

Photogrammetry와 NeRF의 비교분석을 통한

실사 오브젝트 제작 방식의 미래 방향성 제안

김소연[○], 문은정

홍익대학교 영상커뮤니케이션대학원

cloudysnowyday@gmail.com, moon@d-connectlab.com(교신저자)

Proposal for Future Directions in Realistic Object Production Methods Through Comparative Analysis of Photogrammetry and NeRF

So-Youn Kim[○], Eun-Jung Moon

Hongik University Graduate School of Film and Digital Media

요 약

본 연구의 목적은 게임업계 내 3D 실사 오브젝트(Realistic Object)의 제작 현황을 조사하고, 이를 3D 스캔 방식과 비교분석 하여 게임 업계 내에서의 3D 실사 오브젝트 제작방식에 대한 미래 방향성을 제안하는데 있다. 3D 스캔 방식 중 대표적 기술 중 하나인 포토그래메트리(Photogrammetry)와 새롭게 부상하고 있는 NeRF(Neural Radiance Fields)를 활용하여 전문가 시뮬레이션을 진행하고, 전문가 델파이 기법을 통해 기존 3D 작업 방식과 두 스캔 작업 방식의 특징을 검토하고 각 기술의 장단점을 도출하고자한다. 이러한 분석결과를 바탕으로 게임 산업 내에서의 3D 스캔 방식의 향후 발전 방향에 대한 심도 있는 논의를 진행하고자 한다.

1. 서 론

현재 게임 업계에서는 고품질의 3D 실사 오브젝트 제작을 위해 쓰리디 맥스(3ds Max), 지브러쉬(ZBrush), 포토샵(Photoshop), 서브스텐스 페인터(Substance Painter) 및 서브스텐스 디자이너(Substance Designer) 등의 다양한 툴셋(Tool Set)이 활용되고 있다. 이러한 툴을 통한 오브젝트 제작 과정에서는 다양한 질감 및 형태에 대한 이해가 필요하며 복잡한 모델링과 텍스처링 기술이 요구된다. 예를 들어, 복잡한 형태의 오브젝트를 생성하기 위해서는 형태에 대한 이해와 그에 따른 폴리곤(Polygon) 최적화 및 구현 방법에 대한 판단이 필요하다. 또한 오브젝트에 축적된 자연 현상을 효과적으로 표현하기 위해 녹, 이끼, 먼지 등이 해당 오브젝트의 형태에 따라 각기 어떤 방식으로 생성되는지에 대한 지식 또한 요구된다. 뿐만 아니

라, 작업물을 게임 엔진상에 최종적으로 반영하기 위해서는 물리 기반 렌더링(Physically Based Rendering, 이하 PBR)에 바탕을 둔 텍스처 개념에 관한 이해도 필요하다.

이러한 한계를 극복하기 위해, 최근 들어 높은 모델링 정확도와 정밀한 텍스처를 제공하는^[1] 3D 스캔 기술인 포토그래메트리(Photogrammetry)가 관심을 받고 있다. 포토그래메트리란, 실제 물체의 사진을 기반으로 3D 모델을 생성하는 기술이다^[2]. 그러나 이 역시 인력과 장비등의 현실적인 제약으로 인해 업계 전반에 걸쳐 충분히 활용되지 않는 상황이다.

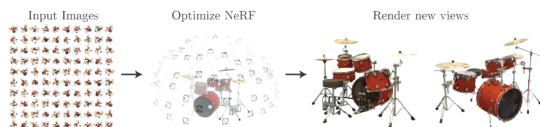
이러한 현실을 기반으로 최근 신경 방사 필드(Neural Radiance Fields, 이하 NeRF) 기술이 주목받고 있다. 이 기술은 포토그래메트리보다 비용 효율성이 높고, 제작 시간을 줄일 수 있어 게임 산업에 혁신적인 변화를 일으킬 것으로 기대된다. 따

라서 본 연구는 게임개발 시 3D 실사 오브젝트 제작에 NeRF 기술의 적용 가능성과 그로 인한 게임 업계의 변화 및 발전 가능성을 심도 있게 탐구하고자 한다.

2. 기존 연구

2.1 NeRF의 개념

NeRF는 밀든홀(Mildenhall et al., 2020)의 연구를 통해 처음 소개되었다. 다층 퍼셉트론(Multilayer Perceptron, 이하 MLP)에 다각도에서 촬영된 소량의 이미지를 입력하면 실제로 촬영하지 않은 각도의 이미지도 렌더링 하여, 완전하게 연결된 3D 장면(Scene)으로 구현이 가능한 기술이다[3].



[그림 1] NeRF의 개념

2.2 NeRF의 연구 현황

최초 발표된 NeRF는 객체의 3D 모델과 텍스처를 생성하는 기술이 아닌, 객체를 바라보는 모든 장면만을 생성하는 영상 관련 기술이었다. 이후 NeRF의 한계를 극복하고자 여러 후속 연구가 진행되었다. 야오(Yao et al., 2020)는 복잡한 조명과 기하학적 구조를 가진 장면에서도 재료 특성 및 조명 조건을 추정할 수 있는 방법을 제시하였고[4], 벌빈(Verbin et al., 2021)은 광택과 반사가 있는 재질의 표현 정확도를 크게 향상시킨 연구를 진행하였다[5]. 이에 더해 야리브(Yariv et al., 2023)은 노멀 벡터의 품질과 반사 벡터의 정확도를 향상시켜 보다 사실적인 정반사를 렌더링할 수 있는 연구를 진행하였고[6], 탕(Tang et al., 2023)은 고품질의 메쉬(Mesh)를 디퓨즈(Diffuse)텍스처 및 스펙큘러(Specular) 텍스처와 함께 재구성하여, 실시간으로 추출(Export) 가능한 방법을 제시하였다[7]. 이에 더해 첸(Chen et al., 2024)은 메쉬 구조, 텍스처, 환경 조명 정보를 통합하여 렌더링 함으로써

기존보다 고품질의 메쉬 생성이 가능한 방법을 제안하였다[8]. 이러한 선행 연구에 힘입어, 메쉬 및 텍스처 추출도 가능하게 되었다.

이처럼 최근 NeRF관련 연구의 동향을 고려할 때, 고품질의 메쉬 및 텍스처 추출과 관련된 연구도 지속적으로 진행될 것으로 보여 향후 발전이 기대된다.

3. 게임 업계 3D 실사 오브젝트 제작 및

3D 스캔 활용 현황

3.1 3D 실사 오브젝트 제작 현황

게임 업계에서는 3D 실사 오브젝트 제작 시 다양한 툴을 활용한다. 초기 단계에서는 3D 오브젝트 제작 툴을 사용하여 로우폴리곤 메쉬의 대략적인 형태를 설계하고, 지브러쉬를 활용하여 세부적인 하이폴리곤 모델링을 진행한다. 이후, 생성된 로우폴리곤 모델을 언랩(Unwrap) 하고 서브스틴스 페인터에서 하이폴리곤 모델과 로우폴리곤 모델을 결합하여 케이지(Cage)를 씌우고 베이킹(Baking)을 수행한다. 이후 알베도 맵(Albedo Map), 노멀 맵(Normal Map), 러프니스 맵(Roughness Map) 및 앰비언트 오클루전 맵(Ambient Occlusion Map) 등 필요한 텍스처들을 추출한다. 이렇게 생성된 텍스처들은 포토샵, 서브스틴스 페인터, 서브스틴스 디자이너를 통해 더욱 세밀하게 다듬어지며, 이후 게임 엔진에 적용되어 로우폴리곤 모델에 매핑(Mapping)됨으로써 최종 결과물을 산출하게 된다.

이 작업 공정은 대부분의 게임 회사에서 일반적으로 사용되지만 작업 시간이 상당히 소요되며 작업자의 숙련도에 따라 최종 결과물의 품질이 크게 달라진다는 한계가 있다.

3.2 포토그래메트리의 활용 현황과 한계점

포토그래메트리는 그리스어로 빛을 의미하는 ‘포토(Photo)’와 기록한다는 의미의 ‘그래피(Graphy)’, 그리고 측정한다는 의미의 ‘메트론(Metron)’의 결

함으로 이루어진 용어이다[9]. 건축가 알브레히트 메이덴바우어 (Albrecht Meydenbauer)가 1867년 최초로 '포토그래메트리'라는 용어를 사용했다. 처음에는 사진을 이용한 건축 측량 사진 기술을 지칭하는 단어로 사용되었다[10]. 높은 모델링 정확도와 정밀한 텍스처를 제공하기에, 현실과 유사한 결과물을 필요로 하는 문화재 복원이나 건축물 기록 등의 분야에서 특히 유용하게 사용된다[11]. 또한 누구나 비교적 일관된 작업물을 제작할 수 있으며, 오랜 발전을 통해 상용 소프트웨어와 하드웨어도 잘 갖추어져 있다.

이러한 장점을 가지고 있음에도 포토그래메트리 기술은 기술적, 장비적, 인력적 한계로 인해 일부 한정된 곳에서만 사용되고 있다. 예를 들어, 포토그래메트리 솔루션 중 널리 사용되는 리얼리티 캡처 (Reality Capture)의 권장 조건은 매우 많고 복잡하다. 이 솔루션은 가능한 한 많은 이미지를 촬영하고, 최대 해상도를 사용하며, 초점을 잃지 않고, 노출을 일정하게 유지할 것을 권장한다. 또한, 각 포인트가 최소 두 장의 이미지에 중첩되어 보이도록 하며, 객체 주변을 다양한 높이에서 촬영하고, 시점을 30도 이상 변경하지 말아야 한다. 더불어 객체 모양에 맞춰 촬영해야 하며, 이미지 간 최대한 높은 중첩을 유지할 것을 권고한다. 이에 더해, 파노라마 사진을 피하고, 객체가 고정된 상태에서 촬영해야 하며 투명하거나 반짝이는 물체와 특징이 없는 텍스처를 피해야 하고 조명 상태 역시 일관되게 유지할 것을 요구한다[12].



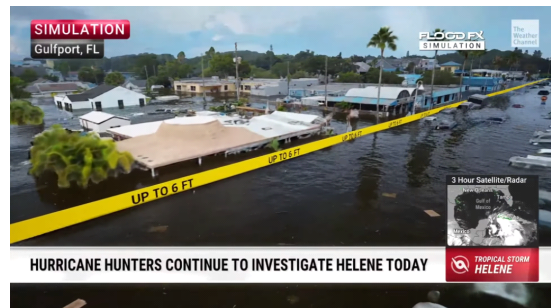
[그림 2] 전신 포토그래메트리 촬영 장면

이러한 조건들은 포토그래메트리가 입력된 이미지만으로 결과물을 출력하기 때문에 필요하다. 텍스처에 강한 대비가 있거나 반사광이 존재하면 솔루션이 형태 인식을 제대로 하지 못해 결과물 생

성이 어려워질 수 있기 때문이다. 이로 인해 조명이나 움직임을 통제하기 어려운 상황에서는 포토그래메트리의 활용에 한계가 있을 수 있다.

3.3 NeRF의 활용 현황 및 미래 가능성

NeRF는 2D 이미지나 영상으로부터 고품질의 3D 장면을 재구성하는 혁신적인 기술로, 앞으로 3D 제작 분야에 다양한 영향을 미칠 것으로 예상된다. 이 기술은 광원의 복잡한 상호 작용과 물체의 세부 질감을 정확하게 표현할 수 있어 더욱 현실감 있는 3D 장면을 구현한다.

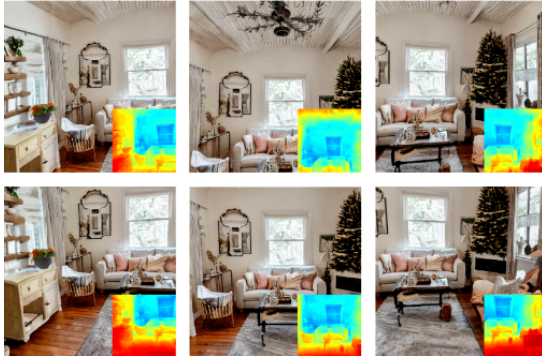


[그림 3]허리케인 예보에 쓰인 NeRF기술인 Flood FX

전 세계 기상 정보를 제공하는 웨더 채널(The Weather Channel)은 허리케인의 파괴력을 효과적으로 전달하기 위해 방사 필드(Radiance Field) 기술인 FloodFX를 활용하여 몰입형 시각화 (Immersive Visualization)를 제공하고 있으며, 최근 이 기술로 에미상을 수상하였다[13]. 이는 처음으로 방사 필드 기술이 권위 있는 상을 수상한 사례이다.

이처럼, 향후 NeRF 기술은 사용자 경험을 향상시키고, 보다 몰입감 있는 콘텐츠를 제공하는데 기여하며, 새로운 창작 가능성을 열어줄 것으로도 예상된다. 첫째, 실제 현실 세계의 장소나 사물을 손쉽게 디지털화하여 작품에 활용할 수 있을 뿐 아니라 텍스트 기반 이미지 생성 기술 (Text-to-Image Generation Technology)을 이용하여 텍스트 설명부터 3D 장면을 생성하거나 편집하는 것도 가능해질 것이다. 실제로 TVCG 2024에서 텍스트 이미지 생성 기술로 각종 공간의 이미지를 생성 가능한 기술이 선보였다[14].

둘째, 현실에 존재하는 이미지를 이용하여 현실에 존재하지 않는 환상적인 공간을 창조해 내는 것도 가능할 것으로 예상된다. 이번 ITS 2025(International Talent Support)에서는 3D Gaussian Splatting 기술을 이용해 옷감과 식물을 합성하여 표현한 아트웍으로 홍보영상을 제작하였다[15].



[그림 4] Text2NeRF로 생성한 'A cozy living room'



[그림 5] 3D Gaussian Splatting 기술을 활용한 ITS(International Talent Support) 2025의 홍보 영상

셋째, 콘텐츠 제작 효율성이 향상 될 것으로 기대된다. 기존 3D 모델링 및 렌더링과는 달리 NeRF를 사용하면 적은 양의 이미지 데이터로도 신속하게 3D 모델을 생성할 수 있다. 이는 게임을 비롯하여 영화, 광고, 가상현실(VR) 및 증강현실(AR) 분야에서 제작기간을 단축하고 비용을 절감하는 데 도움이 될 것이다.

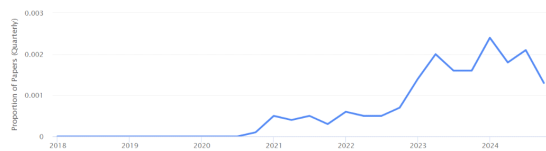
마지막으로 기술 접근성이 향상될 것이다. 전문적인 3D 스캔 장비나 고도의 기술 없이, 다양한 조명 조건에서도 안정적인 메쉬와 텍스처 추출이 가능하고, 적은 수의 이미지 만으로도 결과물 도출이 가능하기에, 중소 규모의 스튜디오나 프리랜서들도 3D 콘텐츠 제작에 참여할 수 있는 기회가 늘어날 것으로 예상된다.

이러한 장점들은 NeRF가 차후 보다 다양하고 대중적으로 활용될 수 있는 향후 가능성을 시사한다.

4. 결론

포토그래메트리가 오랜 역사와 잘 갖춰진 소프트웨어 및 하드웨어를 지니고 있는 반면, NeRF는 여전히 미흡한 부분이 존재한다. 그러나 NeRF를 이용한 솔루션의 개발 및 연구가 지속적으로 이루어지고 있기에, 이 기술은 빠르게 발전할 것으로 기대된다.

[표 1] 2020년 이후 NeRF를 주제로 발표된 논문 비율



추후 NeRF가 상용화 된다면, 개발 공정 효율화로 인해, 소규모 게임회사 및 프리랜서들도 질 높은 실사 오브젝트를 빠르게 제작할 수 있어 시장의 범위가 확대될 것으로 기대되며, 대기업 또한 게임 품질을 높임과 동시에 제품 라이프 사이클을 연장하는 데 도움이 되리라 예상된다[16].

본 연구는 향후 전문가 시뮬레이션 및 전문가 텔레미트리 기법을 이용하여 세 가지 방식의 3D 실사 오브젝트 제작 경험을 분석할 것이다. 각 제작 방식의 특징과 장단점을 분류하고, 최종적으로 작업 효율성을 높이는 데 목적이 있다.

먼저 해당 분야에서 현장 실무 경험이 많은 경력 10년 이상의 3D 전문가 10명을 선정하고, 대상 오브젝트를 선정한다. 대상 오브젝트는 기존 작업 방식과 비교가 용이하도록 오브젝트의 작업 난이도를 최대한 높게 설정할 것이다. 기존 작업 공정과 포토그래메트리 솔루션 및 NeRF 솔루션을 이용하여 작업을 진행한다. 이후 전문가 텔레미트리 기법을 활용하여 전문가들의 의견을 수집 후 비교결과를 도출한다.

연구에 사용할 3D 캡처 솔루션은 리얼리티 스캔(Reality Scan)과 키리 엔진(Kiri Engine)이다. 리얼리티 스캔(Reality Scan)은 포토그래메트리 기술을 이용한 리얼리티 캡처의 모바일 버전 솔루션

이다. 키리 엔진 (Kiri Engine)은 NeRF 기술의 일종으로, 메쉬 생성시 획기적으로 노이즈를 줄이는 기술인 신경 표면 재구성(Neural Surface Reconstruction)기술^[17]을 이용한 솔루션이다.

전문가 텔파이 항목은 문헌연구를 통해 기존 작업 공정과 3D 스캔 방식을 고려하여 1차 설계하였다. 해당 내용은 형태 일치도, 모델링의 세부 디테일, 텍스처 정확도, 재질 표현 능력, 작업 시간, 스캔 시간, 데이터 처리 시간, 입력 이미지 수, 이미지 해상도 및 품질, 지원 플랫폼, 파일 형식 및 호환성, 작업 퀄리티의 일관성, 각 솔루션의 구매비용을 대상으로 할 것이다. 1차 설문항목은 전문가 검증 후 최종확정할 예정이다.

전문가 시뮬레이션 진행 후, 비주얼 품질 및 작업 시간 등을 정량화 하고, 피드백을 수집 및 분석한다. 그리고 분석 결과를 바탕으로 전문가 텔파이 기법을 활용하여 3D 스캔 솔루션의 보완, 개선 방안을 도출할 것이다. 그 후 전문가 집단에 텔파이 결과를 공유하여 실질적 적용 가능성과 향후 연구 방향을 제안할 것이다.

이러한 접근은 제한된 시간과 자원 내에서 고품질의 실사 오브젝트를 제작해야 하는 게임개발 상황에 있어 실질적 이점을 제공할 것으로 전망된다. 또한 영상분야 작업에 치중된 NeRF 연구에서, 게임 산업쪽에도 적용될 수 있는 가능성에 대해 검토할 수 있는 기반연구가 될 것으로 기대된다.

Acknowledgments

[WITH 트랙 1기 연구결과 사사문구]

본 연구는 문화체육관광부 및 한국콘텐츠진흥원의 2024년도 문화체육관광 연구개발사업으로 수행되었음.

(과제명 : Near Real 4D Nerf 기반의 VFX시스템 ‘WITH’ 개발 인력 양성 , 과제번호 : RS-2024-00349479, 기여율: 100%)

참고문헌

[1] 김현주, 최충용, 오아름, 지형근, "고해상도 3D

데이터 생성 기술 분석 및 연구 동향", 전자통신동향분석, 한국전자통신연구원, p.64-73, 2022.06, Vol.37 (3).

[2] 펠크루트, "검은사막 아침의 나라 '3D 스캔' 제작 비하인드 썰 (문화재를 게임에 그대로 넣어 버림)" | 펠크루트 | 펠어비스 채용 | 게임회사 직무인터뷰", 2023.04.20 (<https://www.youtube.com/watch?v=imMaOUyeoI0>)

[3] Ben Mildenhall, Pratul P. Srinivasan, Matthew Tancik, Jonathan T. Barron, Ravi Ramamoorthi, Ren Ng, "NeRF: Representing scenes as neural radiance fields for view synthesis", 2020.

[4] Yao Yao, Jingyang Zhang, Jingbo Liu, Yihang Qu, Tian Fang, David McKinnon, Yanghai Tsin, Long Quan, "NeLF: Neural Incident Light Field for Physically-based Material Estimation", 2020.

[5] Dor Verbin, Peter Hedman, Ben Mildenhall, Todd Zickler, Jonathan T. Barron, Pratul P. Srinivasan, "Ref-NeRF: Structured View-Dependent Appearance for Neural Radiance Fields", 2021.

[6] Lior Yariv, Peter Hedman, Christian Reiser, Dor Verbin, Pratul P. Srinivasan, Richard Szeliski, Jonathan T. Barron, Ben Mildenhall, "BakedSDF: Meshing Neural SDFs for Real-Time View Synthesis", 2023.

[7] Jiaxiang Tang, Hang Zhou, Xiaokang Chen, Tianshu Hu, Errui Ding, Jingdong Wang, Gang Zeng, "Delicate Textured Mesh Recovery from NeRF via Adaptive Surface Refinement", 2023.

[8] Yujin Chen, Yinyu Nie, Benjamin Ummenhofer, Reiner Birkel, Michael Paulitsch, Matthias Müller, Matthias Nießner, "Mesh2NeRF: Direct Mesh Supervision for Neural Radiance Field Representation and Generation", 2024.

[9] Steve Nebel, Maik Beege, Sascha Schneider, Gunter Daniel Rey, "A Review of Photogrammetry and Photorealistic 3D Models in Education From a Psychological Perspective", 2020.

[10] Albrecht Grimm, "Albrecht Meydenbauer: Bauingenieur - Fotograf - Photogrammeter", 2021.

[11] 펠크루트, 2023.04.20.

[12] Silvia Tuha, "How to take photos for

- RealityCapture", 2023.
(
<https://dev.epicgames.com/community/learning/tutorials/XmVV/capturing-reality-how-to-take-photos-for-realitycapture>)
- [13] The National Academy of Television Arts & Sciences, "Outstanding Technical Excellence: News" (<https://theemmys.tv/news/45th-nominations/crafts/>)
- [14] Jingbo Zhang, Xiaoyu Li, Ziyu Wan, Can Wang, Jing Liao. "Text2NeRF: Text-Driven 3D Scene Generation with Neural Radiance Fields", 2024.
- [15] Michael Rubloff "ITS Launches with Radiance Fields", 2024.
(<https://radiancefields.com/its-launches-with-radiance-fields>)
- [16] 문재호, "NeRF로 스타트업의 디지털 휴먼 도입 속도", 팝콘뉴스, 2024.06.13,
(<https://www.popcornnews.net/news/articleView.html?idxno=61733>)
- [17] Jiahui Huang, Zan Gojcic, Matan Atzmon, Or Litany, Sanja Fidler, Francis Williams, "Neural Kernel Surface Reconstruction", 2023.
- [그림 1] Mildenhall et al, 2020.
- [그림 2] New World Designs,
(<https://www.newworlddesigns.co.uk/full-body-photogrammetry-scanning/>)
- [그림 3] The Weather Channel, "FloodFX: Witness the Terrifying Reality of Storm Surge", 2024,
(<https://www.youtube.com/watch?v=Jrvt75pVePM>)
- [그림 4] Zhang et al, 2024.
- [그림 5] Michael Rubloff, 2024.
- [표 1] Papers with Code,
(<https://paperswithcode.com/method/nerf>)