

3D 레이저스캐너를 활용한 유류 저장탱크의 검사

박준규¹, 이근왕^{2*}

¹서일대학교 토목공학과, ²청운대학교 멀티미디어학과

Oil Storage Tank Inspection using 3D Laser Scanner

Joon-Kyu Park¹, Keun-Wang Lee^{2*}

¹Department of Civil Engineering, Seoil University

²Department of the Multimedia Science, Chungwoon University

요 약 유류 저장탱크는 화학 산업단지의 주요한 구조물로서, 자연재해나 관리 부실로 인한 구조물의 손상은 화학물질의 유출, 화재, 폭발 등의 추가적인 피해를 야기하기 때문에 변형에 대한 파악이 필수적이다. 본 연구에서는 3D 레이저스캐너를 이용하여 유류 저장탱크에 대한 데이터를 취득하고, 설계 데이터와 비교하여 저장탱크 관리를 위한 다양한 분석을 수행하였다. 3D 레이저스캐너로 취득된 데이터와 설계 도면을 이용하여 유류 저장탱크의 모델링을 수행하고, 중첩하여 유류 저장탱크의 검사를 효과적으로 수행할 수 있었다. 또한 시설물 변형에 대한 가시적인 데이터 생성을 위해 변형에 대한 단면도 및 전개도를 생성하였으며, 정량적인 분석을 통해 유류 저장탱크가 최대 -7.16mm의 변형이 발생하였음을 제시하였다. 변형이 크게 일어난 부분에 대한 정밀 검측대상 도면을 생성하여 추가적인 업무에 활용할 수 있는 데이터를 생성하였으며, 향후 3D 레이저스캐너를 이용한 유류 저장탱크의 검사는 유류 저장탱크 변형에 대한 정량적이며, 가시적인 자료를 제공함으로써 시설물 관리의 효율성을 크게 향상시킬 것이다.

Abstract Oil storage tanks are a major structure in chemical industrial complexes. Damage to the structure due to natural disasters or poor management can cause additional damage, such as leakage of chemicals, fire, and explosion, so it is essential to understand the deformation. In this study, data on oil storage tanks were acquired using a 3D laser scanner, and various analyzes were performed for storage tank management by comparing them with design data. Modeling of the oil storage tank was performed using the data and design drawings acquired by a 3D laser scanner. An inspection of the oil storage tank was effectively performed by overlapping. In addition, cross-sectional and exploded views of the deformation were produced to generate visible data on the deformation of the facility, and it was suggested that the oil storage tank had a maximum deformation of -7.16mm through quantitative analysis. Data that can be used for additional work was obtained by producing drawings to be precisely inspected for areas with large deformation. In the future, an inspection of oil storage tanks using 3D laser scanners is quantitative and visible data on oil storage tank deformation. This will greatly improve the efficiency of facility management by rebuilding it.

Keywords : 3D Laser Scanner, Inspection, Modeling, Pointcloud, Storage Tank

본 논문은 2020년도 서일대학교 학술연구비에 의해 연구되었음

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

email: kwlee@chungwoon.ac.kr

Received October 21, 2020

Revised October 28, 2020

Accepted December 4, 2020

Published December 31, 2020

1. 서론

플랜트 관련 산업에서 물이나 기름과 같은 유체는 다양한 형상 및 크기의 저장 탱크에 저장된다[1,2]. 유류 저장탱크는 화학 산업단지의 주요 구조물로 자연재해나 관리 소홀로 인한 손상은 유류의 유출, 화재 등 추가적인 피해를 일으킬 수 있다. 따라서 액체저장탱크의 취약성을 사전에 효율적으로 파악하는 것이 필요하다[3,4]. 저장탱크의 손상은 거시적으로 파손이나 균열 등을 유발하고, 저장물의 누출로 인해 추가적 피해가 일어날 수 있다 [5,6]. 3D 레이저스캐너는 최근 대상물의 형상정보를 신속하게 취득할 수 있는 방법으로 관심이 증대되고 있으며, 이를 통해 취득되는 3차원 공간정보는 크기, 체적 등에 대한 정량적인 분석과 역설계를 위한 데이터로도 이용되고 있다[7-9]. 본 연구에서는 3D 레이저스캐너를 통해 유류 저장탱크에 대한 데이터를 취득하고, 설계 데이터와 비교하여 저장탱크 관리를 위한 다양한 분석을 수행하고자 하였다. Fig. 1은 연구흐름도를 나타낸다.

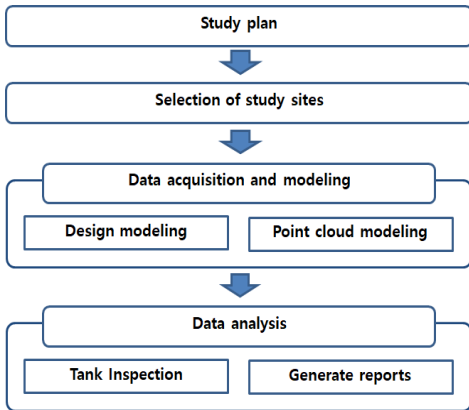


Fig. 1. Study flow

2. 데이터 취득

본 연구에서는 3D 레이저스캐너를 이용한 유류 저장탱크의 검사를 위해 경기도에 위치한 정유공장의 유류저장탱크를 연구대상지로 선정하였다. Fig. 2는 유류저장탱크를 나타낸다.



Fig. 2. Oil Storage tank

데이터 취득에 사용된 3D 레이저스캐너는 정밀한 데이터 취득을 위해 초당 100만 포인트의 속도로 스캔이 가능한 광대역 3D 레이저스캐너를 사용하였다. Fig. 3은 3D 레이저스캐너이며, Table 1은 사양을 나타낸다[10].



Fig. 3. 3D laser scanner

Table 1. Specification of 3D laser scanner

Item	Specification
Maximum range	120m
Minimum range	0.6m
Measurement rate	1MHz
Range systematic error	<2 mm

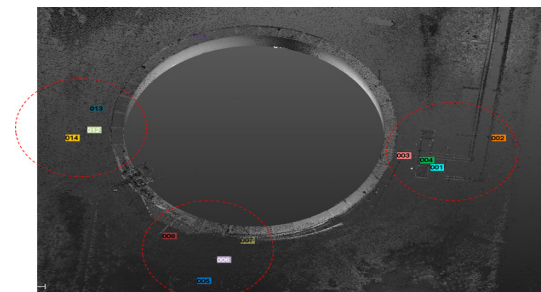
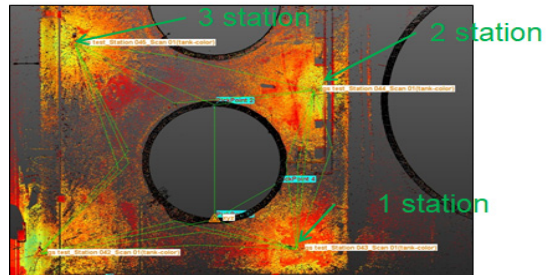


Fig. 4. Scan location and sphere target

실험을 위해 유류 저장탱크 1기를 대상으로 총 4회에 걸쳐 데이터를 취득하였다. 데이터 취득에는 총 30분이 소요되었으며, 각 위치에서 취득된 데이터의 registration을 위해 볼타겟을 설치하였다. Fig. 4는 스캔 위치 및 볼타겟을 나타낸다.

3. 모델링

유류 저장탱크의 검사를 위해 설계 도면을 이용하여 설계 모델링을 수행하였다. 설계 도면은 2D 자료였으나 Realworks 소프트웨어를 이용하여 모델링 데이터를 생성하였다. Fig. 5와 Fig. 6은 각각 유류탱크 도면과 설계 모델링 결과를 나타낸다.

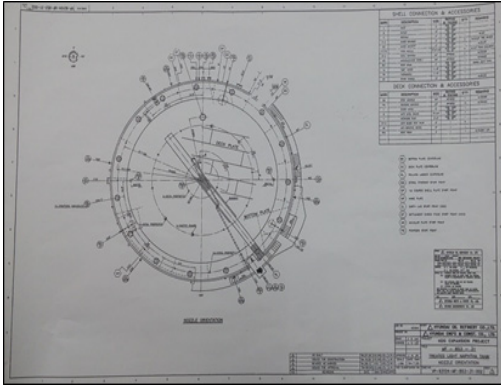


Fig. 5. Oil tank drawing

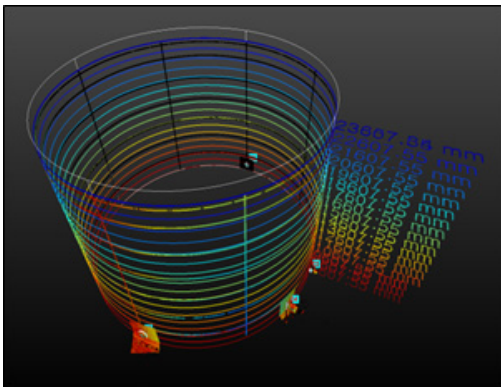


Fig. 6. Design modeling results

3D 레이저스캐너를 통해 취득된 데이터는 registration을 거쳐 모델링을 수행하였으며, 설계 모델링 결과와 중

첩 분석을 위해 설계도면의 좌표를 이용하여 두 가지 모델링 데이터를 동일한 공간에 배치하였다. Fig. 7은 데이터 중첩을 위해 사용한 기준점의 위치를 나타낸다.

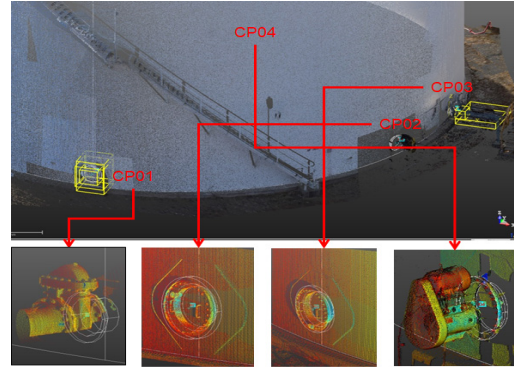


Fig. 7. Check points

유류 저장탱크의 모델링을 위해 포인트클라우드 중 탱크 표면에 해당하는 데이터만을 추출하였으며, 일정한 간격으로 샘플링을 통해 모델링 데이터를 생성하였다. Fig. 8은 샘플링한 포인트클라우드이며, Fig. 9는 유류탱크 모델링과 설계 모델링 결과를 중첩한 것이다.

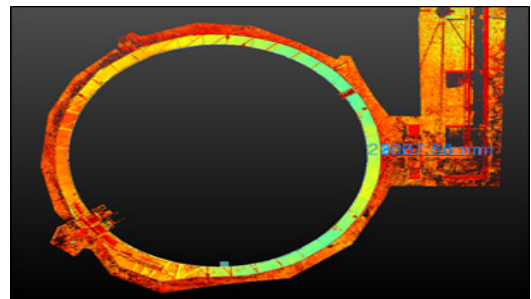


Fig. 8. Sampled Pointcloud

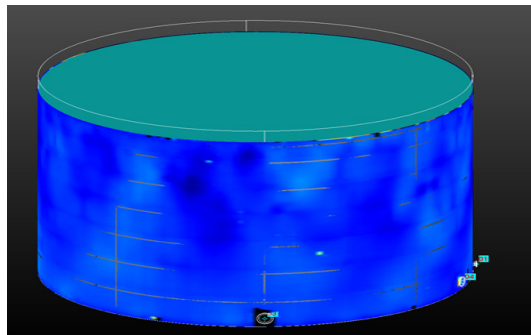


Fig. 9. Overlapping of oil tank modeling and design modeling results

3. 유류 저장탱크 검사

유류 저장탱크에 대한 분석을 위해 설계 모델링 데이터와 비교하여 저장탱크 표면에 대한 분석을 수행하였다. Fig. 10은 표면변형 분석 결과를 나타낸다.

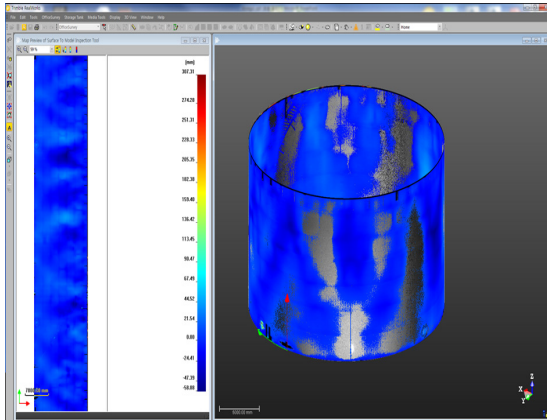


Fig. 10. Surface deformation analysis result

그림 10에서 보는 것과 같이 저장탱크 표면을 설계 모델링과 비교하여 변형을 파악할 수 있었다. 탱크 표면 전체에 대한 시각적인 분석결과와 함께 특정 단면에 대한 변위를 파악하고 이에 대한 그래프를 생성할 수 있었다. Fig. 11은 단면변형 분석 결과를 나타낸다.

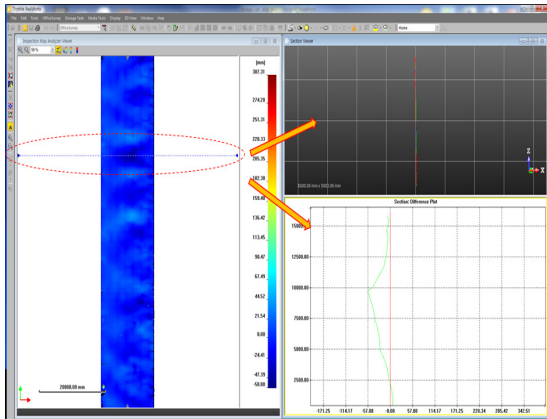


Fig. 11. Sectional deformation analysis result

유류 저장탱크에 대한 분석을 위해 설계 모델링 데이터와 비교하여 저장탱크 표면에 대한 분석을 수행하였다. Fig. 10은 표면변형 분석 결과를 나타낸다.

표면분석 결과를 바탕으로 이상이 발생한 표면을 판단하고, 정밀 검측대상에 대한 현황 도면을 작성하였다. Fig. 12는 정밀 검측대상 도면과 해당 부분에 대한 면적을 나타낸다.

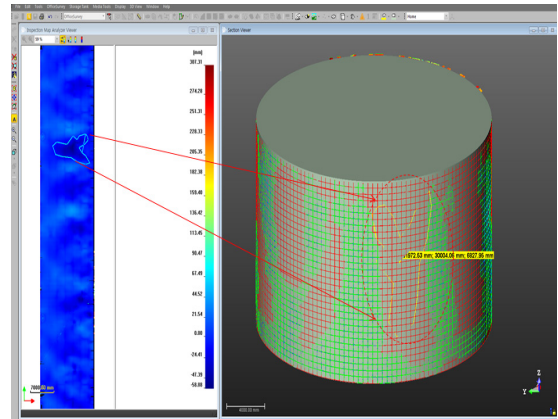


Fig. 12. Drawings for precision inspection

또한 유류 저장탱크의 용량 및 관리 정보를 파악하기 위해 탱크의 체적과 표면적을 산출하였다. Fig. 13은 탱크의 체적과 표면적을 나타낸다.

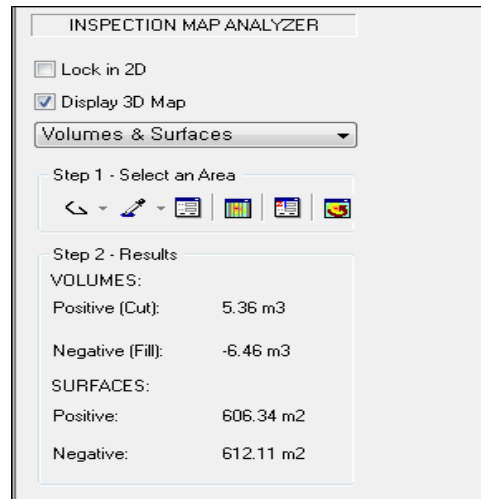


Fig. 13. Tank volume and surface area

유류 저장탱크 형상에 대한 가시적인 데이터 구축을 위해 변위분석 결과를 이용하여 등고선을 생성하였다. Fig. 14는 저장탱크 변형에 대한 등고선을 나타낸다.

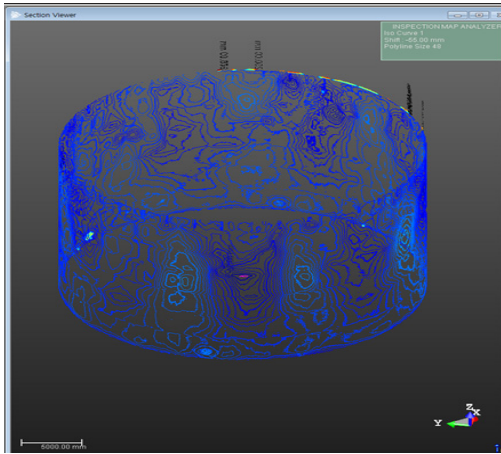


Fig. 14. Contour lines for storage tank deformation

유류 저장탱크의 설계 대비 변형량을 파악하는 것은 시설물 관리를 위한 기초자료로 활용이 가능하다. 또한 유류 저장탱크에 대한 변형의 파악을 용이하게 하기 위해 변형에 대한 2차원적인 전개도를 생성하였다. Fig. 15는 변형에 대한 2차원 전개도이며, Fig. 16은 변형에 대한 분석결과 보고서를 나타낸다.

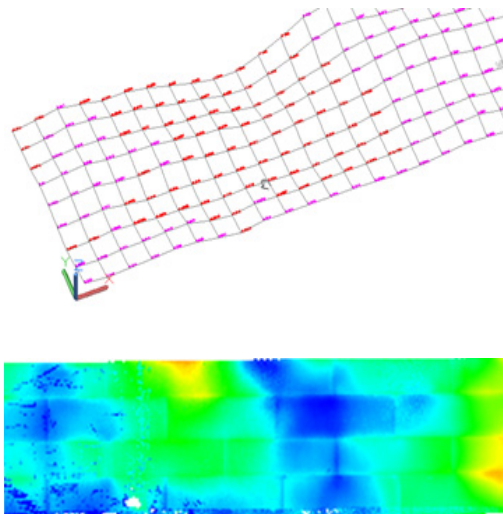


Fig. 15. 2D drawing of deformation

분석결과 유류 저장탱크의 설계 대비 최대 변형은 -7.16mm로 나타났다. 향후 3D 레이저스캐너를 이용한 유류 저장탱크의 검사는 유류 저장탱크 변형에 대한 정량적이며, 가시적인 자료를 제공함으로써 시설물 관리의 효율성을 크게 향상시킬 것이다.

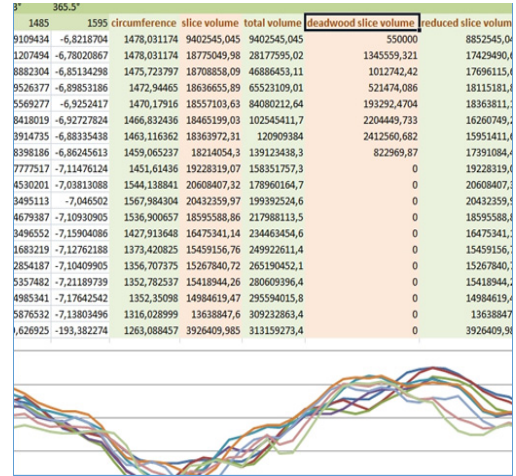


Fig. 16. Analysis result report for deformation

4. 결론

본 연구는 3D 레이저스캐너를 이용하여 유류 저장탱크에 대한 데이터를 취득하고, 설계 데이터와 비교하여 저장탱크 관리를 위한 다양한 분석을 수행한 것으로 연구를 통해 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 3D 레이저스캐너로 취득된 데이터와 설계 도면을 이용하여 유류 저장탱크의 모델링을 수행하고, 중첩하여 유류 저장탱크의 검사를 효과적으로 수행할 수 있었다.
2. 유류 저장탱크의 변형에 대해 단면도 및 전개도를 생성하여 가시적인 변형 분석이 가능하였으며, 정량적인 분석을 통해 유류 저장탱크가 최대 -7.16mm의 변형이 발생하였음을 제시하였다.
3. 변형이 크게 일어난 부분에 대한 정밀 검측대상 도면을 생성하여 추가적인 업무에 활용할 수 있는 데이터를 생성하였으며, 향후 3D 레이저스캐너를 이용한 유류 저장탱크의 검사는 유류 저장탱크 변형에 대한 정량적이며, 가시적인 자료를 제공함으로써 시설물 관리의 효율성을 크게 향상시킬 것이다.

References

[1] H. J. Lee, S. M. Jung, S. M. Kang, S. B. Chae, S. G. Kang, J. W. Ko, "Efficiency Analysis of Storage Tank

Prevention Measures by Bow-Tie”, *Journal of the Korean Institute of Gas*, Vol.24, No.4, 2020, pp. 73-83.
DOI: <https://doi.org/10.7842/kigas.2020.24.4.73>

- [2] J. H. Lee, S. H. Lee, “Characteristics of Earthquake Responses of a Rectangular Liquid Storage Tanks Subjected to Bi-directional Horizontal Ground Motions”, *The Journal of the Computational Structural Engineering Institute of Korea*, Vol.33, No.1, 2020, pp. 45-53.
DOI: <https://doi.org/10.7734/COSEIK.2020.33.1.45>
- [3] G. H. Lee, E. Kim, “Impact Tests and Numerical Simulations of Sandwich Concrete Panels for Modular Outer Shell of LNG Tank”, *The Journal of the Computational Structural Engineering Institute of Korea*, Vol.32, No.5, 2019, pp. 333-340.
DOI: <https://doi.org/10.7734/COSEIK.2019.32.5.333>
- [4] J. K. Park, D. Y. Um, “Accuracy Evaluation by Point Cloud Data Registration Method”, *Korean Society Of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography*, Vol.38, No.1, 2020, pp. 35-41.
DOI: <https://doi.org/10.7848/ksgpc.2020.38.1.35>
- [5] D. H. Lee, J. W. Park, “System Improvement for Application and Diffusion of Earthwork Surveying Automation Technology”, *The Journal of the Korea Contents Association*, Vol.18, No.6, 2020, pp. 303-313.
DOI: <https://doi.org/10.5392/JKCA.2018.18.06.303>
- [6] S. H. Ju, S. H. Yun, S. Y. Park, J. Heo, “Simulation based Target Geometry Determination Method for Extrinsic Calibration of Multiple 2D Laser Scanning System”, *Korean Society Of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography*, Vol.38, No.1, 2020, pp. 35-41.
DOI: <https://doi.org/10.7848/ksgpc.2018.36.6.443>
- [7] D. H. Kim, J. S. Kim, K. H. Kim, “Region Selective Transmission Method of MMT based 3D Point Cloud Content”, *Journal of broadcast engineering*, Vol.25, No.1, 2020, pp. 25-35.
DOI: <https://doi.org/10.5909/JBE.2020.25.1.25>
- [8] J. B. Lee, J. H. Jung, H. J. Kim, “Segmentation of Seabed Points from Airborne Bathymetric LiDAR Point Clouds Using Cloth Simulation Filtering Algorithm”, *Korean Society Of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography*, Vol.38, No.1, 2020, pp. 1-9.
DOI: <https://doi.org/10.7848/ksgpc.2020.38.1.1>
- [9] H. Y. Kim, J. H. Kim, J. W. Seo, H. Shim, “The Improvement of Point Cloud Data Processing Program For Efficient Earthwork BIM Design”, *Korean journal of construction engineering and managemen*, Vol.21, No.5, 2020, pp. 55-63.
DOI: <http://dx.doi.org/10.6106/KJCEM.2020.21.5.055>
- [10] Trimble Inc., SiteVision, [Internet]. Trimble Inc. Available From: <https://sitevision.trimble.com/> (accessed April. 10, 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