

# 건축 MEP 역설계 지침을 위한 라이다 기반 포인트 클라우드 데이터 자료 구조 및 프로세스 기초 연구

김지은<sup>1\*</sup>, 박상철<sup>2</sup>, 강태욱<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>한국건설기술연구원 ICT융합연구소, <sup>2</sup>디솔루션스

## A Basic Study on Data Structure and Process of Point Cloud based on Terrestrial LiDAR for Guideline of Reverse Engineering of Architectural MEP

Ji-Eun Kim<sup>1\*</sup>, Sang-Chul Park<sup>2</sup>, Tae-Wook Kang<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Korea Institute of Civil engineering and Building Technology,  
ICT Convergence and Integration Research Institute

<sup>2</sup>D Solutions Co., Ltd.

**요약** 최근 국내의 건설 분야에서 건축물 리노베이션 및 유지보수를 위한 BIM 적용이 활발해지는 추세이나, 상당수 기존 건축물이 현 상태를 반영하지 않은 2D 도면을 보유함에 따라 이를 바탕으로 한 BIM 모델 작성이 어려운 상황이다. 따라서 본 연구는 역설계 기술을 활용하고자, 건축 MEP 역설계 지침을 위한 포인트 클라우드 데이터 관련 데이터 구조 및 프로세스를 분석하고, 역설계 지침을 위한 고려사항을 도출하였다. 국내 시장에서 3차원 스캐닝 기술의 활발한 적용을 위해, 프로젝트 수행 초기 단계인 지상 라이다를 이용한 현장에 대한 데이터 취득, 취득 단계에서 얻은 포인트 클라우드 데이터의 기초 처리 및 프로세스 분석에 대해 연구 목적을 두고 있다.

**Abstract** Recently adoption of BIM technology for building renovation and remodeling has been increased in construction industry. However most buildings have trouble in 2D drawing-based BIM modeling, because 2D drawings have not been updated real situations continually. Applying reverse engineering, this study analysed the point cloud data structure and the process for guideline of reverse engineering of architectural MEP, and deducted the relating considerations. To active usage of 3D scanning technique in domestic, the objective of this study is to analyze the point cloud data processing from real site with terrestrial LiDAR and the process from data gathering to data acquisition.

**Keywords** : Architectural MEP, Point Cloud, Reverse Engineering, Terrestrial LiDAR, 3D Scanning

## 1. 서론

### 1.1 연구배경 및 목적

최근 지속되는 국내 건설 경기의 지속적인 불황으로 건축 시장에서 신축물량은 지속적으로 감소함에 따라 기

존 건축물에 대한 리노베이션 및 유지보수에 대한 관심이 증가하고 있다. 이러한 경향은 단순히 신축 시장의 축소에만 기인하지 않으며 미국 등 주요 선진국처럼 리노베이션 관련한 시장의 증가율이 신축 건설 시장의 성장률을 넘어서는 경향과도 일치하는 것이다.

본 논문은 한국건설기술연구원 “(15주요-시드) 기존 시설물의 효율적인 유지관리를 위한 건축 MEP 객체 역설계 기술 개발”의 일환으로 수행되었음.

\*Corresponding Author : Ji-Eun Kim(KICT)

Tel: +82-31-910-0142 email: jekim@kict.re.kr

Received June 11, 2015

Revised July 28, 2015

Accepted August 6, 2015

Published August 31, 2015

최근 건설 분야에서 BIM에 대한 관심이 확대되고 있으며 실제 BIM을 적용하여 프로젝트가 수행되는 사례도 점점 늘어나면서, 국내의 환경에 따라 리노베이션 및 건축물 유지보수 분야에도 BIM의 적용에 대한 논의가 활발해지고 있다. 그러나 이를 위한 BIM 적용을 위해서는 대상 건축물의 현 상황을 그대로 반영한 모델 혹은 도면이 기초가 되어야 하지만 개선이 필요한 기존 건축물의 경우 상당수가 3D 모델이 존재하지 않고 2D 기반의 도면이 대다수이다. 존재하는 2D 도면 또한 현재의 건축물 상태를 반영하지 않은 경우가 대부분으로 이를 BIM 모델 작성의 기초 데이터로 사용하기에는 매우 부적절하다.

선진국에서는 이러한 문제 해결을 위해 3차원 스캐닝 기술을 적용한 기존 건축물의 As-Is 3D 모델 구축이 보급되고 있으며, 미국 GSA 등에서는 3D Image scan 지침을 만들어, 역설계 관련 기술 및 프로세스를 보급하기 위해 노력하고 있다[1]. 하지만, 국내는 아직까지 이와 관련된 공식적인 지침이나 기술에 대한 자세한 설명 등이 부재하여, 기술 적용 시 실무적 어려움이 존재한다.

본 연구의 목적은 건축 MEP 역설계 지침을 위한 포인트 클라우드 데이터 관련 데이터 구조 및 프로세스를 분석하고, 역설계 지침을 위한 고려사항을 도출하는 것이다. 이를 위해서, 해외에서 활발하게 적용중인 지상 라이더를 이용한 BIM 기술을 건축 MEP 역설계 분야로의 적용 방법에 대해 살펴보고 이를 지상 라이더에 의한 데이터 수집 단계, 수집된 포인트 클라우드 데이터를 이용하여 모델링을 위한 데이터로 처리하는 단계로 나누어 각 단계별 세부 업무 분야와 세부 업무 분야의 수행 시 발생 가능한 문제점 및 이의 해결방법에 대해 고찰해 보았다.

### 1.2 연구 프로세스

국내 시장에서 3차원 스캐닝 기술의 활발한 적용을 위해서는 기존 건축물에 대한 As-Is BIM 모델 작성 및 특히 건축 MEP 분야에서의 역설계 지침 개발이 요구된다. 본 연구는 이를 위한 기반으로, 프로젝트 수행 초기 단계인 지상 라이더를 이용한 현장에 대한 데이터 취득, 취득 단계에서 얻은 포인트 클라우드 데이터의 기초 처리 및 프로세스 분석에 대해 연구 목적을 두고 있다.

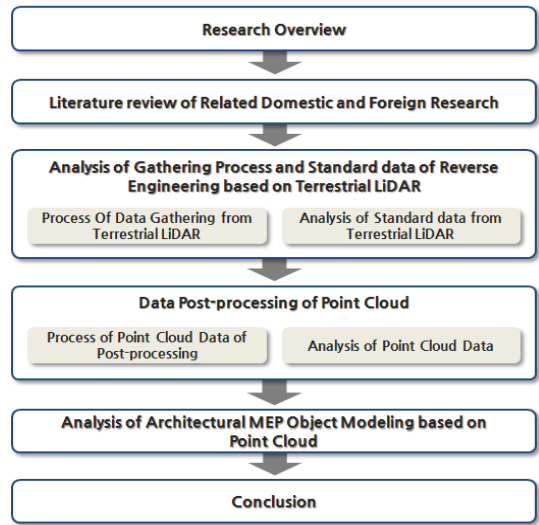


Fig. 1. Research Process

본 연구의 프로세스는 다음과 같다. 우선 건축 역설계를 위한 3차원 스캐닝 기술 관련 선행연구 동향을 조사·분석하였다. 이를 바탕으로 지상형 라이더 소개 및 이를 활용한 현장에서의 데이터 취득 프로세스와 취득된 다양한 데이터를 분석하였다. 이후 상기 작업을 통해 취득된 포인트 클라우드 데이터를 역설계 기초 자료로 활용하기 위한 데이터 처리 프로세스를 조사하고 후처리 과정에서 발생하는 문제점 파악 및 해결 방안을 고찰하였다. 마지막으로 건축 MEP 역설계를 위한 포인트 클라우드 기반 3차원 모델링 자료를 고찰하였다.

## 2. 선행연구 동향

본 논문은 건축 MEP 역설계 지침을 위한 지상 라이더 기반 포인트 클라우드 데이터 구조 및 프로세스 연구를 위해 건축 역설계를 위한 효과적 3차원 스캐닝 기술 관련 선행연구를 조사·분석하였다.

이상설 외(2014)는 리모델링 프로젝트의 역설계 적용을 위한 최적 3차원 레이저 스캐닝 정보 획득 방안을 위해, 3차원 형상정보 획득단계에서 스캐닝 데이터의 정밀도에 따른 측정시간 및 실측 데이터와 획득 데이터와의 오차분석을 통한 최적 스캐닝 데이터 획득 정밀도를 제시하였다[2]. 이미나(2013)는 3차원 형상정보 획득기술을 이용하여 플랜트 품질관리를 위해 배관의 3차원 모델

링 데이터와 레이저 스캐너를 이용하여 획득한 3차원 포인트 클라우드 매칭 알고리즘을 제안하고 검증을 통해 플랫폼 배관 시공관리 방안을 제시하였다[3]. 강태욱(2014)은 효과적인 건축 MEP 객체 역설계를 지원하기 위한 시스템 아키텍처를 제안하고, 프로토타입을 개발하여 개선사항을 도출하였다[4]. 유지훈(2013)은 목조건축문화재 역설계를 위해 지상 라이더 기반의 문화재 스캐닝 데이터를 취득·가공하여 역설계 도면을 작성하고 이를 동일 대상물에 대한 기존 기본도면과 비교·분석하였다[5]. 조형식 외(2008)는 시험터널의 역설계를 실시하여 터널 내공단면 측량 대비 단면 체적과의 상관성에서 합리적 간격을 결정하고 이를 바탕으로 도면을 제작하였다. 또한 지상 라이더 기술의 정확도 검증을 위해 토달스 테이션과 비교하여 정확도 분석을 진행하였다[6]. 그 외에 3차원 스캐닝 데이터를 활용하여 획득한 데이터의 효과적 모델링 생성을 위한 반자동 모델링 기법 및 객체의 윤곽선 자동 추출 알고리즘 개발, 데이터의 효율적 처리를 통한 시설물 관리 알고리즘 개발 등의 연구가 진행되었다[7,8,9].

상기 연구들은 최근 국내에서 이슈가 되기 시작한 건축물 역설계 진행 시 수반되는 3차원 스캐닝 기술의 문제점 개선 및 획득한 데이터의 다양한 효율적 활용기술에 대해 대부분 초점을 맞추고 있다. 본 연구는 국내 환경을 고려한 건축 MEP 역설계 지침을 개발하고자, 기반의 라이더 기반 포인트 클라우드 데이터의 구조분석을 시작으로 데이터 후처리 프로세스, 이를 통한 건축 MEP 객체 모델링까지의 전 과정을 살펴보고 향후 역설계 가이드라인을 수립하고자 한다.

### 3. 지상 라이더 기반 역설계 데이터 수집 절차 및 표준자료 분석

#### 3.1 역설계 데이터 수집 절차

지상 라이더를 이용한 자료수집 절차는 계획단계, 수집단계로 나뉘며 계획단계에서는 대상물에 방문하여 대상물의 특성을 분석하여 자료 수집에 필요한 일정 계획 및 인원계획을 수립하여 최적의 작업을 진행 하기위한 계획 수립 절차이다. 수집 단계는 계획 단계에서 도출된 계획을 기반으로 실제 현장에서 자료를 수집하는 단계이며 세부 절차로는 야장작성, 현장스캔, 데이터 확인 및

백업의 절차로 구성된다.

#### 3.1.1 계획단계

계획단계의 세부 절차는 현장 관계자와의 협의, 대상물 확인, Scan 포지션 및 동선 확인, 참고용 사진 촬영, 안전 사항 확인 등이며 개별 절차별 세부 내용은 Table 1과 같다.

Table 1. Detailed process of planning phase

| Detailed Process                    | Contents  |
|-------------------------------------|---|
| Consultation with field people      | Consult the schedule and demand the cooperation requirement                   |
| Verification the object             | Verify the surveying target for terrestrial LiDAR                             |
| Decision for scan position          | Decide the measurement position which will be surveyed with terrestrial LiDAR |
| Filming the photo                   | Film the photo of target for the reference                                    |
| Confirmation the safety requirement | Set the safety issue what can be happened when surveying                      |

현장 방문이 불가능 하거나 사진 검토가 필요한 경우, 현장 방문 이전에 문서, 사진 등 관련 자료들을 검토하여 적정 지상 라이더의 결정, 일정 계획 등을 하기도 한다. 일정 계획에서 가장 중요한 요소는 대상물의 특성 파악 및 현장 담당자와의 충분히 협의를 통해 안전 문제의 발생을 방지하고 최적의 데이터 취득을 위한 일정계획을 수립하는 것이다.

#### 3.1.2 수집단계

수집 단계는 실제 현장에서 지상 라이더를 이용하여 데이터를 취득하는 단계로 취득 시 발생 가능한 오차를 최대한 줄이도록 노력하고 안전사고에 유의 하여 현장 작업을 진행한다. 취득된 데이터는 가능한 현장에서 데이터를 확인하여 최종 결과물 품질에 문제가 없도록 한다. 수집 단계의 세부 절차는 Table 2와 같다.

Table 2. Detailed process of gathering phase

| Detailed Process    | Contents   |
|---------------------|--|
| Safety education    | Implement the safety education according to the safety manager before working                          |
| Making a field book | Make a field book after verifying between the circulation system of planning phase and field situation |
| Field scan          | Gather the data from terrestrial LiDAR   |
| Data verification   | Verify quality, additional scanning, etc. from the gathered data                                       |
| Data backup         | Save the gathered data with backup system  |

수집 단계에서는 최종 결과물의 형태, 후처리 방법 등을 고려하여 현장 작업이 이루어져야 하는데 결정되어야 할 요소를 Table 3와 같이 정리하였다.

Table 3. Decision element at gathering phase

| Detailed Process        | Contents   |
|-------------------------|--|
| Number of scanning      | Decide of optimal number of scanning according to the project goal   |
| Density of data         | Decide of density according to the project character   |
| Filming photo           | Decide to film whether photo data is essential when data post-processing   |
| Method of data matching | Consider the method of data matching like Point to Point, Targer, Traverse, etc. according to the target and project and Work at filed |
| Geo-reference           | Match to the coordinates system using GPS, basing point, etc.  |

스캔횟수와 데이터 밀도는 프로젝트의 목표와 성격에 따라 신중히 고려되어야 한다. 이는 최종 결과물 품질에 직접적 영향을 미치는 요소로, 반드시 데이터 수집이 필요한 구간에 대해 현장 스캔이 실시되지 않았거나 데이터 밀도가 필요치에 미치지 못했을 경우 데이터 처리를 위해 추가 데이터 수집이 필수로 요구된다. 사진 촬영은 프로젝트 목적에 맞추어 촬영 여부가 결정되고, 사진 촬영 시 점군데이터 수집 이외에 추가 촬영 시간이 요구되어 현장에서 수집 단계의 작업 기간 증가에 영향을 미치므로 반드시 필요한 경우에만 제한적으로 사용하는 것이 유리하다.

정합은 레이저를 사용하는 지상 라이더의 특성상 대부분의 실무 프로젝트에서 필수적인 과정이며 결과물의 품질에 영향을 미치므로 점군 데이터 처리 과정에서 매우 중요한 처리 단계이다. 이는 다양한 방법이 있는데 수집 단계에서 결정된 정합 방법에 따라 후반부 처리에서 실제 정합을 하므로 프로젝트의 목적, 후처리 방법 등을 고려하여 효율성 있는 방법을 선택하여야 한다. 또한 정합 방법의 경우 하나의 방법만을 사용하지만 대상물의 특성에 따라 두 가지 이상의 정합 방법을 혼용하여 사용하는 경우도 있다. Table 4와 Fig 2는 현장에서 주로 사용되는 정합 방법에 대한 내용과 Traverse 방법의 예시이다.

Table 4. Method of data matching

| Method           | Contents  |
|------------------|---|
| Point to Point   | Match using the reiteration between close point clouds    |
| Target to Target | Match using the target which is installed at field        |
| Traverse         | One of the surveying technique with dual-axis compensator |

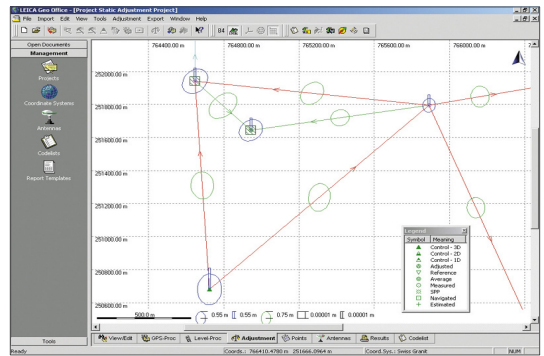


Fig. 2. Surveying with Traverse technique

### 3.2 지상 라이더 데이터 표준자료 분석

지상 라이더를 통해 취득된 원시 데이터는 좌표 데이터와 색상 데이터로 구분한다. 좌표 데이터는 대상에 대한 x, y, z의 3차원 좌표로 나타나고, 색상 데이터는 지상 라이더의 내장/외장 카메라를 이용하여 취득된 이미지를 이용하여 대상물의 색상 정보를 기록한 데이터와 스캐너로부터 발진된 레이저가 대상물에 반사되어 돌아온 반사강도를 기록한 데이터로 구성된다.

최초의 원시 데이터로부터 전용 소프트웨어를 통해 입력된 지상 라이더 데이터는 다양한 형식으로 전환될 수 있고, 이 중 표준 자료로 사용되는 것은 ASCII 형태의 파일, LAS, E57 등이 있다. 현재 국내외에서 주로 사용되는 데이터 형태는 이진파일(Binary File)로 지상 라이더 제조사 마다 고유의 형식을 갖는다. 따라서 최초 원시 데이터는 이진 파일이므로 일반 텍스트 에디터로는 그 내용을 확인 할 수 없기 때문에 데이터 취득 후 사용된 제조사 고유의 소프트웨어를 통해 입력과정을 거치게 되며 입력을 마친 후 데이터 확인이 가능하다.

최초의 원시 데이터로부터 전용 소프트웨어를 통해 입력된 지상라이더 데이터는 다양한 형식으로 전환될 수 있는데, 이 중 표준자료로 사용되는 것은 ASCII 형태의 파일, LAS, E57 등이 있다.

### 3.2.1 ASCII

ASCII 형태 표준의 대표 형식은 XYZ, PTS, PTX, TXT, ASC 등이 있으며 자료 형식에 따라 좌표 데이터만을 포함한 것과 기타 자료까지 포함한 것으로 나뉜다. ASCII 형태의 데이터는 일반적으로 unit 정보를 포함하지 않고 데이터의 입출력 시 지정된 unit에 종속된다. 따라서 ASCII 형식의 라이더 데이터 입력은 데이터 출력 시 unit에 대한 정보를 인지하는 것이 중요하며 서로 다른 unit 정보를 사용하게 되면 데이터 스케일이 달라지는 문제가 발생하게 되므로 ASCII 형태의 파일 교환 때 unit에 대한 정보 교환이 함께 이루어져야 한다.

XYZ, ASC는 내부 데이터 스키마가 유사하고 대상에 대한 x, y, z 좌표 데이터만을 포함한다. PTS는 하나 이상의 좌표 데이터 군을 포함할 수 있으며 컬러값을 포함하므로 공간으로 구분되는 7개의 열 또는 네 개의 열로 구성된다. PTX는 PTS와 마찬가지로 하나 이상의 좌표 데이터를 갖고 개별 좌표 데이터 그룹은 구분된다. TXT는 여러 형식이 혼용되어 사용되기 때문에 개별 소프트웨어마다 다르고, 일부 사용자 정의 형식 출력이 가능한 소프트웨어를 사용할 경우 사용자의 자유 정의에 따라 사용되기도 한다. ASC 형식 또한 사용자나 소프트웨어에 따라 다양하게 혼용되어 사용되나 통상 XYZ 포맷과 동일하고 확장자만 다르게 사용된다. Table 5는 주요 ASCII 파일의 예시이다.

Table 5. Sample of ASCII file

| Type   | Data   |
|--|--|
| xyz  | 9.479660 2.277237 -1.359207  |
|  | 9.436264 2.279251 -1.359573  |
| pts  | 138  |
|  | 9.479660 2.277237 -1.359207 -1532 125 136 132<br>9.436264 2.279251 -1.359573 -1529 127 138 134 |
| ptx  | 36   |
|  | 5  |
|  | 0 0 0  |
|  | 1 0 0  |
|  | 0 1 0  |
|  | 0 0 1  |
|  | 1 0 0 0  |
|  | 0 1 0 0  |
|  | 0 0 1 0  |
|  | 0 0 0 1  |
| 0 0 0 0.500000 0 0 0                             |  |
| 9.457901 2.454086 -1.362137 0.178347 183 193 185 |  |

### 3.2.2 LAS

LAS 형식은 점군 데이터 교환에 사용되기 위해 만들어진 오픈 이진파일 형식으로, ASPRS(American Society for Photogrammetry and Remote Sensing)에서 정의된 자료 형태이다. 2003년에 LAS 1.0에 대한 스펙이 결정되어 최초 배포 되었으며 현재 버전은 1.4로 2011년 스펙이 배포되었다[11].

이는 Fig. 3과 같이 취득 데이터 파형 여부에 따라 두 개의 형으로 구분된다. 파형 정보를 갖지 않는 데이터는 header와 coordinate system data, 실제 포인트 클라우드 데이터 세 개의 필드로 구성되고, 파형이 포함될 경우 이에 대한 필드가 추가되는 형태이다.

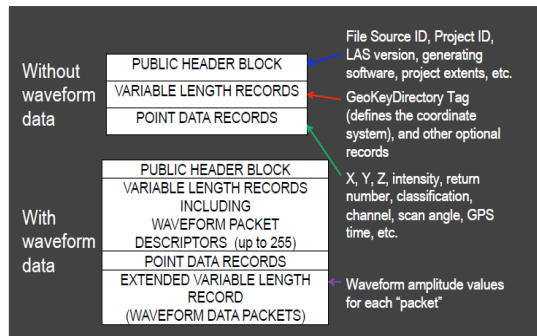


Fig. 3. LAS format specification[12]

### 3.2.3 E57

E57은 최근 표준 자료형식으로 대두되는 ASTM International에서 정의된 자료 형식이다. E57 형식은 특정 회사에 종속되지 않는 오픈소스 방식의 효율적인 자료형태를 목표로 하고 있으며 좌표, 이미지, 메타 데이터의 내용을 담고 XML과 이진데이터가 복합된 형태이다 [13].

E57은 Fig. 4와 같이 pre-header와 포인트 클라우드 데이터, 이미지 데이터, XML 섹션으로 나뉘는데 이중 포인트 클라우드, 이미지 섹션은 binary로 구성되어 있다. 국내에서 E57 포맷은 최근 알려지기 시작하여 아직 LAS 포맷의 활용에 비추었을 때 사용이 제한적이나 점차 사용이 증가하는 추세이다. 따라서 소프트웨어에서의 E57 포맷 지원은 LAS에 비해 미비하나 지원이 증가함에 따라 향후 사용이 늘 것으로 예상된다.

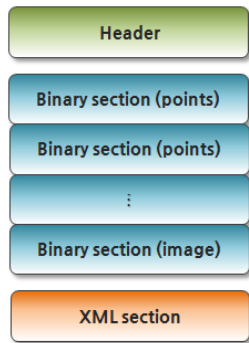


Fig. 4. E57 format specification[11]

### 3.2.4 기타 실무데이터 종류

기타 실무데이터는 지상 라이다를 이용한 MEP 역설계를 수행하기 위해 요구되는 데이터 중 기초 데이터를 제외한 데이터를 의미하고, Geo-reference를 위한 데이터, 사진 데이터, 동영상 데이터, 도면, 속성정보 등이 있다.

Geo-reference 데이터는 지상 라이다로부터 취득된 데이터 좌표계를 지구좌표계에 적용하기 위해 필요한 데이터이다. 이를 적용하는 방법은 두 가지 이며 사진 방법과 후처리를 이용하는 방법이다.

사진 방법은 현장에서 자료 수집 시 GPS, 기지점 데이터를 지상 라이다에 미리 입력 한 후 자료 수집을 진행하는 방법이고, 후처리 방법은 현장에서 취득된 데이터의 기초 처리가 완료 된 후 데이터 내의 특정 점에 좌표를 입력하여 전체 포인트 클라우드 데이터의 좌표를 변환 하는 방식이다. Geo-reference 데이터의 종류는 GPS 데이터, 기지점 데이터, 기계고, 방위각 등이 있다. GPS, Total Station, 기지점 데이터는 일반적인 좌표 데이터로 X-Y-Z, N-E-EL 형태가 일반적이거나 경우에 따라 다른 형태를 지닌 것도 사용된다. 사용하는 소프트웨어에 따라 Geo-reference 데이터의 입력 형이 제한되는 경우도 있으나 대부분 변환 소프트웨어를 통해 해결 가능하다.

사진 데이터와 동영상 데이터는 기초 데이터에 이미 좌표값과 사진 데이터 등이 포함되어 있으나 현장에서 데이터 취득을 실시하지 않은 작업자가 데이터 후처리를 진행할 경우 기타 경우라도 현장 사진 혹은 동영상을 참조하는 것이 도움이 되며 이는 전체 프로세스에 투입되는 인력과 자원을 줄일 수 있는 역할을 한다. 이는 일반 카메라를 사용하여 취득하며 핸드폰 등을 이용하기도 한

다. 최근 스마트폰의 발전으로 사진과 동영상 데이터 취득이 더욱 용이해 졌으며 여기에 스마트폰 내 GPS 센서를 이용하여 영상 데이터에 GPS 정보를 입력하여 후처리 과정 중 참고 데이터로써 활용 가치가 높다.

이외에도 현장 계획 수립, 라이다 데이터 수집이 불가능한 지역에 대한 참조 데이터, 형상 모델링 데이터의 기초 데이터로서 활용가능한 도면 데이터와 건축물 내 MEP 개별 객체에 대한 정보를 의미하는 것으로 형상정보 이외의 수반되는 속성정보가 있다.

## 4. 포인트 클라우드 데이터 후처리

현장에서 수집된 지상 라이다 데이터를 MEP 역설계에 사용하기 위해서는 기본적인 후처리 과정을 거치는 데이터를 점군 데이터 기초 후처리라 한다. 기초 후처리의 주목적은 MEP 역설계에 문제가 없도록 점군데이터를 처리하는 것이며, 문제가 발생할 경우 최종 결과물의 품질에 악영향을 미치므로 후처리 과정은 신중하게 작업되도록 유의하여야 한다.

점군 데이터 기초 후처리는 지상 라이다로부터 생성된 기초 원시 데이터 입력을 시작으로, 프로젝트의 성격에 따라 다르나 MEP 역설계 프로젝트의 경우 점군 데이터 기초 후처리 이후 공정은 3차원 모델링을 진행하여 본격적인 역설계 공정으로 진행된다.

### 4.1 포인트 클라우드 데이터 처리 프로세스

포인트 클라우드 데이터의 후처리는 지상 라이다로부터 취득된 데이터를 처리하여 이후 처리 작업에 원활하게 사용할 수 있도록 하는 것이 목적이다. 따라서 후처리 과정은 프로젝트의 목적에 맞추어 실시되어야 하며 최적화된 데이터를 도출 하여 이후 처리 과정에 투입될 인원 및 자원을 최소화 하는데 목적을 두고 실시되어야 한다.

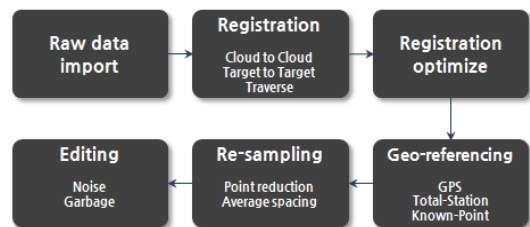


Fig. 5. Process of point cloud data processing[14]

Fig. 5처럼 입력부터 순차 진행되는 것이 일반 적이나 프로젝트의 성격, 데이터 상태 등에 따라 일부 진행 순서가 변경되기도 한다. 가장 변경이 잦은 프로세스는 에디팅 프로세스로, 개별 데이터 내부에 존재하는 노이즈 및 데이터 취득 요구 범위를 고려하여 입력 직후에 실시하기도 한다. 경우에 따라서는 데이터 import 직후에 개별 포인트 클라우드 데이터에 대해 데이터 에디팅을 실시하고 리샘플링이 완료 된 후 추가 데이터 에디팅을 실시하는 경우도 있다.

#### 4.1.1 데이터 정합(Data Registration)

지상 라이다로부터 데이터를 취득할 때 1회의 측정으로 대상물에 대해 누락 없이 데이터 취득이 불가능하고, 이는 대상의 크기와 특성에 따라 다르지만 위치를 달리하는 수회~수백회의 측정을 통해서만 비로써 대상물에 대한 충분한 데이터를 취득하게 된다. 여러 번의 스캔을 통해 취득되는 데이터는 지상 라이다 위치가 변할 때마다 독립 좌표계를 갖는 점군 데이터가 생성되므로 이를 하나의 통합 데이터로 활용하기 위해서는 모든 개별 데이터를 동일 좌표계에 놓이도록 좌표계를 통일하는 작업이 필요하다. 이때 좌표계 통일의 기준은 프로젝트의 성격에 따라 상대 좌표계를 사용하거나 필요에 따라 지구 좌표계를 사용하기도 하며, 이 경우를 Geo-Reference라 한다.

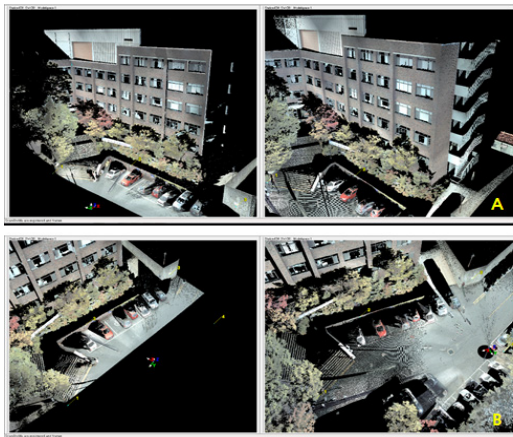


Fig. 6. A: Point to Point, B: Target[14]

정합 과정의 후처리 부분은 데이터 수집과 직접적으로 연결되고, 데이터 수집 시 결정된 정합 방식에 따라 후처리 부분에서 정합을 진행하게 된다. 따라서 현장 작

업 전 현장 작업자와 후처리 작업자 간에 정합 방법에 대한 선 검토가 필요하며 이때 협의에 의해 결정된 대로 데이터 수집이 이루어져야 한다. Fig. 6은 Point to Point 정합과 Target 정합의 예시이다.

#### 4.1.2 데이터 정리(Data Editing)

현장에서 지상 라이다를 이용하여 데이터 취득 작업 시 필요한 대상물 외 대상물 주변부 부위, 이동하는 사람 혹은 차량 등 프로젝트 목적에 포함 되지 않는 불필요 요소가 데이터에 포함되어 비효율적인 작업이 발생한다. 이 현상은 대부분의 프로젝트 수행 시 발생하며, MEP 역설계를 위한 3D Scan 데이터의 도출을 위해서는 정합이 완료된 점군 데이터 내에는 주변의 필요 없는 부수적 데이터는 제거되고 역설계에 필요한 점군만이 포함되어야 한다.

데이터 정리는 취득된 데이터를 3차원 공간상에서 확인하며 불필요 부위를 제거하는 방식으로, 대부분의 소프트웨어에서 다각형, 자유곡선 형태의 영역 지정 툴을 제공하여 영역 지정 툴을 이용하여 영역을 지정·제거하는 방식으로 이루어진다. 또한 데이터 정리 실행 시점은 정합 이전과 정합 이후 혹은 정합 이전· 이후 두 번으로 실시되기도 한다.



Fig. 7. Noise from the movement of vehicle and people

정합 이전의 데이터 정리는 Fig. 7과 같이 사람/동차의 움직임, 특정 점군 데이터에만 속한 불필요 데이터 제거를 위해 실시하는데 이는 상기 불필요한 요소가 데이터 정합 후에 위치 파악이 어렵기 때문에 정합 이전에 실시하는 것이 효과적이다.

#### 4.1.3 데이터 분류(Data Grouping)

데이터 분류는 점군데이터 이후의 처리 과정 즉, 역설계, 모델링 등 이후 처리를 효율적으로 하기 위해 점군

데이터를 지역별, 형태별, 대상별, 처리별로 분류하고 이를 개별 layer로 집합화하는 것이다. 복잡한 정합 점군 데이터 내 개별 layer로 분류된 점군 데이터는 이후 처리 과정에 효율성을 증대시킨다. 데이터 분류는 후처리 과정의 필수 요소는 아니나 건축 MEP, 플랜트 시설 등에 대한 역설계를 위한 점군 데이터 후처리에 효율적으로 사용될 수 있는 처리 단계로 중요성을 갖는다.

#### 4.1.4 데이터 재정렬(Data Re-sampling)

데이터 정리가 끝난 점군 데이터는 데이터 재정렬(Point Cloud Re-Sampling, Point Data Unify)을 실시한다. 현장 데이터 수집 단계에서 대상물에 대한 충실한 데이터 취득을 위해, 기존 데이터 취득이 작업된 곳도 추가 데이터 취득이 다수 발생되어 이로 인해 구역, 대상에 따라 점군의 밀도가 균일하지 않게 된다. Fig. 8과 같이 외부 돌출된 부위의 Point to Point 정합을 위해 반복적인 데이터 취득이 된 지역은 다른 지역에 비해 지상 라이다에 의해 수차례 반복적으로 데이터 취득이 실시되므로 점군 밀도가 높고 타 구조에 의해 가림이 심하거나 현장 취득 동선 상 한 번의 데이터 취득만 이루어진 곳은 점군 밀도가 떨어진다.

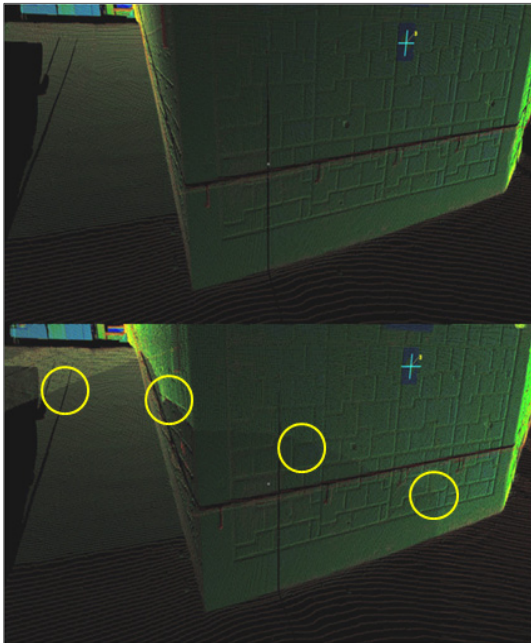


Fig. 8. Up: Gathered data from 1st time, Down: re-sampling data[14]

이러한 문제 해결을 위해 점군 밀도의 불균형을 통일된 밀도로 조정하기 위한 데이터 재정렬을 실시하게 된다. 이는 단순 데이터가 중복된 구간에서 중복을 제거하는 경우를 포함하여 중복 제거와 동시에 점군내 모든 점의 배열을 사용자의 결정에 따라 일정한 간격을 두고 재배치하는 경우도 있다. 두 경우 모두 재정렬 이전 보다 큰 폭의 데이터 크기 감소가 발생하여 이후 처리 과정을 효율적으로 진행할 수 있다.

## 4.2 지상라이다 스캐닝 데이터 분석

본 절에서는 지상 라이다를 이용하여 데이터 취득을 실시하고 이에 대한 후처리를 실시하며 발생 가능한 문제와 이에 대한 해결 방법에 대해 고찰하였다.

### 4.2.1 정합 불가

정합 불가는 현장 데이터 취득에서 발생한 착오, 데이터 백업의 문제 등의 원인으로 데이터 정합이 불가능한 상황으로, 정합이 불가능한 구간이 생략 가능하거나 타 구역과의 정합이 필수가 아닌 독립 구간일 경우에는 문제가 적으나 구간과 구간을 연결하는 중요부분일 경우에는 반드시 해결해야 하는 주요 문제이다. 해결 방법으로는 Geo-reference를 이용하여 일부 해결할 수 있으나 상당부분 제한적이며 대개의 경우 현장 취득 작업이 다시 이루어져야 한다.

정합 불가를 방지하기 위해서는 현장 취득 작업 시 추가 작업 시간을 할애하여 가정합을 실시하는 것이 가장 효과적이다. 현장 취득 작업 계획 시 가정합을 위한 시간과 인원을 배당하여 현장을 떠나기 전 정합 불가의 발생 여부, 데이터 취득이 미비한 영역의 발생여부를 면밀하게 확인하고 문제가 있다면 추가 취득 작업을 통해 문제를 즉시 해결하는 것이 좋은 해결책이다.

### 4.2.2 정합 오차

이는 데이터 정합 과정에서 발생 가능한 가장 큰 장애 요소 가운데 하나로, Fig. 9와 같은 정합 오차로 인한 데이터 간 불연속면 발생이다. 불연속면이 발생하면 동일 구간을 공유하는 인접 점군 간에 동일면이 하나의 연속된 면으로 표시되지 못하고 두 개의 분리된 불연속면으로 나타나게 된다. 정합 오차의 원인은 다양하나 그 중 중요한 원인 몇 가지를 살펴보면 정합이 필요한 인접 점군간의 중복구간 부족, 사용자의 정합 실수, 경첩 효과,



Target 정합 시 Target의 인식 불량, 중형비가 큰 대상에 대한 오차 누적 등이 있다.

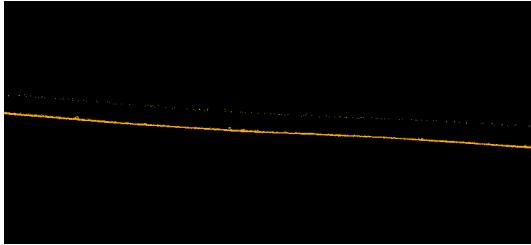


Fig. 9. Happening the surface of discontinuity by matching error

#### 4.2.3 데이터 불량

현장에서의 지상 라이더를 이용한 데이터 취득 시 데이터 취득이 불가하거나 취득된 데이터의 품질이 불량한 경우가 발생하는데 대부분의 원인은 레이저 광원을 사용하는 지상 라이더의 특성에 기인하는 문제이다. 지상 라이더는 라이더 내부의 레이저 광원으로부터 발진된 레이저가 대상물의 표면에 반사되어 돌아오는 반사파를 이용하여 측정을 실시하게 되는데 만일 발진된 레이저의 진행 경로에 영향을 주는 요소가 있을 경우 데이터 취득에 문제가 발생한다. 레이저 진행 경로에 영향을 주어 데이터 품질에 문제를 일으키는 원인은 고 반사체(high reflect object), 난 반사체(scattered reflect object), 유사 흑체, 물, 유리, 대기 및 환경 등이 원인요소이다. Fig 10은 고반사체의 실제 사진과 지상 라이더를 통해 취득된 데이터를 비교한 그림이다.

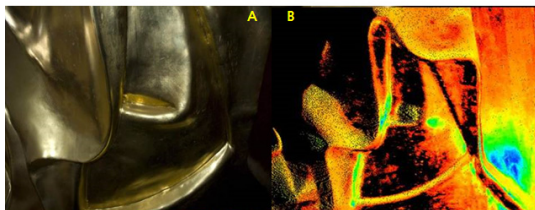


Fig. 10. A: High reflect object, B: Surveyed data

건축 MEP 역설계와 관련하여 물은 거의 모든 프로젝트에서 데이터 취득의 대상이 아니나 데이터 취득과 관련하여 일부 문제를 일으키는 요소이다. 고여 있는 물의 경우 데이터 취득 시 스캐너의 종류와 입사각에 따라 물

의 표면이 스캔 되거나 노이즈와 함께 고여 있는 물의 바닥면이 스캔되기도 한다. 대부분의 과업에서 물의 표면이 아닌 고인 물의 바닥면이 데이터 취득의 대상이 되므로 물의 표면이 스캔 되는 경우에는 표면에 대한 데이터는 제거 하여야 하고 이 경우 실제 필요한 데이터의 취득이 되지 않는다. 입사각이 맞아 바닥면이 취득되는 경우도 레이저가 공기에서 물로 매질이 변화 하므로 굴절각이 발생되고 이로 인해 취득된 데이터의 신뢰도가 떨어진다. 통상 물의 깊이가 동일하지 않을 경우 데이터의 품질을 위해 고인 물 아래의 면에 대한 취득 데이터 사용은 지양해야 한다. 상기 문제들을 해결하기 위해서 문제의 원인이 되는 물을 제거하는 것이 유일한 방법으로, 계획 단계에서 현장 답사 시 문제가 될 만한 고인 물 등은 미리 제거하는 것이 좋다.

또한 공사가 진행 중인 건축물의 경우 지상 라이더를 이용한 데이터 취득 시 먼지에 대한 영향을 고려해야 한다. 공기 중 존재 하는 먼지로 인한 데이터 취득불가능은 거의 발생하지 않으나 지나친 먼지로 인한 장비 고장 등이 발생할 수 있으므로 사용하는 지상 라이더의 IP 등급을 고려하여 현장 작업을 실시해야 한다.

## 5. 포인트 클라우드 기반 건축 MEP 객체 모델링 분석

건축 MEP 역설계를 위한 처리 과정 중 포인트 클라우드를 대상으로 기본 처리 후에는 모델링을 통해 대상의 객체화를 진행한다. 대부분의 역설계 프로젝트는 모델링을 통한 객체화를 목적으로 한다. 현재 기술의 한계로 포인트 클라우드 데이터를 이용한 모델링의 완전 자동화는 실행되지 못하나, 대상물에 따라 반자동화 처리를 통해 모델링을 실시하고 있다. 배관, 바닥과 벽, 저장 탱크 등은 비교적 반자동화가 수월한 대상으로 모델링 결과의 품질도 우수한 편이나, 펌프, 사다리 등 형상이 복잡한 대상은 모델링 작업의 자동화 수준이 낮아 사람의 손이 많이 가는 작업에 해당한다.

포인트 클라우드 데이터를 모델링 데이터로 변환하는 과정에서 오차가 발생하는 경우가 있다. 이에 대한 원인과 해결책은 다음과 같다.

Table 6. Reason and Solution of errors from translation

| Type | Contents                     |          |  |
|------|------------------------------|----------|--|
| 1    | Error from data registration | reason   | various reasons from data registration like user's mistake, surface of discontinuity, error accumulation, etc. |
|      |                              | solution | adoption of the professional methods for decreasing errors   |
| 2    | Error from data modeling     | reason   | modeller's mistake, error of modeling algorithm  |
|      |                              | solution | (not perfect) update of transformation algorithm from point cloud data to modeling data                        |

Fig. 11과 같이 MEP 역설계에서 가장 많이 모델링 되는 배관을 살펴보면 요철 없이 직선으로 뻗은 단일 배관의 경우 모델링 과정 중 오류 발생 가능성이 비교적 낮으나 배관의 경로 중 요철이 있고 elbow, T 분기, flange 등 이종요소가 포함 된 경우는 오류 발생 가능성이 높아진다. 오류 발생 시 요철의 경우 사용자가 reference point를 다시 지정하여 모델링을 실시하여야 하며 이종 요소의 경우 이종 요소를 분기로 하여 양 단의 배관을 개별 객체로 모델링을 실시하게 된다.

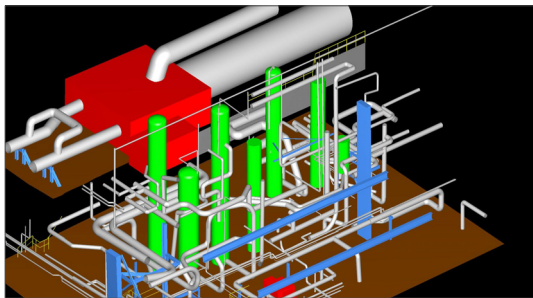


Fig. 11. 3D model data based on point cloud[14]

포인트 클라우드 데이터를 이용한 모델링은 라이더 제작사에서 제공하는 소프트웨어를 이용하여 1차 모델을 작성하고 이를 최종 소프트웨어로 넘겨 다시 모델링을 실시하거나, 시작부터 최종 소프트웨어로 기초 후처리된 포인트 클라우드 데이터를 넘겨 모델링을 실시한다. 발생 가능한 문제들을 배제한다면 최종 소프트웨어로 포인트 클라우드 데이터를 바로 넘겨 모델링을 실시하는 것이 효율적이나 아직 최종 소프트웨어에서 대용량의 포인트 클라우드 데이터의 처리가 힘들거나 불가능한 경우가 많아 모델링을 두 번에 걸쳐 진행 하는 경우가 잦다.

## 6. 결론

본 연구에서는 해외에서 활발하게 적용중인 지상 라이더를 이용한 BIM 기반 건축 MEP 역설계 분야의 적용 방법에 대해 살펴보고, 이를 지상 라이더에 의한 데이터 수집 단계, 수집된 포인트 클라우드 데이터를 이용하여 모델링을 위한 데이터로 처리하는 단계로 나누어 각 단계별 세부 업무 분야와 세부 업무 분야의 수행 시 발생 가능한 문제점 및 이의 해결방법에 대해 고찰해 보았다.

본 연구를 통해 건축 MEP 역설계를 위한 지상 라이더 기반 포인트 클라우드 데이터 처리와 관련하여, 데이터 취득과 기초 데이터 처리 부분에 대해 기술의 적정성을 확인하였다. 포인트 클라우드로부터 형상정보를 추출하여 모델링 데이터로 변환하는 과정에는 다양한 변수가 존재하기 때문에, 스캐닝 대상물의 복잡성에 따른 적절한 스캐닝 시간을 설정하고, 특히 용량 측면에서 기초 처리에 노이즈 제거를 통해 원활한 작업 환경을 구축하는 것이 중요하다. 또한 데이터 보정 과정에서 일정 수준의 정밀도를 확보하는 것도 필수적이다.

하드웨어 부분인 지상 라이더와 기초 처리 소프트웨어의 기술부분은 지난 10년간 많은 발전이 있었으며 그 수준이 실제 현장에 투입·적용이 가능한 상황임을 확인했으나, 아직 모델링 측면에서는 기술적 한계가 뚜렷하며 이에 대한 연구 개발 투자가 필요한 상황이다.

현재 국내외 시장에 지상 라이더를 이용한 As-Is 모델링용 소프트웨어가 다양하게 출시되는 반면, 시장을 주도하는 제품은 없으며 최종 결과물에 사용되는 소프트웨어에 종속되는 경향을 갖고 있다. As-Is 모델링용 소프트웨어가 포인트 클라우드 데이터 처리와 최종 결과물 산출 간 미들웨어 성격을 지니고, 양단의 소프트웨어 시장 지배력이 더 크기 때문에 이런 경향은 더욱 큰 것으로 판단된다. 또한 기술적 부분에서는 대부분의 모델링 소프트웨어들이 제한된 반자동화 도구를 제공하고 있으며 이는 많은 작업자와 시간을 요구한다.

따라서 향후 취약 분야인 건축 MEP 역설계 모델링관련 소프트웨어에 대한 연구와 투자가 요구되고 기존방법을 능가하는 As-Is 모델링 소프트웨어와 알고리즘이 개발 된다면 BIM 및 MEP 역설계 분야를 넘어 플랜트 Re-vamping과 같은 국내외 다양한 프로젝트에 적용이 가능할 것으로 예상된다.

여기에 현재 사용되는 MEP 역설계 방법론은 국외의 실정에 맞는 모델로, 아직 국내의 환경에 걸맞은 지상 라이더를 이용한 한국형 MEP 역설계 방법론은 수립되지 않은 상황이다. 해외에서 사용되는 일반적 방법론의 적용과 달리 재건축 아파트 등의 특수한 국내 환경을 고려했을 때, 설계/시공 측면에서도 해외와 다른 국내의 환경에 맞도록 한국형 MEP 역설계 방법론을 수립 할 수 있도록 노력이 필요할 것으로 사료된다. 한국형 MEP 역설계 방법론의 수립을 위해서는 설계사, 시공사, 학계 및 연구기관 등 MEP 역설계와 관련된 많은 유관 기관의 다양한 의견을 반영하여 최적의 방법론이 구축 되도록 노력 하여야 한다.

## References

- [1] GSA, <https://sites.google.com/site/bimprinciple/in-the-news/gsabimguidefor3dimaging>, 2014.
- [2] S. S. Lee and S. W. Kwon, "A study on optimal laser scanning method for reverse engineering at interior remodeling project", *Journal of Korea Institute 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>
- [3] M. N. Lee, A study on scan data matching for reverse engineering for pipes in plant construction, Master thesis, SungKyunKwan University, 2013.
- [4] T. W. Kang, "System Architecture for Effective Point Cloud-based Reverse Engineering of Architectural MEP Pipe Object", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol.15, No.9, pp.5870-5876, 2014.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2014.15.9.5870>
- [5] J. H. Yoo, A study on reverse design of wooden architectural heritage using terrestrial LiDAR, Master thesis, CheongJu University, 2013.
- [6] H. S. Cho, H. G. Sohn, J. S. Kim and S. K. Lee, "Tunnel Reverse Engineering Using Terrestrial LiDAR", *Journal of Korea Society of Civil Engineering*, Vol.28, No.6D, pp.931-936, 2008.
- [7] J. H. Jeong and H. Joon, "A study of productive indoor structure modeling with point cloud data", *Proc. of Korea Institute of Construction Engineering and Management*, pp.355-356, 2013.
- [8] Y. J. Noh, N. W. Kim, K. B. Yun, K. H. Jung, D. W. Kang and K. D. Kim, "An automatic extraction algorithm of structure boundary from terrestrial LIDAR data", *Journal of the institute of electronics and information engineers*, Vol.46, No.1, pp.7-15, 2009.
- [9] J. S. Yoon, M. Sagong, J. S. Lee and K. S. Lee, "A detection algorithm for the installations and damages on a tunnel liner using the laser scanning data", *Journal of Korea tunnelling and underground space association*, Vol.9, No.1, pp.19-28, 2007.
- [10] Leica geo-systems<<http://www.leica-geosystems.com/>>
- [11] Daniel Huber, "The ASTM E57 File Format for 3D Imaging Data Exchange," *Proc. of the SPIE, Electronics Imaging Science and Technology Conference (IS&T), 3D Imaging Metrology*, Vol.7864A, pp.3-8, January, 2011.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1117/2.1201012.003416>
- [12] American Society for Photogrammetry and Remote Sensing(ASPRS), <<http://www.asprs.org/Committee-General/LASer-LAS-File-Format-Exchange-Activities.html>>
- [13] M. Levoy, K. Pulli, B. Curless, S. Rusinkiewicz, D. Koller, L. Pereira, M. Ginzton, S. Anderson, J. Davis, J.Ginsberg, J. Shade, and D. Fulk, "The Digital Michelangelo Project: 3D Scanning of Large Statues", *Proc. of ACM SIGGRAPH*, pp. 131-144, 2000.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1145/344779.344849>
- [14] Leica P20 & Cyclone User Manual, D Solutions Co., Ltd, 2014.

김 지 은(Ji-Eun Kim)

[정회원]



- 2010년 2월 : 경희대학교 건축공학과(공학사)
- 2012년 8월 : 경희대학교 건축학과(공학석사)
- 2013년 12월 ~ 현재 : 한국건설기술연구원 ICT융합연구실 연구원

<관심분야>

BIM, GIS, 유지관리

**박 상 철(Sang-Chul Park)**

[정회원]



- 2009년 2월 : 명지대학교 기계공학과(공학사)
- 2012년 1월 ~ 현재 : (주)디솔루션스 대표이사

<관심분야>

3D SCAN, CAD, CAM, BIM, GIS, 역설계, PLM

---

**강 태 욱(Tae-Wook Kang)**

[준회원]



- 2005년 2월 : 숭실대학교 소프트웨어공학(공학석사)
- 2009년 3월 : 중앙대학교 건설환경공학(공학박사)
- 2010년 6월 ~ 2011년 5월 : 중앙대 건설환경공학과 겸임교수
- 2011년 6월 ~ 2012년 6월 : 한길아이티 BIM본부장
- 2012년 7월 ~ 현재 : 한국건설기술연구원 수석연구원

<관심분야>

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