Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society
Vol. 19, No. 2 pp. 238-246, 2018

https://doi.org/10.5762/KAIS.2018.19.2.238
ISSN 1975-4701 / eISSN 2288-4688

디지털 건축 렌더링 이미지의 포토리얼리즘에 대한 고찰

김종국
경성대학교 건축디자인학부

A Study on the Photorealism of Digital Architectural Rendering Images

Jong Kouk Kim
College of Architecture and Design, Kyungsung University

요 약 최근 3D 디지털 렌더링 및 CGI 소프트웨어의 급격한 발전으로 디지털 렌더링 이미지에서 매우 사실적인 포토리얼리즘의 구현이 가능해졌다. 건축 시각화 분야는 영화, 게임, 가상현실 등 다른 디지털 렌더링이 응용되는 분야의 기반 환경을 창조하는 역할을 하므로 디지털 건축 렌더링 이미지의 포토리얼리즘에 관한 심도 깊은 논의가 필요한 상황이다. 이에 본 연구는 건축 시각화 분야에서 디지털 렌더링 이미지의 포토리얼리즘을 구현하기 위한 원칙을 정립하고 세부 요소들을 분석하였다. 이를 위하여 기존의 선행 연구를 이론적으로 분석하여 서로간의 상관관계를 밝히고 이후의 신기술을 이용한 건축 렌더링 이미지로부터 포토리얼리즘의 4가지 원칙(물리적으로 정확한 빛의 계산, 정확한 오브젝트 형상의 재현, 사실적인 재질과 텍스처의 표현, 사진에 나타나는 카메라의 특성 재현)을 도출하였다. 이 원칙들의 세부 항목들을 포토리얼리즘을 구현하기 위한 필수적인 요소들과 아티스트의 판단에 따라 취사선택이 가능한 요소로 분류하였으며, 선택적 요소들은 무작위성과 관련이 깊으며 이것이 포토리얼리스틱 건축 렌더링의 다양한 스타일을 결정하는 원인임을 고찰하였다.

Abstract The production of hyper-realistic digital rendering images has been available due to radical improvements of recent digital rendering and CGI (Computer-Generated Imagery) software technologies. The photorealism of digital architectural rendering images requires further studies and discussions in that architectural visualization becomes a foundation of other fields using digital rendering technology, such as movies, games, and VR industry. The principles for achieving photorealism on digital architectural rendering images were re-defined and detailed elements were analyzed through theoretical analysis of the former studies. Four principles were drawn from the architectural rendering images produced by newly-developed technologies: physically-accurate lighting calculations, accurate object geometry representation, realistic material and texture, and characteristics of photography. The sub-elements of those four principles are categorized into either essential or selective for photorealistic imagery and the randomness of the selective elements could explain the variety of photorealistic architectural rendering styles.

Keywords : Architectural Visualization, CGI, Digital Rendering, Photorealistic Rendering, Photorealism

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

최근 CGI(Computer-generated Imagery)와 디지털 렌더링 소프트웨어의 지속적인 개발과 컴퓨터 하드웨어 성능의 비약적인 발전으로 물리적인 카메라를 사용하여 실제 촬영한 사진과 거의 구별하기 힘들 정도로 사실적인 포토리얼리스틱 렌더링 이미지의 생성이 가능하게 되었다.[1]이러한 기술은 영화나 TV의 특수효과, 애니메이션 및 게임, 디자인 분야의 시각화 등에 널리 사용되고 있으며 건축 시각화(Architectural Visualization) 분야도 그 중의 하나이다. 건축가는 건축물이 실제로 구현되기 이

이 논문은 2016학년도 경성대학교 학술연구비지원에 의하여 연구되었음.
*Corresponding Author : Jong Kouk Kim(Kyungsung Univ.)
Tel: +82-51-663-4745 email: jongkouk@ks.ac.kr
Received November 27, 2017 Revised (1st January 2, 2018, 2nd January 19, 2018)
Accepted February 2, 2018 Published February 28, 2018

전에 사실적인 건축물의 이미지를 생성하여 설계 과정의 여러 의사결정을 위한 중요한 도구로 사용하고 있으며 이를 건축주 또는 고객과의 시각적인 소통을 위한 도구로도 널리 사용한다.

우리가 카메라로 촬영한 사진을 보고 그것이 만들어진 그림이 아니라 사진이라고 인식하게 되는 것은 그 사진 이미지 속에 우리가 실제라고 믿게 만드는 어떤 요소들이 존재하기 때문이다. 우리는 평소 끊임없이 시각을 사용하여 사물을 보고 인지하는 훈련을 해왔기 때문에 무의식중에 그 요소들을 인식하게 된다. 따라서 사진에 보다 가까운 사실적인 포토리얼리스틱 디지털 렌더링 이미지를 만들어 내기 위해서는 관람자가 그 이미지를 보고 실제 사진이라고 믿게 만드는 요소들이 그 이미지에 포함되어 있어야만 한다.

디지털 아티스트인 Fleming은 디지털 도구로 생성된 이미지를 사진처럼 보이게 하는 요소들을 처음으로 찾아내려 시도하였다. 그는 이 요소들을 3D 포토리얼리즘의 10가지 원칙으로 정리하였고 이는 디지털 이미지의 포토리얼리즘을 평가하는 유용한 기준을 최초로 제공하였다.[2]Brenton은 자신의 연구에서 Fleming의 10가지 원칙을 분석 후 재정의하고 이를 4가지의 카테고리로 나누어 분류하였다.[3]또한 건축 인테리어라는 특정한 유형의 디지털 렌더링 이미지에서의 포토리얼리즘에서 이 원칙들이 가지는 중요도를 평가하였다.

이후 3D 디지털 렌더링 및 CGI 소프트웨어는 급격한 발전을 이루어 보다 많은 세부 기능들을 이용하여 포토리얼리즘을 구현할 수 있게 되었고 실시간으로 렌더링이 이루어지는 가상현실(VR)의 대중화로 사실적인 디지털 환경을 구현하여 몰입감을 높이려는 요구가 늘어나고 있다.[4]그러나 이러한 포토리얼리즘의 구현에 관한 내용은 디지털 아티스트를 위한 소프트웨어의 사용 지침서와 과 기술적인 내용이 대부분이며 이에 대한 체계적인 이론의 연구는 매우 제한적으로 이루어지고 있다. 특히 건축 시각화 분야는 영화, 게임, 가상현실 등 모든 디지털 렌더링이 응용되는 분야의 기초적인 기반 환경을 창조하는 역할을 하므로 건축 시각화 분야에서의 포토리얼리즘에 대한 심도 깊은 논의가 필요한 상황이다. 이에 본 연구는 건축 시각화 분야에서 디지털 렌더링 이미지의 포토리얼리즘을 구현하기 위한 요소들을 정립하고 분석하고자 한다.

1.2 연구의 방법

디지털 건축 렌더링 이미지의 포토리얼리즘을 구현하기 위한 원칙을 도출하기 위하여 먼저 Fleming과 Brenton의 선행 연구를 이론적으로 분석하고 상관관계를 고찰하였다. 이 선행 연구 이후 진보된 CGI, 렌더링 프로그램들의 신기술을 이용한 포토리얼리스틱 건축 렌더링 이미지로부터 포토리얼리즘을 구현하기 위한 요소들을 도출하여 이들을 디지털 아티스트의 작업흐름에 따른 원칙으로 분류하였다. 또한, 분류된 렌더링 이미지 생성의 요소들을 비중에 따라 필수적인 요소와 선택적인 요소로 구분하여 그 특성을 분석하였다.

2. 선행연구의 분석

2.1 Fleming과 Brenton의 연구

Fleming은 디지털 포토리얼리스틱 렌더링을 위한 10가지 원칙(1. Clutter and Chaos, 2. Personality and Expectation, 3. Believability, 4. Surface Texture, 5. Specularity, 6. Dirt, Dust, and Rust, 7. Flaws, Scratches and Dings, 8. Beveled Edges, 9. Object Material Depth, 10. Radiosity)을 제시하였으며 그 중 어떤 항목이든 8개 이상만 만족하면 그 이미지는 포토리얼리즘을 구현하였다고 평가할 수 있다고 하였다. 이는 렌더링 아티스트들이 이미지를 제작하기 위해 따라야 할 지침을 제시하며 특정 렌더링 프로그램에만 해당되는 기술적인 사항이 아니라 모든 경우에 통용되는 이미지의 일반적인 원리를 아티스트의 입장에서 제시했다는 것에 의미가 있다.

Brenton의 연구는 건축 인테리어 렌더링이라는 한정된 범위내이기는 하지만 Fig. 1에서 상관관계를 확인할 수 있듯이 상위의 범주를 설정한 후 보다 체계적이고 논리적인 방식으로 Fleming의 원칙을 변경하고 조정하였다. 먼저 전역조명(Global Illumination)의 원칙에 빛과 관련된 항목인 Specularity와 Radiosity를 포함시켰다. 두 번째로 지오메트리와 관련된 원칙을 정확한 오브젝트의 재현(Accurate Object Representation)이라고 명명하고 표면 텍스처(Surface Texture), 사면의 모서리(Beveled Edges), 오브젝트 재질의 두께(Object Material Depth)를 여기에 포함시켰다. 세 번째, Fleming의 원칙 중 어질러짐과 혼돈(Clutter and Chaos)를 단순히 혼돈(Chaos) 원칙으로 정하고 그 아래에 인간과 주변 환경과

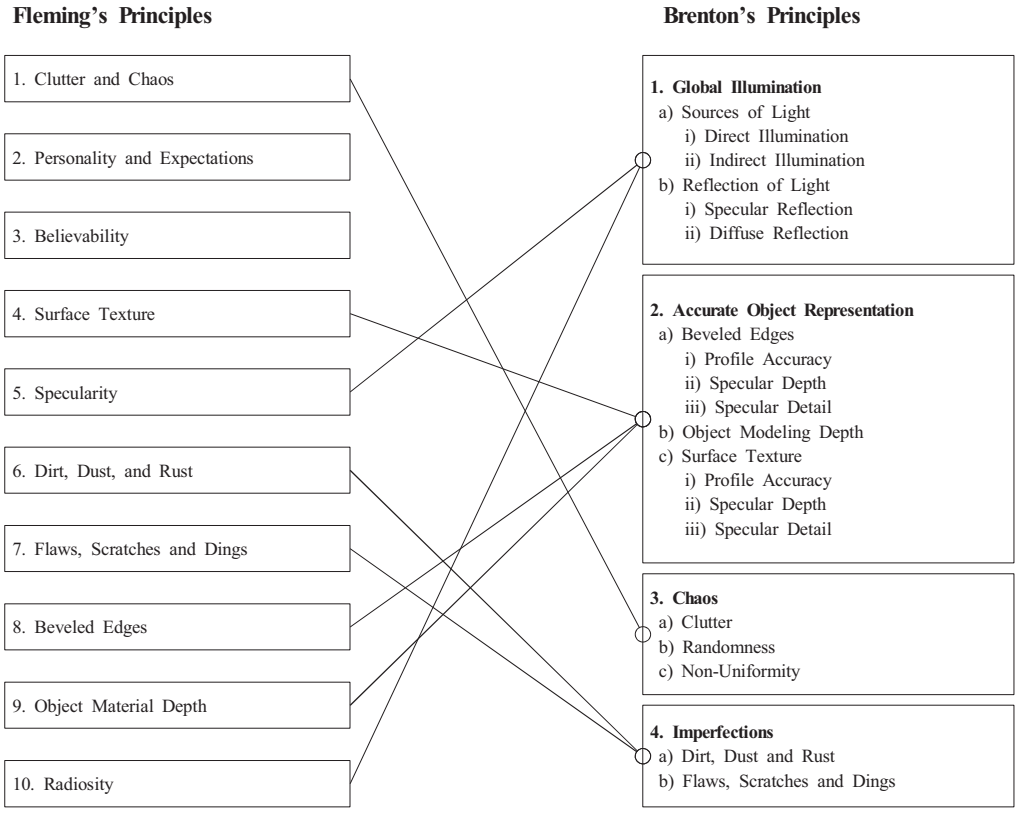

Fig. 1. Fleming and Brenton's Principles on Photorealism

의 상호작용에 의해서 발생하는 어질러짐(Clutter), 자연현상이나 우연에 의해 발생하여 인간이 제어할 수 없는 무작위성(Randomness), 사물이 완벽하게 균일한 형태와 배치로 존재할 수 없음을 의미하는 비균일성(Non-uniformity)으로 구분하였다. 네 번째, 때(Dirt), 먼지(Dust), 녹(Rust), 흠(Flaws), 긁힘(Scratches), 손상(Dings)를 결점(Imperfections) 원칙에 포함하였다. 또한, Brenton은 Fleming의 원칙 중 개성과 기대(Personality and expectations)는 관람자의 주관적 관점에 따라서 편차가 크다는 이유로, 믿음(Believability)는 포토리얼리스틱 이미지에 당연히 내재되어 있어야 한다는 이유로 제외하였다.

2.2 선행연구의 문제점

먼저 Fleming과 Brenton은 디지털 렌더링 이미지의 포토리얼리즘을 평가하기 위하여 특정 원칙이 포함되었는지의 여부를 기준으로 삼았지만 서로 다른 렌더링 이미지는 경우에 따라서 서로 다른 수준의 평가항목의 구현을 필요로 한다. 똑같은 오브젝트로 구성된 렌더링 장면이라도 서로 다른 위치에 있는 카메라에서 보이는 장면을 각각 렌더링 한다고 가정하면 한 장면에서 필요한 모델링의 디테일이 다른 장면에서는 멀리 떨어져있다면 더 이상 필요하지 않게 되는 것이 그 좋은 예이다. 사면의 모서리(Beveled Edge)와 오브젝트 재질의 두께(Object Material Depth)도 획일적으로 모든 렌더링 장면에 다 필수적인 것이 아니라 그 오브젝트가 이미지에서 차지하는 비중에 따라서 다른 디테일의 수준이 필요한 것이다. 따라서 특정 원칙을 포함되었는지의 여부뿐만 아니라 그 수준의 적절성을 평가하는 것이 필요하다.

선행연구에는 혼돈(Chaos), 어질러짐(Clutter), 무작위성(Randomness), 비균일성(Non-Uniformity), 결점(Imperfections), 때(Dirt), 녹(Dust), 흠(Flaws), 긁힘(Scratches), 손상(Dings) 등과 같이 실제 현실에서 시간의 흐름이나 자연의 작용, 혹은 우연에 의하여 무작위로

발생하는 많은 현상들이 항목에 포함되어 있다. 본 연구에서는 이를 무작위성으로 통칭하며 각 원칙에서 다른 방식으로 구현되므로 원칙마다 따로 평가되어야 한다.

또한 Brenton은 전역조명(Global Illumination)에 거울같은 반사(Specular Reflection)와 산란 반사(Diffuse Reflection)를 포함시켰으나 이는 빛 보다는 오브젝트 표면의 텍스쳐를 다루는 방법과 더 밀접한 관계가 있으므로 재질의 빛에 대한 매질로서의 성질에 속하는 것이 적절하다.

마지막으로 Brenton은 포토리얼리스틱 렌더링이 사진이라는 물리적인 카메라에 의하여 도출된 결과물을 모방한다는 사실을 전혀 반영하지 않았다. 우리가 시각으로 직접 보이는 장면은 가상현실이나 증강현실에서 재현하려는 노력을 하고 있으나 포토리얼리스틱 렌더링 이미지에서 재현하려고 하는 것은 카메라로 촬영한 사진 이미지이다. 따라서 실제 촬영한 사진의 특성이 나타나고 건축 사진의 전형적인 특성을 모방하는 것은 포토리얼리즘의 향상에 중요한 역할을 하므로 본 연구에서는 새로운 원칙으로 제시하였다.

3. 포토리얼리스틱 건축 렌더링의 원칙 재정의

디지털 아티스트가 포토리얼리스틱 렌더링 이미지를 생성하기 위한 기본적인 작업의 흐름은 3D 모델링, 카메라의 배치와 장면의 구성, 자연광 및 인공조명의 설치, 표면의 재질과 텍스쳐의 표현 단계로 이루어진다.[5]따라서, 각각의 작업 흐름 단계별로 포토리얼리즘을 달성하기 위한 원칙을 정의하는 것이 가장 적절하다.

3.1 물리적으로 정확한 빛의 계산

빛(Light)은 렌더링 장면(Scene)을 비추는 모든 자연채광과 인공조명을 말하며 렌더링 이미지의 모든 오브젝트들이 우리의 눈에 보이게 하는 근원이므로 가장 중요한 요소라고 할 수 있다. 디지털 포토리얼리스틱 건축 렌더링에서 빛에 속하는 요소는 전역조명(Global Illumination), 천공광(Skylight), 그리고 볼륨 라이트(Volumetric Lighting)의 세 가지가 있다.

전역조명이란 주어진 장면에 나타나는 모든 빛의 이동(Light Transfer)을 계산하여 렌더링 이미지의 조명과 관련된 모든 문제를 해결하기 위한 사실적인 컴퓨터 시뮬레이션을 뜻한다.[6]전역조명은 광원에서 나오는 광선이 장면 내의 오브젝트에 직접 전달되어 반사되기 이전의 조명을 고려하는 직접 조명(Direct Illumination)과 이후 오브젝트에 반사된 빛에 의한 장면의 조명을 고려하는 간접 조명(Indirect Illumination)을 모두 합쳐서 계산한 장면의 조명상태를 뜻한다. Fig. 2와 같이 실내 장면의 렌더링에서 중요한 역할을 한다.

Fig. 2. BNF Rendering by Bertrand Benoit[7]

천공광은 일종의 간접 조명(Indirect Illumination)으로 단순한 광선의 추적으로는 계산하기 힘든 지구 대기중의 입자에 의하여 산란된 태양광을 재현한 조명을 뜻하며 렌더링소프트웨어의 천공광 조명 혹은 HDRI(High Dynamic Range Imaging) Sky를 이용한 이미지 기반 조명(Image-Based Lighting)에 의하여 구현할 수 있다. Fig. 3(a)처럼 외부 장면의 렌더링에서 대부분의 조명은 이 천공광으로 해결된다.

(a) Without Fog (b) With Fog

Fig. 3. Akili Tower Renderings by The Boundary[8]

볼륨라이트는 안개나 먼지, 연기 등의 입자들 사이를 빛이 통과하면서 산란되어 시각적으로 보이게 되는 효과를 말한다. 어떤 렌더링 장면에서 이 입자의 농도가 일정하다고 가정하면 카메라로부터 상대적으로 멀리 있는 오

브젝트는 가까이 있는 오브젝트보다 산란광에 의하여 시야가 제한되는 효과를 주므로 그 장면에 삼차원의 깊이감을 더하여 사실적인 분위기(atmosphere)를 표현 가능하게 한다. Fig. 3(b)의 안개, 혹은 Fig. 2의 실내로 유입되는 광선에서 잘 나타난다.

Table 1. Physically-accurate Lighting Calculation

Lighting Component	Details
Global Illumination	Direct Illumination
	Indirect Illumination
Sky Light	HDRI Sky
	Algorithmic Sky
Volumetric Lighting	Fog
	Beam of Light

3.2 정확한 오브젝트 형상의 재현

포토리얼리스틱 렌더링 이미지를 구현하기 위해서는 렌더링 장면에 포함되는 오브젝트의 형상(Geometry)을 실제와 최대한 비슷하도록 정확하게 3D 모델링의 방법으로 재현해 내는 것이 필요하다. 하지만 무수히 많은 실물의 디테일을 전부 디지털 3D 모델링 하는 것은 현실적으로 불가능하므로 포토리얼리즘을 달성하기 위한 적절한 디테일의 수준(Level of Detail)을 유지해야한다. 어떤 장면을 렌더링 할 때 가까이 있는 오브젝트는 더 높은 디테일의 수준이 요구되며, 멀리 있어서 작게 보이는 오브젝트는 상대적으로 낮은 디테일의 수준으로 충분하다. 이러한 디테일의 수준을 가장 명확하게 보여주는 것이 바로 선행연구에 포함되어 있던 사면 혹은 둥근 모서리(Beveled or Rounded Edge)와 오브젝트 재질의 두께(Object Material Depth)이다. Fig. 4의 사실적인 목재 벤치 렌더링에서 확인할 수 있듯이 둥근 모서리가 의미하는 것은 책상이나 벽의 모서리와 같이 3D 모델링 프로그램에서는 주로 두 평면이 90도의 각도로 만나서 생기는 날카로운 모서리로 표현되지만 실제 현실에서는 조금만 확대해서 보더라도 비스듬하거나 둥글게 다듬어져 있다는 것이다. 그래서 비교적 가깝게 보이는 오브젝트의 모서리에서 이를 표현하는 것은 자연스러운 포토리얼리스틱 렌더링 이미지를 구현하는데 필수적이다. 최근의 CGI 렌더링 프로그램에서는 주로 둥근 모서리를 구현하기 위하여 특수한 텍스쳐를 이용하는 경우가 많으나 반지름이 큰 둥근 모서리의 경우에는 3D 모델링으로 재현하는 것이 더 사실적이므로 사면 혹은 둥근 모서리는 3D 모델링의 항목과 재질과 텍스쳐의 항목에 모두 해당된다고 할 수 있다. 오브젝트 재질의 두께 항목은 현실에 존재하는 모든 오브젝트는 아무리 얇은 종이나 나뭇잎이라도 반드시 어느정도의 두께를 가지므로 이를 표현하는 것을 의미한다. Fig. 5에서 유리 난간 두께의 사실적인 표현은 전체 이미지의 포토리얼리즘의 향상에 매우 큰 역할을 한다. 이처럼 투명한 재질의 경우 투명도, 굴절률, 그리고 반사도에도 두께가 영향을 미치게 되므로 이를 정확히 표현하는 것이 이미지의 사실감을 향상시키는데 보다 중요해진다.

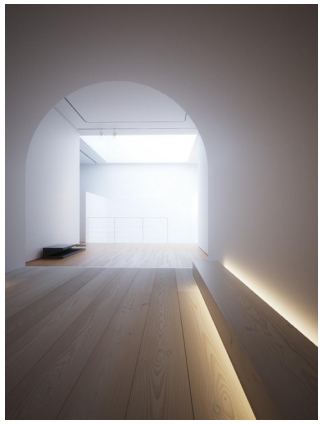

Fig. 4. Plain Space Rendering by Peter Guthrie[9]

Fig. 5. Haus Hafner Rendering by Peter Guthrie[10]

오브젝트 형태와 배치의 무작위성은 두 가지 양상으로 설명할 수 있다. 첫 번째는 인간과 오브젝트 사이의 상호작용에 의해서 발생하는 무작위성이다. 인간이 제작하고 사용하는 건축물에서는 항상 인간과 사물 간에 상호작용이 발생하고 이에 따라 사물의 배치가 자연스럽게 흐트러지는 상황이 반드시 일어나게 된다. 벽돌공이 벽돌을 쌓을 때 불가피하게 발생하는 오차나 벽에 그림을 걸때 아무리 수평계와 같은 기구를 사용하여 수평으로

만들려고 해도 어느 정도의 오차를 피할 수 없는 것 등이 바로 그 예이다. 이런 무작위성을 렌더링 이미지에 반영할 때 더욱 포토리얼리즘의 수준이 높아지게 된다. 두 번째는 자연의 작용에 의해서 생기는 무작위성이다. 공원에 있는 나무를 예로 들면 같은 종류의 나무라 하더라도 그 형태가 각각 다르며, 우리가 이것을 렌더링 이미지로 제작할 때 똑같은 나무를 그대로 복사하여 여러 그루를 배열하면 이것은 사실적이지 않다는 것을 누구나 명백히 인지할 수 있다. 또한 바람에 흔들리는 커튼과 같이 자연의 물리적인 작용에 의하여 무작위로 변하는 형태를 아티스트가 규칙적이고 반복적인 형태로 표현한다면 그 렌더링 이미지는 사실적으로 보이지 않을 것이다. 따라서 오브젝트의 형태와 배치의 무작위성은 렌더링 이미지의 포토리얼리즘을 향상시키는 역할을 한다. Fig. 6에서 확인할 수 있듯이 책장의 꽂힌 책의 배치, 바닥의 카펫의 주름, 천창으로 보이는 나뭇잎의 형태와 배치의 무작위성이 렌더링 이미지의 사실감을 향상시키는 주된 역할을 하고 있다.

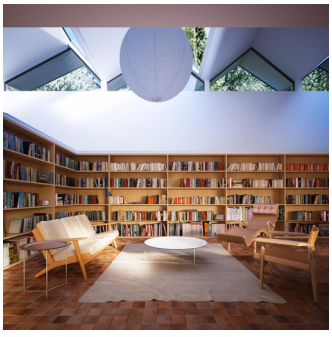

Fig. 6. Hendee-Borg House Rendering by Peter Guthrie[11]

Table 2. Accurate Object Geometry Representation

Geometry Component	Details
Proper Level of Geometry Detail	Beveled Edge
	Object Material Depth
Randomness of Object Geometry and Placement	Human-Object Interaction
	Characteristics of Nature

3.3 사실적인 재질과 텍스쳐의 표현

재질과 텍스처는 3D 모델링이 완료된 오브젝트의 표면에 부여되는 성질이다. 재질이란 반사, 투과, 흡수와 같이 물질의 빛에 대한 매질(Medium)로서의 성질을, 그리고 텍스처는 표면의 시각적인 패턴 뿐만 아니라 그에 의하여 나타나는 미세한 돌출과 요철을 의미한다.

재질(Material)은 오브젝트의 빛에 대한 반사율(Reflectivity), 굴절률(Refractivity), 반투명성(Translucency)을 설정하는 것을 의미한다. 개별적인 물질은 고유한 굴절률(IOR 혹은 Index of Refraction)을 가지는데 이 값은 빛의 반사와 굴절 모두에 영향을 미친다. 특히 반사에 영향을 미치는 값을 프레넬 굴절률(Fresnel IOR)이라 하는데 프레넬 효과는 비눗방울의 주변부에서 반사가 많은 것을 관찰할 수 있듯이 물질의 표면과 관찰자 시선이 이루는 각이 작아질수록 반사가 더 많아지는 현상을 의미하며 광택이 있는 물질의 사실적인 표현에 매우 중요한 역할을 한다. 또한 반사와 굴절에는 광택(Glossiness) 값을 설정할 수 있는데 이는 반사나 굴절된 빛이 얼마나 산란되느냐에 관련되어 있어 반사의 측면에서는 재질의 광택을 결정하고 굴절의 측면에서는 투명한 재질의 내부가 흐려지는 정도를 결정한다. 고무 등과 같이 반투명한 재질을 표현하기 위해서는 표면하산란(Sub-surface Scattering), 즉 빛이 재질 속으로 흡수되어 산란되는 현상을 시뮬레이션 하는 방법이 사용된다.

텍스처는 오브젝트 표면의 시각적인 무늬나 패턴을 표현하는 것 뿐만 아니라 그에 따른 표면의 입체적인 미세한 돌출과 요철까지 구현하는 것을 모두 의미한다. 범프 맵핑(Bump Mapping)과 변위 맵핑(Displacement Mapping)의 두 가지 방식이 있는데 범프 맵핑은 표면법선의 높낮이만을 변화시켜 도형자체의 윤곽선을 그대로 유지하는 방식이고, 변위 맵핑은 오브젝트 표면 자체의 지오메트리를 변화시켜 윤곽선도 달라지고 광선에 의해 생기는 그림자에도 반영되어 실제로 모델링한 오브젝트와 거의 유사한 결과물을 얻는 방식이다. 또한 앞 절에서 언급한 둥근(Rounded) 혹은 사면의(Beveled) 모서리를 구현하기 위해서 특수한 모서리 텍스처(Edge Texture)를 사용하기도 한다.

이처럼 렌더링 하는 오브젝트의 표면의 성질을 설정하는 텍스처는 같은 패턴의 반복이 아니라 무작위의 패턴을 가질 때 더욱 현실성을 가지게 된다. Fig. 7은 개별 타일의 각도, 위치, 크기와 표면의 편평도를 일정 범위내에서 무작위로 설정하여 생성한 Procedural 텍스처를 사용하여 렌더링하여 사실감을 극대화한 이미지이다. 이 Procedural 텍스처는 수학적인 알고리듬에 의하여 반복되지 않고 무한히 생성되어 바다, 나무, 대리석, 화강암, 금속, 바위와 같은 자연의 텍스처를 사실적으로 구현하

는데 사용된다. 또한 현실에 우연히 나타나는 재질의 결점(Imperfection), 낡음(Wear), 더러움(Dirt) 등과 같은 무작위적인 텍스쳐를 표현하는 것은 포토리얼리즘을 향상시키는데 큰 역할을 한다.

Fig. 7. MightTiles Tutorial by Peter Guthrie[12]

Table 3. Realistic Material and Texture

Material Component	Details
Material Properties as a Medium of Light Transfer	Reflectivity
	Refractivity
	Translucency
Visual Pattern and Displacement of Surface through Texture Mapping	Diffuse Mapping
	Bump and Displacement Mapping
	Edge Texture
Randomness of Texture Pattern	Procedural Texture

3.4 사진에 나타나는 카메라의 특성 재현

포토리얼리스틱 건축 렌더링 이미지는 우리가 눈으로 보는 현실을 재현하는 것이 아니라 이름에서 묘사하고 있는 것처럼 실제 물리적인 카메라로 촬영된 건축사진을 모방하는 것을 목표로 한다. 따라서 물리적인 카메라의 특성에 의하여 나타나는 사진의 요소들과 전형적인 건축사진촬영에 사용되는 구도를 렌더링 이미지에 충실히 재현하는 것이 포토리얼리즘을 향상시키는데 기여한다.

물리적인 카메라의 특성에 의하여 나타나는 사진의 요소에는 피사계의 심도(DOF 혹은 Depth of Field) 효과, 주변부의 감광(Vignetting), 노출시간에 따른 모션 블러(Motion Blur), 렌즈 플레어(Lens Flare)가 있다. 피사계의 심도는 카메라 조리개의 개방에 따라 초점이 맞는 범위가 한정되어 초점이 맞지 않는 오브젝트는 흐리게 나타나는 현상이며 주변부의 감광은 사진의 직사각형 화면 주변부는 중심부에 비하여 광량이 부족하여 어둡게 나타나는 현상으로 Fig. 8의 렌더링에 잘 나타난다. 모션 블러는 카메라의 셔터를 개방하는 시간동안 움직이는 오브젝트를 촬영할 때 나타나는 현상으로 방향성을 가지고 흐려진다. 렌즈 플레어는 밝은 광원을 촬영하면 렌즈 시스템에 의하여 빛이 산란되어 조리개 모양의 밝은 허상이 생기는 현상을 의미한다. 이러한 요소들은 렌더링의 완료 후에 2D 이미지를 조작하는 Post-production에서 구현하는 경우도 많지만 실제 카메라로 촬영하는 상황을 고려한 설정을 가지고 3D 렌더링을 실행하는 것이 포토리얼리즘을 향상시키는데 많은 기여를 한다.

Fig. 8. The Art of Rendering by The Craft[13]

전형적인 건축 사진 촬영에 사용되는 테크닉은 주로 사진의 구도와 장면의 구성과 관련되어 있다. 여기에는 이미지의 투시도 효과 조절, 삼등분의 법칙(Rule of Thirds), 주변 환경에 존재하는 오브젝트의 포함이 있다. 이미지의 투시도 효과 조절은 뷰카메라나 쉬프팅렌즈를 사용하여 건축물의 수직선이 사진에서도 2점투시도처럼 평행하게 보이도록 촬영한 사진과 같이 이미지를 구현하는 것을 말한다. 우리가 실제 눈으로 높은 건축물을 바라볼때는 수직선이 위로 갈수록 모이는 것이 자연스럽지만 사진에서는 어색한 느낌을 받게 되기 때문이다.[15] 또한 자연스러운 사진과 같은 투시도의 도출을 위해서는 이미지의 시점이 실제 사람의 눈높이 부근이 되도록 해야 한다. Fig. 9에서 잘 나타나는 삼등분의 법칙은 사진의 주요한 대상물을 직사각형 사진을 수직과 수평으로 삼등분한 선을 따라 배치하는 것을 의미하며 디자인, 영화, 그림, 사진 등 모든 시각이미지 분야의 구도설정에서 통용되는 법칙이다. [16] 주변 환경에 존재하는 오브젝트의 포함은 사람이나 자동차와 같이 움직이는 오브젝트와 나무, 가구와 같이 움직이지 않는 오브젝트를 모두 포함한다. 다른 오브젝트의 포함은 건축사진의 주제인 건

축물과 공간을 보여주는데 방해요인이 될 수도 있으나 그 공간을 점유하고 사용하는 오브젝트의 존재 없이는 오히려 주제를 잘 전달할 수 없는 경우도 있으므로 전적으로 아티스트의 결정에 달려 있다.

Fig. 9. The Art of Rendering by The Craft[14]

Table 4. Characteristics of Photography

Photography Component	Details
Photographic Element by a Physical Camera	Depth of Field Effect
	Vignetting
	Motion Blur
	Lens Flare
Typical Composition of Architectural Photography	Perspective Control
	Rule of Thirds
	Environmental Objects (Entourage)

4. 결론

본 연구에서는 디지털 건축 렌더링 이미지의 포토리얼리즘을 향상시키기 위하여 필요한 원칙을 선행연구 이후 최근의 CGI, 렌더링 소프트웨어에 도입된 새로운 기술의 발전을 반영하여 디지털 아티스트의 작업 흐름에 따라 분류하고 재정의 하였다. 본 연구의 결과 포토리얼리스틱 건축 시각화를 위해서 필요한 원칙을 물리적으로 정확한 빛의 계산, 정확한 오브젝트 형상의 재현, 사실적인 재질과 텍스쳐의 표현, 사진에 나타나는 카메라의 특성 재현의 4가지로 정의하였다. 물리적으로 정확한 빛의 계산에는 필수항목인 전역조명, 천공광, 선택항목인 볼륨 라이트를 도출하였으며, 정확한 오브젝트 형상의 재현에는 필수항목인 적절한 디테일의 수준과 선택항목인 오브젝트 형태와 배치의 무작위성을 도출하였다. 사실적인 재질과 텍스처의 표현에는 필수항목인 재질의 빛에 대한 매질로서의 성질과 텍스처에 의한 시각적 패턴과 표면의 돌출 및 요철 표현, 선택항목인 텍스처 패턴의 무작위성을 도출하였고, 사진에 나타나는 카메라의 특성 재현에는 선택항목인 물리적인 카메라의 특성에 의하여 나타나는 사진의 요소와 건축 사진의 촬영에 사용되는 전형적인 구도를 도출하였다.

Fig. 10에 정리하였듯이 상위 4가지 원칙에 속하는 각각의 항목들 중에는 포토리얼리스틱 이미지의 구현을 위하여 반드시 포함되어야 하는 항목들이 있으며 디지털

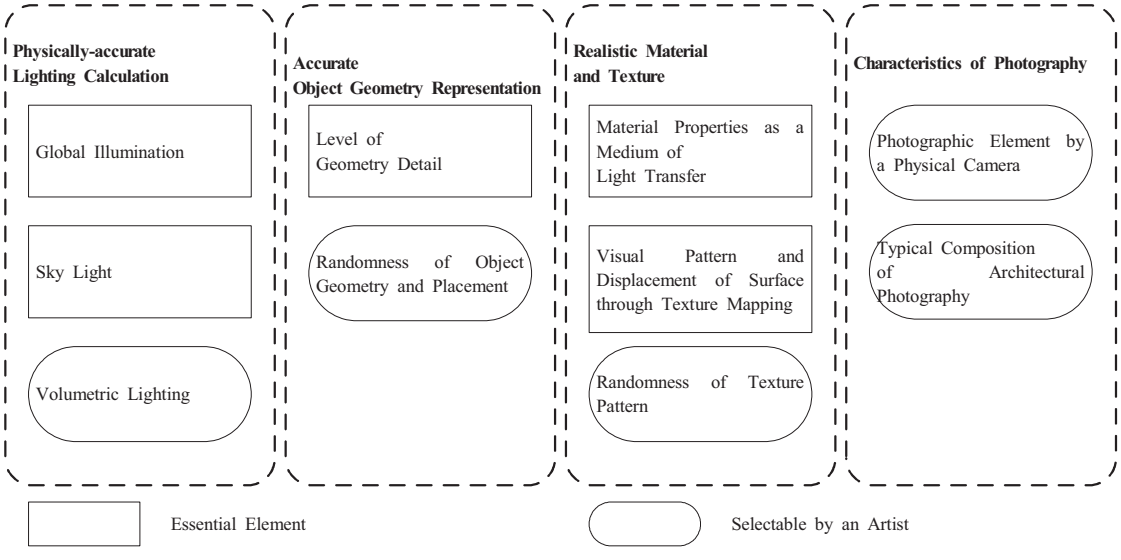

Fig. 10. Principles of Digital Photorealistic Architectural Rendering

아티스트의 선택에 따라서 그 적용방법과 수준이 달라질 수 있는 항목들이 있다. 필수항목들이 포토리얼리스틱 렌더링에 반드시 포함되어야 하는 반면 이처럼 자유도가 높은 선택항목들을 어떻게 취사선택하느냐에 따라서 포토리얼리스틱 건축 렌더링 이미지의 스타일이 결정된다고 할 수 있다. 이 선택항목들 중 사진에 나타나는 카메라의 특성 재현 원칙을 제외하면 모두 무작위성과 관련성이 깊다는 것을 알 수 있다. 즉, 이미지를 구현하는 아티스트가 포토리얼리스틱 렌더링 이미지에 나타나는 무작위성에 대한 선택과 결정이 그 이미지의 스타일과 특성을 결정한다고 할 수 있다. 따라서, 이 무작위성의 특성과 포토리얼리스틱 건축 렌더링의 스타일과의 관계를 후속 연구로 다루는 것이 필요할 것이다.

References

[1] A. Karabasevic, “Computational atmospherics as a Design Tool”, *International Journal of Contemporary Architecture-The New ARCH*, vol. 4, No. 1, pp. 35-43, Mar. 2017.
DOI: https://doi.org/10.14621/tna.20170105

[2] B. Fleming, “The 3D Photorealism Toolkit”, pp. 3, John Wiley & Sons Inc., USA, 1998.

[3] J. A. Brenton, “Photorealism in interior architectural images”, Master’s Dissertation, Texas Tech University, pp. 6-52, Dec. 2007.

[4] O. Y. Gun, “Performing Realism: Interactive Real-Time-Rendered Stereoscopic Animations for Architectural Design Process”, eCAADe 2013: Computation and Performance Proceedings of the 31st International Conference on Education and research in Computer Aided Architectural Design in Europe, pp. 61-68, Sep. 2013.

[5] M. I. Z. Abidin, A. A. Razak, J. S. Joon, S. N. Anthasha, “Implementing Understanding of Photography Principles to Create Effective Photorealistic 3D Rendering”, *Proceedings of the Seventh International Conference on Information Visualization (IV’03)*, pp. 390-395, Jul. 2003.
DOI: https://doi.org/10.1109/IV.2003.1218015

[6] A. Gallardo, “3D Lighting: History, Concepts, and Techniques”, pp.112, Charles River Media Inc., USA, 2001.

[7] B. Benoit, The Photographic Look, BBB3viz, 2015, Available From: http://bertrand-benoit.com/blog/the-photographic-look/. (accessed Dec. 31, 2017)

[8] J. Mairs, Richard Keep and Henry Goss unveil plans for Nairobi tower in rainy renderings, Dezeen, 2017, Available From: https://www.dezeen.com/2017/06/11/richard-keep-henry-goss-architects-boundary-unveil-plans-akili-tower-nairobi-kenya-rainy-renderings/. (accessed Dec. 31, 2017)

[9] P. Guthrie, Pawson Plain Space, Peter GuthrieBlog, 2010, Available From: http://www.peterguthrie.net/blog/2010/11/plain-space. (accessed Dec. 31, 2017)

[10] P. Guthrie, Haus Hafner, Peter Guthrie Blog, 2012, Available From: http://www.peterguthrie.net/blog/2012/11/haus-hafner. (accessed Dec. 31, 2017)

[11] P. Guthrie, Hendee-Borg House Interiors, Peter Guthrie Blog, 2012, Available From: http://www.peterguthrie.net/blog/2012/06/hendee-borg-house-interiors. (accessed Dec. 31, 2017)

[12] P. Guthrie, MightyTiles Mosaic How-To, Ronenbekerman Architectural Visualization Blog, 2012, Available From: https://www.ronenbekerman.com/mightytiles-mosaic-how-to-by-peter-guthrie/#read-more-content. (accessed Dec. 31, 2017)

[13] R. Bekerman, The Art of Rendering: A Photographic Approach to Architectural Visualization, Architizer, 2013, Available From: https://architizer.com/blog/practice/details/the-art-of-rendering-photographic-approach/. (accessed Dec. 31, 2017)

[14] R. Bekerman, The Art of Rendering: A Photographic Approach to Architectural Visualization, Architizer, 2013, Available From: https://architizer.com/blog/practice/details/the-art-of-rendering-photographic-approach/. (accessed Dec. 31, 2017)

[15] A. Schulz, “Architectural Photography”, pp.70, Rocky Nook Inc., USA, 2015.

[16] L. Rode, Photographic Approach in Architectural Visualisation, Ronenbekerman Architectural Visualization Blog, Mar. 2013, Available From: https://architizer.com/blog/practice/details/the-art-of-rendering-photographic-approach. (accessed Nov. 24, 2017)

김 종 국(Jong Kouk Kim) **[정회원]**

- 2005년 5월 : 펜실베니아대학교 (UPenn) 건축학과 (건축학석사)
- 2005년 9월 ~ 2006년 2월 : Asymptote 디자이너
- 2006년 3월 ~ 2008년 2월 : HOK(뉴욕) 디자이너
- 2009년 6월 ~ 2012년 2월 : H Associates 디자이너, 어소시에이트
- 2009년 3월 ~ 현재 : 경성대학교 건축디자인학부 교수 (미국건축사)

<관심분야>
건축설계 및 계획, 파라메트릭디자인, 건축시각화 및 VR, 건축물 재난 및 안전