이름: 박민정 학번: 202220775

컴퓨터 그래픽스에서 렌더링(rendering)은 3차원 장면을 구성하는 기하, 재질, 조명, 카메라와 같은 다양한 정보를 바탕으로 이를 2차원 화면에 표현하는 과정을 의미한다. 단순히 모델을 화면에 띄우는 것이 아니라, 빛이 물체와 상호작용하는 방식을 계산하여 색상과 밝기, 그림자, 반사와 같은 시각적 효과까지 반영하는 것이 렌더링의 핵심이다. 오늘날 우리가 사용하는 거의 모든 디지털 영상 매체에는 렌더링 기술이 활용되고 있으며, 영화 속 사실적인 특수효과부터 스마트폰의 게임 그래픽, 건축 시각화, 가상현실(VR)과 증강현실(AR)까지 적용 범위가 매우 넓다.

필자가 렌더링 분야에 관심을 가지게 된 이유는 게임과 영화 속 그래픽 경험과 관련이 있다. 어린 시절부터 게임을 즐기며 그래픽의 발전 과정을 직접 체감했는데, 초기에는 단순했던 표면 표현이 시간이 지나면서 거울 반사, 물결의 굴절, 부드러운 그림자처럼 점점 사실적인 효과로 발전했다. 이러한 변화가 단순한 시각적 연출이 아니라 렌더링 기술의 발전에서 비롯된 것임을 알게 되면서 흥미를 갖게 되었다. 더 나아가 3D 모델링과 게임 개발에 대한 관심, 그리고 최근 인공지능을 활용한 이미지 생성 기술의 확산은 렌더링이 앞으로 더욱 중요한 역할을 할 것이라는 확신을 주었다. 따라서 본 보고서에서는 렌더링의 세부 분야와 최근 연구, 그리고 다양한 활용 예시에 대해 조사한 내용을 정리하고자 한다.

렌더링 방식은 크게 실시간 렌더링과 비실시간 렌더링으로 구분할 수 있다. 실시간 렌더링은 사용자의 입력에 따라 즉각적으로 화면을 출력해야 하는 경우에 사용되며, 대표적으로 게임이나 가상현실, 시뮬레이션 분야가 있다. 실시간 렌더링에서는 보통 초당 30프레임에서 60프레임 이상의 속도가 필요하기 때문에 계산 효율성이 무엇보다 중요하다. 전통적으로는 래스터화(rasterization) 기법이 사용되었다. 이는 3차원 장면을 삼각형 메시 형태로 쪼갠 뒤, 화면의 각 픽셀에 어떤 삼각형이 보이는지를 판단하여 색을 채우는 방식이다. 이 과정은 GPU의 병렬 연산을 통해 매우 빠르게 처리할 수 있어, 오늘날까지도 게임 그래픽의 기본 방법으로 자리 잡고 있다.

하지만 래스터화만으로는 현실적인 반사, 굴절, 부드러운 그림자를 표현하기 어렵다. 이를 해결하기 위해 최근에는 광선 추적(ray tracing) 기술이 도입되었다. 광선 추적은 카메라에서 출발한 가상의 광선을 따라가며 물체와의 교차를 계산하고, 반사나 투과, 그림자 효과를 직접적으로 모사한다. 이 방식은 훨씬 사실적인 결과를 얻을 수 있지만, 모든 광선을 계산하면 연산량이 기하급수적으로 늘어나 속도가 크게 떨어진다. 따라서 최신 게임 엔진에서는 래스터화와 광선 추적을 혼합하는 하이브리드 방식이 사용된다. 중요한 부분(거울 반사, 유리 굴절 등)에는 광선 추적을 적용하고, 그렇지 않은 부분은 래스터화로 처리하여 품질과 속도의 균형을 맞추는 것이다. 엔비디아의 RTX 그래픽 카드가 대표적으로 이러한 하이브리드 렌더링을 지원한다.

비실시간 렌더링은 영화나 애니메이션, 고급 시각화와 같이 시간이 오래 걸리더라도 최고의 화질을 추구하는 분야에서 사용된다. 오프라인 렌더링이라고도 불리며, 경로 추적(path tracing)과 같은 몬테카를로(Monte Carlo) 기반의 전역 조명 알고리즘이 자주 사용된다. 이러한 방식은 수많은 샘플을 추출하여 빛의 반사와 산란을 정교하게 계산하기 때문에, 결과물은 실제 사진과 거의 구분되지 않을 정도로 사실적이다. 픽사와 디즈니 같은 애니메이션 스튜디오에서는 이러한 렌더링 기법을 통해 영화 속 장면을 만들어낸다. 비록 한 프레임을 렌더링하는 데 수 시간 이상이 걸릴 수 있지만, 시간보다 품질이 중요한 환경에서는 반드시 필요한 기술이다.

최근 주목받는 연구 분야는 신경 렌더링(neural rendering)이다. 신경망을 활용하여 장면을 학습하고 새로운 시점을 합성하는 기법으로, 그 대표적인 예가 신경 복사장(Neural Radiance Fields, NeRF)이다. NeRF는 장면을 연속적인 함수 형태로 학습하여, 다양한 카메라 위치에서 새로운 이미지를 생성할 수 있다. 예를 들어 여러 각도에서 찍은 사진 몇 장만 있으면, 보지 못한 시점의 영상을 재구성할 수 있는 것이다. 이는 기존의 전통적인 렌더링 파이프라인과는 전혀 다른 접근 방식으로, 가상현실, 디지털 트윈, 지도 제작 등 여러 분야에서 활용 가능성이 연구되고 있다. 다만 기본형 NeRF는 학습과 추론 속도가 느리다는 단점이 있으며, 이를 개선하기 위해 다양한 변형 모델들이 발표되고 있다.

NeRF 이후에는 3차원 가우시안 스플래팅(3D Gaussian Splatting)이라는 새로운 방법도 등장했다. 이는 장면을 수많은 3차원 가우시안 입자로 표현하고, 이를 즉시 렌더링하는 방식이다. 학습 속도가 빠르고 실시간 렌더링에 가까운 성능을 낼 수 있기 때문에, 기존 신경 렌더링의 한계를 보완하는 기술로 각광받고 있다. 이러한 신기술들은 아직 연구 단계이지만, 가까운 미래에 게임 엔진이나 시각화 도구에 통합될 가능성이 높다.

렌더링의 활용은 게임과 영화에만 국한되지 않는다. 건축 분야에서는 건축 시각화를 통해 설계 단계에서 건물의 외관과 내부를 사실적으로 보여줄 수 있으며, 자동차 산업에서는 실물 제작 전에 가상 쇼룸을 만들어 소비자가 다양한 색상과 옵션을 실제처럼 체험할 수 있다. 교육 분야에서는 역사적 유적지를 가상현실로 재현하거나 과학 실험을 3D로 시뮬레이션하여 학생들이 직접 체험하며 학습할 수 있는 환경을 제공한다. 의료 분야에서는 3차원 CT나 MRI 데이터를 시각화하여 의사가 진단에 활용할 수 있도록 하고, 군사와 항공 분야에서는 시뮬레이션을 통해 훈련과 설계 검증을 수행한다. 이처럼 렌더링은 단순한 시각적 표현을 넘어 실제 산업 현장에서 설계, 교육, 연구, 훈련의 중요한 도구로 활용되고 있다.

조사를 통해 알게 된 점은 렌더링이 단순히 그림을 그리는 과정이 아니라, 하드웨어와 알고리즘, 그리고 사용 목적에 따라 매우 다양한 방식으로 발전해왔다는 사실이다. 실시간 렌더링에서는 제한된 시간 안에 최대한 사실적인 장면을 보여주기 위해 다양한 최적화 기법이 적용되고 있으며, 비실시간 렌더링은 최고의 화질을 위해 방대한 계산을 감수한다. 여기에 신경망을 활용한 새로운 연구까지 더해지면서, 렌더링은 점점 더 지능적이고 효율적인 방향으로 진화하고 있다. 이러한 발전을 통해 앞으로의 렌더링은 게임, 영화뿐 아니라 건축, 의료, 교육, 산업 현장 등 더욱 폭넓은 분야에서 중요한 역할을 하게 될 것이다.

정리하면, 렌더링은 컴퓨터 그래픽스의 핵심 분야로서 빠르게 발전하고 있으며, 필자가 이 분야에 흥미를 가지게 된 이유도 이러한 변화의 속도와 다양성에 있다. 게임과 영화에서 시작된 관심은 최근 인공지능 기반 연구로 이어지면서 더욱 넓은 시야를 주었다. 이번 조사를 통해 렌더링의 세부 기술과 응용 사례를 폭넓게 이해할 수 있었고, 앞으로 학습이나 연구 과정에서 이 분야를 더 깊게 탐구하고 싶다는 생각을 가지게 되었다. 앞으로는 물리 엔진과 렌더링 엔진을 이해하고, 게임 엔진 관련 분야까지 공부를 넓혀가고 싶다. 나아가 렌더링은 단순히 그래픽 표현에 그치지 않고 인공지능, 데이터 시각화, 시뮬레이션과도 밀접하게 연결되므로, 학문적 연구와 산업적 활용 모두에서 중요한 위치를 차지한다. 이러한 점을 고려할 때, 렌더링 분야를 깊이 이해하는 것은 앞으로 컴퓨터 그래픽스 전반은 물론 미래의 가상현실과 메타버스 환경을 준비하는 데에도 큰 의미가 있을 것이라고 생각한다.

참고문헌

1. 위키백과. (2025년 9월 15일 검색). 렌더링. 위키백과. https://ko.wikipedia.org/wiki/렌더링#

2. Tewari, A., Elgharib, M., Bharaj, G., Seidel, H. P., Elgharbawy, M., Zöllhofer, M., & Theobalt, C. (2020). State of the Art on Neural Rendering. Computer Graphics Forum, 39(2), 701–727. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/cgf.14022>

3. Adobe. (2025년 9월 15일 검색). 3D 렌더링이란? | Adobe Substance 3D. Adobe. https://www.adobe.com/kr/products/substance3d/discover/3d-rendering.html

4. GarageFarm.NET. (2025년 9월 15일 검색). 사전 렌더링과 실시간 렌더링의 차이점 소개. GarageFarm.NET. https://garagefarm.net/ko-blog/pre-rendering-versus-real-time-rendering-whats-the-difference

5. 전지봉. (2023). 애니메이션 산업 현황과 기술 동향 – 인공지능과 실시간 렌더링 중심으로. Journal of Convergence for Culture Technology (JCCT). https://koreascience.kr/article/JAKO202329860867648.pdf

6. Brunch. (2025년 9월 15일 검색). 딥러닝과 뉴럴 렌더링 최신 기술. Brunch Story. https://brunch.co.kr/@3538b7db6f1947a/18

7. 장호욱. (2005). 사실적 장면 표현을 위한 렌더링 기술 동향. 전자통신동향분석 (Electronics and Telecommunications Trends). https://scienceon.kisti.re.kr/srch/selectPORSrchArticle.do?cn=JAKO200565349591466

8. 한규범. (2023). 컴퓨터 그래픽스: 새로운 세상을 컴퓨터에 구현하다 (Computer Graphics: Creating a New World Inside the Computer). 과학뒤켠. https://behindsciences.kaist.ac.kr/2023/05/16/컴퓨터-그래픽스-새로운-세상을-컴퓨터에-구현하다-comp/