

실무 3D 스캐닝 및 BIM 활용을 위한 발주자 - 실무자 간 협업프로세스 모델

A collaborative process between employers and practitioners for utilization of BIM and 3D scanning

김도영¹⁾

Kim, Do-Young¹⁾

Received May 24, 2021; Received June 20, 2021 / Accepted June 29, 2021

ABSTRACT: In construction sites, policies are changing considering the convergence of 3D scanning and BIM. In order to respond to this, it is urgent to develop guidelines for systematic collaboration methods that take into account the perspectives of practitioners. By participating in the delivery process using 3D scanning technology, tasks such as ordering, field scanning are defined in terms of mutual communications. Also, the collaboration process is about communications between off-site and on-site, such as feed-back using data and documents. In the future, we will propose guidelines based on such collaborative process models.

KEYWORDS: 3D Scanning, Facility management, Reverse engineering, Collaborative process, BIM (Building Information Modeling)

키워드: 3D 스캐닝, 시설물 관리, 역설계, 협업프로세스, 건물정보모델

1. 연구배경

1.1 건설분야 스캔의 필요성 및 동향

역설계(Reverse Engineering)는 제조분야에서 활용되는 기법으로서, 형상의 원본 데이터나 생산의 절차에 관한 정보가 없는 경우에 형상을 측정하여 다시 설계하는 방법이다(Kwon, 2015). 현재 건설분야에서 이 기법이 각광을 받고 있는 이유는 시설물의 수명을 연장하고자 하는 요구에 대한 대응방법이 필요해졌기 때문이다. 예를 들어 제 3종 시설물(시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법 제 7조)은 재난발생 위험이 높거나 피해가 우려되는 부위의 결함을 포함하고 있다 하더라도 안전진단과 점검에 필요한 정확한 시설물정보가 없는 경우가 대다수이다. 이러한 측면에서 역설계 기법은 시설물의 안전과 유지관리, 비용절감에 대응하는 데에 우위를 선점하기 좋은 방법이다.

특히 건설분야의 역설계 과정에서 3D 스캐닝(3D Scanning)과 BIM (Building Information Modeling, 혹은 건설정보모델)은 필수요소이다(Park et al., 2016; Lee and Kwon, 2014). 3D 스캐닝 기술을 통해 획득된 포인트 클라우드 데이터가 BIM 데이터로 연계될 경우 정확한 현재 시설물의 성능을 파악하거나 개선

할 수 있다. BIM은 건설프로젝트의 참여자들이 협업하는 과정에서 요구되는 정보를 객관화하여 의사결정을 효율화하는 것을 의미한다(Ministry of Land, Infrastructure and Transport 2020, Autodesk 2020, Graphisoft 2020). BIM은 특정 시점의 데이터에 한정되어 있지 않으며, 시설물의 사용단계 뿐 아니라 준공 이전 설계, 시공단계의 정보들을 모두 포함하는 일련의 프로세스에 해당한다. 그러나 시설물의 전 생애주기 관점에서 BIM 데이터를 구축하는 것은 현실적으로 불가능하기 때문에 3D 스캐닝은 시설물의 정보부재에 대응하기 위한 방법으로 활용된다.

건설 수행주체가 3D 스캐닝과 BIM을 기반으로 역설계를 수행하기 위해 스스로 수행체계를 계획하고 검증할 수 있게 하는 프레임워크가 요구된다. 3D 스캐닝과 BIM 기술의 융합을 기반으로 한 연구와 기술개발이 다수 진행되고 있으나 아직 도입단계에 머무르고 있다. 즉, 두 가지 기술을 활용한 역설계 프로젝트는 수행되고 있으나 실무자들에게 공감되는 수준의 효과(예: 생산성 향상, 투자비용 대비 효율성 증가 등)로 연결되지 못하고 있다. 이는 BIM과 3D 스캐닝, 각각의 기술은 모두 전문성이 높게 요구되며, 두 기술 간 융합은 많은 준비과정과 시간을 필요로 하는 특징으로부터 기인한 것으로 보인다(Alomari et al, 2016).

¹⁾정회원, 한국건설기술연구원 미래융합연구본부 건설정보지능화센터, 연구원 (doyoungkim0123@kict.re.kr)

건설 정책은 이 두 기술의 융합을 적극 지원할 수 있는 방향으로의 변화가 요구된다. "Smart Construction 2025"전략(국토교통부)과 같이 발주처에서 보도한 내용들을 보면, 두 기술을 포함한 전략 및 실행계획들이 꾸준히 발표되고 있다. 예를 들어 스마트 건설기술 로드맵에서 3D 스캐닝 기술이 포함되어 있을 뿐 아니라 삼차원프린팅산업 진흥법(2016), 3D 프린팅 산업 진흥 기본계획(2016), 세부 시행계획(2018)이 수립된 바 있다. 그러나 중소기업들은 3D 스캐닝 기술개발 및 사업 경쟁력 확보에 여전히 어려움을 겪고 있다(JBTP, 2019; JBTP, 2016). 이는 3D 스캐닝 기술개발이 하드웨어 부문보다 소프트웨어 부문에 치우쳐진 현황을 보면 알 수 있다(Ministry of Land, Infrastructure and Transport 2016). 하드웨어 개발은 소프트웨어 개발에 비해 상대적으로 고도화된 기술력과 더 많은 수의 전문 인력들을 필요로 하기 때문이다. 3D 스캐닝의 활용이 건설실무의 생산성과 연결될 수 있도록 하기 위해서 엔지니어링 기술자들과 프로젝트 수행주체들 간 협업을 지원할 수 있는 체계가 지원되어야 한다.

기존에 발표된 조달청의 BIM 활용지침은 실무자들이 수행하는 체계와 절차, 업무 간 협업, 조정의 단계를 반영하고 있으나 실무자가 실질적으로 공감하기 어렵다는 평을 얻고 있다. 역설계의 중요성에 대해서도 공감하고 있으나, 아직 국내에서 개발된 지침 사례는 전무하고(KICT, 2015) 프로젝트를 수행하고 관리할 전문인력도 부족하다(KICT 2018). 따라서 3D 스캐닝과 BIM의 융합을 토대로 한 역설계 프로젝트를 수행하고자 할 때, 실제 스캐닝 프로젝트와 관련된 수행주체들이 참조할 수 있는 지침의 개발이 시급하다.

1.2 연구범위 및 방법

역설계 지침을 개발하기 앞서서, 본 논문에서 역설계 협업프로세스 모델을 제안하기 위해 전제되어야 할 조건들은 다음과 같다(Figure 1).

첫째, 역설계 지침의 방향에 관한 것이다. 지침은 미국 GSA, 싱가포르, 독일의 사례와 동일하게 법적인 구속력은 없더라도

중소기업들로 하여금 다양한 기술시도를 할 수 있게 하는 매개체가 된다. 지침을 작성하는 과정에서 역설계에 관한 공공프로젝트 사례를 활용함으로써 프로젝트를 수행하려는 주체가 국가 차원의 비전과 전략을 기반으로 한 기술을 차별화하고 경쟁력을 갖출 수 있도록 돕는 역할을 한다. 지침의 이상적인 목적은 역설계 프로젝트에 경험이 전무한 건설 종사자들이 3D 스캐닝 기술과 같은 스마트 기술들을 활용할 수 있도록 하기 위함이다.

둘째, 지침의 차별화 요소이다. 실제로 기 개발된 지침에 대한 평가의견들 중 주목할 만한 부분은 실무자들이 수행하는 과정과 동떨어졌다는 의견이다. 본 논문에서 제시되는 협업프로세스 모델의 목적은 국내에서 BIM과 스마트 건설기술의 도입에 관한 협업체계를 고려하기 위함에 있다.

본 논문에서 협업프로세스의 모델을 제안하기 위해 3D 스캐닝 기술을 기반으로 한 용역프로세스에 참여함으로써 발주, 스캐닝 절차에 관한 업무, 상호협의 내용들을 도출한다.

셋째, BIM 지침에 관한 국내/국외 사례 비교를 통해 역설계 지침에서 명시해야 할 요소들을 도출한다.

둘째, 3D 스캐닝 기술의 발주절차를 고찰함으로써 발주시 실무자들이 파악하여야 할 요구사항들을 정립한다.

셋째, 3D 스캐닝 프로젝트에서 수행주체들의 역할을 정의한다.

넷째, 3D 스캐닝을 통해 발주자와 실무자가 상호협약이 필요한 내용들을 정의한다.

위 네 가지로 구성된 협업프로세스의 모델을 3D 스캐닝 프로젝트 참여자들에게 제시하고 자문을 구함으로써 실효성을 평가 받는다.

2. 이론 및 선행연구 고찰

2.1 BIM 지침에 관한 국내/국외 사례 비교

국내의 시설사업 BIM 적용 지침에서 용역자(해당사업의 설계 또는 시공에 참여하는 입찰참가자 또는 계약상대자)의 BIM 업무



Figure 1. Research flow

Table 1. Comparison of domestic and foreign guidelines: Table of Contents

Country	Title	Contents
① Republic of Korea (South Korea)	Korea BIM Guide: Basic Instructions (Version 6.0, 19.12.27)	Procedures for the implementation of BIM work for each stage of the facility project <ul style="list-style-type: none"> ▪ Stage 01: Business announcement ▪ Stage 02: Initiation ▪ Stage 03: Business execution ▪ Stage 04: Delivery of deliverables
		BIM quality management standards <ul style="list-style-type: none"> ▪ Basic principles ▪ Classification of quality management ▪ Implementation of quality control
② Germany	BIM4INFRA 2020	Procedure <ul style="list-style-type: none"> ▪ Relevant use cases and definitions ▪ Use cases for each stage of the project ▪ Effort and effectiveness ▪ Results evaluation ▪ Cases suitable for the target scenario
		Best practices for implementation
		Comparison and evaluation of scenarios
		Scenario description <ul style="list-style-type: none"> ▪ Use Cases ▪ Project management method ▪ Contract rules ▪ Scope and content of the model ▪ Use of Neutral Data Formats in the Manufacturer Case ▪ Use of common data environment (CDE) ▪ Model handover and model test

수행지침은 다음과 같은 내용을 포함한다(Table 1, ①). 프로젝트 단계별 업무의 일반사항에 대한 내용을 포함하고 있다. 이는 전체 프로세스를 운영하는 측면에서 각 업무 간 연결성이나 협의보다는 주로 업무 정의, 성과품 납품, 납품을 위한 데이터 교환 내용을 포함한다. 프로젝트 생산성은 데이터 기반의 납품결과물과도 관계가 있으나 프로젝트의 참여주체, 계약자 간 건설생애주기의 측면에서 데이터의 품질이 보장되어야 한다. 이러한 맥락에서 데이터의 중요성을 직시하고 필히 호환성을 고려하여 사전 검토하는 것이 중요하다. 용역자에 대한 기본적인 정보 외에도 협업의 관점에서 요구되는 역할과 책임에 대한 정의가 요구된다.

이에 비해 독일의 지침은 단계적 BIM 도입을 위한 포괄적인 로드맵(“BIM-Stufenplan”)의 공표와 대규모 프로젝트 BIM4INFRA2020의 결과보고를 위해 내용이 발표되었다(Table 1, ②). BIM4INFRA2020은 BIM로드맵의 2단계를 구현하기 위해 수주한 대규모의 프로젝트이며 2017년 1월에 시작, 2019년 8월에 종료되었다. 다양한 파일럿 프로젝트에서 수집한 지식을 문서화하여 대중에게 공개한 것이며, 구체적인 지침의 내용은 다음과 같은 내용을 다루고 있다(Borrmann et al, 2020).

1. 기본 및 전체 프로세스
2. 발주자 정보의 요구사항(템플릿 및 예제 포함)

3. BIM 실행계획(템플릿 및 예제 포함)

4. BIM 서비스 스펙(계약 및 권리에 관련사항 포함)

독일 교통 및 디지털 인프라 부는 대중에게 BIM 방법을 단계적으로 도입할 수 있도록 하기 위한 전략 계획을 순차적으로 발표하였다. 독일은 프로젝트의 수행결과는 수행주체들의 협의에 의한 역할 및 책임 정의가 전제되어야 함을 명시하고 있다(VDI 2552, European Commission 2019, EU BIM Task Group 2017, CEN/TC 442 BIM 2020). 실제 국제 건설표준계약(FIDIC, Fédération Internationale Des Ingénieurs-Consseils)에서 엔지니어는 매우 중요한 주체로서 계약 당사자가 아니다 하더라도 프로젝트의 성과를 품질을 좌우하는 역할을 한다고 명시되어 있다. FIDIC에서 엔지니어는 발주자의 대리인으로서, 계약상 당사자들로부터 위임받은 계약관리를 수행하며, 발주자와 시공사, 혹은 이외의 프로젝트 참여자들 간 이견을 조율하는 주체이며 조정에 실패 시 해당사안을 결정하는 결정적인 역할을 한다.

유럽연합(EU)은 BIM 도입을 추진하고 있는 선진국들의 집합으로서 정부방침의 변화를 살펴보기 위해 활용되기 좋은 사례이다. EU는 유럽에 위치한 27개의 회원국 간의 정치 및 경제 통합체이다(Wikipedia). 회원국의 보편적 이익을 대변하는 초국가적 기구를 의미한다. 회원국 전체에 적용되는 법령과 표준을 통해 단일시장의 발전과 이익을 도모하고 있다.

EU 공공조달지침은 기본적으로 다음과 같은 방향성을 제시한다.

- 전략적 공공조달에 대한 폭넓은 이해 보장
- 공공 구매자의 전문성 강화
- 조달시장의 접근성 강화
- 투명성, 무결성 및 더 나은 아이디어의 향상
- 조달방식의 디지털 전환 촉진
- 조달을 위한 협력

이 항목은 04년도 공공조달지침(Directive 2004/18/EC)에서 07년, 14년도에 이르기까지 조달절차에 포함되었고 각 단원별 세부내용에도 기술되었다. 특히 14년도의 공공조달지침(Directive 2014/24/EU)에서 공공조달절차가 단순화되고 전자발주에 대한 항목이 추가되었다. 이외에도 프로젝트 당사자들이 BIM 프로세스 전반을 이해할 수 있도록 하기 위한 방법으로서 BIM 수행계획서(BIM Execution Plan)가 개발되었다. 이 방법은 다수의 당사자들 간 정보 교환, BIM 활용을 위해 수행되어야 할 다양한 프로세스를 명확하게 정의할 수 있도록 돕는 역할을 한다.

국외의 BIM지침 사례에서 주목할 점은 발주자가 엔지니어의 성과물을 이해하고 관리하는 방법에 대해 절차, 데이터, 협력, 역할, 조달 시스템 등에 걸쳐서 다양한 항목으로 기술되어 있다는 것이다.

2.2 BIM 활용 프로젝트 현황과 역설계 지침의 요구사항

현재 BIM 활성화에 대해 국가에서 제시하는 지침 및 전략은 민간의 관점에서 수행하기 어려운 특성을 지니고 있다. 세계적인

로 BIM의 효용성에 대해 공감하고 있고 이 추세에 발맞추어 나가기 위해 스마트 건설기술 로드맵과 건설진흥법은 전면설계 의무화를 추진함으로써 건설생산성을 극대화하는 데에 초점을 맞추고 있다(건설기술진흥기본계획 '18 ~'22, 스마트 건설 핵심기술 상용화 추진계획 '20 ~ '25). 그러나 기존의 BIM 지침과 지침에 관한 분석결과들을 확인해본 결과, 작성된 BIM 데이터는 실제로 발주자 또는 실무자가 이해하기 어렵기 때문에 개선을 필요로 한다(buildingSMART Korea, 2017).

BIM 지침뿐만 아니라 Scanning에 관련한 지침(문화재 복원에 관련한 스캐닝 지침)들을 보면 활용목적에 맞게 요구사항 정의, 산출물 관리 및 품질 검수에 관한 내용을 기재하고 있다. 이는 스캐닝의 일반사항과 주요 특징, 납품을 위주로 설명하고 있다. 실무자는 이 항목만으로 프로젝트 중간과정에서 빈번히 발생하는 요구사항 및 품질 기준에 따른 재작업을 하기에는 어려움을 느낀다.

발주자, 실무자 관점에서 스캔 및 역설계 기술 및 작업 활용 방법을 제공하고자 한다. 지침은 크게 세 가지의 특징이 강화될 필요가 있다.

- (1) 협업 프로젝트 절차
- (2) 협업 참여자 간 소통에 활용되는 필수용어
- (3) 협업 참여자들의 역할과 상호작용

단순 절차를 명확히 하는 것을 넘어서서, 데이터, 정보관리라는 측면에서 협의와 조정이 가능한 절차의 유연성을 확보하는 것

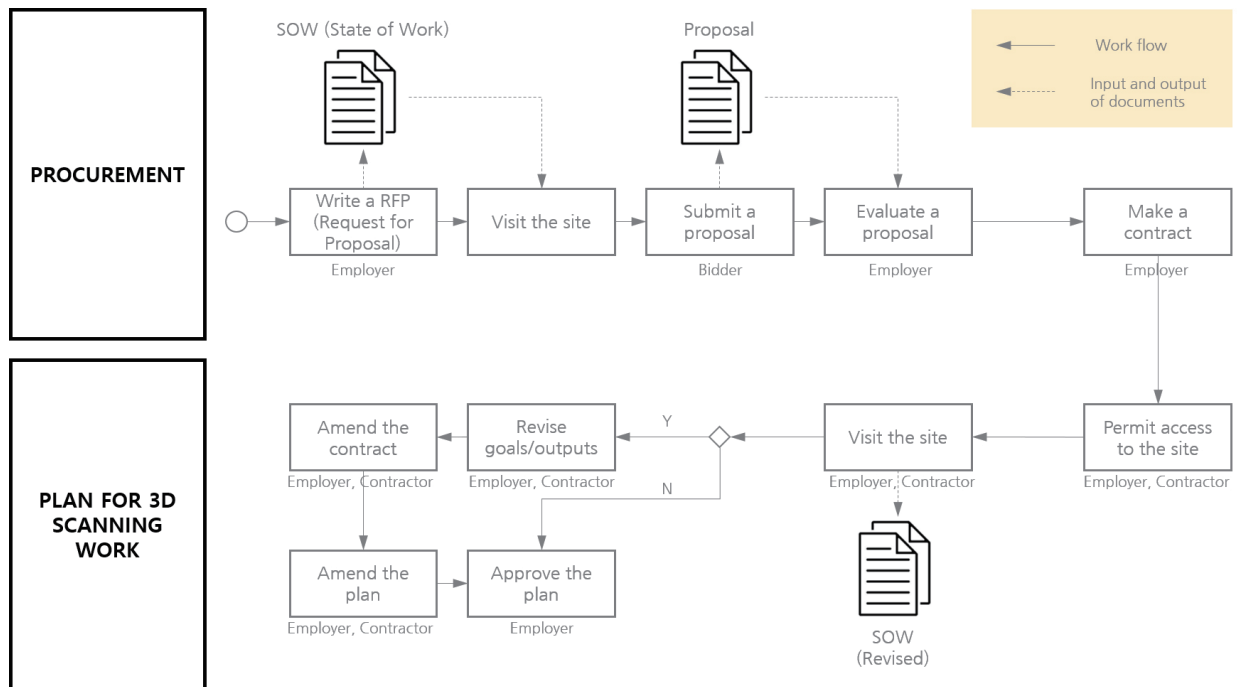


Figure 2. Procurement process for BIM with 3D scanning

이 중요하다(Travaglini et al, 2014). 또한 역설계 프로젝트에서 요구되는 납품 결과물의 형식, 조건을 포함한다. 단, 기존 가이드라인과 차별화되는 점은 역설계 프로세스의 목적에 발주자, 실무자, 엔지니어의 역할과 책임의 분배에 있다. 통상적인 절차 제시 방법과 차별화되어야 하는 이유는 정보와 자산의 관리 측면에서 참여자들, 상호 간 주고받는 정보를 관리하고 조율해주는 중재자 역할이 중요하기 때문이다. 단순 계약자가 이행해야 할 내용만 명시하는 것으로는 프로젝트 전체를 관리하는 차원에서 불충분하다. 따라서 관련 참여자들의 역할과 상호작용을 고려하는 것이 중요하다.

3. 3D 스캐닝 기술을 위한 프로젝트 고찰

3.1 발주 절차

사업발주는 조달과 계획의 순서대로 진행된다(Figure 2).

조달은 작업명세서(Statement of Work) 내용이 포함된 제안요청서(RFP)와 3D 스캔 및 역설계 정보 시트를 작성하는 절차이며, 일반적으로 1~2개월 정도 소요된다. 과업지시서에서 프로젝트 목표와 결과물 유형, 요구 허용오차, 산출물 품질 검수 방안이 포함되어 있어야 한다. 프로젝트 수행업체가 스캔, 점군 데이터 후처리, 객체 모델링 작성, 품질관리 계획을 수립할 수 있도록 적절한 시간을 제공해야 한다. 입찰제안서 평가는 작업명세서에 열거된 기준으로 평가한다.

계획은 서비스 제공자와 계약 완료 후 작업 범위와 결과물이 변경될 경우 변경된 작업명세서를 작성하고 스캔, 점군 데이터 후처리, 객체 모델링, 품질관리 계획 등 수행 계획을 보완하여 발주처의 승인을 득한다.

스캔 발주를 위해서는 프로젝트 목적을 명확히 한 후 프로젝트 목적에 따라 일반적이 요구사항이나 산출물을 명확하게 명시한다. 이를 위해 프로젝트 목적에 따라 발주자 관심 영역, 산출물 유형을 명확히 정의해야 한다(Table 2).

(1) 스캔할 관심 영역(AOI, Area Of Interest): 프로젝트 대상물 스캔 영역

- 영역 1: 프로젝트 전체 구역(예: 도시)
- 영역 2: 수준 1의 하위수준 전체 구역(예: 건물)
- 영역 3: 수준 2의 하위수준 일부 구역(예: 층, Zone)
- 영역 4: 수준 3의 하위수준 일부 구역(예: Room 및 하위 공간)
- 영역 5: MEP 와 같은 시설물

(2) 요구사항정의 문서

- SEP: 스캔 수행 계획서(Scan Execution Planning)
- BEP: BIM 등 모델링 수행 계획서(BIM Execution Planning)

- QCP: 산출물 품질보증 및 통제 계획서(Quality Assurance and Control Planning)

(3) 산출물 유형(Deliverable Type): 산출물 형태

- 2DR: 2D 도면(2D Drawing)
- 3DR: 3D 도면(3D Drawing)
- BIM: BIM과 같이 속성정보가 포함된 모델
- REP: 계산서 등 결과 리포트(Report)
- PCD: 스캔 점군 데이터(Point Cloud Data)
- RAW: 스캐너 등 장비에서 얻은 원본 데이터

3.2 스캐닝 절차

일반적인 역설계 작업 프로세스는 아래와 같다. 역설계 작업 프로세스는 데이터 수집, 데이터 후처리, 객체 모델링 및 산출물 작성 순으로 진행된다(Figure 3).

첫째, 데이터 수집은 레이저를 물체 표면에 조사하여 빛이 돌아오는 시간을 측정하여 물체의 3차원 데이터를 수집하는 과정이다. 데이터 수집은 계획단계와 수집단계로 나눈다. 계획 단계에서는 역설계 데이터 수집 장소를 방문하여 대상물의 특성을 분석하고 데이터 수집에 필요한 일정과 인원 투입 계획을 수립하여 최적의 작업을 진행하기 위한 계획 수립 절차이다. 세부 절차로는 현장 관계자와 협의, 대상물 확인, 스캐닝 위치 및 동선 확인, 참고용 사진 촬영, 안전사항 확인이 있다. 수집 단계는 계획 단계에서 도출된 계획을 기반으로 실제 현장에서 지상 라이다를 이용하여 데이터를 취득하는 단계로 자료를 수집하는 단계이며 세부 절차로는 안전교육, 스캐닝 과정 기록, 현장 스캐닝, 데이터 확인 및 백업의 절차로 구성된다. 수집 단계에서는 최종 결과물과 후처리 방법 등을 고려하여 스캐닝 작업을 진행한다. 스캐닝 횟수와 스캐너 위치, 이동 동선, 데이터 밀도는 최종 결과물에 직접적인 영향을 끼치므로 프로젝트의 목표와 성격에 따라 신중히 고려하여 작업을 진행한다.

둘째, 데이터 후처리는 현장에서 수집된 스캔 데이터를 산출물 작성에 활용하기 위해 초기에 획득한 포인트 클라우드 데이터를 정합하고 노이즈를 제거하는 과정이다. 기초 후처리는 스캐너로부터 취득된 포인트 클라우드 데이터를 처리하여 이후 산출물 작성 작업에 원활하게 사용할 수 있도록 하는 것이 목적이다. 따라서 후처리 과정은 프로젝트의 목적에 맞추어 실시되어야 하며 최종 결과물의 품질에도 영향을 끼치므로 신중하게 작업해야 한다. 포인트 클라우드 데이터 후처리는 정합, 필터링, 데이터 재정렬 과정을 거친다. 데이터 정합은 스캐닝 대상물이 복잡하거나 널리 분포되어 있을 경우 스캐너를 옮겨가며 여러 각도에서 대상물에 대한 장면을 스캐닝한다. 여러 개의 장면 스캐닝 데이터를 각 장면과 각 장면 공통점인 정합 타깃 기준으로 하나의 좌표계로 합치는 과정을 말한다. 필터링은 포인트 클라우드 데이터 취득하는

과정 중 각 장면에 이동 차량, 사람 등 프로젝트 목적과 맞지 않는 불필요한 요소인 노이즈가 포함될 수 있다. 노이즈는 정합 이전 또는 이후 편집 도구를 이용하여 제거하여 역설계에 필요한 포인트 클라우드만 포함되도록 한다. 데이터 재정렬은 데이터 필터링 후 데이터를 추가로 취득으로 인한 밀도 중복, 반복 취득으로 인한 높은 밀도, 타 시설물 장애로 인한 밀도 감소 등으로 인하여 밀도가 불균일한 포인트 클라우드 데이터를 샘플링 작업을 통해 통일된 밀도로 조정하는 작업을 말한다.

셋째, 객체 모델링 및 산출물 작성의 과정이다.

대부분의 역설계 프로젝트는 모델링을 통한 객체화를 목적으로 한다. 후 처리된 포인트 클라우드 데이터를 이용한 모델링은 라이더 제작사에서 제공하는 소프트웨어를 이용하여 1차 모델을 작성하고 이를 최종 결과물을 작성하는 BIM 소프트웨어로 넘겨

모델링을 보완 작업을 진행할 수 있다. 또는 초기부터 산출물을 작성하기 위한 최종 소프트웨어로 포인트 클라우드 데이터를 넘겨 모델링을 실시하여 최종 산출물을 작성한다. 후 처리된 포인트 클라우드 데이터를 BIM 소프트웨어에서 가져오기 또는 참조 가능한 파일 형식으로 변환해야 하며 포인트 클라우드 데이터는 수많은 점으로 이루어진 대용량 파일이므로 BIM 소프트웨어 작업 가능한 파일 용량을 사전에 협의한 후 파일을 변환 저장한다.

BIM 소프트웨어에서 3D 객체 모델을 작성해야 할 경우에는 정합된 포인트 클라우드 데이터 세트에는 BIM 데이터와 동일한 좌표(원점)가 설정되어 있어야 한다. BIM 소프트웨어 내에서 포인트 클라우드 데이터를 수동으로 이동하지 않고도 BIM 모델 데이터에 참조할 때 즉시 동일한 원점 기준으로 배치되도록 설정한다.

Table 2. An example of PDM (Project Definition Matrix)

Project	Area of Interest (AOI)	Requirement statement			Output Type Definition					
		SEP	BEP	QCP	2DR	3DR	BIM	REP	PCD	RAW
Urban design	Region 1	○	○	○	○				○	
Architectural design	Region 2	○	○	○	○	○	○			
MEP planning	Region 4	○	○	○	○	○	○		○	
Atypical facility planning	Region 2	○	○	○	○	○	○	○	○	
Facade restoration	Region 3	○	○	○	○				○	
Room space management	Region 2	○	○	○	○	○				
Maintenance	Region 3	○	○	○	○	○			○	○
Historic documentation	Region 1								○	
	Region 2	○	○	○	○	○			○	

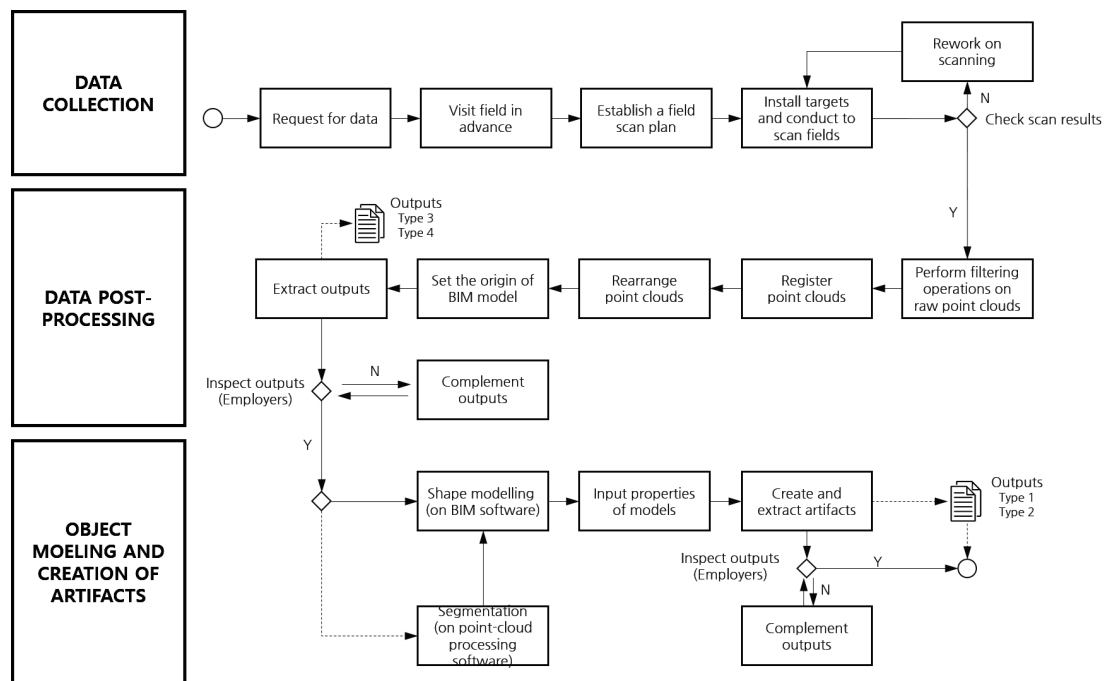


Figure 3. General 3D scanning process

4. 역설계 작업을 위한 협업 프로세스와 자문결과

3D 이미지 스캐닝을 위해서는 먼저 발주자의 응용 목적과 요구 사항을 파악해야 한다. 서비스 제공자는 발주자의 요구사항에 부합하는 결과물을 납품해야 하므로 사전에 요구사항을 반영한 이미지 스캔 계획을 수립해야 한다(Figure 4).

(1) 사전 계획 수립

현장 스캔을 수행하기 위한 현장 답사 전에 자료 수집하여 사전 검토가 필요하다. 스캔할 구역이나 대상물에 대한 설계도서, 측량 데이터와 같은 기본 자료를 사전에 발주자에게 요청하여 수집한다. 사전에 수집한 자료를 토대로 스캔할 구역, 범위, 대상, 객체 등을 사전에 체크한다.

(2) 현장 사전 답사

현장 스캔 작업 전에 작업에 필요한 계획을 수립한다. 사전에 현장 답사하여 아래와 같은 사항을 체크한다.

- ① 스캔 작업 인원 출입 절차, 장비 반입 절차
 - 반입 금지 품목이나 사전 신고 품목 여부 확인
- ② 스캔 작업 시간 및 작업 여건
 - 스캔 일시와 작업 가능한 시간, 작업 여건 확인
 - 스캔 작업자 이외에 다른 통행자가 있을 경우, 통제 가능 여부 확인

- 장비가 운전 중일 경우, 오차가 발생할 수 있으므로 스캔 작업 일자에 운전 정지 여부 확인

- 장비에서 발생하는 연기나 진동이 발생하여 운전 정지가 필요할 경우 설비 담당자와 사전에 협의하여 스캔 작업 시간에 대한 사전조율

③ 스캔 작업에 필요한 작업자별 역할 고려 인원 투입 인원 계획

④ 스캔 구역, 범위, 대상 확인

- 스캔 위치, 방향, 대상물, 범위, 작업자의 동선, 방해물, 그림자, 타깃 설치 위치 등을 체크

- 스캔 결과물에 노이즈를 발생시키는 요소 존재여부 확인(예: 연기, 물, 유리, 거울)

- 스캔 대상물 중 노이즈가 발생할 수 있는 대상물이 있는지 여부 확인(예: 광택이 있는 스테인리스 파이프)

- 스캔 그림자 영역 또는 스캔 부위가 협소하여 장비 설치가 불가능 부위가 존재하는지 여부 확인

⑤ 스캔 장비와 소프트웨어 선정

(3) 현장 작업 준비

① 안전용구 및 보안경 착용

② 스캔 대상물이나 주변 장소에는 보행자나 차량 통행 등 움직임이 없어야 하므로 사전에 통제 공지를 표시하거나 통제

③ 안전 관리자에게 사전협의 후 스캔 구역 통제 표시

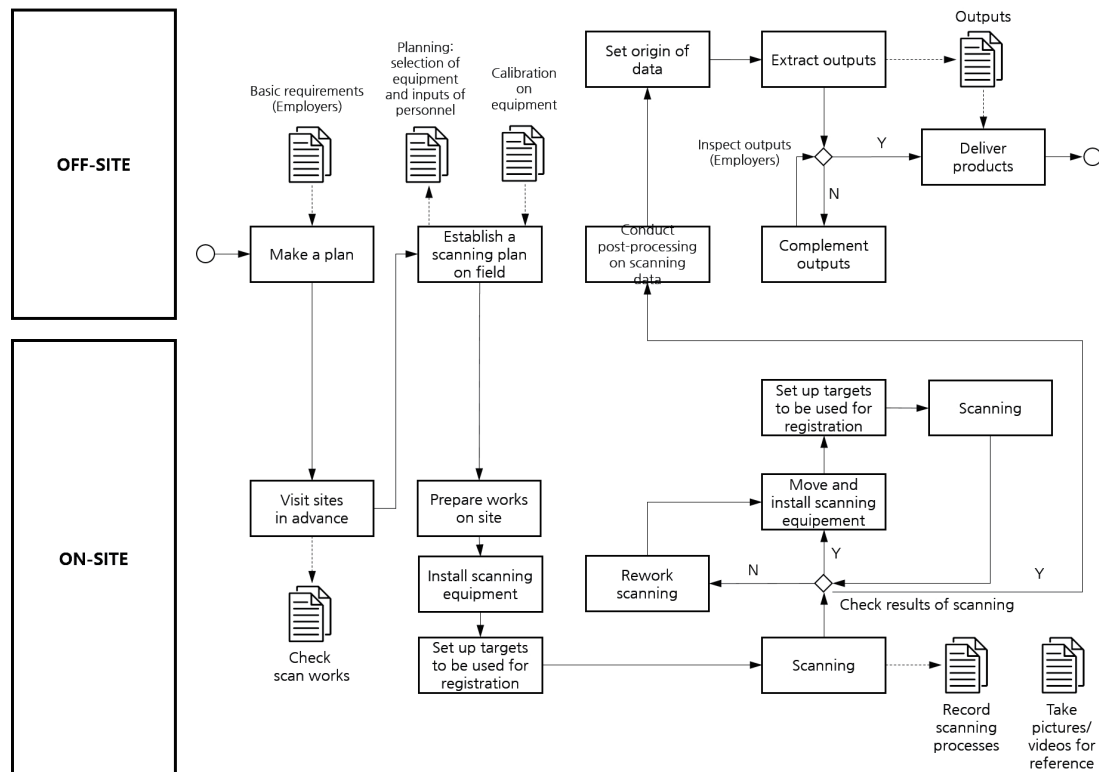


Figure 4. General 3D scanning process

(4) 스캔 장비 설치

스캔 위치 선정 후 스캔 장비 설치를 다음과 같은 사항을 고려하여 설치한다.

- ① 스캔 장비는 바닥이 평평한 곳에 안정적으로 수평 상태로 설치
- ② 스캔 대상물에서 최소 600mm 이상 이격하여 설치
- ③ 스캔 장비와 대상물이 너무 가까울 경우 노이즈 발생 가능성 염두
- ④ 스캔 위치는 스캔 대상물이 모두 보이는 위치를 선정
- ⑤ 스캔 위치는 모든 동선이 연결되도록 선정

(5) 정합용 타깃 설치

3D 포인트 클라우드 데이터는 응용 목적에 따라 정확도 범위가 달라지므로 스캔 장비, 정합용 소프트웨어, 정합방법을 사전에 검토하여 스캔 작업을 진행해야 한다. 정합용 타깃은 스캐닝 데이터를 정합하는데 중요한 기준점이므로 정합 방식을 선정 후 정합용 타깃을 선정한다.

(6) 현장 스캔

- ① 스캔은 스캔 목적과 모델링 객체 위주로 스캔한다.
- ② 스캔은 다음과 같은 순서로 반복 진행한다.
- ③ 스캔 장비 설정
 - 스캔 파일 이름, 스캔 정밀도 또는 레벨을 설정한다.
- ④ 스캔 시작
 - 스캔 장비가 구동 중일 때에는 스캔 구동자가 스캔 되지 않도록 기존 시설물 뒤에 은폐할 수 있도록 위치 이동하며 다른 보행자가 스캔 구역에 진입하지 않도록 통제
 - 스캔 장비가 구동 중일 경우에는 스캔 장비 지지물인 삼각대를 건드리지 않도록 주의 요망
 - 스캔 레이저가 눈에 들어오지 않도록 보안경을 착용하거나 주의 요망
- ⑤ 스캔 결과 확인
 - 스캔 결과물의 이상 유무를 확인 후 문제가 있을 경우 다시 스캔
- ⑥ 스캔 과정 기록
 - 스캔 과정을 후처리에 도움이 될 수 있는 작업 내용을 기록
- ⑦ 다음 스캔 위치로 이동
 - 스캔 장비의 이동
 - 기존 스캔 위치와 다음 스캔 위치를 고려하여 타깃을 조정 설치
- ⑧ 스캔 과정 기록 및 참고용 사진, 동영상 촬영
 - 스캔 참고 데이터는 현장에서 스캔 작업을 하지 않는 작업자가 데이터 후반 처리를 할 경우 현장 상황을 파악할 수 있

도록 현장 사진이나 동영상을 참조

- 스캔 과정과 주변 상황, 스캔 그림자 영역을 다양한 각도로 촬영
- 특히 스캔 데이터를 이용하여 후반에 모델링이나 도면 작업을 해야 할 경우 스캔 부위 중 특히 복잡 부위나 스캔 그림자 영역 등을 촬영
- 후반 작업할 때 활용하면 좀 더 정밀한 데이터와 데이터가 누락되지 않은 결과물을 획득

(7) 스캔 데이터 후처리

스캔 장비 제조사에 제공하는 소프트웨어 또는 정합용 상용 소프트웨어를 이용하여 스캔 장비에서 취득한 스캔 데이터를 정합한다. 만약 불필요한 데이터가 있으면 삭제하거나 정리한다. 정합 후 정합 보고서를 확인하여 정합 편차가 얼마인지 확인한다.

최종 산출물을 작성하기 위해 3D 객체 모델링이 포함되어 있을 경우 BIM 소프트웨어의 작업성을 고려하여 정합은 건물의 층 단위로 정합하며 스캔 영역이 넓은 경우 정합된 데이터의 용량을 구역별로 별도로 설정하여 정합한다.

(8) 데이터 원점 설정

3D 객체 모델 산출물을 작성해야 할 경우에는 정합된 포인트 클라우드 데이터 세트에는 BIM 데이터와 동일한 좌표(원점)가 설정되어 있어야 한다. BIM 소프트웨어 내에서 포인트 클라우드 데이터를 수동으로 이동하지 않고도 BIM 모델 데이터에 참고시킬 때 즉시 동일한 원점 기준으로 배치되도록 설정한다.

(9) 산출물 추출

납품해야 할 스캔 데이터 산출물을 확인하여 산출물을 추출한다. 스캔 데이터 파일과 데이터 저장 폴더 이름을 준수하여 산출물을 추출 저장한다.

(10) 산출물 검사

- ① 포인트 클라우드 검사
- ② 포인트 클라우드 데이터 평가

(11) 산출물 납품

LAS/LAZ 표준 파일인 PTX, PTS, XYZ와 E57 형식 중 발주처에서 요구한 파일 형식으로 납품하며 3D BIM 객체 모델을 작성할 경우 3D BIM 소프트웨어에서 가져오기 또는 참조 가능한 파일 형식으로 납품한다.

이상 협업프로세스 모델에 대해 3D 스캐닝 실무에 참여하고 있는 실무진들을 대상으로 자문을 구하였다. 스캐닝 데이터를 할

용하여 3차원 형상 정보를 얻는 과정, 3차원 형상 정보를 BIM 데이터로 변환하는 과정에 대한 의견을 얻을 수 있었다.

첫째, 기존시설물을 대상으로 BIM 모델 데이터를 구축하기 위해서는 정보구축 수준에 대하여 충분한 검토가 필요하다는 의견이 있었다. 도면 등의 자료가 상세하게 제공이 가능하다면 도면 기반으로 BIM 모델 데이터를 작성을 수행하면 되나 대부분의 기존 건축물은 도면 등의 자료가 부족하거나 없는 경우가 대부분이기 때문이다. 증축 또는 개선공사 등으로 최신도면이 없는 경우도 있다. 기존시설물 BIM 모델 데이터를 작성하기 위해서는 3회(도면기반 작성, 현장기반 수정작성, 활용기반 수정작성) 이상의 작업을 수행해야 한다. 이러한 문제를 개선하기 위해서 측량(3D 스캔)데이터를 이용하는 방법, 활용정보 및 작성기준 등의 제공이 필요함에 공감한다는 의견이었다.

둘째, 3D 스캔 데이터를 기준으로 BIM 모델 데이터 작성 및 구축을 진행하는 방법에 문제가 없을 것으로 보고 있었다. 단, 3D 스캔 데이터 자동결합 SW가 제공되고 있는 데 반해, 사용자 검수가 추가로 필요하고, 불필요한 데이터 제거는 수동으로 진행해야 한다는 의견이었다.

5. 결론

3D 스캐닝과 BIM을 동시 활용할 수 있도록 하기 위해 다양한 객체 모델링 프로그램이 개발되고 이를 건설분야에서 역설계 프로젝트에 활용하기 위한 다수의 연구들이 진행되고 있다. 그러나 3D 스캐닝의 기술은 포인트 클라우드 데이터 후처리에 많은 시간이 소요되기 때문에 발주처에서 요구하는 시간에 맞추지 못하는 경우가 있고, 데이터의 품질 저하와 낮은 정확도로 마무리되기도 한다. 뿐만 아니라 3D 스캐닝 서비스에 대한 입찰금액 과소 산정, 발주자의 기술과 자원에 대한 이해 부족으로 프로젝트 주체 간 불신이 발생하기도 한다.

건설분야에서 3D 스캐닝과 BIM의 융합을 고려하여 정책이 변화하고 있으나 실질적으로 활용될 수 있는 협업방법의 지원이 요구된다. 본 논문에서 이러한 전략적 지원의 수단으로서 3D 스캐닝 기술을 기반으로 한 역설계 지침을 제시하고자 한다. 건설분야에서 역설계 지침은 중요성에 대해 언급되고 있으나, 아직 개발된 사례는 없다.

본 논문에서 제시되는 역설계 프로젝트 협업 프로세스 모델의 목적은 국내에서 BIM과 스마트 건설기술의 도입을 위한 협업체계를 구성하게 함에 있다. 프로젝트 수행 시 발생하는 오류로 인한 리스크들을 최소화함으로써 프로젝트의 생산성을 확보하게 하는 것이 중요하다. 본 모델은 기존 발주프로세스를 기반으로 3D 스캐닝 기술과 BIM을 활용하면서 도출된 의사소통 방식, 데

이터 교환 양식에 관한 것이었다.

현재는 3D 스캔과 BIM 이용한 역설계 프로젝트가 국내 상황에 적합한 지침이나 프로세스가 정립되어 있지 않지만, 장기적인 투자로 기술을 개발함으로써 국내 환경에 적합한 발주 지침과 프로세스를 정립해야 할 것이다.

Acknowledgement

본 연구는 국토교통부 도시건축 연구개발사업의 연구비지원(21AUDP-B127891-05)에 의해 수행되었습니다.

References

- Alomari, K., Gambatese, J., Olsen, M. J. (2016). Role of BIM and 3D laser scanning on job sites from the perspective of construction project management personnel. Construction Research Congress, pp. 2532-2541.
- Autodesk, <https://www.autodesk.com/solutions/bim>, (Mar. 7. 2020).
- Borrmann, A., Forster, C., Liebich, T., König, M., Tulke, J. (2020). Germany's Governmental BIM Initiative - The BIM4INFRA2020 Project Implementing the BIM Roadmap. International Conference on Computing in Civil and Building Engineering, pp. 452-465.
- buildingSMART Korea (2017). BIM 적용 실효성 강화 방안 및 사례 연구
- CEN/TC 442 BIM (2020), Business plan Directive 2014/24/EU, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32014L0024>, 2020-10-30
- EU BIM Task Group Handbook (2017), <http://www.eubim.eu/>, (Oct. 30. 2020).
- European Commission 2019, https://ec.europa.eu/eip/ageing/standards/home/bim_en.html, (Oct. 30. 2020).
- Graphisoft, <https://graphisoft.com/solutions/workflows/open-bim>, (Mar. 30. 2020).
- JBTP (2016). 3D scanner technology application and prospect (in Korean), 56, Issue&Tech.
- JBTP (2019), Business announcement to support prototype production of 3D printing convergence
- KICT (2015). Architectural MEP Object Reverse Engineering Technology Development for the Facility Management, KICT 2015-180, pp. 23.

- KICT (2018). BIM Roadmap and Activation Strategies for Public SOC Projects, KICT 2018-029.
- Kwon, S. W. (2015). Strategy for Applying of Reverse Engineering in Construction Industry, Magazine of KIBIM (Special Issue), 5(3), pp.14-24.
- Lee, S. S., Kwon, S. W. (2014). A Study on Optimal Laser Scanning method for Reverse Engineering at Interior Remodeling Project, Korean Journal of Construction Engineering and Management, 15(3), pp. 1229-7534.
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport (2016). Enhancement and Substantiation Plan for Core Technology of Open BIM based Architectural Design
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport (2020). Roadmap for revitalizing architectural BIM ('21 ~'30).
- Ministry of the Interior and Safety (2017). A plan to strengthen the effectiveness of BIM application and Case studies.
- Park, H. J., Ryu, J. R., Woo, S. H., Choo, S. Y. (2016). An Improvement of the Building Safety Inspection Survey Method using Laser Scanner and BIM-based Reverse Engineering, Journal of the Architectural Institute of Korea, 32(12), pp. 1226-9093.
- Park, M. W. (2015). Applications of Computer Vision Technologies for Construction Management", Review of Architecture and Building Science, 60(1), pp. 31-36.
- Travaglini, A., Radujković, M., Mancini, M. (2014). Building information modelling (BIM) and project management: a stakeholders perspective. Organization, technology & management in construction: an international journal, 6(2), 1001-1008.
- VDI 2552, <https://www.vdi.de/richtlinien/unsere-richtlinien-highlights/vdi-2552>, (Oct. 30. 2020).