

체계적인 광산관리를 위한 광산현황 및 광산공간정보 구축 기술 분석

박준규¹, 이근왕^{2*}

¹서일대학교 토목공학과, ²청운대학교 멀티미디어학과

Analysis of the Status of Mine and Methods of Mine Geospatial Information Construction Technology for Systematic Mine Management

Joon-Kyu Park¹, Keun-Wang Lee^{2*}

¹Department of Civil Engineering, Seoil University

²Department of the Multimedia Science, Chungwoon University

요 약 광업은 국가 산업발전의 기반이 되는 에너지와 원료자원을 공급하는 국가 기간산업으로 중요성을 가지고 있다. 한편 광산 개발은 필연적으로 광해를 동반하는데 대표적인 예로 지반침하, 중금속 오염, 수질오염 등을 들 수 있다. 광해는 피해의 범위가 크고, 복구에 많은 시간과 비용이 필요하며, 기간 지속적으로 피해가 발생할 수 있기 때문에 이를 방지하기 위한 체계적인 광산관리가 필요한 실정이다. 이에 본 연구에서는 국내 광산 및 광산공간정보 구축 현황과 광산관리를 위한 광산공간정보 구축 기술을 분석하였다. 조사된 광산은 95%가 비금속광으로 석회석 광산이 67%로 가장 많았으며, 구축된 광산공간정보는 2차원의 현황도 및 단면도, 지질도로 3차원 광산공간정보는 구축되어 있지 않은 것으로 나타났다. 3D 레이저 스캐너에 대한 조사 및 분석 결과와 우리나라 광산의 특징을 고려할 때 광산공간정보 구축을 위한 방안으로 이동식 스캐너가 가장 적합할 것으로 판단된다. 3D 레이저스캐너를 통해 취득되는 데이터는 대상물을 효과적으로 시각화 할 수 있으며, 갱내 도면의 제작, 체계의 산출 등 다양한 활용이 가능하기 때문에 체계적인 광산관리에 기여할 것이다.

Abstract Mining is important as a national key industry that supplies energy and raw materials that are the basis for industrial development. On the other hand, mine development is necessarily accompanied by mineralization, for example, ground subsidence, heavy metal pollution, and water pollution. The mine hazard has a large range of damage, and it takes much time and cost to recover. In addition, there is a need for systematic mining management in order to prevent damages from occurring continuously. In this study, the present status of domestic mining industry and geospatial information construction technology for mining management were investigated. 95% of the mines surveyed were nonmetallic, and limestone mines accounted for 67%, and the constructed mine spatial information is not constructed with 3D geospatial information due to 2D current status, section, and geological map. Considering the results of the survey and analysis of 3D laser scanner and characteristics of Korean mine, handheld scanner is considered to be the most suitable method for constructing mine geospatial information. In addition, the data acquired through the 3D laser scanner can effectively visualize the object, and it can contribute to the systematic management of mining because it can be used for various purposes such as generation of drawings and calculation of volume.

Keywords : Geospatial Information, Mine Hazard, Mine Management, Mining, 3D Laser Scanner

이 성과는 2018년도 과학기술정보통신부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. NRF-2018R1C1B6004021)

*Corresponding Author : Keun-Wang Lee(Chungwoon Univ.)

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

Received July 27, 2018

Revised August 30, 2018

Accepted September 7, 2018

Published September 30, 2018

1. 서론

광업은 국가 산업발전의 기반이 되는 에너지와 원료 자원을 공급하는 국가 기간산업으로 중요성을 가지고 있다[1]. 국가 경제발전의 근간으로 지대한 공헌했던 광업은 최근 산업구조와 가정의 연료 소비 형태의 변화 및 광산물의 경쟁력 약화로 위축되고 있는 실정이다[2]. 한편 광산 개발은 필연적으로 광해를 동반하는데 대표적인 예로 지반침하, 중금속 오염, 수질오염 등을 들 수 있다 [3]. 광해란 광산에서의 토지의 굴착, 광물의 채굴, 선풍 및 제련과정에서 생기는 폐석, 광물찌꺼기의 유실, 갱수 및 폐수의 방류 및 유출, 광연의 배출, 먼지의 날림, 소음 및 진동의 발생으로 광산 및 그 주변의 환경에 미치는 피해를 말한다[4].

국내에서는 1980년대 말 석탄합리화사업의 시행 이후 광해방지의 필요성이 대두되기 시작했으며, 2005년 “광해피해의 방지 및 복구에 관한 법률”이 제정되고, 이후 2006년부터 광해방지사업이 시작되었다. 선진국의 경우, 우리나라보다 먼저 광해와 관련된 문제를 접하고, 이를 해결하기 위해 광해방지 및 복구를 위한 다양한 제도의 마련과 기술의 개발 등에 노력하고 있다[5]. 광해는 피해의 범위가 크고, 복구에 많은 시간과 비용이 필요하며, 장기간 지속적으로 피해가 발생할 수 있기 때문에 이를 방지하기 위한 체계적인 광산관리가 필요한 실정이다. 이에 본 연구에서는 국내 광산 및 광산공간정보 구축 현황과 광산관리를 위한 광산공간정보 구축 기술을 분석하고자 하였다. Fig.1은 연구 흐름도를 나타낸다.

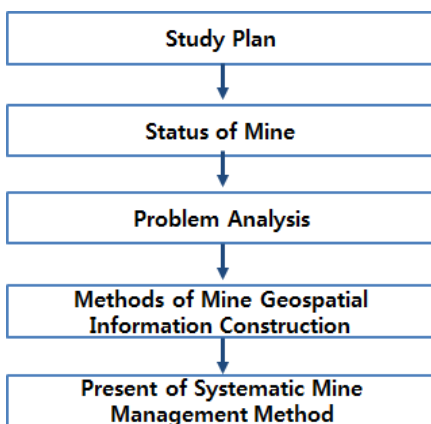


Fig. 1. Study flow

2. 우리나라의 광산현황

광산은 채굴계획의 인가 후 광물을 채굴하고 있는 가행광산, 휴지인가 후 광물 채굴을 하지 아니하는 휴지광산, 광물을 채굴할 수 없는 폐광산으로 구분한다. 우리나라에는 전국적으로 약 5,400여 개의 광산이 있으며, 이 중 2,700여 개의 광산이 가행광산이다[6]. 광산은 광종별로 금, 은, 동, 연, 아연 등의 금속광과 석탄, 흑연, 규석, 장석 등의 비금속광으로 나눌 수 있다. 본 연구에서는 국내 가행광산 및 광산공간정보 구축 현황조사를 위해 한국광업협회를 중심으로 광산의 현황을 조사하였다. Table 1은 광산현황 중 일부를 나타낸다.

Table 1. Status of mine[7]

Name	Mineral	Estimated Amount(ton)	Geospatial Information
G Material	limestone	236,575	geological map
G Metal	limestone	8,412	
K Lime	limestone	26,000	
J Lime	limestone	120,094	
Banchun	limestone	349,640	drill log
Sokkyo	dolomite	86,048	
Daeil	nephrite	287,265	deposit map
DFC	limestone	6,588	
Dukyong	quartzite	16,830	underground map
Jecheon	limestone	13,339	
Donghae	brass	68,000	geophysical data
Singi	limestone	204,192	
Jasung	dolomite	4,931	
Sinding	limestone	1,026,679	
Yongjeon	quartzite	105,521	
⋮	⋮	⋮	

가행광산은 대부분 비금속광으로 석회석 광산이 가장 많았으며, 구축된 광산공간정보는 광산지질도, 시추주상도, 매장량산출도, 갱내도, 물리탐사도였다. Fig. 2 ~ Fig. 6은 광산공간정보를 나타낸다.

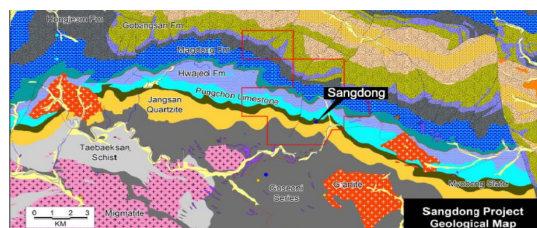


Fig. 2. Geological map[8]

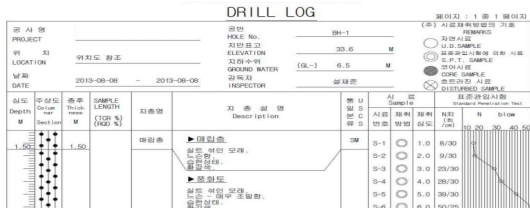


Fig. 3. Drill log[9]

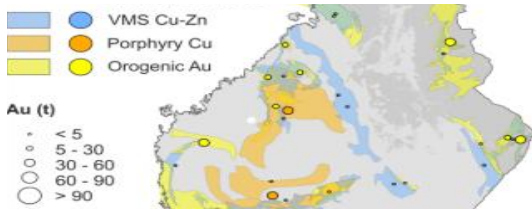


Fig. 4. Deposit map[8]

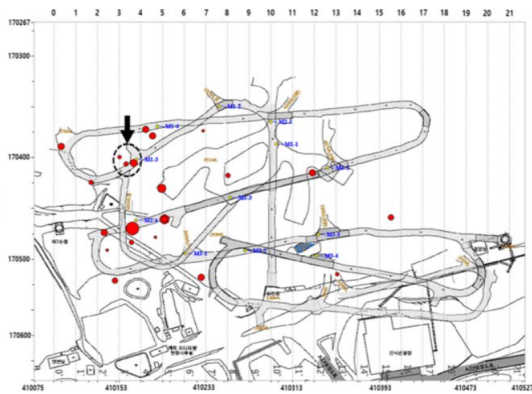


Fig. 5. Underground map[8]

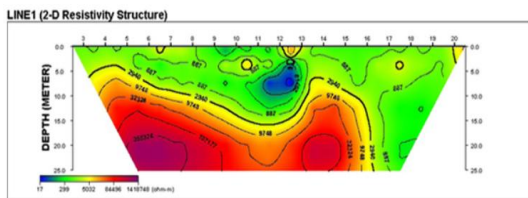


Fig. 6. Geophysical data[8]

현재 구축된 광산공간정보는 대부분 2차원 데이터이며, 3차원 광산공간정보는 구축되어 있지 않았다. 우리나라는 지질구조가 복잡하고, 자원이 불규칙하게 분포되어 있기 때문에 위성사승분광식 채탄법이나 중단분광식 채탄법을 주로 사용하고 있어 지반침하와 같은 광해 발

생 시 침하량이 큰 싱크홀 형태의 침하가 주로 발생한다 [10]. 광해는 대형재해로 이어질 수 있고, 집단적 피해의 원인이 된다. 또한 복구가 어렵고, 폐광 이후에도 지속적으로 발생할 수 있기 때문에 안전을 위한 고려가 필요하며, 지반침하를 예측하고 광산을 체계적으로 관리하기 위해서는 3차원의 광산공간정보가 필수적이다.

3. 광산공간정보 구축 기술 분석

공간정보 구축 기술은 컴퓨터 기술의 발전과 더불어 아날로그 형태에서 디지털로 바뀌었으며, GIS(Geographic Information System)는 구축된 공간정보의 활용 측면에서 핵심적인 요소가 되었다[11]. 공간정보 활용을 위한 구축 기술 역시 과거에 비해 더욱 정밀해지고 있다. 공간정보 구축에 주로 활용되는 기술은 GNSS(Global Navigation Satellite System) 및 토털스테이션이 주로 활용되고 있다. 광산에 대한 공간정보는 환경적인 요인으로 GNSS의 적용이 어렵기 때문에 주로 토털스테이션을 이용한 자료취득이 이루어지고 있다. 하지만 토털스테이션을 이용한 광산공간정보 구축은 많은 작업시간이 요구되어 효율성이 떨어진다.

한편, 3D 레이저스캐너는 짧은 시간에 수많은 레이저 빔을 대상물에 주사하여 형상에 대한 3차원 데이터를 취득할 수 있는 장비로 최근 측량, 3차원 모델링 등 많은 분야에서 활용되고 있다[1]. 본 연구에서는 광산갱도 내부의 3차원 공간정보 구축을 위한 방안으로 3D 레이저스캐너에 대한 조사 및 분석을 수행하였다.

광산공간정보 구축을 위한 3D 레이저스캐너는 고정식 스캐너, 이동식 스캐너, 토털스테이션 통합형 스캐너로 구분할 수 있다. Fig. 7 ~ Fig. 9는 3D 레이저스캐너이며, Table 2 ~ Table 4는 사양을 나타낸다.



Fig. 7. Static scanner[12] Fig. 8. Handheld scanner[13]



Fig. 9. Scanning totalstation[12]

Table 2. Specification of static scanner[10]

Item	Description
Weight	10.6kg
Dimensions	335mm x 386mm x 242mm
Range	340m
Speed	1,000,000 points/second
Laser class	1
Field of view	360°x317°
Operating temperature	0°C to +40°C

Table 3. Specification of handheld scanner[11]

Item	Description
Weight	4.1kg
Dimensions	86mm x 113mm x 287mm
Range	30m
Speed	43,200 points/second
Laser class	1
Field of view	270° X 360°

Table 4. Specification of scanning totalstation[10]

Item	Description
Weight	7.5kg
Range	600m
Speed	26,600 points/second
Laser class	1
Field of view	360°x300°
Operating temperature	0°C to +40°C

고정식 스캐너는 단위 시간 당 가장 많은 포인트클라우드를 취득할 수 있으며, 이동식 스캐너는 가벼운 무게와 연속적인 자료취득으로 작업의 효율성이 높다. 토털스테이션 통합형 스캐너는 토털스테이션과 같은 원리로 기계점들 간에 트래버스 측량이 가능하기 때문에 기준점 측량을 생략할 수 있어 작업의 효율을 높일 수 있다. 한편, 취득되는 데이터의 점밀도와 품질은 고정식 스캐너와 스캐닝토털스테이션이 높으며, 부가적으로 스캔 대상

물에 대한 영상 및 색상정보를 함께 취득할 수 있다는 장점이 있다. Fig. 10 ~ Fig. 11은 각 스캐너로 취득된 포인트클라우드를 나타낸다.

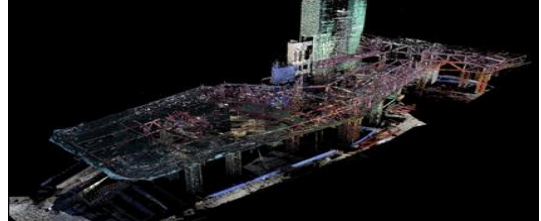


Fig. 10. Pointcloud by static scanner

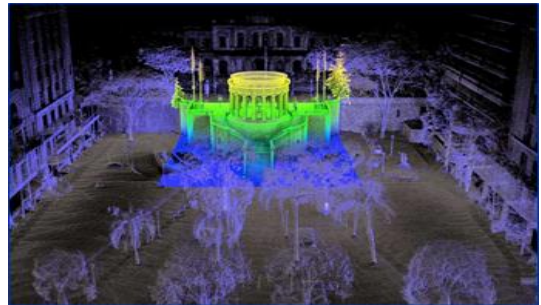


Fig. 11. Pointcloud by handheld scanner



Fig. 12. Pointcloud by handheld scanner

우리나라의 광산은 갱도 길이가 길고, 내부의 형상이 매우 복잡하므로 고정식이나 토털스테이션 통합형 스캐너를 활용할 경우 장비의 설치 및 자료취득 횟수가 많아지기 때문에 단위시간 당 작업효율이 떨어진다. 따라서 광산공간정보 구축을 위한 3D 레이저스캐너는 이동식 스캐너가 가장 적합할 것으로 판단된다. Table 5는 3D 레이저스캐너의 작업물량을 비교한 것으로 단위시간 동안의 예상 작업량을 나타낸다.

Table 5. Workload comparison

Item	Amount	Remark
Static Scanner	0.8km	Acquisition of data for 4 sections
Handheld Scanner	2km	Continuous data acquisition
Scanning Totalstation	0.6km	Acquisition of data for 3 sections

3D 레이저 스캐너를 이용한 공간정보 구축 과정은 크게 기준점측량, 자료취득, 자료처리의 과정으로 구분할 수 있다. 기준점 측량은 3D 레이저스캐너를 통해 취득되는 3차원 공간정보를 georeferencing하기 위한 정보이며, 자료처리 과정에서 연속적으로 취득된 데이터를 정합하기 위해서는 타겟 또는 대상물의 형상을 이용하는 방법이 주로 이용된다. Fig. 13은 3D 레이저스캐너의 작업과정을 나타낸다.

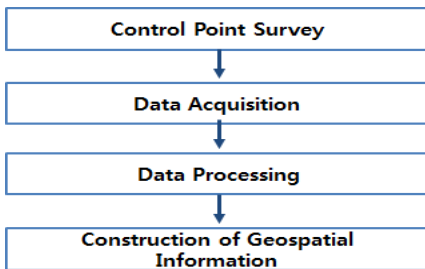


Fig. 13. Workflow of 3D laser scanner

3D 레이저스캐너를 통해 취득되는 데이터는 포인트클라우드 형태의 3차원 데이터로 자료처리를 통해 대상물을 효과적으로 시각화할 수 있다. Fig. 14는 광산에 대한 포인트클라우드 데이터의 예를 나타낸다.



Fig. 14. Pointcloud data sample of mine

3D 레이저스캐너를 통해 취득되는 포인트클라우드의 특정 단면에 대한 형상의 추출이 가능하며, 데이터 취득 구간 전체에 대한 연속적인 데이터를 생성할 수 있어 갱내 도면의 제작, 체적의 산출 등 다양한 활용이 가능하다. Fig. 15와 Fig. 16은 포인트클라우드를 이용한 도면 생성과 체적산출의 예를 나타낸다.

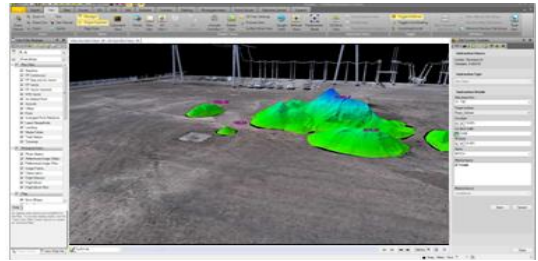


Fig. 15. Examples of drawing generation

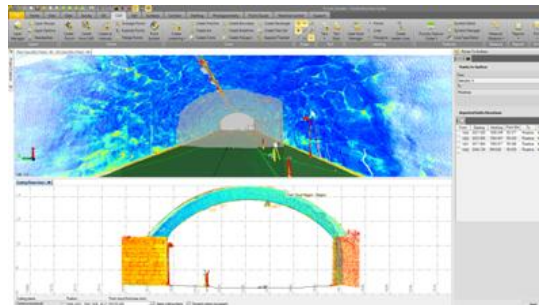


Fig. 16. Examples of volume calculation

4. 결론

본 연구는 국내 광산 및 광산공간정보 구축 현황과 광산관리를 위한 광산공간정보 구축 기술을 분석한 것으로 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 국내 광산은 대부분 비금속광으로 석회석 광산이 가장 많았으며, 구축된 광산공간정보는 2차원의 현황도 및 단면도, 지질도로 3차원 광산공간정보는 구축되어 있지 않은 것으로 나타났다.
2. 고정식, 이동식, 토털스테이션 통합형 3D 레이저스캐너에 대한 조사 및 분석을 수행하였으며, 우리나라 광산의 특징을 고려할 때 광산공간정보 구축을 위한 방안으로 이동식 스캐너가 가장 적합할 것으로 판단된다.

3. 3D 레이저스캐너를 통해 취득되는 데이터는 대상물을 효과적으로 시각화 할 수 있으며, 갱내 도면의 제작, 체적의 산출 등 체계적인 광산관리를 위한 기초자료로 활용이 가능하다.

References

- [1] J. K. Park, K. Y. Jung, "Application of Laser Scanner for Mine Management and Mining Plan", *Asia-pacific Journal of Multimedia Services Convergent with Art, Humanities, and Sociology*, Vol.7, No.6, pp.693-700, 2017. DOI: <https://dx.doi.org/10.14257/ajmahs.2017.06.89>
- [2] 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 Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography*, Vol.34, No.1, pp.21-32, 2016. DOI: <https://dx.doi.org/10.7848/ksgpc.2016.34.1.21>
- [3] Ministry of Trade, Industry and Energy. Mine disaster status. [Internet]. Ministry of Trade, Industry and Energy. Available From: <http://www.motie.go.kr> (accessed Aug., 16, 2018)
- [4] S. Y. Won, S. W. Lee, J. C. Paik, C. Y. Yune, and G. H. Kim, "Analysis of Erosion in Debris Flow Experiment Using Terrestrial LiDAR", *Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography*, Vol.34, No.3, pp.309-317, 2016. DOI: <https://dx.doi.org/10.7848/ksgpc.2016.34.3.309>
- [5] Y. J. Choung, "Development of a Dike Line Selection Method Using Multispectral Orthoimages and Topographic LiDAR Data Taken in the Nakdong River Basins", *Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography*, Vol.33, No.3, pp.155-161, 2015. DOI: <https://dx.doi.org/10.7848/ksgpc.2015.33.3.155>
- [6] Statistics Korea, Statistical Database. [Internet]. Statistics Korea. Available From: <http://kostat.go.kr> (accessed Aug., 10, 2018)
- [7] Korea Mining Industry Association. Member Companies. [Internet]. Korea Mining Industry Association. Available From: <http://www.miningkorea.or.kr> (accessed Aug., 16, 2018)
- [8] Korea Mineral Resources Geographic Information System. Mineral resource information inquiry. [Internet]. Korea Mineral Resources Geographic Information System. Available From: <https://www.mireco.or.kr/> (accessed Aug., 11, 2018)
- [9] Global Material Company., Mineral Resource Development. [internet]. Global Material Company. Available From: <https://www.mireco.or.kr/> (accessed Aug., 10, 2018)
- [10] Mine Reclamation Corp., Mining Damage Prevention Plan and Performance. [Internet]. Mine Reclamation Corp. Available From: <https://www.mireco.or.kr/> (accessed Jul., 9, 2018)
- [11] T. D. Acharya, I. T. Yang, and D. H. Lee, "GIS-based Preliminary Feasibility Study for the Optimal Route Selection for China-India Railway through Nepal", *Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography*, Vol.35, No.4, pp.281-289, 2017. DOI: <https://dx.doi.org/10.7848/ksgpc.2017.35.4.281>
- [12] T. D. Kim, "A Study on the Development of Intelligent Markup Indicator (IMI) Technology for Underground Facilities Management Using IoT", *The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication*, Vol.17, No.3, pp.129-136, 2017. DOI: <https://dx.doi.org/10.7236/JIIBC.2017.17.3.129>
- [13] J. W. Kim, "Quality Measurement of Mobile Telecommunication based on Android", *The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication*, Vol.16, No.6, pp.9-14, 2016. DOI: <https://dx.doi.org/10.7236/JIIBC.2016.16.6.9>
- [14] S. H. Yeon, "Development of Precision Positioning and Fine Displacement Monitoring Based on GNSS", *The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication*, Vol.17, No.3, pp.145-152, 2017. DOI: <https://dx.doi.org/10.7236/JIIBC.2017.17.3.145>
- [15] S. J. Kim, C. Y. Jung, "A Study on Lost Child Prevention Service Using LBS and Map Information", *The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication*, Vol.17, No.6, pp.181-186, 2017. DOI: <https://dx.doi.org/10.7236/JIIBC.2017.17.6.181>
- [16] S. J. Choi, "Design and Implementation of Prototype model of inpart location tracker" *The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication*, Vol.17, No.6, pp.203-209, 2017. DOI: <https://dx.doi.org/10.7236/JIIBC.2017.17.6.203>
- [17] K. H. Um, "Application of Vector Scalar Product to Solve the Kinematic Equations in the Earth's Gravitational Field", *The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication*, Vol.17, No.6, pp.217-222, 2017. DOI: <https://dx.doi.org/10.7236/JIIBC.2017.17.6.217>
- [18] Trimble Inc. TX8 & SX10 datasheet. [Internet]. Trimble Inc. Available From: <https://www.trimble.com> (accessed Jul., 9, 2018)
- [19] GeoSLAM, GeoSLAM Technology [Internet]. GeoSLAM. Available From: <https://geoslam.com> (accessed Aug., 14, 2018)

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 토목공학과 부교수

<관심분야>

지형공간정보공학

이 근 왕(Keun-Wang Lee)

[종신회원]



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

<관심분야>

멀티미디어 통신, 멀티미디어 응용, 모바일 통신