

건축물 부재 역설계를 위한 반자동 Scan to BIM 기술 연구

강태욱
한국건설기술연구원

A study on Semi-automatic Scan to BIM technology for Reverse engineering of Building objects

Taewook Kang

Department of Future Technology and Convergence Research, Korea Institute of Civil Engineering and
Building Technology

요약 최근 스마트 건설, 시설물 조사 및 관리 분야에서 Scan to BIM 기술 활용도가 높아지고 있다. 하지만, 많은 경우 수작업으로 Scan to BIM 작업을 수행하고 있어, 모델링 중 오기 혹은 노이즈가 모델에 입력되는 경우가 많다. 수작업 기반 Scan to BIM 프로젝트 수행 경험에 따라 산출물의 품질 및 생산성에 영향을 받는다. 이를 자동화할 수 있다면, 산출물 품질 및 생산성이 높아질 수 있다. 역설계는 제약된 현장에서 취득된 불완전한 스캔 데이터 등의 이유로 사람의 판단하에 BIM 객체 위치, 방향 및 파라미터를 선택하는 방법이 효과적인 경우가 있다. 이를 고려해, 본 연구는 반자동 기반 Scan to BIM 기술을 제안하도록 한다. 이를 위해, 반자동 기반 Scan to BIM 유스 케이스, 아키텍처를 도출하고, 이를 구현한다. 그리고, 구현 결과를 비교 분석하고, 효과 및 향후 연구 방향을 도출한다. 그 결과, 본 연구 대상건축물에 대한 역설계 평균작업 시간은 최대 77.1%, 최소 54.3% 절감효과가 있었다. 이를 통해, 반자동 방식이 BIM 모델링 작업 생산성 향상에 효과가 있음을 확인할 수 있다.

Abstract Recently, the use of Scan to BIM technology has been increasing in smart construction, facility inspections, and management. In many cases, however, Scan to BIM work is performed manually, and errors or noise are often input into the model during modeling. The quality and productivity of the output are affected by the experience of performing a manual-based Scan to BIM project. Hence, the output quality and productivity can be increased if this can be automated. Reverse engineering is sometimes effective in selecting the BIM object location, direction, and parameters under human judgment due to incomplete scan data acquired from a restricted site. Hence, this study proposes Scan to BIM technology semi-automatically. In this study, Scan to BIM use case and architecture are derived and implemented. The implementation results are compared, and the effects are derived. As a result, the average reverse engineering work time for the building subject to this study was reduced by 54.3 % to 77.1%. Through this, the method is effective in improving BIM modeling work productivity.

Keywords : 3D Vision, Point Cloud Data, Scan to BIM, Semi-automatic, Reverse Engineering

This research was supported by a grant "3D vision & AI based Indoor object Scan to BIM pipeline for building facility management" of the Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology(KICT).

*Corresponding Author : Taewook Kang(Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology)

email: ktw@kict.re.kr

Received May 2, 2023

Revised June 1, 2023

Accepted June 2, 2023

Published June 30, 2023

1. 서론

최근 스마트 건설, 시설물 조사 및 관리 분야에서 Scan to BIM 기반 역설계 기술 활용도가 높아지고 있다. 하지만, 많은 경우 수작업으로 Scan to BIM 작업을 수행하고 있어, 모델링 중 오기 혹은 노이즈가 모델에 입력되는 경우가 많다[1]. 수작업 기반 Scan to BIM 프로젝트 수행 경험에 따라 산출물의 품질 및 생산성에 영향을 받는다. 이를 자동화할 수 있다면, 산출물 품질 및 생산성이 높아질 수 있다.

드론 기반 포토그래메트리(Photogrammetry), LiDAR (Light Detection and Ranging)와 같은 스캐너로부터 스캔 데이터를 획득하는 과정을 이미지 스캔(Image scan)이라 한다. 스캔 데이터는 포인트 클라우드(point cloud)라 하며, 속성 정보가 포함된 스캔 포인트(point)의 집합이다.

포인트 클라우드를 BIM(Building Information Modeling)으로 모델링하는 과정은 수많은 수작업이 포함되어 있다. 시간이 많이 소모되는 역설계 작업 특성상 설계변경 같은 재작업 요청이 발생되면 역설계 비용은 기하급수적으로 증가할 수 있다. 게다가, BIM 과정에서 실수나 착오로 얻은 데이터가 입력되면, 전체 작업 산출물이 무용지물이 되며, 다시 재작업해야 한다.

수작업 기반 Scan to BIM 프로젝트 수행 경험에 따라 산출물의 품질 및 생산성에 영향을 받는다. 이러한 역설계 작업의 일부 과정을 자동화할 수 있다면, 산출물 품질 및 생산성이 높아질 수 있다.

역설계는 제약된 현장에서 취득된 불완전한 스캔 데이터 등의 이유로 사람의 판단하에 BIM 객체 위치, 방향 및 파라미터를 선택하는 방법이 효과적인 경우가 많다.

이러한 경우를 고려해, 본 연구는 본 연구는 반자동 기반 Scan to BIM 기술을 제안한다. 이를 위해, 반자동 기반 Scan to BIM 유스 케이스, 아키텍처를 도출한다. 이를 바탕으로 Scan to BIM 프레임워크와 주요 컴포넌트를 도출하고, 이를 구현한다. 구현된 결과를 비교 분석하고, 효과 및 향후 연구 방향을 도출한다.

2. 연구 방법

본 연구의 범위는 건축물 부재 역설계를 위한 반자동 기반 Scan to BIM 기술 연구로 한정한다. 역설계 대상이 되는 건축물 부재는 현업 시설물 관리 작업에서 빈번

히 사용되는 정보를 포함하고 있는 벽체, 창호, 문, 기둥, 가구 객체로 한정한다.

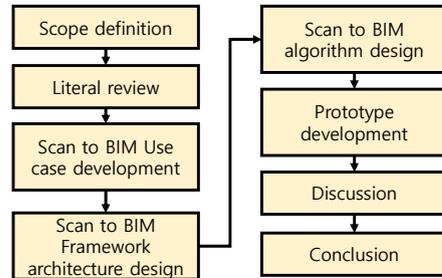


Fig. 1. Research process

반자동 Scan to BIM 기술 연구를 위해, 관련 문헌을 조사한 후 내용을 분석한다. 이후, 이를 바탕으로 Scan to BIM 유스 케이스와 프레임워크를 도출한다. 도출된 내용을 바탕으로 아키텍처와 알고리즘을 설계하고, 이를 프로토타입으로 구현한다. 이를 통해, 제안한 기술의 성능을 분석하고, 향후 연구 과제를 도출한다. Fig. 1은 관련 연구 흐름도를 나타낸 것이다.

3. 관련연구

3차원 스캔 및 역설계 작업은 수작업 중심의 작업 프로세스를 가지고 있다. 이와 관련해, 반자동 및 자동화 관련 연구가 점차 많아지고 있다. 관련 분야는 주로 시설물 관리, 시공 관리 및 리모델링 프로젝트 등에서 역설계 기술을 적용한 연구 및 사례가 많다. 역설계는 대부분 현장 정보 현행화를 통해 관련 분야의 데이터소스로 활용하고자 하는 목적이 많다[1].

대용량 포인트 클라우드에서 파이프를 추출하는 데 필요한 알고리즘에 대한 연구가 있었다[2]. 이 연구는 MEP 객체 중 파이프 형상을 추출하는 알고리즘 개발에 중점을 두고 있다. 역설계과정 중 3차원 형상정보 획득 시 포인트 데이터 정밀도에 따른 측정 시간 및 오차를 분석해 포인트 데이터 수집 정밀도를 제안한 연구가 있었다[3]. 이 연구는 스캔 데이터 산출물 품질 관리에 초점을 맞추고 있다. 역설계 목적별로 상세 수준을 분류해 적용 영역을 정의하고, 각 상세 수준별 역설계 모델링 작업 시간을 분석한 연구가 있다[4]. 이 연구는 역설계 프로젝트 예상과 적용 분야에 대한 기초자료를 분석한 의미가 있다.

건설현장 디지털트윈 구성 시 필요한 스캐닝 방법에

관한 연구가 있다[5]. 이 연구는 스캔 작업 수행 시 필요한 장비를 조사해, 각 도구의 품질 요소를 분석하고, 고려사항을 도출하였다. 딥러닝 기반 BIM 부재 자동분류 성능향상을 위한 양상블 모델 구축에 관한 연구가 있었다[6]. 이 연구는 BIM 부재를 자동 분류하기 위해 CNN(Convolution Neural Network)기반 모델과 다른 모델을 조합한 방식을 이용해 객체분류 성능을 개선하는 데 초점을 맞춘다. 역설계 기술 개발을 위해, 3차원 스캔 데이터와 PointNet 딥러닝 모델을 활용한 연구가 있었다[7]. 이 연구는 건축부재 추출을 위한 자동화된 방식을 제안하고 있어, 모델러와 인터랙션을 고려한 제안 기술과는 차이가 있다. 역설계 작업을 위해 드론, 라이다 및 SLAM을 활용해 복층 건물의 포인트 클라우드를 구축하여, 건물 형상재현 완성도 개선하는 연구가 있었다[8]. 이 연구는 이기종 스캔 데이터 정합을 위해, 토탈 스테이션 등을 활용해 얻은 기준점을 통해 실내의 데이터를 정합한다.

앞에서 조사된 연구들은 반자동 Scan to BIM 방식을 제안한 본 연구와는 차이가 있다. Scan to BIM 작업 현장 여건상 불완전한 스캔 데이터를 기반으로 모델링하는 과정에서 객체 모델의 위치, 방향, 파라미터 등을 엔지니어가 확인하며 진행해야 효과적인 경우가 많다.

이런 경우를 고려해, 본 연구에서는 반자동 기반 Scan to BIM 기술을 제안한다. 이를 위해, 반자동 기반 Scan to BIM 유스 케이스, 프레임워크 아키텍처를 도출하고, 이를 구현한다. 구현된 결과를 비교 분석한다. 그리고, 제안 기술의 효과 및 향후 연구 방향을 도출한다.

4. Scan To BIM 프레임워크 정의

4.1 유스 케이스 분석

이 장에서는 Scan to BIM 프레임워크를 정의하기 위해, 유스 케이스를 분석한다. 이를 위해, 앞서 확인한 문헌조사결과와 역설계 엔지니어링 경력을 가진 엔지니어들(3~5년)을 대상으로 프로세스를 분석한다. 다음은 이를 통해 조사한 일반적인 역설계 프로젝트 프로세스를 기술한 것이다.

- P1. 프로젝트 목표 및 범위 확인: 프로젝트 계획서, BEP(BIM Execution Plan) 검토 및 작업 범위 확인.
- P2. Scan to BIM 모델링 요구사항 확인: BIM 모델

링 범위, 정확도, LOIN(Level of Information), LoG(Level of Graphics) 정의.

- P3. Scan to BIM 작업 환경 준비: 요구사항에 부합하는 모델링 도구, 도면 템플릿, 라이브러리, 산출물 및 데이터 공유 저장소, CDE(Common Data Environment) 환경 준비.
- P4. Scan 데이터 전처리: 프로젝트 요구사항을 고려한 데이터 노이즈, LoD(Level of Detail) 등 전처리.
- P5. BIM 모델링 작업: 바닥, 천정, 기둥, 벽체 등 주요 부재 생성.
- P6. 작업물 품질 검수: 모델링된 BIM 산출물에 대한 정확도, LoD 등 요구사항 만족 여부 체크. 작업 및 품질 보고서 생성. 발주자 혹은 제3의 검수자가 산출물 데이터 품질 검토.
- P7. 산출물 패키징 및 납품: 품질 검수 완료 후 보고서와 함께 납품. 산출물 패키징 시 발주자 요구사항에 의해 BIM 뷰어, 발주자 시스템 연계를 위한 파일포맷 등이 고려될 수 있음.

Scan to BIM 프레임워크 구성요소를 정의하기 위해, 앞서 조사된 프로세스를 바탕으로 유스 케이스를 분석하였다(Fig. 2).

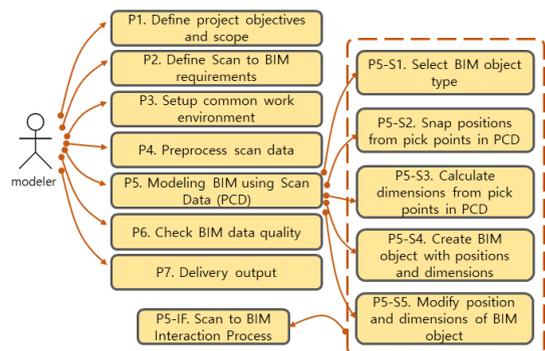


Fig. 2. Use case diagram

이 중, 본 연구과제와 관련된 유스 케이스 P4, P5는 Scan to BIM 산출물 생산성과 품질에 직접적으로 영향을 미친다. P4는 스캔 데이터 전처리 작업을 통해, 대용량 데이터를 작업 가능한 크기로 분할한 후, 분할된 각 스캔 데이터 파일별로 노이즈제거·LoD생성·특징계산 등의 작업을 수행한다. 이 결과, 요구사항이 고려된 포인트 클라우드 데이터(PCD, Point Cloud Data)를 획득한다.

P5단계에서, 전처리된 PCD를 이용해, 주요 건축부재를 BIM으로 모델링하고, 개구부 및 기타 부재를 모델링한다. 다음은 이를 단계별로 분석한 것이다.

P4. Preprocess scan data

- S1. 스캔 데이터 읽기
- S2. 대용량 스캔 데이터 격자 분할
- S3. 스캔 데이터 노이즈 제거
- S4. 스캔 데이터에 대한 LoD 생성
- S5. 스캔 데이터 특징 계산: 법선벡터, 곡률 등
- S6. 처리된 스캔 데이터 저장

P5. Scan data 활용 BIM 모델링

- S1. 생성할 BIM 객체 유형 선택
- S2. 사용자가 PCD를 참고해 BIM객체 생성을 위한 스냅(snap) 지점 선택
- S3. 사용자가 BIM객체 생성에 필요한 치수값 획득을 위해 PCD에 특정 위치를 선택해 파라미터값을 계산(예. 벽체의 경우 PCD에서 두점을 입력받아, 벽체 위치 및 방향을 얻어야 함).
- S4. 앞의 과정을 통해 얻은 파라미터를 입력해 BIM 객체 생성
- S5. 생성된 BIM 객체 위치 등 파라미터 조정

4.2 모델러와 모델 간 작업 상호작용 분석

반자동 Scan to BIM 기술 컴포넌트 도출을 위해, 작업자인 모델러와 대상이 되는 모델간의 상호작용(interaction)이 있는 P5단계를 상세히 분석한다. P5단계는 많은 작업이 로딩된 PCD에서 모서리, 경계와 같은 특징을 찾아, BIM으로 모델링될 객체의 위치와 치수를 결정 및 조정하는 과정이 여러 번 반복된다. 이 과정은 사용자의 모델링 의도를 파악하기 위해, 반자동 Scan to BIM 도구가 사용자에게 의도를 입력받는 인터랙션 과정을 수행한다(Fig. 3). 예를 들어, 벽체를 모델링하기 위해서는 벽체의 높이와 폭이 필요하므로, 벽체 양끝 모서리를 BIM 모델러에서 SNAP 도구를 이용해 잘 선택하고, 수치를 측정하는 과정이 계속된다. 이와 같이 PCD에서 객체가 설치될 위치와 치수를 얻고, 적절한 값을 조정하는 작업은 단순반복적이며 노동집약적이다. 특히, 뭉쳐진 PCD에서 원하는 정보를 잘 구분되지 않는다면, BIM 객체 생성에 필요한 정확한 위치, 치수를 수작업으로 선택 및 입력하는 과정에 시행착오가 필요하다. 이 과정에서 오기로 인한 품질 저하도 종종 발생한다.

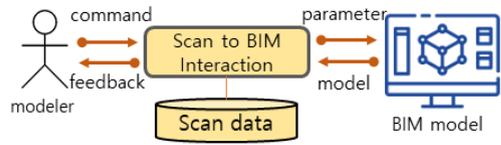


Fig. 3. Scan to BIM Interaction Process Concept

Fig. 4와 Table 1은 이 과정을 분석한 것이다. 이 과정에서 사용자로부터 입력받는 파라미터는 생성할 BIM 객체 유형에 따라 가변성을 고려해 입력받는다.

P5-IF(Interaction Flow). Scan to BIM

- IF-1. 생성할 BIM 객체 유형 선택
- IF-2. 참조할 PCD에서 생성될 객체의 기준 위치에 해당하는 지점을 마우스로 선택
- IF-3. 생성될 객체의 크기, 방향 등 치수에 해당하는 부분을 마우스로 선택
- IF-4. 입력된 유형, 위치, 치수로 객체 생성
- IF-5. 생성된 객체의 위치, 방향, 치수 등을 조정

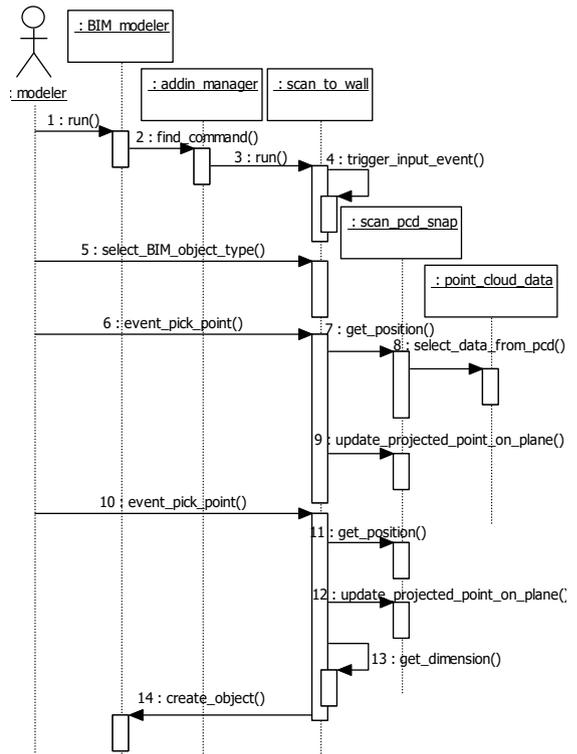
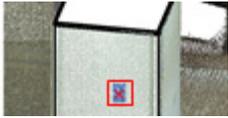


Fig. 4. Scan to BIM Interaction Sequence Flow UML(Unified Modeling Language) Diagram

분석된 Fig. 4와 Table 1을 통해, 각 시나리오 수행에 필요한 객체, 기능을 포함한 멤버를 추출한다.

Table 1. Object and Member derivation from Scan to BIM Interaction Sequence

Object	Description
point3d	A three-dimensional point data structure representation. Manages x, y, z members.
point_data	Manage feature data of point3d. Feature data can be normal, curvature, etc.
point_cloud_data	<p>A data structure that manages groups of point3d. load(): Read data file. save(): Save data file. select_data(point2d, size, face_snap): Receives point2d and size with x, y coordinate values of the screen clicked with the mouse, and returns the PCD of the corresponding area (red box area in the following figure).</p>  <p>The face_snap option has the value {near_plane, far_plane, between}. In the case of near_plane, the PCD of the plane closest to the camera in the 3D modeling space is returned, and in the case of far_plane, the PCD of the opposite plane is returned. In case of the between option, the PCD between near_plane and far_plane is returned.</p>
scan_pcd_snap	<p>An object that plays the role of snapping a desired point in the PCD and returning the position. get_position(point2d, size, face_snap, point_snap): Using the select_data function, returns the point on the target PCD required for BIM object creation during semi-automatic reverse engineering. The point_snap option has center_point, vertex_point, and near_edge_point, and returns the center point, vertex, and near edge point from the PCD returned from the select_data function, respectively.</p>
scan_to_bim_command	<p>The ability to perform the Scan to BIM command can have a variable design intent each time the user performs reverse engineering modeling. Therefore, commands that perform Scan to BIM must support polymorphism. scan_to_bim_command serves as a base class when reverse engineering objects such as walls, columns, and windows. run(): command execution function overridden. create_BIM_object(object_type, dimensions): BIM object creation function according to the given object_type object type and dimensions. snap_scan_point(): Calls get_position() function of scan_pcd_snap object and returns point3d required for reverse engineering. trigger_input_event(): Generates an input event to process interactions with users of the reverse engineering modeler. Event types are divided into object type, location, value, and text input.</p>

scan_to_wall	command to create a wall. The run() and create_BIM_object() functions are defined according to wall creation.
scan_to_door	Commands for creating door objects.
scan_to_window	command to create a window object.
scan_to_column	Column object creation command.
scan_to_furniture	Commands for creating furniture and fixture objects.
BIM_modeler	BIM modeler to create objects such as wall etc.
addin_manager	BIM Modeler's addin feature manager.
addin_command	Base class for implementation of command in addin module.

5. Scan To BIM 아키텍처 설계

5.1 프레임워크 설계

앞서 분석한 Fig. 4와 Table 1을 통해, 모델러와 BIM 모델 간 Scan to BIM 상호작용을 고려한 컴포넌트를 도출한다. 상호작용에 관한 단계들을 분석하면, 크게 C1) PCD 사용하고 관리하는 부분, C2) PCD에서 형상 모델링에 필요한 파라미터를 추출하는 부분, C3) 추출된 파라미터를 이용해 BIM객체를 생성하는 부분으로 구분할 수 있다. 획득한 파라미터는 BIM 모델러(C4)가 BIM 객체 생성 위치, 크기, 방향 및 치수로 사용된다.

Table 2. Scan to BIM Framework Component

No	Framework Component	Related use case	Interaction use case
C1	PCD manager	P4-S2, S3, S4, S5	-
C2	Scan to Geometry	P5-S2, S3	IF-1, 2, 3, 4, 5
C3	Geometry to BIM	P5-S1, S4, S5	
C4	BIM modeler	P4-S1, S6. U5-S1	-

이를 프레임워크 컴포넌트로 추출한 후, 이를 담당하는 유스 케이스를 Table 2와 같이 할당한다. Fig. 5는 도출된 Scan to BIM 프레임워크를 보여준다.

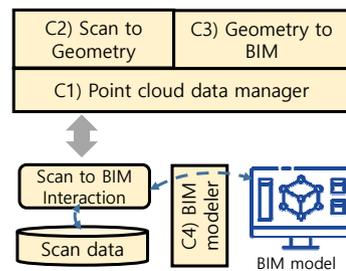


Fig. 5. Scan to BI Framework

5.2 아키텍처 설계

이 장에서 추출된 객체 간의 관계를 고려해 구조를 설계한다.

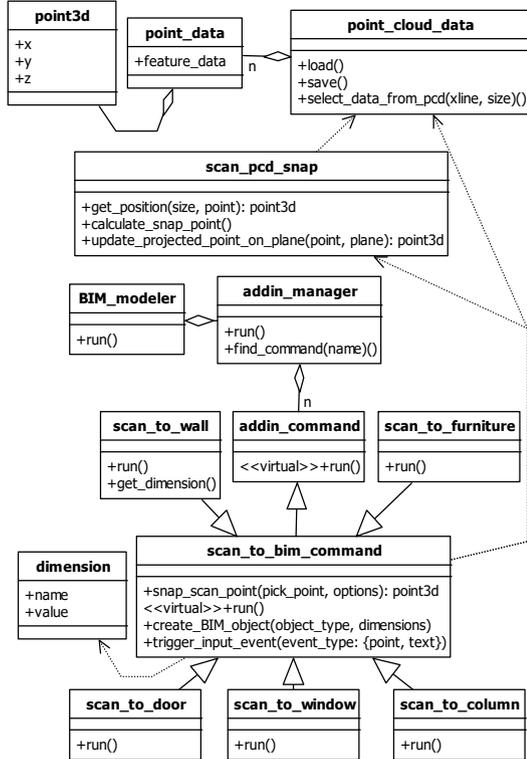


Fig. 6. Scan to BIM Addin Architecture in modeling software

scan_pcd_snap는 기능 수행을 위해, pcd_cloud_data를 참조한다. BIM 생성에 필요한 파라미터는 scan_pcd_snap과 scan_to_bim_command 기본 클래스에서 계산하도록 한다. 생성할 BIM객체 종류에 따라, 모델러와 BIM모델 간의 상호작용 절차에 가변성이 있으므로, 이는 scan_to_bim_command에서 파생받아 정의한다. 이를 고려해, 프레임워크 구조를 정의하면 Fig. 6과 같다.

6. 프로토타입 개발 및 효과 분석

6.1 프로토타입 개발

이 장에서는 앞서 정의된 반자동 Scan to BIM 아키텍처를 구현하고, 효과를 분석한다. 테스트 대상은 한국건설기술연구원 본관 2층으로, 고정밀 LiDAR Trimble TX8을 이용해 스캔된 데이터를 사용하였다(Fig. 7).

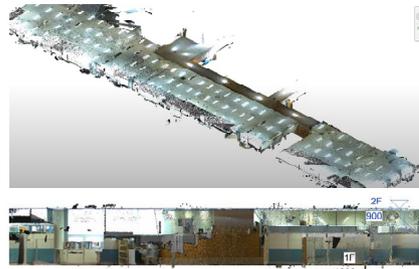


Fig. 7. Test Dataset (LiDAR, Trimble TX8, KICT)

프로토타입은 설계된 Scan to BIM 아키텍처를 바탕으로, Revit API Add-in으로 개발되었다(Fig. 8).

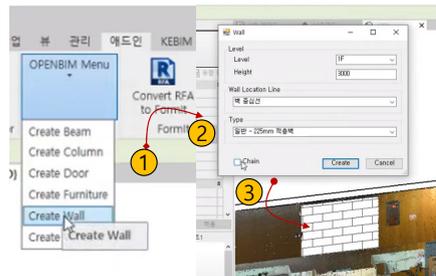


Fig. 8. Semi-automatic Scan to BIM Tools (1-Scan to BIM Menu, 2-Dialog box, 3-PCD and BIM object)

성능 분석을 위해, 스캔된 PCD를 BIM 역설계할 때 5년 이상 경력을 가진 역설계 모델러의 수동 작업과 반자동 작업을 구분해 소요시간(분, 평균값)을 측정하였다.

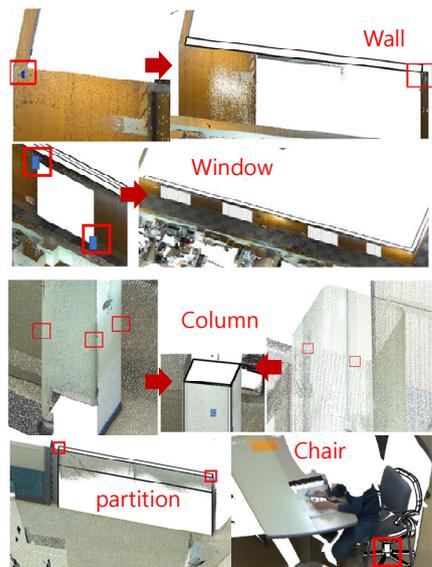


Fig. 9. Scan to BIM Results

테스트 시나리오는 다음과 같다.

- T1. 높이, 폭이 있는 객체(예. 벽체) 역설계
- T2. 높이, 폭, 두께가 있는 객체(예. 기둥) 역설계
- T3. 개구부 객체(예. 문, 창호) 역설계

각 시나리오의 세부 단계는 다음과 같이 설계하고, 단계별 BIM 역설계 시간을 단위 작업 당 평균작업시간(초)으로 측정한다.

- M1. 객체 크기 확인: 스캔된 PCD에서 모델링할 BIM 객체 위치, 방향, 치수를 확인함.
- M2. 유형 생성: M1에서 얻은 치수 정보를 이용해, BIM 패밀리 객체 유형을 선택한 후, 모델링에 사용할 수 있도록 준비함.
- M3. PCD로 부터 파라미터 추출: PCD를 선택해, 생성될 객체의 위치, 방향 정보를 획득하고, 객체 생성에 필요한 기타 파라미터를 설정함.
- M4. BIM 객체 생성: M3에서 입력된 정보를 이용해, BIM 객체를 생성함
- M5. BIM 객체 파라미터 수정: M4에서 자동생성된 BIM객체 위치, 방향 및 치수가 불일치할 경우, 수동으로 객체를 이동, 회전, 정렬함

Table 3. T1 Scenario's Scan to BIM Performance Comparison Results between Manual and Proposal Method (second)

Type	Manual work	Scan to BIM	
		Adjustment (M5)	Sequence Not adjustment
M1	9	9	9
M2	21	21	21
M3	12	9	9
M4	12	12	12
M5	24	12	0
Total	78	63	51
Ratio	100.0%	80.8%	65.4%

Table 4. T2 Scenario's Scan to BIM Performance Comparison Results between Manual and Proposal Method (second)

Type	Manual work	Semi-automatic	
		BIM Family Creation & Selection	Sequence BIM Family Selection
M1	12	12	0
M2	15	15	0
M3	9	9	6
M4	9	12	15
M5	18	0	0
Total	63	48	21
Ratio	100.0%	76.2%	33.3%

Table 5. T3 Scenario's Scan to BIM Performance Comparison Results between Manual and Proposal Method (second)

Type	Manual work	Scan to BIM	
		Adjustment (M5)	Sequence Not adjustment
M1	12	12	0
M2	18	9	9
M3	9	9	9
M4	9	9	15
M5	21	12	9
Total	69	60	42
Ratio	100.0%	73.9%	60.9%

M5 상황은 조건에 따라 발생되므로, 이를 구분해 작업 시간을 조사하였다. 각 테스트 시나리오 별 수행 결과는 Table 3, 4, 5와 같다.

테스트 시나리오 테스트 수행 결과는 다음과 같다.

- T1: 기존 수동 방식에 비해, 제안 방법은 80.8%(객체 조정 시 65.4%) 역설계 작업시간이 단축됨.
- T2: 기존 수동 방식에 비해, 제안 방법은 BIM 패밀리 유형 생성 후 선택 시 76.2%(유형검색 시 33.3%) 작업시간이 단축됨.
- T3: 기존 수동 방식에 비해, 제안 방법은 BIM 패밀리 유형 생성 후 선택 시 73.9%(유형검색 시 60.9%) 작업시간이 단축됨.

테스트 시나리오 수행 결과, 제안된 방법은 생성된 BIM 객체의 위치, 방향, 치수를 조정했을 때, 안했을 때로 구분하였을 때, 각각 평균 77.1%, 54.3% 시간절감 효과가 있었다(Table 6). 이러한 결과를 통해, 반자동 방식이 역설계 작업 효율을 개선한다는 것을 확인할 수 있다.

Table 6. Scan to BIM Performance Comparison Results between Manual and Proposal Method (second)

Type	Manual work	Scan to BIM	
		Adjustment (M5)	Sequence Not adjustment
Total	210	162	114
Ratio		77.1%	54.3%

7. 결론

본 연구는 반자동 기반 Scan to BIM를 제안하기 위해, 유스 케이스, 아키텍처를 도출하고, 이를 구현한 후 수작업과 제안방법의 역설계 작업시간을 측정 후 분석하

였다. 그 결과, 역설계 평균작업 시간은 최대 77.1%, 최소 54.3% 절감효과가 있었다. 이를 통해, 반자동 방식이 작업 생산성 향상에 효과가 있음을 확인할 수 있었다.

다만, 본 연구는 단일 건축물에 대해 제안 방법을 테스트한 한계가 있다. 향후, 테스트 데이터셋을 좀 더 확장하고, 테스트 시 참여자를 다양하게 하여, 생산성 및 품질 개선효과를 정량화할 계획이다. 아울러, 딥러닝 기반 건축물 객체인식 모델을 구현해 테스트해봄으로써 그 효과를 확인할 계획이다.

Acknowledge

This research was supported by a grant “3D vision & AI based Indoor object Scan to BIM pipeline for building facility management” of the Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology(KICT).

References

- [1] T.W. Kang, “BIM-based Smart Facility Management Framework for Existing Buildings”, *Review of Architecture and Building Science*, Vol.62, No.6 pp.37-42, 2018. DOI: <https://doi.org/10.36909/ier.11433>
- [2] J.E. Kim, “Large Point Cloud-based Pipe Shape Reverse Engineering Automation Method”, *Journal of the Korea Academia-Industrial Society*, Vol.17, No.3, pp.692-698, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2016.17.3.692>
- [3] S.S. Lee, S.W. Kwon, “A Study on Optimal Laser Scanning method for Reverse Engineering at Interior Remodeling Project”, *Korea Journal of Construction Engineering and Management*, Vol.15, No.3, pp.3-11, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.6106/KJCEM.2014.15.3.003>
- [4] J.H. Chae, J.Y. Lee, “Definition of 3D Modeling Level of Detail in BIM Regeneration Through Reverse Engineering - Case Study on 3D Modeling Using Terrestrial LiDAR”, *Korea Institute of BIM*, Vol.7, No.4, pp.8-20, 2018. DOI: <https://doi.org/10.13161/kibim.2017.7.4.008>
- [5] S.H. Kim, T. H. Kim, Ire. Eom, J. C. Won, “A Study on the Efficient 3D Scanning Method for Digital Twin Configuration in Construction Site”, *KIBIM Magazine*, Vol.12, No.3, pp.39-51, 2022. DOI: <https://doi.org/10.13161/kibim.2022.12.3.039>
- [6] S. H. Kim, W. B. Lee, Y. S. Yu, B. S. K, "Advanced

Approach for Performance Improvement of Deep Learningbased BIM Elements Classification Model Using Ensemble Model”, *KIBIM Magazine*, Vol.12, No.2, pp.12-25, 2022.

DOI: <https://doi.org/10.13161/kibim.2022.12.2.012>

- [7] J. W. Park, J. H. Kim, S. H. Kim, J. M. Lee, C. S. Choi, K. B. Jeong, J. W. Lee, "BIM Model Generation at Building Level using Automated Scan-to-BIM Process - Focused on Demonstration of BIM Modeling for Gangwon Fire Service Academy", *KIBIM Magazine*, Vol.11, pp.53-62. 2021. DOI: <https://doi.org/10.13161/kibim.2021.11.4.053>

- [8] J. O. Kang, Y. C. Lee, "UAV and LiDAR SLAM Combination Effectiveness Review for Indoor and Outdoor Reverse Engineering of Multi-Story Building", *Journal of Cadastre & Land InformatiX* Vol.50, No.2, pp.69.79, 2020.

DOI: <https://doi.org/10.22640/lxsiri.2020.50.2.69>

강 태 욱(Tae-Wook Kang)

[정회원]



- 2009년 3월 : 중앙대학교 건설환경공학 (공학박사)
- 2010년 6월 ~ 2011년 5월 : 중앙대 겸임교수
- 2011년 6월 ~ 2012년 6월 : 한길아이티 BIM본부장
- 2012년 7월 ~ 현재 : 한국건설기술연구원 연구위원

<관심분야>

CAD, CAM, BIM, GIS, Computer Graphics, SW공학