

# 360 파노라마 이미지기반 실내공간 시각화 데이터 구축 및 활용방법

## 360 Panorama Image-based Interior Architectural Visualization Data Archiving and its Applications

김영채<sup>1)</sup>, 이진국<sup>2)</sup>

Kim, Young-Chae<sup>1)</sup> · Lee, Jin-Kook<sup>2)</sup>

Received August 30, 2024; Received November 05, 2024 / Accepted November 26, 2024

**ABSTRACT:** In recent years, the surge in interest in Virtual Reality (VR), Augmented Reality (AR), and the Metaverse has led to various innovative applications in the fields of architecture and spatial design. This study underscores the pivotal role of 360-degree panorama images in creating immersive VR and Metaverse environments, particularly in the visualization and design of interior spaces. By employing methods such as 360 cameras, 3D scanning, BIM modeling, and AI-generated images, the study amassed a comprehensive database of approximately 10,000 high-quality panorama images from both real and virtual spaces. This database can be utilized in various ways, including splitting panorama images into conventional reference images for video visualization and classifying spaces based on object recognition techniques. Additionally, a method for selecting representative images using depth maps was proposed. The research aimed to systematically manage and effectively utilize a vast array of panorama images, thereby exploring their potential as powerful tools in supporting interior space design. The findings indicate that 360-degree panorama images can significantly enhance visualization and communication in architectural design. This study not only provides a structured approach to managing extensive image databases but also highlights the versatility of 360-degree panorama images in improving the architectural design process and supporting various design applications.

**KEYWORDS:** Architectural Design, Visualization, 360-degree Panorama Images, Image Archive

**키워드:** 건축 설계, 시각화, 360 파노라마 이미지, 이미지 아카이브

### 1. 서론

#### 1.1 연구의 배경 및 목적

최근 가상현실(Virtual Reality, VR) 및 증강현실 (Augmented Reality, AR)과 메타버스(Metaverse)에 대한 관심이 급증하면서 건축 및 공간 디자인 분야에서도 이러한 기술을 활용한 다양한 시도가 이루어지고 있다(Sampaio et al., 2010). 가상현실과 증강현실 기술은 사용자에게 몰입감 있는 공간 경험을 제공할 수 있어 건축 설계 과정에서 효과적인 의사소통 도구로 활용되고 있다(Whyte, 2007). 또한, 메타버스 플랫폼의 등장으로 가상 공간에서의 사회적 활동과 상호작용이 증가하면서 가상 캠퍼스, 가상 오피스 등 다양한 공간 디자인에 대한 수요도 높아지고 있다(Schumacher, 2022).

이러한 흐름 속에서 360도 파노라마 이미지는 가상현실과 메타버스 환경을 구현하는 데 핵심적인 역할을 하고 있다 (Schumacher, 2022). 360도로 촬영된 이미지는 사용자를 중심으로 주변 공간을 모두 아우르는 몰입감을 제공하며, 현실 속 이미지는 물론이고 현실과 유사한 가상 세계를 구현하기 위한 강력한 도구로 자리매김하고 있다. 특히, 건축 및 공간 디자인 분야에서는 설계 단계에서부터 유지 관리에 이르기까지 전 과정에 걸쳐 360도 파노라마 이미지의 활용 가치가 주목받고 있다. 가상현실 기반의 설계안 검토, 메타버스 플랫폼 내 공간 구현, 완공 전 건축물 시뮬레이션, 증강현실을 이용한 건설 시공현장 관리 등 다양한 영역에서 그 활용 가능성이 높기 때문이다. 그러나 현재까지는 건축 및 공간 디자인 분야에서의 360도 파노라마 이미지를 효과적으로 생성하고 관리 및 활용하는 체

<sup>1)</sup>학생회원, 연세대학교 실내건축학과 석사과정 (ca71232@yonsei.ac.kr)

<sup>2)</sup>정회원, 연세대학교 실내건축학과 교수 (leejinkook@yonsei.ac.kr) (교신저자)

계적인 방법론이 부족한 실정이다. 이에 본 연구는 실내 공간 속 다양한 실제 및 가상 공간을 대상으로 고품질의 360도 파노라마 이미지를 대량으로 수집하여 360도 파노라마 이미지 데이터베이스를 구축하고, 이를 효율적으로 처리하고 활용할 수 있는 시스템을 제안하는 것을 목적으로 한다.

## 1.2 연구의 범위 및 방법

360도 파노라마 이미지는 단일 건축물에 있어서 외관의 모습보다는 벽으로 둘러싸인 실내 공간을 표현하는 데 더욱 유용하게 사용된다. 외관을 담아내기 위해서는 여러 지점에서의 촬영이 필요하지만, 일반적인 실내 공간의 경우 중앙 지점에서 한 번의 촬영으로 공간을 시각화할 수 있기 때문이다. 이에 본 연구는 실내 공간을 중심으로 360도 파노라마 이미지 데이터베이스를 구축하고 이를 효과적으로 관리 및 활용하는 방법론을 제안한다. 본 연구에서 다루는 실내 공간은 현실 공간뿐만 아니라 가상으로 구축한 공간도 포함한다.

기존 연구에서는 일반 이미지들을 스티칭 (stitching)하여 파노라마 이미지를 생성하는 방법론이 주로 제시되어 왔다(Wang et al., 2024). 본 연구는 그 반대로, 방대한 파노라마 이미지로부터 건축 설계에 유용한 일반 이미지를 분할하고 생성하는 방법을 제안한다는 데 차별성이 있다. 특히 이미지 분할뿐만 아니라 객체 인식과 자동 분류를 통해 실내 공간의 시각화를 돕는 데이터베이스를 구축하여, 건축적 시각 데이터를 효율적으로 선별하고 관리하는 방안을 다루고 있다.

이를 위해 360 카메라, 3D 스캐닝, BIM 모델링 및 렌더링, 이미지 생성 AI 등 다양한 방식을 사용하여 약 10,000여 장의 파노라마 이미지를 수집하고 데이터베이스를 구축하였다. 본 연구에서 제안하는 프로세싱 방안은 python 기반의 파노라마 이미지의 대량 분할 후 순차적 비디오 시각화, 이미지 속 객체 인식을 통한 공간별 이미지 자동 분류, 대량으로 분할된 일반 레퍼런스 이미지 중 공간을 대표하는 이미지를 선별하는 과정이 포함된다. 이를 통해 생성된 이미지들은 건축 설계 과정에서 레퍼런스 이미지로 활용되거나, 인공지능 모델의 추가학습 데이터로 사용되는 등 다양한 응용 가능성을 갖는다. 본 연구는 방대한 양의 파노라마 이미지를 체계적으로 관리하고 건축 설계 분야에 효과적으로 활용할 수 있는 새로운 방법론을 제안했다는 점에서 연구의 가치가 있다. 본 연구의 범위는 Figure 1에서 확인할 수 있다.

## 2. 이론적 고찰

### 2.1 건축 공간 시각화 표현 기술 및 배경

건축가는 건축 설계 과정 중에서 클라이언트의 요구사항을 충족시키기 위해 수많은 의사소통을 거쳐야 하며, 구조, 전기, 기계 엔지니어 등 여러 전문가와의 소통과 협력이 필요하다(Kalay, 2004). 이러한 과정에서 공간을 효과적으로 시각화하는 것은 설계 의도를 명확히 전달하고 이해관계자들의 합의를 이끌어내는 데 중요한 역할을 한다(Gallagher et al., 2008). 초기에는 디자인의 개념적인 아이디어를 시각적으로 표현하기 위해 주로 스케치가 사용되었으며(Im & Khaidzir, 2015), 이후 평면도, 입면도, 단면도 등의 제도 기법이 도입되었다(Jang, 2012). 그러나 2차원적인 도면은 일반인이 이해하는 데 어려움이 있었다(Jang, 2012). 비어있는 영역에 대한 관심이 고조되면서 건축물의 형상을 3차원으로 표현하는 투시도, 조감도, 렌더링 등의 3D 모델링 기법이 도입되면서, 보다 사실적이고 입체적인 시각화가 가능해졌다(Kalay, 2004).

최근에는 3D 스캐닝, 포토그래메트리, BIM 등과 더불어 가상 현실과 증강현실 기술이 등장하여 몰입형 시뮬레이션을 가능하게 하였다. 실제로 국내 및 해외 건축설계 사무실에서는 기존 3D 프로그램에 플러그인(plug-in) 방식으로 VR 기술을 적극적으로 활용하고 있으며, 이는 정확한 검토를 수행하고, 다자간의 정밀한 피드백과 효율적인 의사소통에 기여하고 있다(Lee, 2020). 또한, BIM (Building Information Modeling) 모델의 형상 및 속성정보를 증강현실로 구현하여 지하시설물을 유지관리하는 시스템을 개발하는 연구도 진행되고 있다(Kim et al., 2015; Shin et al., 2022). 이처럼 VR/AR 기술의 발전으로 소비자 수준의 디스플레이 장치가 보급되면서 360도 파노라마 이미지도

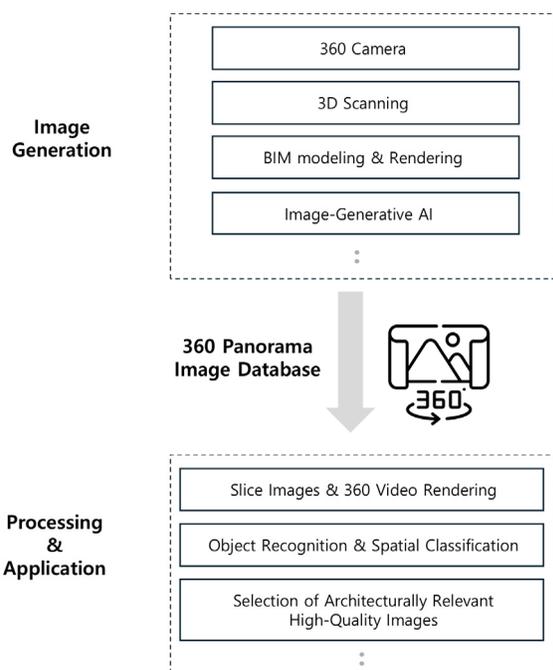


Figure 1. Scope of 360 panorama processing project

함께 발전하고 있다(Fakour-Sevom et al., 2018). 360도 파노라마 이미지는 공간 전체를 전방위로 촬영하여 하나의 이미지로 구현되며, 사용자에게 현실감 있는 공간 체험을 제공할 수 있다는 장점을 갖는다. 이는 건축 설계 분야에서 다양한 측면에서의 활용 가능성을 가지며, 향후에도 꾸준히 건축 공간의 시각화 및 커뮤니케이션 도구로서 중요한 역할을 할 것으로 기대된다.

## 2.2 360 파노라마 이미지의 기능 및 활용 범위

360도 파노라마 이미지는 지구의 표면을 평면에 투영하기 위한 지리적 투영 방법 중 하나인 등면도 투영법(equirec-tangular projection) 방식으로 제작된다. 이는 구형의 물체를 직 사각형 평면에 투영한 형태로, 가로 세로 비율이 2:1인 특징적인 모습을 갖는다(Fangi, 2011). Figure 2는 파노라마 이미지가 제작되는 방법을 시각화한 다이어그램이다.

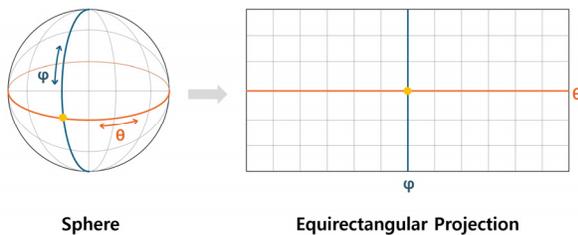


Figure 2. Methods for creating 360 panorama images

등면도 투영법은 360도 전체 영역을 단일 이미지로 투영할 수 있다는 점에서 실린더 투영법(cylindrical projection)과 유사하지만, 실린더 투영법은 투영된 이미지의 형태가 원통에 가까운 반면, 등면도 투영법은 지구의 경도를 가로 축으로, 위도를 세로 축으로 사용하여 직사각형 이미지에 투영된다는 점에서 차이가 있다.

파노라마 이미지는 실내외 공간 전체를 하나의 이미지로 포착하여 공간감 구현에 적합하며, 공간 인지에 효과적이다. 단일 이미지 내에서 벽, 천장, 바닥 등 모든 공간 요소의 레이아웃을 한눈에 파악할 수 있고, 가구 배치나 장식적인 요소, 디자인 스타일 등을 상세하게 표현할 수 있다. 또한 렌더링 기술과 결합하면 실제 공간과 구분하기 힘들 정도로 사실적인 표현이 가능하다. 이러한 파노라마 이미지 기술은 공간 시각화를 넘어 다양한 분야에서 활용되고 있다. 건설 현장에서는 공사 진척 상황을 기록하고 품질 및 안전 관리에 활용되며(Pham et al., 2018), VR/AR 분야에서는 가상 투어, 가상 전시 등의 가상 체험 콘텐츠를 구현하는 데 사용되고 있다(Byrne et al., 2015). 또한, 역사적인 기념물과 문화유산을 기록하는 용도로서 파노라마 이미지 기반의 모델링 및 레이저 스캐닝 기술을 활용하기도 한다(Capone & Campi, 2014; Jung et al., 2019).

## 3. 파노라마 데이터베이스 구축 방법

본 연구는 파노라마 데이터베이스를 구축하기에 앞서 실내 공간을 실제로 존재하는 공간과 가상으로 구축된 공간으로 분류하였다. 이와 같이 분류된 공간의 유형에 따라 파노라마 이미지 생성 방법도 다르게 적용되며, 이에 대한 내용은 Table 1에 제시되어 있다.

Table 1. Image generation methods based on space type

Space type	Generation source	Image generation methods
Real-world Space	Human-made	360 camera
		3D scanning
Virtual Space	AI-generated	BIM modeling & rendering
		Image generative AI

실제 공간(Real-world Space)에서는 주로 Human-made 방식이 사용되며, 여기에는 360 카메라를 이용한 직접 촬영 방법과 3D Scanning 기술을 활용한 방법이 포함된다. 이 두 가지 방법은 실제 공간을 기반으로 이미지를 생성하기 때문에 실사 이미지로 나타난다. 반면, 가상 공간(Virtual Space)에서는 AI-generated와 Human-made 방식을 모두 활용할 수 있다. Human-made 방식에는 BIM 모델링 및 렌더링 기술이 사용되며, 이는 3차원 디지털 모델을 구축하고 이를 GPU 렌더링하여 파노라마 이미지를 생성하는 방식이다. AI-generated 방식으로는 생성형 AI(image generative AI) 기술의 img2img 접근법이 있다. 이러한 AI 기반 이미지는 가상의 3차원 개체가 아닌 AI 모델을 통한 이미지 생성으로, 실내 공간을 재현한 가상이미지라는 점에서 다른 생성 방법과 구분된다. 각 이미지 생성 방법을 통해 만들어진 파노라마 이미지의 예시는 Figure 3에 제시되어 있다.

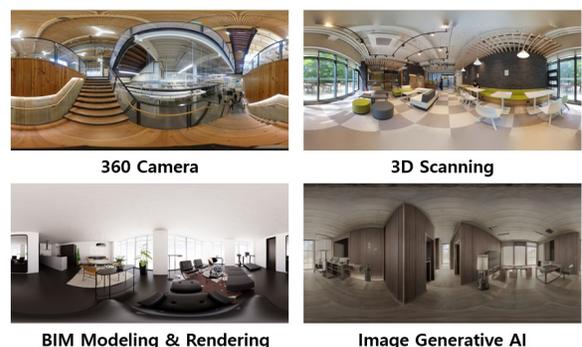


Figure 3. Examples of panoramic images with different methods

### 3.1 360 카메라 촬영

본 연구에서는 실제 공간의 파노라마 이미지를 캡처하기 위

하여 Ricoh Theta Z1 360 카메라를 사용하였다. Ricoh Theta Z1는 약 180도의 시야각을 갖는 두 개의 렌즈로 구성되어 있으며, 카메라 내부의 소프트웨어를 통해 두 렌즈로부터 촬영한 이미지를 자동으로 스티칭하여 완전한 구형 이미지를 형성한다(Aghayari et al., 2017). 스티칭된 이미지는 최종적으로 등면도 투영법 형식으로 변환되어 가로와 세로 비율이 2:1인 직사각형 이미지로 나타나게 된다. 이와 같은 작업을 통해 본 연구에서는 한국의 Y 대학교와 미국의 G 대학교, 국내외의 오피스 공간 등 다양한 실내 환경에서의 파노라마 이미지 데이터를 수집하였다(Figure 4 참조).



Figure 4. 360-degree camera products and captured images

### 3.2 3D Scan model 기반 360 이미지 추출

실내 공간의 3차원 모델링 기술은 문화유산 보존, 건설 계획 등 다양한 분야에서 활용되며, 사진측량, 깊이 카메라, 레이저 스캐닝 등의 방법이 사용된다(Capone & Campi, 2014; Virtanen et al., 2018). 본 연구에서는 상용 실내 매핑 시스템인 Matterport를 활용하여 실내 공간의 실사 기반 3D 모델을 구축하였다. Matterport 플랫폼을 활용하면 LiDAR 센서와 같은 깊이 카메라로 공간을 스캔하면서 RGB 이미지와 깊이 정보를 동시에 취득할 수 있다. 촬영된 데이터는 클라우드 서버에 업로드되어 SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) 알고리즘을 통해 처리된다. 이 과정에서 촬영 지점의 위치와 방향이 추정되고, 인접한 스캔 데이터가 정합되어 3D 점군 데이터 기반의 mesh 모델이 생성된다. 이후 RGB 이미지로부터 추출된 텍스처가 mesh 모델에 입혀져 사실적인 3D 모델이 완성된다(Matterport, 2023).

Matterport의 클라우드 기반 자동 처리 과정은 직접적인 모델링 없이도 공간 스캐닝을 통해 실내 공간의 3D 모델을 생성할 수 있다. 또한, 생성된 3D 모델 내의 모든 스캔 위치에서 파노라마 이미지를 다량으로 추출할 수 있어, 넓은 공간에 대해서도 효과적으로 파노라마 이미지를 수집할 수 있다. 본 연구에서는 Y 대학교의 생활과학대학 건물을 대상으로 층별 3D 스캐닝을 수행하였다. 스캔 시에는 카메라를 삼각대에 고정한 후, 약

1~2m 간격으로 이동하며 공간 전체를 촬영하였다. Figure 5는 해당 공간 지하 1층의 3D 모델뷰와 일부 지점에서 추출한 파노라마 이미지를 보여준다.

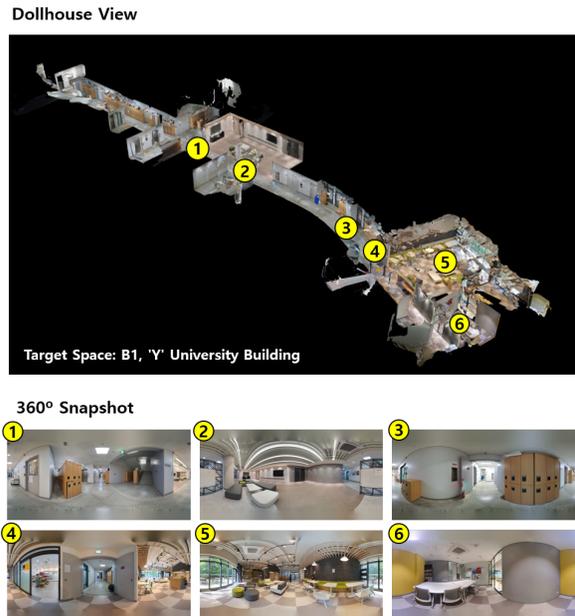


Figure 5. Dollhouse view of mesh model and example of panoramic image extracted from the model

### 3.3 BIM 모델링 및 360 렌더링

가상공간의 파노라마 이미지를 생성하기 위해 본 연구에서는 BIM 기술을 활용하였다. BIM은 건물의 설계, 시공, 유지관리에 필요한 정보를 디지털로 구현하는 통합 프로세스로, 3D 모델에 각종 속성정보를 입력하여 건물의 전 생애주기를 관리할 수 있는 기술이다(Eastman et al., 2011). 본 연구에서는 A사의 R 프로그램을 사용하여 가상 실내 공간의 BIM 모델링을 수행하였다. 먼저, 거주 공간, 업무 공간, 교육 공간, 상업 공간 등으로 실내 공간을 분류하였고, 각 공간의 모티브로 사용될 실제 도면 이미지를 기반으로 공간별 모델링을 진행하였다. 이 과정에서 공간 내의 구조, 가구의 재질 및 레이아웃 등을 다양하게 변형하였으며 각 공간별로 모던, 내추럴, 클래식 등의 인테리어 디자인 스타일을 적용하여 시각적 다양성을 확보하고자 하였다. 모델링이 완료된 후에는 실시간 GPU 렌더링 기술을 활용하여 공간 내 여러 지점에서 360도 파노라마 이미지 데이터를 확보하였다. Figure 6은 다양한 실내 공간 중 거주 공간인 4bay 아파트를 다양한 디자인 스타일별로 모델링한 후 추출한 파노라마 이미지의 예시이다.

또한, 생성형 인공지능 모델의 img2img 기법을 사용하기에 앞서 모델의 input 값으로 사용할 이미지도 BIM 기술을 활용하여 제작하였다. 면적별로 공간을 모델링한 뒤 해당 공간에 가구

를 배치하지 않은 채 파노라마 이미지를 추출하거나 공간의 용도별로 가구를 배치한 뒤에 파노라마 이미지를 추출하였다. 이미지를 추출 시 렌더링 모드 중 white mode를 적용하였다. Figure 7은 AI용 input 이미지를 제작하는 과정을 가구가 없는 버전과 가구를 배치한 버전으로 나누어 보여준다.

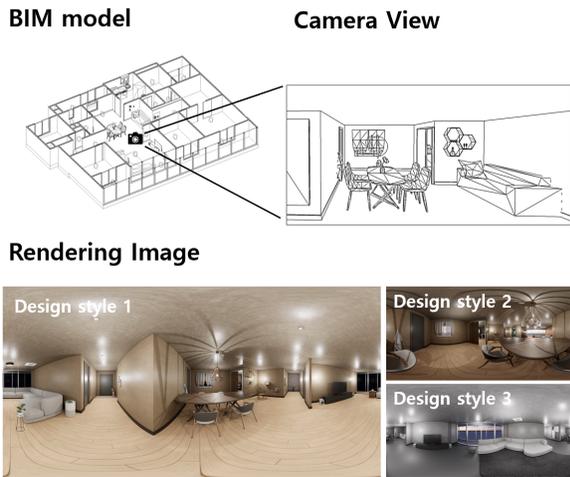


Figure 6. BIM modeling process and example of panoramic image generated through 360-degree rendering

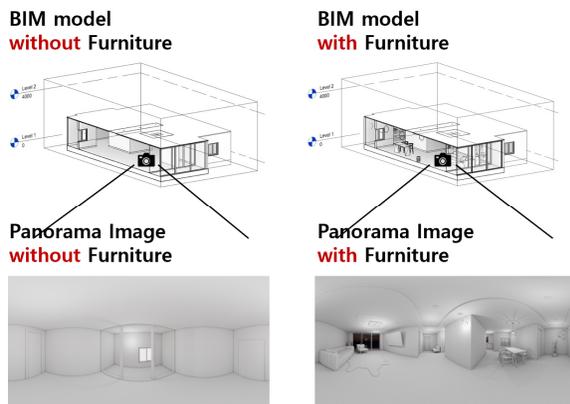


Figure 7. Process of extracting input images for Image Generative AI

### 3.4 생성형 AI 활용 이미지 생성

가상 실내 공간의 파노라마 이미지를 생성하기 위한 또 다른 방법으로, 본 연구에서는 생성형 AI 기술을 적용하였다. 생성형 AI 모델은 대규모 데이터를 학습하여 프롬프트 등의 입력에 따라 새로운 콘텐츠를 생성할 수 있게 해주는 인공지능 기술이다 (Oppenlaender et al., 2023). 최근에는 확산 모델(Diffusion Model) 기반의 생성 기술이 주목받고 있으며, 이는 노이즈가 있는 데이터에서 점진적으로 노이즈를 제거하며 원하는 데이터를 생성하는 방식이다. 본 연구에서는 오픈소스로 제공된 생성형 AI 모델

인 Stable Diffusion 모델과 ControlNet의 img2img 방식을 사용하여 실내 공간의 파노라마 이미지를 생성하였다.

Input값으로 제공한 이미지는 크게 두 가지로 나뉜다. 첫번째는 가구가 배치되지 않은 채 벽체와 개구부만 표현된 이미지이다. 해당 이미지는 포토샵 리터칭을 사용하여 흑백 선으로만 구성되도록 처리하였다. 이후 생성형 AI를 활용하여 프롬프트에 living room, library, office 등과 같은 공간의 종류를 설명하는 텍스트를 입력하였고, 이에 따라 공간의 용도와 맞는 가구가 표현된 파노라마 output 이미지가 생성되었다. 두번째는 가구가 배치된 실내 공간의 이미지이다. 프롬프트에는 인테리어 디자인 스타일을 서술하는 텍스트를 입력하였다. 이에 따라 생성되는 output 이미지는 input 이미지의 구조와 가구 배치는 모두 그대로 유지한 채 프롬프트에서 서술하는 디자인 스타일이 시각적으로 우수하게 적용되어 생성된 것을 확인하였다.

이렇게 생성된 이미지들은 실제 공간의 사진을 모티브로 하더라도 가상으로 구축된 공간을 표현하는 AI 생성 이미지라는 점에서 기존의 방법과 구분된다. Figure 8은 각 input 이미지별로 생성된 output 이미지들을 보여주며, 특히 디자인 스타일별 생성이미지는 input의 대상 공간을 office로 했을 때 생성되는 이미지를 보여준다.

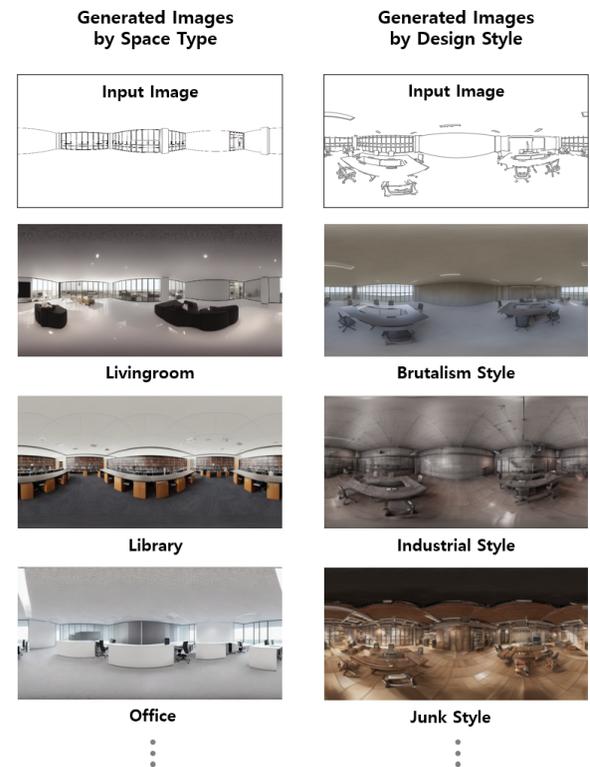


Figure 8. Examples of panoramic images generated using generative AI

#### 4. 파노라마 DB 프로세싱 및 활용

본 연구에서는 3장에서 서술한 4가지 방법(360 카메라, 3D 스캐닝, BIM 모델링 및 렌더링, 생성형 AI)을 사용하여 실제 공간과 가상 공간의 파노라마 이미지를 생성하였고, 그 결과 총 10,450장의 파노라마 이미지 데이터베이스를 구축하였다. 본 장에서는 이러한 파노라마 데이터베이스를 효과적으로 활용할 수 있는 방안에 대해 서술하고자 한다.

Table 2. Current status of constructed 360-degree panoramic image database

Category		Panorama image number
Space type	Image generation methods	
Real-world Space	360 Camera	50
	3D Scanning	100
Virtual Space	BIM Modeling & Rendering	300
	Image Generative AI	10,000
Total Number		10,450

#### 4.1 이미지 분할 프로세싱 & 비디오 렌더링

생성된 360도 파노라마 이미지는 실감 미디어 체험 등 그 자체로도 유용하게 활용될 수 있지만, 보다 다양한 활용을 위해서는 파노라마 이미지를 일반 이미지로 분할하는 것이 필요하다(Shin & Lee, 2022). 파노라마 이미지에 익숙하지 않은 일반 인들은 이미지를 직접 해석하기 어려울 뿐만 아니라, 실제 건축 설계 프로세스에서도 일반 이미지 형태가 많이 사용되기 때문이다. 이를 위해 본 연구에서는 Python 기반의 파노라마 이미지 분할 기법을 적용하였다. 분할 기법은 Equirectangular 클래스의 GetPerspective 메서드를 사용하여 파노라마 이미지를 특정 관점의 일반 이미지로 변환하는 작업을 수행한다. 이 메서드는 다양한 매개변수를 통해 이미지의 생성 방향과 개수, 특성 등을 조절할 수 있다. 주요 매개변수로는 좌우각도, 상하각도, 시야각, 이미지 크기 등이 있다. 특히, 좌우각도는 이미지를 생성할 좌우 방향의 각도를, 시야각은 생성될 이미지의 시야각을 의미한다(Figure 9 참조).

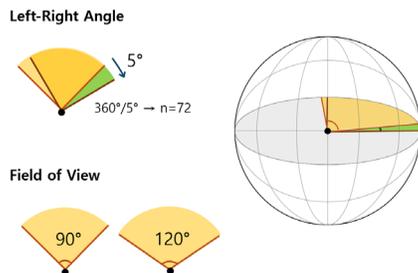
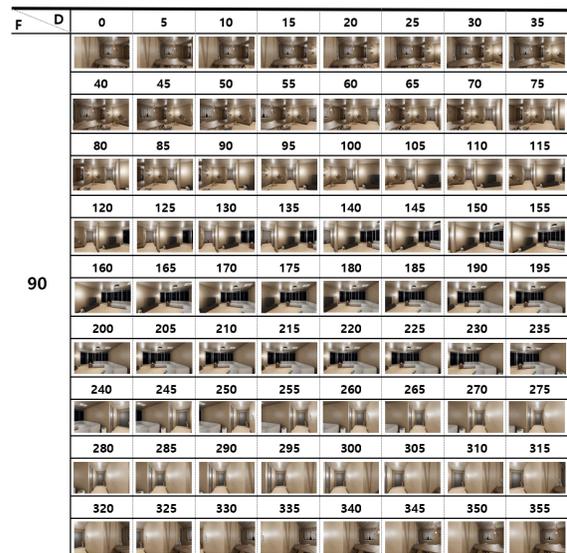


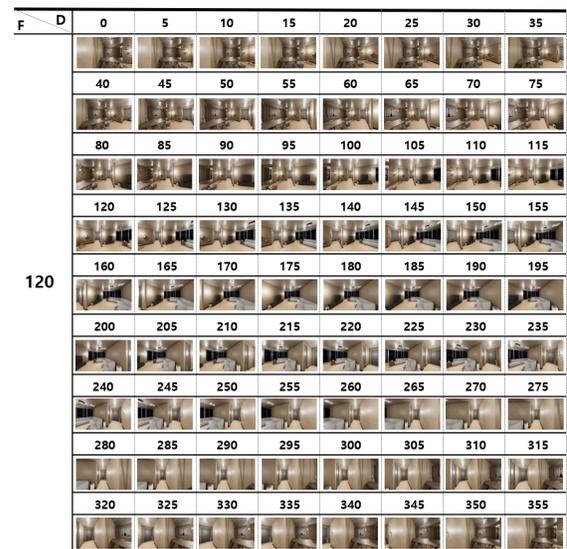
Figure 9. Various parameters of the GetPerspective method

본 연구에서는 시야각을 90도와 120도로 설정하였다. 시야각 90도는 사용자에게 보다 좁고 집중된 관점을 제공하여 특정 공간 요소에 집중할 수 있게 하며, 시야각 120도는 더 넓은 시야를 제공하여 공간의 전체적인 레이아웃을 한 눈에 파악할 수 있는 장점이 있다. 이러한 설정은 건축 설계 과정에서 특정 공간 요소와 전체 구조를 모두 효과적으로 시각화하기 위함이다. 좌우각도는 0도에서 360도 범위 내에서 5도 간격으로 설정하였고, 상하각도는 0도로 유지하였으며, 이미지 해상도는 1280x

F: Field of view, D: Degree



F: Field of view, D: Degree



FOV 90.mp4 (23s)



FOV 120.mp4 (23s)

Figure 10. Examples of panoramic image segmentation results

720 픽셀로 설정하였다. 따라서, 한 장의 파노라마 이미지로부터 144장(시야각별 72장)의 일반 이미지를 생성하였다. 나아가, 생성된 이미지들을 시야각별로 분류하고, 각 시야각 내에서 분할된 이미지들을 순서대로 연결하여 비디오로 렌더링하였다. 90도의 시야각으로 생성된 72장의 이미지는 초당 3 프레임의 속도로 설정하여 약 24초 분량의 영상을 제작하였고, 120도의 시야각에 대해서도 동일한 방식으로 영상을 제작하여 총 2개의 비디오 결과물을 얻었다. 이러한 비디오 렌더링을 통해 정적인 이미지로는 표현하기 어려운 파노라마 공간의 시각적 연속성과 몰입감을 효과적으로 전달할 수 있었다. Figure 10은 본 연구에서 적용한 파노라마 이미지 분할의 결과물을 보여준다.

#### 4.2 이미지 내 객체 인식 및 공간별 자동 분류

360 파노라마 이미지를 활용하는 또 다른 방안으로는 이미지 내 객체 인식 기법의 적용이 있다. 건축 분야에서는 이미지 인식 및 분류, 사물 자동 인식을 위한 CNN (합성곱신경망, Convolutional Neural Network) 등을 활용하여 시설물 유지관리에 응용하는 등 객체 인식 기법을 적용한 여러 선행연구가 존재한다(Kim et al., 2017). 이러한 연구 동향을 바탕으로, 본 연구에서는 파노라마 이미지 내의 객체를 인식한 후, 인식된 객체를 기반으로 공간을 자동 분류하고 해당 공간별로 이미지를 분할하는 일련의 방법론을 제안한다. 이미지 내 객체 인식을 위해 Segment Anything Model (SAM)이라는 이미지 분할 모델을 사용하였다. SAM은 단일 이미지와 초기 마스크만으로 이미지 내

객체를 정확하게 검출할 수 있다는 장점을 갖는다. 해당 모델을 사용한 결과, Figure 11과 같이 파노라마 이미지 내 객체를 성공적으로 인식할 수 있었다.

SAM을 통해 원본 파노라마 이미지 내의 객체 인식이 완료되면, 분할된 객체 정보를 바탕으로 이미지 내 공간을 주방, 거실, 침실 등으로 자동 분류할 수 있다. 이는 특정 객체의 존재 유무와 공간적 배치를 분석하여 해당 공간의 유형을 파악하는 방식으로 이루어진다. 예를 들어, 침대가 존재하면 침실, 소파와 TV가 존재하면 거실로 분류하는 식이다. 이렇게 공간 유형이 파악되면, 이를 바탕으로 파노라마 이미지를 공간 영역별로 분할하여 공간별 일반 이미지 세트를 생성할 수 있다. 이러한 객체 및 공간에 대한 시각적/의미적 정보가 풍부한 이미지 세트를 통해 건축가와 디자이너는 실내 공간의 구성과 특성을 보다 직관적으로 파악하고 설계 작업에 활용할 수 있다.

#### 4.3 공간 대표 이미지 선별

4.1장에서 다룬 파노라마 이미지 분할 프로세스를 통해 생성된 다수의 일반 이미지 중에서 해당 공간을 가장 잘 표현하는 우수한 이미지를 선별하는 작업이 필요하다. 본 연구에서는 한 장의 파노라마 이미지로부터 144장의 일반 이미지를 생성하였으며, 이 중에서 공간의 특성을 잘 반영하는 유의미한 이미지를 분류해낼 수 있어야 한다. 이를 위해 본 연구에서는 이미지의 깊이 정보(depth map)를 활용하는 방안을 제안한다. 깊이 정보는 ZoeDepth 알고리즘을 사용하여 추출되었다. ZoeDepth는 이미지 내 오브젝트 간의 상대적 깊이와 카메라로부터 오브젝트까지의 절대적 깊이를 결합하여, 이미지의 전경, 중간 배경, 배경 요소를 이해할 수 있도록 지원하는 최신 깊이 추정 모델이다(Bhat et al., 2023). ZoeDepth를 통해 획득된 깊이 정보를 바탕으로, 이미지 내에서 각 오브젝트 간의 거리를 비교하고 이를 분석하여 공간의 깊이감을 파악할 수 있다. 이미지의 깊이 정보를 활용한 선별 기준은 다음과 같다. 깊이 정보에서 이미지의 세로 방향으로 흰색 또는 검은색 영역이 과도하게 나타난 경우, 이는 벽면 방향으로 지나치게 확대된 이미지로 간주하여 공간 표현에 적합하지 않다고 판단할 수 있다. 반면, 가로 방향으로 흰색과 검은색 영역이 적절히 분포된 이미지는 공간을 넓은 시야로 조망할 수 있는 양호한 이미지로 판단할 수 있다. Figure 12은 본 연구에서 제안하는 깊이 정보 기반 이미지 품질 평가 기준을 시각적으로 나타낸다.

Figure 13는 실제 파노라마 이미지 분할 결과에 대해 본 연구에서 제안된 기준을 적용하여 우수 이미지를 선별한 예시이다. Depth Map 이미지와 해당 이미지의 원본을 차례로 나타내며 제안된 기준에 따라 X와 O로 분류된 이미지들을 비교해볼 수 있다. 그림에서 볼 수 있듯이, X로 표시된 이미지들은 벽면 방향

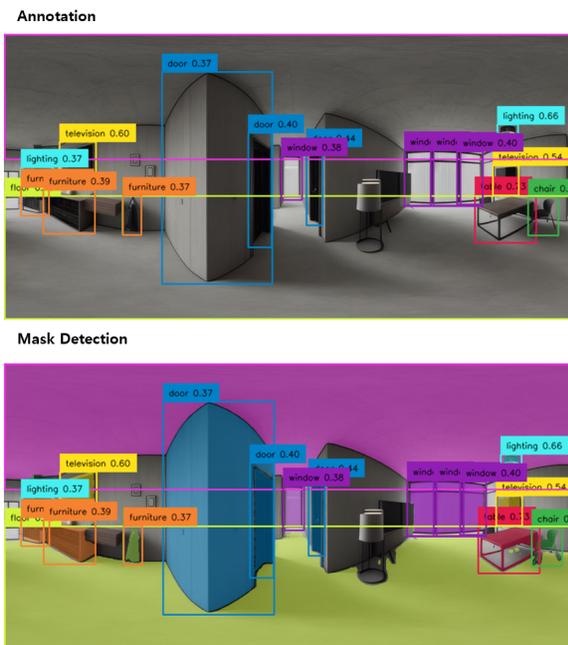
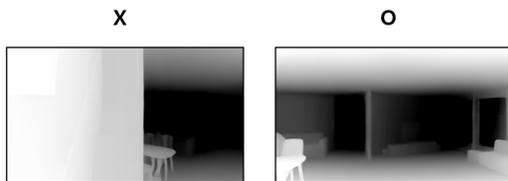


Figure 11. Example of object recognition in panoramic images using SAM (Segment Anything Model)

으로 과도하게 확대되어 있어 공간 표현에 부적합한 반면, O로 표시된 이미지들은 천장과 바닥이 적절히 표현되고 공간 내 다양한 요소를 조망할 수 있어 양호한 이미지로 판단할 수 있다. 이러한 깊이 정보 기반 이미지 품질 평가를 통해 선별된 우수 이미지들은 해당 공간의 특성을 잘 반영하는 대표 이미지 세트로서, 공간 이해 및 설계 작업에 있어 보다 유용하게 활용될 수 있다. 나아가 이러한 고품질 이미지 세트는 향후 유사 공간 생성을 위한 AI 모델의 학습 데이터로도 활용 가능할 것으로 기대된다.



White: Near distance // Black: Far distance

X : White area widely distributed vertically (nearby wall)  
O : White area widely distributed horizontally (ceiling, floor)

Figure 12. Image quality assessment criteria based on depth information

#### Depth Map Images



#### Original Images

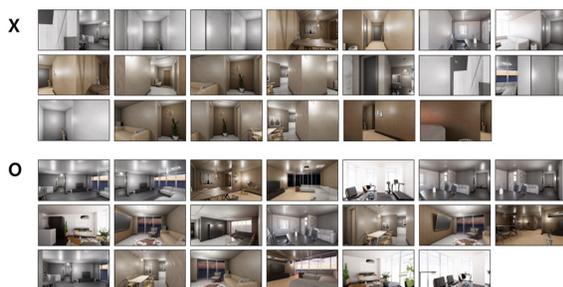


Figure 13. Classified depth map images and corresponding original images based on established criteria

## 5. 향후 연구 진행 방향 및 결론

본 연구는 360도 파노라마 이미지 기반의 실내 공간 디자인 레퍼런스 데이터베이스를 구축하고 이를 효과적으로 활용하기

위한 방안을 제시하였다. 실제 공간과 가상 공간을 대상으로 360 카메라 촬영, 3D 스캐닝, BIM 모델링 및 렌더링, 이미지 생성 AI 등 다양한 방식을 통해 약 10,000여 장의 방대한 파노라마 이미지 데이터베이스를 구축하였다. 구축된 데이터베이스의 활용도를 높이기 위해 파노라마 이미지 분할 프로세싱을 통해 일반 이미지와 비디오로의 변환을 수행하였고, 객체 인식 및 공간 자동 분류를 통해 공간별 이미지 세트를 생성하였다. 또한 깊이 정보를 활용하여 공간을 잘 표현하는 대표 이미지를 선별하는 방안을 제안하였다. 이러한 일련의 과정을 통해 방대한 파노라마 이미지 데이터베이스를 체계적으로 관리하고, 건축가와 디자이너가 실내 공간을 직관적으로 파악하고 설계 작업에 활용할 수 있는 기반을 마련하였다.

360도 파노라마 이미지는 공간 전체를 사실적이고 몰입감 있게 표현할 수 있다는 장점을 가지므로, 건축 설계 분야에서 기존의 시각화 도구를 보완하는 새로운 수단으로 자리매김할 수 있을 것으로 기대된다. 다만 본 연구는 제한된 규모의 데이터베이스를 구축하고 검증했다는 한계가 있다. 향후 연구에서는 보다 다양한 실내 공간 유형(상업공간, 공공 공간 등)을 포함한 파노라마 이미지 데이터 수집을 통해 데이터베이스를 지속적으로 확장할 계획이다. 이러한 확장은 건축 설계 및 시각화의 다양한 용도에 맞춘 데이터 베이스 활용성을 증대시켜, 특정 공간 유형에 적합한 디자인 레퍼런스를 보다 정교하게 제공할 수 있는 기반을 마련할 것이다. 또한, 추가적으로 수집된 데이터는 인공지능 기반 분석 모델의 학습 데이터를 보강하여, 자동 객체 인식 및 공간 분류 알고리즘의 성능 향상에도 기여할 수 있다. 향후에는 데이터베이스의 규모와 질적 수준을 높임으로써 제안된 방법론의 일반화 가능성을 극대화하고, 건축 설계 프로세스 전반에서 실내 공간 디자인을 효과적으로 지원하는 도구로 발전시킬 계획이다. 나아가 확장된 데이터베이스와 분석 결과를 바탕으로 실내 공간 디자인에 대한 새로운 통찰과 가이드라인을 도출하는 방향으로 발전시켜 나갈 것이다.

## 감사의 글

본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 2024년도 지원으로 수행되었음(과제번호 : RS-2021-KA163269).

## References

Aghayari, S., Saadatseresht, M., Omidalizarandi, M., Neumann, I. (2017). Geometric Calibration of Full Spherical Panoramic Ricoh-Theta Camera. ISPRS Annals of the Photogram-

- metry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences: IV-1/W1, 4, pp. 237–245.
- Bhat, S. F., Birkel, R., Wofk, D., Wonka, P., Müller, M. (2023). Zoedepth: Zero-Shot Transfer by Combining Relative and Metric Depth, arXiv preprint arXiv:2302.12288.
- Byrne, R., Atkins, T., Fulton, J. (2015). An Interactive Virtual Fine Art Gallery Created Using 360-Degree Panoramic Photography, In EdMedia+ Innovate Learning. Association for the Advancement of Computing in Education (AACE), pp. 1655–1660.
- Capone, M., Campi, M. (2014). Methods and Tools to Enjoy and to Study Inaccessible Heritage. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 40, pp. 137–144.
- Eastman, C. M. (2011). BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors, John Wiley & Sons.
- Fakour-Sevom, V., Guldogan, E., Kämäräinen, J. K. (2018). 360 Panorama Super-Resolution Using Deep Convolutional Networks, In International Conference on Computer Vision Theory and Applications (VISAPP), Vol. 1, p. 2.
- Fangi, G. (2011). The Multi-image spherical Panoramas as a tool for Architectural Survey. CIPA Herit. Doc, 21, pp. 311–316.
- Gallagher, K., Hatch, A., Munro, M. (2008). Software Architecture Visualization: An Evaluation Framework and its Application, IEEE Transactions on Software Engineering, 34(2), pp. 260–270.
- Idi, D. B., Khaidzir, K. A. B. M. (2015). Concept of Creativity and Innovation in Architectural Design Process, International Journal of Innovation, Management and Technology, 6(1), 16.
- Jang, J. (2012). A Study on the Development of Architectural Design Tools and Their Correlation with Architectural Language, Journal of the Architectural Institute of Korea: Planning & Design, 28(6), pp. 3–10.
- Jung, R., Koo, B., Yu, Y. (2019). Using Drone and Laser Scanners for As-built Building Information Model Creation of a Cultural Heritage Building, Journal of KIBIM, 9(2), pp. 11–20.
- Kalay, Y. E. (2004). Architecture's New Media: Principles, Theories, and Methods of Computer-Aided Design, MIT Press.
- Kim, J., Song, J., Kim, H., Lee, J. (2017). Approach to Interworking between the Deep Learning-based Object Detection of Office Furniture and Appliances and Information Management System, Korea Facility Management Association, 12(2), pp. 73–80.
- Kim, S., Kim, J., Jung, J., Heo, J. (2015). Development of a 3D Underground Cadastral System with Indoor Mapping for as-Built BIM: The Case Study of Gangnam Subway Station in Korea, Sensors, 15(12), pp. 30870–30893.
- Lee, J. (2020). A Study on Space Design Cases Using VR Technology, Journal of the Korean Society Design Culture, 26(3), pp. 355–368.
- Matterport (2023). How it works, <https://matterport.com/how-it-works> (Jun. 12, 2024)
- Oppenlaender, J., Visuri, A., Paananen, V., Linder, R., Silvenoinen, J. (2023). Text-to-Image Generation: Perceptions and Realities, arXiv preprint arXiv:2303.13530.
- Pham, H. C., Dao, N., Pedro, A., Le, Q. T., Hussain, R., Cho, S., Park, C. S. I. K. (2018). Virtual Field Trip for Mobile Construction Safety Education Using 360-Degree Panoramic Virtual Reality, International Journal of Engineering Education, 34(4), pp. 1174–1191.
- Sampaio, A. Z., Ferreira, M. M., Rosário, D. P., Martins, O. P. (2010). 3D and VR Models in Civil Engineering Education: Construction, Rehabilitation and Maintenance, Automation in Construction, 19(7), pp. 819–828.
- Schumacher, P. (2022). The Metaverse as Opportunity for Architecture and Society: Design Drivers, Core Competencies, Architectural Intelligence, 1(1), 11.
- Shin, E., Lee, J. (2022). Establishing Indoor Space Design Reference Image Intelligent Database based on 360 Panorama, Journal of the Korea Institute of Spatial Design, 17(1), pp. 477–485.
- Shin, J., An, S., Song, J. (2022). Development of an Augmented Reality based Underground Facility Management System Using BIM Information, Journal of Korean Tunnelling and Underground Space Association, 24(6), pp. 525–538.
- Virtanen, J. P., Kurkela, M., Turppa, T., Vaaja, M. T., Julin, A., Kukko, A., Hyyppä, J., Ahlavo, M., Numers, J., Haggren, H., Hyyppä, H. (2018). Depth Camera Indoor Mapping for 3D Virtual Radio Play. The Photogrammetric Record, 33(162), pp. 171–195.
- Wang, T., Huang, H., Cai, Z., Song, J., Yang, J. (2024). 360° Panorama Stitching Method with Depth Information: Enhancing Image Quality and Stitching Accuracy. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences (ISPRS), 48, pp. 191–197.
- Whyte, J. (2007). Virtual Reality and the Built Environment, Routledge.