

리모델링 프로젝트의 역설계 적용을 위한 최적 3차원 레이저 스캐닝 정보 획득 방안에 관한 연구 - 실내 리모델링을 대상으로 -

이상설¹ · 권순욱*

¹성균관대학교 U-City공학과

A Study on Optimal Laser Scanning method for Reverse Engineering at Interior Remodeling Project

Lee, Sangseol¹, Kwon, Soonwook*

¹Department of U-City Design and Engineering, Sungkyunkwan University

Abstract: Recently, remodeling construction project has been prevalently conducted in major city areas in Korea. However, remodeling construction project has a difficulty in conducting a construction because of non-existing drawing or lack of drawing information. To solve these problems, modeling techniques by using reverse engineering have been widely studied in other industries such as aerospace and automobile industry. But reverse engineering techniques have not been used in remodeling construction projects because those technology haven't supplied less accuracy during required time for surveying. So, this study suggests optimal method of acquiring accurate 3D laser scanner information for reverse engineering at interior remodeling project.

Keyword : Reverse Engineering, Interior Remodeling, 3D Laser Scanner, Point Cloud

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

최근 국내 건축경기는 감소세를 지속하고 있다. 이러한 현상의 원인 중 하나로 국내건설 수주의 감소를 들 수 있다. 특히, 1980년대에 가속화 된 주택공급이 현재 공급률 100%를 돌파하며 신축 공사에 대한 수요가 줄어들면서 국내 건축수주의 감소를 유발하였다. 또한 1980~90년대에 집중·대량공급 됨에 따라 많은 공동주택이 노후화에 따른 경제적·물리적·사회적 요구 기능을 충족시키지 못하고 있으며, 평균 19.8년이라는 짧은 주택수명으로 인해 연간 약 7조 5천억원의 재건축 비용과 자원이 낭비되고 있다(차용섭 2010). 이 뿐만 아니라 건설폐기물 발생에 따른 환경오염 문제, 재건축에 따른 부동산 투기, 획일적인 평면과 마감재에 의한 사용자의 다양한 요구조건을 만족시키지 못하는 부분 등이 사회적 문제로 대두되고 있다.

이러한 사항들을 해결하기 위한 방안으로 리모델링 시장

이 신규 유망시장으로 주목받고 있다. 또한 정부에서는 건축법 시행령에 리모델링에 대한 개념을 정의하고 주택법, 도시 및 주거환경정비법 관련 법령을 개정하여 리모델링의 활성화를 유도하고 있다(한주연 2012).

하지만, 현재 리모델링 공사를 추진하는데 있어서 시공계획 미비, 공기연장 등의 다양한 문제점에 나타나고 있으며 특히, 리모델링 대상의 기존 설계도면을 보유하지 못하고 있거나, 설령 기존 설계도면을 보유하고 있더라도 리모델링을 진행하기에는 정보가 부족하며, 이미 리모델링이 진행되어 보유 설계도면과 상이한 경우가 발생하여 시공에 상당한 어려움을 겪고 있다(현창국 2005).

이러한 문제를 해결하기 위해 역설계 기술(CRE : Computational Reverse Engineering)을 이용한 3차원 공간모델 구축을 위해 3차원 형상 정보 획득 장치를 이용하여 3차원 데이터를 취득하고 모델링을 거쳐 도면화 하는 기술에 대해 활발한 연구가 진행되고 있다(조성하 2007). 하지만, 역설계 기술의 정확도와 3차원 형상 정보 획득 및 도면화 시간에 대한 정보 등은 부족 하였다.

따라서 본 논문에서는 건축물의 실내를 대상으로 역설계 과정 중 3차원 형상정보를 획득하는데 있어서 포인트 데이터 정밀도에 따른 측정시간과 실측 데이터와 획득 포인트 데이터의 오차를 분석하여 최적의 포인트 데이터 획득 정

* Corresponding author: Kwon, Soonwook, School of Civil and Architectural Engineering, Sungkyunkwan University, Suwon 440-746, Korea
E-mail: swkwon@skku.edu
Received December 17, 2013; revised February 10, 2014
accepted March 3, 2014

밀도를 제시하고자 한다.

이를 통해 역설계 기술의 실무 도입 시 활용 가능성에 대한 정보를 제공하여 도면 정보 부족에 따른 문제점 해결을 통해 리모델링 시공 과정의 문제점을 해결에 기여하고자 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구에서는 80~90년대 급격하게 시공된 공동주택의 노후화에 따른 공동주택 실내 리모델링 물량 증가 추세에 따라 건축물의 실내로 연구 범위를 한정 하였다. 또한, 3차원 역설계, 역공학, 역분석 등의 유사용어로 쓰이는 포인트 데이터를 가공하여 3차원 도면화 하는 과정을 역설계로, 리모델링, 리노베이션, 복원, 보존 등의 유사용어로 사용되며 건물의 물리적·기능적·사회적인 가치를 상승시키고 경제성을 높이며, 수명을 연장하는 건축행위를 리모델링이라 한정하였다. 전체적인 연구 프로세스는 Fig. 1과 같다.

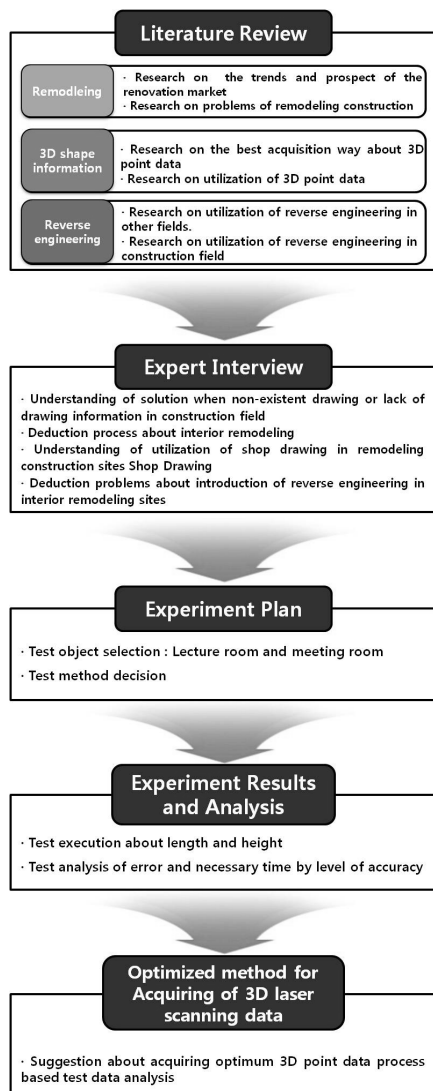


Fig. 1. Study process

첫째, 리모델링, 3차원 형상 정보 획득, 역설계에 대한 문헌 고찰을 실시하였다.

둘째, 관련 문헌 분석을 통해 부족하였던 리모델링 프로세스, 리모델링 시공과정 중 도면 부재와 도면 정보 부족으로 겪고 있는 문제점을 보다 정확하게 파악하고, 역설계 기술 도입의 가능성에 대하여 현업의 실무자를 대상으로 리모델링 시공에 관한 인터뷰를 실시하였다.

셋째, 인터뷰를 통해 도출된 역설계 기술 도입 시 예상되는 문제점을 분석하였다.

넷째, 문제점 개선을 위해 역설계 기술 실험 계획을 수립하였다.

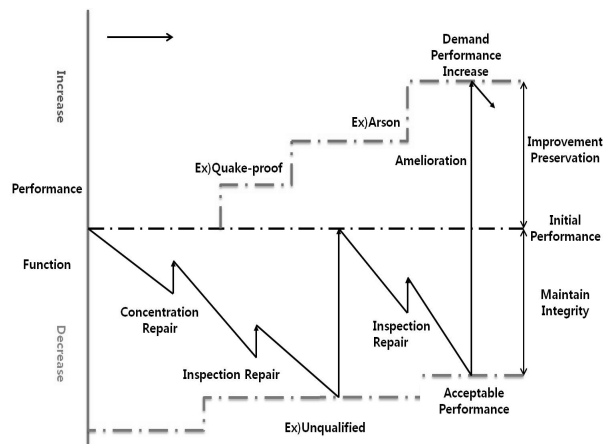
다섯째, 실험 결과를 획득 포인트 정밀도 별 오차와 소요 시간 중심으로 분석을 실시하였다.

마지막으로 분석된 데이터를 바탕으로 실내 리모델링 현장에서 역설계 기술을 사용할 수 있는 최적의 역설계 프로세스를 제시하였다.

2. 리모델링 정의 및 연구동향 고찰

2.1 리모델링의 정의

리모델링이란 기존 건축물의 유지관리 연장선상에서 이루어지는 행위로 열화방지와 기능·성능 향상을 위하여 구조적, 기능적, 미적, 환경적 성능이나 에너지 성능 등을 향상시키는 유지·보수, 증·개축, 대수선 등을 포함하는 공사를 실시하는 행위를 말한다. 또한 거주자의 생산성, 쾌적성 및 건강을 향상시킴으로써 건물의 물리적·기능적·사회적인 가치를 상승시키고 경제성을 높이며, 수명을 연장하는 건축행위를 의미한다.



* 출처 : 박창한 2006, 리모델링 공사의 유형화에 관한 연구

Fig. 2. Remodeling conceptual diagram

Fig. 2와 같이 리모델링은 건물의 가치를 원래의 상태로 복구하는 것에 그치는 것이 아니라, 최신의 기술을 반영시켜 건축물에 전혀 새로운 가치를 부여하는 것도 포함한다.

따라서 구조, 규모, 용도의 대규모 변경이나 부가도 리모델링의 범위에 포함된다.

2.2 리모델링 관련 연구동향 고찰

국내 건설경기는 이홍일(2012)의 연구에서 볼 수 있듯이 수주와 투자 등의 부분에서 감소세를 지속하고 있다. 이러한 현상의 원인 중 하나로 주택수주의 침체를 들 수 있으며, 이미 공급률 100%를 초과한 주택공급, 1980~90년대 집중 공급된 주택들의 노후화와 재건축 시 부동산 투기 등의 부작용의 문제를 해결하기 위하여 정부에서 리모델링 법안을 제정함으로써 리모델링 시장이 증가하고 있는 추세이다.

또한, 리모델링 활성화를 위해 리모델링의 이해(윤영선 2005, 김남효 2000), 정책 개선 방안(김경철 2011, 권영덕 2013, 임태모 2003, 윤영선 2002 등), 활성화 대책(장동운 2013, 김진원 2010, 이정복 2005 등), 친환경 리모델링(서지원 2011, 박경순 2013, 차희성 2010, 구범모 2006 등), 합리적인 리모델링안 도출(방기영 2001) 등과 같은 다양한 연구가 활발히 진행되고 있다.

차희성(2006)의 연구에서 리모델링 시공상의 문제점을 기존 도면의 부재 또는 상이함, 수직 및 수평방향의 구조체 변이, 시공 계획 시 보다 많은 구조 보강, 표준 시방서의 부재 등으로 정의하고 있다.

이와 같은 문제점을 해결하기 위하여 실내 3차원 도면 구축을 위한 연구(홍성철 2013, 박기범 2012, 홍성철 2012)가 진행되고 있다. 하지만 이와 같은 기술을 도입하는데 있어서 소요 시간 및 기술의 정확도에 관한 언급이 부족한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 실내 리모델링 시공과정 중 3차원 레이저 스캐너를 통한 3차원 도면 구축에 있어서 소요 시간 및 기술의 정확도에 관한 실험을 통하여 최적 3차원 형상정보 획득 정밀도를 제시하고자 하였다.

3. 역설계 기술의 개요 및 연구동향 고찰

3.1 역설계 기술의 개요

역설계 기술이란 일련의 제품을 접촉식 또는 비접촉식 측정장비를 사용하여 3차원 CAD 데이터를 만드는 일련의 과정을 의미한다. 역설계는 물리적인 형상을 측정장비를 이용하여 점, 선 또는 면의 데이터를 만들고 이를 필터링하여 원본생산 절차에 관한 지식이 없는 상태에서 최종 제품을 통해 디자인 결정과정을 추론하는 것이 목적이며, 역설계 기술은 신제품의 개발 이외에도 기존에 사용되는 금형이나 제품의 검사 또는 복제, 의료분야에서는 인공관절 및 치아 제작 등에 활발히 사용되고 있다(김수용 2003).

특히, 건설 산업에서의 역설계 기술은 도면이 없는 상태에서 대상 물체의 형상을 CAD파일과 같은 도면을 만들어

추후 설계변경, 대상물체의 생산 연계에 도움이 되는 과정을 일컫는다(박규현 2006).

역설계 기술을 적용하기 위한 3차원 형상 정보 획득 장비는 레이저, 광학 센서 등을 이용하여 대상물체의 이미지나 점군데이터를 비교적 빠른 속도로 얻을 수 있는 장비를 의미하며, 대표적인 3차원 형상 정보 획득 장비로 3차원 레이저 스캐너와 스테레오 비전이 존재한다(이미나 2012).

3.2 역설계 기술 관련 연구동향 고찰

역설계 기술 관련 연구 분야는 크게 3차원 형상 정보 획득에 관한 연구와 역설계 기술에 관한 연구로 분류할 수 있다. 3차원 형상 정보를 역설계 기술에 활용하기 위한 연구에는 효과적인 3차원 형상 정보 획득 방법(문상덕 2009, Zhizhon Kang 2009, Sander Oude Elbeink 2009 등), 특징 추출을 통한 구성요소 인식(Bosche 2009, 이기호 2008, S.W. Kwon 2004 등), 3차원 형상 정보를 이용한 역설계 방법(도덕희 2012, 박규현 2006, D.Y. Chang 2002 등) 등과 같은 다양한 연구가 활발히 진행되고 있다.

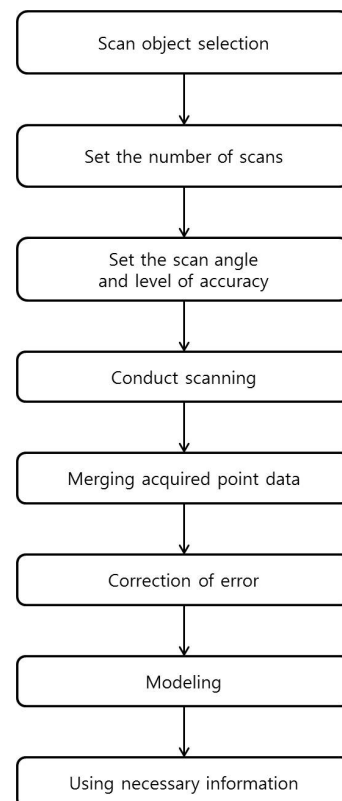


Fig. 3. Reverse engineering process

역설계 기술 관련 연구를 고찰한 결과 Fig 3과 같은 역설계 기술 프로세스를 얻을 수 있었으며, 역설계 기술을 이용한 제품검사(Karel Pavelka 2012, 이태형 2009, 김태호 2006, 김수용 2005 등), 3차원 형상 정보와 CAD data와의 비교(Oliver Burkler 2012, Bosche 2010, 2008, Brener 1999 등), 역설계

기술과 BIM(Ron Aarts 2013, 김현호 2009, 권순욱 2009, 이강 2008 등), 역설계 기술을 위한 매칭 방법(정철두 2010, Sander Oude Elberink 2009, 문상덕 2009 등), 역설계 기술을 활용한 3차원 실내 도면 구축(박기범 2013, 홍성철 2013, 2012 등) 등에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 하지만 역설계 기술의 리모델링 현장 도입을 위한 최적 스캔 방법 및 역설계 도면의 정확도에 관한 연구는 미비한 실정이다.

4. 전문가 인터뷰 실시 결과

본 연구에서는 리모델링 현업에 종사하는 27명의 리모델링 전문가들을 대상으로 실내 리모델링 과정 중 역설계 기술 적용 가능 항목 도출과 역설계 적용 현황에 관한 사항을 도출하기 위해 인터뷰를 실시하였다.

먼저, 도면이 없거나 도면 정보가 부족할 경우 현장에서의 해결방안 및 역설계 적용 현황에 대해 도출하였다. 현장에서는 도면 구현을 위한 역설계 기술을 적용하지 않고 있었으며, 주로 줄자, 레벨기 등의 장비를 이용하여 실측하였고, 실측을 바탕으로 Shop Drawing을 작성하여 활용하였다.

둘째, Shop Drawing 작성과정을 포함하여 리모델링 프로세스를 도출하였으며, 도출된 프로세스는 Fig. 4와 같다.

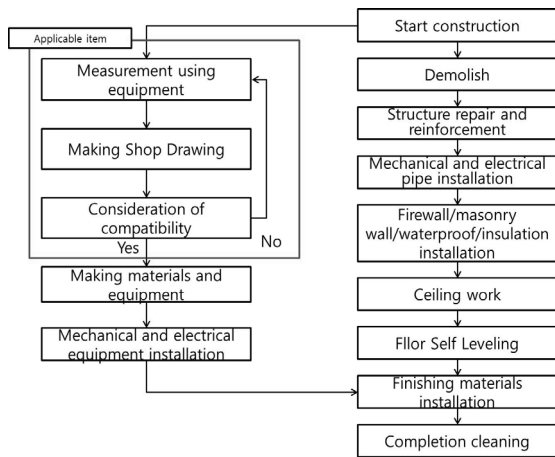


Fig. 4. Interior remodeling process

셋째, 도출된 프로세스에서 역설계 기술 도입이 가능한 업무영역을 도출하였고, 그 결과는 Fig. 4의 붉은 테두리안의 '줄자, 레벨기 등을 이용한 실측, Shop Drawing 작성, 작성된 Shop Drawing 일치 여부 검토'의 업무들을 역설계 기술을 적용한 도면 구현으로 대체할 수 있다고 도출되었다.

넷째, Shop Drawing의 현장 활용상태를 파악하였다. 현장에서는 도면이 없거나, 기존도면이 있더라도 리모델링 공사를 진행하는데 있어서 현장 상태와 상이하거나, 정보가 부족한 경우 Shop Drawing 작성이 필요하다고 판단되는 부분을 실측하고, 이를 바탕으로 Shop Drawing을 작성하여 사용하고 있었다. 하지만 현장 상태와 상이하거나, 정보

가 부족한 기존 도면에는 작성된 Shop Drawing을 반영하기 어렵고 현장 상태와 상이하거나, 정보가 부족한 기존 도면을 주요 정보로 활용하는 발주자와의 의사소통에서 문제점이 발생하는 것으로 나타났다.

다섯째, 위와 같이 도출된 문제점을 해결하기 위하여 역설계 기술을 적용한 도면 구현을 제안하였다. 현장에서 역설계 기술을 적용한 도면구현을 실시 할 경우 빈번히 작성하게 되는 Shop Drawing 과정을 생략할 수 있으며, 현장 상태와 동일한 도면을 획득함으로써 정확한 시공, 발주자와의 의사소통에서 발생하는 문제점을 개선할 수 있다는 장점이 도출되었다.

하지만, 역설계 기술을 도입한 도면 구현을 위해 소요되는 3차원 형상 정보 획득 및 도면 구현 시간과 구현된 도면의 정확도에 대한 정보가 부족한 실정이므로, 충분한 활용가치가 있는 기술임에도 불구하고 도입이 이루어지지 않고 있음을 도출할 수 있었다.

따라서 본 연구에서는 실내 리모델링 과정에서 역설계 기술을 활용한 도면 재구성 기술 도입을 활성화하기 위해 주요 과정인 3차원 형상 정보 획득 장비 중 하나인 3차원 레이저 스캐너를 활용한 형상 정보 획득 과정을 획득 포인트 정확도별로 나누어 형상 정보 획득 시간과 획득 데이터의 정확도를 실험 통해 분석하여 역설계 기술의 과정 중 최적 3차원 형상 정보 획득 과정을 제시하고자 한다.

5. 실내 리모델링 최적 역설계 프로세스 제안을 위한 실험 실시

5.1 실험 사용 장비 제원

본 연구에서는 실내 리모델링 시 역설계 기술을 적용하기 위한 3차원 형상 획득 장비로써 Leica ScanStation C5를 사용하였으며, 제원은 Table 1과 같다.

Table 1. Specifications of 3D shape information acquisition equipment

Scanner specifications	
Measurement range	Top and bottom : 270°
	Left and right : 360°
Error	Position : ±6mm
	Distance : ±4mm
Measurement speed	50,000 Point/sec
Weight	13kg

T.OF(Time of Flight) 방식을 적용한 장비로써 주로 건축물, 문화재, 토목 분야 등 측정 대상이 대형인 경우 주로 사용된다.

5.2 실험 대상 및 조건

본 연구는 실내 건축물의 실내를 실험 대상으로 하였으며, 다양한 조건의 실험 표본을 얻기 위해 대학교 건물의 강의실, 회의실, 스타디움 등 10개의 실내를 대상으로 실시하였다. 또한, 실내의 벽체, 천장, 바닥 등의 요소 중 실내 도면 구현에 필요한 길이, 높이 정보를 가지고 있는 벽체를 대상으로 하였다.

그리고 역설계 기술과정 중 병합 및 오차보정 단계에서는 역설계(Reverse Engineering)를 실시하는 엔지니어의 경험적인 요소에 영향을 많이 받기 때문에 본 실험에서는 이러한 경험적인 요소를 배제하기 위하여 병합 전 데이터를 대상으로 실험을 실시하였다.

5.3 실험 프로세스

3차원 형상 정보 획득 정확도별 데이터 획득 시간과 획득 데이터의 정확도를 비교하기 위한 실험 프로세스는 Fig. 5와 같다.

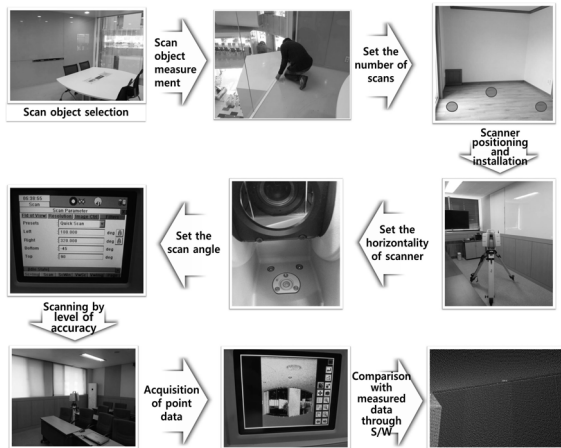


Fig. 5. Experiment process

1) 스캔 대상을 선정하는 과정으로 본 연구에서는 대학교 건물의 스타디움, 회의실, 강의실 등 10개의 실내를 대상으로 실험을 진행하였다.

2) 3차원 형상 정보 획득 장비를 통해 획득한 데이터와 실제 대상과의 정확도 차이를 알아보기 위해 실제 대상을 실측하는 과정이다. 본 실험에서는 대상 건물의 리모델링 실시 여부를 고려하여 실제 리모델링 현장에서 사용하는 줄자를 통해 각 실의 벽체 실측을 진행하였다.

3) 스캔 대상의 적정 스캔 횟수를 선정하는 과정이다. 병합과정을 고려하여 대상을 관찰하고 보, 기둥 등에 가려지는 부분이 없도록 총 스캔 횟수를 결정하는 과정이다. 본

실험에서는 병합과정에서 발생하는 오차를 배제하기 위해 병합과정을 고려하지 않고 각 실의 벽체를 스캔하여 각 실마다 총 4번의 스캔을 실시하였다.

4) 스캔 위치를 결정하고 스캐너를 설치하는 과정으로 본 실험에서는 삼각대를 사용하여 스캐너를 고정하였다. 고정된 위치에 충격을 가해 스캐너가 움직이지 않도록 주의하여야 한다.

5) 정확도 높은 3차원 형상 정보를 획득하기 위해서 삼각대에 고정되어 있는 스캐너의 수평을 정확하게 맞춰 준다.

6) 스캐너의 상, 하, 좌, 우 스캔범위를 지정해주는 과정으로 병합을 고려하여 스캔 범위의 중복이 필요하지만 본 실험에서는 병합을 고려하지 않았기에 실의 한쪽 벽체만 나올 수 있도록 각도를 지정하였다.

7) 3차원 형상 획득 장비는 획득 포인트 데이터의 정밀도에 따라 정확도와 모델링 시 품질에 영향을 받는다. 하지만 획득 포인트 데이터의 정밀도가 높아질수록 데이터 획득 시간은 증가하게 된다. 본 실험에서는 3년 이상의 경력을 지닌 역설계 전문가 12명과의 인터뷰를 통해 100m당 20cm, 100m당 10cm, 100m당 5cm 3가지의 정밀도를 도출하였고, 이를 기준으로 실험을 진행하였으며, 각 벽체 스캔 시 정밀도당 소요되는 시간을 측정하였다.

8) 스캔 작업 완료 후 획득한 포인트 데이터를 확인하는 과정으로 획득된 포인트 데이터에 이상이 있는 경우 다시 스캔을 해야 하므로 정확한 확인이 필요하다.

9) 소프트웨어를 통해 획득한 포인트 데이터를 호출하고 이를 실측 데이터와 비교하는 과정이다. 본 실험에서는 각 실의 벽체 길이, 높이를 중심으로 줄자로 실측한 데이터와 비교를 실시하였다.

5.4 실험 결과 및 분석

실험 대상으로 선정한 실과 각 실의 획득 3차원 형상 정보는 Table 2와 같다.

Table 2. Test object picture and 3D point data

Object name	Test object picture	3D point data
Meeting room 1		
Study room 1		
Lecture room 1		

10개의 실을 대상으로 각 실을 3가지 정밀도로 나누어 정밀도별 4번씩, 12번의 스캔을 실시하였다. 총 120번의 스캔을 통해서 길이와 높이에 대해 240개의 3차원 형상 정보를 얻었으며, 각 길이와 높이에 대한 실측 길이와 3차원 형상 정보의 길이, 높이 데이터를 추출하여 비교해 보았다.

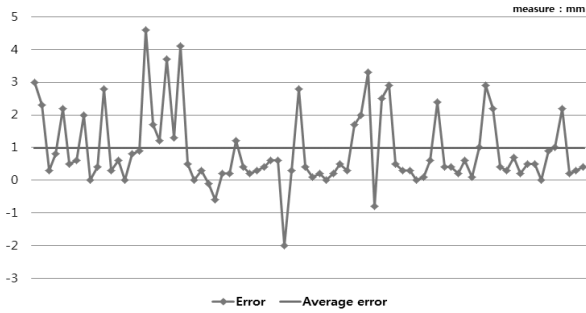


Fig. 6. Error graph of accuracy(100m per 20cm)

Fig. 6은 100m당 20cm 획득 포인트 정밀도 실험의 오차 결과 값을 나타낸 그래프이다. 최대 오차는 4.6mm로 나타났으며, 대부분의 값들이 평균 오차 ± 2 mm 이내 범위에 존재하였다.

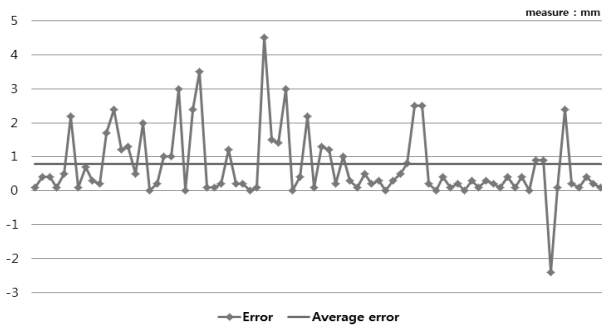


Fig. 7. Error graph of accuracy(100m per 10cm)

Fig 7은 100m당 10cm 획득 포인트 정밀도 실험의 오차 결과 값을 나타낸 그래프이다. 최대오차는 4.5mm로 나타났으며, 대부분의 값들이 평균 오차 ± 1 mm 이내 범위에 존재하였다.

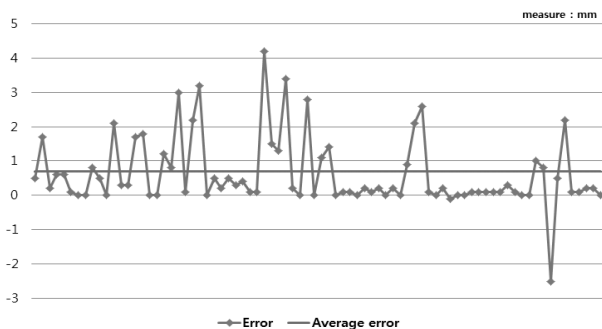


Fig. 8. Error graph of accuracy(100m per 5cm)

Fig. 8은 100m당 5cm 획득 포인트 정밀도 실험의 오차 결과 값을 나타낸 그래프이다. 최대오차는 4.2mm로 나타났으며, 대부분의 값들이 평균 오차 ± 1 mm 이내 범위에 존재하였다.

Table 3은 추출한 데이터를 정밀도 별로 평균을 구하여 정리한 것이다.

Table 3. Average data by level of accuracy

Point accuracy	100m per 20 cm	100m per 10 cm	100m per 5 cm
Maximum error of length	4.6mm	4.5mm	4.2mm
Average error of length	1.130mm	0.853mm	0.730mm
Maximum error of height	3.3mm	3.5mm	3.2mm
Average error of height	0.853mm	0.713mm	0.648mm
Integrated average error	0.991mm	0.783mm	0.689mm
Average scan angle	116.625°		
Average scan time	135.775 sec	358.750 sec	2145.425 sec
Scan angle of per second	1.227°	0.325°	0.078°

추출 데이터를 분석한 결과 길이의 최대 오차는 100m 당 20cm의 포인트 정밀도에서 가장 크게 측정 되었으며 100m 당 10cm의 포인트 정밀도에서 가장 낮게 측정 되었다. 높이의 최대 오차는 100m당 10cm의 포인트 정밀도에서 가장 크게 측정 되었고, 100m 당 5cm의 포인트 정밀도에서 가장 낮게 측정되었다. 최대 오차의 경우 스캔 당시 실내의 빛 먼지, 스캔 대상 물체의 반사 정도에 따라 다르게 나타날 수 있기 때문에 큰 의미를 두기에는 어렵다고 할 수 있다.

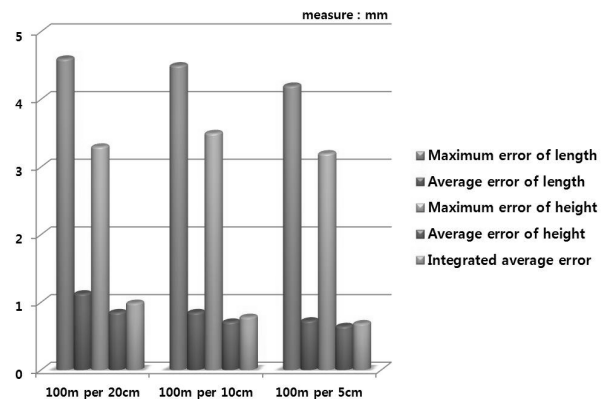


Fig. 9. error graph of length and height

따라서 오차에 대한 비교적 신뢰도 있는 수치를 얻기 위해 Fig. 9과 같이 길이, 높이의 최대 오차뿐만 아니라 길이, 높이에 대한 평균 오차에 대해 분석해 보았다. 길이의 평균 오차에서는 100m 당 20cm 포인트 정밀도에서 1.130mm로 오차가 가장 크게 측정 되었으며, 반면에 100m 당 5cm 포인트 정밀도에서는 0.730mm로 오차가 가장 작게 측정 되었다. 높이의 평균 오차에서는 100m 당 20cm 포인트 정밀도에서 0.853mm로 오차가 가장 크게 측정 되었으며, 길이와 높이를 합한 통합 평균 오차에서도 100m 당 20cm 포인트 정밀도에서 0.991mm로 오차가 가장 크게 측정 되었다.

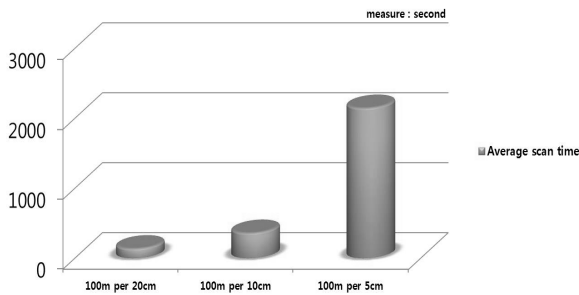


Fig. 10. Average scanning time graph

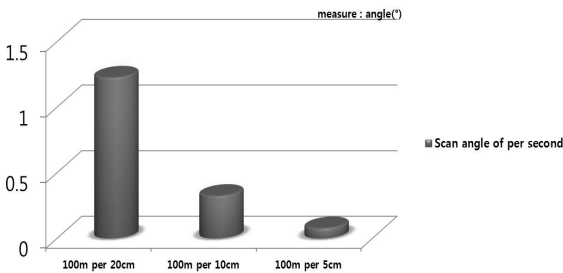


Fig. 11. Scan angle graph

반면에 Fig. 10에서와 같이 평균 스캔 시간에서는 평균 116.625°를 스캔하는데 평균 135.775초가 소요 되었으며, 이는 Fig. 11에서 볼 수 있듯이 1초당 약 1.227°를 스캔할 수 있는 수치로 3가지의 포인트 정밀도 중 가장 빠르게 측정 되었다.

통합 평균 오차 중 크기가 가장 큰 오차 수치는 약 1mm 정도로 오차가 비교적 크지 않으며, 나머지 두 개의 포인트 정밀도 차와 비교를 실시한 결과 각각 0.234mm, 0.315mm의 작은 차이를 나타냈다.

하지만 1초당 스캔 각도의 경우 포인트 정밀도 당 큰 차이를 보이고 있음 알 수 있다.

이와 같이 실험 통해 추출한 데이터를 분석한 결과 통합 평균 오차의 수치는 가장 크지만 그 오차 수치가 0.991mm로 건축물이 대상임을 고려할 때, 1초당 스캔 각도가 가장 큰 100m 당 20cm의 포인트 정밀도가 실내 리모델링 시 도면 생성을 위한 3차원 형상 정보를 획득에 가장 적합한 포인트 정밀도임을 고려하여 역설계 기술을 적용할 수 있다.

6. 실험 분석 결과를 바탕으로 한 실내 리모델링 최적 역설계 프로세스 제안

실험 분석 결과 실내 리모델링 시 도면 구현을 위한 최적의 3차원 형상 정보 획득 포인트 정밀도는 100m당 20cm임을 알 수 있었다. 본 결과를 바탕으로 먼저 기존 리모델링 프로세스를 수정해 제안해 보았다.

실내 리모델링 시 도면이 존재하지 않거나 도면 정보가 부족할 경우 줄자, 레벨기 등과 같은 실측을 통하여 Shop Drawing을 작성하였다. 작성된 Shop Drawing은 실제 현장과의 일치 여부 검토 과정을 거친 후 일치 하지 않을 경우 다시 실측을 통해 Shop Drawing을 작성하여야 한다. 정확한 실측이 이루어지지 않을 경우 동일 작업을 반복해야 하므로 리모델링 공사기간에 영향을 주게 된다.

그리고 완성된 Shop Drawing은 실제 도면에 즉시 반영하기 어렵기 때문에 프로젝트 관계자들 사이의 원활한 의사소통에 영향을 미치게 된다.

이러한 문제점을 해결하기 위해 기존 리모델링 프로세스에서 Shop Drawing 제작을 위해 이루어지는 3가지 과정을 역설계 기술을 이용한 도면 생성 과정으로 묶어 새로운 프로세스를 제안하였으며, Fig. 12와 같다.

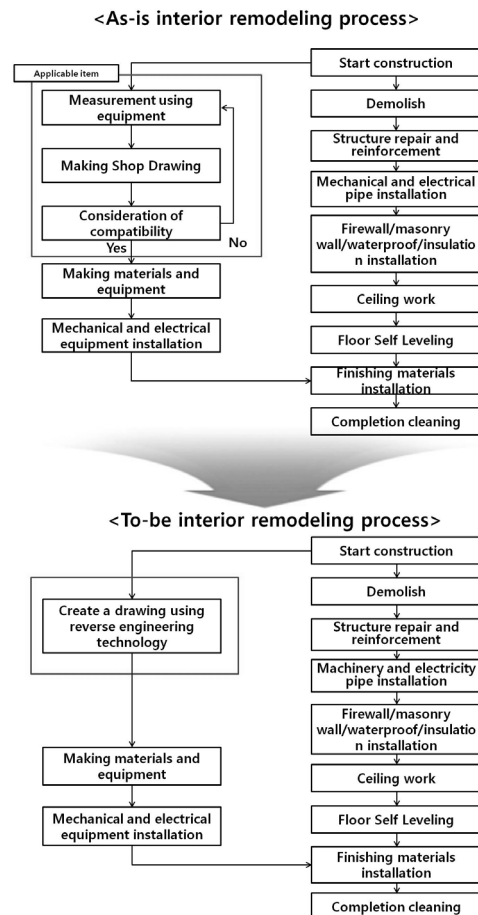


Fig. 12. Comparison of As-is process and To-be process

그리고 리모델링 전문가 인터뷰를 통해 도출된 역설계 기술 도입의 주저 요인을 해결하기 위해 실시한 실험 분석 결과를 바탕으로 100m당 20cm 포인트 획득 정밀도를 적용한 실내 리모델링 시 최적 역설계 기술 도입 프로세스를 Fig. 13과 같이 제안 하였으며, 다음의 과정으로 진행된다.

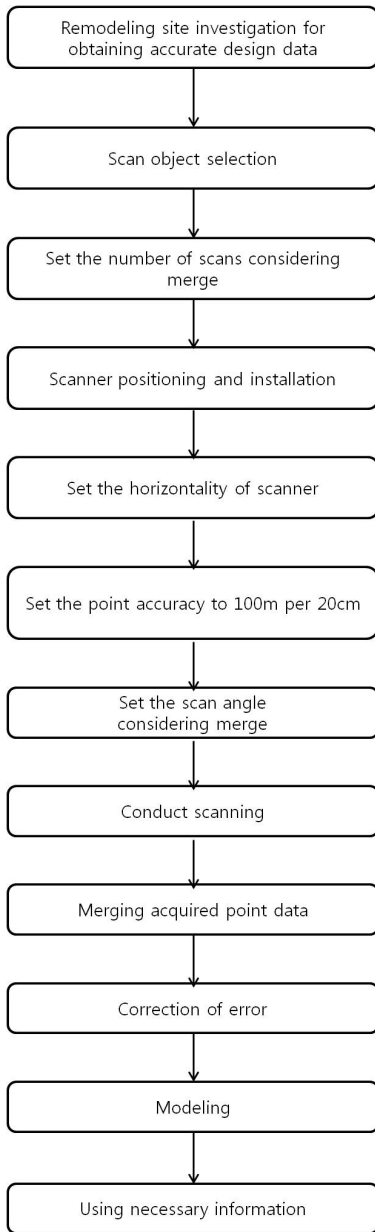


Fig. 13. Optimal Reverse engineering process

- 1) 도면이 없거나, 도면 정보가 부족한 실내를 대상으로 선정한다.
- 2) 대상 실내의 보, 기둥 등의 위치를 고려하고, 가려지는 부분이 없도록 병합을 고려한 적정 스캔 횟수를 선정한다.
- 3) 선정 된 위치에 스캐너를 설치하며, 설치 시 스캐너의 흔들림이 없도록 완벽히 고정하도록 한다.
- 4) 정확한 3차원 형상 정보 획득을 위해 스캐너의 수평

맞춤을 실시한다.

- 5) 실내가 대상이므로 실험 결과 분석을 통해 도출된 최적의 포인트 획득 정밀도인 100m 당 20cm의 포인트 정밀도를 설정한다.
- 6) 병합을 고려하여 스캔 범위가 겹치도록 스캔 각도를 설정해준다. 단 중복되는 부분이 너무 많아 스캔 각도에 따른 스캔 시간이 커지지 않도록 적당한 각도를 설정하여야 한다.
- 7) 스캔을 실시하는 과정으로 스캔 중인 스캐너에 충격을 가하지 않도록 주의해야 한다.
- 8) 스캔을 통해 획득된 3차원 형상 정보를 소프트웨어로 호출하고 이를 병합시킨다.
- 9) 병합과정 시 발생한 오차를 보정한다.
- 10) 모델링을 완성하고 도면을 획득한다.
- 11) 완성된 3차원 도면에서 필요 정보를 추출하고 이를 사용한다.

7. 결론

본 연구에서는 리모델링 현장에서의 도면 부재 및 도면 정보 부족에 따른 문제점을 해결하기 위해 리모델링 전문가 인터뷰를 통해 도출된 역설계 기술 도입 시 주저 요인을 도출하였다.

도출된 내용을 바탕으로 이를 해결하기 위한 실험 계획을 수립하고 총 120번의 스캔을 통해 획득한 240개의 데이터를 분석하여 실내 리모델링에서 역설계 기술 도입 시 최적 3차원 형상 정보 획득을 위한 포인트 데이터 정밀도를 도출하였다.

실험을 통해 역설계 기술 과정 중 3차원 형상 정보 획득 시간과 정확도에 대한 제공함으로써 전문가 인터뷰를 통해 도출된 문제점을 해결하였다. 또한, 실험 결과를 바탕으로 실내 최적 역설계 프로세스와 최적 역설계 기술을 도입한 실내 리모델링 프로세스를 제안함으로써, 리모델링 현장에서의 도면 부재 및 도면 정보 부족에 따른 문제점 해결에 기여할 것으로 기대된다.

하지만 본 연구에서 실시한 실험과 제안된 프로세스는 실내 리모델링만을 대상으로 하고 있기에, 실외 리모델링 현장에는 사용 시 제약이 있을 것으로 판단된다. 따라서 향후 실외 리모델링 최적 역설계 프로세스를 위한 추가 연구가 필요하다.

감사의 글

이 논문은 국토교통부의 u-City 석·박사 과정 지원 사업으로 지원되었습니다.

이 논문은 2013년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(No.2011-0009196)입니다.

References

- Han, J. Y., and Shin, D. W., (2012). "A Study on the Increase for Securing the Feasibility of Aged-Housing Remodeling", *Korean journal of construction engineering and management*, KICEM, 13(3), pp. 152-159.
- Hyoun, C. K., and Choi, C. S., (2005). "Structural problems and improvement Methods through Remodeling Case Study", *Journal of the Architectural Institute of Korea*, 49(9), pp. 72-75.
- Construction Economy Research Institute of Korea (CERIK) (2012). *2013 Construction Business Prospect and Suggestion*, CERIK Research Report, 2012.
- Cha, H. S., (2006). "Enhancing Implementation of Prefabrication Technology on Aged-apartment Remodeling Project", The 6th International Symposium on Architectural Interchanges in Asia.
- Lee, M. N., Kwon, S. W., (2012). "A study on scan data matching for reverse engineering of pipes in plant construction".
- Bosché, F., (2010). "Automated recognition of 3D CAD model objects in laser scans and calculation of as-built dimensions for dimensional compliance control in construction", *Advanced Engineering Informatics*, pp. 107-118.
- Elberink, S. O., and Vosselman G., (2009). "Building Reconstruction by Target Based Graph Matching on Incomplete Laser Data: Analysis and Limitations", *Sensors*, pp. 6101-6118.
- Kang, Z., Li, J., Zhang, L., Zhao, Q., and Zlatanova S., (2009). "Automatic Registration of Terrestrial Laser Scanning Point Clouds using Panoramic Reflectance Images", *Sensors*, pp. 2621-2646.
- Kim, T. H., You, S. R., Kim, S. K., Park, J. B., and Jeon, E. C., (2006). "A study on inspection of product using reverse engineering system", *Conference of the Korean Society of Mechanical Engineers*, 10, pp. 96-100.
- Hong, S. C., Jung, J. H., Kim, S. M., Hong, S. H., and Heo, J., (2013). "Semi-Automatic Method for Constructing 2D and 3D Indoor GIS Maps based on Point Clouds from Terrestrial LiDAR", *Journal of the Korean Society for Geospatial Information System*, 21(2), pp. 99-105.
- Park, K. B., Jin, G. H., Jang, S. J., and Ha, S. R., (2013). "Research of Suitability for Practical Use of 3D Indoor Spatial Information using architectural drawing", *Conference of the Korean Cadastre Information Association*, 6, pp. 43-53.
- Alkan, R. M., and Karsidag, G., (2012). "Analysis of The Accuracy of Terrestrial Laser Scanning Measurements", *Conference of FIG Working 2012*.
- Kim, H. T., Pyeon, M. W., Park, J. S., and Kang, M. S., (2008). "The Analysis of Accuracy in According to the Registration Methods of Terrestrial LiDAR Data for Indoor Spatial Modeling", *Journal of the Korean Society of Remote Sensing*, 24(4), pp. 333-340.
- Cha, Y. S., Lim, J. M., (2010). "The problem and way to enhance for remodeling of an apartment : Focused on the apartment instance complex in Seoul".
- Yeon, J. H., Lee, H. S., Park, M. S., Kim S. Y., and Ahn, J. S., (2014). "Feasibility Study on Remodeling Project By Using Real Option Model : Focusing on Apartment House Remodeling", *Korean journal of construction engineering and management*, KICEM, 15(1), pp. 39-50.

요약: 최근 국내 건축경기 불황에 대한 방안으로 리모델링 시장이 신규 유망시장으로 주목받고 있다. 하지만 리모델링 공사를 추진하는데 있어, 도면의 부재나 도면 정보의 부족 등으로 시공에 상당한 어려움을 겪고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 역설계 기술을 이용한 도면화 기술에 대한 활발한 연구가 진행 중이지만, 현장에서는 역설계 기술의 정확도와 도면화 시간에 대한 정보부족으로 역설계 기술의 사용을 주저하고 있다. 따라서 본 연구에서는 실험을 통해 역설계 과정 중 3차원 형상 정보를 획득하는데 있어서 포인트 데이터 정밀도에 따른 측정시간과 오차를 분석하여 최적의 포인트 데이터 획득 정밀도를 제안하고자 한다.

키워드 : 역설계, 실내 리모델링, 3차원 형상 정보 획득, 레이저 스캐너
