

파노라마 이미지 기반 실내공간 시각정보 생성 및 관리 도구 개발

김영채 · 이진국[†]

연세대학교 실내건축학과

Development of a Panoramic Image-based Tool for Visualizing and Managing Indoor Spatial Information

Youngchae Kim and Jin-Kook Lee[†]

Dept. of Interior Architecture and Built Environment, Yonsei University

Received 9 November 2024; received in revised form 14 November 2024; accepted 12 December 2024

ABSTRACT

This study developed a web-based tool for effectively generating and managing spatial visual information from panoramic images of interior spaces. Panoramic images serve as comprehensive visual data that capture spaces in all directions, playing a vital role in architectural documentation and interior design visualization. However, existing viewers and tools demonstrate limitations in generating diverse visual information when converting equirectangular projection formats into naturalistic viewpoints. The proposed tool implements spherical coordinate transformation algorithms and artificial intelligence-based language models to automatically generate multi-viewpoint images and sequential footage, while simultaneously providing spatial descriptions for the corresponding visual data. Users can customize and manage visual assets by manipulating parameters including field of view, horizontal and vertical rotation angles, and resolution settings. The generated data can be integrated into spatial databases for extended applications. While primarily designed for interior spaces, this tool's functionality extends to exterior panoramic imagery, presenting novel approaches for the generation and management of spatial visual information.

Key Words: Automation system, Image processing, Indoor Visualization, Panoramic Image, Web interface

1. 서 론

1.1 연구 배경 및 목적

오늘날 디지털 기술의 발전과 함께 건축, 관광, 교육 등의 다양한 분야에서는 현실과 유사한 공간을 시각적으로 구현할 수 있는 방법에 대한 연구

가 활발히 진행되고 있다^[1-4]. 특히, 360도 파노라마 이미지는 실내 디자인 및 공간 시각화에 강점을 지니며 가상현실 및 증강현실 기반 콘텐츠 제작에 필수적인 요소로 자리 잡고 있다^[5,6]. 일반 이미지와 달리, 파노라마 이미지는 공간 전체를 포괄할 수 있어^[7], 공공시설 시각 정보화, 재난 현장 관리 등 다양한 용도로 활용되고 있다. 건축 분야에서는 가상 캠퍼스 투어 환경을 제작하거나^[8], 문화유산을 디지털 아카이빙하여 원본이 훼손될 우

[†]Corresponding Author, leejinkook@yonsei.ac.kr
©2025 Society for Computational Design and Engineering

려가 있는 공간의 모습을 보존하는 데 활용될 수 있다^[9].

그러나 파노라마 이미지의 높은 활용 가능성에도 불구하고, 실내 디자인 및 공간 시각화를 위한 효율적인 파노라마 이미지 처리 시스템은 부족한 상황이다. 특히, 비전문가도 쉽게 접근할 수 있는 사용자 친화적 시스템이 요구된다. 이에 본 연구는 360도 파노라마 이미지를 다양한 시점에서 자동 분할하고, 이를 영상화하며, 인공지능 기반 언어 모델을 통해 생성된 시각 자료에 대한 공간 설명 텍스트를 제공하는 웹 기반 도구 개발을 목표로 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 실내 공간 시각화에 초점을 맞춰 360도 파노라마 이미지를 다각적인 시각 자료로 자동 변환하고 공간에 대한 건축적 설명을 제공하는 웹 기반 도구를 개발하고자 한다. 해당 도구는 사용자가 설정한 시야각, 수평 및 수직 회전 각도 등의 파라미터에 따라 파노라마 이미지를 자동으로 처리하며, 생성된 시각 자료는 인공지능 언어 모델을 통해 공간 특성에 대한 설명 텍스트를 제공한다. 이를 위해 OpenCV, FFmpeg 등 다양한 이미지 및 영상 처리 라이브러리를 통합하였으며, 설명 텍스트 생성을 위해 인공지능 언어 모델 API를 적용하였다.

본 연구의 도구는 웹 기반으로 구현되어 자동화된 이미지 및 영상 처리 인터페이스를 제공하며, 비전문가도 쉽게 사용할 수 있는 사용자 친화적 구조로 설계되었다. 사용자는 파노라마 이미지를 업로드하고 파라미터를 설정함으로써 다양한 시각화 데이터를 생성할 수 있으며, 최종 자료는 ZIP 파일 형태로 다운로드할 수 있다. 또한, 본 연구는 실내 공간의 시각 자료를 효과적으로 관리하고 활용하기 위해 시각 정보 아카이빙과 웹 데이터베이스 연동을 제안함으로써, 실내 디자인과 공간 디

자인 분야에서 파노라마 이미지의 활용도를 높일 가능성을 제시한다. Fig. 1은 본 연구의 도구 개발 과정을 보여준다.

2. 선행연구조사

2.1 360도 파노라마 이미지 처리 기술

360도 파노라마 이미지 처리 기술에는 이미지 스티칭(Stitching)과 투영 변환(Map Projection)이 대표적으로 사용된다. 이미지 스티칭은 여러 장의 일반 이미지를 결합하여 하나의 파노라마 이미지를 만드는 과정이다. 이는 각 이미지 간의 특징점을 검출하고 매칭하여 일관된 시각 자료를 제공한다^[10]. 이 과정에서 왜곡이나 색상 불일치 문제를 해결하기 위해 정렬과 블렌딩 등의 추가 처리가 이루어진다. 투영 변환은 파노라마 이미지를 구면 좌표계와 평면 좌표계 간에 변환하는 기술로^[9], 구형 이미지나 영상 데이터를 평면으로 펼쳐 보여준다. 일반적으로 파노라마 이미지는 등장방형도법(equirectangular) 형식으로 저장되며, 이는 구면의 전체 표면을 2D 평면에 투영한 형태이다^[8,10]. 이러한 방식은 구형 이미지의 각 지점을 평면 좌표로 매핑하여 특정 시점에서 자연스러운 시각 자료를 생성할 수 있어 건축 및 공간 측량에서 유용하게 사용된다. 본 연구에서는 이러한 투영 변환 기법을 활용하여 파노라마 이미지를 자동으로 처리하는 웹 기반 도구를 개발하였다.

2.2 기존 파노라마 이미지 처리 도구 분석

현재 상용화된 다양한 파노라마 이미지 처리 도구들 중 대표적인 소프트웨어로는 PTGui, OpenPano, 3DVista 등이 있다. 각 도구의 주요 기능은 Table 1과 같다.

PTGui는 상용 소프트웨어로, 이미지 스티칭 기능을 제공하며, 자동 특징점 검출과 왜곡 보정, 색상 균일화 등을 통해 매끄러운 파노라마 이미지를 생성한다^[13]. OpenPano는 C++ 기반의 오픈 소스 소프트웨어로, 이미지 특징점 기반의 스티칭 기법을 사용하여 대규모 이미지 처리가 가능하다. Openpano는 상용 소프트웨어에 비해 사용이 다소 복잡하지만, 오픈 소스로 제공되어 접근성과 커스터마이징 가능성이 높다^[14]. 3D Vista는 가상 투어 제작에 특화된 상용 소프트웨어로, 파노라마 이미지를 이용하여 가상 투어를 만들 수 있으며, 각 공



Fig. 1. Overview of the development

Table 1. Examples of panoramic image processing tools

Software	Function	Key Features
PTGui	Image Stitching	Automatic feature detection, distortion correction, seamless panoramic image creation
OpenPano	Image Stitching	Feature-based stitching for large-scale image processing, customizable through open-source access
3D Vista	Virtual Tour Creation	Drag-and-drop UI, supports hotspots, animations, audio insertion for immersive virtual tours

간에 핫스팟, 애니메이션, 오디오를 삽입하여 시각적 정보를 표현한다^[15]. 대체로 이러한 도구들은 이미지 스티칭과 기본적인 VR 뷰어 기능에 중점을 두고 있다. 반면, 본 연구의 도구는 다각도 이미지 분할 및 연속적인 영상 생성 기능을 통해 파노라마 이미지를 다양한 시점에서 시각화할 수 있도록 설계되었다. 또한, 인공지능 언어모델을 통해 생성된 시각 자료에 설명 텍스트를 추가하여 사용자에게 공간에 대한 종합적 이해를 지원하는 차별화된 기능을 제공한다. 이를 통해 비전문자도 쉽게 사용할 수 있는 사용자 친화적 웹 기반 환경을 제공하여 기존 도구의 한계를 보완하고자 한다.

2.3 실내 공간 시각화 접근 방법

시각화는 실내 공간의 전체적 맥락을 효과적으로 전달하는 데 있어 중요한 역할을 한다^[16,17]. 기존 시각화 방식에서는 건축가가 특정 시점을 임의로 설정하여 촬영하거나 렌더링한 이미지를 활용해 왔다. 그러나 이러한 방식은 건축가의 주관 반영되기 쉬우며, 제한된 시점만을 제공하여 공간의 모든 방향과 맥락을 아우르지 못하는 한계가 있다.

이러한 한계를 극복하기 위해 360도 파노라마 이미지와 영상이 효과적인 도구로 부상하고 있다^[18,19]. 360도 파노라마 이미지는 공간의 전체적인 구성을 포함하여, 특정 시점에 구애받지 않고 공간 전체를 시각적으로 표현할 수 있다^[20]. 특히, walk-through 영상과 둘러보기 영상 등은 사용자에게 공간을 실제로 둘러보는 듯한 경험을 제공하여 직관적인 이해를 돕는다^[21].

본 연구는 이러한 파노라마 이미지 처리 및 실내공간 시각화 방법에 대한 문헌 및 기술조사를

바탕으로, 360도 파노라마 이미지를 기반으로 다양한 실내공간 시각정보를 생성 및 관리할 수 있는 도구를 개발하였다. 여러 방식으로 준비된 360도 파노라마 실내공간 이미지가 입력데이터로 주어지면, 사용자 정의 자동분할 이미지, 둘러보기 영상, 분할이미지 후속처리를 통한 공간정보 등을 출력데이터를 생성한다. 이는 실내공간 시각정보 데이터에 대한 종합적인 생성 및 관리 도구로서, 사용자가 실내 공간의 전체 구성을 빠짐없이 파악할 수 있게 하며 다양한 응용이 가능한 공간 정보 아카이브로 활용될 수 있다.

3. 실내공간 이미지 처리 프로세스

파노라마 이미지는 현실의 공간 인지 방식과 차이가 있어 직관적인 이해가 어려울 수 있다. 이를 해결하기 위해 본 연구는 파노라마 이미지를 다양한 시점으로 분할하여, 인간의 일반적인 시야각에 맞는 이미지로 변환하는 기법^[15]을 적용하였다. 또한, 분할된 이미지를 기반으로 영상을 제작하고, 공간에 대한 건축적 설명을 생성하는 기능을 도입하였다. 이 과정은 사용자 정의 기반 공간 뷰 설정 값 조정, 공간 좌표계 매핑 및 투영 변환, 이미지 분할 및 영상 생성, 그리고 실내 공간 설명 텍스트 생성의 네 단계로 구성된다.

3.1 사용자 정의 기반 공간 뷰 설정 값 조정

사용자가 특정 공간을 원하는 각도와 시야에서 효과적으로 시각화할 수 있도록 FoV(Field of View), Theta(수평 회전 각도), Phi(수직 회전 각도) 세 가지 주요 파라미터를 설정하였다. 이러한 파라미터는 특정 시점의 이미지가 어떤 시야와 각도에서 추출될지를 결정하며, 각 값에 따라 이미지의 표현 방식이 달라진다^[7].

FoV는 시야각을 결정하는 파라미터로, 값이 작을수록 좁은 영역을 확대해 세부적으로 보여주고, 값이 클수록 넓은 영역을 포괄적으로 보여준다. Theta는 수평 방향의 회전각으로, 이미지의 좌우 회전을 조절한다. Theta 값은 설정 간격(Theta step)에 따라 연속적인 이미지를 생성하여 다양한 시점의 뷰를 제공한다. 예를 들어, Theta step을 10도로 설정하면 360도를 10도 간격으로 모든 방향에서 공간을 관찰할 수 있다. Phi는 수직 방향의 회전각으로, 이미지의 상하 각도를 조절하여 관찰

자의 시점을 변화시킨다. Phi는 -90도에서 +90도 사이로 설정할 수 있으며, 양수로 설정하면 위쪽을, 음수로 설정하면 아래쪽을 바라보는 시점이 된다. 이를 통해 사용자는 다양한 관점에서 자신에게 최적화된 시각 데이터를 생성할 수 있다. Table 2는 각 파라미터의 정의와 특징을 요약하여 제시한다.

Table 2. Parameters for panoramic image processing

Parameter	Definition	Feature
FoV	시야각	시각화 범위 조절
Theta	수평 회전 각도	좌우 시점을 조절
Phi	수직 회전 각도	상하 시점을 조절

3.2 공간 좌표계 매핑 및 투영 변환

본 연구에서는 파노라마 이미지를 다양한 시점에서 시각화하기 위해 3D 구면 좌표계를 2D 평면으로 변환하는 투영 기법을 적용하였다. 핵심 함수인 `GetPerspective` 함수는 다음 단계로 구성된다: 1. 중심점 및 간격 계산: 출력 이미지의 중심 좌표를 설정하고, 픽셀 간격을 시야각에 맞춰 배치하여 출력 이미지의 각 픽셀이 올바른 위치에 배치되도록 한다, 2. 좌표 변환: 3D 공간의 x, y, z 축을 기반으로 각 픽셀의 위치를 계산한다, 3. 회전 적용: 설정된 Theta와 Phi 값에 맞춰 Rodrigues 회전 행렬을 적용하여 3D 좌표계 상에서 이미지가 올바른 각도로 회전되도록 한다, 4. 2D 평면 투영: OpenCV의 `remap` 함수를 통해 변환된 이미지를 2D 평면에 투영한다. Fig. 2는 `GetPerspective` 함수 코드의 예시를 보여준다.

함수 정의

```
def GetPerspective(self, FOV, THETA, PHI, height, width, RADIUS=128):
    equ_h = self._height
    equ_w = self._width
    equ_cx = (equ_w - 1) / 2.0
    equ_cy = (equ_h - 1) / 2.0

    wFOV = FOV
    hFOV = float(height) / width * wFOV

    c_x = (width - 1) / 2.0
    c_y = (height - 1) / 2.0

    wangle = (180 - wFOV) / 2.0
    w_len = 2 * RADIUS * np.sin(np.radians(wFOV / 2.0)) / np.sin(np.radians(wangle))
    w_interval = w_len / (width - 1)
    [R1, _] = cv2.Rodrigues(z_axis * np.radians(THETA))
```

필요한 파라미터 정의

좌표값 정의

Fig. 2. Example of `GetPerspective` function code

3.3 이미지 분할 및 영상 생성

파노라마 이미지를 다양한 시점으로 분할하고 연속적인 영상을 생성하기 위해 `slice_panorama`와

`create_video` 두 가지 함수를 구현하였다. 먼저, `slice_panorama` 함수는 설정된 FoV와 각도 값에 따라 구형 좌표계를 평면 좌표계로 변환해 이미지를 분할하여 다양한 시점의 시각 자료를 생성한다. 각 Theta 단계마다 0도에서 360도까지 이미지를 순차적으로 생성함으로써 파노라마 이미지의 다양한 시야를 확보한다. 이후 `create_video` 함수는 생성된 분할 이미지를 기반으로 영상 파일을 생성한다. 설정된 프레임 속도(FPS)에 따라 각 이미지를 순차적으로 결합해 하나의 동영상 파일로 변환하여 연속적인 시각적 흐름을 제공한다. 이 과정은 사용자가 여러 시점에서 생성된 이미지를 연속적으로 감상할 수 있게 하며, 공간에 대한 몰입감을 높이는 데 기여한다.

3.4 실내 공간 설명 텍스트 생성

본 연구는 생성된 시각 자료에 더해 공간에 대한 구체적인 건축적 설명을 제공하기 위해, AI 기반 분석 도구를 도입하였다. 실내 공간 설명 텍스트는 LLM(Large Language Model, 대규모 언어모델)을 사용하여 생성된다. 먼저, 입력된 파노라마 이미지를 적절한 크기로 전처리한 후, 이를 분석하여 디자인 스타일, 재료, 공간 용도, 수용 인원 등의 항목에 대한 설명을 생성한다. 이를 통해 사용자는 공간을 시각적으로 탐색하는 동시에, 각 요소에 대한 건축적 분석 정보를 함께 제공받아 공간을 보다 종합적으로 이해할 수 있다.

4. 웹 기반 인터페이스 구현

4.1 인터페이스 개요

본 연구에서 개발한 인터페이스는 사용자 친화적인 웹 기반 환경으로, 사용자가 설정을 조정하고 결과물을 확인할 수 있도록 설계되었다. 사용자는 FOV, Theta, Phi 값뿐만 아니라 이미지 해상도(Height, Width)와 프레임 속도(FPS)를 슬라이더로 조정할 수 있다. 각 파라미터에 대한 설명이 제공되어 설정 변경을 쉽게 이해할 수 있으며, 변경 사항은 실시간으로 반영된다.

4.2 실내 공간 이미지 처리 방법

인터페이스는 단일 이미지 처리와 폴더 단위 이미지 처리의 두 가지 주요 기능을 제공하며, 사용자는 각 기능을 별도의 탭에서 선택할 수 있다. 이

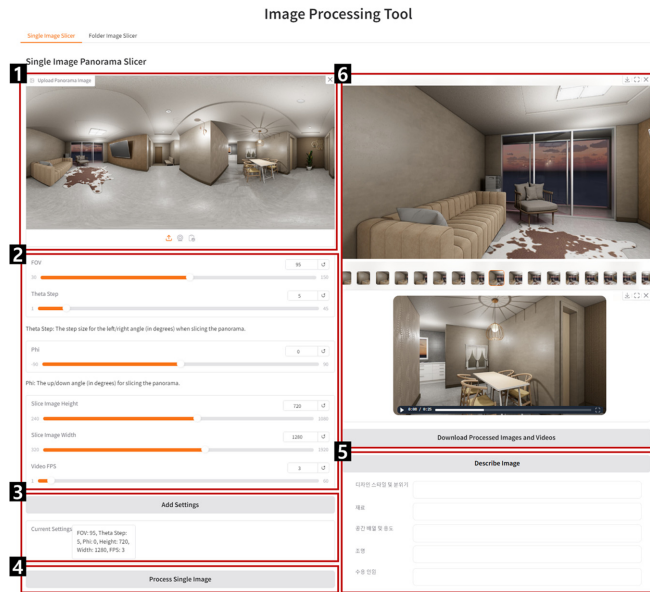


Fig. 3. Overview of Web-based interface

이미지 처리 절차는 다음과 같다: 1. 파노라마 이미지 업로드: 드래그 앤 드롭 혹은 폴더 경로 입력 방식으로 단일 또는 다수의 파노라마 이미지를 업로드한다, 2. 사용자 정의 기반 파라미터값 설정: FOV, Theta, Phi, Height, Width, FPS 값을 슬라이더로 설정한다, 3. 설정값 저장: 파라미터 설정값이 리스트에 누적되어 저장된다, 4. 이미지 처리: 설정된 파라미터 값에 따라 이미지가 분할되고, 분할된 이미지들은 순차적으로 연결되어 영상 콘텐츠로 제작된다, 5. 공간 설명 텍스트 생성: 디자인 스타일, 재료, 공간 용도, 조명, 수용 인원 등과 같은 건축적 분석 정보를 제공한다, 6. 결과 표시 및 다운로드: 생성된 이미지와 영상 등의 시각 자료는 갤러리 형태로 표시되며, ZIP 파일 형태로 압축되어 다운로드할 수 있다. Fig. 3은 해당 인터페이스의 모습과 이미지 처리 과정을 보여준다.

4.3 처리 결과 예시

본 장에서는 입력된 파노라마 이미지와 이를 분할한 이미지 및 영상 예시를 제시하였다. Fig. 4부터 Fig. 11까지는 연구에서 개발한 도구를 통해 자동 생성된 결과물로, FoV, Theta, Phi 등의 파라미터가 최종 결과물에 미치는 영향을 시각적으로 확인할 수 있다. 이미지 해상도는 1980×1080으로 설정하였으며, 영상의 FPS는 자연스러운 장면 전환

1. Single Image Slicer: 단일 이미지 처리 인터페이스
2. Folder Image Slicer: 폴더 단위 이미지 처리 인터페이스

1 파노라마 이미지 업로드

- 1) "Single Image Slicer": 드래그 앤 드롭 방식
- 2) "Folder Image Slicer": 폴더 경로 입력

2 사용자 정의 기반 파라미터값 설정

슬라이더로 시야각(FoV), 방위각 간격(Theta Step), 고도각(Phi), 이미지의 가로/세로 크기, 초당 프레임 수(FPS) 설정

3 설정값 저장

파라미터 설정값을 리스트에 저장 및 누적된 설정값 확인

4 이미지 처리

설정된 파라미터 값에 따라 이미지 및 영상 자동 생성

5 공간 설명 텍스트 생성

디자인 스타일, 재료, 공간 용도, 조명, 수용 인원 등과 같은 실내 공간 분석 설명을 텍스트로 생성

6 결과 표시 및 다운로드

- 1) 생성된 시각 데이터들은 갤러리 형태로 표시
- 2) Zip 파일 형태로 다운로드 가능

을 위해 3으로 설정하였다. 입력된 파노라마 이미지는 360 카메라로 촬영된 대학 건물의 실내 공간 이미지이며(Fig. 4, Fig. 8), 중앙 지점을 기준으로 오른쪽 방향으로 360도를 돌아가며 Theta 값의 좌표가 설정된다(Fig. 5, Fig. 9).



Fig. 4. Example of panoramic image (1)

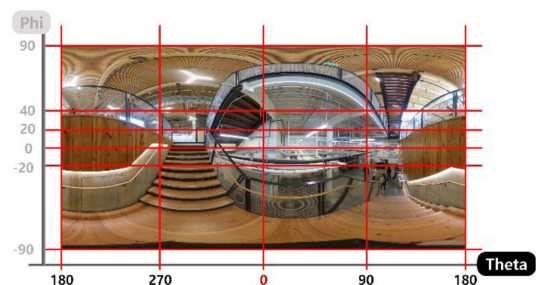


Fig. 5. Coordinate settings for image (1)

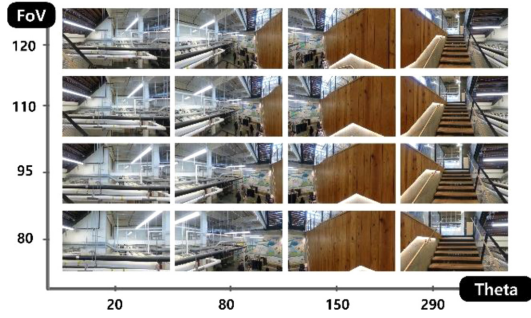


Fig. 6. Sliced images based on FoV and Theta for image (1)

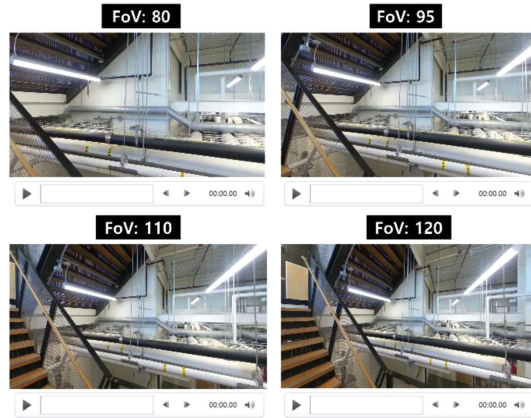


Fig. 7. Generated videos based on FoV for input (1)



Fig. 8. Example of panoramic image (2)

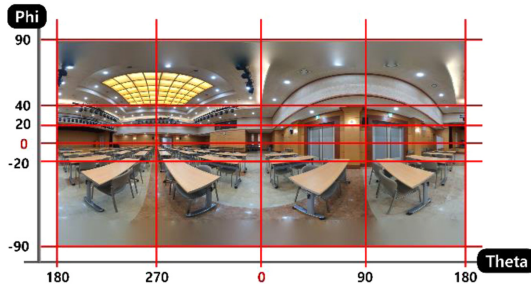


Fig. 9. Coordinate settings for image (2)

본 연구의 웹 기반 인터페이스는 사용자가 설정한 각도와 시야각에 따라 원하는 개수만큼 시각 자료를 5분 이내로 자동 생성할 수 있어, 즉각적이고 대량의 이미지 처리 기능을 제공한다. 구체적으로, FoV와 Phi 값에 따라 결과물의 표현 방식이 달라지며, Theta step 값에 따라 생성되는 결과물의 개수가 조정된다. 예를 들어, Fig. 6에서 보듯이, FoV가 80도에서 95도일 때는 인간의 눈과 유사한 시야를 제공하여 왜곡이 적고 중앙부가 명확하게 나타난다. 반면, FoV가 110도에서 120도일 경우 넓은 시야를 포착하여 공간 전체의 구조를 한눈에 볼 수 있지만, 가장자리에 왜곡이 발생할 수 있다. Fig. 10에서는 Phi 값이 0도일 때 일반적인 눈높이 시점을 제공하며, -20도로 설정하면 바닥을, 20도와 40도로 설정하면 천장을 중심으로 표현할 수 있다. Fig. 7과 Fig. 11은 각 파노라마 이미지의 FoV 값별, Phi 값별 생성된 공간 영상의 예시를 보여준다.

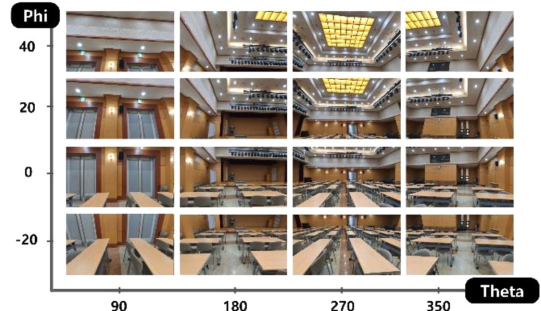


Fig. 10. Sliced images based on Phi and Theta for image (2)

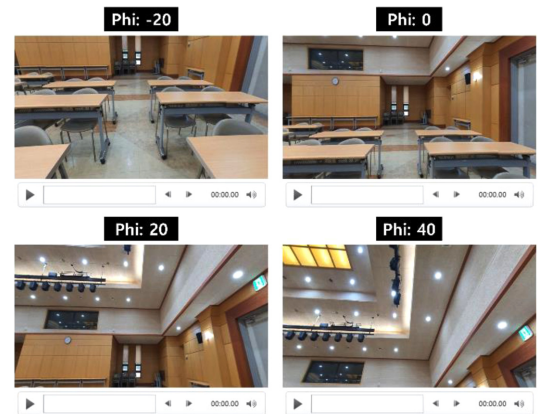


Fig. 11. Generated videos based on Phi for input (2)

Fig. 12는 LLM을 활용하여 생성된 공간 설명 텍스트 예시를 보여준다. 이는 입력된 파노라마 이미지(Fig. 4)의 공간 용도, 수용 인원 등의 특성을 자동으로 분석하여 제공한다. LLM 기반 설명 정보는 전문가의 설명에 비해 정확도가 다소 떨어질 수 있으나, 본 연구는 LLM을 통해 이미지에서 세부 공간 정보를 자동으로 추출할 수 있는 가능성을 제시하고자 한다.

입력 가능한 파노라마 이미지 유형으로는 360 카메라뿐만 아니라 실시간 GPU 렌더링 이미지, 3D 스캔 모델 추출 이미지, 이미지 생성 AI를 활용한



Fig. 12. Example of generated space description text



Fig. 13. Process of indoor spatial information database construction

생성 이미지 등이 포함될 수 있다. 이처럼 많은 파노라마 이미지가 다양한 시점의 시각 자료와 텍스트 정보로 생성되면 이는 공간 데이터베이스 구축으로 이어질 수 있다^[22,23]. Fig. 13은 이러한 데이터베이스 구축 과정을 보여준다.

5. 결 론

본 연구는 360도 파노라마 이미지를 다양한 시점에서 효과적으로 활용하기 위한 사용자 친화적인 웹 기반 도구를 개발하였다. 기존 파노라마 이미지 처리 도구들이 이미지 스티칭이나 VR 뷰어 기능에 초점을 맞춘 것과 달리, 본 연구는 비전문가도 쉽게 접근할 수 있는 인터페이스를 통해 360도 파노라마 이미지를 자동으로 분할하고 이를 연속된 영상으로 변환함과 동시에 공간의 건축적 설명을 제공하는 도구를 제안하였다. 사용자는 FOV, Theta, Phi 등의 파라미터를 조정하여 특정 시점의 시각 자료를 생성할 수 있으며, 생성된 이미지와 영상은 ZIP 파일 형태로 제공되어 다양한 각도에서 활용할 수 있다. 또한, 이 도구는 단순한 이미지 분할과 영상 생성에 그치지 않고, 인공지능 기반 언어 모델을 통해 공간 설명 텍스트를 함께 제공하여 사용자가 공간의 특성을 종합적으로 이해할 수 있도록 지원한다.

본 연구에서 제안한 도구는 부동산 가상 투어, 박물관 전시 안내, 관광 명소의 디지털 아카이빙 등 다양한 분야에 적용 가능하다. 예를 들어, 전시 공간의 구조와 설명을 시각 및 텍스트 자료로 제공하는 등으로 활용될 수 있다. 이 도구는 실내 공간뿐만 아니라 구글 스트리트 뷰와 같은 실외 360도 이미지도 적용 가능하며, 향후 도서관과 미술관 등 공공장소의 시각정보 데이터베이스 구축에도 기여할 수 있을 것이다.

향후 연구에서는 다중 파노라마 이미지 간의 연계성을 강화하고, 실시간 스트리밍 환경에서 활용 가능한 인터페이스로의 발전 가능성을 탐구하고자 한다. 이를 통해 파노라마 이미지의 활용성이 더욱 강화되고, VR/AR 기술과 융합하여 다양한 산업 분야에서 폭넓게 활용될 것으로 기대된다. 본 연구가 제안한 실내공간 시각정보 생성 및 관리 도구는 파노라마 이미지의 시각적 잠재력을 실현하고, 공간의 질을 향상시키는 데 중요한 역할을 할 수 있을 것이다.

감사의 글

This work is supported in 2025 by the Korea Agency for Infrastructure Technology Advancement (KAIA) grant funded by the Ministry of Land, Infrastructure and Transport (Grant RS-2021-KA163269).

This research was supported by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Education (Grant NRF-2023S1A5A2A01081659).

References

- Kim, W. and Yoon, Y.K., 2020, A Study on Real Estate Service Design Using Untact Culture and 360 VR, *Journal of Cultural Product & Design*, 63, pp.229-238.
- Olbina, S. and Glick, S., 2023, Using Integrated Hands-on and Virtual Reality (VR) or Augmented Reality (AR) Approaches in Construction Management Education, *International Journal of Construction Education and Research*, 19(3), pp.341-360, <https://doi.org/10.1080/15578771.2022.2115173>
- Kim, H., Kang, Y. and Han, S., 2014, A Framework for the Automatic 3D City Modeling using the Panoramic Image from Mobile Mapping System and Digital Maps. *Proceedings of the Society of CAD/CAM Engineers Conference*, 229-235.
- Huang, J., Park, S. and Lee, J., 2016, Web-based Visualization of Indoor Environmental Data using 3D Building Models - Focusing on Temperature and Humidity Changes. *Proceedings of the Society of CAD/CAM Conference*, 754-756.
- Lee, J.K., Lee, S., Kim, Y.C., Kim, S. and Hong, S.W., 2023, Augmented Virtual Reality and 360 Spatial Visualization for Supporting User-engaged Design, *Journal of Computational Design and Engineering*, 10(3), pp.1047-1059, <https://doi.org/10.1093/jcde/qwad035>
- Paes, D., Arantes, E. and Irizarry, J., 2017, Immersive Environment for Improving the Understanding of Architectural 3D Models: Comparing User Spatial Perception between Immersive and Traditional Virtual Reality Systems, *Automation in Construction*, 84, pp.292-303, <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.09.016>
- Armeni, I., 2017, Joint 2D-3D Semantic Data for Indoor Scene Understanding, arXiv preprint arXiv:1702.01105, <https://doi.org/10.48550/arXiv.1702.01105>
- Samala, A.D., Ranuharja, F., Fajri, B.R., Indarta, Y. and Agustiarini, W., 2022, ViCT-Virtual Campus Tour Environment with Spherical Panorama: A Preliminary Exploration, *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 16(16), pp.205-225, <https://doi.org/10.3991/ijim.v16i16.32889>
- Kim, J.S., 2018, The Re-formation of Buddhist Cultural Properties through VR/AR, *The Journal of the Korean Association for Buddhist Studies*, 85, pp.95-125.
- Kweon, H.J. and Cho, D.H., 2022, Panorama Image Stitching Using Synthetic Fisheye Image, *Journal of Broadcast Engineering*, 27(1), pp.20-30, <https://doi.org/10.5909/JBE.2022.27.1.20>
- Liu, C., Shibusawa, S. and Yonekura, T., 2010, A Walkthrough System with Improved Map Projection Panoramas from Omni Directional Images, *Proceedings of 7th International Conference on Ubiquitous Intelligence & Computing and 7th International Conference on Autonomic & Trusted Computing*, Xi'an, China, pp.45-51, <https://doi.org/10.1109/UIC-ATC.2010.41>
- Fangi, G., 2007, The Multi-image Spherical Panoramas as a Tool for Architectural Survey, *International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 36(5/C53), pp.311-316.
- Kauhanen, H., Heiska, N. and Kurkela, M., 2009, Long Focal Length Imaging for Photogrammetric Reconstruction, *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 38(5/W1), pp.1682-1750.
- Zhang, F., Yang, T., Liu, L., Liang, B., Bai, Y. and Li, J., 2020, Image-only Real-time Incremental UAV Image Mosaic for Multi-strip Flight, *IEEE Transactions on Multimedia*, 23, pp.1410-1425, <https://doi.org/10.1109/TMM.2020.2997193>
- Nemtinov, V., Borisenko, A., Nemtinova, Y., Tryufilkin, S. and Morozov, V., 2020, Development of Virtual Tours of Memorable Places Associated with the Residency and Activities of Famous Personalities, *International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM*, 20(2.1), pp.127-134, <https://doi.org/10.5593/sgem2020/2.1/s07.017>
- Bodker, S., 1998, Understanding Representation in Design, *Human-Computer Interaction*, 13(2), pp.107-125, https://doi.org/10.1207/s15327051hci1302_1
- Hyun, J. and Lee, J., 2023, Image Gen AI-based Model Fine-Tuning and Design Application - Focusing on Detailed Interior Design Style Key-

- words -. Korean Journal of Computational Design and Engineering, 28(4), 524-536, <https://doi.org/10.7315/CDE.2023.524>
18. Shin, E.S. and Lee, J.K., 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, <https://doi.org/10.35216/kisd.2022.17.1.477>
 19. Kim, J. and Kim, D., 2014, Matching Points Filtering Applied Panorama Image Processing Using SURF and RANSAC Algorithm, *Journal of the Institute of Electronics and Information Engineers*, 51(4), pp.144-159, <https://doi.org/10.5573/ieie.2014.51.4.144>
 20. Guerrero-Viu, J., Fernandez-Labrador, C., Demonceaux, C. and Guerrero, J.J., 2020, What's in my Room? Object Recognition on Indoor Panoramic Images, *Proceedings of 2020 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)*, Xi'an, China, pp.567-573, <https://doi.org/10.1109/ICRA40945.2020.9197335>
 21. Endo, T., Katayama, A., Tamura, H., Hirose, M., Tanikawa, T. and Saito, M., 1998, Image-based Walk-through System for Large-scale Scenes, *Proceedings of International Conference on Virtual Systems and MultiMedia*, Gifu, Japan, pp.269-274.
 22. Song, S.L., Lee, J.K. and Kim, Y.C., 2022, Application of Interior Design Database Based on Panoramic Image -A Case Study on the Interior Image of University Buildings-, *Journal of Korea Institute of Spatial Design*, 17(8), pp.379-386.
 23. Kim, Y.C. and Lee, J.K., 2024, 360 Panorama Image-based Interior Architectural Visualization Data Archiving and its Applications, *Journal of KIBIM*, 14(4), pp.1-9.



김 영 채

2023년 연세대학교 실내건축학과 졸업
 2024년~현재 연세대학교 실내건축학과 석사과정
 관심분야: BIM(Building Information Modeling), AI(Artificial Intelligence), 공간컴퓨팅
 이메일: ca71232@yonsei.ac.kr



이 진 국

2000년 연세대학교 실내건축학과 졸업
 2003년 연세대학교 실내건축학과 석사
 2010년 미국 Georgia Tech 건축대학 Ph.D. 디자인컴퓨터 전공
 2010년~2012년 미국 Georgia Tech DBL(Digital Building Lab) 연구원
 2018년~현재 연세대학교 실내건축학과 교수
 관심분야: BIM(Building Information Modeling), CAAD, 디자인IT, 디자인컴퓨팅
 이메일: leejinkook@yonsei.ac.kr