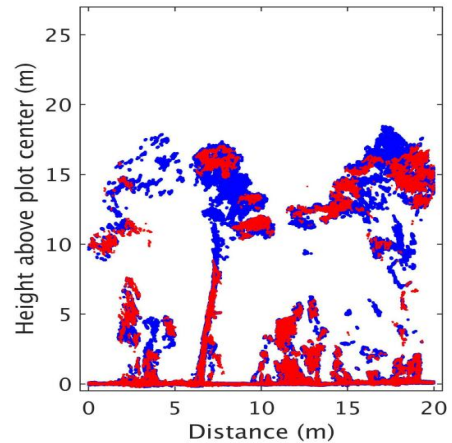


Fig. 6. Tree Height Measurement using Photogrammetry[14]

2.2 LiDAR

LiDAR는 산림지역에서 식생 및 지형에 대한 3차원 데이터를 직접 취득할 수 있어 산림공간정보 구축 관련 연구에 활용되고 있다. Ganz 등은 드론 LiDAR를 활용한 식생 높이 측정에 관한 연구를 수행하였다. 연구결과

드론 LiDAR를 통해 측정된 식생 높이는 0.13m 정도의 정확도를 나타내었다[15]. Fig. 7은 드론 LiDAR를 이용한 식생의 포인트클라우드를 나타낸다.

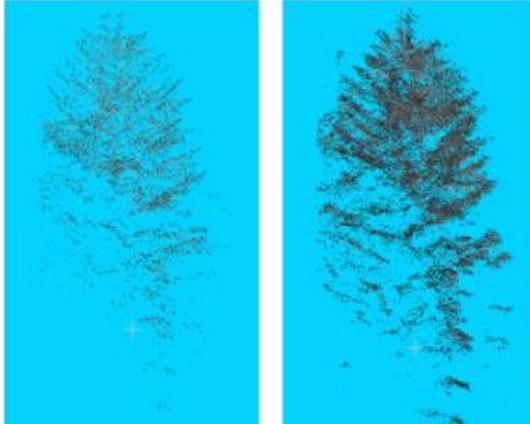


Fig. 7. Point Cloud of Vegetation using Drone LiDAR[15]

Perugia 등은 Hand-held형 LiDAR를 이용하여 산림공간정보를 구축하고, 전통적인 측정방법과 비교하여 정확도 및 효율성을 비교하였다[16]. Hand-held형 LiDAR에 의한 흉고직경 측정 정확도는 10cm 정도로 나타났으며, 추가적으로 연구에 사용된 LiDAR의 측정 가능 거리가 제시되었다. Fig. 8은 Hand-held형 LiDAR를 나타낸다.



Fig. 8. Hand-held LiDAR[17]

Puletti 등은 벌채목의 직경을 측정하기 위한 지상 LiDAR의 활용성을 분석하였다[18]. 연구를 통해 LiDAR를 이용한 벌채목의 직경 측정의 정확도가 1.6cm 이내 임이 제시되었다. Fig. 9는 벌채목 직경 측정 결과를 나타낸다.

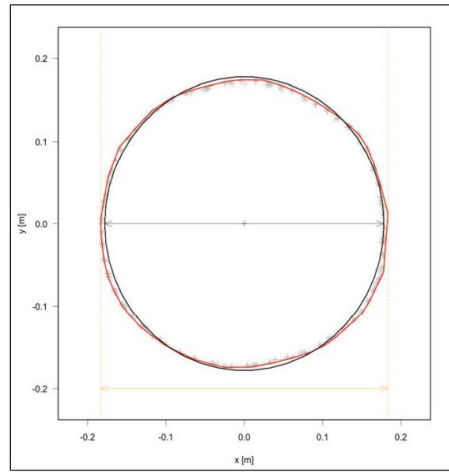


Fig. 9. Logged Tree Measurement Results[18]

3. 산림공간정보 구축 방안 분석

본 연구에서는 해외 산림공간정보 구축 방안 및 활용 분야를 조사하여 산림공간정보 구축에 활용되는 최신 기술을 파악하고 시사점을 도출하였다. Table 2는 산림공간정보 구축 기술, 활용 분야 및 데이터 종류를 나타낸다.

Table 2. Forest Geospatial Information Construction Technology, Application Fields and Data Format

| Method | Applications | Data Format |
|----------------|---------------------------|-------------|
| Photogrammetry | tree volume | point cloud |
| | diameter at breast height | |
| | tree height | |
| LiDAR | diameter at breast height | |
| | tree height | |

해외 산림공간정보 구축에 대한 연구에서 사진측량과 LiDAR 방법은 식생의 체적, 높이, 흉고직경에 대한 측정에 활용 되었으며, 산림조사를 위해 포인트클라우드 형태의 데이터가 이용되었음을 알 수 있었다.

우리나라에서는 현재 국가산림조사에서 수고 및 흉고 직경을 측정하도록 하고 있다. 수고는 수고측정기로 측정하고 10cm 단위로 기록하며, 흉고직경은 직경테이프 또는 캘리퍼스를 사용하여 1cm 단위로 측정하도록 하고 있다[19]. 하지만 현재의 조사 방법은 인력에 의한 측정이기 때문에 작업자의 숙련도에 따라 측정 결과의 정확

도와 작업의 효율성이 큰 영향을 받을 수밖에 없다. 따라서 해외 산림공간정보 구축 및 활용 사례에서와 같이 수고 및 흉고직경 측정에 사진측량이나 LiDAR 기술 적용을 통해 구축되는 포인트클라우드 데이터를 활용하는 것이 이러한 문제점을 극복하는데 도움이 될 것으로 판단된다. Table 3은 산림공간정보 구축 방안 별 정확도와 국내 산림조사 기준을 비교한 것이다.

Table 3. Comparison of Accuracy of Each forest Geospatial Information Construction Method with the Domestic Forest Survey Standard

| Item | | Research Result | Domestic Forest Survey Standard |
|----------------|---------------------------|-----------------|---------------------------------|
| Photogrammetry | diameter at breast height | 0.05m | 0.01m |
| | tree height | 0.11m | 0.1m |
| LiDAR | diameter at breast height | 0.016m | 0.01m |
| | tree height | 0.13m | 0.1m |

해외 산림공간정보 구축 사례 중 사진측량 보다 LiDAR를 활용한 흉고직경 및 수고 측정의 정확도가 국내 산림조사 기준에 근접한 값을 나타내고 있다. 만약 고정형 LiDAR와 같이 해외 사례에서 이용한 LiDAR보다 정밀한 센서를 활용한다면 국내 기준을 만족하는 결과를 얻을 수 있을 것으로 기대된다. 향후 다양한 LiDAR 센서를 이용한 산림공간정보의 구축을 수행하고, 정확도 및 작업 효율에 대한 분석이 이루어진다면 국내 산림공간정보 구축에 있어 새로운 기술의 활용 가능성을 제시할 수 있을 것이다.

4. 결론

본 연구에서는 해외 산림조사 및 활용 동향을 조사하고 최신 기술의 국내 적용 방안을 도출하고자 하였다. 해외의 경우 산림공간정보 구축 및 활용에 사진측량 및 LiDAR 기술을 활용하고 있었다. 사진측량의 경우 식생의 체적, 흉고직경, 수고 측정 등에 활용되었으며, LiDAR는 흉고직경 및 수고 측정에 적용된 사례가 있었다. 사진측량과 LiDAR로부터 취득된 데이터는 활용을 위해 포인트클라우드 형태로 변환되었으며, 사진측량에 비해 LiDAR를 활용한 경우가 더욱 높은 정확도를 나타냄을 알 수 있었다. 향후 다양한 LiDAR 센서를 이용한 산림공간정보의 구축을 수행하고, 정확도 및 작업 효율에

대한 분석이 이루어진다면 국내 산림공간정보 구축에 있어 새로운 기술의 활용 가능성을 제시할 수 있을 것이다.

REFERENCES

- [1] T. H. Kim & J. H. Youn. (2019). A study on 3D safety state information platform architecture design for realistic disaster management based on spatial information, *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, 20(4), 564-570. DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2019.22.1.621>
- [2] J. K. Park & K. Y. Jung. (2021). Accuracy Evaluation of Earthwork Volume Calculation According to Terrain Model Generation Method, *Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography*, 39(1), 47-54. DOI: <https://doi.org/10.7848/ksgpc.2021.39.1.47>
- [3] J. P. Seo, K. D. Kim, C. S. Woo, C. W. Lee & H. H. Lee. (2020). Evaluation of Field Application and Estimation of Bedload Discharge in the Forest Watershed using the Hydrophone, *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, 21(12), 807-818. DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2020.21.12.807>
- [4] C. B. Park & J. S. Choi. (2021). Characteristics of Management of Facilities and Healing Programmes for Forest Therapy, *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, 22(2), 468-474. DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2021.22.2.468>
- [5] Y. C. Lee, J. O. Kang & S. J. Oh. (2021). Drone Image based Time Series Analysis for the Range of Eradication of Clover in Lawn, *Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography*, 39(1), 47-54. DOI: <https://doi.org/10.7848/ksgpc.2021.39.4.211>
- [6] S. I. Baek, S. Y. Koh & W. K. Kim. (2020). Calculation of correction coefficients for the RedEdge-MX multispectral camera through intercalibration with a hyperspectral sensor, *Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography*, 38(6), 707-716. DOI: <https://doi.org/10.7848/ksgpc.2020.38.6.707>
- [7] Korea Forest Service. (2021). *Status of forestry*. <https://www.forest.go.kr/>
- [8] J. K. Park & M. K. Oh. (2020). Application of Object Modeling and AR for Forest Field Investigation, *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, 21(12), 411-416. DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2020.21.12.411>
- [9] J. M. Cho, J. S. Lee & B. G. Lee. (2021). A Study on the Accuracy Evaluation of UAV Photogrammetry using Oblique and Vertical Images, *Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography*, 39(1), 41-46.

DOI: <https://doi.org/10.7848/ksgpc.2021.39.1.41>

- [10] J. Guerra-Hernández, D. N. Cosenza, A. Cardil, C. A. Silva, B. Botequim, P. Soares, M. Silva, E. González-Ferreiro & R. A. Díaz-Varela. (2019). Predicting Growing Stock Volume of Eucalyptus Plantations Using 3-D Point Clouds Derived from UAV Imagery and ALS Data, *Forests*, 10(905). DOI: <https://doi.org/10.3390/f10100905>
- [11] J. Schumacher, M. Rattay, M. Kirchhöfer, P. Adler & G. Kändler. (2019). Combination of Multi-Temporal Sentinel 2 Images and Aerial Image Based Canopy Height Models for Timber Volume Modelling, *Forests*, 10(746). DOI: <https://doi.org/10.3390/f10090746>
- [12] J Roberts, A. Koeser, A. Abd-Elrahman, B. Wilkinson, G. Hansen, S. Landry & A.Perez. (2019). Mobile Terrestrial Photogrammetry for Street Tree Mapping and Measurements, *Forests*, 10(701). DOI: <https://doi.org/10.3390/f10080701>
- [13] J Strunk, P. Packalen, P. Gould, D. Gatzliolis, C. Maki, H. Andersen & R. J. McGaughey. (2019). Large Area Forest Yield Estimation with Pushbroom Digital Aerial Photogrammetry, *Forests*, 10(701). DOI: <https://doi.org/10.3390/f10050397>
- [14] L. Wallace, C. Bellman, B. Hally, J. Hernandez. S. Jones & S. Hillman. (2019). Assessing the Ability of Image Based Point Clouds Captured from a UAV to Measure the Terrain in the Presence of Canopy Cover, *Forests*, 10(284). DOI: <https://doi.org/10.3390/f10030284>
- [15] S. Ganz, Y. Käber & P. Adler. (2019). Measuring Tree Height with Remote Sensing—A Comparison of Photogrammetric and LiDAR Data with Different Field Measurements, *Forests*, 10(694). DOI: <https://doi.org/10.3390/f10080694>
- [16] B. D. Perugia, F. Giannetti, G. Chirici & D. Travaglini. (2019). Influence of Scan Density on the Estimation of Single-Tree Attributes by Hand-Held Mobile Laser Scanning, *Forests*, 10(277). DOI: <https://doi.org/10.3390/f10030277>
- [17] Geoslam. (2021). *Zeb 1*. <https://www.geoslam.com>
- [18] N. Puletti, M. Grotti & R. Scotti. (2019). Evaluating the Eccentricities of Poplar Stem Profiles with Terrestrial Laser Scanning, *Forests*, 10(239). DOI: <https://doi.org/10.3390/f10030239>
- [19] S. H. Kim, J. C. Kim, S. W. Lee, H. G. Jo, S. A. Seo, J. S. Lim & I. B. Jeong. (2013). Guidebook of The 6th National Forest Inventory and Forest Health Monitoring, p.95, Guidebook, Korea Forestry Promotion Institute, ISBN: 978-89-98575-06-9

박 준 규(Park, Joon Kyu)

[정회원]



- 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
- E-Mail : jpark@seoil.ac.kr

이 근 왕(Lee, Keun Wang)

[정회원]



- 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
- E-Mail : kwlee@chungwoon.ac.kr