

주택건설 사업계획 수립을 위한 공사 예정지의 DEM 구축 및 공간분석

박준규¹, 이근왕^{2*}

¹서일대학교 토목공학과, ²청운대학교 멀티미디어학과

DEM Construction and Spatial Analysis of the Planned Construction Site for Establishment of Housing Construction Planning

Joon-Kyu Park¹, Keun-Wang Lee^{2*}

¹Department of Civil Engineering, Seoil University

²Department of the Multimedia Science, Chungwoon University

요약 본 연구에서는 드론과 이동형 3D 레이저 스캐너를 이용하여 아파트 건설을 위한 철거현장의 데이터를 취득하고, DEM을 구축하였으며, DEM을 활용하여 건설폐기물의 물량을 산출 및 조망분석 등 공간분석을 수행하였다. 데이터의 신뢰성 확보를 위해 정확도 평가를 수행하였으며, 정확도 평가 결과 드론은 수평 및 수직 방향 0.034~0.064m로 나타났으며, 이동형 3D Laser Scanner는 수평방향 0.018~0.049m의 정확도를 나타내었다. 이러한 결과는 1:1,000 수치지형도 허용정확도 이내의 값으로 드론 및 이동형 3D 레이저 스캐너를 이용한 공간정보 구축이 가능함을 나타낸다. 이동형 3D 레이저 스캐너 데이터를 이용하여 계산된 건설폐기물의 물량은 70,797m³이었으며, 드론 성과물에서 음영지역으로 나타난 건물 측면이나 일부 시설물에 대한 물량의 산출이 가능하였다. 또한 건설예정인 아파트의 조망분석을 위한 모델링을 수행하였으며, 주변 건물 및 건설예정인 아파트에 대한 지형 기반의 모델링 결과는 조망분석을 위한 자료로 활용이 가능하였다. 향후 이동형 3D 레이저 스캐너를 이용한 데이터 구축 및 정확도 평가와 함께 기존 방법과 작업공정을 비교하는 추가 연구가 이루어진다면 공간정보 구축 분야에서 이동형 3D 레이저 스캐너의 효율성을 제시할 수 있을 것이다.

Abstract In this study, data on the study site for apartment construction was acquired, and the quantity of construction waste was calculated using a drone and mobile 3D laser scanner. The accuracy of the drone was 0.034 to 0.064m in the horizontal and vertical directions, respectively, and the mobile 3D Laser Scanner showed an accuracy of 0.018 to 0.049m in the horizontal direction, respectively. These results suggest that it is possible to construct spatial information using a drone and mobile 3D laser scanner with a value within the allowable accuracy of 1:1,000 digital terrain. The volume of construction waste calculated using the mobile 3D laser scanner data was 70,797m³. It was possible to calculate the volume on the side of the building or some facilities that appeared as shaded areas in the drone outcomes. In addition, modeling was performed for view analysis of the apartments scheduled to be constructed and the terrain-based modeling results of the surrounding buildings. In the future, data construction and accuracy evaluation using mobile 3D laser scanners will be conducted. In addition, additional research comparing existing methods and work processes will be carried out, and the efficiency of mobile 3D laser scanners in the field of spatial information construction can be presented.

Keywords : 3D Laser Scanner, Construction Waste, Modeling, View Analysis, Volume Calculation

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

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

email: kwlee@chungwoon.ac.kr

Received December 2, 2020

Revised January 6, 2021

Accepted January 8, 2021

Published January 31, 2021

1. 서론

주택건설을 위해서는 관련 법령의 적합성 여부와 자연 상태, 환경 등을 고려한 주택건설 사업계획의 수립이 필요하다[1]. 특히 건설폐기물의 처리 계획이나 주변 조망과 같은 환경 분석이 필요하다. 건설폐기물은 건설산업기본법에서 건설공사로 인해 현장에서 발생하는 5톤 이상 폐기물로 정의된다[2]. 건설현장에서 발생하는 폐기물은 폐콘크리트, 혼합건설폐기물 등이 있으며 가연성, 불연성, 가연성·불연성 혼합, 기타 폐기물로 구분된다[3].

현재 노후화된 주거용 건축물, 공동주택 등 철거 대상이 되고 있는 건축물은 과거 단기간에 많은 건축물을 지어 보급하고자 했던 정책에 상응하여 빠르게 노후화가 진행되고 있다[4,5]. 따라서 지속적인 보수와 재건축이 필요하며, 건설 폐기물은 지속적으로 증가할 것으로 예상된다. 특히 아파트와 같은 주거용 건축물은 도시의 유효 이용 부지의 한계로 인해 기존 건축물의 해체 후 신축되기 때문에 많은 폐기물이 발생하게 된다[6,7]. 폐콘크리트, 폐금속 등 건설폐기물이 재활용되기도 하지만 부적절한 처리로 인해 환경오염을 유발할 수 있어 건설폐기물 처리를 위한 적절한 계획의 수립이 필요하다. 하지만 GNSS(Global Navigation Satellite System)나 토탈스테이션과 같은 기존의 측량 방법으로 건설폐기물에 대한 물량을 산출하는 데에는 많은 시간과 인력이 소요된다. 이러한 한계를 극복할 수 있는 기술로 최근 이동형 3D 레이저 스캐너가 주목받고 있다[8]. 이동형 3D 레이저 스캐너는 많은 레이저를 대상물에 주사하여 짧은 시간에

대상물에 대한 3차원 데이터를 취득할 수 있는 기술로 대상물에 대한 빠른 형상의 취득을 가능하게 한다[9].

본 연구에서는 이동형 3D 레이저 스캐너와 드론을 이용하여 아파트 건설 공사 예정지에 대한 데이터를 취득하고, DEM을 구축한다. DEM을 기반으로 철거 시 발생하는 건설폐기물의 물량을 산출하며, 모델링을 통해 향후 건설될 아파트의 조망분석을 위한 자료를 구축하고자 하였다. Fig. 1은 연구 흐름도를 나타낸다.

2. 데이터 취득 및 처리

본 연구에서는 주택건설 사업계획 수립을 위한 DEM 구축 및 공간분석을 위해 부산의 아파트 건설예정지를 연구대상지로 선정하였다. Fig. 2는 연구대상지를 나타낸다.

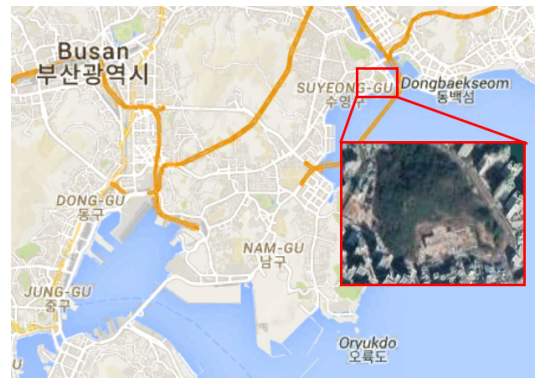


Fig. 2. Study Area

드론을 이용한 데이터 취득에는 Phantom4 RTK 모델을 이용하였으며, 이동형 3D 레이저 스캐너는 GeoSLAM Horizon 모델을 이용하였다. Fig. 3은 데이터 취득에 이용된 드론과 이동형 3D 레이저 스캐너를 나타낸다[10,11].



Fig. 3. Phantom4 RTK and GeoSLAM Horizon

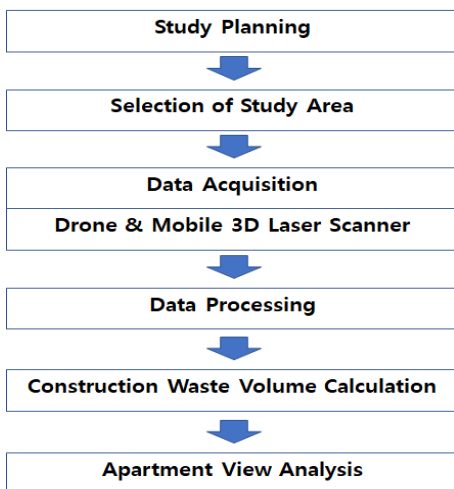


Fig. 1. Study Flow

취득된 데이터의 georeferencing을 위한 GCP(Ground Control Point)는 총 7점을 설치하였으며, VRS(Virtual Reference Station) 방법으로 측량하였다. Table 1은 GCP성과를 나타낸다.

Table 1. Coordinate of GCP

No.	N(m)	E(m)	H(m)
1	286511.7447	394267.8754	5.52
2	286558.4002	394294.0394	13.7574
3	286557.3519	394254.6737	14.2604
4	286551.113	394287.0557	13.9575
5	286529.7856	394293.7826	13.8188
6	286494.3668	394149.3352	14.1203
7	286524.0901	394233.0716	13.9669

드론을 이용한 데이터 취득에는 10분이 소요되었으며, 32매의 사진이 취득되었다. 자료처리에는 Trimble사의 UAS Master를 이용하였으며, 접합점 추출, 지상기준점 관측, DSM(Digital Surface Model) 생성, 정사영상생성의 과정으로 수행되었다. Fig. 4와 Fig. 5는 각각 DSM과 정사영상을 나타낸다.

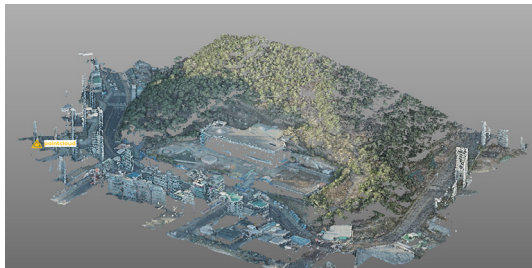


Fig. 4. DSM



Fig. 5. Ortho Image

이동형 3D 레이저 스캐너를 이용한 데이터 취득에는 총 1시간이 소요되었다. SLAM(Simultaneous Localization

And Mapping) 기술이 적용된 이동형 3D 레이저 스캐너는 별도의 정합과정 없이 연속적으로 대상지역의 데이터를 취득할 수 있는 장점이 있지만 데이터 취득 시간이 길어지면 정확도가 떨어질 수 있기 때문에 20분 단위로 3번에 걸쳐 데이터를 취득하였다. 이동형 3D 레이저 스캐너의 데이터 처리는 GeoSLAM Hub 소프트웨어를 이용하였으며, 드론 데이터 처리와 같은 방법으로 GCP를 이용하여 geo referencing을 수행하였다. Fig. 6은 이동형 3D 레이저 스캐너에 의한 데이터 처리 결과를 나타낸다.

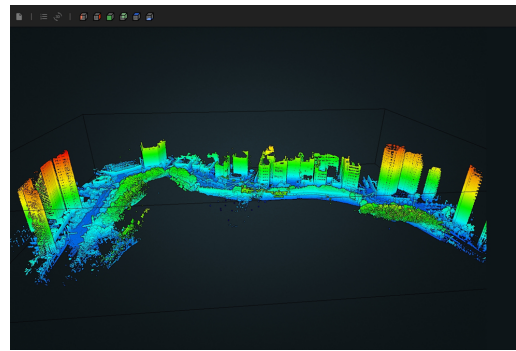


Fig. 6. Data Processing Result by Mobile 3D Laser Scanner

드론 및 이동형 3D 레이저 스캐너 결과물의 정확도 평가를 위해 5점의 검사점 성과를 이용하였다. Table 2는 정확도 평가 결과를 나타낸다.

Table 2. Accuracy Analysis Results

Drone			
No.	dN(m)	dE(m)	dH(m)
1	0.031	0.032	0.064
2	0.032	0.033	0.048
3	0.035	0.033	0.055
4	0.034	0.031	0.045
5	0.032	0.034	0.054
Mobile 3D Laser Scanner			
No.	dN(m)	dE(m)	dH(m)
1	0.028	0.021	0.045
2	0.026	0.021	0.048
3	0.027	0.024	0.049
4	0.024	0.018	0.054
5	0.019	0.024	0.045

드론의 정확도는 수평방향 0.031~0.034m, 수직방향 0.045~0.064로 나타났으며, 이동형 3D Laser Scanner는 수평방향 0.018~0.028m, 수직방향 0.045~0.049m로 나타났다. 드론 및 이동형 3D 레이저 스캐너를 이용한 데이터의 정확도는 모두 1:1,000 수치지형도 허용정확도 이내의 값을 나타내었으며, 이러한 결과는 드론 및 이동형 3D 레이저 스캐너를 이용한 데이터 취득 및 분석이 가능함을 나타내는 것이다. Table 3은 수치지형도 구축을 위한 허용정확도이다[12].

Table 3. Permissible Accuracy for 1:1,000 Digital Map

Maximum error(m)	
Plane	Height
0.4	0.3

3. DEM 구축 및 공간분석

연구대상지는 아파트 건설을 위한 철거가 진행 중이기 때문에 건설 폐기물과 철거 예정인 건축물이 함께 존재한다. 본 연구에서는 건설폐기물에 대한 물량산출을 위해 이동형 3D 레이저 스캐너 데이터를 이용하여 DEM을 구축하고, 건설폐기물을 분류하였다. Fig. 7은 DEM을 나타낸다.

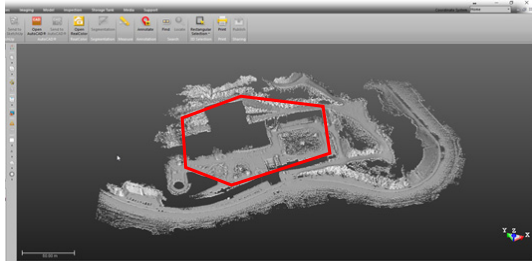


Fig. 7. DEM

DEM로부터 건설폐기물 물량산출을 위해 지면에 대한 보간 데이터를 생성하고, 지면 위의 건설폐기물과 철거예정 건물에 대한 물량을 산출하였다. 건설폐기물의 물량산출 범위는 Fig. 7에 붉은 색으로 나타낸 부분이다. Fig. 8은 지면에 대한 보간 데이터와 물량산출 결과를 나타낸다.

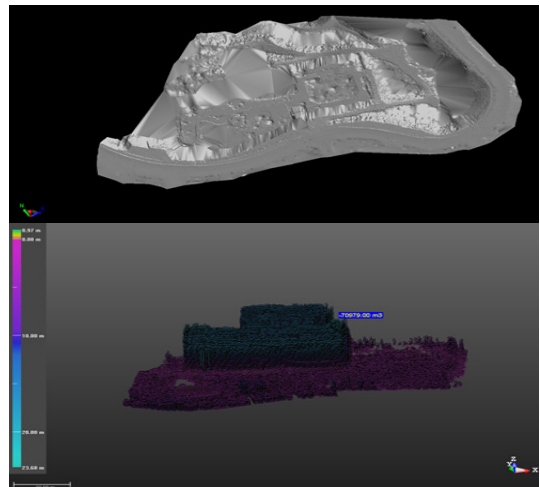


Fig. 8. Ground Classification Result

이동형 3D 레이저 스캐너 데이터를 이용하여 계산된 건설폐기물의 물량은 70,797m³이었으며, 드론 성과물에서 음영지역으로 나타난 건물 측면이나 일부 시설물에 대한 물량의 산출이 가능하였다. Fig. 9는 드론 성과물과 이동형 3D 레이저 스캐너 성과물을 비교한 것이다.

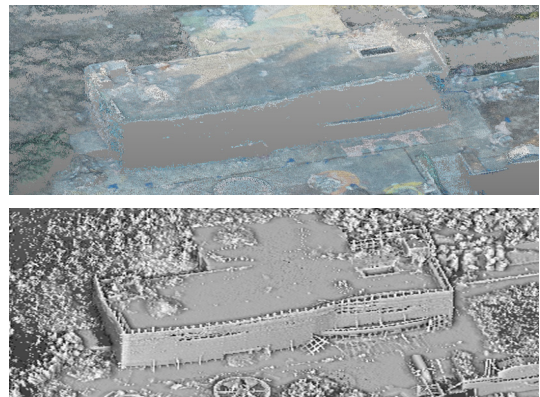


Fig. 9. Comparison of Drone Result with Mobile 3D Laser Scanner

한편, 건설예정인 아파트의 조망분석을 위해 드론 데이터로부터 취득된 주변 건물의 높이와 위치를 이용하여 스케치업으로 모델링을 수행하였다. Fig. 10은 모델링 결과를 지형에 중첩시킨 것이며, Fig. 11은 기존 아파트에서 조망을 분석한 결과를 나타낸다.

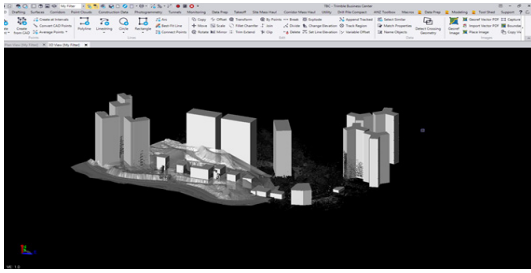


Fig. 10. Overlapping of Modeling Results

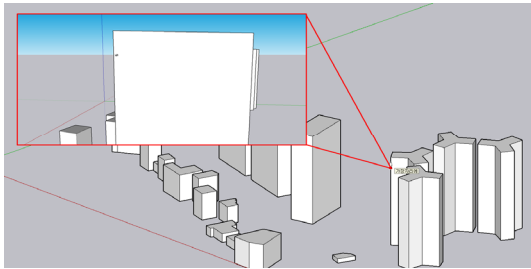


Fig. 11. View Area Analysis Result

주변 건물 및 건설예정인 아파트에 대한 지형 기반의 모델링 결과는 조망분석을 위한 자료로 활용이 가능하다. 기존 건물이나 구조물 등으로 인해 드론 영상을 이용한 데이터 취득이 어려운 경우 이동형 3D 레이저 스캐너는 3D 데이터 취득이나 물량산출을 위한 효과적인 방안이 될 수 있다. 또한 정확도 평가 결과에서 나타난 것과 같이 드론 영상에 비해 높은 정확도의 데이터 구축이 가능하기 때문에 보다 정확한 물량산출이 가능할 것이다. 향후 이동형 3D 레이저 스캐너를 이용한 데이터 구축 및 정확도 평가와 함께 기존 방법과 작업공정을 비교하는 추가 연구가 이루어진다면 공간정보 구축 분야에서 이동형 3D 레이저 스캐너의 효율성을 제시할 수 있을 것이다.

4. 결론

본 연구는 드론과 이동형 3D 레이저 스캐너를 이용하여 주택건설 사업계획 수립을 위한 DEM 구축 및 공간분석을 수행한 것으로 연구를 통해 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 드론의 정확도는 수평 및 수직 방향 0.034~0.064m로 나타났으며, 이동형 3D Laser Scanner는 수평방향 0.018~0.049m의 정확도를 나타내었다.

이러한 결과는 1:1,000 수치지형도 허용정확도 이내의 값으로 드론 및 이동형 3D 레이저 스캐너를 이용한 공간정보 구축이 가능함을 나타낸다.

2. 이동형 3D 레이저 스캐너 데이터를 이용하여 계산된 건설폐기물의 물량은 70,797m³이었으며, 드론 성과물에서 음영지역으로 나타난 건물 측면이나 일부 시설물에 대한 물량의 산출이 가능하였다.
3. 건설예정인 아파트의 조망분석을 위해 드론 데이터로부터 취득된 주변 건물의 높이와 위치를 이용하여 아파트 모델링을 수행하였으며, 주변 건물 및 건설예정인 아파트에 대한 지형 기반의 모델링 결과는 조망분석을 위한 자료로 활용이 가능하다.
4. 향후 이동형 3D 레이저 스캐너를 이용한 데이터 구축 및 정확도 평가와 함께 기존 방법과 작업공정을 비교하는 추가 연구가 이루어진다면 공간정보 구축 분야에서 이동형 3D 레이저 스캐너의 효율성을 제시할 수 있을 것이다.

References

- [1] H. J. Kim, J. B. Lee, Y. I. Kim, "Methodology of Spatio-temporal Matching for Constructing an Analysis Database Based on Different Types of Public Data", *Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography*, Vol.35, No.2, pp.81-90, Apr. 2017.
DOI: <https://doi.org/10.7848/ksgpc.2017.35.2.81>
- [2] S. J. Jung, K. R. Lee, Y. R. Yun, W. H. Lee, Y. K. Han, "Detection of Collapse Buildings Using UAV and Bitemporal Satellite Imagery", *Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography*, Vol.38, No.3, pp.187-196, Jun. 2020.
DOI: <https://doi.org/10.7848/ksgpc.2020.38.3.187>
- [3] H. K. Ryu, S. H. Som, "Analysis of Occupational Accident Types in the Apartment Construction Sites using Multiple Correspondence Analysis", *Journal of the Korea Institute of Building Construction*, Vol.20 No.3, pp.269-278, Jan. 2020.
DOI: <https://doi.org/10.5345/JKIBC.2020.20.3.269>
- [4] Y. S. oh, Y. S. Kwon, I. S. Park, S. H. Hong, H. J. Lee, T. K. Lee, S. Y. Chang, "Establishment of Point Cloud Location Accuracy Evaluation Facility for Car-mounted Mobile Mapping System for Mapping of High Definition Road Maps", *Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography*, Vol.38, No.4, pp.383-390, Aug. 2020.
DOI: <https://doi.org/10.7848/ksgpc.2020.38.4.383>
- [5] H. K. Sung, K. S. Chong, C. N. Lee, "Accuracy Analysis of Low-cost UAV Photogrammetry for Road Sign

Positioning”, *Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography*, Vol.37, No.4, pp.243-251, Oct. 2019.
DOI: <https://doi.org/10.7848/ksgpc.2019.37.4.243>

- [6] J. I. Lee, D. Y. Kim, “Assessment of Blocking Effects of Vertical Building Shadows on Sunshine Duration”, *Journal of the Korean Society of Urban Environment*, Vol.20, No.2, pp.25-34, Jun. 2020.
DOI: <https://doi.org/10.33768/ksue.2020.20.2.025>
- [7] H. S. Kim, D. H. Koo, “A Study on the Relational Factors as New Urban Growth Factors”, *The Geographical Journal of Korea*, Vol.54, No.1, pp.91-102, Mar. 2020.
DOI: <https://doi.org/10.22905/kaopqi.2020.54.1.91>
- [8] S. J. Jung, K. R. Lee, Y. R. Yun, W. H. Lee, Y. K. Han, “Detection of Collapse Buildings Using UAV and Bitemporal Satellite Imagery”, *Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography*, Vol.38, No.3, pp.187-196, Jun. 2020.
DOI: <https://doi.org/10.7848/ksgpc.2020.38.3.187>
- [9] H. T. Park, J. S. Oh, “Will People be Happier If They Live in Gangnam Public Rental Apartments?- An Empirical Study about the Effect of Housing Price Changes on the Discrimination Recognition and Residence Satisfaction of Public Rental House Residents-”, *SH Urban Research & Insight*, Vol.10, No.1, pp.87-104, Apr. 2020.
DOI: <https://doi.org/10.26700/shuri.2020.4.10.1.87>
- [10] DJI. products [Internet]. Phantom4 RTK [cited 2020 December 22], Available From: <https://www.dji.com/kr> (accessed Dec. 22, 2020)
- [11] GeoSLAM. products [Internet]. GeoSLAM Horizon [cited 2020 December 23], Available From: <https://geoslam.com/solutions/zeb-horizon/> (accessed Dec. 23, 2020)
- [12] Ministry of Government Legislation. Regulation [Internet]. Public Survey Work Regulations [cited 2020 December 23], Available From: <https://www.law.go.kr/> (accessed Dec. 23, 2020)

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)

[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