

2D CAD 이미지 분석 기반 3D 객체 자동 생성 방법 설계

□ 서민재, 이유진, 최희조, 임현규, 최영규, 전지혜 / (주)스텐스

요 약

제조업과 같은 산업체에서는 현장을 이해하고 문서를 확인하는 과정에서 시간, 비용이 많이 소요되기 때문에 해석하기 용이한 3차원 형태의 데이터로 미리 제작하고 온라인으로 모델을 공유하고 수정하는 것은 작업 효율을 향상시킬 수 있다. 작업물을 3D 객체 형태로 분석하거나 수정 보안을 위한 가상 목업(mock-up)으로 활용할 경우, 3D 모델링을 빠르고 정확하게 생성하는 기술에 대한 연구가 필요하다. 본 논문에서는 2D CAD 이미지를 분석하여 도형 형태와 수치 정보를 각각 인식하고 3D 객체를 자동 생성하는 방법의 설계를 제안한다. 제안한 방식을 통해서 2D 이미지 파일의 별도 변환 없이 3D 객체로 자동 생성할 수 있다. 빠르게 자동 생성된 3D 객체는 XR 등의 다양한 플랫폼에서 정확하고 세밀한 형태를 가상 공간에서 공유할 수 있어 작업자 간 협업 효율성을 높일 수 있다.

1. 서론

XR(eXtended Reality), 디지털 트윈, 메타버스 등의 현실 세계와 연동이 가능한 실감 가상 공간 서비스가 급속도로 발전함에 따라, 관련 기술의 활용 범위 역시 다양한 분야로 확대되고 있다. 특히 산업체를 중심으로 가상 공간 서비스 기술이 현장에 점진적으로 적용되고 있다. 다수의 산업체가 XR 기반 실습 교육, 훈련을 시작으로 가상 공간 내에서 결과물을 공유하거나 협업하는 메타버스 플랫폼의 도입까지 활용을 검토하고 있다[1][2]. 이러한 기술의 적용이 산업체를 중심으로 발전하는 이유는 실시간 현장 관리 및 순찰 솔루션 등 다양한 작업자 중심의 다양한 기술 도입이 검토되는 추세이고, 작업에 필요한 일부 특화된 기능을 정밀하게 구현하는 것으로도 충분히 서비스 활용 가치가 높기 때문이다.

※ 이 논문은 2022년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.2021-0-00762, 대응량 CAD의 시점 기반 XR 가시화와 3D 자동 변환 기술 개발)

관련 기술의 현장 도입을 위해서는 현장 내 고품질 통신, 연동 가능한 장비 보유, 네트워크 보안 등의 문제가 우선 검토되어야 하지만, 현장 내 작업의 효율성이나 장기 유지 시 기존 소요 비용을 절감하는 등의 장점이 판단되는 경우 적극적으로 도입하는 추세를 보이고 있다.

산업체 중에서도 제조 분야에서는 작업 효율을 향상시키기 위해 제품을 3D 모델로 제작하고 가상 공간에서 공유하는 등의 업무 활용을 기대하고 있다[3]. 여러 라인으로 작업이 분리 구성되거나 작업장이 분산되어 있는 제조업의 경우, 실 결과물 공유 시 시간, 비용이 많이 소요되기 때문에 3D 형태로 미리 제작하고 온라인으로 모델을 공유하고 수정하는 것은 작업의 협업 효율을 향상시킬 수 있을 것으로 보고 있다. 이와 같이 작업물을 3D 객체 형태로 분석하거나 수정, 보완을 위한 가상 목업(mock-up)으로 공유하는 것이 주 활용 목적인 경우, 3D 모델링을 빠르게 생성하는 기술이 중요하며, 정확한 형태로 생성하는 것 또한 반드시 필요할 것으로 보인다.

현재 활용되는 주요 3D 객체 모델링 방식은 크게 3가지로 분류할 수 있다. 첫 번째는 인력에 의존하여 3D 객체 생성 툴을 통해 생성하는 방법으로, 대부분의 3D 모델링 작업이 이와 같은 방식으로 작업되고 있다. 수작업을 통해 3D를 제작하게 되는 경우, 작업물을 세밀하게 수정하며 정확하게 구현하는 것이 가능하지만 작업자의 숙련도에 따라 작업 시간이 결정되며 비용이 많이 소요된다. 이러한 경우 많은 양의 작업물을 생성할 수 없어 작업을 빠르게 다수 개 수행하기에는 물리적인 한계가 있다.

두 번째 방법으로는 사물을 여러 장의 사진으로 촬영하고, 사진 내 인접 정보를 통해 3D 모델을 생성하는 사진 측량(Photogrammetry) 기술을 들 수 있다[4]. 사진을 기반으로 생성하는 3D 모델의 경우 작업 소요 시간이 적어 매우 빠르게 생성되나, 외관 정보만 담고 있어 상세한 내부의 구성 정보나 정확한 형태 값 정보를 파악

할 수 없다. 따라서, 내부 형태와 정확한 수치, 내부 구성 정보가 필요한 경우에는 활용하기 어렵다.

마지막으로 CAD 정보를 기반으로 3D 모델을 생성하는 기법을 고려할 수 있다. CAD는 빠르고 정확한 3D 모델이 생성 가능하다는 장점을 가지고 있으나, 특정 소프트웨어에 의존적이며 3D CAD 형식으로 작성된 작업물만 가능해 대부분에 해당하는 2D CAD에는 적용이 어렵다. 특히, 활자 인식이 되지 않는 CAD 이미지 파일이거나 디지털화되어 있지 않은 오프라인 CAD들은 3D로 결과물을 생성하기 어렵다. 2D CAD를 3D 형태로 확인하거나 XR 등에서 객체를 활용하기 위해서는 2D CAD 이미지를 디지털화하고 3D CAD로 변환하거나, 수작업을 통해 3D CAD로 새로 작성하고 3D 객체로 변환하는 과정으로만 가능하다.

이에 본 논문에서는 2D CAD 이미지를 분석하여 도형 형태와 수치 정보를 각각 인식하고 3D 객체를 자동 생성하는 방법의 설계를 제안한다. 제안한 방식을 통해서 2D 이미지 파일의 별도 변환 없이 3D 객체로 자동 생성할 수 있다. 빠르게 자동 생성된 3D 객체는 XR 등의 다양한 플랫폼에서 정확하고 세밀한 형태를 가상 공간에서 공유할 수 있어 작업자 간 협업 효율성을 높일 수 있다.

II. 관련 연구

본 장에서는 일반적인 3D 모델링 방법과 설계를 위한 3D 모델링 방법을 나눠서 설명하고자 한다. 일반적인 모델링 방법으로는 수작업을 통한 3D 모델링 방법과 사진 측량 3D 모델링 방법이 있으며, 이는 3D 객체를 만들 때 사용되는 기본적인 형태이다. 설계를 위한 3D 모델링 방법으로는 CAD를 사용하는 방법이 있다. 수치 정보와 같은 정확한 정보를 활용하기 위한 목적으로

CAD를 활용하여 모델링을 수행한다. 2D CAD와 3D CAD의 모델링 방식의 차이점을 중심으로 설명한다.

1. 기존 3D 객체 생성 방법

기존 활용되는 대표적인 모델링 방식으로는 3D 모델링 SW를 활용한 수작업 모델링 방법과 사진 측량 3D 모델링 방법을 들 수 있다. LiDAR, 스캐너 등을 활용한 방법은 추가적인 고가 하드웨어를 요하는 작업 방식이기 때문에 본 논문에서는 고려하지 않는다. 수작업 모델링 방식으로는 주로 Maya나 3D MAX와 같은 3D 저작 툴로 작업자의 판단에 따라 생성한다. <그림 1>의 좌측은 수작업을 통한 3D 모델링 결과물의 예시이다. 수작업 3D는 대체적으로 간결한 외관 형태를 구성하고 있으며, 제작 시 요구에 따라 내부 형태도 상세하게 구현 가능하다는 이점이 있다. 다만, 대체로 작업자의 역량에 따라 산출물의 품질이나 소요 시간이 결정되어, 장기적으로 활용할 목적의 3D 모델링이 아닌 경우에는 비용, 시간 측면에서 쉽게 적용하기 어렵다. <그림 1>의 우측은 사진 측량 기반으로 생성한 결과물을 보여준다. 인력으로 구축하기 어려울 만큼 정밀하고 동일한 외관 작업이 필요한 경우에 활용된다. 그러나 해당 작업 방식은 내부의 깊이 정보나 수치 정보를 활용할 수 없이 전적으로 이미지 정보에 의존하고 있어, 메타버스 내 배경이나 디지털 트윈 현장 정보 구축 목적에 적합하고 사물의 정확한

내부, 수치 정보를 파악하기 위해서는 적용하기 어렵다.

2. 도면 기반 3D 객체 생성 방법

도면을 활용한 3D 객체 생성은 주로 3D CAD 도면을 이용하는 방법으로, 대표적인 툴로는 Auto CAD를 예로 들 수 있다. 대부분 3D CAD를 활용해 3D 객체를 생성하며 2D CAD 도면을 입력받아 3D 객체로 생성하는 툴은 찾기 어렵다. 1990년대 전후 2D CAD 기반 3D 객체 생성 방법에 대한 연구들이 활발히 이루어졌으나, 큰 진전 없이 연구가 다수 보류되었다. 2D CAD에서 도형의 형태를 예측하고 문자열 검출 후 3D 객체 생성을 자동화하는 프로그램을 구축하기에는 당시 하드웨어, 소프트웨어적인 한계가 있었을 것으로 판단된다. 이후 3D CAD의 등장으로 3D 객체 형태를 구축하게 됨으로써 현재 2D CAD로 3D 객체 생성을 수행하는 방법은 2D CAD를 3D CAD로 변환하고, 변환한 3D CAD를 통해 3D를 생성하는 방법이 이용되고 있다.

그러나 3D CAD의 등장에도 불구하고 2D CAD의 사용 비중은 높은 상태를 유지하는데, 핵심적인 이유로는 작업자들이 생산 현장에서 검증된 오랜 전통의 2D 설계 방법에 익숙하기 때문이다[7]. 결국 2D CAD를 3D 형태로 확인하거나 XR 등에서 객체를 활용하기 위해서는 3D CAD로 변환하고 이후 3D 객체로 생성하는 과정을 수행하고 있다.



<그림 1> 3D 모델링 툴을 통해 생성된 3D 객체(좌)[5] 및 사진 측량 기법을 통해 생성된 3D 객체(우)[6]

<표 1> 2D CAD와 3D CAD 비교[8]

	2D CAD	3D CAD
Full form	Two-dimensional	Three-dimensional
Definition	Represents an object with just two dimensions, i.e. width and height	Represents an object with three dimensions: width, height and depth
Representation	flat	Life-like
Aspects	Width and height (no depth)	Width, height, and depth
Mathematics	The x-axis and y-axis	The x-axis, y-axis, and the z-axis
Geometry	Rectangle, square, triangle, polygon, etc.	Cylinder, sphere, cube, pyramide, prism, etc.

현실적으로 모든 2D CAD 도면을 3D화 하기에는 어려움이 많다. 실물로만 존재하는 2D CAD의 경우 CAD 이미지를 디지털화하거나 수작업을 통해 3D로 새로 작성하는 과정이 필요하며, 해당 작업은 시간과 비용이 다수 소요된다. 그러나, 이전의 2D CAD를 3D로 생성하기 위한 연구가 최근에는 하드웨어 사양이나 딥러닝 기술 등이 고도로 발전하면서 구현 가능해졌다.

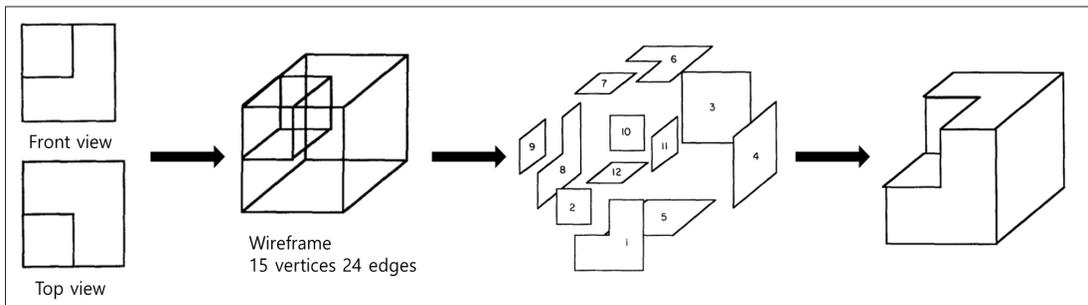
본 논문에서는 2D CAD 이미지를 별도 중간 변환을 거치지 않고서 바로 3D 모델링으로 자동 구축할 수 있도록 설계하고 구현하는 것을 제안하고자 한다. <그림 2>는 2D CAD 기반 3D 생성 방법 중 본 논문에서 참고하는 3D 모델 구성 방법의 한 예시를 보여준다. 논문[9]은 도형의 기하학적 원리를 이용하여 표면 축이 투영 축과 평행하는 모델을 생성하는 알고리즘을 제안하였다. 시

점 이미지를 바탕으로 각 이미지의 노드와 에지를 정의하고, 노드와 에지의 타입을 기반으로 기초 와이어 프레임 생성한다. 생성한 와이어 프레임을 바탕으로 표면의 타입 정의 후 3D 모델을 생성하도록 하는 방식으로, 본 논문에서는 논문[9]을 참고하여 기초 접근 방법을 모색하였고, 객체를 생성할 수 있도록 설계하였다.

III. 2D CAD 이미지 분석 기반 3D 객체 자동 생성 기법

1. 기능 요구사항

본 논문에서 연구하는 3D 객체 생성 기법은 이미지



<그림 2> 2D CAD 와이어 프레임 시점에서 3D 객체 구성 예시[9]

형태로 존재하는 2D CAD 도면을 고려한다. 따라서, 구현을 위한 기능 설계를 위해 아래와 같이 요구 사항을 정의할 수 있다. 제안된 요구 사항은 2D CAD 이미지를 입력하고 3D 객체 모델링을 자동화하기 위한 기본적인 요구 사항으로, 본 논문은 3D 생성 기법을 제안하기 위한 것이기 때문에 전송 및 출력과 관련된 기능은 논문 내에서 고려하지 않는다.

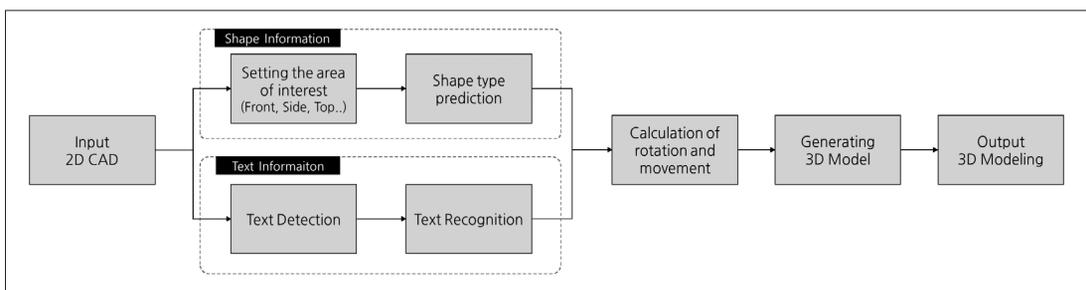
- 2D CAD 도면 이미지를 입력 데이터로 제공받을 수 있어야 한다.
- 3D 결과물은 종합된 1개의 객체 모델링 형태로도 출되어야 한다.
- 3D 모델링 결과물은 수치 정보와 형태 정보가 결합하여 도출되어야 한다.
- 2D CAD에서 3D 모델링으로 산출하는 과정은 수작업 없이 자동으로 진행되어야 한다.
- 2D CAD 도면에 있는 정형/비정형 도형 형태와 관계없이 인식하고 생성할 수 있어야 한다.

2. 2D CAD 기반 3D 모델링 기술 설계

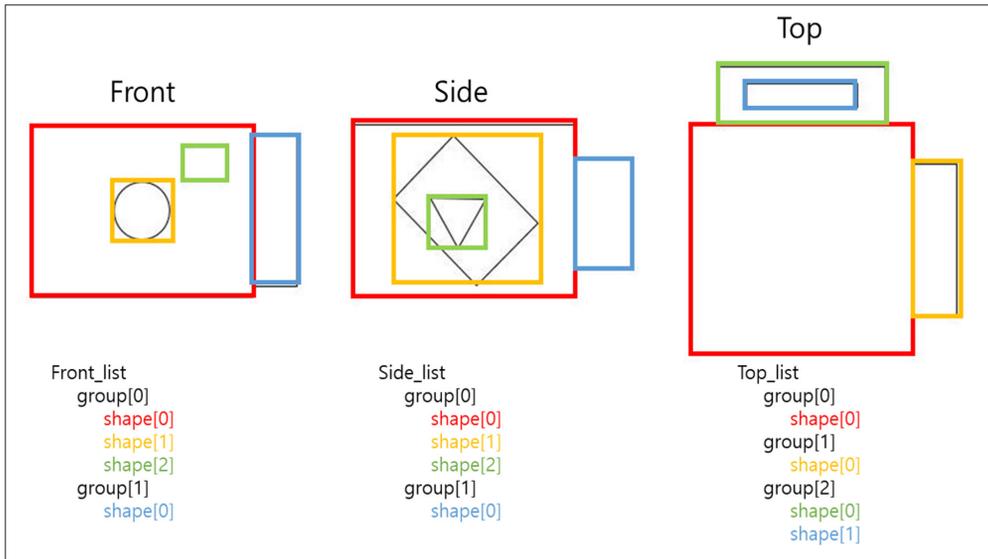
2D CAD를 기반으로 3D 모델링을 생성하는 기능 흐름도를 <그림 3>과 같이 구성하였다. 2D CAD 이미지를 입력으로 받은 후 도형 정보를 추출하는 기능과 문자

정보를 추출하는 기능을 분리하여 수행할 수 있도록 한다. 3D 모델을 생성하기 위한 주요 정보인 도형 정보를 추출하기 위해서는 먼저 관심 영역 설정을 하는 것이 필요한데, 이는 사용자가 정면, 측면, 상단면의 도면의 이미지를 잘라 직접 입력한다. 이후에는 각각의 정면, 측면, 상부면에 존재하는 도형의 정보를 예측할 수 있도록 한다. <그림 4>는 2D CAD 도면 내에서 객체 예측을 관심 영역별로 진행하는 예시를 보여준다. 정면, 측면, 상단면 정보를 개별 list로 추출할 수 있도록 하고, 인접한 분리된 구역인지, 특정 도형 내에 포함된 구역인지에 따라서 group 정보를 구성한다. 가장 큰 도형을 구성하기 위한 경우에만 group 정보를 사용하고, 그 내부에 있는 도형이 또 다른 도형을 내포하는 경우에는 group 정보가 아닌 배열 내 순서로 접근할 수 있도록 한다.

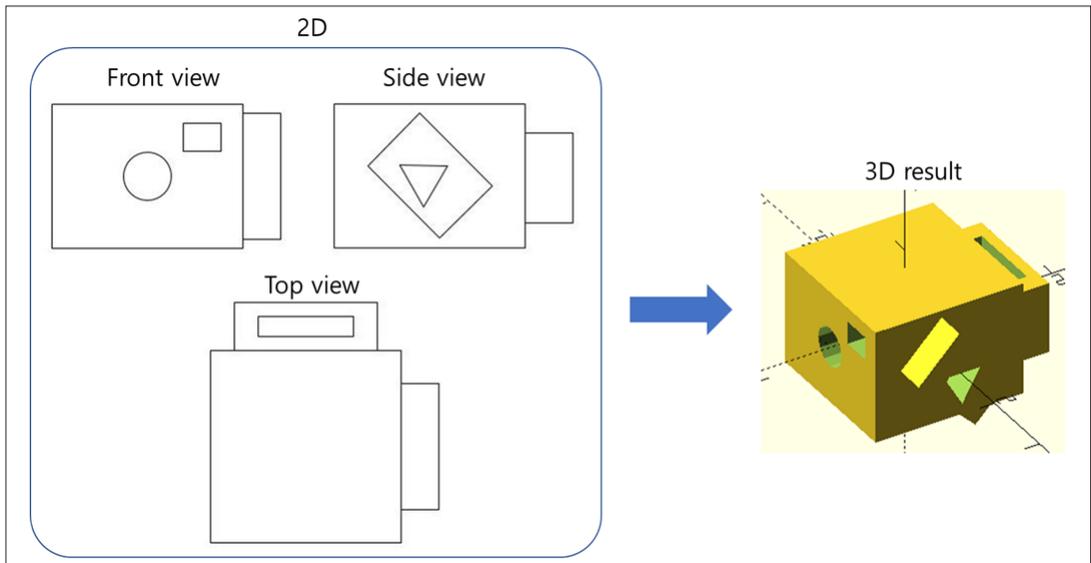
이러한 정보가 제대로 인식되고 활용되기 위해서는 문자 정보를 추출하는 작업이 필요하다. 문자 정보를 추출하기 위해서 OCR(Optical Character Recognition) 기술을 적용하였다. OCR은 이미지 속에 존재하는 문자를 검출해서 인식하는 기술로, 이미지 내에 있는 문자 정보를 문자열 정보로 변환해서 반환할 수 있다[10]. OCR 기술을 적용하여 도형 내 정확한 수치 정보 등을 위해 문자열을 검출한 후 인식하는 과정을 수행한다. 해당 값을 통해서 개별 도형의 크기나 위치 정보를 파악할 수 있다. 문자열에서 추출한 도형 크기, 위치 정보와 도



<그림 3> 2D CAD 기반 3D 모델링 생성 기능 구성



<그림 4> 2D CAD 도면 내 관심 영역별 객체 예측 진행 예



<그림 5> 2D CAD 분석을 통한 3D 객체 결과물 예

형의 정보를 종합하여 각 개별 도형의 회전 정보나 구성을 위한 위치 정보, 요철 유무 등을 판단한다.

전체 계산을 마치면 값을 기반으로 도형을 생성하고, 도출할 수 있도록 한다. <그림 5>는 2D CAD 분석을 통

한 3D 객체 결과물의 예시를 보여준다. 동일한 도형 내에서도 요철을 판별하는 과정을 수행함을 알 수 있다. 상부면 시점에서 존재하는 최상단 사각형 내에 포함되어 있는 작은 사각형 형태의 요철 여부에 대한 정보는

측면에 존재하는 가장 오른쪽 사각 정보에서 상부로 돌출된 작은 사각형이 있는지를 확인한다. 상부에 사각 정보가 존재하지 않기 때문에 결과물인 3D 객체 모델에서는 작은 사각형 형태만큼 내부가 비어 있는 형태로 구성할 수 있도록 한다. 본 결과는 구성 기술을 설명하기 위한 하나의 예로, 4장에서 실제 실험 결과와 함께 각 과정을 추가 설명하고자 한다.

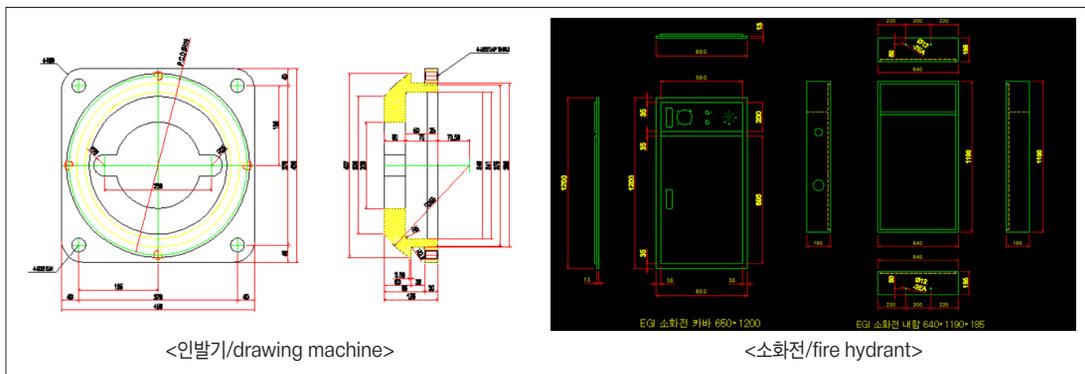
IV. 모의실험

모의실험을 위해 두 종류의 2D CAD를 준비하였다. 하나는 인발기(Drawing Machine) 일부의 형태로, 간단하지만 비정형화된 도형 정보를 포함하고 있다. 다른 하나는 소화전에 대한 CAD로, 소화전의 커버와 내함 형태를 전체 구현해야 하는 것으로 정형 도형만 포함하고 있지만 상대적으로 상세하고 복잡한 형태에 대한 결과물을 도출할 수 있다. <그림 6>은 실험에 사용된 인발기와 소화전에 대한 2D CAD 이미지로, 해당 이미지를 이용하여 실험을 진행하였다. 실험을 위해서 Windows 10 professional에 opencv-python-4.5.2 버전을 설치하였고 Blender 툴을 활용해서 내부 함수를 활용하였

다. 단, 본 논문에서는 3D 생성을 위한 소요 시간은 고려하지 않는다.

각 CAD별로 관심 영역을 설정하였다. 인발기의 경우 정면과 측면만 존재하는 단순한 형태를 이루었고, 소화전은 정면이 총 2개로, 소화전 커버와 내함으로 구성되어 있다. 관심 영역은 소화전 커버의 경우는 3개, 소화전 내함은 4개를 이루고 있다. 이후 각각의 관심 영역에서 도형을 인식할 수 있도록 하였다. 한편, 내부에 있는 정보에 대한 OCR 검출을 진행해 이미지 내에 존재하는 문자열을 검출하고 인식할 수 있도록 하였다. 문자열에서 추출한 도형 크기, 위치 정보와 도형의 형태 정보를 활용하여 객체를 제작할 수 있도록 정보를 구성할 수 있도록 <표 2>와 같이 DB를 설계하였다. 관심 영역 내 도형별로 하나의 ID를 부여하고, OCR 정보를 기반으로 정보를 산출하였다.

<그림 7>은 CAD 기반 도형 검출 결과와 OCR 결과로 DB 튜플을 구성한 예를 보여준다. 인발기의 경우 14개의 도형 정보로 구성되었으며, 소화전의 경우 커버와 내함 전체 포함 시 총 49개의 도형 정보로 구성되었다. 사각형과 정원형 정보의 경우는 square와 circle 정보로 관리할 수 있으나, 그 이외의 도형 정보는 비정형 도형 정보와 함께 polygon으로 구별하여 정점을 좌표 정보



<그림 6> 실험에 사용한 인발기 일부 도면(좌) 및 소화전 도면(우)

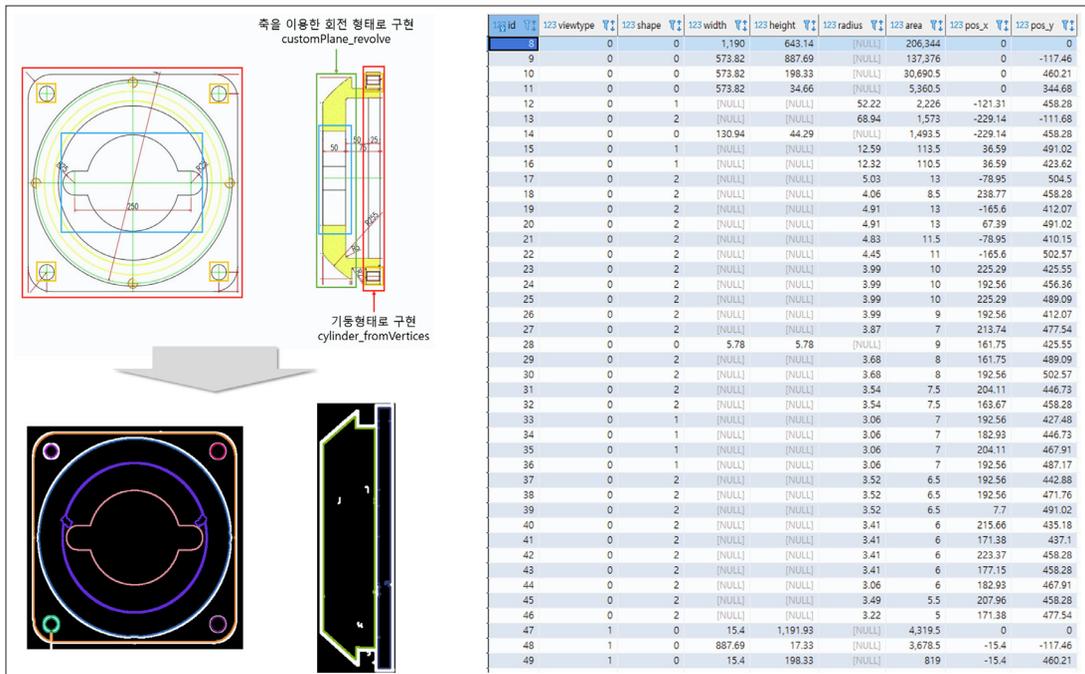
<표 2> 2D CAD 분석 기반 객체 생성을 위한 DB 구조

column	type	nullable	description
id	int(11)	NOT NULL	ID
viewtype	int(11)	NOT NULL	0: front 1: side 2: top
shape	int(11)	NOT NULL	0: square 1:circle 2: polygon
width	float	DEFAULT NULL	Width (mm) (for square)
height	float	DEFAULT NULL	Height (mm) (for square)
radius	float	DEFAULT NULL	Radius (for circle)
area	float	NOT NULL	Area of the shape
pos_x	float	NOT NULL	x offset to the center of the largest shape
pos_y	float	NOT NULL	y offset to the center of the largest shape

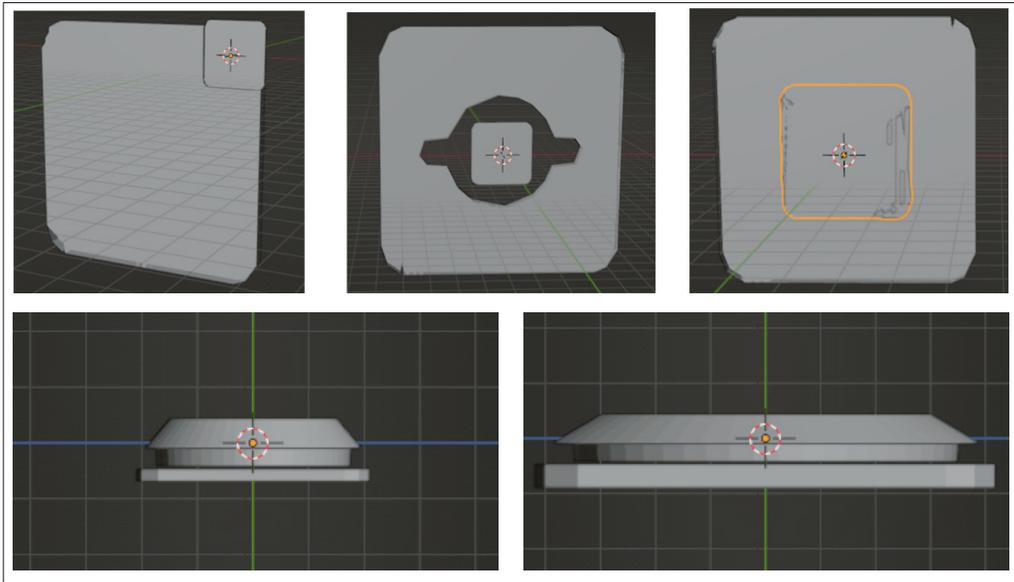
로 관리할 수 있도록 하였다. 해당 정보를 통해서 도형의 형태 정보를 구축할 수 있다.

도형의 형태 정보만 인식하고 제작할 경우는 정확한 수치 정보 값을 반영하기 어렵다. OCR로 검출한 각 도형의 길이, 너비, 직경 등의 정보를 통해서 도형을 변

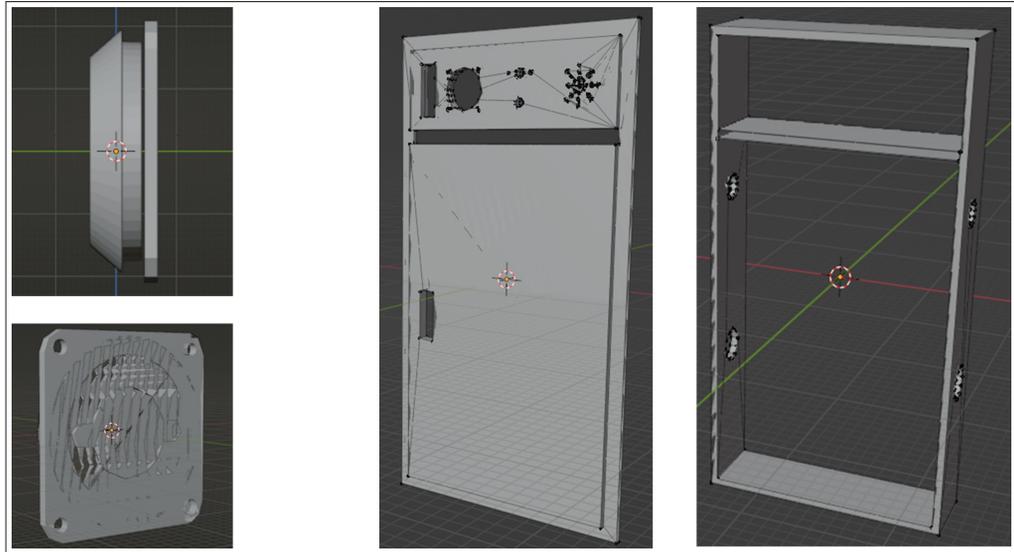
형할 수 있도록 한다. <그림 8>은 인발기 생성 도형에 OCR 값을 반영, 적용한 예시를 보여준다. <그림 8>의 상단은 좌표 중심 정보를 적용하거나 스케일 비율을 적용한 결과를 보여준다. <그림 8>의 하단 좌측은 OCR 정보를 적용하기 전으로, 하단의 우측에서 OCR 정보



<그림 7> CAD 기반 인발기 도형 검출 결과(좌) 및 OCR 결과로 튜플을 구성한 소화된 DB 예(우)



<그림 8> 인발기 생성 도형에 OCR 정보를 적용한 결과



<그림 9> CAD 이미지 분석 기반 최종 3D 모델 산출물

기반 좌표와 스케일 비율 등을 적용한 결과물을 볼 수 있다.

<그림 9>는 CAD 이미지 분석 기반으로 생성한 최종 3D 모델 산출물이다. 좌측의 인발기는 전체 구성 도형

의 개수가 많지 않은 간단한 CAD이지만 비정형 데이터를 포함하고 있어, 이를 구현하는 방법을 고려하기 위해 다각형 좌표 정보를 활용하였다. 우측의 소화전의 경우는 비정형 도형에 대한 정보는 없지만, 커버와 외함으로

구성되어 있고, 도형의 개수가 많고 측면 정보가 다양하게 존재하였기에 정합하는 과정이 상대적으로 복잡하였다. 그럼에도 제한한 제작 방식을 통해서 자동화하여 구축할 수 있었으며, OCR로 검출한 수치 정보를 반영한 정확한 도형 형태로 산출되었다.

V. 결론

본 연구는 두 가지 측면에서 CAD 기반의 3D 모델 변환 기법에 대해서 연구하였다. 먼저, XR과 같은 가상 공간에서 3D 모델이 다양하게 활용될 수 있도록 3D 모델을 생성 자동화하는 방법을 고려했다. 또한, 제조업과 같은 분야에서 활용할 수 있도록 OCR을 검출하고, 검출한 수치 정보를 적용하여 모델 생성 시 보완할 수 있도록 하여 정확한 모델을 사용할 수 있도록 하였다. 3D CAD로 존재하거나 즉시 파싱 가능한 2D CAD 정보의

경우, 일부 가공만으로도 3D 모델링이 가능하다. 그러나 실제 작업 현장에서는 오프라인에만 존재하는 CAD 파일 PC 내에서 즉시 인식이 어려운 형태로 존재하는 CAD가 다수 존재하였다.

본 논문에서는 CAD 이미지 파일을 기반으로 형태와 수치 정보를 인식하고, 3D 객체를 생성하는 방법을 제안하였다. 기능 요구 사항을 먼저 분석하고, 이를 기반으로 필요한 기능을 모듈 단위로 구성하였다. 추가적으로 인식한 도형 정보와 OCR 정보를 통해 정확한 3D 모델 작업을 진행할 수 있도록 DB 형태도 설계하였다. 제안하는 기술을 적용할 경우, 별도의 가공 작업이나 제작업이 필요 없이 도형으로 자동 변환이 가능하다. 산출된 결과물을 여러 작업자가 공유하거나 목업(mock-up) 형태를 확인하기 위한 용도로 활용할 수 있을 것으로 기대한다. 향후 연구로는 작업된 3D 도형 정보를 기반으로 XR에서 제공하기 위한 추가적인 기술 연구와 변환 처리 속도를 개선할 수 있는 방법을 연구하고자 한다.

참고 문헌

- [1] Extended Reality (XR) Technologies-Accenture, <https://www.accenture.com/in-en/insights/technology/interactive-xr-report> (accessed Jul. 09, 2022)
- [2] Metaverse report-Future is here--Global XR industry insight, <https://www2.deloitte.com/cn/en/pages/technology-media-and-telecommunications/articles/metaverse-whitepaper.html> (accessed Jul. 09, 2022)
- [3] The State of XR in Manufacturing and Industrial 2022, <https://www.xrtoday.com/mixed-reality/the-state-of-xr-in-manufacturing-and-industrial-2022/> (accessed Jul. 09, 2022)
- [4] J. Jeon, "3D automatic creation and XR expression technology for digital twin high-precision virtual space construction," TTA Journal Vol.200, Mar. 2022, link: <https://www.tta.or.kr/tta/publicationHosuView.do?key=80&rep=1&searchKindNum=1&searchHosu=200>
- [5] A. Giorgio, R. Fabio, G. Gabrio et al., "QueryArch3D: Querying and Visualising 3D Models of a Maya Archaeological Site in a Web-Based Interface," Geoinformatics FCE CTU, Vol.6, Dec 2011. doi: <https://doi.org/10.14311/gi.6.2>
- [6] R. Ivan, D. Ivan and S. Sanja, "Photogrammetric 3D Scanning of Physical Objects: Tools and Workflow," TEM Journal, Vol.8, No.2, pp.383-388, May 2019. doi: <https://doi.org/10.18421/TEM82-09>
- [7] Thriving in a 2D to 3D to 2D world (Korean), https://www.plm.automation.siemens.com/ko_kr/Images/19071_tcm72-87954.pdf (accessed Jul. 09, 2022)

참고 문헌

- [8] What is the difference between 2D and 3D CAD drawings?, <https://www.quora.com/What-is-the-difference-between-2D-and-3D-CAD-drawings> (accessed Jul, 09, 2022)
- [9] Rémi Lequette, "Automatic construction of curvilinear solids from wireframe views," *Computer-Aided Design*, Vol. 20, No. 4, pp.171-180, 1988. doi: [https://doi.org/10.1016/0010-4485\(88\)90273-4](https://doi.org/10.1016/0010-4485(88)90273-4)
- [10] Subramani, Nishant, et al. "A Survey of Deep Learning Approaches for OCR and Document Understanding," arXiv preprint arXiv:2011.13534, 2020. doi: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2011.13534>

필자 소개



서민재

- 2013년 : 서울여자대학교 영어영문학과 학사
- 2016년 : 서울여자대학교 정보미디어학과 이학 석사
- 2021년 : 서울여자대학교 컴퓨터학과 공학 박사
- 2021년 ~ 현재 : 쥬스텐스 선임연구원
- 주관심분야 : 자유시점 콘텐츠, 디지털 트윈 서비스



이유진

- 2018년 : 인천대학교 정보통신공학과 학사
- 2022년 : 서울과학기술대학교 IT미디어공학과 공학 석사
- 2022년 ~ 현재 : 쥬스텐스 기업부설연구소 주임연구원
- 주관심분야 : 인공지능, 영상분석, AR/VR



최희조

- 2017년 : 동국대학교 영어영문학과 학사
- 2022년 : 서울과학기술대학교 IT미디어공학과 공학 석사
- 2022년 ~ 현재 : 쥬스텐스 기업부설연구소 주임연구원
- 주관심분야 : 인공지능, 디지털 트윈 서비스

필자 소개



임현규

- 2010년 : 건국대학교 커뮤니케이션디자인 학사
- 2011년 ~ 2016년 : Clusoft 대리
- 2016년 ~ 2018년 : Dentium 대리
- 2018년 ~ 현재 : (주)스탠스 기업부설연구소 책임연구원
- 주관심분야 : 3D Graphics, 영상 디자인, Graphic Shader



최영규

- 2000년 : 한남대학교 전자공학과 학사
- 2002년 ~ 2006년 : SK Communications 대리
- 2006년 ~ 2010년 : NHN 차장
- 2022년 ~ 현재 : (주)스탠스 기업부설연구소 연구소장
- 주관심분야 : 컴퓨터비전, 네트워크 통신, SW 아키텍처 설계



전지혜

- 2007년 : 수원대학교 전자공학과 학사
- 2009년 : 수원대학교 전자공학과 공학 석사
- 2017년 : 서울과학기술대학교 정보통신공학 공학 박사
- 2008년 ~ 2013년 : (주)하이트론씨스템즈 선임연구원
- 2017년 ~ 현재 : (주)스탠스 대표이사
- 주관심분야 : 컴퓨터비전, 3D 생성, 디지털 트윈, 데이터 가시화