3D 이미지 스캔 데이터 기반 SWEEPING 형상 역설계 알고리즘

강태욱*
*한국건설기술연구원
e-mail : laputa99999@gmail.com

3D Image Scan Data-based Sweeping Shape Reconstruction Algorithm

Tae-Wook Kang*
*Dept. of ICT, Korea Institute of Construction Technology

요 약

본 연구는 3D 이미지 스캔 데이터 기반으로, SWEEPING 형상을 효과적으로 역설계하는 기술에 관한 것이다. 사용자가 미리 정의한 형상 단면 모델 데이터베이스를 이용해, 3 차원 SWEEPING 형상을 자동으로 역설계하는 알고리즘을 제안한다. 이를 위해, 3D 이미지 스캔 데이터인 포인트 클라우드에서 자동으로 추출한 단면 포인트들을 처리해, 파라메터 정보를 추출하고, 미리 정의된 형상 단면들과 상호간 유사도를 비교한 후, 가장 유사한 형상 단면을 획득한다. 이러한 기술은 SWEEPING 형상 모델의 역설계 과정을 자동화하는 데 도움을 줄 것이다.

1. 서론

역설계 기술은 시설물 유지 관리 및 시공 등의 목적을 위해 시설물로 부터 3D 형상을 추출하고 객체 속성정보를 모델링하는 기술이다. 역설계 기술은 시설물/에너지 유지관리/운영, 모듈러(Modular) 시공, 시설물 개축 등에 필요한 핵심 기술이다. 이는 기존 시설물 도면의 현장 형상과 부정합 및 시설물 정보 오류/누락으로 인해 역설계 필요성이 증가된 이유이다. 시설물 유지관리 시장만 보았을 때, 2012 년도 한국의 시설물관리 계약실적은 3 조 5000 억 원으로 시설물 유지관리 업체 수는 19 년 전 1500 개에서 4,700 개로 급증 하였는데[1], 이 중 역설계 기술이 필수적으로 적용되는 시설물관리 시스템 개발과 관련된 시장규모는 2020 년에 68,000 억 원으로 예상된다[2]. 해외의 경우 최근 역설계 기술 활용해 병원 리노베이션 및 확장 프로젝트가 수행되었다 [3]. 이러한 형상 역설계 과정은 여러 가지 이유로 자동화되기 어려워, 노동집약적인 작업이다.

역설계의 형상은 대표적으로, 실린더나 구와 같은 프리미티브(Primitive)형상, 단면과 경로를 가지고 모델링되는 EXTRUDE/SWEEPING/LOFTING 형상, 솔리드 불린(Boolean)연산 기반 형상, 서페이스 모델 형상 등으로 구분될 수 있다. 시설물들은 이런 형상들의 집합으로 구성된다.

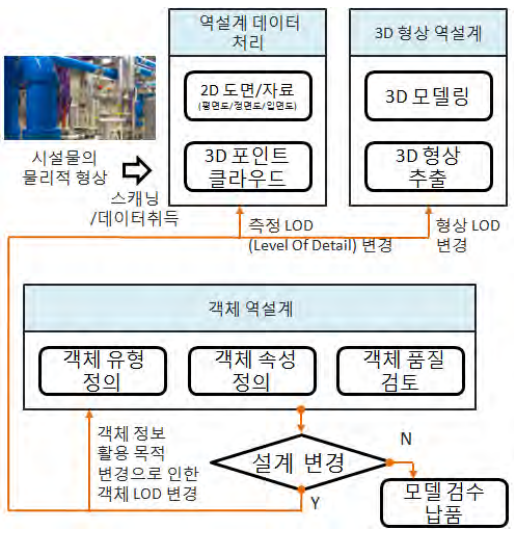
본 연구의 관심은 이러한 역설계 형상 종류 중에, 단면과 경로를 기반으로 한 형상 역설계 모델링을 자동화하는 것이다.

본 연구의 목적은 3D 이미지 스캔된 포인트 클라우드에서 자동으로 추출한 단면 포인트들에서 단면 형상 파라메터를 추출해, 미리 정의된 형상 단면들과 유사도를 비교한 후, SWEEPING 경로가 적용된 파라메트릭 단면 모델을 획득하는 방법을 제안한다.

2. 본론

2.1 개념

역설계의 일반적인 작업 흐름은 다음과 같다. 역설계는 다음 그림과 같이 일반적으로, 역설계된 형상과 연계되는 객체의 속성입력과정도 함께 포함된다.



(그림 1) 3D 형상 및 객체 역설계 흐름

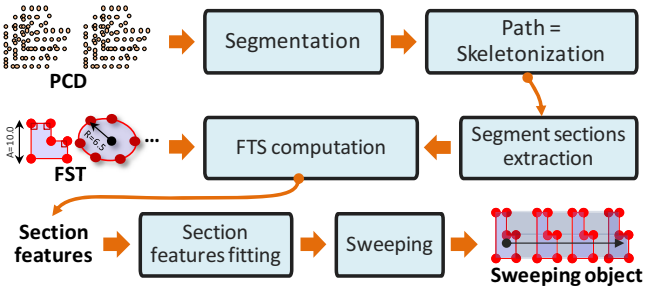
2.2 알고리즘

본 연구에서 제안하는 유사도 비교를 이용한 SWEEPING 형상 역설계 알고리즘은 주어진 포인트 클라우드 p 를 SWEEPING 형상인 m 으로 자동 변환하는 것이며, 이를 수식으로 표현하면, 다음과 같다.

$g = f_{segmentation}(p)$ 포인트 군 세그먼테이션
$n_{pcd} = f_{normal}(g)$ 각 포인트 법선 획득
$k = f_{skeleton}(g, n_{pcd})$ 포인트 군 뼈대 추출
$s = f_{section}(g, n_{pcd}, k)$ 단면 포인트들 s 추출
$s' = f_{similarity}(s, g, k)$ s와 유사한 단면s' 획득
$m = f_{sweeping}(s', k)$ s'과 뼈대k로 형상m생성

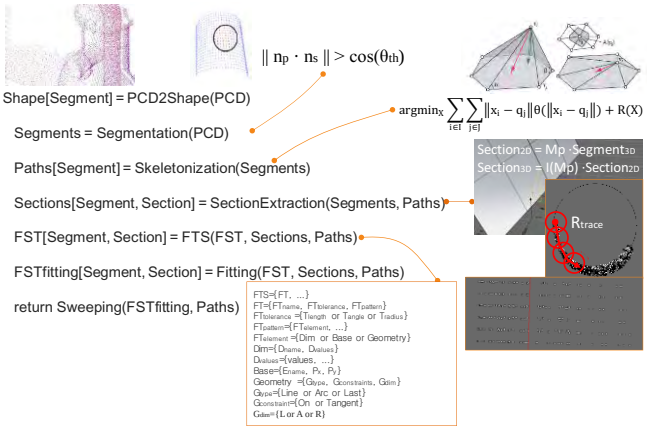
앞의 수식에서 각 함수는 p 에 포함되어 있는 노이즈 등을 고려해, 적절한 계산허용공차 t 를 가진다.

(그림 2)는 이러한 과정을 알고리즘 순서도로 표현한 것이다. 그림에서 PCD 는 포인트 클라우드(Point Cloud)를 의미하고, FST 는 형상 유사 템플릿(Feature Similarity Template)을 의미한다. 이를 통해, 주어진 PCD 와 가장 유사한 FST 를 선택하고, 이를 통해, 3 차원 형상을 생성한다.



(그림 2) Sweeping 형상 생성 알고리즘

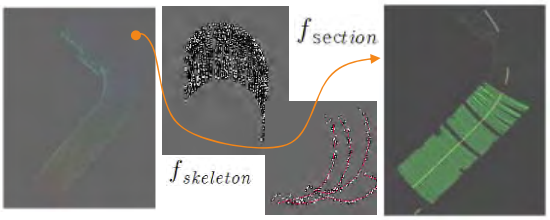
다음은 알고리즘을 의사코드로 표현한 것이다.



(그림 3) Sweeping 형상 생성 알고리즘의 의사코드

2.3 실험 결과

제안된 알고리즘으로 과정을 구현해 보았다. 불완전한 3D 이미지 스캔 데이터를 사용하였고, 그 결과는 다음과 같다.



(그림 4) Sweeping 형상 단면 추출 결과

다음 표는 Sweeping 형상의 단면 추출 결과와 편차를 표로 분석한 것이다. 데이터가 절반 이하로 스캔된, 불완전한 3D 이미지 스캔의 포인트 클라우드 데이터였음에도 불구하고, 2.5cm 정도의 편차를 보이고 있다.

<표 1> Sweeping 형상 단면 추출 결과

Section	X	Y	Z	R
#1	-6.481	31.983	26.940	0.646
#2	-6.798	32.004	26.379	0.639
#3	-6.790	32.014	26.136	0.628
#4	-6.792	31.974	26.270	0.635
#5	-6.731	31.990	26.067	0.622
#6	-6.536	31.959	26.245	0.615
…	…	…	…	…
#59	-5.568	31.888	25.806	0.611
#60	-6.061	31.941	25.004	0.615
편차				0.025

3. 결론

본 연구에서는 포인트 클라우드에서 자동으로 추출한 단면 포인트들에서 파라메터 정보를 추출해, 미리 정의된 형상 단면들과 상호간 유사도를 비교한 후, 가장 유사한 형상 단면을 획득하고, 이를 기반으로 SWEEPING 형상을 추출을 지원하는 알고리즘을 제안하였다. 앞으로, 알고리즘의 성능을 개선할 계획이다.

감사의 글

본 연구는 '기존 시설물의 효율적인 유지관리를 위한 건축 MEP 객체 역설계 기술 개발(2015)' 수행되었습니다

참고문헌

[1] "Korea Facilities Maintenance Association", CNEWS, 2013
[2] Ministry of Knowledge Economy, "Facility Management System Development", 2008
[3] K. P. Corble, 2012, "Feature: Generating BIM Under Pressure", Professional Survey Magazine