

토공사동화를 위한 작업현장 스캐닝 생산성 분석 방법론 연구

A Study on the Approaches of Productivity Analysis for the Earthwork Automation

김 석, 김 태 영, 박 재 우*
한국건설기술연구원*

Kim Seok, Kim Tae-yeong, Park Jae-woo*
Korea Institute of Civil Engineering and
Building Technology*

요약

토공 작업현장의 정확한 계측을 위해 3차원 스캐너(Terrestrial Laser Scanner, TLS)의 이용이 점차 확대되고 있으며, 스캐너를 통해 취득한 원지형 디지털 정보를 건설기계 장비 자동화를 위한 기초자료로 활용하는 연구가 이루어지고 있다. 3차원 지형정보를 취득하기 위해서는 현장측정 및 후처리작업이 필요하며, 현장측정과 후처리를 위한 방법 선택에 따라, 측정 정밀도 및 소요시간이 달라진다. 본 연구에서는 최적 스캐닝 플랫폼 구축을 위해 현장측정 및 후처리 방법에 따라 변화하는 정밀도 및 생산성을 계측·분석하는 방법을 제안하였다.

I. 서론

3차원 스캐너는 레이저를 물체에 반사시켜 스캔 포인트를 취득하여 대상물체의 3차원 표면을 구현하는 기기로써, LiDAR(Light Detection and Ranging) 혹은 썬(Terrestrial Laser Scan)으로 불린다¹⁾. 최근들어 3차원 스캐너의 효용성이 인정받으면서 건설업, 농업, 제조업 등 다양한 분야에 널리 사용되고 있다. 3차원 스캐너는 댐면위 계측, 토공량 산정, 터널형상 점검, 지형면위 계측 등 다양한 건설분야에 적용되고 있다^{2,3,4)}.

AI 및 ICT기술의 발전에 따라 토공작업에 투입되는 건설기계 장비의 자동제어를 위해 도입하고 있는 3차원 스캐너의 적용에 관한 다양한 연구들이 국외를 중심으로 활발히 이루어지고 있다. 본 연구에서는 국내외적으로 토공현장 적용이 확대되고 있는 3차원 스캐너의 스캐닝 조건에 대해 살펴보고 이들 조건에 따른 스캐닝 생산성을 분석하기 위한 방법론을 제시하고자 한다.

II. 스캐닝 생산성 분석 방법

기존 측량방법과 달리 3차원 스캐너를 이용한 토공현장 측량은 현장측량 단계와 후처리 단계로 나눌 수 있다. 현장측량 단계는 현장답사, 계획수립, 타겟부착, 현장측정, 데이터 백업의 프로세스로 작업이 이루어지며, 후처리 단계는 데이터 불러오기, 정합, 편집, Re-sampling, 매쉬생성, 부피계산 등의 프로세스로 구성되어있다. 각 단계에서 현장측정 및 정합(Registration)에 소요되는 시간이 3차원 스캐닝 작업의 상당부분을 차지하고 있어, 해당 프로세스의 소요시간 단축이 스캐닝 작업의 생산성 향상에 상당한 영향을 미친다. 따라서 현장측정 및 후처리 방

법(정합)에 적용되는 조건들을 살펴보고 일정 수준이상의 정밀도를 확보하면서 생산성을 높일 수 있는 방안 마련이 필요하다.

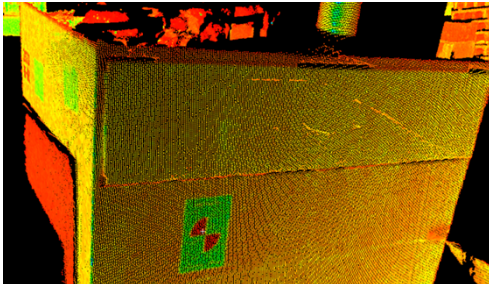
현장측정 프로세스를 분석해본 결과, 스캔의 정밀도 및 소요시간은 스캐닝 해상도 설정에 따라 결정되는 것으로 조사되었다. 반면에 현장측정 후처리 프로세스인 정합의 경우, 정합방법에 따라 정밀도 및 소요시간의 차이가 발생하는 것으로 나타났다.

1. 스캐닝 해상도

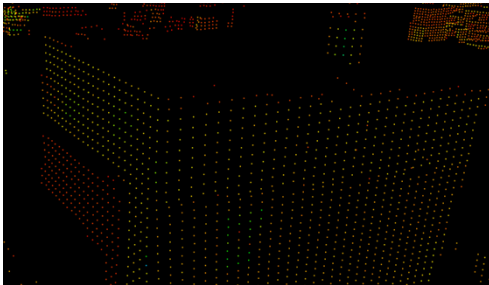
3차원 스캐너는 해상도에 따라 초당 수십만 개에서 최대 백만 개 이상의 레이저를 투사하고 대상물에 반사되어 돌아온 반사 레이저를 통해 측정 대상에 대한 3차원 포인트 클라우드 데이터를 얻게 된다. 스캔 해상도는 스캐너로부터 일정거리(10m)에 떨어져 있는 대상을 기준으로 수평, 수직 각각에 대해 측정을 실시하는 간격을 의미한다. 만일 10m 기준 수평 6mm, 수직 5mm로 스캔 파라미터를 설정하면 스캐너는 10m 떨어진 대상에 대해 수평측으로는 6mm 간격으로 측정을 실시하고 수직 방향으로는 5mm 간격으로 스캔을 실시하게 된다.

스캔 해상도가 촘촘하면 할수록 대상의 세부 디테일 까지 측정이 가능하므로 정확한 측정값을 얻을 수 있으며 만일 간격을 크게 하여 측정할 경우는 대상의 디테일이 떨어지지만 스캔 소요시간을 줄일 수 있다(그림 1). 최대 해상도로 스캔할 경우, 스캐너 제조사와 모델에 따라 달라질 수 있지만, 360도 회전스캔에 2시간 가량 소요되는 것으로 나타났다. 따라서, 정밀도를 위해 최대 해상도로 넓은 토공현장을 스캔하는 것은 수시로 변하는 토공현장을 스캔하기에는 무리가 있다.

토공현장 스캔을 위한 최적 해상도는 최고 해상도 스캔시 정밀도 대비 일정 수준이상의 정밀도를 가지면서 현장작업을 방해하지 않는 수준의 적절한 스캔 소요시간을 가져야 한다. 따라서 해상도별 측량 정밀도와 스캔 소요시간을 측정하여 비교분석함으로써 최적 해상도를 찾을 수 있다.



(a) 고해상도 스캐닝 결과

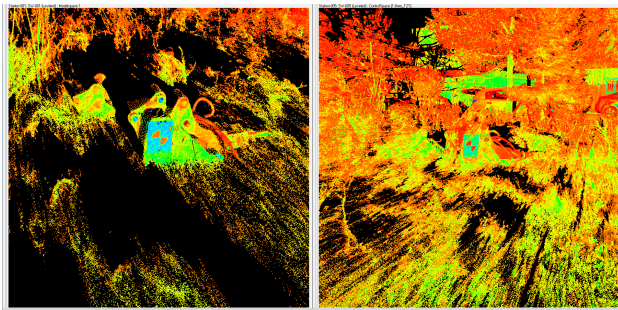


(b) 저해상도 스캐닝 결과

▶▶ 그림 1. 해상도에 따른 스캐닝 정도

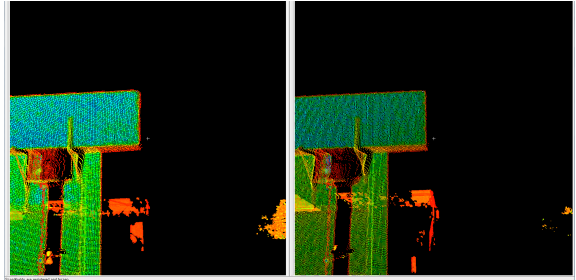
2. 후처리 정합 방법

현장에서 취득된 데이터는 후처리 정합과정을 거치게 된다. 후처리 정합방법으로는 Target to Target, Cloud to Cloud, Visual Alignment, Auto Registration 등이 있다. 동일한 포인트 클라우드를 이용하더라도 정합방법에 따라 측량 정밀도 및 정합 소요시간이 달라진다. 뿐만 아니라 정합방법에 따라, 스캔시 현장준비 상황도 달라질 수 있어, 토공현장 3차원 데이터 취득을 위한 전체 소요시간 등을 고려할 필요가 있다. 예를 들어, Target to Target 정합은 현장 스캔시 Target 취득을 위한 작업이 추가적으로 필요하다(그림 2). 반면에 Cloud to Cloud 정합(그림 3)은 측량시 추가작업이 없으나 정합시 특정지점 설정을 위한 추가작업이 요구된다.



▶▶ 그림 2. Target to Target 정합

여러 정합방법에 따른 생산성을 측정하기 위해서는 우선 동일한 포인트 클라우드 데이터를 이용하여 다양한 정합방법에 따른 측량 정밀도 및 소요시간을 비교할 필요가 있다. 비교를 통한 일정 수준 이상의 정밀도와 적절한 측정 소요시간을 보이는 정합방법을 찾을 수 있다.



▶▶ 그림 3. Cloud to Cloud 정합

III. 결론

최근 AI 및 ICT기술의 발전으로 인해 토공자동화를 통한 생산성 향상 노력이 이루어지고 있으며, 3차원 스캐너를 이용한 현장 측량 및 기반지형 디지털화를 통한 Task Planning 등이 연구되고 있다. 현장에 필요한 3차원 스캔 데이터는 초정밀 측량값이 아니며 높은 생산성을 내포하고 있어야 한다. 본 연구에서는 스캐닝 해상도 및 정합방법에 따른 측량 정밀도 및 소요시간을 비교함으로써 스캐닝 생산성을 비교할 수 있는 방법을 제시하였다. 본 연구는 생산성 비교를 위한 방법론을 제시하고 있으나, 실제 3차원 스캔을 통한 실증분석은 하지 못한 상태이다. 향후 실제 현장을 대상으로 3차원 스캐닝 생산성을 비교하여 최적 스캐닝 조합을 제시할 예정이다.

■ 참고 문헌 ■

- [1] 김석, 박재우 “3차원 스캐너의 토공현장 적용을 위한 정밀도 및 생산성 분석”, 한국콘텐츠학회논문지, 제15권, 제10호, pp.587-596, 2015.
- [2] Du, J.C. and Teng, H.C., “3D laser scanning and GPS technology for landslide earthwork volume estimation”, Automation in Construction, Vol.16, No.5, pp.657-663, 2007.
- [3] Hashash, Y.M., Oliveira Filho, J.N., Su, Y.Y., Liu, L.Y., “3D laser scanning for tracking supported excavation construction”, Geo-Frontiers 2005, pp.24-26, 2005.
- [4] 박정준, 신재철, 황주환, 이강현, 서형준, 이인모, “3차원 레이저 스캐너 및 BIM을 활용한 터널 과대·과소 굴착 평가”, 한국터널지하공간학회논문집, 제14권, 제4호, pp.437-451, 2012.