

CG 기반의 실사 렌더링을 위한 HDRI 제작공정 및 합성 방식 연구

이병춘¹, 권경수^{1*}¹동서대학교 미디어콘텐츠대학 게임학과

A Study on the HDRI Production Process and the Composite Method for CG-Based Realistic Rendering

Byung Chun Lee¹, Kyung Su Kwon^{1*}¹Department of Game, College of Media Contents, Dongseo University

요약 영상 분야의 제작 기술은 끊임없이 혁신을 거듭하고 있으며 3D 기술을 통해 강렬한 화면 효과의 시각적인 체험으로 대중들은 점차 더 높은 품질의 사실적인 시각효과를 추구한다. 이를 구현하기 위해 더욱 뛰어난 성능의 3D 제작 소프트웨어가 쏟아져 나오기 시작하였으나, 인위적인 수작업과 전통적인 핸드페인팅의 HDRI 제작 방식이 여전히 존재한다. 컴퓨터의 고성능 데이터 연산을 통해 HDRI 제작 소프트웨어를 이용한 새로운 방식의 연구는 미미한 실정이다. 본 논문에서는 HDRI 제작 개선을 위해 'Nuke' 와 'Photoshop' 이라는 두 가지 기술 포인트를 연계한 것으로 새로운 융합 방식의 파이프라인을 활용하여 제작 시간을 단축하고, 품질향상의 개선점을 검증하였다.

• 주제어 : HDRI(High Dynamic Range Image), 사실적인 렌더링, 제작공정, 시각효과, 컴퓨터 그래픽

Abstract Production technologies in the imaging sector are innovating continuously and due to the visual experiences of powerful screen effects using 3D technologies, the public is now pursuing higher quality and more realistic visual effects. 3D production software with greater performance to realize this are now flooding the market, but artificial manual work and traditional hand-painting HDRI production methods still exist. There are few studies on new methods using HDRI production software using the computer's high performance data operations. In order to improve HDRI pipelines, this study links the two technological points of 'Nuke' and 'Photoshop' and it reduced production time and the improvements of quality were verified by using pipelines with new convergence methods.

• Key Words : HDRI(High Dynamic Range Image), Realistic Rendering, Pipelines, Visual Effect, Computer Graphic

Received 08 December 2023, Revised 30 December 2023, Accepted 31 December 2023

* Corresponding Author Kyung Su Kwon, Division of Game Department, Dongseo University, 47, Jurye-ro, Sasang-gu, Busan, Korea.
E-mail: kskwon@dongseo.ac.kr

I. 서론

컴퓨터의 그래픽 처리 기술의 발전에 따라 CG 기술은 2차원에서부터 3차원까지, 평면 인쇄와 웹 디자인 업계에서 3차원 영화, 애니메이션에 이르기까지 CG 기술이 끊임없이 발달하였다. 더불어 응용 분야도 지속해서 성장하는 추세다. CG는 미국, 한국, 일본 등의 국가에서 이미 산업으로 형성되었고, 경제와 문화 발전에 영향을 끼치고 있다. CG 기술의 발전으로 인해 현재까지 많은 성과를 거두고 있지만, 본 논문에서 연구하는 HDRI 관련 기술은 미미하다. 특히 HDRI 제작 합성 방식 연구는 아래와 같은 여러 가지 문제점들을 가지고 있다. HDRI 제작은 비교적 고품질의 사진이 필요하며, 어안렌즈로 촬영된 여러 장의 사진을 한 장의 파노라마형 사진으로 합성해야 한다. 이와 같은 과정에서 HDRI의 완전성을 보장하면서 동시에 신뢰성을 보장하지 못하거나 혹은 반대의 경우, 고품질의 HDRI를 만드는 과정에서 합성에 대한 난점을 어떻게 해결할 것인지도 중요하다. 영상 시장이 고품질의 화면을 추구함에 따라 끊임없이 새로운 기술과 제작 방법이 영화와 게임산업 분야에 적용되었고 <위크래프트: 전쟁의 서막>과 <아바타> 그리고 <트랜스포머 3> 등과 같이 CG 기술이 대거 적용된 우수한 연구 성과들도 나타나고 있다. 이중 HDRI를 사용하는 연구는 제작 방법뿐만 아니라 풍부한 제작 경험과 지식을 습득하여 제작자가 문제에 직면하였을 때 다양한 해결책을 제시할 수 있어야 한다. 본 논문에서는 HDRI의 개념과 촬영 방법을 소개하고, 새로운 제작 방법을 사용하여 HDRI에 대한 합성을 수행하였다. 본 연구에서 제시한 파이프라인은 이전의 제작 경험과 기술적 포인트를 결합한 것으로, 새로운 합성 방식을 통해 고품질의 HDRI를 얻으며 후반의 CG 렌더링의 기반을 마련하였다. 특히 제안한 방식은 더욱 사실적인 시각적 효과를 창출할 수 있다는 점에서 업계에 참고와 도움이 될 것으로 기대한다.

II. 관련 연구

2.1 HDRI의 정의

HDR은 'High Dynamic Range'의 약자로 하나의 기술적인 개념이다. 동적 영역(Dynamic Range)은 반차 비교고도 하는데, 한 장의 이미지에서 가장 밝고 어두

운 곳의 비율을 나타낸다[1]. 한 장의 이미지를 묘사하는 동적 영역은 EV(Exposure Value)로, EV가 많을수록 동적 영역도 넓어지게 된다. 넓은 동적 영역은 더 많은 밝기와 색상의 정보를 가지고 있음을 의미하고, 섬세한 표현이 가능하다. 이러한 고동적 영역의 범위를 HDRI라고 한다. 일반적인 이미지는 LDRI(Low Dynamic Range Image)이라고 부르며 HDRI와 LDRI의 차이를 구분하기가 어렵지만, 조명과 반사 환경을 사용할 경우 HDRI와 LDRI의 차이는 극명하게 드러난다[2].

2.2 HDRI 제작 프로세스 연구

2.2.1 크롬볼 촬영

Paul Debevec이 제안한 '크롬볼 반사 영상 촬영 방법'은 주변 환경을 반사하는 속성을 가진 어떤 물체를 사용하여 촬영한다[3]. 크롬볼 촬영법의 제작은 촬영과정이 비교적 간단하고, 촬영 장비도 많이 필요하지 않다. 크롬볼 촬영법으로 제작된 파노라마 이미지는 영상 기초 조명에 사용되는 성능을 갖추고 있지만, 물리적으로 촬영할 때 깨끗한 이미지를 얻기가 쉽지 않다. 또한, 촬영 시 투시와 투영을 고려해야 하는데 크롬볼의 뒷부분은 반사되지 않아 앞부분만으로 모두 촬영할 수 없다. 이러한 한계로 인해 고해상도 HDRI 제작에는 어려운 부분이 존재하며 이를 어떻게 해결할 것인지가 관건이다.

2.2.2 다중 사진 촬영

크롬볼을 이용한 촬영도 비교적 완전한 HDRI를 제작할 수 있지만, 앞선 촬영법의 문제점을 해결하기 위해 현재는 360도 파노라마 이미지 제작 방법을 많이 사용하고 있다[4]. 주로 촬영과 CGI의 합성으로 고품질의 HDRI를 제작할 수 있다. 이 기술은 실제 조명으로 환경을 설정하고, 다중 노출 촬영을 진행하여 CGI와 합성을 진행할 수 있다. 이러한 제작 방법은 크롬볼 촬영 방법보다 완성도가 높고 8000x4000 픽셀 이상의 초고해상도까지 제작할 수 있어 매우 우수한 효과를 얻을 수 있지만, 합성의 전체적인 과정을 진행하는 데 너무 많은 시간이 소요되는 것이 단점이다.

2.2.3 어안렌즈 촬영

제작의 품질을 보장함과 동시에 조작 난이도가 상대적으로 낮으며, 기존에 제작에 사용되던 15mm 초광

각 렌즈를 8mm 크롭바디 어안렌즈로 교체하여 사진 촬영의 횟수만 줄이는 것뿐 아니라 촬영 시간을 단축하고 후반 합성에서도 더욱 편리하다[5]. 8mm 크롭바디 어안렌즈를 사용하여 60도 간격으로 6장의 사진 촬영과 촬영 시간이 짧아 주변 환경의 변화를 고려할 필요가 없어 8mm 크롭바디 어안렌즈와 8mm 풀 프레임 어안렌즈를 사용하는 것이 효과적이다.

III. HDRI 제작공정 합성 방식 개선

3.1 Photoshop 제작 프로세스

Photoshop을 이용하여 HDRI를 제작하려면 먼저 실사를 촬영하며 이는 다른 방법과 크게 다르지 않다. 이후 같은 장면에서 노출량이 다른 사진들을 촬영하고, 이를 모두 합성하여 하나의 이미지로 만드는 방법으로 비교적 손쉽게 HDRI 이미지 제작이 가능하다. 먼저 동일한 장면을 촬영할 때 서로 다른 노출의 소재가 적어도 세 장 이상 필요하며, 다음으로 Photoshop의 HDR PRO에 통합 기능으로 다양한 노출의 이미지를 Photoshop에 함께 불러올 수 있으며, 좀 더 사실적인 효과가 필요하다면 Preset을 열어 Photorealistic으로 설정할 수 있다. 또한, Edge Glow 수치를 조절함으로써 환경의 광원을 더욱 고르게 분포시킬 수 있다. 만약 환경의 색조와 음영이 부족하다고 느껴진다면 색조 및 세부와 고급 메뉴 안에서 수치를 조절하여 이상적인 효과와 가깝게 조정할 수 있으며, 모든 설정이 완료된 이후에 HDRI를 환경맵으로 렌더링할 수 있다[6].



Fig. 1. Photoshop composite HDRI process

3.2 Nuke 제작 프로세스

Nuke는 합성 시 Photoshop과는 다르게 작동되는데 명령어의 입력을 통해 노드를 형성하고, 이를 통해 이미지를 처리함으로써 HDRI의 스티칭이 완성된다. 먼저 프로젝트 파일에서 촬영한 소재를 Nuke로 불러와 컴퓨터의 사양에 따라 합성 해상도를 선택한다. 보통 이미지 크기는 2K_Latlong이나 4K_Latlong를 사용한다. 설정이 완료되면 이미지 순서에 따라 정렬하고, Roto

명령을 입력하여 소재 한 장씩 수정한다. 위 과정이 모두 완료되면 Crop명령을 사용하여 검은색의 주변 부분을 삭제하면 이미지 정리가 완료된다. 두 번째는 C_CameraSolver를 선택하여 파노라마 이미지를 스티칭한다.

이 과정에서 Focal Length를 조절하여 카메라의 초점 거리에 따라 대응하는 수치를 입력한다. 이후 Color Collection을 진행하고, Colour Matcher 명령어를 사용하여 전체적인 색조를 통일한 후 C_Stitcher를 선택하여 이미지에서 흐릿한 부분과 늘어난 부분, 그리고 끊어진 부분들에 대한 수정을 진행한다. C_Stitcher에서 가장 중요한 것은 Warps의 수치를 조절하는 것으로 전체적인 화면 효과를 자연스러운 상태로 만들어 준다. 세 번째는 Split And Join을 사용하여 노드를 나누고, 변형과 중첩이 일어난 모든 이미지에 대해 수정한다. 위와 같은 과정이 끝나면 HDRI를 도출하고 Write 명령을 입력하여 파일명을 수정하고 포맷을 선택하여 저장하면 제작이 완료된다.

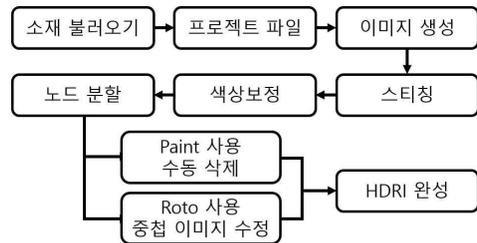


Fig. 2. Nuke composite HDRI process

이번 제작 사례에서는 HDRI의 해상도를 6K(6144 x 3072)로 조절하여 프로젝트 파일을 설정한 후 Roto 명령을 사용하여 이미지 전체를 수정하고, 합성에 영향을 미치는 요소들을 삭제했다. 이미지에 대한 전반적인 편집이 완료되면 Transform에서 Crop 명령을 선택하여 이미지의 점선을 자른다. 두 번째로 CaraVR에서 CameraSolver 명령을 선택하고 방금 조절했던 이미지와 노드를 모두 선택하여 Camera Solver의 노드와 연결하여 Camera Solver에서 Focal Length의 수치를 주로 조절한다. 이번 제작에서는 초점 수치를 17로 조절하였고, 초점 조절을 완료한 후 Match 명령을 선택하여 이미지를 스티칭했다. 세 번째는 HDRI의 스티칭이 완료된 후 Cam Projection의 Default를 Latlong으로 교체하고, 프로젝션 모드로 전환하여 CaraVR에서 C_ColourMatcher를 선택한다. 그 후 HDRI 전체의 색상

을 수정하고, C_ColourMatcher 명령을 통해 전체적인 색상을 통일시켜 색상의 차이가 조절한다. C_Stitcher 명령을 선택하면 스티칭의 과정에서 나타나는 약간의 균열과 이미지가 겹치는 문제는 해결할 수 있다. C_Stitcher에서는 주로 Warps의 수치를 1로 조절하고, 문제점들을 제거하여 완성된 Views에서 Split And Join을 선택하여 노드를 나눈다. 노드 제작이 완료되면 CaraVR에서 C_Blender 명령을 선택하여 일련번호가 인접해 있는 두 장의 이미지 중 변형이 일어난 부분을 Roto로 수정하고, 겹치는 부분을 삭제한다. 위 작업이 완료되면 HDRI 제작이 완료되며 노드 그래프는 그림 3과 같고, 이로 생성된 HDRI는 그림 4와 같다.

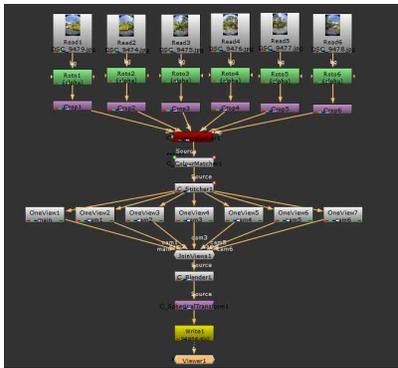


Fig. 3.Nuke composite node graph

노드와 HDRI의 전반적인 효과를 확인한 후 명령에서 Write를 선택한다. Write에서는 File에서 출력 경로를 확인하고 포맷을 HDR로 선택하여 출력 경로와 도출 포맷을 완성한 후 Render를 클릭하여 최종적으로 HDRI를 도출한다.



Fig. 4.HDRI final image composite with Nuke

3.3 Nuke, Photoshop 제작 프로세스 비교 분석

본 연구의 제작 과정에서 Nuke, Photoshop의 두 가지 소프트웨어를 사용하여 동일한 환경에서 HDRI에 대한 스티칭을 진행하였다. 아울러 두 가지 합성 방식에 대한 구체적인 과정을 파악하였고, 서로 다른 방법

을 사용하여 각기 다른 품질의 HDRI를 도출하였으며, 비교 연구 부분에서는 제작 과정과 렌더링 효과의 두 가지 측면에서 비교를 진행하였다.

제작 과정은 전기, 중기, 후기의 세 단계로 분류할 수 있다. 전기는 환경 소재의 촬영을 의미하며 중기는 합성 소프트웨어를 사용하여 촬영한 소재에 관련 작업을 진행하는 것이고, 후기는 결과물을 출력하는 것을 나타낸다.

전기의 소재 획득 과정에서 Photoshop은 초기에 필요한 소재에 대한 요구가 높지 않고 간편하게 획득할 수도 있지만, 환경정보가 비교적 밝은 소재에 대해서는 거의 처리하지 못한다. 이에 비해 Nuke는 촬영 시간이 길지만, 광원 정보에 구애받지 않고 밝고 어두운 환경 소재에 대해 합성할 수 있는 장점이 있다.

중기 단계에서는 Photoshop, Nuke는 합성 방식이 각기 다르므로 실질적인 조작에서는 큰 차이가 존재한다. Photoshop을 이용한 HDRI 합성의 가장 큰 특징은 과도하게 많은 촬영을 진행할 필요가 없고, 카메라 기술에 대한 이해 없이 노출 정도가 다른 세 장의 사진만 있으면 된다. 합성할 때 HDRI의 테두리 빛, 색조, 디테일 등을 조정하여 전체적인 빛을 제작하고 Photoshop을 이용한 HDRI의 합성은 소프트웨어의 강력한 이미지 편집 기능으로 전체적인 합성 과정이 매우 편리하고 직관적이다. Nuke를 이용한 HDRI의 스티칭은 Photoshop의 방법과는 다른데, 노드를 생성하여 이미지를 편집하고 대부분의 노드를 수동으로 처리해야 한다. Nuke 작업 절차는 프로젝트 파일 설정, 이미지 자르기, Color Collection, 세부 복원의 네 단계로 나눌 수 있다. 먼저 프로젝트 파일을 설정하고 컴퓨터의 성능에 따라 적절한 파일 크기를 결정해야 하는데 그렇지 않으면 제작하는 과정에서 심각하게 끊기는 현상이 발생하거나 심지어 소프트웨어가 멈출 수 있다. 프로젝트 파일의 설정이 완료되면 이미지 자르기를 진행하게 되는 데 우선 Roto 도구를 사용하여 모든 소재에 대해 정리를 진행하고, 필요 없는 파란색 테두리 부분과 늘어난 부분을 자르며 전체적으로 자르기가 완료된 이후에는 세부적인 수정이 필요하다. Crop 도구를 이용하여 소재마다 점선이 있는 구역을 잘라야 하는데 이를 세밀하게 자를수록 합성의 효과는 더욱 좋다. 자르기가 완료되면 직접 스티칭의 노드 명령을 생성하고, 스티칭의 노드 명령에 Color Collection 명령을 생성한다. 컴퓨터로 모든 소재의 색상 변화를 자동으로 계산

하여 전체적인 색조를 통일하고 Color Collection을 완료한 후 세부적인 조정을 진행하며, Stitcher 명령을 통해 전체 파일을 나누어 각각의 합성 효과에 영향을 미치는 이미지를 개별적으로 수정해야 한다. 스티칭 시 인접한 두 장의 소재가 겹치는 부분에 중복과 늘어나는 현상이 발생하게 되는데 이때 변형이 비교적 심한 부분을 수동으로 Mask를 설정하고, 필요 없는 곳은 삭제하면 된다. 여기에서 Mask의 범위를 잘 선택해야 하는데 중복되는 부분을 삭제하지 않으면 다시 Mask를 설정해야 한다. 만약 위의 작업을 마친 후에도 약간의 늘어나는 현상이 있다면 Warps 명령을 사용하여 컴퓨터가 자동으로 연산하여 가장 자연스럽게 처리하도록 할 수 있으며, 이와 같은 과정을 통해 HDRI 스티칭이 완료되게 된다. 중기 제작 단계에서 Nuke는 Photoshop보다 제작 기간이 비교적 길고 제작 과정도 까다롭다. 또한, 복잡한 노드 명령을 생성해야 하는 번거로움이 있지만 Nuke는 Photoshop과 비교하면 더욱 세심한 작업이 가능하다는 이점이 있다.

후기 단계에서는 주로 제작된 HDRI를 도출하는 작업을 진행하게 되며 Photoshop에서의 도출이 비교적 간단한데 그 이유는 Photoshop은 32비트 이미지를 지원하기 때문이다. 따라서 이미지를 32비트로 변경하여 직접 Radiance(*HDR, *RGBE, *XYZE) 포맷으로 도출을 하면 된다. Nuke가 HDRI를 도출할 때 먼저 Write의 명령을 입력한 후 노드를 생성하고 이전에 제작된 노드를 출력된 노드와 연결하여 HDR의 포맷을 선택하면 도출이 완성된다.

Photoshop을 사용한 HDRI 제작은 전기에서 소재에 대한 요구가 높지 않아 빠르게 정리할 수 있다. 중기 합성을 진행할 때는 각기 다른 수치 조절로 전체적인 환경효과를 제어하고, 조작 난이도가 상대적으로 쉬우며, HDRI를 도출할 때 Photoshop의 우수한 이미지 편집과 도출 기능에 근거하여 전체적인 프로세스가 매우 편리하지만, 효과가 다소 사실적이지 못하다. 합성 효과는 비교적 양호하지만, 광원은 물론 장면 속의 식물과 바닥이 매우 어색하게 보인다. Nuke를 사용한 HDRI의 합성은 전기의 소재 준비에서 많은 시간이 소요되고, 중기 제작 과정에서는 상대적으로 Photoshop보다 조작이 어렵고 제작 시간도 많이 소요된다. 그렇지만 Nuke로 작업한 HDRI는 전체적인 효과에서 우수하고, 사실성의 측면에서 Photoshop보다 훨씬 자연스럽게 사실적이다. 그리하여 HDRI의 사실성과 완전성의

측면에서 Nuke로 작업한 HDRI의 효과가 더욱 좋다고 할 수 있다.

두 가지 스티칭 방식의 제작 과정에 대한 비교와 더불어, HDRI 제작을 통한 캐릭터 렌더링 효과도 중요한 비교 점이다. 먼저 Photoshop으로 제작한 HDRI의 렌더링 효과는 비록 결과가 양호하지만, 전체적인 효과가 부자연스럽고 얼굴 텍스처의 섬세함도 없어서 효과를 완전히 환원시키지는 못한다. 이에 비해 Nuke로 제작한 HDRI의 렌더링 효과는 전체적으로 매우 자연스럽게, 빛이 캐릭터의 얼굴을 매우 부드럽게 비추고 있어 피부의 질감을 뚜렷하게 볼 수 있다. 또한, 다른 장비 소재들도 매우 자연스러워 전체적으로 Nuke를 통해서 제작한 HDRI의 품질과 효과가 Photoshop보다 훨씬 뛰어나다는 것을 알 수 있다.

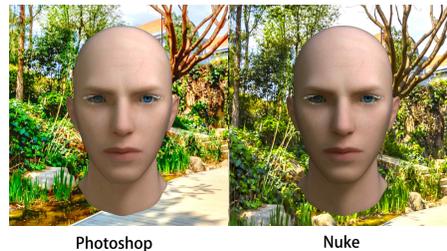


Fig. 5. Comparison and analysis of the rendering effect of the composite method

IV. 결론

영상 분야는 제작기술의 혁신과 함께 CG 기술도 혁신을 거듭하고 있다. 사실적인 렌더링을 추구하기 위한 핵심은 HDRI의 합성 방식을 변화시킴으로써 높은 품질의 HDRI를 얻어 실제 환경의 렌더링을 완성하는 것이다. 먼저 3D 스캐너를 사용하여 실제 모델링을 얻고, 그다음 PBR 소프트웨어를 사용하여 텍스처를 제작하고 Nuke를 사용하여 HDRI의 스티칭을 진행하며 마지막으로 Vray 렌더러를 사용하여 실제 캐릭터에 대해 렌더링하게 된다. 이러한 방식은 기존의 제작 프로세스보다 빠르고 효율적이다. 캐릭터 렌더링 프로세스에서 고품질의 HDRI를 얻고, 최종적으로 모델링과 텍스처의 효과를 복원할 수 있게 하도록 본문의 사례 제작에서는 Photoshop, Nuke의 두 가지 소프트웨어를 사용하여 HDRI를 작업하고 두 가지 합성 방식에 관한 연구 분석을 진행하였다. Maya 소프트웨어를 제작 배경으로 HDRI의 합성 방식을 변화시켜 실제 환경 맵을 완성하는 과정에서 최적화 방안을 모색하고, 텍스처

제작에서는 Mari와 Substance Painter라는 두 가지 소프트웨어를 결합하는 방식을 사용하였으며, 환경 맵 제작에서는 Photoshop, Nuke 두 가지 소프트웨어를 사용하여 HDRI를 제작하였고, 마지막으로 Vray 렌더러를 사용하여 렌더링을 진행하였다. Photoshop, Nuke 두 가지 소프트웨어를 비교 분석한 결과 Photoshop은 사용에 있어서 조작성이 간편하고, 제작 기간이 비교적 짧아 필요한 HDRI를 신속하게 제작할 수 있지만, 전반적인 HDRI의 효과가 사실적이지 않으며, 캐릭터를 렌더링할 경우 대부분의 텍스처 디테일이 손실된다는 연구 결과를 도출하였다. Nuke를 사용하면 HDRI를 완전하게 스티칭 할 수 있고, 매우 사실적인 효과를 낼 수 있어 캐릭터 렌더링의 효과가 매우 뛰어나다는 장점이 있다. 이후 파노라마 이미지를 제작하는 과정에서 본 논문에서 연구한 내용을 바탕으로 두 가지 소프트웨어의 장점을 결합하여 HDRI의 제작을 더욱 빠르고 간편하게 완성할 수 있으며, 높은 품질의 환경 맵 제작과 렌더링을 완성할 수 있다.

HDRI의 합성 방식을 변형하여 실제 환경을 렌더링하는 과정에서 높은 효율성을 달성했으며, 간편하고 효율적인 제작 프로세스를 제공하였다. 현 산업에서 사용되고 있는 텍스처 소프트웨어와 렌더링 소프트웨어는 모두 고품질의 HDRI 환경 장면에 대한 렌더링이 필요하다. 3D 아티스트는 필요에 따라 환경별 광원의 HDRI를 사용하여 제작 과정을 진행할 수 있으며, 이는 기존 제작 방법을 따르는 것보다 새로운 제작 방식을 사용하는 것이 더욱 많은 시간을 절약할 수 있다는 것을 의미한다. 본 연구에서 발견한 새로운 합성 방식의 HDRI 제작이 CG 제작 분야에서 새로운 장을 마련하고, 이를 통해 충분히 효과적인 HDRI 제작과 사실적인 가상 세계의 환경 제작의 지침서가 되기를 기대한다.

REFERENCES

[1] Erik Reinhard, Wolfgang Heidrich, Paul Debevec, Sumanta Pattanaik, Greg Ward, Karol Myszkowski. "high dynamic range imaging acquisition display and image-based lighting." University of Bristol, Morgan Kaufmann, 2010.

[2] Jeongho Kim, "An Improvement in the Production Pipeline of High Quality Panorama HDRI" Animation Research, vol. 10, no. 2, pp. 68-88, Jun, 2014.

[3] Jeongho Kim, "Study on development of clay character production process using 3D computer graphics," Korea Multimedia Society, pp. 1245- 1257, 2008.

[4] Hye Jeong Park, Eun Hye Park, Seong Min Yoon, Seong Eui Yoon, Young Il Jeong, Gyu Hyeon Hwang, Jeong Ho Kim, Sang Hoon Park, "High-definition animation production using video-based lighting," Video Culture Contents Research, pp. 73, 2008.

[5] Jeongho Kim, "Improving the high-quality panoramic HDRI production process," Animation Research, Korean Animation Society, pp. 69, 2014.

[6] Jaewook Park, Yunjeong Kim, "Rendering pipeline study using linear color space," Korean Animation Society, pp. 59, 2014.

저자소개

이 병 춘 (ByungChun Lee)



2006년 12월 : Academy of Art University, Animation&Visual Effect(MFA)
 2022년 2월 : 부산대학교
 예술문화와영상매체/영상학전공
 (예술학박사 수료)
 2012년 3월~현재 동서대학교
 게임학과 부교수

관심분야 : CG(Computer Graphic), 3D Modeling, 3D Scanning, 3D Printing, Animation, 게임, AR/VR/XR콘텐츠, 영상학

권 경 수 (Kyung Su Kwon)



2006년 2월 : 경북대학교
 컴퓨터공학과(공학석사)
 2008년 8월 : 경북대학교
 컴퓨터공학과(공학박사 수료)
 2014년 10월~현재 : 동서대학교
 게임학과 부교수

관심분야 : Computer Vision, AI, omputer Graphics, XR, Game