

3D 공간 재구축을 위한 환경별 최적 카메라 선택 기준 연구

남 상 우 *

하 동 환 **

* 중앙대학교 첨단영상대학원 연구원

** 중앙대학교 예술공학대학 교수

A Study on Optimal Camera Selection Criteria for 3D Spatial Reconstruction Based on Environmental Factors

Nam, Sang Woo *

Har, Dong Hwan **

* Researcher, Graduate School of Advanced Imaging Science, Chung-Ang University

** Professor, College of Art&Technology, Chung-Ang University

본 연구는 문화체육관광부 및 한국콘텐츠진흥원의 2024년도 문화체육관광 연구개발사업으로 수행되었음
(과제명 : 생성형 AI 및 클라우드 기반 콘텐츠 제작 R&D 인재 양성, 과제번호: RS-2024-00352578, 기여율: 100%)

** Corresponding Author : Har, Dong Hwan dhhar@cau.ac.kr

THE KOREAN SOCIETY OF SCIENCE & ART

한국과학예술융합학회

THE KOREAN SOCIETY OF SCIENCE & ART Vol.43(2)_Regular article or full paper

* Contribution : 2025.02.18_Examination : 2025.02.26_Revision : 2025.03.10_Publication decision : 2025.03.30

목차

Abstract

국문 초록

I. 서론

1.1 연구 배경 및 목적

1.2 연구 방법

II. 카메라 및 포토그래메트리 프로그램 선정

2.1. 카메라 선정

2.2. 포토그래메트리 프로그램 선정

III. 공간 재구축 및 비교 분석

3.1. 공간 구현

3.2. 정량화 및 분석

IV. 결론

Reference

Endnote

Abstract

Recent advancements in 3D Gaussian Splatting technology have enabled the reconstruction of spaces with photographic precision and realism. However, the process of generating 3D models still relies heavily on image-based learning, which poses limitations in diverse environmental conditions. To address this, this study analyzes the performance of various cameras for 3D spatial reconstruction and presents optimal camera selection criteria for different environments.

In this study, mirrorless cameras, smartphone cameras, and omnidirectional cameras were utilized to conduct 3D Gaussian Splatting-based reconstruction experiments in both indoor and outdoor environments. Performance evaluation was carried out quantitatively using PSNR (Peak Signal-to-Noise Ratio) and SSIM (Structural Similarity Index Measure) metrics, along with qualitative analysis through visual comparisons.

The experimental results showed that mirrorless cameras provided high resolution and detailed rendering, demonstrating stable performance in both indoor and outdoor environments. Smartphone cameras excelled in accessibility and ease of use but were sensitive to lighting variations and exhibited reduced detail reproduction in long-distance shots. Omnidirectional cameras offered a wide field of

view, effectively capturing the overall spatial composition, but suffered from image distortion and resolution degradation, particularly in indoor settings. Based on these findings, this study establishes optimal equipment selection criteria for 3D spatial reconstruction in different environments. These insights are expected to facilitate more precise and optimized spatial reconstruction processes in future applications such as 3D photogrammetry and virtual reality (VR) content creation.

국문 초록

최근 3D 가우시안 스플래팅 기술의 발전으로 공간을 사진처럼 정교하고 사실적으로 재현하는 것이 가능해졌다. 그러나 여전히 사진 기반의 학습을 통해 3D 모델을 생성하는 과정은 필수적이며, 다양한 환경에서의 공간 재구축에는 한계가 존재한다. 이에 본 연구에서는 3D 공간 재구축에 활용 가능한 다양한 카메라의 성능을 분석하고, 환경별 최적의 카메라 선택 기준을 제시한다.

본 연구에서는 미러리스 카메라, 스마트폰 카메라, 전 방향 카메라를 활용하여 실내 및 실외 환경에서 3D 가우시안 스플래팅 기반의 재구축 실험을 수행하였다. 성능 평가는 PSNR(Peak Signal to Noise Ratio)과 SSIM(Structural Similarity Index Measure) 지표를 활용하여 정량적으로 분석하였으며, 추가적으로 시각적 비교를 통해 정성적 분석도 함께 진행하였다.

실험 결과, 미러리스 카메라는 높은 해상도와 세부 표현력을 제공하며, 실내외 환경에서 모두 안정적인 성능을 보였다. 스마트폰 카메라는 접근성과 촬영 용이성이 뛰어나지만, 조명 변화에 민감하게 반응하며 원거리 촬영 시 세부 표현력이 저하되는 한계를 보였다. 전 방향 카메라는 넓은 화각을 제공하여 공간의 전체적인 구성을 효과적으로 담을 수 있으나, 실내 환경에서는 이미지 왜곡과 해상도 저하 문제가 발생하였다.

이러한 결과를 바탕으로 3D 공간 재구축에서 환경별 최적의 장비 선택 기준을 제시하였다. 이를 통해 향후 3D 포토그래메트리 및 가상현실(VR) 콘텐츠 제작 과정에서 보다 정밀하고 최적화된 공간 재구축이 가능할 것으로 기대된다.

Key Words

3D Reconstruction(3D 재구축), Convergence Contents (융합 콘텐츠), Photogrammetry(사진측량), 3D Scan(3D 스캔)

I. 서론

1.1. 연구 배경 및 목적

최근 인공지능과 융합된 3D 재구축 기술이 발전하면서 사진처럼 정교하고 사실감이 높은 가상공간을 재현할 수 있게 되었다. 본 연구에서는 미러리스 카메라, 스마트폰 카메라, 전 방향 카메라(Omnidirectional Camera)를 활용하여 실내 및 실외 환경에서 3D 가우시안 스플래팅 기반의 재구축 실험을 수행하였다. 재구축 기술은 단순한 공간 재현을 넘어서 실시간 인터랙션 콘텐츠, 디지털 트윈, VR 콘텐츠 제작 등에 활발히 적용되고 있다. 이러한 기술적 발전은 실제 갤러리 공간을 가상현실(VR) 환경으로 변환하는 등의 활용 사례를 통해 더욱 확장되고 있다.¹⁾ 이 기술은 기존 포토그래메트리와 같이 여러 각도에서 촬영한 사진을 활용해 3D 모델을 생성하는 방식이며, 인공지능 알고리즘을 이용해 학습된 이미지를 사실적으로 재현한다. 그러나 3D 재구축 과정이 정교해지고 현실감이 향상되더라도 카메라를 이용한 공간 정보 획득은 필수적이며 여전히 핵심적인 과정이다. 따라서 촬영 환경과 획득된 데이터 품질에 따라 최종 결과의 정확성과 현실감이 크게 달라질 수 있다.

Rangelov(2024) 등의 연구에 따르면, 촬영을 통해 획득된 데이터의 품질은 카메라의 해상도, 렌즈 특성, 촬영 각도 등에 영향을 받으며, 또한 실내·실외 환경, 조명의 특성, 공간 구조와 같은 환경적 요인 역시 3D 재구축 과정에 중요한 영향을 미치는 것으로 나타났다.²⁾ 그러므로 촬영 환경에 적합하고 동시에 최적의 데이터를 얻을 수 있는 카메라를 선택하는 것이 중요하다. 예를 들어, 실내 환경에서는 한정된 광량과 공간 구조가 중요한 변수이므로 광량에 효율적으로 반응하고 넓은 다이내믹 레인지와 근거리에서도 웨곡이 적은 카메라가 필요하다. 실외 환경에서는 복잡한 배경과 넓은 공간으로 인해 높은 해상도와 화각을 구현할 수 있는 카메라가 요구된다. 이처럼 각 환경에 따라 요구되는 카메라 특성이 다르며 이를 고려하여 환경에 최적화된 카메라의 선택 기준을 마련할 필요가 있다. 본 연구에서는 3D 재구축 시 사용될 수 있는 카메라와 서로 다른 두 환경에서의 3D 재구축 성능을 비교하고, 각 환경에서 요구되는 카메라 선택 기준을 도출하고자 한다.

1.2 연구 방법

사진 기반 3D 재구축을 위해서는 카메라의 사용은 필수이며 스마트폰을 포함하며 DSLR, 미러리스, 전 방향 촬영이 가능한 전 방향 카메라 등 다양한 형태

의 카메라가 사용한다. 각각의 카메라는 센서 크기, 해상도, 초점 거리, 이미지 처리 방식 등 고유의 특징을 가지고 있으며 이러한 차이로 인해 촬영된 이미지의 특성이 달라지기도 한다. 이는 사진 기반 3D 재구축의 최종 결과에도 영향을 미치는 주요한 원인이 된다. 본 연구에서는 카메라에 따른 이미지 결과 획득의 차이를 분석하기 위해 세 가지 유형의 카메라를 선정하여 3D 재구축 실험을 수행한다.

첫째로, 하이 웰리티 이미지 촬영에 가장 널리 사용되는 DSLR과 미러리스 카메라 중 가볍고 사용이 용이하여 최근 점점 더 시장이 커지고 있는 미러리스 카메라를 선택하였고, 둘째로 누구나 항상 보편적으로 휴대하여 사용하고 있는 스마트폰 카메라를 선택하였고, 마지막으로, VR 등 가상현실 구축에 많이 활용되는 전 방향 촬영이 가능한 카메라를 선정하였다.

또한, 서로 다른 환경에서의 3D 재구축 성능을 비교하기 위해 두 개의 서로 다른 장소를 실험 대상으로 선정하였다. [표-01]은 실내 공간과 실외 공간에 대한 특징의 정리이다. 실내 공간은 조명이 일정하고 구조물이 비교적 단순하지만, 실외 공간은 자연광의 변화가 크고 넓은 범위를 촬영해야 하는 특성이 있다. 이러한 차이를 고려하여 각 카메라로 촬영한 데이터가 3D 재구축 과정에서 어떻게 활용되는가에 대한 활용방안을 분석하였으며, 촬영 환경에 따른 카메라별 강점과 약점을 파악하고, 특정 공간에서 효과적인 결과를 얻을 수 있는 카메라 유형을 확인하고자 한다.

[표-01] 공간 특성

	실내	실외
공간	71m ²	169m ²
조명	다양한 조명	자연광
노출	불안정한 노출	안정된 노출
복잡성	배경의 단순함	배경의 복잡함

위와 같이 선정된 카메라를 사용하여 각각 사진 데이터와 동영상 데이터를 취득한다. 동영상은 무수히 많은 사진을 연속적으로 촬영한 데이터이며, 이는 학습에 필요한 양의 사진을 연속적으로 촬영하기 용이한 방법이다. 촬영된 이미지는 재구축 결과를 비교하여 어떠한 데이터 취득 방식이 유리한지 판단한다.

각 카메라로 취득한 데이터를 활용하여 3D 가우시안 스플래팅을 적용한 3D 재구축 모델을 정량적으로 비교한다. 제작된 3D 공간 모델들의 품질 비교를 위해 일반적으로 사용되는 PSNR(Peak Signal to Noise Ratio)과 SSIM(Structural Similarity Index Measure)을 활용하였다.³⁾ 3D 가우시안 스플래팅의 특성상 학습에 사용

된 이미지를 그대로 재현하므로 블러가 발생한 이미지를 통해 학습된 모델 또한 높은 정량적 평가를 도출한다. 이는 SSIM의 특성이며 흐린 이미지를 과대평가하기 때문이다.⁴⁾ 이러한 평가 오류를 방지하고자 비교적 블러에 강한 PSNR을 함께 사용하여 각 카메라 및 테이터 취득 방식 등을 복합적으로 비교 분석하고 가장 효과적인 카메라 선택 기준을 도출하고자 한다.

II. 카메라 및 포토그래피 프로그램 선정

2.1. 카메라 선정

카메라 선정 기준은 실내와 실외의 서로 다른 환경에서 비교하기 위해 대중적인 사용성, 이미지 품질, 그리고 촬영 방식의 차이를 고려했다.

첫 번째로, 대중적으로 널리 사용되고 있는 미러리스 카메라 중 사용 효율성이 높은 Sony a6400을 사용하였다. 이 카메라는 APS-C 센서를 탑재해 고해상도의 이미지를 제공하며, 사진 기반의 3D 재구축에서 중요한 세부 디테일과 색 재현력이 뛰어나다. 또한 상황에 따라 렌즈를 교체할 수 있다는 장점이 있다. 본 연구에서는 일관된 결과를 위해 16~50mm 렌즈를 활용하여 최적의 환경을 구성했다.

두 번째로, 스마트폰 카메라로 iPhone 15 Pro Max를 선정하였다. 이는 최신형 스마트폰 중 하나로 4,800만 화소의 카메라를 탑재하고 가벼우면서도 성능이 우수하여 많은 사용자가 활용하는 촬영 기기이다.

세 번째로, 전 방향 촬영이 가능한 Insta 360 Pro 2를 사용하였다<그림-01>. 이 카메라는 6개의 개별 렌즈를 통해 모든 방향을 동시에 촬영할 수 있는 장점이 있어 VR 영상 콘텐츠 제작 등에 활용되기도 한다.



<그림-01> Insta 360 Pro 2

2.2. 포토그래피 프로그램 선정

현재 웹 기반 3D 재구축을 지원하는 대표적인 프로그램으로는 Luma AI, Polycam, Kiri Engine 등이 있다 <그림-02>. 웹을 활용한 3D 재구축의 장점은 사용자의 하드웨어 성능이 모델 품질에 영향을 주지 않으며, 항상 같은 환경에서 학습되기에 일정한 결과를 얻을 수 있다. 본 연구에서는 인공지능을 활용한 3D 가우시안 스플래팅을 적용하기 위해 Luma AI의 Interactive Scene 기능을 활용하였으며, 이를 통해 3D 가우시안 스플래팅 결과를 생성하고 3D 재구축의 품질을 분석한다.

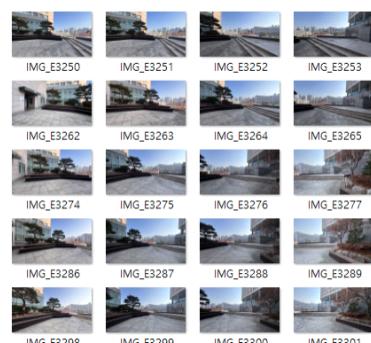


<그림-02> 온라인 3D 가우시안 스플래팅 서비스

III. 공간 재구축 및 비교 분석

3.1 공간 구현

3D 가우시안 스플래팅 기술을 활용한 공간 재구축을 위해서는 기존 포토그래피 방식과 마찬가지로 충분한 이미지 수집 과정이 필요하다<그림-03>. 이때 동영상 파일의 경우 프레임으로 추출하여 여러 장의 사진 형태로 변환한다. 그 후 학습을 위한 데이터로써 활용된다.



<그림-03> 촬영 데이터

데이터 취득 과정에서 미러리스 카메라와 스마트폰 카메라의 경우 추가적인 변환 과정 없이 촬영된 이미지를 바로 3D 가우시안 스플래팅 통해 학습할 수 있다. 그러나 Insta 360 Pro 2로 촬영된 이미지는 <그림-04>와 같은 360° 이미지로 생성되므로, 이를 학습에 활용하기 위해서는 왜곡이 제거된 여러 장의 이미지로

변환하는 과정이 필요하다. 이를 위해 Mushroom 이란 프로그램의 split 360 image 기능을 사용하여 <그림-05>와 같이 이미지를 추출해야 한다. 이 과정에서 하나의 360° 이미지를 학습에 적합한 17장의 이미지로 분할한다. 이후 분할된 이미지를 3D 가우시안 스플래팅을 통해 학습시킨다.



<그림-04> Insta 360으로 찍힌 360° 이미지

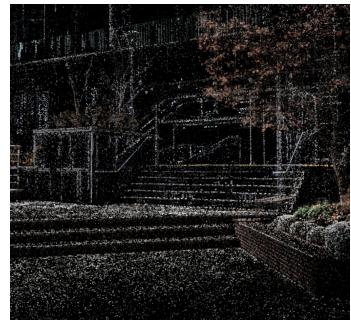


<그림-05> 분할 된 360° 이미지

<그림-06>과 <그림-07>은 3D 가우시안 스플래팅을 학습한 후 생성된 포인트 클라우드를 나타낸다. 포인트 클라우드는 3D 공간에서 개별 점들의 좌표 및 색상 정보를 포함하며, 사진 기반의 3D 재구축 과정에서 핵심적인 요소로 작용한다.⁵⁾ 이미지를 학습하는 과정에서 포인트 클라우드가 형성되며, 밀도와 정밀도가 점진적으로 향상된다. 특히, Gaussian Splatting을 적용하면 포인트 클라우드가 부드럽고 연속적인 형태로 변환되어 3D 공간을 더욱 현실적으로 표현할 수 있었다.⁶⁾



<그림-06> 실내 Point Cloud



<그림-07> 실외 Point Cloud

<그림-08>, <그림-09>, <그림-10>, <그림-11>은 사진처럼 보이지만, 3D 가우시안 스플래팅을 활용하여 생성된 3D 디지털 공간이다. 이러한 모델은 Sony a6400, iPhone 15 Pro Max, Insta 360 Pro 2로 촬영한 사진과 동영상을 기반으로 각각 제작되었다.



<그림-08> 실내 코너 재현



<그림-09> 실내 투명체 물체 재현



<그림-10> 실외 코너 재현



<그림-11> 실외 복잡한 구성 재현

3.2 정량화 및 분석

완성된 3D 모델의 정량적 평가는 PSNR과 SSIM을 활용하여 실제 사진과 재구축된 이미지를 비교하는 방식으로 수행하였다. 이를 위해 3D 재구축된 모델에서 다섯 개 영역을 촬영한 원본 사진과 비교한 후 평균값을 도출하였다.

[표-02]는 Sony a6400, iPhone 15 Pro Max, Insta 360 Pro 2의 3D 재구축 품질을 정량적으로 나타낸다. 비교 결과, Sony a6400은 대부분 환경에서 우수한 성능을 보였으며, Insta 360 Pro 2는 밝고 안정적인 광원이 확보된 실외 환경에서 더 좋은 결과를 나타냈다. 반면, iPhone 15 Pro Max는 전반적으로 중간 수준의 성능을 보였는데, 이는 촬영된 이미지의 정보량이 Sony a6400과 Insta 360 Pro 2에 비해 상대적으로 적기 때문으로 분석되었다.⁷⁾

[표-02] 카메라별 정량화 결과

분류 특성	sony a6400	iPhone 15 pro max	Insta 360 pro 2
실내 (사진)	PSNR:27.95 SSIM:0.82	PSNR:25.72 SSIM:0.59	PSNR:25.68 SSIM:0.65
실내 (영상)	PSNR: 27.87 SSIM:0.79	PSNR:18.81 SSIM:0.53	PSNR:16.27 SSIM:0.62
실외 (사진)	PSNR:28.05 SSIM:0.80	PSNR:25.69 SSIM:0.57	PSNR:27.79 SSIM:0.61
실외 (영상)	PSNR:28.05 SSIM:0.75	PSNR:17.69 SSIM:0.52	PSNR:24.27 SSIM:0.59

[표-03]과 [표-04]는 각 카메라의 실내외 촬영 시 장단점을 비교하여 보여준다. 분석 결과, 각 카메라의 장단점은 사진과 영상 촬영에서 유사하게 나타났으며, 이는 촬영 환경과 장비의 특성이 일정한 영향을 미친 것으로 해석할 수 있다. 특히, 조명 조건과 공간의 크기에 따라 카메라별 성능 차이가 뚜렷하게 드러났으며, 이러한 차이는 사진과 영상 촬영 모두에서 일관되게 관찰되었다.

이러한 장단점 분석은 정량적 수치 비교와 정성적 시각적 평가를 기반으로 이루어졌다. 정량적 분석에서는 PSNR, SSIM 등의 지표를 활용하여 카메라별 3D 재구축 품질을 비교하였으며, 정성적 분석에서는 이미지의 선명도, 색감, 조명 반응성, 왜곡 여부 등을 직접 확인하였다. 그 결과, 미러리스 카메라는 높은 선명도를, 스마트폰 카메라는 조명 변화에 대한 민감도를, 전방향 카메라는 넓은 화각과 함께 왜곡이 발생하는 특징을 보였다. 이를 통해 카메라별 성능 차이를 보다 구체적으로 파악할 수 있었으며, 실내 환경에서의 적절한 카메라 선택을 위한 기준을 명확히 확인할 수 있었다.



<그림-12> 실내 카메라 정성적 비교



<그림-13> 실외 각 카메라 결과 비교

<그림-12>와 <그림-13>에서 볼 수 있듯이, 각 카메라 중 Sony a6400이 가장 우수한 성능을 보였다. 재구축된 결과를 비교해 보면, 미러리스 카메라는 선명도가 가장 높았으며, 스마트폰 카메라는 조명 변화에 민감하게 반응하는 경향이 나타났다. 반면, 전 방향 카메라는 넓은 화각을 제공하지만 이미지 왜곡이 발생하는 한계가 있었다.

[표-03] 카메라별 실내 장단점

실내	장점	단점
Sony a6400	<ul style="list-style-type: none"> - 고화질 모델 생성 가능 - 넓은 다이내믹 레인지로 세부 디테일 유지 - 저조도 환경에서도 안정적인 촬영 - 다양한 렌즈 활용으로 왜곡 최소화 - 균일한 색 표현으로 사실적인 재구축 가능 	<ul style="list-style-type: none"> - 인공광에 따라 색 변형 발생 가능 - 복잡한 실내 구조에서 정합성 저하 - 반사 및 그림자로 인한 오류 발생 - 저조도 환경에서 노이즈 증가
iPhone 15 Pro Max	<ul style="list-style-type: none"> - 빠른 촬영 및 데이터 처리 - 자동 보정 기능으로 조명 변화에 대응 - 가벼운 무게로 협소한 공간에서도 촬영 용이 	<ul style="list-style-type: none"> - 이미지 압축률로 인해 세부 질감 손실 - 촬영 각도에 따라 그림자 표현 어려움 - 좁은 공간에서 왜곡 발생 가능 - 조명 변화에 따라 노출 차이 심화
Insta 360 Pro 2	<ul style="list-style-type: none"> - 360° 데이터 획득 가능 - 넓은 화각으로 실내 공간 정보 수집 - 빠른 촬영 및 실시간 데이터 처리 - 균일한 노출로 조명 편차 최소화 - 다중 시점 데이터 확보 가능 	<ul style="list-style-type: none"> - 해상도 제한으로 정밀한 구조 표현 어려움 - 가까운 피사체에서 왜곡 증가 - 균일한 질감 표현이 어렵고 후처리 필수 - 반사면이 많을 경우 모델 정합성 저하

[표-04] 카메라별 실외 장단점

실외	장점	단점
Sony a6400	<ul style="list-style-type: none"> - 높은 해상도의 선명한 이미지 촬영 가능 - 광범위한 다이내믹 레인지로 미세한 디테일 보존 - 색 재현성이 우수하여 사실적인 질감 표현 가능 - 렌즈 교체를 통해 원근감과 초점 조절 가능 - 밝은 조명 환경에서도 노출 균형 유지 가능 	<ul style="list-style-type: none"> - 반사율이 높은 환경에서 이미지 왜곡 발생 - 원거리 피사체의 디테일 재현이 제한됨 - 복잡한 구조에서 3D 모델의 일관성 저하 가능 - 강한 조명과 그림자로 인해 노이즈 증가
iPhone 15 Pro Max	<ul style="list-style-type: none"> - 신속한 이미지 캡처와 효율적인 데이터 처리 - 자동 보정 기능을 통해 색 균형 유지 - 경량 설계로 이동 촬영이 용이 	<ul style="list-style-type: none"> - 높은 압축률로 인해 텍스트 해상도가 낮아짐 - 촬영 각도에 따라 특정 영역의 데이터가 누락됨 - 강한 조명 환경에서 노출 조절이 어렵음
Insta 360 Pro 2	<ul style="list-style-type: none"> - 다방향 데이터 획득 - 광각 촬영을 통해 광범위한 공간 데이터 획득 - 신속한 촬영과 즉각적인 데이터 처리 가능 - 일정한 노출 유지로 명암 변화 최소화 - 다양한 시점에서의 데이터 수집 가능 	<ul style="list-style-type: none"> - 고해상도 부족으로 세부 구조 표현이 제한됨 - 모델 학습 과정에서 왜곡이 심화됨 - 질감 표현의 일관성이 부족하여 추가적인 보정 필요 - 바람이나 동적 객체로 인해 재구축 오류 발생

비교 결과, Sony a6400은 긴 촬영 시간이 필요하지만 높은 해상도와 뛰어난 색 재현력을 제공하여 다양한 환경에서 활용하기에 가장 적합한 것으로 나타났다. 반면, 넓고 조명이 안정적인 실외 환경에서는 Insta 360 Pro 2도 효과적으로 활용할 수 있다. iPhone 15 Pro Max는 어떤 환경에서도 손쉽게 사용할 수 있으나, 높은 품질을 기대하기에는 한계가 있는 것으로 나타났다.

IV. 결론

최근 디지털 트윈 제작 과정에서 3D 공간 재구축을 위해 다양한 카메라를 활용하려는 시도가 증가하고 있다. 이는 각 카메라가 촬영하는 이미지의 특성이 다르기 때문으로, 해상도, 시야각, 색상 처리 방식 등의 차

이에 따라 3D 재구축 결과에도 차이가 발생한다. 특히 실내와 실외 환경에서는 이러한 차이가 더욱 두드러지므로, 재구축 환경에 적합한 카메라를 선택하는 것이 매우 중요하다.

본 연구에서는 미러리스 카메라, 스마트폰 카메라, 그리고 전 방향 카메라를 활용하여 다양한 환경에서 3D 가우시안 스플래팅 적용 결과를 비교 분석하였다. 3D 모델의 품질 평가는 PSNR과 SSIM 지표를 활용하여 정량화하였다.

분석 결과, Sony a6400 미러리스 카메라는 전반적으로 높은 해상도와 우수한 세부 표현력을 제공하며, 실내 및 실외 환경 모두에서 안정적인 성능을 보였다. 실험 결과에서도 다른 카메라보다 우수한 결과를 나타내어 고해상도 디지털카메라가 대부분 환경에서 높은 품질의 3D 재구축이 가능하다는 것을 알 수 있다.

반면, 스마트폰 카메라는 접근성과 촬영 용이성 측면에서 강점을 가지지만, 조명 변화나 원거리 촬영 시 세부 표현력이 저하되는 경향을 보였다. 이에 따라 스마트폰 카메라는 특정 조건에서만 활용이 가능할 것으로 판단된다.

전 방향 카메라, Insta 360 Pro 2는 모든 방향을 촬영 가능하여 넓은 실외 환경에서 특히 우수한 성능을 보였다. 밝고 안정적인 실외 환경에서는 Sony a6400과 유사한 품질을 제공하며, 전 방향 촬영을 통해 넓은 공간을 효과적으로 캡처할 수 있었다. 다만, 360° 이미지를 평면 이미지로 변환하는 전처리 과정이 필요하여 추가적인 작업이 요구되었다.

본 연구는 각 카메라의 특성에 따른 3D 재구축 품질 차이를 명확히 분석하여 환경별 최적의 장비 선택 기준을 제시하였다. 이러한 분석 결과는 3D 공간 재구축을 수행하는 데 필요한 장비 선정 및 요구하는 목표 품질에 맞추어 최적의 장비를 선택할 수 있는 지표로 활용될 수 있다. 이를 통해 3D 공간 정보가 필요한 다양한 분야에서 활용될 수 있을 것으로 기대된다. 다만, 본 연구는 특정 조명 조건과 환경을 중심으로 분석을 진행하였으며, 보다 다양한 조명과 환경 변화에 따른 영향을 종합적으로 검토하는 것은 향후 연구에서 규명하고자 한다.

Reference

- [1] Chen, Guikun., Wang, Wenguan, 「A Survey on 3D Gaussian Splatting」, IEEE, 2024.
- [2] Fei, Ben., Xu, Jingyi., Zhang, Rui., Zhou, Qingyuan., Yang, Weidong., He, Ying, "3D Gaussian Splatting as a New Era: a Survey", Journal of LaTeX Class Files, 14(8), 2024.
- [3] He, Yulei, 「Capture Images for Gaussian Splatting: Exploring 3D Gaussian Splatting: a Journey from Concept to Real-World Online Exhibition – Part One」, Medium, 2024.
- [4] Javadnejad, Farid., Slocum, Richard K., Gillins, Daniel T., Olsen, Michael J., Parrish, Christopher E., "Dense Point Cloud Quality Factor as a Proxy for Accuracy Assessment of Image-Based 3D Reconstruction", Journal of Surveying Engineering, 147(1), 2021.
- [5] Jin, Hyungwoo., Jeong, Eunhee., Song, Hail., Woo, Woontack, 「Quantitative Optimal Learning Conditions for Gaussian Splatting Based on Input Quantity and Scene Dynamics」, Proceedings of the Korean Institute of Information Scientists and Engineers, pp.194-196, 2023.
- [6] Lu, Tao., Yu, Mulin., Xu, Linning., Xiangli, Yuanbo., Wang, Limin., Lin, Dahua., Dai, Bo, 「Scaffold-GS: Structured 3D Gaussians for View-Adaptive Rendering」, Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2024.
- [7] Rangelov, Dimitar., Waanders, Sierd., Waanders, Kars., Keulen, Maurice., Miltchev, Radoslav, "Impact of Camera Settings on 3D Reconstruction Quality: Insights from NeRF and Gaussian Splatting", Sensors, 24(23), 2024.
- [8] Saif, Wahib., Alshibani, Adel, "Smartphone-Based Photogrammetry Assessment in Comparison with a Compact Camera for Construction Management Applications", Applied Sciences, 12(3), 2022.
- [9] Wang, Zhou., Bovik, Alan., Sheikh, Hamid R., 「Structural similarity-based image quality assessment」, Digital Video Image Quality and Perceptual Coding, CRC Press, 2005.
- [10] Yang, Chen., Li, Sikuang., Fang, Jiemin., Liang, Ruofan., Xie, Lingxi., Zhang, Xiaopeng., Shen, Wei., Tian, Qi, "Gaussian Object: Just Taking Four Images to Get a High-Quality 3D Object with Gaussian Splatting", ACM Trans.Graph, 43(6), 2024

Endnote

- 1) He, Yulei, 「Capture Images for Gaussian Splatting: Exploring 3D Gaussian Splatting: a Journey from Concept to Real-World Online Exhibition – Part One」, Medium, 2024.
- 2) Rangelov, Dimitar., Waanders, Sierd., Waanders, Kars., Keulen, Maurice., Miltchev, Radoslav, “Impact of Camera Settings on 3D Reconstruction Quality: Insights from NeRF and Gaussian Splatting”, Sensors, 24(23), 2024.
- 3) Jin, Hyungwoo., Jeong, Eunhee., Song, Hail., Woo, Woontack, 「Quantitative Optimal Learning Conditions for Gaussian Splatting Based on Input Quantity and Scene Dynamics」, Proceedings of the Korean Institute of Information Scientists and Engineers, pp.194–196, 2023.
- 4) Wang, Zhou., Bovik, Alan., Sheikh, Hamid R., 「Structural Similarity-Based Image Quality Assessment」, Digital Video Image Quality and Perceptual Coding, CRC Press, 2005.
- 5) Javadnejad, Farid., Slocum, Richard K., Gillins, Daniel T., Olsen, Michael J., Parrish, Christopher E., “Dense Point Cloud Quality Factor as a Proxy for Accuracy Assessment of Image-Based 3D Reconstruction”, Journal of Surveying Engineering, 147(1), 2021.
- 6) Yang, Chen., Li, Sikuang., Fang, Jiemin., Liang, Ruofan., Xie, Lingxi., Zhang, Xiaopeng., Shen, Wei., Tian, Qi, “GaussianObject: Just Taking Four Images to Get a High-Quality 3D Object with Gaussian Splatting”, ACM Trans.Graph, 43(6), 2024
- 7) Saif, Wahib., Alshibani, Adel, “Smartphone-Based Photogrammetry Assessment in Comparison with a Compact Camera for Construction Management Applications”, Applied Sciences, 12(3), 2022.