

## 지상 레이저스캐너를 이용한 고건축물의 3차원 모델링

### 3 Dimensional Modelling of a Old Architecture Using a Terrestrial Laser Scanner

이진덕\*, 도철호\*, 한승희\*\*  
 금오공과대학교 토목환경공학부\*,  
 공주대학교 건설환경공학부\*\*

Lee Jin-duk\*, Do Chul-ho\*, Han Seung-hee\*\*  
 Kumoh National Institute of Tech. \*, Kongju Univ. \*\*

#### 요약

레이저는 단시간에 높은 정밀도로 다량의 측정을 행할 수 있는 장점을 지니며, 이의 구체적인 실현이 지상 LiDAR라고도 불리는 지상레이저 스캐너이다. 본 논문에서는 Z-F 레이저시스템을 사용하여 대상물의 3차원 레이저 측정, Point 데이터의 생성, Registration & Merging, Polygon 데이터의 생성, Surface 데이터 생성의 과정을 거쳐 수행된 고건축물의 3차원 모델링 결과에 대하여 기술한다. 문화재의 보존 및 복원을 위한 자료 기록 및 측정에 있어서 지상 레이저스캐너를 사용한 고건축물의 데이터베이스 구축기술은 문화유산의 복원 및 관련분야에 커다란 영향력으로 자리매김할 수 있을 것으로 사료된다.

#### Abstract

Surveyors has desired eagerly surveying technology and equipments which are able to acquire a lot of data easily, quickly and precisely. Laser has the merits that is able to obtain a large number of measurements with high precision in a short time and one of concrete realizations is a terrestrial laser scanner called Terrestrial LiDAR. This paper describes 3D modelling of a old architecture which was conducted using a Z-F laser system and the result of positioning analysis. Use of terrestrial laser scanner is much more efficient than existing photogrammetry in measuring and database constructing for preservation and restoration of cultural assets as well as for deformation monitoring and safety diagnosis of structures.

## I. 서론

역공학은 형상을 재현하는 기술로서, 실물을 측정하고, 측정 데이터를 구조화된 점집합(Point-Cloud)으로 변환하고, 점집합으로부터 3D CAD 모델이나 TEXTURE을 가지는 3차원 형상을 구성하는 단계로 이루어진다. 역공학은 실물로부터 신속하고 정확하게 3차원 모델을 제작하고자 하는 자동차, 항공, 가전 등 제조업 분야뿐 아니라, 현실감 있는 3차원 모델을 얻고자 하는 광고, 영화 등 문화산업에 이르기까지 산업 전반에서 수요가 급증하고 있다. 효과적인 역공학을 위해서 대상 물체의 기하학적 공간정보를 추출, 구현할 수 있는 3차원 형상 측정 기술이 요구된다. 이를 위해 현재 다양한 접촉식, 비접촉식 측정기술이 개발되어 실용화 되고 있다.

현장기술자들은 쉽고 빠르게 고정밀도의 많은 데이터를 얻을 수 있는 측정기술과 장비를 갈구해 왔으며, 최근에 대두한 것이 레이저 기술이다. 레이저는 신속하게 고정밀도로 대상물 표면의 많은 수의 측정점(point-cloud)의 데이터를 짧은 시간에 얻을 수 있는 장점을 가지고 있다. 이것의 구체적인 실현이 '지상 레이저 스캐너 (TLS :Terrestrial Laser Scanner, 이하, 지상 라이더)' 이다. 국내에서는 지하 동굴 용적측량, 터널단면

스캐닝, 옹벽 스캐닝, 강교설계 및 사면안정설계, 사면 3차원 지표조사 등의 토목/건설, 문화재 보존 및 복원 그리고 건축물 모델링 등에 지상 라이더가 활용되고 있다. 그리고 지상 라이더와 디지털 지상사진측량을 결합하여 건축물의 모델링에 대해 연구논문을 발표하였다(사석재 등, 2004). 또한 현재 2007년까지 진행되는 국가문화유산 종합정보시스템 구축사업(문화관광부)은 12개의 국립박물관과 25개의 공사립박물관의 주요 유물 2000 여 점에 대하여 3차원 디지털 데이터를 완성하였다.

국외에서는 미국 IOWA주 교통국의 운송응용분야, 구조물의 변형모니터링, 오래된 인프라의 보존 상태를 기록하고 모델링하는 등 문화재 보존 및 복원에 사용되고 있으며, 또 산사태 및 빙하 모니터링, 철로트랙 주위 시설물 확장감시, 수력발전소의 파워플랜트 구조물 측정 등 다양한 분야에서 널리 활용되고 있다.

본 연구에서는 금오정이란 정자건물을 고건축물이라 가정하여 지상라이더(z-f 레이저 장비)에 의해 취득한 데이터를 일련의 처리과정을 통하여 3D 모델링을 행하였다.

## II. 지상 레이저스캐너를 이용한 대상물 실측 및 모델링

### 1. 지상 LiDAR 측량데이터 취득

사용한 지상라이다 측량장비는 Z-F 3D Laser scanner이다.



▶▶ 그림 1. Z-F 3D Laser Scanner

[표 1] Z-F 3D Laser Scanner 성능

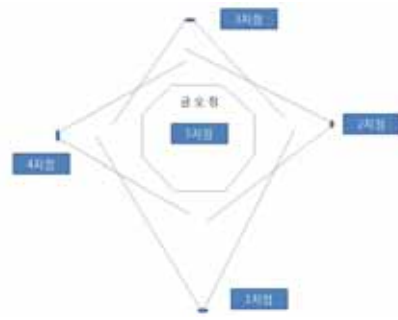
최대 거리	79m
최소 거리	1.0m
해 상 도	0.1mm
데이터 취득속도	< 500000pxl/s
정확도	<1mm
수직 회전	310도
수평 회전	360도

Z-F 3D Laser Scanner는 1초에 최대 500,000개의 점을 관측할 수 있으며 최대거리 79m까지 0.1mm이내의 정확도로 관측할 수 있다. Laser Scanner는 상대좌표를 관측하고 기록하며 이 데이터를 수신장치를 통하여 노트북으로 전달한다. 대상물인 직경 약 5m, 높이 약 7m의 금오정(금오공대 구캠퍼스 소재)을 고건축물이라 가정하고 그림 3과 같이 5개 지점에 장비를 설치하여 순차로 자료를 취득하였다.

표 2는 토털스테이션에 의해 관측한 임의기준계에 의한 8점의 기준점좌표를 나타낸다.



▶▶ 그림 2. 자료 획득 전경



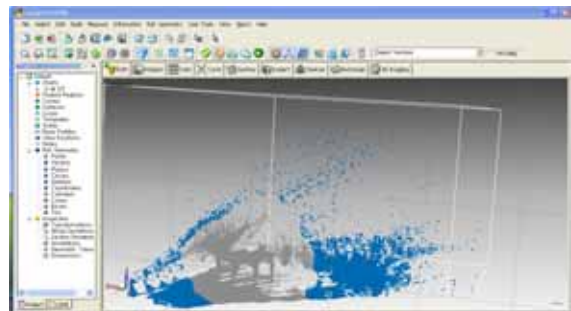
▶▶ 그림 3. 레이저스캐너의 관측지점 배치

[표 2] 기준점 측량 좌표

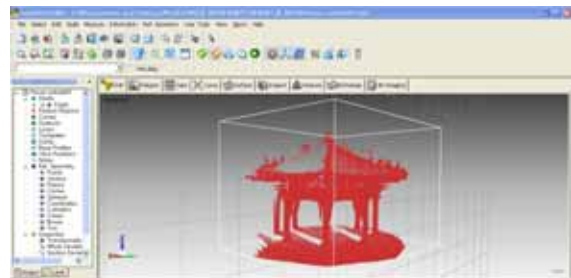
No.	X (m)	Y (m)	Z (m)
101	5000	5003.509	100.268
102	4997.485	5002.52	99.634
103	4996.356	5000.056	99.998
104	4997.309	4997.516	100.219
105	4999.767	4996.412	99.717
106	5002.331	4997.35	99.006
107	5003.436	4999.792	99.662
108	5002.525	5002.34	98.803

### 2. POINT 처리

3차원 측정에 의해 수집된 Point 데이터는 측정대상물 외에 불필요한 부분의 데이터와 환경의 영향으로 발생한 noisy data가 포함되어 있으며, 이러한 데이터를 삭제하는 filtering 과정을 거쳐 데이터 무게를 최소화시킨다. 한 지점에서만 원본 점군데이터는 837,979개이다.



▶▶ 그림 4. 수목데이터 제거 전 원본데이터



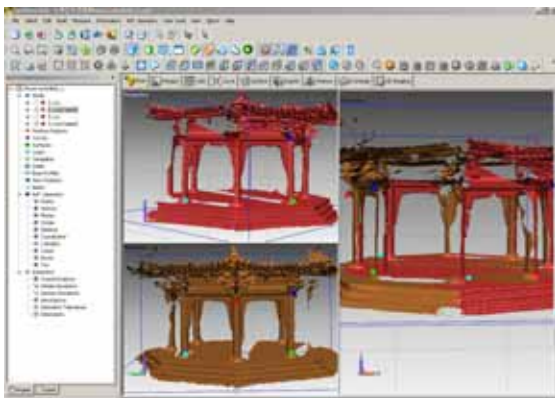
▶▶ 그림 5. 수목데이터 제거 후

스캐닝 데이터를 실행시키면 아무것도 처리하지 않은 Point Cloud 상태가 된다. 3D모델링을 하기 위해서는 우선 데이터의 noise(불량점)를 제거하는 작업이 이루어져야 한다. 그림 4의 파란 점들이 불량포인트로서 정면도, 측면도를 보면서 삭제해 주어야 한다. 그림 5를 보면, 한쪽 지점에서 스캐닝한 것이기 때문에 레이저가 반사된 곳은 비교적 선명하게, 반대편은 흐릿하게 나왔다. noise 처리를 해도 용량이 큰 데이터는 filter redundancy 처리를 해주어야 나중에 병합할 때 큰 무리가 없다.

소프트웨어가 자동으로 최적의 거리 간격 0.0074mm를 찾아 점을 삭제 처리하여 데이터의 용량을 1/3 정도로 줄여준다. 실제 처리과정에서 천정과 바닥부분 그리고 기둥부분의 point 수는 각각 200만점이 넘었으며 filter redundancy vertices를 2~3번 정도 처리하여 데이터의 용량을 50만점이하로 줄여주었다. 나머지 지점에서 스캐닝한 레이저 데이터들도 위와 같은 작업을 반복함으로써 noise 처리는 마무리된다.

### 3. POLYGON 처리 & SURFACE 처리

polygon이란 3차원 컴퓨터그래픽에서 입체형상을 표현할 때 사용하는 가장 작은 단위인 다각형을 가리킨다. 3차원 공간에서 시작점과 끝점이 선으로 연결된 폴리라인으로 곡선 위에 있는 몇 개의 점을 직선으로 이어서 곡선을 표현하는 방법이다. 점군 데이터에서 각각의 점들을 이어주는 polygon data processing을 거쳐야만 비로소 3차원 입체형상이 완성된다. point data는 원형과 동일한 형태로 축척된 점들의 집합체일 뿐, 면을 형성하지 못한 상태로서, 이러한 무수한 점들을 근접한 3개의 점이 각각 꼭지점을 갖는 삼각면인 polygon data로 변환시킨다



▶▶ 그림 6. 두 Shell의 병합

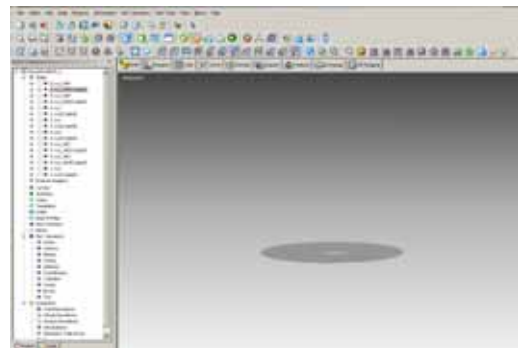
surface란 polygon data를 서로 연결하여 1개의 면으로 변환하는 과정이다. 기계분야나 애니메이션분야에서는 polygon과 surface를 각각 처리하지만 측량분야에서는 하나의 과정으

로 처리한다. 우선 noise 처리된 데이터는 아직 점으로 표현되어 있으므로 Triangulate 메뉴를 실행시켜 면처리 과정을 거쳐야 한다. 모든 데이터를 면처리한 후 각각의 shell들을 병합하여야 한다

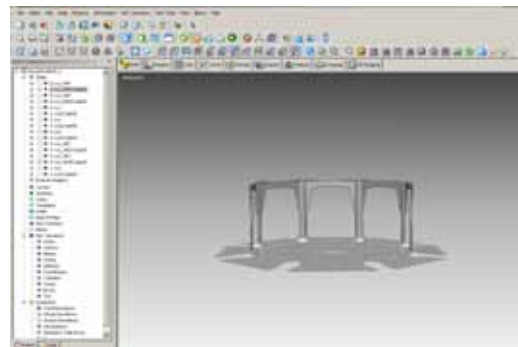
폴리곤 처리된 두 shell이 떨어져 있는 경우 병합처리는 같은 지점이라고 생각되는 지점을 3개 이상 지정해 준 후 Register 명령을 하면 합쳐진다.

### 4. MERGE

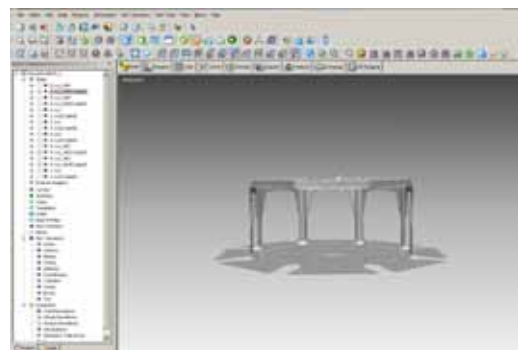
이제 전체적인 병합만 하면 되는데 Merge 명령을 이용하여 순차적으로 각 부분을 붙인다.



(a) 바닥

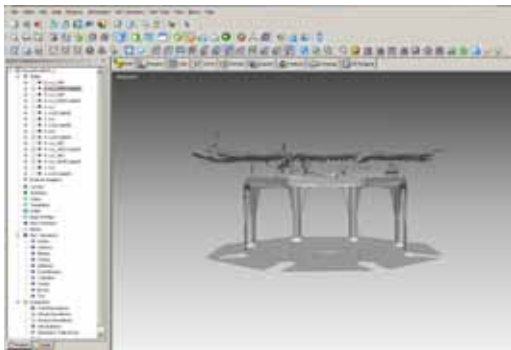


(b) 기둥

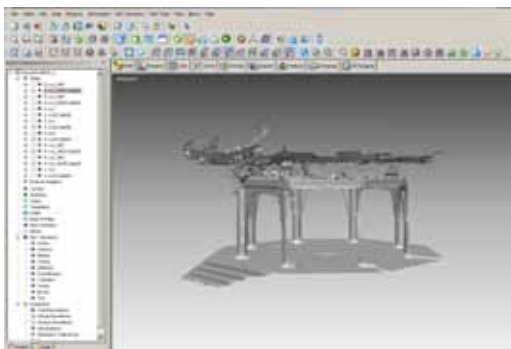


(c) 천정

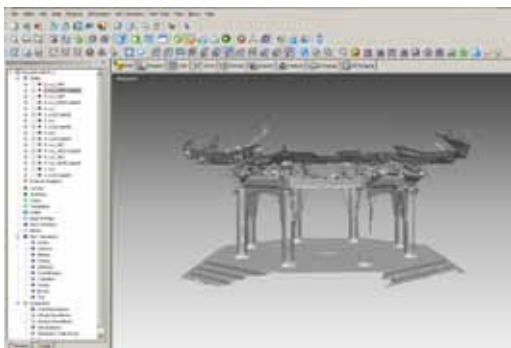




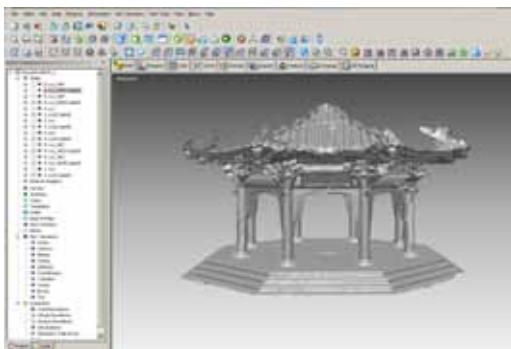
(d) 외곽 후면



(e) 외곽 왼쪽



(f) 외곽 오른쪽

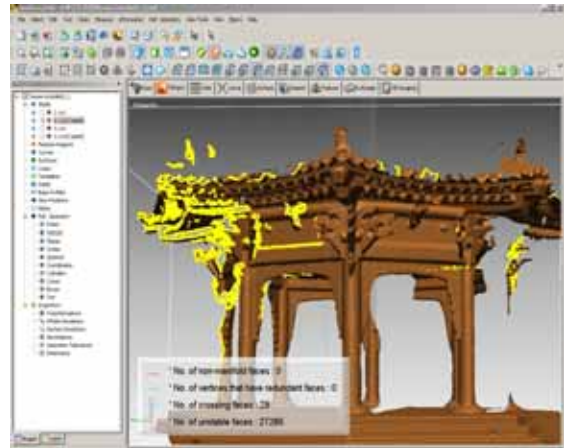


(g) 외곽 전면

▶▶ 그림 7. 병합처리 과정

완성된 shell에 오류가 있는지 검사를 해야 하는데 컴퓨터 상에서 일련의 과정을 거쳐 오류지점을 찾아준다. 오류지점은 노란색으로 표시되며 수정을 해 주어야 한다.

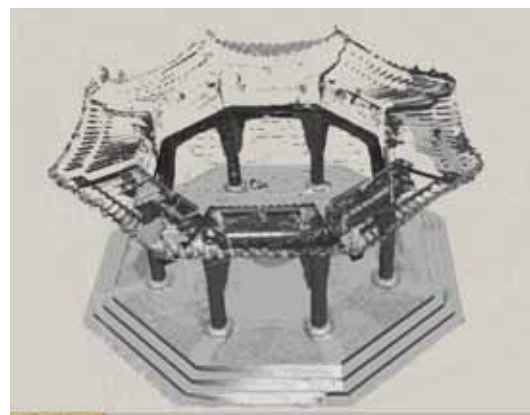
수정은 크게 두가지, 즉. Polygon 처리된 shell의 거친 부분을 부드럽게 해주는 Smooth 처리와 비어있는 공간을 메우는 Fill Holes 처리로 구성된다.



▶▶ 그림 8. Shell 오류 수정

### 5. 3D 모델링

모든 오류검사가 끝나면 3D 모델이 생성된다. surface data 로의 변형이 완료되면 이 데이터는 2D 및 3D의 CAD File로 적용이 용이하여, 고건축물의 형상정보 기록보존을 위한 기본 자료로는 물론, 데이터의 응용 및 관리를 통한 학술자료로 활용될 수 있다. 위의 과정을 거쳐 생성된 CAD 데이터로부터 대상물의 직선부위의 진직도, 곡선부위의 곡률 반경, 면적 및 체적의 변화율 등을 계산하면 이미 훼손되어 있는 부분을 복원하는데도 이용될 수 있을 뿐 아니라, 고건축물의 체적, 무게, 기울기는 물론, 안전진단을 위한 구조해석에도 가능한 데이터가 취득될 수 있다.



▶▶ 그림 9. 3D 모델링(A)

### III. 결 론

고건축물의 형상정보 및 기록보존을 위해서는 단순 이미지가 아닌 수치개념의 데이터가 필요하므로 역설계 기술을 적용하여 완벽한 3차원 형상 데이터를 제작하여야 한다. 훼손의 우려가 있는 문화재 등에 대한 접촉식의 3차원 측정은 바람직 않다. 레이저 및 광학에 의한 비접촉식 측정방식은 측정속도가 빠르고, 형상측정 정밀도가 우수하기 때문에 고건축물의 3차원 측정에 적용할 수 있는 최적의 방법으로 활용될 수 있다.



▶▶ 그림 10. 3D 모델링(B)

레이저 스캐닝에 의해 얻어지는 결과물은 수많은 점으로 이루어진 점군데이터의 조각들로 그 자체로는 최종결과물을 위한 기초데이터에 불과하므로 적절한 소프트웨어를 이용한 후처리 과정을 거쳐야 비로소 완전한 3차원 데이터로 변환된다. 일련의 과정이 자동화되어 있지만 아직도 그래픽 작업 등에 사람의 손이 많이 필요하다. 그러나 eop이터의 질과 측량속도는 시간, 비용, 인력의 소용을 획기적으로 절감하게 되었다.

앞으로 우리나라의 3차원 스캐닝을 이용한 고건축물의 데이터 베이스구축 기술은 문화유산의 복원 및 관련분야에 커다란 영향력으로 자리매김 할 수 있을 것이며, 인터넷 지리정보관련 콘텐츠, 모바일 콘텐츠 등 광범위한 활용이 가능할 것으로 사료된다.

#### ■ 참 고 문 헌 ■

- [1] 안희태, "Point Scanning System을 이용한 문화재 해석", 부산대학교 석사학위논문, 2000.
- [2] 사석재, 이임평, 최윤수, 오의중, "지상라이다와 디지털지상사진 측량을 융합한 건축물의 3차원 정밀모델링", 한국지적학회 논문집 2000.
- [3] 정성현, "근거리사진측량과 레이저스캐너를 이용한 문화재 정밀 측정", 충북대학교 박사학위 논문, 2003.
- [4] <http://www.rapidform.com/index.htm>
- [5] 이병훈, "3D 스캐닝 데이터를 이용한 단면형상 가시화 시스템", 충남대학교 석사학위논문 2004.