

# 레이저 스캐닝 기술과 BIM 기술을 이용한 형상정보 획득기술의 건설산업 적용

Object Recognition and Modeling Technology Using Laser Scanning and BIM for Construction Industry



권 순 옥 / 정회원, 성균관대 건축공학과 조교수  
Kwon, Soon-Wook / Assistant Professor, Sungkyunkwan University  
swkwon@skku.edu

## 서론

모든 건물은 설계 또는 시공하기 전에 건물이 들어설 부지의 형상을 실측한다. 대지에 대한 정확한 정보가 존재하지 않으면 그 위에 들어설 건물을 제대로 설계할 수 없기 때문이다. 기존 건물을 확장 또는 개수할 때에도 기존 도면 외에 건물의 현황을 파악하기 위한 실측도면을 작성하게 된다. 기존 건물의 도면이 관리 부실 등으로 인해 망실되었을 경우, 특히 역사적 가치를 지닌 고건축물의 경우 이러한 개수뿐 아니라 유지 관리를 위해 실측 도면을 작성하는 것이 필수적이다. 얼마 전까지만 해도 이를 위한 실측은 측량과 사진 촬영, 줄자 등을 이용한 실제 측정을 통해 이뤄져 왔다. 이를 위해 다수의 인력이 오랜 시간 현장 작업을 진행하여야 하며 이를 토대로 도면을 작성하는 데에도 역시 시간과 비용이 소요되었다. 고건축물과 같이 역사적 가치를 지닌 건물의 경우 승려문의 경우와 같이 재해로 인해 소실되었을 때 사진과 측량자료만으로 이를 완벽히 복원하는 것은 쉽지 않다.

기술의 발달로 인해 건물 등의 3차원 형태를 컴퓨터를 이용해 디지털모델화 하여 이를 화면상에 정교하게 모사하거나 3차원 공작기기 등을 이용해 이를 실제 축소 모형으로 정교하게 만들어 내는 것이 가능해졌다. 이 글에서는 이러한 기술의 기반이 되는 3차원 형상정보 획득기술인 레이저 스캐닝기술에 대한 개요와 이 기술을 이용한 건축물 또는 시설물 형태 정보의 획득, 그리고 이를 이용한 건축물 및 토목 구조물의 현황 파악과 유지보수, 리버스엔지니어링(reverse engineering),

시공 현장 관리 등 다양한 응용분야에 대해 알아본다. 또한 BIM (Building Information Modeling) 기술과의 결합 등 앞으로의 발전방향에 대해서도 논의해 본다.

## 레이저 스캔의 개요

레이저 스캔 기술은 LIDAR(Light Detection and Ranging, 광검출 및 거리측정), 또는 LADAR(Laser Detection and Ranging, 레이저 검출 및 거리측정)이라고 불리우는 측정 기술을 사용해 측정기에서 대상체에 일정 간격으로 레이저 빔을 주사(走射)하여 대상체에서 반사된 빔의 방향과 측정 거리를 이용해 대상체의 외형을 3차원 좌표의 집합으로 나타내는 방법 및 이를 응용한 기술을 뜻한다. 물체의 3차원 형태를 파악하는 기술은 레이저 스캔 기술 이외에도 스테레오스코프(stereoscope)를 이용하는 방법, 대상체에 센서를 직접 접촉시켜 센서의 위치를 통해 형태를 파악하는 방법, 의료분야에서주로 사용되는 단층촬영 정보를 이용하는 방법 등 다수의 기술이 개발, 연구되고 있다. 레이저 스캔 기술은 이들 기술과 비교해 건물이나 교량, 항만 등대규모 시설물의 형태정보를 얻는데 적합한 장점을 갖고 있기 때문에 건물 및 공사현장의 실측에 다수 적용되고 있다. 그렇지만 레이저 스캔 기술이 건설 분야에만 쓰이는 것은 아니다. 레이저 스캔 기술은 건설은 물론 기계, 항공, 조선 등 제품의 형태에 대한 정밀한 정보가 필요한 공학분야는 물론 의학, 물리학, 범죄수사 등 매우 다양한 분야에 활

용되고 있다. 예를 들어 의료분야의 경우 치과용 보철물, 보청기, 의족이나 의수 등 환자 개개인의 체형에 따라 형태를 달리해야 할 제품의 설계에 이를 활용하고 있다.

### 레이저 스캔의 특징 및 원리

여러 방식이 존재하지만 공통적으로 레이저 스캔은 물체에 레이저를 주사한 후 여기서 반사된 레이저를 수신하여 이를 해석, 처리함으로써 이뤄진다. 레이저 스캐너의 측정결과는 3차원 좌표상에 일정 간격으로 분포된 점들의 집합으로 기록되는 것이 일반적이다. 스캐너에 따라서 측정점에서 반사된 빔의 세기를 함께 기록하거나 스캐너에 내장된 카메라를 이용해 각 측정점에 해당하는 부분의 색상을 같이 기록하기도 한다.

측정점으로부터의 레이저 광선이 도달하지 못하는 지점의 정보는 파악할 수 없다. 예를 들어 측정 대상의 뒷부분은 스캔되지 않는다. 그렇기 때문에 (스테레오스코프 등의 방식도 마찬가지지만) 레이저 스캐너를 이용해 물체의 외곽 정보를 전부 입수하려면 최소한 두 군데 이상의 위치에서 대상체를 스캔하여야 한다. 또한 X선 등을 이용해 물체의 내부 구조를 파악할 수 있는 단층촬영과 달리 레이저 스캐너는 물체의 외곽 형태만을 파악할 수 있다. 그렇지만 레이저 스캐너는 건물이나 선박 등 단층촬영 장치로 촬영할 수 없는 대형 물체의 정보를 획득할 수 있으며 방사선의 위험으로부터도 안전하다.

레이저 스캐너의 작동 방식에는 반사된 레이저의 도달 시간을 측정하는 time of flight (TOF) 방식과

레이저 송신부와 수신부의 거리차를 이용해 삼각측량하는 triangulation 방식 등이 있다. 건설분야에 사용되는 레이저 스캐너는 대부분 time of flight 방식을 사용한다. 이밖에도 물체 표면의 3차원 형상을 얻는 방법으로 대상체에 조명을 비춰서 여기에서 반사되는 광원의 세기를 측정하여 물체의 3차원적 형태를 복원하는 방법 (shape from shades, SFS), 일정규칙의 패턴을 가진 광원을 대상체에 투사하여 패턴이 물체에 투영되는 형태를 이용해 물체의 외곽 형상을 파악하는 구조광 방식 (structured light system, SLS) 등이 있다.

TOF 방식의 레이저 스캐너에서는 측정 장치를 회전축 상에 설치하여 장치를 일정 각도씩 회전시킴으로써 수평 방향의 스캐닝을 가능케 한다. 수직 방향 스캔의 경우는 측정장치 내부의 레이저 반사 거울의 각도를 일정 각도씩 바뀌움으로써 유사한 기능을 수행한다.

아래 표에서는 이들 방식의 간략한 비교를 보여주고 있다. 이 표에 따르면 SFS 방식, 구조광 방식이 실시간 측정에 강점을 가진 반면 측정 거리 면에서 레이저 스캐너와 구조광 방식이 앞서고 있다. 실용 측면에서는 레이저 출력 등의 문제로 TOF 방식의 스캐너가

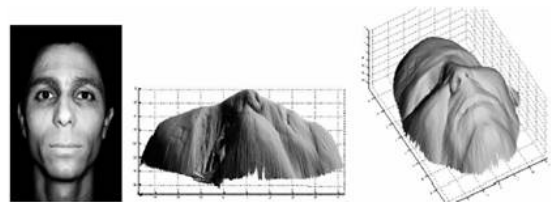


그림 2. SFS 방식을 이용해 2차원사진에서 3차원 안면 형태를 추출한 예. 사진을 구성하는 각 픽셀이 어두울수록 카메라로부터 먼 위치에 있는 것으로 계산한다. (출처: 채명진 외 2007)

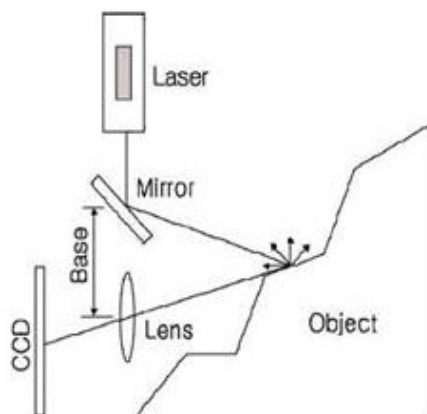


그림 1. 삼각측량법에 의한 레이저 거리 측정 원리. 베이스(base)의 거리와 미러의 각도, CCD 센서의 각도를 알면 레이저가 반사된 지점의 거리를 측정할 수 있다. (출처: 채명진 외 2007)

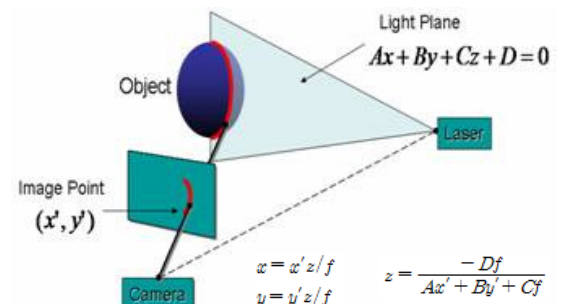


그림 3. 구조광 방식의 측정원리. 광면 (light plane)의 면 방정식 계수 (A, B, C, D)를 미리 알고 있고 카메라의 위치를 파악하고 있으면 카메라에서 물체에 반사된 레이저 구조광을 통과하는 직선과 광면의 교차점을 계산할 수 있다. 그림 아래의 수식에서 f는 카메라의 초점거리를 뜻한다. (출처: 채명진 외 2007)

표 1. 스캔 방식별 비교

|                            | 10m 까지 측정 | 5cm 해상도       | 진동/이동시 동작       | 실시간 측정 |
|----------------------------|-----------|---------------|-----------------|--------|
| 레이저스캐너<br>(시간측량법)          | 불가능       | 가능<br>(6m 이내) | 불가능             | 불가능    |
| 레이저스캐너<br>(Time of Flight) | 가능        | 가능            | 불가능/가능<br>(가기별) | 불가능    |
| 레이저스캐너<br>(Rangefinder)    | 가능/어려움    | 어려움           | 가능              | 가능     |
| 스테레오비전                     | 가능/어려움    | 가능<br>(5m 이내) | 가능              | 가능     |
| 음영으로부터<br>형상화 (SFS)        | 가능        | 가능            | 가능              | 가능     |
| 구조광                        | 어려움       | 가능            | 가능              | 가능     |

건설 현장 사용에 더 유리하다. (SFS방식의 경우 고 출력의 레이저를 필요로 하기 때문에 현장에서의 전원 문제, 작업자 부상 문제에 취약하다)

3차원 레이저 스캐너에는 다양한 종류가 있으나 건설 관련분야에서 사용되는 레이저 스캐너에는 크게 광대역 스캐너와 고정밀 스캐너의 두 가지 종류가 있다. 광대역 스캐너는 대지, 건물 본체 등 대규모 대상을

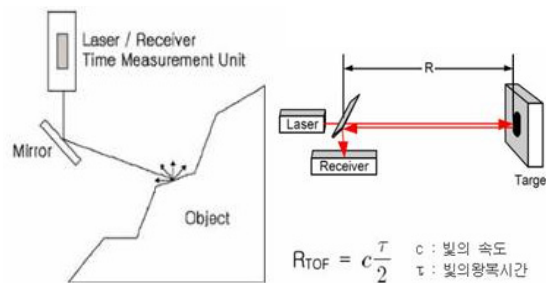


그림 4. TOF 방식 측정 원리(출처: 채명진 외 2007)



그림 5. 광대역 스캐너(Leica HDS 3000)의 현장 설치 예. (출처: 와세다대학교(嘉納) 연구소)

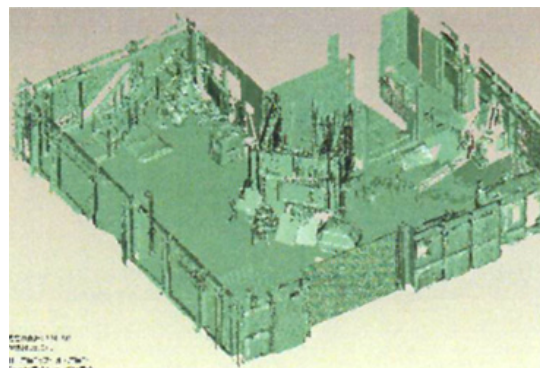


그림 6. 그림 1의 광대역 스캐너로 스캔한 실내 공사 현장. 점 데이터를 면 데이터로 변환하였음

표 2. 광대역 스캐너와 고정밀 스캐너의 스펙 비교 (출처:와세다대학, 성균관대 건설관리 연구실)

|      | 광대역스캐너 (HDS 3000)                       | 고정밀스캐너 (Shape Grabber) |
|------|-----------------------------------------|------------------------|
| 크기   | 265 x 370 x 510 mm                      | 75 x 295 x 141 mm      |
| 무게   | 16 kg                                   | 1.14 kg                |
| 계측거리 | 최대 300m (90% 반사율시)                      | 최대 1.15m               |
| 정밀도  | 6mm @ 50m<br>1.5mm @ 25m<br>0.9mm @ 15m | 0.25mm @ 1.15m         |
| 스캔속도 | 최대 4,000 점/초                            | 15,000 점/초 이상          |

스캔할 때 사용된다. 수백 미터 이상의 거리까지 측정할 수 있으나 상대적으로 정밀도가 떨어지며 스캔에 상대적으로 오랜 시간이 소요된다. 건설분야에 사용되는 광대역(wide range) 레이저 스캐너는 일반적으로 최대 수백 미터의 측정 거리와 최대측정거리에서 2-3 센티미터의 오차를 갖고 있다 (측정 대상과의 거리가 가까울수록 오차는 수 밀리미터 이내로 줄어든다).

반면 고정밀 스캐너는 측정 거리와 측정 각도 면에서 광대역 스캐너에 미치지 못하나 0.1 밀리미터 대의 정교한 측정이 가능하다. 주로 건물 내부의 설비나 구조체의 시공 오차를 측정하거나 결함을 탐지하는데 사용된다. 아래 표는 이들 두 가지 스캐너의 차이와장단점을 정리하여 보여주고 있다.



그림 7. 고정밀 스캐너(Shape Grabber)의 현장 설치 모습 (출처: 와세다대학교(嘉納) 연구소)

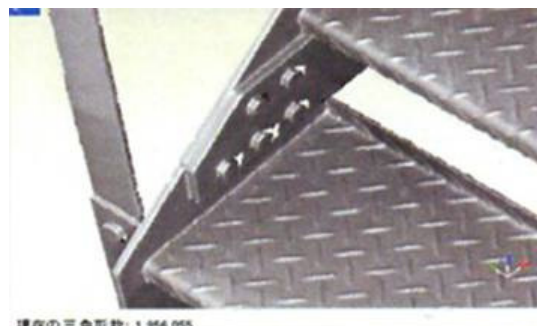


그림 8. 고정밀 스캐너의 스캔 결과물 (점 데이터를 면 데이터로 변환한 것)



### 타 3차원스캔 기술과의 비교

레이저와 유사한 기술로 스테레오 비전 (stereo vision)이 있다. 스테레오 비전은 삼각측량의 원리를 광학에 응용한 것으로 일정한 거리를 두고 떨어져 있는 두 개의광학 카메라가 동시에 같은 방향에 있는 측정 대상을 촬영하여 얻은 두 사진에서 대상체의 위상차를 이용하여 상대적인 거리를 추출한다. 레이저 스캔에 비해 구조가 간단하고 작업시간이 매우 짧으며 고가의 장비가 필요하지 않지만 스캔 각도에 제약이 있으며 정밀도, 특히 원거리 정밀도가 레이저 스캔에 뒤진다.

### 적용분야

앞서 이야기 되었던듯 레이저 스캔 기술은 물체의 3차원적 형태에 대한정보가 필요한 다양한 분야에서 활용되고 있다. 건설 관련 분야의 경우 주로 이미 시공된 건물의 현재의 형태를 정밀하게 기록하는데 이 기술이 쓰인다. 이외에도 다음과 같은 활용 분야가 실무에서 사용되거나 연구되고 있다.

- 현장의 자재 재고 현황 파악
- 건물의 유지 관리 (변형, 균열 등의 가시적 하자 탐지)
- 도면이 손실된 건물의 역설계
- 시공 과정에서의 품질 관리 (예: 시공 오차 측정)
- 시공 현황 파악 및 진도 관리 (일정 간격으로 동일 현장을 스캔하여 작업 진도를 파악함)

건설시공 이외의 다른 건설 및 도시 관련 분야에서는 항공기에 장착된 레이저 스캐너를 이용해 지도 제



그림 9. 포인트그레이 리서치 (Point Grey Research, Inc.)의 스테레오 비전 카메라인 범블비2 (Bumblebee 2) (출처: 포인트그레이 리서치 웹사이트)

표 3. 레이저 스캔 기술과 스테레오 비전 기술의 비교 (출처: 권혁도 외 2007)

|       | 레이저스캐너                                                                                | 스테레오비전                                                                                                                      |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 방식    | 측정 대상에 레이저를 발사하여 반사되어 되돌아오는데 걸리는 시간을 측정하여 거리 산출 (time of flight)                      | 광학 센서로부터 획득한 2차원 뷰 (view)를 이용하여 대상물체의 3차원 이미지를 추정하는 기술.                                                                     |
| 적용 분야 | 건설측량의 지형도 작성<br>지형 시각화<br>3차원 모델링                                                     | 현장 위치 추적<br>이동체 추출 및 거리 측정<br>이동물체 속도 측정                                                                                    |
| 특징    | 광범위한 지역을 모델링할 경우 스캔 장소를 여러 번 촬영한 후 조합하여 전체 지형 데이터를 얻는 방식. 이때 영상 사이 겹치는 부분의 왜곡현상 제거 중요 | 일치성의 문제로 불리는 두 대의 카메라로 촬영시 일치하는 포인트를 찾는 매칭방법에 대한 고려가 중요                                                                     |
| 장점    | 측정시 타 센서 알고리즘에 비해 높은 정확도<br>기후의 영향을 덜받음                                               | 가격이 저렴<br>상대적으로 저사양 하드웨어에서 실시간 측정 가능<br>수동 센서로서 다른 센서 가구로 부터의 간섭을 받지 않음.                                                    |
| 단점    | 충격에 예민하므로 내구성에 대한 보완 필요<br>데이터 병합시 오차가 증가하는 현상<br>30미터 이상 장거리 스캔시 오차 증가               | 실외작업에 따른 날씨 변화, 방수, 온도, 먼지 등에 영향을 받음<br>강한 야외조명(태양광)에 민감<br>외부 진동, 충격에 취약<br>카메라 렌즈 굴곡으로 인한 변형<br>최우 카메라로 식별이 어려운 대상의 측정 불가 |

작에 필요한 도심 건물의 형태 및 높이의 측정, 해안 지역의 지형 측정, 재난지역의 현황 파악 등에 필요한 정보를 얻을 수 있다. 이를 통해 측정의 정확도 증대 및 오차의 감소 및 3차원 시각화 등의 가시적 이익 뿐만 아니라 시공 과정에서 오류 발생 방지를 통한 품질 개선, 공정 단축, 작업자 안전 증대 등의 부수적 이익 또한 기대할 수 있다.

### 기존 건물 및 시설의 점검 및 유지 관리

건물은 물론 댐, 도로, 교량과 같은 대형 구조물의 경우 안전을 위해 정기적인 현장 점검이 필요하다. 이

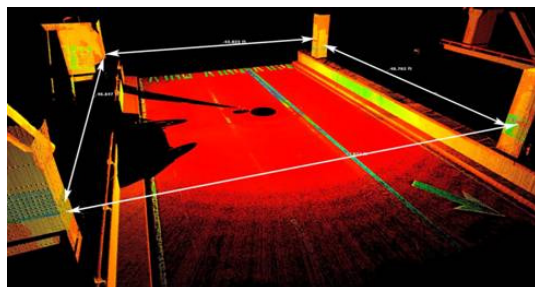


그림 10. 교각의 변위 측정.레이저 스캔을 통해 전체 형태와 거리를 측정 한 다음 별도의 정밀 거리 측정기를 이용해 진동 등으로 인해 발생하는 변위 측정 (출처:Leica Geosystems, Naik Consulting Group)

러한 업무에 레이저 스캐너를 이용하여 현재 구조물의 형태에 대한 정보를 수집한 후 설계치 또는 과거 정보와 비교함으로써 구조물의 변형, 균열 등 안전에 영향을 줄 수 있는 문제를 파악할 수 있고 이러한 변형이 용인될 수 있는 것인지 아니면 보수가 필요한 것인지에 대해 판단할 수 있다.

유지 관리에는 건물의 구조체 및 실내의 결함여부 조사에 관한 것뿐만 아니라 내부 공간의 효율적인 이용, 설비의 주기적인 점검과 교체를 포함한다. 레이저 스캔 기술을 이용해 시설물 내부 이용실태에 대한 현황을 기록함으로써 공간활용을 체계화할 수 있으며 (이러한 방식은 공장, 플랜트, 창고 등에 적용될 수 있다), 시설물 교체 현황을 파악함으로써 유지 관리와 관련된 작업 일정을 효과적으로 관리할 수 있다. 현재 해외는 물론 국내에서도 시설물 유지관리에 레이저 스캔 기술을 적용하는 연구가 활발히 이뤄지고 있다.

#### 기존 시설의 역설계(reverse engineering) 및 BIM 모델링

시공 후 구조물이 설계대로 시공되었는지 확인하거나 준공 후 시일이 지난 시설물의 현황을 파악하기 위해 기존 구조물을 측량하여 현황에 대한 도면을 작성하게 된다. 특히 고건물과 같이 준공 후 오랜 시일이 지나서 설계도면이 망실된 경우, 실측을 통해 도면을 작성하는 역설계는 대상물의 관리 및 유지 보수에 있어 필수적인 작업이 된다. 실제로 국내에 도입된 광대역 스캐너 중 상당수가 문화재의 실측 및 역설계에 사용되고 있다.

플랜트와 같이 다수의 파이프가 복잡한 형태로 배치

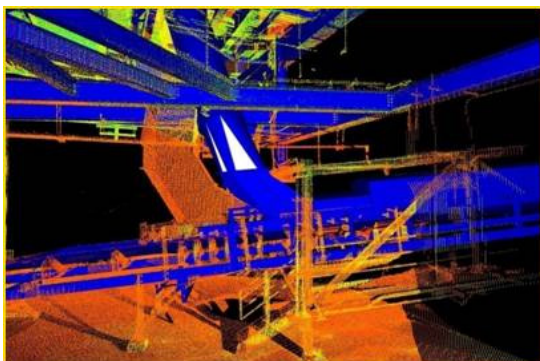


그림 11. 플랜트 업그레이드 시 신규 장치의 설계안 (짙은 청색) 을 기존 설비의 스캔 데이터 (밝은옐로우색)와 중첩시켜 장치간 간섭 여부를 조사함. 출처: Leica Geosystems, David Evans and Associates.

되어야 하는 시공 현장에서는 조금의 조립 오차로 인해 파이프사이의 간섭이 생기는 등의 시공 오류가 발생할 위험이 크다. 또한 시공현장에서 이 같은 오류를 피하기 위해 배관 형태를 변경했을 경우 이러한 내용이 도면에 제대로 반영되지 않았을 가능성도 크다. 이 때문에 플랜트 현장에서의 레이저 스캔을 통해 기존 파이프 및 설비의 설치 현황을 파악하는 것이 향후 유지 관리나 증설 등의 설비 변경에 매우 효과적이다.

최근에는 이러한 역설계에 3차원 형태 모델링을 적극적으로 도입하려는 움직임이 확대되고 있다. 특히 건축분야의 경우 3차원 모델기반의 BIM (Building Information Modeling)이 폭넓게 도입되면서 스캔 결과물을 이용하여 이러한 모델을 바로 만들어 내려는 움직임이 있다. 아직까지는 스캔 결과물의 오차 및 노이즈의 문제, 모호한 부분의 해석 문제 등으로 인해 3차원 건물모델 또는 파라메트릭 모델을 자동으로 만들지는 못한다. 그러나 기계 설계 등에서는 스캔 결과물에서 원통, 구, 상자 등의 기본 도형을 인식, 추출하여 역설계 작업을 보조 하는 소프트웨어가 상용화 되어 있다.

미국의 연방 총무국 (General Services Administration, GSA)에서는 이 같은 작업에 필요



그림 12. 기존 건축물의 레이저 스캔 결과물 (출처: GSA)

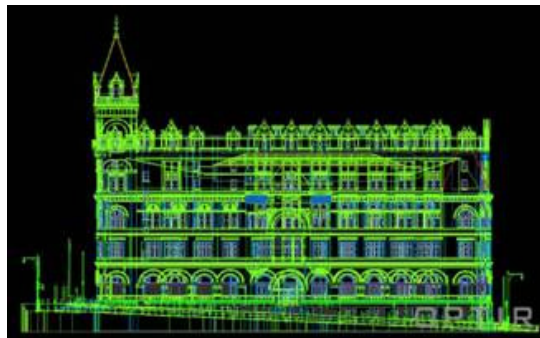


그림 13. 스캔 결과물을 바탕으로 작성한 CAD 입면도 (출처: GSA)



그림 14. 스캔 결과물을 바탕으로 모델링한 BIM 모델 상세 (출처: GSA)

한 건물의 레이저 스캔에 대한 지침을 마련하였다. 이 지침에는 부지 및 건물의 현 상태에 대한 정보를 얻기 위한 레이저 스캔 작업의 업무흐름 및 스캔 결과물을 이용한 도면 및 BIM 건물모델 작성에 관한 기준을 담고 있다.

#### 시공현장의 적용

시공과 관련한 레이저 스캔의 주된 응용분야는 대지 측량 및 현황 파악, 시공현장에서의 자재 및 장비, 장애물 등의 위치 파악, 납품된 자재의 품질 검수, 시공 품질 검수 및 현황 파악 등이다. 이글 뒷부분의 적용 사례에서 이와 관련한 다양한 사례를 다루고 있다. 시공현장에서는 현장 내 공간활용에 대해 다양한 문제에 직면하게 된다. 공사가 진행됨에 따라 자재 야적 및 장비의 배치, 가설물의 설치, 관리 등을 파악하기 위해 전체 현장을 주기적으로 스캔하여 관리함으로써 이러한 문제에 효과적으로 대처할 수 있다. 또한 시공 중인 건물이 설계대로 만들어지고 있는지 파악하는 데에 레이저 스캔은 매우 큰 도움이 된다. 특히 고정밀 스캐너와 광대역 스캐너의 조합을 통해 조립중인 건물의 상세를 파악, 설계와 비교함으로써 시공 정밀도를 크게 높일 수 있다. 특히 반도체 공장과 같이 매우 정교한 시공이 필요한 건물의 경우 시공 품질 향상 및 오류 감소로 인한 비용절감 등에 큰 도움이 된다.

#### 도시계획, 지도작성, GIS

지도 작성과 GIS를 위한 공간 정보 수집에는 항공기에 장착한 레이저장비 (air-borne ladar)를 주로 이용한다. 이를 이용해 디지털 지도 등에 사용할 수 있도록 지형뿐 아니라 도로, 건물 등 시설물의 형태 및 고도에 대한정보를 수집할 수 있다. 위성이나 항공

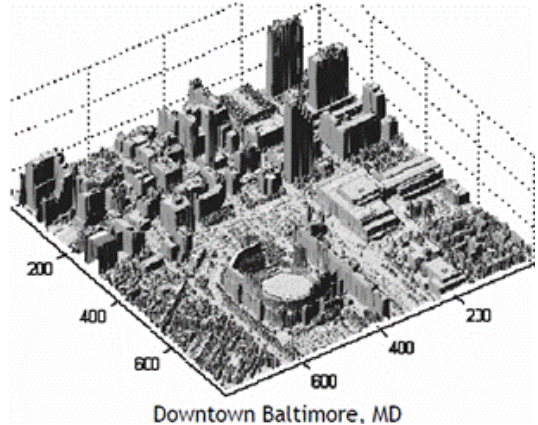


그림 15. 미국 볼티모어시 시내를 항공기 장착 레이저 스캐너를 이용하여 스캔한 결과물

사진에서 획득하는 정보가 주로 2차원 이미지가거나 고도 및 시설물의 높이에 대한 제한적 정보인 반면 레이저 스캔을 이용하여 지형은 물론 건물의 높이 등에 대한 비교적 정확한 정보를 입수할 수 있어 지도제작은 물론 도시의 시설물 현황 파악, 불법 건축물 단속, 재해예방을 위한 시뮬레이션 등에 이를 이용할 수 있다.

#### 건설분야 적용 사례

##### 토공사 진도관리 (NIST, 미국)

미국 국립 표준 연구소에서는 토공사 작업 현장을 일정 시간 간격으로 레이저 스캔하여 데이터베이스에 저장하여 토공진도관리에 활용하는 방안에 대한 연구를 수행하였다. 스캐너를 통해 획득된 3차원 지형 정보는 인터넷을 통해 볼 수 있도록 VRML (Virtual Reality Markup Language: 3차원 형상 표시를 위한 인터넷 규약)의 형태로 저장, 사용자에게 제공되도록 하였다. (그림 참고)

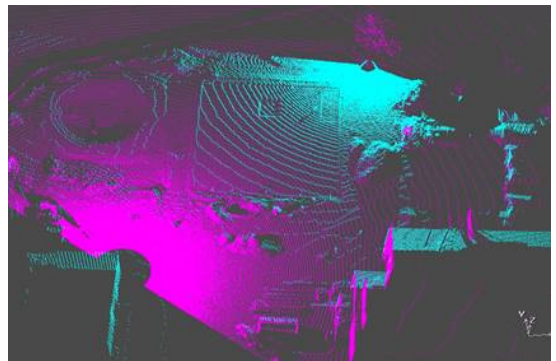


그림 16. 토공사 현장의 스캔 데이터. 2개 위치에서 스캔한 두 데이터 세트를 병합한 결과



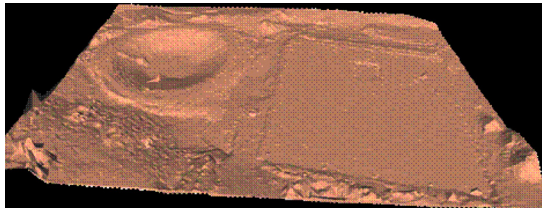


그림 17. 스캔 결과물을 3차원면의 형태로 변환한 결과물. 인터넷에서 열람할 수 있는 형식인VRML로 되어 있음

건축시공 품질 관리 및 시공 진도관리 (와세다대, 일본)

와세다 대학 가노(嘉納)연구실에서는 레이저 스캐너 등의 3차원 스캔 장비를 시공현장의 품질 관리에 사용하는데 관련한 연구를 진행하고 있다. 그림9는 당 연구소에서 연구중인 과제 중 실내 내장공사 현장을 스캔하여 설계 시 작성된 BIM 모델과 비교하여 시공 오차를 확인하는 사례에 대한 연구를 보여주고 있다. 그림에서 연녹색과 흰색은 시공현장에서 획득한 스캔 결과물이고 하늘색 부분은 설계 시 작성된 BIM 모델

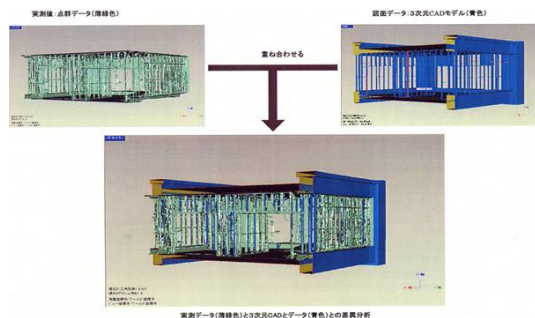


그림 18. 레이저 스캔을 이용해 입수된 건물 내벽 프레임의 시공현황 (왼쪽 위 그림)과 설계안 (오른쪽 위 그림), 그리고 이 둘을 중첩시킨 것 (아래쪽 그림). 출처: 와세다대학

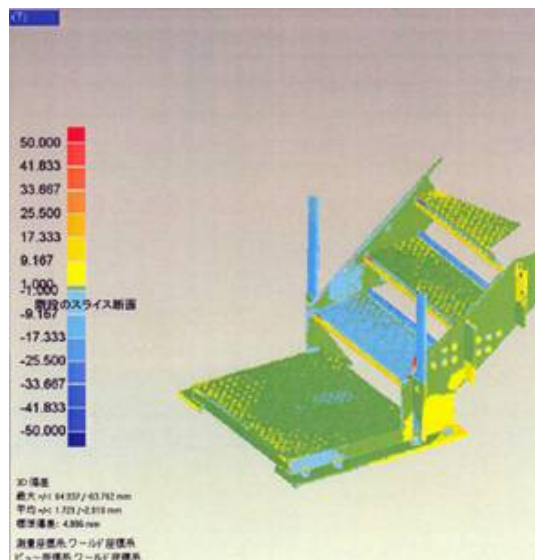


그림 19. 고정밀 스캐너로 스캔한 철제 계단을 설계치와 비교하여 오차를 컬러코딩 (color coding) 하여 표시한 것. 출처: 와세다 대학

이다. 시공 현장에서의 오차 확인 이외에도 철골이나 커튼월과 같이 공장에서 미리 제작 반입되는 자재의 경우 인수 이전에 고정밀 스캐너를 이용해 제작 오차 여부를 확인할 수 있다. 그림 14는 그림 5의 고정밀 스캐너를 이용하여 수집된 철제 계단의 BIM 정보를 실제 설계치와 비교하여 알아낸 오차를 컬러코딩의 형태로 나타낸 것이다.

외벽 패널의 설계 및 품질관리 (John W. Macdougall Co. Inc.)

건물에 설치될 패널 등을 제작, 납품하는 업체의 입장에서 시공된 건물 골조가 오차 등으로 인해 원래 설계와 달라질 경우 여기에 맞춰 납품할 제품을 재설계 하거나 심한 경우 이미 만든 제품을 폐기하고 새로 제작하여야 했다. 이러한 문제를 방지하기 위해 맥도걸 (Macdougall Co.) 사에서는 납품 대상 건물의 시공 현황을 레이저 스캐너를 이용하여 확인함으로써 원 설계안과 차이가 나는 부분을 확인하고 여기에 맞춰 패널 설계를 변경하여 납품하는 시스템을 갖췄다. 그림 10에서는 밝은 색으로 표시된 스캔 결과물이 푸른색 (짙은 색)으로 나타나 있는 설계안에 비해 수인치 이상 돌출되어 있는 것을 볼 수 있다. 이 사례에서 맥도걸 사의 엔지니어는 납품 이전에 패널 설계를 수정함으로써 이 문제를 해결할 수 있었다.

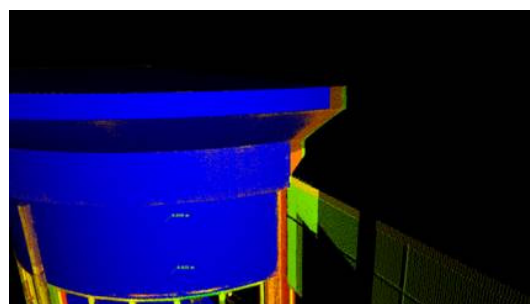


그림 20. 외벽 패널 설계안(푸른색 부분)과 실제 건물의 시공현황 (오렌지 색부분). 출처: John W. Macdougall Co.

## 현재 기술의 한계 및 향후 연구과제

레이저 스캔 기술은 2000년대 들어 건축, 토목 분야에서 정밀 측량과 유지 관리, 역설계 등 분야에 활발히 적용되어 기술 혁신에 도움을 주고 있고 적용분야 또한 점차 확대되어가고 있다. 그렇지만 다른 분야

의신기술이 그렇듯 레이저 스캔 등의 3차원 스캔 기술에도 발전의 여지가 있다. 레이저 스캔 결과물은 3차원적 형태에 대한 정보만을 제공할 뿐이며 여기서 추가적인 정보를 뽑아내는 일은 별도의 처리를 필요로 한다. 현재 스캔 데이터를 다양한 형태로 가공하는 방법에 대해 많은 연구가 이뤄져 있으나 이를 이용해 특정 형태를 인식하여 이를 활용하는 것에 대한 연구는 제자리걸음에 머무르고 있는 실정이다. 예를 들어 건물을 스캔하여 이를 3차원 BIM 모델의 형태로 자동 변환하거나 작업현장을 스캔하여 현장 내 장애물 또는 자재나 장비의 종류를 자동 인식하는 것은 아직 불가능하다.

레이저 스캐닝 장비의 성능 개선 또한 앞으로의 과제로 남아있다. 비록과거에 비해 많이 개선되었으나 여전히 스캔에 상당한 시간이 소요되며, 레이저 빔이 사람의 눈에 직접장시간 비취질 경우 이를 손상시킬 우려도 있다. 또한 필연적으로 발생하는 음영문제를 최소화하기 위한방안이 요구된다. 레이저스캔은 스캔 지점에서 일직선으로 노출되는 부분만을 (line of sight) 스캔할 수 있기 때문에 건물의 뒷부분과 같이 스캔 지점에서 육안으로 볼 수 없는 부분은 스캔되지 않는다. 따라서 대형 구조물의 전체 형태를 얻으려면 여러 위치에서 대상을 스캔해서 이들을 병합해야 하는데 이러한 스캔 횟수를 최적화하는 방법은 작업자의 경험에 의존하게 된다. 또한 스캔 정보를 병합하는 과정에서 작업오차로 인해 오류가 발생할 수 있다. 그러나 이러한 문제의 해결을 위한 연구가 아직 많이 미흡하다. 이들 분야에 대한 연구가 필요하다

## 결론

레이저 스캔 기술은 과거 광학 측량기술을 획기적으로 발전시켜 삼각측량에 의한 위치와 거리 정보 뿐 아니라 측정대상 대지나 건물, 시설물의 형태를 정교하게 묘사하여 이를 디지털화함으로써 이를 다양한 방식으로 응용할 수 있게 하였다. 비록 기술적 한계로 인해 실시간 스캔이 불가능하다는 단점은 있지만 매우 적은 오차와 쉬운 조작 등의 이점을 토대로 다양한 분야에서 기존 물체의 스캔은 물론 컴퓨터로 모델링하기 어려운 복잡한 형태의 대상을 모델링하는 데에도 많이

쓰이고 있다. 건설 관련 분야에 있어서는 주로 고건축물이나 유적지등 정교한 실측이 필요한 분야에 우선적으로 쓰이고 있지만, 기존 건물의 유지 관리를 위한 실측과 역설계(reverse engineering), 시공 현장에서의 품질 관리와 현황 모니터링 등 다양한 응용 분야로 그 용도가 확대되고 있다.□

## 참고문헌

1. Cheek, G.S. et. al. LADARs for construction assessment and update. Automation in Construction 9(5) 463-477. (2000)
2. General Services Administration, BIM Guidefor 3D imaging. DRAFT. (2009.1)
3. Leica Geosystems. 2007 Leica Geosystems HDS World wide User Conference. (2007).
4. 채명진 외. 건설기술혁신사업 지능형Task Planning System 개발 및 응용 1차년도 연구보고서. 한국건설교통 기술평가원 (2007.8)
5. 권혁도 외. 건설 시공현장의 3D 기반광대역 모델링을 위한 Sensor기술 분석과 향후 현장 적용모델 연구. 한국 건설 관리학회 학술발표대회 논문집 (2007.11)